



**PERMODELAN LAHAN BASAH BUATAN (*CONSTRUCTED WETLAND*) UNTUK PENINGKATAN KUALITAS AIR PERMUKAAN  
BERBASIS KONSEP DESAIN PENGELOLAAN AIR  
BAGI DAERAH PERKOTAAN YANG PEKA AIR (*WATER SENSITIVE URBAN DESIGN*)  
DISERTASI**

**PROGRAM DOKTOR TEKNIK SIPIL  
MINAT SUMBER DAYA AIR**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Doktor Teknik



**I GEDE MADE DERMAWAN, ST., MT.  
NIM. 137060100111001**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
MALANG**

**2018**

LEMBAR PENGESAHAN  
**PERMODELAN LAHAN BASAH BUATAN (CONSTRUCTED  
WETLAND) UNTUK PENINGKATAN KUALITAS AIR  
PERMUKAAN  
BERBASIS KONSEP DESAIN PENGELOLAAN AIR  
BAGI DAERAH PERKOTAAN YANG PEKA AIR (WATER  
SENSITIVE URBAN DESIGN)**  
DISERTASI  
POGRAM DOKTOR TEKNIK SIPIL  
MINAT SUMBER DAYA AIR

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Doktor Teknik



**I GEDE MADE DERMAWAN,ST.,MT.  
NIM. 137060100111001**

**Pembimbing Utama**

**Prof. Dr. Ir. Lily Montarcih Limantara,  
M.Sc**

**NIP. 19620917 198701 2 001**

**Pembimbing Pendamping 1**

**Pembimbing Pendamping 2**

**Ir. Moh. Sholichin, MT.,Ph.D.  
NIP. 19670602 199802 1 001**

**Dr. Very Dermawan, ST.,MT.  
NIP. 19730217 199903 1 001**

**Ketua Program Doktor Teknik Sipil**

**Dr. Eng. Yulvi Zaika, ST.,MT.  
NIP. 19680707 199403 2 002**

**DAFTAR ISI**

<b>SAMPUL DALAM.....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN.....</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS.....</b>	<b>iii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>viii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>x</b>
<b>RINGKASAN.....</b>	<b>xi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 <i>Road Map</i> Penelitian.....	3
1.3 Batasan Penelitian.....	5
1.4 Perumusan Masalah.....	5
1.5 Tujuan Penelitian.....	6
1.6 Manfaat Penelitian .....	6
1.7 Kebaharuan Penelitian .....	6
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>7</b>
2.1 Air .....	7
2.2 Daerah Aliran Sungai (DAS) .....	8
2.3 Tata Guna Lahan .....	9
2.4 Pencemaran .....	10
2.4.1 Pencemaran Air .....	10
2.4.2 Penyebab Pencemaran Air .....	11
2.4.3 Limbah .....	12
2.4.4 Komponen Limbah Cair .....	13
2.4.5 Indikator Pencemaran Perairan .....	13
2.5 <i>Water Sensitive Urban Design</i> (WSUD) .....	17
2.5.1 Pengertian, prinsip, dan tujuan WSUD .....	17
2.5.2. Aplikasi WSUD .....	18



