

**FITOREMEDIASI DENGAN *CONSTRUCTED WETLAND* MENGGUNAKAN  
*Eichhornia crassipes* (Mart) Solms, *Pistia stratiotes* L. DAN *Equisetum  
hyemale* L., UNTUK MENGOLAH LIMBAH CAIR DOMESTIK  
PERUMAHAN BTN SERTA PENGARUHNYA  
PADA PERTUMBUHAN CAISIM  
(*Brassica juncea* L.)**

**SKRIPSI**

DIAJUKAN SEBAGAI SALAH SATU SYARAT  
UNTUK MEMPEROLEH GELAR SARJANA (S1) PENDIDIKAN



**OLEH**

**MERINDA J. PICAULY**  
**33160135**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN BIOLOGI  
FAKULTAS ILMU PENDIDIKAN  
UNIVERSITAS TIMOR  
KEFAMENANU  
2022**

## HALAMAN PERSETUJUAN

**Fitoremediasi dengan *constructed wetland* menggunakan *Eichhornia crassipes* (Mart) Solms, *Pistia stratiotes* L. dan *Equisetum hyemale* L., untuk mengolah limbah cair domestik perumahan BTN serta pengaruhnya pada pertumbuhan caisim (*Brassica juncea* L.)**

Telah Diperiksa dan Disetujui Oleh Pembimbing Untuk Diajukan Kepada Dewan Penguji Skripsi Program Studi Pendidikan Biologi.

Pembimbing Utama




Maria Yustiningsih, S.Si., M.Si.  
NIP. 19741210 201504 2 001

Pembimbing Pendamping



Ludgardis Ledheng, S.Si., M.Si.  
NIP. 19710606 200501 2 002

Kefamenanu, 01 Maret 2022  
Dekan Fakultas Ilmu Pendidikan



Blasius Atini, S. Pd., M.Sc.  
NIP. 19790403 200501 1 002

HALAMAN PENGESAHAN

Fitoremediasi dengan *constructed wetland* menggunakan *Eichhornia crassipes* (Mart) Solms, *Pistia stratiotes* L. dan *Equisetum hyemale* L., untuk mengolah limbah cair domestik perumahan BTN serta pengaruhnya pada pertumbuhan caisim (*Brassica juncea* L.).

Telah Diuji dan Dipertahankan Di Depan Dewan Penguji Program Studi Pendidikan Biologi Fakultas Ilmu Pendidikan Pada Tanggal 01 Maret 2022.

Susunan Dewan Penguji

Ketua Penguji



Made Santiari, S.Si., M.Si  
NIP. 198907122018032001

Sekretaris Penguji



Ludgardis Ledheng, S.Si., M.Si.  
NIP. 19710606 200501 2 002

Anggota Penguji



Maria Yustiningsih, S.Si., M.Si.  
NIP. 19741210 201504 2 001

Koordinator Program Studi Pendidikan Biologi



Vinsensia U. R. Sila, S.Pd., M.Pd.  
NIP. 19811022 200501 2 002

Dekan Fakultas Ilmu Pendidikan



Blasius Atini, S.Pd., M. Sc.  
NIP. 19790430 200501 1 002

Tanggal Lulus : 01 Maret 2022



## PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar – benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, dalam naskah SKRIPSI dengan judul FITOREMEDIASI DENGAN *CONSTRUCTED WETLAND* MENGGUNAKAN *Eichhornia crassipes* (Mart) Solms, *Pistia stratiotes* L. DAN *Equisetum hyemale* L., UNTUK MENGOLAH LIMBAH CAIR DOMESTIK PERUMAHAN BTN SERTA PENGARUHNYA PADA PERTUMBUHAN CAISIM (*Brassica juncea* L.), tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang tertulis dikutip dalam naskah ini disebutkan sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di naskah SKRIPSI ini dapat dibuktikan terdapat unsur – unsur PLAGIASI, saya bersedia digugurkan SKRIPSI ini dan gelar akademik yang telah saya peroleh sarjana pendidikan (S.Pd) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang – undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Kefamenanu, 01 Maret 2021



Merinda J. Picauly  
NPM : 33160135

## **PERSEMBAHAN**

Skripsi ini penulis persembahkan untuk :

1. Tuhan Yesus karena atas Kasih dan Kemurahan-Nya penulis dapat diberi kekuatan dalam melewati segala pergumulan sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
2. Kedua orang tua tercinta Ibu Yessy Amelia dan Ayah Tonny Adam yang telah bersusah payah dalam dukungan serta doa sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
3. Oma tercinta dalam dukungan serta doa sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
4. Kakak tersayang Alm. Davilla Adam dan Adik Acha Picauly serta keluarga besar yang selalu memberikan dukungan dan doa sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
5. Suami Rivansi Djanggu dan Anak Leonardo Djanggu.
6. Mama Rosadelima dan Bapak Frans Djanggu.
7. Sahabat sejati Priska Manikin dan juga Mince Towi, Febi Sanbein, Ani Liku, Asnat Lake, Mensi Olo, Hanafi Belaga, Somi Geliama, Even Tunabenani, Ria Kerans, Gina Seran, Erlin Suan, Santy Ara.
8. Teman-teman seperjuangan Program Studi Pendidikan Biologi angkatan 2016
9. Almamater tercinta Universitas Timor.

**MOTTO**

**BERSABARLAH KARENA ITU  
PENGHARAPANMU.**

**BERUSAHALAH KARENA ITU  
PILIHANMU.**

**BERDOALAH KARENA ITU  
ADALAH SUMBER  
JAWABANMU.**

**FITOREMEDIASI DENGAN *CONSTRUCTED WETLAND* MENGGUNAKAN  
*Eichhornia crassipes* (Mart) Solms, *Pistia stratiotes* L. DAN *Equisetum hyemale*  
L., UNTUK MENGOLAH LIMBAH CAIR DOMESTIK PERUMAHAN BTN  
SERTA PENGARUHNYA PADA PERTUMBUHAN  
CAISIM (*Brassica juncea* L.)**

**INTISARI**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui teknik fitoremediasi dengan *constructed wetland* menggunakan *Eichhornia crassipes* (Mart) Solms, *Pistia stratiotes* L., *Equisetum hyemale* L. untuk mengolah limbah cair domestik serta untuk mengetahui hasil limbah cair domestik terhadap pertumbuhan tanaman Caisim (*Brassica juncea* L.). Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli sampai Agustus 2020 di Perumahan BTN Desa Naiola Kecamatan Bikomi Selatan Kabupaten Timor Tengah Utara. Jenis penelitian yang digunakan adalah eksperimen meliputi pengolahan air limbah dan pertumbuhan tanaman caisim. Tahap pengolahan air limbah melalui teknik fitoremediasi menggunakan *constructed wetland* dengan *Eichhornia crassipes* (Mart) Solms, *Pistia stratiotes* L., *Equisetum hyemale* L. selama tujuh hari dan tahap pertumbuhan caisim dilakukan dengan rancangan acak kelompok (RAK) dengan empat perlakuan yaitu volume air limbah 0ml (kontrol), 400ml, 300ml, 200ml dan empat ulangan. Sampel air limbah yang digunakan pada penelitian ini adalah sampel air limbah yang diambil pada setiap kepala keluarga yang ada di perumahan BTN yang terdiri dari 13 blok. Setiap blok diambil dua kepala keluarga sebanyak tiga liter air limbah. Dan untuk sampel pertumbuhan tanaman caisim 32 tanaman. Parameter kualitas air limbah yang diuji pH, suhu, BOD, COD, dan TSS. Parameter pertumbuhan tanaman caisim meliputi tinggi dan jumlah daun. Hasil air limbah sebelum dan sesudah perlakuan dibandingkan dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 68 Tahun 2016 tentang baku mutu air limbah sedangkan pengukuran tanaman yaitu tinggi tanaman dan jumlah daun dianalisis dengan *Analysis Of Variance* (ANOVA) taraf 5% menggunakan aplikasi SPSS versi 22,0. Hasil pengolahan air limbah dengan nilai penurunan nilai BOD 55,8 mg/l, COD 573 mg/l, TSS 245 mg/l. Nilai pH 4,3-5,1 menjadi 6,5-6,6 dan nilai suhu 23°C menjadi 26°C. Sedangkan hasil pengukuran dapat diketahui penggunaan air limbah mempengaruhi pertumbuhan tinggi dan jumlah daun tanaman caisim (*Brassica juncea* L.). Pada perlakuan tanaman yang disiram menggunakan air non limbah lebih subur dibandingkan tanaman yang disiram menggunakan air limbah yakni memiliki batang yang kerdil dan diameter batang yang kecil serta warna daun kekuningan.

Kata Kunci: Air limbah domestik, fitoremediasi, *constructed wetland*, *Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes*, *Equisetum hyemale*, *Brassica juncea*.

## ABSTRACT

### **PHYTOREMEDIATION WITH *CONSTRUCTED WETLAND* USING *Eichhornia crassipes* (Mart) Solms, *Pistia stratiotes* L. AND *Equisetum hyemale* L., TO PROCESS BTN'S DOMESTIC LIQUID WASTE AND THEIR EFFECT ON THE GROWTH OF CAISIM (*Brassica juncea* L.)**

This study aims to determine the phytoremediation technique with constructed wetland using *Eichhornia crassipes* (Mart) Solms., *Pistia stratiotes* L., *Equisetum hyemale* L. to treat domestic wastewater and to determine the yield of domestic liquid waste on the growth of Caisim (*Brassica juncea* L.) plants. This research was carried out from July to August 2020 at the BTN Housing, Naiola Village, South Bikomi District, North Central Timor Regency. The type of research used is an experiment about wastewater treatment and caisim plant growth. The wastewater treatment stage through phytoremediation techniques using constructed wetland with *Eichhornia crassipes* (Mart) Solms, *Pistia stratiotes* L., *Equisetum hyemale* L. for seven days and the caisim growth stage was carried out in a randomized block design (RAK) with four treatments, namely wastewater volume 0 ml (control), 400 ml, 300 ml, 200 ml and four replicates. The wastewater sample used in this study was a sample of wastewater taken from each family head in the BTN housing estate which consisted of 13 blocks. Each block is taken by two families as much as three liters of wastewater. The caisim plant growth sample 32 plants. The wastewater quality parameters tested were pH, temperature, BOD, COD, and TSS. Caisim plant growth parameters are height and number of leaves. The results of wastewater before and after treatment were compared with the Regulation of the Minister of the Environment Number 68 of 2016 concerning wastewater quality standards while plant measurements, namely plant height and number of leaves were analyzed by Analysis Of Variance (ANOVA) at 5% level using the SPSS version 22.0 application. The results of wastewater treatment with the effectiveness value of decreasing the value of BOD 55,8 mg/l, COD 573 mg/l, TSS 245 mg/l. The pH value from 4.3-5.1 to 6.5-6.6 and the temperature value by 23 °C to 26°C. While the measurement results can be seen that the use of wastewater affects the growth of caisim (*Brassica juncea* L.) plant height and number of leaves. In the treatment of plants that are watered using non-waste nwater are more fertile than plants that are watered using waste water, namely they have stunted stems and small stem diameters and yellowish leaf color.

**Keywords:** Domestic wastewater, phytoremediation, *constructed wetland*, *Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes*, *Equisetum hyemale*, *Brassica juncea*.



## KATA PENGANTAR

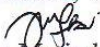
Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul “Fitoremediasi dengan *constructed wetland* menggunakan *Eichhornia crassipes* (Mart) Solms, *Pistia stratiotes* L. dan *Equisetum hyemale* L., untuk mengolah limbah cair domestik perumahan BTN serta pengaruhnya pada pertumbuhan caisim (*Brassica juncea* L.)”.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis banyak memperoleh masukan dari berbagai pihak sehingga tantangan dan hambatan dapat teratasi, oleh karena itu melalui kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua tercinta yang telah berupaya membesarkan, mendidik dan memberikan motivasi, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
2. Dr. Ir. Stefanus Sio, MP, selaku Rektor Universitas Timor yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk menempuh pendidikan di Universitas Timor.
3. Blasius Atini, S.Pd., M.Sc, selaku Dekan Fakultas Ilmu Pendidikan yang telah menyetujui dan memberikan kesempatan kepada penulis dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini dengan baik.
4. Vinsensia Ulia Rita Sila, S.Pd., M.Pd, selaku Ketua Program Studi Pendidikan Biologi yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi ini dengan baik
5. Maria Yustiningsih, S.Si., M.Si, selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah meluangkan waktu untuk membimbing, memberikan ilmu serta memberikan motivasi kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
6. Ludgardis Ledheng, S.Si., M.Si, selaku Dosen Pembimbing Pendamping yang telah meluangkan waktu untuk membimbing dan memberikan motivasi kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
7. Dosen Program Studi Pendidikan Biologi yang telah membekali penulis dengan berbagai pengetahuan selama mengikuti perkuliahan.
8. Teman – teman seperjuangan angkatan 2016 dan semua pihak yang dengan caranya sendiri telah membantu dan memotivasi penulis dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini.

Akhir kata penulis menyadari bahwa skripsi ini jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangatlah penting demi kesempurnaan skripsi ini.

Kefamenanu, 01 Maret 2021

  
Nama: Merinda J. Picauly  
NPM: 33160135

### **PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH**

Saya menyatakan dengan sungguh-sungguh bahwa sebelum melaksanakan ujian skripsi, saya bersedia untuk memberikan bukti pengiriman artikel ilmiah ber-ISSN atau bukti hasil seminar pada seminar nasional atau bukti telah terbit dalam prosiding nasional. Apabila ternyata saya tidak memenuhi salah satu dari pilihan tersebut di atas, maka saya bersedia untuk dibatalkan ujian skripsi.

Kefamenanu, 01 Maret 2022



Nama : Merinda J. Picauly  
NPM : 33160135

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>HALAMAN SAMPUL</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>iv</b>
<b>PERYATAAN ORIGINALITAS SKRIPSI</b> .....	<b>v</b>
<b>PERSEMBAHAN</b> .....	<b>vi</b>
<b>MOTO</b> .....	<b>vii</b>
<b>INTISARI</b> .....	<b>vii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ix</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>x</b>
<b>PERYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xvi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
A. Latar Belakang.....	1
B. Identifikasi Masalah .....	2
C. Batasan Masalah .....	2
D. Rumusan Masalah.....	3
E. Tujuan Penelitian.....	3
F. Manfaat Penelitian.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN HIPOTESIS</b> .....	<b>5</b>
A. Air Limbah Domestik.....	5
B. Pengolahan Limbah Cair domestik secara Fitoremediasi.....	9
C. <i>Constructed Wetland</i> .....	10
D. <i>Eichhornia crassipes</i> (Mart) Solms.....	14
E. <i>Pistia stratiotes</i> L.....	15
F. <i>Equisetum hyemale</i> L.....	16
G. Pengaruh Limbah Domestik Pada Pertumbuhan Tanaman .....	18
H. <i>Brassica juncea</i> L.....	19
I. Perumahan BTN .....	21
J. Hipotesis .....	22
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....	<b>23</b>
A. Identifikasi Variabel Penelitian .....	23
B. Defenisi Operasional Variabel Penelitian .....	23
C. Populasi dan Sampel Penelitian .....	24
D. Teknik Pengumpulan Data .....	24
E. Teknik Analisa Data .....	30
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>32</b>
A. Hasil Penelitian.....	32

B. Uji Hipotesis .....	35
C. Pembahasan .....	36
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>41</b>
A. Kesimpulan .....	41
B. Saran .....	41
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>42</b>

## DAFTAR TABEL

	Halaman
<b>Tabel 3.1 Alat – alat penelitian .....</b>	<b>25</b>
Tabel 3.2 Bahan – bahan penelitian .....	26
Tabel 4.1 Data Air Limbah Domestik Sebelum dan Sesudah Pengolahan .....	33
Tabel 4.2 Pertumbuhan Tanaman Caisim ( <i>Brassica juncea</i> L.) .....	34

## DAFTAR GAMBAR

	<b>Halaman</b>
<b>Gambar 2.1 Lahan Basah Alami</b> .....	<b>11</b>
<b>Gambar 2.2 Lahan Basah Buatan</b> .....	<b>12</b>
<b>Gambar 2.3 Constructed wetlands</b> .....	<b>13</b>
<b>Gambar 2.4 Eceng Gondok (<i>E. crassipes</i> (Mart) Solms)</b> .....	<b>15</b>
<b>Gambar 2.5 Kayu Apu (<i>P. stratiotes</i> L)</b> .....	<b>16</b>
<b>Gambar 2.6 Bambu Air (<i>E. hymale</i> L)</b> .....	<b>18</b>
<b>Gambar 2.7 Caisim (<i>B. juncea</i> L)</b> .....	<b>21</b>
<b>Gambar 3.1 Lokasi Penelitian</b> .....	<b>25</b>
Gambar 3.2 Desain penelitian .....	26
Gambar 3.3 Desain Penyiraman Caisim ( <i>Brassica juncea</i> L) .....	27
Gambar 3.4 Susunan Tanaman .....	30
Gambar 4.1 Hasil Desain Penelitian .....	33
Gambar 4.2 Grafik Penurunan BOD, COD, TSS .....	34
Gambar 4.3 Grafik Rata-rata Pertumbuhan Tanaman Caisim ( <i>Brassica juncea</i> L) ..	35



## DAFTAR LAMPIRAN

	<b>Halaman</b>
<b>Lampiran 1 Surat Ijin Penelitian .....</b>	<b>47</b>
<b>Lampiran 2 Surat Ijin Penelitian .....</b>	<b>48</b>
<b>Lampiran 3 Hasil Analisis Limbah Sebelum Pengolahan.....</b>	<b>49</b>
<b>Lampiran 4 Hasil Analisis Limbah Sesudah Pengolahan .....</b>	<b>50</b>
<b>Lampiran 5 Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 68 Tahun 2016 .....</b>	<b>51</b>
<b>Lampiran 6 Data Jumlah Jiwa Perblok.....</b>	<b>52</b>
<b>Lampiran 7 Kuisisioner Penggunaan Air Bersih Perjiwa .....</b>	<b>54</b>
<b>Lampiran 8 Data Mentah Pertumbuhan Tanaman.....</b>	<b>56</b>
<b>Lampiran 9 Dokumentasi Penelitian.....</b>	<b>58</b>

# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. LATAR BELAKANG

Limbah cair domestik adalah air limbah domestik yang berasal dari air mandi, air cuci, serta air dari dapur (Hariyani dan Sarto, 2018). Kepadatan jumlah penduduk di suatu tempat berdampak pada pemakaian air yang semakin tinggi, sehingga akan terjadi kenaikan volume air limbah domestik. Air limbah domestik yang secara langsung dibuang ke lingkungan akan menimbulkan dampak yang serius misalnya dapat merusak tanaman dan dapat mencemari lingkungan, mengakibatkan muncul bau busuk dan pemandangan yang kurang baik. Salah satu tempat yang menghasilkan limbah cair domestik setiap harinya adalah perumahan BTN.

Perumahan BTN merupakan pemukiman yang padat penduduknya. Sebagian besar penduduk didominasi oleh mahasiswa yang menempati kos – kosan. Perumahan BTN terdiri dari 13 blok dimana jumlah penduduk mengalami peningkatan pada tahun 2019 sebesar 4134 jiwa dari 214 kepala keluarga (KK) dan pada tahun 2020 menjadi 6414 jiwa dari 350 kepala keluarga (KK) (BPS TTU 2020). Rata-rata jumlah anggota dalam setiap rumah berkisar antara 5 sampai 60 orang. Berdasarkan survey pendahuluan beberapa orang menggunakan kuisioner yang dilakukan di Perumahan BTN diketahui bahwa air limbah yang dihasilkan per orang mencapai 80 liter per hari yang berasal dari aktivitas keseharian seperti mencuci, dan memasak yang langsung dialirkan melalui saluran pembuangan tanpa diolah terlebih dahulu sehingga dapat mencemari lingkungan. Agar tidak terjadi pencemaran lingkungan air limbah yang dihasilkan harus diolah. Oleh karena itu diperlukan metode yang tepat dalam pengolahan limbah cair domestik.

Pengolahan air limbah yang paling sederhana dan tidak membutuhkan biaya yang besar adalah pengolahan secara biologi dengan teknik fitoremediasi. Teknik fitoremediasi didefinisikan sebagai teknologi pembersihan, penghilangan atau pengurangan zat pencemar dalam tanah atau air dengan menggunakan bantuan tanaman (Chussetijowati dkk. 2012). Adanya penggunaan tanaman menjadikan teknik fitoremediasi lebih ramah lingkungan. Teknik fitoremediasi dapat dilakukan menggunakan sistem lahan basah buatan (*constructed wetland*). Lahan basah buatan (*Constructed wetland*) merupakan salah satu teknologi pengolahan limbah cair yang efisien, efektif, dan tepat guna karena menggunakan keragaman tumbuhan (Kasman dkk., 2018).

