

**TUGAS AKHIR**  
**PENGARUH KERAPATAN TUMBUHAN MENSIANG (*SCRIPUS***  
***GROSSUS*) DAN TUMBUHAN TEKI LADANG (*CYPERUS ROTUNDUS*)**  
**DALAM PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK**



**OLEH**  
**MUHAMMAD RAIHAN**  
**D121 16 509**

**DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**2022**

## **TUGAS AKHIR**

**PENGARUH KERAPATAN TUMBUHAN MENSIANG (*SCRIPUS GROSSUS*) DAN TUMBUHAN TEKI LADANG (*CYPERUS ROTUNDUS*)  
DALAM PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK**



**OLEH**

**MUHAMMAD RAIHAN**

**D121 16 509**

**DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**2022**



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

## LEMBAR PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat mengikuti Ujian Seminar Hasil pada Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Judul : Pengaruh Kerapatan pada Tumbuhan *Cyperus Rotundus* dan *Scripus Grossus* dalam Pengolahan Air Limbah Domestik

Disusun Oleh :

Nama : Muhammad Raihan D121 16 509

Telah diperiksa dan disetujui  
Oleh Dosen Pembimbing

Gowa, 12 Agustus 2022

Pembimbing I

Prof. Dr. Ir. Mary Selitung, M.Sc.  
NIDK : 8827760018

Pembimbing II

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

Menyetujui,  
Ketua Departemen Teknik Lingkungan



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

DTL – Ushas:16811/TD.06/2022

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Muhammad Raihan

NIM : D121 16 509

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul **“Pengaruh Kerapatan Tumbuhan Mensiang (*Scripus grossus*) Dan Tumbuhan Teki Ladang (*Cyperus rotundus*) Dalam Pengolahan Air Limbah Domestik”** adalah hasil penelitian, pemikiran, dan pemaparan asli dari penulis sendiri dan belum pernah digunakan untuk mendapat gelar apa pun dan dimanapun.

Tugas akhir ini sepenuhnya milik penulis dan semua informasi yang ditulis dalam Tugas Akhir yang berasal dari penulisan lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu, semua penulisan dalam Tugas Akhir ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak mana pun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan Tugas Akhir ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggung jawabkan segala resiko yang ada di kemudian hari.

Gowa, 30 Agustus 2022

Yang membuat pernyataan

**Muhammad Raihan**  
**D121 16 509**

## KATA PENGANTAR

*Bismillahirrahmanirrahim*

Alhamdulillah kata yang paling pertama dan utama penulis ucapkan atas berkat rahmat dan karunia Allah Subhanahu Wa ta'ala serta salam dan shalawat kepada Rasulullah Shallallahu 'Alaihi Wasallam. Dengan segala ikhtiar yang dilakukan dan dengan digerakkannya hati dan pikiran penulis oleh Allah Subhanahu Wa ta'ala sehingga mampu menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul **“Pengaruh Kerapatan Tumbuhan Mensiang (*Scripus grossus*) Dan Tumbuhan Teki Ladang (*Cyperus rotundus*) Dalam Pengolahan Air Limbah Domestik”**. Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan kelulusan pada jenjang strata satu Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Tugas akhir ini berisi tentang penelitian terkait pengaruh kerapatan tumbuhan dalam pengolahan air limbah domestik. Pada umumnya kita tahu bahwa air adalah kebutuhan yang tak bisa dipisahkan dari keberlangsungan hidup manusia. Dalam penyusunannya tentu penulis banyak mengalami hambatan, namun berkat bantuan, bimbingan, nasehat, dan doa dari berbagai pihak utamanya dari orang tua penulis, serta dosen pembimbing sehingga penulis mampu menyelesaikan tugas akhir ini dengan sebaik-baiknya. “Janganlah kalian lemah dalam berdo'a, takkan lemah suatu hamba selama dia masih berdo'a” kalimat yang selalu diutarakan para pejuang skripsi sembari berikhtiar dan berdo'a.

Gowa, 30 Agustus 2022

Penulis,

**MUHAMMAD RAIHAN**  
**D121 16 509**

## ABSTRAK

MUHAMMAD RAIHAN, *Pengaruh Kerapatan Pada Tumbuhan *Cyperus rotundus* dan *Scripus Grossus* dalam Pengolahan Air Limbah Domestik* (dibimbing oleh Mary Selintung dan Roslinda Ibrahim).

Air limbah domestik merupakan air yang berasal dari usaha atau kegiatan permukiman, rumah makan, perkantoran, perniagaan, dan perumahan yang langsung dibuang ke badan air melalui saluran drainase. Hal ini akan meningkatkan pencemaran yang terjadi pada badan air, yang akan digunakan sebagai sumber air baku. Air limbah domestik dapat diolah menggunakan kerapatan dari jenis tumbuhan *Cyperus rotundus* dan *Scripus grossus*, sebab keduanya dapat menyerap nutrient, sehingga dapat menyisihkan BOD, COD, TSS, dan menetralkan pH, hal ini dapat digabungkan dalam desain *Constructed Wetland*.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penyisihan kontaminan air limbah domestik yang dapat diolah *Cyperus rotundus Scripus grossus* dan pengaruh kerapatan dalam menyisihkan zat pencemar. Dengan variabel bebas yakni variasi perbandingan kerapatan 10 cm (K1), 20 cm (K2), dan 30 cm (K3), dan variasi perbandingan jenis tumbuhan *Scripus grossus* (T1) dan *Cyperus rotundus* (T2). Dari hasil penelitian diperoleh nilai karakteristik air limbah, BOD 113,5 mg/L, COD 258 mg/L, TSS 105 mg/L, dan pH 7,1, dimana parameter melampaui baku mutu yang dipersyaratkan, terdapat pengaruh kerapatan terhadap penyisihan kontaminan air limbah domestik dengan variasi terbaik 10 cm (K1) dan terdapat pengaruh Jenis tumbuhan terhadap penyisihan kontaminan air limbah domestik dengan variasi terbaik tumbuhan *Cyperus rotundus* (T2)

**Kata Kunci :** *Cyperus rotundus*, *Scripus grossus*, Kerapatan, *Constructed Wetland*, Air Limbah Domestik

## ***ABSTRACT***

MUHAMMAD RAIHAN, *Effect of Plant Density (Scripus grossus) and filed teki plant (Cyperus rotundus) In Domestic Wastewater Treatment.* (supervised by Mary Selintung and Roslinda Ibrahim).

Domestic wastewater is water originating from businesses or activities of settlements, restaurants, offices, commerce, and housing which is directly discharged into water bodies through drainage channels. This will increase the pollution that occurs in water bodies, which will be used as a source of raw water. Domestic wastewater can be treated using the density of the plant species *Cyperus rotundus* and *Scripus grossus*, because both of them can absorb nutrients, so that they can remove BOD, COD, TSS, and neutralize pH, this can be combined in the Constructed Wetland design.

