

TUGAS AKHIR
ANALISA PENGARUH MUATAN HIDRAULIKA
TERHADAP KINERJA *CONSTRUCTED WETLAND*
PADA PENGOLAHAN LIMBAH KARET



MGS.MOH.HILMAN.Y

03011381823130

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2023

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISA PENGARUH MUATAN HIDRAULIKA TERHADAP
KINERJA *CONSTRUCTED WETLAND* PADA PENGOLAHAN
LIMBAH KARET**

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar
Sarjana Teknik

Oleh :

MASAGUS MOHAMMAD HILMAN YOLIANSYAH

03011381823130

Palembang, Maret 2023

Diperiksa dan disetujui oleh,

Dosen Pembimbing



Puteri Kusuma Wardhani, S.T., M.Sc., Ph.D.

NIP. 198806112019032013

Mengetahui/Menyetujui,

Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan



Dr. Ir. Saloma, S.T., M.T.

NIP. 197610312002122001

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur dipanjatkan kehadirat Allah SWT, yang mana berkat rahmat dan kehendak-Nya lah penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Tugas Akhir ini ditujukan untuk melengkapi syarat dalam menyelesaikan kurikulum pada tingkat Sarjana di jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Adapun judul dari Tugas Akhir ini yaitu “ANALISA PENGARUH MUATAN HIDRAULIKA TERHADAP KINERJA *CONSTRUCTED WETLAND* PADA PENGOLAHAN LIMBAH KARET”.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini jauh dari kata sempurna, baik dalam tata bahasa, materi, maupun penulisannya. Hal ini disebabkan oleh terbatasnya kemampuan dan pengalaman penulis.

Dalam menyelesaikan tugas akhir ini, penulis banyak mendapatkan bantuan, bimbingan dan saran dari berbagai pihak. Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada Yang Terhormat :

1. “Kedua orang tua, kakak, dan adik saya yang selalu memberi dukungan baik moril dan materil dalam menjalankan perkuliahan dan sampai kepada menyelesaikan tugas akhir.
2. Ibu Puteri Kusuma Wardhani, S.T., M.Sc., Ph.D. selaku dosen pembimbing skripsi saya yang telah banyak memberikan ilmu, masukan, koreksi, dan arahan yang sangat membantu saya dalam menyelesaikan skripsi ini.
3. Ibu Febrinasti Alia, S.T., M.T., M.Sc. selaku dosen pembimbing skripsi saya yang telah memberikan ilmu, masukan, koreksi, dan arahan yang sangat baik dalam penyelesaian skripsi saya.
4. S.T., M.T. selaku dosen penguji skripsi saya yang telah memberikan arahan dan masukan yang sangat membantu dalam menyempurnakan skripsi saya.
5. Bapak Bimo Brata Adhitya, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing akademik yang telah banyak membantu dan membimbing selama perkuliahan di jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan.
6. Ibu Dr. Ir. Saloma, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Sriwijaya.

7. Ibu Dr. Mona Foralisa Toyfur, S.T., M.T. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Sipil Universitas Sriwijaya.
8. Semua dosen yang telah mendidik dan memberikan ilmu yang sangat bermanfaat.
9. Semua staff jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan dan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya yang telah membantu dalam penyelesaian berbagai administrasi yang diperlukan.
10. Rekan-rekan sealmamater terkhusus teman-teman jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan angkatan 2018 yang selalu memberikan bantuan dan semangat dalam menyelesaikan skripsi.
11. Rekan – rekan seperjuangan Vito, Hendi, Arsyah, Rizky red half of Mancunian, dan Sembod
12. Nabila, Emir, Rintan dan Tasya yang sudah memberikan banyak hal, baik semangat serta bantuan sehingga penulisan skripsi dapat diselesaikan dengan baik dari awal hingga akhir”.

Akhir kata, semoga jasa-jasa yang telah diberikan kepada penulis akan mendapatkan imbalan setimpal dari Allah SWT, dan semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua

Palembang, Maret 2023

Penulis

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|---|----------------|
| HALAMAN JUDUL..... | i |
| HALAMAN PENGESAHAN..... | ii |
| KATA PENGANTAR | iii |
| DAFTAR ISI..... | v |
| DAFTAR GAMBAR | vii |
| DAFTAR TABEL..... | viii |
| RINGKASAN | ix |
| SUMMARY..... | x |
| PERNYATAAN INTEGRITAS | xi |
| PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI | xii |
| DAFTAR RIWAYAT HIDUP..... | xiii |
| | |
| BAB 1 PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1. Latar Belakang | 1 |
| 1.2. Rumusan Masalah | 2 |
| 1.3. Tujuan Penelitian..... | 3 |
| 1.4. Ruang Lingkup Pembahasan | 3 |
| 1.5. Sistematika Penulisan..... | 4 |
| | |
| BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA | 5 |
| 2.1. Penelitian Terdahulu..... | 5 |
| 2.2. Limbah Karet..... | 16 |
| 2.3. Baku Mutu Limbah | 17 |
| 2.4. Aklimatisasi..... | 17 |
| 2.5. Constructed Wetland | 18 |
| 2.6. Komponen Lahan Basah Buatan <i>Constructed Wetland</i> | 18 |
| 2.6.1. Tipe Lahan Basah Buatan..... | 19 |
| 2.7. Kayu Apu | 20 |
| 2.8. Parameter Pengujian..... | 21 |
| 2.8.1. Total Suspended Solid (TSS)..... | 21 |
| 2.8.2. Power of Hydrogen (pH) | 22 |

| | |
|--|-----------|
| 2.8.3. Biological Oxygen Demand (BOD) | 22 |
| 2.8.4. Chemical Oxygen Demand (COD)..... | 22 |
| BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN..... | 23 |
| 3.1. Alur Penelitian..... | 23 |
| 3.2. Lokasi dan Waktu Penelitian..... | 25 |
| 3.3. Sampel Penelitian | 26 |
| 3.4. Konsep Desain..... | 26 |
| 3.5. Variabel Penelitian | 28 |
| 3.6. Alat, Bahan, dan Persiapan Media Penelitian | 28 |
| 3.7. Teknik Aklimatisasi Pada Tanaman..... | 29 |
| 3.8. Analisa Data | 29 |
| BAB 4 PEMBAHASAN | 32 |
| 4.1. Kondisi Awal Kualitas Air Limbah..... | 32 |
| 4.2. Data Parameter Uji | 33 |
| 4.3. Biochemical Oxygen Demand (BOD) | 34 |
| 4.4. Chemical Oxygen Demand (COD) | 35 |
| 4.5. Total Suspended Solid (TSS) | 36 |
| 4.6. Waktu Tinggal Optimal..... | 37 |
| 4.7. Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah | 39 |
| BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN | 44 |
| 5.1. Kesimpulan..... | 44 |
| 5.2. Saran | 45 |

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

| Gambar | Halaman |
|--|---------|
| 2.1. Tipe Surface Flow | 20 |
| 2.2. (a) Tipe Horizontal SubSurface Flow; (b) Tipe Vertical SubSurface Flow | 20 |
| 2.3. Kayu Apu | 21 |
| 3.1. Diagram Alir | 23 |
| 3.2. Lokasi Pengujian Sampel | 26 |
| 3.3. Tempat Pengambilan Sampel Limbah Karet | 26 |
| 3.4. Desain <i>Constructed Wetland</i> Tampak Samping | 27 |
| 3.5. Desain <i>Constructed Wetland</i> Tampak Atas | 27 |
| 3.6. Detail Lubang Penyalur Air Limbah | 28 |
| 4.1. Grafik Penurunan Kadar <i>Biochemical Oxygen Demand</i> terhadap Variasi Konsentrasi dan Waktu Retensi | 34 |
| 4.2. Grafik Penurunan Kadar COD terhadap Variasi Konsentrasi dan Waktu Tinggal | 35 |
| 4.3. Grafik Penurunan Kadar TSS terhadap Variasi Konsentrasi dan Waktu Tinggal | 37 |
| 4.4. Desain IPAL Tampak Samping | 41 |
| 4.5. Desain Tampak Atas | 42 |
| 4.6. Desain Tampak Depan | 42 |

DAFTAR TABEL

| Tabel | Halaman |
|---|----------------|
| 2.1. Hasil Penelitian Terdahulu..... | 5 |
| 2.2. Baku Mutu Air Limbah Karet..... | 17 |
| 4.1. Data Parameter Limbah Sebelum Pengolahan di <i>Constructed Wetland</i> | 33 |
| 4.2. Data Parameter Limbah Sesudah Pengolahan di <i>Constructed Wetland</i> | 33 |
| 4.3. Efisiensi penurunan kadar polutan air limbah..... | 38 |

RINGKASAN

ANALISA PENGARUH MUATAN HIDRAULIKA TERHADAP KINERJA *CONSTRUCTED WETLAND* PADA PENGOLAHAN LIMBAH KARET

Karya tulis ilmiah berupa skripsi, Maret 2023

Masagus Mohammad Hilman Yoliansyah; dibimbing oleh Puteri Kusuma Wardhani, S.T., M.Sc., Ph.D.

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya.

xiv + 56 halaman + 15 gambar + 5 tabel + 3 lampiran

Drainase Ramah Lingkungan, juga dikenal sebagai Drainase Ekologis, adalah teknik pengelolaan drainase berkelanjutan yang mengurangi jumlah air yang dibutuhkan dalam pengolahan akhir parameter polutan sekaligus mengatasi kesulitan yang dihasilkan oleh limpasan air hujan dan air limbah. Sebelum dilakukan pengolahan, konsentrasi BOD5 pada air limbah karet mentah adalah 3,138 miligram per liter, konsentrasi COD 1.602 Mg/L, TSS sebesar 795 Mg/L, dan pH senilai 4.5. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No. 5 Tahun 2014 mewajibkan air limbah karet harus diolah di lahan basah buatan selama 72 jam untuk mencapai baku mutu air tersebut. Dua kolam keseimbangan (reservoir) berukuran 168 cm x 70 cm x 70 cm dan reaktor lahan basah buatan berukuran 201 cm x 70cm x 50cm, dengan kapasitas air 390 liter, diperlukan untuk sistem lahan basah buatan yang akan dipasang untuk mengolah air limbah perkebunan karet di Desa Mulya Guna

SUMMARY

ANALYSIS OF THE EFFECT OF HYDRAULIC LOAD ON THE PERFORMANCE OF CONSTRUCTED WETLAND ON RUBBER WASTE PROCESSING

Scientific writing in the form of thesis, March 2023

Masagus Mohammad Hilman Yoliansyah; supervised by Puteri Kusuma Wardhani, S.T., M.Sc., Ph.D.

Civil Engineering Study Program, Faculty of Engineering, Sriwijaya University.

xiv + 56 pages + 15 pictures + 5 tables + 3 attachments

Eco Drainage, also known as Ecological Drainage, is a sustainable drainage management technique that reduces the amount of water required in the final treatment of pollutant parameters while overcoming the difficulties created by stormwater and wastewater runoff. Prior to processing, the concentration of BOD5 in raw rubber wastewater was 3.138 milligrams per liter, the concentration of COD was 1,602 Mg/L, TSS was 795 Mg/L, and pH was 4.5. Regulation of the Minister of Environment of the Republic of Indonesia No. 5 of 2014 requires that rubber waste water must be treated in artificial wetlands for 72 hours to reach these water quality standards. Two reservoirs measuring 168 cm x 70 cm x 70 cm and a constructed wetland reactor measuring 201 cm x 70 cm x 50 cm, with a water capacity of 390 liters, are required for an artificial wetland system to be installed to treat rubber plantation wastewater in Mulya Guna Village

PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : MASAGUS MOHAMMAD HILMAN YOLIANSYAH

NIM : 03011381823130

Judul : ANALISA PENGARUH MUATAN HIDRAULIKA TERHADAP KINERJA *CONSTRUCTED WETLAND* PADA PENGOLAHAN LIMBAH KARET.

Menyatakan bahwa Tugas Akhir saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam Tugas Akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.



Palembang, Maret 2023



Mgs.Moh.Hilman Yoliansyah
NIM. 03011381823130

HALAMAN PERSETUJUAN


Karya Tulis Ilmiah berupa Tugas Akhir dengan judul “ANALISA PENGARUH MUATAN HIDRAULIKA TERHADAP KINERJA *CONSTRUCTED WETLAND* PADA PENGOLAHAN LIMBAH KARET” yang disusun Masagus Mohammad Hilman Yoliansyah, NIM. 03011381823130 telah dipertahankan di depan Tim Penguji Karya Ilmiah Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 20 Januari 2023.

Palembang, 20 Januari 2023

Tim Penguji Karya Ilmiah berupa Tugas Akhir

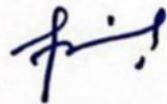
Dosen Pembimbing:

1. Puteri Kusuma Wardhani, S.T., M.Sc., Ph.D.
NIP. 198806112019032013

()

Dosen Penguji:

2. Febrian Hadinata, S.T., M.T.
NIP. 198102252003121002

()



Prof. Dr.Eng. Ir. H. Joni Arliansyah, M.T., IPT
NIP. 196706151995121002



Dr. Ir. Saloma, S.T., M.T.
NIP. 197610312002122001

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : MASAGUS MOHAMMAD HILMAN YOLIANSYAH

NIM : 03011381823130

Judul : ANALISA PENGARUH MUATAN HIDRAULIKA TERHADAP KINERJA *CONSTRUCTED WETLAND* PADA PENGOLAHAN LIMBAH KARET

Memberikan izin kepada Pembimbing dan Universitas Sriwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik apabila dalam waktu satu tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju menempatkan Pembimbing sebagai penulis korespondensi (*corresponding author*).

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Palembang, Maret 2023



Mgs. Moh. Hilman Yoliansyah

NIM. 03011381823130

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Nama Lengkap : Masagus Mohammad Hilman Yoliansyah
Tempat, Tanggal Lahir : Palembang, 20 Juli 2000
Jenis Kelamin : Laki - Laki
Status : Belum Menikah
Agama : Islam
Warga Negara : Indonesia
Nomor HP : 085267687116
E-mail : mohammadhyllman@gmail.com

Riwayat Pendidikan :

| Nama Sekolah | Fakultas | Jurusan | Pendidikan | Masa |
|------------------------|----------|--------------|------------|-----------|
| MI Negeri 1 Palembang | | | SD | 2006-2012 |
| MTs Negeri 1 Palembang | | | SMP | 2012-2015 |
| MA Negeri 2 Palembang | | MIPA | SMA | 2015-2018 |
| Universitas Sriwijaya | Teknik | Teknik Sipil | S1 | 2018-2023 |

Demikian riwayat hidup penulis yang dibuat dengan sebenarnya.