Tumbuhan air yang sering digunakan dalam pengolahan limbah cair domestik adalah eceng gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart) Solms), kayu apu (*Pistia stratiotes* L.), dan bambu air (*Equisetum hyemale* L.). Menurut Kholif dkk., (2020), dalam penelitian mengenai pengolahan air limbah domestik menunjukkan bahwa bambu air

(*Equisetum hyemale* L.) mampu menyisihkan kadar BOD sebesar 90,34%, sedangkan kadar COD terjadi efisiensi sebesar 89,67%. Penelitian mengenai efektivitas tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart) Solms) dalam pengendalian limbah cair domestik menunjukkan bahwa tanaman eceng gondok efektif dalam menurunkan suhu 18,3%, BOD 64,6%, COD 16,2%, zat tersuspensi 97,7% (Dewi, 2012). Pengolahan limbah domestik menggunakan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes* L.), menunjukkan bahwa penurunan BOD 45,35%, COD 65,06%, TSS 19,99% (Wirawan dkk., 2010). Berdasarkan beberapa penelitian yang telah dilakukan diketahui bahwa tanaman bambu air (*E. hyemale* L.), eceng gondok (*E. crassipes* (Mart) (Solms) dan kayu apu (*P. stratiotes* L.) efektif menurunkan BOD, COD namun demikian fitoremediasi menggunakan tanaman tersebut cenderung dilakukan per spesies dan belum dilakukan secara kombinasi. Oleh karena itu telah dilakukan penelitian fitoremediasi dengan *constructed wetland* menggunakan *Eichhornia crassipes* (Mart) Solms, *Pistia stratiotes* L., dan *Equisetum hyemale* L., untuk mengolah limbah cair domestik perumahan BTN serta pengaruhnya terhadap pertumbuhan caisim (*Brassica juncea* L.).

## **B. IDENTIFIKASI MASALAH**

Identifikasi masalah pada penelitian ini adalah:

1. Adanya pencemaran lingkungan akibat air limbah yang dihasilkan dari aktivitas rumah tangga (domestik).
2. Masyarakat belum mengetahui cara pengolahan limbah cair domestik.
3. Belum adanya pengolahan limbah cair domestik menggunakan *constructed wetland* dan kombinasi tumbuhan eceng gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart) Solms, kayu apu (*Pistia stratiotes* L.) dan bambu air (*Equisetum hyemale* L.) oleh para peneliti terdahulu.
4. Belum dilakukannya pemanfaatan limbah cair domestik dari Perumahan BTN untuk penyiraman sayuran.

## **C. BATASAN MASALAH**

Penelitian ini difokuskan pada:

1. Air limbah domestik  
Sumber air limbah yang digunakan diambil berasal dari aktivitas rumah tangga seperti mencuci, mandi, dan tempat memasak pada tiap rumah atau kepala keluarga (KK) perumahan BTN yang terdiri dari 13 blok.
2. *Constructed wetland*  
*Constructed wetland* yang digunakan tipe *surface flow wetland* (lahan basah tipe aliran permukaan).
3. Fitoremediasi

Pengolahan air limbah menggunakan teknik fitoremediasi dilaksanakan selama 7 hari dengan *constructed wetland*.

4. *Eichhornia crassipes* (Mart) Solms (eceng gondok)  
*Eichhornia crassipes* (Mart) Solms (eceng gondok) yang digunakan dengan tinggi rata-rata 10 sampai 15 cm, jumlah daun 4 dan panjang akar rata-rata 6 sampai 10 cm.
5. *Pistia stratiotes* L. (kayu apu)  
*Pistia stratiotes* L. (kayu apu) yang digunakan dengan diameter rata-rata 4 sampai 5 cm dan panjang akar rata-rata 6 sampai 10 cm.
6. *Equisetum hyemale* L. (bambu air)  
*Equisetum hyemale* L. (bambu air) yang digunakan tanaman bambu air kira-kira umur 3 sampai 4 bulan.
7. Tanaman caisim (*Brassica juncea* L.)  
 Tanaman caisim (*Brassica juncea* L.) yang digunakan adalah benih tanaman dalam kemasan merek SHINTA. Benih disemaikan selama satu minggu. Benih yang telah berkecambah dipilih yang homogen sebanyak 2 benih untuk ditanam dalam polybag.

#### **D. RUMUSAN MASALAH**

Berdasarkan latar belakang di atas dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Apakah pengolahan limbah cair domestik secara fitoremediasi dengan *constructed wetland* menggunakan eceng gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart) Solms), kayu apu (*Pistia stratiotes* L.) dan bambu air (*Equisetum hyemale* L.) dapat menurunkan kadar BOD, COD, TSS, pH, dan suhu?
2. Apakah hasil olahan limbah cair domestik berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman Caisim (*Brassica juncea* L.)?

#### **E. TUJUAN PENELITIAN**

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengetahui pengolahan limbah cair domestik secara fitoremediasi dengan *constructed wetland* menggunakan eceng gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart) Solms), kayu apu (*Pistia stratiotes* L.) dan bambu air (*Equisetum hyemale* L.) dapat menurunkan kadar BOD, COD, TSS, pH, dan suhu.
2. Mengetahui hasil olahan limbah cair domestik berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman Caisim (*Brassica juncea* L.).

#### **F. MANFAAT**

Penelitian ini dapat bermanfaat bagi:

1. Masyarakat dapat mengolah limbah cair yang dihasilkan dari aktivitas rumah tangga dengan teknik fitoremediasi karena lebih murah dan ramah lingkungan sehingga dapat digunakan kembali sesuai kebutuhan masyarakat.
2. Sebagai bahan referensi bagi peneliti selanjutnya.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. AIR LIMBAH DOMESTIK**

Menurut Permen LHK No. 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik, air limbah adalah air sisa dari suatu hasil usaha dan/atau kegiatan dan air limbah domestik adalah air yang berasal dari aktivitas hidup sehari-hari manusia yang berhubungan dengan pemakaian air. Menurut Kodoatie dan Sjarief (2005), air limbah domestik (rumah tangga) merupakan air bekas yang tidak dapat lagi dipergunakan untuk tujuan semula, baik yang mengandung kotoran manusia atau dari aktivitas dapur, kamar mandi, dan cuci dimana kuantitasnya 50 hingga 70% dari total rata-rata konsumsi air bersih yaitu sekitar 120 sampai 140 liter/orang/hari. Menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 112 tahun 2003 tentang Baku Mutu Air Limbah Rumah Tangga yang dimaksud dengan air limbah rumah tangga adalah air limbah yang berasal dari usaha dan atau kegiatan permukiman, rumah makan, perkantoran, perniagaan, apartemen, dan asrama. Mukhtasor (2007), membagi air limbah domestik menjadi dua bagian yaitu: (1) air limbah domestik yang berasal dari cucian seperti sabun, deterjen, minyak dan lemak, serta shampo, (2) air limbah domestik yang berasal dari kakus seperti tinja dan air seni. Air limbah domestik mengandung lebih dari 90% cairan. Karakteristik air limbah menurut Silalahi (2010), terdiri dari tiga golongan, yaitu:

##### **1. Karakteristik Fisik**

Karakteristik fisik air limbah terdiri dari 99,9% air serta sejumlah kecil bahan-bahan padat dalam suspensi. Perubahan yang ditimbulkan oleh parameter fisika dalam air limbah yaitu padatan, kekeruhan, bau, temperatur, dan warna. Padatan terdiri dari bahan padat organik maupun non organik yang larut, mengendap maupun melayang. Bahan yang mengendap di dasar air lama kelamaan akan menimbulkan pendangkalan badan air dan tumbuhnya tanaman air tertentu. Kekeruhan terjadi karena adanya bahan yang terurai atau terapung seperti bahan organik, jasad renik, lumpur tanah liat dan benda lain yang melayang atau terapung dan sangat halus sekali.

##### **2. Karakteristik Kimiawi**

Air buangan mengandung campuran zat – zat kimia anorganik yang berasal dari air bersih serta bermacam – macam zat organik yang berasal dari penguraian tinja, urin serta sampah – sampah lainnya. Biasanya bersifat basa waktu masih segar tetapi cenderung ke asam bila mulai membusuk. Substansi dalam air buangan terbagi menjadi dua gabungan, yaitu:



- a. Gabungan yang mengandung Nitrogen. Misalnya: urea, protein, dan asam amino.
- b. Gabungan yang tidak mengandung Nitrogen. Misalnya: lemak, sabun dan karbohidrat termasuk selulosa.

### 3. Karakteristik Bakteriologis

Kandungan bakteri patogen serta organisme golongan *Coli* tercampur pula pada air buangan tergantung dari mana sumbernya, namun keduanya tidak berperan dalam proses pengolahan air buangan.

### 4. Dampak buruk air limbah meliputi, sebagai berikut:

#### a. Gangguan terhadap kesehatan

Air limbah sangat berbahaya terhadap kesehatan manusia mengingat bahwa banyak penyakit yang dapat ditularkan melalui air limbah. Air limbah ini ada yang hanya berfungsi sebagai media pembawa saja seperti penyakit kolera, radang usus, hepatitis infeksiosa, serta schistosomiasis. Selain membawa penyakit di dalam air limbah itu sendiri banyak terdapat bakteri patogen penyebab penyakit seperti: Virus, *Vibrio cholera*, *Salmonella* sp., *Shigella* sp., *Basillus antraksi* (Eddy, 2008).

#### b. Gangguan terhadap kehidupan biotik

Dengan banyaknya zat pencemar di dalam air limbah, maka akan menyebabkan menurunnya kadar oksigen yang terlarut di dalam air limbah. Dengan demikian akan menyebabkan kehidupan di dalam air yang membutuhkan oksigen akan terganggu, dalam hal ini akan mengurangi perkembangannya. Selain kematian kehidupan di dalam air disebabkan karena kurangnya oksigen di dalam air limbah dapat juga karena adanya zat beracun yang berada di dalam air limbah tersebut (Eddy, 2008).

#### c. Gangguan terhadap keindahan

Air limbah mengandung pigmen warna yang dapat menimbulkan perubahan warna pada badan air penerima. Air limbah juga mengandung bahan – bahan bila terurai menghasilkan gas- gas berbau. Bila air limbah mencemari badan air, maka dapat menimbulkan gangguan keindahan pada badan air tersebut (Eddy, 2008).

#### d. Gangguan terhadap kerusakan benda

Air limbah mengandung zat – zat yang dapat dikonversi oleh bakteri anaerobik menjadi gas yang agresif seperti  $H_2S$ . Gas ini dapat mempercepat proses perkaratan pada benda yang terbuat dari besi (misalnya Pipa saluran air limbah) dan bangunan air kotor lainnya (Komarawidjaja, 2004).

e. Indikator pencemaran air

Indikator atau tanda bahwa air lingkungan telah tercemar adalah adanya perubahan atau tanda yang dapat diamati dan digolongkan menjadi:

- a) Pengamatan secara fisis, yaitu pengamatan pencemaran air berdasarkan tingkat kejernihan air atau kekeruhan, perubahan suhu, warna, bau, dan rasa.
- b) Pengamatan secara kimiawi yaitu pengamatan pencemaran air berdasarkan zat kimia yang terlarut dan perubahan pH.
- c) Pengamatan secara biologis, yaitu pengamatan pencemaran air berdasarkan mikroorganisme yang ada dalam air, terutama ada tidaknya bakteri patogen. Indikator yang umum diketahui pada pemeriksaan air adalah:

1. *Power of Hidrogen* (pH)

*Power of Hidrogen* (pH) merupakan konsentrasi ion hidrogen dalam perairan. Air normal akan memenuhi syarat untuk suatu kondisi mempunyai pH sekitar 6,5 sampai 7,5. Air bersifat asam dan basa tergantung dari kecilnya pH. Bila pH di bawah normal maka bersifat asam sedangkan yang mempunyai pH di atas pH normal bersifat basa. Air limbah dan bahan buangan industri akan mengubah pH air yang akhirnya akan mengganggu kehidupan biota akuatik.

Sebagian besar biota akuatik sensitive terhadap perubahan pH dan menyukai pH antara 7 sampai 8,5. Nilai pH sangat mempengaruhi proses biokimia perairan, misalnya proses nitrifikasi akan berakhir pada pH yang rendah. Pada pH kurang dari 4, sebagian besar tumbuhan air mati karena tidak dapat bertoleransi terhadap pH rendah (Effendi, 2003).

2. Suhu

Suhu merupakan derajat atau tingkatan panas dinginnya suatu benda. Fluktuasi suhu dalam air akan berpengaruh terhadap kehidupan di dalam air. Suhu air yang mendukung kehidupan yang baik adalah berkisar antara 20-30°C, dan perubahan suhu yang tiba – tiba dapat mengganggu kehidupan ekosistem air. Apabila suhu air naik, maka kandungan oksigen terlarut dalam air akan menurun. Jika kebutuhan oksigen melebihi oksigen tersedia maka akan ada organisme yang mati dan kondisi ini disebut *lethal temperature*. Hal ini biasa terjadi apabila air tercemari limbah (Sastrawijaya, 2009).

3. *Biochemical Oxygen Demand* (BOD)

*Biochemical Oxygen Demand* (BOD) merupakan banyaknya oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme dalam lingkungan air untuk memecah (mendegradasi) bahan buangan organik yang ada dalam air menjadi karbondioksida dan air. Dekomposisi bahan organik terdiri atas 2 tahap, yaitu

terurainya bahan organik menjadi anorganik dan bahan anorganik yang tidak stabil berubah menjadi bahan anorganik stabil, misalnya ammonia mengalami oksidasi menjadi nitrit atau nitrat melalui proses nitrifikasi. Pada penentuan nilai BOD, hanya dekomposisi tahap pertama yang berperan, sedangkan oksidasi bahan anorganik (nitrifikasi) dianggap sebagai zat pengganggu. Pada dasarnya, proses oksidasi bahan organik berlangsung cukup lama.

Jumlah mikroorganisme dalam lingkungan air tergantung pada tingkat kebersihan air. Air yang bersih relatif mengandung mikroorganisme lebih sedikit dibanding yang tercemar. Air yang telah tercemar oleh bahan buangan yang bersifat antiseptik atau bersifat racun, seperti fenol, kreolin, detergen, asam sianida, insektisida, dan sebagainya, jumlah mikroorganismenya juga sedikit, sehingga makin besar kadar BODnya, maka merupakan indikasi bahwa perairan tersebut telah tercemar. Sebagai contoh adalah kadar maksimum BOD<sub>5</sub> yang diperkenankan untuk kepentingan air minum dan menopang kehidupan organisme akuatik adalah 3,0 sampai 6,0 mg/l (UNESCO/WHO/UNEP,1992).

#### 4. *Chemical Oxygen Demand (COD)*

*Chemical Oxygen Demand (COD)* adalah jumlah oksigen yang diperlukan agar bahan buangan yang ada dalam air dapat teroksidasi melalui reaksi kimia baik dapat didegradasi secara biologis maupun yang sukar didegradasi. Kenyataannya hampir semua zat organik dapat dioksidasi oleh oksidator lain, seperti kalium dalam suasana asam, diperkirakan 95% sampai 100% bahan organik dapat dioksidasi. Seperti pada BOD, perairan dengan nilai COD tinggi tidak diinginkan bagi kepentingan perikanan dan pertanian. Nilai COD pada perairan yang tidak tercemar biasanya kurang dari 20 mg/l, sedangkan pada perairan tercemar dapat lebih dari 200 mg/l, dan pada limbah industri dapat mencapai 60.000 mg/l (UNESCO/WHO/UNEP,1992).

#### 5. *Total Suspended Solid (TSS)*

*Total Suspended Solid (TSS)* atau padatan tersuspensi adalah padatan yang menyebabkan kekeruhan air, tidak terlarut dan tidak dapat mengendap langsung. Padatan tersuspensi terdiri dari partikel – partikel yang ukuran maupun beratnya lebih kecil dari sedimen seperti bahan – bahan organik tertentu, tanah liat dan lain-lain. Misalnya air permukaan mengandung tanah liat dalam bentuk tersuspensi. Air buangan selain mengandung padatan tersuspensi dalam jumlah yang bervariasi, juga sering mengandung bahan – bahan yang bersifat koloid seperti protein. TSS merupakan penyebab utama kekeruhan air yang disebabkan oleh partikel – partikel tersuspensi di dalam air

yang dapat mengganggu penyerapan cahaya matahari yang dibutuhkan oleh oleh mikroorganisme dan fitoplakton untuk melakukan fotosintesis. Partikel-partikel ini berupa senyawa organik atau anorganik (Effendi, 2003).

## **B. PENGOLAHAN LIMBAH CAIR DOMESTIK SECARA FITOREMEDIASI**

Fitoremediasi adalah suatu metode yang menggunakan tumbuhan untuk menghilangkan polutan dari tanah atau perairan yang terkontaminasi. Teknik dengan fitoremediasi berkembang pesat karena terbukti lebih murah. Secara lengkap, istilah fitoremediasi adalah penggunaan tanaman, termasuk pohon – pohonan, rumput – rumputan dan tanaman air untuk menghilangkan bahan berbahaya baik organik maupun anorganik dari lingkungan. Aplikasi ini telah dilakukan secara komersial seperti USA dan Eropa, sedangkan di Indonesia sendiri teknologi ini masih relative baru (Titi, 2005).

Teknik fitoremediasi didefinisikan sebagai teknologi pembersihan, penghilangan atau pengurangan zat pencemar dalam tanah atau air dengan menggunakan bantuan tanaman (Chussetijowati dkk, 2012). Mekanisme kerja fitoremediasi terdiri dari beberapa konsep dasar yaitu: fitoekstraksi, fitovolatilisasi, fitodegradasi, fitostabilisasi, rhizodegradasi, rhizofiltrasi dan fitoakumulasi.

1. Fitoekstraksi atau fitoakumulasi merupakan penyerapan polutan oleh tanaman dari air atau tanah dan kemudian diakumulasi/disimpan di dalam tanaman (daun atau batang). Jenis tanaman ini disebut hiperakumulator. Setelah polutan terakumulasi akar dan bagian tajuk tanaman bisa dipanen dan tanaman tersebut tidak boleh dikonsumsi tetapi harus dimusnahkan dengan incinerator kemudian ditimbun (Jadia dan Fulekar, 2009).
2. Fitovolatilisasi merupakan proses penyerapan polutan oleh tanaman dan polutan tersebut diubah menjadi bersifat volatil agar tidak berbahaya lagi dan kemudian ditranspirasikan oleh tanaman (Irawanto, 2010).
3. Fitodegradasi merupakan proses penyerapan polutan oleh tumbuhan kemudian polutan tersebut mengalami mengalami metabolisme di dalam tubuh tumbuhan yang melibatkan enzim *nitroductase*, *laccase*, *dehalogenase*, *oksigenase*, dan *nitrillase* (Juhriah, 2016).
4. Fitostabilisasi merupakan proses yang dilakukan oleh tanaman untuk mentransformasi polutan di dalam tanah menjadi senyawa yang non toksik tanpa menyerap terlebih dahulu polutan tersebut ke dalam tubuh tumbuhan. Hasil transformasi polutan tersebut tetap berada di dalam tanah (Jadia dkk., 2009).
5. Rhizodegradasi merupakan proses tumbuhan dengan dalam menguraikan zat – zat pencemar dengan aktivitas atau pertumbuhan mikroorganisme. Mikroorganisme dapat berasal dari tanaman itu sendiri atau dari luar (Irawanto, 2010).

6. Rhizofiltrasi adalah proses penyerapan polutan oleh tanaman tetapi biasanya konsep ini berlaku apabila medium yang tercemarnya adalah badan perairan (Irawanto, 2010).

### C. *Construted Wetland*

*Construted wetland* adalah lahan basah buatan sebagai tempat untuk pengolahan limbah yang merupakan suatu proses pengolahan limbah dengan meniru berlangsungnya proses penjernihan air di lahan basah alami atau rawa. Di rawa tumbuhan air (*hidrophita*) memiliki peran penting dalam proses pemulihan kualitas air limbah secara alamiah (Vymazal, 2009). Aktivitas pengolahan unsur hara yang diambil dari air limbah inilah yang dimasak oleh pigmen daun (klorofil) agar tanaman menjadi tumbuh, baik secara fisik maupun jumlah tunasnya dan sekaligus mengurangi pencemar dalam air limbah (Truu *et al.*, 2009).

