TA/TL/2022/1429

TUGAS AKHIR

POTENSI TANAMAN PANGAN DAN FUNGI *INDIGENOUS* UNTUK REMEDIASI *GREYWATER* DENGAN SISTEM *FLOATING WETLAND*

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan

TIARA CHANDRA KIRANA
17513157

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA

2022

TUGAS AKHIR

POTENSI TANAMAN PANGAN DAN FUNGI *INDIGENOUS* UNTUK REMEDIASI *GREYWATER* DENGAN SISTEM *FLOATING WETLAND*

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan

TIARA CHANDRA KIRANA
17513157

Disetujui,
Dosen Pembimbing:

Dewi Wulandari, S.Hut., M.Agr., Ph.D.	**Dr. Joni Aldilla Fajri, S.T., M.Eng.**
NIK. 185130401	**NIK. 165131306**
Tanggal:	Tanggal:

Mengetahui,
Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII

Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES., Ph.D.
NIK. 025100406
Tanggal: 14 Februari 2022

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

HALAMAN PENGESAHAN*

POTENSI TANAMAN PANGAN DAN FUNGI *INDIGENOUS* UNTUK REMEDIASI *GREYWATER* DENGAN SISTEM *FLOATING WETLAND*

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji
Hari : Minggu
Tangggal : 13 Februari 2022

Disusun Oleh:

TIARA CHANDRA KIRANA

17513157

Tim Penguji :

Dewi Wulandari, S.Hut., M.Agr., Ph.D. ( )

Dr. Joni Aldilla Fajri, S.T., M.Eng. ( )

Annisa Nur Lathifah, S.Si., M.Biotech., Ph.D. ( )

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

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

Yogyakarta, 13 Februari 2022

Yang membuat pernyataan,



Tiara Chandra Kirana

17513 157

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *subhanahu wa ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga tugas akhir ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak Juni 2021 ini ialah **Potensi Tanaman Pangan dan Fungi *Indigenous* Untuk Remediasi *Greywater* Dengan Sistem *Floating Wetland.***

Penyusunan laporan Tugas Akhir ini diajukan sebagai syarat akademik untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik bagi Mahasiswa Strata Satu Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Selama penyusunan laporan ini penulis banyak mendapatkan semangat, dukungan, bantuan, bimbingan, serta doa dari berbagai pihak. Maka dari itu, penulis menyampaikan rasa terima kasihTerima kasih penulis ucapkan kepada:

1. Allah *subhanahu wa taala* yang senantiasa memberikan kemudahan dan kelancaran
2. Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Bapak Eko Siswoyo, S.T., M.Sc., ES., M.Sc., Ph.D.
3. Dosen Pembimbing Tugas Akhir Ibu Dewi Wulandari, S.Hut., M.Agr., Ph.D. dan Bapak Dr. Joni Aldilla Fajri, S.T., M.Eng. yang telah banyak membimbing dan membantu dengan sepenuh hati hingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.
4. Kedua orang tua yang sangat dicintai Baba Bambang Dwi Raharjo dan Mama Puji Endah Hastuti yang senantiasa melimpahkan doa dan kasih saying yang tiada terputus.
5. Rekan Tugas Akhir penulis, Zahra, yang telah berjuang bersama hingga akhir.
6. *Staff* Laboratorium Teknik Lingkungan yang telah banyakmembantu dalam pengerjaan Tugas Akhir.
7. Mas Heri dan Mbak Ratna yang banyak memberikan informasi mengenaisemua info akademik Prodi Teknik Lingkungan
8. Segenap Tim Hore yang selalu menghibur penulis di saat sedih danmemberikan semangatnya

9. Diri saya sendiri yang sudah berjuang untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini hingga akhir.

Akhir kata penulis mengucapkan mohon maaf apabila terdapat banyak kesalahan dan terima kasih atas perhatiannya.

Yogyakarta, 14 Januari 2020

Tiara Chandra Kirana

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

ABSTRAK

TIARA CHANDRA KIRANA. Potensi Tanaman Pangan dan Fungi *Indigenous* Untuk Remediasi *Greywater* Dengan Sistem *Floating Wetland.* Dibimbing oleh DEWI WULANDARI, S.HUT., M.AGR., Ph.D. dan Dr. JONI ALDILLA FAJRI, S.T., M.ENG.

Greywater merupakan jenis limbah cair yang banyak dihasilkan oleh manusia akibat dari adanya kegiatan manusia seperti kegiatan cuci mencuci, mandi non kakus, dan air buangan dari dapur. Kendati demikian, pengolahan air limbah *greywater* belum banyak dilakukan sehingga mengakibatkan terjadinya pencemaran senyawa organik ke dalam badan air dalam jumlah besar. Upaya yang dapat dilakukan untuk memulihkan zat pencemar dalam air limbah *greywater* adalah melakukan remediasi menggunakan tanaman hijau. Pada penelitian ini, digunakan Sawi Hijau (*Brasicca juncea* L.*)* dan Kangkung Air *(Ipomoea aquatic* F.*)* sebagai tanaman fitoremediasi dan penambahan konsorsium fungi *indigenous* ke bagian akar tanaman dan air limbah *greywater*. Tujuannya adalah untuk mengidentifikasi potensi kinerja fungi *indigenous* terhadap tanaman dalam menurunkan kadar senyawa organik yang terkandung dalam air limbah domestik. Hasilnya menunjukkan bahwa konsorsium fungi *indigenous* memiliki potensi dalam bekerja sama dengan tanaman uji untuk mereduksi konsentrasi COD dalam air limbah namun terdapat efek samping terhadap tanaman, yaitu klorosis, nekrosis, dan kelayuan yang berujung tanaman menjadi mati.

Kata kunci: Air limbah domestik, Sawi Hijau (*Brasicca juncea* L.*)*, Kangkung Air (*Ipomoea aquatic* F*)*, fungi *indigenous*

ABSTRACT

TIARA CHANDRA KIRANA. *Potential of Food Crops and Indigenous Fungi For Greywater Remediation using Floating Wetland System*. *Supervised by* DEWI WULANDARI, S.HUT., M.AGR., Ph.D. and Dr. JONI ALDILLA FAJRI, S.T., M.ENG.

Greywater is a type of liquid waste which mostly produced by humans activities such as washing, bathing, and sink from the kitchen. However, greywater treatment has not been widely carried out, the impact was kind the contamination of organic compounds into water bodies in large quantities. The method that can be used to recover pollutants in greywater was remediationusing green plants. In this study, Green Mustard (*Brasicca juncea* L.*)* and Water Spinach *(Ipomoea aquatic* F.*)* were used as wastewater phytoremediation plants also using special treatment in the form of addition fungus consortium *indigenous* to the roots and the greywater. The aim is to identify the potential performance of fungus *indigenous* on plants in reducing levels of organic compounds contained in wastewater. The results show that a consortium of fungi *indigenous* has potential to cooperate with plants to reduce the concentration of Chemical Oxygen Demand (COD), however there was several impact of using addition fungus indigenous to the plants, such as clorosis, necrosis, and wilted which causes the mortal phases.

Keywords: *Domestic Wastewater, Green Mustard* (*Brasicca juncea* L.*), Water Spinach* (*Ipomoea aquatic* F*), fungus indigenous*

DAFTAR ISI

PERNYATAAN i
PRAKATA iv
ABSTRAK vi
DAFTAR ISI viii
DAFTAR TABEL xi
DAFTAR GAMBAR xiii
DAFTAR LAMPIRAN xiv
BAB I PENDAHULUAN 13
1.1 Latar Belakang 13
1.2 Perumusan Masalah 14
1.3 Tujuan Penelitian 14
1.4 Manfaat Penelitian 14
1.5 Asumsi Penelitian 15
1.6 Ruang Lingkup 15
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 17
2.1 Limbah Cair *Greywater* 17
2.2 Tanaman Uji 18
2.2.1 Sawi Hijau (*Brassica juncea* L.) 18
2.2.2 Kangkung Air (*Ipomoea aquatica* F.) 19
2.3 Fungi *Indigenous* pada Tanah 20
2.4 Penelitian Terdahulu 21
BAB III METODE PENELITIAN 23
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian 23
3.2 Tahapan Penelitian 23
3.3 Prosedur Penelitian 26
3.1.1 Persiapan Alat dan Bahan 26
3.1.2 Persiapan Kolam Air Limbah 26
3.1.3 Isolasi Fungi Indigenous 28
3.1.4 Kulturisasi Fungi *Indigenous* 29
3.1.5 Penyemaian dan Aklimatisasi Tanaman Uji 31

3.1.6 Proses Inokulasi Fungi *Indigenous* 32
3.1.7 *Running* Reaktor 32
3.1.8 Pengukuran Pertumbuhan Tanaman 34
3.1.9 Proses Panen Tanaman Uji 34
3.1.10 Pengambilan Sampel Air Limbah Domestik 34
3.2 Prosedur Analisis Data 35
3.2.1 Analisis Tanaman 35
3.2.2 Analisis Fungi *Indigenous* 35
3.2.3 Analisis Air Limbah dan Kualitas Lingkungan 35
BAB IV 38
4.1 Hasil dan Analisis Parameter dalam Penelitian 38
4.1.1 Analisis Kondisi Lingkungan 38
4.1.2 Identifikasi Fungi Indigenous 39
4.1.3 Laju Pertumbuhan Sawi Hijau *(Brassica juncea* L.*)* 45
4.1.4 Laju Pertumbuhan Kangkung Air (*Ipomoea aquatic* F.) 50
4.2 Hasil Pengujian Parameter Kualitas Air 54
4.2.1 Pengukuran Kadar Derajat Keasaman (pH) 54
4.2.2 Pengukuran Nilai *Electrical Conductivity* (EC) 56
4.2.3 Hasil Uji Kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD) 58
4.2.4 Hasil Uji Kadar Surfaktan (*Methylene Blue Active Substance*) 61
4.2.5 Hasil Uji Kadar Total Fosfat sebagai P 65
4.2.6 Hasil Uji Kadar Fosfat sebagai P dalam Tanaman 67
4.3 Pengaruh Penambahan Inokulasi Konsorsium Fungi ke dalam Tanaman Uji dan Air Limbah 69
BAB V SIMPULAN DAN SARAN 72
5.1 Simpulan 72
5.2 Saran 72
DAFTAR PUSTAKA 74
LAMPIRAN 78
RIWAYAT HIDUP 86

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Referensi Penelitian Terdahulu 21
Tabel 4. 1 Tabel Suhu Lingkungan 38
Tabel 4. 2 Tabel Kelembaban Lingkungan 39
Tabel 4. 3 Karakteristik Morfologi Isolat Fungi Indigenous secara Makroskopis 40
Tabel 4. 4 Parameter pH dalam PP No. 82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air 55
Tabel 4. 5 Kadar Derajat Keasaman (pH) dalam Air Limbah Domestik 55
Tabel 4. 6 Nilai Electrical Conductivity (EC) dalam Air Limbah 57
Tabel 4. 7 Parameter COD dalam PP No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air 59
Tabel 4. 8 Parameter Total Fosfat dalam PP No.82 Tahun 2001 tentangPengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air 66

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Bagan Alir Penelitian 24
Gambar 3. 2 Bagan Alir Jenis Perlakuan 25
Gambar 3. 3 Kolam terpal sebagai kontrol Kangkung Air (Kiri) dan Sawi Hijau (Kanan) 27
Gambar 3. 4 Kolam Terpal Kangkung Air (Kiri) dan Sawi Hijau (Kanan) dengan penambahan Fungi Indigenous 27
Gambar 3. 5 Bak Kontainer Hanya Air Limbah 28
Gambar 3. 6 Bak Kontainer yang diberi Inokulasi Fungi Indigenous 28
Gambar 3. 7 Lokasi Pengambilan Sampel Tanah 29
Gambar 3. 8 Tahapan Sub-Kultur Fungi Indigenous 30
Gambar 3. 9 Tahapan Isolasi Biakan Murni Fungi Indigenous 30
Gambar 3. 10 Proses Penyemaian Tanaman Uji 31
Gambar 3. 11 Reaktor kolam tampak atas 32
Gambar 3. 12 Reaktor air limbah yang tidak diberi perlakuan sama sekali 33
Gambar 3. 13 Reaktor air limbah yang diberi perlakuan tampak depan 33
Gambar 3. 14 Reaktor air limbah yang diberi perlakuan tampak samping. 33

Gambar 4. 1 Siklus Reproduksi pada jamur Aspergillus sp. 42
Sumber: Data Primer 2021 **Gambar 4. 2** Aspergillus sp. pada isolat F1 (Kiri) dan F2 (Kanan) a) Konidia b) Phialid c) Vesikel d) Konidiofor 42
Gambar 4. 3 Siklus Reproduksi pada jamur Paecilomyces sp 43
Sumber: Data Primer 2021 **Gambar 4. 4** Paecilomyces sp. pada isolat F3 a) Konidia b) Phialid c) Konidiofor 44
Gambar 4. 5 Nilai Enumerisasi Populasi Fungi dalam 1 ml Sampel Air Limbah 45
Gambar 4. 6 Grafik Perbandingan Ketahanan Hidup Sawi Hijau (Brassica juncea L.) 46
Gambar 4. 7 Grafik Rata-Rata Tinggi Sawi Hijau (Brassica juncea L.) 47
Gambar 4. 8 Grafik Selisih Jumlah Daun Sawi Hijau (Brassica juncea L.) 48
Gambar 4. 9 Grafik Selisih Panjang Akar pada Sawi Hijau (Brassica juncea L.) 49
Gambar 4. 10 Grafik Perbedaan Biomassa Pada Sawi Hijau (Brassica juncea L.) 49
Gambar 4. 11 Grafik Perbandingan Ketahanan Hidup Kangkung Air (Ipomoea aquatic F.) 50
Gambar 4. 12 Grafik Selisih Tinggi Kangkung Air (Ipomoea aquatic F.) 51
Gambar 4. 13 Grafik Selisi Jumlah Daun Kangkung Air (Ipomoea aquatic F.) 52
Gambar 4. 14 Grafik Selisih Panjang Akar Kangkung Air (Ipomoea aquatic F.) 52
Gambar 4. 15 Grafik Biomassa Kangkung Air (Ipomoea aquatic F.) 53
Gambar 4. 16 Hasil Pengujian Kadar Konsentrasi COD dalam Air Limbah Greywater 60
Gambar 4. 17 Hasil Pengujian Kadar Surfaktan dalam Air Limbah Greywater 64
Gambar 4. 18 Hasil Pengujian Kadar Fosfat dalam Air Limbah Greywater 67
Gambar 4. 19 Kadar Serapan Fosfat Pada Tanaman Uji 69

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Pengujian Chemical Oxygen Demand (COD) 78
Lampiran 2 Pengujian Fosfat 78
Lampiran 3 Pengujian Surfaktan 79
Lampiran 4 Dokumentasi Lapangan 80
Lampiran 5 Proses Isolasi dan Kulturisasi Fungi Indigenous 83
Lampiran 6 Hasil isolasi fungi air limbah 84

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Negara Indonesia menduduki posisi ke-empat (4) sebagai negara yang memiliki jumlah populasi terbesar di dunia dengan jumlah penduduk berkisar dua ratus tujuh puluh juta jiwa (270) per Desember 2020 (Badan Pusat Statistik, 2020). Dewasa ini, laju pertumbuhan penduduk semakin melesat tinggi sehingga menimbulkan dampak yang salah satunya adalah dampak negatif terhadap siklus ekosistem lingkungan. Kurang lebih sebanyak 72% dari populasi urban dan 35% populasi pribumi dihadapkan dengan sistem sanitasi yang kurang memadai (Otterpohl R, 1997). Sanitasi lingkungan merupakan status kesehatan suatu lingkungan yang meliputi perumahan, pembuangan kotoran, penyediaan air, serta toilet yang layak (Notoatmodjo, 2007). Masalah sanitasi di perkotaan merupakan polemik pelik yang menyita banyak perhatian dari berbagai pihak. Salah satu contoh permasalahan dari buruknya sanitasi di Indonesia adalah pencemaran badan air oleh limbah cair domestik atau *greywater*.

Secara harfiah *greywater* adalah air limbah yang berasal dari proses kegiatan mandi, mencucipakaian, dan buangan cair dari dapur (Tim Teknis Pembangunan Sanitasi, 2010). Sebanyak kurang lebih 70% air limbah domestik rumah tangga mengandung kadar zat organik yang tinggi namun dilepaskan begitu saja ke badan air di sejumlah area, terutama pada daerah dengan jumlah populasi urban tinggi (Soewondo P., 2008). Partikel senyawa organik yang berasal dari kegiatan domestik manusia dapat ditemukan sebagai partikel koloid yang sulit terurai sehingga menyebabkan kekeruhan dengan intensitas yang tinggi (Widyatmoko, 2010)

Salah satu senyawa organik yang terkandung dalam limbah cair domestik adalah fosfat yang jika dilepaskan ke badan air dalam konsentrasi tinggi menimbulkan dampak berupa terganggunya daur hidup ekosistem perairan berupa eutrofikasi, badan air menjadi kaya akan nutrien terlarut, menurunnya kandungan oksigen terlarut, serta berkurangnya kemampuan daya dukung badan air terhadap biota air (Elly, 2008). Selain itu, dampak negatif lainnya adalah akumulasi surfaktan pada ekosistem perairan sehingga menimbulkan masalah pendangkalan perairan dan terhambatnya transfer oksigen (Nasution, 2013). Selain kadar fosfat dan surfaktan, konsentrasi *Chemical Oxygen Demand* (COD) yang terlalu tinggi dalam air dapat berpengaruh pada ekosistem biota air. Jika dibiarkan, hal tersebut dapat menyebabkan kerusakan pada kehidupan biota air dan peningkatan unsur hara yang tidak terkendali.

1.2 Perumusan Masalah

Masalah yang dirumuskan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana kemampuan fungi *indigenous* dalam memproduksi biomassa Sawi Hijau *(Brassica Juncea L.)* dan Kangkung Air (*Ipomoea aquatica* F.)?

1.1 Bagaimana pengaruh inokulasi fungi *indigenous* pada Sawi (*Brassica Juncea*) dan Kangkung Air (*Ipomoea aquatica* F.) dalam menurunkan konsentrasi COD, fosfat, surfaktan, kadar pH, serta nilai konduktivitas elektrolisis pada limbah cair *greywater*?

1.3 Tujuan Penelitian

Mengetahui kemampuan fungi *indigenous* dalam memproduksi biomassa Sawi Hijau (*Brassica Juncea* L.) dan Kangkung Air (*Ipomoea aquatica* F.) serta investigasi pengaruh inokulasi fungi *indigenous* pada Sawi Hijau (*Brassica Juncea* L.) dan Kangkung Air (*Ipomoea aquatica* F.) dalam menurunkan konsentrasi COD, fosfat, surfaktan, kadar pH.serta nilai konduktivitas elektrolisis dalam limbah cair *greywater*.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi Perguruan Tinggi

   Hasil penelitian dapat menjadi referensi pembelajaran, khususunya mengenai pengetahuan tentang remediasi limbah cair domestik menggunakan Sawi Hijau *(Brassica juncea* L.*)* dan Kangkung Air (*Ipomoea aquatica* F.) sebagai sarana dalammenghasilkan sarjana teknik yang handal dan memiliki pengetahuan mendalam tentang restorasi lingkungan yang terkena dampak pencemaran limbah cair domestik.

2. Bagi Masyarakat

   Sebagai referensi bahan penelitian mengenai restorasi lingkungan yang terkena dampak pencemaran limbah cair domestik dan bahan kajian penentuan hipotetis lainnya yang berhubungan.

3. Bagi Pemerintah

   Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan masukan dan bahan pertimbangan dalam mengambil kebijakan restorasi lingkungan yang terkena dampak pencemaran limbah cair domestik.

1.5 Asumsi Penelitian

Pada salah satu studi literatur pengolahan air limbah, digunakan air dari tanggulan sub das Cikapundung menggunakan sistem *floating wetlands* dengan potensi masyarakat sekitar (Annisa Satwika Lestari, 2013). Tingginya data kuantitas kadar pencemar limbah cair domestik mengganggu perairan dan menjadi sebab dilakukannya fitoremediasi menggunakan tanaman agraria. Hal ini yang mendasari penelitian ini dilakukan namun dengan memberikan variasi lain, yaitu dengan menambahkan inokulum fungi yang diharapkan dapat membantu pertumbuhan tanaman uji serta memaksimalkan kinerja tanaman dalam mereduksi kadar pencemar dalam air limbah *greywater*.

.

1.6 Ruang Lingkup

Ruang Lingkup pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Isolasi fungi *indigenous* dari tanah yang terkontaminasi limbah cair domestik dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
2. Pengujian, COD, Fosfat. Surfaktan, kadar pH.serta nilai konduktivitas elektrolisisdalam air.
3. Penelitian, pengamatan dan pelaksanaan dilakukan dalam skala rumah kaca.

"Halaman sengaja dikosongkan."

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah Cair *Greywater*

Limbah cair *greywater* adalah air limbah yang berasal dari sisa kegiatan manusia berupa aktivitas nonkakus seperti mandi, dapur (yang mengandung sisa-sisa makanan), serta cuci mencuci. Kandungan bahan organik air limbah *greywater* masuk ke dalam kategori tinggi (Raju N. G., 2007). Pada *greywater*, konsentrasi zat organik (terutama kandungan COD), nutrien, dan patogen jauhlebih rendah apabila dibandingkan dengan *blackwater* (Hindarko, 2003). Jika diteliti lebih lanjut, limbah cair domestik dan perkotaan mengandung nutrisi makro seperti senyawa nitrogen, fosfor, serta potasium dan juga nutrisi mikro seperti kalsium dan magnesium yang diperlukan oleh tanaman dan juga kesuburan tanah (Otterphol, 2002).

Limbah cair domestik terbagi menjadi dua kategori, yaitu limbah cair domestik yang berasal dari air cucian seperti sabun, deterjen, minyak serta pestisida dan limbah cair domestik yang bersumber dari kakus, seperti sabun, sampo, tinja dan air seni (Finley, 2008). Pada produk rumah tangga seperti sabun mandi, sabun cuci, pasta gigi juga terdapat kandungan deterjen. Deterjen terdiri atas sejumlah komponen utama, yaitu surfaktan, bahan builders (senyawa fosfat) serta bahan aditif (pemutih dan pewangi). Surfaktan yang digunakan sebagai detergen umumnya bersifat anionik, toksik serta dapat terjadi destabilisasi bagi makhluk hidup. Surfaktan jenis *Alkyl Benzene Sulfonat* (ABS) dan *Alkyl Benzene Sulphonates* (LAS) merupakan senyawa aktif detergen. Yang membedakan adalah senyawa ABS sulit diuraikan oleh lingkungan sedangkan senyawa LAS dapat terurai dalam kondisi aerob sehingga apabila dibuang ke sungai maka senyawa LAS dapat terurai dengan mudah dan menyebabkan warna air sungai menjadi keruh (Utami, 2013). Selain itu senyawa LAS juga dapat mengganggu pertumbuhan alga laut (Purnamasari, 2014).

Dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, terdapat klasifikasi mutu limbah cair yang ditetapkan menjadi empat (4) kelas sesuai dengan peruntukannya. Pada limbah cair domestik, diklasifikasikan ke dalam kelas empat (4), yaitu air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertanaman dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut (Astuti, 2018). Tujuan dilakukannya klasifikasi kelas air dilakukan adalah tolak ukurkualitas air terhadap lingkungan. Kendati demikian, limbah cair domestik tetap dapat menimbulkan efek negatif terhadap lingkungan.

Perlunya fitoremediasi terhadap *greywater* selain mencegah terjadinya pencemaran badan air adalah menjaga daur hidup ekosistem perairan yang berkesinambungan terhadap keberlangsungan hidup manusia. Tingginya laju pertumbuhan penduduk seharusnya berbanding lurus dan seimbang terhadap ekosistem lingkungan untuk menciptakan kehidupan yang layak bagi seluruh makhluk hidup. Dalam Peraturan Pemerintah No. 28 Tahun 2011 tentang Pengelolaan Kawasan Suaka Alam Dan Kawasan Pelestarian Alam juga disebutkan mengenai perlunya pemulihan ekosistem berupa restorasi (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 82, 2001).

2.2 Tanaman Uji

Pada penelitian ini, digunakan dua jenis tanaman agraria yaitu, Sawi Hijau (*Brassica juncea* L.) dan Kangkung Air (*Ipomoea aquatica* F.) yang diberikan perlakuan berbeda berupa inokulasi mikroorganisme pada akar tanaman serta air yang digunakan sebagai lahan penanaman.

2.2.1 Sawi Hijau (*Brassica juncea* L.)

Tanaman Sawi Hijau *(Brassica juncea* L.*)* merupakan jenis tanaman hortikultura yang tergolong ke dalam marga *Brassica*. Tanaman sawi yang dapat dimanfaatkan adalah daun atau bunganya sebagai bahan pangan (sayuran), baik segar maupun diolah. Dalam taksonomi tumbuhan, tanaman sawi hijau diklasifikasikan sebagai berikut :

Kingdom : Plantae
Subkingdom : Tracheobionta
Super Divisi : Spermatophyta
Divisi : Magnoliophyta
Kelas : Magnoliopsida
Sub Kelas : Dilleniidae
Ordo : Capparales
Famili : Brassicaceae
Genus : Brassica
Spesies : *Brassica juncea* L. (Badan Penanggulangan Bencana Daerah, 2015)

Daun sawi berbentuk pipih yang bersayap dan bertangkai panjang. Rentang waktu sawi dapat dipanen adalah 30 – 40 hari setelah masa tanam yang memenuhi syarat konsumsi (Rukmana, 2015). Sawi umumnya mudah berbunga dan berbiji secara alami baik di dataran

tinggi maupun di dataran rendah, struktur bunga sawi tersusun dalam tangkai bunga *(inflorescentia*) yang tumbuh memanjang (tinggi) dan bercabang banyak, tiap kuntum bunga sawi terdiri atas 4 helai daun kelopak, 4 helai daun mahkota bunga berwarna kuning cerah, 4 helai benang sari dan 1 buah putik yang berongga dua.