Dengan Hormat,



Mgs. Moh. Hilman Yoliansyah

.....NIM. 03011381823130

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Karet merupakan salah satu komoditas perkebunan yang sangat penting peranannya bagi dunia khususnya di Indonesia. Selain sebagai sumber mata pencaharian masyarakat tani pekebun, komoditas ini juga memberikan kontribusi yang signifikan sebagai salah satu sumber devisa non migas, *supplier* bahan baku karet dan berperan penting dalam membangun pertumbuhan esensial ekonomi baru di sektor pengembangan karet. Karet juga berhubungan erat dengan masalah lingkungan karena dampak dari pembuangan limbahnya yang mengandung senyawa organik. Pada pengolahannya terdapat bahan kimia sebagai bahan koagulasi karet dimana bahan ini diperlukan untuk proses penggumpalan karet dan jumlah air yang besar pada proses penggilingan. Berdasarkan proses pengolahannya, limbah cair yang dihasilkan dapat mencemari lingkungan.

Sebagai salah satu bagian dari perindustrian, limbah yang dihasilkan karet tentu memiliki senyawa organik yang relatif tinggi, dengan adanya senyawa tersebut nilai dari BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) dan COD (*Chemical Oxygen Demand*) pada limbah air karet menjadi meningkat. Pengolahan limbah karet memiliki parameter untuk mengukur kadar pencemar diantaranya BOD, COD, TSS, ammonia dan pH.

Desa Mulya Guna adalah satu dari sekian desa di Kabupaten Ogan Komering Ilir yang memiliki kekayaan di sektor perkebunan termasuk juga perkebunan karet. Sebagai salah satu desa yang memiliki lahan perkebunan karet yang luas, dapat dipastikan di desa ini memiliki tempat pengolahan karet sebelum dijual ke pasaran atau ke pabrik industri karet. Karet mentah ini nantinya akan diolah menggunakan asap cair sebagai bahan koagulan lateks atau perekat agar karet bisa menyatu. Dengan adanya tempat pengolahan ini memberikan dampak yang positif dan tentunya dampak negatif juga. Dampak positif yang diberikan adalah masyarakat dapat menjual hasil karet berkala kecil sesuai dengan kualitasnya. Semakin baik kualitas maka semakin tinggi juga nilai jual karet yang didapatkan. Akan tetapi disamping memberikan dampak yang baik bagi sektor perekonomian masyarakat

tak luput juga sisa pembuangan limbah dari hasil pengolahan karet yang dapat mencemari lingkungan. Sisa pembuangan limbah karet ini nantinya akan dibuang lalu dialirkan ke selokan sebelum diteruskan ke sungai. Limbah yang dihasilkan ini dapat mencemari dan merusak lingkungan sekitar yang dapat membuat aliran air di selokan dan sungai menjadi kotor. Selain itu juga limbah karet dapat menyebabkan bau yang tidak sedap. Oleh karena itu untuk menanggulangi pencemaran dan kerusakan pada lingkungan sekitar, akan dilakukan pengolahan air limbah dengan metode *Constructed Wetland*.

Constructed Wetland adalah salah satu metode untuk mengolah limbah cair yang menggunakan proses alami. Pada proses pengolahan air limbah ini akan dilakukan dengan metode *Constructed Wetland Subsurface Flow* menggunakan sistem *Floating Aquatic Plant* atau memanfaatkan tanaman air terapung. Dengan dipilihnya tanaman kayu apu sebagai media pengolahan air limbah dikarenakan mudah didapatkan selain itu juga tarif atau harga jual tanaman ini dapat dijangkau. Kayu Apu juga memiliki keunggulan yang diantaranya dapat menyerap unsur hara dan air yang besar serta daya adaptasi yang tinggi terhadap iklim. Kayu apu diharapkan dapat menurunkan kandungan BOD dan TSS yang terkandung dalam limbah air karet.

Muatan Hidrolik (*Hydraulic Loading Rate*) merupakan besarnya laju pembebanan hidrolis limbah cair terhadap suatu bidang permukaan dalam satuan waktu tertentu. Saat mengolah air limbah, jumlah muatan hidrolik berdampak signifikan pada jumlah waktu yang dihabiskan bakteri untuk bersentuhan dengan influen. Hal ini terbukti pada penelitian terdahulu yang menggunakan reactor UASB sebagai media untuk melakukan pengolahan (Ningrum, dkk, 2012)

1.2. Rumusan Masalah

Sesuai dengan uraian latar belakang yang sudah diterangkan, alhasil rumusan masalah mengenai pengolahan air limbah karet menggunakan *constructed wetland* pada perencanaan ini yaitu

1. “Bagaimana kondisi air limbah sebelum dilakukan pengolahan menggunakan *constructed wetland*?”

2. Bagaimana pengaruh muatan hidrolis pada perlakuan limbah karet dengan menggunakan *constructed wetland*?
3. Bagaimana desain *constructed wetland* skala pilot plant berdasarkan debit limbah yang dihasilkan?"

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan pada penelitian ini adalah sebagai berikut

- a. Mengetahui kondisi air limbah sebelum dilakukan pengolahan menggunakan *constructed wetland*.
- b. Merancang desain *constructed wetland* sebagai alat mengolah air limbah karet yang akan di teliti.
- c. Menganalisis pengaruh muatan hidrolis pada pengolahan limbah karet menggunakan *constructed wetland*.

1.4. Ruang Lingkup Pembahasan

Adapun ruang lingkup dalam penelitian pengolahan air limbah karet menggunakan *constructed wetland* adalah :

1. Pengambilan sampel dilakukan pada hari kamis yang bertempat di desa Mulya Guna, Kabupaten Ogan Komering Ilir.
2. Penelitian berskala laboratorium.
3. *Constructed Wetland* di desain dengan ukuran 90cm x 30cm x 50cm dengan sistem *Free Water Surface*
4. Penelitian berlangsung selama kurang lebih 2 minggu dengan selang waktu per 2 hari menggunakan sistem batch.
5. Jenis tanaman yang digunakan sebagai tanaman penyerap kandungan polutan adalah tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes*).
6. Parameter yang digunakan untuk penelitian ini yaitu pH, BOD, TSS, dan COD.
7. Ammonia dan Nitrogen tidak diukur dalam penelitian
8. Variabel penelitian ini memiliki variasi debit yang telah ditentukan berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No.5 Tahun 2014 yaitu 75, 65, dan 55. Dengan waktu tinggal selama 24, 48, dan 72 jam.

1.5. Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan proposal ini adalah:

1. PENDAHULUAN

Berisikan tentang latar belakang dilakukannya penelitian, rumusan masalah yang dibahas, tujuan penelitian yang ditinjau, ruang lingkup penelitian serta sistematika penulisan laporan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi mengenai penelitian terdahulu dan tinjauan pustaka yang membahas masalah berkaitan dengan rawa buatan (*constructed wetland*)

3. METODOLOGI PENELITIAN

Membahas mengenai metodologi yang digunakan, prosedur, tata cara, bahan dan alat yang digunakan, waktu, jadwal dan tempat penelitian dilaksanakan.

4. RENCANA DAFTAR PUSTAKA

Bab ini berisikan tentang referensi yang digunakan oleh penulis dalam pengerjaan penelitian ini.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengetahui kemampuan penyerapan bahan organik yang terdapat dalam limbah cair dengan menggunakan tanaman kayu apu (*Pistia Stratiotes*). Hasil dari penelitian tersebut dituang pada table berikut :

Tabel 2.1. Hasil Penelitian Terdahulu

| No. | Judul Jurnal Penelitian | Penulis | Tahun | Hasil Penelitian |
|-----|---|-----------------|-------|--|
| 1 | PENGOLAHANAN AIR LIMBAH DOMESTIK SECARA FITOREMEDIASI SISTEM <i>CONSTRUCTED WETLAND</i> DENGAN TANAMAN PANDANUS AMARYLLIFOLIUS DAN AZOLLA MICROPHILLA | Nindin Muhsinin | 2019 | Pengolahan air limbah secara fitoremediasi sistem sub surface flow (SSF) dan free surface flow (FSF) dapat diaplikasikan dalam pengelolaan air limbah domestik, yang mampu menurunkan kontaminan yang terkandung dalam air limbah dengan hasil sebagai berikut. a. Sistem gabungan sub surface flow (SSF) dan free surface flow (FSF) 1) |

| | | | |
|--|--|--|---|
| | | | <p>Biological Oxygen Demand (BOD) sebesar 46,96-54,84% 2)</p> <p>Chemical Oxygen Demand (COD) sebesar 17,12-22,28% 3)</p> <p>Amoniak (NH₃) sebesar 30,7-39,82% 4) Fosfat (PO₄³⁻) sebesar 36,07-38,71% 2.</p> <p>Removal efisiensi pengolahan air limbah domestik secara fitoremediasi dengan sistem sub surface flow (SSF) dan free surface flow (FSF) dapat menurunkan kontaminan air dengan hasil sebagai berikut: a. Sistem sub surface flow (SSF) 1)</p> <p>Biological Oxygen Demand (BOD) sebesar 30,47-38,34% 2)</p> |
|--|--|--|---|

| | | | |
|--|--|--|--|
| | | | <p>Chemical Oxygen Demand (COD) sebesar 10,45-14,69% 3)</p> <p>Amoniak (NH₃) sebesar 16,67-20,35% 4) Fosfat (PO₄³⁻) sebesar 26,23-29,03% b.</p> <p>Sistem free surface flow (FSF) 1)</p> <p>Biological Oxygen Demand (BOD) sebesar 23,71-26,48% 2)</p> <p>Chemical Oxygen Demand (COD) sebesar 7,44-8,90% 3) Amoniak (NH₃) sebesar 16,84-24,44% 4) Fosfat (PO₄³⁻) sebesar 11,99-13,64% 3.</p> <p>Dari hasil penelitian untuk memperoleh desain yang optimum dan hasil memenuhi sesuai standar baku mutu Pergub DIY No.07 2016, maka perlu di 53 tambah</p> |
|--|--|--|--|

| | | | | |
|---|---|--|------|--|
| | | | | unit Sub Surface Flow (SSF) sebanyak 6 unit sehingga jumlahnya menjadi 12 unit |
| 2 | <p>PENGARUH HYDRAULIC LOADING RATE (HLR) DAN KONSENTRASI INFLUEN TERHADAP PENYISIHAN PARAMETER BOD, COD DAN NITRAT PADA PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK CAMPURAN (GREY WATER DAN BLACK WATER) MENGGUNAKAN REAKTOR UASB</p> | <p>Ardina Sita Ningrum, Syafrudin, Sudarno</p> | 2012 | <p>Parameter polutan dihilangkan dengan efisiensi 57%-76% untuk BOD5, 59%-69% untuk COD, dan 75%-98% untuk NO3-N berdasarkan perubahan konsentrasi dan nilai HLR. 2. Kriteria toleransi untuk BOD5, COD, dan NO3-N dipengaruhi oleh pergeseran HLR (Hydraulic Loading Ratio) dan konsentrasi dengan cara berikut: a. Efisiensi eliminasi yang diukur dengan BOD5, COD, dan NO3-N meningkat dengan menurunnya</p> |

| | | | |
|--|--|--|---|
| | | | <p>konsentrasi influen.</p> <p>b. HLR serendah 0,025 m³/m²/jam (6,94 x 106 m/dtk) optimal untuk menghilangkan parameter BOD₅ dan COD.</p> <p>Sementara itu, dengan HLR sebesar 0,05 m³/m²/jam (atau 1,4x10⁵ m/s), eliminasi NO₃ -N dimaksimalkan. 3.</p> <p>Pengaturan konsentrasi dan hydraulic loading rate (HLR) yang ideal untuk reaktor UASB adalah: a. Pada konsentrasi rendah 419 mg/l, perubahan HLR 0,05 m³/m²/jam (atau 1,4x10⁵ m/s) optimal untuk eliminasi BOD₅. b. Pada konsentrasi rendah 878 mg/l, dengan perubahan HLR 0,025</p> |
|--|--|--|---|

| | | | | |
|---|--|--------------------|------|---|
| | | | | m ³ /m ² /jam atau 6,9x10 ⁶ m/s, eliminasi COD maksimal. c. Pada 36 mg/l dan perubahan HLR 0,033 m ³ /m ² /jam (9,2x10 ⁶ m/s), eliminasi NO ₃ -N paling efisien. |
| 3 | Peningkatan Kualitas dengan sistem <i>Constructed Wetland</i> menggunakan tanaman kayu apu | Ima Khosid Fadilah | 2017 | Waktu inkubasi 5 hari sesuai untuk menurunkan amoniak (NH ₃) sedangkan waktu inkubasi 20 hari dapat menurunkan BOD, COD dan TSS serta pH limbah cair karet dalam kondisi agak masam ataupun basa sehingga meningkatkan kualitas limbah cair karet. Penggunaan sistem <i>Constructed Wetland</i> menggunakan media kerikil + Pasir (perlakuan D) efektif dalam |

| | | | | |
|---|---|--|------|---|
| | | | | <p>meningkatkan kualitas limbah cair karet melalui penurunan kadar BOD (76,7%), COD(48,5%), N-Total (96,22%) serta amoniak (95,45%) dan tanaman kayu apu (perlakuan E) mampu menurunkan kadar TSS (62,7%) serta meningkatkan berat basah tanaman sampai dengan 39%.</p> |
| 4 | <p>PENGOLAHAN LIMBAH DOMESTIK DENGAN TEKNOLOGI TAMAN TANAMAN AIR (Constructed Wetlands)</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. Anna C.S.P.S 2. G.Wibisono | 2013 | <p><i>Constructed Wetlands</i> adalah teknik hijau yang berhasil menurunkan pencemaran air limbah. Bukan hanya sampah rumah tangga yang dikirim ke lahan basah buatan; pabrik dan tambang juga menggunakannya.</p> |