Universitas Brawijaya	Universitas Brawijaya	Universitas Brawijaya	Universitas Brawijaya	Universitas Brawijaya
Universitas Brawijaya	Universitas Brawijaya	Universitas Brawijaya	Universitas Brawijaya	Universitas Brawijaya
Universitas Brawijaya	Universitas Brawijaya	2.5.2.1. <i>Gross Pollutant Traps</i> .....	19	Universitas Brawijaya
Universitas Brawijaya	Universitas Brawijaya	2.5.2.2. <i>Vegetated Swales, Filter Strips dan Bioretention Swales</i> .....	20	Universitas Brawijaya
Universitas Brawijaya	Universitas Brawijaya	2.5.2.3. Aplikasi konsep WSUD .....	20	Universitas Brawijaya
Universitas Brawijaya	Universitas Brawijaya	2.6 Lahan Basah ( <i>Wetland</i> ).....	22	Universitas Brawijaya
Universitas Brawijaya	Universitas Brawijaya	2.6.1 Tanaman Untuk Perbaikan Kualitas Air .....	23	Universitas Brawijaya
Universitas Brawijaya	Universitas Brawijaya	2.6.2 Tanaman Teratai ( <i>Nymphaea</i> ) .....	24	Universitas Brawijaya
Universitas Brawijaya	Universitas Brawijaya	2.6.3 Tanaman Dlingo ( <i>Acorus calamus</i> ).....	25	Universitas Brawijaya
Universitas Brawijaya	Universitas Brawijaya	<b>BAB III KERANGKA PIKIR PENELITIAN</b> .....	27	Universitas Brawijaya
Universitas Brawijaya	Universitas Brawijaya	3.1 Kerangka Pikir .....	27	Universitas Brawijaya
Universitas Brawijaya	Universitas Brawijaya	3.2 Alur Pekerjaan Dan Penelitian Terdahulu .....	29	Universitas Brawijaya
Universitas Brawijaya	Universitas Brawijaya	<b>BAB IV METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	33	Universitas Brawijaya
Universitas Brawijaya	Universitas Brawijaya	4.1 Wilayah Studi.....	33	Universitas Brawijaya
Universitas Brawijaya	Universitas Brawijaya	4.2 Metode Penelitian .....	37	Universitas Brawijaya
Universitas Brawijaya	Universitas Brawijaya	4.3 Kerangka/Diagram Alir Penelitian .....	39	Universitas Brawijaya
Universitas Brawijaya	Universitas Brawijaya	4.4 Proses Pemgambilan Sampel Pada Lokasi Studi .....	40	Universitas Brawijaya
Universitas Brawijaya	Universitas Brawijaya	<b>BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	49	Universitas Brawijaya
Universitas Brawijaya	Universitas Brawijaya	5.1 Pemasangan Model Test Kombinasi.....	49	Universitas Brawijaya
Universitas Brawijaya	Universitas Brawijaya	5.2 Hasil Pengukuran.....	49	Universitas Brawijaya
Universitas Brawijaya	Universitas Brawijaya	5.2.1. Pengukuran Debit .....	49	Universitas Brawijaya
Universitas Brawijaya	Universitas Brawijaya	5.2.2. Pengukuran Parameter Kimia dan Kekaruan.....	50	Universitas Brawijaya
Universitas Brawijaya	Universitas Brawijaya	5.2.3. Pengukuran Parameter Bakteriologi .....	126	Universitas Brawijaya
Universitas Brawijaya	Universitas Brawijaya	5.3 Kajian Efektifitas Model Lahan Basah.....	127	Universitas Brawijaya
Universitas Brawijaya	Universitas Brawijaya	5.4 Ringkasan dan Pembahasan.....	129	Universitas Brawijaya
Universitas Brawijaya	Universitas Brawijaya	<b>BAB VI KESIMPULAN</b> .....	137	Universitas Brawijaya
Universitas Brawijaya	Universitas Brawijaya	6.1 Kesimpulan .....	137	Universitas Brawijaya
Universitas Brawijaya	Universitas Brawijaya	6.2 Saran .....	138	Universitas Brawijaya
Universitas Brawijaya	Universitas Brawijaya	<b>DAFTAR PUSTAKA</b>		Universitas Brawijaya
Universitas Brawijaya	Universitas Brawijaya	<b>LAMPIRAN</b>		Universitas Brawijaya