Daya tarik *wetlands* dalam pengolahan limbah sangat menarik perhatian khusus, karena kelebihan dan kesederhanaannya tetapi memiliki kemampuan proses minimalisasi limbah yang tinggi, ada tiga fungsi dasar dari *wetlands* yang menjadikan sistem pengolahan limbah cair ini sangat potensial yaitu:

- a) Secara fisik mampu menahan atau menangkap kandungan-kandungan *polutans* yang terdapat di permukaan tanah dan senyawa-senyawa organik dalam limbah.
- b) Memanfaatkan (*Utilization*) dan sebagai transformation dari berbagai macam aktifitas jenis mikroorganisme.
- c) Memerlukan energi dan syarat pemeliharaan yang rendah dan mudah untuk: menghasilkan pengolahan yang baik.

Definisi umum *wetland* lainnya berupa tanah transisi antara bagian daratan dan perairan di mana sebagian besar komposisinya berupa air. *Natural treatment wetlands* ini efektif untuk mengolah air limbah di mana prinsip pengolahan limbah cair dengan *constructed wetlands* ini memanfaatkan peranan aktivitas mikroba atau bakteri sebagai *microbial degradation of contaminants* yang terdapat di dalam limbah dan di permukaan air atau yang hidup di akar, batang tanaman dan peranan tanaman (*vegetation*) air di area tersebut. Proses pengolahan yang terjadi di dalam *wetlands* tersebut berupa sedimentasi, filtrasi, gas transfer, adsorpsi atau disebut juga dengan proses pengolahan fisik, untuk pengolahan secara kimiawi dan biologi pada *constructed wetlands* terjadi karena adanya aktivitas dari mikroorganisme dalam tanah dan aktivitas dari tanaman, yaitu berupa proses fotosintesis. Variabel-variabel perencanaan pada *constrncted wetlands* meliputi kapasitas debit air limbah yang dialirkan, beban organik limbah yang tertentu, kedalaman media tanah maupun air, serta adanya pemeliharaan tanaman yang digunakan selama proses pengolahan. (Truu *et al.*, 2009). Prinsip sistem lahan basah dibedakan menjadi 2 kategori yaitu:

### 1. Lahan basah alamiah (*Natural Wetland*)

Sistem ini umumnya merupakan suatu sistem pengolahan dalam area yang sudah ada secara alami, contohnya daerah rawa. Kehidupan biota dalam lahan basah alamiah sangat beragam debit air limbah yang masuk, jenis tanaman dan jarak tumbuh pada masing-masing tanaman tidak direncanakan serta terjadi secara alamiah. Lahan basah alami meliputi rawa – rawa air tawar, hutan bakau (mangrove), rawa gambut, hutan gambut, payau dan tepian sungai. Salah satu contoh lahan basah alami dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Lahan basah alami (Jensen, 2005)

### 2. Lahan basah buatan (*Constructructed Wetland*)

Sistem pengolahan direncanakan seperti untuk debit air limbah, beban organik, kedalaman media, jenis tanaman, dan lain-lain sehingga kualitas air limbah yang keluar dari sistem tersebut dapat dikontrol/diatur sesuai dengan yang dikendaki oleh pembuatnya. Lahan basah buatan meliputi waduk, sawah, saluran irigasi, dan kolam. Salah satu contoh lahan basah buatan dapat dilihat pada gambar 2.2.

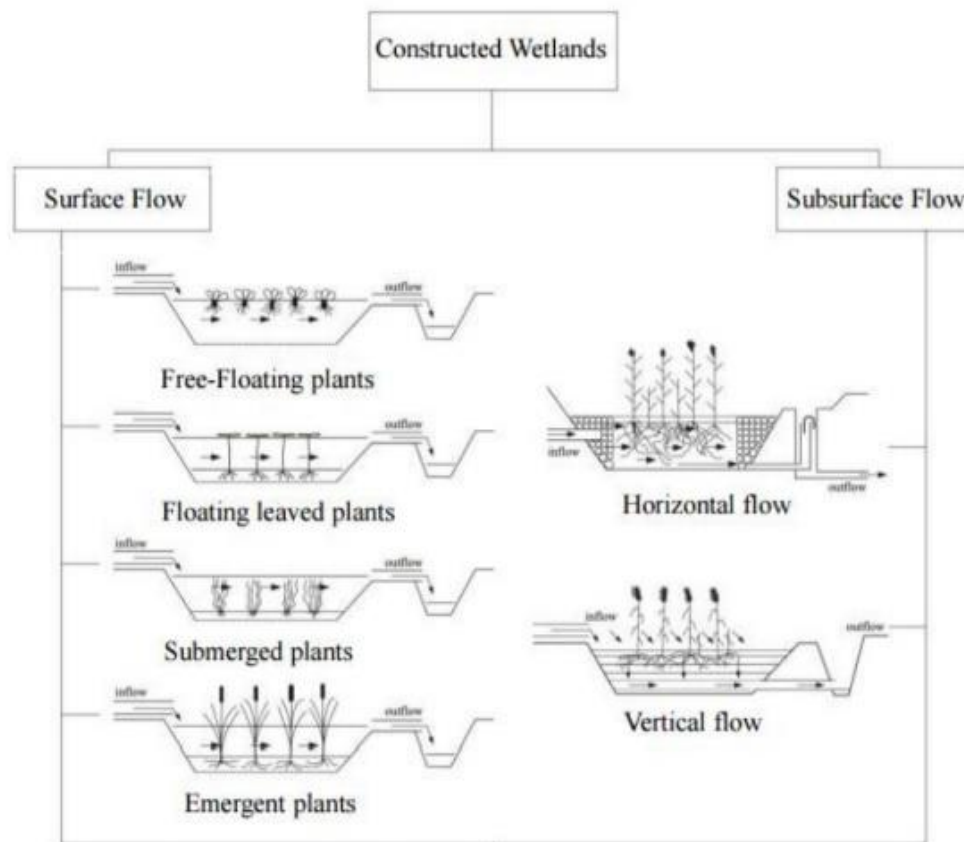


Gambar 2.2 Lahan basah buatan (Desa, 2018)

Secara umum sistem pengolahan limbah dengan lahan basah buatan (*Constructructed Wetland*) ada dua tipe, yaitu sistem aliran permukaan (*Surface Flow Constructructed Wetland* atau *Free Water System-FWS*) dan sistem aliran bawah



permukaan (*Sub-Surface Flow Constructured Wetland*) atau sering dikenal dengan sistem *SSF-Wetland* (Leady, 1997). Pada sistem *Free Water Surface* (FWS), air mengalir pada permukaan air yang terbuka. Pada prakteknya, sistem FWS jarang digunakan karena sistem ini dapat menjadi sarang bagi vektor penyakit (seperti nyamuk) dan menimbulkan bau. *Sub-surface constructed Wetland* menggunakan media tanah, pasir atau kerikil yang ditanami dengan vegetasi tumbuhan. Air limbah akan dialirkan dibawah permukaan dari media tanam. Karena air limbah berada dibawah permukaan media tanam, resiko terkena paparan manusia atau organisme patogen dapat di minimalisasi. Sistem *Sub-surface Constructed Wetland* paling sesuai untuk pengolahan primer dari air limbah, karena tidak ada kontak langsung dengan kolom air dan atmosfer (Suswati dan Gunawan, 2013). *Constructed wetland* dalam dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 *Constructed wetlands* (<https://www.ipcc-iges.or.jp>)

Sedangkan klasifikasi lahan basah buatan (*Constructured Wetland*) berdasarkan jenis tanaman yang digunakan terbagi menjadi 3 kelompok, yaitu:

1. Sistem yang menggunakan tanaman air mengambang atau sering disebut dengan lahan basah tanaman air mengambang (*Floating Aquatic Plants System*);
2. Sistem yang menggunakan tanaman *makrophyta* dalam air (*Submerged*) dan umumnya digunakan pada sistem lahan basah buatan tipe aliran permukaan (*Surface Flow Wetland*);
3. Sistem yang menggunakan tanaman *makrophyta* yang akarnya tenggelam atau sering disebut juga *amphibious plants* dan biasanya digunakan untuk lahan basah buatan tipe aliran bawah permukaan (*Sub-Surface Flow Wetland* atau *SSF-Wetland*) (Suriawiria, 1993).

#### **D. *Eichhornia crassipes* (Mart) Solms (Eceng gondok)**

Eceng gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart) Solms) merupakan tumbuhan yang berkembang biak dengan sangat cepat, baik secara vegetatif maupun generatif. Pada umumnya eceng gondok tumbuh dengan cara vegetatif yaitu, dengan menggunakan stolon. Kondisi optimum bagi perkembangannya memerlukan kisaran waktu antara 11 – 18 hari. Bagian akar eceng gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart) Solms) ditumbuhi dengan bulu-bulu akar yang berserabut, berfungsi sebagai pegangan atau jangkar tanaman. Peranan akar sebagian besar untuk menyerap zat-zat yang diperlukan tanaman dari dalam air. Pada ujung akar terdapat kantung akar yang mana di bawah sinar matahari kantung akar ini berwarna merah. Susunan akarnya dapat mengumpulkan lumpur atau partikel-partikel yang terlarut dalam air.

Daun tergolong dalam mikrofita yang terletak di atas permukaan air, yang di dalamnya terdapat lapisan rongga udara yang berfungsi sebagai alat pengapung tanaman. Zat hijau daun (klorofil) eceng gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart) Solms) terdapat dalam sel epidermis, dipermukaan atas daun dipenuhi oleh mulut daun (stomata) dan bulu daun. Rongga udara yang terdapat dalam akar, batang, dan daun selain sebagai alat penampungan juga berfungsi sebagai tempat penyimpanan O<sub>2</sub> dari proses fotosintesis. Oksigen hasil dari fotosintesis ini digunakan untuk respirasi tumbuhan di malam hari dengan menghasilkan CO<sub>2</sub> yang akan terlepas ke dalam air. Tangkai eceng gondok berbentuk bulat menggelembung yang di dalamnya penuh dengan udara yang berperan untuk mengapungkan tanaman di permukaan air. Lapisan terluar petiole adalah lapisan epidermis, kemudian di bagian bawahnya terdapat jaringan pengangkut (xylem dan floem). Rongga - rongga udara dibatasi oleh dinding penyekat berupa selaput tipis berwarna putih. Eceng gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart) Solms) berbunga dengan warna mahkota lembayung muda, berbunga majemuk dengan jumlah 6 – 35 berbentuk karangan bunga bulir dengan putik tunggal. Eceng gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart) Solms) mampu menyerap berbagai zat yang terkandung di dalam air, baik terlarut maupun tersuspensi. Kecepatan penyerapan zat pencemar dari dalam air limbah oleh

eceng gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart) Solms) dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya komposisi dan kadar zat yang terkandung dalam air limbah, kerapatan eceng gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart) Solms), dan waktu tinggal eceng gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart) Solms) dalam air limbah (Setyanto dan Warniningsih, 2011).

Pengelolaan limbah ini pada proses simbiosis antara eceng gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart) Solms) sebagai penghasil oksigen dan mikroorganisme sebagai perombak bahan - bahan organik yang membutuhkan oksigen dalam perombakan dan menghasilkan CO<sub>2</sub> yang dibutuhkan tumbuhan air. Tingginya kadar bahan kimia yang menyerap oksigen terlarut dalam air dapat menyebabkan biota – biota yang hidup di dalam air seperti ikan dan hewan lainnya mengalami kekurangan oksigen yang akan berakibat menurunkan daya hidup biota tersebut. Kadar pencemaran itu karena adanya banyak limbah organik dan limbah anorganik yang dibuang ke perairan. Tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart) Solms) efektif dalam menurunkan suhu 18,3%, BOD 64,6%, COD 16,2%, zat tersuspensi 97,7% (Dewi, 2012). Tanaman eceng gondok (*E. crassipes*) dapat dilihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 Eceng gondok (*E. crassipes* (Mart) Solms) (Ratnani, 2011).

Klasifikasi eceng gondok (*E. crassipes* (Mart) Solms) menurut Moenardir, (1990) adalah sebagai berikut :

Divisi	: Magnoliophyta
Sub divisi	: Spermatophyta
Kelas	: Monocotyledonae
Ordo	: Ferinosae
Family	: Pontederiaceae
Genus	: Eichhornia
Spesies	: <i>Eichhornia crassipes</i> (Mart) Solms.

#### ***E. Pistia stratiotes* L. (Kayu Apu)**

*Pistia stratiotes* L. disebut juga dengan kayu apu. Spesies ini merupakan tumbuhan air tawar yang umum tumbuh di daerah tropis. Tumbuhan ini mengapung

bebas di perairan kecuali menempel pada lumpur. Tumbuhnya di genangan air yang tenang atau yang mengalir dengan lambat. Kayu apu (*P. stratiotes* L.) mempunyai banyak akar tambahan yang penuh dengan bulu-bulu akar yang halus, panjang, dan lebat.

Kayu apu (*P. stratiotes* L.) termasuk dalam family Araceae yang tumbuh mengapung pada permukaan air dengan akar - akarnya yang menggantung terendam di bagian bawah daunnya yang mengambang. Lebar daun tumbuhan ini antara 5 sampai 14 cm dan jarak antar nodusnya 0,1 sampai 0,5 cm sehingga membuat susunan daun pada tumbuhan ini terdapat pada tiap bagian rosetnya. Bunga kayu apu (*P. stratiotes* L.) bertipe bunga tongkol yang muncul diketiak daun. Bunga berwarna keputihan berukuran sekitar 1 cm. buahnya buni, berbentuk bulat, berwarna merah dengan ukuran 5 sampai 8 cm. bijinya bulat berwarna hitam. berkembangbiak secara vegetative melalui stolon dan generatif melalui biji.

Tanaman kayu apu (*P. stratiotes* L.) dipilih dikarenakan tanaman ini mudah untuk didapatkan dan mudah untuk dibudidayakan. Pengolahan limbah cair domestik menggunakan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes* L.), menunjukkan bahwa penurunan BOD 45,35%, COD 65,06%, TSS 19,99% (Wirawan *et al.*, 2010). Menurut Fakhrurozi dkk. (2010), dalam penelitian pengaruh variasi biomassa kayu apu (*P. stratiotes* L.) terhadap penurunan kadar BOD, COD, TSS pada limbah cair tahu menunjukkan bahwa penurunan BOD sebesar 92,70%, COD sebesar 96,05%, TSS sebesar 85,64%. Tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes* L.) dapat dilihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 Kayu Apu (*Pistia stratiotes* L.) (Haryanti, 2016)

Klasifikasi kayu apu menurut Safitri (2009) adalah sebagai berikut adalah:

Divisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Liliopsida
Subkelas	: Arecidae
Ordo	: Arales
Famili	: Araceae
Genus	: Pistia
Spesies	: <i>Pistia stratiotes</i> L.

### F. *Equisetum hyemale* L. (Bambu Air)

Kata *Equisetum* berasal dari kata *equus* yang berarti kuda dan *saeta* yang berarti rambut tebal dalam bahasa Latin, sehingga tumbuhan yang termasuk genus ini disebut juga paku ekor kuda. Spesies dari genus ini umumnya tumbuh di lingkungan yang basah seperti kolam dangkal, daerah pinggiran sungai, atau daerah rawa. Paku *Equisetum* atau paku ekor kuda merupakan anggota dari divisi Sphenophyta. *Equisetum* adalah yang paling umum ditemukan di bumi belahan utara (Campbell, 2003). Taksonomi *E. hyemale* L. Berdasarkan Smith (1955), menyebutkan bahwa paku ekor kuda atau bambu air mempunyai kedudukan taksonomi sebagai berikut:

Divisi	: Pteridophyta
Kelas	: Equisetopsida
Ordo	: Equisetales
Famili	: Equisetaceae
Genus	: <i>Equisetum</i>
Spesies	: <i>Equisetum hyemale</i> L.

Pada spesies *Equisetum hyemale* L. hanya terdapat satu tipe batang yaitu batang hijau berongga yang menghasilkan bentukan seperti kerucut pada bagian ujungnya (apeks), sehingga batang ini berperan ganda baik sebagai batang generatif maupun vegetatif. Tinggi tanaman berkisar 30 sampai 100 cm dengan bentuk batang bulat dan diameter 4 sampai 6 mm. Memiliki spora yang terkumpul pada bentukan tertentu seperti kerucut yang berada pada bagian apeks dari batang. Kerucut ini berisi poros sentral utama yang terspesialisasi dengan struktur penghasil dan penunjang sporangium, dinamakan sporangiofor, terbentuk di gelungan-gelungan tersebut. Masing-masing sporangiofor terdiri dari lempengan heksagonal, menempel pada kerucut dengan bantuan tangkai pendek.

*Equisetum hyemale* L. hidup di danau dengan akar yang tumbuh pada tanah. Batang tumbuhan ini berwarna hijau, beruas-ruas, berlubang di tengahnya, berperan sebagai organ fotosintetik menggantikan daun. Batangnya dapat bercabang. Cabang duduk mengitari batang utama. Batang ini banyak mengandung silika. Daun pada semua anggota tumbuhan ini tidak berkembang baik, hanya menyerupai sisik yang duduk berkarang menutupi ruas. Spora tersimpan pada struktur berbentuk gada yang disebut strobilus (jamak strobili) yang terbentuk pada ujung batang (apikal) (Silalahi, 2009). Seperti pada tumbuhan paku lainnya, jenis paku ekor kuda atau bambu air juga dikenal karena kegunaannya sebagai obat. Di Indonesia batang bambu air ini digunakan sebagai obat sakit otot atau sakit tulang dengan cara membuatnya sebagai param. Berdasarkan beberapa hasil penelitian dikatakan bahwa tumbuhan ini mengandung asam kersik dan

kalium yang tinggi. Oleh karena itu di Eropa tumbuhan ini dipakai pula sebagai obat diuretik. Disamping sebagai obat, tumbuhan ini mempunyai keistimewaan yang tidak dijumpai pada jenis paku lainnya, yaitu sebagai alat pembersih pisau, garpu dan sendok. Hal ini disebabkan karena adanya kandungan silikanya yang tinggi pada tanaman tersebut (Fried, 2005). Menurut Kholif ddk (2020), dalam penelitian pengaruh tanaman bintang air (*C. papyrus*) dan bambu air (*E. hyemale* L.) dalam mengolah limbah domestik menunjukkan bahwa bambu air (*Equisetum hyemale* L.) mampu menyisihkan kadar BOD sebesar 90,34%, sedangkan kadar COD terjadi efisiensi sebesar 89,67%. Tanaman bambu air (*E. hyemale* L.) memiliki kinerja yang sangat baik dalam mengolah air limbah domestik dengan sistem lahan basah buatan aliran bawah permukaan (*SSF-Wetlands*), presentase penurunan mencapai 99,9% (Wulandari dan eko, 2016). Tanaman bambu air (*E. hyemale* L.) dapat dilihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.6 Bambu air (*E. hyemale* L.) (Wulandari dan Eko, 2016).

## G. PENGARUH LIMBAH DOMESTIK PADA PERTUMBUHAN TANAMAN

Pertumbuhan merupakan pertambahan ukuran, berat dan jumlah sel pada suatu makhluk hidup. Pertumbuhan tanaman ditunjukkan dengan adanya pertambahan ukuran sel dan bahan kering yang mencerminkan pertambahan protoplasma (Harjadi, 1983). Air limbah domestik memiliki kandungan unsur makro dan mikro yang bisa berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman. Dari hasil penelitian pengaruh pemberian air limbah domestik terhadap pertumbuhan tanaman padi, perlakuan air limbah domestik 100% menggunakan pupuk memberikan pengaruh optimal pada parameter tinggi tanaman, jumlah anakan, dan jumlah malai. Tinggi tanaman yang optimal 146,9 cm dengan laju pertumbuhan sebesar 0,0173 cm/hari, jumlah malai 28 buah per rumpun, dan malai yang dihasilkan sebanyak 22,27 buah per rumpun. Perlakuan air limbah domestik 75% memberikan hasil optimal terhadap berat gabah basah 36,57 gram dan berat gabah kering 32,03 gram. Salah satunya jenis pupuk yang berpotensi dalam pertumbuhan tanaman tebu (*Saccharum officinarum* L.) adalah pupuk kompos limbah domestik, komposisi limbah yang memiliki kualitas paling baik diperoleh dari kelompok sampah yang didominasi oleh sisa makanan, sayur dan buah dengan kadar unsur N, P, K, C masing-masing sebesar 3,14 %, 6,98%, 2,14%, 35,05%, pH 6,9 % dan C/N rasio 11 (Apriscia, *et all.*, 2016).

## H. *Brassica juncea* L. (Caisim)

Caisim (*Brassica juncea* L.) merupakan jenis sayuran yang digemari (Haryanto dkk, 2003). Tanaman caisim termasuk dalam famili Cruciferae (kubis-kubisan). Tanaman ini bukan asli tanaman Indonesia, melainkan berasal dari daerah Mediterania. Caisim mempunyai sifat menyerbuk silang bahkan sulit menyerbuk sendiri. Sulitnya penyerbukan sendiri disebabkan caisim mempunyai sifat *Self incompatible*, artinya bunga jantan dan bunga betina pada tanaman caisim tidak mekar secara bersamaan sehingga caisim sulit untuk menyerbuk sendiri.