| | | | | |
|--|--|--|--|---|
| | | | | <p>Jika Anda tinggal di kota tanpa akses ke fasilitas pengolahan limbah terpusat, Anda mungkin ingin mempertimbangkan untuk memasang lahan basah buatan aliran bawah permukaan horizontal (hSSF CWs). Efektivitas CW dalam membersihkan udara dapat ditingkatkan dengan hati-hati memilih dan menggabungkan media yang digunakan. Spesies tanaman dipilih dengan hati-hati untuk paparan cahaya dan mempertimbangkan estetika, tergantung di mana di lahan basah buatan mereka akan tumbuh. Efektivitas</p> |
|--|--|--|--|---|

| | | | | |
|---|--|--|------|--|
| | | | | biaya dalam pengembangan CW tinggi, terutama dalam hal aplikasi praktisnya. |
| 5 | Pengaruh Bioremediasi Tanaman Eceng Gondok (<i>Eichornia crassipes</i>) Terhadap Penurunan Amoniak, pH, Minyak dan Lemak pada Limbah Minyak Mentah Wonocolo Bojonegoro | 1. Lukman Ari Bahtiar 2. Jafron Wasiq Hidayat | 2019 | Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada hari ke-21, tanaman eceng gondok telah sepenuhnya menyerap polutan dalam limbah minyak mentah, menurunkan kadar NH ₃ , pH, minyak, dan lemak. Melalui penggunaan tanaman eceng gondok, konsentrasi NH ₃ limbah minyak mentah berkurang hingga di bawah persyaratan kualitas air pada hari ke-21, dan semua nilai pH dikurangi hingga mendekati netral kecuali P4 melalui penerapan |

| | | | | |
|---|--|-------------------|------|---|
| | | | | fitoremediasi. Pada hari ke-21 perawatan, semua parameter oli lebih rendah dari baku mutu air kecuali yang masih lebih tinggi dari baku mutu. |
| 6 | PENGOLAHAN LIMBAH KARET DENGAN FITOREMIDIASI MENGGUNAKAN TANAMAN <i>Typha angustifolia</i> | Syarif Nashrullah | 2015 | Data menunjukkan bahwa tanaman cattail dapat menurunkan kadar BOD sebanyak 90,00%, dari 508,47 mg/L menjadi 53,32 mg/L. Konsentrasi COD turun dari 5009,5 mg/L menjadi 493,3 mg/L, turun 90,15 persen. Terjadi penurunan kadar TSS sebesar 94,42% dari 806 mg/L menjadi 45 mg/L. Dari pH awal 5,4, sekarang kita memiliki pH 6,1. |

| | | | | |
|---|---|--|------|--|
| 7 | <p>Reduksi pencemar limbah cair industri tahu dengan tumbuhan melati air (<i>Echinodorus palaefolius</i>) dalam sistem kombinasi constructed wetland dan filtrasi</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. Monik Kasman 2. Anggrika Riyanti 3. Muhammad Ridwan | 2019 | <p>Air limbah industri tahu diolah dengan sistem penyaringan yang terdiri dari lahan basah buatan dan tanaman melati air, yang menunjukkan penurunan BOD 52-95%, pengurangan TSS 46%, dan pengurangan minyak lemak 59-79%. Durasi tinggal secara signifikan mempengaruhi penipisan BOD, TSS, dan minyak lemak. Seiring dengan bertambahnya periode tinggal di CW, konsentrasi BOD, TSS, dan minyak lemak pada aliran keluar berkurang. Pada hari ke-15, retensi berada pada titik tertinggi, dan</p> |
|---|---|--|------|--|

| | | | | |
|--|--|--|--|--|
| | | | | permintaan oksigen biokimia (BOD), total padatan tersuspensi (TSS), dan minyak lemak semuanya memenuhi baku mutu yang ditetapkan dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 tahun 2014 |
|--|--|--|--|--|

2.2. Limbah Karet

Pembuangan limbah karet yang benar masih menjadi isu penting bagi negara penghasil karet. Sangatlah mendesak bagi kita untuk menemukan solusi atas masalah pembuangan sampah yang tidak tepat dan kerusakan lingkungan yang berkelanjutan. Pembuangan sampah masih menjadi masalah di negara penghasil karet. Pemilik bisnis, pembuat kebijakan, dan akademisi harus tetap berdedikasi untuk menemukan solusi atas masalah bau busuk dan limbah cair. Bau tidak sedap dari karet alam selama proses pembekuan telah terbukti memiliki efek menyegarkan yang signifikan pada pernapasan. Di sisi lain, sungai sering dijadikan tempat pembuangan limbah cair yang tidak dikelola dengan baik.

Industri karet menghasilkan limbah cair dengan konsentrasi BOD₅ 94-9.433 mg/l, COD 120- 15.069 mg/l dan TSS 30-525 mg/l. Kandungan polutan pada limbah cair limbah karet melebihi baku mutu, sehingga jika dibuang ke lingkungan akan berbahaya. Sektor karet diwajibkan menjaga pH antara 6,5 dan 9,2 dan konsentrasi BOD₅ tidak lebih dari 100 mikrogram per liter, konsentrasi COD tidak lebih dari 250 mikrogram per liter, dan konsentrasi total padatan tersuspensi tidak lebih dari 100 mikrogram. per liter. Menurut penelitian lain, konsentrasi BOD dan COD limbah cair dari industri pengolahan karet cukup tinggi (Kumlanghan dkk., 2008). Para peneliti melihat kemanjuran karbon aktif dan bentonit dalam

menurunkan kadar COD dan BOD dalam limbah karet melalui prosedur adsorpsi sebagian karena dampak lingkungan industri karet yang masif.

Untuk itu, pemerintah mengimbau agar seluruh lapisan masyarakat memprioritaskan pengolahan limbah dari kegiatan industri dan kemudian memantau kualitas sampah sebelum dibuang.

2.3. Baku Mutu Limbah

Baku mutu air limbah adalah Konsentrasi maksimum polutan yang diizinkan dalam air limbah sebelum diolah dan dibuang ke media air yang terkait dengan usaha atau kegiatan tertentu. Baku mutu air limbah industri karet Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014, ditampilkan dalam tabel berikut ini:

Tabel 2.2. Baku Mutu Air Limbah Karet

| Parameter | Satuan | Kadar Maksimum |
|-----------|--------|----------------|
| pH | - | 6-9 |
| BOD | mg/L | 60 |
| TSS | mg/L | 100 |
| COD | mg/L | 200 |

Sumber: PERMENLH RI Nomor 5 Tahun 2014

2.4. Aklimatisasi

Aklimatisasi adalah pada titik ini, tanaman yang dikultur jaringan sudah mulai menyesuaikan diri dengan lingkungan barunya. Domestikasi adalah periode menetap sebelum tanaman siap membuat rumahnya di lapangan. Ini adalah fase

perubahan dari kondisi terkondisi kelas jahat, yang dicirikan oleh kondisi alam yang dapat membawa perubahan cuaca dan iklim.

2.5. Constructed Wetland

Constructed wetland adalah lahan basah buatan, dengan fungsi pemurnian air limbah dengan menggunakan fisik, kimia dan metode biologi dalam sebuah ekosistem, memanfaatkan proses filtrasi, adsorpsi, sedimentasi, pertukaran ion dan penguraian mikroba.

Constructed Wetland (lahan basah buatan) sebagai teknologi pemurnian yang memanfaatkan penggunaan tanaman air, media *substrate* (seperti pasir, kerikil, atau pecahan batu) dan mikroorganisme yang tumbuh di dalam lahan basah yang dibuat menyerupai kolam. Perancangan ini dibuat layaknya proses penjernihan limbah secara alami (*natural wetlands*), namun dapat dikendalikan. Pembuatan lahan basah buatan ini memiliki kelebihan tersendiri dari *natural wetlands*, seperti lokasi bisa dimana saja, ukuran, pola aliran, serta waktu tinggal yang bisa diatur (Kurniadie, 2011).

Constructed Wetland dapat dibagi kedalam 2 tipe yaitu sistem aliran permukaan (*Surface Flow Constructed Wetland*) atau FWS (*Free Water System*) dan sistem aliran bawah permukaan atau SSF (*Sub-Surface Flow Constructed Wetland*) (Devianasari A. dan Rudy L., 2011). Lalu untuk tipe *Constructed Wetland* jika diklasifikasikan berdasarkan jenis tanaman dibagi menjadi 3 kelompok yaitu menggunakan tanaman air mengambang (*Floating Aquatic Plant System*), menggunakan tanaman dalam air (*Submerged*), dan menggunakan tanaman yang akarnya tenggelam (*Amphibious Plants*).

2.6. Komponen Lahan Basah Buatan *Constructed Wetland*

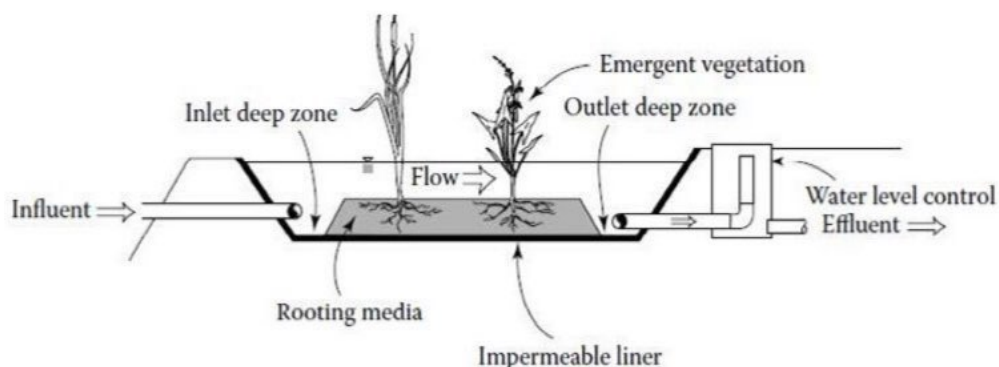
Unsur-unsur lahan basah buatan adalah air, substrat, tanaman air, dan mikroba lahan basah. Efektivitas pengolahan air limbah di lahan basah buatan berhubungan langsung dengan kualitas air terkait, karena saluran air menghubungkan semua proses di dalam lahan basah (air limbah). Matriks alami seperti pasir, kerikil, atau batu pecah biasanya digunakan sebagai komponen utama media infiltrasi. Untuk mempertahankan permeabilitas tanah sepanjang waktu,

substrat harus bebas dari kontaminan, keras, kuat, dan tidak fleksibel (USEPA, 2000). Substrat bertindak sebagai media untuk pertumbuhan tanaman air, membantu dalam proses sedimentasi, adsorpsi, dan filtrasi, dan memberikan dukungan untuk transformasi biologis dan kimiawi. Ini juga membantu dengan aliran limbah (Kadlec and Wallace, 2009). Lapisan media menyediakan filtrasi pada tingkat mekanis dan biologis. Mikroorganisme dalam suspensi dan pada permukaan padat ditangkap oleh filter mekanis, sedangkan biofilm menyerap senyawa organik yang mudah menguap. Semua bahan organik diurai oleh mikroorganisme yang hidup di tanah, di pasir, atau di akar tanaman air (Hoffmann et al., 2011).

Tanaman lahan basah, seperti yang ditemukan di sepanjang tepi sungai dan di rawa-rawa, ideal untuk digunakan di lahan basah buatan manusia. Bergantung pada kebiasaan atau struktur pertumbuhannya, tanaman air dapat diklasifikasikan ke dalam salah satu dari empat kategori: tanaman terapung, terendam, muncul, atau muncul terendam. Bumi dibasahi dengan air, yang memungkinkan tanaman yang muncul tumbuh subur. Sebagian besar batang tumbuhan mengambang di udara, sedangkan sisanya terendam air. Semua tanaman, termasuk akar dan batangnya, terendam air sementara tanaman itu sendiri mengapung di permukaan. Tanaman dapat mengembangkan akar dan daun dalam air. Tumbuhan yang mengambang bebas tidak dapat membangun sistem akar di media tanam yang tidak dinodai. (Kadlec and Wallace, 2009).

2.6.1. Tipe Lahan Basah Buatan

Lahan basah dapat dibagi menjadi dua kategori berdasarkan arah pergerakan air: Free Water Surface (FWS) atau Surface Flow (SF), dan SubSurface Flow (SSF). Air mengalir dari permukaan planet dalam sistem limpasan permukaan (SF). Ketika air mengalir di bawah tanah, itu disebut sistem aliran bawah permukaan (SSF). Ada dua jenis aliran limbah dalam tanah (sewage-in-the-ground flow/SSF) tergantung pada apakah limbah mengalir secara horizontal atau vertikal (Kadlec dan Wallace, 2009), Terlampir pada Gambar 2.1, 2.3, dan 2.4, berturut-turut adalah ketinggian air bebas berikut:



Gambar 2.1. Tipe Surface Flow (Kadlec & Wallace, 2009)



Gambar 2.2. (a) Tipe Horizontal SubSurface Flow; (b) Tipe Vertical SubSurface Flow (Morel & Diener, 2006)

2.7. Kayu Apu

Kayu apu atau *Pistia stratiotes* adalah tumbuhan dari famili *Araceae* (*Araceae*) dan merupakan satu-satunya anggota genus *Pistia*. Daunnya berwarna hijau atau pirus, dengan ujung membulat dan sedikit lancip di pangkalnya, memberi mereka warna kekuningan saat matang. Ukuran daunnya panjangnya sekitar 2 - 10 cm dan lebarnya 2 - 6 cm. Daun memiliki tepi yang bertekstur, berbulu, dan beralur. Daunnya besar dan lentur, dengan struktur pahatan yang mengingatkan pada kelopak mawar. Tidak ada diagonal di tulang rusuk. Daun-daun ini berkelompok dalam bentuk mawar di dasar "batang" tanaman, akarnya. Akar putih tanaman air Apu bisa tumbuh hingga sepanjang 80 sentimeter. Pelari dan akar roset menonjol

dari tanah di bawah. Daya apungnya ditingkatkan dengan bentuk seperti keranjang rambut akar, yang dikelilingi oleh gelembung udara. Tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes*) atau puap merupakan tanaman air yang populer digunakan untuk dekorasi. Perangkat ini juga dapat berfungsi sebagai pemurni air dengan menghilangkan zat berbahaya termasuk limbah radioaktif dan logam. Tanaman kayu apu bisa dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 2.2. Kayu Apu

2.8. Parameter Pengujian

2.8.1. Total Suspended Solid (TSS)

Total suspended solid (TSS) adalah segala sesuatu yang tidak lolos saringan karena terlalu besar (lebih dari 2 m) untuk dianggap sebagai partikel koloid. Lanau, tanah liat, oksida logam, sulfida, ganggang, bakteri, dan jamur hanyalah sebagian kecil dari komponen padatan tersuspensi total (TSS). Flokulasi dan filtrasi adalah metode biasa untuk menghilangkan TSS. Kekeruhan disebabkan oleh TSS karena menghalangi sinar matahari, mencegah fotosintesis berlangsung di dalam air.