<b>DAFTAR TABEL</b>	
2.1	Tabel Jenis Pencemaran dan Sumbernya .....
2.2	Klasifikasi Padatan di Perairan Berdasarkan Ukuran Diameter .....
3.1	Penelitian Terdahulu .....
4.1	Cakupan Wilayah Kecamatan dalam DAS Tukad Badung .....
4.1.1	Hasil Pengukuran Debit .....
5.1	Pengukuran I Dilakukan Pada Tanggal 17 November 2015 .....
5.2	Pengukuran II Dilakukan Pada Tanggal 23 November 2015 .....
5.3	Pengukuran III Dilakukan Pada Tanggal 26 November 2015 .....
5.4	Pengukuran IV Dilakukan Pada Tanggal 30 November 2015 .....
5.5	Pengukuran V Dilakukan Pada Tanggal 07 Desember 2015 .....
5.6	Pengukuran VI Dilakukan Pada Tanggal 15 Desember 2015 .....
5.7	Pengukuran VII Dilakukan Pada Tanggal 18 Desember 2015 .....
5.8	Pengukuran VIII Dilakukan Pada Tanggal 22 Desember 2015 .....
5.9	Pengukuran IX Dilakukan Pada Tanggal 31 Desember 2015 .....
5.10	Pengukuran X Dilakukan Pada Tanggal 04 Januari 2016 .....
5.11	Pengukuran XI Dilakukan Pada Tanggal 06 Januari 2016 .....
5.12	Pengukuran XII Dilakukan Pada Tanggal 12 Januari 2016 .....
5.13	Pengukuran XIII Dilakukan Pada Tanggal 15 Januari 2016 .....
5.14	Pengukuran XIV Dilakukan Pada Tanggal 19 Januari 2016 .....
5.15	Flourida (Ion F) Pada Model Wetland 1 .....
5.16	Flourida (Ion F) Pada Model Wetland 2 .....
5.17	Flourida (Ion F) Pada Model Wetland 3 .....
5.18	Flourida (Ion F) Pada Model Wetland 4 .....
5.19	Rekap Flourida (Ion F) .....
5.20	Rekap Hasil Kelas Baku Mutu Flourida (Ion F) .....
5.21	Nitrat (NO <sub>3</sub> -N) Pada Model Wetland 1 .....
5.22	Nitrat (NO <sub>3</sub> -N) Pada Model Wetland 2 .....
5.23	Nitrat (NO <sub>3</sub> -N) Pada Model Wetland 3 .....
5.24	Nitrat (NO <sub>3</sub> -N) Pada Model Wetland 4 .....
5.25	Rekap Nitrat (NO <sub>3</sub> -N) .....
	<b>Halaman</b>
	12
	14
	29
	35
	50
	51
	52
	52
	53
	53
	54
	55
	55
	56
	56
	57
	57
	58
	58
	58
	60
	62
	64
	66
	68
	70
	73
	75
	77
	79
	80

5.27 Rekap Hasil Kelas Baku Mutu Nitrat (NO3-N) .....	81
5.28 BOD Pada Model Wetland 1.....	85
5.29 BOD Pada Model Wetland 2.....	87
5.30 BOD Pada Model Wetland 3.....	89
5.31 BOD Pada Model Wetland 4.....	91
5.32 Rekap BOD .....	92
5.33 Rekap Hasil Kelas Baku Mutu BOD .....	93
5.34 COD Pada Model Wetland 1.....	97
5.35 COD Pada Model Wetland 2.....	99
5.36 COD Pada Model Wetland 3.....	101
5.37 COD Pada Model Wetland 4.....	103
5.38 Rekap COD .....	104
5.39 Rekap Hasil Kelas Baku Mutu COD .....	105
5.40 DO Pada Model Wetland 1 .....	110
5.41 DO Pada Model Wetland 2 .....	112
5.42 DO Pada Model Wetland 3 .....	114
5.43 DO Pada Model Wetland 4 .....	116
5.44 Rekap DO.....	117
5.45 Rekap Hasil Kelas Baku Mutu DO .....	118
5.46 Kekeruhan Pada Model Wetland 1 .....	121
5.47 Kekeruhan Pada Model Wetland 2 .....	122
5.48 Kekeruhan Pada Model Wetland 3 .....	123
5.49 Kekeruhan Pada Model Wetland 4 .....	124
5.50 Rekap Kekeruhan .....	125
5.51 Rekap Pengukuran Parameter Bakteriologi.....	126
5.52 Rekap Prosentase Reduksi Pencemaran Model Wetland.....	128