2.2.2 Kangkung Air (*Ipomoea aquatica* F.)

Kangkung Air (*Ipomoea aquatica* F.) merupakan salah satu tanaman yang dapat tumbuh hampir di seluruh wilayah tropis, baik di wilayah dataran rendah maupun wilayahdengan dataran tinggi, terutama pada wilayah dengan lahan yang terkan sinar matahari secara langsung. Kangkung air (*Ipomoea aquatica* F.*)* memiliki daun Panjang dengan ujung agak tumpul berwarna hijau kelam dan bunga berwarna kekuningan atau ungu. Bunga kangkung air berwarna putih kemerahan, ukuran batang, dan daun lebih besar dibandingkan dengan daun kangkung darat, batang berwarna hijau dan berbiji sedikit. Waktu tanam yang baik untuk penanaman kangkung air adalah pada musim kemarau karena pada musim penghujan lahan akan terendam lebih banyak lumpur sehingga dapatmerusak pertumbuhan kangkung (Kohar, 2005). Dalam taksonomi tumbuhan, tanaman kangkung air diklasifikasikan sebagai berikut :

Kingdom	: Plantae
Sub kingdom	: Tracheobionta
Divisi	: Spermatophyta / Magnoliophyta
Sub divisi	: Angiospermae
Kelas	: Dicotoledoneae
Sub kelas	: Asteridae
Ordo	: Solanales
Famili	: Convolvulaceae
Genus	: Ipomoea
Spesies	: *Ipomoea aquatica* F.

Tanaman Sawi Hijau (*Brassica juncea* L.) dan Kangkung Air (*Ipomoea aquatica* F.*)* dipilih sebagai bioakumulator logam berat karena memiliki biomassa yang besar, sehingga potensial digunakan sebagai tanaman fitoremediator logam berat (Nazaruddin, 2003). Selain itu, kedua tanaman ini membutuhkan zat organik makro yang terkandung dalam limbah cair sebagai nutrisi untuk tumbuh. Hal tersebut berguna sebagai pereduksikonsentrasi zat organik yang terkandung dalam limbah cair yang bertujuan mengurangi dampak pencemaran pada ekosistem air.

2.3 Fungi *Indigenous* pada Tanah

Mikroba memiliki enzim degradatif untuk melawan kontaminan tertentu serta memiliki serangkaian mekanisme yang mampu untuk mempertahankan homeostasis, tahan terhadap logam berat, serta mampu beradaptasi terhadap kondisi lingkungan sekitar. Mekanisme yang dimiliki oleh mikroba dalam proses bioremediasi, yaitu bioakumulasi, biomineralisasi, biosorpsi, dan biotransformasi (Saad, 2009). Mikroba yang berasal dari golongan bakteri dan fungi diketahui memiliki aktivitas lignoselulolitik. Menurut ((Goto, 1999), terdapat mikroba pathogen tanah, dengan menggunakan tanah yang kaya akan mikroba maka dapat menekan angka laju pertumbuhan penyait pada tanaman. Selain itu, penggunaan mikroba tanah disinyalir dapat membantu peningkatan unsur nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) yang secara otomatis meningkatkan kualitas dan keberlangsungan hidup tanaman ((Biswas, 2000)

Fungi merupakan salah satu organisme yang dapat bertahan hidup pada berbagai lingkungan dengan media yang berbeda - beda, serta memperoleh makanannya dari mediatempat fungi tersebut tumbuh. fungi juga dapat hidup pada sisa tumbuhan yang ada di dalam tanah atau hidup melekat pada organisme lain. Fungi dipilih sebagai salah satu organisme bioremidiasi yang mampu mendegradasi komponen yang bersifat toksik karena fungi mempunyai kemampuan untuk melakukan transformasi yaitu suatu perubahan dari bahan kimia berbahaya yang terbentuk pada limbah (Ayangbenro, 2017). Terdapat enzim ekstraseluler yang dihasilkan oleh fungi menyebabkan fungi dapatbertahan terhadap paparan bahan kimia yang bersifat toksik atau mutagenik (Choirunnisa,2017).

Fungi *Indigenous* adalah fungi yang memiliki kemampuan mengurai senyawaorganik dan mengubahnya menjadi sumber nutrisi untuk metabolisme dan biotransformasi (Guang Z., 2006). Fungi mampu berkembang di bawah pH ekstrim, suhu dan kondisi dengan variabilitas nutrisi (Raju N. S., 2007). Fungi *indigenous* memiliki sifat adaptif pada tanah, keragaman habitat, dan kemampuan untuk mengeluarkan banyak enzim menyebabkan fungi memiliki potensi sebagai agen untuk kegiatan bioremediasi (Deshmukh, 2016).

2.4 Penelitian Terdahulu

Berikut adalah beberapa referensi yang digunakan sebagai gambaran umum dilakukan penelitian :

Tabel 2. 1 Referensi Penelitian Terdahulu

No	Penulis	Judul Penelitian	Hasil
1	Liliya Dewi S., Ruslan Wirosoedarmo, & Ginanjar Aji Santoso (2018).	Pemanfaatan Limbah Cair *Greywater* untuk Hidroponik Tanaman Sawi (Brassica Juncea)	Limbah cair greywater dapat dimanfaatkan sebagai air media hidroponik tanaman sawi dikarenakan kadar pencemar yang terkandungmasih memenuhi standar untuk pemanfaatan di bidang pertanian yakni BOD (14,5 mg/L), COD (102,667 mg/L), DHL (1006,8 µs/cm), dan pH (6,24). Penggunaan *greywater* sebagai air media untuk hidroponik memberikan hasil yang nyata terhadap pertumbuhan vegetatif tanamansawi dibandingkan dengan air media PDAM dan Campuran.
2	P. H. Doraja, Maya Shovitri, dan N.D. Kuswytasari (2012)	Biodegradasi Limbah Domestik dengan Menggunakan Inokulum Alami dari Tangki Septik	Inokulum yang diambil dari tangki septik memiliki kemampuan menurunkan nilai BOD sebanyak 1386 mg/L serta TSS 20006,67 mg/L yang terkandung dalam limbah organik.
3	Liany Anna Rahayu (2015)	Identifikasi dan Deskripsi Fungi Penyebab Penyakit pada Tanaman Kacang Panjang (*Vigna sinesis* L.*)*	Terdapat beberapa jenis fungi yang diisolasi dan diidentifikasi seperti *Aspergillus, Fusarium, Mucor, Penicillium, Rhizopus, dan Thrichoderma.* Fungi yang ditemukan hampir semua menyerang bagian daun dengan gejala bercak-bercak pada permukaan daun dan layu pada tanaman.

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

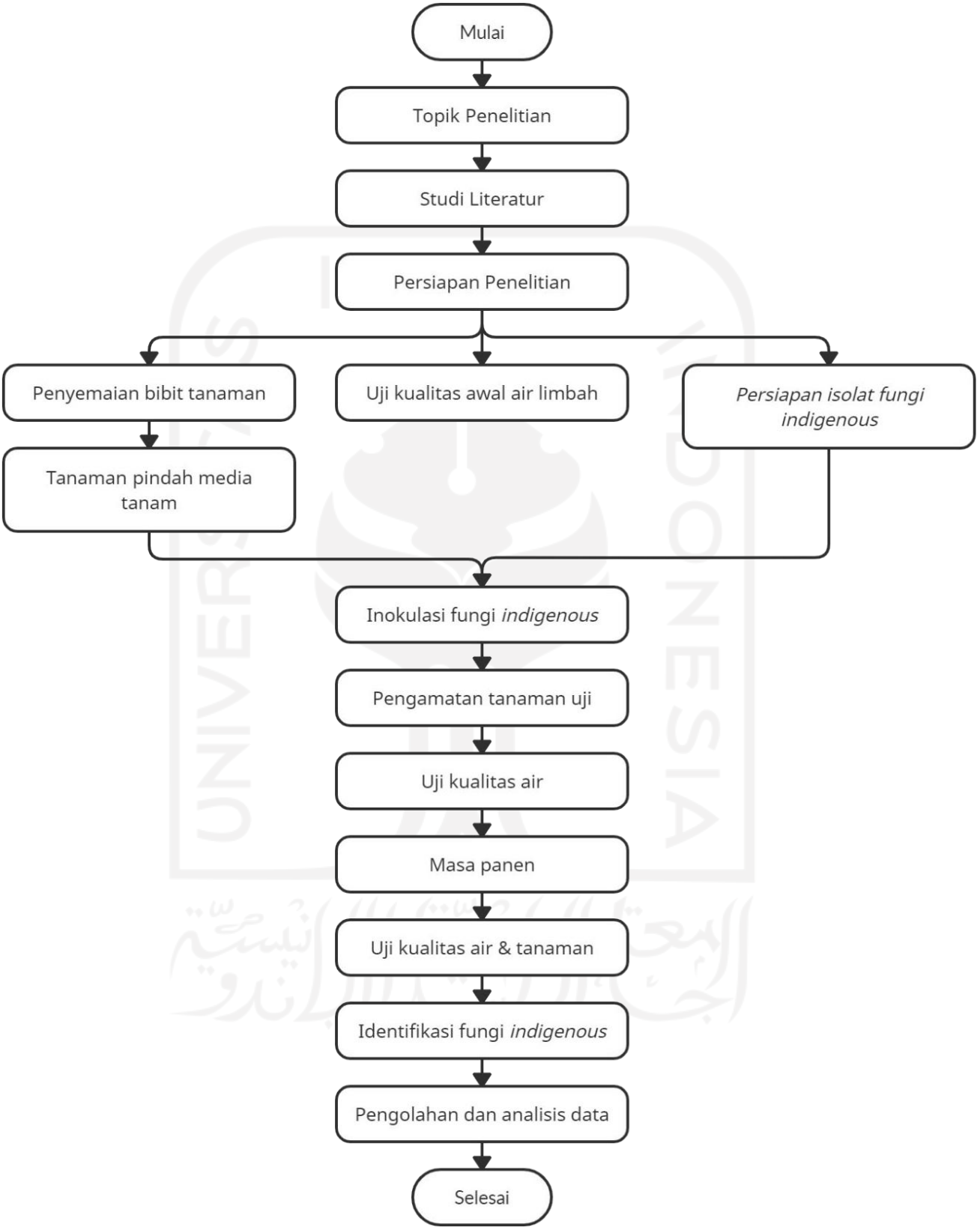
BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan dengan skala rumah kaca yang berlokasi di Dusun Wonosalam, Sukoharjo, Kabupaten Sleman, Yogyakarta dengan titik koordinat 7°41'40.7"S 110°25'38.3"E yang dimulai pada tanggal 8 September hingga 10 Oktober 2021. Penelitian dimulai dari penyiapan limbah cair domestik, pembuatan inokulum fungi, penyemaian dan pemanenan tanaman hingga berakhir pada analisis data sampel yang telah diambil sebelumnya. Pengujian dilakukan untuk melihat seberapa tinggi kadar COD, fosfat, surfaktan, dan nilai pH pada air limbah serta pengujian kadar Fosfat dalam jaringan tanaman. Penelitian dilakukan di Laboratorium Kualitas Lingkungan sedangkan persiapan inokulum fungi dilakukan di Laboratorium Bioteknologi FakultasTeknik Sipil dan perencanaan Universitas Islam Indonesia**.**

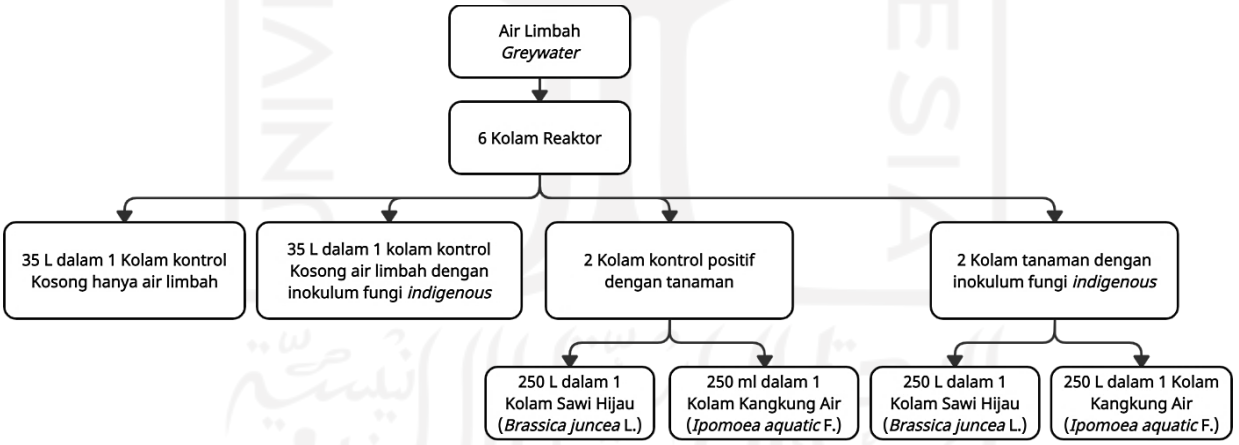
3.2 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian dimulai dengan melakukan persiapan alat dan bahan, bibit tanaman, mempersiapkan isolat fungi *indigenous*, melakukan pengujian kadar air limbah dengan parameter derajat keasaman (pH), *electrical conductivity* (EC), *Chemical Oxygen Demand* (COD), Surfaktan, Fosfat total dalam air, Fosfat dalam tanaman, identifikasi fungi *indigenous* serta analisis data. Pada penelitian ini, terdapat bagan alir yang digunakan untuk menjelaskan kerangka kegiatan yang akan dilakukan. Berikut adalah bagan alir penelitian :



Gambar 3. 1 Bagan Alir Penelitian

Pada penelitian ini, terdapat enam reaktor air limbah yang diberi perlakuan berbeda, yaitu a) Bak air limbah sebagai kontrol kosong, air limbah dalam bak ini tidak diberi perlakuan apapun dan berfungsi sebagai kontrol untuk lima jenis reaktor lainnya; b) Bak air limbah sebagai kontrol fungi, air limbah dalam bak ini diberi perlakuan berupa pemberian inokulum fungi *indigenous* dan berfungsi sebagai kontrol air untuk reaktor lain yang juga diberikan inokulum fungi; c) Bak air limbah Sawi Hijau *(IBrassica juncea L.)* sebagai kontrol, yang menjadi target pada bak ini adalah pengaruh Sawi Hijau (*Brassica juncea L.)* terhadap air limbah yang tidak diberi inokulum fungi *indigenous* dan berfungsi sebagai pembanding tanaman Sawi Hijau yang diberi inokulum fungi *indigenous;* d) Bak air limbah Kangkung Air (*Ipomoea aquatic* F.*)* sebagai kontrol, target yang dituju adalah pengaruh Kangkung Air terhadap air limbah yang tidak diberi inokulum fungi *indigenous*; e) Bak air limbah Sawi Hijau *(IBrassica juncea* L.*)* dengan inokulum fungi *indigenous*, fungi diberikan pada bagian akar tanaman dan air limbah kemudian dibandingkan efisiensi kinerja akan dibandingkan dengan bak reaktor yang lainnya; dan f) Bak air limbah Kangkung Hijau (*Ipomoea aquatic* F.*)* dengan inokulum fungi *indigenous*, inokulum fungi *indigenous* juga diberikan pada bagian akar tanaman dan air limbah dengan takaran sebanyak 1 ml untuk tiap akar tanaman dan 2 ml per 5 liter air limbah. Berikut adalah bagan alir macam-macam perlakuan yang disajikan dalam **Gambar 3.2**



Gambar 3. 2 Bagan Alir Jenis Perlakuan

Dari seluruh reaktor yang tersedia, analisis pun dilakukan untuk mengetahui seberapa besar potensi yang ada pada tanaman uji dengan dan atau tanpa penambahan inokulum fungi *indigenous* menggunakan sistem *floating wetland* dalam melakukan bioremediasi terhadap air limbah *greywater.* Oleh sebab itu, analisis yang dilakukan pada penelitian ini dimulai dengan melakukan Analisa terhadap tanaman uji selama tanaman hidup serta hasil pengujian dari sampel air limbah untuk mengetahui kadar polutan yang ingin direduksi dalam air limbah.

3.3 Prosedur Penelitian

3.1.1 Persiapan Alat dan Bahan

Persiapan alat berupa kolam terpal dengan rangka paralon yang digunakan sebagai wadah penampung air limbah berukuran 1,5 m x 0,5 m x 0,5 m sebanyak 4 kolam. Selain kolam terpal, digunakan kontainer dengan volume 50 L sebanyak 4 buah yang digunakan sebagai wadah kontrol air limbah. Media tanam yang dipakai adalah sabut kelapa (*coco fiber*) lembaran yang diapungkan menggunakan botol mineral plastik bekas. Namun pada saat masa semai tanaman, media tanam yang digunakan adalah *rock wool* hingga tanaman siap dipindahkan ke media tanam sabut kelapa.

Untuk mengetahui indikator lingkungan yang berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman, digunakan *water analysis test* untuk mengukur kadar derajat keasaman (pH) dan nilai *electrical conductivity* (EC) yang terkandung dalam air limbah. Selain itu, digunakan alat pengukur kelembaban udara Higrometer dan termometer suhu ruangan digital untuk mengetahui suhu dan kelembaban di dalam rumah kaca. Selain itu, disiapkan isolat fungi *indigenous* yang nantinya akan digunakan sebagai inokulum. Isolat fungi didapatkan dari pemurnian fungi yang berasal dari tanah yang terkena limbah cair domestik di salah satu pemukiman Jalan Besi, Kaliurang.

3.1.2 Persiapan Kolam Air Limbah

Air limbah domestik yang dikumpulkan berasal dari limbah cuci pakaian, cuci dapur, dan cuci kakus. Air limbah dikumpulkan secara pribadi kemudian dihomogenkan agar kadar limbah cair tercampur secara merata. Dalam satu kolam terpal menampung sebanyak ±250 L air limbah dengan konsentrasi sebesar 100%, hal ini bertujuan sebagai pemodelan pengolahan nyata dalam lingkungan. Dalam penelitian ini, terdapat 6 perlakuan berbeda, sebanyak 4 kolam menggunakan kolam terpal dan 2 kolam menggunakan bak kontainer kecil yang secara keseluruhan berisi air limbah. Pada kolam terpal, terdapat 2 kolam yang berisi air limbah dengan perlakuan Sawi Hijau dan kolam terpal berisi air limbah dengan perlakuan Kangkung Air. Keduanya berfungsi sebagai kontrol tanaman terhadap air limbah yang diberi tambahan fungi *indigenous* seperti dalam **Gambar 3.3**



Sumber: Data Primer 2021

Gambar 3. 3 Kolam terpal sebagai kontrol Kangkung Air (Kiri) dan Sawi Hijau (Kanan)

Selanjutnya, terdapat 2 kolam terpal lainnya yang berisi Sawi Hijau dan kolam terpal berisi Kangkung Air yang keduanya diberi perlakuan tambahan berupa inokulum fungi *indigenous* seperti dalam **Gambar 3.4**



Sumber: Data Primer 2021

Gambar 3. 4 Kolam Terpal Kangkung Air (Kiri) dan Sawi Hijau (Kanan) dengan penambahan Fungi *Indigenous*

Selain air limbah dalam kolam terpal, disiapkan air limbah sebagai kontrol dalam bak kontainer sebanyak ±35 L. Kontrol air limbah pun dibedakan menjadi kontrol kosong, yaitu bak kontainer yang berisi air limbah. Kemudian kontrol kosong dengan fungi, yaitu bak kontainer yang berisi hanya air limbah seperti dalam **Gambar 3.5** dan bak kontainer yang diberi inokulasi fungi *indigenous* seperti dalam **Gambar 3.6**



Sumber: Data Primer 2021

Gambar 3. 5 Bak Kontainer Hanya Air Limbah



Sumber: Data Primer 2021

Gambar 3. 6 Bak Kontainer yang diberi Inokulasi Fungi *Indigenous*

3.1.3 Isolasi Fungi Indigenous

Isolat fungi *indigenous* didapatkan setelah melalui proses isolasi dan pemurnian induk fungi. Fungi *indigenous* yang digunakan berasal dari tanah yang terkena air limbah domestik di salah satu pemukiman di Jalan Besi, Kaliurang.



Sumber: Data Primer 2021

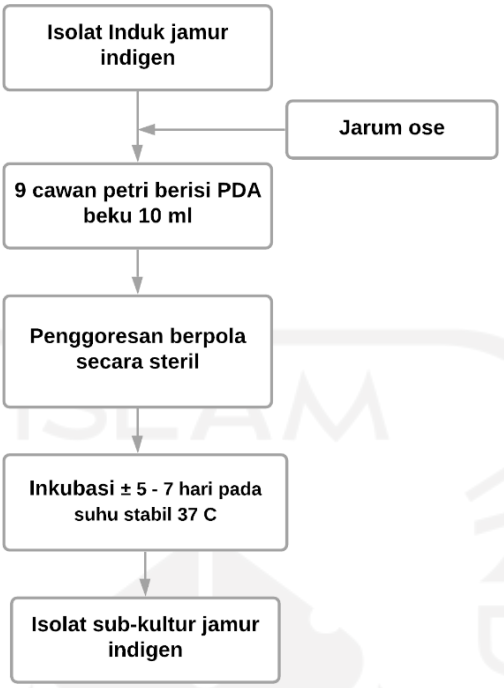
Gambar 3. 7 Lokasi Pengambilan Sampel Tanah

Tanah diambil dari 5 titik berbeda dan kemudian dicampurkan secara merata, setelah itu tanah diambil sebanyak 0,5 gram; 1 gram, dan 2 gram dan dihomogenkan dengan air steril. Air steril yang telah dihomogenkan dengan tanah, kemudian diambil 1 ml dan dilakukan pengenceran bertingkat. Hal tersebut dilakukan untuk memperkecil jumlah populasi fungi yang akan tumbuh. Setelah dilakukan pengenceran bertingkat, air tersebut dimasukkan ke dalam media *Potato Dextrose Agar* (PDA) sebanyak 1 ml dan diinkubasi selama ±7 hari. Setelah ±7 hari, koloni jamur dipilih yang tumbuh mendominasi dalam media PDA.

3.1.4 Kulturisasi Fungi *Indigenous*

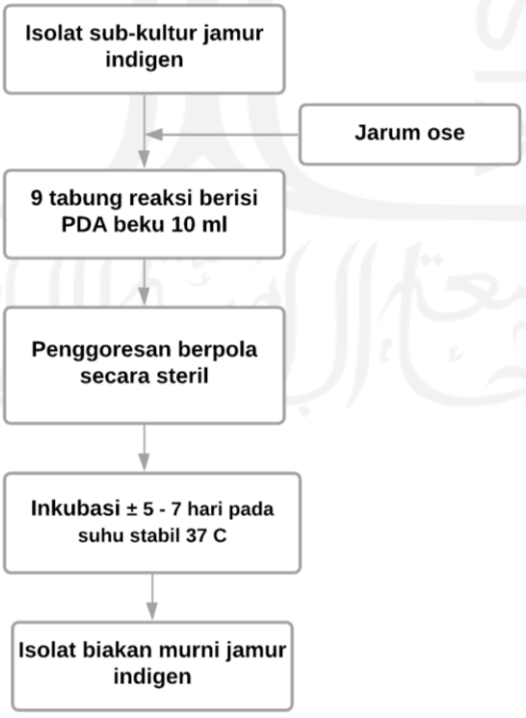
Selanjutnya, dilakukan sub-kultur pada populasi fungi terpilih untuk menghasilkan biakan murni. Pada saat melakukan sub-kultur fungi digunakan metode agar miring dengan tujuan agar fungi dapat tumbuh merata karena media yang dipakai lebih luas. Tujuan isolasi dan pembuatan sub-kultur fungi, yaitu untuk mendapatkan isolat murni dan mengembangbiakkan fungi tanpa adanya kontaminasi dari fungi yang tidak diinginkan. Oleh sebab itu, pemurnian harus dilakukan dengan teknik aseptik untuk mencegah terjadinya kontaminasi pada media dan atau bercampurnya jenis fungi *indigenous* dengan fungi lainnya.

Berikut adalah tahapan sub-kultur fungi :



Gambar 3. 8 Tahapan Sub-Kultur Fungi Indigenous

Isolat sub kultur fungi *indigenous* kemudian digunakan untuk pembuatan biakanmurni. Berikut adalah cara kerja teknik isolasi biakan murni fungi *indigenous :*



Gambar 3. 9 Tahapan Isolasi Biakan Murni Fungi *Indigenous*

Apabila biakan murni fungi *indigenous* sudah didapatkan, fungi diisolasi ke dalammedia NB (*Nutrient Broth*) dan dihomogenkan selama 48 jam. Hal tersebut bertujuan untuk meremajakan kultur, memudahkan proses enumerisasi fungi *indigenous,* dan inokulasi fungi ke akar tanaman serta air limbah.

3.1.5 Penyemaian dan Aklimatisasi Tanaman Uji

Persiapan tanaman uji dimulai dengan melakukan penyemaian benih Sawi Hijau *(Brassica juncea* L.*)* dan Kangkung Air (*Ipomoea aquatic* F.). Penyemaian biji tanaman uji dilakukan dengan menggunakan media *rockwool* dengan ukuran dadu sebesar 2,5 cm x 2,5 cm selama kurang lebih 7 hari. Setelah menjadi kecambah, benih diletakkan pada lahan yang terkena paparan sinar matahari langsung serta penyiraman rutin dua (2) kali sehari pada pagi dan sore hari. Pada tahap penyemaian, tanaman diberi nutrisi berupa pupuk cair khusus hidroponik sebanyak satu kali dalam dua hari dengan tujuan untuk membantu mempercepat pertumbuhan tanaman. Nutrisi yang digunakan berupa larutan pupuk NPK organik yang mengandung unsur hara makro dan mikro lengkap. Selain pemberian pupuk cair, kadar air pada media *rockwool* harus tetap terjaga agar tanaman tetap dapat hidup.