This study aims to determine the removal of contaminants from domestic wastewater that can be treated by *Cyperus rotundus* *Scripus grossus* and the effect of density in removing pollutants. The independent variables are variations in the ratio of 10 cm (K1), 20 cm (K2), and 30 cm (K3), and variations in the ratio of plant species *Scripus grossus* (T1) and *Cyperus rotundus* (T2). From the results of the study, it was obtained that the characteristics of wastewater, BOD 113.5 mg/L, COD 258 mg/L, TSS 105 mg/L, and pH 7.1, where the parameters exceeded the required quality standards, there was an effect of density on the removal of water contaminants. domestic waste with the best variation of 10 cm (K1) and there is an effect of plant species on the removal of contaminants in domestic wastewater with the best variation of plants *Cyperus rotundus* (T2)

**Keywords :** *Cyperus rotundus*, *Scripus grossus*, Density, Constructed Wetland, Domestic Wastewater

## DAFTAR ISI

<b>SAMPUL</b>	<b>i</b>
<b>PENGARUH KERAPATAN TUMBUHAN MENSIANG (SCRIPUS GROSSUS) DAN TUMBUHAN TEKI LADANG (CYPERUS ROTUNDUS) DALAM PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b>	<b>iii</b>
<b>LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN</b>	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRAK</b>	<b>vi</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>xii</b>
<b>BAB I</b>	<b>1</b>
<b>PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	2
C. Tujuan Penelitian	3
D. Ruang Lingkup	3
E. Sistematika Penulisan Penelitian	3
BAB I PENDAHULUAN	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	3
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	3
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	4
BAB V PENUTUP	4
<b>BAB II</b>	<b>5</b>
<b>TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>5</b>
A. Air Limbah Domestik	5
1. Komposisi Limbah Cair	5
2. Karakteristik Air Limbah Domestik	6

3. Baku Mutu Air Limbah Domestik	11
B. Pengolahan Limbah Secara Phytotreatment	12
C. Tumbuhan Rumput Teki ( <i>Cyperus rotundus</i> )	14
D. Tumbuhan Mensiang ( <i>Scripus grossus</i> )	15
E. Constructed wetlands	17
F. Kerapatan Tumbuhan	19
G. Penelitian Terdahulu	21
H. Kerangka Pikir	24
<b>BAB III</b>	<b>25</b>
<b>METODOLOGI PENELITIAN</b>	<b>25</b>
A. Rancangan Penelitian	25
1. Variabel Bebas	25
2. Variabel Terikat	25
B. Lokasi dan Waktu Penelitian	26
C. Alat dan Bahan	26
D. Teknik Pengambilan Sampel Air Limbah	27
E. Tahapan Penelitian	28
1. Desain Reaktor Penelitian	29
2. Persiapan	33
3. Eksperimen	34
4. Pengujian	34
F. Teknik Pengumpulan Data	38
G. Teknik Analisis	38
H. Diagram Alir Penelitian	39
<b>BAB IV</b>	<b>41</b>
<b>HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	<b>41</b>
A. Karakteristik Air Limbah Domestik	41
B. Pengaruh Variasi Jenis Tumbuhan Terhadap Efisiensi Penyisihan Kontaminan Dalam Air Limbah Domestik	42
C. Pengaruh Variasi Kerapatan Tumbuhan Terhadap Efisiensi Penyisihan Kontaminan Dalam Air Limbah Domestik	60
D. Efisiensi Penyisihan Kontaminan Air Limbah Domestik Setiap Waktu	

Pengamatan	74
<b>BAB V</b>	78
<b>KESIMPULAN DAN SARAN</b>	78
A. Kesimpulan	78
B. Saran	78
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	79
<b>LAMPIRAN</b>	85

## DAFTAR GAMBAR

	<b>Halaman</b>
<b>Gambar 1.</b> Tumbuhan Cyperus Rotundus	15
<b>Gambar 2.</b> Tumbuhan Scirpus Grossus	16
<b>Gambar 3.</b> Tipe Construted wetland	18
<b>Gambar 4.</b> Kerangka Pikir	24
<b>Gambar 5.</b> Contoh alat pengambil contoh air limbah.	27
<b>Gambar 6.</b> Skema Pengaliran	29
<b>Gambar 7.</b> Reaktor dengan tampak depan	30
<b>Gambar 8.</b> Reaktor dengan tampak 3D	31
<b>Gambar 9.</b> Susunan Reaktor	33
<b>Gambar 10.</b> Pengujian COD	34
<b>Gambar 11.</b> Pengujian BOD	35
<b>Gambar 12.</b> Pengujian TSS	36
<b>Gambar 13.</b> Pengujian pH	38
<b>Gambar 14.</b> Diagram Alir Penelitian	40
<b>Gambar 15.</b> Variasi Terbaik Jenis Tumbuhan Parameter BOD	46
<b>Gambar 16.</b> Variasi Terbaik Jenis Tumbuhan Parameter COD	51
<b>Gambar 17.</b> Variasi Terbaik Jenis Tumbuhan Parameter TSS	56
<b>Gambar 18.</b> Variasi Terbaik Kerapatan Tumbuhan Parameter BOD	63
<b>Gambar 19.</b> Variasi Terbaik Kerapatan Tumbuhan Parameter COD	67
<b>Gambar 20.</b> Variasi Terbaik Kerapatan Tumbuhan Parameter TSS	71
<b>Gambar 21.</b> Efisiensi Pengolahan Parameter BOD	75
<b>Gambar 22.</b> Efisiensi Pengolahan Parameter COD	76
<b>Gambar 23.</b> Efisiensi Pengolahan Parameter TSS	77

## DAFTAR TABEL

	Halaman
<b>Tabel 1.</b> Karakteristik Air Limbah Domestik di Indonesia	6
<b>Tabel 2.</b> Karakteristik fisik, kimia dan mikrobiologi grey water di Australia	11
<b>Tabel 3.</b> Baku Mutu Air Limbah Domestik	12
<b>Tabel 4.</b> Penelitian Terdahulu	21
<b>Tabel 5.</b> Variasi Perlakuan	25
<b>Tabel 6.</b> Pengolahan Data	39
<b>Tabel 7.</b> Karakteristik Air Limbah Domestik	41
<b>Tabel 8.</b> Hasil Uji Parameter BOD	42
<b>Tabel 9.</b> Analisis Variasi Jenis Tumbuhan <i>Scirpus grossus</i>	44
<b>Tabel 10.</b> Analisis Variasi Jenis Tumbuhan <i>Cyperus rotundus</i>	45
<b>Tabel 11.</b> Hasil Uji Parameter COD	47
<b>Tabel 12.</b> Analisis Variasi Jenis Tumbuhan <i>Scirpus grossus</i>	49
<b>Tabel 13.</b> Analisis Variasi Jenis Tumbuhan <i>Cyperus rotundus</i>	50
<b>Tabel 14.</b> Hasil Uji Parameter TSS	52
<b>Tabel 15.</b> Analisis Variasi Jenis Tumbuhan <i>Scirpus grossus</i>	54
<b>Tabel 16.</b> Analisis Variasi Jenis Tumbuhan <i>Cyperus rotundus</i>	55
<b>Tabel 17.</b> Hasil Uji Parameter pH	57
<b>Tabel 18.</b> Analisis Pengaruh Variasi Jenis Tumbuhan <i>Scirpus grossus</i>	58
<b>Tabel 19.</b> Analisis Pengaruh Variasi Jenis Tumbuhan <i>Cyperus rotundus</i>	59
<b>Tabel 20.</b> Hasil Uji Parameter BOD	61
<b>Tabel 21.</b> Analisis Pengaruh Kerapatan Tumbuhan	62
<b>Tabel 22.</b> Hasil Uji Parameter COD	64
<b>Tabel 23.</b> Analisis Pengaruh Kerapatan Tumbuhan	66
<b>Tabel 24.</b> Hasil Uji Parameter TSS	68
<b>Tabel 25.</b> Analisis Pengaruh Kerapatan Tumbuhan	70
<b>Tabel 26.</b> Hasil Uji Parameter pH	72
<b>Tabel 27.</b> Analisis Pengaruh Kerapatan Tumbuhan	73

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Pertumbuhan penduduk di Indonesia yang pesat khususnya di kota-kota besar, telah mendorong peningkatan kebutuhan akan perumahan. Hal tersebut mengakibatkan timbulnya permasalahan dengan lingkungan air. Meningkat jumlah air limbah domestik yang tidak diimbangi dengan peningkatan badan air penerima limbah tersebut akan masuk ke badan sungai tanpa ada upaya pengolahan terlebih dahulu (Supradata, 2005). Hal ini menyebabkan peningkatan polusi pada badan air yang akan digunakan sebagai sumber air baku. Situasi ini beresiko mempengaruhi Kesehatan manusia dan juga lingkungan.

