

**PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL)
PERTANIAN MENGGUNAKAN METODE WETLAND PADA
SALURAN DRAINASE DI SMPN 13 KOTA MALANG**

SKRIPSI

**TEKNIK PENGAIRAN
KONSENTRASI KONSERVASI SUMBER DAYA AIR**

**Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik**



**DWI LAKSANA AJI PUTRA
NIM. 155060401111052**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG**

2019

repository.ub.ac.id

LEMBAR PENGESAHAN
PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL)
PERTANIAN MENGGUNAKAN METODE *WETLAND* PADA
SALURAN DRAINASE DI SMPN 13 KOTA MALANG

SKRIPSI

KONSENTRASI KONSERVASI SUMBER DAYA AIR

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



DWI LAKSANA AJI PUTRA
NIM. 155060401111052

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing
pada tanggal 20 November 2019.

Pembimbing I

Dr. Ery Suhartanto, ST., MT.
NIP. 19730305 199903 1 002

Pembimbing II

Dian Chandrasasi, ST., MT.
NIP. 201106 780702 2 001

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Pengairan



Dr. Ir. Ussy Andawayanti, M.S.
NIP. 197610131 198609 2 001

SUMMARY

Dwi Laksana Aji Putra, Department of Water Resources Engineering, Faculty of Engineering, University of Brawijaya, in October 2019, Design of Agricultural Wastewater Treatment Plant (WWTP) with Constructed Wetland Method in Drainage Channel at SMPN 13 Malang City, Supervisor: Ery Suhartanto and Dian Chandrasasi.

SMPN 13 Malang City is one channel through which the school in it. According to the principal of SMPN 13 Malang some problems that exist in the channel that sedimentation rate is high, as evidenced by the silting there to cause flooding during the rainy season as well as the declining quality of the water in the channel visible on the physical condition of the water in the channel is very dirty, turbid up smelling. From the initial test results of water quality conducted at the Laboratory Groundwater Water Engineering showed that there are some parameters that still does not meet quality standards of class II, where the measurement results on the channel showing the parameters of BOD of 21.1 mg / L, COD of 32 mg / L, N of 11.6 mg / L, and P of 3.39 mg / L.

Purpose of the implementation of this study was to determine the cause of agricultural liquid waste and waste content contained in drainage channels and to plan the design of the WWTP to overcome the problems of agricultural liquid waste. Wastewater treatment process using horizontal subsurface flow constructed wetland with media lotus plant, water jasmine and bamboo water. This was chosen because it can process agricultural waste continuously

Based on calculation results obtained debit of 541.932 L / day, from the discharge obtained a residence time of 24 hours 31 minutes. Conservatively measured using Crites and Tchobanoglus methods that get results analysis wetland area of 1,799 m², in the calculation of the smaller discharge flowing in the wetland will increase the residence time in the wetland area. In pehitungan effectiveness conducted by comparing the sample inlet and outlet wetland, indicate that the addition of the effectiveness of the treatment so that the calculation for the parameters BOD, COD, N, P and K increased. As for the TSS and pH parameters experiencing deterioration in effectiveness.

Keywords: Waste Water Treatment Plant, Subsurface Constructed Wetland, Waste Water Agriculture, Effectiveness.

RINGKASAN

Dwi Laksana Aji Putra, Jurusan Teknik Pengairan, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Oktober 2019, Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Pertanian dengan Menggunakan Metode *Wetland* pada Saluran Drainase di SMPN 13 Kota Malang, Dosen Pembimbing: Ery Suhartanto dan Dian Chandrasasi.

SMPN 13 Kota Malang merupakan salah satu sekolah yang dilewati saluran di dalamnya. Menurut kepala sekolah SMPN 13 Kota Malang beberapa permasalahan yang ada pada saluran yakni tingkat sedimentasi yang tinggi, terbukti dari pendangkalan yang ada hingga mengakibatkan banjir pada saat musim penghujan serta semakin menurunnya kualitas air pada saluran terlihat dari kondisi fisik air dalam saluran yang sangat kotor, keruh hingga berbau. Dari hasil pengujian awal kualitas air yang dilakukan di Laboratorium Air Tanah Teknik Pengairan menunjukkan bahwa terdapat beberapa parameter yang masih belum memenuhi standar baku mutu kelas II, dimana hasil pengukuran pada saluran menunjukkan parameter BOD sebesar 21,1 mg/L, COD sebesar 32 mg/L, N sebesar 11,6 mg/L, dan P sebesar 3,39 mg/L. Dengan melihat kondisi kualitas air pada saluran di SMPN 13 Malang maka diperlukan perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) dengan menggunakan penambahan tumbuhan air atau *Constructed Wetland* berupa Taman Tanaman Air (TTA) dengan menggunakan proses alami dan melibatkan vegetasi serta mikroorganisme untuk mengolah limbah cair.

Tujuan dilaksanakannya studi ini adalah mengetahui penyebab timbulnya limbah cair pertanian serta kandungan limbah yang terdapat pada saluran drainase serta merencanakan desain IPAL untuk mengatasi permasalahan limbah cair pertanian. Proses pengolahan air limbah menggunakan metode *subsurface constructed wetland* aliran horizontal dengan media tanaman teratai, melati air dan bambu air. Hal ini dipilih karena dapat mengolah limbah pertanian secara kontinyu

Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan debit sebesar 541,932 L/hari, dari debit tersebut diperoleh waktu tinggal selama 24 jam 31 menit. Perhitungan luasan menggunakan metode *Crites* dan *Tchobanoglus* yang mendapatkan hasil analisis luasan *wetland* sebesar 1,799 m², dalam perhitungan tersebut semakin kecil debit yang mengalir dalam *wetland* maka akan memperbesar waktu tinggal di dalam luasan *constructed wetland*. Pada perhitungan efektivitas yang dilakukan melalui perbandingan sampel *inlet* dan *outlet wetland* menunjukkan bahwa diperlukan adanya penambahan perlakuan sehingga perhitungan efektivitas untuk parameter BOD, COD, N, P dan K mengalami kenaikan. Sedangkan untuk parameter TSS dan pH mengalami penurunan efektivitas.

Kata Kunci: Instalasi Pengolahan Air Limbah, *Subsurface Constructed Wetland*, Limbah Cair Pertanian, Efektivitas.

Teriring Do'a dan Ucapan Terima Kasih Kepada:

*Ayah dan Ibu saya yang tak henti-hentinya memberikan segala hal, yang tak mampu saya
untuk membalasnya*

Kakak saya tercinta untuk segala masukan, motivasi serta doa yang tiada henti

Bapak dan Ibu Dosen atas segala ilmu yang telah diberikan

Serta rekan kuliah yang menjadi keluarga terdekat saya,

Keluarga Besar Mahasiswa Pengairan dan Keluarga Besar Mahasiswa Teknik 2015

“Labor Improbis Omnia Vincit”

KATA PENGANTAR

Puji syukur penyusun panjatkan atas kehadiran Allah SWT, yang telah memberikan rahmat, taufik, serta hidayah-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan penyusunan laporan skripsi ini. Shalawat serta salam selalu teriring kepada Nabi Besar Muhammad SAW sebagai suri tauladan kita.

Laporan ini merupakan laporan skripsi yang berjudul **“Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Pertanian Menggunakan Metode *Wetland* Pada Saluran Drainase di SMPN 13 Kota Malang”**. untuk memenuhi salah satu persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik yang ditempuh mahasiswa Jurusan Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang, dan juga sebagai wadah untuk mengaplikasikan ilmu yang telah didapat di bangku perkuliahan.

Penyusun menyadari sepenuhnya bahwa dalam pengerjaan laporan ini masih banyak kekurangan sehingga skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, dikarenakan keterbatasannya pengetahuan yang dimiliki penyusun.

Dengan kesungguhan serta rasa rendah hati, penyusun mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Kedua Orangtua serta Mas, Mbak dan Keponakan yang selalu memberikan doa, dukungan serta semangat dalam pengerjaan Skripsi ini.
2. Ibu Dr. Ir. Ussy Andawayanti, MS selaku Ketua Jurusan Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
3. Bapak Dr. Ery Suhartanto, ST., MT serta Ibu Dian Chandrasasi, ST., MT. selaku dosen pembimbing Laporan Tugas Akhir yang telah memberikan arahan dan ilmu kepada penyusun untuk menyelesaikan Laporan Skripsi ini.
4. Bapak Dr. Eng. Riyanto Haribowo, ST., MT serta Ibu Sri Wahyuni, ST., MT., Ph.D selaku dosen penguji Laporan Skripsi ini.
5. Mas Prasetya Rubianto selaku Laboran Jurusan Teknik Pengairan yang telah membantu dalam perencanaan dan penelitian Skripsi ini.
6. Bapak dan Ibu guru serta staff SMPN 13 Kota Malang yang dengan ramah menerima keberadaan penulis selama kegiatan penelitian.
7. Arfinsyah Hananda Sukoco selaku rekan seperjuangan yang selalu menguatkan untuk melewati suka duka dari awal hingga akhir pengerjaan Skripsi ini.

8. Ayu Khurotul Aini Amalia selaku orang yang selalu ada untuk memberikan semangat serta dukungan dalam penelitian hingga terselesainya Laporan ini.
9. Teman-Teman Anti Kontrakan-Kontrakan Club yang telah membantu dan memberikan energi positif dalam penyusunan Laporan Skripsi ini.
10. Rekan Tim Infiltrasi-64 yang telah ada untuk membantu dan memberikan semangat dalam penyusunan serta penyelesaian Laporan Skripsi ini.
11. Kerabat-kerabat Himpunan Mahasiswa Pengairan periode 2018-2019 yang telah memberikan semangat serta energi positif dalam pengerjaan Laporan Skripsi ini.
12. Teman-teman Teknik Pengairan 2015, yang telah membantu dan memberikan semangat dalam penyusunan Laporan Skripsi ini.
13. Semua pihak yang telah membantu terselesaikannya laporan ini yang mungkin penyusun luput dalam menyebutkan.

Laporan Skripsi ini mungkin masih memiliki banyak kekurangan dan jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penyusun berharap pembaca dapat memberikan kritik dan saran yang konstruktif untuk dijadikan bahan evaluasi. Selamat membaca.

Malang, Desember 2019
Penyusun,

Dwi Laksana Aji Putra

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	3
1.3 Rumusan Masalah	3
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Tujuan	4
1.6 Manfaat	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Standar Kualitas Air	7
2.1.1 Klasifikasi Mutu Air	7
2.1.2 Baku Mutu Air	7
2.1.3 Status Mutu Air	8
2.2 Limbah Cair	8
2.2.1 Karakteristik Limbah Cair	9
2.2.2 Sifat-sifat Limbah Cair	10
2.2.2.1 Sifat Fisik	10
2.2.2.2 Sifat Kimia	11
2.2.2.3 Sifat Biologi	13
2.3 Limbah Cair Pertanian	13
2.3.1 Sumber-sumber Limbah Cair Pertanian	13
2.3.2 Kandungan Limbah Cair Pertanian	14
2.4 Parameter-parameter Kualitas Air yang Diteliti	16
2.5 Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)	16
2.5.1 Bagian-bagian IPAL	16
2.5.2 Sistem Lahan Basah Buatan (<i>Constructed Wetland</i>)	17
2.6 Tipe-tipe <i>Constructed Wetland</i>	21
2.6.1 Sistem Aliran Bawah Permukaan (<i>Sub-Surface Flow Wetland</i>)	21
2.6.2 Sistem Aliran Atas Permukaan (<i>Surface Flow Wetland</i>)	22
2.6.3 Komponen-komponen <i>Constructed Wetland</i>	23

2.6.3.1 Mikroorganisme	23
2.6.3.2 Tanaman	23
2.6.3.3 Media Tanam.....	25
2.6.3.4 Kolam Air.....	27
2.7 Metode Analisis Luasan <i>Constructed Wetland</i>	27
2.7.1 Perhitungan Debit	27
2.7.2 Metode <i>Reeds</i>	27
2.7.3 Metode <i>Kadlec</i> dan <i>Knight</i>	28
2.7.4 Metode <i>Crites</i> dan <i>Tchobanoglus</i>	28
2.7.5 Ukuran Berdasarkan Persamaan	29
2.7.6 Area Penampang Dasar.....	30
2.8 Efektivitas Penurunan Parameter Limbah.....	31
2.9 Studi Literatur	31
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	35
3.1 Lokasi Studi	35
3.2 Data-data yang Dibutuhkan	36
3.3 Alat-alat yang Digunakan	36
3.4 Langkah-langkah Penyelesaian Tugas Akhir	38
3.4.1 Identifikasi Masalah.....	38
3.4.2 Teknik Pengumpulan Data	39
3.4.3 Prosedur Penelitian	40
3.4.4 Analisis Data.....	41
3.4.5 Rekomendasi.....	41
3.5 Desain IPAL Metode <i>Wetland</i>	42
3.6 Diagram Alir Pengerjaan Skripsi.....	45
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	49
4.1 Karakteristik Awal Limbah Cair	49
4.2 Data	50
4.3 Analisa Kualitas Air	50
4.3.1 Pengambilan Sampel	50
4.3.2 Analisa Limbah Cair Pertanian.....	51
4.3.3 Prediksi Air Limbah	52
4.3.4 Kondisi Eksisting Perencanaan Instalasi Pengolahan Air limbah Pertanian Pada Saluran di SMPN 13 Kota Malang.....	53
4.4 Analisis Perencanaan Bangunan <i>Wetland</i> SMPN 13 Kota Malang	53
4.4.1 Perhitungan Debit	53
4.4.2 Waktu Tinggal (<i>Hydraulic Retention Time</i>)	55
4.4.3 Analisis Luasan <i>Wetland</i>	56
4.4.4 Desain <i>Wetland</i>	58
4.5 Kesesuaian Media Tanam dan Tanaman	62
4.5.1 Media Tanam	62
4.5.2 Tanaman	63

4.6	Evaluasi Pengolahan Air Limbah Pada Saluran di SMPN 13 Kota Malang ..	63
4.6.1	Hasil Analisis <i>Wetland</i>	63
4.6.2	Efektivitas <i>Wetland</i>	69
4.7	Penambahan Perlakuan	73
4.7.1	Hasil Analisis <i>Wetland</i> Setelah Penambahan Perlakuan.....	75

BAB V PENUTUP 87

5.1	Kesimpulan	87
5.2	Saran	88

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



Halaman ini sengaja dikosongkan



DAFTAR GAMBAR

No	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Limbah Cair Rumah Tangga.....	9
Gambar 2.2	Skema Pengelompokan Bahan yang Terkandung di Dalam Air Limbah.	9
Gambar 2.3	Pupuk NPK	14
Gambar 2.4	Klasifikasi Jenis Lahan Basah (<i>Wetland</i>)	18
Gambar 2.5	Komponen-Komponen <i>Wetland</i>	19
Gambar 2.6	Metode Aliran Horizontal atau <i>Horizontal Flow</i> (HF).....	19
Gambar 2.7	Metode Aliran Vertikal atau <i>Vertical Flow</i> (VF)	20
Gambar 2.8	Sistem Aliran Kombinasi atau <i>Hybrid Constructed Wetland</i>	20
Gambar 2.9	Metode Tanah Basah Mengapung atau <i>Floating Island Wetland</i>	21
Gambar 2.10	Sistem Aliran Bawah Permukaan (<i>Sub-Surface Flow Wetland</i>)	22
Gambar 2.11	Sistem Aliran Atas Permukaan (<i>Surface Flow Wetland</i>)	23
Gambar 2.12	Tanaman Bambu Air (<i>Equisetum Hyemale</i>)	24
Gambar 2.13	Tanaman Teratai (<i>Nymphaea sp.</i>)	24
Gambar 2.14	Tanaman Melati Air (<i>Echinodorus Palaefolius</i>)	25
Gambar 2.15	Media Tanam	26
Gambar 2.16	Grafik KBOD <i>Wetland</i> Aliran Horizontal	30
Gambar 2.17	Grafik KBOD <i>Wetland</i> Aliran Horizontal	30
Gambar 3.1	Peta Wilayah Kota Malang	35
Gambar 3.2	Peta Lokasi Studi melalui <i>Google Earth</i>	36
Gambar 3.3	Gayung	37
Gambar 3.4	Botol Steril	37
Gambar 3.5	Kertas Label	38
Gambar 3.6	Kotak Pendingin	38
Gambar 3.7	<i>Inlet</i> Saluran	39
Gambar 3.8	Kondisi Saluran	39
Gambar 3.9	Denah Lokasi Studi	43
Gambar 3.10	Desain IPAL Metode <i>Wetland</i> Tampak Samping dan Tampak Atas	44
Gambar 3.11	Diagram Alir Pengerjaan Skripsi	47
Gambar 3.12	Diagram Alir Pengambilan Sampel	48

Gambar 4.1	Lokasi Perencanaan IPAL dengan Menggunakan Metode <i>Wetland</i>	49
Gambar 4.2	Pengambilan Sampel Air Limbah pada <i>Inlet</i> Bangunan <i>Wetland</i>	50
Gambar 4.3	Pengambilan Sampel Air Limbah pada <i>Outlet</i> Bangunan <i>Wetland</i>	51
Gambar 4.4	Grafik Analisa <i>Inlet</i> Saluran	52
Gambar 4.5	<i>Inlet</i> Saluran	53
Gambar 4.6	Bangunan <i>Wetland</i>	59
Gambar 4.7	Denah <i>Constructed Wetland</i>	60
Gambar 4.8	Potongan A dan B <i>Constructed Wetland</i>	61
Gambar 4.9	Tanaman pada <i>Wetland</i>	62
Gambar 4.10	Grafik Analisa <i>Inlet</i> dan <i>Outlet Wetland</i> Hari Pertama	64
Gambar 4.11	Grafik Analisa <i>Inlet</i> dan <i>Outlet Wetland</i> Hari Kedua	66
Gambar 4.12	Grafik Analisa <i>Inlet</i> dan <i>Outlet Wetland</i> Hari Ketiga	67
Gambar 4.13	Grafik Analisa <i>Inlet</i> Selama 3 Hari	68
Gambar 4.14	Grafik Analisa <i>Outlet</i> Selama 3 Hari	69
Gambar 4.15	Grafik Rekapitulasi Efektivitas	73
Gambar 4.16	Penambahan Perlakuan dengan Aerator	74
Gambar 4.17	Penambahan Perlakuan dengan Tanaman	74
Gambar 4.18	Grafik Analisa <i>Inlet</i> dan <i>Outlet Wetland</i> Setelah Penambahan Perlakuan Hari Pertama	76
Gambar 4.19	Grafik Analisa <i>Inlet</i> dan <i>Outlet Wetland</i> Setelah Penambahan Perlakuan Hari Kedua	77
Gambar 4.20	Grafik Analisa <i>Inlet</i> dan <i>Outlet Wetland</i> Setelah Penambahan Perlakuan Hari Ketiga	79
Gambar 4.21	Grafik Analisa <i>Inlet</i> dan <i>Outlet Wetland</i> Setelah Penambahan Perlakuan Hari Keempat	80
Gambar 4.22	Grafik Rekapitulasi Efektivitas Sebelum Tambahan Perlakuan.....	82
Gambar 4.23	Grafik Rekapitulasi Sebelum dan Setelah Adanya Perlakuan Hari Pertama	84
Gambar 4.24	Grafik Rekapitulasi Sebelum dan Setelah Adanya Perlakuan Hari Kedua	85
Gambar 4.25	Grafik Rekapitulasi Sebelum dan Setelah Adanya Perlakuan Hari Ketiga	86

DAFTAR TABEL

No	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Baku Mutu Air Limbah.....	8
Tabel 2.2	Kemampuan Penyisihan Bahan Pencemar terhadap Beberapa <i>Wetland</i> di Indonesia	18
Tabel 2.3	Peranan Media Tanaman dan Mikroorganisme terhadap Pengurangan Zat Polutan dan <i>Sub-Surface Flow Wetlands</i>	25
Tabel 2.4	Parameter untuk Perencanaan <i>Sub-Surface Constructed Wetland</i> pada Rumus <i>Kadlec & Knight</i> (1996)	28
Tabel 2.5	Studi Terdahulu Terkait dengan <i>Constructed Wetland</i> dan IPAL	32
Tabel 3.1	Hasil Pengujian Sampel Awal	40
Tabel 4.1	Data Kualitas Air Limbah Pertanian pada <i>Inlet Saluran</i>	51
Tabel 4.2	Perhitungan Debit	54
Tabel 4.3	Perhitungan Waktu Tinggal (HRT)	55
Tabel 4.4	Hasil Analisis Luasan <i>Wetland</i>	58
Tabel 4.5	Hasil Analisa <i>Inlet Wetland</i> Hari Pertama	63
Tabel 4.6	Hasil Analisa <i>Outlet Wetland</i> Hari Pertama	64
Tabel 4.7	Hasil Analisa <i>Inlet Wetland</i> Hari Kedua.....	65
Tabel 4.8	Hasil Analisa <i>Outlet Wetland</i> Hari Kedua	65
Tabel 4.9	Hasil Analisa <i>Inlet Wetland</i> Hari Ketiga	66
Tabel 4.10	Hasil Analisa <i>Outlet Wetland</i> Hari Ketiga.....	66
Tabel 4.11	Hasil Analisa <i>Inlet</i> Selama 3 Hari.....	67
Tabel 4.12	Hasil Analisa <i>Outlet</i> Selama 3 Hari	68
Tabel 4.13	Analisa Polutan Harian <i>Inlet</i>	69
Tabel 4.14	Analisa Polutan Harian <i>Outlet</i>	70
Tabel 4.15	Rekapitulasi Efektivitas	72
Tabel 4.16	Hasil Analisa <i>Inlet Wetland</i> Setelah Penambahan Perlakuan Hari Pertama	75
Tabel 4.17	Hasil Analisa <i>Outlet Wetland</i> Setelah Penambahan Perlakuan Hari Pertama	75
Tabel 4.18	Hasil Analisa <i>Inlet Wetland</i> Setelah Penambahan Perlakuan Hari Kedua	

		76
Tabel 4.19	Hasil Analisa <i>Outlet Wetland</i> Setelah Penambahan Perlakuan Hari Kedua	77
Tabel 4.20	Hasil Analisa <i>Inlet Wetland</i> Setelah Penambahan Perlakuan Hari Ketiga	78
Tabel 4.21	Hasil Analisa <i>Outlet Wetland</i> Setelah Penambahan Perlakuan Hari Ketiga	78
Tabel 4.22	Hasil Analisa <i>Inlet Wetland</i> Setelah Penambahan Perlakuan Hari Keempat	79
Tabel 4.23	Hasil Analisa <i>Outlet Wetland</i> Setelah Penambahan Perlakuan Hari Keempat	79
Tabel 4.24	Analisa Polutan Harian <i>Inlet Wetland</i>	81
Tabel 4.25	Analisa Polutan Harian <i>Outlet Wetland</i>	81
Tabel 4.26	Rekapitulasi Efektivitas Setelah Penambahan Perlakuan.....	81
Tabel 4.27	Rekapitulasi Efektivitas Sebelum dan Setelah Penambahan Perlakuan	83
Tabel 4.28	Rekapitulasi Sebelum dan Setelah adanya Perlakuan Hari Pertama	84
Tabel 4.29	Rekapitulasi Sebelum dan Setelah adanya Perlakuan Hari Kedua.....	84
Tabel 4.30	Rekapitulasi Sebelum dan Setelah adanya Perlakuan Hari Ketiga	85

DAFTAR LAMPIRAN

No	Judul	Halaman
Lampiran 1	Data Pengujian Sampel.....	91
Lampiran 2	PP Nomor 82 Tahun 2001.....	107
Lampiran 3	Metoda Pengambilan Contoh Air Limbah.....	135
Lampiran 4	Gambar Desain <i>Constructed Wetland</i>	157
Lampiran 5	Dokumentasi Lokasi Studi.....	161



Halaman ini sengaja dikosongkan



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang memiliki potensi air terbesar ke 5 di dunia, yang sebagian besar dimanfaatkan pemerintah sebagai kemakmuran rakyat, akan tetapi penggunaan air perlu dikelola dengan baik agar tidak terbuang secara percuma dan kualitasnya akan tetap terjaga (KLHK, 2017). Dalam pengertian secara umum air ialah salah satu senyawa dari unsur kimia H (Hidrogen) dan O (Oksigen) yang membentuk senyawa H_2O , senyawa-senyawa yang membentuk air tersebut merupakan komponen pokok dan mendasar dalam memenuhi kebutuhan seluruh makhluk hidup di bumi selain adanya matahari yang merupakan sumber energi utama. Pemantauan kualitas air pada sungai di Indonesia yang tersebar dalam 33 Provinsi menunjukkan sekitar 70 sampai dengan 75% telah tercemar, baik tercemar berat, sedang maupun ringan (KLHK, 2014). Tingginya angka pencemaran pada sungai bukan hanya disebabkan dari adanya limbah cair industri maupun limbah cair rumah tangga melainkan limbah pertanian yang juga ikut andil dalam mencemari sungai. Pencemaran air pada sungai 60% hingga 70% berasal dari limbah domestik, dengan kontribusi pencemar pada DAS Brantas 60% berasal dari limbah domestik seperti sanitasi, sampah dan detergen, 30% berasal dari limbah industri serta 10% berasal dari limbah pertanian dan peternakan (Ismuyanto, 2010).

Pertumbuhan penduduk yang sangat pesat serta meningkatnya kegiatan diberbagai sektor menimbulkan masalah baru di wilayah-wilayah perkotaan, antara lain urbanisasi yang memberi dampak pada pencemaran air limbah dan sebagainya. Permasalahan yang dialami oleh hampir seluruh kota di Indonesia yaitu pencemaran air limbah (Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, 2008). Pencemaran air limbah sering terjadi pada sungai-sungai yang mendapat masukan dari saluran buang sisa kegiatan manusia di daerah pemukiman, pertanian, dan industri di daerah sekitarnya. Masuknya air buangan ke dalam sungai akan mengakibatkan terjadinya perubahan faktor fisika, kimia, dan biologi di dalam perairan.

Saluran irigasi yang merupakan bagian perairan sungai dengan penyumbang limbah cair pertanian dari sisa pupuk yang tidak terserap oleh tanaman serta sisa pengolahan hasil pertanian, juga akan memberikan dampak dari perubahan faktor apabila penanganan dan pengolahan limbah cair pertanian tidak dilakukan dengan baik dan benar. Menurut

Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang pengolahan kualitas air dan pengendalian pencemaran air, terdapat beberapa parameter yang harus memenuhi syarat untuk menurunkan polutan limbah cair pertanian diantaranya BOD, COD, TSS, pH, N, P, K. Parameter-parameter tersebut diambil sebagai upaya pencegahan dan penanggulangan pencemaran air untuk menjamin kualitas air yang sesuai dengan baku mutu air supaya tidak terkontaminasi dari limbah cair pertanian. Oleh karenanya diperlukan upaya untuk pengolahan air limbah pada saluran yang bukan hanya sebatas percontohan akan tetapi juga dapat diterapkan secara individu dan kelompok.

Pengolahan limbah cair yang mengandung bahan organik dapat diolah secara biologis yaitu dengan cara aerob, anaerob maupun gabungan antara aerob dan anaerob. *Ecologic Sanitation* bisa juga disebut *Ecosan* adalah teknologi dengan menggunakan penambahan tanaman air atau *Constructed Wetland* berupa Taman Tanaman Air (TTA) atau Taman Pengolah Limbah (TPL). Teknologi ini merupakan salah satu opsi yang terencana diterapkan menggunakan proses alamiah yang melibatkan vegetasi serta mikroorganisme untuk mengolah limbah cair. Teknologi ini telah banyak terbukti diberbagai negara karena mampu mengurangi beban polutan seperti *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD) *Total Suspended Solid* (TSS), Nitrogen (N), Phosphor (P), bakteri coli serta nutrien dan logam berat secara signifikan (Dhokhikah, 2006 dalam Suswati Anna, 2012).

Studi ini juga telah dilakukan oleh beberapa peneliti terdahulu, diantaranya: Monik Kasman, dkk (2018) telah melakukan penelitian pemanfaatan tumbuhan melati air dengan sistem *constructed wetland* untuk pengolahan *grey water* pada saluran buangan kampus Universitas Batanghari, adapun hasilnya yaitu semakin banyak jumlah daun, batang dan akar maka akan menurunkan *effluent* BOD dan TSS; Widarusanto, dkk (2016) melakukan studi penggunaan *wetland* untuk kinerja IPAL salah satu rumah sakit di Kota Malang dengan metode *subsurface constructed wetland* dengan upaya menurunkan kadar NH_3 dan PO_4 sehingga aman dibuang ke saluran pembuangan maupun sungai; Safrodin A, dkk (2016) dengan studi desain IPAL *grey water* dengan teknologi *subsurface constructed wetland* di Rusunawa Grudo Surabaya dengan tanaman *Cyperus Alternifolius* yang dapat menjadi alternatif pengolahan air limbah skala rusunawa; Chatarina Anna, dkk (2012) melakukan studi analisis luasan *constructed wetland* menggunakan tanaman iris dalam mengolah air limbah domestik *grey water* dengan menggunakan metode Reed, Kadlec & Knight, Crites & Tchobanoglus dari hasil tersebut mampu menurunkan limbah dengan waktu tinggal kurang dari 3 hari dengan luas lahan $2,42 \text{ m}^2$ pada area pemukiman.

1.2 Identifikasi Masalah

SMPN 13 Kota Malang merupakan salah satu sekolah yang dilewati saluran irigasi, akan tetapi saat ini telah beralih fungsi menjadi saluran drainase. Seiring bertambahnya penduduk dan perubahan tata kelola lahan di Kota Malang maka *influent* dari saluran tersebut tidak dapat lagi diprediksi. Menurut kepala sekolah SMPN 13 Kota Malang beberapa permasalahan yang ada pada saluran yakni tingkat sedimentasi yang tinggi, terbukti dari pendangkalan yang ada hingga mengakibatkan banjir pada saat musim penghujan serta semakin menurunnya kualitas air pada saluran terlihat dari kondisi fisik air dalam saluran yang sangat kotor, keruh hingga berbau. Hal tersebut dikarenakan semakin meningkatnya kegiatan penduduk di tepian sungai Brantas hingga sepanjang saluran menuju SMPN 13 Kota Malang. Kegiatan-kegiatan seperti pemupukan area persawahan, pengolahan sisa hasil persawahan, perindustri dan sisa buangan rumah tangga dapat mempengaruhi kualitas air yang ada, dikarenakan sisa buangan berbentuk limbah cair yang langsung dibuang menuju aliran sungai begitu saja tanpa pengolahan sebelumnya. Selain kegiatan-kegiatan tersebut penurunan dari kualitas air pada saluran diakibatkan oleh tidak adanya rasa kepedulian dari siswa siswi SMPN 13 Kota Malang untuk menjaga kebersihan saluran.