2.8.2. Power of Hydrogen (pH)

pH yaitu derajat keasaman atau kebasaan suatu larutan dapat ditunjukkan dengan masing-masing keasaman atau kebasaannya. Pada suhu kamar, pH air murni adalah 7. Ketika pH suatu larutan di bawah 7, kita menyebutnya asam, dan ketika lebih dari 7, kita menyebutnya basa atau basa. Dalam industri proses kehidupan atau kimia, serta di bidang kesehatan, pertanian, ilmu pangan, dan teknik,

mengukur pH sangat penting (teknik). Meski lebih jarang, cabang ilmu pengetahuan dan teknologi lainnya juga dimanfaatkan.

2.8.3. Biological Oxygen Demand (BOD)

Biological Oxygen Demand (BOD) adalah perkiraan kasar jumlah senyawa biologis yang terlarut dalam air. Jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk proses mikroba aerobik untuk mengubahnya menjadi senyawa anorganik adalah definisinya. Respirasi mikroba dan oksidasi amonia dan nitrat oleh aktivitas bakteri adalah dua elemen yang dapat mempengaruhi efisiensi proses

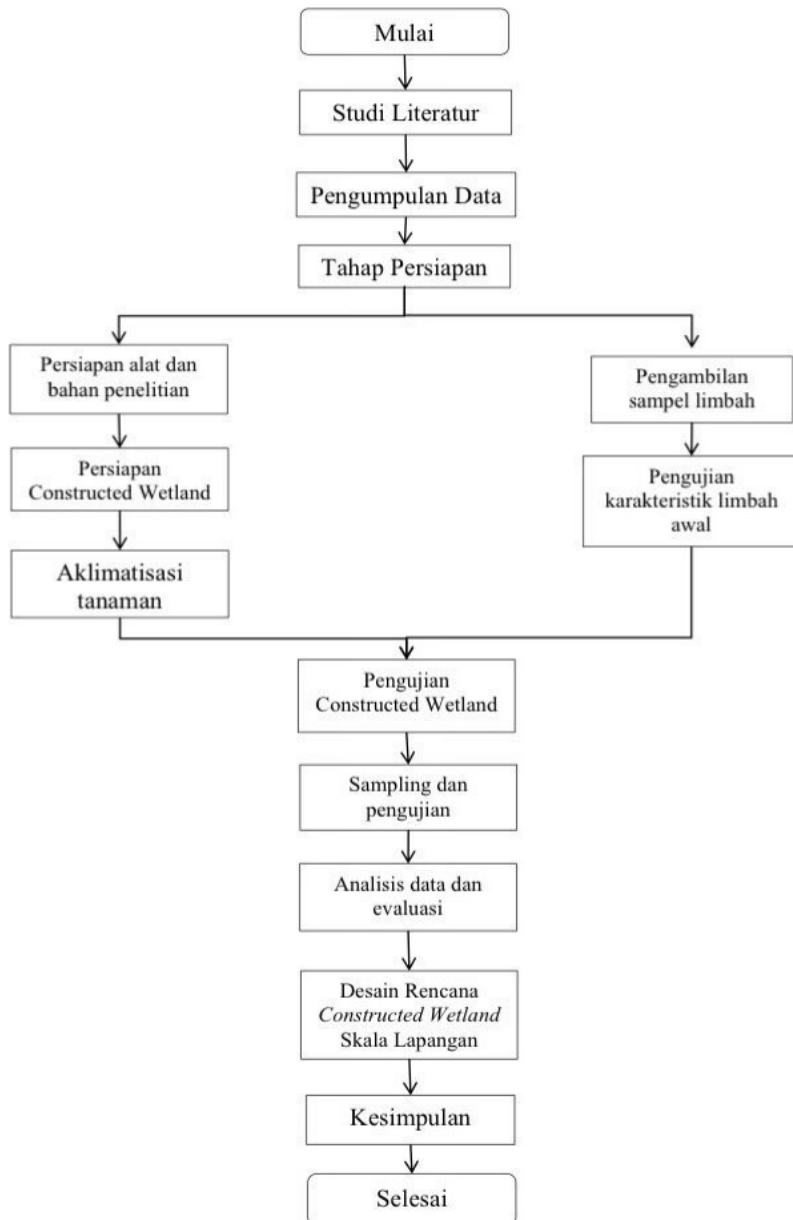
2.8.4. Chemical Oxygen Demand (COD)

Chemical Oxygen Demand adalah parameter yang digunakan untuk menentukan konsentrasi ekuivalen oksigen dalam sampel air yang dapat dioksidasi oleh dikromat dan zat pengoksidasi kuat lainnya. COD umumnya digunakan untuk mengukur senyawa anorganik dan organik aktif oksidase dalam air lingkungan, sampah rumah tangga, dan lumpur komersial. Air permukaan yang tidak tercemar memiliki jumlah COD +20 mg/l. Konsentrasi efluen di badan air penerima biasanya kurang dari 200 miligram per liter. COD air limbah industri berkisar antara 100 hingga 60.000 mg/l.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Alur Penelitian

Adapun diagram alir pada penelitian ini seperti yang terlampir dibawah ini:



Gambar 3. 1 Diagram Alir

Berikut adalah tahapan- tahapan penelitian:

1. Tahapan Persiapan

Tahapan ini terdiri dari 2 bagian yaitu persiapan pada alat dan persiapan pada sampel. Pada persiapan alat dimulai dari menyiapkan alat dan bahan untuk pembuatan *construted wetland*. Setelah terbentuknya alat *construted wetland* maka langkah selanjutnya yaitu aklimatisasi tanaman berguna agar tanaman kayu apu yang digunakan terbiasa pada kondisi lahan basah buatan (*construted wetland*) selama 7 hari. Sedangkan pada persiapan sampel langkah pertama yang dilakukan adalah pengambilan sampel untuk penelitian (sampel yang digunakan merupakan sampel kebun karet) pengambilan sampel ini dilakukan dengan cara menampung air hasil penimbangan karet kedalam sebuah wadah. Selanjutnya air limbah tersebut dibawa ke laboratorium untuk proses pengujian kadar kandungan yang terdapat pada air limbah tersebut.

2. Pengujian *Construted Wetland*

Pada tahapan ini limbah cair karet yang didapat dimasukkan kedalam bak penampung. Setelah limbah tersebut berada di bak penampung maka limbah tersebut akan di alirkan ke alat *construted wetland* dengan arah horizontal.

3. Sampling dan Pengujian

Penelitian ini berlangsung selama 3 hari dimana dilakukan pengujian air limbah dengan variasi konsentrasi 50% limbah, dan 50% limbah 50% air dengan waktu tinggal masing-masing 3 hari dan pengambilan sampel limbah setiap 24 jam. Kemudian sampel dibawa ke laboratorium untuk dilakukan uji kadar kandungan yang terdapat di sampel polutan tersebut. Laboratorium yang digunakan adalah laboratorium Badan Lingkungan Hidup yang berlokasi di Jalan Lunjuk Jaya No.2, Lorok Pakjo, Kec. Ilir Barat 1, Kota Palembang, Sumatera Selatan.

4. Analisis Data

Data dari hasil pemeriksaan konsentrasi kualitas air limbah hasil dari pengolahan getah karet sebelum dan sesudah melewati *construted wetland* berdasarkan variable penelitian yang telah ditetapkan meliputi *Biochemical Oxygen Demand (BOD)*, *Chemical Oxygen Demand (COD)* *Total Suspended Solid (TSS)*, dan pH (*Power of Hydrogen*),) kemudian disajikan dalam bentuk tabel yang

selanjutnya akan dianalisis secara deskriptif yaitu membuat interpretasi dan deskriptif dari data yang diperoleh berdasarkan kriteria objektif untuk mengetahui apakah debit aliran mempengaruhi *constructed wetland* dalam mengolah air limbah domestik.

5. Desain Rencana *Constructed Wetland* Skala Lapangan

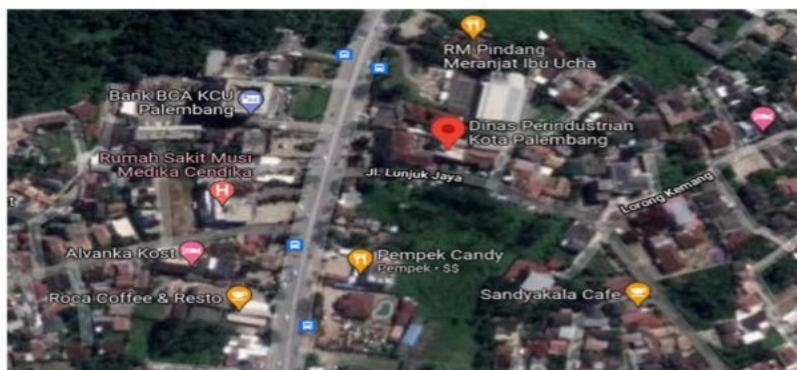
Perencanaan desain dari Instalasi Pengolah Air Limbah (IPAL) ini menggunakan *constructed wetland* skala lapangan yang berpatokan dengan hasil yang diperoleh dari penelitian yang telah dilakukan. Volume bak ekualisasi ditentukan dari waktu tinggal optimal skala laboratorium dan jumlah debit yang dihasilkan di lapangan per hari. Perencanaan dimensi dari sistem pengolahan ini menyesuaikan volume bak ekualisasi yang telah didapatkan dan menggunakan bentuk reaktor yang serupa dengan *constructed wetland* skala laboratorium. Pada tahapan ini juga menggunakan rumus-rumus dalam menentukan dimensi dari sistem pengolahan limbah menggunakan *constructed wetland* skala lapangan yang bersumber dari penelitian terdahulu.

6. Kesimpulan

Menyimpulkan seberapa efektif *constructed wetland* dalam mengolah air limbah karet di lihat dari seberapa banyak penurunan parameter polutan yang di telah melalui proses penelitian.

3.2. Lokasi dan Waktu Penelitian

Untuk penelitian pengukuran parameter sampel air limbah dilaksanakan di laboratorium lingkungan DLHK Palembang di Jl. Lunjuk Jaya No.2, Lorok Pakjo, Kec. Ilir Bar. I, Kota Palembang, Sumatera Selatan. Waktu penelitian dilaksanakan pada bulan Desember 2021 sampai bulan Februari 2022.



Gambar 3.2. Lokasi Pengujian Sampel

3.3. Sampel Penelitian

Sampel penelitian yang digunakan adalah air limbah karet yang berasal dari hasil pengolahan getah pohon karet yang berada di perkebunan karet Desa Mulya Guna, Kec. Teluk Gelam, Kab. Ogan Komering Ilir, Sumatera Selatan.

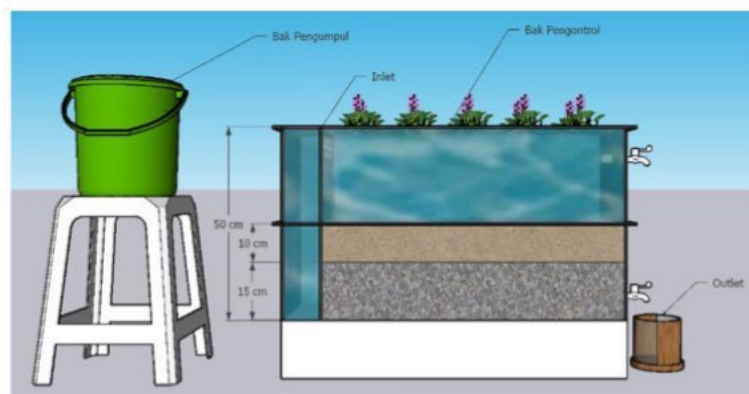


Gambar 3.3. Tempat Pengambilan Sampel Limbah Karet

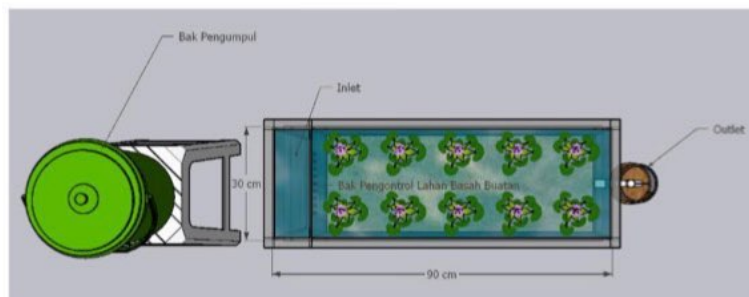
3.4. Konsep Desain

Constructed wetland didesain dengan aplikasi *SketchUp* 2021 dengan jenis *constructed wetland* yang digunakan adalah *sub surface flow* tipe horizontal. *Constructed wetland* didesain untuk penelitian skala laboratorium dengan ukuran panjang 90 cm, lebar 30 cm, tinggi 50 cm, dengan kelandaian sebesar 1% dan tebal kaca berukuran 6 mm yang terdiri dari bak *inlet* dan bak pengontrol. Dalam

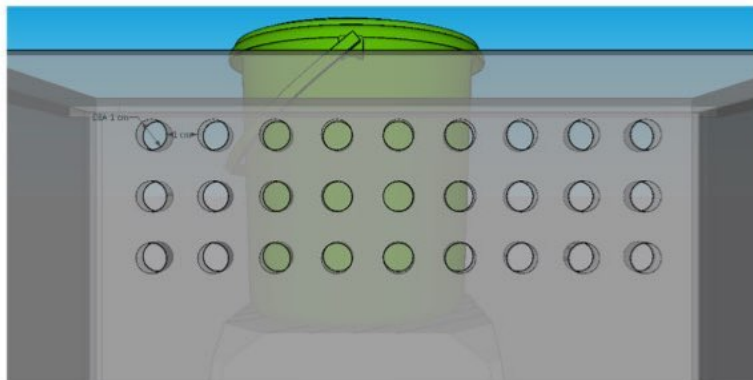
constructed wetland tersebut terdapat lubang kecil sebanyak 27 buah dengan diameter 1 cm dan jarak antar lubang 1 cm sebagai penyalur air limbah ke bagian penyaringan. Selain itu pada *constructed wetland* terdapat 2 kran yang dipasang pada pipa PVC berukuran $\frac{1}{2}$ " yang difungsikan sebagai pengalir *outlet* dari air limbah. Detail desain *constructed wetland* disajikan pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.4. Desain *Constructed Wetland* Tampak Samping



Gambar 3.5. Desain *Constructed Wetland* Tampak Atas



Gambar 3.6. Detail Lubang Penyalur Air Limbah

3.5. Variabel Penelitian

| No | Debit (Liter/Hari) | Aliran (Jam/hari) | Debit (Liter/Detik) |
|----|-----------------------|---------------------------|------------------------|
| 1 | 75 | 30 menit/1800 detik | 0,042 |
| 2 | 65 | | 0,036 |
| 3 | 55 | | 0,031 |

Penelitian berfokus pada variasi debit air yang digunakan dan waktu tinggal air limbah pada lahan *constructed wetland*, untuk melihat apakah tanaman air tersebut efektif dalam menurunkan kadar polutan air limbah dengan waktu tinggal yang telah ditentukan.