Berdasarkan peraturan Gubernur No. 69 Tahun 2010 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik. Air limbah domestik terdiri dari parameter BOD, TSS, pH yang apabila keseluruhan parameter tersebut dibuang langsung ke badan penerima, maka akan mengakibatkan pencemar air. Oleh karena itu sebelum di buang ke badan air, seharusnya terlebih dahulu diolah sehingga dapat memenuhi standar air yang baik.

Salah satu pengolahan air limbah dengan konstruksi sederhana tanpa peralatan dan mesin, relatif murah biaya operasional dan perawatannya adalah dengan menggunakan tanaman air dalam sistem aliran bawah permukaan lahan basah *sub-surface flow constructed wetlands*. *Constructed wetland* adalah salah satu teknologi yang diterapkan dengan sistem lahan basah atau rawa buatan untuk pengolahan air limbah yang menggunakan pendekatan baru untuk menurunkan pencemaran lingkungan dengan memanfaatkan tanaman air dan mikroorganisme. Proses pengolahan air tercemar pada rawa buatan merupakan sistem yang termasuk pengolahan alami, dimana terjadi aktivitas pengolahan secara sedimentasi, filtrasi, transfer gas, adsorpsi, pengolahan kimiawi dan biologis karena adanya aktivitas mikroorganisme dalam media dan tanaman (Abdulgani, dkk, 2014).

Dalam menggunakan *Constructed wetland* sebagai alternatif pengolahan, perlu ditentukan jenis tumbuhan yang tepat untuk meningkatkan efisiensi

pengolahan. Salah satu jenis tumbuhan yang merupakan jenis tumbuhan rawa, seperti *Cyperus rotundus* dan *Scirpus grossus*. Tumbuhan *Cyperus rotundus* dalam Amalia (2013) mampu menurunkan BOD lindi 44,95% - 82,65% dan COD 53,90% - 73,38%. Berdasarkan penelitian Indah (2010) tumbuhan *Scirpus grossus* mampu menurunkan polutan pada limbah cair hotel dengan menyisihkan parameter pencemar COD, BOD, dan TSS dengan persentase penyisihan berturut-turut sebesar 86,94% - 97,3%; 78,38% - 98,16% dan 77,51% - 95,42%. Tumbuhan ini diketahui memiliki kemampuan untuk menyerap kandungan pencemar dalam air dan bisa hidup di lingkungan dengan konsentrasi pencemar yang sangat tinggi, sehingga tumbuhan ini banyak digunakan didalam pengolahan air limbah.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan fitoremediasi tumbuhan *Cyperus rotundus* dan *Scirpus grossus* dan mengetahui pengaruh kerapatan tumbuhan *Cyperus rotundus* dan *Scirpus grossus* dalam pengolahan air limbah domestik menggunakan *subsurface flow constructed wetlands* dalam menurunkan kadar kontaminan air limbah domestik.

## **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian latar belakang, maka rumusan masalah dapat disusun sebagai berikut :

1. Bagaimana karakteristik air limbah domestik yang menjadi sampel dalam penelitian ini ?
2. Bagaimana pengaruh jenis tumbuhan fitoremediator terhadap penyisihan kontaminan air limbah domestik?
3. Bagaimana pengaruh kerapatan tanaman terhadap penyisihan kontaminan air limbah domestik?

### **C. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui karakteristik air limbah domestik yang menjadi sampel dalam penelitian ini
2. Untuk mengetahui pengaruh jenis tumbuhan fitoremediator terhadap efisiensi penyisihan kontaminan air limbah domestik menggunakan *constructed wetland*.
3. Untuk mengetahui pengaruh kerapatan tanaman terhadap efisiensi penyisihan kontaminan dalam proses pengolahan air limbah domestik menggunakan *constructed wetland*.

### **D. Ruang Lingkup**

Dalam penelitian ini berfokus pada pengaruh kerapatan tumbuhan dan Jenis tumbuhan *Cyperus Rotundus* dan *Scirpus Grossus* terhadap menurunkan kontaminan air limbah domestik dalam hal ini COD, BOD, TSS, dan pH.

### **E. Sistematika Penulisan Penelitian**

Penulisan laporan penelitian tugas akhir ini terdiri dari beberapa bab dimana masing-masing bab membahas masalah tersendiri. Sistematika penulisan penelitian ini memuat tentang :

#### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini berisikan penjelasan mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian, sistematika penulisan.

#### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini memuat uraian dasar teori sebagai pendukung penelitian yang diambil dari, jurnal dan laporan penelitian terdahulu berdasarkan tema penelitian

#### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini memuat uraian mengenai metode penelitian yang digunakan dalam penelitian yang terdiri dari gambaran umum penelitian, waktu dan lokasi penelitian, serta kerangka penelitian.

#### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab ini berisikan uraian hasil penelitian yang diperoleh beserta dengan analisis data dan pembahasan Tugas Akhir.

#### **BAB V PENUTUP**

Bab ini berisikan kesimpulan untuk memberikan gambaran akhir dari pembahasan dan saran penelitian yang berupa rekomendasi kepada pihak terkait yang membutuhkan untuk tindak lanjut hasil penelitian.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Air Limbah Domestik

Air limbah domestik merupakan air limbah yang dihasilkan dari kegiatan rumah tangga seperti mencuci, mandi, memasak, serta buang air. Air limbah domestik sendiri dapat dibedakan menjadi dua, yaitu *grey water* yang berasal dari air bekas mencuci dan kamar mandi, serta *black water* merupakan air yang sudah terkena kotoran dan berpotensi mengandung patogen (Mubin, et al., 2016). Di Kota Surabaya, pemukiman memisahkan air limbah domestik *black water* yang masuk ke dalam *septic tank*. Serta *grey water* yang dibuang langsung ke drainase. (Prihandrijanti & Firdayanti, 2011).

Pengolahan *grey water* sebelum menuju badan air, Ketika air limbah tidak diolah lebih dulu, maka dapat terjadi pencemaran badan air dan mengganggu kehidupan biota air. Perlu dilakukan upaya agar air limbah yang dibuang tidak melebihi baku mutu yang ditetapkan pemerintah untuk meminimalisir pencemaran yang terjadi pada badan air. Tentu saja kualitas air limbah domestik yang akan dibuang harus diketahui lebih dahulu sehingga diketahui apakah air limbah domestik dapat langsung dibuang ke dalam badan air ataukah perlu ada upaya pengolahan untuk air limbah domestik di Indonesia.

#### 1. Komposisi Limbah Cair

Air limbah rumah tangga terdiri dari 3 fraksi penting :

1. Tinja (*faeces*), berpotensi mengandung mikroba pentogen
2. Air seni (*urine*), umumnya mengandung nitrogen dan posfor, serta kemungkinan kecil mikro – organisme,
3. *Grey Water* merupakan air bekas cucian dapur, mesin cuci dan kamar mandi

Campuran *faeces* dan *urine* disebut sebagai *excreta*, sedangkan campuran *excreta* dengan air bilasan toilet disebut sebagai *black water*.

## 2. Karakteristik Air Limbah Domestik

Air limbah perkotaan merupakan salah satu sumber daya air yang dapat digunakan untuk berbagai keperluan. Beberapa kendala yang dihadapi di dalam menggunakan kembali air limbah yakni karena air limbah perkotaan kualitasnya tidak memenuhi syarat kualitas air untuk berbagai keperluan yaitu mengandung berbagai polutan yang cukup besar oleh karena itu sebelum digunakan kembali (*reuse*) perlu dilakukan pengolahan sampai mencari kualitas air yang diperbolehkan. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Karakteristik Air Limbah Domestik di Indonesia

No	Sumber	Sumber Air Limbah	Parameter	Konsentrasi (mg/L)
1	(Setiawati & Purwati, 2016)	Pemukiman di Kecamatan Sikomerto, Surabaya	BOD	494
			COD	799
2	(Afandi, et al., 2013)	Pemukiman di Kecamatan Mayangan, Probolinggo	BOD	353.43
			TSS	119.25
3	(Mubin, et al., 2016)	Pemukiman di Kelurahan Istiqlal, Manado	BOD	300

(sumber: Bara Arwendra Mahendra, 2017)

Secara umum menurut Puji dan Rahmi (2010) sifat air limbah domestik terbagi atas tiga karakteristik, yaitu karakteristik fisik, kimia, dan biologi.