Untuk mengetahui tingkat pencemaran air pada saluran tersebut, diperlukan adanya analisis tahap awal mengenai pencemaran air dengan pengujian secara fisik, kimia dan biologi melalui sampel air pada saluran tersebut. Setelah diperoleh data hasil pengujian diperlukan adanya perencanaan instalasi pengolahan air limbah sebagai upaya pengurangan limbah cair yang ditujukan untuk menanggulangi limbah cair pertanian yang terdapat pada saluran drainase SMPN 13 Kota Malang. Hal tersebut sebagai upaya penanganan mengenai limbah cair pada saluran drainase, dari baku mutu air kelas III menjadi air kelas II yang peruntukannya dapat digunakan sebagai sarana atau prasarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar serta untuk mengairi tanaman.. Salah satu metode pengolahan limbah yang dapat diterapkan yakni *Constructed Wetland* dikarenakan sistem ini merupakan sistem yang terencana dibangun dengan mengaplikasikan proses alami, melibatkan vegetasi dan mikroorganisme untuk dapat mengolah limbah cair, selain itu sisi estetika dan ramah lingkungan juga dapat didapat dari penerapan metode ini.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang seperti diuraikan di atas maka diajukan rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana kondisi awal kualitas air pada saluran drainase di SMPN 13 Kota Malang?

2. Bagaimana perhitungan perencanaan instalasi pengolahan air limbah (IPAL) untuk mengatasi permasalahan limbah pertanian pada saluran di SMPN 13 Kota Malang?
3. Bagaimana hasil dari metode *subsurface constructed wetland* terhadap penyerapan limbah pertanian pada instalasi pengolahan air limbah (IPAL)?

1.4 Batasan Masalah

Dalam pelaksanaan studi ini diberikan batasan masalah yang diperuntukkan agar permasalahan yang dibahas tidak meluas dari pembahasan. Pembahasan pada studi ini menitik beratkan pada perencanaan instalasi pengolahan air limbah pertanian menggunakan metode *wetland* pada saluran di SMPN 13 Kota Malang. Adapun batasan masalah yang diambil adalah sebagai berikut :

1. Studi ini dilakukan pada saluran yang terdapat di SMPN 13 Kota Malang.
2. Jenis limbah yang diteliti merupakan limbah cair pertanian dengan unsur parameter yang diuji adalah BOD, COD, TSS, pH, N, P, K.
3. Studi ini mengacu pada baku mutu PP No.82 Tahun 2001.
4. Sistem *wetland* yang digunakan adalah *subsurface constructed wetland* aliran horizontal.
5. Jenis media tanam yang digunakan dalam perencanaan yakni tanaman teratai, bambu air dan melati air.
6. Tidak membahas mengenai limbah cair domestik dari penduduk.
7. Tidak membahas mengenai reduksi banjir pada saluran.
8. Tidak membahas mengenai Rancangan Anggaran Biaya (RAB) perencanaan.

1.5 Tujuan

Tujuan dilaksanakannya studi ini adalah untuk merencanakan bangunan instalasi pengolahan air limbah pertanian menggunakan metode *wetland* pada saluran di SMPN 13 Kota Malang sehingga dapat mengetahui desain yang tepat dan efektif. Adapun secara spesifik tujuan dari studi ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui penyebab timbulnya limbah cair pertanian serta kandungan limbah apa saja yang terdapat pada saluran di SMPN 13 Kota Malang.
2. Mengetahui desain yang tepat untuk perencanaan IPAL dalam mengatasi permasalahan limbah cair pertanian yang dapat diterapkan pada saluran di SMPN 13 Kota Malang.
3. Mengetahui kesesuaian media tanam yang tepat dan efektif dalam penyerapan limbah cair pertanian pada perencanaan IPAL dengan menggunakan metode *subsurface constructed wetland*.

1.6 Manfaat

Manfaat yang diharapkan penulis dalam penelitian ini adalah dapat menerapkan teknologi pengolahan air limbah menggunakan lahan basah (*wetland*) yang digunakan untuk memperbaiki kualitas air di lokasi studi serta dapat menanggulangi masalah sedimen pada saluran yang mengakibatkan banjir. Penelitian ini juga dapat menambah wawasan bagi siswa siswi, guru, dan mahasiswa khususnya serta masyarakat pada umumnya. Serta dapat memberikan informasi serta ilmu pengetahuan mengenai pengolahan air limbah kepada pihak – pihak terkait dan memberikan referensi mengenai desain perencanaan pengolahan air limbah pertanian dengan menggunakan metode *subsurface constructed wetland* aliran horizontal.



Halaman ini sengaja dikosongkan



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Standard Kualitas Air

Standard kualitas air merupakan baku mutu atau karakteristik mutu yang ditetapkan berdasarkan sifat-sifat fisika, kimia dan biologi untuk pemanfaatan tertentu dari sumber-sumber air. Tujuan dari adanya standard kualitas air yakni dapat dilakukan pengukuran kualitas dari berbagai macam jenis air sesuai dengan penggolongan air menurut peruntukannya, dengan demikian dapat diketahui syarat kualitasnya. Standard kualitas air juga dapat digunakan sebagai tolak ukur pemanfaatan air untuk kehidupan masyarakat.

2.1.1 Klasifikasi Mutu Air

Klasifikasi mutu air merupakan penggolongan-penggolongan kriteria mutu air berdasarkan kelas air menurut peruntukannya. Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 klasifikasi mutu air ditetapkan menjadi 4 (empat) kelas sebagai berikut :

1. Kelas satu, merupakan air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku dan air minum.
2. Kelas dua, merupakan air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana / sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan serta air untuk mengairi tanaman.
3. Kelas tiga, merupakan air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, serta untuk mengairi pertanian.
4. Kelas empat, merupakan air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi tanaman serta peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaannya.

2.1.2 Baku Mutu Air

Baku mutu air merupakan ukuran batas atau kadar unsur pencemar seperti makhluk hidup, zat, energi atau komponen yang ada atau harus ada dan atau unsur pencemar yang diperbolehkan keberadaannya dalam air. Baku mutu air adalah peraturan yang ditetapkan berdasarkan hasil pengkajian kelas serta kriteria air. Pernyataan baku mutu air limbah yang diijinkan untuk dibuang ke lingkungan menurut Peraturan Menteri lingkungan Hidup tentang Baku Mutu Air Limbah No. 68 Tahun 2016 ditunjukkan dalam tabel 2.1.

Tabel 2.1
Baku Mutu Air Limbah

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
Ph	-	6-7
BOD	mg/l	30
COD	mg/l	100
TSS	mg/l	30
Lemak dan Minyak	mg/l	5
Amoniak	mg/l	10
Total Coliform	Jumlah/100 ml	3000
Debit	L/orang/hari	100

Sumber: Kementerian Lingkungan Hidup, (2016, p.11)

2.1.3 Status Mutu Air

Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 status mutu air adalah tingkat kondisi mutu air yang menunjukkan kondisi cemar atau tidaknya pada suatu sumber air dalam waktu tertentu dengan membandingkan baku mutu air yang telah ditetapkan.

2.2 Limbah Cair

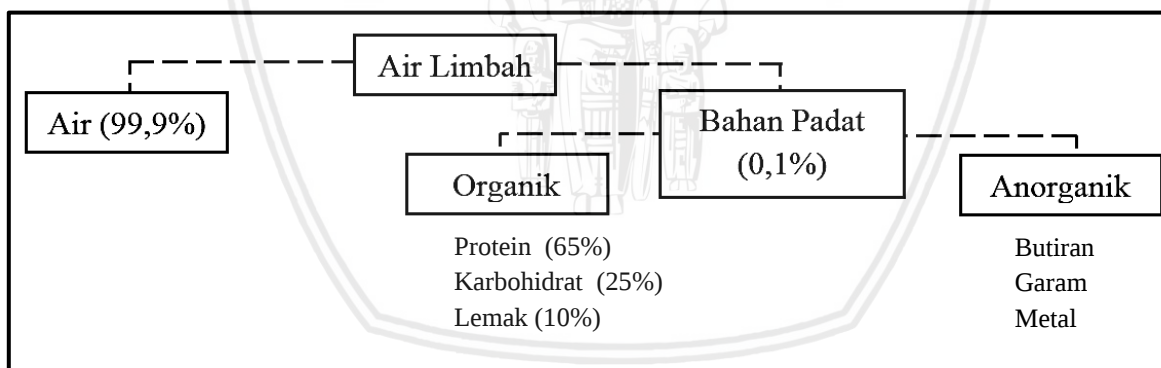
Limbah cair merupakan bahan-bahan pencemar berbentuk air yang berasal dari bahan buangan dalam bentuk cairan yang berdampak negatif apabila langsung di buang ke sungai. Sangat banyak kegiatan manusia yang dapat menimbulkan limbah cair, contohnya yaitu air limbah industri, air limbah domestik serta air limbah pertanian. Secara umum karakteristik limbah cair banyak mengandung bahan organik, bahan tersuspensi, minyak dan lemak serta kandungan limbah yang lainnya. Bahan-bahan tersebut tidak elok untuk dipandang serta cukup berbahaya, terutama apabila jumlah mikroorganisme *pathogen* yang terkandung cukup tinggi.

Berdasarkan Peraturan Menteri tentang baku mutu air limbah Nomor 05 Tahun 2014 bahwa air limbah adalah sisa buangan yang berasal dari usaha dan atau kegiatan, permukiman, rumah makan, perkantoran, perniagaan, serta pertanian. Air limbah mengandung sebagian besar padatan tersuspensi baik berukuran besar, sedang maupun kecil, urin, senyawa kimia serta minyak dan lemak. Karakteristik air limbah domestik dapat bervariasi sesuai dengan kondisi lokal di suatu daerah, waktu aktivitas, tipe penyaluran_(pemisahan air limbah atau kombinasi penyaluran dimana termasuk semburan air), kebiasaan, budaya dan gaya hidup masyarakat.



Gambar 2.1 Limbah Cair Rumah Tangga
Sumber: Dokumentasi Pribadi

Sesuai dengan asalnya, air buangan mempunyai kandungan yang sangat bervariasi dari setiap tempat dan setiap saatnya. Secara garis besar zat-zat yang terdapat di dalam air buangan dapat dikelompokkan seperti skema yang ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Skema Pengelompokan bahan yang terkandung di dalam air limbah
Sumber: Endah (2012, p.17)

2.2.1 Karakteristik Limbah Cair

Limbah cair baik domestik maupun pertanian memiliki beberapa karakteristik sesuai dengan sumbernya, karakteristik limbah cair dapat digolongkan pada karakteristik fisik, kimia, dan biologi (Metclaf and Eddy, 2008). Adapun karakteristiknya yang diuraikan sebagai berikut:

1. Padatan tersuspensi, substansi zat ini dapat menstimulasi pembentukan deposit lumpur dan kondisi anaerobik pada badan air.
2. Bahan organik *biodegradable* meliputi senyawa protein, karbohidrat dan lemak.

Bahan organik yang tinggi dalam air dapat menurunkan kandungan oksigen didalamnya.

3. Nutrien, keberadaan nutrien menyebabkan terjadinya eutrofikasi dalam badan air dan dapat menyebabkan polusi air.
4. Bahan organik *non-biodegradable* atau zat anorganik yang sulit terurai adalah bahan yang terutama disintesis secara buatan dan bertahan lama di alam karena sulit didegradasi, meliputi *surfaktan*, *phenol* dan *pestisida*.
5. Mikroorganisme *pathogen*.
6. Bahan organik terlarut, misalnya kalsium, *natrium* dan *sulfat*.
7. *Priority pollutant*, yaitu senyawa organik dan anorganik yang bersifat *karsinorganik*, *mutagenetik* dan *toksik* akut.

Kualitas air limbah dari masing-masing kegiatan dapat bervariasi (Hammer, 1986 dalam Supradata, 2005, p.15), rata-rata kualitas air limbah adalah sebagai berikut :

MLSS	= 240 mg/L	Total N	= 35 mg/L
MLVSS	= 180 mg/L	Total P	= 10 mg/L
BOD	= 200 mg/L		

2.2.2 Sifat-sifat Limbah Cair

2.2.2.1 Sifat Fisik

Sifat fisik air merupakan sifat yang cukup mudah untuk diukur dan beberapa diantaranya dapat dilihat secara kasat mata oleh orang awam. Karakteristik fisik air adalah sebagai berikut :

a. Bau

Bau merupakan hasil dari proses dekomposisi atau penambahan substansi pada air. Bau air dapat menjadi petunjuk dari kualitas air, misalnya bau amis dapat disebabkan oleh tumbuhnya alga atau kandungan minyak dan lemak.

b. Temperatur atau Suhu

Suhu air dianjurkan sejuk atau tidak panas supaya tidak terjadi pelarutan zat kimia pada saluran, yang dapat membahayakan kesehatan, menghambat reaksi-reaksi biokimia di dalam saluran, mikroorganisme patogen tidak mudah berkembangbiak. Suhu berperan untuk mengendalikan lingkungan pada ekosistem perairan. Pada umumnya, suhu dinyatakan dengan satuan derajat Celcius ($^{\circ}\text{C}$) atau derajat Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$).

c. Warna

Air sebenarnya tidak berwarna, akan tetapi warna pada air diakibatkan oleh adanya partikel hasil pembusukan bahan organik, ion-ion metal alam, plankton, humus, buangan industri, dan tanaman air. Warna juga bisa menghambat penetrasi cahaya ke dalam air.

d. TSS (*Total Suspended Solid*)

Materi yang tersuspensi ialah materi yang memiliki ukuran lebih kecil dari pada molekul atau ion yang terlarut. Materi tersuspensi tersebut dapat digolongkan menjadi dua, yaitu zat padat dan koloid. Zat padat tersuspensi dapat mengendap apabila keadaan air cukup tenang, ataupun mengapung apabila sangat ringan. Sebaliknya, koloid sulit mengendap dan tidak dapat disaring dengan (filter) air biasa. Materi tersuspensi memiliki efek yang kurang baik terhadap kualitas air karena menyebabkan kekeruhan dan mengurangi cahaya yang akan masuk kedalam air.

e. Kekeruhan

Kekeruhan menggambarkan sifat optik air yang ditentukan berdasarkan banyaknya cahaya yang diserap dan dipancarkan oleh bahan-bahan yang terdapat di dalam air. Kekeruhan air diakibatkan dari adanya bahan organik dan anorganik yang tersuspensi dan terlarut misalnya lumpur dan pasir halus, maupun bahan anorganik dan organik yang berupa plankton dan mikroorganisme lain (Effendi, 2003). Secara optis kekeruhan merupakan suatu okndisi yang mengakibatkan cahaya dalam air didispersikan atau diserap dalam suatu contoh air.

f. Minyak dan Lemak

Bahan organik yang sukar diurai oleh bakteri dan bersifat tetap adalah minyak dan lemak. Terbentuknya lapisan tipis diatas permukaan air dikarenakan minyak merupakan polutan air yang memiliki berat jenis lebih kecil dari pada air dan dapat menutupi permukaan air yang berakibat terbatasnya oksigen yang masuk ke dalam air.

2.2.2.2 Sifat Kimia

Kandungan zat kimia dalam air bersih yang digunakan untuk kehidupan sehari-hari hendaknya tidak melebihi kadar maksimum yang dianjurkan seperti tercantum dalam Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 416/MENKES/PER/IX/1990. Penggunaan air yang terpapar bahan kimia beracun dan zat-zat kimia lainnya yang melebihi ambang batas berakibat buruk bagi kesehatan dan material yang digunakan manusia. Karakteristik kimia air adalah sebagai berikut :

a. pH (Derajat Keasaman)

Air seharusnya tidak memiliki keasaman dan tidak basa untuk mencegah terjadinya pelarutan logam berat dan korosi pada jaringan distribusi air. pH yang dianjurkan untuk air bersih atau air baku yakni 6,5 sampai dengan 9. Skala pH berkisar pada angka 0 sampai dengan 14 dengan klasifikasi nilai pH sebagai berikut :

- pH = 7 menunjukkan keadaan netral

- $0 < \text{pH} < 7$ menunjukkan keadaan asam
- $7 < \text{pH} < 14$ menunjukkan keadaan basa (alkalis)

b. BOD (*Biochemical Oxygen Demand*)

BOD merupakan banyaknya oksigen dalam ppm atau miligram per liter (mg/l) yang digunakan sebagai pengurai benda organik oleh bakteri, sehingga limbah tersebut menjadi jernih kembali (Sugiharto, 1987, p.6). Apabila dalam air banyak mengandung bahan-bahan organik, akan mengakibatkan semakin banyaknya oksigen yang diperlukan oleh bakteri untuk menguraikan bahan-bahan organik tersebut, sehingga kandungan oksigen dalam air akan semakin menurun. Semakin tinggi kadar BOD menunjukkan bahwa tingkat kekotoran air limbah semakin besar serta dikategorikan tercemar.

c. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

COD merupakan banyaknya oksigen dalam ppm atau miligram per liter (mg/l) yang dibutuhkan dalam kondisi khusus untuk menguraikan benda organik secara kimiawi (Sugiharto, 1987, p.6).

d. Oksigen Terlarut (DO)

DO merupakan banyaknya kadar oksigen terlarut yang terkandung di dalam air dan diukur dalam satuan miligram per liter (mg/l). Oksigen yang terlarut ini dipergunakan sebagai tanda derajat pengotoran limbah yang ada. Semakin besar oksigen yang terlarut, maka menunjukkan derajat pengotoran yang relatif kecil (Sugiharto, 1987, p.7).

e. Nitrat (NO_3N)

Nitrat (NO_3N) merupakan bentuk utama senyawa nitrogen di perairan alami serta merupakan nutrisi utama bagi tumbuhnya tanaman algae. Nitrat adalah turunan dari ammonia dan merupakan unsur yang penting dalam fotosintesis tanaman air. Orang dewasa mempunyai toleransi tinggi untuk ion nitrat, namun untuk bayi dan binatang memamah biak ion tersebut bersifat toksik. Dalam sistem pencernaan bayi dan binatang memamah biak, nitrat direduksi nitrit. Nitrit dapat mengikat hemoglobin dalam darah (Achmad Rukaesih, 2004, p.35)

f. Phospat

Phospat ada di dalam air limbah melalui hasil buangan manusia, air seni, dan melalui komponen fosfat dapat digunakan untuk membuat sabun sebagai pembentuk buih. Dari setiap sumber tersebut akan menambah jumlah total dari fosfor. Sebagian jumlah fosfor pada air limbah masyarakat adalah dalam bentuk anorganik dengan ortofosfat, meningkatkan sebanyak 25% dari seluruh total fosfat.

g. Kalium

Kalium (K) atau potasium merupakan komponen yang menyusun sekitar 2,5% lapisan kerak bumi serta salah satu unsur alkali utama di perairan. Kalium cenderung membentuk

micas yang bersifat tidak larut (Effendi, 2003).

2.2.2.3 Sifat Biologi

Pemeriksaan air melalui sifat biologi sangat penting untuk mengetahui adanya mikroorganisme yang terkandung dalam air. Kandungan biologi dalam air seharusnya tidak melebihi ambang batas di dalam air karena zat biologi dalam air juga sangat berperan dalam kegiatan sehari-hari.

Organisme hidup seperti halnya bakteri yang berbahaya bagi kesehatan yang dapat mengakibatkan penyakit dan kandungan benda tak hidup juga terkandung dalam limbah. Bakteri yang hidup didalam kotoran manusia ataupun hewan (*Escherichia coli*) adalah bakteri yang digunakan untuk indikator. Hampir dalam semua bentuk limbah cair, mikoroorganisme ditemukan dalam jenis yang sungguh bervariasi dan biasanya ditemukan dengan konsentrasi 10^5 - 10^8 organisme /ml.

2.3 Limbah Cair Pertanian

2.3.1 Sumber-sumber Limbah Cair Pertanian

Limbah cair terbagi menjadi berbagai macam jenis, salah satunya yakni limbah cair pertanian. Limbah pertanian dapat diakibatkan oleh jerami, sekam, serta pupuk. Pupuk yang dapat menyebabkan limbah pertanian yakni pupuk organik ataupun non-organik atau pestisida. Pupuk organik seperti pupuk kandang dari kotoran hewan maupun kotoran manusia serta jenis pupuk non organik yakni seperti nitrogen (N), Pospat (P), serta kalium (K). Limbah pertanian dapat terjadi pra-panen, panen serta pasca panen. Namun, semua itu dapat menimbulkan dampak terhadap lingkungan, terlebih lagi pemberian pestisida berlebih untuk lahan pertanian.

Pemakaian bahan pemberantas hama (insektisida) seta pupuk kimia berlebihan pada lahan pertanian meliputi daerah yang sangat luas, yakni dari hulu hingga hilir sehingga sisa *insektisida* pada daerah pertanian tersebut cukup melimpah. Sisa bahan insektisida tersebut akan sampai ke air lingkungan melalui pengairan sawah, hal ini terjadi pada saat turun hujan pada daerah pertanian kemudian mengalir ke sungai atau danau di sekitarnya. Seperti pada pencemaran udara atau polusi udara, semua jenis bahan *insektisida* bersifat racun apabila sampai ke dalam air lingkungan.

Bahan *insektisida* didalam air sulit untuk diurai oleh mikroorganisme, karena untuk menguraikannya akan berlangsung dalam waktu yang sangat lama. Waktu penguraian oleh mikroorganisme terjadi dalam beberapa minggu sampai dengan beberapa tahun. Bahan pembuatan *insektisida* seringkali dicampur dengan senyawa minyak bumi, maka

dari itu air yang terkena bahan buangan pemberantas hama permukaannya akan tertutup oleh lapisan minyak.

2.3.2 Kandungan Limbah Cair Pertanian

Pupuk adalah salah satu faktor yang sangat penting selain adanya lahan, tenaga kerja dan modal. Pemupukan berimbang memegang peranan penting dalam upaya meningkatkan hasil tanaman. Anjuran atau rekomendasi pemupukan harus dibuat lebih rasional dan berimbang berdasarkan kemampuan tanah menyediakan hara dan kebutuhan tanaman akan unsur hara, sehingga meningkatkan efektivitas dan efisiensi penggunaan pupuk dan produksi tanpa merusak lingkungan akibat pemupukan yang berlebihan.



Gambar 2.3 Pupuk NPK

Sumber: Petrosida Gresik.com diakses pada tanggal 11 Maret 2019

Program *intensifikasi* pertanian berdampak negatif terhadap sumberdaya air karena menyebabkan penurunan kualitas air. Pemakaian pupuk serta pestisida yang tidak sesuai dengan kebutuhan akan menimbulkan pencemaran berupa pengayaan unsur hara pada lahan pertanian. Keterbatasan daya dukung dan daya lenting lingkungan akan menimbulkan pencemaran pada lingkungan perairan. Hal ini disebabkan unsur N, P dan K yang tidak dimanfaatkan akan terbuang bersama aliran air permukaan sesuai siklus hidrologi (Jana I dkk, 2014).

a. Nitrogen (N)

Nitrogen adalah unsur yang paling berlimpah di atmosfer, namun demikian nitrogen merupakan unsur hara yang paling sering defisien pada tanah-tanah pertanian, pernyataan ini muncul karena nitrogen adalah unsur hara yang dibutuhkan paling besar jumlahnya dalam pertumbuhan tanaman. Fungsi hara nitrogen sangat penting terutama pada

pembentukan senyawa-senyawa protein dalam tanaman. Dengan demikian dinamika hara nitrogen sangat penting untuk dipelajari (Ibrahim dan Kasno, 2008).

Menurut Trautmann *et al.*, (2007) senyawa nitrogen yang berada di dalam tanah terbagi menjadi 2 bentuk yaitu, pertama adalah nitrogen organik seperti protein, asam amino, urea, sedangkan yang kedua adalah nitrogen anorganik mengandung ammonium (NH_4^+), gas ammonia (NH_3), nitrit (NO_2^-), dan nitrat (NO_3^-). Kedua bentuk senyawa nitrogen tersebut ada yang larut dalam air dan ada yang tidak, ada yang bersifat *mobile* dan ada yang bersifat *immobile*, dan ada yang dapat diserap langsung oleh tanaman dan ada yang tidak. Nitrogen di dalam tanah sendiri terbentuk secara kontinyu melalui reaksi fisika, kimia dan biologi yang kompleks dan biasa disebut daur nitrogen. Frekuensi pemupukan dengan urea yang diberikan secara bertahap tidak berpengaruh terhadap tinggi tanaman, jumlah daun, dan diameter batang (Bara dan Chozin, 2009, p.15). Hal ini berkaitan dengan sifat urea yang mudah menguap dan tercuci oleh air. Urea prill dapat mudah menguap, larut, dan tercuci sehingga hanya 30 sampai dengan 50% saja yang dimanfaatkan oleh tanaman.

b. Fosfor (P)

Fosfor dalam tanaman bermanfaat untuk mempercepat tumbuhnya akar semai, kemudian juga dapat mempercepat serta memperkuat pertumbuhan tanaman muda menjadi tanaman dewasa, mempercepat terbentuknya bunga dan pemasakan buah, serta meningkatkan biji-bijian. Fosfat berasal dari dalam tanah atau yang sering disebut fosfat mineral yang kebanyakan dalam bentuk batu kapur, sisa dari pembusukan tanaman, bahan organik, dan dalam bentuk pupuk buatan (Sutejo, 1990, p.7).

c. Kalium (K)

Kalium merupakan unsur hara ke tiga setelah nitrogen dan fosfor yang diserap oleh tanaman dalam bentuk ion K^+ yang sering diserap oleh tanaman muda. Kalium cukup banyak terdapat dalam sel-sel muda ataupun bagian tanaman yang banyak mengandung protein. Ion kalium memiliki fungsi fisiologis khusus pada asimilasi zat arang, apabila tanaman tidak diberi kalium maka asimilasi tersebut akan terhenti. Hal ini dapat ditegaskan bahwa kalium berperan untuk membantu :

1. Pembentukan protein dan karbohidrat.
2. Mengeraskan jerami dan bagian kayu dari tanaman.
3. Meningkatkan resistensi tanaman terhadap penyakit.
4. Meningkatkan kualitas biji/ buah.
5. Mengaktifkan berbagai enzim.

6. Mempercepat pertumbuhan jaringan meristematik.
7. Mengatur pergerakan stomata serta hal-hal yang berkaitan dengan air.

Penggunaan pupuk kalium (K) di Indonesia dapat dikatakan sangat minim apabila dibandingkan dengan penggunaan pupuk nitrogen (N) dan fosfor (P), padahal unsur N, P, dan K merupakan unsur-unsur primer yang penting bagi pertumbuhan tanaman. Pada umumnya kadar kalium total yang dibutuhkan oleh tanah cukup tinggi, dan diperkirakan mencapai kisaran 2,6% dari total berat tanah, akan tetapi yang tersedia masih cukup rendah. Pada kondisi tertentu, misalnya pada pertanian intensif atau pada tanah muda yang banyak mengandung mineral kalium dengan intensitas hujan tinggi, kalium yang tidak dapat dipertukarkanpun masih dapat diserap oleh tanaman (Mulyani, 1999, p.6).

2.4 Parameter – Parameter Kualitas Air yang Diteliti

Parameter-parameter kualitas air yang diteliti pada bangunan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) dengan menggunakan *constructed wetland* yakni: BOD, COD, TSS, pH, N, P dan K.

2.5 Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)

Seperti halnya yang termuat dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia, bahwa IPAL atau Instalasi Pengolahan Air Limbah merupakan suatu perangkat atau peralatan teknik beserta perlengkapannya untuk memproses hingga mengolah cairan sisa dari proses produksi, sehingga cairan tersebut layak dibuang ke lingkungan. Faktor-faktor yang dapat menjadi bahan pertimbangan dalam penerapan sistem pengolahan air limbah domestik dan pertanian menurut Pedoman Pengelolaan Air Limbah perkotaan Departemen Kimpraswil tahun 2003 adalah sebagai berikut :

1. Kepadatan penduduk.
2. Sumber air yang tersedia.
3. Kedalaman muka air tanah.
4. Kemampuan membiayai.

Berdasarkan faktor-faktor tersebut selanjutnya melakukan pemilihan sistem pengolahan air limbah dengan mempertimbangkan kondisi serta pengaruh terhadap kemungkinan penerapan sistem pengolahan terpusat (*Off Site System*) ataupun sistem pengolahan setempat (*On Site System*).

2.5.1 Bagian – bagian IPAL

Telah banyak orang yang menerapkan sistem Instalasi Pengolahan Air Limbah di berbagai tempat sebagai riset ataupun kepentingan yang lainnya, pembuatannya pun juga

perlu mempertimbangkan seberapa besar atau kecilnya instalasi yang akan dibangun. Berikut ini merupakan bagian-bagian Instalasi Pengolahan Air Limbah menggunakan metode *wetland* :

1. *Inlet*
2. Bak pengendap sedimen
3. Bak perangkap Minyak dan Lemak
4. Bak Saringan Pasir Lambat
5. Aerasi
6. *Constructed Wetland*
7. *Outlet*

2.5.2 Sistem Lahan Basah Buatan (*Constructed Wetlands*)

Sistem lahan basah buatan dengan kata lain *constructed wetland* merupakan proses pengolahan limbah yang mengadopsi atau aplikasi dari proses penjernihan air yang terjadi pada lahan basah rawa (*Wetland*), dimana tumbuhan air (*Hydrophyta*) yang tumbuh memegang peranan paling penting dalam proses pemulihan kualitas air limbah secara alami (*self purification*). Area-area transisi antara tanah dan air pada *wetland* alamiah mencakup rawa-rawa, padang rumput basah, lahan yang terkena pasang surut, dataran banjir, serta lahan basah di sepanjang saluran sungai (United Nation, 2008, p.35). *Constructed Wetland* juga dapat diartikan sebagai lahan basah buatan, dengan fungsi pemurnian air limbah dengan menggunakan metode fisik, kimia dan biologi dalam sebuah ekosistem, memanfaatkan proses filtrasi, adsorpsi, sedimentasi, pertukaran ion dan penguraian mikroba.

Menurut Hammer (1986) dalam Supradata (2005) pengolahan limbah dengan sistem *wetland* diartikan sebagai pengolahan yang memasukkan berbagai faktor utama, diantaranya sebagai berikut :

- a. Area yang tergenang air dan mendukung untuk kehidupan tanaman air sejenis *hydrophyta*.
- b. Media tempat tumbuh tanaman berupa tanah atau pasir yang selalu digenangi oleh air.
- c. Media tanam tidak harus tanah, akan tetapi media yang jenuh dengan air.

Teknologi ini digunakan sebagai salah satu alternatif untuk pengolahan limbah *greywater* domestik dan pertanian. Selain itu, *constructed wetland* dapat digunakan sebagai pengolahan air limbah dengan penyediaan ruang terbuka hijau dan rekreasi. Prinsip pengolahan air limbah dengan *constructed wetland* dengan mengalirkan air limbah di bawah media sehingga limbah akan diserap melalui akar tanaman. Tanaman yang dapat

digunakan antara lain *Typha Angustifolia* (Lidi Air), *bulrush*, *cattail* dan beberapa tanaman lainnya. Media yang dapat digunakan untuk pengolahan limbah ini adalah tanah, pasir dan kerikil.

Wetland mempunyai kemampuan yang tinggi dalam menghilangkan bahan-bahan pencemar. Pada Tabel 2.2 tampilkan hasil evaluasi mengenai kemampuan penyisihan bahan pencemar terhadap beberapa *wetland* di Indonesia.