Caisim (*Brassica juncea* L.) merupakan tanaman semusim, berbatang pendek hingga hampir tidak terlihat. Daun Caisim berbentuk bulat panjang serta berbulu halus dan tajam, urat daun utama lebar dan berwarna putih. Daun caisim ketika masak bersifat lunak, sedangkan yang mentah rasanya agak pedas. Pola pertumbuhan daun mirip tanaman kubis, daun yang muncul terlebih dahulu menutup daun yang tumbuh kemudian hingga membentuk krop bulat panjang yang berwarna putih. Susunan dan warna bunga seperti kubis (Sunarjono, 2004 dalam Fahrudin, 2009).

Klasifikasi tanaman caisim menurut Sunarjono (2004) adalah sebagai berikut :

Divisio	: Magnoliophyta
Kelas	: Magnoliophyta
Sub-kelas	: Dilleniidae
Ordo	: Capparales
Familia	: Brassicaceae
Genus	: Brassica
Spesies	: <i>Brassica juncea</i> L.

Di Indonesia dikenal tiga jenis sawi yaitu: sawi putih atau sawi jabung, sawi hijau dan sawi huma. Sawi putih (*B. Juncea* L. Var. *Rugosa* Roxb. & Prain) memiliki batang pendek, tegap dan daun lebar berwarna hijau tua, tangkai daun panjang dan bersayap melengkung ke bawah. Sawi hijau, memiliki ciri-ciri batang pendek, daun berwarna hijau keputih-putihan, serta rasanya agak pahit, sedangkan sawi huma memiliki ciri batang kecil-panjang dan langsing, daun panjang-sempit berwarna hijau keputih-putihan, serta tangkai daun panjang dan bersayap (Rukmana, 1994 dalam Fahrudin, 2009). Caisim termasuk jenis tanaman sayuran dan merupakan tanaman semusim berumur pendek. Berikut morfologi tanaman caisim:

### 1. Akar

Sistem perakaran caisim (*Brassica juncea* L.) memiliki akar tunggang (*radix primaria*) dan cabang-cabang akar yang bentuknya bulat panjang (*silindris*) menyebar

ke semua arah pada kedalaman antara 30 - 50 cm. Akar ini berfungsi antara lain menyerap air dan zat makanan dari dalam tanah, serta menguatkan berdirinya batang tanaman (Haryanto dkk, 2003).

## 2. Batang

Tanaman caisim (*Brassica juncea* L.) memiliki batang (*caulis*) yang pendek dan beruas, sehingga hampir tidak kelihatan. Batang berfungsi sebagai alat pembentuk dan penopang berdirinya daun. Caisim umumnya berdaun dengan struktur daun halus, tidak berbulu. Daun caisim membentuk seperti sayap dan bertangkai panjang yang membentuk pipih (Rahmat, 2007).

## 3. Daun

Daun tanaman caisim (*Brassica juncea* L.) berbentuk bulat dan lonjong, lebar dan sempit, ada yang berkerut-kerut (keriting), tidak berbulu, berwarna hijau muda, hijau keputih-putihan sampai hijau tua. Daun memiliki tangkai daun panjang dan pendek, sempit atau lebar berwarna putih sampai hijau, bersifat kuat dan halus. Pelepah daun tersusun saling membungkus dengan pelepah-pelepah daun yang lebih muda tetapi tetap membuka. Daun memiliki tulang-tulang daun yang menyirip dan bercabang – cabang.

## 4. Bunga

Struktur bunga caisim (*Brassica juncea* L.) tersusun dalam tangkai bunga (*inflorescentia*) yang tumbuh memanjang (tinggi) dan bercabang banyak. Tiap kuntum bunga terdiri atas empat helai kelopak daun, empat helai daun mahkota bunga berwarna kuning-cerah, empat helai benang sari, dan satu buah putik yang berongga dua. 5. Buah dan Biji Buah caisim termasuk tipe buah polong, yaitu bentuknya memanjang dan berongga. Tiap buah (polong) berisi 2 – 8 butir biji. Biji caisim berbentuk bulat kecil berwarna coklat atau coklat kehitam – hitaman. Biji caisim berbentuk bulat, berukuran kecil, permukaannya licin mengkilap, agak keras, dan berwarna coklat kehitaman.

## 5. Syarat Tumbuh Tanaman Caisim (*Brassica juncea* L.)

Sawi bukan tanaman asli Indonesia, menurut asalnya di Asia. Karena Indonesia mempunyai kecocokan terhadap iklim, cuaca dan tanahnya sehingga dikembangkan di Indonesia ini. Tanaman sawi dapat tumbuh baik di tempat yang berhawa panas maupun berhawa dingin, sehingga dapat diusahakan dari dataran rendah maupun dataran tinggi. Meskipun demikian pada kenyataannya hasil yang diperoleh lebih baik di dataran tinggi (Haryanto dkk, 2003). Daerah penanaman yang cocok adalah mulai dari ketinggian 5 meter sampai dengan 1.200 meter di atas permukaan laut. Namun biasanya dibudidayakan pada daerah yang mempunyai ketinggian 100 meter sampai 500 meter



dpl. Tanaman sawi tahan terhadap air hujan, sehingga dapat di tanam sepanjang tahun. Pada musim kemarau yang perlu diperhatikan adalah penyiraman secara teratur. Berhubung dalam pertumbuhannya tanaman ini membutuhkan hawa yang sejuk. lebih cepat tumbuh apabila ditanam dalam suasana lembab. Akan tetapi tanaman ini juga tidak senang pada air yang menggenang. Dengan demikian, tanaman ini cocok bila di tanam pada akhir musim penghujan. Tanah yang cocok untuk ditanami sawi adalah tanah gembur, banyak mengandung humus, subur, serta pembuangan airnya baik. Derajat kemasaman (pH) tanah yang optimum untuk pertumbuhannya adalah antara pH 6 sampai pH 7 (Haryanto dkk, 2003). Tanaman caisim (*Brassica juncea* L.) dapat dilihat pada gambar 2.7.



Gambar 2.7 Caisim (*B. juncea* L.) (Haryanto dkk, 2003)

## I. PERUMAHAN BTN

Perumahan BTN merupakan pemukiman yang padat penduduknya dengan jumlah penduduk 1540 jiwa yang terdiri dari 71 kepala keluarga (KK) pada tahun 2016. Penduduk BTN mengalami peningkatan menjadi 2034 jiwa yang terdiri dari 195 kepala keluarga (KK) pada tahun 2017. Pada tahun 2018 terjadi peningkatan menjadi 2134 jiwa yang terdiri dari 200 kepala keluarga (KK). Pada tahun 2019 terjadi peningkatan menjadi 4134 jiwa yang terdiri dari 214 kepala keluarga (KK), dan pada tahun 2020 terjadi peningkatan menjadi 6414 jiwa yang terdiri dari 350 kepala keluarga (KK), dengan rata – rata jumlah anggota keluarga dalam satu rumah adalah 5 sampai 60 orang (BPS TTU 2020). Berdasarkan pemetaan perumahan BTN diketahui bahwa perumahan BTN termasuk dalam perumahan kompleks sederhana yang terdiri dari blok – blok, dimana tiap blok terdiri dari 18 sampai 23 perumahan. Terdapat 13 blok yang menempati lahan seluas 30.000 m<sup>2</sup> (3 hektar) dengan jumlah luas tanah dan rumah adalah 500 m<sup>2</sup> (5 are). Kondisi keterbatasan sumber air dan jauhnya jarak pipa PDAM, membuat sebagian penduduk perumahan BTN menggunakan air tangki untuk sumber air bersihnya. Penggunaan air per orang rata-rata 100 liter untuk mandi, WC, mencuci, memasak. Air limbah yang dihasilkan per orang rata-rata 50 liter per hari yang berasal dari aktivitas keseharian seperti mencuci, dan memasak yang langsung dialirkan melalui saluran pembuangan tanpa diolah terlebih dahulu sehingga dapat mencemari lingkungan (Binabu, 2018).

## J. HIPOTESIS PENELITIAN

### Hipotesis 1

H<sub>0</sub>: Pengolahan limbah cair domestik secara fitoremediasi dengan *constructed wetland* menggunakan eceng gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart) Solms), kayu apu (*Pistia stratiotes* L.) dan bambu air (*Equisetum hyemale* L.) tidak dapat menurunkan kadar BOD, COD, TSS, pH, dan suhu.

H<sub>1</sub>: Pengolahan limbah cair domestik secara fitoremediasi dengan *constructed wetland* menggunakan eceng gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart) Solms), kayu apu (*Pistia stratiotes* L.) dan bambu air (*Equisetum hyemale* L.) dapat menurunkan kadar BOD, COD, TSS, pH, dan suhu.

### Hipotesis 2

H<sub>0</sub>: Hasil pengolahan limbah cair domestik tidak berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman Caisim (*Brassica juncea* L.).

H<sub>1</sub>: Hasil pengolahan limbah cair domestik berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman Caisim (*Brassica juncea* L.).

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### A. IDENTIFIKASI VARIABEL PENELITIAN

Variabel pada penelitian ini terdiri dari:

##### 1. Variabel Bebas

Variabel bebas pada penelitian ini adalah air limbah domestik, *Eichhornia crassipes* (Mart) Solms, *Pistia stratiotes* L., dan *Equisetum hyemale* L.

##### 2. Variabel Terikat

Variabel terikat pada penelitian ini adalah parameter air limbah domestik (BOD, COD, TSS, Suhu dan pH) dan parameter pertumbuhan tanaman (tinggi tanaman dan jumlah daun).

#### B. DEFENISI OPERASIONAL PENELITIAN

Variabel pada penelitian ini terdiri dari:

##### 1. Variabel Bebas

- a. Air limbah domestik merupakan air bekas yang telah dipakai yang berasal dari aktivitas rumah tangga seperti yang berasal dari kamar mandi, tempat cuci, serta tempat memasak.
- b. *Eichhornia crassipes* (Mart) Solms merupakan tanaman air yang digunakan untuk fitoremediasi.
- c. *Pistia stratiotes* L. merupakan tanaman air yang digunakan untuk fitoremediasi.
- d. *Equisetum hyemale* L. merupakan tanaman air yang digunakan untuk fitoremediasi.

##### 3. Variabel Terikat

- a. *Power of Hidrogen* (pH) merupakan konsentrasi ion hydrogen dalam perairan. Air normal akan memenuhi syarat untuk suatu kondisi mempunyai pH sekitar 6,5 sampai 7,5.
- b. Suhu merupakan derajat atau tingkatan panas dinginnya suatu benda.
- c. *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) merupakan banyaknya oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme dalam lingkungan air untuk memecah (mendegradasi) bahan buangan organik yang ada dalam air.
- d. *Chemical Oxygen Demand* (COD) adalah jumlah oksigen yang diperlukan agar bahan buangan yang ada dalam air dapat teroksidasi melalui reaksi kimia baik dapat didegradasi secara biologis maupun yang sukar didegradasi.

- e. *Total Suspended Solid* (TSS) atau padatan tersuspensi adalah padatan yang menyebabkan kekeruhan air, tidak terlarut dan tidak dapat mengendap langsung.
- f. Parameter Pertumbuhan tanaman:
  - a) Tinggi Tanaman  
Tinggi tanaman adalah salah satu parameter yang digunakan untuk mengetahui pertumbuhan vegetatif.
  - b) Jumlah Daun  
Daun merupakan salah satu organ penting bagi tanaman yang mana daun dapat mensintesis makanan untuk kebutuhan tanaman maupun sebagai cadangan makanan. Semakin banyak daun maka semakin banyak proses fotosintesis sehingga banyak makanan yang diproses.

### C. POPULASI DAN SAMPEL PENELITIAN

Adapun populasi dan sampel yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:

#### 1. Populasi dan sampel air limbah domestik

Populasi dalam penelitian ini adalah air limbah perumahan BTN yang terdiri dari 13 blok yang terdiri dari 214 kepala keluarga (KK).

Sampel penelitian diambil berdasarkan rumus sampel 10% dari populasi. Sampel penelitian diambil pada setiap blok sebanyak 2 KK sehingga jumlah sampel 26 KK. Sampel air limbah diambil sebanyak 3 liter per KK. Total sampel air limbah 78 liter.

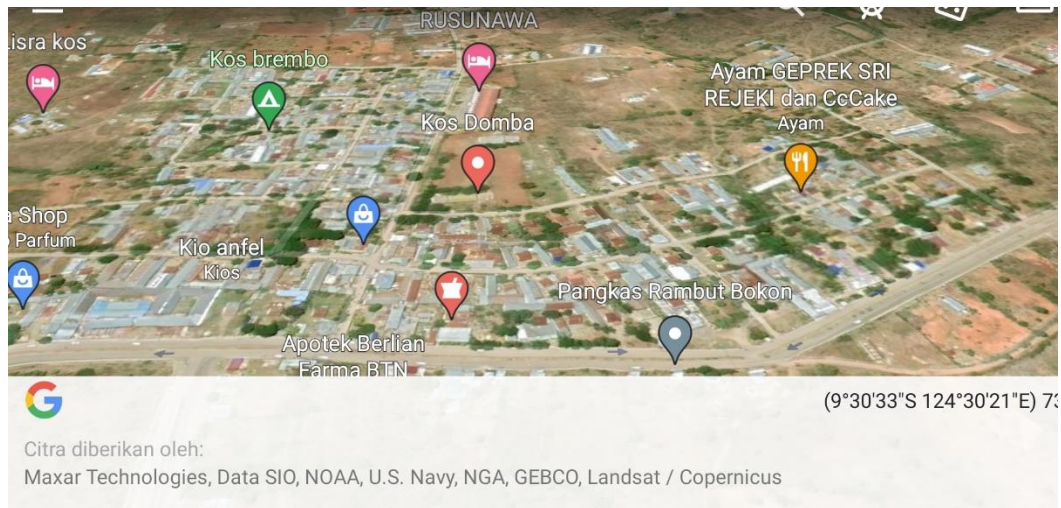
#### 2. Populasi dan sampel tanaman caisim (*Brassica juncea* L.)

Penelitian ini menggunakan tanaman caisim (*Brassica juncea* L.) dengan populasi 40 benih caisim yang disemaikan. Sampel penelitian yang digunakan adalah tanaman 2 anakan untuk setiap polybag dengan tinggi rata – rata tanaman 5 cm dan jumlah helai daun 4. Sehingga jumlah sampel yang digunakan adalah 32 tanaman.

### D. TEKNIK PENGUMPULAN DATA

#### A) Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini telah dilaksanakan di Dusun 4 Perumahan BTN, Desa Naiola, Kecamatan Bikomi Selatan, Kabupaten Timor Tengah Utara dan analisis sampel telah dilakukan di UPT Laboratorium Lingkungan DLHK Provinsi NTT. Penelitian ini telah dilaksanakan pada Bulan Juli sampai Agustus 2020. Lokasi penelitian dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Lokasi Penelitian (Google Earth, 2021)

### B) Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini tersaji pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 Alat – alat penelitian

No	Alat	Fungsi
1.	Penggaris	Mengukur tanaman
2.	pH meter	Mengukur pH limbah
3.	Alat tulis	Mencatat hasil pengamatan
4.	Termometer batang	Mengukur suhu

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini tersaji pada tabel 3.2.

Tabel 3.2 bahan – bahan penelitian

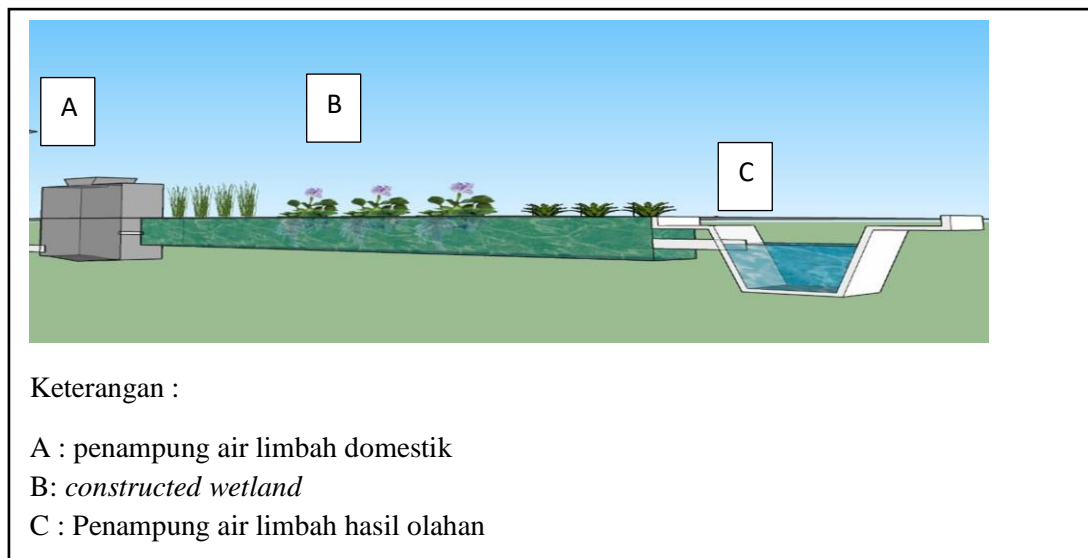
No	Bahan	Fungsi
1.	Eceng gondok	Fitoremediator
2.	Kayu apu	Fitoremediator
3.	Bambu air	Fitoremediator
4.	Air limbah domestik	Subyek penelitian
5.	Caisim	Subjek penelitian
6.	Tanah hitam	Media tanam
7.	Pupuk kandang	Media tanam
8.	Pupuk kandang	Media tanam
9.	Polybag	Media tanam
10.	Kerikil, pasir	Media tanam

### C) Desain Penelitian dan Jenis Penelitian

#### a. Desain Penelitian

Dalam penelitian ini terdapat dua macam desain penelitian yaitu:

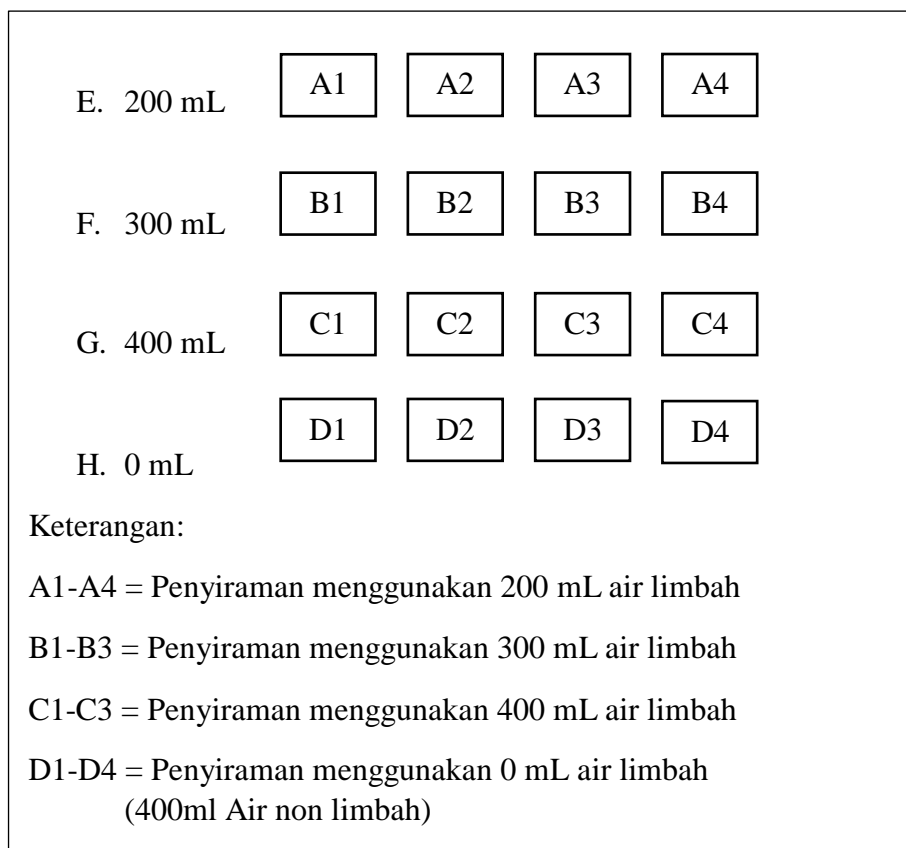
1. Desain pengolahan air limbah domestik secara fitoremediasi dengan *constructed wetland* menggunakan *E. crassipes* (Mart) Solms, *P. stratiotes* L. dan *E. hyemale* L. Desain penelitian dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Desain Penelitian (Picauly, 2020)

2. Desain penelitian tanaman caisim (*B. juncea* L.)

Desain penelitian tanaman caisim (*B. juncea* L.) dapat dilihat pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 Desain Penyiraman Caisim (*B. juncea* L.).

b. Jenis Penelitian

Dalam penelitian ini terdapat dua jenis penelitian yaitu:

1. Jenis Penelitian Pengolahan Air Limbah Domestik

Jenis penelitian yang akan digunakan ialah penelitian lapangan dan eksperimental skala laboratorium melalui teknik fitoremediasi menggunakan *constructed wetland* dengan *Eichhornia crassipes* (Mart) Solms, *Pistia stratiotes* L., dan *Equisetum hymale* L.

