TUGAS AKHIR

PEMANFAATAN TANAMAN *SPIRODELA POLYRHIZA (L.)* SEBAGAI PRETREATMENT SPAM AIR IRIGASI SELOKAN MATARAM.

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

ANNAYENSI SHARANI
1751301

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2021

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

TUGAS AKHIR

PEMANFAATAN TANAMAN *SPIRODELA POLYRHIZA (L.)* SEBAGAI PRETREATMENT SPAM AIR IRIGASI SELOKAN MATARAM.

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

ANNAYENSI SHARANI

17513018

Disetujui:

Pembimbing 1	**Pembimbing 2**
Dr. Andik Yulianto, S.T., M.T.	**Dewi Wulandari, S.Hut., M.Agr., PhD**
NIK. 025100407	**NIK. 185130401**
Tanggal: 25 Oktober 2021	Tanggal:

Mengetahui,
Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII

Eko Siswoyo, ST., M.Sc.ES., Ph.D.
NIK. 025100406
Tanggal: 25 Oktober 2021

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

HALAMAN PENGESAHAN

PEMANFAATAN TANAMAN *SPIRODELA POLYRHIZA (L.)* SEBAGAI PRETREATMENT SPAM AIR IRIGASI SELOKAN MATARAM.

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari :
Tangggal : 25

Disusun Oleh:

ANNAYENSI SHARANI
17513018

Tim Penguji :

Dr. Andik Yulianto, S.T., M.T. **( )**

Dewi Wulandari, S.Hut., M.Agr., PhD **( )**

Nelly Marlina, S.T. M.T. **( )**

"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, 25 Oktober 2021

Yang membuat pernyataan,



Annayensi Sharani

17513018

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga tugas akhir ini berhasil diselesaikan. Judul perencanaan yang dipilih yang sudah dilakukan sejak Maret 2021 ialah "Pemanfaatan tanaman *Spirodela polyrhiza (L.)* Sebagai Pretreatment IPAM Air Irigasi Selokan Mataram". Dalam penyusunan laporan ini penulis banyak mendapatkan semangat, doa, dukungan dan bimbingan dari berbagai pihak, sehingga pada kesempatan ini perkenankan penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada:

1. Allah SWT. Yang senantiasa memberikan nikmat kesehatan, kemampuan, serta kebutuhan sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan ini.
2. Kedua orang tua saya yang tulus selalu mendoakan dan memberikan support luar biasa hingga saat ini.
3. Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Bapak Eko Siswoyo, S.T., M. Sc, ES., Ph.D.
4. Bapak Dr. Andik Yulianto, S.T., M.T selaku dosen pembimbing 1 yang sabar membimbing, mendukung dan memberikan masukan selama tugas akhir berlangsung.
5. Ibu Dewi Wulandari, S.Hut., M.Agr., PhD selaku dosen pembimbing 2 yang sabar membimbing, mendukung dan memberikan masukan selama tugas akhir berlangsung.
6. Kedua saudara saya, Kakak saya Jeanny Sharani dan Adik saya Azzam Arfan Syaroni yang sudah mendukung dan mendoakan saya.
7. Teman-teman perkuliahan saya Falin Diah, Rachmad Hernadi dan Bramantio Java, Tenenonet, Jawir's lach dan Pengabdi Ian yang sudah menemani dan memberi dukungan moral serta mental semasa kuliah dan penyusunan skripsi.
8. Segenap Keluarga Besar Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, 25 Oktober 2021

Annayensi Sharani

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

ABSTRAK

ANNAYENSI SHARANI. Pemanfaatan *Constructed Wetland* Sistem *Free Water Surface* dengan Tanaman *Spirodela polyrhiza (L.)* sebagai Pretreatment SPAM Air Irigasi Selokan Mataram. Dibimbing oleh DR. ANDIK YULIANTO, S.T., M.T. dan DEWI WULANDARI, S.Hut., M.Agr., Ph.D.

Permasalahan yang akan timbul apabila pencemaran air tidak dikelola dengan baik adalah terbatasnya sumber air bersih. Yogyakarta merupakan salah satu kota di Jawa yang memiliki permasalahan tersebut, dengan ketersediaan 89% sumber air dan 67% air bersih rumah tangga terkontaminasi oleh bakteri tinja. Tujuan penelitian ini adalah mengolah air irigasi Selokan Mataram sebagai sumber air baku sesuai PP No. 22 tahun 2021. Air baku air irigasi dapat diolah dengan menggunakan IPAM. Namun, untuk memperbaiki kualitasnya sehingga memenuhi kualitas air baku diperlukan pengolahan pendahuluan yang didesain dengan mempertimbangkan aspek kuantitas dan kualitas sumber air serta dibangun menggunakan proses alami yang melibatkan vegetasi dan mikroorganisme untuk mengolah beban pencemar dengan biaya murah. Sistem pengolahan pendahuluan salah satunya menggunakan kolam prasedimentasi dan *Free Water Surface Constructed Wetland* (FWS CW). Dalam penelitian ini, *Spirodela Polyrhiza (L.)* memiliki kinerja akumulasi logam Pb dan Cd sebesar 42-85% dan dilakukan pengolahan TSS sebesar 80% dengan perencanaan kolam prasedimentasi dengan luas lahan 213 m^2 (27m x 8m) selama 2,13 hari serta pengolahan kandungan Cd sebesar 70% dengan luas lahan unit *freewater surface constructed wetland* sebesar 44,8 m^2 (7m x 7m) yang memiliki kebutuhan tanaman Spirodela sp. sebesar 61,8 kg. Sebagai pengolahan IPAM berkelanjutan maka perencanaan disesuaikan terhadap operasional dan perawatan setiap unit pengolahan

Kata kunci: Lahan basah sistem bebas air permukaan, *Spirodela sp.*

ABSTRACT

The problem that will arise if water pollution is not managed properly is the limited source of clean water. Yogyakarta is one of the cities in Java that has this problem, with the availability of 89% water sources and 67% of household clean water contaminated by fecal bacteria. The purpose of this study was to treat Mataram sewer irrigation water as a source of raw water according to PP No. 22 of 2021. Raw water for irrigation water can be treated using IPAM. However, to improve its quality so that it meets the quality of raw water, preliminary treatment is needed which is designed by considering the aspects of quantity and quality of water sources and built using natural processes involving vegetation and microorganisms to treat pollutant loads at low cost. One of the preliminary treatment systems uses a pre-sedimentation pond and Free Water Surface Constructed Wetland (FWS CW). In this study, Spirodela Polyrhiza (L.) had a performance of accumulation of Pb and Cd of 42-85% and TSS treatment was carried out at 80% with a pre-sedimentation pond planning with a land area of 213 m2 (27m x 8m) for 2.13 days and processing Cd content of 70% with a land area of 44.8 m2 surface constructed wetland unit (7m x 7m) which has the need for Spirodela sp. of 61.8 kg. As a sustainable IPAM processing, the planning is adjusted to the operation and maintenance of each processing unit.

Keyword: Free Water Surface Constructed Wetland, Spirodela sp.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

DAFTAR ISI

PRAKATA i
ABSTRAK iii
DAFTAR ISI v
DAFTAR TABEL v
DAFTAR GAMBAR vii
DAFTAR LAMPIRAN viii
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 2
1.3 Tujuan Penelitian 2
1.4 Manfaat Penelitian 2
1.5 Hipotesis Penelitian 3
1.6 Ruang Lingkup 3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 5
2.1 Pencemaran Air Permukaan 5
2.2 Beban Pencemar 7
2.3 Tanaman Spirodela Polyrhiza (L.) 11
2.4 Rencana Desain Pretreatment IPAM 14
2.5 Penelitian Terdahulu 21
BAB III METODE PENELITIAN 24
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian 24
3.2 Alat dan Bahan 25
3.3 Prosedur Analisis Data 25
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN 35
4.1 Deskripsi Lokasi Penelitian 35
4.2. Pertumbuhan Tanaman Spirodela sp. 37
4.3 Efisiensi Beban Pencemar 43
4.4 Perhitungan Desain Pretreatment IPAM 47
4.5 Pengoperasian dan Pemeliharaan 62
BAB V PENUTUP 66

5.1 Kesimpulan 66
5.2 Saran 66
DAFTAR PUSTAKA 68
LAMPIRAN 75
RIWAYAT HIDUP 80

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1.Baku Mutu Kualitas Air PP No. 22 tahun 2021 5
Tabel 2. 2.Pengolahan Beban Tercemar pada Wetland 7
Tabel 2. 3.Karakteristik BOD dan COD (Mara, 2004) 10
Tabel 2. 4. Kriteria Desain Intake 14
Tabel 2. 5. Kriteria Desain Kolam Sedimentasi 15
Tabel 2. 6. Pengolahan Polutan Pada Wetland 16
Tabel 2. 7. Proses Reduksi Polutan (Kayombo et al, 2003) 18
Tabel 2. 8. Kriteria Kualitas Efluen Media CWs 19
Tabel 2. 9. Kriteria Desain Free Water Surface 20
Tabel 2. 10. Perbandingan Konstanta Kecepatan Reaksi Orde 1 Plug-Flow 20
Tabel 2. 11. Karakteristik Media Surface Flow (Metcalf, 2003) 20
Tabel 2. 12. Penelitian Sebelumnya ……..12
Tabel 3. 1. Lokasi Penelitian 25
Tabel 3. 2. Alat dan Bahan Uji In-situ 25
Tabel 3. 3. Tabel Metode Penyimpanan dan Pengawetan Sampel Air 28
Tabel 3. 4. Metode Pengujian Parameter Uji 29
Tabel 4. 1. Kondisi Morfologis Tanaman Spirodela Polyrhiza (L.) 39
Tabel 4. 2.Pengukuran Matematis Tanaman Spirodela Polyrhiza 40
Tabel 4. 3. Kondisi Turion Tanaman Spirodela 40
Tabel 4. 4. Data Kuantitatif Beban Pencemar 46
Tabel 4. 5. Desain Perencanaan Lahan Basah Buatan 56

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Tumbuhan Spirodela Polyrhiza 13
Gambar 2. 2. Siklus Hidup Tanaman Air Spirodela sp. 13
Gambar 2. 3. Free Water Constructed Wetland 16
Gambar 2. 4. Proses Pengolahan SPAM dengan CWs 19
Gambar 3. 1. Peta Lokasi 24
Gambar 3. 2. Diagram Alir Penelitian 26
Gambar 3. 3. Metode dan Alat Pengambilan Sampel ……...……28
Gambar 4. 1. Kondisi Eksisting Stasiun 1 36
Gambar 4. 2. Kondisi Eksisting Stasiun 2 36
Gambar 4. 3. Kondisi Eksisting Stasiun 3 37
Gambar 4. 4. Grafik Hasil Uji Kadar Timbal 43
Gambar 4. 5. Grafik Uji Kadar Kadmium 45
Gambar 4. 6. Diagram Alir Unit IPAM 47
Gambar 4. 7. Sketsa River Intake 48
Gambar 4. 8. Zona Unit Prasedimentasi 49
Gambar 4. 9. Sketsa Ruang Lumpur 52
Gambar 4. 10. Sketsa Pintu Air 53
Gambar 4. 11. Sketsa Weir pada Prasedimentasi 54
Gambar 4. 12. Desain Freewater Surface CWs 60
Gambar 4. 13. Kesetimbangan Massa FWS CWs 62

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Uji Kadar Pb dan Cd.....75
Lampiran 2. Dokumentasi 75
Lampiran 3. PP No. 22 tahun 2021 76
Lampiran 4. Proses Uji Pb dan Cd (SNI 6869.2009) 77
Lampiran 5. Alat dan Bahan Uji Pb dan Cd 74
Lampiran 6. Data Sekunder Parameter Pencemar (Hastutiningrum, 2020) 74
Lampiran 7. Perhitungan Kesetimbangan Massa FWS CWs 75
Lampiran 8. Desain Pretreatment IPAM Selokan Mataram 77
Lampiran 9. Kurva Good Performance Surface Flow ……..……77

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS), akses air minum Indonesia sebesar 72,55%, masih di bawah target *sustainable development goals* (SDGs) sebesar 100%. Menurut laporan *United Nation for Cildren Funds* (UNICEF), kualitas air yang buruk tidak dapat dipisahkan dari kondisi sosial ekonomi, menurut survei air minum tahun 2017 di Yogyakarta, pusat kota Jawa yang berkembang, yang 89 persen sumber air dan 67 persen air bersih rumah tangga terkontaminasi oleh bakteri tinja (UNICEF, 2017).

Permasalahan penurunan kualitas air permukaan akibat limbah cair yang domestik maupun non domestik berupa limbah industri dan sampah. Salah satu sumber air minum yang memungkinkan adalah Selokan Mataram yang dikenal sebagai saluran irigasi terpanjang di Yogyakarta dengan panjang 31,2 km yang menghubungkan Sungai Progo di barat dan Sungai Opak di timur. Namun, kualitas air Selokan Mataram telah ditingkatkan dengan Peraturan Gubernur DIY (2008) No. 20 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air berada di kelas III yang berarti tidak dapat digunakan sebagai sumber air baku untuk air bersih (Kusumawati e*t al*, 2019).

Oleh karena itu, pengolahan kualitas air permukaan pada air minum dapat dilakukan dengan teknologi pengolahan air yang potensial, yaitu *Constructed Wetland* (Lahan basah buatan) dan kolam prasedimentasi. *Constructed wetland* merupakan sistem pengolahan terkontrol yang dirancang dan dibangun melalui proses alami. Vegetasi lahan basah meliputi tanah berpasir dan mikroorganisme untuk pengolahan air limbah dengan keunggulan biaya investasi, operasi dan pemeliharaannya yang lebih murah (Sasono, 2013). Lahan basah buatan akan menggunakan pengolahan dari tanaman *Spirodela Polyrhiza (L.)* untuk memperkaya logam berat atau diperlukan untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Sebagai perwakilan, tanaman *Spirodela sp.* memiliki potensi pertumbuhan vegetatif ataupun generatif yang cepat, memiliki

kandungan protein yang tinggi, efektif membersihkan logam berat, pestisida dan minyak (Jamil, 2015).

Dalam konteks ini, berdasarkan potensi tanaman *Spirodela Polyrhiza* terhadap zat pencemar akan dilakukan uji "Pemanfaatan Tanaman *Spirodela Polyrhiza (L.)* sebagai pretreatment IPAM Air irigasi Selokan Mataram".

1.2 Rumusan Masalah

Air irigasi Selokan Mataram memerlukan pengolahan pendahuluan agar memenuhi baku mutu air baku air minum. Salah satu pengolahan pendahuluan yang dapat dilakukan adalah dengan menggunakan pengolahan alami memanfaatkan tanaman *Spirodela* sp.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Melakukan kajian efektifitas Spirodela sp. dalam memperbaiki kualitas air Selokan Mataram.
2. Melakukan perancangan umum sistem Constructed Wetland dengan memanfaatkan tanaman Spirodela sp. sebagai pengolahan pendahuluan air Selokan Mataram.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun yang akan didapat dalam penelitian bermanfaat bagi masyarakat, mahasiswa dan perguruan tinggi, yaitu:

1. Manfaat untuk mahasiswa
    a. Memberikan pengetahuan mengenai pengolahan kualitas air Selokan Mataram dalam pretreatment IPAM dengan kolam prasedimentasi dan *Constructed Wetland* dengan pemanfaatan tanaman Spirodela sp.
    b. Mengetahui cara mengidentifikasi bahaya akibat logam berat terhadap pertumbuhan visual tanaman sebelum dan sesudah perlakuan dengan pendekatan sistematis.

c. Memberikan pemahaman dalam menerapkan ilmu yang dusah diperoleh saat perkuliahan mengenai kualitas air dan parameternya.

1.5 Hipotesis Penelitian

Tanaman Spirodela sp. dapat dimanfaatkan sebagai pengolahan pendahuluan, khususnya untuk menurunkan kandungan logam berat.

1.6 Ruang Lingkup

Ruang lingkup yang dimaksud sebagai pembatas pada masalah yang akan dikaji. Ruang lingkup dari penelitian ini yaitu:

1. Pengambilan sampel dilakukan di tiga titik daerah Selokan Mataram dari hulu ke hilir yang memiliki tingkat pencemaran sedang dengan metode secara *purposive* sampling.
2. Perencanaan sistem *Constructed Wetland* dengan tanaman *Spirodela sp.* menggunakan perencanaan umum.
3. Data primer dengan pengujian kadar parameter (Pb, Cd, suhu dan PH) serta data sekunder (Penelitian terdahulu 2020) untuk parameter TSS, COD dan BOD pada daerah perencanaan di Condongcatur, dikarenakan data polutan yang tinggi.
4. Parameter uji pada daya serap tanaman berupa pH, logam timbal dan kadmium akan diuji dengan acuan normatif.
5. Kualitas air baku air minum mengacu kepada Peraturan Pemerintah No. 22 tahun 2021.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pencemaran Air Permukaan

Perairan merupakan suatu ekosistem yang kompleks sebagai habitat semua makhluk hidup, mikro maupun makro. Dalam kehidupan biota, air yang tercemar dapat dilihat dengan mudah dengan perbedaan kondisi fisik air seperti tingkat kekeruhan, warna yang tembus cahaya ataupun transparan, atau dari bau pada air. Air tercemar juga dapat dilihat dari matinya organisme perairan seperti ikan, tanaman maupun hewan lainnya yang berhubungan dengan air tersebut (Herlambang, 2006). Menurut Peraturan Pemerintah No. 22 tahun 2021 (Tabel 2.1) air yang dikatakan tercemar apabila masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat maupun energi kedalam air oleh kegiatan manusia sehingga kualitas menurun dan tidak berfungsi dan dilihat dari perubahan tatanan lingkungan oleh kegiatan manusia atau proses alam terutama adanya logam berat yag ikut terbuang dari sisa limbah industri yang akan menjadi agen pencemar seperti: Timbal (Pb), Merkuri (Hg), Kadmium (Cd), Arsen (As), dan lain sebagainya (Taftazani, 2005).

Tabel 2. 1. Baku Mutu Kualitas Air PP No. 22 tahun 2021

No.	Kelas	Penggunaan
1	Kelas Satu	Air yang diperuntukan sebagai air baku air minum dan/lain yang mempersyaratkan mutu air dengan kegunaan yang sama.
2	Kelas Dua	Air dengan peruntukan sebagai sarana/prasarana rekreasi air, pembudidayaan ikan tawar, peternakan, air pertanaman.
3	Kelas Tiga	Air untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk pertanaman dan lainnya dengan kegunaan sama.
4	Kelas Empat	Air yang digunakan untuk mengairi pertanaman atau peruntukan yang sama lainnya.

Pencemaran air juga disebabkan oleh logam berat, selain bersifat racun, logam berat juga terakumulasi dalam sedimen dan biota melalui proses biokonsentrasi, bioakumulasi, dan biomagnifikasi oleh biota air terakumulasi di dalam tubuh. Akibatnya, logam berat akan terus ada di sepanjang rantai makanan karena predator pada tingkat trofik memakan tingkat trofik yang lebih rendah dan terkontaminasi (Evans, 1986). Pendugaan pencemaran sungai dapat dilakukan dengan mengamati pengaruh pencemaran polutan terhadap kehidupan organisme akuatik dan lingkungannya. Satuan pendugaan keberadaan pencemar tersebut diklasifikasikan menjadi parameter fisika, kimia dan biologi. Dalam menentukan kualitas air, parameter-parameter tersebut tidak dapat berdiri sendiri, tetapi dapat ditrasformasikan menjadi satu nilai representatif. Nilai tunggal ini disebut Indeks Kualitas Air. Tujuan dari perhitungan indeks adalah untuk menyederhanakan informasi sehingga dalam menyajikan kualitas suatu perairan cukup disajikan dalam suatu nilai tunggal, sehingga dapat dibandingkan antara kualitas suatu perairan dengan kualitas airnya atau kualitas perairan dari waktu ke waktu (Hendrawan, 2005). Menurut *World Health Organization* (WHO) adanya kandungan timbal (Pb) dalam jumlah yang melebihisebesar 0,01 ppm dan kandungan kadmium melebihi 0,02 ppm dalam air bersih karena dapat menyebabkan kerusakan jaringan dan saraf. Peneliti menggunakan tanaman *Spirodela Polyrhiza (L.)* pada proses fitoremediasi selama 23 hari waktu tanam dapat menurunkan kadar timbal rata-rata 97,64% dan kadar kadmium sebesar 32,41% (Metei, 2013).

DIY dilintasi oleh beberapa aliran sungai yang mengalir melalui perkotaan dan pedesaan. Sungai merupakan bagian yang tak terpisahkan dari komunitas sosial DIY. Status pencemaran Air Selokan Mataram telah teridentifikasi tercemar sedang, hal ini berdasarkan pada pertimbangan penelitian sebelumnya dengan hasil penilaian kualitas air di Selokan Mataram pada parameter nilai BOD, COD, NO2 dan tinggi NO3 tercatat lebih tinggi pada lokasi pengambilan di Pogung, Dalangan dan Santren, ditunjukan pada tempat yang padat penduduk ini menerima lebih banyak air limbah di dalam badan air Selokan Mataram (Jannah, 2014). Pada penelitian sebelumnya kadar Pb adalah 0,0161 mg/L dan untuk Cd memiliki nilai

uji 0,034 mg/L sehingga menurut Peraturan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta No. 20 Tahun 2008 bahwasannya kadar Cd sudah melebihi ambang baku kelas III. Kategori kelas III, air yang diperuntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertanamanan, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, dan peruntukan lainnya yang memerlukan kualitas air yang sama dengan peruntukan tersebut (Kususmawati, 2019).

2.2 Beban Pencemar

Komponen Selokan Mataram yang komplek dengan alur percabangan, formasi dasar air seperti tingginya frekuensi kejadian banji (puncak aliran) dan meningkatnya erosi serta sedimentasi penurunan kualitas air. Upaya pegolahan beban pencemar harus secara berskala dan berkelanjutan, adapun jenis pencemar logam beart di dapat dari kegiatan konstruksi maupun industri seperti tabel 2.2 yang menjelaskan kriteria sumber pencemar berasal dari kegiatan pemanfaatan lahan dengan kondisi aktivitas yang berbeda.