3.6. Alat, Bahan, dan Persiapan Media Penelitian

Adapun peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah :

1. *Constructed Wetland* berukuran 90cm x 30cm x 50cm (Gambar 3.4)
2. Bak pengumpul limbah.
3. Bak penampung hasil pengolahan limbah (outlet).
4. Thermocouple.
5. Ph meter.
6. Stopwatch.

Adapun bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah :

1. Tanaman kayu apu (*Pistia Stratiotes*).
2. Media kerikil dan pasir.
3. Sampel limbah cair karet.

Adapun persiapan media pada penelitian ini adalah :

1. Siapkan media dengan memasukkan kerikil berukuran 20 mm – 30 mm kedalam bak pengontrol *constructed wetland* setinggi 15 cm. Kemudian tuang pasir yang lolos saringan no. 2 kedalam bak pengontrol *constructed wetland* diatas kerikil setinggi 10 cm.
2. Isi *constructed wetland* dengan air limbah hingga mencapai batas ketinggian kolam (ketinggian 25 cm diatas permukaan media pasir).
3. Siapkan tanaman kayu apu yang sudah mengalami proses aklimatisasi sebanyak 20 buah.
4. Tanam kayu apu kedalam bak pengontrol.

3.7. Teknik Aklimatisasi Pada Tanaman

Pada tanaman kayu apu melalui tahapan aklimatisasi dengan dimasukkan kedalam bak air berukuran sedang yang berisi air limbah karet dan air dengan rasio 50:50. Tanaman kayu apu didiamkan dalam bak air berisi air limbah karet dan air selama 7 hari agar tanaman dapat menyesuaikan diri terhadap air limbah.

3.8. Analisa Data

Adapun perhitungan-perhitungan yang dilakukan selama pengujian air limbah karet.

1. Perhitungan Efisiensi Penurunan

Penentuan dari nilai efisiensi penurunan bergantung dari nilai parameter air limbah sebelum dan sesudah perlakuan yang diaplikasikan dengan rumus sebagai berikut (Puspitasari, 2021) :

$$Efisiensi (\%) = \frac{C_{in} - C_{out}}{C_{in}} \times 100\% \dots \dots \dots (1)$$

Dimana :

C_{in} : Nilai parameter air limbah dalam wadah inlet

C_{out} : Nilai parameter air limbah dalam outlet (sesudah perlakuan)

2. Perhitungan Waktu Tinggal Optimal

Crites dan Tchobanoglus (1988) mengusulkan gagasan dimana perbandingan antara volume dan laju aliran lahan basah buatan dapat digunakan untuk menetapkan waktu tinggal yang optimal:

$$HRT = \frac{V}{Q} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana :

HRT : Waktu Tinggal (Hari)

Q : Debit (m³/hari)

V : Volume *Constructed Wetland*

3. Perhitungan Desain IPAL Rencana

Penentuan besarnya volume bergantung dari nilai debit air limbah yang dihasilkan dan waktu tinggal optimal yang akan diaplikasikan menggunakan rumus sebagai berikut (Fajar dkk, 2021) :

$$V = Q_{limbah} \times td \dots\dots\dots(3)$$

Dimana :

Q_{limbah} : Debit Air Limbah (Liter/Hari)

td : Waktu Tinggal

4. Perhitungan Penentuan Diameter Pipa

Perhitungan Penentuan Diameter Pipa Perhitungan diameter pipa bergantung pada nilai debit digunakan yang diaplikasikan perhitungannya menggunakan rumus sebagai berikut (Ubaedilah, 2016):

$$D_{Pipa} = \sqrt{\frac{4 \times Q}{2 \times \pi}} \dots\dots\dots(4)$$

Dimana :

D_{Pipa} : Diameter Pipa (mm)

$Q_{grey\ water}$: Debit Air Limbah *Grey Water* (Liter/Hari)

5. Perhitungan Hydraulic Loading Rate (HLR)

Perhitungan HLR didapat berdasarkan besarnya laju pembebanan hidrolis limbah cair terhadap dalam suatu bidang permukaan dalam satuan waktu tertentu.(Vebi Dwi Putra,2016).

$$HLR = Q/A.....(5)$$

Dimana :

Q : Debit maksimum air limbah

A : Luas Penampang *constructed wetland*

BAB 4

PEMBAHASAN

4.1. Kondisi Awal Kualitas Air Limbah

Penelitian ini memakai air limbah karet yang berasal dari hasil penimbangan getah pohon karet yang berada di perkebunan karet milik warga Desa Mulya Guna, Kec. Teluk Gelam, dimana limbah mengandung konsentrasi awal berupa 3138 Mg/L BOD₅, 1602 Mg/L COD, 795 Mg/L TSS, dan pH sebesar 4,5. Konsentrasi awal limbah ini tidak memenuhi standar baku mutu yang telah ditetapkan oleh PERMENLH RI No.5 Tahun 2014, Ada konsentrasi 100 Mg/L BOD₅, 250 Mg/L COD, 100 Mg/L TSS, dan pH sebesar 6 - 9 yang diperbolehkan dalam air limbah karet sebelum dilarang memasuki pasokan air publik. Maka dari itu perlunya pengolahan limbah karet terlebih dahulu supaya limbah karet menjadi aman dan memenuhi standar baku mutu untuk dialirkan ke perairan umum.

Pengolahan limbah ini dapat dilakukan dengan sistem pengolahan sederhana, dimana proses pengolahannya relatif mudah dan biaya operasional yang terjangkau. Salah satu sistem pengolahan yang dapat dipilih berupa lahan basah buatan dengan tipe aliran atas permukaan, dimana sistem pengolahan ini hanya memerlukan kinerja dari tumbuhan dan mikroba yang bekerja sama sehingga sistem operasionalnya mudah serta dapat mengurangi pengeluaran biaya.

Sistem pengolahan tipe aliran atas permukaan memanfaatkan bakteri yang menempel pada daun, batang dan akar pada tanaman air yang digunakan. Kinerja sistem aliran jenis *Free Surface Constructed Wetlands* sangat dipengaruhi oleh nilai dari parameter pH dan suhu, hal ini dikarenakan kedua polutan ini adalah aspek penghalang bagi keberlangsungan hidup mikroba air. Pada polutan ini konsentrasi awal pH sebesar 4,5 dan suhu sebesar 28,6°C. Maka mikroorganisme yang terkandung pada penelitian ini adalah mikroorganisme psikotrop dan mikroorganisme mesofil, hal ini karena mikroorganisme psikotrop dapat berkembang biak dalam suhu 0° C- 35° C dan mikroorganisme mesofil dalam suhu 20° C- 45° C.

Sebelum dimasukkan kedalam *constructed wetland*, tanaman kayu apu melalui tahapan aklimatisasi terlebih dahulu dengan dimasukkan kedalam bak air

berukuran sedang yang berisi air limbah karet dan air dengan rasio 50:50. Tanaman kayu apu didiamkan dalam bak air berisi air limbah karet dan air selama 7 hari agar tanaman dapat menyesuaikan diri terhadap air limbah. Setelah 7 hari domestikasi, beberapa tanaman selada air mulai menguning, menyusut dari ukuran semula, dan akhirnya mati.

Selain itu faktor-faktor lainnya yang dapat menurunkan kadar polutan limbah itu tidak hanya berdasarkan pengenceran saja hal ini terbukti pada saat penelitian faktor iklim, cuaca dan suhu pada saat penelitian sering berubah-ubah mengingat pada saat penelitian dilakukan di tempat yang cukup terbuka lalu disertai cuaca yang pada saat itu dilanda hujan dan teriknya panas matahari.

4.2. Data Parameter Uji

Sistem pengolahan yang dapat digunakan berupa Lahan Basah Buatan Dengan Tipe Aliran Atas Permukaan (*Free Surface Constructed Wetlands*) dengan memakai air limbah karet yang berasal dari hasil penimbangan getah pohon karet yang berada di perkebunan karet milik warga Desa Mulya Guna, Kec. Teluk Gelam yang diletakkan pada bak ekualisasi terlebih dahulu sebelum dialirkan ke *constructed wetlands* memakai pompa yang mempunyai debit 1250 L/jam. Dengan sistem pemrosesan ini, batch diproses secara berurutan.

Dengan menggunakan sampel uji yang dikumpulkan pada beberapa interval, UPTD Laboratorium Lingkungan Dinas Lingkungan Hidup dan Kebersihan Palembang menetapkan bahwa konsentrasi parameter uji (BOD, COD, TSS, pH) menurun, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.1. dan 4.2..

Tabel 4.1. Data Parameter Limbah Sebelum Pengolahan di *Constructed Wetland*

| Sebelum Pengolahan CW | | | |
|-----------------------|------|-----|------|
| BOD | COD | TSS | pH |
| 3138 | 1602 | 795 | 0,45 |

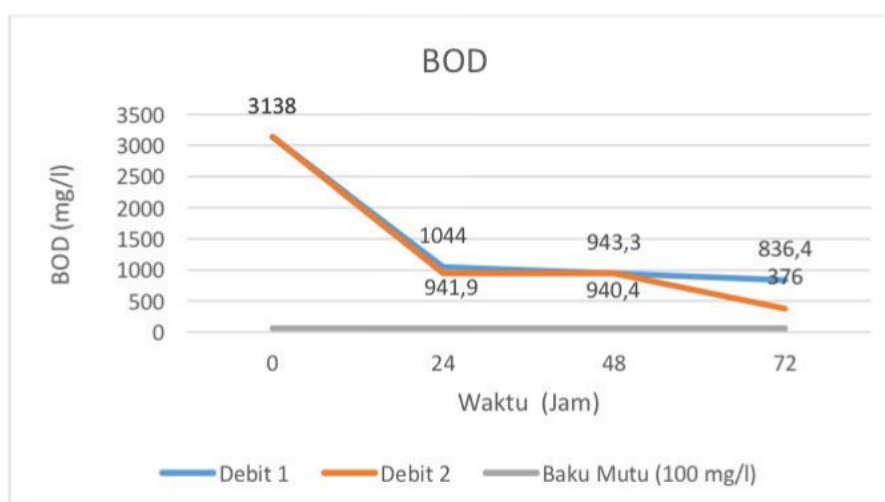
Tabel 4.2. Data Parameter Limbah Sesudah Pengolahan di *Constructed Wetland*

| Sesudah Pengolahan CW | | | | | | | |
|-----------------------|-----|---------|---------|------|------|-----|-----|
| No. | HRT | Debit | HLR | BOD | COD | TSS | pH |
| 1 | 24 | 440.456 | 0.16313 | 1044 | 1472 | 570 | 4.6 |

| | | | | | | | |
|---|----|---------|----------|-------|-------|-----|-----|
| | 48 | | | 943,3 | 1416 | 244 | 4.8 |
| | 72 | | | 836,4 | 581,8 | 131 | 5.1 |
| | 24 | | | 941,9 | 1402 | 324 | 5.5 |
| 2 | 48 | 428.572 | 1,102083 | 940,4 | 1348 | 163 | 5.9 |
| | 72 | | | 376 | 225 | 122 | 6.2 |

4.3. Biochemical Oxygen Demand (BOD)

Tabel 4.1 menampilkan hasil pengujian parameter BOD berdasarkan periode tempat tinggal, yang diperoleh dari UPTD Laboratorium Lingkungan Dinas Lingkungan Hidup dan Kesehatan Kota Palembang. Data yang diperoleh menyebabkan representasi visual berikut:



Gambar 4.1. Grafik Penurunan Kadar *Biochemical Oxygen Demand* terhadap Variasi Konsentrasi dan Waktu Retensi

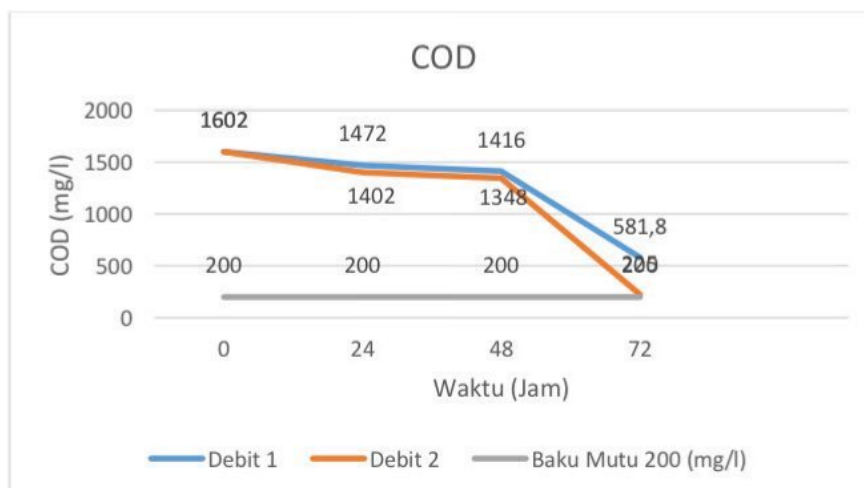
Pada grafik diatas menunjukkan bahwa limbah karet mengalami penurunan kandungan parameter BOD. Hal ini terjadi karena pengaruh media tanam yang membantu mengendapkan material yang halus. Peningkatan oksidasi bakteri aerob di sekitar rizosfer (area periroot) tanaman juga berkontribusi terhadap penurunan konsentrasi bahan organik yang digunakan dalam proses konstruksi lahan basah (H Euis Nurul & A Wahyu, 2010). Aklimatisasi tanaman sebelum memulai penelitian memungkinkan rizobakteri menyesuaikan diri dan berkembang, yang sangat membantu akar tanaman untuk mengambil nutrisi dari air limbah.