Evaluasi parameter-parameter umum yang diukur adalah :

### a. Karakteristik fisik

#### 1) Padatan (*Solid*)

Limbah cair mengandung berbagai macam zat padat dari material yang kasar sampai dengan material yang bersifat koloidal. Dalam karakterisasi limbah cair material kasar selalu dihilangkan analisis contoh terhadap zat padat.

2) Bau (*Odor*)

Bau merupakan petunjuk adanya pembusukan air limbah. Penyebab adanya bau pada air limbah karena adanya bahan volatile, gas terlarut dan hasil samping dari pembusukan bahan organik. Bau yang dihasilkan oleh air limbah pada umumnya berupa gas yang dihasilkan dari penguraian zat organik yang terkandung dalam air limbah, seperti Hidrogen sulfida (H<sub>2</sub>S).

3) Warna (*Color*)

Air murni tidak berwarna tetapi seringkali diwarnai oleh benda asing. Karakteristik yang sangat mencolok pada limbah cair adalah berwarna yang umumnya disebabkan oleh zat organik dan algae. Air limbah yang baru biasanya berwarna abu-abu.

4) Temperatur

Limbah cair umumnya mempunyai temperatur lebih tinggi dari pada temperatur udara setempat. Temperatur limbah cair dan air merupakan parameter sangat penting sebab efeknya pada kehidupan dalam air, meningkatkan reaksi kimia, dan mengurangnya spesies ikan dalam air.

5) Kekeruhan (*Turbidity*)

Kekeruhan sifat optis air yang akan membatasi pencahayaan kedalam air. Kekeruhan terjadi karena adanya zat-zat yang terurai menjadi ukuran yang lebih (tersuspensi) oleh binatang, zat-zat organik, jasad renik, lumpur, tanah, dan benda-benda lain yang melayang. Tidak dapat dihubungkan secara langsung antara kekeruhan dengan kadar semua jenis zat suspensi, karena tergantung juga kepada ukuran dan bentuk butir.

**b. Karakteristik Kimia**

1) Parameter Organik

a. *Biochemical Oxygen Demand (BOD)*

BOD didefinisikan sebagai jumlah oksigen yang diperlukan oleh populasi campuran dari mikroorganisme untuk melakukan oksidasi aerobik terhadap bahan-bahan organik dalam suatu sampel air kotor pada suhu 20°C. BOD merupakan parameter penting dalam menganalisa suatu buangan air

limbah karena menunjukkan kekuatan populasi dalam air kotor. BOD merupakan indikator dari sebagian bahan organik yang dapat diuraikan oleh mikrobal pada periode waktu yang sudah ditentukan (5 hari) pada temperatur 20°C. Dalam percobaan adalah jumlah oksigen yang diperlukan untuk menstabilkan buangan setelah dibuang ke badan air.

b. *Chemical Oxygen Demand* (COD)

COD didefinisikan sebagai kebutuhan kimiawi akan oksigen. COD merupakan parameter lain untuk mengukur air buangan. Dengan parameter COD ini, hampir semua komponen organik yang dapat dioksidasi yang ada dalam sampel air buangan dapat diukur. Umumnya COD lebih tinggi dari tinggi BOD (2-5 kalinya). Disebabkan karena BOD hanya mengukur jumlah material organik yang mampu dioksidasi oleh aksi microbial, sedangkan COD lebih mewakili oksidasi yang lebih lengkap.

c. Protein

Protein merupakan bagian yang penting dari makhluk hidup, termasuk di dalamnya tanaman, dan hewan bersel satu. Protein mengandung karbon, hidrogen, dan oksigen yang mempunyai bobot molekul sangat tinggi. Struktur kimianya sangat kompleks dan tidak stabil serta mudah terurai, sebagian ada yang larut dalam air, tetapi ada yang tidak. Susunan protein sangat majemuk dan terdiri dari beribu-ribu asam amino dan merupakan bahan pembentuk sel dan inti sel.

d. Karbohidrat

Karbohidrat antara lain : gula, pati, sellulosa dan benang-benang kayu terdiri dari unsur karbon, hidrogen, dan oksigen. Gula dalam limbah cair cenderung terdekomposisi oleh enzim dari bakteri-bakteri tertentu dan ragi menghasilkan alkohol dan gas CO<sub>2</sub> melalui proses fermentasi.

e. Minyak dan Lemak

Minyak adalah lemak yang bersifat cair. Keduanya mempunyai komponen utama karbon dan hidrogen yang mempunyai sifat tidak larut dalam air. Bahan-bahan tersebut banyak terdapat pada makanan, hewan,

manusia dan bahkan ada dalam tumbuh- tumbuhan sebagai minyak nabati. Sifat lainnya adalah relatif stabil, tidak mudah terdekomposisi oleh bakteri.

f. Deterjen

Deterjen termasuk bahan organik yang sangat banyak digunakan untuk keperluan rumah tangga, hotel, dan rumah sakit. Fungsi utama deterjen adalah sebagai pembersih dalam pencucian, sehingga tanah, lemak dan lainnya dapat dipisahkan.

2) Parameter anorganik dan gas

a. pH

Air limbah dengan konsentrasi air limbah yang tidak netral akan menyulitkan proses biologis, sehingga mengganggu proses penjernihannya. pH yang baik bagi air limbah adalah netral (7). Semakin kecil nilai pH-nya, maka menyebabkan air tersebut berupa asam.

b. Alkalinitas

Alkalinitas atau kebasaan air limbah disebabkan oleh adanya hidroksida, karbonat dan bikarbonat seperti kalsium, magnesium, dan natrium atau kalium. Kebasaan adalah hasil dari adanya hidroksi karbonat dan bikarbonat yang berupa kalsium, magnesium, sodium, potasium atau amoniak. Dalam hal ini, yang paling utama adalah kalsium dan magnesium nikonat. Pada umumnya air limbah adalah basa yang diterima dari penyediaan air, air tanah, dan bahan tambahan selama dipergunakan dirumah.

c. Logam

Menentukan jumlah kandungan logam pada air limbah seperti nikel (Ni), magnesium (Mg), timbal (Pb), kromium (Cr), kadmium (Cd), Zeng (Zn), tembaga (Cu), besi (Fe) dan air raksa (Hg) sangat penting dikarenakan jika berlebihan maka akan bersifat racun. Akan tetapi, beberapa jenis logam biasanya dipergunakan untuk pertumbuhan kehidupan biologis, misalnya pada pertumbuhan algae apabila tidak ada logam pertumbuhannya akan terhambat.

d. Gas

Banyak gas-gas terdapat didalam air, oksigen ( $O_2$ ) adalah gas yang penting. Oksigen terlarut selalu diperlukan untuk pernafasan mikro-organisme aerob dan kehidupan lainnya. Apabila oksigen berada pada ambang yang rendah, maka bau-bauan akan dihasilkan sebab unsur karbon berubah menjadi metan termasuk  $CO_2$  dan sulfur. Belerang akan menjadi amonia ( $NH_3$ ) atau teroksidasi menjadi nitrit.

e. Nitrogen

Unsur nitrogen merupakan bagian yang penting untuk keperluan pertumbuhan protista dan tanaman. Nitrogen ini dikenal sebagai unsur hara atau makanan dan perangsang pertumbuhan. Nitrogen dalam limbah cair terutama merupakan gabungan dari bahan- bahan berprotein dan urea. Oleh bakteri, nitrogen ini diuraikan secara cepat dan diubah menjadi ammonia, sehingga umur dari air buangan secara relatif dapat ditunjukkan dari jumlah ammonia yang ada.