Sumber: Data Primer 2021

Gambar 3. 10 Proses Penyemaian Tanaman Uji

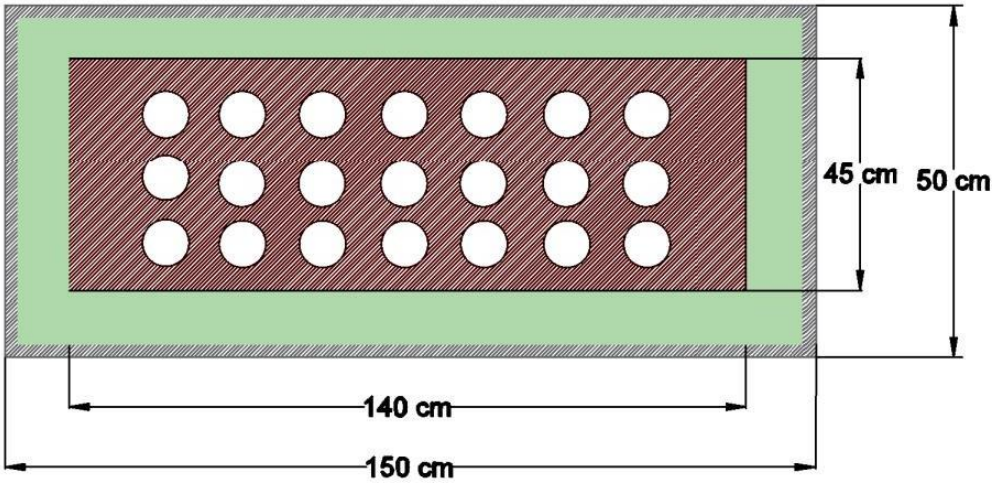
Setelah penyemaian selesai, bibit Sawi Hijau *(Brassica juncea* L.*)* dan Kangkung Air (*Ipomoea aquatic* F.) dipindahkan ke dalam media tanam *floating wetland* yaitu, sabut kelapa yang dibentuk seperti mini pot sedalam ±5 cm dan diapungkan dalam kolam buatan berisi air limbah. Pemindahan tanaman dilakukan saat batang tanaman sudah kokoh,memiliki tulang daun, dan helai daun sebanyak 5-6 helai. Pada saat tanaman dipindahkan, terdapat tahap aklimatisasi yang berfungsi sebagai adaptasi tanaman terhadap lingkungan tanamnya selama tiga (3) hari.

3.1.6 Proses Inokulasi Fungi *Indigenous*

Setelah inokulum fungi diremajakan menggunakan media NB *(Nutrient Broth),* fungi *indigenous* diinokulasikan ke bagian akar tanaman uji sebanyak 1 ml tiap akar dan 99 ml/fungi/kolam ke dalam air limbah. Inokulasi isolat fungi *indigenous* juga dilakukan pada bak kontrol fungi sebanyak 14 ml/fungi/kolam. Fungi *indigenous* yang digunakan pun dibedakan menjadi tiga (3) jenis karena pada saat dilakukannya isolasi fungi, didapatkan 3 jenis fungi dengan populasi yang tumbuh dan hidup lebih dominan dibandingkan fungi lainnya. Pencampuran beberapa jenis fungi yang digunakan disebut konsorsium, hal tersebut bertujuan untuk meregenerasi sel-sel fungi yang telah tua dan mati melalui kerja sama antar fungi yang memiliki sifat kooperatif dan saling menguntungkan satu sama lain meskipun berbeda spesies (Susanti, 2011).

3.1.7 *Running* Reaktor

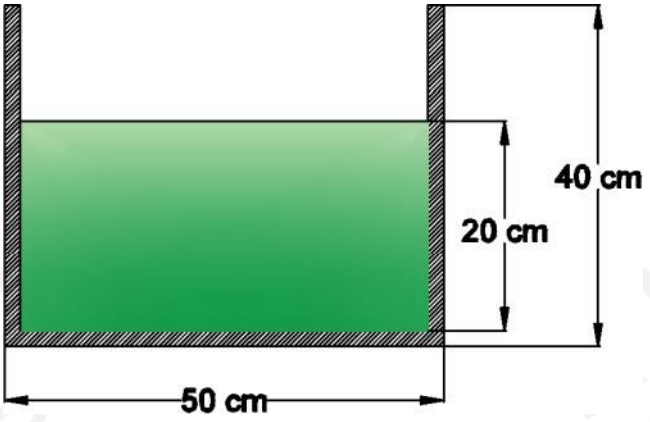
Setelah diberi inokulasi fungi *indigenous*, maka air kolam tidak akan ditambahkan air limbah lagi hingga penelitian selesai. Tujuannya adalah agar kadar konsentrasi polutan dalam air tidak terus bertambah dan mengfokuskan kinerja tanaman dan fungi *indigenous* yang telah diberikan kepada akar tanaman dan air limbah. Konsentrasi air limbah pun dibuat 100% yang berarti kadar polutan yang terkandung dalam air tersebut pekat. Adapun sketsa reaktor yang tertera di bawah ini, yaitu pada **Gambar 3.10** reaktor tampak atas, **Gambar 3.12** reaktor air limbah yang tidak diberi perlakuan apapun, **Gambar 3.13** reaktor air limbah yang diberi perlakuan tampak depan dan **Gambar 3.14** reaktor air limbah yang diberi perlakuan tampak samping.



Gambar 3. 11 Reaktor kolam tampak atas

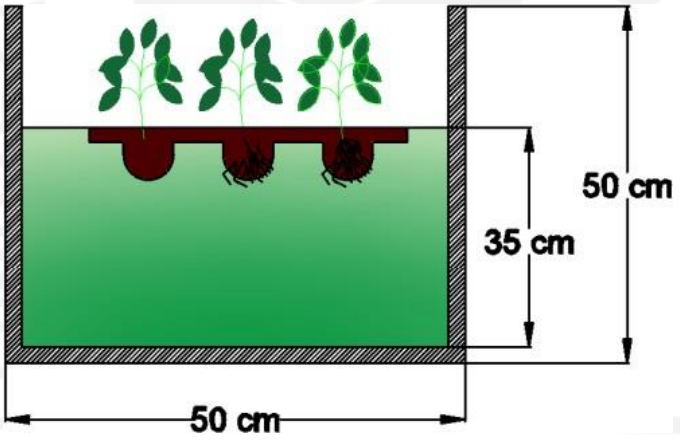
Terdapat reaktor limbah kosong yang dibagi menjadi dua jenis, yaitu reaktor limbah tanpa

diberi perlakuan apapun dan reaktor limbah yang hanya diberi inokulum fungi *indigenous* seperti dalam **Gambar 3.12**

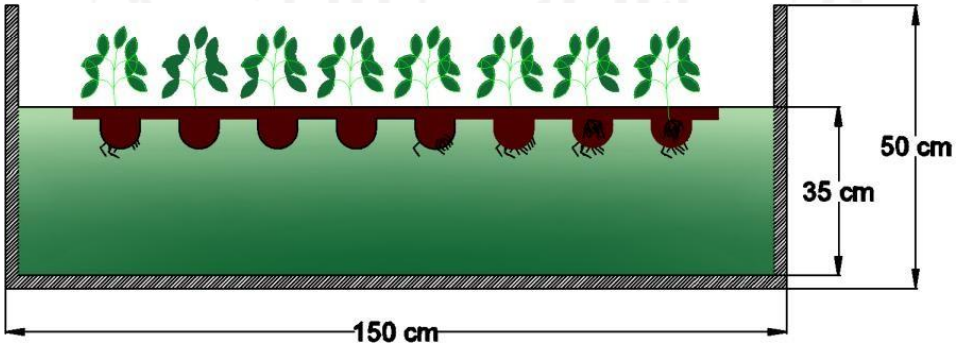


Gambar 3. 12 Reaktor air limbah yang tidak diberi perlakuan sama sekali

Pada reaktor yang diberi perlakuan tanaman, digunakan *bed coco fiber* dengan ukuran 140 cm x 45 cm dan kedalaman pot ±5 cm. Pot berfungsi sebagai penopang tanaman untuk tumbuh seperti dalam **Gambar 3.13**



Gambar 3. 13 Reaktor air limbah yang diberi perlakuan tampak depan



Gambar 3. 14 Reaktor air limbah yang diberi perlakuan tampak samping.

3.1.8 Pengukuran Pertumbuhan Tanaman

Sawi Hijau *(Brassica juncea* L.*)* dan Kangkung Air (*Ipomoea aquatic* F.) ditanam menggunakan media tanam sabut kelapa (*coco fiber)* ukuran 140 cmx 45 cm yang diapungkan dalam kolam terpal rangka sebanyak empat (4) buah secara *Floating Wetland* dengan metode *passive treatment*. Pengukuran pertumbuhan tanaman dilakukan setiap minggu selama satu (1) bulan untuk melihat perbedaan pertumbuhan seperti, tinggi tanaman, jumlah daun, panjang akar tanaman, serta ketahanan tumbuhan sebelum dan sesudah dilakukannya inokulasi. Pengukuran tanaman juga dilakukan pada tanaman kontrolyang bertujuan sebagai pembanding fisik tanaman di setiap minggunya.

3.1.9 Proses Panen Tanaman Uji

Tanaman dipanen pada saat memasuki minggu keempat penelitian, tepat 42 hari setelah masa tanam. Pemanenan dilakukan dengan cara memisahkan antara jaringan akar dan jaringan batang dan daun tanaman. Tanaman dipisahkan dengan cara dipotong 1 cm di atas jaringan akar dan dicuci hingga bersih kemudian masing-masing bagian ditimbang untuk mengetahui berat basahtanaman. Apabila keseluruhan bagian tanaman sudah ditimbang, tanaman di angin - anginkan lalu segera dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 80 °C selama 72 jamdan dibiarkan hingga suhu ruang. Setelah itu, tanaman kembali ditimbang menggunakanneraca analitik dengan ketelitian 0,0001 gram untuk mengetahui berat kering dari tanaman uji.

3.1.10 Pengambilan Sampel Air Limbah Domestik

Sampling air limbah dilakukan mulai dari minggu ke-0, minggu ke-2, dan minggu ke-4. Pengambilan sampel air limbah dilakukan dengan metode *grab sample*, yaitu metode pengambilan sampel yang dilakukan secara langsung dari lokasi yang diinginkan (Effendi, 2003). Pengambilam sampel air dilakukan dengan cara menampung air ke dalam jerigen HDPE sebanyak 500 ml dari tiap kolam terpal dan kolam kontrol. Sampel air yang diambil nantinya akan diuji nilai derajat keasaman (pH), *electrical conductivity* (EC), *chemical oxygen demand* (COD), surfaktan, dan fosfat yang mengacu pada SNI. Selain untuk pengujian kualitas air, sampel air limbah yang diambil juga digunakan untuk menghitung jumlah populasi fungi *indigenous* yang terkandung dalam air limbah. Jumlah populasi fungi *indigenous* dihitung setiap minggu, hal tersebut dilakukan untuk mengetahui adanya peningkatan jumlah dan jenis populasi baru yang terjadi pada saat sebelum dan sesudah dilakukannya inokulasi fungi *indigenous* ke dalam air limbah.

3.2 Prosedur Analisis Data

3.2.1 Analisis Tanaman

Analisis pada tanaman dilakukan dengan cara pengamatan fisik tanaman dari awal hingga akhir penelitian yang meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, panjang akar, biomassa, dan kandungan fosfat dalam jaringan tanaman. Pengamatan dilakukan setiap dua hari sekali selama penelitian berlangsung, hal ini bertujuan untuk mengontrol pertumbuhan tanaman yang diberi fungi *indigenous* maupun tidak diberi fungi *indigenous.* Pengamatan tanaman dilakukan secara rutin karena tanaman yang dipakai berbeda jenis dan diberi perlakuan yang berbeda serta bukti pretumbuhan terlihat secara nyata.

Selain pengamatan fisik tanaman, pengujian kadar fosfat total dalam tanaman juga dilakukan. Air limbah domestik Tujuannya untuk mengetahui konsentrasi kadar fosfat yang terserap ke dalam tanaman. Pengujian fosfat dalam tanaman dimulai dengan cara memisahkan jaringan atas dengan bagian batang dan daun, kedua bagian tersebut dicuci dan diangin-anginkan baru setelah itu di keringkan dalam oven. Pengujian kadar fosfat dalam tanaman dilakukan secara spektrofotometri UV-Vis dengan panjang gelombang 693 nm setelah tanaman dihaluskan dan didestruksi (Balai Penelitian Tanah, 2005)

3.2.2 Analisis Fungi *Indigenous*

Penelitian dimulai dengan melakukan isolasi dan pemurnian fungi indigenous yang akan digunakan. Fungi indigenous didapatkan dari tanah yang diencerkan lalu dihomogenkan dengan air steril setelah itu air diambil sebanyak 1 ml dan dimasukkan ke dalam media *Potato Dextrose Agar* (PDA). Fungi yang tumbuh kemudian dipilih yang memiliki populasi paling dominan diantara populasi lainnya. Setelah itu, fungi dimurnikan dengan cara hanya merekultur fungi yang telah dipilih. Lalu fungi diidentifikasi melalui pewarnaan menggunakan larutan *lactophenol* dan mikroskop dengan perbesaran 400x perbesaran total.

3.2.3 Analisis Air Limbah dan Kualitas Lingkungan

Terdapat beberapa parameter pengujian sampel air limbah yang mengacu pada SNI, yaitu:

1. *Chemical Oxygen Demand* (COD)

   Mengacu pada SNI 6989.73:2019 tentang cara uji kebutuhan oksigen kimiawi dalam air limbah dengan refluks tertutup secara spektrofotometri UV-Vis dengan panjang gelombang 420 nm untuk kisaran nilai ≤ 90 mg/L Sampel air ditampung menggunakan wadah jerigen HDPE 500 ml dan diawetkan menggunakan larutan H2SO4 hingga kadar pH mencapai < 2 dan disimpan dalam peti sejuk.

2. Surfaktan

   Mengacu pada SNI 6989.51:2005 tentang cara uji kadar surfaktan anionik dengan spektrofotometer UV-Vis secara *metilen blue*. Panjang gelombang yang digunakan adalah 652 nm untuk kisaran nilai antara 0,025 – 2,0 ug/L. Sampel air ditampung dalam jerigen HDPE 500 ml dan dimasukkan ke dalam peti sejuk agar tetap segar. Prinsip pengujian kadar surfaktan adalah menghitung total kloroform yang terikat oleh *metilen blue.*

3. Fosfat

   Mengacu pada SNI 6989.31:2005 tentang cara uji kadar fosfat dengan spektrofotometer UV-Vis dengan panjang gelombang 880 nm menggunakan larutan asam askorbat. Pada saat pengujian kadar fosfat, terdapat larutan pewarna yang menimbulkan reaksi berupa warna kebiru-biruan. Apabila kadar fosfat dalam air terlalu tinggi, maka sampel yang telah ditetesi larutan pewarna akan berubah warna menjadi biru pekat oleh sebab itu maka sampel perlu diencerkan terlebih dahulu.

4. Derajat Keasaman (pH)

   Mengacu pada SNI 6989.2:2004 tentang cara uji derajat keasaman (pH) dengan menggunakan alat pH meter. Pengujian pH dilakukan setiap minggu pada tiap kolam dengan memasukkan elektroda ke dalam air.

5. *Electrical conductivity* (EC)

   Pengujian kadar *electrical conductivity* (EC) dilakukan dengan menggunakan dengan memasukkan elektroda EC meter ke dalam air limbah dari tiap kolam. Pengujian kadar EC dilakukan rutin setiap minggu untuk mengetahui kadar ion yang terkandung dalam air. Ion-ion yang terkandung dalam air perluu dipantau karena berpengaruh pada pertumbuhan tanaman.

6. Suhu dan Kelembaban

   Pengukuran suhu dan kelembaban dilakukan menggunakan alat ukur higrometer dan temperatur digital. Alat ukur akan otomatis mendata suhu dan kelembaban dalam rumah kaca hingga akhir penelitian. Suhu dan kelembaban berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman yang berguna sebagai indikator lingkungan sehingga pendataan suhu dan kelembaban dilakukan setiap minggu.

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil dan Analisis Parameter dalam Penelitian

4.1.1 Analisis Kondisi Lingkungan

Faktor lingkungan yang memengaruhi pertumbuhan tanaman adalah suhu dan kelembaban. Pertumbuhan tanaman sangat dipengaruhi oleh suhu karena suhu dapat merangsang laju pertumbuhan dan metabolisme dalam tubuh tanaman. Selain suhu, kelembaban udara juga tidak kalah penting terhadap perkembangan sel tumbuhan karena pada kondisi lembab, tanaman lebih banyak menyerap air dan lebih sedikit yang terevaporasi. Setiap jenis tanaman, mempunyai nilai batas untuk suhu dan kelembaban minimum, optimum, dan maksimum. Apabila tanaman berada dalam suhu minimum, maka pertumbuhan tanaman akan terhambat atau bahkan tidak dapat tumbuh. Jika tanaman berada dalam suhu optimum, maka pertumbuhan tanaman akan mencapai nilaimaksimal karena dapat bertumbuh dengan baik, namun jika tanaman berada dalam suhu maksimum maka tanaman akan mati karena metabolismenya terhenti. Begitu pula dengan kelembaban yang memengaruhi proses penyerapan air, apabila tanaman beradadalam kelembaban maksimal maka penyerapan air akan terhenti dan menyebabkantanaman masuk ke dalam fase mortal atau kematian serta berpengaruh terhadap persebaran hama tanaman.

Pada penelitian ini, pengukuran suhu dan kelembapan dilakukan menggunakan alat pengukur kelembaban udara Higrometer dan Termometer Suhu Ruangan Digital selama penelitian berlangsung. Data suhu disajikan dalam **Tabel 4.1**

Tabel 4. 1 Tabel Suhu Lingkungan

Minggu ke-n	Suhu °c		
	Minimum	Maksimum	Rata-rata
0	22.2	31.8	26.3
1	23.8	29.6	26.6
2	24.2	30.2	26.7
3	22.6	35.5	27.0
4	22.9	35.7	26.9

Sumber: data primer 2021

Selain data suhu lingkungan, data kelembaban juga diperoleh menggunakan alat pengukur kelembaban udara Higrometer dan Termometer Suhu Ruangan Digital. Data kelembaban disajikan dalam **Tabel 4.2**

Tabel 4. 2 Tabel Kelembaban Lingkungan

Minggu ke-n	Kelembaban (%)		
	Minimum	Maksimum	Rata-rata
0	68	100	95.6
1	91.3	100	98.8
2	90.7	100	99.2
3	66.2	99.7	88.6
4	66.5	99.9	88.5

Sumber: data primer 2021

Berdasarkan **Tabel 4.1** dan **Tabel 4.2**, suhu yang tercatat selama penelitian berlangsung berada pada kisaran nilai 26 – 27 °C dengan kelembaban dalam kisaran 88 – 99 %. Pada saat penelitian berlangsung, terjadi fluktuasi suhu dan kelembaban karena perubahan iklim yang tidak menentu. Menurut (Palada, 2003) suhu optimum yang diperlukan oleh Kangkung Air dan Sawi Hijau 25 – 30 °C bila melebihi suhu tersebut maka tanaman akan mati karena suhu yang terlalu panas. Selain suhu, kelembaban pada penelitian ini memiliki nilai yang berbanding terbalik dengan nilai suhu. Hal tersebut sejalan dengan pendapat (Mori, 2006) yang menyatakan bahwa nilai kelembaban cenderung lebih tinggi dibandingkan nilai suhu yang digunakan untuk pertumbuhan tanaman.

4.1.2 Identifikasi Fungi Indigenous

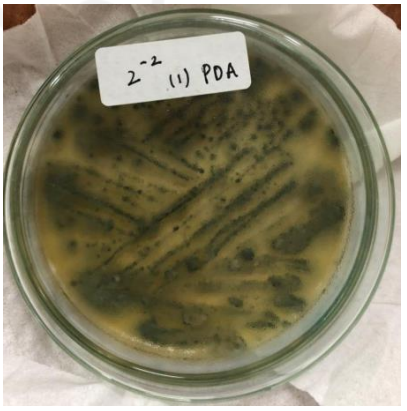
Fungi merupakan jenis organisme eukariotik yang tidak memiliki klorofil. Struktur tubuhnya terdiri dari dinding sel kitin dan hifa yang terbentuk membentuk anyaman miselium. Berdasarkan bentuk hifa dan sistem reproduksinya, fungi dikelompokkan menjadi beberapa klasifikasi, yaitu Zigomycota, Ascomycota, Basidiomycota, dan Deuteromycota (Wahyuningsih, 2020).

Fungi *indigenous* yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dengan cara mengisolasi tanah yang terkena limbah domestik pemukiman warga. Sampel tanah diambil dari 5 titik yang berbeda kemudian dicampur secara acak. Fungi ditumbuhkan dalam media *Potato Dextrose Agar* (PDA) lalu dipilih fungi yang memiliki populasi paling dominan. Setelah melalui proses

rekulturisasi, fungi diambil unuk diteliti menggunakan mikroskop dengan perbesaran total sebesar 400x. Untuk memudahkan saat identifikasi fungi, fungi diberi warna terlebih dahulu menggunakan cairan *lactophenol cotton blue* di atas kaca preparat dan ditutup menggunakan kaca penutup. Fungi yang ditumbuhkan di dalam cawan petri harus terus diperbaharui atau rekulturisasi karena pada fungi yang berkembang biak secara menggunakan sporangium, sporangiofor akan terpecah apabila sudah matang dan menyebarkan spora ke seluruh substrat tempatnya tumbuh. Namun apabila tidak dilakukan rekulturisasi, maka fungi akan sulit diidentifikasi karena sporangiofornya sudah tidak ada.

Sebelum melakukan identifikasi secara mikroskopis, pengamatan secara makroskopis dilakukan terlebih dahulu untuk memudahkan dalam menentukan jenis fungi. Karakter yang diamati yakni pola sebaran miselium, warna koloni atas dan bawah permukaan, dan kecepatan pertumbuhan miselium memenuhi permukaan media substrat (HSI). Karakterisasi makroskopis isolat fungi disajikan pada **Tabel 4.3**

Tabel 4. 3 Karakteristik Morfologi Isolat Fungi Indigenous secara Makroskopis

Asal Jaringan	Kode Isolat	Pola Sebaran Miselium	Warna Koloni (Atas – Bawah)	Kecepatan Pertumbuhan Miselium	Gambar Makroskopis
Tanah	F1	Konsentris	Putih – Coklat	7 hari	
Tanah	F2	Konsentris	Hijau Tua	5 hari	

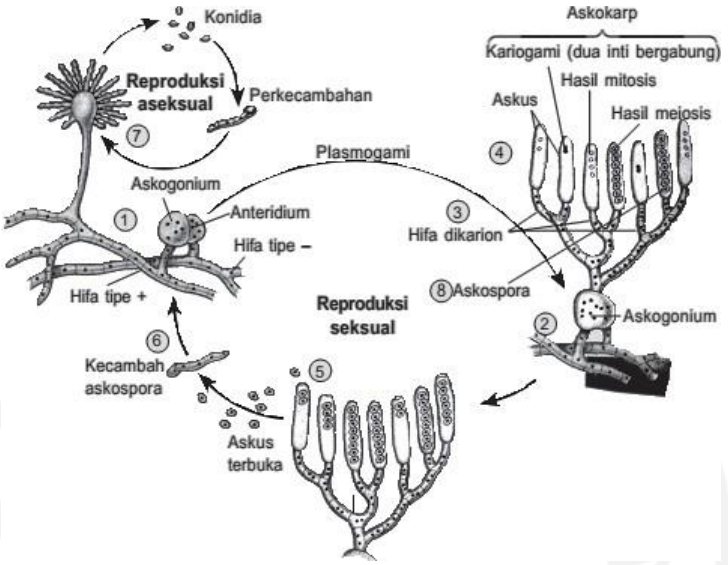
Asal Jaringan	Kode Isolat	Pola Sebaran Miselium	Warna Koloni (Atas – Bawah)	Kecepatan Pertumbuhan Miselium	Gambar Makroskopis
Tanah	F3	Konsentris	Putih – Coklat kemerahan	6 hari	

Sumber: Data Primer 2021

Karakterisasi secara makroskopis bisa dilakukan apabila miselium fungi yang tumbuh dalam media PDA sudah tumbuh secara maksimal. Selain itu, fungi yang dikembangkan dijaga agar tidak terkontaminasi oleh fungi lain yang sporanya dapat masuk ke dalam media tanam melalui udara. Setelah pengamatan secara makroskopis, pengamatan secara mikroskopis dilakukan menggunakan mikroskop. Dari identifikasi tersebut, terdapat dua jenis fungi berbeda yang berasal dari tanah, yaitu :

a. *Aspergillus* sp.