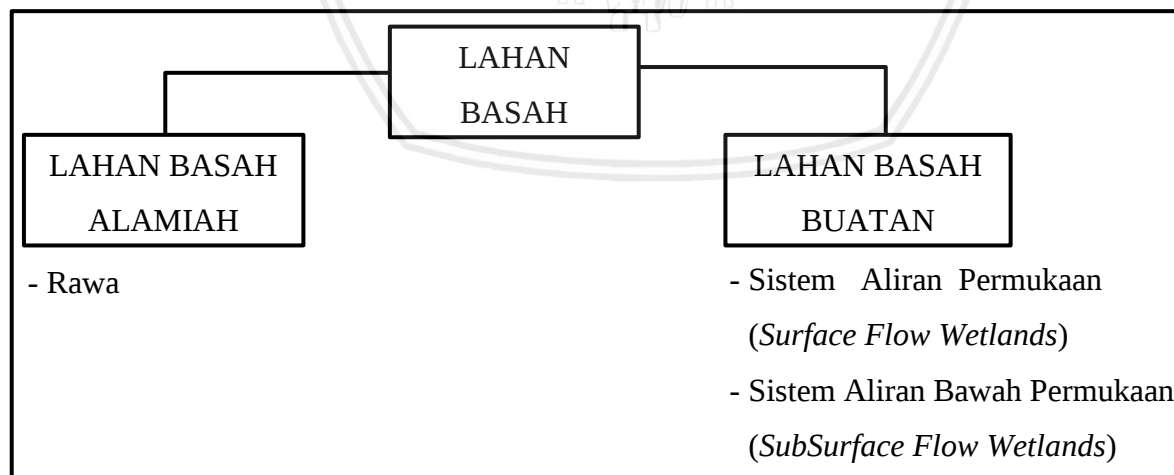
Tabel 2.2

Kemampuan Penyisihan Bahan Pencemar terhadap Beberapa *Wetland* di Indonesia.

Parameter	Kemampuan Penyisihan (%)
BOD	80 – 95
TSS	50 – 90
COD	73 – 97
T – N	58 – 95
T – P	67 – 94
Coliform	99 – 100

Sumber: Endah (2012, p.18)

Pada prinsipnya sistem *constructed wetland* dapat dibedakan menjadi 2 kategori dan secara sekema dapat dilihat pada Gambar 2.4

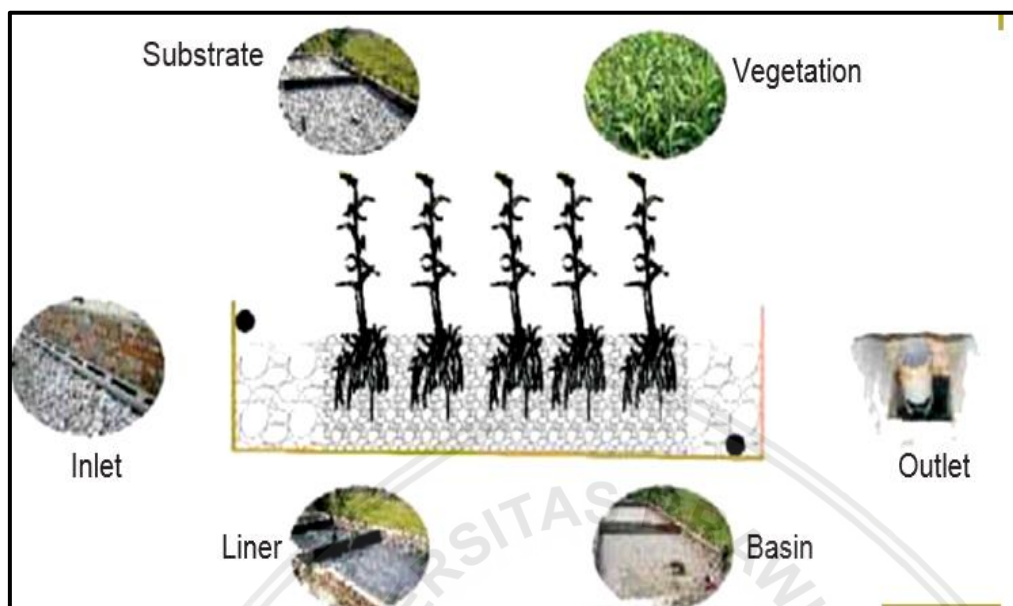


Gambar 2.4 Klasifikasi Jenis Lahan Basah (Wetlands)

Sumber: Supradata, 2005

Desain *constructed wetland* berupa lahan basah dengan cekungan dangkal berisikan media seperti pasir, tanah atau kerikil yang ditanami dengan beberapa vegetasi yang memiliki tingkat kejenuhan tinggi. Air yang mengalir diatas permukaan media dan limbah

diserap oleh akar tanaman. Aliran air dapat berupa *Sub-Surface Flow*, dimana air berada di bawah permukaan tanah yang mengalir pada lapisan tanah atau kerikil, dan akar tanaman menembus hingga dibawah lapisan tanah untuk menyerap polutan yang ada.



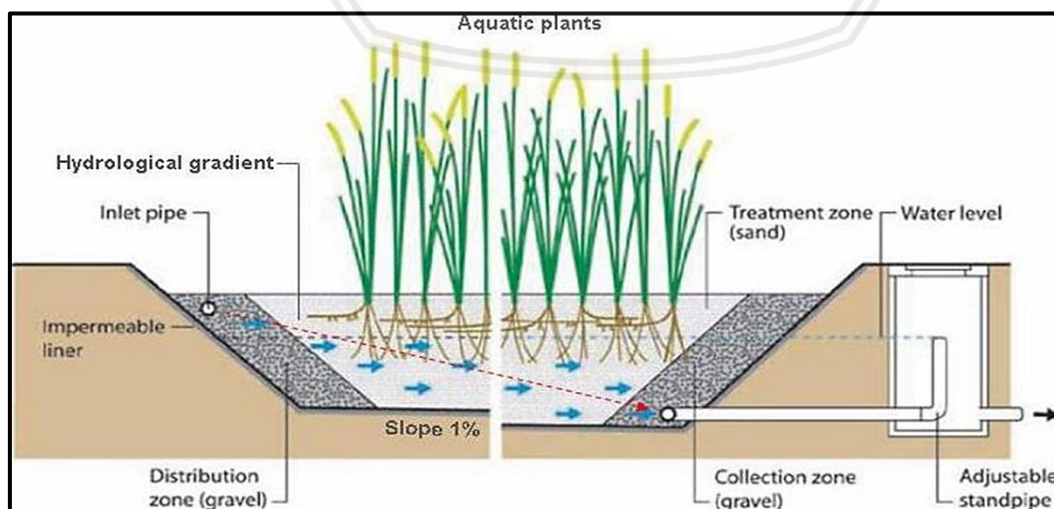
Gambar 2.5 Komponen-Komponen Wetland

Sumber: Adi (2017, p.17)

Terdapat 4 metode agar air bisa menembus lapisan dalam tanah pada *Constructed Wetland*, yakni :

1. Aliran Horizontal atau *Horizontal Flow (HF)*

Air limbah ditampung dalam *inlet* selanjutnya dibiarkan mengalir perlahan melalui media berpori yakni pada lapisan jalur horizontal sampai menuju pada *outlet*. Dengan metode ini efektif dalam menghilangkan polutan organik seperti TSS, BOD dan COD yang berasal dari air limbah.

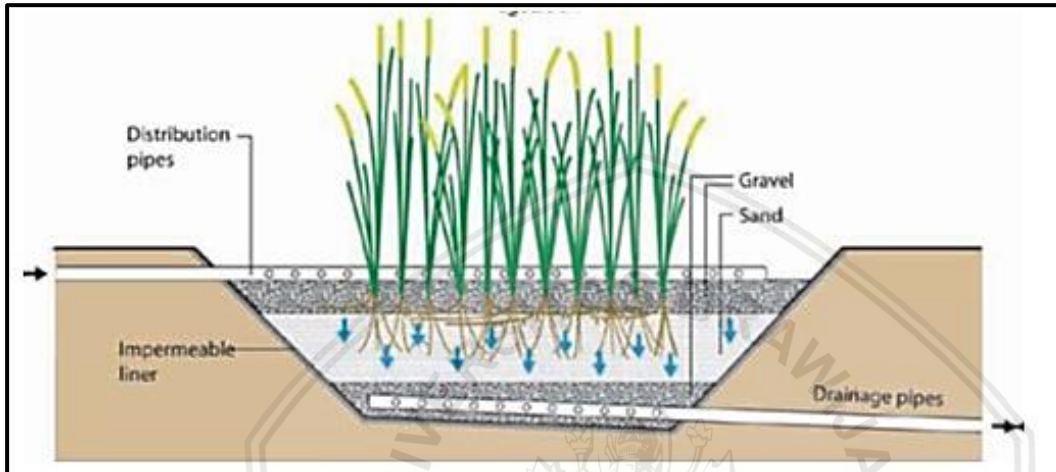


Gambar 2.6 Sistem Aliran Horizontal atau *Horizontal Flow (HF)*.

Sumber: United Nations (2008, p.29)

2. Aliran Vertikal atau Vertical Flow (VF)

Metode *vertical flow* yaitu air limbah pada lahan basah ditampung beberapa waktu untuk selanjutnya dialirkan turun melalui pipa yang ada pada dasar instalasi. Air mengalir dengan bebas melewati lapisan tanah dan memungkinkan timbulnya udara untuk mengisi lapisan tanah tersebut. Keuntungan dari metode ini adalah memungkinkan terjadi transfer oksigen dengan kapasitas besar sehingga nitrifikasi terjadi dengan baik dan hanya membutuhkan ruang yang kecil.

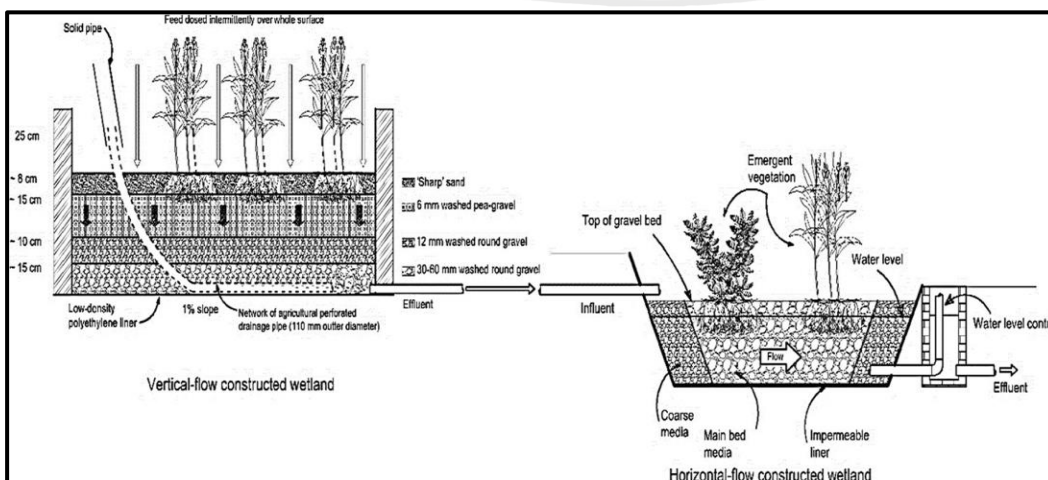


Gambar 2.7 Sistem Aliran Vertikal atau Vertical Flow (VF).

Sumber : United Nations (2008, p.29)

3. Kombinasi atau Hybrid

Metode kombinasi atau *hybrid* merupakan sebuah inovasi baru dalam penerapan *constructed wetland* di lapangan. Metode *hybrid* merupakan penggabungan dari dua jenis bangunan dalam rangka mendapatkan efisiensi yang tinggi untuk pengurangan senyawa nitrogen dalam berbagai jenis air limbah (Kadlec dan Wallace, 2008). Penerapan metode *hybrid* yakni menggunakan penggabungan antara sistem aliran horizontal dengan sistem aliran vertikal pada *constructed wetland*.

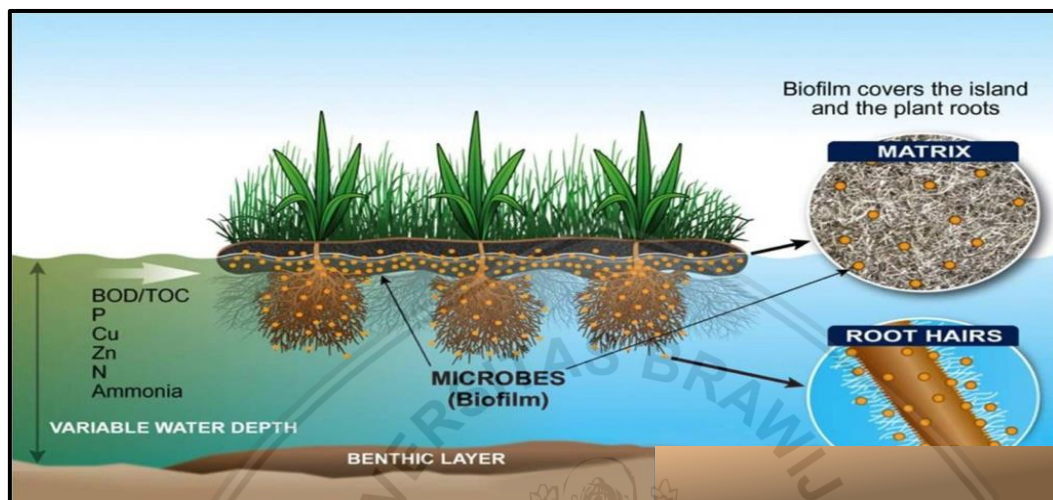


Gambar 2.8 Sistem Aliran Kombinasi atau Hybrid Constructed Wetland

Sumber: Garrigues Philippe, 2013

4. Tanah Basah Mengapung atau *Floating Island Wetland*

Tanah basah mengapung atau *floating island wetland* merupakan metode untuk tanaman mengambang bebas yang sebagian besar media ruang mengambang adalah tanah dan tanaman tumbuh. Metode ini berbeda dengan metode konvensional pada umumnya, dimana mikroba dan tumbuhan dapat tumbuh pada platform mengambang serta akar dari tumbuhan dapat memanjang ke dalam air untuk mengambil nutrisi di perairan.



Gambar 2.9 Metode Tanah Basah Mengapung atau *Floating Island Wetland*.
Sumber: Adi (2017, p.15)

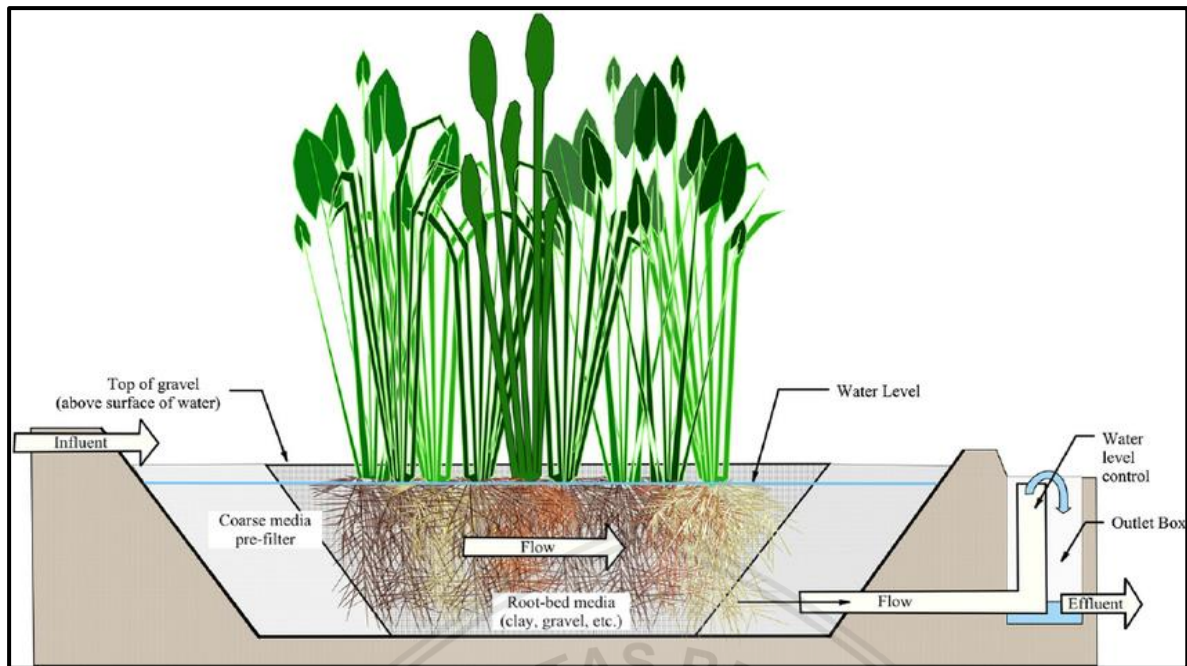
2.6 Tipe-tipe *Constructed Wetland*

Menurut Novotny dan Olem, 1994 yang dikutip oleh Widyastuti dkk, 2005, lahan basah buatan (*constructed wetland*) dapat dibedakan menjadi dua tipe, yaitu :

2.6.1 Sistem Aliran Bawah Permukaan (*Sub-Surface Flow Wetland*)

Sistem Aliran Bawah Permukaan (*Sub-Surface Flow Wetland*) merupakan sistem pengolahan limbah yang relatif baru, akan tetapi telah banyak dikembangkan dan diteliti oleh sejumlah negara dengan bermacam alasan. Menurut Tangahu dan Warmadewanthi (2001) dalam Supradata (2005), pengolahan air limbah dengan sistem ini lebih dianjurkan karena beberapa alasan sebagai berikut :

- Mampu mengolah limbah domestik, pertanian serta sebagian limbah industri.
- Efisiensi pengolahan tinggi (80%).
- Biaya perencanaan, pengoperasian dan pemeliharaan murah dan tidak memerlukan keterampilan yang tinggi.



Gambar 2.10 Sistem Aliran Bawah Permukaan (*Sub-Surface Flow Wetland*)

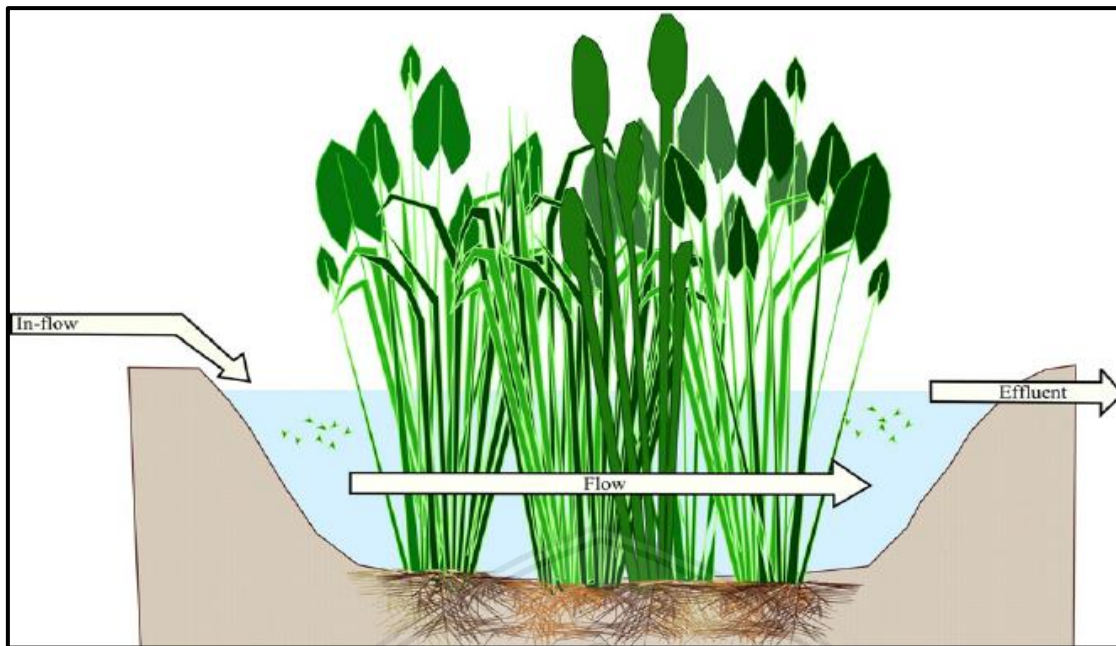
Sumber: Water Flow Constructed Wetland.com diakses pada tanggal 13 Maret 2019

Sebuah pernyataan yang ditulis oleh Haberl dan Langergraber (2002) dalam Supradata (2005), berdasarkan pendekatan teknik maupun efektivitas biaya, sebuah sistem instalasi pengolahan air limbah *subsurface constructed wetland* lebih banyak dipilih karena alasan sebagai berikut :

- Sistem *wetland* seringkali dianggap lebih murah penerapannya dibandingkan dengan alternatif sistem pengolahan limbah yang lainnya.
- Biaya operasional serta pemeliharaan dari sistem ini yang relatif rendah dengan waktu operasionalnya secara periodik.
- Sistem *wetland* mempunyai toleransi yang tinggi terhadap fluktuasi debit air limbah.
- Dapat mengolah air limbah dari berbagai jenis perbedaan polutan maupun konsentrasinya.
- Memungkinkan untuk pelaksanaan pemanfaatan kembali dan daur ulang airnya.

2.6.2 Sistem Aliran Atas Permukaan (*Surface Flow Wetland*)

Sistem aliran atas permukaan merupakan kolam air atau saluran yang dilapisi lapisan dengan *impermeable* dibawah saluran atau kolam. Kolam tersebut berisikan tanah dan kerikil sebagai tempat berkembang tanaman, sistem ini berisikan tanah sebagai tempat berkembang tanaman yang hidup dalam air menggenang (*emergent plant*) dengan kedalaman 0,1m sampai dengan 0,6m (Metclaf and Eddy, 1991).



Gambar 2.11 Sistem Aliran Atas Permukaan (*Surface Flow Wetland*)

Sumber: Water Flow Constructed Wetland.com diakses pada tanggal 13 Maret 2019

Pada sistem aliran atas permukaan, limbah cair melewati permukaan tanah. Proses pengolahan limbah terjadi saat air berpolutan melewati perakaran yang kemudian air limbah diserap oleh akar tanaman dengan bantuan bakteri atau mikroorganisme.

2.6.3 Komponen-komponen *Constructed Wetland*

2.6.3.1 Mikroorganisme

Proses secara biotik, seperti halnya biodradasi dan penyerapan oleh tanaman merupakan bentuk pengurangan polutan cair yang dilakukan oleh bantuan mikroba serta tanaman dalam lahan basah (*Wetland*). Penyerapan polutan oleh mikroorganisme dipengaruhi oleh oksigen yang terdapat dalam air dan tanaman.

2.6.3.2 Tanaman

a. Bambu Air (*Equisetum Hyemale*)

Tanaman hias jenis *Equisetum Hyemale* merupakan tanaman air yang mudah dalam perawatannya. Selain itu, juga memiliki kinerja yang sangat baik dalam penyerapan air limbah dengan sistem pengolahan lahan basah buatan aliran bawah permukaan atau *subsurface flow wetland*. Menurut hasil pengukuran salah satu parameter limbah domestik, tanaman bambu air memiliki efisiensi penurunan kadar BOD rata-rata sebesar 86% serta COD sebesar 84%.

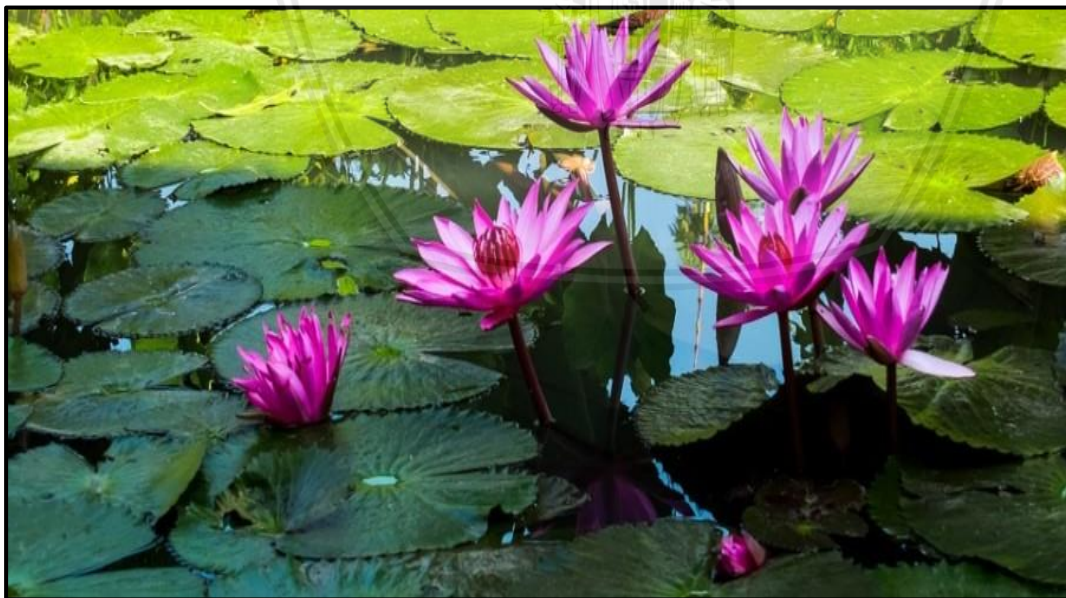


Gambar 2.12 Tanaman Bambu Air (*Equisetum Hyemale*)

Sumber : Equisetum Horsetail Plants.Com diakses tanggal 10 Maret 2019

b. Teratai (*Nymphaea* sp.)

Tanaman teratai dalam kata latin *Nymphaea* sp. efektif dalam mengurangi limbah cair domestik hingga pertanian berdasarkan lamanya waktu perlakuan. Tanaman ini berperan sebagai biofiter limbah cair, dimana terjadi proses penyerapan oleh akar dan batang tanaman air. Penurunan konsentrasi polutan BOD, COD, K serta TSS terjadi pada hari pertama setelah perlakuan dan terus mengalami penurunan sampai hari ketujuh.



Gambar 2.13 Tanaman Teratai (*Nymphaea* sp.)

Sumber: Nymphaea Firecrest.co.id diakses tanggal 10 Maret 2019

c. Melati Air (*Echinodorus Palaefolius*)

Tanaman melati air (*Echinodorus Palaefolius*) merupakan tumbuhan yang zona perakarannya terletak pada dasar perairan dan reproduksinya secara fleksibel (Lectonen, 2009 dalam Prayitno, 2013). Tumbuhan melati air sangat mudah tumbuh apabila terdapat banyak nutrisi dan tidak membutuhkan perawatan yang khusus. Dalam beberapa penelitian yang terdahulu, melati air efektif dalam mengurangi polutan BOD dan COD (Prayitno, 2013)



Gambar 2.14 Tanaman Melati Air (*Echinodorus Palaefolius*)

Sumber: Aquastore Tropica Pot.com diakses tanggal 13 Maret 2019

2.6.3.3 Media Tanam

Media tumbuh tanaman pada *wetland* dengan kata lain substrat berperan sebagai tempat menempelnya mikroorganisme sehingga memperluas permukaan sistem rawa buatan. Peran media tanaman maupun mikroorganisme terhadap pengurangan polutan dalam pengolahan air limbah sistem *Subsurface Flow Wetlands* digambarkan dalam Tabel 2.3.

Tabel 2.3

Peranan Media Tanaman dan Mikroorganisme terhadap pengurangan zat polutan dalam *Sub-Surface Flow Wetlands*

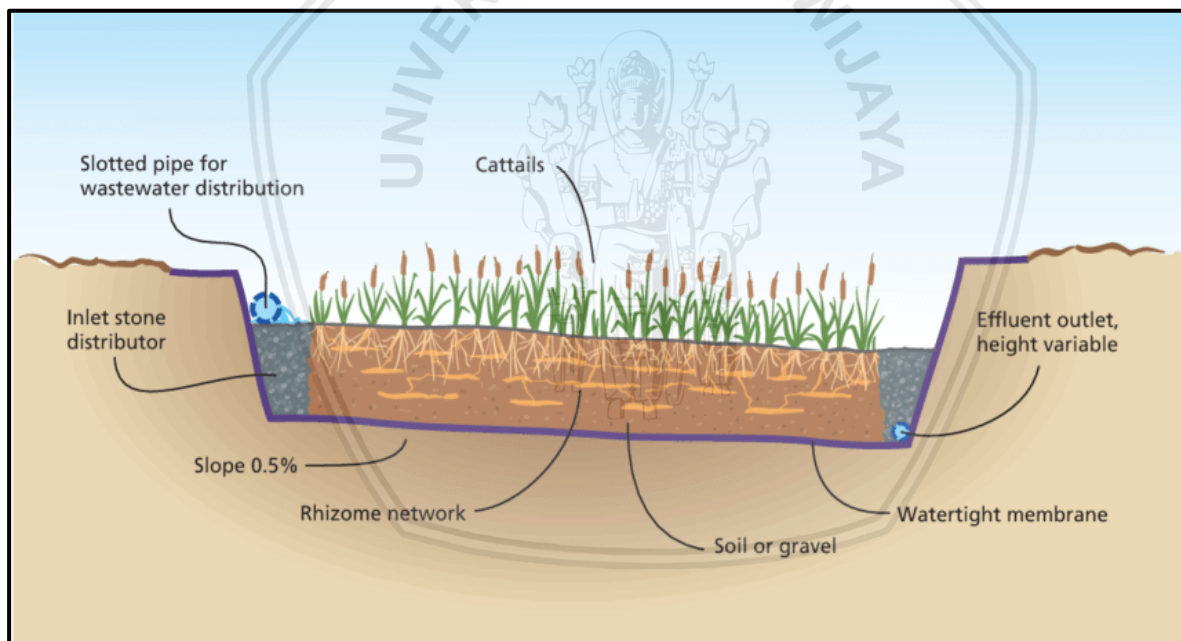
Polutan	Lokasi	Proses
BOD	Akar	Peruraian oleh mikroba
	Media	Peruraian oleh mikroba
	Media	Pengendapan

Lanjutan Tabel 2.3

Peranan Media Tanaman dan Mikroorganisme terhadap pengurangan zat polutan dalam *Sub-Surface Flow Wetlands*

Nitrogen	Daun	Volatilisasi (sebagai N_2 dan N_2O)
	Algae di saluran air	Nitrifikasi
	Akar tanaman	Denitrifikasi
	Tanah, Media	Pengendapan
Phospor	Akar	Peruraian oleh mikrobia
	Akar	Penyerapan
	Media	Sedimentasi
	Media	Adsorpsi

Sumber: Supradata, 2005



Gambar 2.15 Media Tanam

Sumber: Flow Constructed Wetland.com diakses pada tanggal 13 Maret 2019

Jenis-jenis tanaman yang sering digunakan sebagai media penyerapan pada *subsurface flow constructed wetland* merupakan jenis tanaman air yang tahan hidup di air menggenang. Pada umumnya tanaman air tersebut dapat dibagi menjadi 3 (tiga) tipe atau kelompok berdasarkan area tumbuh dalam air (Supradata, 2005). Adapun ketiga tipe tanaman air sebagai berikut :

1. Tanaman yang mencuat ke permukaan air, merupakan tanaman air yang memiliki sistem perakaran pada tanah di dasar perairan dan daun berada jauh diatas permukaan air.
2. Tanaman yang mengambang dalam air, merupakan tanaman air yang seluruh tanaman (akar, batang, daun) berada di dalam air.
3. Tanaman yang mengapung di permukaan air, merupakan tanaman air yang akar dan batangnya berada dalam air, sedangkan daun diatas permukaan air.