Tabel 2. 2. Pengolahan Beban Tercemar pada Wetland

Pemanfaatan Lahan	Pencemar Utama
Agrikultur	Sedimen, N, P, Pestisida, logam berat
Aliran irigasi dan pengairan	TDS, BOD
Peternakan	Sedimen, N, P, BOD
Urban runoff	Sedimen, BOD, N, P, Pestisida, TDS, logam berat, koliform
Jalan raya	N, P, BOD, TDS, Logam berat dan sedimen
Konstruksi	Sedimen, Logam Berat

Logam berat adalah unsur logam yang memiliki massa jenis >5 g/cm^3 di permukaan air, logam berat terdapat dalam bentuk terlarut dan tersuspensi. Dalam kondisi alami ini, organisme membutuhkan logam berat untuk pertumbuhan dan perkembangannya. (Effendi, 2000). Pencemaran logam berat yang masuk ke lingkungan dari air sungai akan larut dalam air dan terakumulasi dalam sedimen dan dapat meningkat dari waktu ke waktu dan tergantung pada kondisi lingkungan perairan (Wulan *et* al., 2013). Logam berat dapat berpindah dari lingkungan ke organisme dan dari satu organisme ke organisme lainnya melalui rantai makanan,

logam berat yang ada di dalam air akan jatuh mengendap ke dasar perairan membentuk sedimentasi dan hal ini biota laut mencari makan di dasar perairan. Dari perairan akan memiliki kemungkinan tinggi untuk tercemar berat secara langsung (Wolf *et* al, 2001). Logam berat memiliki sifat non- biodegradable, mereka dapat bertahan lama di tanah yang terkontaminasi. Pengurangannya membutuhkan waktu dan uang (Zhang, 2007). Stabilisasi logam berat secara in situ dapat dilakukan dengan menambahkan amandemen tanah seperti kapur dan kompos sebagai upaya untuk mengurangi bioavailabilitas logam dan meminimalkan penyerapan oleh tanaman (Komarek, 2013).

Logam berat umumnya berasal dari lahan pertanian, termasuk argo-kimia melalui melalui pupuk sintesis dan pestisida. Pemupukan kimia telah terbukti meningkatkan keberadaan logam berat didalam tanah (Atafar *et* al., 2008). Selain itu, sector industri juga berperan penting sebagai sumber pencemaran jika limbah tidak dikelola dengan baik dan bertanggung jawab, banyak pencemaran tanah pertanian dan air di dekat pabrik telah dilaporkan memiliki kondisi tercemar (Muhammed et al., 2011). Dalam pengujiannya, Spektofotometri Serapan Atom (SSA) dalam kimia analitik dapat didefinisikan sebagai suatu teknik untuk menentukan konsentrasi unsur logam tertentu dalam sampel. Teknik ini digunakan untuk mengukur logam berat yang konsentrasinya lebih dari 62 jenis unsur logam. Teknik Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) dikembangkan oleh suatu tim peneliti kimia australia pada tahun 1950-an di *Commonwealth Sciene and Industry Reasearch Oraganization* (CSIRO). Elemen sampel diidentifikasi dengan sensitivitas dan batas deteksi teknik pengukuran ini dapat mencapai elt; < 1 mg/L (1 ppm) bila menggunakan lampu flash biasa dan dapat dicapau sampai 0,1 ppm dengan menggunakan SSA yang lebih canggih (Dyah, 2009).

2.2.1 Logam Timbal

Pada perairan, timbal ditemukan dalam bentuk terlarut dan tersuspensi. Timbal dalam perairan memiiki kadar kelarutan rendah sehingga kadarnya relatif sedikit (Effendi, 2003). Penentuan kadar logam timbal bisa dilakukan dengan dua tahap, destruksi sampel dan penggunaan spektofotometer serapan atom. Penentuan

logam timbal (Pb) menggunakan spektofotometri berdasarkan absorpsi atau atom menyerap energi radiasi (Khopkar, 2002). Logam timbal dapat membahayakan lingkungan dengan sifat toksisitasnya yang tinggi karena mengakibatkan penurunan metabolism dan menghalangi aktivitas enzim makhluk hidup (Murthy, 2012)

Penyebaran timbal di alam jumlahnya lebih sedikit dibanding logam berat lainnya, penyebaran logam ini hanya 0,0002% dari kerak bumi. Paparan timbal membuat efek keracunanan secara akun dan subakut tergantung dosis paparan (singkat maupun tinggi). Efek keracunan sebab timbal bisa berlaku secara dramatis seperti; kematian, kram perut parah, anemia, perubahan perilaku dan kehilangan nafsu makan. Pada peristiwa keracunan logam timbal tidak semua efek terlihat secara lengkap, hanya sebagian efek yang teramati dengan jelas (Markowitz, 2000).

2.2.2 Logam Kadmium

Dalam perairan logam Cd banyak ditemukan, biasanya logam kadmium digunakan untuk *electroplating* dan galvanisasi. Zat yang ditemukan dalam pencampuran warna, plastic, baterai, keramik, stabilizer plastic, karet, katoda Ni-Cd, pembuatan tabung TV, perceetakan tekstil, dan sebagai bahan pencampuran logam lain seperti emass, nikel, tembaga dan besi (Widowati, 2008)

Pada perairan, logam kadmium pada ikan akan mengalami proses biotransformasi dan bioakumulasi, jumlah logam yang terakumulasi akan terus meningkat atau yang disebut biomagnifikasi dan dalam rantai makanan biota yang tertinggi akan mememiliki kandungn Cd yang lebih tinggi. Efek dari logam Cd yaitu menimbulkan rasa sakit, panas bagian dada, paru-paru akut hingga menyebabkan kematian (Dewi, 2014). Akumulasi logam berat pada ikan dapat terjadi karena adanya kontak antara medium yang mengandung toksik dengan ikan, itu terjadi akibat adanya transfer zat kimia dari lingkungan ke air atau tubuh ikan melalui insang, makanan atauoun difusi melalui kulit (Yulaipi, 2013).

2.2.3 BOD, COD dan TSS

Biochemical Oxygen Demand (BOD) adalah oksigen yang terlarut yang terkandung pada air yang diperlukan oleh semua mikroorganisme saat pemecahaan bahan organik pada kondisi aerobik. Pemecahan bahan organik ini diperlukan sebagai bahan mkanan dan energi yang diperoleh dari oksidasi. BOD diperlukan oleh mikroba untuk mengoksidasi senyawa anorganik dalam limbah cair pada suhu 20^0C selama waktu inkubasi 5 hari (Sudartho, 2005). Batas Maksimum kandungan BOD_5 pada air yang diperuntukkan air minum untuk kelas II adalah 3 mg/liter (PPRI 22, 2021).

Pada musim kemarau tidak terjadi *self purification* dikarenakan debit air kecil, nilai BOD_5 dan COD yang tinggi kan mempengaruhi nilai konsentrasi DO yang rendah dan semakin kehilir kondisi sungai semakin memburuk. Menurut Tabel 2.3 pada air irigasi Selokan Mataram memiliki beban BOD dan COD yang lemah.

Tabel 2. 3. Karakteristik BOD dan COD (Mara, 2004)

Beban	BOD_5 (mg/L)	COD (mg/L)
Lemah	< 200	<400
Medium	350	700
Kuat	500	1000
Sangat Kuat	>500	>1500

Chemical Oxygen Demand (COD) didefinisikan sebagai jumlah oksigen yang dibutuhkan agar bahan buangan dapat teroksidasi secara kimiawi. Bahan buangan berupa *calium bichromat* menjadi gas CO_2 dan H_2O menjadi ion krom. Perairan dengan nilai COD yang tinggi tidak dapat dipakai untuk kepentingan perikanan atau pertanian. Kadar maksimal COD dengan status tidak tercemar biasanya kurang dari 20 mg/l (Effendi, 2003) dan kadar yang digunakan untuk kehidupan mikroorganisme akuatik dan irigasi sebesar 10-100 mg/l (PPRI 22, 2021).

Total Suspended Solid atau padatan tersuspensi adalah partikel anorganik, organik dan cairan yang tak dapat bercampur dalam air. Senyawa padat ini berupa tanah, tanah liat dan lumpur sedangkan senyawa padat organik dapat dijumpai seperti serat tumbuhan, ganggang dan bakteri. Padatan ini merupakan pencemar alami yang berasal dari erosi saat air mengalir (Sunu, 2001). Batas Maksimum

kandungan padatan tersuspensi untuk kelas I dan II adalah 40 mg/liter (PPRI-22, 2021). Kadar TSS berhubungan dengan tingkat kekeruhan air, apabila nilai TSS meningkat maka akan semakin keruh. Hal ini, akan berpengaruh terhadap proses fotosintesis karena sinar matahari yang diperlukan untuk proses masuk kedalam badan air terhalang, sehingga akan mempengaruhi organisme yang ada dalam perairan tersebut (Azmi, 2016). Berbagai macam teknologi yang dapat digunakan untuk menurunkan kadar BOD, COD dan TSS pada air sungai yaitu dengan cara pembuatan kolam filtrasi, karbon aktif, aerasi, sedimentasi dan lainnya. Efisiensi pengolahan ditentukan oleh kondisi operasi yan berupa kecepatan laju udara yang masuk ke perairan dan dengan debit aliran yang diolah (Novriana, 2003).

2.3 Tanaman Spirodela Polyrhiza (L.)

1. Klasifikasi Tanaman Spirodela sp.

Klasifikasi tanaman *Spirodela* sp. (Toyama, 2014) sebagai beriku:

a. Kingdom : *Plantae*
b. Clade : *Tracheophytes*
c. Clade : *Angiosperms*
d. Clade : *Monocots*
e. Order : *Alismatales*
f. Family : *Araceae*
g. Genus : *Spirodela*
h. Species : *S. Polyrhiza*
i. Binomial name : *Spirodela polyrhiza* (L.) Schleid

2. Morfologi Tanaman Spirodela sp.

Tumbuhan air berperan sebagai pendukung kehidupan mikroorganisme pengurai limbah seperti bakteri, alga, jamur dan protozoa, sehingga tumbuhan air akan melepaskan oksigen ke subtrat dibagian dasar melalui akarnya, sehingga membentuk suatu luasan rizosfer ditemukan di seluruh permukaan rambut akar yang teroksigenasi. Hasil percoban Brix *et al*. (1998) menyatakan bahwa tanaman air dapat menghantar oksigen dalam kisaran 0,2 – 10 cm^3 per batang ke tanah

dibawah permukaan air dalam satu menit (Khituddin, 2003). Menurut Widjaja (2004), tanaman menyerap kelebihan nutrisi ketika mereka memurnikan air. Oleh karena itu, tumbuhan air juga dapat berfungsi sebagai pengatur daur ulang unsur hara dalam air secara seimbang. Sebagian besar bahan pencemar dalam limbah merupaka unsur hara bagi tanaman yang bermanfaat bagi pertumbuhannya, meskipun dapat merugikan lingkungannya.

Tanaman *Spirodela polyrhiza (L.) Schleiden* adalah tanamaan tanaman air dengan klon kecil dari keluarga *Duckweed* yang menunjukan sifat fisik; Daun rata, bulat telur, panjang 5-10 mm dan lebar 3-88mm. Tumbuh dengan cepat dan mengapung di permukaan air. Tanaman ini dapat bertahan hidup di air dengan ketinggian air minimal 20 cm. *Spirodela sp.* secara morfologi merupakan tumbuhan berbunga paling sederhana dibanding tanaman *Lemna minor* (Wang, 2014). Spesies ini berkembang biak secara vegetatif, menghasilkan tunas dari daun induk di ujung proksimal dalam dua meristematik. Setiap ramet terdiri dari satu atau dua helai daun dengan 5-11 akar dengan dihubungkan oleh batang yang lemah. Spesies ini lebih suka mendiami perairan tenang dan permanen seperti parit, kolam dangkal dan juga aliran sungai yang lambat (Landesman, 2005). Berbeda dengan spesies *Stoloniferus* atau *Rhizomatou,* tanaman *Spirodela* sp. mereka tidak memiliki batang yang tumbuh secara horizontal (stolon dan rimpang). Ramet keturunan baru terhubung dengan induk oleh batang ramping dengan durasi kontak selama 3-6 hari, di mana daun anakan lebih pedek. Dibandingkan dengan spesies *Stoloniferous* atau *Rhizomatou,* di mana kontak ramet dapat dipertahankan selama satu musim tanam atau beberapa tahun (spesies rumput) atau beberapa dekade (rimpang kayu) (Zhang, 2020).

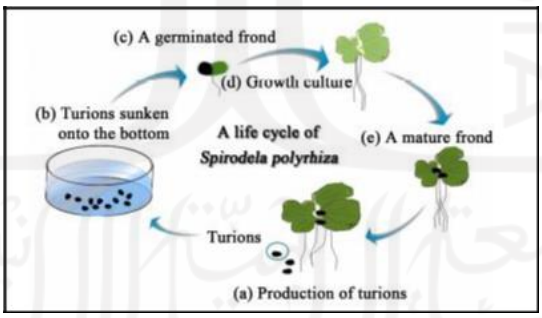
Tumbuhan (*great duckweed) Spirodela sp.* (Gambar 2.1) termasuk ke dalam gulma air karena pertumbuhannya sangat cepat. Tumbuhan ini hidup pada kolam, sungai atau rawa. Mudah terbawa oleh pergerakan angin, tumbuhan ini tumbuh sangat cepat di air sungai dan mudah ditemukan diantara tanaman terapung lainnya. *Spirodela sp.* berkembang biak secara vegetatif dan generatif. Reproduksi vegetatif dengan bertunas menunjukkan perkembangan yang lebih cepat dibandingkan tumbuhan air yang sejenis. Tumbuhan ini berkembang biak dengan sangat cepat,

sehingga dapat menutupi permukaan air sungai. *Spirodela sp.* memiliki lebar daun (*frond*) ¼ inci atau lebih, dan *Spirodela polyrhiza (L.)* memiliki masa produktivitas tinggi kuran dari 2 minggu (Rook, 2002).



Gambar 2. 1. Tumbuhan *Spirodela Polyrhiza*

Siklus hidup tanaman S*pirodela* sp. (Gambar 2.2) berawal dari pembentukan stadium dorman dan turion yang kaya akan pati serta gula dengan kondisi fase tidak aktif, turion akan merubah respon akibat dari perubahan suhu ataupun iklim. Selanjutnya setelah perkecambahan buatan dari turion tenggelam kedasar, turion membentuk daun muda dengan perkembangbiakan dibawah kondisi optimal kemudian tanaman *Spirodela* menuju tahap dewasa serta muncul akar, kemudian *Spirodela* sp. mengulangi siklus hidup mereka (Jihae, 2010).



Gambar 2. 2. Siklus Hidup Tanaman Air *Spirodela* sp. (Jihae, 2010)

Tanaman air jenis duckweeds seperti *Spirodela sp.* dapat meningkatkan proses pengendapan lumpur di air, proses lumpur yang tersangkut di akar-akar tanaman sehingga secara tidak langsung terjadi pengendapan dan membuat air jernih. Proses *refining* (penjernihan) terutama dilakukan oleh tumbuhan yang tenggelam bereaksi dengan ion lumpur yang bemuatan negatif (de-ionisasi lumpur) (Widjaja, 2004). Tipe tanaman air dengan akar melayang dibawah permukaan air

dan daun mengambang di permukaan air, akar ataupun batang akan tenggelam ke dasar permukaan *(floating plants)* akan membutuhkan lahan yang lebih luas, denganbiaya relative lebih murah. Namun demikian, apabila populasi tanaman air telah mengalami *blooming* akan menjadikan gulma air tetapi hal itu dapat dimanfaatkan sebagai pakan ikan sekaligus penyerap nutrient berlebih sebagai pupuk.

Tanaman *Spirodela* sp. memiliki ciri akan tenggelam ke dasar permukaan apabila sudah mati, tumbuhan air dengan akar tenggelam didasar berfungsi sebagai stabilisator bagi dasar perairan, ini juga berfungsi sebagai perangkap bahan organic pada eutrofik dengan sifat *luxury uptake* yaitu, penyerapan polutan melebihi kebutuhannya (Widjaja, 2004).

2.4 Rencana Desain Pretreatment IPAM

2.4.1 Bangunan Intake

Intake merupakan bangunan penangkap atau pengambil air baku dari suatu badan air sehingga air baku tersebut dapat dikumpulkan kedalam wadah yang selanjutnya dilakukan proses pengolahan. Faktor yang diperhatikan dalam perancangan intake adalah keandalan, keamanan serta harus minim biaya pengoperasian dan pemeliharaannya. Pemilihan sistem intake mempertimbangkan kondisi aliran, kualitas dan kuantitas sumber air baku, iklim, fluktuasi debit, dan peraturan yang berlaku serta informasi geografis dan geologis (Iwata, 2000).

Komponen pada intake terdiri dari bangunan sadap, sumur pengumpul *(Sump well)*, dan *Screening* yang ditempatkan pada saluran terbuka yang menghubungkan sungai ke pengumpul. Kriteria desain intake yang akan direncanakan memiliki lebar 4 m yang dapat dilihat pada Tabel 2.4 mengenai kriteria desain intake.

Tabel 2. 4. Kriteria Desain Intake (AL-layla,1980)

Nama	Ketentuan
Kecepatan pipa sadap	0,6 – 2,5 m/detik
Kecepatan pipa suction	1 -2,5 m/det
Lebar beton	3 - 6 m
Dasar intake well	1 m atau 1,5 m dibawah muka air terendah

2.4.2 Prasedimentasi

Pengendapan alami sistem prasedimentasi memiliki material padat dengan berat jenis lebih besar dari air, material ini akan mengendap/jatuh ke bagian dasar dan dapat terbawa arus hanyut akibat gaya jatuh air. Bak aliran sedimentasi umumnya dibuat lurus mengikuti arah aliran karena semakin masuknya air kedalam bak maka kecepatan aliran semakin berkurang. Luas penampang bAK tegak lurus aliran biasanya lebih besar dari aliran masuk, material yang berat akan jatuh ke bagian dasar bak.

Bangunan pengumpul memiliki bentuk umum bangunan berupa:

a. Segi empat *(Rectangular)*

   Air baku mengalir secara horizontal dari inlet ke outlet sehingga partikel flokulen yang terbentuk menghadapi gravitasi menuju *settling zone.*

b. Lingkaran *(Circular)*

   Air baku masuk melalui pusat lingkaran dan secara horizontal keluar pada keliling permukaan lingkaran. Partikel flokulen yang terbentuk diendapkan oleh gravitasi. Pada bangunan pengendap terdapat beberapa zona pendukung seperti zona inlet, zona pengendapan, dan zona lumpur (Anggraeni dan Susanawati, 2011).

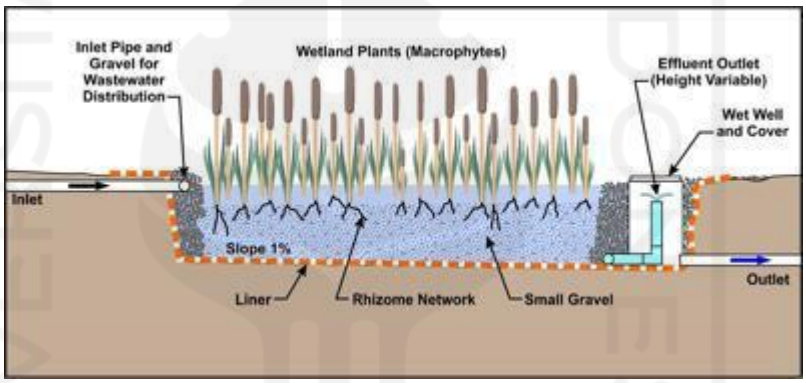
Tabel 2. 5. Kriteria Desain Kolam Sedimentasi

Nama	Nilai
Kecepatan Pengendapan (Vo)	0,08-61 cm/s
Td	0,5-3 jam
Kondisi Aliran	NRe < 2000 NFr > 10^{-5}
μ Faktor Gesekan Hidrolisis	0,03
β Unigranular Sand Non uniform	0,04 0,06
H air	0,8- 4,5 m

2.4.3 Free Water Surface Constructed Wetland

Sistem *Constructed Wetland* (CWs) umumnya banyak dimanfaatkan dalam pengolahan limbah domestik dan pertanian di negara maju. Fitoremediasi pada *constructed wetland* telah terbukti paling efektif dalam mengurangi kontaminan logam dan organik dari pertambangan, pertanian, *runf-off* dan limbah industri

lainnya, karena akar tanaman membantu dalam proses pengendapan kontaminan berupa partikel atau polutan dalam air dan air limbah dapat dipertahankan di lahan basah untuk beberapa waktu pada wetland sebelum mengalir keluar (Smith, 2007). Sistem ini lebih ekonomis dan memerlukan perawatan yang lebih sedikit dibandingkan jenis remediasi lainnya karena perlakuan ini dilakukan secara simultan anatara cemaran fisik, kimia dan biologi dalam pengolahan. Lahan basah buatan umumnya dibagi menjadi dua bagian; *Surface Flow Wetland* dan *Subsurface Wetland.* Pada (Gambar 2.3) sistem ini meniru rawa alami dengan perairan terbuka dan daerah dengan makrofag apung, tenggelam atau berenang di lahan basah dengan kondisi kolam dangkal (Gauss, 2008).



Gambar 2. 3. Free Water Constructed Wetland

Sumber: Tilley et al., 2014

Constructed wetland banyak dijumpai menggunakan media akar tanaman, dan bakteri patogen untuk mengolah kontaminan seperti BOD, SS, nutrisi dan logam berat (Suswati dkk, 2012), yang dapat dilihat pada Tabel 2.6 untuk proses penghilangan polutan disistem lahan basah.