Isolat fungi yang masuk ke dalam genus *Aspergillus* sp. adalah isolat dengan kode F1 dan F2. Aspergillus sp. merupakan salah satu jenis jamur berfilamen yang dapat ditemukan di dalam tanah, sisa-sisa tumbuhan, dan di dalam ruangan yang lembab sehingga menjadi penyebab terjadinya kontaminasi. *Aspergillus* sp. memiliki koloni berwarna hijau kebiruan hingga kehitaman namun tidak berpigmentasi terhadap media tumbuhnya, selain itu *Aspergillus* sp. memiliki tekstur yang tebal seperti kapas. Terdapat septae atau sekat pemisah antar hifa dan miseliumnya yang bercabang namun cenderung tidak berwarna (Schlegel, 1994). *Aspergillus* sp. berkembang biak secara vegetatif dengan membentuk hifa atau tunas dan menghasilkan konidiofora pembentuk spora dan membentuk miselia haploid yang baru (Srikandi, 1992) seperti yang tertera dalam **Gambar 4.1**

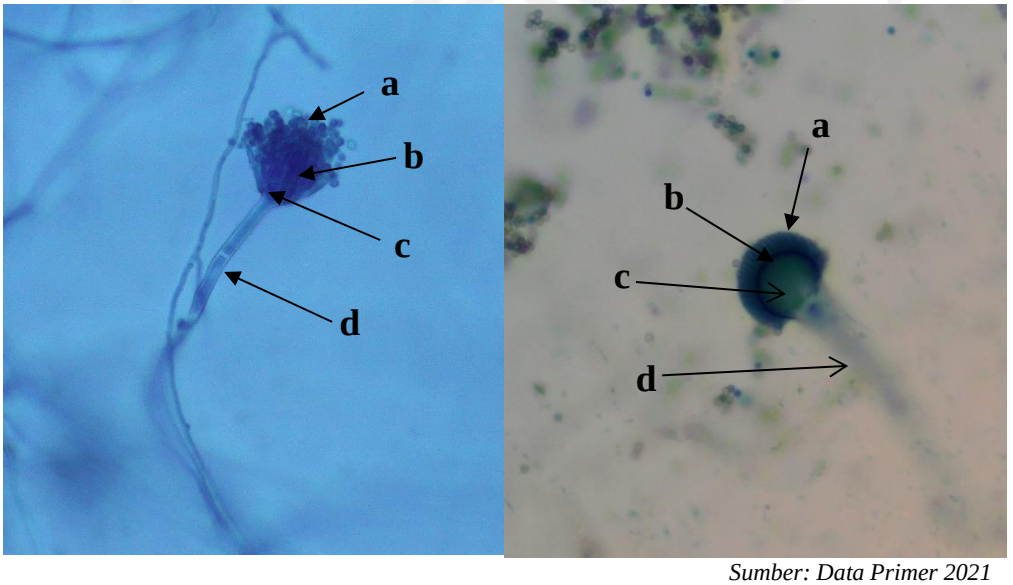


Gambar 4. 1 Siklus Reproduksi pada jamur *Aspergillus* sp.

Selain itu, terdapat penajabaran klasifikasi dari *Aspergillus* sp., yaitu :

Kingdom : Fungi
Divisi : Mycophyta
Kelas : Ascomycetes
Ordo : Aspergillales
Famili : Aspergillaceae
Genus : *Aspergillus* sp.

Pada **Gambar 4.2,** terdapat gambar fungi *indigenous* yang sudah diidentifikasi. Berikut adalah gambar fungi yang didapatkan dari hasil identifikasi pengamatan morfologi:

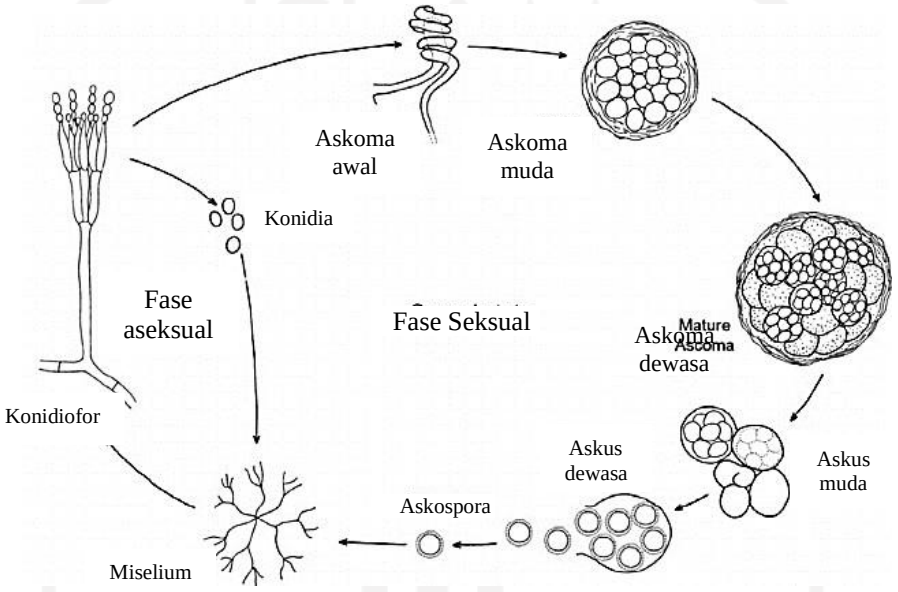


Sumber: Data Primer 2021

Gambar 4. 2 *Aspergillus* sp. pada isolat F1 (Kiri) dan F2 (Kanan)
a) Konidia b) Phialid c) Vesikel d) Konidiofor

b. *Paecilomyces* sp.

Isolat fungi yang masuk ke dalam genus *Paecilomyces* sp. adalah isolat dengan kode F3. Koloninya berwarna putih dengan dasar berwarna coklat kemerahan. Teksturnya seperti beludru, berbulu halus dan tebal. Pertumbuhannya pun cenderung lambat dari jenis fungi lainnya. *Paecilomyces* sp. memiliki septae yang berfungsi sebagai pemisah atau sekat antar hifa serta terdapat hialin (Pangihutan, 2017). *Paecilomyces* sp. berkembang biak melalui du acara, yaitu secara aseksual dan seksual yang disajikan dalam **Gambar 4.3**



Gambar 4. 3 Siklus Reproduksi pada jamur *Paecilomyces* sp

Terdapat penjabaran klasifikasi jamur *Paecilomyces* sp. sebagai berikut :

Kingdom: Fungi

Filum : Ascomycota

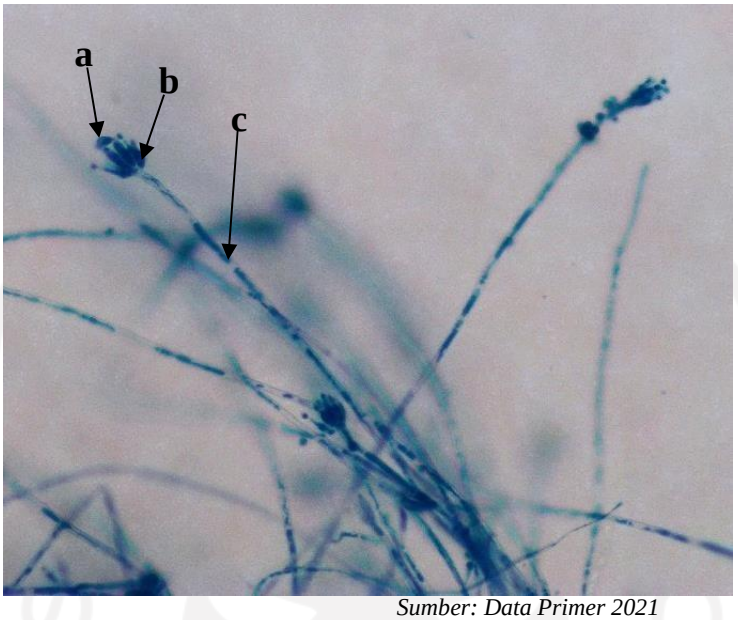
Kelas : Eurotiomycetes

Ordo : Eurotiales

Famili : Trichocomaceae

Genus : *Paecilomyces* sp. (Ahmad, 2013)

Pada **Gambar 4.4,** terdapat gambar fungi *indigenous* yang sudah diidentifikasi. Berikut adalah gambar fungi yang didapatkan dari hasil identifikasi pengamatan morfologi:



Sumber: Data Primer 2021

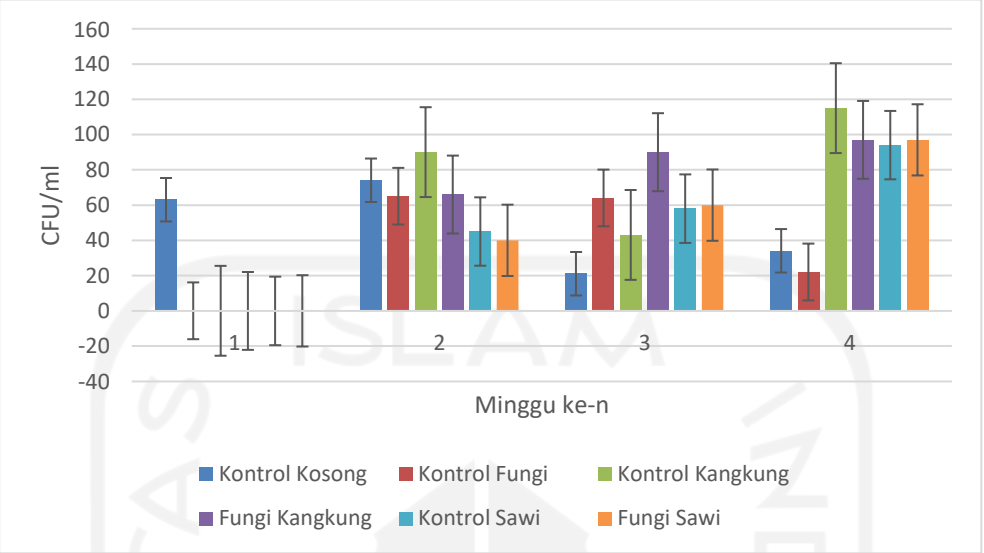
Gambar 4. 4 *Paecilomyces* sp. pada isolat F3
a) Konidia b) Phialid c) Konidiofor

elain melakukan identifikasi fungi, enumerisasi isolat fungi dalam air limbah juga dilakukan secara bertahap, hal ini dilakukan untukmengetahui apakah ada penambahan jumlah populasi fungi yang terbentuk dalam air limbah atau tidak. Enumerisasi isolat fungi dilakukan setiap minggu selama penelitian berlangsung dengan mengambil sebanyak satu ml air limbah dari tiap kolam menggunakan pipet tetes dan dimasukkan ke dalam media *Potato Dextrose Agar* (PDA).

Pertumbuhan fungi yang berada dalam air limbah domestik tergolong lambat. Terdapat enam jenis air limbah dari kolam berbeda, yaitu air limbah dalam kolam kontrol tanpa fungi *indigenous*, air limbah dalam kolam kontrol dengan fungi *indigenous*, air limbah dalam kolam Sawi Hijau sebagai kontrol, air limbah dalam kolam Kangkung Air sebagai kontrol, air limbah dalam kolam Sawi Hijau dengan fungi *indigenous*, dan air limbah dalam kolam Kangkung Air dengan fungi *indigenous*. Air limbah dari tiap kolam diambil dan dibutuhkan sebanyak 1 ml untuk setiap sampel air dan dimasukkan ke dalam media *Potato Dextrose Agar* (PDA) dengan masa inkubasi ±10 hari. Terdapat pengenceran bertingkat dari 1 hingga 5, namun populasi fungi lebih banyak hidup dan koloninya terlihat jelas dari sampel air yang tidak diencerkan. Penghitungan jumlah populasi fungi dilakukan setiap minggunya, hal tersebut dilakukan untuk melihat pertumbuhan fungi yang terjadi di dalam air limbah. Hasil enumerisasi populasi fungi

selama penelitian disajikan dalam bentuk grafik pada **Gambar 4.5**

Gambar 4. 5 Nilai Enumerisasi Populasi Fungi dalam 1 ml Sampel Air Limbah



Dari hasil enumerisasi fungi setiap minggu, terlihat perbedaan jumlah populasi fungi yang cukup mencolok. Hal ini disebabkan oleh adanya fase-fase pertumbuhan pada fungi, yaitu a) fase *lag* atau fase adaptif, fungi beradaptasi dengan lingkungan sekitarnya dan membentuk enzim-enzim yang berfungsi sebagai pengurai substrat; b) fase akselerasi, pada fase ini sel fungi membelah secara aktif; c) fase eksponensial, pada fase ini jumlah sel fungi akan meningkat pesat dan tumbuh secara optimal. Pada fase inilah fungi dapat mendegradasi polutan yang terkandung dalam air limbah; d) fase deselerasi, kinerja fungi mulai menurun karena aktivitas fungi dan perkembangbiakannya mulai menurun; e) fase stasioner, jumlah populasi fungi yang mati dan bertambah relatif seimbang; dan f) fase mortal, pada fase ini jumlah fungi yang mati lebih dominan dibanding fungi yang hidup karena kekurangan nutrisi dan keracunan yang disebabkan oleh metabolisme fungi itu sendiri (Wahyuni, 2010).

Terdapat beberapa pilihan kisaran hitung koloni untuk metode *pour plate*. Sebagaimana cakupan perhitungan koloni pada air limbah dengan metode *pour plate*, kisaran jumlah koloni yang masuk ke dalam batas jumlah koloni adalah 30-300 koloni/cawan ((APHA, 2004). Pada **Gambar 4.5**, pertumbuhan populasi fungi mengalami fluktuasi setiap minggunya. Hal tersebut terjadi disebabkan oleh banyak faktor seperti, nutrisi, oksigen, pH, dan faktor lingkungan lainnya.

4.1.3 Laju Pertumbuhan Sawi Hijau *(Brassica juncea* L.*)*

Pengamatan pertumbuhan tanaman uji Sawi Hijau *(Brassica juncea* L.*)* dilakukan setiap minggu dalam jangka waktu empat (4) minggu. Parameter yang diamati adalah sebagai berikut:

a. Survival Rate (SR)

Derajat kelangsungan hidup *(Survival Rate)* merupakan tingkat perbandingan jumlah tanaman/tumbuhan yang hidup dari awal hingga akhir penelitian. Kelangsungan hidup dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$SR = \frac{Nt}{No} \times 100\%$$

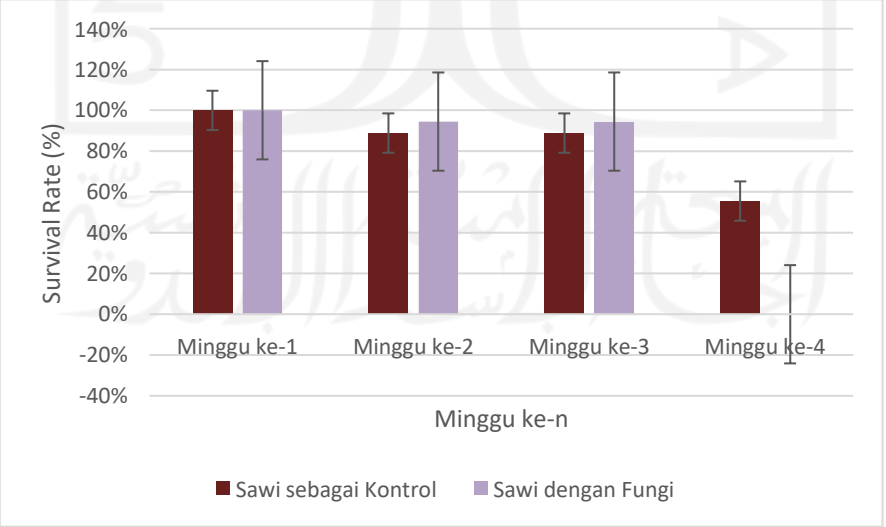
Keterangan :

SR : Kelangsungan hidup (%)

Nt : Jumlah tanaman di akhir penelitian (batang)

No : Jumlah tanaman di awal penelitian (batang) (Fadri, 2016)

Pada Sawi Hijau *(Brassica juncea* L.*)* digunakan untuk menghitung jumlah tanaman yang bertahan hingga masa panen. Derajat ketahanan hidup Sawi Hijau *(Brassica juncea* L.*)* sebagai kontrol mencapai nilai sebesar 56% sedangkan Sawi Hijau *(Brassica juncea* L.*)* dengan konsorsium fungi bernilai sebesar 0% dimana tidak ada tanaman yang dapat hidup hingga akhir penelitian. Grafik perbedaan ketahanan hidup Sawi Hijau (*Brassica juncea L.)* sebagai kontrol dan Sawi Hijau *(Brassica juncea* L.*)* yang diberi inokulum konsorsium fungi *indigenous* disajikan dalam **Gambar 4.6**



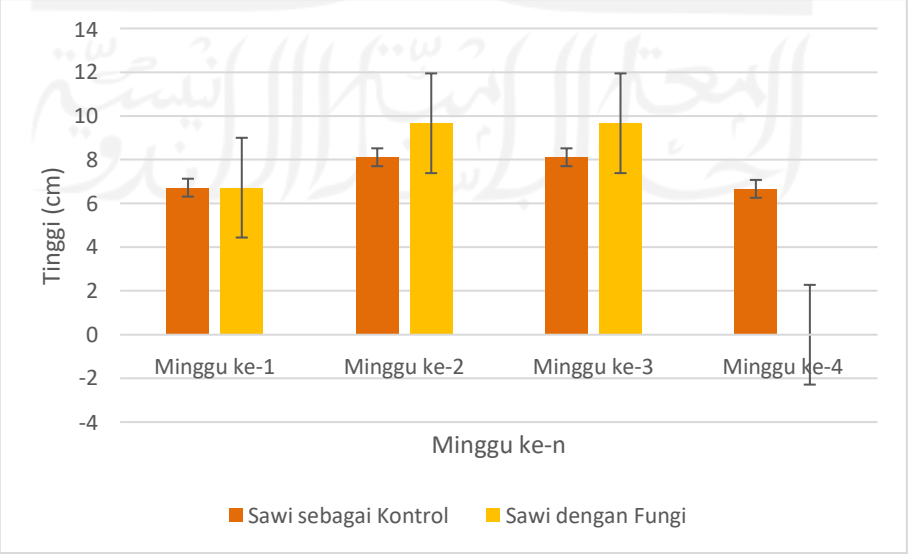
Gambar 4. 6 Grafik Perbandingan Ketahanan Hidup Sawi Hijau (*Brassica juncea* L.)

Pada minggu ke-1, jumlah Sawi Hijau *(Brassica juncea* L.*)* sebagai kontrol dan dengan fungi *indigenous* yang ditanam masih berjumlah sama. Meskipun berjumlah sama, pada minggu

terakhir minggu ke-1 penelitian, Sawi Hijau *(Brassica juncea* L.) mengalami defisiensi nutrisi yang ditunjukkan dengan daun yang menguning dan batang yang layu sehingga diberi pupuk cair KNO3. Memasuki minggu ke-2 dan ke-3, baik Sawi Hijau *(Brassica juncea* L.*)* sebagai kontrol maupun Sawi Hijau *(Brassica juncea* L.*)* yang diberikan inokulum konsorsium fungi *indigenous* mengalami penurunan jumlah sebanyak 2-3 batang tanaman. Pada minggu ke-4, tanaman mengalami penurunan jumlah yang signifikan. Pada Sawi Hijau *(Brassica juncea* L.*)* sebagai kontrol tanaman berkurang hingga 8 buah sedangkan SawiHijau *(Brassica juncea* L.*)* yang diberikan inokulum konsorsium fungi *indigenous* mengalami penurunan jumlah hingga tidak ada yang tersisa.

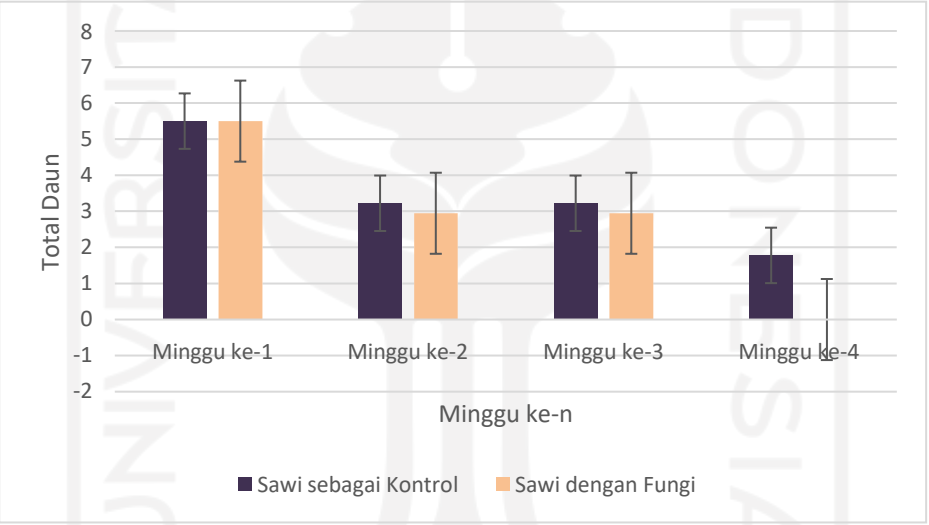
b. Laju Pertumbuhan Spesifik

Pengamatan dan pengukuran pertumbuhan tanaman dilakukan setiap minggu dalam kurun waktu empat (4) minggu yang bertujuan untuk mengetahui adanya indikator lingkungan yang berpengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman uji. Selain itu, Sawi Hijau *(Brassica juncea* L.) merupakan tanaman dengan umur masa tanam yang tergolong pendek, oleh sebab itu pengamatan dan pengukuran tanaman dilakukan rutin setiap minggu selama masa penelitian. Pada minggu ke-2 masa tanam, adanya perubahan fisik pada Sawi Hijau (Brassica juncea L.) seperti daun yang menguning, bercak kuning kecoklatan pada daun, daun yang berguguran, serta layu pada tanaman. Hal tersebut menunjukan gejala defisiensi unsur hara pada tanaman sehingga diberikan pupuk cair KNO3, pupuk tersebut tidak mengandung fosfat serta bebas kandungan besi (Fe) dan mangan (Mn) pada seluruh kolam tanaman uji. Selisih pertumbuhan yang terjadi selama empat (4) minggu disajikan dalam **Gambar 4.7**



Gambar 4. 7 Grafik Rata-Rata Tinggi Sawi Hijau *(Brassica juncea* L.*)*

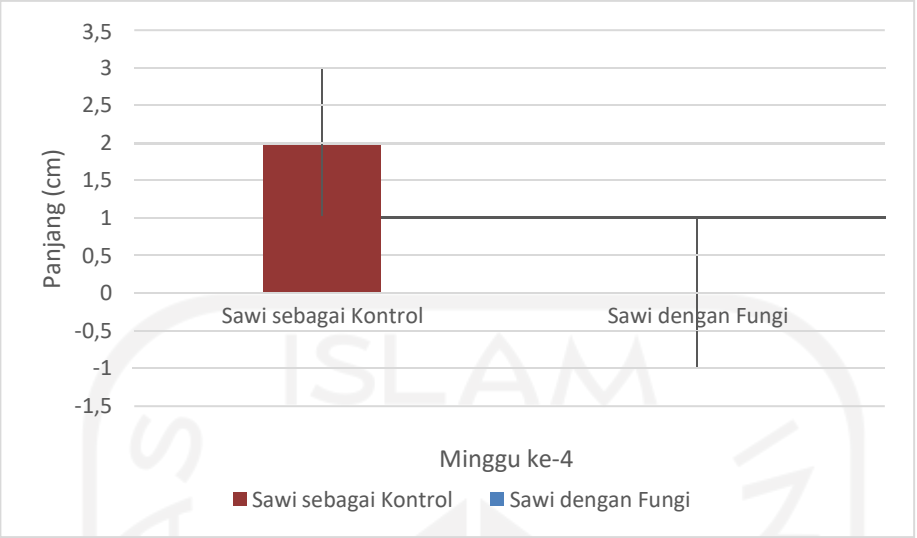
Selain perbedaan tinggi pada tanaman uji, terdapat selisih pada jumlah daun Sawi Hijau *(Brassica juncea* L.*).* Pada penelitian ini, Sawi Hijau mengalami beberapa faktor yang berpengaruh pada proses pertumbuhan sehingga pertumbuhan Sawi Hijau pada penelitian ini terhambat. Kendati demikian, Sawi Hijau *(Brassica juncea* L.*)* sebagai kontrol masih bisa bertahan walaupun dengan jumlah yang terbilang sedikit. Apabila dibandingkan, dari minggu ke-1 hingga minggu ke-3 penelitian, jumlah daun pada Sawi Hijau *(Brassica juncea* L.*)* sebagai kontrol memiliki nilai yang hampir sama dengan Sawi Hijau *(Brassica juncea* L.*)* yang diberi inokulum konsorsium fungi *indigenous.* Namun, pada saat memasuki minggu ke-4 Sawi Hijau *(Brassica juncea* L.*)* yang diberi inokulum fungi *indigenous* mengalami kematian yang diduga tanaman terserang penyakit akibat adanya penambahan fungi ke bagian akar dan air kolam. Selisih jumlah daun pada tanaman Sawi Hijau disajikan dalam **Gambar 4.8**



Gambar 4. 8 Grafik Selisih Jumlah Daun Sawi Hijau *(Brassica juncea* L.)

Selain mengalami defisiensi unsur hara, Sawi Hijau *(Brassica juncea* L.*)* mengalami tanda-tanda kekerdilan dalam pertumbuhan. Meskipun penambahan pupuk cair telah dilakukan, hari setelah semai (HSS) juga memiliki pengaruh dalam pertumbuhan tanaman karena semakin bertambahnya usia tanaman maka luas permukaan media tanam pun perlu diperhatikan. Selain melambatnya pertumbuhan tinggi tanaman, ciri kekerdilan pada tanaman ditandai dengan panjang akar, jumlah daun, dan tinggi tubuh yang tidak banyak mengalami perkembangan. Pada penelitian ini, Sawi Hijau (*Brassica juncea* L.*)* sebagai kontrol mengalami kekerdilan, hal tersebut ditandai dengan panjang akar yang tidak bertambah panjang serta akar yang rapuh. Begitu pula yang terjadi pada Sawi Hijau *(Brassica juncea* L.*)* yang diberi inokulum konsorsium fungi *indigenous*, tanaman mengalami kematian yang diduga karena terkena hama/penyakit yang disebabkan oleh fungi yang ditambahkan ke akar tanaman dan air limbah.