Grafik di atas menunjukkan bagaimana parameter BOD menurun drastis pada perbedaan konsentrasi 100% dan 50% dengan waktu tinggal 24 jam, akan

tetapi hanya pada variasi konsentrasi 50% dengan waktu tinggal 72 jam saja yang dapat mencapai standar baku mutu berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No.5 Tahun 2014. Berdasarkan data yang telah didapat ini dapat dilihat bahwa perlakuan pengenceran limbah juga berpengaruh dalam menurunkan parameter BOD. Hal ini terjadi karena kandungan O_2 dalam air turut membantu perkembangan mikroorganisme yang ada didalam *constructed wetland*. Dengan bertambahnya kandungan oksigen, maka mikroorganisme dapat mengurai bahan organik didalam limbah yang banyak.

4.4. Chemical Oxygen Demand (COD)

Chemical Oxygen Demand (COD) adalah jumlah oksigen yang diperlukan buat mengkatalisis suatu reaksi kimia yang akan mengoksidasi bahan organik di dalam sampah. Tingginya konsentrasi bahan organik dalam air limbah merupakan akar penyebab tingginya COD. Tabel 4-1 menampilkan hasil uji parameter solusi yang dilakukan oleh UPTD Laboratorium Lingkungan Dinas Lingkungan Hidup dan Kebersihan Kota Palembang, dan diagram berikut didasarkan pada hasil tersebut:



Gambar 4.2. Grafik Penurunan Kadar COD terhadap Variasi Konsentrasi dan Waktu Tinggal

Meskipun masih terdapat bahan organik dalam air limbah, tingkat COD yang tinggi dan rendah menunjukkan keseluruhan kebutuhan O_2 yang tersedia untuk mengoksidasi secara kimiawi. Istilah "oksidasi" dapat merujuk lebih dari sekadar penguraian organisme mati; dapat mencakup berbagai proses. Hasil penelitian ini

menunjukkan bahwa bahan organik dalam air limbah dapat teroksidasi secara biologis, karena konsentrasi COD dan BOD cenderung menurun.

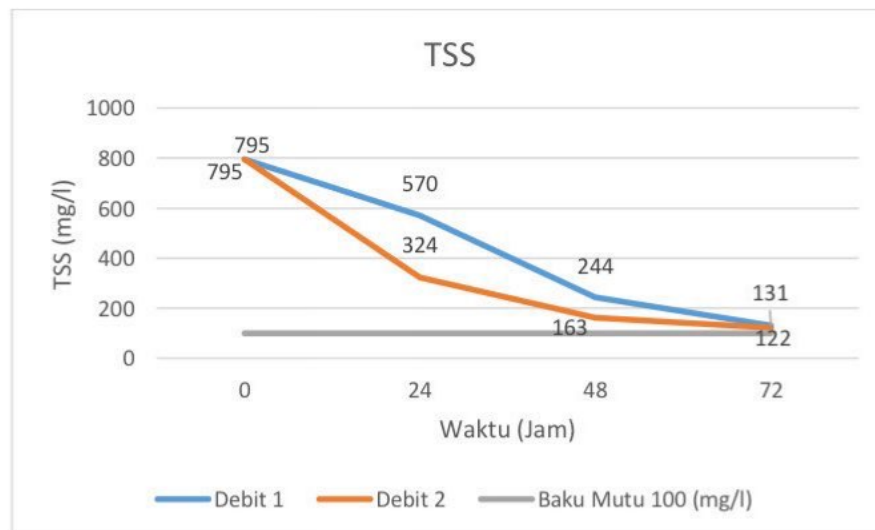
Konsentrasi awal BOD dan COD tidak dapat dihindari dipengaruhi oleh adanya aktivitas mikroba di dalam reaktor, yang menguraikan sebagian bahan organik dalam air limbah. Kondisi ini mengakibatkan penurunan COD pada limbah karet dengan variasi konsentrasi 100% dan 50% berturut-turut kurang lebih 49% dan 82% dalam hari pertama penelitian. Selain itu, lahan basah buatan menggunakan mekanisme pemrosesan fisik (filter dan pengendapan) untuk mengurangi konsentrasi COD dalam pembuangan air limbah, yang terlihat sebagai penurunan konsentrasi TSS pada hari ke-1. Hanya parameter COD pada limbah karet variasi konsentrasi 50% dengan waktu retensi 72 jam yang sesuai standar baku mutu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No.5 Tahun 2014, hal ini terjadi karena terlalu besarnya nilai COD yang terkandung di *constructed wetland*.

4.5. Total Suspended Solid (TSS)

Total suspended solid (TSS) adalah segala sesuatu yang lolos dari filter tetapi tidak muat karena terlalu sedikit (sebagai partikel koloid, yaitu) untuk muat. Termasuk dalam padatan tersuspensi total adalah hal-hal seperti lanau, tanah liat, oksida logam, sulfida, alga, bakteri, dan jamur. Dalam kebanyakan kasus, koagulasi dan filtrasi digunakan untuk menghilangkan partikel tersuspensi total. Padatan tersuspensi total membantu menjaga air tetap jernih karena menghalangi sinar matahari, mencegah ganggang berfotosintesis di badan air.

Pada limbah karet, air limbah yang dihasilkan biasanya terdapat serpihan karet halus ketika dilakukan pengolahan, hal ini yang memicu terjadinya padatan tersuspensi total (TSS).

Tabel 4.1 merinci hasil pengujian yang dilakukan oleh UPTD Laboratorium Lingkungan Dinas Lingkungan Hidup dan Kebersihan Kota Palembang terhadap berbagai parameter larutan; dari hasil ini, representasi grafis berikut diturunkan:



Gambar 4.3. Grafik Penurunan Kadar TSS terhadap Variasi Konsentrasi dan Waktu Tinggal

Temuan laboratorium digunakan untuk membuat grafik yang menunjukkan bahwa konsentrasi TSS turun setelah 72 jam residensi yang sesuai dengan standar baku mutu berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup no.5 Tahun 2014. Hal ini karena lahan basah buatan tipe lahan basah permukaan bebas efektif menghilangkan bahan organik padat dari air limbah melalui proses filtrasi dan sedimentasi, bahkan jika air limbah mengandung bahan organik konsentrasi tinggi. Komponen bahan organik padat yang lebih sederhana dan mudah larut yang disimpan di lahan basah buatan akan diproduksi. Akan ada lebih sedikit TSS dalam air limbah sebagai akibatnya.

4.6. Waktu Tinggal Optimal

Konsentrasi dan waktu tinggal lahan basah yang diciptakan menentukan seberapa baik mengolah air limbah. Semakin banyak waktu yang dihabiskan air limbah di lahan basah buatan, semakin banyak faktor kontaminan yang diambilnya. Mikroorganisme dapat berinteraksi dengan air limbah jika diberikan waktu yang cukup untuk “berada” di dalam sistem. Akar tanaman air dapat dimanfaatkan sebagai pusat energi/katalisator untuk beberapa proses metabolisme yang mempengaruhi kelangsungan hidup mikroba, dan bakteri dalam air limbah mendegradasi bahan organik menjadi molekul yang lebih sederhana yang dapat digunakan tanaman sebagai nutrisi (Supradata,2005).

Crites dan Tchobanoglus mendalilkan bahwa membandingkan volume dan aliran lahan basah buatan manusia dapat menghasilkan perkiraan waktu tinggal. Alhasil berlandaskan teori *Crites* dan *Tchobanoglus* waktu optimal dihitung menggunakan rumus persamaan (2) yaitu:

$$\begin{aligned} \text{➤ } HRT &= \frac{V}{Q} \\ \text{➤ } HRT &= \frac{(90 \text{ cm} \times 30 \text{ cm} \times 50 \text{ cm})}{1250 \text{ l/hari}} \\ \text{➤ } HRT &= \frac{135000 \text{ cm}^3}{1250 \text{ l/hari}} \\ \text{➤ } HRT &= \frac{135 \text{ dm}^3}{1250 \text{ l/hari}} \\ \text{➤ } HRT &= \frac{135 \text{ l}}{1250 \text{ l/hari}} \\ \text{➤ } HRT &= 0,108 \text{ hari} \\ \text{➤ } HRT &= 2,59 \text{ jam} \end{aligned}$$

Jadi, 2,59 jam adalah sweet spot untuk residensi menurut rumus teoritis Crites dan Tchobanoglus. Juga, ini konsisten dengan bukti laboratorium tentang waktu tinggal 24 jam, yang mana kadar parameter polutan untuk masing-masing variasi konsentrasi sangat banyak mengalami penurunan meskipun belum masuk kedalam standar baku mutu yang telah ditentukan, Aman untuk mengatakan bahwa parameter polusi dapat diturunkan dengan menggunakan lahan basah buatan. Efektivitas penurunan kadar polutan dalam air limbah dihitung dengan menggunakan rumus (1) dan hasil parameter pengujian (BOD, COD, TSS, suhu, pH) disusun pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3. Efisiensi penurunan kadar polutan air limbah

| Waktu | HLR | BOD | COD | TSS |
|-------|----------|----------|----------|----------|
| | | % | % | % |
| 24 | 0.16313 | 66,7304 | 8,114856 | 28,30189 |
| 48 | | 69,93945 | 11,61049 | 69,30818 |
| 72 | | 73,34608 | 63,6829 | 83,52201 |
| 24 | 1,102083 | 69,98407 | 12,48439 | 59,24528 |
| 48 | | 70,03187 | 15,85518 | 79,49686 |
| 72 | | 88,01785 | 85,95506 | 84,65409 |

4.7. Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah

Dalam desain fasilitas pengolahan air limbah, kolam pemerataan dan struktur permukaan bebas disertakan. Perencanaan ini dibuat berdasarkan

1. Perencanaan Bak Ekualisasi

Fungsi utama tangki pemerataan adalah sebagai tangki penampung untuk tahap awal pembuangan air limbah. Fluktuasi pelepasan atau aliran dan konsentrasi limbah akan diseimbangkan dalam tangki pemerataan, mengatur tahapan agar operasi selanjutnya berjalan dengan lancar. Dengan memompa air dari tangki pemerataan ke unit berikutnya, unit persegi panjang ini mampu menyebarkan beban air limbah secara merata (tingkat air bebas). Dimensi Bak Ekualisasi Direncanakan:

$$\begin{aligned} \text{Volume Bak Ekualisasi} &= \frac{HRT}{24 \text{ Jam}} \times Q \\ &= \frac{2,6 \text{ Jam}}{24 \text{ Jam}} \times 3,6 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 0,39 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Dimensi Bak Ekualisasi :

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= 0,39 \text{ m}^3 &&= 390000 \text{ cm}^3 \\ \text{H} &= 40 \text{ cm} \\ \text{Luas} &= 9750 \text{ cm}^2 \\ \text{Tinggi Jagaan} &= 0,3 \text{ m} \\ \text{Panjang} &= 162,5 \text{ cm} \\ \text{Lebar} &= 60 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dimensi Bak Ekualisasi Rencana :

$$\begin{aligned} \text{Panjang Rencana} &= 168 \text{ cm} \\ \text{Lebar Rencana} &= 70 \text{ cm} \\ \text{H Rencana} &= 70 \text{ cm} \\ \text{As Rencana} &= 11760 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Spesifikasi Pompa :

| | |
|------------|---------------|
| Merek | = Krisbow |
| Model | = A A - 106 |
| Daya | = 220 - 240 V |
| Debit | = 6500 L/Jam |
| Total Head | = 4.0 m |

Dimensi Pipa :

| | |
|---------------------------|--|
| Jumlah Pompa | = 2 Buah |
| Debit Q_{aliran} | = 0,00111 m ³ /detik |
| Diameter Pipa | = 0,0266 m = 26,60 (atau 32 mm diameter pipa pasaran) |

Bak ekualisasi ini akan dibuat sebanyak 2 buah dengan dimensi yang sama dengan peran masing-masing sebagai penampungan awal air limbah dan air bersih. Bak ekualisasi air bersih ini berguna sebagai bahan pengencer (*dilution*) limbah untuk membantu proses penurunan parameter didalam *constructed wetland* dengan rasio yang sama dengan limbahnya. Perencanaan ini dibuat berdasarkan hasil penurunan parameter yang telah didapatkan dari pengujian limbah skala laboratorium.

2. Perencanaan Reaktor *Constructed Wetland*

Garis persegi panjang dimaksudkan untuk permukaan air terbuka. Reaktor akan menerima air limbah melalui pompa dari tangki ekualisasi. Akan ada waktu retensi reaktor (HRT) 72 jam. Kran yang terpasang pada reaktor akan dibuka setelah 72 jam agar air limbah dapat mengalir ke badan air. Bahan bakar reaktor adalah kayu apu dengan kerapatan rumpun 5 cm² (10-20 rimpang). Kerikil dan pasir adalah media yang digunakan dalam reaktor ini.