2. Jenis Penelitian hasil pengolahan air limbah domestik terhadap pertumbuhan caisim (*B. juncea* L.)

Hasil pengolahan air limbah digunakan untuk penyiraman pada tanaman caisim (*B. juncea* L.) dengan variasi volume penyiraman menggunakan metode Rancangan Acak Kelompok (RAK). Berdasarkan desain penelitian (gambar 3.3), tanaman caisim yang ditanam dalam polybag dengan tiga perlakuan yaitu penyiraman

dengan volume air limbah 200ml, 300ml, 400ml dan kontrol (0ml air limbah/400ml air). Setiap perlakuan diulang sebanyak 4 kali sehingga diperoleh 16 unit percobaan.

#### D) Prosedur Penelitian

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan. Tahapan – tahapan tersebut adalah sebagai berikut:

a. Tahapan Pengolahan Air limbah domestik secara fitoremediasi dengan *constructed wetland*

1. Persiapan

a) Persiapan awal

Langkah awal dari tahapan ini yakni melakukan survey lapangan, menentukan daerah penelitian, dan melakukan wawancara kepada penduduk mengenai masalah yang ada. Mengambil data jumlah penduduk serta mengidentifikasi kisaran jumlah air limbah yang dihasilkan per orang.

b) Persiapan *constructed wetland*

Menggali lubang pertama dengan ukuran 70x70 cm dengan kedalaman 70 cm. Kemudian memasukkan media dengan tinggi kerikil 10 cm, pasir 10 cm, tanah 30 cm ke dalam lubang

c) Penyiapan lubang penampung

Selanjutnya menggali lubang penampung limbah tepat setelah lubang lahan basah buatan dengan tujuan untuk menampung air limbah setelah proses fitoremediasi.

d) Aklimatisasi tanaman eceng gondok (*Eichornia crassipes* (Mart) Solms)

Pengambilan tanaman eceng gondok (*Eichornia crassipes* (Mart) Solms) dari areal persawahan di Oelolok. Tumbuhan *Eichornia crassipes* (Mart) Solms yang akan digunakan dalam penelitian ini mempunyai tinggi rata – rata 10 sampai 15 cm, jumlah daun 4 dan panjang akar rata – rata 6 sampai 10 cm. Aklimatisasi tanaman eceng gondok ini dilakukan pada bak penampung yang berisi air dan *wetland* selama 7 hari bertujuan untuk penstabilan atau penyesuaian tanaman eceng gondok dengan keadaan lingkungan sebelum proses fitoremediasi. Tanaman eceng gondok yang digunakan untuk fitoremediasi sebanyak 3-6 tanaman (Djo *et al.*, 2017).

e) Aklimatisasi tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes* L.)

Pengambilan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes* L.) dari areal sumber mata air di Oelolok. Tumbuhan *Pistia stratiotes* L. memiliki bentuk fisik dengan diameter



rata-rata 4 sampai 5 cm dan panjang akar rata-rata 6 sampai 10 cm.. Aklimatisasi tanaman kayu apu ini dilakukan pada bak penampung berisi air dan *wetland* selama 7 hari bertujuan untuk penstabilan atau penyesuaian tanaman kayu apu dengan keadaan lingkungan sebelum proses fitoremediasi. *Pista stratiotes* L. (kayu apu) yang digunakan sebagai fitoremediasi sebanyak 2-6 tanaman (Yulianti *et al.*, 2018).

f) Aklimatisasi tanaman bambu air

Pengambilan tanaman bambu air (*Equisetum hymale* L.) dari areal sumber mata air di Oelolok. *Equisetum hyemale* L. (bambu air) yang digunakan tanaman bambu air kira-kira umur 3 sampai 4 bulan. Aklimatisasi tanaman dilakukan dalam ember berisi air dan *wetland* selama 7 hari bertujuan untuk penstabilan atau penyesuaian tanaman kayu apu dengan keadaan lingkungan sebelum proses fitoremediasi.

2. Pelaksanaan

a) Proses pengambilan sampel

Sampel penelitian diambil sebanyak 1 kali yaitu sebelum perlakuan (pengolahan secara fitoremediasi). Sampel diambil sebanyak 3 liter pada setiap KK. Setiap blok sampel penelitian diambil 2 KK sehingga jumlah sampel 26 KK.

b) Pengolahan limbah secara fitoremediasi dengan *constructed wetland*

Tanaman eceng gondok, kayu apu dan bambu air ditanam dalam *wetland* disusun mulai dari bambu air kurang lebih 80 batang, eceng gondok 6 rumpun tanaman, dan kayu apu 6 tanaman. Kemudian air limbah yang telah diambil dialirkan pada *wetland*. Proses fitoremediasi oleh tumbuhan selama 7 hari. Setelah itu air limbah dialirkan ke dalam lubang penampung. Gambar susunan atau kombinasi tumbuhan dapat dilihat pada gambar 3.4.



Gambar 3.4 Susunan Tanaman (Picauly, 2020)

b. Tahapan pertumbuhan caisim (*Brassica juncea* L.)

1. Penyiapan media tanam

Media yang digunakan adalah tanah hitam, pasir, dan cirit sapi. Semua media dicampurkan menjadi satu kemudian dimasukkan ke dalam masing – masing polybag. Polybag yang disediakan sebanyak 16 polibag.

## 2. Penyiapan bibit sayur Caisim

Benih disemai ditanam pada waktu sore hari untuk menghindari terjadinya penguapan yang berlebihan. Benih disemaikan selama 1 minggu. Benih yang telah berkecambah (1 minggu setelah semai) dipilih yang homogen kemudian ditanam dalam polybag, masing – masing polybag sebanyak 2 benih.

## 3. Penyiraman caisim (*Brassica juncea* L.)

Air limbah pada lubang penampung digunakan untuk menyiram benih caisim pada polybag. Penyiraman dilakukan pada pagi dan sore hari sesuai takaran pada masing – masing polybag yaitu 0mL, 200mL, 300mL, 400mL.

## 4. Pengukuran caisim (*Brassica juncea* L.)

Pengukuran tinggi dan jumlah daun caisim dilakukan mulai dari satu minggu setelah tanam sampai minggu ke lima setelah tanam. Pengukuran tinggi tanaman menggunakan alat bantu yaitu penggaris/mistar.

- c. Analisis BOD, COD, TSS, pH, suhu dan pertumbuhan Caisim (tinggi tanaman dan jumlah daun).

## **E. TEKNIK ANALISA DATA**

Teknik analisa data yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Data yang diperoleh dari penelitian di lapangan maupun hasil uji laboratorium dibandingkan dengan standar kualitas air limbah yang dikeluarkan oleh pemerintah, pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia No. 68 Tahun 2016 tentang baku mutu air limbah domestik.
2. Data hasil pengukuran tanaman yaitu tinggi tanaman dan jumlah daun dianalisis dengan *Analysis Of Variance (ANOVA)* taraf 5% menggunakan aplikasi SPSS versi 22,0 untuk mengetahui pengaruh air limbah domestik terhadap pertumbuhan caisim (*Brassica juncea* L.).

## BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### A. HASIL PENELITIAN

Penelitian tentang fitoremediasi dengan *constructed wetland* menggunakan *Eichhornia crassipes* (Mart) solms, *Pistia stratiotes* L. dan *Equisetum hyemale* L., untuk mengolah limbah cair domestik perumahan BTN serta pengaruhnya pada pertumbuhan caisim (*Brassica juncea* L.) telah dilaksanakan di Blok C Perumahan BTN, Desa Naiola, Kecamatan Bikomi Selatan pada bulan Juli sampai Agustus 2020 dan diperoleh data sebagai berikut :

#### 1. Desain *Constructed Wetland*

*Constructed Wetland* atau lahan basah buatan adalah sistem pengolahan terencana atau terkontrol yang didesain menggunakan proses alami. Proses ini melibatkan vegetasi, media dan mikroorganisme untuk mengolah air limbah (Risnawati dan Damanhuri, 2009). *Constructed wetland* atau lahan basah buatan dapat didesain dan dikonstruksi menggunakan kerikil, tanah, pasir yang ditempatkan di dasar lahan basah buatan dan tanaman air. Pada penelitian ini didesain menggunakan tipe *surface flow wetland* (lahan basah tipe aliran permukaan) meliputi *free-floating plants* dan *emergent plants*. Tanaman yang digunakan adalah *Eichhornia crassipes* (Mart) Solms (eceng gondok), *Pistia stratiotes* L. (kayu apu) dan *Equisetum hyemale* L. (bambu air) yang disusun dengan urutan *Equisetum hyemale* L. (bambu air), *Eichhornia crassipes* (Mart) Solms (eceng gondok), dan *Pistia stratiotes* L. (kayu apu).

Tanaman bambu air karena berdasarkan penelitian bahwa bambu air mampu menyisihkan kadar BOD sebesar 90,34% (Kholif dkk., 2020). Selanjutnya eceng gondok karena berdasarkan penelitian menunjukkan bahwa tanaman eceng gondok efektif dalam menurunkan BOD 64,6% (Dewi, 2012). Dan susunan terakhir kayu apu karena berdasarkan penelitian menunjukkan bahwa kayu apu dapat menurunkan BOD 45,35% (Wirawan dkk., 2010). Tingginya kadar BOD merupakan indikasi bahwa suatu perairan telah tercemar. Tanaman Hasil desain *constructed wetland* dapat dilihat pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 *Constructed wetland* (Picauly, 2020)

## 2. Hasil fitoremediasi dengan *constructed wetland* untuk mengolah air limbah domestik Perumahan BTN

Hasil fitoremediasi dengan *constructed wetland* dalam pengolahan air limbah domestik perumahan BTN dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data Air Limbah Domestik Sebelum dan Sesudah Pengolahan

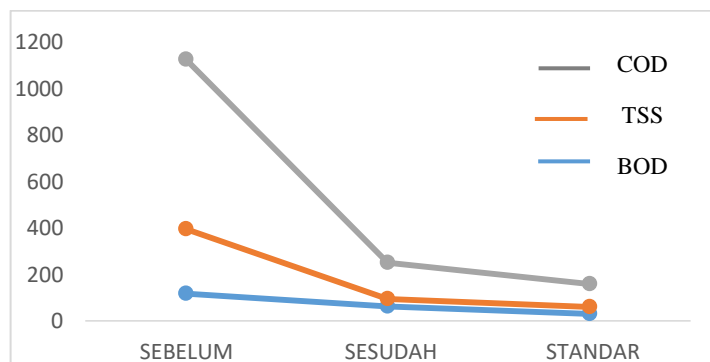
No	Parameter	Satuan	Hasil Analisa sebelum	Hasil Analisa Sesudah	Standar Baku Mutu*
1	BOD	mg/l	118	62,2	30
2	COD	mg/l	729,8	156,8	100
3	TSS	mg/l	278	33	30
4	pH	-	4,3-5,1	6,5-6,6	6-9
5	Suhu	°C	23	26	26-31

Sumber : Hasil Penelitian. 2020

Keterangan : \* Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 68 Tahun 2016. Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik.

Berdasarkan tabel 4.1 nilai parameter kualitas limbah mengalami penurunan setelah dilakukan pengolahan dengan *constructed wetland* menggunakan teknik fitoremediasi selama 7 hari dan dapat menurunkan karakteristik fisik dari warna keruh dan keabu – abuan menjadi lebih jernih dan bau menjadi berkurang dan juga berdasarkan hasil pengujian laboratorium terhadap sampel air limbah domestik parameter BOD sebelum pengolahan 118 mg/l menjadi 62,2 mg/l, parameter COD sebelum pengolahan 729,8 mg/l menjadi 156,8 mg/l, parameter TSS sebelum pengolahan 278 mg/l menjadi 33 mg/l, pH sebelum pengolahan berkisar 4,3-5,1 menjadi 6,5-6,6 dan suhu sebelum pengolahan 23 °C menjadi 26 °C.

Berdasarkan kelima parameter di atas jika dibandingkan dengan Baku Mutu Air Limbah Domestik sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia No. 68 Tahun 2016 maka air limbah domestik perumahan BTN dengan parameter BOD, COD, TSS, pH, dan Suhu belum memenuhi standar baku mutu. Hasil penurunan parameter BOD, COD, dan TSS dapat dilihat pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 Grafik Penurunan BOD, COD, TSS

### 3. Pengaruh pengolahan air limbah domestik terhadap pertumbuhan tanaman caisim (*Brassica juncea* L.).

Adapun tabel pertumbuhan tanaman caisim (*Brassica juncea* L.) dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Pertumbuhan Tanaman Caisim (*Brassica juncea* L.)

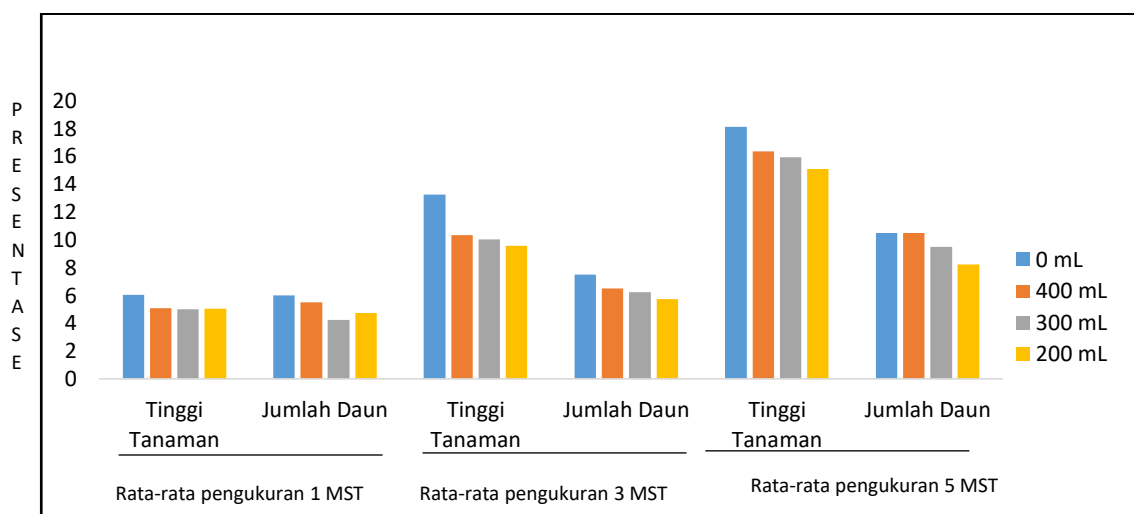
No	Perlakuan	1 MST		3 MST		5 MST	
		Tinggi tanaman	Jumlah daun	Tinggi tanaman	Jumlah daun	Tinggi tanaman	Jumlah daun
1	0 ml	6,05 ±	6,00 ±	13,25 ±	7,50 ±	18,125±	10,50 ±
		0,050 a	0,000 a	0,263 a	0,288 a	0,213 a	0,288 a
2	400 ml	5,075 ±	5,50 ±	10,36 ±	6,50 ±	16,375±	10,50 ±
		0,047 b	0,000 b	0,348 b	0,288 b	0,131 b	0,288 c
3	300 ml	5,025 ±	4,25 ±	10,05 ±	6,25 ±	15,95 ±	9,50 ±
		0,000 b	0,250 b	0,050 b	0,250 b	0,086 c	0,288 b
4	200 ml	5,05 ±	4,75 ±	9,575 ±	5,75 ±	15,1 ±	8,25 ±
		0,050 b	0,478 b	0,217 b	0,250 b	0,075 d	0,250 b

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5%.

Berdasarkan tabel 4.2 menunjukkan bahwa tinggi tanaman pada satu minggu setelah tanam dengan perlakuan 0 ml berbeda nyata dengan perlakuan 400 ml, 300 ml, dan 200ml. Tinggi tanaman pada minggu ketiga setelah tanam pada perlakuan 0 ml berbeda

nyata dengan perlakuan 400 ml, 300 ml, dan 200ml. Tinggi tanaman pada minggu kelima setelah tanam berbeda nyata antar perlakuan baik 0 ml, 400 ml, 300 ml, dan 200 ml. Sedangkan hasil jumlah daun pada satu minggu setelah tanam dengan perlakuan 0 ml berbeda nyata dengan perlakuan 400 ml, 300 ml, dan 200 ml. Jumlah daun pada minggu ketiga setelah tanam dengan perlakuan 0 ml berbeda nyata dengan perlakuan 400 ml, 300 ml, dan 200ml dan jumlah daun pada minggu kelima setelah tanam dengan perlakuan 0 ml berbeda nyata dengan perlakuan 400 ml, 300 ml, dan 200ml. Pada perlakuan 400 ml berbeda nyata dengan perlakuan 300 ml dan 200 ml.

Adapun hubungan tinggi tanaman dan jumlah daun tanaman caisim (*Brassica juncea* L.) dapat dilihat pada gambar grafik 4.3.



Gambar 4.3 Grafik Rata- rata pertumbuhan tanaman caisim (*Brassica juncea* L.)s

Berdasarkan gambar grafik 4.3 pertumbuhan tanaman caisim (*Brassica juncea* L.) meliputi tinggi tanaman dan jumlah daun terus bertambah setiap minggu pengukurann. Dengan demikian hasil pengolahan air limbah domestik perumahan BTN berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman caisim (*Brassica juncea* L.).

## B. UJI HIPOTESIS

1. Hasil uji hipotesis pengolahan limbah diperoleh bahwa  $H_1$  diterima dan  $H_0$  ditolak artinya pengolahan limbah cair domestik secara fitoremediasi dengan *constructed wetland* menggunakan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*(Mart) Solms), kayu apu (*Pistia stratiotes* L.) dan bambu air (*Equisetum hyemale* L.) dapat menurunkan kadar BOD, COD, TSS, pH, kecuali suhu.

2. Hasil uji hipotesis pada pertumbuhan tanaman caisim (*Brassica juncea* L.) diperoleh bahwa  $H_1$  diterima dan  $H_0$  ditolak artinya hasil pengolahan limbah cair domestik berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman caisim.

### C. PEMBAHASAN

Penelitian fitoremediasi dengan *constructed wetland* menggunakan kombinasi *Eichhornia crassipes* (Mart) Solms., *Pistia stratiotes* L., *Equisetum hyemale* L., dilakukan untuk mengolah air limbah perumahan BTN. Teknik fitoremediasi didefinisikan sebagai teknologi pembersihan, penghilangan atau pengurangan zat pencemar dalam tanah atau air dengan menggunakan bantuan tanaman (Chussetijowati dkk, 2012). Fitoremediasi dilakukan dalam penelitian ini dengan *constructed wetland* atau metode lahan basah buatan. *Constructed wetland* atau lahan basah buatan merupakan sistem pengolahan terencana dan terkontrol yang telah didesain dan dikonstruksi untuk menggunakan proses alami yang melibatkan media, vegetasi air, dan mikroorganisme. Pengolahan proses fitoremediasi dengan *constructed wetland* dilakukan selama tujuh hari. Proses pengolahan yang terjadi dalam *constructed wetland* (lahan basah buatan) adalah proses pengolahan fisik meliputi proses filtrasi, sedimentasi dan adsorpsi. Dan pengolahan secara kimia dan biologis pada lahan basah buatan dengan adanya aktivitas dari mikroba dan dari tanaman air yaitu berupa proses fotosintesis (Truu *et al.*, 2009).

Tanaman yang digunakan tergolong dalam tanaman yang dapat menyerap kadar air yang banyak. Tanaman merupakan komponen terpenting dalam *wetland* ini karena mampu mentransformasikan nutrisi melalui proses fisik, kimia, dan biologis. Aktivitas pengolahan unsur hara yang diambil dari air limbah inilah yang dimasak oleh pigmen daun (klorofil) agar tanaman menjadi tumbuh, baik secara fisik maupun jumlah tunasnya dan sekaligus mengurangi pencemar dalam air limbah (Truu *et al.*, 2009). *Constructed wetland* atau lahan basah buatan juga memanfaatkan aktivitas mikroorganisme yang terdapat di dalam limbah, di permukaan air dan di bagian organ tanaman seperti akar dan batang tanaman. Proses fitoremediasi menggunakan *constructed wetland* menurunkan karakteristik fisik dari warna berwarna keruh dan kekuning-kuningan menjadi lebih jernih dan bau menjadi berkurang dan juga dari hasil uji laboratorium dapat menurunkan parameter BOD, COD, TSS, pH, dan suhu.