**c. Karakteristik Biologi**

Karakteristik biologis limbah cair pada umumnya dipengaruhi oleh kandungan mikroorganisme dalam limbah cair tersebut. Karakteristik biologis terdiri dari mikroorganisme yang terdapat di dalam air limbah, seperti bakteri, virus, jamur, ganggang, dan protozoa. Mikroorganisme yang berperan dalam proses penguraian bahan-bahan organik di dalam limbah cair domestik, antara lain bakteri, jamur, protozoa dan algae. Bakteri adalah mikroorganisme bersel satu yang menggunakan bahan organik dan anorganik sebagai makanannya. Bakteri yang memerlukan oksigen untuk mengoksidasi bahan organik disebut bakteri aerob, sedangkan yang tidak memerlukan oksigen disebut bakteri anaerob (Sugiarto, 2008). Selanjutnya, bahan-bahan organik dalam air terdiri dari berbagai macam senyawa, sehingga dapat dikatakan bahwa dalam air limbah terdapat kandungan bahan organik dan anorganik yang berbahaya ataupun beracun.

Dari evaluasi terhadap kualitas air buangan terlihat jelas bahwa bangunan pengolahan air limbah *grey water* sangatlah diperlukan selain untuk menjaga ekosistem akuatik tetapi juga dapat menghemat potensi pemakaian air tanah. Pada

negara-negara maju seperti Australia dan Amerika sudah banyak dilakukan pengolahan air limbah *grey water* ini maka di kebanyakan negara-negara maju sudah ada standar perencanaanya. Sedangkan di Indonesia belum banyak dilakukan penelitian *grey water* pada khususnya maka dari itu belum ada standar. Negara Australia telah memiliki standar parameter-parameter kandungan kimia dan mikrobiologi air limbah *grey water* yang terlihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Karakteristik fisik, kimia dan mikrobiologi *grey water* di Australia

Parameter	Satuan	<i>Grey water</i>		Raw Sewage
		Batas	Mean	
Fecal coliform	(cfu)/100 ml	25 - 2.10 <sup>9</sup>	10 <sup>9</sup>	10 <sup>6</sup> - 10 <sup>10</sup>
Suspended solids	mg/L	45 - 330	115	100 - 500
Kekeruhan	NTU	22 -> 200	100	NA
BOD <sub>5</sub>	mg/L	90 - 290	160	100 - 500
Nitrit	mg/L	< 0,1 - 0,8	0,3	1 - 10
Amoniak	mg/L	< 0,1 - 25,4	5,3	10 - 30
Total Kjeldahl Nitrogen	mg/L	2,1 - 31,5	12	20 - 80
Total Phosphorous	mg/L	0,6 - 27,3	8	5 - 30
Sulfat	mg/L	7,9 - 110	35	25 - 100
pH		6,6 - 8,7	7,5	6,5 - 8,5
Conductivity	mS/cm	325 - 1140	600	300 - 800
Kesadahan (Ca & Mg)	mg/L	15 - 55	45	200 - 700
Sodium	mg/L	29 - 230	70	70 - 300

Sumber: Department of Health, 2005, *Guidelines for the Reuse of Greywater in Western Australia*.

### 3. Baku Mutu Air Limbah Domestik

Baku mutu air limbah adalah ukuran batas/kadar unsur pencemar dan atau jumlah unsur pencemar yang ditenggang keberadaanya dalam air limbah yang akan dibuang/dilepas ke dalam sumber air dari suatu usaha dan atau kegiatan. Baku Mutu Air Limbah Domestik diatur dalam Peraturan Gubernur Sulawesi Selatan Nomor 69 Tahun 2010.

Untuk mencegah dan mengatasi permasalahan akibat pencemaran air maka dibuatlah aturan yang mengatur mengenai baku mutu air limbah. Adapun baku mutu air limbah telah tercantum di dalam Peraturan Gubernur Nomor 69 Tahun 2010 yaitu seperti pada tabel dibawah ini.

**Tabel 3.** Baku Mutu Air Limbah Domestik

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum		
		A	B	C
pH	-	6 - 9	6 - 9	6 - 9
BOD	mg/L	25	40	75
COD	mg/L	80	100	125
TSS	mg/L	20	35	50
Minyak dan Lemak	mg/L	5	8	10
Total coliform	Jumlah/100 Orang	2500	5000	5000

*Sumber* : Peraturan Gubernur Sulawesi Selatan No. 69 Thn. 2010

Parameter itu dibuat salah satunya dengan tujuan untuk mengendalikan tingkat pencemaran yang ada pada air untuk keperluan baku mutu air limbah di Indonesia.

### **B. Pengolahan Limbah Secara *Phytotreatment***

*Phytotreatment* merupakan pemulihan kualitas lingkungan tercemar menggunakan tumbuhan sehingga fungsi alam dapat berjalan sebagaimana mestinya. Pengolahan air, tanah, dan sedimen tercemar menggunakan tumbuhan telah berkembang dan terdata dengan baik. Penelitian terkait kapasitas tumbuhan dalam mengolah media tercemar mulai dilakukan secara intensif (Mangkoediharjo, 2010). Proses *phytotreatment* memanfaatkan tumbuhan untuk menyerap kontaminan melalui akar, melakukan proses translokasi, bioakumulasi, dan proses degradasi kontaminan dalam tubuh tumbuhan. *Phytotreatment* merupakan salah satu bentuk implementasi dan fitoteknologi, yaitu teknologi yang menggunakan tumbuhan untuk mendegradasi, mentransformasi, mengasimilasi, memetabolisasi, dan mendetoksifikasi pencemaran pada tanah, air, dan udara (Yang, 2008).

Penerapan Phytotreatment untuk mengolah air limbah memiliki beberapa keuntungan, antara lain: efisiensi removal polutan yang cukup tinggi, hemat energi, biaya perawatan murah, tidak menghasilkan polutan, ramah lingkungan, serta penerapan sekaligus menyebabkan terjadinya pengkonversian terhadap sumber daya alam (Yang, 2008). Teknologi ini potensial untuk diaplikasikan, aman digunakan dengan dampak negatif kecil memberikan efek positif yang multiguna terhadap kebijakan pemerintah, komunitas masyarakat dan lingkungan, biaya relatif rendah, mampu mereduksi volume kontaminan, dan dalam penggunaan Phytotreatment adalah biaya operasi yang lebih murah (Fahrudin, 2010).

Phytotreatment sangat baik untuk diterapkan pada lahan yang tercemar zat-zat organik dan logam berat. Mekanisme Phytotreatment terjadi dalam 5 proses, yaitu: Fitotransformasi, Rhizoremediasi, Fitostabilisasi, Fitoekstraksi, dan Rhizofiltrasi (Zhang, 2010). Menurut Mangkoedihardjo dan Samudro (2010), zat cair dalam lingkungan media tumbuh direspon oleh tumbuhan melalui beberapa proses, yaitu fitostabilisasi, rizofiltrasi, rizodegradasi, fitoekstraksi, fitodegradasi, dan fitovolatilisasi. Berikut penjelasan dari masing-masing proses:

- Fitostabilisasi adalah proses imobilisasi kontaminan dalam tanah. Perpindahan kontaminan disebabkan terbawa aliran air tanah melalui proses kapiler serta sebagai akibat proses transpirasi tumbuhan. Fitostabilisasi biasanya terjadi pada area yang terkontaminasi logam seperti timbal, kromium, dan merkuri. Fitostabilisasi juga dapat terjadi pada kontaminasi zat organik karena beberapa zat organik dapat melekat dan berkumpul dalam jaringan tubuh tumbuhan, contohnya lignin (Harms dan Langebartels, 1986).
- Rizofiltrasi atau juga dikenal sebagai fitofiltrasi adalah perpindahan dari kontaminan oleh akar tumbuhan melalui proses absorpsi atau presipitasi pada akar tumbuhan. Bagian akar tumbuhan dapat memproduksi kondisi biogeokimia yang mendukung proses presipitasi kontaminan oleh akar tumbuhan. Kontaminan dapat tertinggal pada akar tumbuhan atau naik dan bertranslokasi dalam jaringan tubuh tumbuhan yang lain, tergantung dari jenis kontaminan tersebut, konsentrasi, dan jenis tumbuhan (Pivetz, 2001)