Tabel 2. 6. Pengolahan Polutan Pada Wetland

Polutan	Proses
Material Organik (BOD)	Degradasi biologis, sedimentasi, serapan mikroba
Kontaminan Organik	Adsorbsi, penguapan
SS	Sedimentasi, filtrasi
Nitrogen	Sedimentasi, nitrifikasi/denitrifikasi, serapan mikroba
Phosfor	Sedimentasi, nitrifikasi/denitrifikasi, serapan mikroba
Bakteri Patogen	Kematian secara alami, sedimentasi, UV degradasi, adsorpsi
Logam Berat	Sedimentasi, adsorpsi, serapan tumbuhan fitoremediasi

Sumber: Jayasena et al., 2013

Lahan basah FWS *(free water Surface)* merupakan salah satu pilihan yang digunakan sebagai *constructed wetland* untuk pengolahan utama yang di terapkan sebagai pemurnian air yang mengolah sumber-sumber pencemar seperti air hujan perkotaan, limpasan pertanian dan aliran bermuatan logam untuk air limbah kota (Vyzmal, 2013). Struktur fisik tanah FWS bervariasi menurut aplikasinya, berjajar, tidak bergaris ataupun konstan dan bervariasi dalam vegetasinya. Vegetasi dapat muncul, terendam atau mengambang dan mereka dapat bervariasi dalam beberapa meter persegi, serta tingkat air yang tetap berada diatas matriks akar tanah, pasir dan kerikil yang mendukung pertumbuhan tanaman. FWS umumnya mengolah air limbah perkotaan seperti TSS, BOD_5 dan COD. Aplikasi lain dari FWS CW_s adalah *Floating Treatment Wetlands, Stormwater Wetland, bioflooded* dengan vegetasi terendam (Gabriela, 2017).

Dalam sistem FWS, air mengalir diatas permukaan lahan basah dan akar tanaman berada disedimen di bagian dasar kolom. Dengan kebutuhan fisik tersebut, FWS dapat dibangun dipinggiran, karena memerlukan lahan yang luas dibanding jenis lahan basah lainnya (Tencer et al., 2009). FWS CW_s dapat digunakan sebagai peganti *polishing treatment* dari pengolahan air limbah sekunder seperti laguna, *activated sludge sytem* dan *trickling filter* untuk pengolahan menjadi air bersih (Wallace, 2009) Kriteria desain dalam pembuatan kolam lahan basah, 0,1-0,6m air mengalir secara horizontal melalui sistem, kedalaman efektif setidaknya pada kedalaman 0,1 m dimusim kemarau dan < 0,45 m pada musim penghujan (Zhang, 2015). Menurut (Vyzmal, 2010), kedalaman dan ketinggian; < 0,4 m tipikal HLR 0,7 dan 5 cm/hari yang sesuai untuk lahan basah buatan dengan luas 2-14 ha dengan limpasan air 1000 m^3/hari. Dengan kedalaman tanah akar 0,2-0,3 m dan kedalaman air 0,1-0,4 m dengan pertumbuhan vegetasi mencapai 50%.

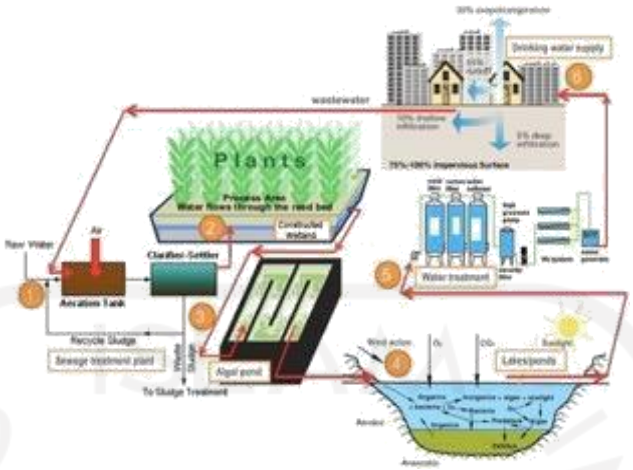
FWSCW_s dalam penelitian sebelumnya, memiliki efisiensi penyisihan lebih dari 70% BOD, COD, TSS, dan patogen. Sistem ini memiliki kapasitas yang terbatas untuk mereduksi unsur hara (selain fosfor) dengan penurunan rata-rata 40-50% dan dengan penurunan fosfor 40-90% diakibatkan adanya denitrifikasi yang terjadi pada lapisan bawah saat fotosintesis tanaman tinggi, sehingga terjadi penguapan amonia. Vegetasi tumbuhan dapat menyediakan karbon organik yang

dibutuhkan pada proses denitrifikasi dan kapasitas penyisihannya tergantung pada HLR dan luasan lahan sistem (Zhang et al, 2015). Pengolahan polutan berbeda-beda tergantung jenis polutannya. Di bawah ini adalah mekanisme untuk menghilangkan kontaminan yang ada di *Constructed Wetland*, ditunjukan pada Tabel 2.7, bahwasa pengolahan SS, COD, BOD dapat dilakukan dengan pengolahan sedimentasi dan logam berat dapat ditangani dengan adsorbsi oleh tanaman.

Tabel 2. 7. Proses Reduksi Polutan (Kayombo et al, 2003)

Jenis Polutan	Proses Penghilangan
Bahan organik (Diukur sebagai BOD)	Degradasi secara biologis, sedimentasi, dan sebagai makanan mikroorganisme.
Kontaminan Organik	Adsorpsi, vilatilisasi, adsorpsi, degradasi biotik/abiotik.
SS *(Suspended solids*)	Sedimentasi, filtrasi
Fosfor	Sedimentasi, filtrasi, adsorpsi
Patogen	Mati secara alami, sedimentasi, filtrasi, dimakan predator, degradasi sinar UV, adsorpsi.
Logam Berat	Sedimentasi, adsorpsi dan digunakan oleh tumbuhan

Pada kolam buatan dengan zona akar tumbuhan, menciptakan kondisi yng memungkinkan bagi bakteri untuk menguraikan bahan organic, baik secara *aerob* (nitrifikasi) maupun *anaerob* dengan proses denitrifikasi (Smith, 2007). Menurut Warmadewanthi (2001), bahwasannya pengolahan air tercemar dengan sistem *wetland* lebih dianjurkan utuk pengolahan limbah domestik pertanian dan pemeliharaan limbah industri dengan tingkat pencemaran tinggi serta efisiensi pengolahan hingga 80% tanpa keterampilan yang tinggi. Oleh karena itu, pada perencanaan kali ini pengolahan air Selokan Mataram yang dipergunakan sebagai sistem irigasi dapat diolah menjadi air minum dengan sistem pengolahan lahan basah buatan pada Gambar 2.4 sebagai berikut:



Gambar 2. 4. Proses Pengolahan SPAM dengan CWs
Sumber: India Biosciences, 2018

Kekurangan dari penggunaan lahan basah buatan dalam penggunaan sebagai alternatif pengolahan limbah adalah:

1. Pengoperasian sistem ini tergantung pada kondisi lingkungan termasuk suhu dan iklim sehingga pengolahan kurang optimal pada suhu rendah.
2. Dapat menimbulkan bau dan menjadi sarang bagi sektor penyakit (Nyamuk).

(Khambali, 2011).

Pada perencanaan *Constructed wetland Free Water Surface* dapat menggunakan berbagai jenis media, pada Tabel 2.8 perencanaan ini menggunakan media kerikil (Gravel) untuk mencapai efisiensi removal polutan tertinggi dan diperlukan kriteria desain dan kualitas efluen yang tertera pada tabel 2.9 mengenai kriteria kualitas Efluen menurut Tchobanoglous, 2003 sebagai beriku:

Tabel 2. 8. Kriteria Kualitas Efluen Media CWs

Jenis Media	Presentase pengurangan Polutan		
	BOD	SS	Coliform
Kerikil	55-96	51-98	99
Tanah	62-85	49-85	-
Pasir	96	94	100
Tanah Liat	92	91	-

Tabel 2. 9. Kriteria Desain Free Water Surface

Parameter	Satuan	Nilai
BOD loading rate	$gr/m^2.hari$	<7.5
TSS entry loading rate	$gr/m^2.hari$	40,3
Waktu detensi	Hari	2-7
Kedalaman air	M	0,1-1
Panjang/Lebar	-	4:1 - 10:1
HLR	mm/hari	2-30
Kedalaman media	M	0,3-0,75
BOD_5 Efluen	mg/L	<20
COD eff	mg/L	<20

Dalam perhitungan waktu tinggal, konstanta tiap jenis Constructed Wetland berbeda, dikarenakan perbedaan luas permukaan yang mendukung pengembangan dan tempat hidup pertumbuhan mikroorganisme yang berperan pada sistem tersebut. Maka dari itu, adanya perbandingan jenis kecepatan reaksi pengolahan setiap wetland yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 2.10 (Reed et al, 1994) berikut ini:

Tabel 2. 10. Perbandingan Konstanta Kecepatan Reaksi Orde 1 Plug-Flow

Proses Pengolahan	Konstanta Kecepatan Reaksi ($hari^{-1}$)
Subsurface Flow Wetland	1,104
Fakultative Lagoons	0,117
Free water Surface Wetland	0,501

Penyumbatan juga menjadi salah satu faktor penting yang diperhatikan pada filtrasi aliran horizontal, bila terjadi penyumbatan *(clogging)* maka konstruksi tidak akan berfungsi dengan semestinya dan harus dilakukan pembongkaran dan pergantian media sehingga akan menjadi hal yang menyulitkan dan biaya pekerjaan semakin mahal. Pemilihan media yang tepat menjadi faktor penting saat mendesain sehingga media yang biasanya dipakai adalah gravel (kerikil) (Metcalf dan Eddy, 2003). Karakteristik media adsorban ditampilkan pada Tabel 2.11 dimana *surface runn off flow* dipengaruhi dari pemilihan media pengolahan.

Tabel 2. 11. Karakteristik Media Surface Flow (Metcalf, 2003)

Tipe Media	Max 10% ukuran pasir, mm	Porositas, a
Medium Sand	1	0,42
Coarse Sand	2	0,39
Gravelly Sand	8	0,35
Fine Gravel	16	0,38
Medium Gravel	32	0,40
Coarse Rock	128	0,45

Dalam pembuatan lahan basah buatan yang efektif, menurut Bensley (2003), faktor mikrotopografi diperlukan untuk mendukung penataan keanekaragaman tumbuhan dan area pengolahan, desain pengolahan limbah yang baik harus memiliki krieria sebagai berikut:

Forebays, berupa kolam dalam untuk sedimentasi yang ada ditengah kolam yang berfungsi sebagai pengontrol laju masuknya air limpasan, pengendapan awal kontaminan dan menyediakan area yang mudah dijangkau untuk menghilangkan sedimen yang terakumulasi selama pemeliharaan.

Long Flow Paths, berupa saluran panjang sebagai tempat aliran air limbah mengalir ke kolam sedimentasi. Saluran ini umumnya dirancang untuk memperpanjang waktu kontak antara kontaminan dengan area permukaan lahan basah.

Micropool, lahan wetland berupa kolam kecil sebelum outlet yang memiliki fungsi mencegah penyumbatan dan memungkinkan pembuangan sisa kontaminan yang tersisa dari lahan basah.

Low and high marshes, sisi kolam yang berfungsi sebagai penyediaan tingkatan elevasi tanah yang memungkinkan keanekaragaman vegetasi pada lahan basah.

2.5 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu dimaksudkan untuk memberikan perbandingan atau acuan yang digunakan dalam penelitian ini sehingga dapat memperbanyak teori yang akan digunakan. Beberapa penelitian terdahulu yang didapatkan dari bebrapa

jurnal yang berkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan dapat dilihat pada Tabel 2.1. di bawah ini:

Tabel 2.1. Penelitian Sebelumnya

No.	Nama Penulis	Kesimpulan
1.	(Majumdar et al, 2018)	*Spirodela polyrhiza* dengan Pb 0,91 mg/L, 1,97 mg/L dan 2,88 mg/L Selama 14 hari. *Spirodela* polyrhiza ditemukan menghilangkan 93,19% pada 0,91 mg/L yang menurun menjadi 82,23% pada larutan pb 1,97 mg/L. Akumulasi 7.051 menjadi 631,54 mg/Kg pada kandungan Pb 2,88 mg/L maka dari ini tanaman *Spirodela sp.* cocok digunakan sebagai fitoremediasi Timbal karena mengurangi kadar konsentrasi.
2.	(Metei, 2013)	Kapasitas adsorbsi maksimum Pb (II) dan Cd (II) pada biomassa *Spirodela* sp. adalah 137 mg g-l dan 36,0 mg g-1, masing-masing pada pH optimum 4,0 dan 6,0 dengan waktu kontak 120 menit dan suhu 20^{o}C serta pH tidak melebihi 9.
3.	(Noemi et al., 2004)	*Constucted Wetland* dengan FWS menggunakan tanaman *(Lemna gibba L. dan Spirodela (L.) polyrhiza* dalam penelitian ini memiliki waktu tinggal hidraulik rerata 4,26 ± 0,61 hari dengan laju rerata 0,234 ± 0,027 m^3/hari dan beban hidrolik 0,03 m/hari dengan padatan tersuspensi dan penyisihan bahan organik hingga 9,7 TSS, 11,9 mg/L untuk BOD_5 dan penyisihan nitrogen lebih rendah (20-35%), penghapusan coliform tinja hingga 95% dan kekeruhan limbah > 50%.
4	(Chaudari et al., 2016)	Fitoremediasi dengan (*Lemna minor* dan *Spirodela* polyrhiza) menjadi solusi bagi akuatik. Penelitian ini dilikaukan pemberian 6 kadar Kadmium yang berbeda yaitu, 0.5, 0.1, 1.5, 2.0, 2.5, dan 3.0 mg/L dengan pengujian selama 22 hari. Penelitiaan ini menunjukkan bahwasannya estimasi residu kadmium di perairan untuk Lemna minor sebesar 42-78% dan untuk *Spirodela* sp. sebesar 52-66% dengan titik maksimum residu pada konsentrasi kadmium 3 mg/L kandungan 7.711 mg/Kg.

Berdasarkan tabel penelitian terdahulu tentang pengolahan kualitas sumber air untuk akumulasi polutan Pb, Cd, TSS, COD dan BOD dapat digunakan pengolahan pendahuluan unit *Constructed Wetland* dan pemanfaatan tanaman *Spirodela Polyrhiza*. Oleh karena itu, dilakukan perencanaan pengolahan IPAM dengan pengolahan pendahuluan berdasarkan kriteria desain sesuai standar.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni 2021 sampai dengan agustus 2021 dengan penelitian primer dan sekunder untuk pembuatan kolam pretreatment IPAM dari sumber air irigasi Selokan Mataram. Sampel yang dianalisa adalah air Selokan Mataram dengan metode *grab sampling* di 3 stasiun pengambilan sampel (Hulu-hilir). Analisis kandungan logam berat timbal (Pb) dan kadmium (Cd) dilakukan di Laboratorium Kualitas Air Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Pemilihan lokasi titik koordinat pengambilan sampel berdasarkan daerah yang potensial terkontaminasi didaerah hilir dan hulu. Peta persebaran lokasi titik pengambilan sampel dapat dilihat pada Gambar 3.1 dimana pemilihan titik koordinat pengambilan sampel dilakukan secara *purposive sampling* dengan titik koordinat yang dapat dilihat pada tabel 3.1 sebagai berikut:



Gambar 3. 1. Peta Lokasi

Tabel 3. 1. Lokasi Penelitian

Nama	Titik Koordinat
Stasiun 1	7°45 25.29" S 110°22'19.20" E
Stasiun 2	7°45'58.48" S 110°22'58.55" E
Stasiun 3	7°46 04.17" S 110°23'43.40" E

3.2 Alat dan Bahan

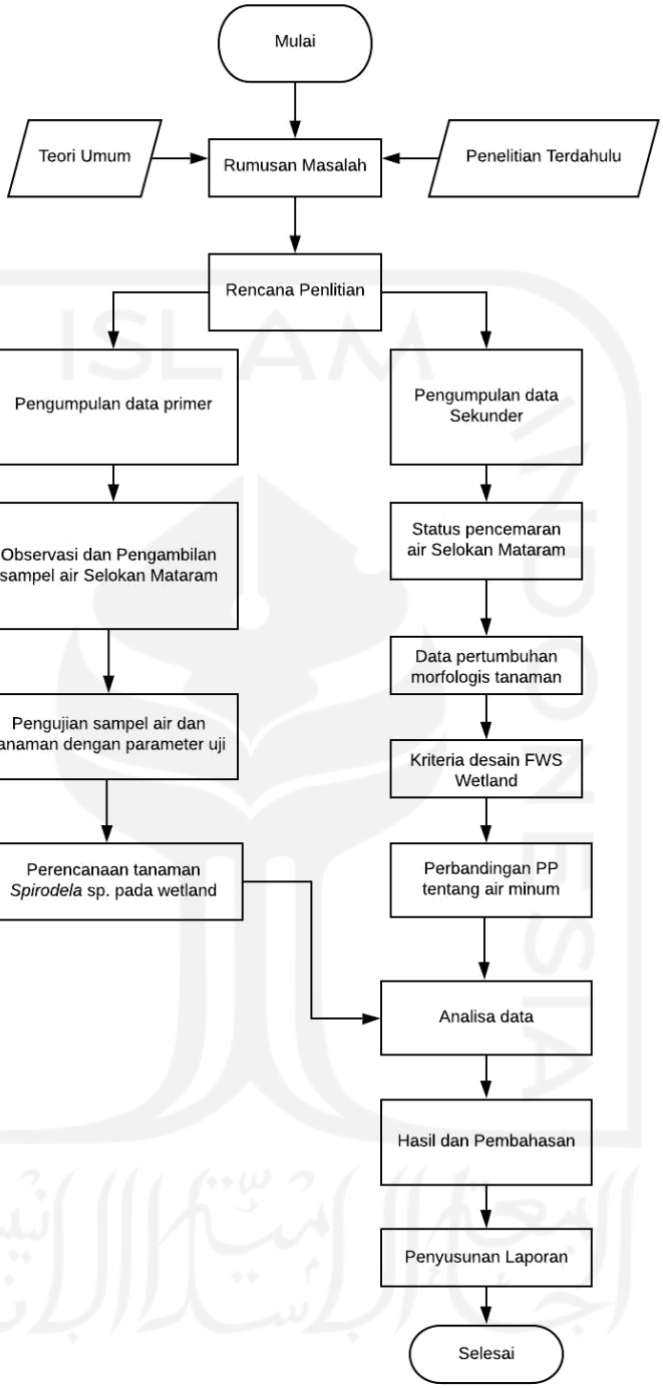
Alat dan bahan yang digunakan dalam pengambilan 3 sampel air yang berbeda titik di Selokan Mataram dan bibit tanaman *Spirodela* sp. sebagai media fitoremediasi yang didapat dari *e-commerce* dan alat-bahan lainnya mengacu pada SNI sesuai parameter pengujian yang akan digunakan pada table 3.2 dibawah ini:

Tabel 3. 2. Alat dan Bahan Uji In-situ

No.	Parameter Uji	Acuan Normatif
1	pH derajat keasaman	SNI 06-6989.11: 2004
2	Suhu	SNI 06-6989.23: 2005
3	Timbal	SNI 6989.8: 2009
4	Kadmium	SNI 6989.16 : 2009

3.3 Prosedur Analisis Data

Penelitian ini menganalisis hubungan antara tanaman *Spirodela* sp. dengan pengolahan kualitas air permukaan Selokan Mataram dengan tingkat pencemarannya sedang. Analisis data yang dilakukan secara deskriptif dengan menghubungkan data sampel air Selokan Mataram dengan kondisi optimum tanaman *Spirodela* sp. untuk melihat presentase frekuensi data. Metode ini diawali dengan pembuatan rumusan masalah, rencana penelitian, pengumpulan data sekunder (penentuan titik lokasi, status pencemaran selokan mataram, PP tentang pengolahan kualitas air, dan data Primer berupa (Observasi, pengambilan sampel air, penanaman tanaman), fitoremediasi dan analisis sampel air dengan parameter yang ada) serta analisis data. Diagram alir yang menunjukan skema penelitian yang akan dilakukan terlihat pada Gambar 3.2 dibawah ini:



Gambar 3. 2. Diagram Alir Penelitian

Berikut ini merupakan uraian mengenai tahapan penlitian yang dilakukan, yaitu:

3.3.1 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini berasal dari studi literatur dengan sumber yang terpercaya seperti teori umum (Jurnal, buku, tulisan elektronik, dsb) dan penelitian terdahulu.

3.3.2 Rencana Penelitian

Rencana Penelitian yang dilakukan yaitu pengumpulan data sekunder (Data optimum daya serap tanaman *Spirodela sp.*, dan persiapan hal-hal yang diperlukan dalam pengambilan data primer (*experimental laboratory*, metode pengambilan sampel, observasi dsb.) Setelah data-data yang diperlukan terkumpul selanjutnya dianalisis data dan dibuat perencanaan lahan basah buatan sebagai langkah awal pengolahan air irigasi menjadi air minum.

3.3.3 Pengumpulan Data Sekunder

Data sekunder yang digunakan pada penelitian ini berasal dari jurnal terverifiksi internasional maupun nasional dari penelitian terdahulu. Dibutuhkan data sekunder sebagai berikut:

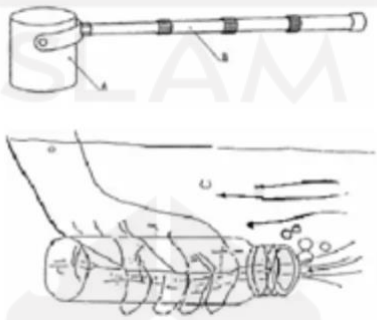
a. Penentuan Lokasi Penelitian.
b. Stasus kualitas Air Selokan Mataram.
c. Potensi tanaman *Spirodela* sp. sebagai media Fitoremediasi.
d. Analisis data dari hasil penelitian.
e. Kajian hidrolisis Selokan Mataram.
f. Kriteria desain FWS CW.
g. Peraturan Pemerintah yang terkait.

3.3.4 Pengambilan Data Primer

Pengumpulan data primer yang dilakukan pada penelitian ini yaitu observasi setiap titik lokasi air sampel dilapangan, penyimpanan dan pengawetan sampel serta pengujian tanaman *Spirodela* sp. dalam menyerap logam berat di Laboratorium kualitas air Teknik Lingkungan UII. Berikut ini merupakan penjabaran pengujian sampel air Selokan Mataram.

a. Pengambilan sampel air Selokan Mataram

Pengambilan air Selokan Mataram di 3 titik potensi sebanyak 2L dengan derigen secara *grab sampling* dengan alat seperti Gambar 3.3 yaitu berupada wadah botol dengan sekali pengambilan kemudian dilakukan pengukuran pH, Temperatur. Air sampel dimasukkan kedalam akuarium 25 cm x 10 cm.