Air limbah yang digunakan diukur parameternya sebelum dan setelah pengolahan. Hasil pengukuran tiap parameter kualitas limbah pada tabel 4.1 dijadikan acuan untuk membandingkan kualitas air limbah sebelum dan sesudah pengolahan proses fitoremediasi *constructed wetland* dengan selama tujuh hari. Hasil penelitian pada tabel 4.1 menunjukkan pH air limbah sebelum pengolahan kisaran antara 4,3-5,1 dan belum memenuhi nilai standar baku kualitas air limbah

yang berarti air limbah domestik cenderung asam. Hasil pengukuran pH setelah proses fitoremediasi menunjukkan pH air limbah berada pada kisaran standar baku kualitas air limbah yaitu kisaran 6,5-6,6. Kadar keasaman (pH) pada suatu perairan dipengaruhi oleh aktivitas fotosintesis tumbuhan air, suhu, dan salinitas (Azis, 2013).

Hasil penelitian pada tabel 4.1 menunjukkan suhu air limbah sebelum pengolahan adalah 23°C. Suhu sebelum pengolahan masih rendah. Suhu tersebut dipengaruhi oleh sinar matahari, dikarenakan waktu pengambilan sampel sekitar jam 8 sampai 10 pagi yang mana pada jam tersebut intensitas cahaya matahari mulai meningkat (Wijayanto dan Nurunnajah, 2012). Hasil pengukuran suhu setelah proses fitoremediasi selama tujuh hari menunjukkan suhu air limbah meningkat menjadi 26°C. Menurut Irwan dan Sarwandi, (2017), suhu yang berkisar antara 26-31°C masih tergolong normal dan tidak membahayakan kehidupan biota air karena masih di bawah *lethal temperature* (35-40°C). Suhu merupakan salah satu faktor lingkungan yang berperan terhadap pertumbuhan tanaman. Suhu mempengaruhi proses fisiologis yaitu laju transpirasi, bukaan stomata, laju penyerapan nutrisi dan air, fotosintesis dan respirasi. Suhu optimum untuk pertumbuhan tanaman air pada proses fitoremediasi adalah kisaran antara 27°C sampai 30°C (Siregar dan Anwar, 2010).

Hasil penelitian pada tabel 4.1 menunjukkan nilai BOD air limbah sebelum pengolahan adalah 118 mg/l. Sedangkan nilai BOD setelah dilakukan pengolahan fitoremediasi mengalami penurunan menjadi 62,2 mg/l. Penurunan nilai BOD air limbah sebesar 55,8 mg/l. Penurunan nilai BOD disebabkan karena aktivitas mikroba dan tanaman air (Margowati *et al.*, 2016). Tanaman eceng gondok dapat menurunkan kadar BOD. Semakin padat tanaman eceng gondok yang digunakan maka semakin besar kemampuannya dalam menyerap sehingga dapat menurunkan kadar BOD dan COD (Dewi, 2012). Eceng gondok dapat menyerap senyawa nitrogen dan fosfat dari air limbah sehingga dapat dimanfaatkan sebagai komponen utama dalam pembersih air limbah domestik (Dewi, 2012). Fitoremediasi menggunakan tanaman kayu apu selama 7 hari mampu menurunkan kadar BOD. Semakin lama kontak tanaman kayu apu dan semakin banyak jumlahnya yang digunakan dalam proses fitoremediasi maka semakin besar penurunan kadar BOD (Darsono, 2007). Tanaman bambu memiliki kemampuan dalam menurunkan kadar BOD. Hal ini dikarenakan adanya mikroba rhizosfera pada akar yang dapat mengurai zat-zat kontaminan dengan cara menyerap dan kemudian diakumulasi bahan terlarut ke dalam struktur tubuhnya. Semakin banyak tanaman bambu air maka semakin besar penurunan kadar BOD dalam air limbah (Margowati *et al.*, 2016).



Hasil penelitian pada tabel 4.1 menunjukkan nilai COD air limbah sebelum pengolahan adalah 729,8mg/l. Sedangkan nilai COD setelah dilakukan pengolahan fitoremediasi mengalami penurunan menjadi 156,8 mg/l. Penurunan nilai COD air limbah sebesar 573 mg/l. Penurunan kadar COD disebabkan oleh bahan padatan yang mulai mengendap sehingga bahan buangan di air limbah juga berkurang (Fachrurozi *et al.*, 2010). Sebagian bahan buangan telah teroksidasi dan sebagian lagi juga telah terserap oleh tanaman sehingga mengurangi nilai COD (Fachrurozi *et al.*, 2010). Penurunan ini juga dikarenakan suplai oksigen terlarut cukup banyak terutama dari hasil fotosintesis tanaman sehingga menyebabkan dekomposisi bahan organik menjadi lebih efektif (Muhajir, 2013). Bahan organik yang terdapat di dalam air limbah akan dirombak oleh mikroorganisme menjadi senyawa lebih sederhana dan akan dimanfaatkan oleh tumbuhan sebagai *nutrient*, sedangkan sistem perakaran tumbuhan air akan menghasilkan oksigen yang dapat digunakan sebagai sumber energi/katalis untuk rangkaian proses metabolisme bagi kehidupan mikroorganisme (Supradata, 2005).

Hasil penelitian pada tabel 4.1 menunjukkan nilai *total suspended solid* (TSS) air limbah sebelum pengolahan adalah 278 mg/l. Hasil pengukuran TSS setelah proses fitoremediasi yaitu 33 mg/l. Penurunan nilai TSS air limbah sebesar 245 mg/l. Penurunan kadar TSS disebabkan karena partikel dengan massa cukup berat yang terdapat dalam limbah akan mengendap pada bagian reaktor, sedangkan yang cukup ringan dan melayang akan menempel pada bagian akar (Fachrurozi *et al.*, 2010). Penggunaan tanaman eceng gondok dan tanaman kayu apu mampu menurunkan kadar TSS karena tanaman ini memiliki akar serabut yang dapat menjadi tempat menempelnya koloid yang ada di air limbah. Semakin banyak akar serabut yang dimiliki maka semakin banyak koloid yang akan menempel pada akar – akar tanaman tersebut (Fachrurozi *et al.*, 2010). Tanaman bambu air memiliki kandungan silikat yang tinggi yang berguna mengikat partikel yang terserap oleh akar (Suharto *et al.*, 2011).

Air limbah domestik setelah proses fitoremediasi dengan *constructed wetland* menggunakan kombinasi *Eichhornia crassipes* (Mart) Solms., *Pistia stratiotes* L., *Equisetum hyemale* L., dipakai untuk penyiraman tanaman caisim (*Brassica juncea* L.) sehingga dapat dilihat pengaruh dari air limbah tersebut. Berdasarkan tabel 4.2 menunjukkan rata – rata pengukuran tinggi tanaman pada setiap perlakuan mengalami pertambahan tinggi. Pada perlakuan 400 ml, 300 ml dan 200 ml air limbah memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan tinggi tanaman sedangkan perlakuan 0 ml air limbah atau menggunakan air biasa 400 ml tanpa limbah dijadikan sebagai kontrol pertumbuhan tanaman caisim (*Brassica juncea* L.). Hasil pengukuran tinggi tanaman yang optimal yaitu pada perlakuan 0 ml air limbah atau 400 ml air biasa pengukuran minggu kelima setelah tanam (MST) dengan rata-rata

18,125 cm dan perlakuan 400 ml air limbah pengukuran minggu kelima setelah tanam (MST) adalah 16,375 cm. Sedangkan hasil pengukuran jumlah daun yaitu pada perlakuan 0 ml air limbah atau 400 ml air biasa pada minggu kelima setelah tanam dengan rata-rata 10.50 helai dan hasil perhitungan jumlah daun pada perlakuan 400 ml air limbah adalah 10,50 helai. Hasil pertumbuhan dan perkembangan tanaman caisim (*Brassica juncea* L.) sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan, fisiologi dan genetik dari tanaman tersebut.

Air limbah domestik memiliki komposisi hampir 99% berisi air itu sendiri dan sisanya mengandung pencemar. Air limbah domestik setelah pengolahan teknik fitoremediasi yang dipakai untuk penyiraman mempengaruhi pertumbuhan tanaman caisim (*Brassica juncea* L.). Air limbah domestik mengandung unsur hara makro dan mikro yang dapat berpengaruh dalam pertumbuhan tanaman (Indriyani, 2012). Air limbah domestik mengandung unsur hara utama untuk tanaman yaitu unsur nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K) dan unsur lainnya seperti tembaga (Cu), besi (Fe), seng (Zn) (Mara dan Caircross, 1996). Bahan pencemar dalam air limbah yang mengandung bahan kimia susah untuk didegradasi sehingga dapat mempengaruhi fisiologi tanaman (Kurniawan *et al.*, 2014). Bahan pencemar dalam air limbah mempengaruhi pertumbuhan tanaman. Hal ini dapat dilihat dari bentuk batang dan warna daun tanaman caisim (*Brassica juncea* L.). Tanaman yang disiram menggunakan air non limbah lebih subur dibandingkan tanaman yang disiram menggunakan air limbah dimana memiliki batang yang kerdil dan diameter batang yang kecil serta warna daun kekuningan

Selain air, media tanam yang digunakan juga membantu dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman caisim (*Brassica juncea* L.) yaitu tanah hitam, pasir dan pupuk kandang sapi. Tanah yang cocok untuk tanaman caisim adalah tanah gembur, banyak mengandung humus, subur, serta pembuangan airnya baik (Haryanto dkk, 2003). Adanya ketersediaan unsur hara dalam tanah, struktur tanah, dan tata udara yang baik sangat mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan akar dalam menyerap unsur hara. Adanya penambahan pupuk dalam media tanam caisim (*Brassica juncea* L.) menyebabkan daya ikat air akan meningkat sehingga dapat diserap oleh tanaman. Kandungan unsur hara yang terdapat dalam pupuk kandang sapi yaitu 2,33% N, 0,61% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 1,58% K<sub>2</sub>O. Unsur P dan N digunakan dalam mengatur pertumbuhan tanaman secara keseluruhan dan unsur K berfungsi untuk memperkuat dinding sel tanaman serta memperluas kanopi daun untuk proses fotosintesis. Ketersediaan air yang cukup akan meningkatkan pertumbuhan tinggi dan pembentukan daun serta berat segar tanaman. Air dan unsur hara digunakan untuk proses fotosintesis yang hasilnya didistribusikan ke seluruh bagian tubuh tanaman (Dwidjoseputro, 1983). Kebutuhan unsur hara tanaman caisim (*Brassica juncea* L.) terpenuhi sehingga pertumbuhannya baik. Dengan demikian, air limbah

mempengaruhi pertumbuhan tanaman caisim (*Brassica juncea* L.) dan unsur hara dalam media tanam juga membantu pertumbuhan tanaman caisim (*Brassica juncea* L.).

## **BAB V PENUTUP**

### **A. KESIMPULAN**

Adapun kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pengolahan limbah cair domestik secara fitoremediasi dengan *constructed wetland* menggunakan eceng gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart) Solm), kayu apu (*Pistia stratiotes* L.), dan bambu air (*Equisetum hyemale* L.) dapat menurunkan kadar BOD, COD, TSS, pH, kecuali suhu. Dengan nilai penurunan nilai BOD 55,8 mg/l, COD 573 mg/l, TSS 245 mg/l, pH 4,3-5,1 menjadi 6,5-6,6 dan nilai suhu 23°C menjadi 26°C.
2. Hasil olahan limbah cair domestik teknik fitoremediasi menggunakan *constructed wetland* menggunakan *Eichhornia crassipes* (Mart) Solm, *Pistia stratiotes* L., dan *Equisetum hyemale* L. berpengaruh terhadap pertumbuhan tinggi dan jumlah daun tanaman Caisim (*Brassica juncea* L.). Hal ini dapat dilihat dari bentuk batang dan warna daun tanaman caisim (*Brassica juncea* L.). Tanaman yang disiram menggunakan air non limbah lebih subur dibandingkan tanaman yang disiram menggunakan air limbah dimana memiliki batang yang kerdil dan diameter batang yang kecil serta warna daun kekuningan

### **B. SARAN**

1. Dilakukan penelitian mengenai pengolahan air limbah domestik menggunakan tanaman lain untuk memaksimalkan penurunan parameter yang belum dapat diturunkan dengan maksimal pada penelitian ini.
2. Dilakukan penelitian untuk mengolah air limbah domestik dengan metode yang lain.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amitasari. 2016. *Pertumbuhan Tanaman Caisim (B. juncea L.) secara Hidroponik Pada Media Pupuk Organik Cair dari Kotoran Kelinci dan Kotoran Kambing*. Skripsi. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Apriscia C. Y., Nunun B., dan Karuniawati P. W. 2016. *Pengaruh pemberian pupuk kompos limbah domestik terhadap pertumbuhan vegetatif tanaman tebu (Saccharum officinarum) asal bibit bud chip*. *Plantropica Journal of Agricultural Science*, Vol 1(2): 9-15.
- Azis, A. 2013. *Kajian Terhadap Kenyamanan Ruang Teori Di Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta Ditinjau Dari Pencahayaan Alami Dan Pencahayaan Campuran*. *Jurnal Teknik Sipil*. Universitas Negeri Yogyakarta.
- Binabu M. Y. 2018. *Potensi Pengembangan Terpadu Pengolahan Limbah Domestik Perumahan BTN*. Skripsi. Universitas Timor..
- BPS. 2020. *Penduduk Kabupaten Timor Tengah Utara (TTU) Kecamatan Bikomi Selatan Desa Naiola*. Provinsi NTT.
- Campbell, Reece dan Mitchell. 2003. *Biologi Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.
- Chussetijowati J., Tjahaya, P. I., dan P. Sukmabuana. 2012. *Fitoremediasi Radionuklida <sup>134</sup>Cs Dalam Tanah Menggunakan Tanaman Bayam (Amaranthus sp.)*. *Prosiding Seminar Nasional ke-16 Teknologi dan Keselamatan PLTN Serta Fasilitas Nuklir*. ITS. Surabaya. Hal. 282-289.
- Darsono, V. 2007. *Pengolahan Limbah Cair Tahu Secara Anaerob Dan Aerob*. *Jurnal Teknologi Industry*. Vol IX No. 1 Hlm. 9-20.
- Desa, Layanan Informasi. 2018. *Fitoremediasi, Cara Mengatasi Limbah dengan Tanaman*. Diakses pada 19 Juli 2020 dari <https://8villanges.com/full/pe-tani/article/id/5b9b6a59d7e3f7637ab3ff91>.
- Dewi, Yusriani Saptia. 2012. *Efektivitas Jumlah Rumpun Tanaman Eceng Gondok (Eichhornia Crassipes (Mart) Solm) dalam Pengendalian Limbah Cair Domestik*. *Jurnal Lingkungan*. 13 (2): 151-158.
- Djo, Y. H. W., Dwi A. S., Iryanti E. S., dan Wahyu D. S. 2017. *Fitoremediasi Menggunakan Tanaman Eceng Gondok (E. crassipes) Untuk Menurunkan COD, dan Kandungan Cu dan Cr Limbah Cair Laboraturium Analitik*. Universitas Udayana. Vol. 5 No. 2. Bali: FMIPA. Universitas Udayana.
- Dwidjoseputro, D. 1983. *Pengantar Fisiologi Tumbuhan*. Gramedia. Jakarta. 200 h.
- Eddy. 2008. *Karakteristik Limbah Cair*. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*. Vol.2, No.2, p.20.
- Effendi, H 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya Dan Lingkungan Perairan*. Cetakan Kelima. Yogyakarta; Kanisius.
- Fahrudin, F. 2009. *Budidaya C aisim Brassica juncea). Menggunakan Ekstrak The dan Pupuk Kascing*. Skripsi. Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Fachrurozi M., Utami L. B., dan Suryani D. 2010. *Pengaruh Variasi Biomassa P. stratiotes L. terhadap Penurunan Kadar BOD, COD, TSS pada Limbah Cair Tahu*. *Jurnal Kesmas*. Vol. 4(1). Universitas Dahlan Yogyakarta.


- Fried, G. H. 2005. *Biologi Edisi Kedua*. Jakarta: Erlangga.
- Harjadi, S. S. 1983. *Pengantar Agronomi*. Jakarta: PT. Gramedia.
- Haryani, N., dan Sarto, S. 2018. *Evaluasi Penggunaan Biofilter Anaerob-Aerob Untuk Meningkatkan Kualitas Air Limbah*. *Berita Kedokteran Masyarakat*, 1-6.
- Hariyanti F. 2016. Efektifitas *Subsurface Flow-Wetlands* dengan Tanaman Eceng Gondok dan Kayu Apu dalam Menurunkan Kadar COD dan TSS pada Limbah Pabrik Saus. Skripsi Universitas Muhammadiyah. Semarang.
- Haryanto, Eko., Tina S., Hendro S., dan Estu R. 2003. *Sawi dan Selada*. Penebar Swadaya: Jakarta.
- Indriyani. 2012. *Pengaruh air Limbah Domestik dari IPAL Bojongsong Sebagai Baku Pertanian Terhadap Pertumbuhan Padi Sawah*. Thesis. UIN Sunan Gunung Djati. Bandung.
- Irawanto, Rony. 2010. *Fitoremediasi Lingkungan dalam Taman Bali 1*. UPT Balai Konservasi Tumbuhan Kebun Raya Purwodadi-LIPI. Pasuruan.
- Irwan SNR., dan Sarwadi A. 2017. *Productive Landscape In Home Garden Development In Yogyakarta City*. *Prosiding In 2<sup>nd</sup> International Symposium For Sustainable Landscape Development*. IOP Conf. Series: Earth And Environmental Science 91 (2017) 012006.
- Jadia, C. D., dan Fulekar M. H. 2009. *Phytoremediations of heavy metals: Recent techniques*. *Afr. J. Biotechnol.* 8, 921-928.
- Jensen. 2005. *Lahan Basah (wetland) di Indonesia*. <http://www.grvk.com/photos/lex3268/1354085567>.
- Juhriah, Amir A. 2016. *Fitoremediasi logam berat merkuri (Hg) pada tanah dengan tanaman Celosia plumosa (Voss) Burv*. *Jurnal Biologi*. Volume 1. No. 1.
- Kasman M., Peppy H., dan Niken A. 2018. *Pemanfaatan tumbuhan melati air (Echinodorus palaefolius) dengan sistem constructed wetland untuk mengolah grey water*. *Jurnal Daur Lingkungan*. Vol 1(1): 10-15. Universitas Batanghari. Jambi.
- Kementerian Negara Lingkungan Hidup. *Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 112 Tahun 2003 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik*, Kementerian Lingkungan Hidup, Jakarta.
- Kholif M. A., Syahrul H., Joko S., dan Suhing. 2020. *Pengaruh Tanaman Bintang Air (Cyperus papyrus) dan Bambu Air (Equisetum Hymale) dalam Mengolah Limbah Domestik*. *Serambi Engineering*. Vol. 5(2); 158-8. Universitas Satya Negara Indonesia.
- Kodotie, R.J. dan Sjarief Rustam. 2005. *Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu*. Andi: Yogyakarta.
- Komarawidjaja, W. 2004. *Kontribusi Limbah Deterjen terhadap status kehidupan perairan di DAS Citarum Hulu*, *Jurnal Teknik Lingkungan P3TL-BPPT*, Volume 5, No. 3, 193-197.
- Kurniawan, B. A., Sisca Fajriani, dan Ariffin. 2014. *Pengaruh Jumlah Pemberian Air Terhadap Respon Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Tembaku (Nicotiana tabaccum L.)*. *Jurnal Produksi Tanaman*. Vol 2, No. 1, 59-64. Universitas Brawijaya. Malang.