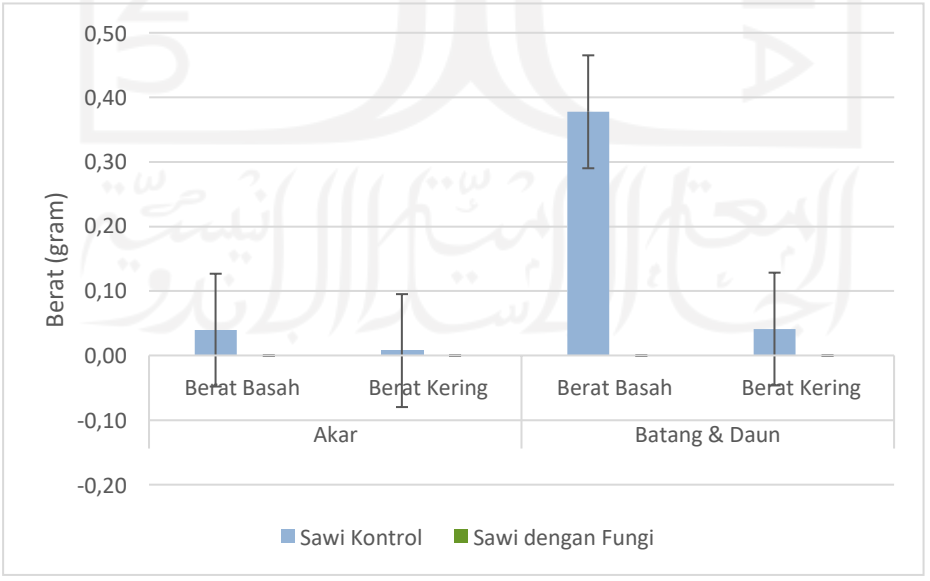
Perbedaan panjang akar Sawi Hijau *(Brassica juncea* L.*)* disajikan dalam **Gambar 4.9**



Gambar 4. 9 Grafik Selisih Panjang Akar pada Sawi Hijau *(Brassica juncea* L.*)*

c. Biomassa Tanaman

Selain pengukuran tinggi, jumlah, dan lebar daun Sawi Hijau *(Brassica juncea* L.*)*,Sawi Hijau *(Brassica juncea* L.*)* ditimbang berat basah dan berat keringnya menggunakan timbangan digital analitik. Selisih berat basah dan berat kering Sawi Hijau *(Brassica juncea* L.*)* sebagai kontrol memiliki nilai lebih unggul jika dibandingkan dengan Sawi Hijau *(Brassica juncea* L.*)* yang ditambahkan konsorsium fungi *indigenous* seperti yang disajikan dalam **Gambar 4.10**



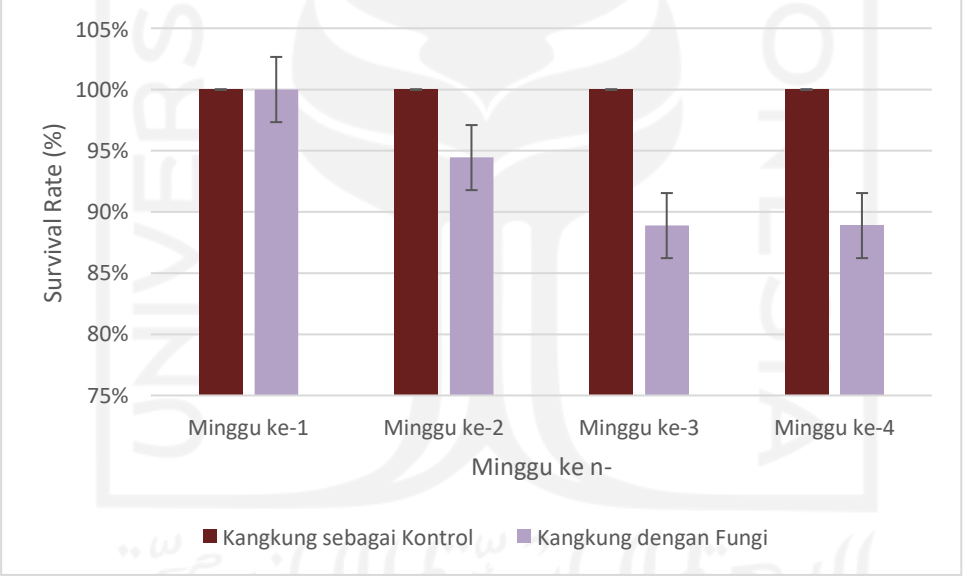
Gambar 4. 10 Grafik Perbedaan Biomassa Pada Sawi Hijau *(Brassica juncea* L.*)*

4.1.4 Laju Pertumbuhan Kangkung Air (*Ipomoea aquatic* F.)

Pengamatan pertumbuhan tanaman uji Kangkung Air (*Ipomoea aquatic* F.) dilakukan setiap minggu dalam jangka waktu empat (4) minggu. Parameter yang diamati adalah sebagai berikut:

a. Survival Rate (SR)

Sama halnya dengan Sawi Hijau *(Brassica juncea* L.*),* rumus *survival rate* digunakan untuk menghitung jumlah tanaman yang bertahan hingga masa panen. Derajat ketahanan hidup Kangkung Air (*Ipomoea aquatic* F.) sebagai kontrol mencapai nilai 100% sedangkan Kangkung Air (*Ipomoea aquatic* F.) dengan konsorsium fungi *indigenous* hanya mencapai nilai sebesar 89%. Grafik perbedaan ketahanan hidup Kangkung Air (*Ipomoea aquatic* F.) sebagai kontrol dan Kangkung Air (*Ipomoea aquatic* F.) yang diberi inokulum konsorsium fungi *indigenous* seperti yang disajikan dalam **Gambar 4.11**



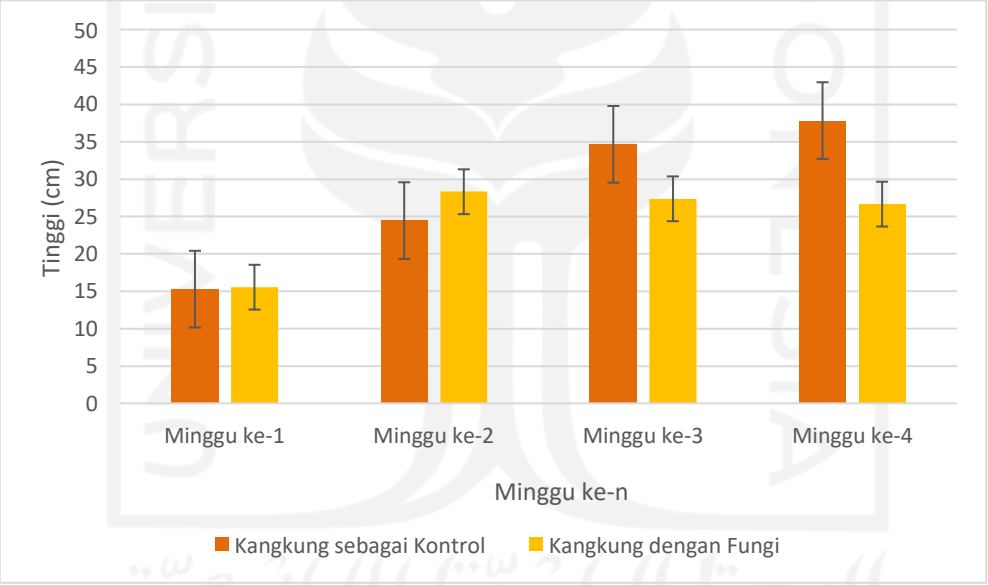
Gambar 4. 11 Grafik Perbandingan Ketahanan Hidup Kangkung Air *(Ipomoea aquatic* F.)

Pada minggu ke-1, jumlah tanaman yang hidup masih memiliki jumlah yang sama dengan jumlah tanaman awal. Pada minggu ke-2, Kangkung Air (*Ipomoea aquatic* F.) mengalami tanda-tanda defisiensi nutrisi yang ditunjukkan dengan adanya dan yang menguning, dan tanaman yang tampak layu. Kemudian tanaman diberi pupuk cair hdroponik KNO3 yang berfungsi untuk menaikkan kandungan nutrisi dalam air. Namun kendati demikian, Kangkung Air (*Ipomoea aquatic* F.) dengan inokulum konsorsium fungi *indigenous* justru mengalami penurunan jumlah tanaman hidup sebanyak 1 buah tanaman. Memasuki minggu ke-3, jumlah tanaman berkurang lagi sebanyak 2 buah tanaman, dan pada minggu ke-4 bertahan dengan

jumlah tanaman sebanyak 16 buah. Sedangkan Kangkung Air (*Ipomoea aquatic* F.) sebagai kontrol memiliki ketahanan hidup yang cenderung stabil dari karena masih berjumlah sama.

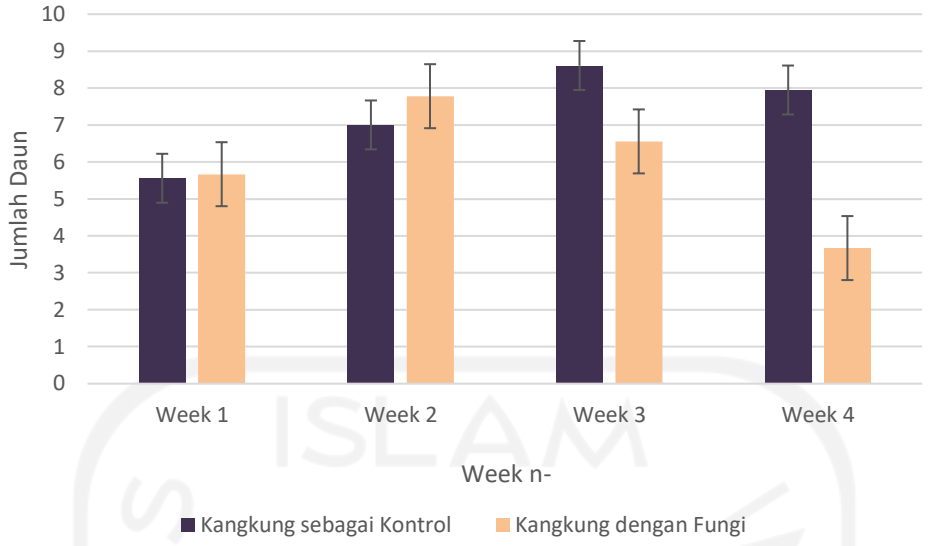
b. Laju Pertumbuhan Spesifik

Pengamatan pada Kangkung Air (*Ipomoea aquatic* F.) dilakukan rutin setiap minggu lalu membandingkan Kangkung Air (*Ipomoea aquatic* F.) kontrol dengan Kangkung Air (*Ipomoea aquatic* F.) yang diberi inokulum konsorsium fungi. Tidak seperti Sawi Hijau *(Brassica juncea* L.*)*, pertumbuhan Kangkung Air (*Ipomoea aquatic* F.) pada air limbah lebih baik dan dapat bertahan hidup lebih lama. Kangkung Air (*Ipomoea aquatic* F.) juga mengalami defisiensi unsur hara yang ditunjukan dengan perubahan fisik seperti, perubahan warna daun menjadi kuning dantanaman agak sedikit layu. Selisih pertumbuhan yang terjadi selama empat (4) minggu disajikan dalam **Gambar 4.12**



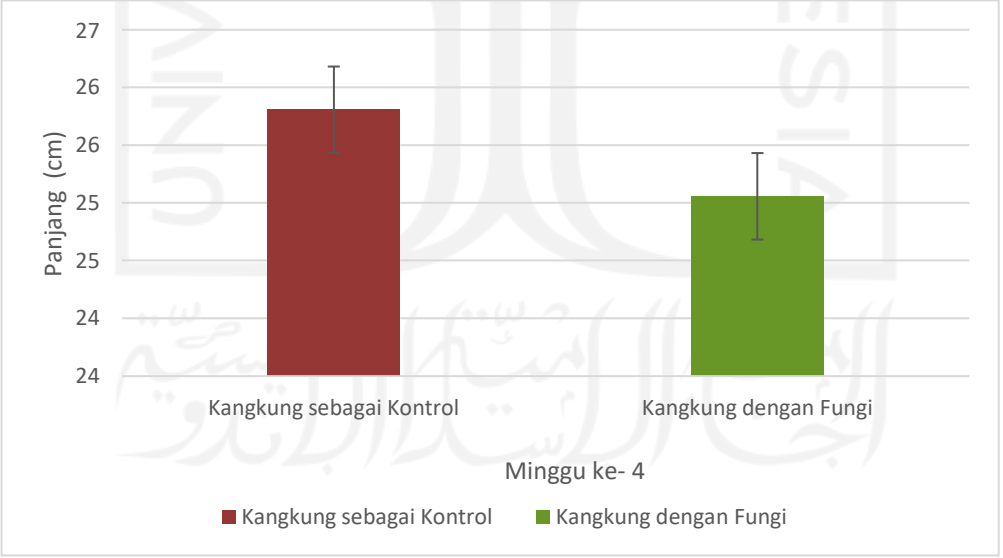
Gambar 4. 12 Grafik Selisih Tinggi Kangkung Air (*Ipomoea aquatic* F.*)*

Pada Gambar 4.9 Kangkung Air (*Ipomoea aquatic* F.) sebagai kontrol memiliki nilai tinggi cenderung stabil sedangkan Kangkung Air (*Ipomoea aquatic* F.) dengan inokulum konsorsium fungi memiliki nilai tinggi yang cenderung fluktuatif bahkan mengalami penurunan. Bersamaan dengan hal tersebut, jumlah daunKangkung Air (*Ipomoea aquatic* F.) sebagai kontrol juga memiliki nilai cenderunglebih stabil jika dibandingkan dengan Kangkung Air (*Ipomoea aquatic* F.) dengankonsorsium fungi seperti yang disajikan dalam **Gambar 4.13**



Gambar 4. 13 Grafik Selisi Jumlah Daun Kangkung Air (*Ipomoea aquatic* F.)

Selain mengukur tinggi tanaman, jumlah daun, dan lebar daun, pengukuran panjang akar juga dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui adanya respon akar terhadap air dan nutrisi yang terkandung dalam air. Jika panjang akar Kangkung Air *(Ipomoea aquatic* F.) sebagai kontrol dibandingkan dengan panjang akar KangkungAir *(Ipomoea aquatic* F.), terdapat selisih seperti yang tersaji dalam **Gambar 4.14**

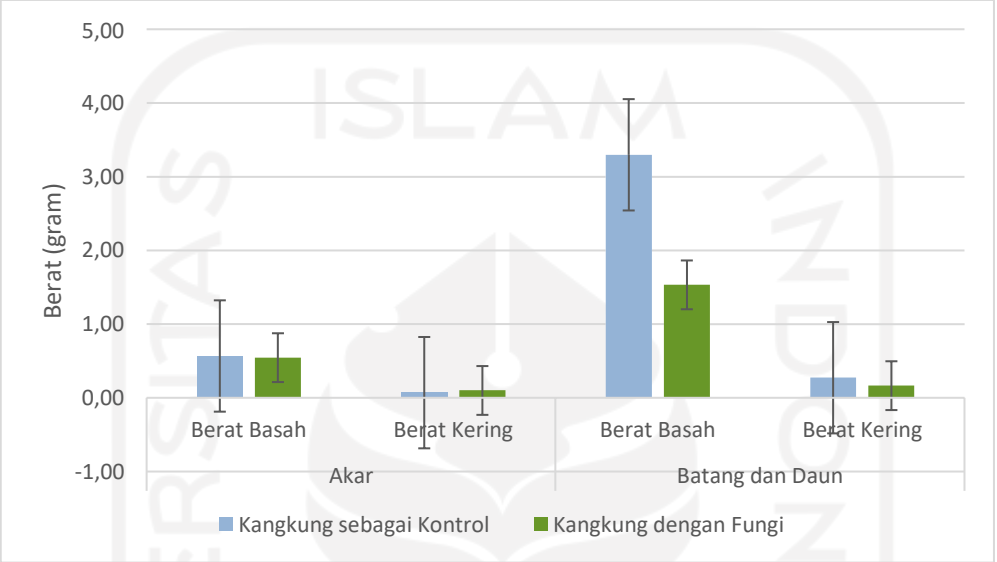


Gambar 4. 14 Grafik Selisih Panjang Akar Kangkung Air *(Ipomoea aquatic* F.)

Pada **Gambar 4.14**, akar pada Kangkung sebagai kontrol menunjukkan nilai yang cenderung sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan Kangkung dengan inokulum konsorsium fungi. Hal tersebut memberikan arti bahwa keduanya memiliki respon yangmirip antara satu sama lain terhadap penyerapan air dan nutrisi yang terkandung dalam air.

c. Biomassa Tanaman

Pada saat pemanenan, Kangkung Air (*Ipomoea aquatic* F.) ditimbang menggunakan timbangan analitik. Hasil menunjukkan bahwa Kangkung Air (*Ipomoea aquatic* F.) sebagai kontrol memiliki nilai cenderung lebih tinggi. Hasil penimbangan jaringan basah dan kering Kangkung Air (*Ipomoea aquatic* F.) yang disajikan dalam **Gambar 4.15**



Gambar 4. 15 Grafik Biomassa Kangkung Air *(Ipomoea aquatic* F.*)*

Pada berat basah jaringan atas dan bawah Kangkung, Kangkung Air (*Ipomoea aquatic* F.) sebagai kontrol memiliki biomassa cenderung lebih berat dibandingkan dengan Kangkung Air (*Ipomoea aquatic* F.) yang diberikan konsorsium fungi.

4.2 Hasil Pengujian Parameter Kualitas Air

4.2.1 Pengukuran Kadar Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman atau pH, menurut (Sutrisno, 1991) merupakan satuan nilai yang digunakan untuk menyatakan keadaan asam ataupun basa dalam sebuah larutan. Derajat keasaman erat dikaitkan sebagai satuan konsentrasi ion hidrogen dalam air karena adanya proses reaksi kimia dan biokimia yang terjadi. Limbah cair domestik mengandung banyak zat organik sehingga berpengaruh terhadap perubahan nilai derajat keasaman dalam air. Pada penelitian ini, pengukuran derajat keasaman (pH) dilakukan setiap minggu. Hal tersebut dilakukan karena tanaman agraria yang ditanam menggunakan sistem hidroponik cenderung lebih sensitif dengan kadar pH dalam air. Apabila kadar pH dalam air menunjukkan kecenderungan kandungan asam yang lebih tinggi, maka unsur hara yang diikat oleh akar tanaman akan lebih banyak dibandingkanpada air yang memiliki nilai pH lebih rendah. Pada air limbah domestik, kadar pH memiliki kecenderungan nilai yang lebih rendah, jika kadar pH kurang dari empat (4) satuan, maka kondisi tersebut terlalu asam untuk tanaman dan biota air untuk dapat bertahan hidup. Namun, menurut (Wirosoedarmo, R., 2001) pH dengan nilai antara 6-7satuan dianggap masih layak digunakan pada sistem hidroponik karena nilai pH beradapada kondisi netral.

Tanaman uji yang digunakan adalah Sawi Hijau *(Brasicca juncea* L.*)* dan Kangkung Air *(Ipomoea aquatic* F.) yang dapat tumbuh baik pada suhu 25 °C - 30 °C, serta kadar pH antara 5.5 – 6 (Widi, 2007). Pengujian kadar derajat keasaman dilakukan setiap minggu selama satu bulan penelitian. Selama penelitian berlangsung, kadar pH pada air kolam tanaman uji yang diberi inokulum konsorsium fungi menunjukkan kecenderungan nilai yang tinggi dan terus meningkat sedangkan pada kolam tanaman uji tanpa konsorsium fungi, kadar pH memiliki kecenderungan lebih rendah. Hal tersebut menunjukkan bahwa kemungkinan adanya reaksi konsorsium fungi *indigenous* terhadap zat organik yang terjadi di dalam air limbah domestik sehingga menyebabkan kadar pH dalam air limbah menjadi lebih tinggi.

Akibat kadar pH air yang cenderung tinggi, Sawi Hijau *(Brasicca juncea* L.) dan Kangkung Air *(Ipomoea aquatic* F.) yang diberi konsorsium fungi, mengalami penurunan ketahanan hidup pada minggu ketiga dan keempat penelitian. Menurut (Syahputra, 2005), metabolisme pada tanaman akan terhambat jika kadar pH pada air memiliki tendensi sifat basa yang tinggi sehingga dapat menyebabkan kerdil atau mati pada tanaman. Sedangkan pada Sawi Hijau *(Brasicca juncea* L.*)* dan Kangkung Air *(Ipomoea aquatic* F.) tanpa konsorsium fungi dapat bertahan hidup hingga lebih dari empat minggu meskipun terdapat tanda kekerdilan pada

Sawi Hijau *(Brasicca juncea* L.).

Dalam remediasi air limbah domestik, kestabilan kadar pH sangat dipengaruhi dari sumber limbah, tanaman yang digunakan, serta waktu retensi pengolahan yang dilakukan. Berdasarkan pada Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, terdapat empat (4) kategori kelas air limbah yang dikelompokkan berdasarkan dengan penggunaannya dalam **Tabel 4.4**

Tabel 4. 4 Parameter pH dalam PP No. 82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air

PARAMETER	SATUAN	KELAS				KETERANGAN
		I	II	III	IV	
KIMIA ANORGANIK						
pH		6 - 9	6 - 9	6 - 9	5 - 9	Apabila secara alamiah di luar rentang tersebut, maka ditentukan berdasarkan kondisi alamiah

Pengujian kadar pH dilakukan setiap minggu yang bertujuan untuk mengetahui adanya perubahan kadar pH yang terjadi di dalam air limbah domestik. Setiap kolam memiliki kadar pH yang berbeda serta adanya fluktuasi yang terjadi di setiap minggunya.pH menjadi salah satu parameter yang perlu diperhatikan dalam melakukan remediasi air limbah menggunakan tanaman. Hasil pengujian kadar pH disajikan dalam **Tabel 4.5**

Tabel 4. 5 Kadar Derajat Keasaman (pH) dalam Air Limbah Domestik

NO	Variabel	Derajat Keasaman (pH)				
		Minggu ke-0	Minggu ke-1	Minggu ke-2	Minggu ke-3	Minggu ke-4
1	Kontrol kosong	6.1	8.86	9.35	9.19	9.31
2	Kontrol fungi	6.2	8.95	10.57	9.36	9.47
3	Kontrol positif Sawi Hijau	7.02	8.78	7.49	8.1	7.8
4	Kontrol positif kangkung Air	7.02	8.78	8.43	8.55	8.4
5	Sawi Hijau tanpa fungi	6.35	8.96	7.86	7.8	7.91
6	Kangkung Air tanpa fungi	6.32	8.95	7.68	8.24	7.84
7	Sawi Hijau dengan fungi	6.61	8.9	8.52	8.4	8.42
8	Kangkung Air dengan fungi	6.32	8.95	8.48	8.38	8.43

Dari Tabel 4.5, diketahui bahwa pada minggu ke-0 kadar pH berada pada rentang nilai 6-7, pada minggu ke-1 kadar pH mengalami peningkatan yang signifikan dari rentang nilai 6-7 menjadi 8, lalu pada minggu ke-2 terjadi fluktuasi kadar pH dari tiap-tiap kolam. Kolam kontrol kosong menunjukkan peningkatan kadar pH dari nilai 8,86 menjadi 9,35. Kolam kontrol kosong merupakan kolam yang berisi air limbah domestikyang tidak diberi perlakuan sama sekali. Lalu,

pada kolam kontrol fungi terjadi peningkatan kadar pH yang sangat drastis karena mengalami kenaikan hingga nilai 10,57 dari 8,95. Kolam kontrol fungi berisi air limbah yang diberi perlakuan berupa inokulasi konsorsium fungi tanpa adanya tanaman uji. Pada kolam Sawi Hijau dengan konsorsium fungi dari 8,90 menjadi 8,52 dan pada kolam Kangkung Air dengan konsorsium fungi terjadi penurunan kadar pH dari 8,95 menjadi 8,48. Pada kolam SawiHijau tanpa konsorsium fungi, kadar pH menurun dari 8,96 menjadi 7,86 dan pada kolam Kangkung Air tanpa konsorsium fungi kadar pH menurun dari 8,95 menjadi 7,68.Penurunan kadar pH juga terjadi pada kolam positif tanaman uji, yaitu pada kolam positif Sawi hijau penurunan kadar pH dari 8,78 menjadi 7,49 serta pada kolam positif Kangkung Air penurunan kadar pH terjadi dari nilai 8,78 menjadi 8,43. Kolam positif merupakan kolam air bersih yang diberi perlakuan berupa tanaman uji.

Fluktuasi kadar pH terus terjadi secara berkelanjutan hingga minggu ke-4. Kadar pH dalam air menunjukkan tanda-tanda penurunan namun jika dilakukan perbandingan, kadar pH air limbah pada kolam tanaman uji yang diberi konsorsium fungi menunjukkan tendensi nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan kadar pH air limbahpada kolam tanaman uji tanpa konsorsium fungi. Menurut (Polprasert, 1989), hal tersebut menunjukkan adanya aktivitas konsorsium fungi yang terjadi dalam air limbahberupa peningkatan kadar karbon dioksida dalam air dari adanya degradasi protein serta dekomposisi kadar organik sederhana dalam air. Kadar organik yang terkandung dalam air limbah biasanya berupa nitrogen yang diubah menjadi ammonium (NH4), dari proses tersebut kadar pH akan meningkat menjadi lebih tinggi. Dalam kondisi pH yang tinggi, nitrogen akan terlarut dalam air dan merubah ammonium menjadi ammoniak (NH3) ((Rizaldi, 2008). Oleh sebab itu, tanaman tidak dapat tumbuh dengan baik karena kadar basa yang terlalu tinggi.

Dari penelitian yang telah dilakukan, hasil pengujian lalu dibandingkan dengan Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air yang mengatur bahwa air limbah dengan kadar pH diantara 5 – 9 masuk ke dalam kategori kelas IV dan hasil pengujian dalam penelitian ini masuk ke dalam kategori tersebut. Pada kategori kelas IV, air limbah masih diperbolehkan untuk digunakan kembali sebagai air irigasi untuk mengairi tanaman ataudigunakan untuk penggunaan yang sama.