Gambar 3. 3. Metode dan Alat Pengambilan Sampel

Sumber: SNI 6989.59:2008

b. Penyimpanan dan Pengawetan Sampel Air Selokan Mataram

Penyimpanan dan pengawetan yang dilakukan pada sampel air Selokan Mataram berfungsi untuk menjaga agar tidak terjadi perubahan fisik maupun kimia pada sampel. Metode penyimpanan dan pengawetan yang digunakan berdasarkan parameter yang akan diuji dapat dilihat pada Tabel 13 berikut ini:

Tabel 3. 3. Tabel Metode Penyimpanan dan Pengawetan Sampel Air

No.	Parameter	Wadah Penyimpanan	Minimal Jumlah Uji (mL)	Metode Pengawetan	Lama penyimpanan maksimum (Dianjurkan)	Lama penyimpanan maksimum (EPA)
1	pH	Plastik (Polietilen), Gelas	-	Segera dianalisa	2 Jam	2 Jam
3	Logam Berat	Plastik dan Gelas (Dicuci 1+1 HNO_3)	-	Ditambah HNO_3 sampai pH < 2, didinginkan	6 bulan	6 bulan

c. Pengujian Sampel Air

Parameter pengujian sampel air limbah yaitu pH, suhu, Pb dan Cd. Pengujian sampel air Selokan Mataram dilakukan secara langsung dilapangan dan pengujian laboratorium. Pengujian sampel air permukaan dilakukan di laboratorium kualitas air Teknik Lingkungan UII. Metode pengujian yang digunakan pada penelitian ini terdapat pada Tabel 3.4 Metode Pengujian Paramater Uji dibawah ini:

Tabel 3. 4. Metode Pengujian Parameter Uji

No.	Parameter	Acuan Normatif	Metode/ Alat	Lokasi Pengujian
1	Derajat Keasaman (pH)	SNI 06-6989.11: 2004	pH meter	Lapangan
2	Suhu	SNI 06-6989.23: 2005	Termometer	Lapangan
3	Timbal (Pb)	SNI 6989.8:2009	Spektofotometri Serapan Atom	Laboratorium
4	Kadmium (Cd)	SNI 6989 16: 2009	Spektofotometri Serapan Atom	Laboratorium

d. Tahapan penanaman *Spirodela Polyrhiza (L.)*

Penyediaan media pertumbuhan

Penyediaan media kultur *Spirodela* berupa 3 akuarium berukuran 25 x 10 cm berisi larutan sampel air Selokan Mataram yang diperoleh dari lokasi yang berbeda. Akuarium didiamkan selama 10 hari dan ditempatkan di tempat yang terkena sinar matahari dengan intensitas sedang agar tetap dapat melakukan metabolisme secara normal. Pada saat yang sama, benih tanaman *Spirodela* ditanam di akuarium dengan larutan 2liter air mineral (minum) sebagai media kontrol.

Persiapan tanaman *Spirodela sp.*

Tanaman dipilih berdasarkan keseragaman, dipindahkan ke dalam media dengan jumlah 30 g bibit tanaman per 2 L air ke tiga media yang telah disiapkan. Tanaman yang dipilih relatif sama dalam warna, panjang akar dan lebar daun.

e. Tahapan pengukuran visual tanaman

Pada penelitian ini dilakukan beberapa tahapan pemeriksaan yaitu pengukuran kondisi visual *Spirodela* sp. dengan tiga variasi waktu, yaitu kondisi tanaman yang diamati pada hari ke 1, 5 dan 10.

f. Pengujian efektivitas tanaman pada sampel air

Penggunaan instrumen Spektofotometri Serapan Atom (SSA) untuk logam Pb dan Cd. Pengukuran Spektofotometri Serapan Atom (SSA) menggunakan kertas saring whattman No. 42. Penentuan kandungan logam berat pada SSA menggunakan hukum Lambert-Beer, yaitu absorbansi berbanding lurus dengan panjang nyala api yang dilalui cahaya dan konsentrasi uap atom dalam nyala (Azis, 2007).

3.4 Analisis Data

Setelah memperoleh data uji laboratorium didapatkan, perlu dilakukan analisis data untuk menarik kesimpulan berdasarkan data matematis dan faktual. Dalam penelitian ini, proses analisis data menggunakan analisis deskriptif, kuantitatif dan rekapitulasi data. Hasil uji daya serap *Spirodela* sp. sebagai media tanam jenis *Constructed Wetland* jenis *Free Water Surface* untuk mengurangi konsentrasi beban pencemar (TSS, BOD, COD, Pb dan Cd) setelah polutan tersuspensi di bak prasedimentasi.

Efisiensi penyisihan kadmium, BOD dan COD pada CWs dan kadar TSS pada kolam prasedimentasi, dilakukan sebagai berikut:

1. Pengukuran Desain Prasedimentasi

Perencanaan pra-pengolahan IPAM dengan kolam prasedimentasi diperlukan perhitungan prasedimentasi dengan pengendapan alami dengan material yang kasar dan berat jenis lebih besar dari air, material ini akan jatuh dan mengendap di dasar permukaan. Semakin besar luas penampang bak yang tegak lurus aliran, maka semakin besar jumlah material yang masuk ke saluran dan jatuh ke permukaan bak. Beberapa kriteria yang perlu diperhatikan adalah kecepatan partikel ideal, waktu pengendapan, kondisi aliran, dan persen removal SS. Untuk mengetahui kondisi optimal lahan basah buatan untuk menurunkan kadar SS agar

sesuai ambang baku mutu PP No.22 tahun 2021 dapat dihitung kebutuhan lahan sebagai berikut:

Pengukuran waktu tinggal, ……. (3.1)

$$\frac{t}{td} = \frac{Vo}{\frac{Q}{A}}$$

Pengukuran panjang bak, ……. (3.2)

$$p = Vh\ x\ t$$

Mengontrol kondisi aliran, …….. (3.3)

$$Nre = Vhx\frac{R}{V} < 2000$$

$$Nfr = \frac{Vh^2}{gR} > 10^{-5}$$

Menghitung ruang penyimpanan lumpur, …… (3.4)

$$V\ lumpur = Qx\ \%pengendap\ x\ a^{xt}\ BL$$

Pengukuran luas lahan pintu air (Acr), ……. (3.5)

$$Acr = \frac{Q}{C\sqrt{2gh}}$$

Perhitungan luas lubang aliran saat pemerataan, …….. (3.6)

$$hf = k1\ x\frac{V^2}{2g} + \frac{V2}{2g}$$

Perhitungan zona inlet (British Unit), ……. (3.7)

$$Q = 3{,}33 \text{ x } b \text{ x } H^{3/2}$$

Keterangan:

t = *Design detention time* (detik)

td = Waktu pengendapan (hari)

Vh = kecepatan horizontal (m/s)

Q = Debit (L/detik)

% pengendapan = percobaan *inhoff cone*

b = Lebar saluran (meter)

h = Tinggi bukaan pintu (cm)

2. Pengukuran Desain Constructed Wetland

Setelah dilakukan pengolahan di kolam prasedimentasi maka aliran akan mengalir menuju lahan basah buatan, perhitungan dimensi bangunan *Free Water Surface Constructed Wetland* menggunakan acuan yang sudah ada. Akan didesain 6 kolam buatan yan akan digunakan sebagai Langkah pretreatment IPAM air irigasi. Lahan basah buatan yang digunakan adalah jenis aliran permukaan (Surface Flow) guna mereduksi logam berat. Beberapa kriteria desain yang perlu diperhatikan adalah dimensi bak, waktu tinggal, *hydraulic loading rate*, penggunaan media tanaman, jarak tanaman, kedalaman air dan media. Untuk mengetahui kondisi optimal lahan basah buatan untuk menurunkan kadar polutan sesuai ambang baku mutu PP No. 22 tahun 2021 dapat dihitung kebutuhan luasan lahan buatan dengan rumus sebagai berikut:

Perhitungan debit air menurut Hukum Darcy, ……... (3.8)

$Q = K_s \times As$

Penyisihan BOD_5, COD dan TSS dengan mencari, ……... (3.9)

$K_T = K_{20}\ (1, 06)^{(T-20)}$

Pembersihan effluen dengan kinetika plug-flow orde 1, ……... (3.10)

$$\frac{Ce}{Co} = e^{Kt.T}$$

Pengukuran waktu tinggal, ……. (3.11)

$$HRT = \frac{\varepsilon LWD}{Q}$$

Pengukuran lebar lahan, ……. (3.12)

$$L = \frac{td.Q}{W.d.a}$$

Pengukuran luas lahan, ……... (3.13)

$$A_s = (L)(W) = \frac{Q(In\ Co - In\ Ce)}{KT\ D_z}$$

Keterangan:

Q = Debit rata-rata (m^3/hari)

As = Luas Permukaan

T = Suhu

Ks = Konduktivitas Hidraulik (m/hari)

a = Porositas media (Desimal)

K_{20} = Koefisien standar pada suhu (^{o} C/ hari)

C_o = Konsentrasi influen (mg/L)

Ce = Konsentrasi efluen (mg/L)

S = Slope media

3. Analisis Jumlah Kebutuhan Tanaman *Spirodela* sp.

Kadar removal pada tanaman *Spirodela* sp. dapat diketahui setelah pengoperasian lahan basah buatan. Tingkat penyisihan dihitung dengan rumus berikut:

$$\%\ penyisihan = \frac{Co - Ce}{Co}\ x\ 100\% \quad \text{..... (3.14)}$$

Keterangan:

Co = Koefisien Awal Pencemar

Ce = Koefisien Akhir Pencemar

Semakin besarnya konsentrasi polutan yang tereduksi maka kebutuhan tanaman akan semakin besar. Jumlah kebutuhan tanaman dalam sekali perlakuan bergantung dari kerapatan massa jenis tanaman setiap m^2. Oleh karena itu, kebutuhan tanaman dapat dihitung dengan rumus berikut:

Jumlah tanaman = Luas lahan x Kerapatan Tanaman …. (3.15)

Kerapatan tanaman (Lemna minor dan Spirodela) adalah 0,23 kg/m^2

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV
ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Deskripsi Lokasi Penelitian

Secara umum, air tanah di D.I. Yogyakarta bagian tengah mengalir dari utara menuju selatan mengikuti muka air tanah, hal ini sesuai dengan pola aliran air tanah mengikuti kontur daerah penelitian yang masih merupakan bagian dari kesatuan wilayah Gunung merapi, oleh karena itu umumnya mengarah ke selatan (Yudistira, 2013). Penelitian dilakukan pada Selokan Mataram. Selokan Mataram menyuplai air dari sungai progo, serta mengangkut air limbah dari masyarakat sekitar selokan. Aliran akuifer cenderung ke selatan (pada posisi yang lebih rendah) dan adanya pencemar yang terbawa oleh air irigasi, sehingga air tanah akan terkena infiltrasi dan terkontaminasi. Selokan Mataram termasuk dalam area risiko tinggi kontaminasi di lokasi LKH D.I. Yogyakarta pada tahun 2020. Selokan adalah saluran irigasi yang berfungsi untuk menyalurkan air. Selokan Mataram merupakan saluran irigasi dengan dasar tidak disemen. Kehilangan air di Selokan Mataram sekitar 25% dari sumbernya. Secara kuantitatif, rembesan berpengaruh terhadap resapan akuifer di bawahnya (Adiarti, 2011). Penentuan titik lokasi pencarian secara *intensional sampling* menggunakan *purposive* sampling dan pengambilan sampel air dengan *grab sample* seperti (Gambar 8). Pengambilan sampel dilakukan pada 3 titik lokasi persebaran dari hulu ke hilir Selokan Mataram.

1. Lokasi Stasiun 1

Titik pengambilan sampel dilakukan pada tanggal 1 Juli 2021 pukul 06:38 WIB dengan suhu air $26{,}5^0$ C dan pH 7 di bagian hulu Selokan Mataram di daerah Pogung Baru, kecamatan Mlati-Kabupaaten Sleman dengan titik koordinat $7^o45'25.29$" S $110^o22'19.20$" E dan memiliki elevasi tanah 148 m. Pada kondisi saat ini, kepadatan penduduk dapat dilihat dengan adanya saluran pembuangan domestik yang dapat dilihat pada Gambar 4.1 yang mengarah langsung ke sumber air, serta tempat pencucian pakaian di bantaran sungai. Keberadaan tempat

pembuangan sampah di bantaran sungai dapat menjadi factor pencemaran tanah. Kondisi visual sungai saat pengambilan sampel air untuk titik 1 menunjukan kondisi keruh dan berbau yang menandakan air tersebut telah tercemar.



Gambar 4. 1. Kondisi Eksisting Stasiun 1

Air pada titik 1 setelah dilakukan uji in-situ dilakukan pengawetan untuk pengujian logam berat Kadmium dan timbal. Setelah pengujian di laboratorium, didapatkan hasil uji air sampel yaitu kandungan kadmium 0,26 mg/L dan konsentrasi timbal 0,172 mg/L.

2. Lokasi Stasiun 2

Titik pengambilan sampling kedua dilakukan di Jl. Depok Raya yaitu Bundaran UGM fakultas perikanan pada pukul 07.18 WIB dengan titik koordinat 7^{o}45’58.48” S 110^{O}22’58.55” E dan elevasi 143 m. kondisi fisik perairan pada titik ini dilakukan uji in-situ dengan suhu 27,5^{0}C dan pH 6. Kondisi air yang keruh dan berbau diakibatkan adanya sampah yang mengalir akibat adanya timbulan sampah yang sedang dibakar dipinggir sungai, aktivitas urban seperti jual-beli (Gambar 4.2) dan bengkel kendaraan roda dua, aktivitas BAK (Buang air kecil), kondisi visual daerah pengambilan sampel.



Gambar 4. 2. Kondisi Eksisting Stasiun 2

Air pada titik 1 setelah dilakukan uji in-situ dilakukan pengawetan untuk pengujian logam berat Kadmium dan timbal. Setelah pengujian di laboratorium, didapatkan hasil uji air sampel yaitu kandungan kadmium 0,489 mg/L dan konsentrasi timbal 0,091 mg/L.

3. Lokasi Stasiun 3

Titik pengambilan sampling kedua dilakukan di Jl. Seturan dengan titik koordinat $7^{o}46^{'}04.17$" S $110^{o}23$'43.40" E dan elevasi 141 m. kondisi fisik perairan pada titik ini saat uji in-situ yaitu suhu 27^{0}C dan pH 6. Kondisi air yang keruh, berwarna cokelat pekat (Gambar 4.3), berlumpur dan berbau dikarenakan lokasi pengambilan sampel disekitaran buangan limbah non-domestik berupa industry logam dan terdapat tempat pencucian kendaraan. kondisi visual daerah pengambilan sampel dapat dilihat pada gambar 4.3 sebagai berikut:



Gambar 4. 3. Kondisi Eksisting Stasiun 3

Air pada titik 1 setelah dilakukan uji in-situ dilakukan pengawetan untuk pengujian logam berat Kadmium dan timbal. Setelah pengujian di laboratorium, didapatkan hasil uji air sampel yaitu kandungan kadmium 0,341 mg/L dan konsentrasi timbal 0,214 mg/L. Limbah atau polutan yang masuk ke badan air akibat aktivitas manusia seperti kegiatan domestik (rumah tangga), kegiatan urban maupun kegiatan industri merupkan polutan antropogenik. Polutan ini dapat dikendalikan dibandingkan dengan polutan alamiah yang dilihat dari sifat toksiknya polutan jenis antropogenik tergolong dalam toksik yang dapat mengakibatkan

terganggunya pertumbuhan, tingkah laku, karakteristik morfologi berbagai organisme akuatik dan juga dapat mengakibatkan kematian bagi organisme yang ada di perairan (Effendi, 2003).

Pengambilan sampel sudah dilakukan sesuai kaidah SNI, penelitian ini dilakukan untuk pengukuran awal lapangan. Pengukuran lapangan diperuntukan untuk mengetahui kondisi kualitas air pada area pengambilan sampel sebelum dibawa ke Laboratorium Kualitas air Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Dari hasil pengukuran awal di lapangan menunjukan adanya perbedaan nilai dari parameter yang ada dikarenakan adanya beberapa faktor yang mempengaruhi hasil pengukuran parameter. Adanya perbedaan nilai pH didukung dari nilai kekeruhan yang ada dan juga dipengaruhi konsentrasi senyawa organik dan anorganik (Maslina, 2018). Langkah selanjutnya, tiap satu titik air sampling dipisahkan sebanyak 0,5 L untuk dilakukan pengawetan dengan HNO_3 dan 2 L menjadi media penumbuhan Tanaman *Spirodela sp.*

4. Lokasi Perencanaan Pretreatment IPAM

Pada titik lokasi perencanaan, didapat data polutan pencemar dari penelitian terdahulu tentang kondisi fisik daerah Selokan Mataram pada Hastutiningrum (2020) yang berlokasi didaerah Condongcatur Kecamatan Depok hingga aliran air di area Kelurahan Tirtomartani, Kecamatan Kalasan adalah 0,486 m^2 /s. Pada lokasi ini, terdapat tiga segmentasi kondisi tata guna lahan saluran Selokan Mataram guna mengetahui fluktuasi kualitas air irigasi. Luas peggunaan lahan daerah aliran Selokan Mataram yaitu 3% lahan vegetasi, 52% lahan komersial dan 45% lahan pemukiman. Hasil perhitungan indeks pencemar parameter TSS, COD, BOD dinyatakan tercemar ringan dan kualitas air Selokan Mataram pada tahun 2020 untuk kosentrasi TSS 62,7 mg/L, COD 27,2 mg/L, BOD 3,36 mg/l. Kondisi fisik persawahan sebesar 23,732 ha, pemukiman yang padat penduduk dengan luas lahan 71,800 ha dan lahan vegetasi 1,032 ha memiliki status air tercemar ringan.

4.2. Pertumbuhan Tanaman Spirodela sp.

Pengujian tanaman *Spirodela sp.* dilakukan selama 10 hari dengan masing-masing masa tanaman pada media sebesar 30 gr. Setelah perlakuan aklimatisasi pada media akuarium 25 cm x 10 cm dengan sampel air Selokan Mataram yang berbeda kadar kandungan logam timbal dan kadmium dapat dilihat kondisi morfologis tanaman. Setelah pemberian bibit tanaman, perlakuan sama diberikan kepada 4 media penumbuh dengan satu sumber air yaitu Selokan Mataram yang dapat dilihat pada Tabel 4.1 Hasil identifikasi tanaman *Spirodela* sp. dengan pengamatan karakteristik morfologi pada akuarium 1 (lokasi 1), akuarium 2 (lokasi

2) dan akuarium 3 (lokasi 3) pada hari ke 1, hari ke 5 dan hari ke 10 didapatkan ciri-ciri sebagai berikut:

Tabel 4. 1. Kondisi Morfologis Tanaman *Spirodela Polyrhiza (L.)*

Media	Hari ke-1	Hari ke-5	Hari ke-10
Akuarium 1	 Hijau	 Hijau tua kekuningan	 Kuning
Akuarium 2	 Hijau	 Hijau tua, klon berkurang	 Cokelat kehitaman
Akuarium 3	 Hijau	 Hijau tua, klon berkurang	 Kuning kecoklatan

Kontrol	 Hijau	 Kuning pucat	 Kuning pucat

Tabel 4. 2. Pengukuran Matematis Tanaman *Spirodela Polyrhiza (L.)*

Media	Panjang akar	Lebar Daun
Akuarium 1	1,3 cm	3,4 mm
Akuarium 2	0,9 cm	2 mm
Akuarium 3	1 cm	3 mm
Akuarium control	1,8 cm	6 mm

Pengamatan pertumbuhan anakan dilakukan pada hari ke-15 dapat dilihat pada Tabel 4.3 yang dilakukan pengambilan secara acak untuk perbandingan fisiologis intrinsik tanaman. Pada pertumbuhan di ketiga akuarium terlihat beberapa anakan yang sudah mati dan tenggelam ke dasar akuarium Adapun sedikit yang masih tersisa untuk *turion* dipermukaan media sehingga mdiamati kondisi visualnya. Perbandingan *turion* diantara 3 akuarium sebagai berikut:

Tabel 4. 3. Kondisi Turion Tanaman Spirodela

Sampel	Kondisi Visual	Panjang batang	Jumlah daun
Akuarium 1		1,6 cm	2 buah
Akuarium 2		9 mm	2 buah
Akuarium 3		1,1 cm	2 buah

Parameter kimia merupakan indikator dalam mengevaluasi kualitas air Selokan Mataram. Secara umum kualitas air menunjukan kualitas atau kondisi air.

Uji timbal dan kadmium dilakukan dalam penelitian ini. Pengujian pada hari ke-1, hari ke-5 dan hari ke-10 menunjukan perubahan visual pada warna daun, panjang akar dan siklus hidup yang berbeda pada setiap akuarium dengan perlakuan yang sama. Daun *Spirodela Polyrhiza* awalnya berwarna hijau muda terang dan memiliki akar berwarna coklat muda. Menurut Chadikun (2007), perubahan morfologi pada tumbuhan disebut klorisis, yang disebabkan oleh perubahan logam yang menembus sel tumbuhan dalam konsentrasi rendah dan menyebabkan fitotoksisitas. Fitotoksisitas merupakan fenomena yang terkait dengan zat berbahaya dan terakumulasi didalam jaringan tanaman yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman secara optimal.