2.6.3.4 Kolam Air

Kolam air disesuaikan dengan *influent* limbah dari saluran, karena kolam air sangat berpengaruh terhadap efektivitas lahan basah buatan. Kolam air merupakan bagian dalam *wetland* yang digunakan sebagai tampungan air.

2.7 Metode Analisis Luasan *Constructed Wetland*

2.7.1 Perhitungan Debit

Perhitungan debit merupakan tahapan awal untuk penentuan luasan serta waktu tinggal dalam perencanaan *constructed wetland*. Berikut ini rumus debit:

$$Q = v \times A \dots\dots\dots (2-1)$$

2.7.2 Metode *Reeds*

Metode reed merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mengestimasi kebutuhan area lahan basah buatan (*wetland*) untuk menurunkan nilai BOD (Mitchel *et al.* 1998). Berikut ini merupakan rumus estimasi luasan area lahan basah (*wetland*) menggunakan metode *Reeds*.

$$A = \frac{Q \ln(C_i / C_0)}{K_t d n v} \dots\dots\dots (2-2)$$

$$K_T = K_R \cdot q_r^{(T_w - T_r)} \dots\dots\dots (2-3)$$

Dimana :

A	=	Luasan area lahan basah buatan (m ²)
Q	=	Debit air pada influen (m ³ d ⁻¹)
C _i	=	Konsentrasi polutan pada <i>influent</i> (mg L ⁻¹)
C ₀	=	Konsentrasi polutan pada <i>effluent</i> (mg L ⁻¹)
d	=	Kedalaman air pada lahan basah buatan (m)
K _T	=	Konstanta pada temperature lahan basah buatan per hari (°C)
nv	=	Porositas media (%)
K _r	=	Konstanta pada temperature referensi

Tr	=	Temperatur referensi (20°C)
Tw	=	Temperatur limbah dalam <i>wetland</i>
qr	=	Debit referensi

2.7.3 Metode *Kadlec dan Knight*

Desain dengan menggunakan metode *Kadlec & Knight* menganggap untuk semua polutan menggunakan aliran *plug flow* (Kadlec & Knight, 1996 dalam Suswati Anna, 2012). Adapun persamaan rumus untuk menentukan luas area *wetland* adalah sebagai berikut:

$$C^* = 3,5 + 0,053 C_i \dots\dots\dots(2-4)$$

$$A_s = \frac{365 \cdot Q}{k} \ln \left(\frac{C_e - C^*}{C_i - C^*} \right) \dots\dots\dots(2-5)$$

Dimana :

As	=	Luas area
Ce	=	target konsentrasi polutan pada effluent (mg/L)
Ci	=	konsentrasi polutan acuan influent (mg/L)
C*	=	konsentrasi polutan acuan BOD
k	=	konstanta laju pada tahap pertama (m/yr)
Q	=	debit rata-rata limbah yang melalui <i>wetland</i>

Tabel 2.4

Nilai Parameter untuk Perencanaan *Subsurface Constructed Wetland* pada Rumus *Kadlec & Knight* (1996)

Parameter	BOD
k ₂₀ (m/yr)	180
Q	1,00
C* (mg/L)	3,5 + 0,053 Ci

Sumber : Mitchell (1998) dalam Suswati Anna, 2012

2.7.4 Metode *Crites dan Tchobanoglus*

Constructed Wetland dengan sistem *subsurface* menghasilkan *effluent* dengan kualitas tinggi dalam menurunkan nilai BOD, TSS serta *pathogen* (Crites, R dan G.Tchobanoglus 1998 dalam Suswati Anna 2012). Dalam penelitian ini untuk menganalisis kecukupan luasan *constructed wetland* dilakukan dengan hasil pengukuran BOD. Penurunan nilai BOD berkaitan dengan *Hydraulic Rate Time* dan temperatur.

$$HRT = \frac{V}{Q} = \frac{A \cdot d_w}{Q} \dots\dots\dots (2-6)$$

$$k_T = k_{20}(1,06^{(t-20)}) \dots\dots\dots (2-7)$$

$$HRT = \frac{-\ln(\frac{C}{C_o})}{k_T} \dots\dots\dots (2-8)$$

$$A = \frac{Q \cdot HRT}{d_w} \dots\dots\dots (2-9)$$

Dimana :

HRT	=	waktu tinggal (hari)
Q	=	debit (m ³ /hari)
V	=	volume <i>constructed wetland</i>
A	=	luas TTA (m ²)
d _w	=	kedalaman media (m)
C	=	konsentrasi polutan pada outlet pada saat pengukuran (mg/L)
Co	=	konsentrasi polutan pada inlet pada saat pengukuran (mg/L)

2.7.5 Ukuran Berdasarkan Persamaan

Wetland diukur berdasarkan persamaan Kickuth sebagai berikut :

$$A_h = \frac{Q_d (\ln C_i - \ln C_e)}{K_{BOD}} \dots\dots\dots (2-10)$$

Dimana :	A _h	=	Surface area of bed (m ²)
	Q _d	=	Average daily flow rate of sewage (m ³ /d)
	C _i	=	influent BOD concentration (mg/l)
	C _e	=	effluent BOD concentration (mg/l)
	K _{BOD}	=	rate constant (m/d)

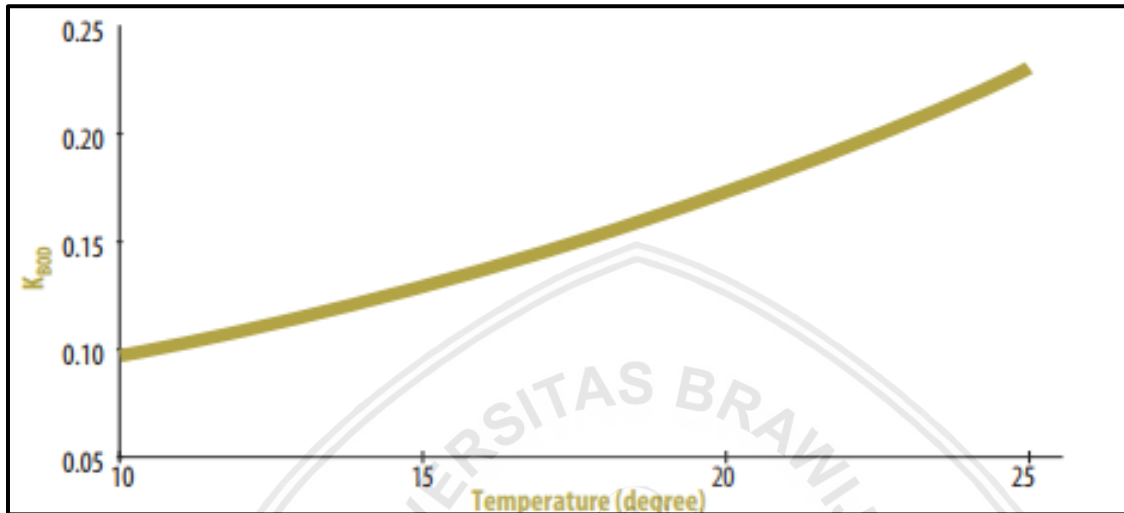
K_{BOD} merupakan determinan dari K_{Tdn},

Dimana :	K _T	=	K ₂₀ (1.06) ^(T-20)
	K ₂₀	=	tingkat tetapan pada 20 °C (d ⁻¹)
	T	=	suhu operasional sistem (°C)
	d	=	kedalaman kolam air (m)
	n	=	porosity of the substrate medium (persentase dinyatakan sebagai fraksi)

K_{BOD} tergantung dengan suhu dan laju degradasi BOD umumnya meningkat 10%/°C. Dengan demikian konstanta laju reaksi untuk degradasi BOD diperkirakan akan lebih tinggi selama musim panas daripada musim dingin. Juga telah diteliti bahwa K_{BOD} meningkat dengan bertambahnya usia bangunan (United Nations, 2008, p.19).

a. K_{BOD} Wetland Aliran Horizontal

Dari Gambar 2.16 menunjukkan K_{BOD} untuk wetland aliran horizontal yang telah diplot dalam grafik berdasarkan persamaan untuk suhu mulai dari 10°C hingga 25°C. Kedalaman wetland aliran horizontal menunjukkan 40 cm dan porositas substrat 40%. Dan untuk nilai K_{20} adalah 1.1 d⁻¹.

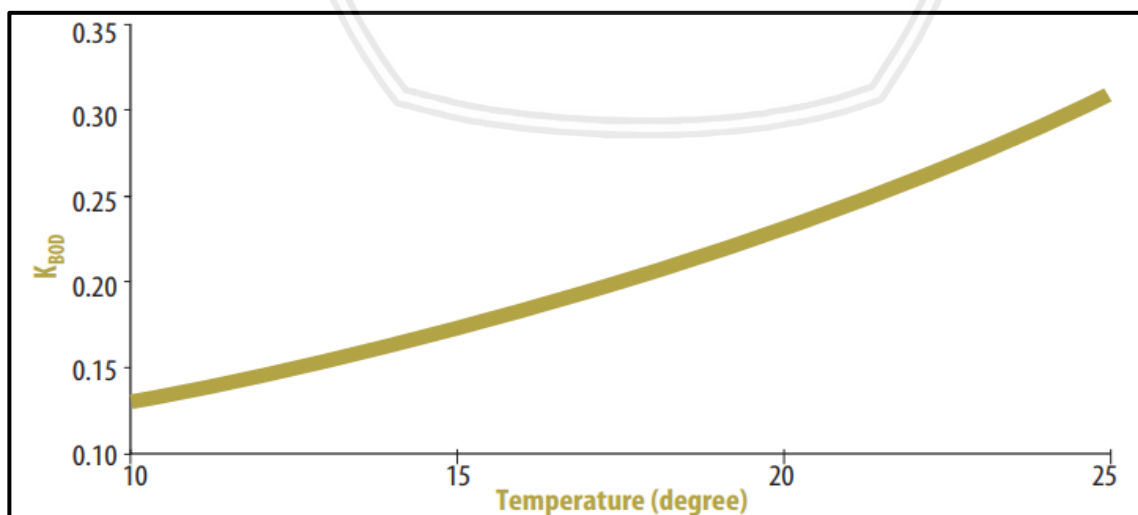


Gambar 2.16 Grafik K_{BOD} Wetland Aliran Horizontal

Sumber: United Nations (2008, p.19)

b. K_{BOD} Wetland Aliran Vertikal

Dari Gambar 2.17 K_{BOD} untuk wetland aliran vertikal yang telah diplot dalam grafik berdasarkan persamaan untuk suhu mulai dari 10°C hingga 25°C. Kedalaman wetland aliran vertikal menunjukkan 70 cm dan porositas substrat 30%. Dan untuk nilai K_{20} adalah 1.1 d⁻¹.



Gambar 2.17 Grafik K_{BOD} Wetland Aliran Horizontal

Sumber : United Nations (2008, p.20)

2.7.6 Area Penampang Dasar

Dimensi dari area penampang dasar berasal dari hukum Darcy dan harus memberikan aliran bawah permukaan melalui krikil dibawah kondisi aliran rata-rata. Ada dua asumsi penting dibuat dalam menerapkan formula sebagai berikut:

1. Gradien hidraulik dapat digunakan sebagai pengganti kemiringan.
2. Konduktivitas hidraulik akan stabil pada 10^{-3} m/s pada wetland.

Yang ditunjukkan dalam persamaan berikut :

$$A_c = Q_s / K_f (dH/ds) \dots\dots\dots (2-11)$$

Dimana :

A_c	=	area penampang melintang (m^2)
Q_s	=	aliran rata-rata (m^3/s)
K_f	=	konduktivitas hidraulik dari dasar yang berkembang sepenuhnya (m/s)
dH/ds	=	slope dasar (m/m)

Untuk kerikil bertingkat nilai K_f dari 1×10^{-3} hingga 3×10^{-3} m/s biasanya dipilih dH/ds 1%.

2.8 Efektivitas Pengurangan Parameter Limbah

Kinerja *Constructed Wetland* bisa dilihat dari kemampuannya menurunkan kadar pencemar atau parameter pencemar (Suswati Anna, 2013). Kemampuan dari kinerja juga dapat disebut sebagai efektivitas, yang ditunjukkan dalam persentase. Adapun rumus yang dapat digunakan sebagai perhitungan efektivitas dari parameter BOD, COD, TSS, pH, N, P dan K adalah sebagai berikut :

$$Eff = \frac{\text{inlet wetland} - \text{outlet wetland}}{\text{inlet wetland}} \times 100\% \dots\dots\dots (2-12)$$

Dalam beberapa penelitian yang terdahulu menunjukkan bahwa hasil persentase penurunan polutan misal pada parameter BOD dapat mencapai efektifitas 60% hingga 99,7% (Raude *et al.*, 2009 dalam Suswati Anna, 2013)

2.9 Studi Literatur

Kajian ini didasari dengan melakukan pencarian literature buku, penelusuran internet ataupun jurnal yang terdahulu untuk memilih metode yang tepat untuk dapat diterapkan pada lokasi studi. Studi terdahulu terkait dengan constructed wetland dan IPAL ditunjukkan dalam Tabel 2.5

Tabel 2.5
Studi Terdahulu Terkait dengan *Constructed Wetland* dan IPAL

No.	Peneliti	Judul	Perbedaan		
			Metode yang digunakan Peneliti Terdahulu	Lokasi Penelitian Terdahulu	Penelitian Saya
1.	Monik Kasman Peppy Herawati Niken Aryani	Pemanfaatan Tumbuhan Melati Air (<i>Echinodorus Palaeifolius</i>) dengan Sistem <i>Constructed Wetlands</i> untuk Pengolahan <i>Grey Water</i>	Esperimen <i>Subsurface Constructed Wetland</i> dengan tanaman Melati Air	Saluran Buangan Kampus Universitas Batanghari	- Lokasi Studi yang saya ambil berada di Saluran Drainase SMPN 13 Kota Malang - Metode yang saya gunakan yakni <i>Subsurface Constructed Wetland</i> Aliran Horizontal
2.	Candra Widarusanto Moh. Sholichin Gunawan Wibisono	Penggunaan Metode <i>Wetland</i> untuk Meningkatkan Kinerja IPAL Salah Satu Rumah Sakit di Kota Malang	<i>Subsurface Constructed Wetland</i>	Rumah Sakit di Kota Malang	- Lokasi Studi yang saya ambil berada di Saluran Drainase SMPN 13 Kota Malang - Metode yang saya gunakan yakni <i>Subsurface Constructed Wetland</i> Aliran Horizontal
3.	Ahmad Saifodin Sarwoko Mangkoedihardjo	Desain IPAL Pengolahan <i>Grey Water</i> Dengan Teknologi <i>Subsurface Flow Constructed Wetland</i> di Rusunawa Grudo Surabaya	<i>Subsurface Constructed Wetland</i> dengan tanaman <i>Cyperus Alternifolius</i>	Rusunawa Grudo Kota Surabaya	- Lokasi Studi yang saya ambil berada di Saluran Drainase SMPN 13 Kota Malang - Metode yang saya gunakan yakni <i>Subsurface Constructed Wetland</i> Aliran Horizontal
4.	Dharma Yoga Eko Hartni	Efektivitas Tanaman Teratai dan Eceng Gondok dalam Menurunkan Kadar BOD Pada Limbah Cair Industri Tahu	Metode Fitoremediasi tanaman Teratai dan Eceng Gondok	Industri Pembuatan Tahu	- Lokasi Studi yang saya ambil berada di Saluran Drainase SMPN 13 Kota Malang - Metode yang saya gunakan yakni <i>Subsurface Constructed Wetland</i> Aliran Horizontal

Lanjutan Tabel 2.5
Studi Terdahulu Terkait dengan Constructed Wetland dan IPAL

No.	Peneliti	Judul	Perbedaan		
			Metode yang digunakan Peneliti Terdahulu	Lokasi Penelitian Terdahulu	Penelitian Saya
5.	Anna Catharina Gunawan Wibisono	Pengolahan Limbah Domestik dengan Teknologi Taman Tanaman Air (<i>Constructed Wetland</i>)	<i>Subsurface Constructed Wetland</i> aliran Horizontal	-	- Lokasi Studi yang saya ambil berada di Saluran Drainase SMPN 13 Kota Malang - Metode yang saya gunakan yakni <i>Subsurface Constructed Wetland</i> Aliran Horizontal
6.	Sri Styasmi	Lahan Basah Buatan Sebagai Pengolah Limbah Cair dan Penyedia Air Non-Konsumsi	Gabungan <i>Wetland</i> dan Adsorpsi	Air Limbah dari Industri kulit di Yogyakarta	- Lokasi Studi yang saya ambil berada di Saluran Drainase SMPN 13 Kota Malang - Metode yang saya gunakan yakni <i>Subsurface Constructed Wetland</i> Aliran Horizontal
7.	Anna Catharina Gunawan Wibisono Aniek Masrevaniah Diana Arfiati	Analisis Luasan <i>Constructed Wetland</i> Menggunakan Tanaman Iris dalam Mengolah Air Limbah Domestik (<i>Greywater</i>).	Analisis kecukupan luasan dengan metode Reed, Kadlec & Knight, Crites & Tchobanoglous	-	- Lokasi Studi yang saya ambil berada di Saluran Drainase SMPN 13 Kota Malang - Metode yang saya gunakan yakni <i>Subsurface Constructed Wetland</i> Aliran Horizontal

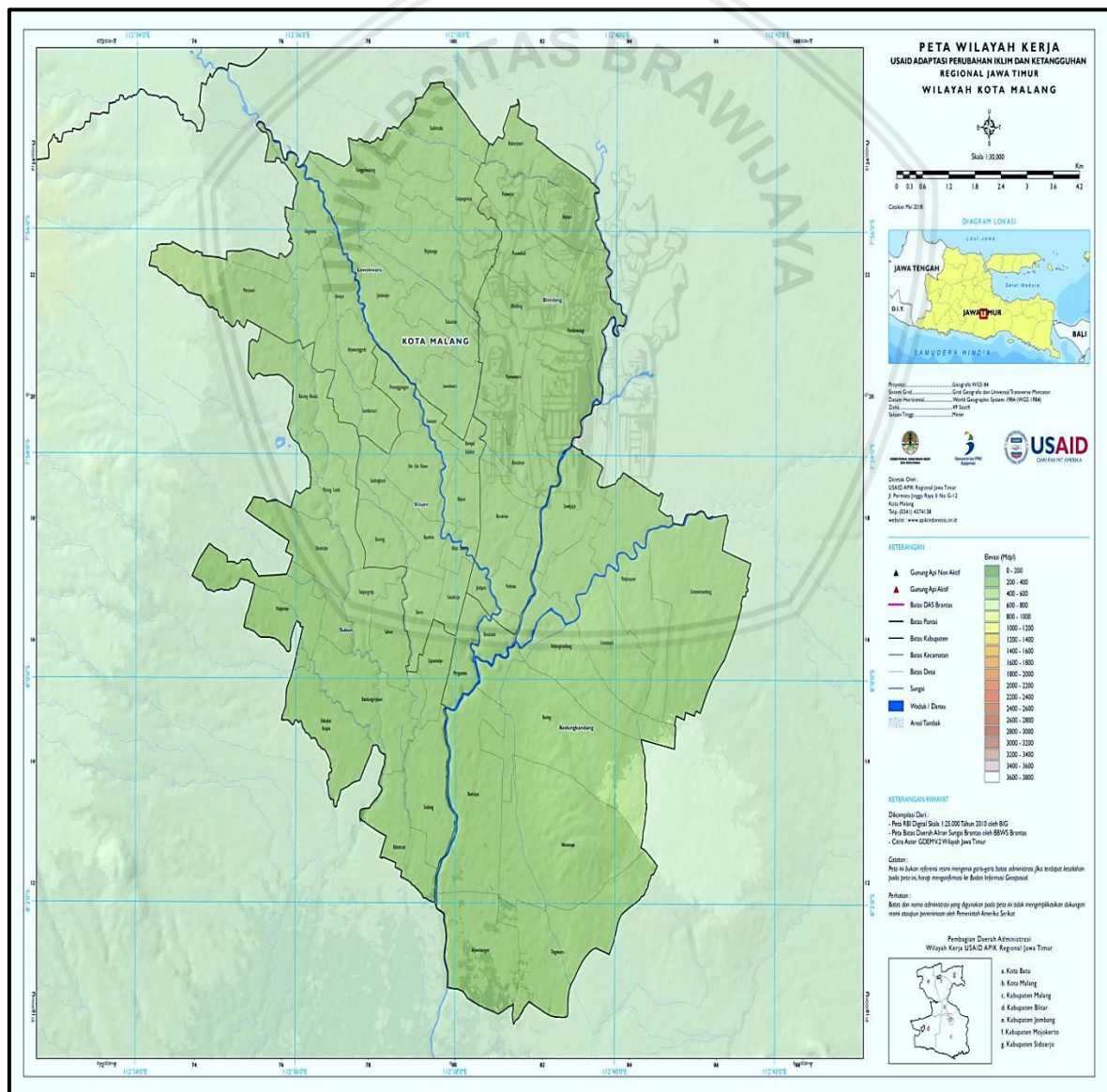
Halaman ini sengaja dikosongkan



BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Studi

Lokasi studi Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Menggunakan Metode *Wetland* terletak di SMP Negeri 13 Kota Malang yang beralamat di Jl. Sunan Ampel 2, RT.9/RW.2, Dinoyo, Kecamatan Lowokwaru, Kota Malang, yang secara geografis terletak antara $7^{\circ}56'55,8''$ LS dan antara $112^{\circ}36'26,6''$ BT. Peta lokasi Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) dengan metode *constructed wetland* ditunjukkan dalam Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Peta Wilayah Kota Malang

Sumber : malangkota.go.id/peta diakses pada tanggal 25 Februari 2019



Gambar 3.2 Peta Lokasi Studi melalui Google Earth
Sumber : Google Earth, 2019

3.2 Data-data yang Dibutuhkan

Data-data yang diperlukan dalam melakukan studi ini meliputi data primer serta data sekunder terkait dengan perencanaan IPAL pada SMPN 13 Kota Malang. Data yang dibutuhkan yakni :

1. Data debit aliran air pada saluran, merupakan debit yang mengalir pada saluran di SMPN 13 Kota Malang. Aliran yang mengalir berasal dari DAM Sengkaling saluran sebelah kanan kemudian mengalir menuju ke sungai sekunder dan tersier di saluran yang berada di SMPN 13 Kota Malang.
2. Data sampel kualitas air pada saluran yang terdapat di lokasi studi SMPN 13 Kota Malang, merupakan data untuk diujikan di Laboratorium Air Tanah Teknik Pengairan. Meliputi sampel *inlet* dan *outlet* pada saluran dengan parameter BOD, COD, TSS, pH, N, P dan K.
3. Data ukuran dimensi saluran, merupakan dimensi saluran yang terdapat pada SMPN 13 Kota Malang. Data-data pada dimensi yakni, meliputi panjang saluran, lebar saluran, serta kedalaman saluran.

3.3 Alat-alat yang digunakan

1. Gayung

Gayung digunakan sebagai alat untuk memasukkan air sampel ke dalam botol steril.



Gambar 3.3 Gayung

Sumber : Alfacart.com (diakses pada tanggal 21 Juli 2019)

2. Botol Steril

Botol steril digunakan sebagai wadah sampel air yang diambil dari lokasi studi yang akan diujikan di Laboratorium. Botol steril harus dalam keadaan bersih dengan cara dicuci dengan air biasa dan kemudian dicuci dengan air sampel sebanyak 3 kali supaya kondisinya menyerupai sampel air.

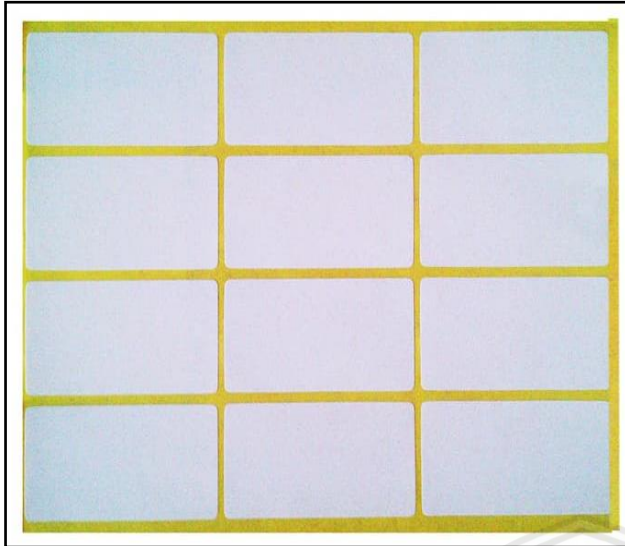


Gambar 3.4 Botol Steril

Sumber : Dokumen Pribadi

3. Kertas Label

Kertas label digunakan untuk menandai serta menamai sampel air yang berada pada botol steril.



Gambar 3.5 Kertas Label
Sumber : Dokumen Pribadi

4. Kotak Pendingin

Kotak pendinginan digunakan untuk menyimpan botol yang telah berisi sampel air. Alat ini dapat digunakan untuk menyimpan sampel air pada suhu $4^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ agar sampel air tidak berubah sifat fisik dan karakteristiknya.



Gambar 3.6 Kotak Pendingin
Sumber: Dokumentasi Pribadi

3.4 Langkah-langkah Penyelesaian Tugas Akhir

3.4.1 Identifikasi Masalah

Melakukan peninjauan langsung pada lokasi studi di SMPN 13 Kota Malang dengan melihat serta mengukur berbagai aspek, seperti: melihat kondisi eksisting saluran, mengukur dimensi saluran, mengukur debit aliran, serta melihat secara fisik kondisi kualitas air pada saluran.



Gambar 3.7 Inlet Saluran
Sumber : Dokumentasi Pribadi



Gambar 3.8 Kondisi Saluran
Sumber : Dokumentasi Pribadi

3.4.2 Teknik Pengumpulan Data

- a. Melakukan pengukuran saluran yakni dengan menggunakan rol meter untuk mengetahui panjang saluran, lebar saluran serta kedalaman saluran yang terdapat di - SMPN 13 Kota Malang.
- b. Melakukan pengukuran debit air pada saluran dengan menggunakan pelampung, yakni dengan luasan tertentu dan waktu tertentu untuk mengetahui debit yang mengalir pada

saluran.

- c. Melakukan pengambilan sampel pada *inlet* serta *outlet* pada bangunan IPAL di lokasi studi dan selanjutnya dimasukkan pada botol steril yang telah diberi label kemudian diujikan pada Laboratorium Pengolahan Air Tanah Jurusan Teknik Pengairan untuk mengetahui parameter kualitas air yang diuji. Hasil pengujian sampel awal pada *inlet* ditunjukkan pada Tabel 3.1

Tabel 3.1
Hasil Pengujian Sampel Awal Pada *Inlet*

No.	Parameter	Alat Ukur	Satuan	Hasil Analisa	Standar Air Kelas II
1.	pH	pHmeter	-	7,82	6-7
2.	BOD	Volumetri	Mg/L	21,1	3
3.	COD	Volumetri	Mg/L	32	25
4.	TSS	TSSmeter	Mg/L	70	50
5.	Nitrit	Spektrofotometri	Mg/L	11,6	10
6.	Phosphat	Spektrofotometri	Mg/L	3,39	0,2
7.	K	Atomic Absorption Spectroscopy	Mg/L	2,96	(-)

Sumber: Laboratorium Pengolahan Air Tanah, 2019

3.4.3 Prosedur Penelitian

Penelitian dilakukan pada saat musim kemarau karena di asumsikan pada saat musim kemarau air tidak akan tercampur oleh bahan pelarut lainnya serta pada saat pengambilan sampel dalam kondisi cuaca yang cerah dan tidak terjadi hujan agar didapatkan hasil penelitian yang maksimal. Prosedur dalam penelitian terbagi dari berbagai tahap, sebagai berikut :

- a. Menyiapkan media tanam seperti pasir dan kerikil untuk dimasukkan kedalam bak reaktor *wetland*.
- b. Menyiapkan dan memilah tanaman air untuk *wetland* seperti teratai, melati air dan bambu air yang memiliki ketinggian dan rumpun yang sama.
- c. Melakukan aklimatisasi atau adaptasi tanaman dengan cara memberikan limbah cair yang berasal dari saluran yang berada di SMPN 13 Kota Malang dengan konsentrasi 50% sampai 100% yakni selama 7 hari sampai 14 hari (Supradata, 2012).

- d. Pengisian limbah cair sampai batas ketinggian yang telah ditentukan pada media *wetland*, yakni dengan mengalirkan air saluran pada *wetland*. Untuk menghindari air meluap, debit pada saluran diatur sehingga air pada *outlet* keluar dengan sesuai.
- e. Pengambilan sampel air dilakukan pada pagi hari (pukul 07.00 WIB) serta sore hari (Pukul 17.00 WIB) selama 3 kali pengambilan, dengan rentang waktu 10 sampai dengan 24 jam. Karena waktu-waktu tersebut merupakan jam puncak pemakaian air serta telah ditentukan dengan perhitungan waktu tinggal (Supradata, 2012).
- f. Melakukan pengambilan sampel limbah cair dengan cara menempatkan dalam botol steril sebanyak 1 liter air pada *inlet* dan *outlet*, kemudian dimasukkan dalam *ice box* agar suhu limbah cair tetap terjaga. Pengambilan sampel limbah cair sesuai dengan SNI 6989.59 : 2008.
- g. Sampel limbah cair yang telah didapat selanjutnya diujikan kandungannya sesuai dengan parameter yang diteliti di Laboratorium Air Tanah Teknik Pengairan.

3.4.4 Analisis Data

- a. Karakteristik awal lokasi studi dan limbah cair, melakukan pengambilan sampel awal selanjutnya menjelaskan secara deskriptif serta disajikan dalam bentuk tabel dengan menggunakan metode deskriptif kualitatif.
- b. Melakukan pengambilan sampel I untuk mendapatkan hasil pengujian parameter kualitas air dari Laboratorium dengan membandingkan data kualitas air limbah terhadap Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001.
- c. Perhitungan debit air limbah yang akan masuk kedalam area *wetland*.
- d. Analisis kecukupan luasan area *wetland* yakni melakukan perhitungan untuk penentuan model serta luasan instalasi pengolahan air limbah (IPAL) *wetland* dengan menggunakan berbagai metode yang ada, untuk hal ini metode yang dipakai yakni metode *Kadlec & Knight* serta metode *Crites & Tchobanoglous* dikarena sudah memenuhi data yang ada.
- e. Melakukan pengecekan penurunan kandungan bahan pencemar pada lokasi studi, yakni dengan analisis data menggunakan perbandingan baku mutu air kualitas air kelas II terhadap Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001.