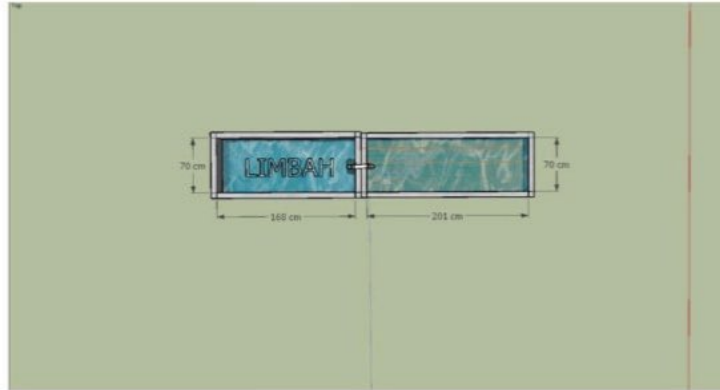
| | |
|-----------------|--------------------------|
| Volume | = 702000 cm ³ |
| Panjang | = 200,5714 cm |
| Panjang Rencana | = 201 cm |
| Lebar | = 70 cm |

| | |
|----------------|-------------------------|
| Tinggi | = 50 cm |
| Area Surface | = 14040 cm ² |
| AS Rencana | = 14040 cm ² |
| Waktu Tinggal | = 72 Jam |
| Tinggi Pasir | = 10 cm |
| Tinggi Kerikil | = 15 cm |

Dimensi reaktor lahan basah yang dibangun berasal dari perhitungan dan penyempurnaan peralatan eksperimental lahan basah yang dibangun skala laboratorium yang digunakan dalam studi sebelumnya. Akun rencana SketchUp 2021 untuk lahan basah buatan manusia berskala besar. Panjang bak pemerataan 168 cm, lebar 70 cm, dan tinggi 70 cm, sedangkan lahan basah buatan 201 cm, lebar 70 cm, dan tinggi 50 cm. Reaktor lahan basah yang dibangun, tangki homogenisasi air limbah, dan sistem pemurnian air membentuk desain skala di tempat. Dua pompa dan saluran PVC 32 milimeter digunakan untuk memindahkan zat dari tangki penyeimbang ke reaktor. Reaktor lahan basah yang sudah jadi juga memiliki keran yang dipasang untuk keperluan pengurasan. Gambar 4.4, 4.5, dan 4.6 menggambarkan cetak biru yang rumit dan sketsa lahan basah buatan manusia.



Gambar 4.4. Desain IPAL Tampak Samping



Gambar 4.5. Desain Tampak Atas



Gambar 4.6. Desain Tampak Depan

Karena limbah dalam penelitian ini membutuhkan waktu 72 jam untuk mencapai syarat kualitas air, maka air dalam reaktor untuk skema desain proses pengolahan limbah ini diatur oleh kran, dan kran dipasang ke dalam sistem. selokan tetangga. Air yang telah didaur ulang dari limbah karet dan dimurnikan di lahan basah buatan sekarang dapat digunakan untuk hal-hal seperti irigasi dan pekerjaan rumah tangga. Namun, penelitian lebih lanjut diperlukan sebelum dapat digunakan sebagai air mandi atau untuk minum sehari-hari.

Sistem pengolahan air limbah ini memiliki banyak manfaat bagi masyarakat sekitar perkebunan karet, antara lain udara lebih bersih dan bau tidak sedap, selain itu warga sekitar juga dapat menggunakan air daur ulang limbah ini untuk kegiatan diluar penggunaan mandi dan konsumsi sehingga warga sekitar pun dapat menghemat air lebih banyak.

3. *Operasional dan Maintenance Teknis IPAL*

Banyak perawatan yang dapat digunakan untuk membantu pengoperasian dan pemeliharaan sistem IPAL:

a. Bak Ekualisasi :

1. Limbah dan air bersih dikumpulkan di kolam ekualisasi yang berbeda (terpisah).
2. Limbah dan air bersih dialirkan ke *wetland* secara bersamaan.
3. Komponen inti menampilkan pompa submersible primer dan sekunder.
4. Setiap 24 jam, pompa primer dan sekunder berpindah tempat.
5. Pisau perlu diperiksa dan dibersihkan.
6. Selama pemeliharaan, aliran listrik terputus dari sistem.
7. Setidaknya setiap dua bulan sekali, tangki penyamaan perlu dikuras.

b. *IPAL Constrcuted Wetland* :

1. Vegetasi yang mempunyai poin estetika.
2. Pemanenan tanaman Kayu Apu selama 40 hari sekali.
3. Pengendapan pada media, bakal dilaksanakan penggantian media yang baru.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Sesuai dengan temuan riset dan pembahasan yang dilakukan, bisa disimpulkan yaitu:

1. Kondisi awal dari limbah karet di perkebunan karet Desa Mulya Guna yaitu berwarna keruh pekat dan memiliki bau yang menyengat dengan kandungan konsentrasi awalnya senilai 3.138 Mg/L untuk BOD₅, COD sebesar 1.602 Mg/L, TSS sebesar 795 Mg/L, dan pH senilai 4.5. Persentase yang efisien dari tiap parameter sebesar 88% untuk BOD, 86%, COD dan 84,6% TSS masing-masing pada hari ke 3/72 jam pada saat penelitian. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014 menyebutkan bahwa mutu air limbah pengolahan karet dari perkebunan karet di Desa Muliaguna belum memenuhi syarat yang dapat diterima dan harus dilakukan pengolahan lebih lanjut untuk mencapai baku mutu tersebut.
2. Berlandaskan melalui perkiraan perencanaan instalasi pengolahan air limbah untuk perkebunan karet Desa Mulya Guna dengan menggunakan sistem *constructed wetland* terdapat 2 buah bak ekualisasi untuk limbah karet dan air bersih sebagai bahan pengencer dengan dimensi 168 cm x 70 cm x 70 cm, dan 1 buah reaktor *constructed wetland* sekitar 201 cm x 70 cm x 50 cm buat menampung volume air sekitar 390 liter.
3. Kualitas efluen yang dihasilkan dari pengolahan air limbah di lahan basah yang direkayasa secara signifikan dipengaruhi oleh jumlah beban hidrolis yang diterapkan pada sistem. Muatan Hidrolis dinilai mampu membantu *constructed wetland* dalam menurunkan kadar polutan air limbah karet hingga memenuhi standar baku mutu air limbah karet yang telah ditetapkan dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 dengan waktu tinggal limbah yang digunakan selama 72 jam. Penurunan ini juga dibantu oleh faktor lain seperti tumbuhan dan mikroba yang bekerja secara alamiah didalam *constructed wetland*.

5.2. Saran

Adapun saran yang dapat disampaikan adalah sebagai berikut :

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang pemanfaatan variasi tanaman lain, bila perlu menggunakan tipe *constructed wetland* yang berbeda untuk mendapatkan hasil yang lebih baik.
2. Diperlukan survey untuk menentukan tempat pengujian sampel karena dapat mempengaruhi lamanya waktu penelitian yang dilakukan.
3. Diperlukan survey dalam menentukan dan memilih kualitas bahan yang diperlukan dalam pembuatan *constructed wetland* skala laboratorium.
4. Perlu dilakukan survey dalam pemilihan tempat pengujian *constructed wetland* dikarenakan dapat mengundang serangga ke area pengujian *constructed wetland*.
5. Perlu penelitian lebih lanjut terkait pengaruh faktor hidrologi dan iklim terhadap kinerja *constructed wetland* apabila diterapkan dalam skala *full scale* di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bahtiar, L. A., & Hidayat, J. W. 2019. Pengaruh Bioremediasi Tanaman Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*) Terhadap Penurunan Amoniak, pH, Minyak dan Lemak pada Limbah Minyak Mentah Wonocolo Bojonegoro.
- Devianasari, A., & Rudy, L. 2011. Pengolahan air limbah domestik dengan lahan basah buatan menggunakan rumput payung (*Cyperus alternifolius*). *Envirotek: Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*.
- Dewi, D. S., Prasetyo, H. E., & Karnadeli, E. 2020. Pengolahan Air Limbah Industri Karet Remah (Crumb Rubber) Dengan Menggunakan Reagen Fenton. *Jurnal Redoks*.
- Hakim, A. R., Citra., Fauzi, M. D. N. 2019. Industri Pengolahan Karet di Indonesia.
- Harahap, F. 2011. Kultur Jaringan Tanaman.
- Husnabilah, A. 2016. *Perencanaan Constructed Wetland Untuk Pengolahan Greywater Menggunakan Tumbuhan Canna Indica (Studi Kasus: Kelurahan Keputih Surabaya)*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Khosid Fadilah, I. 2017. *Peningkatan Kualitas Limbah Cair Karet dengan Sistem Constructed Wetland Menggunakan Tanaman Kayu Apu (Pistia Stratiotes)*. Universitas Brawijaya.
- Nashrullah, S. 2015. Pengolahan Limbah Karet Dengan Fitoremediasi Menggunakan Tanaman Typha Angustifolia. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*.
- Peraturan Gubernur. 2012. *Peraturan Gubernur Sumatera Selatan Nomor 8 Tahun 2012 tentang baku mutu air limbah domestik*.
- Puspitasari, N., Fachrul, M. F., & Ratnaningsih, R. 2021. Lahan Basah Buatan dengan Tanaman Paku Air (*Azolla Microphylla*). *BHUWANA*.

- Putri, N., & Natasya, F. 2021. Dampak Limbah Karet Terhadap Lingkungan dan Aktivitas Masyarakat di Kabupaten Aceh Timur. In *SEMINAR NASIONAL PENINGKATAN MUTU PENDIDIKAN*.
- Riyanti, A., Kasman, M., & Riwan, M. 2019. Efektivitas Penurunan Chemical Oxygen Demand (COD) dan pH Limbah Cair Industri Tahu dengan Tumbuhan Melati Air melalui Sistem Sub-Surface Flow Wetland. *Jurnal Daur Lingkungan*.
- Suwandi, R., Irawan, C., & Rachmadi, A. T. 2016. Pengolahan Limbah Perendaman Karet Rakyat dengan Metode Koagulasi Dan Flokulasi Menggunakan Aluminium Sulfat, Ferri Klorida, Dan Poli Aluminium Klorida (PAC). *Biopropal Industri*.
- Siswoyo, E., Faisal, F., Kumalasari, N., & Kasam, K. 2020. Constructed wetlands dengan tumbuhan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) sebagai alternatif pengolahan air limbah industri tapioka. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*.
- Susilawati, N., & Daud, D. 2018. Efisiensi Unit Pengolah Limbah Industri Crumb Rubber di Sumatera Selatan. In *Prosiding Seminar Nasional Peran Sektor Industri dalam Percepatan dan Pemulihan Ekonomi Nasional*.
- Suswati, A. C. S. P., & Wibisono, G. 2013. Pengolahan Limbah Domestik Dengan Teknologi Taman Tanaman Air (Constructed Wetlands). *The Indonesian Green Technology Journal*.

LAMPIRAN

Dokumentasi Penelitian



Gambar 1 Limbah Karet Yang Digunakan



Gambar 2 Tanaman Yang Sudah di Aklimatisasi



Gambar 3 Penyusunan Media Tanam



Gambar 4 Air Limbah Dimasukkan kedalam *Constructed Wetland*



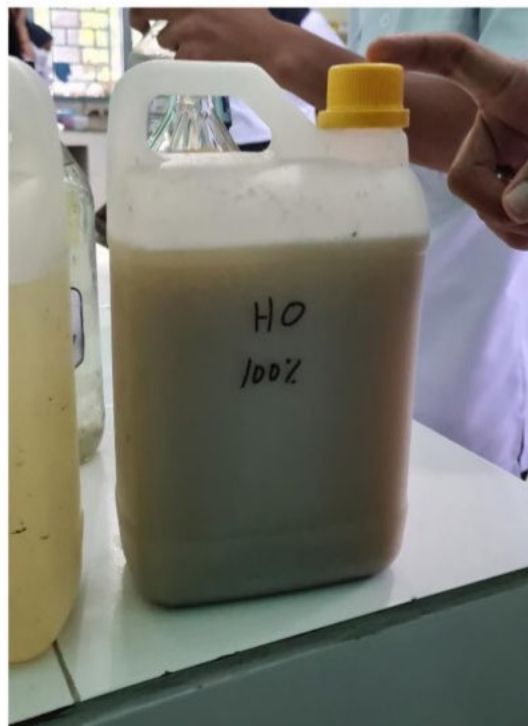
Gambar 5 Kayu Apu Dimasukkan kedalam *Constructed Wetland*



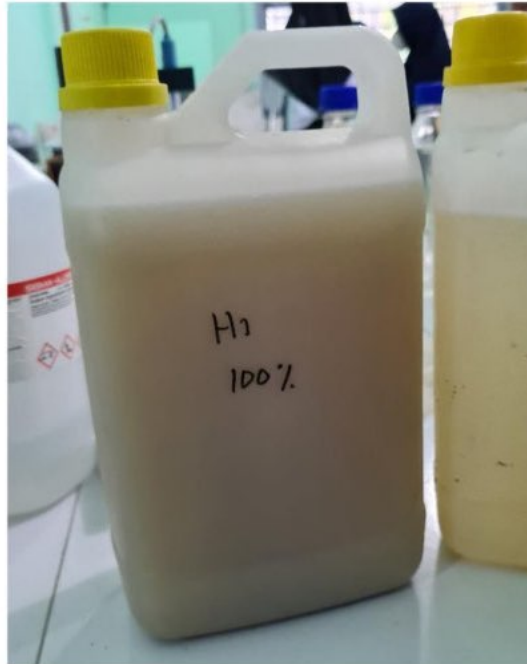
Gambar 6 Pengukuran Suhu Air Limbah Menggunakan Thermocouple



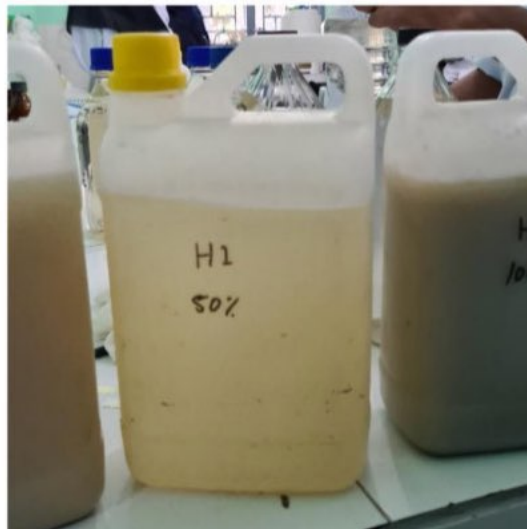
Gambar 7 Pengukuran pH Air Limbah Menggunakan pH Meter