Kondisi *Spirodela Polyrhiza* dapat dikatakan matang jika teerdapat pembesaran sel mesofil dengan ruang antar sel yang menonjol pada ruang udara dipermukaan *abaxial* daun dewasa. Tumbuhan ini juga memiliki akar yang sederhana, lurus dan berbulu, tipis serta pendek (Kim, 2013). Hasil penelitian ini menunjukan bahwa semakin besar logam pencemar (Pb dan Cd) yang ada, semakin lambat pertumbuhan tanaman. Akuarium 2 memiliki kondisi logam berat tertinggi setelah dilakukan pengukuran SSA. Semakin tinggi logam berat yang teridentifikasi maka semakin cepat siklus hidup tanaman sehingga menyebabkan akar tanaman tenggelam ke dasar permukaan. Pertumbuhan turion terjadi pada hari ke- 15 pengamatan, sampel acak (Tabel 4.3) dilakukan untuk fisiologis intristik rata-rata tanaman dan tidak ditemukan pertumbuhan turion pada membandingkan rata-rata fisiologi intrinsik tanaman dan tidak ditemukan pertumbuhan turion pada media kontrol air mineral bebas kontaminan. Pada akuarium 1 tunas (*Turion*) tumbuh secara horizontal dan lebih panjang dari media lain, akuarium 2 memiliki kondisi kerdil dan spiral, dan akuarium 3 mulai tumbuh secara spiral. Secara visual terlihat bahwa pengaruh logam berat terhadap peningkatan tunas *Spirodela sp.* pada penelitian sebelumnya, kadar timbal dan kadmium mempengaruhi pertumbuhan tanaman dalam proses fotosintesis karena meningkatnya pembentukan karbohidrat hasil fotosintesis, sehingga enzim diaktifkan oleh ion logam untuk aktivasi katalis (Palmer, 1991). Pertumbuhan *turion* disebabkan oleh perbedaan fisiologis tunas di setiap media karena lingkungan (pH, suhu atau radiasi foton) yang berbeda, hanya

saja kemampuan perkecambahan secara optimal untuk pengujian *turion* belum ditentukan. Perkecambahan turion diamati pada suhu $22^{O}C$ – $25^{O}C$, nilai pH maksimum untuk perkembangan perkecambahan turion untuk tumbuh di daun dan akar adalah pH 7 dengan kandungan foton 60 hingga 120 µmol m^{-1}. s^{-1} dalam 3 sampai 10 hari (Baudo, 2015).

Pertumbuhan Spirodela sp. selain bergantung terhadap konsentrasi COD, BOD, TSS dan logam berat juga bergantung pada berbagai macam faktor; nutrisi, intensitas cahaya, suhu, pH dan hubungan antar intraspesifik pada biotik (Landolt dan Kandeler 1987). Edergreen dan Madsen (2002), telah membuktikan bahwa nitrogen angorganik terlarut dan fosfat juga dapat menentukan konsentrasi nutrisi dalam jaringan. Ketika nutrisi berlimpah di lingkungan, kemampuan tanaman melebihi kebutuhan fisiologisnya. Jika tanaman tidak memetabolisme kelebihan ini menjadi senyawa yang fungsional atau struktural akan terjadi alga planktonik. Berdasarkan data ekstensif bahwa kandungan N diftoplankton dari 1,0 hingga 14% dari berat kering dan kandungan P dengan variasi 1,0 hingga 8,32% dari berat kering, jumlah angiosperma lebih rendah berkisar antara 1,0 hingga 4,3% sehingga kandungan biomassa tanaman Lemna minor serta Spirodela *sp*. biasanya mendekati Batasan kisaran tersebut (Duarte, 1992).

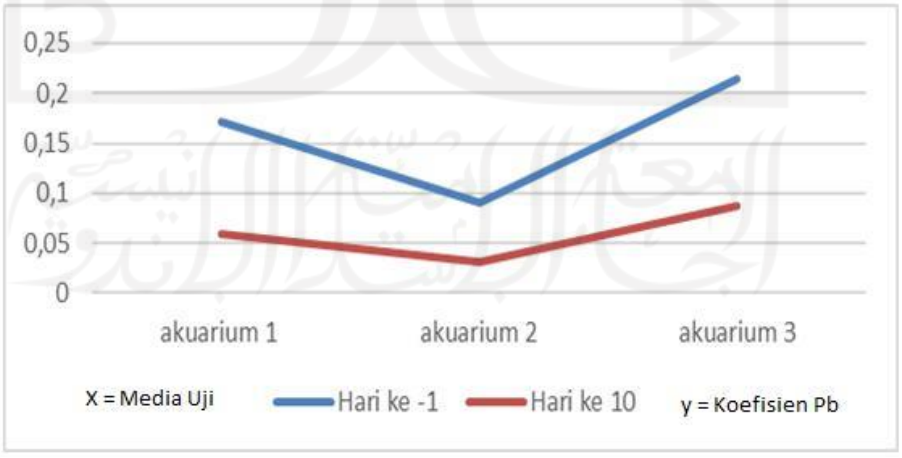
Pada pertumbuhan tanaman, proses fotosintesis tidak hanya dipengaruhi temperature tetapi juga intensits cahaya matahari. Berdasarkan penelitian sebelumya, suhu media tanam rerata pada Spirodela sp. berkisar $30.32^{0}C$ – $32.87^{0}C$ dimana perbedaan suhu disebabkan oleh perbedaan intensitas cahaya, meskipun suhu media tanam tinggi diatas $30^{0}C$ namun masih batas suhu normal untuk pertumbuhan tanaman jenis *duckweed* yang berkisar 6-$33^{0}C$ (Leng, R.A. 1999). Perlakuan dengan faktor intensitas cahaya juga berpengaruh terhadap pH dan penyusutan volume media air tanam, karena Spirodela *sp.* dapat tumbuh dengan baik pada pH 5-9. Semakin tinggi intensitas cahaya terdapat interaksi yang nyata terhadap volume air tanam karena meningkatnya evaporasi dan transpirasi tanaman (Landesman, 2015).

4.3 Efisiensi Beban Pencemar

4.3.1. Logam berat

a. Timbal (Pb)

Timbal bersifat anorganik sebesar 95% dan pada umumnya dalam bentuk garam anorganik yang sukar larut dalam air. Timbal tidak mengalami penguapan dan dapat ditemukan di udara sebagai partikel sehingga unsur timbal tidak dapat mengalami degradasi dan tidak dapat dihancurkan (Fardiaz, 2008). Dari hasil pengujian kandungan Pb pada air irigasi, dapat dilihat pada Gambar 4.4 tentang grafik hasil uji kadar timbal bahwasannya kadar timbal tertinggi adalah akuarium 3 dimana faktor yang mempengaruhi tingginya kadar logam timbal dapat dilihat pada Gambar 4.3. Konsentrasi awal logam adalah konsentrasi yang menunjukkan daya serap tanaman hingga konsentrasi logam yang tidak menimbulkan kematian pada tanaman, dalam melakukan uji konsentrasi logam dibutuhkan waktu kontak untuk melihat paparan terlama tanaman dalam menyerap logam berat sampai tanaman menjadi mati. Hasil pemeriksaan konsentrasi awal logam teruji dalam SNI 6989.8:2009 mengenai analisis logam timbal. Berdasarkan hasil pengujian Spektofotometer Serapan Atom (SSA) menunjukan nilai Konsentrasi y = 0,0042 + 8.0313x dengan R = 0,9998, y adalah nilai penyisihan logam (Pb) dan x adalah nilai absorbansi rerata.



Gambar 4. 4. Grafik Hasil Uji Kadar Timbal

Pada penelitian ini, penurunan konsentrasi timbal sangat baik pada semua media, kemampuan mengakumulasi *Spirodela sp*. terutama pada akar dalam waktu

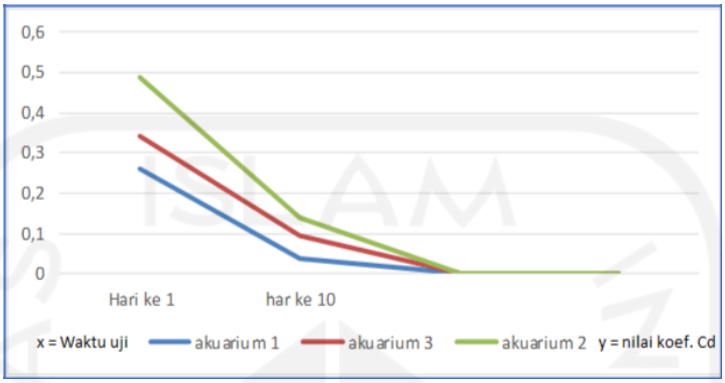
10 hari pengamatan terbukti tanaman ini lebih efektif dalam menghilangkan kontaminan karena hasil persentase penyisihan timbal (Pb) menunjukan bahwa di akuarium 1 kandungan removal timbal yaitu 65,11%, akuarium 2 adalah 42,4% dan pada akuarium 3 adalah 59,8%. Keefektifitasan tanaman *Spirodela sp.* ini dalam mengakumulasi logam berat menujukan bahwa status pencemaran air Selokan Mataram sudah menurun dan dapat dimanfaatkan sebagai sumber air minum dengan berbagai metode pengolahan IPAM yang berkelanjutan, menurut PP No. 22 tahun 2021 untuk nilai maksimum kadar timbal dalam air minum adalah 0,03 mg/L dan menurut hasil uji akumulasi, kualitas system saluran pembuangan Selokan Mataram telah mencapai baku mutu. Konsentrasi tanaman *Spirodela* sp. berkorelasi negatif dengan paparan Pb, penurunan pigmen menunjukkan bahwa timbal adalah ion logam non-esensial yang beracun bagi pertumbuhan dan perkembangan tanaman dan dalam konsentrasi tinggi, dapat menghambat fotosintesis (Frankart, 2002). Kehilangan kandungan klorofil dapat disebabkan peroksidasi membran kloroplas noleh ion Pb (Mal *et* al, 2002).

b. Kadmium

Kontaminan kadmium (Cd) dapat berasal dari limbah rumah tangga dan komersial seperti limbah industri dan pertambangan. Akumulasi logam kadmium pada manusia sangat serius dan menyebabkan kerusakan fungsi organ tubuh, tekanan darah tinggi, kerusakan ginjal, kerusakan sel darah merah dan lainnya (Achmad, 2004). Ada banyak jenis logam yang mencemari lingkungan perairan, termasuk kadmium (Cd) dan logam timbal (Pb) yang bergabung dengan merkuri (Hg) sebagai *the big three heavy metal* yang memiliki tingkat bahaya tertinggi pada kesehatan manusia, selain itu ketiga logam tersebut yang paling sering ditemukan sebagai bahan pencemar logam yang ada di alam (Suhendrayatna, 2001).

Dari hasil pengujian logam kadmium pada sampel air Selokan mataram diuji dengan acuan SNI 6989.16:2009 yang dapat dilihat pada Gambar 4.5. Grafik yang diperoleh menunjukan kadar kadmium tertinggi berada pada akuarium 2 dengan faktor pendukung terjadinya pencemaran dapat dilihat pada Gambar 3.2. Hasil kandungan kadmium (Cd) diperoleh dari pengujian Spektofotometer Serapan Atom

(SSA) yaitu konsentrasi y = 0,302 + 0,001x dari variabel linier x yang menunjukan angka adsorbansi rata-rata dan y adalah konsentrasi Pb yang dicapai.



Gambar 4. 5. Grafik Uji Kadar Kadmium

Pada grafik diatas menunjukan kemampuan tanaman *Spirodela* sp. terhadap penyerapan logam Cd pada air yang tercemar. Logam Cd diserap baik dalam bentuk ion-ion kemudian dari akar akan membentuk enzim reduktase di membran akar dan diangkut dengan *xylem* serta *floem* ke bagian tubuh lainnya. Untuk meningkatkan efisiensi pengangkutan dilakukan pengikatan oleh molekul khelat (Triastuti, 2011).

Logam Cd yang terakumulasi oleh tanaman *Spirodela* sp. pada akuarium 1 dengan penyebaran 30gr tanaman dapat mereduksi 84,7% logam Cd, pada akuarium 2 dapat mereduksi 71,78% dan pada akuarium 3 dapat mereduksi 72,1% logam Cd. Dari data yang didapat, semakin banyak tanaman *Spirodela* sp. tersebar diperairan Selokan Mataram, maka akan semakin banyak kadar logam Cd yang tereduksi sehingga status kualitas air akan mendekati ketentuan standar mutu air permukaan. Uji coba terhadap logam kadmium menjadi salah satu parameter yang hendak ditinjau, dikarenakan kandungan Cd pada air irigasi pada percobaan ketiga lokasi masih melebihi baku mutu PP No. 22 tahun 2021 dan Cd memiliki dampak penting bagi makhluk hidup. Oleh karena itu, diperlukan perencanaan lebih lanjut untuk luasan lahan basah buatan agar kandungan kadmium dibawah baku mutu 0,01 mg/l.

4.3.2. TSS, COD dan BOD

Limbah cair domestik maupun non-domestik yang mengalir pada Selokan Mataram pada studi Hastutiningrum (2020), dilakukan di wilayah dengan segmen penggunaan lahan pemukiman dan persawahan. Lokasi pengujian terletak di Condongcatur hingga area Purwomartani, Kecamatan Kalasan, Kabupaten Sleman ini memiliki kualitas air sebagai berikut:

Tabel 4. 4. Data Kuantitatif Beban Pencemar

Parameter	Konsentrasi
BOD_5	3,36 mg/L
COD	27,2 mg/L
TSS	62,7 mg/L
Suhu	32^0C
pH	7,4

Rasio BOD/COD influen dari konsentrasi awal air tercemar adalah:

$$BOD \Big/ COD = \frac{3{,}36 \frac{mg}{L}}{27{,}2 \frac{mg}{L}} = 0{,}12$$

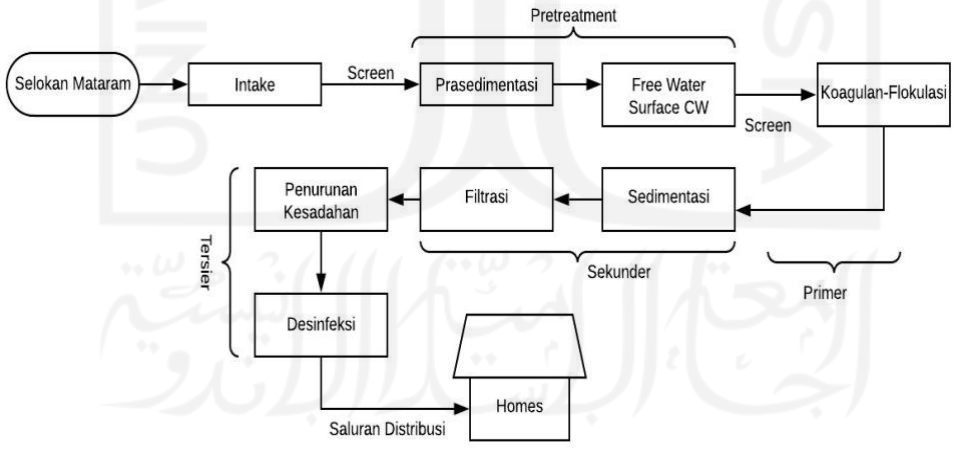
Penurunan kandungan pencemar tersebut disebabkan karena adanya proses penyerapan dan transpirasi yang dipengaruhi oleh luas permukaan daun dan jumlah akar yang dimiliki *Spirodela* sp. Proses transpirasi pada tumbuhan terjadi karena adanya penguapan dari permukaan misofil yang lembab, sehingga uap tersebut dikeluarkan memalui stomata pada kedua permukaan daun. Proses transpirasi yang tinggi akan diikuti dengan proses penyerapan yang tinggi oleh akar *Spirodela* sp. pada pengamatan tambahan dengan analisis data pencemar (Dewi, 2014). Limbah yang dapat dengan mudah diolah dengan pengolahan biologis adalah limbah yang memiliki hubungan antara BOD dengan COD < 0,5 (Tchobanolus, 2003). Dari hasil di atas, dapat disimpulkan bahwa sampel air Selokan Mataram hanya dapat diolah dengan *Free Water Surface Constructed Wetland* sebagai langkah pertama dalam pengolahan air minum.

Menurut Peraturan Pemerintah No. 22 tahun 2021 bahwasannya kualitas air irigasi Selokan Mataram masih aman untuk dikategorikan kelas III yang diperuntukan mengaliri persawahan dan perikanan. Akan tetapi, untuk

mendapatkan kualitas air minum yang layak (kelas I) untuk konsentrasi COD, BOD dan TSS masih diperlukan pengolahan lebih lanjut agar memenuhi baku mutu yang berlaku.

4.4 Perhitungan Desain Pretreatment IPAM

Pada tahap desain, parameter logam kadmium merupakan salah satu parameter utama yang harus ditinjau karena konsentrasi logam jauh di atas baku mutu air dalam PP No.22 Tahun 2021. Kandungan logam Cd pada air irigasi selokan Mataram adalah 0,489 mg/L yang akan diolah dengan *Constructed Wetland,* sedangkan polutan TSS akan diolah pada kolam prasedimentasi agar konsentrasinya dapat memenuhi standar kualitas. Debit air yang didapatkan dari penelitian sebelumnya sebesar 0,486 mg/L. Keterbatasan factor lahan yang dapat dijadikan lokasi perencanaan IPAM, tahap perencanaan pretreatment IPAM dari sumber air Selokan Mataram diawali dengan penentuan luas DAS, intake, prasedimentasi dan lahan basah buatan seperti terlihat pada Gambar 4.6 dibawah ini:



Gambar 4. 6. Diagram Alir Unit IPAM

Kriteria desain Free Water Surface sebagai pre-treatment harus mereduksi kadar patogen dan bakteri sebesar:

Removal TSS = 60-75% (Norton, 2007).

Removal BOD – COD oleh media = 75-98% (Vyzmal,

Removal Cd (Kadmium) = 0-99,7% (Kadlec & Knight, Khiatudin, 2003) Removal Pb (Timah Hitam) = 27-83% (Meiorin, 2001)

4.4.1 Desain Intake

Intake direncanakan jenis river/canal intake yaitu menggunakan pipa penyadap dalam bentuk sumur pengumpul. Pertimbangan dalam memilih bangunan penyadap (intake) bebas dikarenakan fluktuasi muka air tidak terlalu besar dan air cukup untuk dapat masuk kedalam inlet. Direncanakan akan dibuat saringan sampah, inlet, bangunan pengendap, dan bangunan sumur. Diketahui:

- Q= 0,486 m^3 /s
- Q 30% = 0,1458 m^3/detik

- HWL = 8 m (Asumsi)
- LWL = 5 m (Asumsi)
- Td = 8 menit = 480 detik

1. Menghitung Volume sumur intake

   V = Q x td

   = 0,1458 m^3/detik × 480 detik

   = 69,98 m^3

   Volume sumur intake = 69,98 m^3 / 2 = 34,99 m^3 dibulatkan 35 m^3

2. Menghitung Kedalaman efektif

   H = (HWL – LWL) + 1,5

   = (8 m – 5 m) + 1,5 = 4,5 m

   Maka, total kedalaman sumur intake dengan asumsi freeboard 0,5 m yaitu: Total Kedalaman = 4,5 m + 0,5 m = 5 m

3. Menghitung Luas penampang sumur intake

   As = $\frac{Volume}{h\ total} = \frac{35}{5}$ = 7 m^2

Maka, dimensi bak pengumpul jika luas 7 m^2 dengan rasio P:L = 1,5 :

1 A_{bak} = P × L = $2L^2$

L $= \sqrt{\frac{A.bak}{2}} = \sqrt{\frac{7\ m2}{2}}$ = 1,38 m

P = 1,5 x L = 1,5 x 1,8 m =2,81 m

4. Menghitung diameter sumur intake

D = $\left(\frac{4\ x\ As}{\pi}\right)^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{4\ x\ 7}{3,14}\right)^{\frac{1}{2}}$

= 2,986 m dibulatkan 3

m Strainer (Saringan)

Merancang saringan untuk debit 0,1458 m^3/s per satu intake, dengan asumsi kecepatan melalui saringan 0,6 m/s.

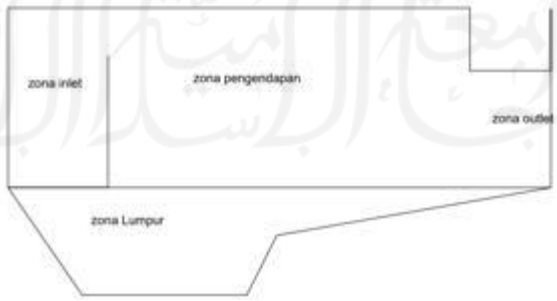
$$A = \frac{Q}{V} = \frac{0,1458\ m^3/s}{0,6\ m/s} = 0,243\ m^2$$

$$Gross\ area = 2.A = 2\ x\ 0,243\ m^2 = 0,48\ m^2$$

$$Diameter\ (D) = \left(\frac{4\ x\ A}{\Pi}\right)^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{4\ x\ 0,48}{3,14}\right)^{\frac{1}{2}} = 0,78\ m$$

4.4.2 Desain Prasedimentasi

Mekanisme penyisihan polutan pada teknologi ini adalah penyisihan TSS (USEPA, 1999) Air baku dari air irigasi dialirkan dengan pompa lewat pipa transmisi kedalam bak prasedimentasi, partikel-partikel diskrit diendapkan secara gravitasi. Dalam perencanaan ini ruang lumpur berbentuk limas kedalam.