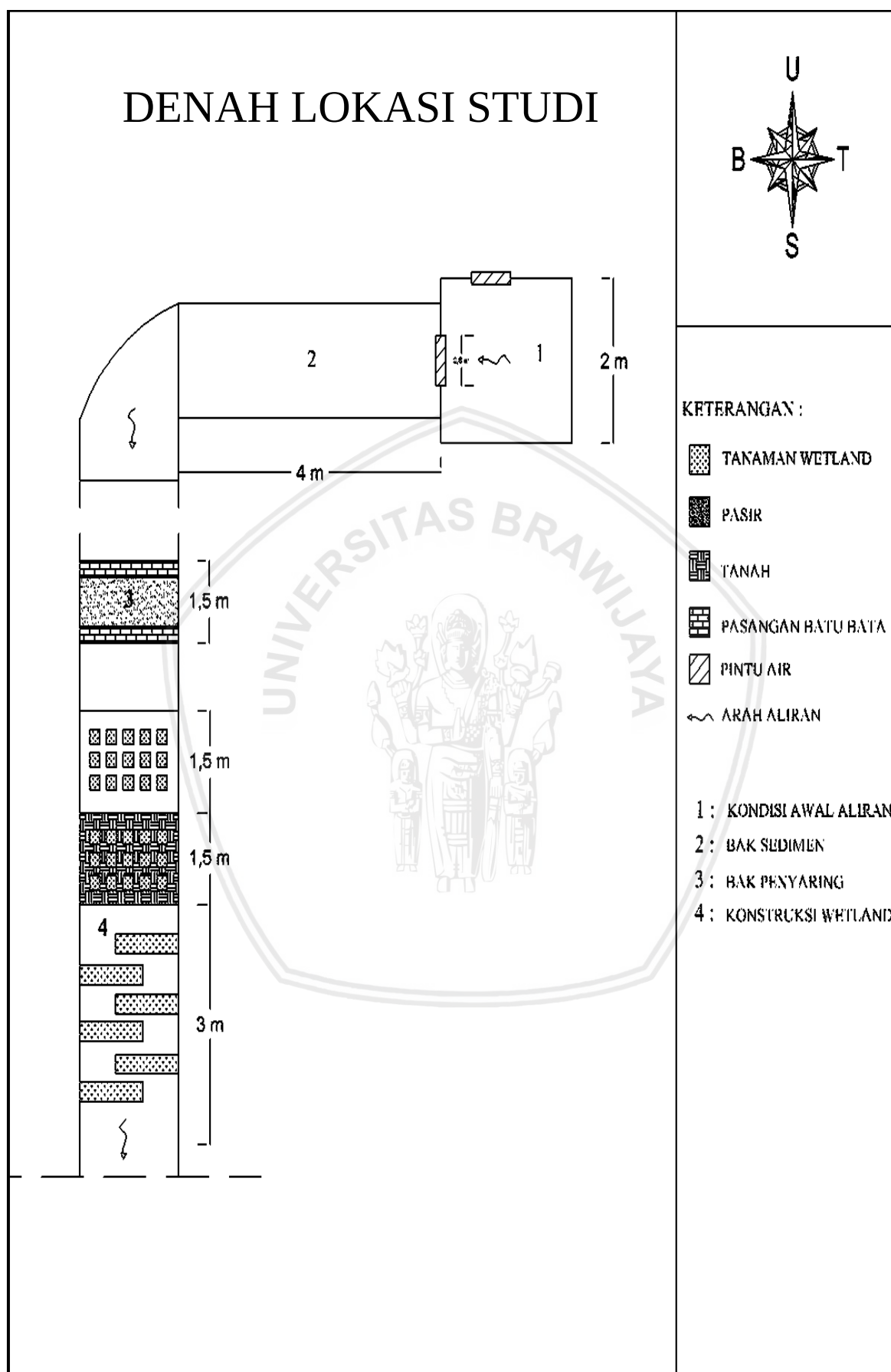
3.4.5 Rekomendasi

Rekomendasi dilakukan supaya hasil dari studi ini dapat dijadikan acuan untuk diterapkan dalam proses pembuatan ataupun penerapan dari Instalasi Pengolahan Air Limbah dengan menggunakan metode *constructed wetland*.

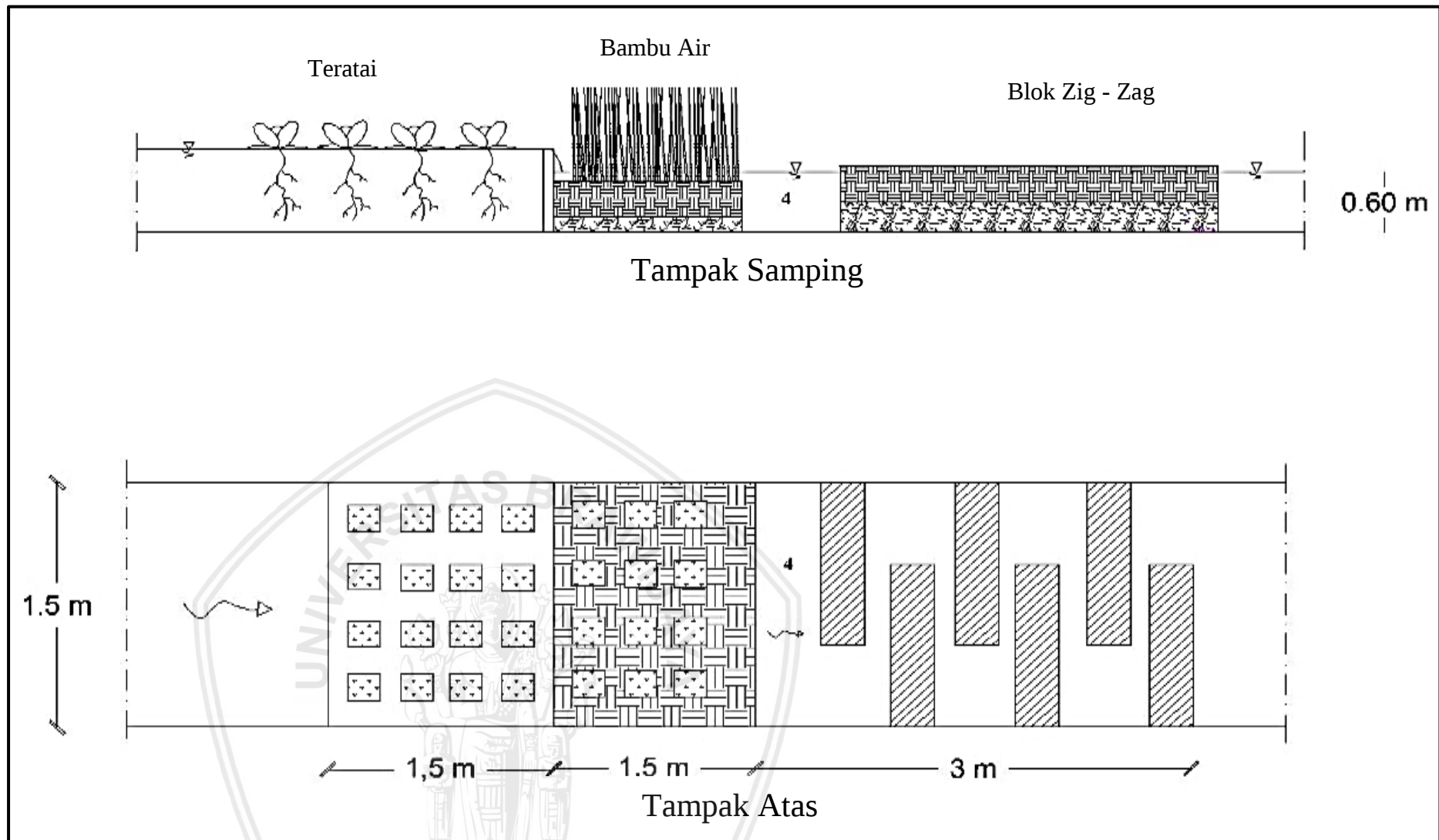
3.5 Desain IPAL Metode *Wetland*

1. Dalam perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah dengan menggunakan Metode *wetland*, apapun jenis *influent* yang masuk ke dalam bangunan *wetland* akan mengalami kegagalan pada *treatment* awal, karena air limbah yang mengalir belum terproses ataupun hanya terproses sebagian di dalam sistem *wetland*. Maka dari itu desain *inlet* dan *outlet* dari *constructed wetland* direncanakan untuk menangkap dan menampung aliran limbah. Desain disesuaikan dengan adanya lahan yang cukup untuk menampung limbah yang mengalir pada *wetland*. Denah lokasi studi serta rancangan desain Instalasi Pengolahan Air Limbah dengan menggunakan metode *wetland* pada SMPN 13 Kota Malang ditunjukkan dalam *Gambar 3.9* dan *Gambar 3.10*.





Gambar 3.9 Denah Lokasi Studi
 Sumber:Penulis,2019



Gambar 3.10 Desain IPAL Metode Wetland Tampak Samping dan Tampak Atas

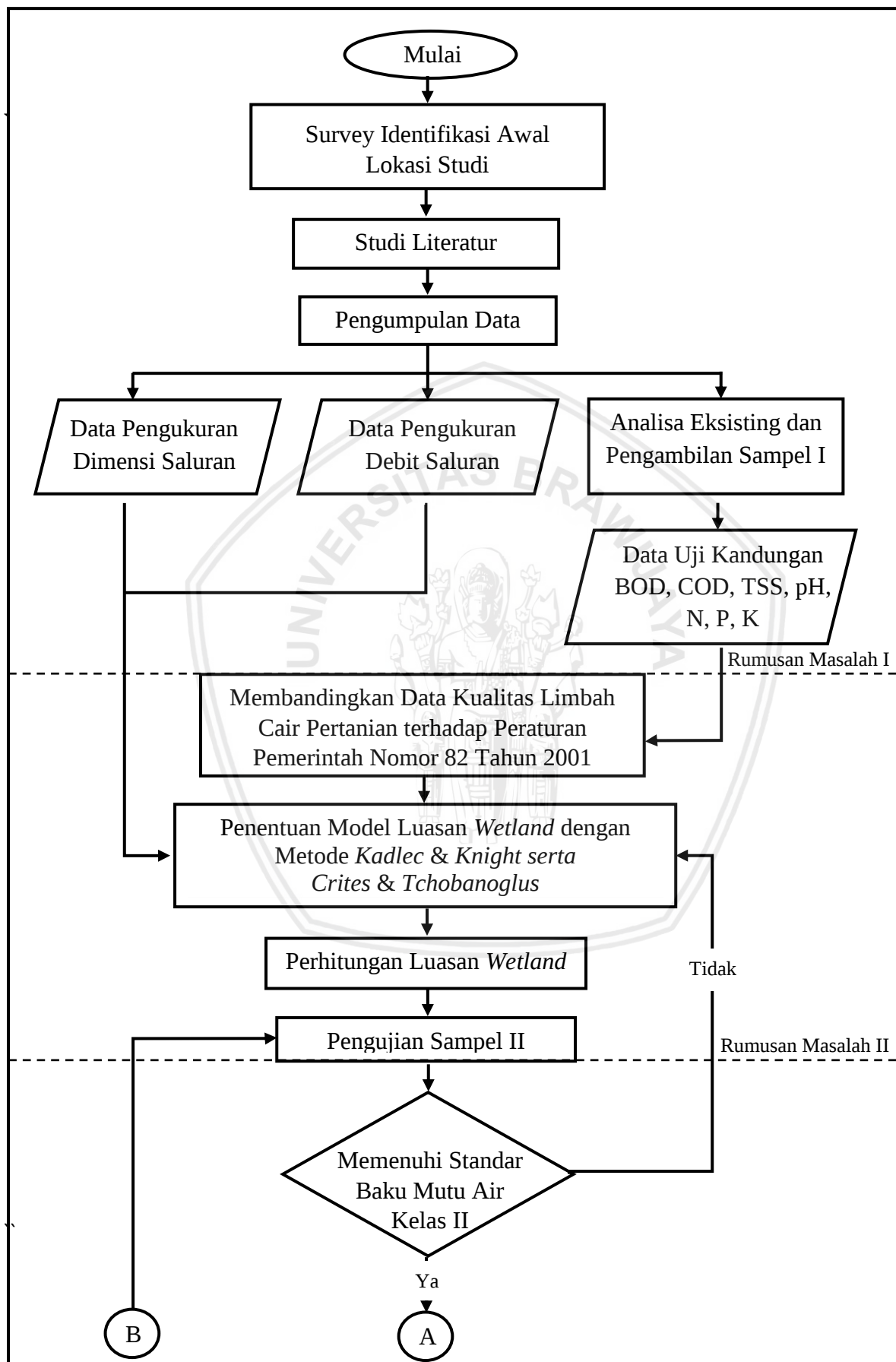
Sumber : Penulis, 2019

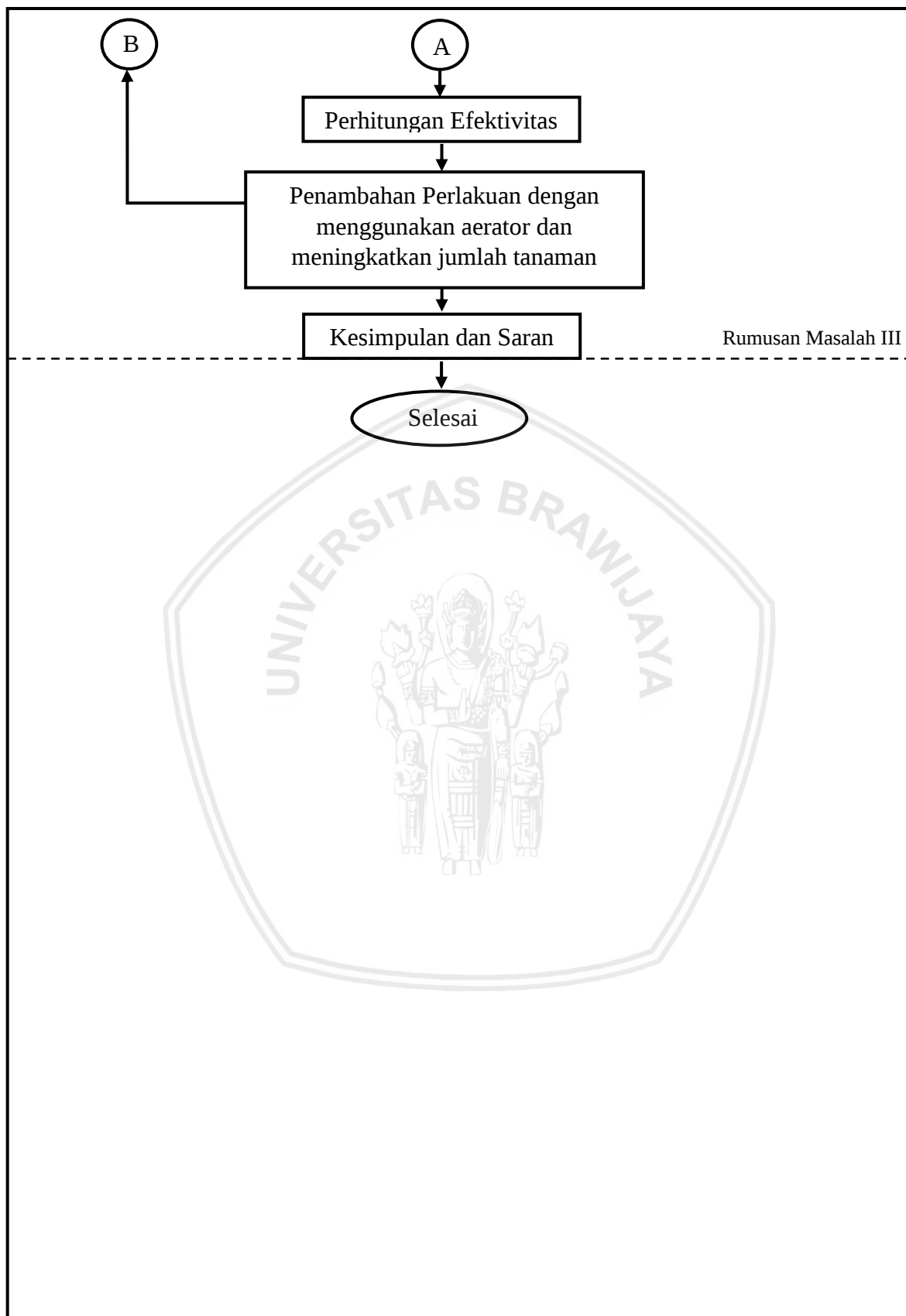
2. Operasi dan pemeliharaan harus dilakukan apabila terjadi kegagalan dalam *treatment* awal, karena waktu tinggal pada *wetland* relatif lama untuk mengurangi polutan kimia, fisika dan biologi yang cukup banyak. *Constructed wetland* mampu menahan dampak *influent* yang signifikan. Pada bagian *inlet* kebutuhan terpenting adalah pembagian aliran secara merata dalam setiap kolam *wetland*. Semakin kecil jarak maka semakin baik pula pembagian alirannya, itu dirancang untuk pemeliharaan yang mudah.

3.6 Diagram Alir Pengerjaan Skripsi

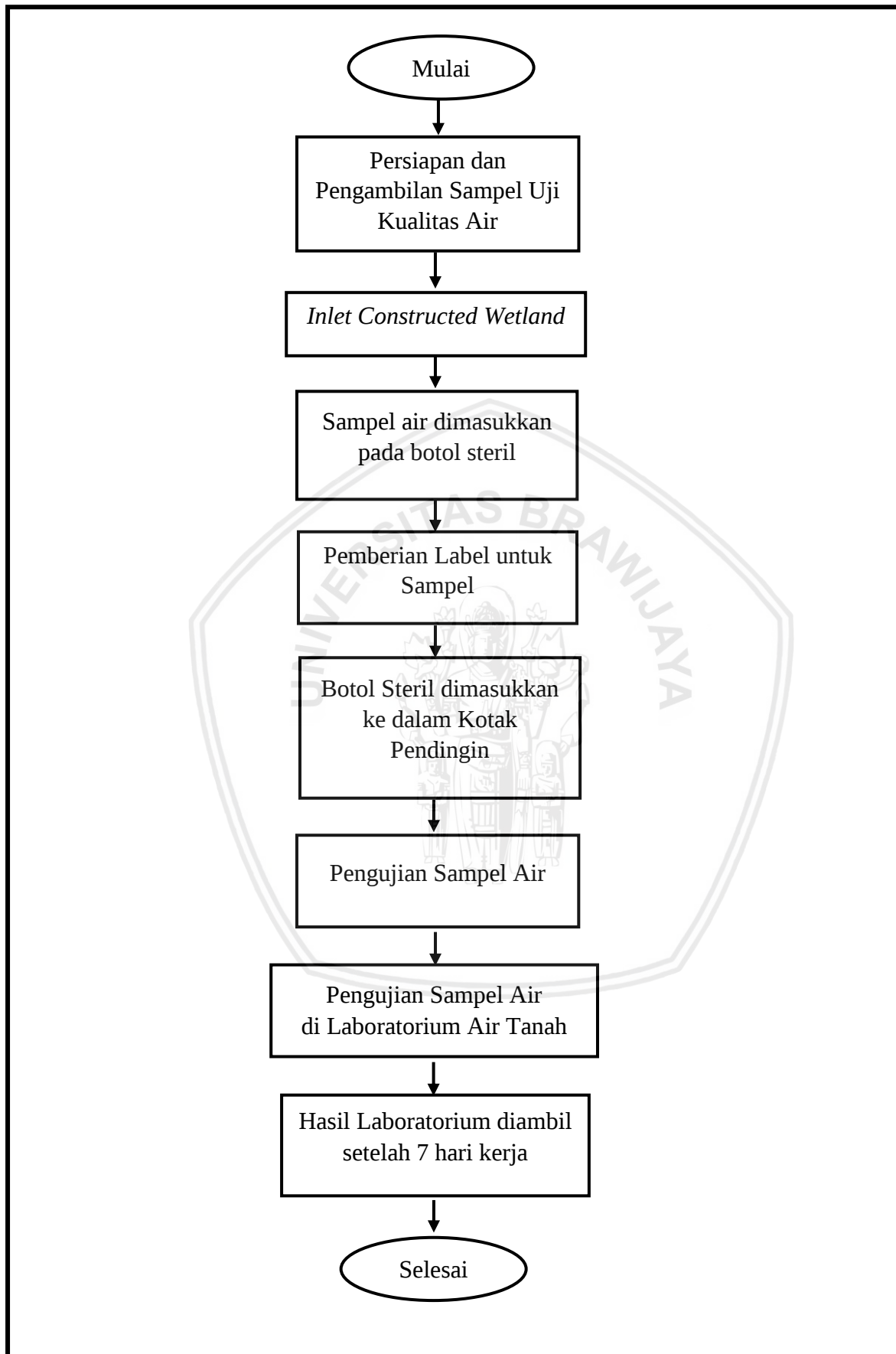
Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) menggunakan metode *subsurface constructed wetland* pada saluran di SMPN 13 Kota Malang dilakukan melalui beberapa tahapan. Tahapan-tahapan tersebut ditunjukkan dalam diagram alir dalam Gambar 3.11. dan Gambar 3.12.







Gambar 3.11 Diagram Alir Pengerjaan Skripsi
Sumber : Penulis, 2019



Gambar 3.12 Diagram Alir Pengambilan Sampel
Sumber : Penulis, 2019

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik Awal Limbah Cair

Air merupakan komponen terpenting dalam kehidupan, keberadaannya pun tidak terlepas dari senyawa – senyawa yang terbawa atau larut didalamnya. Keberadaan polutan atau senyawa tersebut dapat mengganggu kehidupan bagi ekosistem saluran, maka dibuatlah Instalasi Pengolahan Air Limbah yang digunakan sebagai penelitian. Penelitian ini menggunakan limbah cair yang mengalir di saluran yang berada di SMPN 13 Kota Malang. Limbah pada saluran SMPN 13 Kota Malang merupakan kategori limbah cair dengan kualitas air kelas III dimana limbah yang terdapat pada saluran terdiri dari bahan buangan organik dan bahan buangan anorganik yang dihasilkan dari kegiatan domestik dan pertanian. Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) dengan menggunakan sistem *constructed wetland* di bangun pada saluran di SMPN 13 Kota Malang.

Penelitian ini menggunakan tanaman teratai, melati air dan bambu air. Sebelum melakukan penelitian, ketiga tanaman tersebut diaklimatisasi selama 14 hari untuk memastikan bahwa ketiga tanaman dapat beradaptasi terhadap air limbah pada saluran yang akan digunakan selama penelitian. Lokasi dibangunnya Instalasi Pengolahan Air Limbah dengan menggunakan *wetland* ditunjukkan dalam *Gambar 4.1*.



Gambar 4.1 Lokasi perencanaan IPAL dengan menggunakan metode *wetland*
Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2019

4.2 Data

Data yang diperoleh yakni dari pengambilan sampel air saat melakukan survey di lokasi studi yang dijadikan sebagai data *inlet* serta pengambilan sampel air setelah pengolahan pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) *wetland* pada saluran yang dijadikan sebagai data *outlet*. Sampel yang telah didapat kemudian dibawa dan diujikan ke Laboratorium Air Tanah Teknik Pengairan guna mengidentifikasi besarnya pencemaran yang ada di saluran tersebut. Data-data tersebut merupakan bagian yang terpenting dalam menunjang keberhasilan dari studi ini. Parameter – parameter yang terkandung dalam data yang diinginkan yakni BOD, COD, TSS, pH, N, P dan K.

4.3 Analisa Kualitas Air

4.3.1 Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel limbah cair berdasarkan SNI 6989.59:2008 tentang metoda pengambilan contoh air limbah. Sampel dari limbah cair diambil secara *grab sampling*, yakni metode pengambilan sampel limbah cair yang diambil pada lokasi tertentu dan sudah mewakili keadaan yang lainnya, karena hal tersebut biasa dilakukan pada saluran karena diasumsikan air limbah tidak tercampur atau terpengaruh dari kondisi lain. Sampel limbah cair diambil pada *inlet* dan *outlet* bangunan *constructed wetland* yang ditunjukkan dalam Gambar 4.2 dan Gambar 4.3.

Botol yang digunakan sebagai wadah yakni botol plastik poli etilen (PE) sesuai dengan SNI. Setelah sampel limbah cair diambil, kemudian dimasukkan kedalam kotak pendingin untuk menjaga kondisi suhu limbah cair dan kemudian diuji di Laboratorium Air Tanah Jurusan Teknik Pengairan.



Gambar 4.2 Pengambilan Sampel Air Limbah Pada *Inlet* Bangunan *Wetland*

Sumber : Dokumentasi Pribadi



Gambar 4.3 Pengambilan Sampel Air Limbah pada Outlet Bangunan Wetland

Sumber : Dokumentasi Pribadi

4.3.2 Analisa Limbah Cair Pertanian

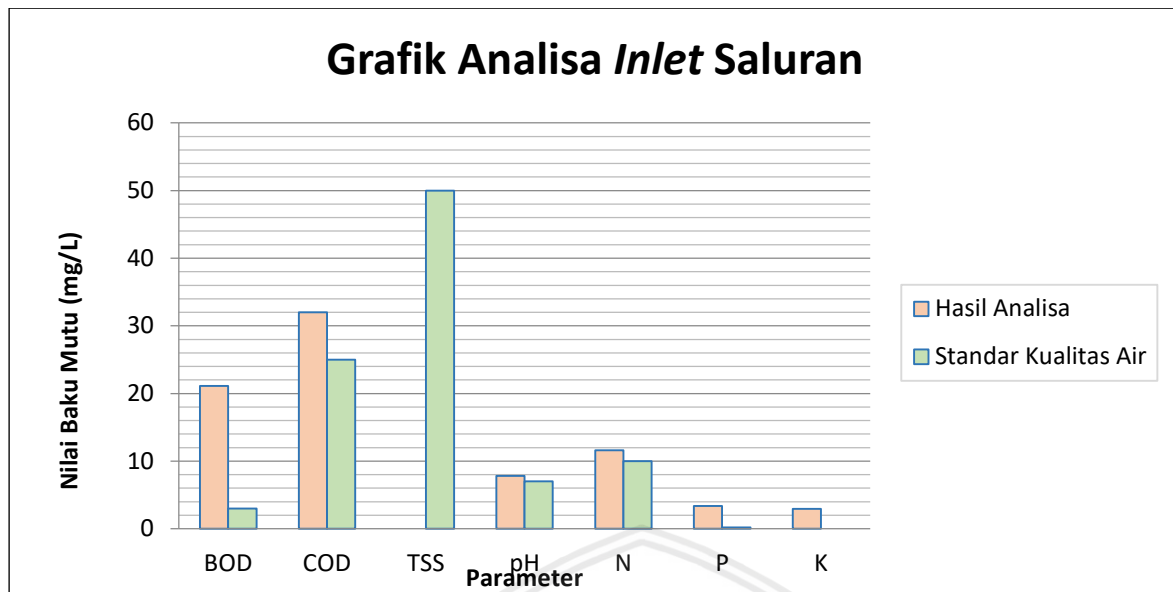
Data hasil pengambilan sampel limbah cair pertanian pada saat survei tanggal 15 Agustus 2019 dan hasil uji Laboratorium Air Tanah Teknik Pengairan Universitas Brawijaya pada 27 Agustus 2019 maka dihasilkan data kualitas air limbah cair pertanian yang ditampilkan dalam Tabel 4.1.

Tabel 4.1

Data Kualitas Air Limbah Pertanian *Inlet* Saluran

No	Parameter	Satuan	Standar Kualitas Air Kelas II	Hasil Analisa	Keterangan
1	BOD	mg/L	3	21,1	Tidak Memenuhi
2	COD	mg/L	25	32	Tidak Memenuhi
3	TSS	mg/L	50	0	Memenuhi
4	pH	-	6 - 9	7,82	Memenuhi
5	N	mg/L	10	11,6	Tidak Memenuhi
6	P	mg/L	0,2	3,39	Tidak Memenuhi
7	K	mg/L	(-)	2,96	Memenuhi

Sumber: Laboratorium Air Tanah Teknik Pengairan Universitas Brawijaya



Gambar 4.4 Grafik Analisa Inlet Saluran

Sumber : Pengolahan Data, 2019

Berdasarkan tabel 4.1 diketahui bahwa kondisi pH pada awal penelitian sebesar 7,82. Nilai tersebut menunjukkan bahwa kondisi pH pada air limbah masih sedikit melebihi ambang batas maksimum yang ditentukan. Kondisi pH yang cenderung basa dapat diakibatkan karena adanya aktivitas masyarakat di daerah hulu. Tidak hanya terhadap unsur pH saja yang melebihi ambang batas, akan tetapi unsur – unsur lain yang diuji seperti BOD, COD, N dan P juga melebihi ambang batas itu terbukti dari keterangan pada tabel yang menunjukkan tidak memenuhi baku mutu. Dari hasil analisis awal ini terbukti bahwa kualitas air pada saluran sudah tidak memenuhi standar kualitas air yang telah ditentukan.

4.3.3 Prediksi Air Limbah

Air limbah yang terdapat pada saluran di SMPN 13 Kota Malang yakni limbah cair domestik serta air limbah pertanian. Limbah cair tersebut dihasilkan dari sisa buangan yang berasal dari pemukiman serta persawahan dan ladang. Hasil dari pengujian sampel pada *inlet* saluran yang ditunjukkan dalam Tabel 4.1 membuktikan bahwa kualitas air pada saluran belum memenuhi standar air kelas II. Adanya sisa kegiatan pengolahan lahan area persawahan seperti pemupukan yang larut terbawa air di daerah Tlogomas mengakibatkan hasil analisa yang tidak memenuhi standar, dikarenakan jarak dari lokasi penelitian tidak terlalu jauh dari area persawahan.



Gambar 4.5 Inlet Saluran
Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2019

4.3.4 Kondisi Eksisting Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Pertanian Pada Saluran di SMPN 13 Kota Malang

Lokasi perencanaan IPAL Pertanian Pada Saluran di SMPN 13 Kota Malang ini berada di Jl. Sunan Ampel 2, Kelurahan Dinoyo, Kecamatan Lowokwaru, Kota Malang. Terdapat saluran yang berada di dalam SMPN 13 Kota Malang dengan aliran air yang membawa air serta polutan dan sedimen yang sangat tinggi, sehingga mengakibatkan pendangkalan pada saluran. Pada lokasi studi ini peneliti meneliti mengenai limbah cair yang ada pada saluran di SMPN 13 Kota Malang. Saluran tersebut memiliki panjang 49 m dengan lebar 1,4 m, dari luasan yang tersedia perencanaan IPAL dengan menggunakan *wetland* hanya memanfaatkan luas kurang lebih 3 m²

4.4 Analisis Perencanaan Bangunan *Wetland* SMPN 13 Kota Malang

SMPN 13 Kota Malang memiliki saluran air dengan panjang 49m dan lebar 1,4m, untuk dapat mengurangi beban polutan limbah cair maka dibangunlah Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) dengan menggunakan metode *wetland*.