- Leady B. 1997. *Constructed Subsurface Flow Wetlands for Wastewater Treatment*. Purdue University.
- Mara, D. dan Cairncross, S. 1996. *Pemanfaatan air limbah dan ekskreta: patokan untuk perlindungan masyarakat*. ITB-UDAYANA. Bandung
- Margowati, Destara dan Sugeng Abdullah. 2016. *Efesiensi Fitoremediasi Tanaman Bambu Air (Equisetum Hyemale) Dalam Menurunkan Kadar BOD dan COD Air Limbah Rumah Tangga Di Desa Kracak Kecamatan Ajibarang Kabupaten Banyumas Tahun 2016*. *Keslingmas*. 35(4):316-321.
- Moenardir, J. 1990. *Pengantar Ilmu Gulma*. PT. Raja Grafindo Persada. Jakarta.
- Muhajir, M. Septiawan. 2013. *Penurunan Limbah Cair BOD Dan COD Pada Industry Tahu Menggunakan Tanaman Cattail (Typha angustifolia) Dengan Sistem Constructed Wetland*. Skripsi. Universitas Negeri Semarang.
- Mukhtasor. 2007. *Pencemaran Pesisir dan Laut*. Jakarta : Pradanya Paramita Pandey
- B. P. 1980. *Plant Anatomi*. New Delhi: S Chard and Co. Ltd.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 68 Tahun 2016. *Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik*. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI. Jakarta.
- Puspita, L., E. Ratnawati, I. N. N. Suryadiputra, A. A. Meutia. 2005. *Lahan Basah Buatan di Indonesia*. *Wetland Internasional – Indonesia Programme*: Bogor.
- Rahmat. 2007. *Biologi Universitas*. Jakarta: Gramedia.
- Ratnani R. D., Indah Hartati, Laeli K. 2011. *Pemanfaatan Eceng Gondok (E. crassipes) untuk Menurunkan Kandungan COD, Ph, Bau, dan Warna pada Limbah Cair Tahu*. *Jurnal*. Vol.7, No.1: 41-47. Universitas Wahid Hasyim.
- Risnawati, I dan Damanhuri, T. P. 2009. *Penyisihan Logam Pada Lindi Menggunakan Constructed Wetland*. *Jurnal Teknik Lingkungan*. Institut Teknologi Bandung.
- Safitri, R. 2009. *Phytoremediasi Greywater Dengan Tanaman Kayu Apu (Pistia stratiotes L.) Dan Tanaman Kiambang (Salvinia molesta) Serta Pemanfaatannya Untuk Tanaman Selada (Lactuca sativa) Secara Hidroponik*. Skripsi. Program Studi Tanah. Fakultas Pertanian. ITB Bogor.
- Sastrawijaya A. T. 2009. *Pencemaran Lingkungan*. Rineka Cipta. Jakarta.
- Setyanto, Kris dan Warniningsih. 2011. *Pemanfaatan eceng gondok untuk membersihkan kualitas air sungai gadjahwong Yogyakarta*. Vol. 4 (1): 18.
- Silalahi, J. 2010. *Analisis Kualitas Air dan Hubungannya dengan Keanekaragaman Vegetasi Akuatik di Perairan Balige Danau Toba*.
- Silalahi, Ulber. 2009. *Metode Penelitian Sosial*. UNPAR PRESS. Bandung.
- Siregar, Ulfa J. dan Chairil Anwar Siregar. 2010. *Fitoremediasi: prinsip dan prakteknya dalam restorasi lahan pasca tambang Indonesia*. Seameo Biotrop. Jakarta: Southeast Asian Regional Centre for Tropical Biology.
- Smith, R. 1995. *Chemical Process Design*. McGraw Hill International Book Company. Singapore.
- Sugiyono. 2012. *Metode penelitian kuantitatif dan kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.

- Suharto, Bambang., Liliya D. S., dan Betha I. W. 2011. *Penurunan Kandungan Logam Pb Dan Cr Leachate Melalui Fitoremediasi Bambu Air (Equisetum hyemale) dan zeloit. Jurnal Agrotek. 5(2), 137.*
- Sunarjono, H. 2004. *Bertanam 30 Jenis Sayur*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Supradata. 2005. *Pengolahan Limbah Menggunakan Tanaman Rumput hias (Cyperus alterifolius L.) dengan Sistem Aliran Bawah Permukaan*. Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro.
- Suriawiria, U. 1993. *Mikrobiologi air dan dasar-dasar pengolahan buangan secara mikrobiologis*. Bandung, Alumni.
- Suswati, Anna dan Gunawan Wibosono. 2013. *Pengolahan Limbah Domestik Dengan Teknologi Taman Tanaman Air (Constructed Wetlands)*. Indonesia Green Technology Journal. Vol. 2 No. 2.
- Titi, Juhaeti. 2005. *Inventarisasi Tumbuhan Potensial Untuk Fitoremediasi Lahan dan Air Terdegradasi Penambangan Emas. Biodiversitas (31-33).*
- Truu, M., Juhanson, J., and Truu J., 2009. *Microbial biomass, activity, and community composition in constructed wetlands, Science of The Total Environment, 407: 3958-3971.*
- UNESCO/WHO/UNEP. 1992. *Water Quality Assesment-Aguide to Use of Biota, Sediment and Water in Enviromental Monitoring, Second Edition*. [Online]. [www.who.int/docstore/water anitation health/wqassess/ch10.htm](http://www.who.int/docstore/water_anitation_health/wqassess/ch10.htm).
- Vymazal, J., 2009. *The Use Constructed Wetlands with Horizontal Subsurface Flow For Various Types of Wastewater, Ecological Engineering, 35: 1-17.*
- Widya C., Badrus Zaman, dan Syafrudin. *Pengaruh Waktu Tinggal Dan Jumlah Kayu Apu (P. stratiotes L.) Terhadap Penurunan Konsenttrasi BOD, COD, Dan Warna. Jurnal Teknik Lingkungan. Universitas Diponegoro. Semarang.*
- Wijayanto, N., dan Nurunnajah. 2012. *Intensitas Cahaya, Suhu, Kelembapan Dan Perakaran Lateral Mahoni (Swietenia macropylla King.) di RPH Babakan Madang, BKPH Bogor, KPH Bogor. Jurnal SILVIKULTUR TROPIKA. Vol. 03 No. 01, Hal. 8-13. Fakultas Kehutanan IPB.*
- Wirawan W. A., Ruslan W., dan Liliya Dewi S. 2010. *Pengolahan Limbah Cair Domestik Menggunakan Tanaman Kayu Apu (Pistia stratiotes L.) dengan Teknik Tanam Hidroponik Sistem DFT. Jurnal Sumber Daya Alam Dan Lingkungan. Universitas Brawijaya Malang.*
- Wulandari F., dan Eko Hartini. 2016. *Pengolahan Limbah Cair Rumah Tangga menggunakan Tanaman Air (Equisetum hymale). Jurnal Kesehatan Masyarakat. Vol. 15 No. 2.*
- Yuliani, E., S. Harap dan E. Purnawanto. (2018), *Efektifitas Biofilter Bermedia Kerikil, Pasir, Ijuk, Botol Plastik dan Tumbuhan Kiapu (Pistia stratiotes L.) dalam Menurunkan Kadar BOD5, COD pada Limbah Cair Mie Basah. Fakultas Perikanan Dan Kelautan Universitas Riau Pekanbaru.*



**LAMPIRAN 1**  
**SURAT IJIN PENELITIAN**

  
KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
UNIVERSITAS TIMOR (UNIMOR)  
FAKULTAS ILMU PENDIDIKAN  
Jln. Km.09 Kelurahan Sasi-Kefamenanu-NTT 85613  
Laman : unimor.ac.id E-mail: unimor@yahoo.co.id

---

Nomor : 70/UN60.3.1/PP/2020  
Lampiran : 1 bundel  
Perihal : Surat Izin Penelitian

Kefamenanu, 27 Juli 2020


Yth. Kepala Desa Naiola Kec. Bikomi Selatan  
Di-  
Tempat

Dengan hormat,


Sesuai perihal surat diatas, maka bersama ini kami mohon untuk diberikan ijin kepada mahasiswa Program Studi Pendidikan Biologi Universitas Timor atas nama Merinda J. Picauly NPM: 33160135 dengan Judul Penelitian **"Fitoremediasi Dengan Constructed Wetland Menggunakan *Eichhhornia Crassipes* (Mart) Solm, *Pistia Stratiotes L.* Dan *Equisetum Hyemale L.*, Untuk Mengolah Limbah Cair Domestik Perumahan BTN Serta Pengaruhnya Pada Pertumbuhan Caisim."**

Demikian permohonan ini kami sampaikan. Atas perhatian dan kerjasamanya kami ucapkan terima kasih.

Mengetahui,  
Wakil Dekan Bidang Akademik  
dan Kemahasiswaan

  
E. Kristanti, S.Psi., M.A.  
NIP. 196509142005012001

**LAMPIRAN 2**  
**SURAT SELESAI PENELITIAN**

  
**PEMERINTAH KABUPATEN TIMOR TENGAH UTARA**  
**KECAMATAN BIKOMI SELATAN**  
**DESA NAIOLA**

---

**SURAT KETERANGAN SELESAI PENELITIAN**  
Nomor : DN.140/688/XI/2020

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Gabriel Funan  
Jabatan : Kepala Desa

Dengan ini menerangkan bahwa :


Nama : Merinda J. Picauly  
NPM : 33160135  
Pekerjaan : Mahasiswi  
Prodi/fakultas : Ilmu Pendidikan

Telah melaksanakan Penelitian di Desa Naiola Kecamatan Bikomi Selatan, Kabupaten Timor Tengah Utara dengan judul :

“Fitoremediasi dengan constructed Wetland Menggunakan Eichhornia crassipes L., Pistia Stratiotes L., Eguisetuum hyemale untuk mengelolah limbah cair domestic perumahan BTN serta pengaruhnya pada pertumbuhan caisim (Barsicca juncea L.).

Demikian surat Keterangan ini dibuat dengan sesungguhnya untuk dapat dipergunakan seperlunya.


Naiola, 30 November 2020  
Kepala Desa Naiola

  
GABRIEL FUNAN

## LAMPIRAN 3


### HASIL ANALISIS LIMBAH SEBELUM PENGOLAHAN

FR. 7.8.1.1  
Revisi 0



PEMERINTAH PROVINSI NUSA TENGGARA TIMUR  
DINAS LINGKUNGAN HIDUP DAN KEHUTANAN  
UPTD LABORATORIUM LINGKUNGAN

Jalan Alfonsus Nimmol Nomor 7, Telepon 0380 – 829922, Fax 0380-829922  
KUPANG 85115



#### LAPORAN HASIL PENGUJIAN

Nomor : DLHK.667/065/255 /DA/LAB/VIII/2020

1. Informasi Pelanggan	
1.1 Nama	: Merinda J. Picaully
1.2 Alamat	: KM 7 Kefamenanu, Kabupaten Timor Tengah Utara
1.3 No. Telp/Fax	: 0812 9987 2096
1.4 Personil Penghubung	: -
2. Informasi Contoh Uji	
2.1 Jenis Contoh Uji	: Air Limbah
2.2 Tanggal sampling	: 06 Agustus 2020
2.3 Tanggal diterima	: 06 Agustus 2020
2.4 Tanggal pengujian	: 06 s/d 25 Agustus 2020
2.5 Lokasi pengambilan contoh uji	: Limbah Domestik Perumahan BTN
2.6 Metode pengambilan contoh uji	: -
3. Informasi Hasil Pengujian	

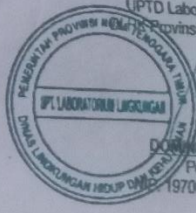
Parameter Laboratorium	Hasil	Satuan	Acuan Metode	Baku Mutu	Keterangan
BOD	118	mg/L	SNI 6989.72-2009	30	Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.68/Menlhk/Setjen /Kum.1/6/2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik (Lampiran I)
COD	729.8	mg/L	SNI 6989.2-2008	100	
TSS	278	mg/L	SNI 06-6989.3-2004/Gravimetri	30	
Ortofosfat	< MDL	mg/L	SNI 06-6989.31-2005	-	

Catatan:

1. Hasil yang ditampilkan hanya berhubungan dengan sampel yang diuji.
2. Baku Mutu yang ada bukan menjadi satu-satunya acuan.
3. Method Deteksi Limit, MDL Ortofosfat = 0.1 mg/L.
4. Laporan hasil pengujian tidak boleh dipandatkan.
5. Sampling dilakukan oleh pelanggan.
6. Parameter yang tertera tidak adalah parameter yang sudah terakreditasi oleh KAN No. LP-1650-01N.
7. Nomor registrasi UPTD Laboratorium Lingkungan DLH Provinsi NTT : 001 E3LP/LABLING-VLROR/LHK

Kupang, 27 Agustus 2020

Kasie Pelayanan Teknis  
UPTD Laboratorium Lingkungan  
Provinsi Nusa Tenggara Timur.




**DORINCUS SOKA, ST**  
Penasia Tk. I  
19700612 199903 1 009

1 dari 1




## LAMPIRAN 3

### HASIL ANALISIS LIMBAH SESUDAH PENGOLAHAN



PEMERINTAH PROVINSI NUSA TENGGARA TIMUR  
DINAS LINGKUNGAN HIDUP DAN KEHUTANAN  
**UPTD LABORATORIUM LINGKUNGAN**  
Jalan Alfonsus Nisroni Nomor 7, Telepon 0380 - 829922, Fax 0380-829922  
KUPANG 85115

FR 7.8.11  
Revisi 0



Komite Akreditasi Nasional  
Laboratorium Pengoperasian  
LP - 1000 - 0001

**LAPORAN HASIL PENGUJIAN**  
Nomor : DLHK.667/071/ 295 /DA/LAB/IX/2020

<b>1. Informasi Pelanggan</b>	
1.1 Nama	: Merinda J. Picaulty
1.2 Alamat	: KM 7 Kelamenanu, Kabupaten Timor Tengah Utara
1.3 No. Telp/HP/Fax	: 0812.9987.2096
1.4 Personil Penghubung	: -

<b>2. Informasi Contoh Uji</b>	
2.1 Jenis Contoh Uji	: Air Limbah
2.2 Tanggal sampling	: 13 Agustus 2020
2.3 Tanggal diterima	: 13 Agustus 2020
2.4 Tanggal pengujian	: 14 s/d 26 Agustus 2020
2.5 Lokasi pengambilan contoh uji	: Limbah Domestik Perumahan BTN
2.6 Metode pengambilan contoh uji	: -


<b>3. Informasi Hasil Pengujian</b>					
Parameter	Hasil	Satuan	Acuan Metode	Baku Mutu	Keterangan
<b>Parameter Laboratorium</b>					
BOD	62,2	mg/L	SNI 6989.72:2009	30	Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.68/Menhk/Setjen /Kum.1/8/2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik (Lampiran I)
COD	156,8	mg/L	SNI 6989.2:2009	100	
TSS	33	mg/L	SNI 06-6989.3-2004/Gravimetri	30	
Ortlofosfat	< MDL	mg/L	SNI 05-6989.31-2005	-	

**Catatan:**

1. Hasil yang ditampilkan hanya berhubungan dengan sampel yang diuji.
2. Baku Mutu yang ada belum menjadi satu-satunya acuan.
3. Method Detection Limit: MDL Ortlofosfat = 0,1 mg/L.
4. Laporan hasil pengujian tidak boleh digandakan.
5. Sampel dilakukan oleh pelanggan.
6. Parameter yang tertera adalah parameter yang sudah terakreditasi oleh KAN No. LP-1858-IDN.
7. Nomor registrasi UPTD Laboratorium Lingkungan DLH Provinsi NTT : 801131E.PJM.ABLING-ULRKLHLHK.

Kupang, 03 September 2020

Kasie Pelayanan Teknis  
UPTD Laboratorium Lingkungan  
Provinsi Nusa Tenggara Timur.



**DONOVANUS SOKA, ST**  
Perata Tk. I  
13700612 159903 1 009

1 dari 1

## LAMPIRAN 5

### PERATURAN MENTERI LINGKUNGAN HIDUP NO. 68 TAHUN 2016

PERATURAN MENTERI LINGKUNGAN HIDUP DAN KEHUTANAN  
REPUBLIC INDONESIA  
NOMOR P.68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016  
TENTANG  
BAKU MUTU AIR LIMBAH DOMESTIK

#### BAKU MUTU AIR LIMBAH DOMESTIK TERSENDIRI

Parameter	Satuan	Kadar maksimum*
pH	-	6 – 9
BOD	mg/L	30
COD	mg/L	100
TSS	mg/L	30
Minyak & lemak	mg/L	5
Amoniak	mg/L	10
Total Coliform	jumlah/100mL	3000
Debit	L/orang/hari	100

Keterangan:

\*= Rumah susun, penginapan, asrama, pelayanan kesehatan, lembaga pendidikan, perkantoran, perniagaan, pasar, rumah makan, balai pertemuan, arena rekreasi, permukiman, industri, IPAL kawasan, IPAL permukiman, IPAL perkotaan, pelabuhan, bandara, stasiun kereta api, terminal dan lembaga pemasyarakatan.

Salinan sesuai dengan aslinya

KEPALA BIRO HUKUM,



MENTERI LINGKUNGAN HIDUP DAN  
KEHUTANAN REPUBLIK INDONESIA,

ttd.

SITI NURBAYA

### LAMPIRAN 6 DATA JUMLAH JIWA PADA SETIAP BLOK

BLOK A		
1. KOS Bapala Bunde 1	26 Kamar	21 orang
2. KOS Permafur	6 Kamar	18 orang
3. KOS PAPUR	1 Kamar	6 orang
4. KOS SAGA	8 Kamar	16 orang
5. KOS KANDAK	19 Kamar	23 orang
6. KOS LITAMA	20 Kamar	50 orang
7. KOS Mayar Sabon	27 Kamar	44 orang
8. KOS PUKER	20 Kamar	50 orang
9. KOS COMBUS	27 Kamar	50 orang
10. KOS BELUKAN	17 Kamar	15 orang
11. KOS PEPER	12 Kamar	24 orang
12. KOS PEPER 2	18 Kamar	24 orang
13. KOS MANGUN	8 Kamar	20 orang
14. KOS MANGUN	8 Kamar	13 orang
BLOK B		
1. KOS GATOK	3 Kamar	4 orang
2. KOS KADAK	3 Kamar	6 orang
3. KOS VALORIAN	15 Kamar	30 orang
4. KOS NAGA	12 Kamar	20 orang
5. KOS NERO	6 Kamar	12 orang
6. KOS MARIAN	13 Kamar	21 orang
7. KOS GEPER	16 Kamar	24 orang
8. KOS PERIPAN	20 Kamar	40 orang
9. KOS KADAK	3 Kamar	8 orang
10. KOS WANGA	8 Kamar	10 orang
11. KOS Samping Walberdan	25 Kamar	50 orang
12. KOS Samping Naga	20 Kamar	20 orang
13. KOS PERIPAN 2	27 Kamar	20 orang
14. KOS WANGA	8 Kamar	8 orang
15. KOS WANGA	15 Kamar	20 orang
16. KOS BELITA	6 Kamar	6 orang
17. KOS BATER	3 Kamar	6 orang
18. KOS BEKATI	3 Kamar	6 orang
19. KOS BAMBUN	27 Kamar	30 orang
20. KOS BAMBUN	27 Kamar	25 orang
21. KOS R3	20 Kamar	15 orang
22. KOS BATER	10 Kamar	10 orang
23. KOS TUNAR	12 Kamar	10 orang
24. KOS KADAK	9 Kamar	16 orang
25. KOS KADAK	6 Kamar	21 orang

BLOK C		
1. KOS ALMANSATI	20 Kamar	60 orang
2. KOS ALMANSATI	20 Kamar	50 orang
3. KOS ALMANSATI	20 Kamar	50 orang
4. KOS ALMANSATI	20 Kamar	50 orang
5. KOS ALMANSATI	20 Kamar	50 orang
6. KOS ALMANSATI	20 Kamar	50 orang
7. KOS ALMANSATI	20 Kamar	50 orang
8. KOS ALMANSATI	20 Kamar	50 orang
9. KOS ALMANSATI	20 Kamar	50 orang
10. KOS ALMANSATI	20 Kamar	50 orang
11. KOS ALMANSATI	20 Kamar	50 orang
12. KOS ALMANSATI	20 Kamar	50 orang
13. KOS ALMANSATI	20 Kamar	50 orang
14. KOS ALMANSATI	20 Kamar	50 orang
15. KOS ALMANSATI	20 Kamar	50 orang
16. KOS ALMANSATI	20 Kamar	50 orang
17. KOS ALMANSATI	20 Kamar	50 orang
18. KOS ALMANSATI	20 Kamar	50 orang
19. KOS ALMANSATI	20 Kamar	50 orang
20. KOS ALMANSATI	20 Kamar	50 orang
21. KOS ALMANSATI	20 Kamar	50 orang
22. KOS ALMANSATI	20 Kamar	50 orang
23. KOS ALMANSATI	20 Kamar	50 orang
24. KOS ALMANSATI	20 Kamar	50 orang
BLOK D		
1. KOS PEPER	20 Kamar	20 orang
2. KOS PEPER	6 Kamar	15 orang
3. KOS PEPER	21 Kamar	24 orang
4. KOS PEPER	12 Kamar	20 orang
5. KOS PEPER	21 Kamar	27 orang
6. KOS PEPER	45 Kamar	60 orang
7. KOS PEPER	15 Kamar	32 orang
8. KOS PEPER	10 Kamar	22 orang
9. KOS PEPER	5 Kamar	10 orang
10. KOS PEPER	19 Kamar	17 orang
11. KOS PEPER	10 Kamar	28 orang
12. KOS PEPER	9 Kamar	6 orang
13. KOS PEPER	15 Kamar	30 orang
14. KOS PEPER	27 Kamar	39 orang