Gambar 4. 7. Zona Unit Prasedimentasi

Q dipakai = 0,1458 m^3/s

Q per bak = 0,073 m^3/s = 73 lt/s

Jumlah bak = 2 buah

V_0 = 0,08 cm/detik (Kec. Partikel mengendap ideal)

$\gamma = Faktor\ gesekan\ 0{,}03$

$\beta = \ unigranular\ sand\ 0{,}04$

g = 9,81

Bak direncanakan dengan *good performance* nilai n =1/3 (Lampiran 9.) dengan presentase pengendapan 80% (Okun D.A, 2010).

a. Menghitung Volume bak prasedimentasi

V_0= 8,0 x 10^{-4} m/detik

Vh = $18V_0$ = 18 x (0,0008)

= 0,0144 m/s

Menghitung waktu detensi dapat dilihat pada (Rumus 3.1), maka:

$$\frac{y}{yo} = 1\ (1 + \left(\frac{nVo}{\frac{Q}{A}}\right))^{-1/N}$$

$$\frac{80}{100} = 1 - \left(1 + \frac{\frac{1}{3Vo}}{\frac{Q}{A}}\right)^{-3}$$

$$\left(1 + \frac{\frac{1}{3Vo}}{\frac{Q}{A}}\right)^{3} = \frac{10}{2} = 5$$

$$\left(\frac{\frac{1}{3Vo}}{\frac{Q}{A}}\right) = 1{,}71 - 1 = 0{,}7$$

$\frac{Vo}{\frac{Q}{A}}$ = 2,13 hari

V_0 disain = 0,08 / 2,13 = 0,0375 cm/s

Beban permukaan = 0,375 l/s/m^2

Kedalaman bak diambil 150 cm (Asumsi)

$$\frac{150cm}{0{,}0375\ cm/s} = 4000\ s$$

Maka Vh diambil 18 V_O = 18 x 0,0375 = 0,675 cm/s

Menghitung panjang bak (P)

P = Vh x t

= 0,675cm/s x 4000s

= 27000 cm = 27 m

b. Menghitung luas permukaan bak pengumpul (As)

$\frac{Q}{As} = \frac{0{,}073\ m^3/s}{2{,}13\ m^2}$ = 0,03 m/s

$As = (73.000$ x 2,13) / 0,073 m^3/s

= 2.130.000 cm^2 = 213 m^2

c. Menghitung kontrol aliran

Pada temperature 24^0C = 0,9186 x10^{-2} cm^2/s aliran dalam bak laminer maka:

NRe = Vh x (R/v) ≤ 2000

= 0,675 x $\left(\frac{(800\ x\ 100)/(788+200)}{0{,}9186\ x\ 10^{-2}}\right)$

= 594,59 < 2000 memenuhi

NFr = $\frac{(0{,}675)^2}{(9{,}81\ x \frac{(800\ x\ 100)}{(800+200)})} = 0{,}0005805619 = 0{,}5806\ x\ 10^{-5}\ (sesuai)$

Menghitung Kontrol Nre < 0,5 (Hukum Stoke) Vs = $\frac{1}{18}\left(\frac{(Ss-1)}{\vartheta}\right).g.d^2$

0,0375 = $\frac{1}{8}\left(\frac{2.13-1}{0{,}9186\ x\ 10^{-2}}\right) x\ 9{,}81\ x\ d^2$

0,0375 = 150.845 d^2

d^2 = 0,0002485995 d

= 0,00157 cm

Nre $= \frac{d\ x\ Vs}{\delta} = \frac{0{,}00157\ x\ 0{,}0375}{0{,}9186\ x\ 10^{-2}} = 0{,}00641$

$< 0{,}5\ (memenuhi\ hukum\ Stoke)$

Menghitung kontrol kecepatan penggerusan

Vsc = $\sqrt{\frac{8\beta}{\gamma} x \frac{\rho s-\rho w}{\rho w}\ x\ g.d}$

= $\sqrt{\frac{8(0{,}04)}{0{,}03} x \frac{2{,}13-1}{1}\ x\ 9{,}81\ x\ 0{,}0015}$

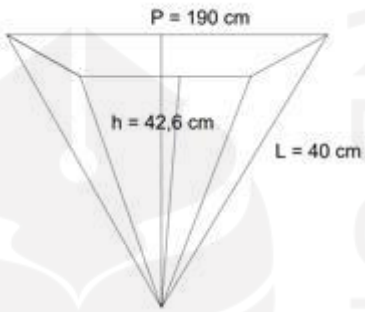
= 4,21 cm/s

V_H = 0,675 < Vsc (Tidak terjadi pengerusan)

Dimensi bak

prasedimentasi: Panjang = 27 m

d. Perhitungan ruang lumpur



Gambar 4. 8. Sketsa Ruang Lumpur

Dalam penelitian tabung *Inhoff Cone* presentase pengendapan lumpur kasar selama 30 menit = 0,2 % dan terakumulasi dalam bak selama 3 hari. Vlumpur = Q x % Pengendapan^{xt}

Vlumpur = (73 lt/s x 0,2% x 86.400 x 3 hari)/1000 L

= 37,843 m^2

Ruang lumpur berbentuk limas terbalik dibawah zona pengendapan (Inlet)

Volume luminar = $\frac{1}{3}\ x\ t\ x\ As$

37,84 =1/3 x t (8 x 27)

Dalam aliran yang memiliki kecepatan 60 cm/s maka luas permukaan saluran:

Acr = $\frac{Q}{V} = \frac{0{,}073\frac{m^3}{s}}{0{,}60m\frac{}{s}} = 0{,}1216\frac{m}{s} = 1.216\ cm^2$

Lebar saluran diasumsikan dengan ketentuan = 0,4 m dan tinggi muka air pada saluran, H:

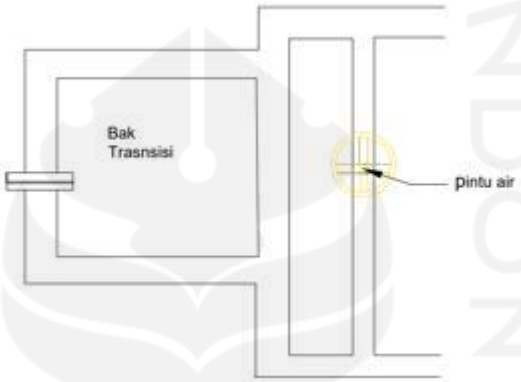
Tinggi saluran (H) = Q / (V x L)

$$= \frac{0{,}073 \frac{m^3}{s}}{\frac{0{,}60}{s} x\, 0{,}4\ m} = 0{,}3041\ m = 31\ cm$$

Kedalaman saluran = Hsal + Freeboard = 31 cm + 12,5 cm = 42,6 cm

Dimensi saluran = (40 x 42,6) cm

e. Perhitungan pintu air



Gambar 4. 9. Sketsa Pintu Air

Setiap bak prasedimentasi dialirkan dari intake dengan lebar pintu 60 cm dan bukaan 35 cm. koefisien pemerataan aliran (n) = 0,98. Debit aliran yang melalui pintu unit prasedimentasi 130 lt/s, maka kehilangan tekanan dapat dihitung sebagai berikut:

Hf = $(\frac{Q}{2.746\ x\ b\ x\ h} = (\frac{73}{2.746x0.6x0.3})$ = 0,126 cm

Maka, Luas pintu Acr adalah:

Acr = $CA\sqrt{2gh}$, dalam hukum stoke C= 0,6

$$= \frac{73000}{0{,}6\sqrt{2(9{,}81)\,0{,}26}} = 4.709\ cm^2$$

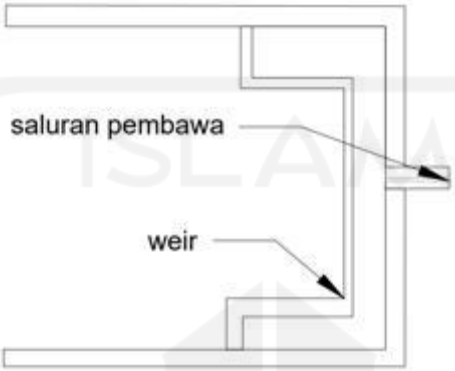
Menghitung kecepatan Aliran (V)

$$\sqrt{2gh} = 0{,}6\sqrt{2x9{,}81x0{,}26}$$

= 1.35 cm/s

pemerataan aliran pada system pelimpah 53

Pemerataan aliran yang akan masuk ke dalam unit prasedimentasi digunakan *perpoforated wall* (dinding berlubang), dengan diameter tiap lubang 5 cm. VLubang = 50 cm/s = 0,5 m/s (ditetapkan)



Gambar 4. 10. Sketsa Weir pada Prasedimentasi

Luas permukaan lubang

(A)= $1/4\pi d^2$ = ¼ (3,14 x 0,05) = 1,9625 x 10^{-3}

Q = VL x A lubang = 0,5 x (1,9625 x10^{-3}) = 9,8125 x 10^{-4} m^3/s Sistem pelimpah (*Weir*) Panjang pelimpah yaitu:

P (weir) = L weir = 6,70 m

G wr = $\frac{73\frac{l}{s}}{6,7\ m}\frac{19,4\frac{l}{s}}{m}$ = 211,37 m

Menghitung rumus pelimpah (*Weir*) (British Unit)

$Q = 3,33.\ B.H^{3/2}$ rumus British unit

Keterangan:

Q = 73 lt/s → 2,577 cfs

B = 6,70 m → 21,98ft

Didapatkan debit pada ruang pelimpah sebagai berikut:

4709 = 2,577 x 21,98 $H^{3/2}$

4709 = 56,64 $H^{3/2}$

$H^{3/2}$ = 0,0120

H = 0,228 ft → 6,9 cm

Maka, tinggi air diatas pelimpah adalah 7 cm

Desain zona lumpur dibuat untuk menampung lumpur yang dihasilkan dari proses sedimentasi dengan mempertimbangkan produksi lumpur, waktu pengurasan dan efektivitas pembersih atau pengurasan. Zona lumpur yang didesain sebisa mungkin tidak menggunakan atau menganggu zona pengendapan.

g. Perhitungan *mass balance* Prasedimentasi:

Kualitas polutan air irigasi yang masuk ke prasedimentasi sesuai pada Tabel 4.4 akan irencanakan akan tereduksi sebesar 80% polutas TSS, BOD dan COD dengan kriteria desain:

- *Spesific Gravity* = 2,65
- *Density solid* = 2,65 gr/cm^3
- *Density* Air = 1 gr/cm^3
- Lumpur mengandung 94% kadar air dan 6% kadar solid

Berat jenis lumpur

Density = (*Density* SS x 6%) + (*Density* Air x 94%)

= 1099 kg/cm^2

Volume Lumpur = (Berat SS + Berat air)/*density* lumpur =

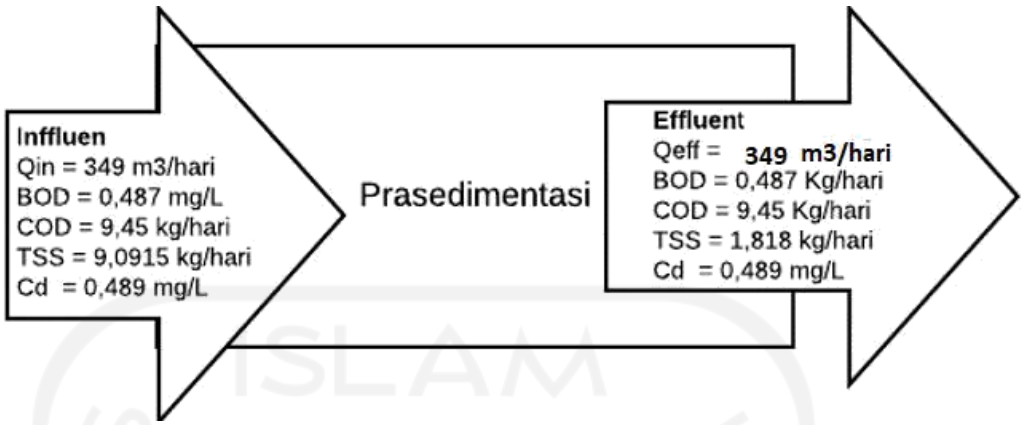
(1099 kg/cm^2 + 1000 kg/cm^2) / 2,65 gr/cm^3

=792,08 m^3/hari

Volume lumpur / bak = 792,08 m^3/hari / 2 bak

= 396,04 m^3/hari

Kesetimbangan massa



4.4.3 Constructed Wetland Tanaman Spirodela

Setelah penelitian dilakukan maka selanjutnya perancangan lahan basah buatan untuk pengolahan air irigasi menjadi sumber air minum. Tahapan ini dilakukan untuk mengkondisikan sistem lahan basah buatan dengan air irigasi. Pada tahap aklimatisasi, sisa konsentrasi air irigasi berupa kandungan logam kadmium yang masih diatas baku mutu PP No. 22 tahun 2021. Menjadi kelas I sebagai sumber air minum, konsentrasi logam kadmium juga disesuaikan presentase selama tahap aklimatisasi. Lahan basah buatan diharapkan dapat menurunkan kadar kadmium dalam air hingga konsentrasi 0,01 mg/L yang sesuai dengan baku mutu PP No. 22 Tahun 2021.

Desain lahan basah buatan yang akan dibangun diperuntukan pada musim kemarau, karena debit air irigasi yang diperoleh dari penelitian sebelumnya pada tahun 2020 rendah (Tabel 4.4) dan konsentrasi pencemar lebih pekat. Dilihat dari kebutuhan lahan basah buatan dan ketersediaan lahan di lapangan wilayah Condongcatur, maka luas rencana Selokan Mataram kawasan Condongcatur daapat dilihat pada Tabel 4.5 mengenai desain perencanaan yang digunakan.

Tabel 4. 5. Desain Perencanaan Lahan Basah Buatan

Kriteria Desain	Nilai	Satuan	Sumber
Q influen (m^3/hari)	39.571	(m^3/hari)	Hastutiningrum,2020
Q yang dipakai 30%	2.099	(m^3/hari)	-
Kedalam air (Hw)	0,3	m	US EPA,1999
Target Efluen logam Cd	0,01	mg/L	PP No. 82 tahun 2001
Slope	1%	-	US EPA,1999
Rasio P: L	2:1		US EPA, 1999

Kedalaman media pada inlet dan outlet (40 mm)	90	Cm	US EPA, 1999
Kedalaman kerikil (20 mm)	30	Cm	US EPA, 1999
Kedalaman media tanah	60	Cm	US EPA, 1999
Jumlah tanaman Spirodela Polyrhiza (L.)	1	Kg/m^2	Zhou, 2017
Medium gravel	5.000	m^3/m^2/hari	US EPA, 1999
K_{20} FWS CWs	0,501	-	US EPA, 1999
Porositas (n)	0,35	%	-

Debit Infiltrasi = 1,81 mm/hari (BPS, 2020)

Presipitasi bulan Januari = 31,1 mm/hari (BPS, 2020)

Kolam akan dibuat untuk mereduksi logam Kadmium agar konsentrasi dibawah ambang baku mutu kualitas air PP No. 22 tahun 2021. Kedalaman media FWS CWs ditentukan berdasarkan jenis vegetasi yang akan digunakan pada CWs, Vegetasi yang digunakan adalah tanaman *Spirodela sp.* dari penelitian terdahulu, panjang akar tanaman ini hanya 0,8 mm – 0,1 m. Oleh karena itu, kedalaman media CW yang digunakan adalah 0,3 m.

a. Debit inf per CW = 12.597 m^3/hari /6 CW
= 2099,5 m^3/hari

b. Konstan suhu (K_T) = K_{20} $(1,06)^{(T-20)}$
= 0,501 $(1,06)^{(28-20)}$ = 0,798/hari

c.Waktu detensi *pore space*

$$Td' = -\ln\left(\frac{\left(\frac{Ce}{Co}\right)}{Kt}\right)$$

$$= -\ln\left(\frac{\frac{(0,489/0,1)\ mg/hari}{0,8\ /hari}}{}\right) = 6.12 \text{ hari } \textbf{(SESUAI)}$$

Kecepatan air = Q inlet x Td' = 2.099,52 m^3/hari x 0,8 = 1.679 m^3 Standar slope vegetasi spesies dari kadar salinitas untuk mengukur kadmium (mg/kg) oleh tanaman yaitu nilai minimun 0,05 dan nilai maximum 0,1 sehingga rata-rata 0,08

d. Luas Permukaan efektif dari FWS CWs untuk menuruni kadar logam Cd

Menurut metode Kadlec & Knight dengan porositas media 35% diperoleh luasahan lahan:

As $= (\frac{365.Q}{k})$ ln {(Ce-3.5+0,053Ci)/(Ci-3.5+0,053Ci)

$= (\frac{365\ x\ 0{,}043\ m^3}{2{,}1514}) \ln \{\frac{0{,}009-3{,}5+(0{,}053x\ 0{,}034)}{0{,}034-3{,}5+(0{,}053x0{,}34)}\}$

=6.24 m^3 ln (0,009-3,5+0,0018/0,034-3,5 +0,0018)

= 6,24 ln (34892/34642)

= 44,8 m^2

L = W = 44,8 m^2

$= \sqrt{44{,}8} = 6{,}69\ m\ dibulatkan\ 6{,}7\ m$

Sehingga dimensi FWS CWs yang dibutuhkan adalah panjang dan lebar sebesar 7 m, kedalam air 0,3 m dengan kedalaman media 0,9 m.

e. Pengukuran zona inlet dan Outlet

Proses filtrasi pada lahan basah buatan berlangsung pada media kerikil dan tanah yang digunakan pada penelitian, ukuran keririkil pada zona inlet dn outlet adalah 30 mm dan kerikil pada media tanam yang disusuh di bawah media tanah adalah 10-20 mm. pada saat air dimasukkan kedalam reactor padatan akan terfilter oleh media kerikil sebelum difilter oleh tanah dan tanaman *Spirodela* sp. guna mengurangi clogging pada zona selanjutnya. Saat sudah tersaring, air akan melewati zona dengan ukuran kerikil lebih besar (USEPA 1999).

Desain Kriteria Inlet:

Struktur inlet = 2 m dan Panjang oulet = 1 m (USEPA, 1999)

Sehingga Panjang total lahan basah buatan untuk lahan basah buatan adalah: Ptot = (7m + 2m + 1m) = 10 m

Pada struktur inlet akan dibuat dengan menggunakan saluran pipa. Pipa yang akan digunakan dibuat sejajar sama dengan lebar lahan dan jarak antar pipa adalah 1 m (USEPA, 1999) aar air irigasi yang masuk kedalam inlet dapat masuk secara merata dan menghindari terjadinya penyumbatan akibat kandungan TSS.

Debit (Q) efluen yang keluar dari CW yang dapat ditampung yaitu:

Q = (0,124 m/s x 31,1 mm/hari x 94,636)/1000

= 0,071 m^3/detik

Setelah mengetahui debit limpasan air hujan, maka dapat menghitung debit yang dapat ditampung saluran eksisting. Diketahui dimensi saluran berbentuk persegi dengan panjang dan lebar 6,7 x 6,7 m. untuk mengetahui berapa debit air yang tertampung, sebagai berikut:

Debit evapotranspirasi (Qet) = As x ET

= 44,8 m^2 x $(\frac{31{,}1\ mm/hari}{1000})\ m^3/hari$

= 14,4 m^3/hari

Debit presipitasi (Qp) = As x ET

= 44,8 m^2 x $\frac{14{,}4\ mm/hari}{1000}\ x\ m^3/hari$

= 0,064 m^3/hari

= 2099,52– 14.497 – 0,064 m^3/hari

= 2.084 m^3/Hari

= 0,0208 m^3/detik

f.Perhitungan Q dimensi pipa (D) eff FWS

Panjang Pipa (L): 1 m (Asumsi) dan koefisien pipa 130 maka didapat debit aliran dari 1 CW = 0,1458 m^3/detik 6 CW = 0,0243 m^3/detik, *Headloss Pipe* sebesar 0,01 m.

Perhitungan diamter pipa (Tahara, 2000):

Hf = $(\frac{Q}{0{,}01\ x\ C\ x\ D^{2{,}63}})\text{^}1{,}85\ x\ 1\ m$

0,01 = $\left(\frac{0{,}0243\frac{m^3}{dt}}{0{,}01\ x\ 130\ x\ D^{2{,}63}}\right)^{1{,}85}$

= 0,263 m **(280 mm dipasaran)**

Hydraulic Rate merupakan jumlah volume dari sampel air sungai yang tercemar per hari dibanding luasan area yang digunakan untuk pengolahan limbah (USEPA,2004)

Perhitungan Hidroulic Loading Rate (HLR)

HLR = Q / As

= 2.099 m^3/hari / 44,8 m^2

= 0,468 m^3/m^2. Hari **(Sesuai)**

BOD Load Rate = 2.099 m^3/hari/1000 x 1,68 gr/m^3

= 3,53 g/hari = 0,0353 kg/hari **(Sesuai)**

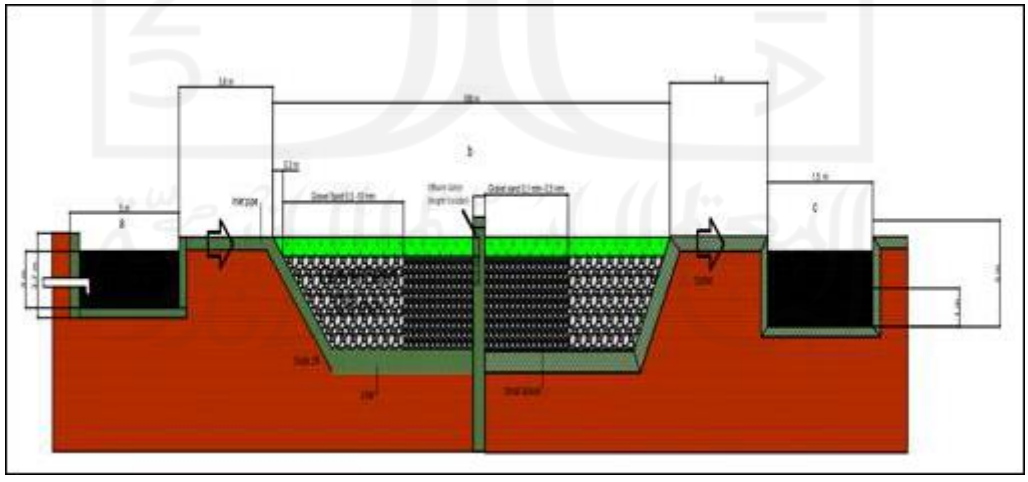
Maka, lahan basah ini tidak masuk kriteria, karena 0,2 m^3/m^2/hari < HLR < 1 m^3/m^2.hari (Ellis et al, 2003). Kemudian dilakukan perhitungan Qeff, debit Eff (Qeff) tidak akan sama dengan Qin CW. Effluen CWs dipengaruhi oleh laju. Menurut (Diaz et al, 2014) CWs yang ditumbuhi tanaman memiliki nilai BOD lebih besar 4,4% daripada unplanted CW. Selain fungsi estetika, tanaman menyediakan jalur hidraulik pada media aga konduktivitas hidraulik tetap stabil.