- Rizodegradasi adalah proses penguraian kontaminan yang terjadi secara alami akibat peranan akar tumbuhan. Kontaminan organik dalam tanah dapat dipecah atau dimineralisasi menjadi zat-zat anorganik seperti karbon dioksida dan air oleh aktivitas mikroba pada akar tumbuhan. Proses mikrobiologis ini juga dapat terjadi pada kontaminan anorganik serta logam berat (Pivetz, 2001)
- Fitoekstraksi juga dikenal sebagai fitoakumulasi atau fitoabsorpsi. Fitoekstraksi adalah proses penyerapan kontaminan oleh akar tumbuhan yang kemudian diakumulasikan pada jaringan tubuh tumbuhan (Sheron et al., 2009). Kontaminan yang terserap ke dalam tumbuhan pada umumnya adalah kontaminan terlarut air. Beberapa zat lain yang sulit terlarut air dapat terserap oleh tumbuhan karena adanya eksudat tumbuhan sebagai pelarut organik dan ikut menentukan pelarutan kontaminan
- Fitovolatilasi adalah penyerapan dan pelepasan kontaminan yang diserap oleh tumbuhan dapat berubah sebelum lepas ke atmosfer (Pivetz, 2001).

### C. Tumbuhan Rumput Teki (*Cyperus rotundus*)

*Cyperus rotundus* (rumput teki) mempunyai akar serabut yang tumbuh menyamping dengan membentuk umbi yang banyak, tiap umbi mempunyai mata tunas, umbi tidak tahan kering selama 14 hari di bawah sinar matahari maka daya tahan tumbuhnya akan hilang. Batang tumbuh tegak, berbentuk tumpuk atau segitiga. Daun berbentuk garis, mengelompok dekat pangkal batang, terdiri dari 4-10 helai, pelepah daun tertutup tanah, helai daun berwarna hijau mengkilat. Bunga bulir tunggal atau majemuk, mengelompok atau membuka, berwarna coklat, mempunyai benang sari kuning cerah, tangkai putik bercabang tiga dan tingginya dapat mencapai 50 cm. (Amalia, 2013). Taksonomi tumbuhan rumput teki (*Cyperus Rotundus*) dapat dilihat pada Gambar 3.



**Gambar 1.** Tumbuhan *Cyperus Rotundus*

Kingdom : *plantae*  
Subkingdom : *Tracheobionta*,  
Super Divisi : *Spermatophyta*  
Divisi : *Magnoliophyta*  
Kelas : *Liliopsida*  
Sub kelas : *Commelinidae*  
Ordo : *Cyperales*  
Famili : *Cyperaceae*  
Genus : *Cyperus*  
Spesies : *Cyperus Rotundus* L. (Amalia, 2013)

#### **D. Tumbuhan Mensiang (*Scirpus grossus*)**

Tumbuhan Mensiang (*Scirpus grossus*) adalah tumbuhan yang potensial sebagai tumbuhan hiperakumulator (Tangahu *et al.*, 2013). *Scirpus Grossus* pada umumnya hidup di lahan basah (daerah berair), namun dapat pula di daerah tanah yang subur dengan sirkulasi yang baik. Berasosiasi dengan tanaman padi. Dalam penelitian Yasril (2009) didapatkan hasil bahwa *Scirpus grossus* mampu mereduksi konsentrasi BOD dan COD yang terdapat dalam limbah cair hingga 90%.

Tumbuhan *Scirpus Grossus* termasuk dalam suku *Cyperaceae* ini dikenal dengan nama lain seperti, basiang, mansiang, mansiro daun, walingi, wlingian. Tumbuhan ini mempunyai akar rimpang, tumbuh pada daerah wetland-wetland yang tergenang air tawar, seperti kolam dan sawah, tumbuh baik pada dataran rendah sampai ketinggian 800 m dpl dengan tinggi tanaman antara 0,80 – 2 meter, bentuk batangnya bersegi tiga. Tumbuhan ini sering ditemukan dalam jumlah besar secara berkelompok (Heyne, 1987).

Kingdom : *Plantae*  
Filum : *Tracheophyta*  
Kelas : *Liliopsida*  
Ordo : *Cyperales*  
Famili : *Cyperaceae*  
Genus : *Scirpus*  
Spesies : *Grossus*

Taksonomi tumbuhan *Scirpus Grossus* atau dikenal sebagai tanaman mensiang dapat dilihat pada Gambar 4.



**Gambar 2.** Tumbuhan *Scirpus Grossus*

## E. Constructed wetlands

### 1. Definisi *Constructed Wetlands*

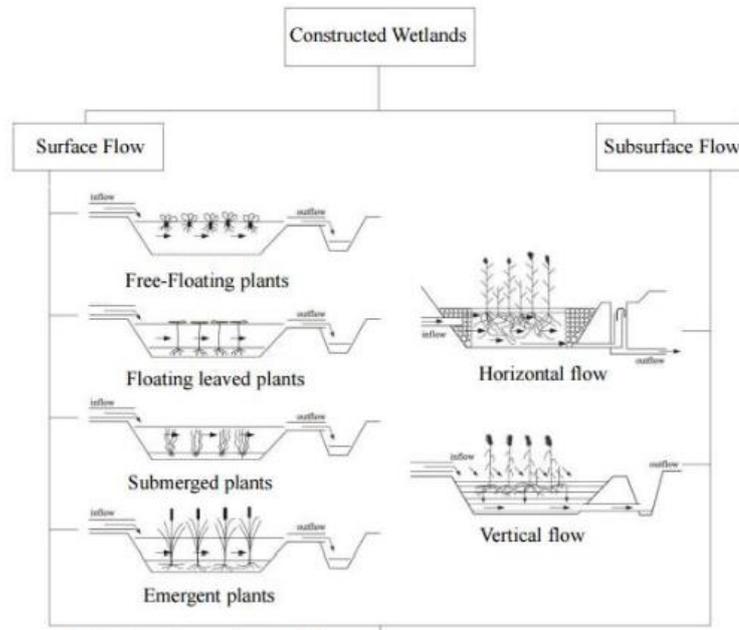
Sistem Lahan Basah (*constructed wetlands*) merupakan proses pengolahan limbah yang meniru dari proses penjernihan air yang terjadi di lahan basah/rawa (*Wetlands*). Tumbuhan air (*Hydrophita*) yang tumbuh di daerah tersebut memegang peranan penting dalam proses pemulihan kualitas limbah cair secara alamiah (*self purification*) (Suprihatin, 2014). Sistem ini memanfaatkan media seperti lahan rawa, dengan air yang berasal dari limbah cair dan ditumbuhi vegetasi air yang berfungsi sebagai pereduksi bahan pencemar yang terdapat dalam limbah (Riyanti, et al., 2015). Pada beberapa negara, sistem ini sudah banyak digunakan, namun di Indonesia belum begitu populer perkembangannya karena kajian dan publikasi mengenai tumbuhan air tersebut masih kurang (Supradata, 2005).

Menurut Hammer dan Bastian (1989), bahwa suatu lahan dapat dikatakan sebagai Wetlands adalah lahan dapat memenuhi salah satu atau lebih dari tiga kondisi berikut.