4.4.1 Perhitungan Debit

Perhitungan debit yang masuk kedalam saluran sebagai berikut :

Tabel 4.2
Perhitungan Debit

Tinggi Muka Air	θ	A (m ²)	V (m/dt)	Q (m ³ /dt)	Q (L/dt)	Q (L/jam)	Q (L/hari)
0,016	68,28	0,00055	0,0204	$1,116 \times 10^6$	0,01116	40,2	963,873
0,015	65,26	0,00049	0,0128	$6,272 \times 10^6$	0,00627	22,6	541,932

Sumber: Pengolahan Data

Dimana :

Bentuk Saluran = Lingkaran

Dimensi = 0,0508 m

R = 0,0254 m

Tinggi Muka Air = 0,016 m

= 0,015 m

Contoh Perhitungan :

- $$\theta = \cos^{-1} \left[\frac{R-h}{R} \right] \times 180$$

$$= \cos^{-1} \left[\frac{0,0254 - 0,016}{0,0254} \right] \times 180$$

$$= 68,28 \text{ (persamaan 1)}$$

$$\theta = \cos^{-1} \left[\frac{0,0254 - 0,015}{0,0254} \right] \times 180$$

$$= 65,26 \text{ (persamaan 2)}$$
- $$A = \left(\frac{\theta \times 3,14 \times (0,0605^2)}{180} \right) - ((0,0605^2) \times (\sin \theta) \times (\cos \theta))$$

$$A = \left(\frac{68,28 \times 3,14 \times (0,0605^2)}{180} \right) - ((0,0605^2) \times (\sin 68,28) \times (\cos 68,28))$$

$$= 0,00055 \text{ m}^2 \text{ (persamaan 1)}$$

$$A = \left(\frac{65,26 \times 3,14 \times (0,0605^2)}{180} \right) - ((0,0605^2) \times (\sin 65,26) \times (\cos 65,26))$$

$$= 0,00049 \text{ m}^2 \text{ (persamaan 2)}$$
- $$V = \frac{1}{s}$$

$$V = \frac{1}{49}$$

$$= 0,0204 \text{ m/dt (persamaan 1)}$$

$$= \frac{1}{78}$$

$$= 0,0128 \text{ m/dt (persamaan 2)}$$

- $$Q = V \times A$$

$$Q = 0,0204 \times 0,00055$$

$$= 1,116 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{dt} = 963,873 \text{ L/hari (persamaan 1)}$$

$$Q = 0,0128 \times 0,00049$$

$$= 6,272 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{dt} = 541,932 \text{ L/hari (persamaan 2)}$$

Jadi, debit hasil perhitungan untuk mengisi *wetland* ada 2 yakni : 963,873 L/hari serta 541,932 L/hari. Kedua hasil tersebut digunakan sebagai penentuan dari waktu tinggal pada *wetland*.

4.4.2 Waktu Tinggal (*Hydraulic Retention Time*)

Waktu tinggal atau (*Hydraulic Retention Time*) merupakan lamanya waktu limbah berada dalam sistem pengolahan limbah yang ada. Semakin lama limbah berada dalam sistem pengolahan limbah maka semakin baik proses pengolahan limbah yang terjadi. Sebaliknya bila waktu tinggal terlalu cepat maka limbah hanya lewat saja sehingga tidak terjadi proses pengolahan limbah. Berikut ini merupakan perhitungan yang digunakan dalam menentukan waktu tinggal.

Tabel 4.3

Perhitungan Waktu Tinggal (HRT)

Debit (L/hari)	Volume	<i>Hydraulic Retention Time</i> (hari)	Konversi Waktu
963,873	540	0,560 (13,45)	13 jam 45 menit
541,932	540	0,996 (23,91)	24 jam 31 menit

Sumber: Pengolahan Data

Dimana :

$$\text{Debit 1} = 963,879 \text{ L/hari}$$

$$\text{Debit 2} = 541,932 \text{ L/hari}$$

$$\text{Volume} = 540 \text{ L/hari}$$

Contoh Perhitungan :

$$HRT = \frac{\text{Volume}}{Q}$$

$$= \frac{540}{963,879}$$

$$= 0,560 \text{ hari}$$

$$= 13 \text{ jam } 45 \text{ menit (persamaan 1)}$$

$$= \frac{540}{963,879}$$

$$= 0,996 \text{ hari}$$

= 24 jam 31 menit (persamaan 2)

Jadi, hasil perhitungan untuk mendapatkan waktu tinggal pada *constructed wetland* ada 2 yakni : 0,560 hari setara dengan 13 jam 45 menit serta 0,996 hari yang setara dengan 24 jam 31 menit. Kedua hasil tersebut digunakan sebagai penentuan dari waktu tinggal pada *constructed wetland*.

4.4.3 Analisis Luasan *Wetland*

a. Perhitungan Debit I

Perhitungan luasan *wetland* yang diperlukan dapat dihitung dengan menggunakan metode *Kadlec* dan *Knight* serta Metode *Crites* dan *Tchobanoglus* dengan menggunakan debit 541,932, sebagai berikut:

- Metode *Kadlec* dan *Knight*

Dimana :

$$\begin{aligned} \text{Debit} &= 541,932 \text{ L/hari} \\ k &= 180 \quad (\text{dalam Tabel 2.4}) \\ C_e &= 3 \text{ mg/L} \quad (\text{target polutan BOD outlet sesuai dengan PP No.82 Tahun 2001}) \\ C_i &= 21,1 \text{ mg/L} \quad (\text{polutan BOD inlet}) \\ C^* &= 3,5 + 0,053 C_i \quad (\text{dalam Tabel 2.4}) \end{aligned}$$

Contoh Perhitungan :

$$\begin{aligned} As &= \left\{ \frac{365 \times Q}{k} \right\} \ln \left\{ \frac{(C_e - C^*)}{(C_i - C^*)} \right\} \\ As &= \left\{ \frac{365 \times 541,932}{180} \right\} \ln \left\{ \frac{(3 - (3,5 + 0,053 \times 21,1))}{(21,1 - (3,5 + 0,053 \times 21,1))} \right\} \\ &= \left\{ \frac{197805,165}{180} \right\} \ln \left\{ \frac{(3 - 4,618)}{(21,1 - 4,618)} \right\} \\ &= 32,095 \text{ m}^3 \\ &= 3,21 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- Metode *Crites* dan *Tchobanoglus*

Dimana :

$$\begin{aligned} \text{Debit} &= 541,932 \text{ L/hari} \\ \text{HRT} &= 0,996 \text{ hari} \\ dw &= 0,3 \text{ m} \end{aligned}$$

Contoh Perhitungan :

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{Q \times HRT}{d_w} \\
 &= \frac{541,932 \times 0,996}{0,3} \\
 &= 17990 \text{ L/hari} \\
 &= 1,799 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Jadi, dari hasil perhitungan analisis luasan *wetland* dengan menggunakan Metode *Kadlec* dan *Knight* di dapatkan hasil luasan 3,21 m² dan dengan menggunakan Metode *Crites* dan *Tchobanoglus* didapatkan hasil luasan 1,799 m².

b. Perhitungan Debit II

Perhitungan luasan *wetland* yang diperlukan dapat dihitung dengan menggunakan metode *Kadlec* dan *Knight* serta Metode *Crites* dan *Tchobanoglus* dengan menggunakan debit 963,873 L/hari, sebagai berikut:

- Metode *Kadlec* dan *Knight*

Dimana :

Debit	=	963,873 L/hari	
k	=	180	(dalam Tabel 2.4)
C_e	=	3 mg/L	(target polutan BOD <i>outlet</i> sesuai dengan PP No.82 Tahun 2001)
C_i	=	21,1 mg/L	(polutan BOD <i>inlet</i>)
C^*	=	$3,5 + 0,053 C_i$	(dalam Tabel 2.4)

Contoh Perhitungan :

$$\begin{aligned}
 A_s &= \left\{ \frac{365 \times Q}{k} \right\} \ln \left\{ \frac{(C_e - C^*)}{(C_i - C^*)} \right\} \\
 A_s &= \left\{ \frac{365 \times 963,873}{180} \right\} \ln \left\{ \frac{(3 - (3,5 + 0,053 \times 21,1))}{(21,1 - (3,5 + 0,053 \times 21,1))} \right\} \\
 &= \left\{ \frac{197805,165}{180} \right\} \ln \left\{ \frac{(3 - 4,618)}{(21,1 - 4,618)} \right\} \\
 &= 57,08 \text{ m}^3 \\
 &= 5,70 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

- Metode *Crites* dan *Tchobanoglus*

Dimana :

Debit	=	963,873 L/hari
HRT	=	0,560 hari
d_w	=	0,3 m

Contoh Perhitungan :

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{Q \times HRT}{d_w} \\
 &= \frac{963,873 \times 0,560}{0,3} \\
 &= 180000 \text{ L/hari} \\
 &= 1,800 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Jadi, dari hasil perhitungan analisis luasan *wetland* dengan menggunakan Metode *Kadlec* dan *Knight* di dapatkan hasil luasan 5,70 m² dan dengan menggunakan Metode *Crites* dan *Tchobanoglus* didapatkan hasil luasan 1,800 m².

c. Hasil Analisis Luasan *Wetland*

Kesimpulan diperoleh dari hasil perhitungan debit I dan debit II dengan masing-masing menggunakan metode *Kadlec & Knight* serta metode *Crites & Tchobanoglus*. Hasil analisis luasan *wetland* ditampilkan dalam Tabel 4.4.

Tabel 4.4

Hasil Analisis Luasan *Wetland*

Analisis Luasan <i>Wetland</i>			
Q = 541,932 L/hari		Q = 963,873 L/hari	
Metode <i>Kadlec & Knight</i>	Metode <i>Crites & Tchobanoglus</i>	Metode <i>Kadlec & Knight</i>	Metode <i>Crites & Tchobanoglus</i>
3,21 m ²	1,799 m ²	5,70 m ²	1,800 m ²

Sumber : Pengolahan Data

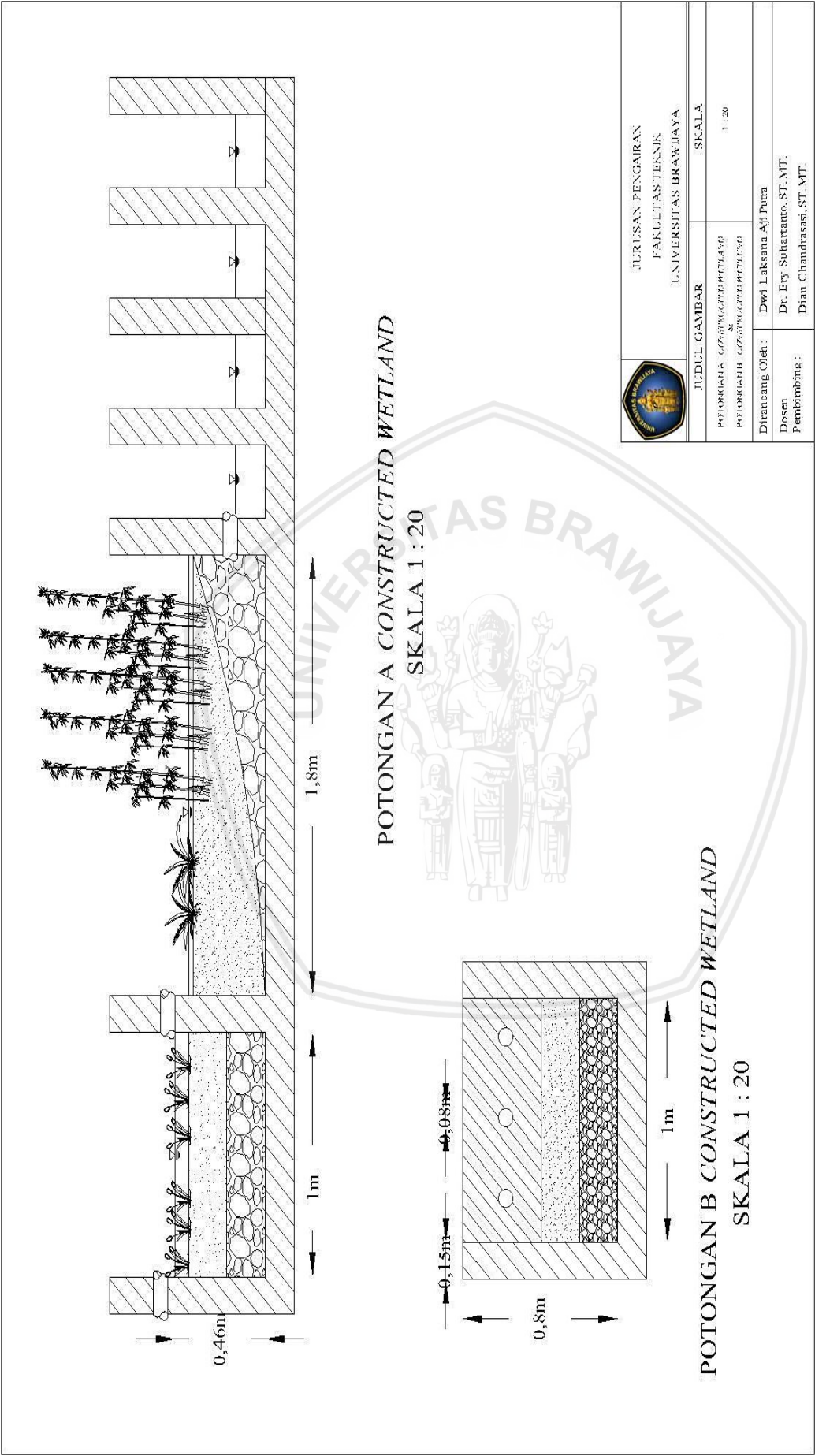
Jadi, berdasarkan hasil analisis luasan *wetland* dengan menggunakan metode *Kadlec & Knight* serta *Crites & Tchobanoglus*, apabila terdapat lahan yang tidak terlalu luas, maka luasan yang dipilih sesuai dengan perhitungan yakni 1,799 m² dengan debit 541,932 L/hari yang didapat dari perhitungan metode *Crites & Tchobanoglus*, maka diharapkan dengan luasan tersebut dapat mencapai baku mutu yang telah ditentukan untuk mengurangi polutan yang ada. dikarenakan dalam perhitungan tersebut semakin kecil debit yang mengalir dalam *wetland* maka akan memperbesar waktu tinggal di dalam luasan *wetland*.

4.4.4 Desain *Wetland*

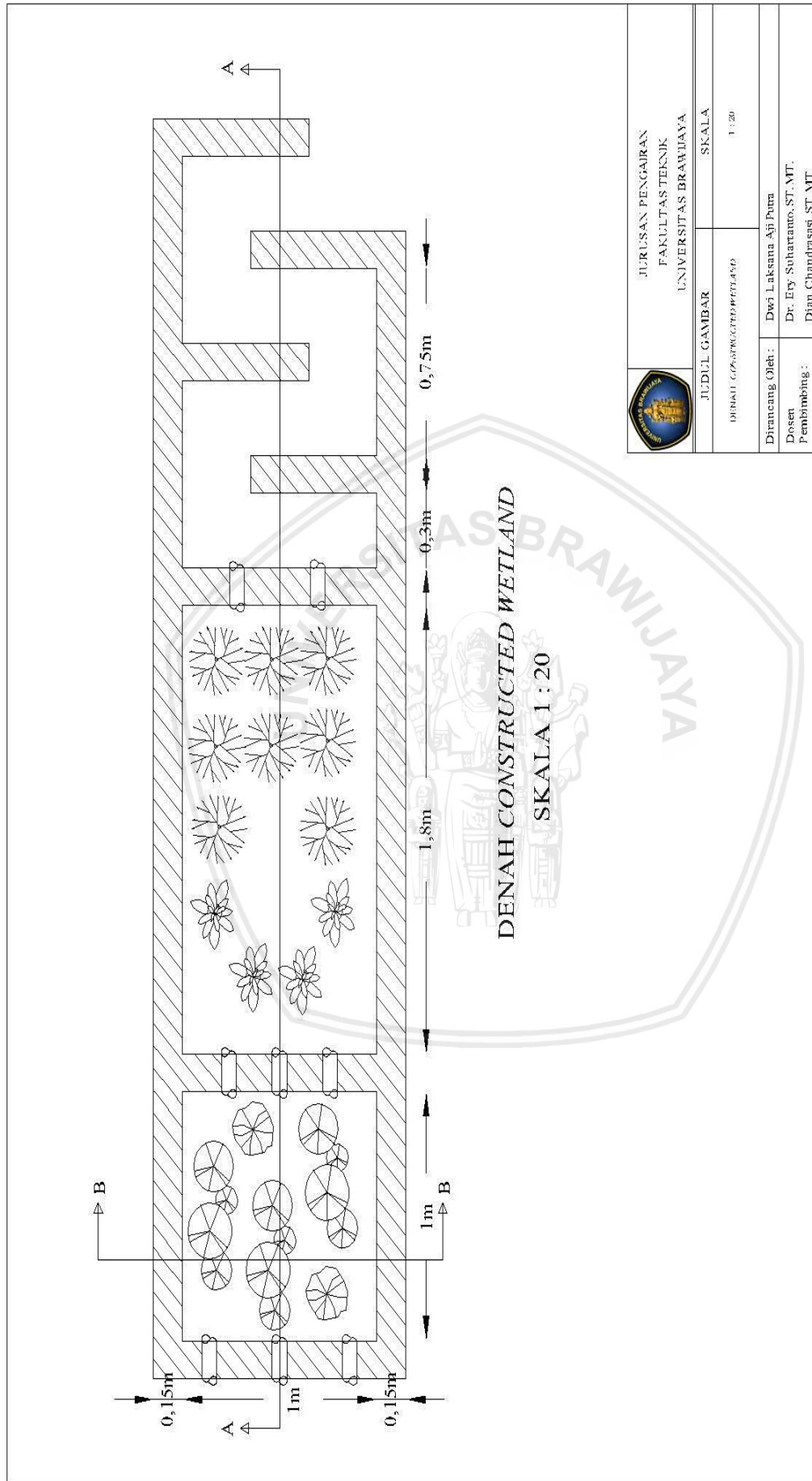
Desain dari perencanaan instalasi pengolahan air limbah (IPAL) pertanian menggunakan metode *wetland* pada saluran di SMPN 13 Kota Malang ditampilkan dalam Gambar 4.6, Gambar 4.7 dan Gambar 4.8.



Gambar 4.6 Bangunan Wetland
Sumber : Dokumen Pribadi



Gambar 4.7 Potongan A dan B Constructed Wetland
Sumber : Penulis



Gambar 4.8 Denah Constructed Wetland

Sumber : Penulis

4.5 Kesesuaian Media Tanam dan Tanaman

Tanaman yang digunakan pada perencanaan *constructed wetland* di SMPN 13 Kota Malang ada 3 Jenis yakni *Equisetum Hyemale* (Bambu Air), *Echinodorus Paleaefolius* (Melati Air) serta *Nymphaea* sp. (Teratai). Ketiga tanaman tersebut merupakan tanaman *emergent* yang memiliki zona perakaran yang dalam (0,4m – 0,8m). dari hasil penelitian yang terdahulu, menunjukkan bahwa ketiga tanaman tersebut telah terbukti mampu menurunkan kadar polutan dan banyak digunakan sebagai tanaman pada media lahan basah (*wetland*).

Kemampuan tanaman bambu air untuk mengurangi kadar NH_3 adalah sebesar 2,4 mg/l serta kadar PO_4 sebesar 0,6 mg/l (Danista, 2012), sedangkan kemampuan tanaman melati air untuk mengurangi kadar NH_3 sebesar 0,8 mg/l dan kadar PO_4 sebesar 1,1 mg/l (siswandari,2016). Keberadaan tanaman tersebut sangat membantu dalam proses pengolahan air limbah, dikarenakan polutan yang terkandung dalam air diserap oleh akar.



Gambar 4.9 Tanaman pada Wetland
Sumber : Dokumentasi Pribadi

4.5.1 Media Tanam

Media tanam merupakan bagian yang tidak dapat dipisahkan dari bagian *constructed wetland*, karena kegunaannya sebagai penyaring limbah yang berupa padatan, tempat tumbuhnya tanaman air (*makrofita*) serta tempat menempelnya mikroorganisme. Substrat atau media yang juga merupakan komponen yang berpengaruh pada kesuksesan dari *constructed wetland* dalam meningkatkan kualitas air. Substrat atau media tanam seperti tanah, pasir dan kerikil berperan langsung dalam menghilangkan polutan dengan interaksi fisika dan kimia seperti pengolahan limbah metode filtrasi dan sedimentasi.

Media tanam yang digunakan pada IPAL dengan menggunakan metode wetland di saluran SMPN 13 Kota Malang merupakan campuran kerikil dengan diameter 3cm - 5cm serta dengan menggunakan pasir merah atau pasir kali. Penggunaan media ini akan membantu peredaran larutan unsur hara dan udara, serta pada prinsipnya media tanam ini tidak menekan pertumbuhan akar. Sehingga media tanam ini sesuai digunakan dalam *constructed wetland*.

4.5.2 Tanaman

Tanaman yang digunakan pada IPAL dengan menggunakan *wetland* di saluran SMPN 13 Kota Malang ada 3 jenis, yakni:

1. Teratai
2. Melati air
3. Bambu air

Tanaman tersebut merupakan salah satu tanaman *emergent* yang memiliki zona perakaran yang dalam, berkisar 0,4 cm hingga 0,8 cm. Keberadaan tanaman air tersebut sangat membantu dalam proses pengolahan limbah cair. Pada saat bahan pencemar memasuki *wetland*, bakteri yang ingin memperoleh energi bekerja mengurai bahan pencemar yang kompleks untuk dijadikan unsur hara yang lebih sederhana dan dapat disrap oleh tanaman pada siang hari dengan bantuan sinar matahari melalui proses fotosintesis.

4.6 Evaluasi Pengolahan Air Limbah Pada Saluran di SMPN 13 Kota Malang

4.6.1 Hasil Analisis *Wetland*

Sampel air pada bangunan IPAL di SMPN 13 Kota Malang diambil sesuai dengan perhitungan waktu tinggal 24 jam 31 menit. Pengambilan sampel pada waktu pemakaian air puncak, yakni pukul 08.00 WIB. Hasil pengujian sampel *inlet* dan *outlet* saluran hari pertama pada tanggal 2 September 2019 yang diujikan di Laboratorium Air Tanah Teknik Pengairan ditunjukkan dalam Tabel 4.4 dan Tabel 4.5.

Tabel 4.5

Hasil Analisa *Inlet Wetland* Hari Pertama

No	Parameter	Satuan	Standar Kualitas Air Kelas II	Hasil Analisa	Keterangan
1	BOD	mg/L	3	36,9	Tidak Memenuhi
2	COD	mg/L	25	60	Tidak Memenuhi
3	TSS	mg/L	50	0	Memenuhi
4	pH	-	6 - 9	7,96	Memenuhi
5	N	mg/L	10	27,33	Tidak Memenuhi

Lanjutan Tabel 4.5

Hasil Analisa *Inlet Wetland* Hari Pertama

6	P	mg/L	0,2	10,63	Tidak Memenuhi
7	K	mg/L	(-)	1,48	Memenuhi

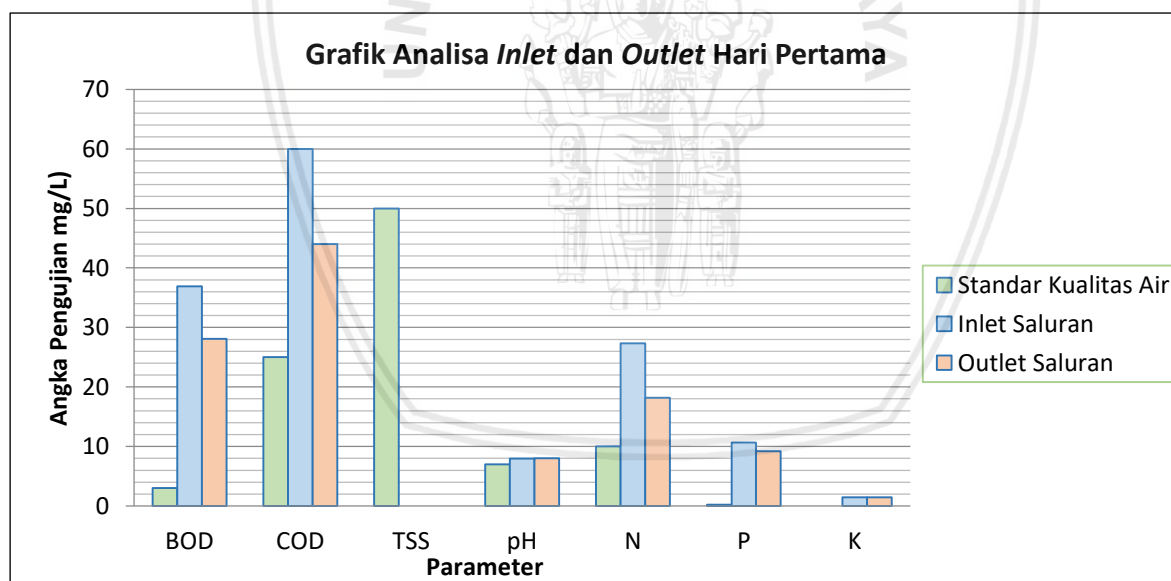
Sumber : Laboratorium Air Tanah Teknik Pengairan, 2019

Tabel 4.6

Hasil Analisa *Outlet Wetland* Hari Pertama

No	Parameter	Satuan	Standar Kualitas Air Kelas II	Hasil Analisa	Keterangan
1	BOD	mg/L	3	28,08	Tidak Memenuhi
2	COD	mg/L	25	44	Tidak Memenuhi
3	TSS	mg/L	50	0	Memenuhi
4	pH	-	6 - 9	8,04	Memenuhi
5	N	mg/L	10	18,19	Tidak Memenuhi
6	P	mg/L	0,2	9,18	Tidak Memenuhi
7	K	mg/L	(-)	1,45	Memenuhi

Sumber : Laboratorium Air Tanah Teknik Pengairan, 2019

Gambar 4.10 Grafik Analisa *Inlet* dan *Outlet* Wetland Hari Pertama

Sumber : Pengolahan Data, 2019

Pengambilan sampel pada hari pertama menunjukkan bahwa dari hasil analisa kualitas air masih diatas ambang batas yang ditentukan. Hasil pengujian sampel *inlet* dan *outlet* pada hari kedua yang diujikan di Laboratorium Air Tanah Teknik Pengairan ditunjukkan dalam Tabel 4.7 dan Tabel 4.8.

Tabel 4.7

Hasil Analisa *Inlet Wetland* Hari Kedua

No	Parameter	Satuan	Standar Kualitas Air Kelas II	Hasil Analisa	Keterangan
1	BOD	mg/L	3	21,03	Tidak Memenuhi
2	COD	mg/L	25	32	Tidak Memenuhi
3	TSS	mg/L	50	2	Memenuhi
4	pH	-	6 - 9	7,96	Memenuhi
5	N	mg/L	10	15,2	Tidak Memenuhi
6	P	mg/L	0,2	6,78	Tidak Memenuhi
7	K	mg/L	(-)	1,78	Memenuhi

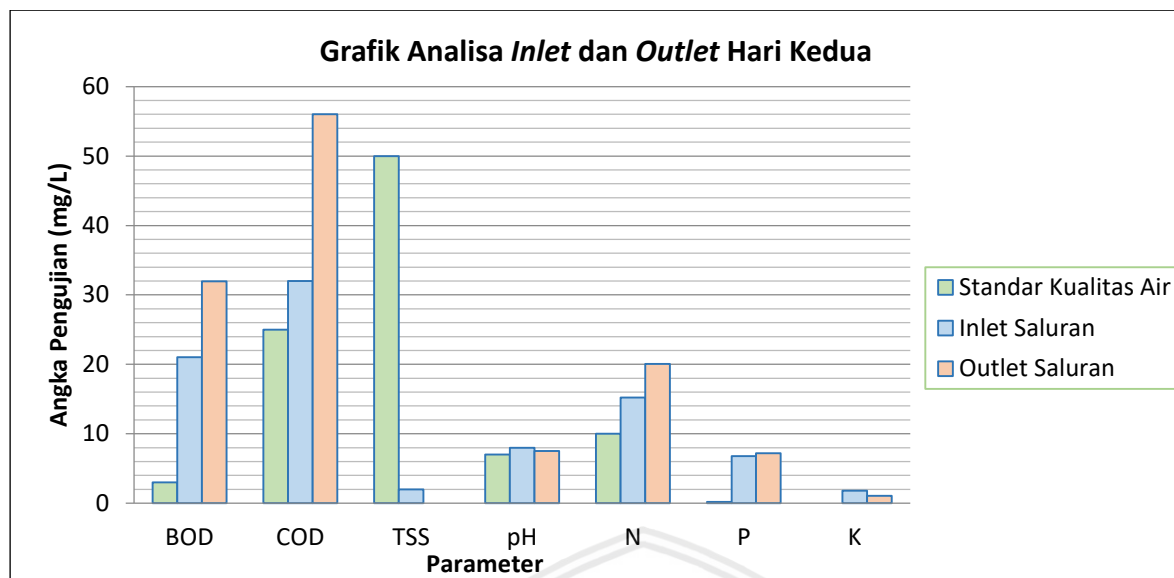
Sumber : Laboratorium Air Tanah Teknik Pengairan, 2019

Tabel 4.8

Hasil Analisa *Outlet Wetland* Hari Kedua

No	Parameter	Satuan	Standar Kualitas Air Kelas II	Hasil Analisa	Keterangan
1	BOD	mg/L	3	31,97	Tidak Memenuhi
2	COD	mg/L	25	56	Tidak Memenuhi
3	TSS	mg/L	50	0	Memenuhi
4	pH	-	6 - 9	7,52	Memenuhi
5	N	mg/L	10	20,05	Tidak Memenuhi
6	P	mg/L	0,2	7,19	Tidak Memenuhi
7	K	mg/L	(-)	1,06	Memenuhi

Sumber : Laboratorium Air Tanah Teknik Pengairan, 2019



Gambar : 4.11 Grafik Analisa Inlet dan Outlet Wetland Hari Kedua

Sumber : Pengolahan Data, 2019

Pengambilan sampel pada hari kedua menunjukkan bahwa dari hasil analisa kualitas air masih diatas ambang batas yang ditentukan. Hasil pengujian sampel *inlet* dan *outlet* pada hari ketiga yang diujikan di Laboratorium Air Tanah Teknik Pengairan ditunjukkan dalam Tabel 4.9 dan Tabel 4.10.