Perhitungan Degradasi BOD

- Degradasi air BOD oleh tanaman = 4,4 %
- BOD tereduksi oleh tanaman = 3,36 x 4,4 % = 0,1478 mg/L
- Total BOD yang tersisa = 3,212 mg/L

Qeffluen yang keluar dari CW yang dapat ditampung

Q = (0,024 x 31,1 mm/s x 94,636)/1000 = 0,071 m^3/detik



Gambar 4. 11. Desain Freewater Surface CWs

g. Kebutuhan Tanaman

Tanaman memiliki peranan penting dalam penurunan polutan pada media lahan basah buatan. Mekanisme penyisihan polutan melalui beberapa proses fitodegradasi, rhizodegradasi dan fitovolatilisasi (Nancy, 2004). Kerapatan tanaman pada perencanan FWS CWs dengan *Spirodela sp.* adalah 0,23 kg/m^2 dikarenakan pada kerapatan yang lebih tinggi pertumbuhan *Lemna sp.* dan *Spirodela sp.* akan menutupi luas media pertumbuhan, akibatnya nitrogen maupun mineral banyak terdeposit dalam daun sehingga kadar karbohidrat akan berkurang, kadar abu, serat da kadar protein semakin tinggi yang akan membuat air keruh (Syaflan, 2017).

Media Kerikil 40 mm pada inlet dan outlet

V = 3 m x 7 m x 0,9 = 18,9 m^3

Kebutuhan kerikil 20 mm untuk media tanam

V = 7 m x 7 m x 0,3 = 14,7

m^3 Kebutuhan media tanah

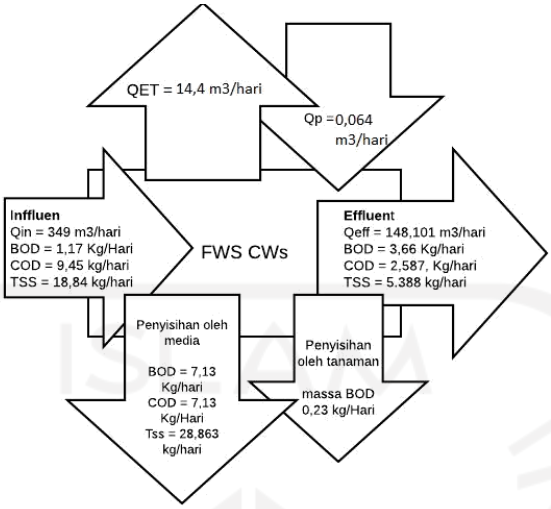
V = 7 m x 7 m x 0,6 m = 29,4 m^3

Kebutuhan Tanaman untuk mereduksi kadar kadmium agar sesuai peraturan yang berlaku pada PP No. 22 tahun 2021 adalah: Jumlah tanaman = As x Kerapatan Tanaman

= 44,8 m^2 x (1 kg/m^2 x 0,23 gr/m^2) $\frac{Tanaman}{m^3}$ = 10,3 kg

Maka, total kebutuhan tanaman untuk perencanaan 6 CWs = 61,8 kg

h. Kesetimbangan Massa *(Mass Balance)*



Gambar 4. 12. Kesetimbangan Massa FWS CWs

Perhitungan *Mass Balance* (Lampiran 7)

4.5 Pengoperasian dan Pemeliharaan

Pada perencanaan sistem pengolahan *Constructed Wetland,* tanaman yang digunakan adalah *Spirodela* sp. Media tumbuhan memiiki fungsi utama untuk membantu proses penyisihan limbah pada media gravel dengan bagian yang mempunyai peranan penting adalah akar tanaman. Perlu dilakukan pengoperasian dan pemeliharaan kolam lahan basah agar selalu efektif, dengan ini operasional FWS CWs sebagai berikut:

1. Peletakan Tanaman dan media gravel
   - Lepaskan tanaman anakan dari induk, jangan membersihkan tanah/pupu/media tanam yang menempel karena berfungsi sebagai nutrisi sementara untuk pertumbuhan tanaman.
   - Peletakan tanaman dengan kerapatan 0,23 g/m^2, pada setiap unit membutuhkan 7 kg tanaman dan pastikan kondisi suhu dan pH dalam keadaan stabil.
   - Masukan media gravel 50 mm pada zona inlet dan outlet wetland lakukan hingga kedalaman 0,3 m dari dasar FWS CWs dengan panjang 1 m dari zona inlet dan outlet.

- Tutup permukaan media gravel dengan gravel berukuran 5-10 mm hingga kedalaman 0,1 m, lakukan dengan hati-hati agar tanaman *Spirodela* sp. tidak rusak (kondisi morfologi tanaman akar yang gampang rusak).
- Alirkan limbah dari bak penampung ke dalam FWS CWs.

2. Operasional bak pengumpul (4 pompa *submersible*)
   - Nyalakan pompa lewat panel pompa.
   - Buka *valve* efluen pada pompa agar air mengalir ke CWs melewati pompa.
   - Pemeriksaan terhadap pompa dan perpipaan inlet serta outlet dilakukan setiap hari. Saat dilakukan pembersihan dan ditemukan penyumbatan, tutup valve dan nyalakan pompa.
   - Apabila terdapat lumpur pada dasar permukaan, dilakukan pembersihan oleh operator dan tutup *valve.*
   - Apabila terdapat sampah yang menggenang di dasar permukaan dilakukan pembersihan secara manual oleh operator.
3. Persiapan pengoperasian awal FWS CWs
   - Lakukan pemeriksaan Keseluruhan terhadap struktur wetland dari kemungkinan keretakan yang berakibat pada kebocoran.
   - Persiapan gravel dengan ukuran 5-10mm dan 10-25 mm (pastikan media gravel tidak tercampur).
   - Persiapkan bibit tanaman untuk wetland, dalam keadaan sehat dan tidak layu.
4. Operasional dan pemeliharaan lahan basah
   - Lakukan perawatan lahan basah buatan dengan membersihan kotoran yang mengambang di air pada pagi ataupun sore hari. Tanaman akan layu diumur 2 minggu, lakukan pergantian tanaman apabila tanaman layu atau mati.
   - Lakukan pengambilan sampel air inlet dan outlet setiap 4 minggu untuk mengetahui kualitas effluen dan influen wetland.
   - Pencucian media gravel sand wetland setiap 3 tahun sekali saat cuaca panas/kering.
   - Lakukan pencucian saat pukul 11.00-15.00 (menghindari jam puncak aliran limbah yang masuk)

- Pencucian gravel dilakukan dengan cara:
    a. Tutup valve ifluen Wetland untuk menghentikan aliran wetland.
    b. Wetland harus kering (1-2 hari).
    c. Buka kembali valve influen CWs agar limbah dapat mengalir kembali.
- Lakukan pembersihan pipa pipet inlet dan outlet 3 hari sekali.
- Apabila terjadi banjir dan air meluap maka tutup influen dan dilakukan pengecekan. Apabila terjadi penyumbatan lakukan pembersihan berskala.
- Lakukan pengurasan terhadap akar tanaman yang sudah tenggelam kedasar kolam, hasil panen tanaman yang sudah mati dapat digunakan sebagai kompos atau pakan hewan.

5. Operasional dan pemeliharaan bak indikator
    - Buka valve influen masing-masing indikator agar bisa mengalir kedalam bak CW. Masukkan 25 ekor ikan (jenis tegantung biaya) kedalam bak indikator.
    - Ikan berfungsi untuk pengecekan pengolahan limbah kurang sempurna, apabila banyak ikan yang mati kemungkinanan pengolahan limbah CWs tidak efektif. Tutup valve pada indikator.
    - Lakukan analisis kualitas limbah dari outlet CWs.
    - Ambil air outlet dan lakukan analisis sampel di laboratorium.
    - Apabila ada sampah pada bak, segara dilakukan pembersihan manual dengan alumunium *rake* dan dibuang ketempat sampah.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari Pemanfaatan Tanaman *Spirodela polyrhiza* (L.) sebagai Pretreatment IPAM Air Irigasi Selokan Mataram adalah:

1. Keadaan air irigasi mengalami tercemar ringan dengan baku mutu kelas III dan setelah dilakukan perlakuan antara air sampel dan kontak dengan *Spirodela* sp. di akuarium 2 bahwa semakin tinggi konsentrasi kontaminan di dalam air, semakin lambat tanaman akan bermetabolisme sehingga tumbuh kerdil dan lambat, cepat mati, blooming masa, dan akar serta daun pendek karena toksisitas tanaman atau terjadinya klorisis.
2. Kadar Cd dan TSS dalam air irigasi masih di atas baku mutu air kelas I. Pengolahan TSS melibatkan penggunaan 2 bak prasedimentasi dengan waktu tinggal 2,13 hari, kebutuhan lahan 213 m^2, dan persentase pengurangan polutan sebesar 80%. Sedangkan, pengolahan logam Cd direncanakan untuk 6 bak lahan basah buatan jenis aliran permukaan bebas dengan waktu tinggal selama 6,21 hari, luasan lahan 44,8 m^2 per bak, dan kebutuhan tanaman *Spirodela* sp. 10,3 kg/bak.

5.2 Saran

Saran untuk perbaikan penelitian ini adalah:

1. Melakukan penelitian lebih lanjut dengan sekaligus menambahkan parameter uji selain Cd, Pb TSS, BOD dan COD untuk mendapatkan waktu tinggal yang optimal guna menurunkan konsentrasi kontaminan secara keseluruhan. Sehingga lahan basah buatan yang lebih kompleks dapat dirancang dengan mempertimbangkan pengurangan konsentrasi semua polutan.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

DAFTAR PUSTAKA

Adiarti, I. (2011). Kajian karakteristik muka air tanah di sekitar Selokan Mataram Yogyakarta: Fakultas Geografi. Universitas Gadjah Mada.

American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA), and Water Environment Federation (WEF). (1999). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 20th Edition. Baltimore: Maryland. United Book Press

Anis, M Al Layla, dkk. (1980). Water Supplay Engineering Design. Anna Arbor Science: University of Mosul

Atafar Z, Alireza M, Jafar N, Mehdi H, Masoud Y, Mehdi A, and Amir H.M. (2008). Effect of Fertilizer Application on Soil Heavy Metal Concentration. Hamedan: Environ Monit Assess.

Appenroth, K. Jihae. Nickel, G. (2010). Turion Formation in *Spirodela Polyrhiza Polyrhiza*: The Environmental Signals That Induce the Developmental Process in Nature. Physiologia Plantarum hal.312-320

Arie, Herlambang. (2006). Pencemaran Air dan Strategi Penanggulangan Vol.1. Jakarta: Jurnal Air Indonesia.

Azmi, Muhammad., *et.al*. (2016). Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu dengan Tanaman *Typha Latifolia* dengan Metode Constructed Wetland.Riau: Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Riau, *vol. 3*

Azis, V. (2007). Analisis Kandungan Sn, Zn, dan Pb Dalam Susu Kental Manis Kemasan Kaleng secara Spektrofotometri Serapan Atom. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.

Badan Pusat Statistik. (2020). Kecamatan Sleman dalam Angka.

Bensley, J.E. (2003). Constructed Wetland from Stomwater Management Massachusetts: Beals an Thomos, Inc. Reservoir Corporate Cener.

Brix, H. (1997). Do Macrophytes Play a Role in Constructed Treatment Wetland. Water, Science and Technology 35 (5): 11–17

Chandrima, Goswan, Kaushik B., dan Arunabha, Majumdar. (2018). *Spirodela Polyrhiza*: A Potensial Accumulator of Pb from Contaminated. India: Jadavpur University.

Chaudhuri, Devaleena, et.al. (2014). Cadmium Removal by *Lemna* and *Spirodela*

Schleiden Polyrhiza. India: International Journal of Phytoremediation.

Davaleena Chaudari, Arunabha Majumdar, Amal K, Kaushik B. (2014). Cadmium Removal by Lemba minor and Spirodela Polyrhiza. India: Jadavpur University.

Diana, Hendrawan. (2005). Kualitas Air Sungai dan In-Situ Dki Jakarta.Jakarta Barat: Universitas Trisakti.

Dewi, N.K. (2004). Penurunan Deraja Toksisitas Kadmium Terhadap Ikan Bandeng (*Chanos chanos Forskal*) Menggunakan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes (Mart.) Solms*) dan Fenomena Transportnya. Semarang: Universitas Diponegoro.

Effendi, H. (2000). Telaahan Kualitas Air. Bogor: IPB.

Effendi, H. (2003). Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan. Yogyakarta: Kanisius.

Endro, Sasono. (2013). Penurunan Kadar BOD dan COD Air Limbah Puskesmas.Surabaya: Universitas PGRI.

Gabriela Dotro, Günter Langergraber, Pascal Molle, Jaime Nivala, Jaume Puigagut, Otto Stein, Marcos von Sperling. (2017). Biological Wastewater Treatment Series Vol.7: Treatment Wetland. London: IWA Publishing. Hal.111-121.

Gauss, Martin. (2008). Constructed Wetlands: A Promising Wastewater Treatment System for Small Localities. Peru: Gráfica Biblos.

Goswami, C, Kaushik B, Arunabha M. (2018). Spirodela polyrhiza: A Potensial Accumulator of Pb from Contaminated Water. Guest Faculty, School of Environmental Studies Jadavpur: University Kolkata India.

Hamzah, Nursalam. (2013). Analisis Kimia Metode Spektofotometer. Makassar: Alaudin University Press.

Hutabarat, S dan Evans S. M. 2008. Pengantar Oseanografi. Jakarta: Universitas Indonesia.

India Biosciences. (2018). Pengolahan Air bersih dengan Reed Bed.

Jannah, M. (2014). Pengaruh Kanal Yoshiro (Selokan Mataram) Terhadap Kualitas Air Tanah di Daerah Antara Kali Code dan Kali Pelang. Yogyakarta: Fakultas Geografi UGM.

Khambali. 2011. Teknologi Bioenergi. Bogor: PT. Agromedia Pustaka.

Khiatuddin, M. (2003). Melestarikan Sumber Daya Air dengan Teknologi Rawa Buatan. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press. Hlm. 235

Komarek M, Vaněk A, Ettler V. (2013). Chemical Stabilization of Metals and Arsenic in Contaminated Soils Using Oxides a Review. Environ Pollut 172:9–22

Landesman L, Parker, Fedler, and Konikoff. (2005). Modeling Duckweed Growth in Wastewater Treatment Systems. Livest Res Rural Develop.

Landesman L. (2015). Production and Use of Duckweed. Disampaikan pada seminar GADING.PROFARM Project Star-up Seminar by Hivos Southes Asia.

Landolt E., Kandeler R. (1987). The family of Lemnaceae, a monographic study. Vol. 2: Phytochemistry; physiology; application; bibliography. Veröffentlichungen des Geo.botanischen Institutes ETH: Zurich.

Leng, R.A. (1999). Duckweed, A Tiny Aquatic Plan with Enermous Potensial for Agriculture and Environment FAO. Tran Phu Printing Co.

Maibam D. Metei, dan M.N.V. Prasad. (2013). Volume I: Lead (II) and Cadmium (II) Biosorption on *Spirodela Polyrhiza (L.) Schleiden* Biomass. India: University of Hyderabad.

Masako Iwata., Wakayama, Takamura. (2002). Numerical Study of the Magnetic Effect on the Compressive Air Flow at an Intake. Jepang: The Japan Society of Applied Physics.

Mara, D.D. (2006). Constructed Wetlands are not A Viable Alternative or Addition to Waste Stabilization Ponds. IWA Specialist Conference on Waste Stabilization Ponds, 7, Bangkok, Proceedings. Bangkok: International Water Association.

Meitei, M. D., & Prasad, M. N. V. (2013). Lead (II) and Cadmium (II) Biosorption on *Spirodela Polyrhiza (L.) Schleiden Biomass*. Journal of Environmental Chemical Engineering. India: University of Hyderabad.

Metcalf dan Eddy. (2003). Wastewater Engineering: Treatment and Reuse Fourth Edition, International Edition. New York: McGraw-Hill.

Mohammed As, Anil K, Reeta G. (2011). Heavy Metal Pollution: Source, Impact, and Remedies Environmental Pollution. India: Govind Ballabh Pant University of Agriculture & Technology Pantnagar

Mubeen, Hifsa., dkk. (2009). Investigations of Heavy Metals in Commercial Spices Brand. Lahore Pakistan: New York Science Journal.

Noemi Ran, Moshe Agami, and Gideo Oron. (2004). A Pilot Study of Constructed Wetland Using Duckweed *(Lemna gibba L.* and *Spirodela Polyrhiza L*.) for Treatment of Domestic Primary Effluent in Israel

Novriana D, dan Septia M. (2003). Tinjauan BOD dan TSS pada Pengolaha Limbah Cair Industri Biskuit Dengan Proses Aerasi Bertingkat. Laporan Penelitian Mahasiswa. Inderalaya: Jurusan Teknik Kimia Universitas Sriwijaya.

Peraturan Pemerintah No. 22 (2021). Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Lampiran VI Tentang Baku Mutu Air Permukaan.

Pipin, Kusumawati, Achmad, dan Andi R. (2019). Potensi Selokan Mataram: Ulasan Keadaan Fisik dan Kualitas Airnya. Yogyakarta: Bidang Pendidikan Sekolah Tinggi dan Pariwisata STPA.

Reed, S.C. (1993). Subsurface Flow Constructed Wetland for water Treat and Technology Assesment US Environmental Protection Agency. New Orleans.

Rook, E. J. S. (2002). *Spirodela Polyrhiza*, Greater Duckweed, available on www.rook.org/ earl/bwca/nature /aquatics/spirodela.html, accesss on 14 April 2009.

Smith, B.R. (2007). Constructed Wetland for Wastewater Treatment: A Planning & Design Analysis for San Fransisco. Departement of City & Regional Planning. UC Berkeley: Departement of Landscape Architecture and Environment Planning.

Sunu, Pramudya. (2001). Melindungi Lingkungan Dengan Menerapkan ISO 14001.Jakarta: PT Gramedia Widiasarana Indonesia.

Suswati ACSP, dan Wibisono G. (2013). Pengolahan Limbah Domestik dengan Teknologi Taman Tanaman Air (Constructed Wetlands). Indonesian Green Technol. 2(2):70-77.

Tadashi Toyama, Yasuhiro Tanaka, Kazuhiro Mori. (2014). Photosynthesis, Biomass Production and Nutrient Uptake of Duckweeds by Plant Growth-Promoting Bacterium, Sinorhizobium sp. SP4. Jepang: University of Yamanashi

Taftazani, A., Muzakky, dan Sumining. (2005). Evaluasi Kadar Logam Berat dalam Sampel Lingkungan Pantai Indramayu dengan Teknik Analisis Aktivasi

Neutron. Yogjakarta: Dalam Prosiding PPI –PDIPTN 2005. Puslitbang Teknologi Maju-BATAN. Hlm.:35-44.

Tangahu, B.V. dan Warmadewanthi, I.D.A.A. (2001). Pengelolaan Limbah Rumah Tangga Dengan Memanfaatkan Tanaman Cattail (Typha angustifolia) dalam Sistem Constructed Wetland. Jurnal Purifikasi. 2(3): 70-77.

Tencer Y., Idan G., Strom M., Nusinow U., Banet D., Cohen E., Schroder P., Shelef O, Rachmilevitch S, Soares I. (2009). Establishment of a Constructed Wetland in Extreme Dryland. Environ Sci Poll Res. 16:862-875.

Tchobanoglous. (2003). Wastewater Engineering; Treatment, Disposal and Reuse, 4rd Edition. New York: McGraw-Hill.

USEPA. (2006). Volunteer Estuary Monitoring Manual, A Methods Manual EPA-842-B-06-003.

Vymazal J., Brix H., Cooper PF., Green MB., Haberl R. (1998). Constructed Wetlands for Wastewater Treatment in Europe. Leiden: Backhuys Publishers.

Widjaja, F. (2004). Tumbuhan Air. Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kleautan. Bogor: Institut Pertanian Bogor.

Widowati W, Sastiono A, Rumampuk R.J. (2008). Efek Toksik Logam: Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran.Yogyakarta: Penerbit Andi.

Wolf, HD, Ulomi SA, Backeljau T, Pratap HB dan Blust R. (2001). Heavy Metal Levels in the Sediments of Four Dar Es Salaam Mangroves Accumulation in, and Effect on the Morphology of the Periwinkle Littoraria scabra (Mollusca: Gastropoda). Environment International 26: 243- 249.

Widjaja, F. (2004). Tumbuhan Air. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Bogor: Institut Pertanian Bogor. Hal. 58

Wulan SP, Thamrin & Amin B. (2013). Konsentrasi, Distribusi dan Korelasi Logam Berat Pb, Cr dan Zn pada Air dan Sedimen di Perairan Sungai Siak sekitar Dermaga PT. Indah Kiat Pulp and Paper Perawang-Provinsi Riau. Riau: Pusat Penelitian Lingkungan Hidup Universitas Riau.

Xiaokai Zhang, Hailong Wang et al. (2015). Using Biochar for Remediation of Soils Contaminated with Heavy Metals and Organic Pollutants. Heidelberg: Springer-Verlag Berlin.