BLOK E		
1. KOS PEPER	21 Kamar	26 orang
2. KOS PEPER	21 Kamar	26 orang
3. KOS PEPER	16 Kamar	20 orang
4. KOS PEPER	22 Kamar	28 orang
5. KOS PEPER	28 Kamar	32 orang
6. KOS PEPER	14 Kamar	20 orang
7. KOS PEPER	12 Kamar	18 orang
8. KOS PEPER	32 Kamar	42 orang
9. KOS PEPER	32 Kamar	42 orang
10. KOS PEPER	32 Kamar	42 orang
11. KOS PEPER	32 Kamar	42 orang
12. KOS PEPER	32 Kamar	42 orang
13. KOS PEPER	25 Kamar	31 orang
14. KOS PEPER	25 Kamar	31 orang
15. KOS PEPER	25 Kamar	31 orang
16. KOS PEPER	25 Kamar	31 orang
17. KOS PEPER	25 Kamar	31 orang
18. KOS PEPER	25 Kamar	31 orang
19. KOS PEPER	25 Kamar	31 orang
20. KOS PEPER	25 Kamar	31 orang
21. KOS PEPER	25 Kamar	31 orang
22. KOS PEPER	25 Kamar	31 orang
23. KOS PEPER	25 Kamar	31 orang
24. KOS PEPER	25 Kamar	31 orang
25. KOS PEPER	25 Kamar	31 orang
BLOK F		
1. KOS PEPER	21 Kamar	30 orang
2. KOS PEPER	21 Kamar	30 orang
3. KOS PEPER	21 Kamar	30 orang
4. KOS PEPER	21 Kamar	30 orang
5. KOS PEPER	21 Kamar	30 orang
6. KOS PEPER	21 Kamar	30 orang
7. KOS PEPER	21 Kamar	30 orang
8. KOS PEPER	21 Kamar	30 orang
9. KOS PEPER	21 Kamar	30 orang
10. KOS PEPER	21 Kamar	30 orang
11. KOS PEPER	21 Kamar	30 orang
12. KOS PEPER	21 Kamar	30 orang
13. KOS PEPER	21 Kamar	30 orang
14. KOS PEPER	21 Kamar	30 orang
15. KOS PEPER	21 Kamar	30 orang
16. KOS PEPER	21 Kamar	30 orang
17. KOS PEPER	21 Kamar	30 orang
18. KOS PEPER	21 Kamar	30 orang
19. KOS PEPER	21 Kamar	30 orang
20. KOS PEPER	21 Kamar	30 orang
21. KOS PEPER	21 Kamar	30 orang
22. KOS PEPER	21 Kamar	30 orang
23. KOS PEPER	21 Kamar	30 orang
24. KOS PEPER	21 Kamar	30 orang
25. KOS PEPER	21 Kamar	30 orang

BLOK G		
1. KOS PEPER	11 Kamar	14 orang
2. KOS PEPER	39 Kamar	41 orang
3. KOS PEPER	23 Kamar	28 orang
4. KOS PEPER	21 Kamar	23 orang
5. KOS PEPER	15 Kamar	21 orang
6. KOS PEPER	10 Kamar	15 orang
7. KOS PEPER	25 Kamar	28 orang
8. KOS PEPER	19 Kamar	23 orang
9. KOS PEPER	23 Kamar	28 orang
10. KOS PEPER	18 Kamar	20 orang
11. KOS PEPER	21 Kamar	23 orang
12. KOS PEPER	23 Kamar	28 orang
13. KOS PEPER	25 Kamar	28 orang
14. KOS PEPER	29 Kamar	30 orang
BLOK H		
1. KOS PEPER	22 Kamar	35 orang
2. KOS PEPER	22 Kamar	35 orang
3. KOS PEPER	22 Kamar	35 orang
4. KOS PEPER	22 Kamar	35 orang
5. KOS PEPER	22 Kamar	35 orang
6. KOS PEPER	22 Kamar	35 orang
7. KOS PEPER	22 Kamar	35 orang
8. KOS PEPER	22 Kamar	35 orang
9. KOS PEPER	22 Kamar	35 orang
10. KOS PEPER	22 Kamar	35 orang
11. KOS PEPER	22 Kamar	35 orang
12. KOS PEPER	22 Kamar	35 orang
13. KOS PEPER	22 Kamar	35 orang
14. KOS PEPER	22 Kamar	35 orang
15. KOS PEPER	22 Kamar	35 orang
16. KOS PEPER	22 Kamar	35 orang
17. KOS PEPER	22 Kamar	35 orang
18. KOS PEPER	22 Kamar	35 orang
19. KOS PEPER	22 Kamar	35 orang
20. KOS PEPER	22 Kamar	35 orang
21. KOS PEPER	22 Kamar	35 orang
22. KOS PEPER	22 Kamar	35 orang
23. KOS PEPER	22 Kamar	35 orang
24. KOS PEPER	22 Kamar	35 orang
25. KOS PEPER	22 Kamar	35 orang
BLOK I		
1. KOS PEPER	32 Kamar	30 orang
2. KOS PEPER	32 Kamar	30 orang
3. KOS PEPER	32 Kamar	30 orang
4. KOS PEPER	32 Kamar	30 orang
5. KOS PEPER	32 Kamar	30 orang
6. KOS PEPER	32 Kamar	30 orang
7. KOS PEPER	32 Kamar	30 orang
8. KOS PEPER	32 Kamar	30 orang
9. KOS PEPER	32 Kamar	30 orang
10. KOS PEPER	32 Kamar	30 orang
11. KOS PEPER	32 Kamar	30 orang
12. KOS PEPER	32 Kamar	30 orang
13. KOS PEPER	32 Kamar	30 orang
14. KOS PEPER	32 Kamar	30 orang
15. KOS PEPER	32 Kamar	30 orang
16. KOS PEPER	32 Kamar	30 orang
17. KOS PEPER	32 Kamar	30 orang
18. KOS PEPER	32 Kamar	30 orang
19. KOS PEPER	32 Kamar	30 orang
20. KOS PEPER	32 Kamar	30 orang
21. KOS PEPER	32 Kamar	30 orang
22. KOS PEPER	32 Kamar	30 orang
23. KOS PEPER	32 Kamar	30 orang
24. KOS PEPER	32 Kamar	30 orang
25. KOS PEPER	32 Kamar	30 orang





## LAMPIRAN 7

### KUISIONER PENGGUNAAN AIR BERSIH PERJIWA

KUISIONER JUMLAH AIR BERSIH YANG DIGUNAKAN OLEH MASYARAKAT BTN  
UNTUK AKTIVITAS DALAM SATU HARI

Nama kos-kosan: *NUJRA*  
Blok : *A*

NO	NAMA	STATUS	PERTANYAAN	JUMLAH PENGGUNAAN AIR DALAM SEHARI			KETERANGAN
				20 Liter/Hari	10 Liter/Hari	50 Liter/Hari	
01	<i>Angelina Lopo</i>	<i>Mahasiswa</i>	1. Berapa jumlah air untuk mandi dalam satu hari	✓			
			2. Berapa jumlah air untuk kegiatan memasak dalam satu hari		✓		
			3. Berapa jumlah air untuk cuci pakuhan dalam satu hari			✓	
02	<i>Erandi Luneta</i>	<i>Mahasiswa</i>	1. Berapa jumlah air untuk mandi dalam satu hari	✓			
			2. Berapa jumlah air untuk kegiatan memasak dalam satu hari		✓		
			3. Berapa jumlah air untuk cuci pakuhan dalam satu hari			✓	

KUISIONER JUMLAH AIR BERSIH YANG DIGUNAKAN OLEH MASYARAKAT BTN  
UNTUK AKTIVITAS DALAM SATU HARI

Nama kos-kosan: *NUJRA*  
Blok : *B*

NO	NAMA	STATUS	PERTANYAAN	JUMLAH PENGGUNAAN AIR DALAM SEHARI			KETERANGAN
				20 Liter/Hari	10 Liter/Hari	50 Liter/Hari	
03	<i>Sabrina Hoer</i>		1. Berapa jumlah air untuk mandi dalam satu hari	✓			
			2. Berapa jumlah air untuk kegiatan memasak dalam satu hari		✓		
			3. Berapa jumlah air untuk cuci pakuhan dalam satu hari			✓	
04	<i>Alviani Monehat</i>		1. Berapa jumlah air untuk mandi dalam satu hari	✓			
			2. Berapa jumlah air untuk kegiatan memasak dalam satu hari		✓		
			3. Berapa jumlah air untuk cuci pakuhan dalam satu hari			✓	
05	<i>Atris Wanga</i>		1. Berapa jumlah air untuk mandi dalam satu hari	✓			
			2. Berapa jumlah air untuk kegiatan memasak dalam satu hari		✓		
			3. Berapa jumlah air untuk cuci pakuhan dalam satu hari			✓	
06	<i>Apollonius Planch</i>		1. Berapa jumlah air untuk mandi dalam satu hari	✓			
			2. Berapa jumlah air untuk kegiatan memasak dalam satu hari		✓		
			3. Berapa jumlah air untuk cuci pakuhan dalam satu hari			✓	

KUISIONER JUMLAH AIR BERSIH YANG DIGUNAKAN OLEH MASYARAKAT BTN  
UNTUK AKTIVITAS DALAM SATU HARI

Nama kos-kosan: *NUJRA*  
Blok : *A*

NO	NAMA	STATUS	PERTANYAAN	JUMLAH PENGGUNAAN AIR DALAM SEHARI			KETERANGAN
				20 Liter/Hari	10 Liter/Hari	50 Liter/Hari	
07	<i>Maria Estera Tack</i>		1. Berapa jumlah air untuk mandi dalam satu hari	✓			
			2. Berapa jumlah air untuk kegiatan memasak dalam satu hari		✓		
			3. Berapa jumlah air untuk cuci pakuhan dalam satu hari			✓	
08	<i>Deborah Paul</i>		1. Berapa jumlah air untuk mandi dalam satu hari	✓			
			2. Berapa jumlah air untuk kegiatan memasak dalam satu hari		✓		
			3. Berapa jumlah air untuk cuci pakuhan dalam satu hari			✓	
09	<i>Cristina Dia</i>		1. Berapa jumlah air untuk mandi dalam satu hari	✓			
			2. Berapa jumlah air untuk kegiatan memasak dalam satu hari		✓		
			3. Berapa jumlah air untuk cuci pakuhan dalam satu hari			✓	
10	<i>Adela Dini</i>		1. Berapa jumlah air untuk mandi dalam satu hari	✓			
			2. Berapa jumlah air untuk kegiatan memasak dalam satu hari		✓		
			3. Berapa jumlah air untuk cuci pakuhan dalam satu hari			✓	

KUISIONER JUMLAH AIR BERSIH YANG DIGUNAKAN OLEH MASYARAKAT BTN  
UNTUK AKTIVITAS DALAM SATU HARI

Nama kos-kosan: *NUJRA*  
Blok : *B*

NO	NAMA	STATUS	PERTANYAAN	JUMLAH PENGGUNAAN AIR DALAM SEHARI			KETERANGAN
				20 Liter/Hari	10 Liter/Hari	50 Liter/Hari	
01	<i>Juanita de Araujo</i>		1. Berapa jumlah air untuk mandi dalam satu hari	✓			
			2. Berapa jumlah air untuk kegiatan memasak dalam satu hari		✓		
			3. Berapa jumlah air untuk cuci pakuhan dalam satu hari			✓	
02	<i>Evilair Leite</i>		1. Berapa jumlah air untuk mandi dalam satu hari	✓			
			2. Berapa jumlah air untuk kegiatan memasak dalam satu hari		✓		
			3. Berapa jumlah air untuk cuci pakuhan dalam satu hari			✓	



**KUISONER JUMLAH AIR BERSIH YANG DIGUNAKAN OLEH MASYARAKAT BTN  
UNTUK AKTIVITAS DALAM SATU HARI**

Nama ku-konsumen: *N.N.G.4*  
Blok: *B*

NO	NAMA	STATUS	PERTANYAAN	JUMLAH PENGGUNAAN AIR DALAM SEHARI			KETERANGAN
				20 Liter/Hari	10 Liter/Hari	50 Liter/Hari	
03	<i>Julieta Lauerbera</i>		1. Berapa jumlah air untuk mandi dalam satu hari 2. Berapa jumlah air untuk kegiatan memasak 3. Berapa jumlah air untuk cuci pakuayan dalam satu hari	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
04	<i>P. Wardana Marisatu</i>		1. Berapa jumlah air untuk mandi dalam satu hari 2. Berapa jumlah air untuk kegiatan memasak dalam satu hari 3. Berapa jumlah air untuk cuci pakuayan dalam satu hari	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
05	<i>Maryana Utiuk</i>		1. Berapa jumlah air untuk mandi dalam satu hari 2. Berapa jumlah air untuk kegiatan memasak dalam satu hari 3. Berapa jumlah air untuk cuci pakuayan dalam satu hari	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
06	<i>Maria T. Mu</i>		1. Berapa jumlah air untuk mandi dalam satu hari 2. Berapa jumlah air untuk kegiatan memasak dalam satu hari 3. Berapa jumlah air untuk cuci pakuayan dalam satu hari	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**KUISONER JUMLAH AIR BERSIH YANG DIGUNAKAN OLEH MASYARAKAT BTN  
UNTUK AKTIVITAS DALAM SATU HARI**

Nama ku-konsumen: *SEG 4*  
Blok: *C*

NO	NAMA	STATUS	PERTANYAAN	JUMLAH PENGGUNAAN AIR DALAM SEHARI			KETERANGAN
				20 Liter/Hari	10 Liter/Hari	50 Liter/Hari	
01	<i>Amayda Lora</i>	<i>Meloyan</i>	1. Berapa jumlah air untuk mandi dalam satu hari 2. Berapa jumlah air untuk kegiatan memasak dalam satu hari 3. Berapa jumlah air untuk cuci pakuayan dalam satu hari	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
02	<i>Arjaya Bure</i>	<i>Meloyan</i>	1. Berapa jumlah air untuk mandi dalam satu hari 2. Berapa jumlah air untuk kegiatan memasak dalam satu hari 3. Berapa jumlah air untuk cuci pakuayan dalam satu hari	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**KUISONER JUMLAH AIR BERSIH YANG DIGUNAKAN OLEH MASYARAKAT BTN  
UNTUK AKTIVITAS DALAM SATU HARI**

Nama ku-konsumen: *SEG 4*  
Blok: *C*

NO	NAMA	STATUS	PERTANYAAN	JUMLAH PENGGUNAAN AIR DALAM SEHARI			KETERANGAN
				20 Liter/Hari	10 Liter/Hari	50 Liter/Hari	
03	<i>Arina Yuda Lora</i>		1. Berapa jumlah air untuk mandi dalam satu hari 2. Berapa jumlah air untuk kegiatan memasak 3. Berapa jumlah air untuk cuci pakuayan dalam satu hari	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
04	<i>Arina Edhari</i>		1. Berapa jumlah air untuk mandi dalam satu hari 2. Berapa jumlah air untuk kegiatan memasak dalam satu hari 3. Berapa jumlah air untuk cuci pakuayan dalam satu hari	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
05	<i>Arwandy Marlina</i>		1. Berapa jumlah air untuk mandi dalam satu hari 2. Berapa jumlah air untuk kegiatan memasak dalam satu hari 3. Berapa jumlah air untuk cuci pakuayan dalam satu hari	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
06	<i>Irena Pratik</i>		1. Berapa jumlah air untuk mandi dalam satu hari 2. Berapa jumlah air untuk kegiatan memasak dalam satu hari 3. Berapa jumlah air untuk cuci pakuayan dalam satu hari	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**KUISONER JUMLAH AIR BERSIH YANG DIGUNAKAN OLEH MASYARAKAT BTN  
UNTUK AKTIVITAS DALAM SATU HARI**

Nama ku-konsumen: *Pratik*  
Blok: *D*

NO	NAMA	STATUS	PERTANYAAN	JUMLAH PENGGUNAAN AIR DALAM SEHARI			KETERANGAN
				20 Liter/Hari	10 Liter/Hari	50 Liter/Hari	
01	<i>Maria Pratik Suman</i>		1. Berapa jumlah air untuk mandi dalam satu hari 2. Berapa jumlah air untuk kegiatan memasak dalam satu hari 3. Berapa jumlah air untuk cuci pakuayan dalam satu hari	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
02	<i>Sales Jina UT</i>		1. Berapa jumlah air untuk mandi dalam satu hari 2. Berapa jumlah air untuk kegiatan memasak dalam satu hari 3. Berapa jumlah air untuk cuci pakuayan dalam satu hari	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## LAMPIRAN 8

## DATA MENTAH PERTUMBUHAN TANAMAN

## 1. Tinggi Tanaman

No	Perlakuan	Ulangan	Tinggi tanaman (cm)					
			1 MST	2 MST	3 MST	4 MST	5 MST	
<b>1</b>	<b>A</b> <b>(200 ml)</b>	<b>1</b>	5,00	7,22	9,50	10,50	15,00	
		<b>2</b>	5,20	8,20	9,00	10,45	15,00	
		<b>3</b>	5,00	7,20	10,00	10,50	15,20	
		<b>4</b>	5,00	8,00	9,80	10,20	15,20	
<b>RATA - RATA</b>			<b>5,05</b>	<b>7,655</b>	<b>9,575</b>	<b>10,4125</b>	<b>15,10</b>	
<b>2</b>	<b>B</b> <b>(300 ml)</b>	<b>1</b>	5,00	7,20	10,00	10,80	16,10	
		<b>2</b>	5,00	7,86	10,20	11,50	16,00	
		<b>3</b>	5,00	7,20	10,00	10,50	15,70	
		<b>4</b>	5,10	8,20	10,00	11,00	16,00	
<b>RATA - RATA</b>			<b>5,025</b>	<b>7,615</b>	<b>10,05</b>	<b>10,95</b>	<b>15,95</b>	
<b>3</b>	<b>C</b> <b>(400 ml)</b>	<b>1</b>	5,00	7,20	9,45	11,50	16,00	
		<b>2</b>	5,20	7,60	10,80	11,00	16,50	
		<b>3</b>	5,00	7,20	10,20	11,10	15,40	
		<b>4</b>	5,10	8,00	11,00	11,00	16,60	
<b>RATA - RATA</b>			<b>5,075</b>	<b>7,50</b>	<b>10,3625</b>	<b>11,15</b>	<b>16,375</b>	
<b>4</b>	<b>D</b> <b>(0 ml)</b>	<b>1</b>	6,00	8,60	13,00	14,80	17,50	
		<b>2</b>	6,20	9,00	13,20	15,50	18,40	
		<b>3</b>	6,00	8,40	12,80	15,00	18,20	
		<b>4</b>	6,00	9,20	14,00	15,50	18,40	
<b>RATA - RATA</b>			<b>6,05</b>	<b>8,80</b>	<b>13,25</b>	<b>15,20</b>	<b>18,125</b>	

## 2. Jumlah Daun

No	Perlakuan	Ulangan	Jumlah daun				
			1 MST	2 MST	3 MST	4 MST	5 MST
<u>1</u>	A (200 ml)	1	4	4	5	7	8
		2	4	4	6	7	8
		3	5	5	6	8	9
		4	6	6	6	7	8
RATA - RATA			4,75	4,75	5,75	7,25	8,25
2	B (300 ml)	1	4	5	6	7	9
		2	4	4	6	7	9
		3	5	6	7	7	10
		4	4	5	6	7	10
RATA - RATA			4,25	5,00	6,25	7,00	9,50
3	C (400 ml)	1	5	6	6	8	10
		2	5	6	7	8	10
		3	6	7	7	9	11
		4	6	6	6	8	11
RATA - RATA			5,50	6,25	6,50	8,25	10,50
<u>4</u>	D (0 ml)	1	6	6	7	8	10
		2	6	6	8	9	11
		3	6	6	7	8	10
		4	6	6	8	10	11
RATA - RATA			6,00	6,00	7,50	8,75	10,50

**LAMPIRAN 9**  
**FOTO – FOTO PENELITIAN**



**Air limbah di lingkungan**



***E. crassipes* Mart (Solms)**



***P. stratiotes* L.**



***E. hyemale* L.**



**Pembuatan wetland**



**Aklimatisasi tanaman**



**Air limbah sebelum diolah**



**Fitoremediasi Hari 1**



**Fitoremediasi Hari 3**



**Fitoremediasi Hari 5**



**Fitoremediasi Hari 7**



**Air limbah setelah diolah**



**Sampel air limbah sebelum & sesudah pengolahan**



***P. stratiotes* L.**





*E. crassipes* Mart (Solm)



Persemaian Caisim



Penanaman Caisim



Pengukuran Caisim



Caisim 5 MST



Pembuatan gelas ukur



Desain Penelitian