Tabel 4.9

Hasil Analisa Inlet Wetland Hari Ketiga

No	Parameter	Satuan	Standar Kualitas Air Kelas II	Hasil Analisa	Keterangan
1	BOD	mg/L	3	15,9	Tidak Memenuhi
2	COD	mg/L	25	28	Tidak Memenuhi
3	TSS	mg/L	50	3	Memenuhi
4	pH	-	6 - 9	8,07	Memenuhi
5	N	mg/L	10	12,59	Tidak Memenuhi
6	P	mg/L	0,2	5,43	Tidak Memenuhi
7	K	mg/L	(-)	1,66	Memenuhi

Sumber : Laboratorium Air Tanah Teknik Pengairan, 2019

Tabel 4.10

Hasil Analisa Outlet Wetland Hari Ketiga

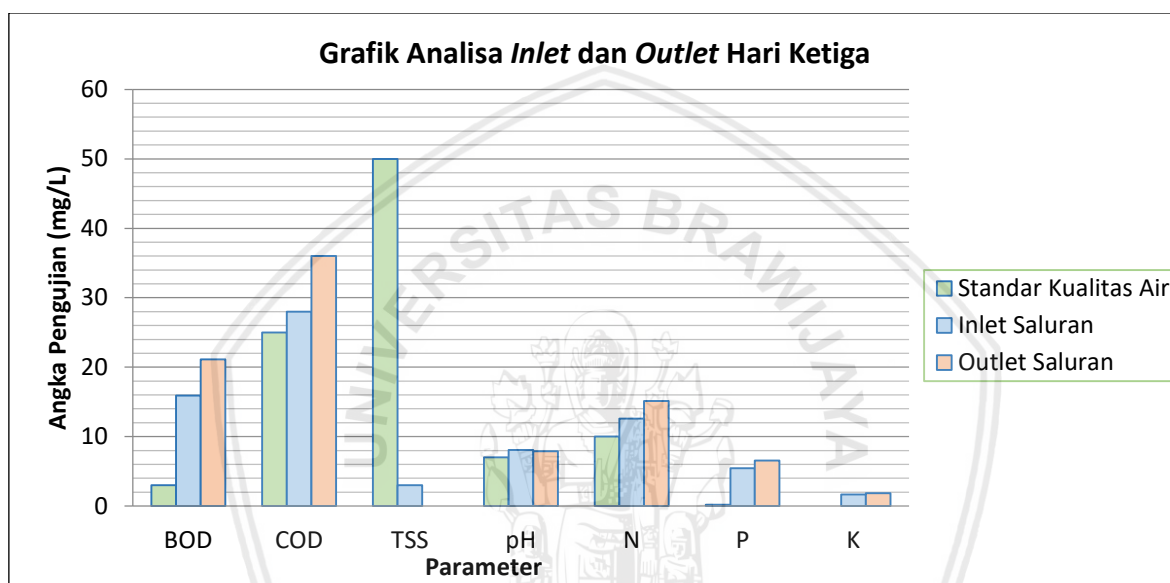
No	Parameter	Satuan	Standar Kualitas Air Kelas II	Hasil Analisa	Keterangan
1	BOD	mg/L	3	21,1	Tidak Memenuhi
2	COD	mg/L	25	36	Tidak Memenuhi

Lanjutan Tabel 4.10

Hasil Analisa *Outlet Wetland* Hari Ketiga

3	TSS	mg/L	50	0	Memenuhi
4	pH	-	6 - 9	7,9	Memenuhi
5	N	mg/L	10	15,11	Tidak Memenuhi
6	P	mg/L	0,2	6,56	Tidak Memenuhi
7	K	mg/L	(-)	1,85	Memenuhi

Sumber : Laboratorium Air Tanah Teknik Pengairan, 2019

Gambar 4.12 Grafik Analisa *Inlet* dan *Outlet Wetland* Hari Ketiga

Sumber : Pengolahan Data

Hasil pengujian hari ketiga ditunjukkan dalam *Gambar 4.12* menunjukkan bahwa hasilnya masih diatas ambang batas bahkan hasil dari *outlet* melebihi hasil dari *inlet* saluran.

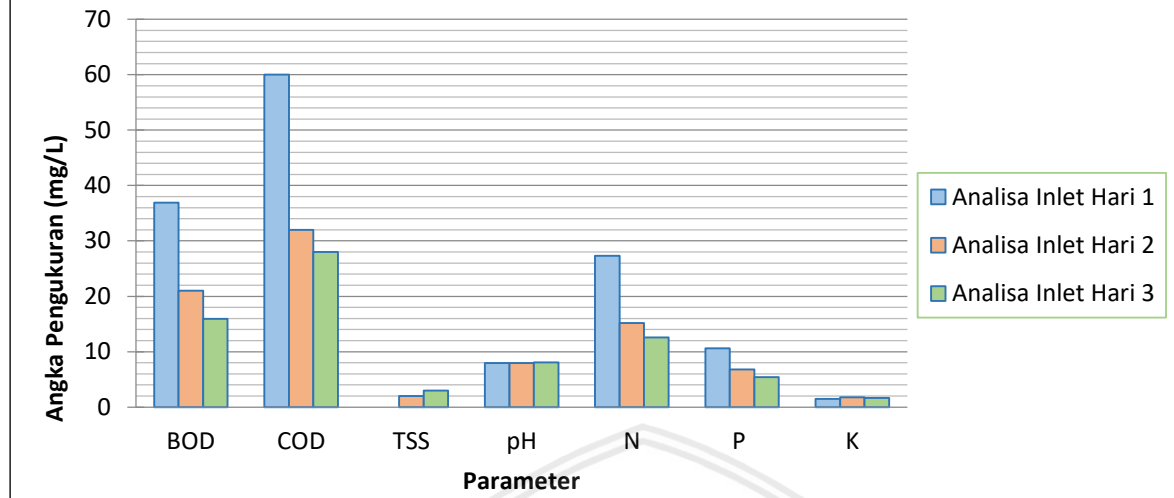
Tabel 4.11

Hasil Analisa *Inlet* Selama 3 Hari

Parameter	Hari Ke - 1	Hari Ke - 2	Hari Ke - 3
BOD	36,9	21,03	15,9
COD	60	32	28
TSS	0	2	3
pH	7,96	7,96	8,07
N	27,33	15,2	12,59
P	10,63	6,78	5,43
K	1,48	1,78	1,66

Sumber : Pengolahan Data

Analisa *Inlet* Selama 3 Hari



Gambar 4.13 Grafik Analisa *Inlet* Selama 3 Hari

Sumber : Pengolahan Data

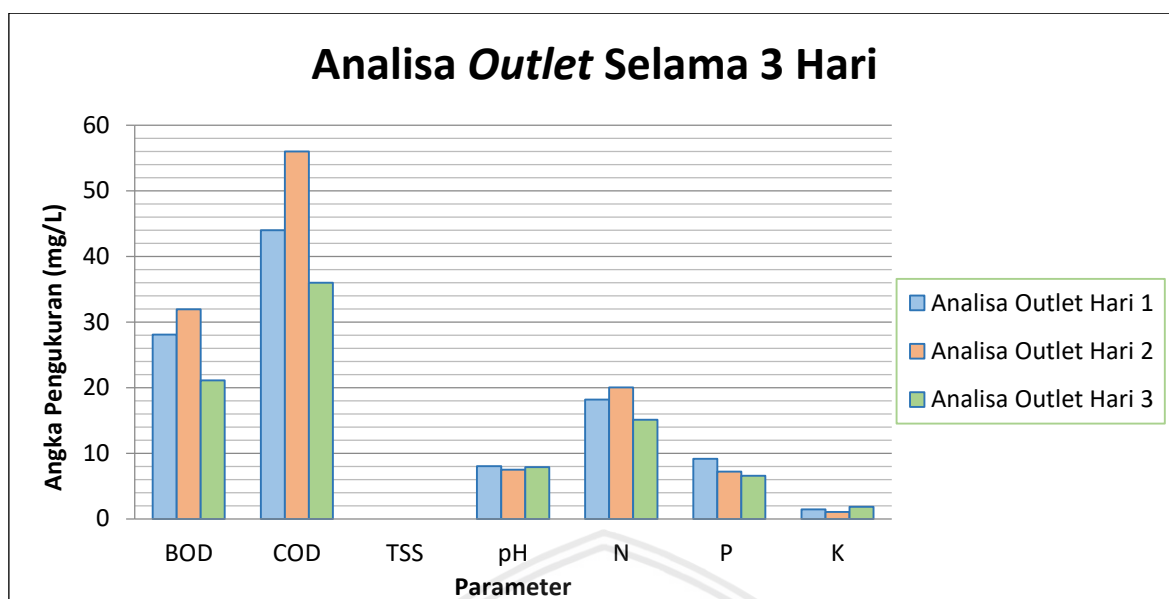
Tabel 4.11 dan Gambar 4.13 menunjukkan bahwa terdapat penurunan dari beberapa parameter seperti BOD, COD, N, P dan K, akan tetapi parameter TSS serta pH mengalami kenaikan.

Tabel 4.12

Hasil Analisa *Outlet* Selama 3 Hari

Parameter	Hari Ke - 1	Hari Ke - 2	Hari Ke - 3
BOD	28,08	31,97	21,1
COD	44	56	36
TSS	0	0	0
pH	8,04	7,52	7,9
N	18,19	20,05	15,11
P	9,18	7,19	6,56
K	1,45	1,06	1,85

Sumber : Pengolahan Data



Gambar 4.14 Grafik Analisa Outlet Selama 3 Hari

Sumber : Pengolahan Data

Tabel 4.12 dan Gambar 4.14 menunjukkan bahwa terdapat penurunan dari beberapa parameter seperti BOD, COD, TSS, N, P dan K, namun parameter pH mengalami kenaikan pada hari ke – 3.

4.6.2 Efektivitas *Wetland*

Perhitungan efektivitas merupakan langkah akhir untuk mengetahui seberapa efektifnya media tanam dan tanaman instalasi pengolahan air limbah (IPAL) dengan menggunakan metode *wetland* aliran horizontal menggunakan tanaman teratai, melati air dan bambu air terhadap penyerapan polutan dari tanaman air yang ada. Efektivitas diambil dari rata – rata polutan harian. Yang ditunjukkan dalam Tabel 4.13 dan Tabel 4.14.

Tabel 4.13

Analisa Polutan Harian *Inlet*

Parameter	Hari Ke - 1	Hari Ke – 2	Hari Ke - 3	Rata - Rata
BOD	36,9	21,03	15,9	24,610
COD	60	32	28	40,000
TSS	0	2	3	1,667
pH	7,96	7,96	8,07	7,997
N	27,33	15,2	12,59	18,373
P	10,63	6,78	5,43	7,613
K	1,48	1,78	1,66	1,640

Sumber : Pengolahan Data

Tabel 4.14
Analisa Polutan Harian *Outlet*

Parameter	Hari Ke - 1	Hari Ke - 2	Hari Ke - 3	Rata - Rata
BOD	28,08	31,97	21,1	27,050
COD	44	56	36	45,333
TSS	0	0	0	0,000
pH	8,04	7,52	7,9	7,820
N	18,19	20,05	15,11	17,783
P	9,18	7,19	6,56	7,643
K	1,45	1,06	1,85	1,452

Sumber : Pengolahan Data

Perhitungan Efektivitas berasal dari rata – rata setiap polutan dari 3 kali pengambilan sampel, sebagai berikut :

1. Efektivitas BOD

Diketahui :

Rata – rata BOD *inlet* : 24,610

Rata – rata BOD *outlet* : 27,050

Maka, contoh perhitungan :

$$Eff = \frac{(Inlet - Outlet)}{Inlet} \times 100\%$$

$$Eff = \frac{(24,61 - 27,05)}{24,61} \times 100\%$$

$$= 9,91\%$$

2. Efektivitas COD

Diketahui :

Rata – rata COD *inlet* : 40,000

Rata – rata COD *outlet* : 45,333

Maka, contoh perhitungan :

$$Eff = \frac{(Inlet - Outlet)}{Inlet} \times 100\%$$

$$Eff = \frac{(40,00 - 45,33)}{40,00} \times 100\%$$

$$= 13,33\%$$

3. Efektivitas TSS

Diketahui :

Rata – rata TSS *inlet* : 1,667

Rata – rata TSS *outlet* : 0,000

Maka, contoh perhitungan :

$$Eff = \frac{(Inlet - Outlet)}{Inlet} \times 100\%$$

$$Eff = \frac{(1,667 - 0,000)}{1,667} \times 100\% \\ = 100\%$$

4. Efektivitas pH

Diketahui :

Rata – rata pH *inlet* : 7,997

Rata – rata pH *outlet* : 7,820

Maka, contoh perhitungan :

$$Eff = \frac{(Inlet - Outlet)}{Inlet} \times 100\%$$

$$Eff = \frac{(7,997 - 7,820)}{7,997} \times 100\% \\ = 2,21\%$$

5. Efektivitas N

Diketahui :

Rata – rata N *inlet* : 18,373

Rata – rata N *outlet* : 17,783

Maka, contoh perhitungan :

$$Eff = \frac{(Inlet - Outlet)}{Inlet} \times 100\%$$

$$Eff = \frac{(18,373 - 17,783)}{18,373} \times 100\% \\ = 3,21\%$$

6. Efektivitas P

Diketahui :

Rata – rata P *inlet* : 7,613

Rata – rata P *outlet* : 7,643

Maka, contoh perhitungan :

$$Eff = \frac{(Inlet - Outlet)}{Inlet} \times 100\%$$

$$Eff = \frac{(7,613 - 7,643)}{7,613} \times 100\% \\ = 0,39\%$$

7. Efektivitas K

Diketahui :

Rata – rata K *inlet* : 1,640

Rata – rata K *outlet* : 1,452

Maka, contoh perhitungan :

$$Eff = \frac{(Inlet - Outlet)}{Inlet} \times 100\%$$

$$Eff = \frac{(1,640 - 1,452)}{1,640} \times 100\%$$

$$= 11,46\%$$

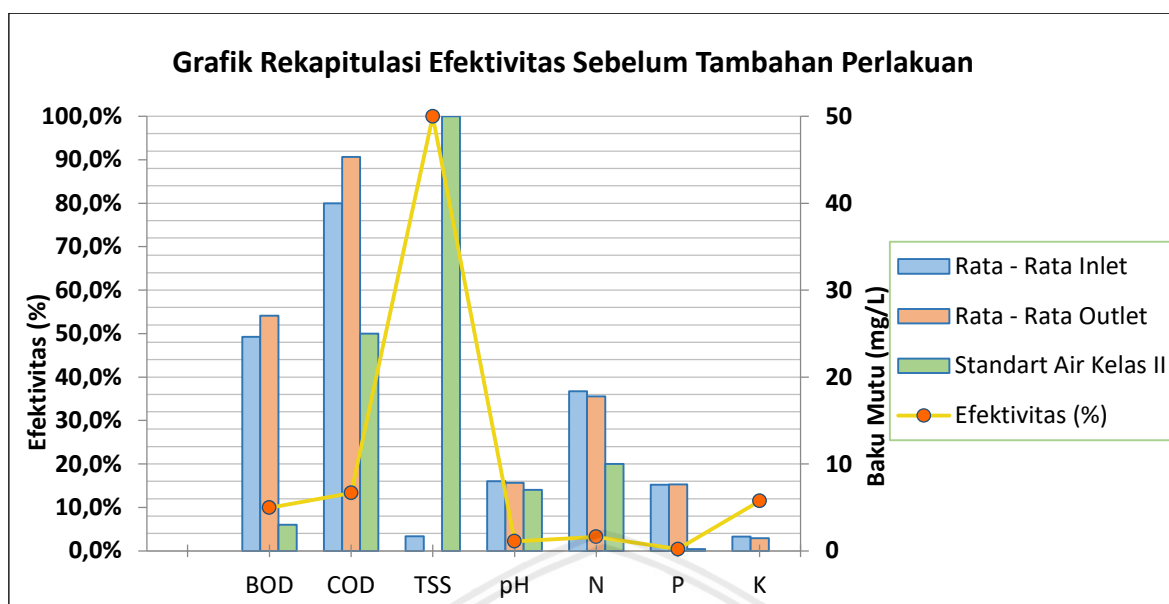
Tabel 4.15

Rekapitulasi Efektivitas

Parameter	Rata - Rata <i>Inlet</i>	Rata - Rata <i>Outlet</i>	Efektivitas Sebelum Tambahan Perlakuan (%)
BOD	24,61	27,05	9,91
COD	40,00	45,33	13,33
TSS	1,66	0,00	100,00
pH	7,99	7,82	2,21
N	18,37	17,78	3,21
P	7,61	7,64	0,39
K	1,64	1,45	11,46

Sumber : Pengolahan Data

Berdasarkan hasil perhitungan efektivitas penyerapan polutan pada IPAL menggunakan metode *wetland* aliran horisontal yang didapat dari rata – rata polutan pada *inlet* dan *outlet wetland* dari hari pertama hingga hari ketiga menunjukkan bahwa nilainya masih diatas baku mutu yang telah ditentukan. Pada perhitungan efektivitas menunjukkan BOD mengalami kenaikan sebesar 9,91%, COD mengalami kenaikan sebesar 13,33%, TSS mengalami penurunan sebesar 100%, pH mengalami penurunan sebesar 2,21%, N mengalami penurunan sebesar 3,21%, P mengalami kenaikan sebesar 0,39% serta K mengalami penurunan sebesar 11,46%.



Gambar 4.15 Grafik Rekapitulasi Efektivitas Sebelum Tambahan Perlakuan

Sumber : Pengolahan Data

Kinerja *constructed wetland* bisa dilihat dari kemampuannya dalam menurunkan beban pencemar atau parameter pencemar, dari beberapa penelitian menunjukkan hasil persentase penurunan polutan hingga mencapai 60% sampai dengan 99,7% (Raude *et al.*, 2009 dalam Suswati Anna, 2013). Efisiensi dalam penyisihan kandungan air limbah tergantung pada konsentrasi dan lamanya waktu penahanan air limbah dalam lahan basah, selain itu ketersediaan oksigen juga menjadi faktor yang penting dalam proses biologis pengolahan air limbah (Hidayah dan Aditya, 2010 dalam Lasari, 2016).

Dari percobaan awal menunjukkan bahwa efektivitas dari adanya bangunan *wetland* belum memenuhi baku mutu yang ada terutama dari 7 parameter yang diteliti hanya 4 parameter yang mengalami penurunan yakni TSS, pH, N dan K. Dikarenakan penyerapan polutan yang ada pada tanaman belum menunjukkan hasil yang signifikan, maka dari itu dilakukan penambahan perlakuan dengan penambahan jumlah tanaman pada *wetland* dari percobaan sebelumnya yang menggunakan 8 tanaman bambu air dan 4 tanaman melati air menjadi 9 tanaman bambu air dan 5 tanaman melati air serta penambahan 2 buah aerator pada *inlet* bangunan *wetland* untuk meningkatkan oksigen pada air.

4.7 Penambahan Perlakuan

Penelitian awal dari IPAL menggunakan *wetland* menunjukkan bahwa penyerapan polutan yang belum efektif dikarenakan beban polutan yang tinggi serta berbagai faktor lainnya seperti sifat buruk siswa sekolah yang membuang sampah di area *wetland* dan saluran, dan terdapat saluran buang cuci tangan yang menuju ke *wetland*. Maka dari itu

dilakukan penambahan tahapan dengan melakukan pemasangan aerator dan penambahan tanaman di area *wetland*.



Gambar 4.16 Penambahan Perlakuan dengan Aerator
Sumber : Dokumentasi Pribadi



Gambar 4.17 Penambahan Perlakuan dengan Tanaman
Sumber : Dokumentasi Pribadi

4.7.1 Hasil Analisis *Wetland* Setelah Penambahan Perlakuan

Penambahan perlakuan dilakukan karena belum efektifnya pada percobaan pertama. Penambahan perlakuan dengan menggunakan aerator serta penambahan jumlah tanaman bertujuan supaya hasil yang didapatkan setelahnya menjadi lebih baik dari percobaan pertama. Hasil pengujian sampel *inlet* dan *outlet* yang diujikan di Laboratorium Air Tanah hari pertama ditampilkan dalam Tabel 4.16 dan Tabel 4.17.

Tabel 4.16

Hasil Analisa *Inlet Wetland* Setelah Penambahan Perlakuan Hari Pertama

No.	Parameter	Satuan	Standart Kualitas Air Kelas II	Hasil Analisa	Keterangan
1.	BOD	mg/L	3	31,74	Tidak Memenuhi
2.	COD	mg/L	25	36	Tidak Memenuhi
3.	TSS	mg/L	50	0	Memenuhi
4.	pH	-	7	7,6	Tidak Memenuhi
5.	N	mg/L	10	20,8	Tidak Memenuhi
6.	P	mg/L	0,2	8,56	Tidak Memenuhi
7.	K	mg/L	(-)	0,79	Memenuhi

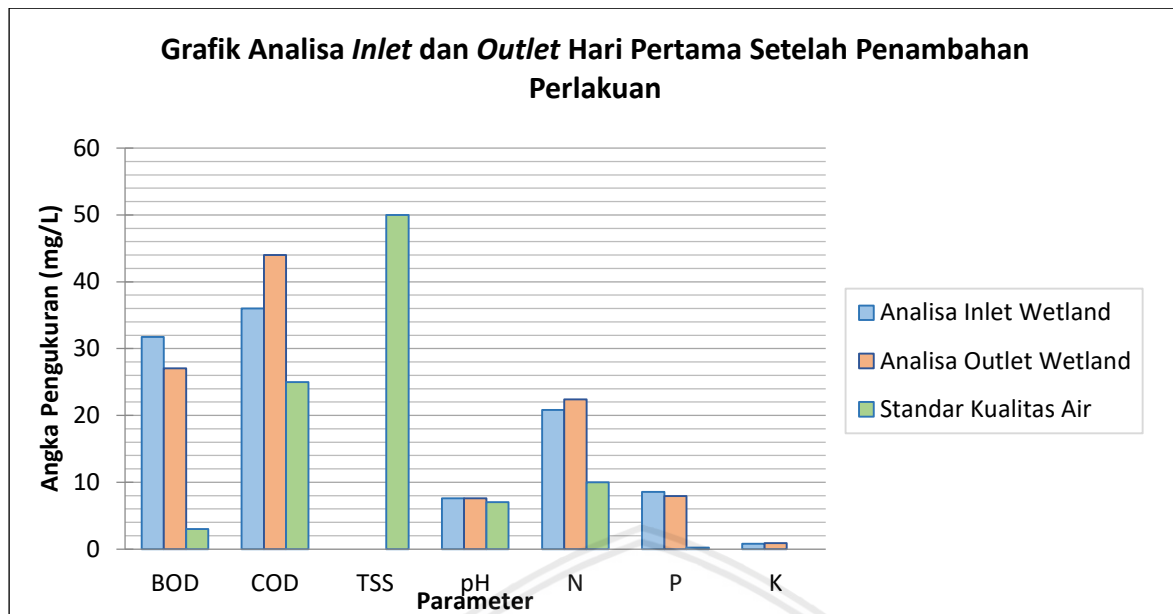
Sumber : Laboratorium Air Tanah Teknik Pengairan, 2019

Tabel 4.17

Hasil Analisa *Outlet Wetland* Setelah Penambahan Perlakuan Hari pertama

No.	Parameter	Satuan	Standart Kualitas Air Kelas II	Hasil Analisa	Keterangan
1.	BOD	mg/L	3	27,03	Tidak Memenuhi
2.	COD	mg/L	25	44	Tidak Memenuhi
3.	TSS	mg/L	50	0	Memenuhi
4.	pH	-	7	7,59	Tidak Memenuhi
5.	N	mg/L	10	22,39	Tidak Memenuhi
6.	P	mg/L	0,2	7,92	Tidak Memenuhi
7.	K	mg/L	(-)	0,88	Memenuhi

Sumber : Laboratorium Air Tanah Teknik Pengairan, 2019



Gambar 4.18 Grafik Analisa *Inlet* dan *Outlet* Wetland Setelah Penambahan Perlakuan Hari Pertama

Sumber : Pengolahan Data

Hasil dari analisa hari pertama menunjukkan bahwa hasilnya masih diatas baku mutu yang telah ditentukan. Gambar 4.18 menunjukkan terdapat peningkatan *outlet* pada parameter COD, N dan K. Hasil pengujian sampel *inlet* dan *outlet* yang diujikan di Laboratorium Air Tanah hari kedua ditampilkan dalam Tabel 4.18 dan Tabel 4.19.

Tabel 4.18

Hasil Analisa *Inlet* Wetland Setelah Penambahan Perlakuan Hari Kedua

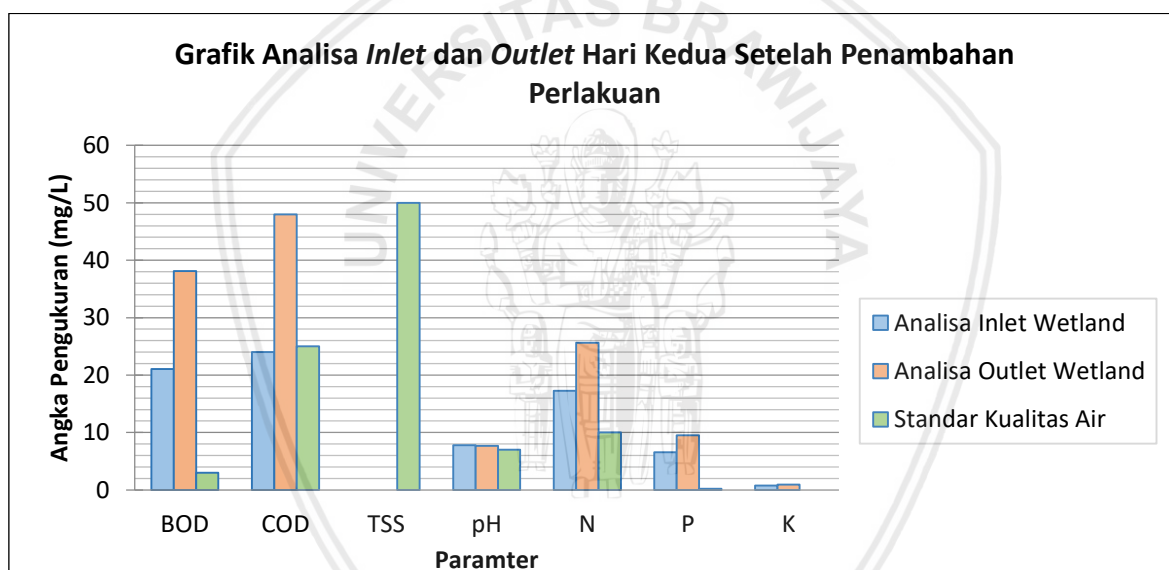
No.	Parameter	Satuan	Standart Kualitas Air Kelas II	Hasil Analisa	Keterangan
1.	BOD	mg/L	3	21,03	Tidak Memenuhi
2.	COD	mg/L	25	24	Memenuhi
3.	TSS	mg/L	50	0	Memenuhi
4.	pH	-	7	7,78	Tidak Memenuhi
5.	N	mg/L	10	17,26	Tidak Memenuhi
6.	P	mg/L	0,2	6,56	Tidak Memenuhi
7.	K	mg/L	(-)	0,74	Memenuhi

Sumber : Laboratorium Air Tanah Teknik Pengairan, 2019

Tabel 4.19
Hasil Analisa *Outlet Wetland* Setelah Penambahan Perlakuan Hari Kedua

No.	Parameter	Satuan	Standart Kualitas Air Kelas II	Hasil Analisa	Keterangan
1.	BOD	mg/L	3	38,1	Tidak Memenuhi
2.	COD	mg/L	25	48	Tidak Memenuhi
3.	TSS	mg/L	50	0	Memenuhi
4.	pH	-	7	7,69	Tidak Memenuhi
5.	N	mg/L	10	25,65	Tidak Memenuhi
6.	P	mg/L	0,2	9,5	Tidak Memenuhi
7.	K	mg/L	(-)	0,92	Memenuhi

Sumber : Laboratorium Air Tanah Teknik Pengairan, 2019



Gambar 4.19 Grafik Analisa *Inlet* dan *Outlet Wetland* Setelah Penambahan Perlakuan Hari Kedua

Sumber : Pengolahan Data

Hasil dari analisa hari kedua menunjukkan bahwa hasilnya masih diatas baku mutu yang telah ditentukan. *Gambar 4.19* menunjukkan terdapat peningkatan *outlet* pada parameter BOD, COD, N, P dan K. Hasil pengujian sampel *inlet* dan *outlet* yang diujikan di Laboratorium Air Tanah hari ketiga ditampilkan dalam Tabel 4.20 dan Tabel 4.21.

Tabel 4.20

Hasil Analisa *Inlet Wetland* Setelah Penambahan Perlakuan Hari Ketiga

No.	Parameter	Satuan	Standart Kualitas Air Kelas II	Hasil Analisa	Keterangan
1.	BOD	mg/L	3	19,15	Tidak Memenuhi
2.	COD	mg/L	25	32	Tidak Memenuhi
3.	TSS	mg/L	50	0	Memenuhi
4.	pH	-	7	7,55	Memenuhi
5.	N	mg/L	10	20,80	Tidak Memenuhi
6.	P	mg/L	0,2	11,76	Tidak Memenuhi
7.	K	mg/L	(-)	0,78	Memenuhi

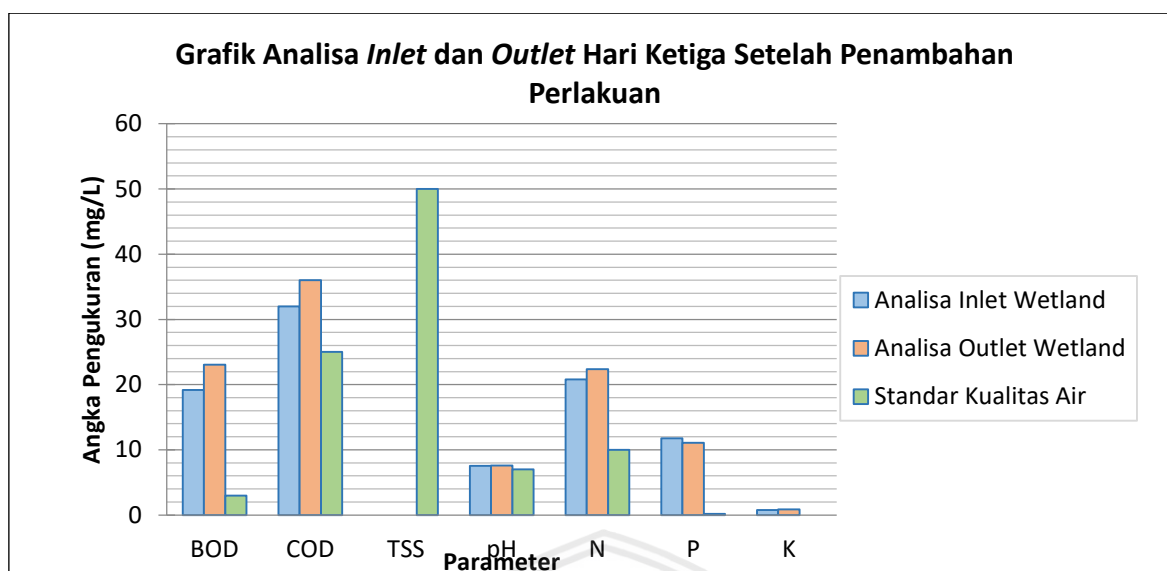
Sumber : Laboratorium Air Tanah Teknik Pengairan, 2019

Tabel 4.21

Hasil Analisa *Outlet Wetland* Setelah Penambahan Perlakuan Hari Ketiga

No.	Parameter	Satuan	Standart Kualitas Air Kelas II	Hasil Analisa	Keterangan
1.	BOD	mg/L	3	23,03	Tidak Memenuhi
2.	COD	mg/L	25	36	Tidak Memenuhi
3.	TSS	mg/L	50	0	Memenuhi
4.	pH	-	7	7,61	Memenuhi
5.	N	mg/L	10	22,39	Tidak Memenuhi
6.	P	mg/L	0,2	11,08	Tidak Memenuhi
7.	K	mg/L	(-)	0,89	Memenuhi

Sumber : Laboratorium Air Tanah Teknik Pengairan, 2019



Gambar 4.20 Grafik Analisa Inlet dan Outlet Wetland Setelah Penambahan Perlakuan Hari Ketiga

Sumber : Pengolahan Data

Hasil dari analisa hari ketiga menunjukkan bahwa hasilnya masih diatas baku mutu yang telah ditentukan. Gambar 4.20 menunjukkan terdapat peningkatan outlet pada parameter BOD, COD, pH, N dan K. Hasil pengujian sampel inlet dan outlet yang diujikan di Laboratorium Air Tanah hari ketiga ditampilkan dalam Tabel 4.22 dan Tabel 4.23.