1. Area yang tergenangi air yang dapat mendukung kehidupan tumbuhan air sejenis hidrofita paling tidak secara periodik.
2. Lahan yang berada dalam keadaan yang cukup basah untuk periode yang cukup panjang sehingga menimbulkan keadaan anaerob
3. Lahan yang terdiri dari media bukan tanah, seperti pasir, kerikil dan batu yang jenuh dengan air atau ditutupi genangan air yang dangkal baik permanen maupun dalam beberapa waktu tertentu.

Lahan basah buatan (*Constructed wetlands*) yang dikembangkan pada saat ini adalah sistem aliran permukaan (*Free Water Surface Flow Constructed Wetlands*) dan sistem aliran bawah permukaan (*Sub-Surface Flow Constructed Wetlands*) atau sering dikenal dengan sistem SSF-Wetlands (Leady, 1997). Pada *Free Water Surface System* berisi tanah sebagai tempat hidup tumbuhan yang hidup pada air tergenang (*emerge plant*) dengan kedalaman 0,1-0,6 m (Metcalf & Eddy, 1993). Pada sistem ini limbah cair melewati permukaan tanah. Pengolahan limbah terjadi ketika air limbah melewati akar tumbuhan, kemudian air limbah akan diserap oleh

akar tumbuhan dengan bantuan bakteri (Crities and Tchobanoglous, 1998) Sedangkan Subsurface Flow System (SSF) merupakan rawa buatan dengan aliran di bawah permukaan tanah. Air limbah mengalir melalui tumbuhan yang ditanam pada media yang berpori (Novotny dan Olem, 1993). Adapun tipe-tipe Consruted Wetland sebagai berikut :



**Gambar 3.** Tipe Consruted wetland

## 2. Karakteristik Sistem Aliran Bawah Permukaan (SSF-wetland)

Jenis sistem CWs yang dapat menurunkan kadar berbagai kontaminan seperti nitrogen, fosfor, BOD, COD, logam tersuspensi, maupun patogen adalah sistem Subsurface Flow (SSF) (Khatiwada et al., 1999; Lee, 2009). Pada sistem ini air tidak menggenang di atas media tanam, tetapi air mengalir di bawah media sehingga memiliki berbagai keuntungan. Menurut Danista (2012), salah satu keuntungan SSF adalah tumbuhan yang dapat beradaptasi lebih bervariasi sehingga dapat digunakan sebagai taman dengan estetika yang baik.

Tangahu dan Warmadewanthi (2001) mengungkapkan bahwa pengolahan air limbah dengan sistem aliran bawah permukaan lebih dianjurkan karena beberapa alasan, yaitu:

- Dapat mengolah limbah domestik, limbah pertanian, dan sebagian limbah industri, termasuk logam berat,
- Efisiensi pengolahan tinggi (80%),
- Biaya perencanaan, pengoperasian, dan pemeliharaan murah, serta tidak membutuhkan keterampilan yang tinggi.

### **3. Sistem *Baffled Subsurface Flow CWs***

Sistem Baffled subsurface flow CWs merupakan desain baru untuk CWs aliran horizontal yang memungkinkan terjadinya downflow-upflow untuk meningkatkan penyisihan beban pencemar (Tee, et al., 2012). Desain ini memungkinkan beban pencemar terolah pada kondisi aerobik, anoksik, serta anaerobik pada satu reaktor CWs (Wu, et al., 2014) dengan meletakkan vertical baffled dengan lebar yang sama dengan lebar CWs. Baffle atau sekat ini berfungsi untuk memaksa aliran air bergerak naik dan turun, bukan mengalir secara horizontal. Semakin banyak sekat yang digunakan, semakin meningkatkan performa karena memungkinkan terjadinya kontak antara air limbah dengan akar tumbuhan dan mikroorganisme di dalam media penyangga menjadi lebih lama.

## **F. Kerapatan Tumbuhan**

Kerapatan tumbuhan merupakan banyaknya tumbuhan yang hadir dalam suatu wilayah yang dapat dinyatakan dengan jumlah tumbuhan per luasan area ( $\text{plants.m}^{-2}$ ) (Loades, et al., 2010) ataupun berat kering per luasan area ( $\text{g dry wt.m}^{-2}$ ) (Debusk & Ryther, 1981). Kerapatan tumbuhan dapat mempengaruhi penyerapan kandungan pencemar di dalam air limbah karena kerapatan tumbuhan berpengaruh terhadap persebaran akar di dalam media. Semakin luas area akar yang tumbuh menutupi media, akan semakin memperluas area cakupan penyerapan. Area cakupan ini bertambah seiring dengan semakin banyaknya jumlah tumbuhan, yang selain dipengaruhi oleh bertambahnya tumbuhan sebagai sumber akar, juga akibat mengecilnya diameter akar seiring dengan bertambahnya kerapatan tumbuhan (Loades, et al., 2010). Kerapatan tumbuhan juga berpengaruh terhadap besarnya penyerapan kandungan pencemar pada air limbah, walau perbedaan ini mengecil seiring dengan bertambah lamanya pemakaian tumbuhan (Webb, et al., 2013).

Kerapatan berhubungan dengan terjadinya kompetisi ruang tumbuh, intersepsi cahaya, air dan unsur hara yang diperlukan tanaman. Semakin tinggi kerapatan maka tingkat kompetisi semakin tinggi, begitu juga apabila tingkat kerapatan semakin rendah maka tingkat kompetisi juga akan rendah. Hal ini sejalan dengan pernyataan Gardner, et al (1991) yang menyatakan bahwa kerapatan tanaman merupakan faktor yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman, karena penyerapan energi matahari oleh permukaan daun yang sangat menentukan pertumbuhan tanaman juga sangat dipengaruhi oleh kerapatan tanaman ini, jika kondisi tanaman terlalu rapat maka dapat berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman karena dapat menghambat perkembangan vegetatif dan menurunkan hasil panen akibat menurunnya laju fotosintesis dan perkembangan daun.

Hasil penelitian ini bertentangan dengan pernyataan (Irwan et al., 2004) yang menyatakan bahwa pertumbuhan tidak dipengaruhi secara nyata oleh kerapatan tanaman. Perbedaan ini mungkin disebabkan oleh perbedaan jenis tanah dan jarak tanam yang digunakan sehingga memberikan respon yang berbeda. Pada komponen hasil per individu tanaman seperti bobot, tinggi, diameter tangkai, dan lebar bunga per tanaman; kerapatan tanaman rendah menunjukkan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan kerapatan tinggi.