4.2.2 Pengukuran Nilai *Electrical Conductivity* (EC)

Selain pengukuran kadar derajat keasaman, pengukuran nilai *electrical conductivity* (EC) dalam air limbah domestik juga dilakukan setiap minggu selama penelitian berlangsung. Tujuan dilakukannya pengujian nilai EC dalam air limbah memiliki kesinambungan terhadap

penggunaan tanaman hidroponik. *Electrical Conductivity* atau EC adalah total garam terlarut yang terkandung pada nutrisi atau kepekatan pupuk dalam larutan hidroponik (Karsono, 2002).

Electrical Conductivity berfungsi sebagai indikator unsur hara dalam air. Saat penanaman tanaman dilakukan dengan metode *floating*, maka nilai *electricalconductivity* sangat perlu diperhatikan karena semakin tinggi nilai *electrical conductivity* maka banyak unsur hara yang terkandung dalam air. Unsur hara berperan besar bagi tanaman karena tanaman membutuhkan nutrisi untuk melakukan metabolisme seperti berfotosintesis, merangsang enzim untuk aktif, dan kembali menyerap nutrisi dari unsur hara dalam bentuk ion. Namun apabila kadar garam terlarut dalam air terlalu tinggi, maka penyerapan nutrisi oleh tanaman akan terganggu dan dapat merusak akar tanaman (Wibowo, 2017).

Tanaman uji yang dipakai adalah Sawi Hijau *(Brasicca juncea* L.) dan KangkungAir *(Ipomoea aquatic* F.) yang merupakan tanaman sayuran. Pada tanaman sayur, nilai *electrical conductivity* optimal berada dalam rentang nilai 1,5 – 2,5 mS/cm (Ibrahim, 2012). Apabila nilai *electrical conductivity* dalam air tidak mencapai nilai minimal atau melebihi batas maksimal, proses metabolisme pada tanaman akan terganggu seperti, terjadinya kekerdilan pada tanaman, defisiensi nutrisi, atau tanaman cenderung layu dan masuk ke dalam fase mortal.

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan setiap minggu, nilai *electrical conductivity* mengalami kondisi fluktuatif. Pada minggu ke-2 penelitian, ditambahkan pupuk cair khusus hidroponik yang hanya mengandung Nitrogen dan Kalium tanpa kandungan Fosfat. Hal tersebut dilakukan karena tanaman uji menunjukkan tanda-tandadefisiensi nutrisi namun juga adanya upaya agar tidak terjadi peningkatan kadar Fosfatdalam air limbah akibat pupuk cair. Hasil pengujian nilai *electrical conductivity* dalamair limbah domestic disajikan dalam **Tabel 4.6**

Tabel 4. 6 Nilai *Electrical Conductivity* (EC) dalam Air Limbah

NO	Variabel	*Electrical Conductivity* (EC)				
		Mingguke-0	Mingguke-1	Mingguke-2	Mingguke-3	Mingguke-4
1	Kontrol kosong	1.54	1.69	2.01	2.04	2.15
2	Kontrol fungi	1.7	1.85	2.45	2.58	2.68
3	Kontrol positif Sawi Hijau	0.22	0.19	0.18	0.18	0.19
4	Kontrol positif Kangkung Air	0.22	0.22	0.23	0.23	0.23
5	Sawi Hijau tanpa fungi	1.37	1.44	1.53	1.52	1.59
6	Kangkung Air tanpa fungi	1.06	1.1	1.24	1.21	1.25
7	Sawi Hijau dengan fungi	2	2.05	2.1	2.11	2.17
8	Kangkung Air dengan fungi	1.83	1.93	1.99	2	2.05

Dari **Tabel 4.6**, nilai *electrical conductivity* dalam air limbah domestik pada minggu ke-0 berada pada batas minimal dengan tendensi lebih rendah jika dibandingkan dengan teori yang

dikemukakan oleh (Ibrahim, 2012) bahwa batas minimal nilai *electrical conductivity* adalah 1,5 mS/cm. Nilai *electrical conductivity* terus meningkatpada minggu ke-1 dan minggu ke-2, sedangkan pada minggu ke-3 penurunan nilai *electrical conductivity* terjadi pada air limbah yang diberi perlakuan berupa tanaman ujitanpa konsorsium fungi. Namun penurunan nilai *electrical conductivity* yang terjadi pada air limbah yang hanya diberi tanaman uji tidak berpengaruh besar secara fisik karena nilainya kembali meningkat pada minggu ke-4.

4.2.3 Hasil Uji Kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Menurut (Lumaela, 2013), COD (*Chemical Oxygen Demand*) atau KOK (Kebutuhan Oksigen Kimiawi) adalah jumlah kebutuhan oksigen yang terkandung dalam air yang berfungi sebagai oksidator senyawa organik dalam air secara kimiawi. *Chemical Oxygen Demand* (COD) menunjukkan tingginya kadar senyawa organik dalam suatu perairan. Pengurangan jumlah kadar COD dilakukan dengan menekan kebutuhan oksigen pada senyawa organik kompleks yang tidak dapat diurah melalui reaksi biokimia (Ginting, 2007).

Prinsip yang digunakan dalam pengujian COD adalah dengan menambahkan asam pekat dan pengkatalis perak sulfat lalu ditambahkan Kalium Bikromat (K2Cr2O7)yang berfungsi sebagai oksidator atau sumber oksigen (*oxidizing agent)* pada sampel. Hal tersebut dilakukan agar senyawa organik dalam air dapat terurai secara keseluruhan (Tchobanoglous, 1991). Kemudian sampel dipanaskan dalam *thermoreaktor* menggunakan suhu sebesar 150 °C selama 120 menit. Pada pengujian COD, digunakantabung refluks tertutup untuk mempercepat reaksi senyawa organik dengan oksidator tanpa mengurangi volumenya. Pengukuran nilai adsorbansi dilakukan menggunakan spektrofotometri dengan panjang gelombang 420 nm dan nilai kebutuhan oksigen kimiawi pada nilai 100 mg/L.

Nilai konsentrasi kadar COD merupakan suatu ukuran yang digunakan untuk mengetahui adanya pencemaran dalam air oleh senyawa organik. Senyawa organik secara alamiah dapat teroksidasi oleh proses mikrobiologis namun dapat menyebabkanberkurangnya kadar oksigen terlarut dalam air sehingga ekosistem biota perairan menjadi terganggu (Santo, 1980).

Batasan nilai terendah kadar pencemar perlu diperhatikan agar tidak menyebabkan pencemaran pada badan air yang memiliki dampak besar terhadap ekosistem perairan maupun daratan. Terdapat acuan dalam menentukan batasan nilai terendah kadar konsentrasi COD. Acuan tersebut diatur dalam Peraturan Pemerintah No.82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air dalam **Tabel 4.7**

Tabel 4. 7 Parameter COD dalam PP No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air

PARAMETER	SATUAN	KELAS				KETERANGAN
		I	II	III	IV	
KIMIA ANORGANIK						
COD	mg/L	10	25	50	100	

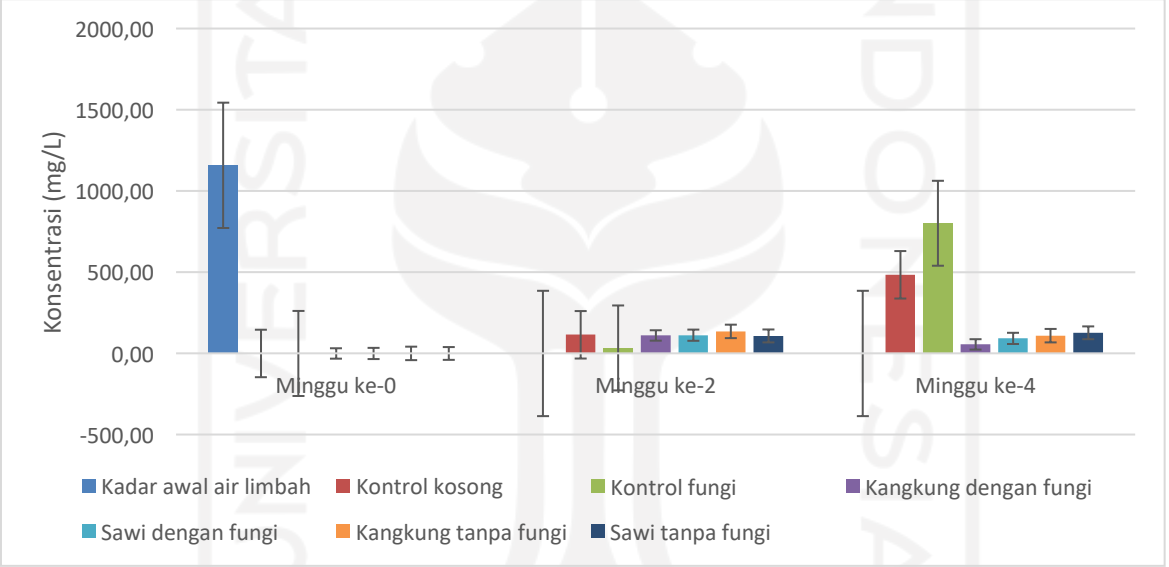
Dalam penelitian ini, konsorsium fungi *indigenous* diberikan pada akar tanaman Sawi Hijau dan Kangkung Air dengan diteteskan menggunakan pipet serta pada air limbah. Hal tersebut bertujuan untuk mengidentifikasi adanya potensi kerja sama antarafungi *indigenous* terhadap tanaman uji sebagai reduktor terbaik untuk mereduksi kandungan COD dalam air limbah. Penelitian dilakukan selama 4 minggu dengan melakukan sebanyak tiga kali pengujian kadar COD dalam air limbah.

Pada minggu ke-0 penelitian, kadar COD dalam air limbah diuii dengan tujuan untuk mengetahui kadar awal COD yaitu, 1,158.12 mg/L. Hal tersebut menunjukkan bahwa senyawa organik yang terkandung dalam air limbah sangat tinggi. Dalam penelitian ini, terdapat enam (6) kolam yang berbeda, yaitu kolam sebagai kontrol kosong, kolam sebagai kontrol fungi, kolam Saw Hijau sebagai kontrol, kolam Sawi Hijau dengan konsorsium fungi, kolam Kangkung Air sebagai kontrol, dan kolam Kangkung air dengan konsorsium fungi. Kolam kontrol kosong merupakan kolam yanghanya berisi air limbah dan sama sekali tidak diberi perlakuan apapun, sedangkan kolamkontrol fungi merupakan kolam air limbah yang berisi konsorsium fungi *indigenous.* Kolam kontrol digunakan sebagai acuan nilai terhadap perubahan yang terjadi pada airkolam yang diberikan perlakuan.

Pada minggu ke-2 penelitian, pengujian kadar COD dalam air limbah kembali dilakukan. Sebanyak 100 ml sampel air limbah domestik ditampung sebanyak dalam jerigen kecil dari tiap kolam yang digunakan dalam penelitian ini. Dari keenam kolam tersebut, hasil menunjukkan bahwa adanya perubahan yang signifikan berupa penurunan kadar konsentrasi COD yang terkandung dalam air limbah. Konsentrasi terendah terdapat pada air limbah dalam kolam kontrol fungi *indigenous* dengan konsentrasi sebesar 33.97 mg/L, pada air limbah kolam Sawi Hijau dengan konsorsiumfungi *indigenous* sebesar 107.95 mg/L, pada air limbah dalam kolam Kangkung Air dengan konsorsium fungi *indigenous* sebesar 110.68 mg/L, pada air limbah dalam kolam Sawi hijau dengan konsorsium fungi *indigenous* sebesar 112.05 mg/L, pada air limbah dalam kolam kontrol kosong sebesar 114.79 mg/L, dan pada air limbah dalam kolam Kangkung Air tanpa fungi kadar konsentrasi COD sebesar 135.34 mg/L.

Pada minggu ke-4 penelitian, pengujian kadar COD kembali dilakukan untuk mengetahui

perubahan nilai konsentrasi COD dalam air limbah domestik. Hasil yang didapatkan pada pengujian ini terbilang fluktuatif dari hasil pengujian kadar konsentrasiCOD yang dilakukan sebelumnya. Jika dibandingkan dengan pengujian pada minggu ke-2, hasil terendah kadar konsentrasi COD terdapat pada air limbah dalam kolam Kangkung Air dengan konsorsium fungi *indigenous* sebesar 55.89 mg/L, pada air limbah dalam kolam Sawi Hijau dengan konsorsium fungi *indigenous* sebesar 92.87 mg/L, pada air limbah dalam kolam Kangkung air tanpa fungi sebesar 109.31 mg/L, pada air limbah dalam kolam Sawi Hijau tanpa konsorsium fungi *indigenous* sebesar 127.12 mg/L, pada air limbah dalam kolam kontrol kosong sebesar 484.41 mg/L, dan pada air limbah dalam kolam kontrol fungi *indigenous* tanpa tanaman sebesar 801.45 mg/L. Hasil pengujian kadar konsentrasi COD disajikan dalam **Gambar 4.16**



Gambar 4. 16 Hasil Pengujian Kadar Konsentrasi COD dalam Air Limbah *Greywater*

Dari **Gambar 4.16**, dapat diketahui bahwa air dalam kolam yang diberi perlakuan khusus mengalami penurunan kadar konsentrasi COD. Hal tersebut menunjukkan adanya respon positif yang terjadi antara tanaman dan konsorsium fungi *indigenous* terhadap kadar konsentrasi COD berupa senyawa organik yang terdegradasi dalam air limbah. Selain adanya penurunan kadar konsentrasi COD dalam air limbah dari penggunaan tanaman dan fungi *indigenous*, keberhasilan proses fitoremediasi bergantung terhadap waktu yang digunakan. Semakin lama waktu yang digunakan dalam proses fitoremediasi, maka kadar konsentrasi COD dalam air limbah semakin menurun.

Dalam sistem fitoremediasi, kinerja tanaman juga dibantu oleh mikroorganisme salah satunya adalah fungi yang ditambahkan pada akar dan air limbah. Mikroorganisme yang

terdapat pada akar tanaman berfungsi dalam memecah senyawa- senyawa organik yang terkandung dalam air limbah. Faktor lain yang memengaruhi turunnya kadar konsentrasi COD adalah suplai oksigen dan cahaya matahari. Oksigen dan cahaya matahari memiliki peran dalam membantu pertumbuhan mikroorganisme agar semakin berkembang (Sawyer, 2003).

Pada penelitian ini, penggunaan Kangkung Air (*Ipomoea aquatic* F.) dengan konsorsium fungi *indigenous* dinilai paling efektif dalam menurunkan kadar konsentrasiCOD dalam air limbah karena mampu mereduksi kadar COD hingga 95%. Pada Sawi Hijau (*Brasicca junce* L.) dengan konsorsium fungi *indigenous* terdapat potensi lebih untuk menurunkan kadar COD pada air limbah karena mampu mereduksi kadar COD hingga 92% namunpada minggu ketiga penelitian Sawi Hijau (*Brasicca junce* L.*)* dalam kolam tersebut mengalami penurunan jumlah secara signifikan. Sawi Hijau (*Brasicca junce* L.*)* dengan konsorsium fungi *indigenous* tidak dapat bertahan hidup dan memasuki fase mortal. Kendati demikian, perlu dilakukan pemilihan tanaman serta fungi *indigenous* secara selektif dalam upaya mereduksi kadar COD dalam air dengan sistem fitoremediasi.

Dari pengujian yang telah dilakukan, kadar konsentrasi COD dalam air limbah kemudian dibandingkan dengan Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Dari keenam sampel air limbah yang diuji dalam penelitian ini, hanya dua sampel air limbah yang memenuhi standar batas kadar COD yang telah diatur dalam PP No. 82 Tahun 2001 yaitu, air limbah yang diberikan perlakuan berupa Kangkung Air dengan konsorsium fungi *indigenous* dengan kadar konsentrasi COD sebesar 55,89 mg/L dan air limbah pada kolam Sawi Hijau dengan konsorsium fungi *indigenous* dengan kadar konsentrasi CODsebesar 92,88 mg/L. Dengan kadar konsentrasi dibawah 100 mg/L, maka air limbah tersebut masuk ke dalam kategori kelas IV dan masih layak untuk digunakan kembali sebagai air irgasi untuk mengairi tanaman atau untuk kegiatan lain yang memiliki fungsi serupa.

Pada dasarnya, tanaman uji tanpa konsorsium fungi *indigenous* dalam penelitian ini juga memiliki potensi dalam mereduksi kadar COD dalam air limbah, namun wakturetensi pada kolam tersebut perlu ditambahkan untuk meningkatkan efektifitas kinerja tanaman dan mikroorganisme dalam mereduksi kadar COD dalam air limbah.

4.2.4 Hasil Uji Kadar Surfaktan (*Methylene Blue Active Substance*)

Dalam air limbah domestik, salah satu penyumbang kadar zat organik dalam jumlah besar adalah kadar surfaktan yang berasal dari penggunaan detergen. Detergen adalah senyawa sintetis yang pada permukaan senyawanya bersifat aktif *(surface active agent).* Sifat yang

dimiliki oleh detergen adalah pendispersi, pencucian, dan pengemulsi (Hermawati, 2005). Detergen banyak digunakan dalam kegiatan rumah tangga serta kegiatan industri karena berperan penting dalam membersihkan dan mengikat kotoran,terutama minyak dan lemak.

Pada air limbah yang mengandung kadar detergen, terdapat senyawa kimia seperti surfaktan, *builder*, dan bahan adiktif (Puspitahati, 2012). Bahan-bahan tersebut dapat menyebabkan pencemaran pada lingkungan karena senyawa yang terkandung di dalamnya tidak dapat diurai oleh lingkungan. Surfaktan merupakan senyawa kimia organik kompleks, sehingga diperlukan pengolahan terlebih dahulu untuk mengurai senyawanya menjadi sederhana sehingga dapat diurai oleh keadaan alamiah dalam lingkungan.

Jenis detergen yang banyak digunakan pada umumnya mengandung senyawa surfaktan anionik yang bersumber dari *linear benzene alkil sulfonate* (LAS) yang merupakan jenis senyawa kimia organik kompleks. Apabila tidak dilakukan pengolahan terlebih dahulu, surfaktan dapat menyebabkan proses masuknya oksigen ke dalam air terhambat sehingga kadar oksigen dalam air berkurang (Suastuti, 2015). Hal tersebut tentu sangat merugikan ekosistem perairan.

Pada kadar 0-1 mg/L, surfaktan LAS dapat meracuni biota air seperti, algae, invertebrata, serta ikan karena memiliki kecenderungan toksik akut dan bersifat kronis (Tugiyono, 2009). Kerusakan organ pada pernapasan ikan dapat terjadi sehingga ikan tidak dapat bertahan hidup dalam air dengan kadar oksigen terlarut rendah. Dapat disimpulkan bahwa surfaktan memiliki kecenderungan untuk mengganggu biota air dengan cara merusak organ dan menurunkan kadar oksigen terlarut dalam air.

Oleh sebab itu, perlu dilakukan pengolahan kadar pencemar surfaktan agar dapatterurai oleh lingkungan. Penggunaan tanaman sebagai agen fitoremediasi merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk memulihkan lingkungan serta badan airdari pencemaran bahan organik (Hidayati, N. V., 2013). Meskipun telah dilakukan pengolahan kadar pencemar surfaktan, perlu adanya batasan kadar zat pencemar agar pengolahan air limbah dapat dilakukan secara maksimal dan meminimalkan zat pencemar masuk ke dalam lingkungan. Pemerintah menetapkan batasan kadar surfaktandalam air limbah yang diatur dalam Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air yang dikategorikan berdasarkan kelas dan penggunaannya dalam **Tabel 4.8**

Tabel 4. 8 Parameter Surfaktan dalam PP No. 82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air

PARAMETER	SATUAN	KELAS				KETERANGAN
		I	II	III	V	
KIMIA ORGANIK						
Detergen (MBAS)	ug/L	200	200	200	-	

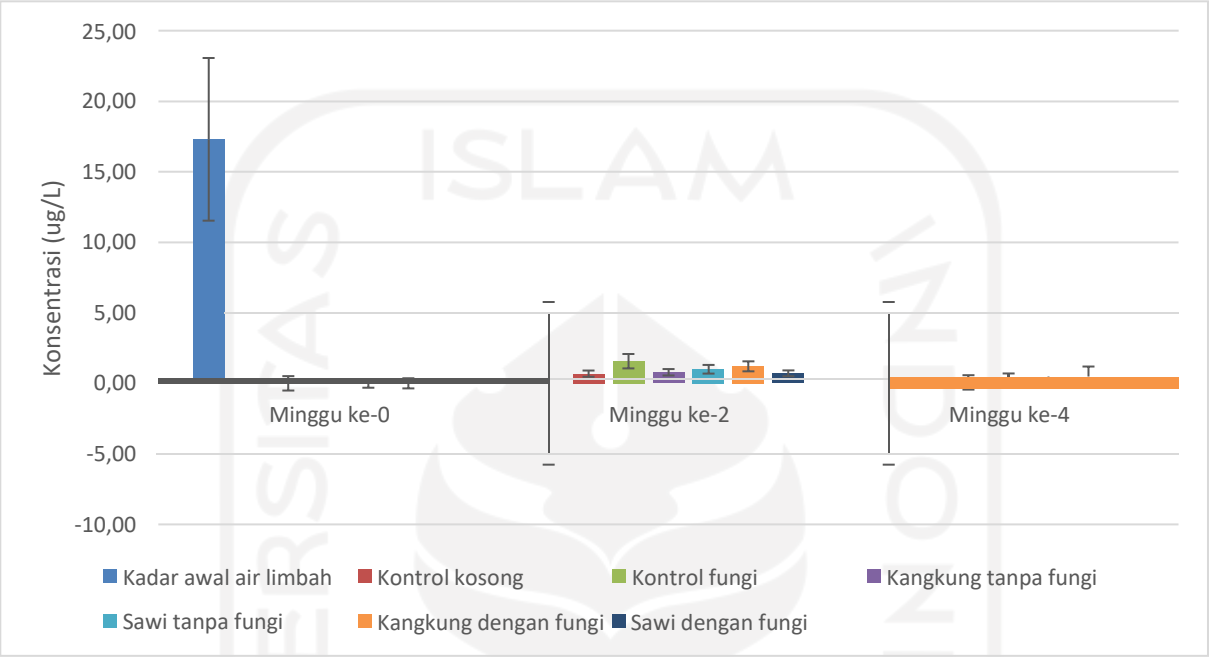
Prinsip pengujian kadar surfaktan adalah dengan menghitung total kloroform dalam air limbah. Pengukuran nilai adsorbansi dilakukan menggunakan spektrofotometri dengan panjang gelombang sebesar 652 nm. Pada penelitian ini,pengujian kadar surfaktan dalam air limbah dilakukan sebanyak tiga kali selama empatminggu penelitian dari setiap sampel air limbah yang berbeda. Sampel awal merupakansampel air limbah yang belum diberi perlakuan apapun. Pengujian dilakukan pada minggu ke-0 dengan tujuan untuk mengetahui kadar awal surfaktan dalam air limbah. Hasil dari kadar awal surfaktan dalam air limbah adalah 17.300 ug/L, kadar tersebut selanjutnya akan digunakan sebagai acuan nilai konsentrasi surfaktan yang terkandung dalam air limbah pada pengujian selanjutnya.

Pada minggu ke-2, pengujian kadar surfaktan dalam air lmbah dilakukan kembali. Sebanyak 100 ml sampel air limbah diambil dari enam (6) kolam yang diberikan perlakuan berbeda yaitu, kolam kontrol kosong air limbah, kolam kontrol kosong fungi,kolam kontrol Sawi Hijau tanpa konsorsium fungi *indigenous,* kolam kontrol KangkungAir tanpa konsorsium fungi *indigenous,* kolam Sawi Hijau dengan konsorsium fungi *indigenous,* dan kolam Kangkung Air dengan konsorsium fungi *indigenous.*

Dari hasil pengujian, diketahui bahwa hasil reduksi kadar surfaktan dengan kadar terendah berada pada air limbah dalam kolam kontrol kosong sebesar 680 ug/L, pada air limbah dalam kolam Sawi Hijau dengan konsorsium fungi *indigenous* sebesar 710 ug/L, pada air limbah dalam kolam Kangkung Air tanpa konsorsium fungi *indigenous* sebesar 790 ug/L, pada air limbah dalam kolam Sawi Hijau tanpa fungi *indigenous* sebesar 1000 ug/L, pada air limbah dalam kolam Kangkung Air dengan konsorsium fungi *indigenous* sebesar 1.210 mg/L, dan pada air limbah dalam kolam kontrol fungi tanpa tanaman sebesar 1.570 ug/L.