Yulaipi, S dan Aunurohim. (2013). Bioakumulasi Logam Berat Timbal (Pb) dan Hubungannya dengan Laju Pertumbuhan Ikan Mujair (Oreochromis mossambicus). Jurnal Sains Dan Seni Pomits. Vol 2 (2): 2337-3520.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Uji Kadar Pb dan Cd

Parameter Cd	Satuan	Hasil Pengukuran Cd		
		Titik 1 (30gr)	Titik 2 (30gr)	Titik 3 (30gr)
Hari ke -1	µg/ml	0,260	0,489	0,341
Hari ke-10	µg/ml	0,037	0,138	0,095
Terakumulasi	µg/ml	0,223	0,351	0,246
Persentase	%	84,7%	71%	72%

Parameter Pb	Stasiun 1	Stasiun 2	Stasiun 3
Hari ke -1	0,172	0,091	0,215
Hari ke 10	0,06	0,031	0,087
Terakumulasi	0,112	0,06	0,127
Persentase	0,651163	32,25806	0,593458

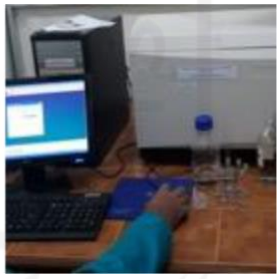
Lampiran 2. Dokumentasi



Pengambilan Sampel AIR



Uji In-situ



Uji AAS

Lampiran 3. PP No. 22 tahun 2021

Parameter	Kelas 1	Kelas 3
TSS	40 mg/L	100 mg/L
COD	10 mg/L	40 mg/L
BOD	2 mg/L	6 mg/L
Pb	0,03 mg/L	0,03 mg/L
Cd	0,01 mg/L	0,01 mg/L

Yang dapat dilihat pada lampiran VII mengenai kualitas air permukaan salinan PP. No 22/2021



No	Parameter	Unit	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3	Kelas 4	Keterangan
27.	Kobalt (Co) terlarut	mg/L	0,2	0,2	0,2	0,2	
28.	Mangan (Mn) terlarut	mg/L	0,1	–	–	–	
29.	Nikel (Ni) terlarut	mg/L	0,04	0,05	0,05	0,1	
30.	Seng (Zn) terlarut	mg/L	0,04	0,05	0,05	2	
31.	Tembaga (Cu) terlarut	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,2	
32.	Timbal (Pb) terlarut	mg/L	0,03	0,03	0,03	0,5	
33.	Kromium heksavalen (Cr-(VI))	mg/L	0,05	0,05	0,05	1	
34.	Minyak dan lemak	mg/L	1	1	1	10	
35.	Deterjen total	mg/L	0,2	0,2	0,2	–	
36.	Fenol	mg/L	0,002	0,002	0,01	0,02	
37.	Aldrin/ Dieldrin	µg/L	17	–	–	–	
38.	HHC	µg/L	210	210	210	–	
39.	Chlordane	µg/L	3	–	–	–	
40.	DDT	µg/L	2	2	2	2	
41.	Endrin	µg/L	1	4	4	–	
42.	Heptachlor	µg/L	18	–	–	–	
43.	Lindane	µg/L	56	–	–	–	
44.	Methoxychlor	µg/L	35	–	–	–	
45.	Toxaphen	µg/L	5	–	–	–	
46.	Fecal Coliform	MPN/100 mL	100	1.000	2.000	2.000	
47.	Total Coliform	MPN/100 mL	1.000	5.000	10.000	10.000	
48.	Sampah		nihil	nihil	nihil	nihil	
49.	Radioaktivitas						
	Gross A	Bq/L	0,1	0,1	0,1	0,1	
	Gross B	Bq/L	1	1	1	1	

LAMPIRAN VI
PERATURAN PEMERINTAH REPUBLIK INDONESIA
NOMOR 22 TAHUN 2021
TENTANG
PENYELENGGARAAN PERLINDUNGAN DAN
PENGELOLAAN LINGKUNGAN HIDUP

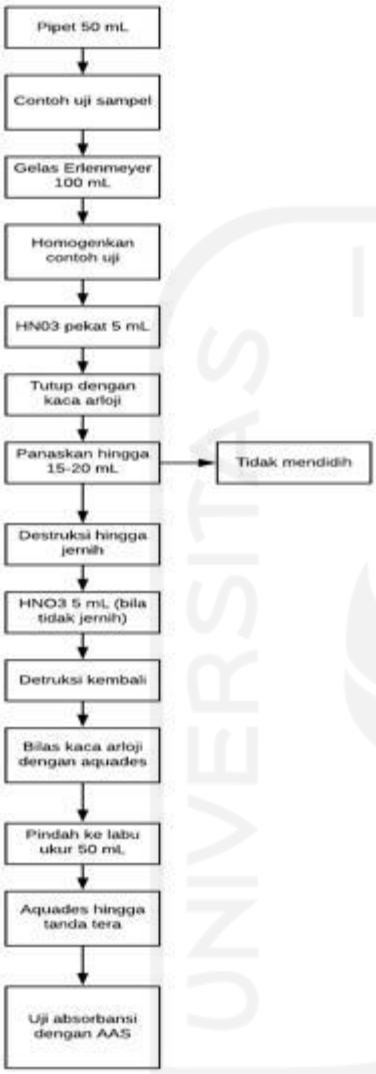
BAKU MUTU AIR NASIONAL

I. BAKU MUTU AIR SUNGAI DAN SEJENISNYA

No	Parameter	Unit	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3	Kelas 4	Keterangan
1.	Temperatur	°C	Dev 3	Dev 3	Dev 3	Dev 3	Perbedaan dengan suhu udara di atas permukaan air
2.	Padatan terlarut total (TDS)	mg/L	1.000	1.000	1.000	2.000	Tidak berlaku untuk muara
3.	Padatan tersuspensi total (TSS)	mg/L	40	50	100	400	
4.	Warna	Pt-Co Unit	15	50	100	-	Tidak berlaku untuk air gambut (berdasarkan kondisi alaminya)
5.	Derajat keasaman (pH)		6-9	6-9	6-9	6-9	Tidak berlaku untuk air gambut (berdasarkan kondisi alaminya)
6.	Kebutuhan oksigen biokimiawi (BOD)	mg/L	2	3	6	12	

No	Parameter	Unit	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3	Kelas 4	Keterangan
7.	Kebutuhan oksigen kimiawi (COD)	mg/L	10	25	40	80	
8.	Oksigen terlarut (DO)	mg/L	6	4	3	1	Batas minimal
9.	Sulfat (SO_4^{2-})	mg/L	300	300	300	400	
10.	Klorida (Cl^-)	mg/L	300	300	300	600	
11.	Nitrat (sebagai N)	mg/L	10	10	20	20	
12.	Nitrit (sebagai N)	mg/L	0,06	0,06	0,06	-	
13.	Amoniak (sebagai N)	mg/L	0,1	0,2	0,5	-	
14.	Total Nitrogen	mg/L	15	15	25	-	
15.	Total Fosfat (sebagai P)	mg/L	0,2	0,2	1,0	-	
16.	Fluorida (F)	mg/L	1	1,5	1,5	-	
17.	Belerang sebagai H_2S	mg/L	0,002	0,002	0,002	-	
18.	Sianida (CN^-)	mg/L	0,02	0,02	0,02	-	
19.	Klorin bebas	mg/L	0,03	0,03	0,03	-	Bagi air baku air minum tidak dipersyaratkan
20.	Barium (Ba) terlarut	mg/L	1,0	-	-	-	
21.	Boron (B) terlarut	mg/L	1,0	1,0	1,0	1,0	
22.	Merkuri (Hg) terlarut	mg/L	0,001	0,002	0,002	0,005	
23.	Arsen (As) terlarut	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,10	
24.	Selenium (Se) terlarut	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,05	
25.	Besi (Fe) terlarut	mg/L	0,3	-	-	-	
26.	Kadmium (Cd) terlarut	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01	

Lampiran 4. Proses Uji Pb dan Cd (SNI 6869.2009)



Pengukuran Pb dengan gelombang 283,3 nm/ 217 nm

Dan untuk pengujian kadmium dengan gelombang 228,8 nm. untuk perhitungan logam berat adalah:

Konsentrasi Pb/Cd perhitungan manual:

$$C\ \mu g/g = \frac{(D-E)\ x\ Fp\ x\ V}{W}$$

Keterangan:

- D = konsentrasi contoh dari pembacaan AAS
- E = konsentrasi blanko contoh hasil dari AAS
- Fp = Faktor pengenceran
- V = volume akhir larutan contoh yang disiapkan (ml)
- W= Berat contoh (g)

Lampiran 5. Alat dan Bahan Uji Pb dan Cd

Metode pengujian mengacu pada SNI 6989.8.2009 tentang cara uji Pb dan SNI 6989.16.2009. Berikut ini adalah alat dan bahan yang digunakan dalam pengujian logam berat:

Alat	Bahan
Gelas Ukur 1000 mL	HNO_3 pekat
Gelas beaker 250 ml	Air Sampel (Selokan Mataram)
Karet Hisap	Aquades air bebas mineral
Labu ukur 100 ml	Larutan Blanko
Pipet ukur 50 Ml	Tanaman Spirodela *sp.*
Kaca Arloji	
Corong gelas	
Kompos listrik	
Kertas Whattman No. 42	
Kertas Whattman No. 41	
Spektofotometri Serapan Atom	
pH universal	

Lampiran 6. Data Sekunder Parameter Pencemar (Hastutiningrum, 2020)

Tabel 1. Luas penggunaan lahan Daerah Aliran Selokan Mataram

No	Lahan	Luas Lahan (Ha)		
		S.1	S.2	S.3
1	Persawahan	92,046	-	23,732
2	Pemukiman	49,820	33,200	71,800
3	Komersial	-	59,281	-
4	Vegetasi	7,024	2,154	1,032
Total		**148,89**	**94,636**	**96,565**

Sumber: Data primer (2019).

Tabel 3. Hasil perhitungan daya tampung beban pencemaran

Laju alir m^3/dtk	pH	Suhu °C	BOD mg/L	COD mg/L	TSS mg/L
2,66	7,1	29	2,1	7,81	19
1,62	7,1	34	5,8	26,5	57
0,86	7,4	32	3,36	27,2	62,7
5,152	7,15	31,13	3,475	16,91	38,26
-	6 – 9	Deviasi 3	3	25	50

Sumber: Data primer (2019).

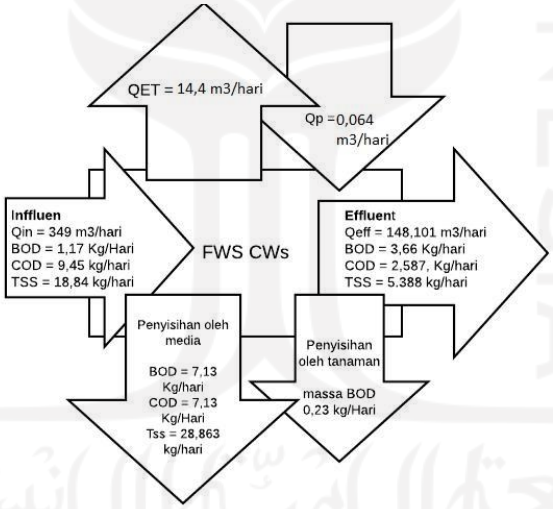
Keterangan:
Lokasi segmen 1 terletak di Desa Susukan Margokaton Kecamatan Sayegan sampai Desa Bedog Trihanggo Kecamatan Gamping Kabupaten Sleman, hingga Desa Sidomoyo Kecamatan Godean.
Lokasi segmen 2 terletak pada Kelurahan Maguwoharjo Kecamatan Depok sampai Kelurahan Tirtomartani Kecamatan Kalasan. Titik pantau atau titik sampling pada segmen 3 terletak pada Kelurahan Purwomartani Kecamatan Kalasan Kabupaten Sleman.
Lokasi segmen 3 terletak pada Trihanggo Kecamatan Gamping sampai Kelurahan Maguwoharjo Kecamatan Depok Kabupaten Sleman. Titik pantau atau titik sampling terletak pada daerah Condongcatur Kecamatan Depok.

Dalam perencanaan ini dipakai data sekunder segmen 3 dimana kadar polutan paling tinggi dengan area perencanaan permukiman paling besar.

Lampiran 7. Perhitungan Mass Balance

Perhitungan kesetimbangan massa dibutuhkan untuk mengetahui beban air irigasi masuk saat sebelum maupun sesudah perlakuan. Pembebanan dilakukan dengan cara mengalikan debit dengan konsentrasi BOD dan COD.

Perhitungan Kesetimbangan Massa FWS CWs



Influen CW

Qin total CW = 2.099 m^3/hari

Qin / CW = 349 m^3/hari

BODin = 3,36 g/m^3

COD = 27,2 g/m^3

TSS = 9 g/m^3

Mass BODin = 3,36 g/m^3 x 349 m^3/ hari: 1000 kg/g
= 1.17 kg/hari

Mass CODin = 27,2 g/m_3 x 349 m_3/ hari: 1000 kg/g

= 9,49 kg/hari

Mass TSSin = 9 g/m_3 x 349 m_3/ hari: 1000 kg/g

= 3.14 kg/hari

Mass BODin total = 1,17 kg/hari x 6 CW

= 7,02 kg/hari

Mass CODin total = 9.49 kg/hari x 6 CW

= 66,7 kg/hari

Mass TSSin Total = 3,14 kg/hari x 6 CW

= 18,84 kg/hari

- Massa penyisihan CW

Qet = 14,4 m_3/hari

Qet total = Qet x 6 CW

= 14,4 m_3/hari

= 86,4 m_3/hari

Qp = 85,276 m_3/hari

Qp total = 511,6608 m_3/hari

- Massa penyisihan BOD oleh media = 7,02 kg/hari x 75%

= 5,265 kg. hari

- Penyisihan BOD oleh tanaman = 5,265 kg/hari x 4,4%

= 0,231 kg/hari

- Massa penyisihan COD = 66,7 kg/hari x 75%

= 50.025 kg/hari

- Penyisihan TSS = 18,84 kg/hari x 82%

= 15.448 kg/hari

- Effluen CW

Qefluen 6CW = Qin – Qet – Qp

= (2.099 m_3/hari – 777,016 m_3/hari – 511,6608 m_3/hari)

= 889 m_3/hari

Qefluen CW = 349 m_3/hari - 129,503 m_3/hari-85,276 m_3/hari

= 148.101 $m_3$hari

BOD efluen = (5,265 kg/hari + 0,231 kg/hari) x 349 m_3/hari :1000 kg/g

= 2.052 kg/m^3

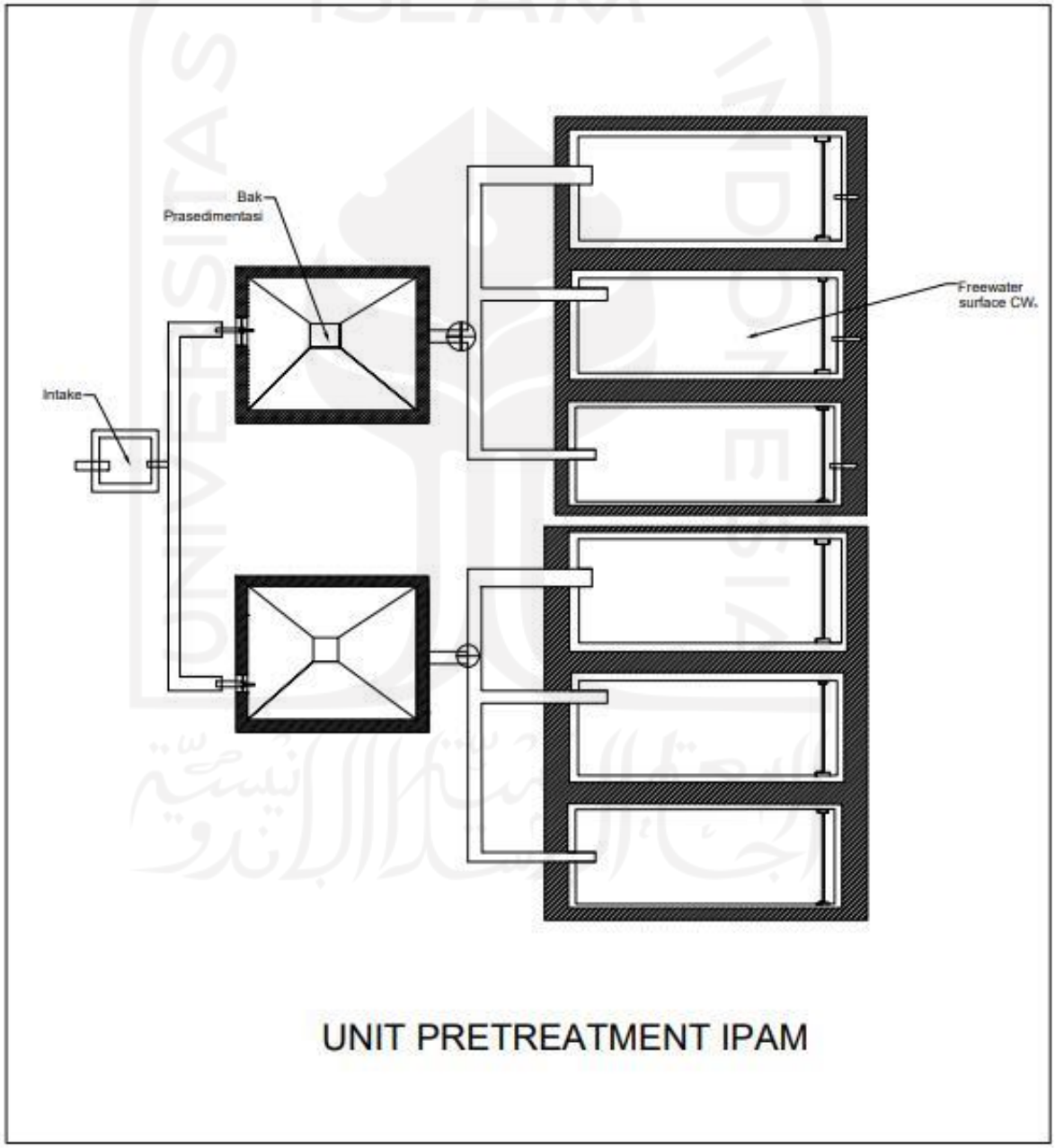
COD efluen = 50.025 kg/hari x 349 m^3/hari :1000

kg/g = 2,587 g/m^3

TSS efluen = 15,44 kg/hari x 349 m^3/hari :1000 kg/g

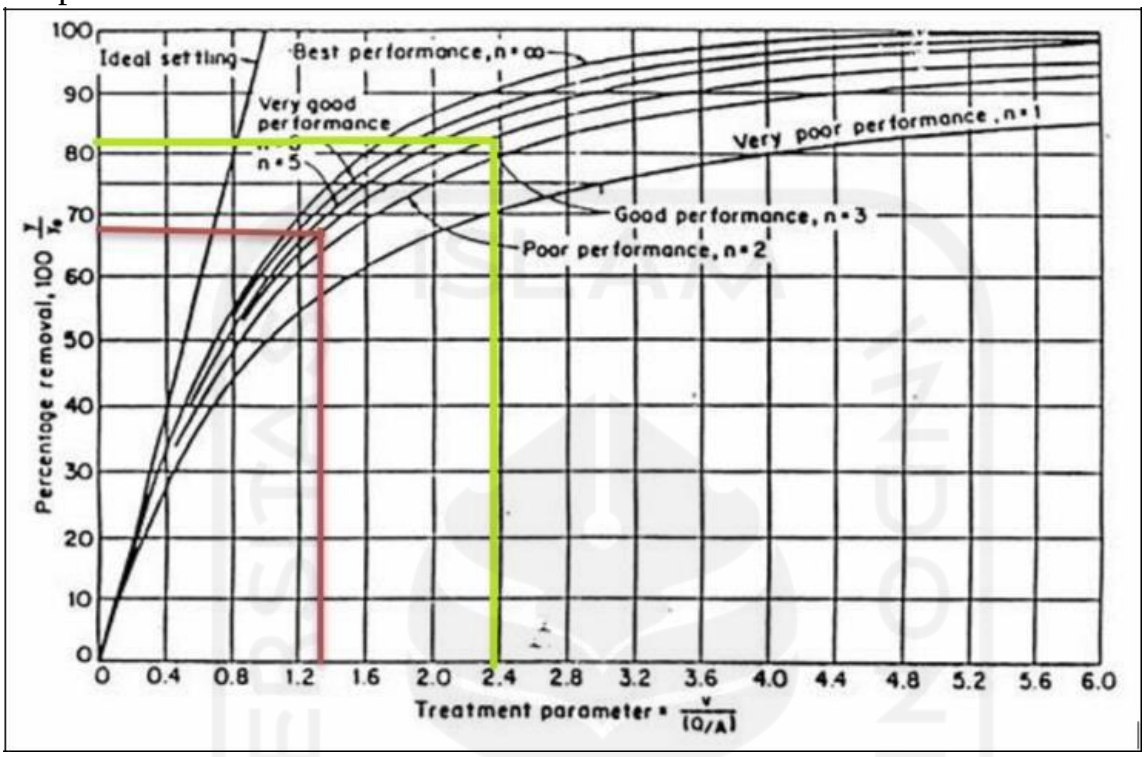
= 5.388 kg/m^3

Lampiran 7. Desain Pretreatment IPAM Selokan Mataram



Lampiran 9. Kurva Good Performance Surface Flow

*Dipakai n = 1/3



"Halaman ini sengaja dikosongkan"

RIWAYAT HIDUP



Annayensi Sharani atau biasa dipanggil Yensi lahir di Bekasi, Provinsi Jawa Barat pada tanggal 25 September 1999. Penulis Lahir dari pasangan Haryanto Hadisya'roni dengan Yeni Afrida yang merupakan anak kedua dari tiga bersaudara yaitu Jeanny Sharani dan Azzam Arfan Syaroni. Penulis Menempuh pendidikan dasar pada tahun 2006 di SDI Al-Azhar 12 dan lulus pada tahun 2012. Kemudian melanjutkan pendidikan pada tahun yang sama di SMPI Al-Azhar 16 dan lulus pada tahun 2014. Selanjutnya, melanjutkan pendidikan Sekolah Menengah di SMA AL-Muslim dan lulus pada tahun 2017. Pada tahun yang sama penulis melanjutkan pendidikan S-1 dan diterima menjadi mahasiswi di prodi Teknik Lingkungan, Fakultas Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia melalui jalur Penelusuran Siswa Berprestasi (PSB). Selama menjadi mahasiswi penulis aktif mengikuti kegiatan akademik dan non-akademik di kampus maupun luar kampus. Seperti kepanitiaan, organisasi Lembaga Eksekutif Mahasiswa (LEM) Universitas Islam Indonesia di bidang Politik Jaringan periode 2018/2019 serta lembaga luar kampus, seperti Kakak Asuh dan lembaga pengajar Gama Cendikia khusus mengajar private siswa-siswi Yogyakarta.

Pada Maret 2020, penulis melaksanakan Kerja Praktik di PT. Makitamega Makmur Perkasa, pada bulan Juli 2020 sampai Agustus 2020 penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) *online* karena adanya pandemi COVID-19. Pada bulan Mei 2021- Agustus 2021 penulis melaksanakan Pemanfaatan Tanaman *Spirodela* sp. sebagai Pretreatment IPAM Air Irigasi Selokan Mataram. Untuk menyelesaikan Studi di Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.