## G. Penelitian Terdahulu

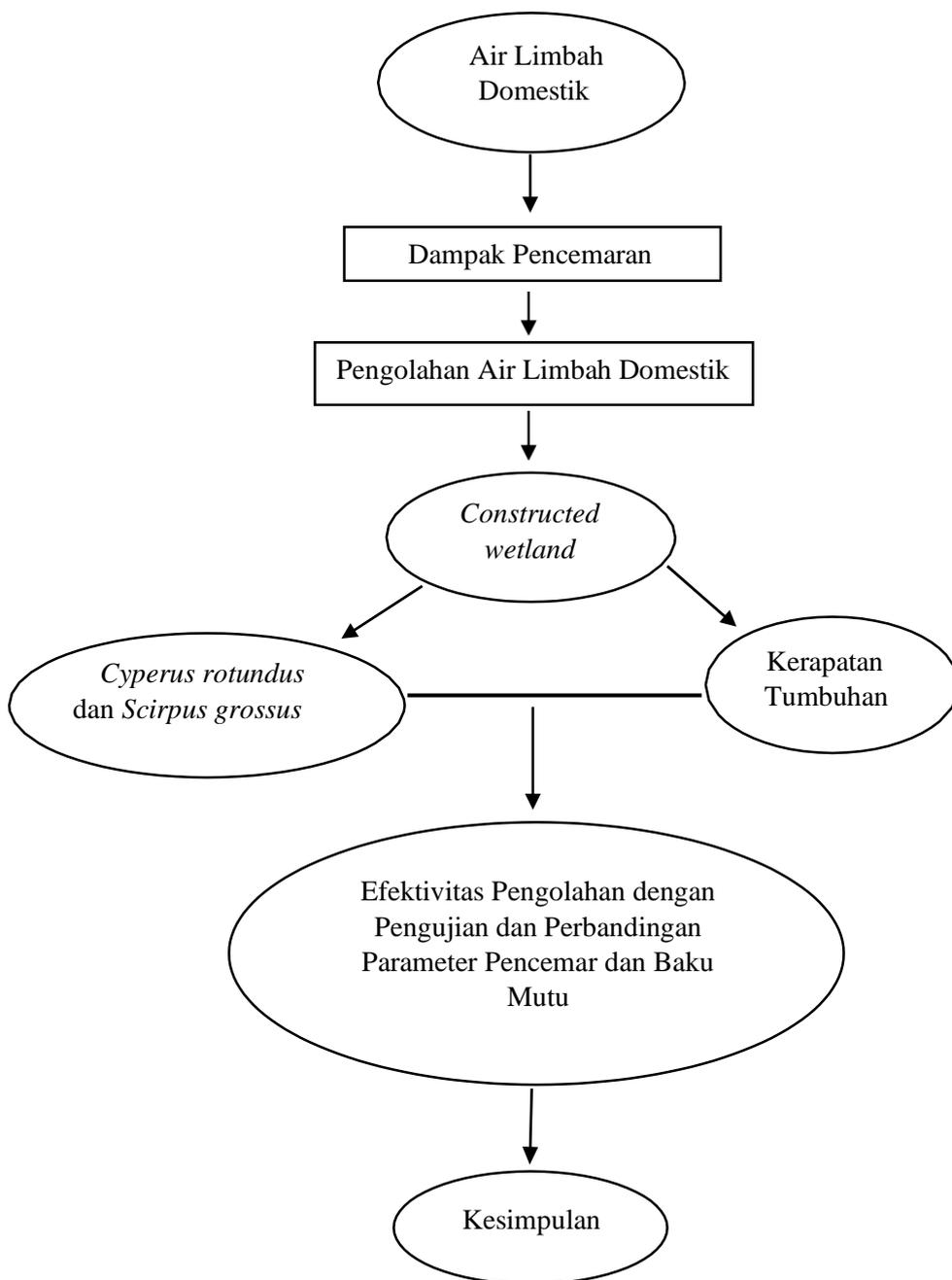
**Tabel 4.** Penelitian Terdahulu

No	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Tahun	Hasil Penelitian	Sumber Literatur
1	Dorlinca Simamora	Uji Kemampuan <i>Cyperus rotundus</i> dan <i>Scirpus grossus</i> dalam mengolah limbah cair tempe dengan sistem <i>subsurface flow constructed wetland</i>	2018	Hasil penelitian menunjukkan bahwa Efisiensi removal BOD, COD, TSS menggunakan SSFCWs d dengan aliran batch yang paling maksimum yaitu menggunakan <i>Cyperus rotundus</i> . Pada limbah rebusan efisiensi removal BOD, COD, dan TSS sebesar 81%, 69%, 47%; pada limbah rendaman efisiensi removal BOD, COD, dan TSS sebesar 82%, 76%, 43%; pada limbah campuran efisiensi removal BOD, COD, dan TSS sebesar 81%, 68%, 40%.	Tugas Akhir Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan, Institut Teknologi Sepuluh November
2	Siti Unisah Tauny Akbari	Kombinasi Biofilter <i>Downflow-Upflow</i> Menggunakan <i>Scirpus Grossus</i> sebagai Pengolahan Spiked pond water	2017	Konfigurasi Reaktor yang mampu menyisihkan beban pencemar yang paling baik adalah reaktor dengan konfigurasi memanjang dengan kemampuan penurunan nilai COD, ammonium, serta fosfat yang lebih baik daripada reaktor melintang baik ketika menggunakan media kerikil, pasir, maupun kombinasi media kerikil dan pasir. Serta Media yang mampu menyisihkan beban pencemar yang paling baik adalah kombinasi media kerikil pada kompartemen pertama dan media pasir pada kompartemen	Tugas Akhir Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Institut Teknologi Sepuluh November

				kedua untuk parameter COD dengan efisiensi berkisar antara 72-88%, ammonium dengan efisiensi berkisar antara 98-99%, dan fosfat 90-100*%.	
3	Muhammad Al Kholif, Syahrul Hidayat, Joko Sutrisno	Pengaruh Tanaman Bintang Air ( <i>Cyperus Papyrus</i> ) Dan Bambu Air ( <i>Equisetum Hyemale</i> ) Dalam Mengolah Limbah Domestik	2009	Hasil penelitian yang diperoleh telah menunjukkan penurunan efisiensi yang begitu besar. Besar efisiensi penurunan beban pencemar BOD5 dan COD dalam mengolah air limbah domestik dengan menggunakan Constructed Wetlands sudah terlihat nilai efisiensinya sejak hari pertama penelitian. Rata-rata penyisihan beban pencemar BOD5 dan COD untuk ke dua jenis tanaman terjadi pada hari ke lima penelitian. Untuk parameter BOD5 tanaman Bintang Air ( <i>Cyperus papyrus</i> ) mampu menyisihkan beban pencemar sebesar 97,14 % dan Bambu Air ( <i>Equisetum hyemale</i> ) sebesar 95,43 %. Pada parameter COD tanaman Bintang Air ( <i>Cyperus papyrus</i> ) mampu menyisihkan beban pencemar sebesar 90,34 % dan Bambu Air ( <i>Equisetum hyemale</i> ) sebesar 89,67 %. Sedangkan dalam hal pengaruh jenis tanaman dalam menurunkan nilai BOD5 dan COD, tanaman Bintang Air ( <i>Cyperus papyrus</i> ) lebih unggul daripada Bambu Air ( <i>Equisetum hyemale</i> ).	Jurnal Penelitian Serambi Engineering, Volume V, Universitas PGRI
4	Nayla Kamilia Fithri	Pemanfaatan Tumbuhan Air <i>Azolla Mycrophyla</i> untuk	2010	Hasil penelitian bahwa kadar BOD sebelum perlakuan adalah 6.860.52 mg/l dan COD adalah 1.084.39 mg/l, kadar BOD pada perendaman selama 2 hari sebesar 4.119,60 mg/l, perendaman selama 4 hari sebesar	Universitas Negeri Semarang.

		Pengolahan Limbah Cair Tahu di Industri Tahu Sutinem		3.094,90 mg/l, dan perendaman selama 6 hari sebesar 2.452,42 mg/l. Kadar rata-rata COD pada perendaman selama 2 hari sebesar 946,19 mg/l, perendaman selama 4 hari sebesar 864,88mg/l, dan perendaman selama 6 hari sebesar 857,65 mg/l.	
5	Nindin Muhsinin	Pengolahan Air Limbah Domestik Secara Fitoremediasi Sistem <i>Constructed Wetland</i> Dengan Tanaman <i>Pandanus Amaryllifolius</i> Dan <i>Azolla Microphilla</i>	2019	Hasil penelitian menunjukkan pengolahan air limbah secara fitoremediasi sistem <i>sub surface flow</i> (SSF) dan <i>free surface flow</i> (FSF) dalam pengelolaan air limbah domestik dengan variasi Hydraulic Loading Rate (L ) 0,098 m/hari, 0,122 m/hari dan 0,146 m/hari, mampu menurunkan kontaminan yang terkandung dalam air limbah dengan removal efisiensi BOD 47,37-54,84%, COD 17,16-22,22%, Amoniak (NH <sub>3</sub> ) 30,7-39,82% dan Fosfat (PO <sub>4</sub> ) 36,07-38,71%. w	Program Pascasarjana Departemen Teknik Sipil Dan Lingkungan Universitas Gadjah Mada

## H. Kerangka Pikir



**Gambar 4.** Kerangka Pikir