Pada minggu ke-4, pengujian kadar surfaktan dalam air limbah dilakukan kembaliuntuk mengetahui nilai konsentrasi surfaktan yang tereduksi dalam penelitian ini. Hasilmenunjukkan bahwa kadar surfaktan terendah berada pada air limbah dalam kolam kontrol kosong dengan nilai kadar sebesar 40 ug/L, lalu disusul oleh air limbah dalam kolam fungi kontrol tanpa tanaman sebesar 70 ug/L, pada air limbah dalam kolam SawiHijau tanpa konsorsium fungi

indigenous sebesar 180 ug/L, pada air limbah dalam kolam Kangkung air tanpa konsorsium fungi *indigenous* sebesar 280 ug/L, pada air limbah dalam kolam Sawi Hijau dengan konsorsium fungi *indigenous* sebesar 480 ug/L,dan pada air limbah dalam kolam Kangkung Air dengan konsorsium fungi *indigenous* sebesar 840 ug/L. Hasil pengujian kadar surfaktan dalam air limbah disajikan dalam **Gambar 4.17**



Gambar 4. 17 Hasil Pengujian Kadar Surfaktan dalam Air Limbah *Greywater*

Dari **Gambar 4.17**, dapat diketahui bahwa kadar surfaktan dalam air limbah yang direduksi dengan sistem fitoremediasi menunjukkan hasil lebih rendah dalam kolam tanaman uji yang tidak diberikan konsorsium fungi indigenous jika dibandingkan dengan kadar surfaktan dalam air limbah dalam kolam tanaman uji yang diberi konsorsium fungi indigenous. Hal tersebut dipengaruhi oleh banyak faktor yang memberikan pengaruh terhadap kinerja fungi indigenous, salah satunya adalah pH. Dalam kondisi asam yang lebih tinggi, kinerja fungi akan meningkat dan menghasilkan antibiotik yang berperan dalam menurunkan bakteri serta meningkatkan potensi dalam menguraikan senyawa organik dalam air limbah. Namun, fungi akan bekerja lebih optimal terhadap degradasi kadar fosfat yang terkandung dalam air limbah (Isnadina, 2019)

Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, batas kadar surfaktan dalam air limbahadalah 200 ug/L dari kelas I-III. Hal ini menjadi catatan bahwa kadar surfaktan yang direduksi dalam penelitian ini hanya direduksi secara optimal oleh Sawi Hijau tanpa konsorsium fungi *indigenous* dengan karena dapat mereduksi kadar surfaktan hingga 99%, namun dengan kadar surfaktan tersebut perlu dilakukan pengolahan lebih lanjut untuk mereduksi kadar surfaktan secara maksimal. Dari

pengamatan yang dilakukan selama penelitian, tanaman uji yang dipakai dinilai kurang cocok untuk mereduksi surfaktan dengan kadartinggi. Kadar surfaktan memengaruhi tanaman sehingga daun tanaman menjadi kekuningan (Bishop, 1981). Perlu adanya seleksi tanaman secara berkelanjutan untuk mengetahui jenis tanaman yang cocok untuk mereduksi kadar surfaktan.

4.2.5 Hasil Uji Kadar Total Fosfat sebagai P

Selain kandungan surfaktan, terdapat kandungan senyawa organik lain yangmenjadi kandungan pencemar yaitu, Fosfat. Senyawa fosfat dalam air limbah memilikibeberapa jenis seperti senyawa ortofosfat, polifosfat, fosfat organik. Pada proses biologis, ortofosfat yang terlarut dalam air akan berubah menjadi fosfat organik. Fosfatorganik dibutuhkan oleh mikroba dan tanaman untuk proses metabolisme karena mengandung banyak sisa nutrisi yang berasal dari limbah domestik dapur dan toilet. Sedangkan polifosfat adalah jenis fosfat yang banyak terkandung dalam air limbah domestik, khususnya yang banyak mengandung detergen. Dalam konsentrasi tinggi, kadar fosfat menghambat degradasi senyawa organik yang diurai secara biodegradasi (El-Gawad, 2014).

Dalam konsentrasi optimal, fosfat berperan dalam membantu zooplankton untuk berkembang di dalam air. Adanya zooplankton dalam batas normal menjadi indikator lingkungan bahwa kondisi perairan tersebut berada dalam fase normal. Namun, dalam konsentrasi maksimal senyawa fosfat berubah menjadi zat pencemar bagi lingkungan terutama perairan karena senyawanya sulit terurai secara alami oleh lingkungan. Kandungan fosfat yang berlebihan dalam suatu perairan memberikan dampak berupa eutrofikasi.

Eutrofikasi merupakan suatu peristiwa terjadinya lonjakan pertumbuhan tanamanair dan zooplankton secara tidak wajar sehingga permukaan badan air tertutup oleh tumbuhan seperti, lonjakan pertumbuhan *algae*, eceng gondok, dan kayu apu pada permukaan badan air. Dampak yang terjadi dari peristiwa tersebut adalah menurunnya kadar oksigen terlarut dalam air karena adanya proses dekomposisi pada dasar perairan. Tanaman pada dasar perairan mengalami kematian akibat berkurangnya kadar oksigen yang masuk ke dalam air serta minimnya cahaya matahari sehingga tidak dapat berfotosintesis (Sugiura, 2004).

Penggunaan tanaman air dapat dilakukan sebagai salah satu cara untuk menurunkan kadar organik dalam air dengan sistem fitoremediasi. Pada jaringan tanaman, bagian akar memiliki peranan penting dalam mereduksi zat polutan (Chaney R.L., 1995). Fitoremediasi dinilai efektif dalam menurunkan kadar senyawa organik terlarut dalam air serta cara pengaplikasian yang tergolong mudah. Untuk memaksimalkan kinerja pengolahan air limbah, terdapat batasan kadar pencemar fosfat yang diatur dalam Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 tentang

Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air yang disajikan dalam **Tabel 4.8**

Tabel 4. 8 Parameter Total Fosfat dalam PP No.82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air

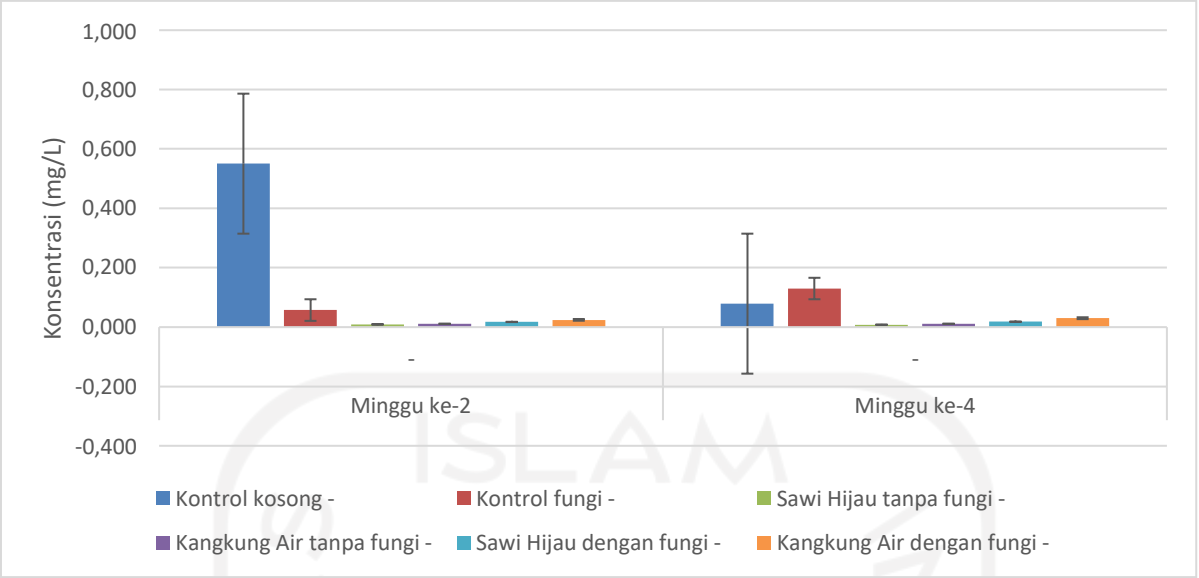
PARAMETER	SATUAN	KELAS				KETERANGAN
		I	II	III	IV	
KIMIA ANORGANIK						
Total Fosfat (P)	mg/L	0,2	0,2	1	5	

Pada penelitian ini, tanaman yang digunakan adalah Sawi Hijau (*Brassica juncea* L.*)* dan Kangkung Air (*Ipomoea aquatic* F.) yang diberikan perlakuan khusus yaitu, penambahan konsorsium fungi *indigenous* ke bagian akar tanaman dan air limbah. Pengujian kadar fosfat dilakukan sebanyak tiga kali selama empat minggu penelitian.

Pada minggu ke-0, air limbah yang belum diberi perlakuan diuji terlebih dahulu untuk mengetahui kadar awal fosfat yang terkandung dalam air. Hasil yang didapatkandigunakan sebagai acuan untuk nilai kadar fosfat pada pengujian selanjutnya. Konsentrasi kadar awal fosfat yang terkandung dalam air limbah sebesar 0,118 mg/L.

Pada minggu ke-2, pengujian kadar fosfat kembali dilakukan dari masing-masingkolam berjumlah enam sampel. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kadar konsentrasi fosfat terendah berada pada air limbah dalam kolam Sawi Hijau tanpa konsorsium fungidengan nilai sebesar 0,009 mg/L, lalu pada air limbah dalam kolam Kangkung Air tanpa konsorsium fungi *indigenous* sebesar 0,011 mg/L, pada air limbah dalam kolam Sawi Hijau dengan konsorsium fungi *indigenous* sebesar 0,017 mg/L, pada air limbah dalamkolam Kangkung Air dengan konsorsium fungi *indigenous* sebesar 0,024 mg/L, pada air limbah dalam kolam kontrol fungi *indigenous* sebesar 0,057 mg/L, dan kadar fosfatdengan konsentrasi tertinggi berada pada air limbah kolam kontrol kosong sebesar 0,550 mg/L.

Pada mingu ke-4, fosfat diuji untuk yang terakhir kali. Hasilnya menunjukkan bahwa terjadi fluktuasi kadar fosfat dalam air limbah. Kadar konsetrasi fosfat terendah berada pada air limbah dalam kolam Sawi Hijau dengan konsorsium fungi *indigenous* sebesar 0,008 mg/L, pada air limbah dalam kolam Kangkung Air tanpa konsorsium fungi *indigenous* sebesar 0,011 mg/, pada air limbah dalam kolam Sawi Hijau dengan konsorsium fungi *indigenous* sebesar 0,018 mg/L, pada air limbah dalam kolam Kangkung Air dengan konsorsium fungi *indigenous* sebesar 0,030 mg/L, pada air limbah dalam kolam kontrol kosong sebesar 0,079 mg/L, dan kadar tertinggi berada pada air limbah dalam kolam kontrol fungi dengan nilai konsentrasi sebesar 0,130 mg/L. Hasil pengujian kadar total fosfat dalam air limbah disajikan dalam **Gambar 4.18**



Gambar 4. 18 Hasil Pengujian Kadar Fosfat dalam Air Limbah *Greywater*

Dari **Gambar 4.18,** diketahui bahwa terjadi reduksi kadar fosfat dalam air limbah. Tanaman uji yang digunakan menunjukkan bahwa Sawi Hijau tanpa konsorsium fungi *indigenous* karena dapat mereduksi kadar fosfat hingga 93% dan Kangkung air tanpa konsorsium fungi *indigenous* karena dapat mereduksi kadar fosfat hingga 91%, oleh sebab itu keduanya dianggap paling efektif dalam mereduksi kadar fosfat dalam air limbah. Namun, dari hasil pengujian kadar fosfat diketahui bahwa penggunaan konsorsium fungi *indigenous* yang ditambahkan ke bagian akar tanaman dan air limbahtidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap reduksi kadar fosfat dalam air limbah. Meskipun begitu, fungi memiliki kemampuan dalam bertahan hidup pada kondisi asam sehingga dapat membantu senyawa organik dalam air limbah terurai (Isnadina, 2019).

Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, batas kadar total fosfat dalam air limbah adalah 0,2 mg/L pada kelas I dan II, 1 mg/L pada kelas III, dan 5 mg/L pada kelas IV. Dari penjabaran tersebut, maka air limbah domestik terolah pada penelitian ini dapat dikategorikan ke dalam kelas II karena kadar konsentrasi fosfat yang terkandung di dalam air limbah memiliki kadar konsentrasi fosfat <0.2 mg/L.

4.2.6 Hasil Uji Kadar Fosfat sebagai P dalam Tanaman

Pertumbuhan dan perkembangan tanaman hidroponik juga membutuhkan unsur hara sebagai nutrisi dan fosfor sebagai salah satu zat hara makro yang memilikipengaruh langsung

terhadap pusat pertumbuhan yaitu, akar, batang, dan daun. Menurut (Liferdi, 2010), fosfor (P) merupakan zat hara makro yang memiliki peranan penting dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Berikut merupakan tingkat kesuburan perairan berdasarkan kadar fosfat pada **Tabel 4.12**

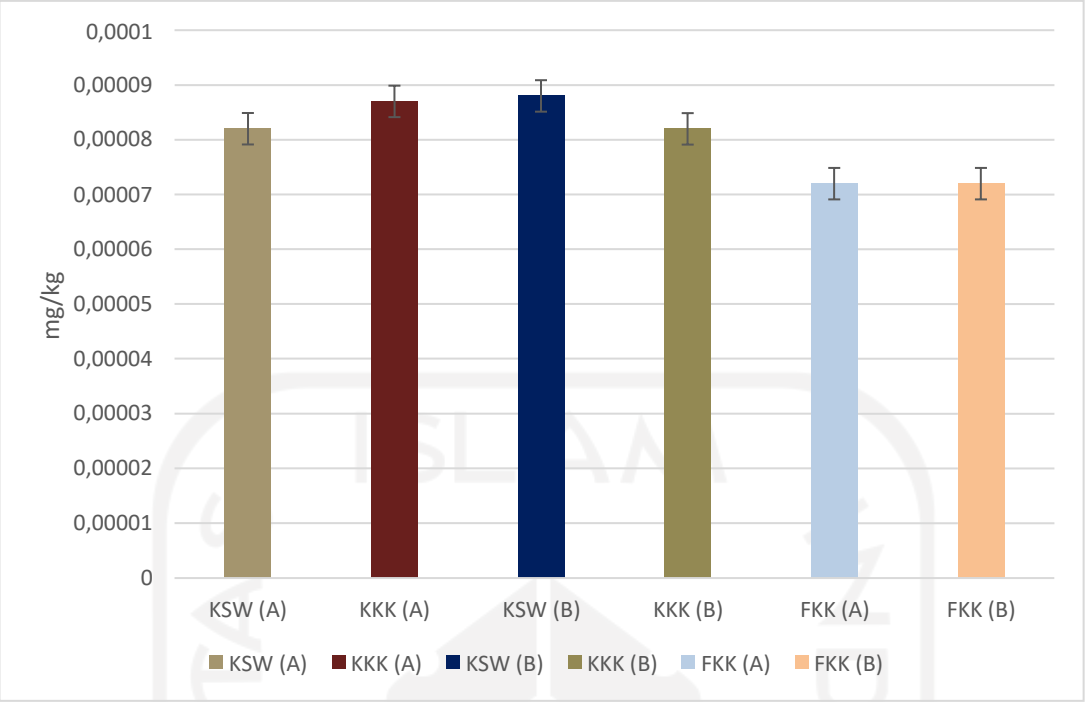
Tabel 4. 12 Tingkat Kesuburan Perairan Berdasarkan Kadar Fosfat

Fosfat (mg/L)	Tingkat Kesuburan
0 – 0.002	Kurang subur
0.0021 – 0.050	Cukup subur
0.051 – 0.100	Subur
0.101 – 0.200	Sangat subur
>0.201	Sangat subur sekali

(Wardoyo, 1982)

Dalam jaringan tanaman, unsur hara fosfor bersifat *mobile* yang artinya dapat menyebar keseluruh tubuh tanaman dan dapat terlihat pada masa vegetatif tanamansehingga apabla tanaman mengalami kekurangan fosfor, unsur hara yang tersisa akandisalurkan ke bagian lain khususnya daun muda. Sedangkan pada masa generatif, fosforakan lebih banyak disalurkan ke bagian biji atau buah tanaman (Novriani, 2010). Ciri fisik tanaman yang kekurangan unsur hara fosfor adalah pertumbuhan yang lambat,daun yang berwarna hijau tua, bahkan daun-daun tua yang mengalami pigmentasi dan berubah warna menjadi keunguan (Arifin, 2010)

Dalam penelitian ini, terdapat pengujian kandungan fosfat dalam tanaman yang dilakukan secara menyeluruh. Tujuannya adalah untuk mengetahui jumlah kadar konsentrasi fosfat yang terserap ke dalam tanaman uji. Hasilnya menunjukkan bahwa kadar fosfat menyebar ke seluruh bagian jaringan tanaman. Pada akar kangkung sebagaikontrol, kadar fosfat yang terserap sebesar $0.087x10^{-3}$ mg/gram dan kadar fosfat yang terdapat pada jaringan atasnya sebesar $0.082x10^{-3}$ mg/gram, pada akar sawi sebagai kontrol kadar fosfat yang terserap sebesar $0.082x10^{-3}$ mg/gram dan kadar fosfat pada jaringan atasnya sebesar $0.088x10^{-3}$ mg/gram, pada akar kangkung dengan fungi kadar fosfat yang terserap sebesar $0.072x10^{-3}$ mg/gram dan pada jaringan atas sebesar $0.072x10^{-3}$ mg/gram. Kadar fosfat pada jaringan tanaman sawi dengan fungi tidak dapatdiuji karena tanaman sudah masuk fase mortal sejak memasuki minggu ketiga penelitian. Berikut merupakan kadar fosfat yang terserap ke dalam jaringan tanaman.



Gambar 4. 19 Kadar Serapan Fosfat Pada Tanaman Uji

Keterangan:

1. KKK (A) = Akar Kangkung Kontrol
2. KKK (B) = Batang dan Daun Kangkung Kontrol
3. KSW (A) = Akar Sawi Kontrol
4. KSW (B) = Batang dan Daun Sawi Kontrol
5. FKK (A) = Akar Kangkung dengan Fungi
6. FKK (B) = Batang dan Daun Kangkung dengan Fungi

Dari **Gambar 4.19** kadar fosfat tertinggi dalam tanaman berada pada batang dan daun sawi hijau sebagai kontrol. Namun, fosfat bersifat menyebar dalam tanaman karena dibutuhkan untuk proses metabolisme tanaman.

4.3 Pengaruh Penambahan Inokulasi Konsorsium Fungi ke dalam Tanaman Uji dan Air Limbah

Pada penelitian ini, digunakan dua (2) jenis fungi yang berbeda, yaitu *Aspergillus* sp. dan *Paecilomyces* sp. yang dijadikan konsorsium. Tiap jenis fungi diteteskan sebanyak 1 ml ke bagian akar tanaman dan 100 ml dilarutkan ke dalamair limbah. Berdasarkan hasil pengamatan, memasuki minggu ke-3 tanaman yang diberi inokulasi konsorsium fungi *indigenous* menunjukkan adanya gejala penyakit yang berdampak pada keberlangsungan hidup tanaman uji.

Beberapa tanaman mengalami perubahan fisik seperti bagian akar atau batangnya menjadi lunak bahkan busuk lalu mati atau disebut nekrosis. Sebelum memasuki fase mortal, terdapat

gejala awal seperti tanaman tampak layu serta daun yang berubah menjadi kuning dengan bercak kecoklatan seperti terbakar. Hal tersebut terjadi karena adanya indikasi terinfeksi inokulum fungi yang diberikan pada tanaman dan juga air limbah. Infeksi yang disebabkan oleh *Aspergillus* sp. memiliki ciri perubahan warna pada daun atau klorosis. Klorosis adalah perubahan warna hijau pada daun yang kemudian terus memudar hingga berubahwarna menjadi putih, selanjutnya tanaman akan layu dan masuk ke dalam fase mortal (Pracaya, 2008). Ciri-ciri tersebut dialami oleh tanaman uji yang diberi inokulum konsorsium fungi *indigenous* sehingga menimbulkan dugaan bahwa tanaman uji yang mati disebabkan oleh fungi yang diinokulasikan ke bagian akar tanaman dan air limbah.

Berbanding terbalik dengan tanaman uji, penambahan isolat fungi *indigenous* ke dalam air memberikan dampak positif, yaitu menurunnya kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD) dalam air limbah. Fungi *indigenous* bekerja sama dengan mikroba yang berada pada akar tanaman serta bereaksi terhadap oksigen dan sinar matahari. Oleh sebab itu, kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD) dalam air limbah menurun.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BAB V
SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Dalam penelitian ini, konsorsium fungi *indigenous* yang digunakan tidak dapat meningkatkan biomassa pada Kangkung Air dan Sawi Hijau. Tanaman uji yang diberikan fungi *indigenous* cenderung mengalami gejala pertumbuhan yang tidak sehat dan banyak terserang penyakit tanaman seperti klorosis, nekrosis, serta layu yang berkepanjangan sehingga menurunkan laju ketahanan hidup tanaman uji selama penelitian. Kendati demikian, penggunaan fungi *indigenous* terbukti berperan aktif dalam mereduksi kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD) yang terkandung dalam air limbah. Meskipun memiliki peran dalam membantu proses remediasi air limbah, penggunaan fungi pada penelitian ini tidak direkomendasikan karena fungi bersifat patogen dan menyebabkan infeksi pada tanaman sehingga tanaman tidak dapat tumbuh dengan sehat.

5.2 Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai jenis fungi yang digunakan pada penelitian ini serta peranannya dalam bekerja sama dengan tanaman agraria. Selain fungi, seleksi tanaman juga perlu dilakukan agar pada saat melakukan fitoremediasi, tanaman tidak mati di tengah proses remediasi serta bukan tanaman pangan.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

DAFTAR PUSTAKA

Ahmad, R. Z. (2013). Kapang Paecilomyces lilacinus dan Verticillium chlamydosporium Sebagai Pengendali Hayati Fasciolosis. *Wartazoa*, 23 (3): 135-141.

Annisa Satwika Lestari, R. I. (2013). Studi Pengolahan Air Sungai Tanggulan Sub Das Cikapundung Menggunakan Floating Treatment Wetlands Dengan Potensi Partisipasi Masyarakat Sekitar. *Jurnal Teknik LIngkungan*, 11-22.

Anwar, R. &. (1991). *Allergic Boncopulmonary Aspergillosis Mycologgy, Immunology, adn Clinical Aspect. Laboratory Microbiologi. Faculty of Medicine Islamic University of Nort Sumatra.* Medan.

APHA, A. W. (2004). Heterothropic Plate Count. *Standard Method for Examination of Water and Wastewater 9125*, 2.

APPA. (2010). FUNGI . *ASEAN*, 32.

Arifin, F. S. (2010). Pengaruh Interaksi Hara Nitrogen dan Fosfor Terhadap Pertumbuhan Tanaman Jagung (Zea Mays L) pada Tanah Regosol dan Latosol. *Jurnal Pertanian*, Vol 1 : 297-298.

Astuti, F. (2018). Efek Fotodegradasi pada Pengolahan Surfaktan Anionik dari Limbah Laundry. *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia UNPAM, Vol. 2 No. 1*, 19 - 24.

Ayangbenro, A. B. (2017). A New Strategy for Heavy Metal Polluted Environments: A Review of Microbiial Biosorbents. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, DOI:10.3390/ijerph14010094.

Badan Penanggulangan Bencana Daerah. (2015). *Laporan Posko Satuan Tugas Darurat Bencana Asap Akibat Kebakaran dan Lahan Sumatera Selatan.* Sumatera Selatan: Badan Penanggulangan Bencana Daerah.

Badan Pusat Statistik. (2020). *Hasil Sensus Penduduk Tahun 2020.*

Balai Penelitian Tanah. (2005). *Petunjuk Teknis Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk.* Bogor: Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.

Bishop, W. E. (1981). Development and Evaluation of a Flow-Through Growth Inhibition Test With Lemna (Lemna Minor). Aquatic Toxicology and Hazard Assessment: Fourth Conference. *American Society for Testing and Materials* (pp. 421-435). USA: ASTH STP 737. D.R. Branson and K.L. Dickson, Eds.

Biswas, J. C. (2000). Rhozobial Inoculation Improves Nutrient Uptake and Growth of Low-land Rice. *Applied Soil Ecology, Soil Sci.*, (15) : 25 - 36.

Chaney R.L., e. a. (1995). Potential Use of Metal Hyperaccumulators. *Mining Environ Manag*, 3:9-11.

Choirunnisa, Z. D. (2017). Formulasi Mikroorganisme Ligniselulotik Asal Tanah Gambut Desa Rimbo Panjang. In *Kampar Sebagai Bioaktivator Bentuk Padat* (pp. 2:90 - 99). Riau: Riau Biologia.

Deshmukh, R. K. (2016). Diverse Metabolic Capacities of Fungi for Bioremediation. *Indian J Microbilogy*, No. 56 - 2.

Effendi, H. (2003). Telaah Kualitas Air. Yogyakarta: Kanisius.

El-Gawad, H. S. (2014). Aquatic Environmental Monitoring and Removalefficiency of Detergents. *Central Laboratory for Environmental Quality Monitoring, National Water Research Center, Ministry of Water Resources and Irrigation. Egypt*, 51-64.

Elly, K. (2008). Penurunan Konsentrasi Detergent Pada Limbah Industri Laundry Dengan Metode Pengendapan Menggunakan Ca(OH)2. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, Vol. 1 No. 1.

Fadri, S. Z. (2016). Pertumbuhan, kelangsungan hidup dan daya cerna pakan ikan nila (Oreochromis niloticus) yang mengandung tepung daun jaloh (Salixtetrasperma roxb) dengan penambahan probiotik EM-4 . *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan dan Perikanan Unsyiah.*, 1(2): 210-221.

Finley, S. (2008). Reuse of Domestic Greywater for the Irrigation of Food Crops. Department of Bioresource Engineering. McGill University. *Thesis*.

Gandjar, I., O. S. (2006). *Mikologi Dasar dan Terapan.* Jakarta: Yayasan Obor Indonesia.

Ginting, P. d. (2007). *Sistem Pengelolaan Lingkungan dan Limbah Industri.* Bandung: Yrama Widya.

Goto, M. (1999). *Bacterial Plant Phatology.* Tokyo: Academy Press. Inc.

Guang Z., Y. H. (2006). Laccase Activities of A Soil Fungus Penicillium Simplicissimum in Relation to Lignin Degradation. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 22 ($), 317 - 324.