Gambar 8 Sampel Air Limbah Sebelum Perlakuan



Gambar 9 Sampel Air Limbah Dengan Variasi Konsentrasi 100% Waktu Retensi
24 Jam



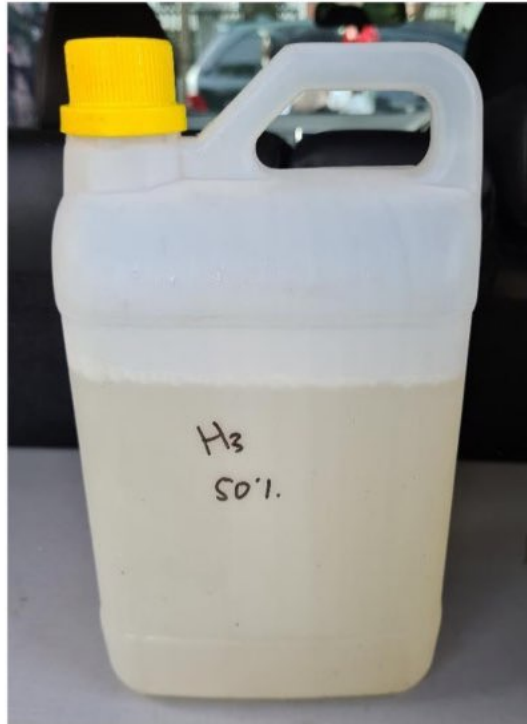
Gambar 10 Sampel Air Limbah Dengan Variasi Konsentrasi 50% Waktu Retensi
24 Jam



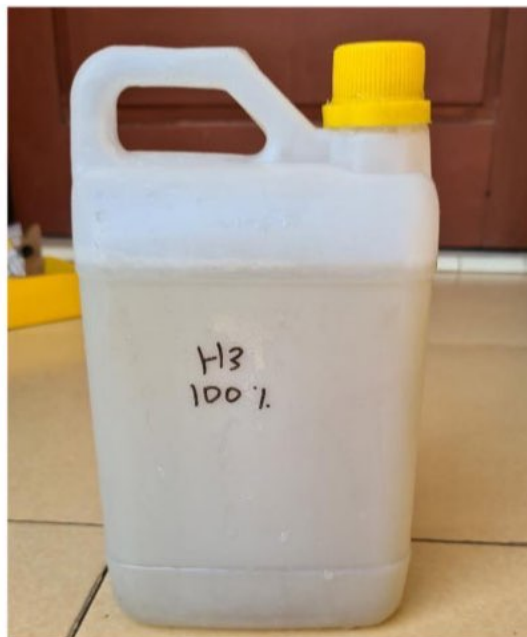
Gambar 11 Sampel Air Limbah Dengan Variasi Konsentrasi 100% Waktu Retensi
48 Jam



Gambar 12 Sampel Air Limbah Dengan Variasi Konsentrasi 50% Waktu Retensi
48 Jam



Gambar 13 Sampel Air Limbah Dengan Variasi Konsentrasi 50% Waktu Retensi
72 Jam



Gambar 14 Sampel Air Limbah Dengan Variasi Konsentrasi 100% Waktu Retensi
72 Jam



PEMERINTAH KOTA PALEMBANG
DINAS LINGKUNGAN HIDUP DAN KEBERSIHAN
UPTD LABORATORIUM LINGKUNGAN
DINAS LINGKUNGAN HIDUP DAN KEBERSIHAN KOTA PALEMBANG
Jalan Lunjuk Jaya No. 02 Lantai II Palembang



SURAT TANDA UJI

No. 660 / 1247 / STU-LLK / DLHK / 2022

Yang bertanda tangan dibawah ini menerangkan bahwa :

Nomor Contoh : 660 / 1247 / TCPC.LLK / DLHK / IX / 2022
Jenis Contoh : Air Limbah Karet
Kode Contoh : 1791.23.09.22 s.d 1793.23.09.22
Nama Pengirim Contoh : Sdr. Mohammad Hyllman
Alamat Pengirim : Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Negeri Sriwijaya Palembang
Pengambil Contoh : Pemilik Contoh
Diterima Tanggal : 23 September 2022
Tanggal Pengujian : 23 - 29 September 2022
Kondisi Contoh : Sedikit Keruh
Kemasan : Botol Plastik HDPE
Penyimpangan/Abnormalitas : Tanpa Pengawet

Setelah dilakukan pengujian di laboratorium, diperoleh hasil sebagai berikut :

| NO | PARAMETER | SATUAN | NILAI | | | METODE UJI |
|----|--------------------|--------|-------|------|-------|------------------|
| | | | T1 | T2 | T3 | |
| 1. | TSS* | mg/l | 795 | 570 | 324 | SNI 6989.3.2019 |
| 2. | COD* | mg/l | 1602 | 1472 | 681,8 | SNI 6989.2-2019 |
| 3. | BOD ₅ * | mg/l | 3138 | 1044 | 941,9 | SNI 6989.72-2009 |

Keterangan :

* : Terakreditasi
T1 : Sampel Awal
T2 : Kolam 1 Sampel I
T3 : Kolam 2 Sampel I

Palembang, 07 Oktober 2022
Kepala UPTD Laboratorium Lingkungan
Dinas Lingkungan Hidup & Kebersihan
Kota Palembang


NYIMAS EVIYANI, S.SI
NIP. 19800906 200801 2 003

Catatan :

Dibuat 2 (dua) rangkap, asli untuk pemilik contoh, tindisan untuk arsip.



PEMERINTAH KOTA PALEMBANG
DINAS LINGKUNGAN HIDUP DAN KEBERSIHAN
UPTD LABORATORIUM LINGKUNGAN
DINAS LINGKUNGAN HIDUP DAN KEBERSIHAN KOTA PALEMBANG
Jalan Lunjuk Jaya No. 02 Lantai II Palembang



SURAT TANDA UJI
No. 660 / 2021 / STU-LLK / DLHK / 2022

Yang bertanda tangan dibawah ini menerangkan bahwa :

Nomor Contoh : 660 / 1254 / TCPC.LLK / DLHK / IX / 2022
Jenis Contoh : Air Limbah Karet
Kode Contoh : 1800.26.09.22 s.d 1803.26.09.22
Nama Pengirim Contoh : Sdr. Mohammad Hyllman
Alamat Pengirim : Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Negeri Sriwijaya Palembang
Pengambil Contoh : Pemilik Contoh
Diterima Tanggal : 26 September 2022
Tanggal Pengujian : 26 September - 02 Oktober 2022
Kondisi Contoh : Sedikit Keruh
Kemasan : Botol Plastik HDPE
Penyimpangan/Abnormalitas : Tanpa Pengawet

Setelah dilakukan pengujian di laboratorium, diperoleh hasil sebagai berikut :

| NO | PARAMETER | SATUAN | NILAI | | | | METODE UJI |
|----|--------------------|--------|-------|-------|-------|-----|------------------|
| | | | T1 | T2 | T3 | T4 | |
| 1. | TSS* | mg/l | 244 | 163 | 131 | 122 | SNI 6989.3.2019 |
| 2. | COD* | mg/l | 1416 | 1348 | 681,8 | 225 | SNI 6989.2-2019 |
| 3. | BOD ₅ * | mg/l | 943,3 | 940,4 | 836,4 | 376 | SNI 6989.72-2009 |

Keterangan :
* : Terakreditasi
T1 : Sampel 2 Kolam 1
T2 : Sampel 2 Kolam 2
T3 : Sampel 3 Kolam 1
T4 : Sampel 3 Kolam 2

Palembang, 10 Oktober 2022
Kepala UPTD Laboratorium Lingkungan
Dinas Lingkungan Hidup & Kebersihan
Kota Palembang


NYIMAS EVIYANI, S.SI
NIP. 19800906 210801 2 003

Catatan :
Dibuat 2 (dua) rangkap, asli untuk pemilik contoh, tindisan untuk arsip.



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

NAMA : MGS.MOH.HILMAN YOLIANSYAH
 NIM : 03011381823130
 JURUSAN : TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 DOSEN PEMBIMBING : PUTERI KUSUMA WARDHANI, S.T., M.SC., PH.D.
 JUDUL LAPORAN : ANALISA PENGARUH MUATAN HIDRAULIKA TERHADAP
 KINERJA CONSTRUCTED WETLAND PADA PENGOLAHAN
 LIMBAH KARET

| No. | TANGGAL | KETERANGAN | PARAF DOSEN |
|-----|-----------------|--|-------------|
| 1. | 4 / 2023 / 1 | - Perbaiki Latar Belakang - Gunakan Hasil Penelitian yang sesuai dengan tinjauan - Tambahkan di analisis data tentang waktu retensi - Tambahkan tentang eko-drainase di bab 2 | |
| 2. | 4 / 2023 / 1 | - Konfirmasi memulai penelitian Tugas Akhir | |
| 3. | 4 / 2023 / 1 | - Tambahkan perhitungan perencanaan desain skala lapangan | |
| 4. | 4 / 2023 / 1 | - Gambarkan desain perencanaan skala lapangan | |
| 5. | 4 / 2023 / 1 | - Perbaiki kalimat yang kurang benar - Tambahkan proses perencanaan desain di diagram alir - Tambahkan saran | |
| 6. | 4 / 2023 / 1 | ACC Sidang Sarjana | |

SURAT KETERANGAN SELESAI TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, Dosen Pembimbing Tugas Akhir/Skripsi Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya:

Nama : Mgs.Moh.Hilman Yoliansyah
NIM : 03011381823130
Judul Skripsi : Analisa Pengaruh Muatan Hidraulika Terhadap Kinerja
Constructed Wetland Pada Pengolahan Limbah Karet

Dengan ini menerangkan bahwa Laporan Tugas Akhir/Skripsi yang dilaksanakan oleh mahasiswa tersebut di atas hingga saat ini dalam keadaan selesai tanpa masalah.

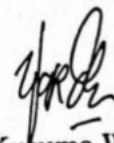
Oleh karena itu yang bersangkutan direkomendasikan dapat mengikuti Ujian Sidang Sarjana/Komprehensif yang rencananya akan dilaksanakan pada:

Tanggal : 19-20 Januari 2023
Tempat : Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas
Sriwijaya

Demikian surat keterangan ini dibuat dengan sebenarnya untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Palembang, Maret 2023

Dosen Pembimbing,



Puteri Kusuma Wardhani, S.T., M.Sc., Ph.D.

NIP. 198806112019032013

SURAT KETERANGAN SELESAI REVISI TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, Dosen Penguji Tugas Akhir/Skripsi Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya:

Nama : Mgs.Moh.Hilman Yoliansyah

NIM : 03011381823130

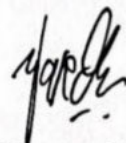
Judul Skripsi : ANALISA PENGARUH MUATAN HIDRAULIKA
TERHADAP KINERJA *CONSTRUCTED WETLAND* PADA
PENGOLAHAN LIMBAH KARET

Dengan ini menerangkan bahwa Revisi Tugas Akhir/Skripsi yang dilaksanakan oleh mahasiswa di atas hingga saat ini dalam keadaan selesai tanpa masalah

Demikian surat keterangan ini dibuat dengan sebenarnya untuk dipergunakan sebagai mana mestinya

Palembang, Maret 2023

Dosen Pembimbing,



Puteri Kusuma Wardhani, S.T., M.Sc., Ph.D.

NIP. 198806112019032013

SURAT KETERANGAN SELESAI REVISI TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, Dosen Penguji Tugas Akhir/Skripsi Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya:

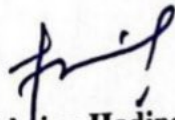
Nama : Mgs.Moh.Hilman Yoliansyah
NIM : 03011381823130
Judul Skripsi : Analisa Pengaruh Muatan Hidraulika Terhadap Kinerja
Constructed Wetland Pada Pengolahan Limbah Karet

Dengan ini menerangkan bahwa Revisi Tugas Akhir/Skripsi yang dilaksanakan oleh mahasiswa tersebut hingga saat ini dalam keadaan selesai tanpa masalah.

Demikian surat keterangan ini dibuat dengan sebenarnya untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Palembang, Maret 2023

Dosen Penguji,


Dr. Febrian Hadinata, S.T., M.T.
NIP. 198102252003121002



JURUSAN TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA

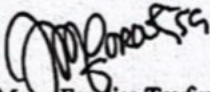

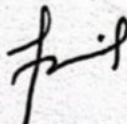
**HASIL SEMINAR
LAPORAN TUGAS AKHIR**
Tanggal 20 Januari 2023 (Metode Daring)

Nama Mahasiswa : Mgs.Moh.Hilman Yoliansyah
NIM : 03011381823130
Jurusan : Teknik Sipil & Perencanaan
Judul Tugas Akhir : Analisa Pengaruh Muatan Hidraulika Terhadap Kinerja *Constructed Wetland* Pada Pengolahan Limbah Karet
Dosen Pembimbing : Puteri Kusuma Wardhani S.T., M.Sc., Ph.D.

TANGGAPAN / SARAN

Dosen Penguji : Dr. Febrian Hadinata S.T. M.T.

| No. | Review Dosen Penguji | Ringkasan Perbaikan Dokumen |
|-----|---|---|
| 1. | Kesimpulan disesuaikan dengan tujuan | Pada bagian kesimpulan penelitian ini telah disesuaikan sesuai tujuan penelitian |
| 2. | Tambahkan di ruang lingkup penelitian : Ammonia dan Nitrogen tidak diukur dalam penelitian | Pada ruang lingkup penelitian telah dicantumkan bahwa Ammonia dan Nitrogen tidak diukur dalam penelitian |
| 3. | Pembahasan yang lebih komprehensif terkait penyisihan. Apakah penyisihan yang terjadi karena dilakukan pengenceran atau andil dari tanaman pada sistem <i>Constructed Wetland</i> ? | Pada bagian ini telah dijelaskan secara mendalam terkait faktor-faktor lain dalam menurunkan kadar polutan (tidak hanya pengenceran dan tanaman saja) |
| 4. | Editorial : kayu apu dengan eceng gondok, kata pengantar, dan lain-lain | Perihal editorial mengenai kesalahan pada penulisan di laporan telah di perbaiki dengan baik |

| | | | |
|---|---|---|-------------------------|
| Mengetahui, | | Palembang, | Palembang, Januari 2023 |
| Maret 2023 | | | Dosen Penguji, |
| Sekretaris Jurusan, | Dosen Pembimbing I, | | |
|  |  |  | |
| Dr. Mona Foralisa Toyfur, S.T., M.T. NIP. 197404071999032001 | Puteri Kusuma Wardhani S.T., Ms.C., Ph.D. NIP. 198806112019032013 | Dr. Febrian Hadinata S.T., M.T. NIP. 198102252003121002 | |