Tabel 4.22

Hasil Analisa Inlet Wetland Setelah Penambahan Perlakuan Hari Keempat

No.	Parameter	Satuan	Standart Kualitas Air Kelas II	Hasil Analisa	Keterangan
1.	BOD	mg/L	3	27,78	Tidak Memenuhi
2.	COD	mg/L	25	48	Tidak Memenuhi
3.	TSS	mg/L	50	0	Memenuhi
4.	pH	-	7	7,51	Memenuhi
5.	N	mg/L	10	25,65	Tidak Memenuhi
6.	P	mg/L	0,2	12,44	Tidak Memenuhi
7.	K	mg/L	(-)	0,78	Memenuhi

Sumber : Laboratorium Air Tanah Teknik Pengairan, 2019

Tabel 4.23

Hasil Analisa Outlet Wetland Setelah Penambahan Perlakuan Hari Keempat

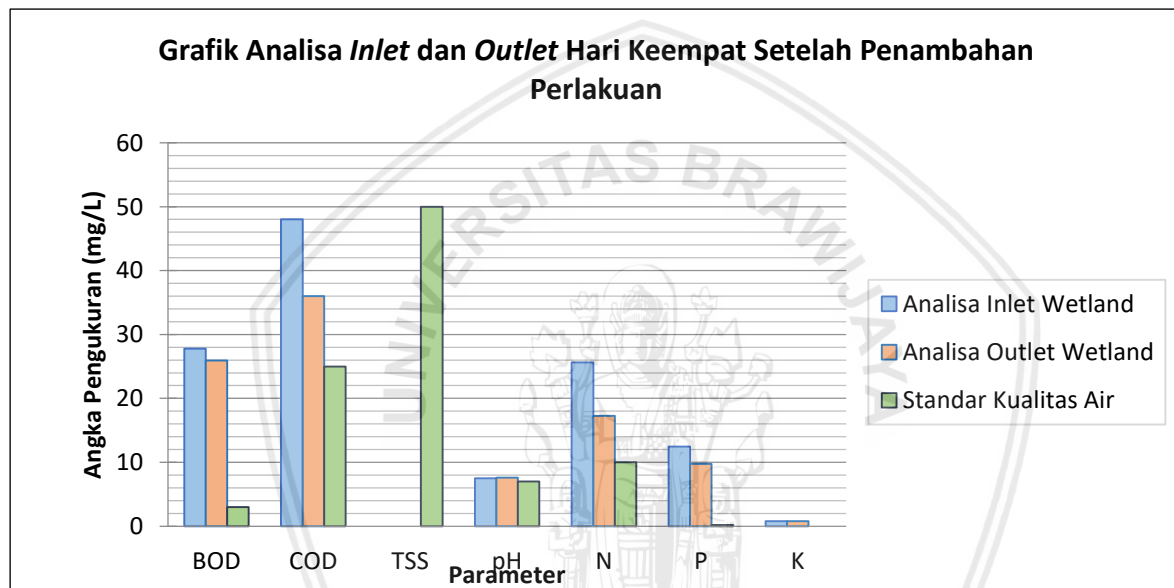
No.	Parameter	Satuan	Standart Kualitas Air Kelas II	Hasil Analisa	Keterangan
1.	BOD	mg/L	3	25,92	Tidak Memenuhi
2.	COD	mg/L	25	36	Tidak Memenuhi

Lanjutan Tabel 4.23

Hasil Analisa *Outlet Wetland* Setelah Penambahan Perlakuan Hari Keempat

3.	TSS	mg/L	50	0	Memenuhi
4.	pH	-	7	7,6	Memenuhi
5.	N	mg/L	10	17,25	Tidak Memenuhi
6.	P	mg/L	0,2	9,72	Tidak Memenuhi
7.	K	mg/L	(-)	0,78	Memenuhi

Sumber : Laboratorium Air Tanah Teknik Pengairan, 2019

Gambar 4.21 Grafik Analisa *Inlet* dan *Outlet* Wetland Setelah Penambahan Perlakuan Hari Keempat

Sumber : Pengolahan Data

Hasil dari analisa hari keempat menunjukkan bahwa hasilnya masih diatas baku mutu yang telah ditentukan. *Gambar 4.20* menunjukkan terdapat peningkatan *outlet* pada parameter pH dan K. Pada hari keempat menunjukkan penurunan yang signifikan namun masih belum memenuhi baku mutu yang telah ditentukan.

Perhitungan efektivitas pada pengujian kualitas air setelah penambahan perlakuan dilakukan untuk melihat dan membandingkan seberapa efektif dari pengujian sebelum adanya penambahan perlakuan. Perhitungan efektivitas dilakukan sama, yakni dengan mengambil rata – rata dari setiap *inlet* dan *outlet* pengujian yang ditampilkan dalam Tabel 4.24 dan Tabel 4.25.

Tabel 4.24

Analisa Polutan Harian *Inlet Wetland*

Parameter	Hari Ke - 1	Hari Ke - 2	Hari Ke - 3	Hari Ke - 4	Rata – Rata
BOD	31,74	21,03	19,15	27,78	23,975
COD	36	24	32,00	48,00	30,667
TSS	0	0	0,00	0,00	0,000
pH	7,6	7,78	7,55	7,51	7,643
N	20,8	17,26	20,80	25,65	19,621
P	8,56	6,56	11,76	12,44	8,960
K	0,79	0,74	0,78	0,78	0,770

Sumber : Pengolahan Data

Tabel 4.25

Analisa Polutan Harian *Outlet Wetland*

Parameter	Hari Ke - 1	Hari Ke - 2	Hari Ke - 3	Hari Ke - 4	Rata – Rata
BOD	27,03	38,1	23,033	25,918	29,388
COD	44	48	36	36	42,667
TSS	0	0	0	0	0,000
pH	7,59	7,69	7,61	7,6	7,630
N	22,39	25,65	22,388	17,257	23,476
P	7,92	9,5	11,086	9,729	9,502
K	0,88	0,92	0,891	0,785	0,897

Sumber : Pengolahan Data

Dari polutan hari pertama hingga hari keempat, maka didapatkan rata – rata *inlet* seta *outlet* yang ditampilkan dalam tabel, yang selanjutnya dipergunakan sebagai perhitungan efektivitas dari *wetland*. Perhitungan efektivitas ditampilkan dalam Tabel 4.26.

Tabel 4.26

Rekapitulasi Efektivitas Setelah Penambahan Perlakuan

Parameter	Rata - Rata <i>Inlet</i>	Rata - Rata <i>Outlet</i>	Efektivitas Setelah Tambahan Perlakuan (%)
BOD	23,975	29,388	22,58
COD	30,667	42,667	39,13
TSS	0,000	0,000	100,00
pH	7,643	7,630	0,17

Lanjutan Tabel 4.26

Rekapitulasi Efektivitas Setelah Penambahan Perlakuan

N	19,621	23,476	19,65
P	8,960	9,502	6,05
K	0,770	0,897	16,54

Sumber : Pengolahan Data

Contoh Perhitungan Efektivitas BOD

Diketahui :

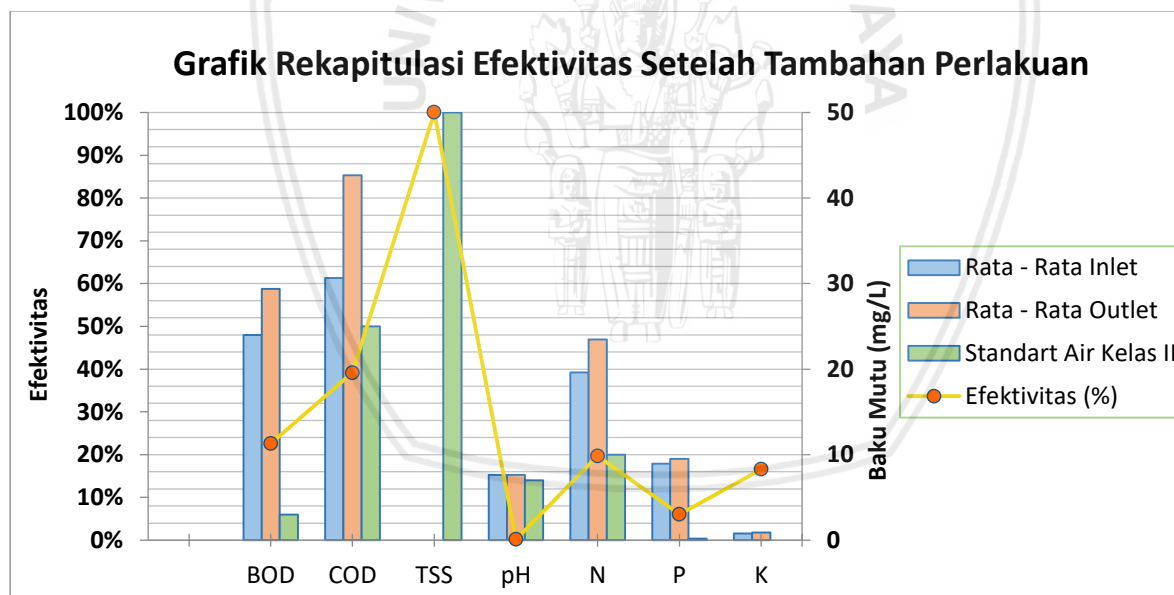
Rata – rata BOD *inlet* : 23,975Rata – rata BOD *outlet* : 29,388

Maka,

$$Eff = \frac{(Inlet - Outlet)}{Inlet} \times 100\%$$

$$Eff = \frac{(23,975 - 29,388)}{23,975} \times 100\%$$

$$= 22,58\%$$



Gambar 4.22 Grafik Rekapitulasi Efektivitas Sebelum Tambahan Perlakuan

Sumber : Pengolahan Data

Berdasarkan hasil perhitungan efektivitas penyerapan polutan pada IPAL menggunakan metode *wetland* aliran horisontal yang didapat dari rata – rata polutan pada *inlet* dan *outlet wetland* dari hari pertama hingga hari keempat menunjukkan bahwa nilainya masih diatas baku mutu yang telah ditentukan. Pada perhitungan efektivitas menunjukkan BOD mengalami kenaikan sebesar 22,581%, COD mengalami kenaikan sebesar 39,13%, TSS mengalami penurunan sebesar 100%, pH mengalami penurunan

sebesar 0,17%, N mengalami kenaikan sebesar 19,65%, P mengalami kenaikan sebesar 6,05% serta K mengalami kenaikan sebesar 16,54%.

Hasil dari rekapitulasi pengujian sampel sebelum adanya penambahan perlakuan dan setelah adanya penambahan perlakuan ditampilkan dalam Tabel 4.27.

Tabel 4.27

Rekapitulasi Efektivitas Sebelum dan Setelah Penambahan Perlakuan

Parameter	Sebelum Penambahan Perlakuan			Setelah Penambahan Perlakuan		
	Rata-rata <i>Inlet</i>	Rata-rata <i>Outlet</i>	Efektivitas (%)	Rata-rata <i>Inlet</i>	Rata-rata <i>Outlet</i>	Efektivitas (%)
BOD	24,610	27,050	9,91	23,975	29,388	22,58
COD	40,000	45,333	13,33	30,667	42,667	39,13
TSS	1,667	0,000	100,00	0,000	0,000	100,00
pH	7,997	7,820	2,21	7,643	7,630	0,17
N	18,373	17,783	3,21	19,621	23,476	19,65
P	7,613	7,643	0,39	8,960	9,502	6,05
K	1,640	1,452	11,46	0,770	0,897	16,54

Sumber : Pengolahan Data

Dari tabel 4.27 menunjukkan bahwa efektivitas setelah adanya penambahan perlakuan mengalami kenaikan pada setiap parameternya, dari 7 parameter yang diujikan hanya ada 2 parameter yang mengalami penurunan yakni TSS dan pH. Pada penambahan perlakuan dilakukan pengambilan sampel hingga pengulangan 4 kali dengan waktu 24 jam 31 menit disetiap pengulangannya, bertujuan untuk mengetahui penurunan beban polutan yang efektif. Dari Tabel 4.25 menunjukkan bahwa pada hari kedua analisa polutan pada *outlet wetland* merupakan titik optimal dari polutan yang ada, sehingga penggunaan *constructed wetland* pada SMPN 13 Kota Malang mempunyai titik optimal pada hari kedua yakni 2 x 24 jam 31 menit yang mampu menurunkan 7 parameter yang diuji.

4.8 Analisis Sebelum dan Setelah Adanya Perlakuan

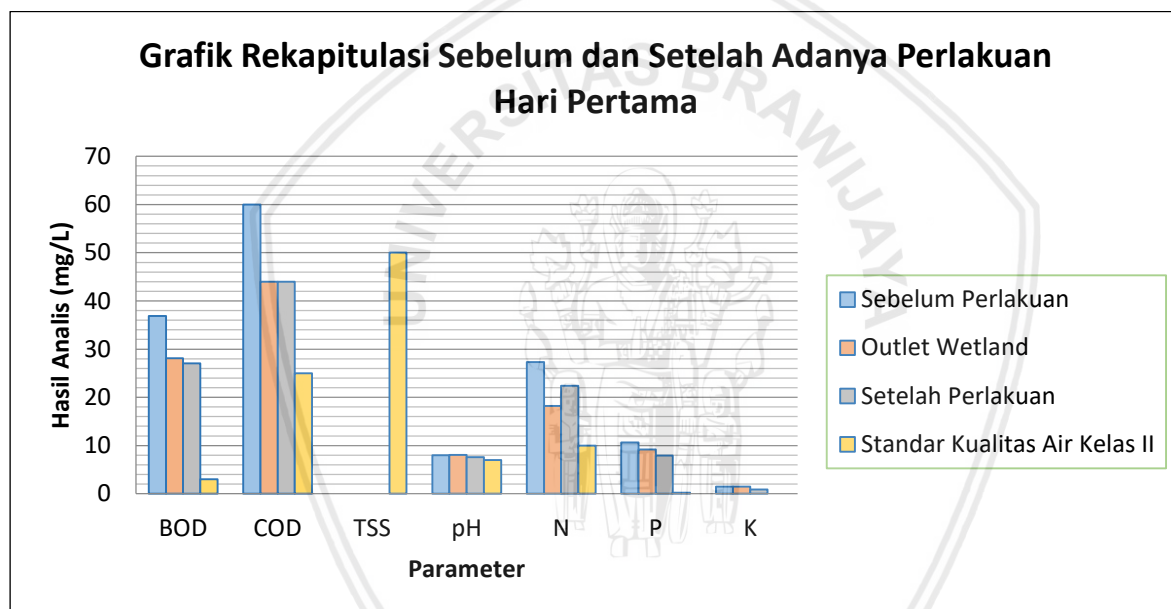
Analisis sebelum dan setelah adanya perlakuan dilakukan untuk mengetahui hasil dari penurunan polutan pada tiap pengulangannya. Hasil dari rekapitulasi sebelum dan setelah adanya perlakuan pada hari pertama disajikan dalam Tabel 4.28 serta grafik dalam Gambar 4.23.

Tabel 4.28

Rekapitulasi Sebelum dan Setelah Adanya Perlakuan Hari Pertama

No.	Parameter	Standar Kualitas Air Kelas II	Sebelum Perlakuan	Outlet Wetland	Setelah Perlakuan
1.	BOD	3	36,9	28,08	27,03
2.	COD	25	60	44	44
3.	TSS	50	0	0	0
4.	pH	7	7,96	8,04	7,59
5.	N	10	27,33	18,19	22,39
6.	P	0,2	10,63	9,18	7,92
7.	K	(-)	1,48	1,45	0,88

Sumber: Pengolahan Data

Gambar 4.23 Grafik Rekapitulasi Sebelum dan Setelah Adanya Perlakuan Hari Pertama
Sumber: Pengolahan Data

Tabel 4.28 dan Gambar 4.23 menunjukkan bahwa dari 7 parameter limbah cair yang diuji, 6 diantaranya yaitu BOD, COD, pH, N, P dan K semuanya mengalami penurunan setelah adanya penambahan perlakuan pada hari pertama, kecuali TSS yang tidak memiliki beban poluan. Hasil dari rekapitulasi sebelum dan setelah adanya perlakuan pada hari kedua disajikan dalam Tabel 4.29 serta grafik dalam Gambar 4.24.

Tabel 4.29

Rekapitulasi Sebelum dan Setelah Adanya Perlakuan Hari Kedua

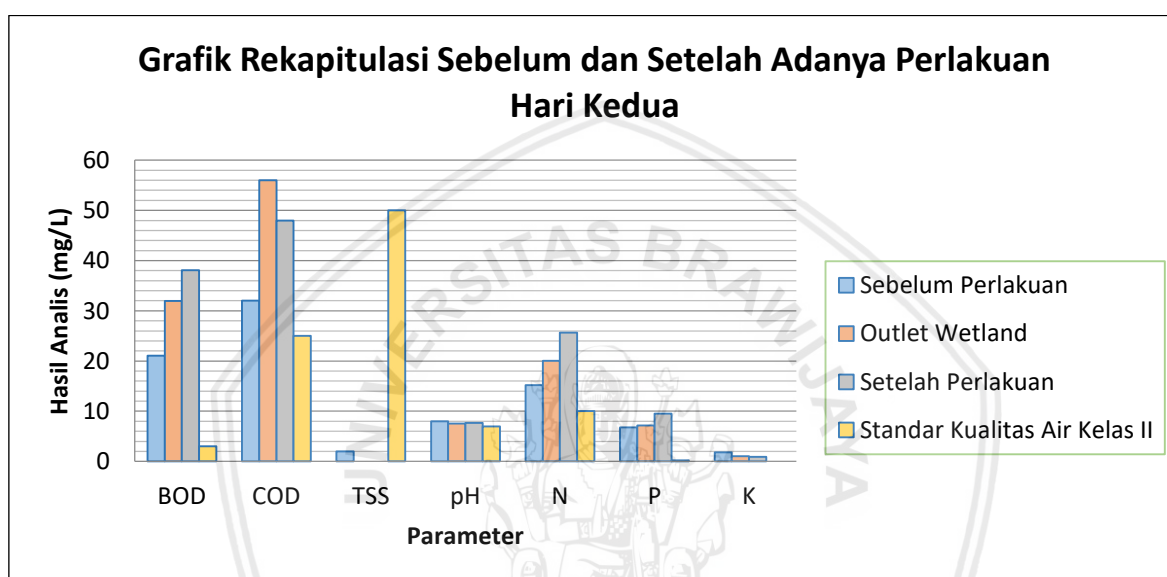
No.	Parameter	Standar Kualitas Air Kelas II	Sebelum Perlakuan	Outlet Wetland	Setelah Perlakuan
1.	BOD	3	21,03	31,97	38,1
2.	COD	25	32	56	48

Lanjutan Tabel 4.29

Rekapitulasi Sebelum dan Setelah Adanya Perlakuan Hari Kedua

No.	Parameter	Standar Kualitas Air Kelas II	Sebelum Perlakuan	Outlet Wetland	Setelah Perlakuan
4.	pH	7	7,96	7,52	7,69
5.	N	10	15,2	20,05	25,65
6.	P	0,2	6,78	7,19	9,5
7.	K	(-)	1,78	1,056	0,92

Sumber: Pengolahan Data



Gambar 4.24 Grafik Rekapitulasi Sebelum dan Setelah Adanya Perlakuan Hari Kedua

Sumber: Pengolahan Data

Tabel 4.29 dan Gambar 4.24 menunjukkan bahwa dari 7 parameter limbah cair yang diuji hanya 2 parameter yang mengalami penurunan pada hari kedua yaitu pH dan K. Hasil dari rekapitulasi sebelum dan setelah adanya perlakuan pada hari ketiga disajikan dalam Tabel 4.30 serta grafik dalam Gambar 4.25.

Tabel 4.30

Rekapitulasi Sebelum dan Setelah Adanya Perlakuan Hari Ketiga

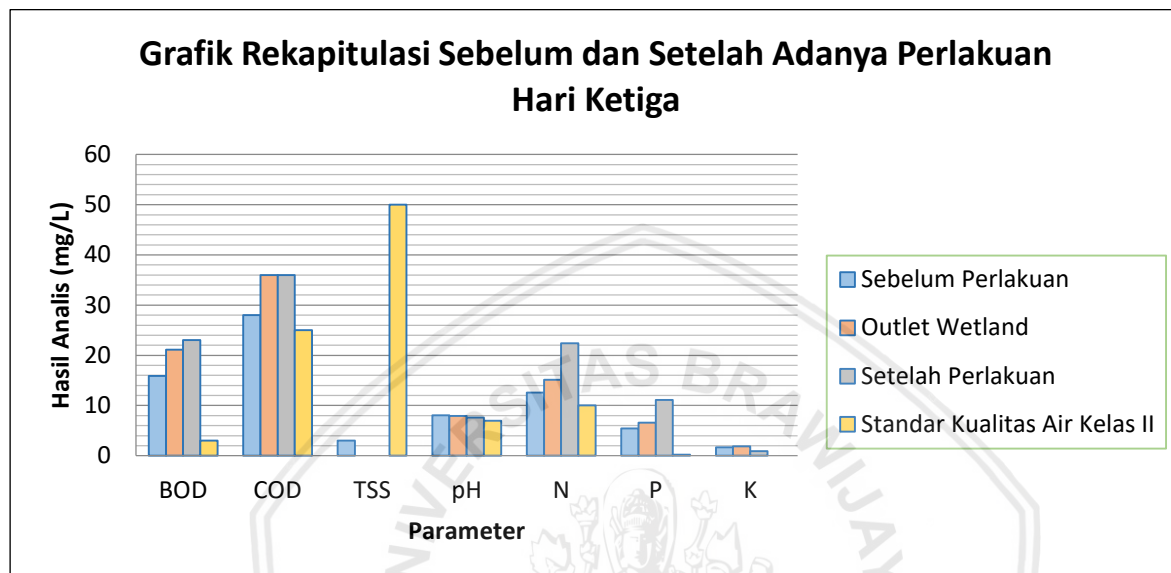
No.	Parameter	Standar Kualitas Air Kelas II	Sebelum Perlakuan	Outlet Wetland	Setelah Perlakuan
1.	BOD	3	15,9	21,1	23,033
2.	COD	25	28	36	36
3.	TSS	50	3	0	0
4.	pH	7	8,07	7,9	7,61
5.	N	10	12,59	15,11	22,388
6.	P	0,2	5,43	6,56	11,086

Lanjutan Tabel 4.30

Rekapitulasi Sebelum dan Setelah Adanya Perlakuan Hari Ketiga

No.	Parameter	Standar Kualitas Air Kelas II	Sebelum Perlakuan	Outlet Wetland	Setelah Perlakuan
7.	K	(-)	1,66	1,85	0,891

Sumber: Pengolahan Data



Gambar 4.24 Grafik Rekapitulasi Sebelum dan Setelah Adanya Perlakuan Hari Kedua

Sumber: Pengolahan Data

Tabel 4.29 dan Gambar 4.24 menunjukkan bahwa dari 7 parameter limbah cair yang diuji hanya 2 parameter yang mengalami penurunan pada hari kedua yaitu pH dan K. Adanya penambahan perlakuan seperti menambahkan jumlah tanaman menjadi 9 tanaman bambu air dan 5 tanaman melati air serta penambahan 2 buah aerator pada *inlet* bangunan *wetland* untuk meningkatkan oksigen pada air masih belum maksimal dalam menurunkan polutan hingga sesuai standar kualitas air kelas II.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan pada bab sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. Kondisi awal kualitas air pada saluran drainase di SMPN 13 Kota Malang menunjukkan bahwa, berdasarkan hasil pengujian sampel limbah cair pada *inlet* saluran yang dilakukan di Laboratorium Air Tanah Jurusan Teknik Pengairan masing-masing parameternya memiliki kandungan BOD sebesar 21,1 mg/L, COD sebesar 32 mg/L, TSS sebesar 0 mg/L, pH sebesar 7,82, N sebesar 11,6 mg/L, P sebesar 3,39 mg/L dan K sebesar 2,96 mg/L. Apabila dibandingkan dengan standar baku mutu air kelas II maka dapat disimpulkan bahwa 4 dari 7 parameter yang diuji masih melebihi baku mutu air kelas II.
2. Perencanaan dan perhitungan IPAL dilakukan untuk mendapatkan tahapan proses pengolahan limbah sehingga menghasilkan keluaran air yang sesuai dengan baku mutu air kelas II. Proses pengolahan air limbah menggunakan metode *sub-surface constructed wetland* aliran horizontal dengan media tanaman teratai, melati air dan bambu air dipilih karena dapat mengolah limbah pertanian secara kontinu. Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan debit sebesar 541,932 L/hari, dari debit tersebut diperoleh waktu tinggal selama 24 jam 31 menit. Perhitungan luasan menggunakan metode *Crites* dan *Tchobanoglus* yang mendapatkan hasil analisis luasan *wetland* sebesar 1,799 m², dalam perhitungan tersebut semakin kecil debit yang mengalir dalam *wetland* maka akan memperbesar waktu tinggal di dalam luasan *constructed wetland*.
3. Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan dari pengambilan sampel pada *inlet* dan *outlet* bangunan *sub-surface constructed wetland*, menunjukkan bahwa pengujian setelah adanya penambahan perlakuan didapatkan hasil perhitungan efektivitas dengan hasil setiap parameternya yakni BOD mengalami kenaikan sebesar 22,581%, COD mengalami kenaikan sebesar 39,13%, TSS mengalami penurunan sebesar 100%, pH mengalami penurunan sebesar 0,17%, N mengalami kenaikan sebesar 19,65%, P mengalami kenaikan sebesar 6,05% serta K mengalami kenaikan sebesar 16,54%.

5.2 Saran

1. Dengan cakupan data, analisis dan metode yang dilakukan cukup sederhana, maka perlu adanya penelitian berikutnya sehingga nantinya akan memperoleh hasil yang lebih baik.
2. Diharapkan seluruh komponen di SMPN 13 Kota Malang beserta warga sekitar dapat menerapkan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) dengan menggunakan metode *sub-surface constructed wetland*.
3. Mempertimbangkan debit yang masuk kedalam bangunan *wetland*, karena debit berpengaruh dengan waktu tinggal pada *constructed wetland*.
4. Pihak sekolah dapat mengedukasi seluruh komponen dalam sekolah baik itu guru, staf, serta siswa-siswi pada sekolah agar dapat memahami seberapa penting pengolahan air limbah.
5. Pembuatan tampungan khusus pada *outlet* pembuangan cuci tangan yang mengarah ke saluran, supaya air bekas cuci tangan tidak mencemari IPAL yang ada.
6. Melakukan pembersihan dan pembangunan lining pada saluran setelah bangunan *wetland*.
7. Melakukan penutupan dengan waring hitam pada saluran untuk mengurangi paparan sinar matahari pada saluran serta untuk meminimalisir siswa siswi membuang sampah pada saluran.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, Rukaesih. 2004. *Kimia Lingkungan*. Andi Yogyakarta : Yogyakarta
- Ariani Diah & Soedjono Eddy. (2013). *Perencanaan Subsurface Flow Constructed Wetland Dalam Pengolahan Efluen Tangki Septik Pada Derah Air Tanah Dangkal Studi Kasus Perumahan Istana Bestari Kota Pasuruan*. Surabaya. Jurnal Teknik Lingkungan-FTSP-ITS.
- Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. (2008). *Pengolahan Air Limbah Domestik di DKI Jakarta*. Jakarta
- Effendi, H. (2003). *Telaah Kualitas Air*. Kanisius. Yogyakarta.
- Ibrahim, A.s dan A. Kasno. (2008). *Interaksi Pemberian Kapur Pada Pemupukan Urea Terhadap Kadar N Tanah dan Serapan N Tanaman Jagung*. Balai Penelitian Tanaman Pangan. Semarang.
- Jana I Wayan. (2014). *Pengaruh Aktivitas Pertanian Terhadap Kualitas Air Irigasi di Subak Tegalampit Payang Gianyar*. Denpasar: Jurnal Skala Husada Volume 11 Nomor 1. Politeknik Kesehatan Denpasar.
- Kadlec R. H dan Wallace Scott D. (2008) *Treatment Wetlands Second Edition*. Boca Raton: CRC Press
- Kementerian Lingkungan Hidup. (2014). *Peraturan Menteri dan Petunjuk Pelaksanaan Pemantauan*. Jakarta
- Kementerian Lingkungan Hidup. (2017). *Peraturan Menteri dan Petunjuk Pelaksanaan Pemantauan*. Jakarta
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia. (2010). Peraturan Daerah No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.
- Raude et. al. (2009). *Hosehold Greywater Treatment For Peri-Urban Areas Of Nakuru Municipality*. Kenya: Sustainable Sanitation Practice Journal.
- Safrodin Ahmad, Mangkoedihardjo Sarwoko. (2016). *Desain Ipal Pengolahan Grey Water Dengan Teknologi Subsurface Flow Constructed Wetland di Rusunawa Grudo Surabaya*. Jurnal Teknik ITS. Surabaya: Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan ITS.
- SNI 6989.59:2008. (2008). *Metoda Pengambilan Contoh Air Limbah*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional
- Sugiharto. (1987). *Dasar-Dasar Pengolahan Air Limbah*. Jakarta: Universitas Indonesia
- Supradata. (2005). *Pengolahan Limbah Domestik Menggunakan Tanaman Hias Cyperus alternifolius, L. Dalam Sistem Lahan Basah Buatan aliran Bawah Permukaan (SSF-Wetlands)*. Tesis. Semarang: Magister Ilmu Lingkungan UNDIP.
- Suswati Anna. (2012). *Analisis Luasan Constructed Wetland Menggunakan Tanaman Iris dalam Mengolah Air Limbah Domestik (Greywater)*. Indonesian Green Technology Journal. Malang: Program Pascasarjana Universitas Brawijaya.
- Suswati Anna & Wibisono Gunawan. (2013). *Pengolahan Limbah Domestik Dengan*

- Teknologi Taman Tanaman Air (Constructed Wetlands)*. Tesis. Indonesian Green Technology Journal. Malang: Program Pascasarjana Universitas Brawijaya.
- Sutejo. M.M. 1990. *Pupuk dan Cara Pemupukan*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Prayitno. (2013). *Pengurangan BOD dan COD Limbah Cair Terolah Industri Penyamakan Kulit Menggunakan Tanaman Melati Air*. Majalah Kulit, Karet dan Plastik.
- Metclaf dan Eddy. (1991). *Wastewater Engineering Treatment and Reuse*. New York: The McGraw-Hill Companies
- Mulyani, Mul Sutedja. (1990). *Pupuk dan Cara Pemupukan*. Jakarta: Rineka Cipta.
- United Nations Human Settlements Programme. (2008). *Constructed Wetlands Manual*. Kenya: UN-HABITAT
- Widarusanto C, Moh. Sholichin, Wibisono Gunawan. (2016). *Penggunaan Metode Wetland Untuk Meningkatkan Kinerja IPAL Salah Satu Rumah Sakit di Kota Malang*. Jurnal Ilmiah. Malang: Sarjana Teknik Pengairan Universitas Brawijaya.
- Widyastuti. et. al. (2005). *Pengolahan Air Limbah Domestik dengan Pemanfaatan Tanaman Cyperus Papyrus pada Sistem Subsurface Constructed Wetland*. Tugas Akhir. Surabaya: Jurusan Teknik Lingkungan ITS.





LAMPIRAN I

“Data Pengujian Sampel”



LAMPIRAN II

“PP Nomor 82 Tahun 2001”



LAMPIRAN III

“Metode Pengambilan Contoh Air Limbah”



LAMPIRAN IV

“Gambar Desain *Constructed Wetland*”



LAMPIRAN V

“Dokumentasi Lokasi Studi”