Hermawati, E. W. (2005). Fitoremediasi Limbah Detergen Menggunakan Kayu Apu (Pistia stratiotes L.)

dan Genjer (Limnocharis flava L.). *Jurnal Biologi MIPA Universitas Sebelas Maret (UNS) Surakarta Vol 7 No. 2*, 115-124.
Hidayati, N. V., Y. A. (2013). Screening of Biosurfactant Producing Bacteria Isolated from Hydrocarbons Contaminated Sediment in Cilacap Coast. *Seminar Nasional Bioremediasi ke-3 IPB International Convention Center*. Bogor.
Hindarko, S. (2003). *Mengolah Air Limbah Supaya Tidak Mencemari Orang Lain.* Jakarta: Esha.
Ibrahim, B. &. (2012). *Buku Ajar: Agrogeologi dan Mineralogi Tanah Universitas Hasanuddin.* Makassar: Nova.
Isnadina, D. R. (2019). Effectiveness of Fungi to Remove Nitrogen and Phosphorus in Domestic Wastewater. *Pollution research*, 59-64.
Karsono, S. &. (2002). *Hidroponik Skala Rumah Tangga Memanfaatkan Rumah dan Pekarangan.* Depok: PT Agromeda Pustaka.
Kohar, L. P. (2005). Studi Kandungan Logam Pb dalam Kangkung Umur 3 dan 6 Minggu yang ditanam di Media yang Mengandung Pb. *Jurnal Makara Sains*, IX(2) : 56-59.
Lumaela, A. K. (2013). Pemodelan Chemical Oxygen Demand (COD) Sungai di Surabaya dengan Metode Mixed Geographically Weighted Regression. *Jurnal Sains dan Seni Pomits*, 2(1) : 100-105.
Mori, K. (2006). *Hidrologi untuk Pengairan.* Jakarta: Pradnya Paramita.
Nasution, S. P. (2013). Pemulihan Kualitas Air Limbah Laundry dengan Reaktor. *Tugas Akhir S1 Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS*.
Nazaruddin. (2003). *Budidaya dan Pengantar Panen Sayuran Dataran Rendah, hal 142.* Jakarta: Swadaya.
Notoatmodjo, S. (2007). Promosi Kesehatan dan Ilmu Perilaku. In *Ilmu Kesehatan Masyarakat.* Jakarta: Rineka Cipta.
Novriani. (2010). Alternatif Pengelolaan Unsur Hara P (Fosfor) Pada Budidaya Jagung. *Jurnal Agronobis*, Vol. 2 : 42-49.
Otterphol, R. (2002). Options for Alternative Types of Sewerage and Treatment Systems Directed to Improvement of The Overall Performance Water. *Journal Water Sci. Technology*, 149-158.
Otterpohl R, G. M. (1997). Sustainable Water and Waste Management in Urban Areas. *Water Sci Technology*, 35(9):121-133.
Palada, M. C. (2003). Suggested Cultural Practices for Vegetable Amaranth. *Vegetable Research and Development Center*.
Pangihutan, J. C. (2017). Mikologi Tanaman: Penicillium, Paecilomyces, dan Aspergillus. *Jurnal Mikologi*, 10-11.
Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 82. (2001). Klasifikasi dan Kriteria Mutu Air. *Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air Bagian Ketiga*.
Polprasert, C. (1989). Organic Waste Recycling. *Jurnal Sains dan Teknologi 7(2)*, 58-61.
Pracaya. (2008). *Hama & Penyakit Tanaman.* Jakarta: Penebar Swadaya.
Purnamasari, E. N. (2014). Karakteristik Kandungan Linear Alkyl Benzena Sulfonat (LAS) Pada Limbah Cair Laundry. *Jurnal Media Teknik Volume 11 No. 1*, 32 - 36.
Puspitahati, C. (2012). Studi Kinerja Biosand Filter dalam Mengolah Limbah Laundry dengan Parameter Fosfat. *Teknik Lingkungan ITS, Surabaya*.
Raju, N. G. (2007). Isolation and Evaluation of Indigenous Soil Fungi For Decolorization of Textile Dyes. *Journal of Applied Sciences*, 7(2) : 298-301.
Raju, N. S. (2007). Isolation and Evaluation of Indigenous Soil Fungi for Decolorization of Textile Dyes. *Journal of Applied Sciences*, 7(2):298-301.
Rizaldi, R. (2008). Pengelolaan Sampah Secara Terpadu di Perumahan Dayu Permai Yogyakarta. *Skripsi Jurusan Teknik Sipil Fakulas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia*.
Rukmana, R. (2015). *Tanaman Sawi Hijau.* Yogyakarta: Kanisius.
Saad, N. S. (2009). Fitoremediasi untuk Rehabilitasi Lahan Pertanian Tercemar Kadmium (Cd) dan Tembaga (Cu). *Jurnal Tanah dan Iklim. Penelitian Lingkungan Pertanian*, No. 30/2009 ISSN 1410 - 7244.
Samosir, J. (2007). Inventarisasi Jamur Penyebab Penyakit pada Tanaman Stroberi (Fragaria vesca L.) di Kecamatan Berastagi. Departemen Hama dan Penyakit Tumbuhan. Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara.

Samosir, J. (2007). *Inventarisasi Jamur Penyebab Penyakit Pada Tanaman Stroberi (Fragaria vesca L.) Di Kecamatan Berastagi. Departemen Hama dan Penyakit Tumbuhan. Fakultas Pertanian. Universitas Sumatera Utara.* Sumatera Utara.

Santo, R. S. (1980). *Concepts of Applied Ecoloy.* Berlin, Heidelberg: Heidelberg Science Library.

Sawyer, C. N. (2003). *Chemistry for Environmental Engineering and Science.* New York: McGrawHill.

Schlegel, H. G. (1994). *Mikrobiologi Umum Edisi Keenam.* Yogyakarta: Gajah Mada University Press.

Soewondo P., Y. A. (2008). The Effect of Aeration Mode on Submerged Aerobic Biofilter Reactor for Greywater Treatment. *Journal of Applied Sciences in Environmental Sanitation*, 3(3):169-173.

Srikandi. (1992). *Mikrobiologi Pangan I.* Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.

Suastuti, N. I. (2015). Efektivitas Penurunan Kadar Surfaktan Linear Alkyl Benzene Sulfonat (LAS) dan COD dari LImbah Cair Domestik dengan Metode Lumpur Aktif. *Jurnal Kimia*, 9(1).

Sugiura, N. M. (2004). Assessment for the Complicated Occurrence of Nuisance Odours from Phytoplankton and Environmental Factors in a Eutrophic Lake. Lake & Reservoirs: Res. and Mqn. *Environmental Sciences Journal*, 9:195-201.

Suryani, Y. O. (2020). *Mikologi.* Padang, Sumatera Barat: PT Freeline Cipta Granesia.

Susanti, D. (2011). Peran Mikoriza Dan Fauna dalam Rehabilitasi Lahan Terdegradasi (Lahan Pasca Tambang). *Jurnla Lingkungan*.

Susilowati, A., L. (2001). Keanekaragaman Jenis Mikroorganisme Sumber Kontaminasi Kultur In Vitro di Sub-Lab Biologi Laboratorium MIPA Pusat UNS. In *Biodiversitas* (pp. 2(1):110-114).

Syahputra, R. (2005). Fitoremediasi Logam Cu dan Zn dengan Tanaman Ecng Gondok (Eichhornia Crassipes (Mart.) Solms). *Jurnal Sains dan Teknologi*, Vol. 2 No. 2 : 64-65.

Tchobanoglous, G. B. (1991). Wastewater Engineering Treatment and Reuse (Fourth Edition), Mettcalf & Eddy, Inc. doi: 10.1016/0191-2615(91)90038-K.

Tim Teknis Pembangunan Sanitasi. (2010). Tipikal Aliran Produk dalam Skala Rumah Tangga: Limbah Cair. In *Buku Referensi Opsi Sistem dan Teknologi Sanitasi* (p. 37).

Tugiyono. (2009). Biomonitoring Pengolahan Air Limbah Pabrik Gula PT Gunung Madu Plantation Lampung dengan Anlisis Biomarker: Indeks Fisiologi dan Perubahan Histologi Hati Ikan Nila (Oreochromis nilotikus Linn). *Jurnal Sains MIPA*, Vol. 15(1) : 42-50.

Utami, A. R. (2013). Pengolahan Limbah Cair Laundry dengan Menggunakan Biosand Filter dan Activated Carbon. *Jurnal Teknik Sipil Untan*, Volume 13 No. 1.

Wahyuni, D. (2010). *Mikologi Dasar*. Jember: Jember University Press.

Wahyuningsih, R. (2020). Biologi dan Morfologi Jamur. *Jurnal Mikologi, Departemen Parasitologi FKUKI*, 2.

Wardoyo, S. (1982). *Water Analysis Manual Tropical Aquatic Biology Program.* Bogor: SEAMEO, Biotrop.

Wibowo, A. W. (2017). Kajian Pemberian Berbagai Dosis Larutan Nutrisi dan media Tanam Secara Hidroponik Sistem Substrat Pada Tanaman Kailan. *Jurnal Produksi Tanaman*, 5 (7) : 1119 - 1125.

Widi, d. A. (2007). *Mari Menanam Berbagai Sayuran.* Pontianak: Wanda Putra Persada.

Widyatmoko, H. B. (2010). Penguraian Sampah Organik Di Muara Kali Kresek Jakarta Utara Berdasarkan Kondisi Sungai Dengan Parameter Bod, Cod, Dan Zat Organik. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, Vol. 5 No. 3:107-112.

Wirosoedarmo, R., J. D. (2001). Pengaruh Sistem Pemberian Air dan Ketebalan Spon Terendam Terhadap Pertumbuhan Tanaman Sawi (Brassica Juncea) dengan Metode Aquaculture. *Jurnal Teknologi Pertanian*, Vol. 2, No. 2: 52 - 57.

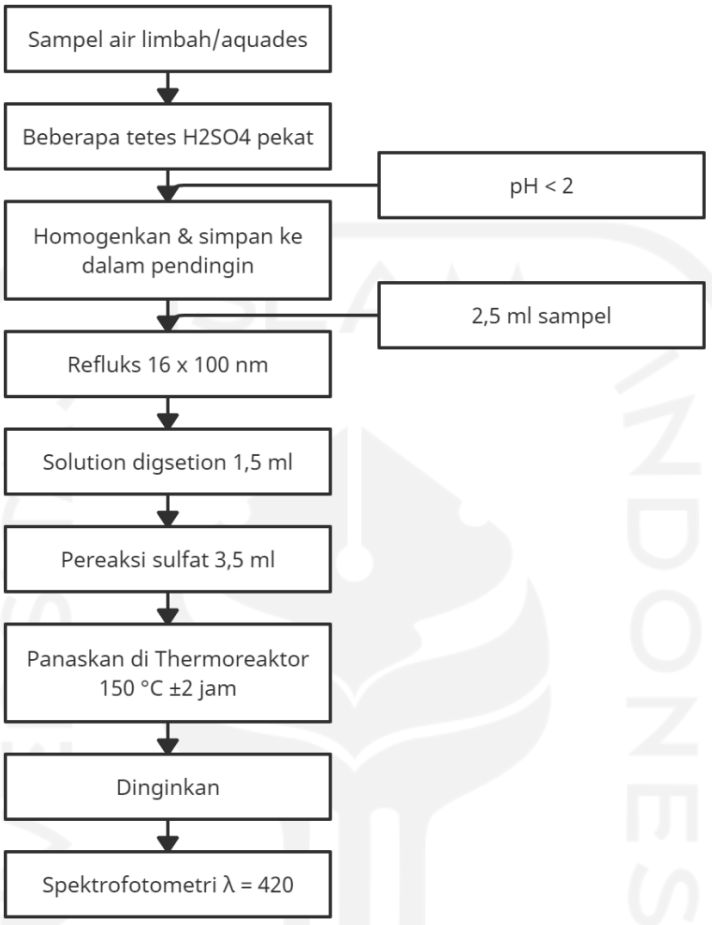
Wulandari, P. R. (2014). Perencanaan Pengelolaan Air Limbah Sistem Terpusat: Studi Kasus di Perumahan PT Pertamina Unit Pelayanan III Plaju . *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan Vol. 2 No. 3 ISSN: 2355-374X*.

Y. Pantiwati, d. (2015). Pengaruh Limbah Detergen Laundry Terhadap Mortalitas dan Indeks Fisiologi Ikan Nila. *Biologi, Sains, Lingkungan, dan Pembelajarannya*, 822.

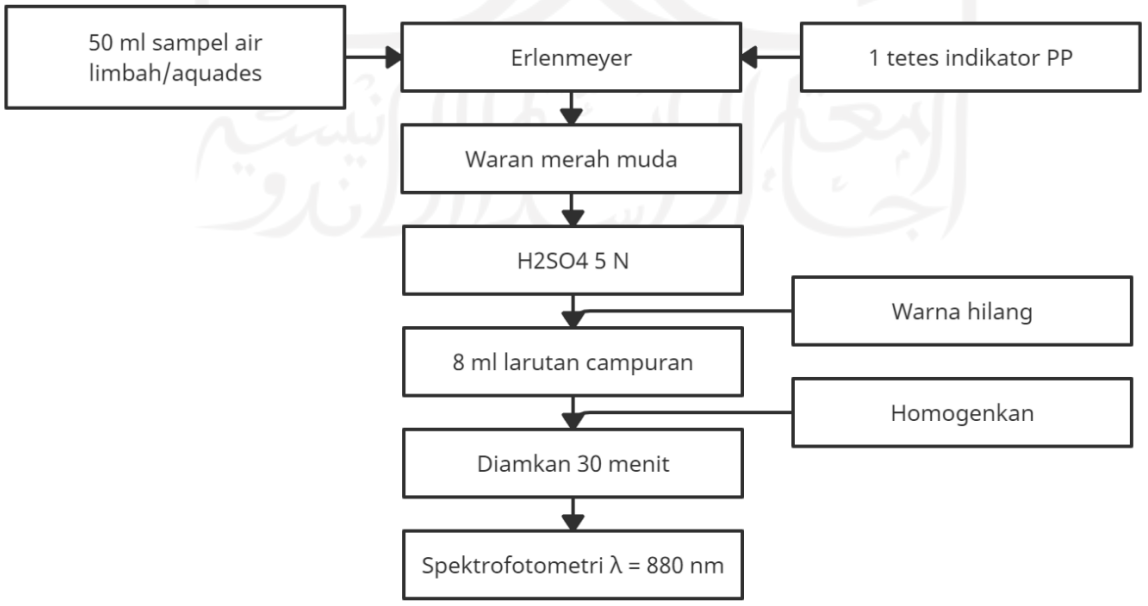
"Halaman ini sengaja dikosongkan"

LAMPIRAN

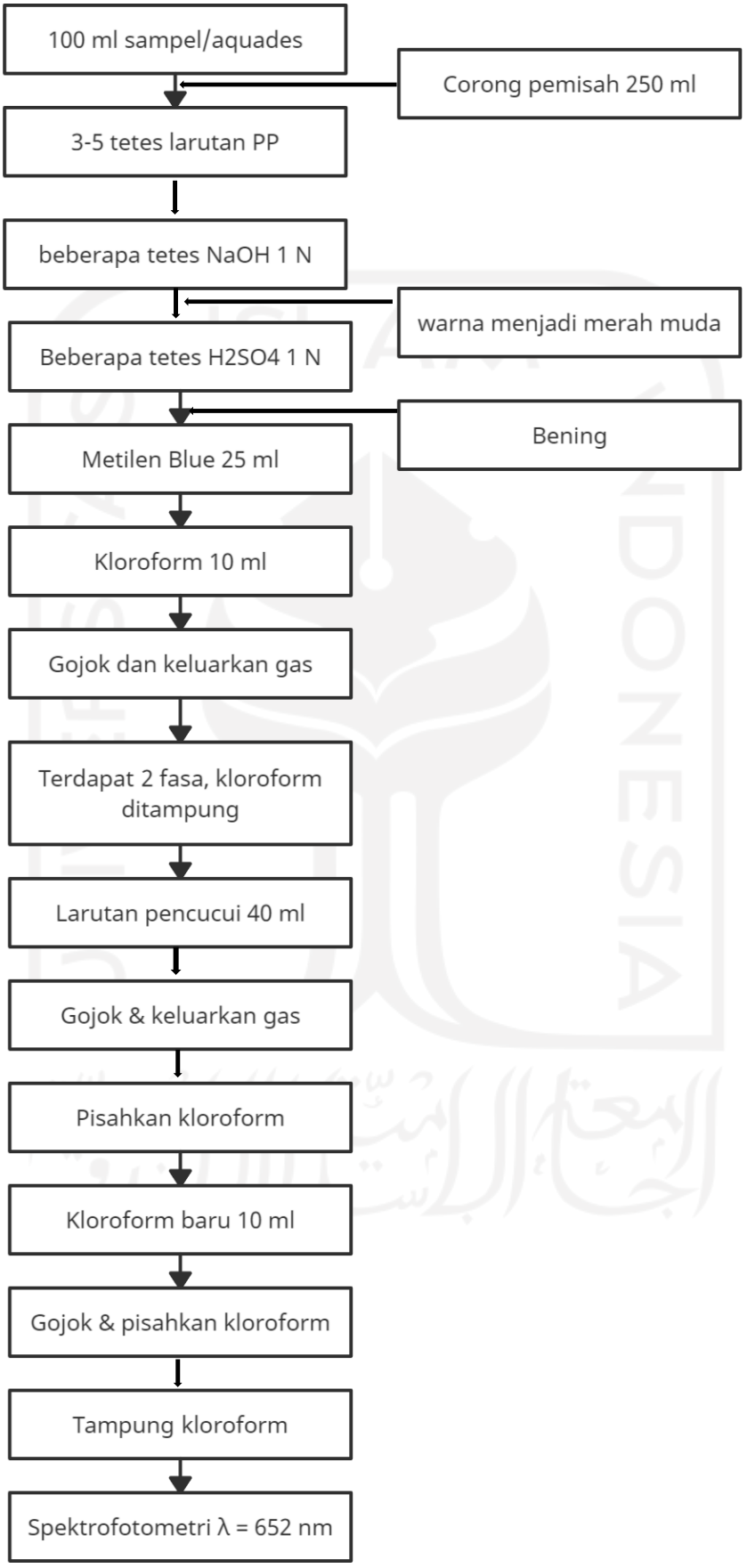
Lampiran 1 Pengujian Chemical Oxygen Demand (COD)



Lampiran 2 Pengujian Fosfat



Lampiran 3 Pengujian Surfaktan



Lampiran 4 Dokumentasi Lapangan



Kangkung dengan Fungi (aklimatisasi)



Sawi dengan Fungi (aklimatisasi)



Kangkung sebagai Kontrol (aklimatisasi)



Sawi sebagai Kontrol (aklimatisasi)



Kangkung dengan Fungi (minggu ke-2)



Sawi dengan Fungi (minggu ke-2)



Kangkung sebagai kontrol (minggu ke-2)



Sawi sebagai kontrol (minggu ke-2)



Kangkung dengan Fungi (minggu ke-4)



Sawi dengan Fungi (minggu ke-4)



Kangkung sebagai kontrol (minggu ke-4)



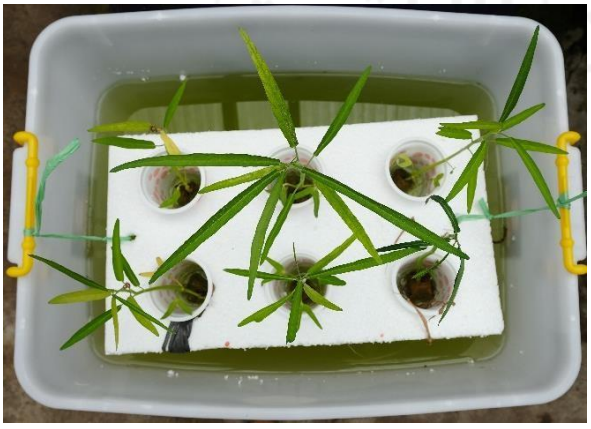
Sawi sebagai kontrol (minggu ke-4)



Kontrol kosong air limbah



Kontrol kosong air limbah dengan fungi



Kontrol positif kangkung



Kontrol positf sawi



Reaktor bak kontrol tanpa fungi



Reaktor bak dengan fungi





iri)
ah)
nan)

Akar kangkung kontrol positif (kiri)
Akar kangkung tanpa fungi (tengah)
Akar kangkung dengan fungi (kanan)





Sawi kontrol positif (kiri)
Sawi tanpa fungi (kanan)

Nekrosis

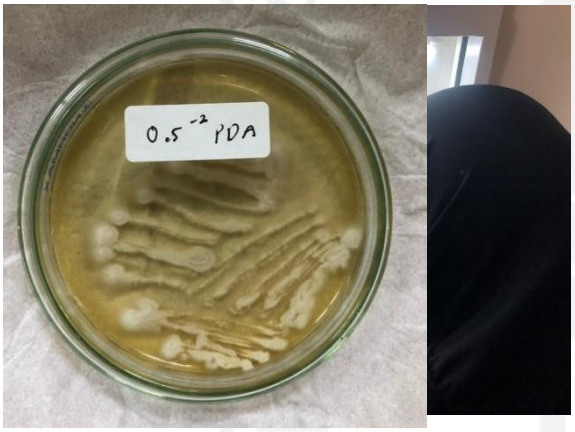


Klorosis

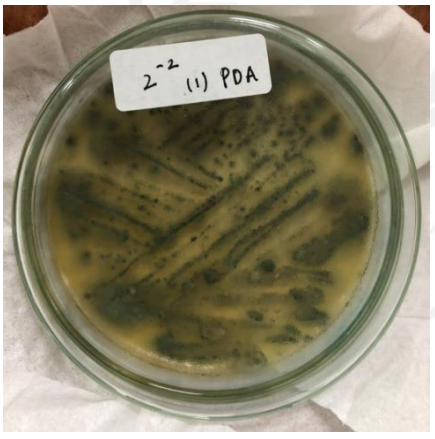


Nekrosis

Lampiran 5 Proses Isolasi dan Kulturisasi Fungi *Indigenous*



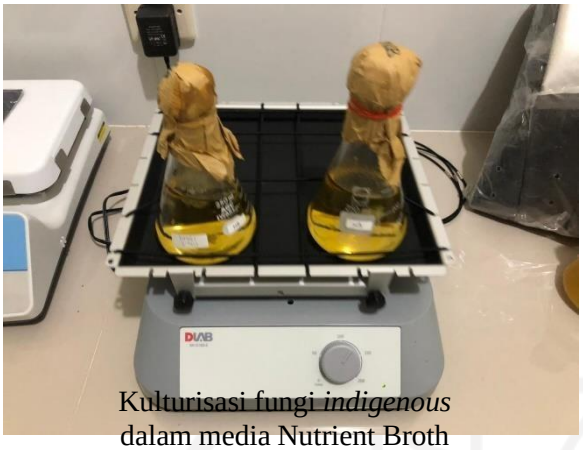
Isolat fungi *indigenous* F1



Isolat fungi *indigenous* F2



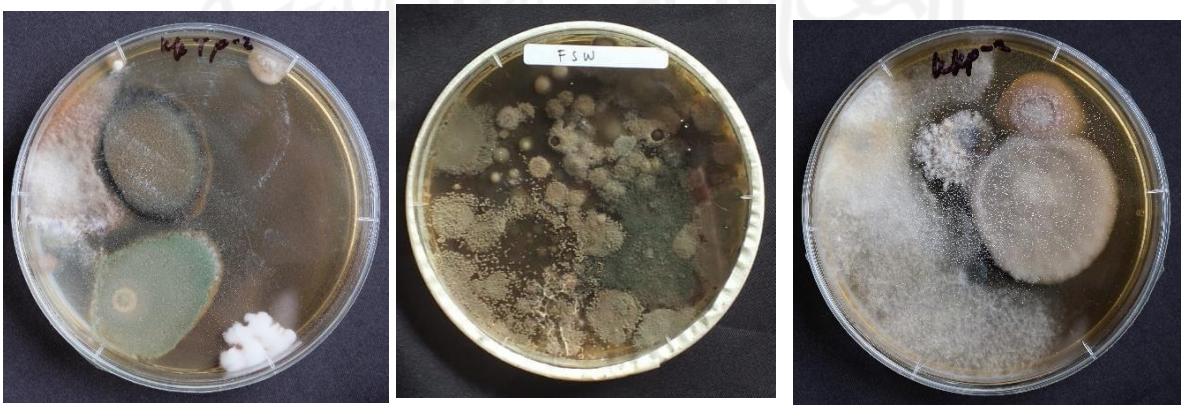
Isolat fungi *indigenous* F3



Kulturisasi fungi *indigenous* dalam media Nutrient Broth

Lampiran 6 Hasil isolasi fungi air limbah





"Halaman ini sengaja dikosongkan"

RIWAYAT HIDUP

Nama : Tiara Chandra Kirana

Tempat dan Tanggal Lahir : Tangerang, 10 Juli 1999

Status anak : ke-1, dari 2 bersaudara

Bapak : Bambang Dwi Raharjo

Ibu : Puji Endah Hastuti

Riwayat Pendidikan :

1) SMPN 1 Kabupaten Tangerang
2) SMAN 1 Kabupaten Tangerang
3) Universitas Islam Indonesia

Kegiatan akademik : Mualimah Taklim Putri FTSP 2019

Kegiatan non-akademik :

A. Organisasi

1) Staff Aikite Departemen Evaluasi & Monitoring (2021 – sekarang)
2) Staff LDF Al-Mustanir Departemen Humas dan Media (2020 – 2021)
3) Staff LDF Al-Mustanir Departemen PSDM (2019-2020)
4) Sekretaris Zero Waste FTSP (2019 – 2020)
5) Pengurus Besar IMTLI Departemen Pengabdian Masyarakat (2018 – 2019)

B. Kepanitiaan

1) *Organizing Committe* Divisi Publikasi, Dekorasi, dan Dokumentasi *Enviro Champions* 2018
2) *Organizing Committe* Divisi Kesekretariatan Lintas Lingkungan 2019
3) Bendahara Tabligh Akbar LDF Al-Mustanir 2019
4) *Steering Committe* Divisi PubDekDok dan Kesekretariatan *Enviro Champions* 2019