**DAFTAR GAMBAR**

Halaman

2.1 Implementasi WSUD .....	21
2.2 Tipe Aliran Lahan Basah Buatan .....	22
2.3 Tanaman Teratai ( <i>Nymphaea</i> ).....	24
2.4 Tanaman Dlingo ( <i>Acorus calamus</i> ) .....	25
3.1 Diagram <i>Roadmap</i> Penelitian .....	29
4.1a Peta Situasi DAS Tukad Badung .....	35
4.2 Kondisi Tukad Badung Hulu .....	36
4.3 Kondisi Tukad Badung Hilir .....	36
4.4 Diagram Alir Penelitian .....	39
4.5 Model Test Kombinasi Surface dan Subsurface .....	40
4.6 Pengambilan Sample pada Model 1 (Subsurface dengan Vegetasi Delingo) .....	40
4.7 Pengambilan Sample pada Model 1 (Surface dengan Vegetasi Teratai) ...	41
4.8 Pengambilan Sample pada Model 2 (Subsurface tanpa Vegetasi).....	41
4.9 Pengambilan Sample pada Model 2 (Surface dengan Vegetasi Delingo)..	42
4.10 Pengambilan Sample pada Model 2 (Surface dengan Vegetasi Teratai) ...	42
4.11 Pengambilan Sample pada Model 3 (Subsurface tanpa Vegetasi).....	43
4.12 Pengambilan Sample pada Model 3 (Surface dengan Vegetasi Teratai) ...	43
4.13 Pengambilan Sample pada Model 4 (Surface dengan Vegetasi Delingo)..	44
4.14 Pengambilan Sample pada Model 4(Surface dengan Vegetasi Teratai) ....	44
4.15 Model 1 (Subsurface dengan vegetasi delingo dan Surface dengan Vegetasi Teratai) .....	45
4.16 Model 2 (Subsurface dengan vegetasi delingo dan Surface dengan Vegetasi Teratai) .....	46
4.17 Model 3 (Subsurface tanpa Vegetasi dan Surface dengan Vegetasi Teratai) .....	47
4.18 Model 4 (Surface dengan Vegetasi Delingo dan Surface dengan Vegetasi Teratai) .....	48
5.1 Perbandingan Florida (Ion F) pada Model 1 dengan Tukad Badung.....	60
5.2 Perbandingan Florida (Ion F) pada Model 2 dengan Tukad Badung.....	62

5.3 Perbandingan Florida (Ion F) pada Model 3 dengan Tukad Badung.....	64
5.4 Perbandingan Florida (Ion F) pada Model 4 dengan Tukad Badung.....	66
5.5 Perbandingan Florida (Ion F) pada Semua Model Wetland dengan Tukad Badung .....	70
5.6 Perbandingan Nitrat pada Model 1 dengan Tukad Badung .....	72
5.7 Perbandingan Nitrat pada Model 2 dengan Tukad Badung .....	74
5.8 Perbandingan Nitrat pada Model 3 dengan Tukad Badung .....	76
5.9 Perbandingan Nitrat pada Model 4 dengan Tukad Badung .....	78
5.10 Perbandingan Nitrat pada Semua Model Wetland dengan Tukad Badung	82
5.11 Perbandingan BOD pada Model 1 dengan Tukad Badung .....	84
5.12 Perbandingan BOD pada Model 2 dengan Tukad Badung .....	86
5.13 Perbandingan BOD pada Model 3 dengan Tukad Badung .....	88
5.14 Perbandingan BOD pada Model 4 dengan Tukad Badung .....	90
5.15 Perbandingan BOD pada Semua Model Wetland dengan Tukad Badung.	94
5.16 Perbandingan COD pada Model 1 dengan Tukad Badung .....	96
5.17 Perbandingan COD pada Model 2 dengan Tukad Badung .....	98
5.18 Perbandingan COD pada Model 3 dengan Tukad Badung .....	100
5.19 Perbandingan COD pada Model 4 dengan Tukad Badung .....	102
5.20 Perbandingan COD pada Semua Model Wetland dengan Tukad Badung	106
5.21 Perbandingan DO pada Model 1 dengan Tukad Badung .....	109
5.22 Perbandingan DO pada Model 2 dengan Tukad Badung .....	111
5.23 Perbandingan DO pada Model 3 dengan Tukad Badung .....	113
5.24 Perbandingan DO pada Model 4 dengan Tukad Badung .....	115
5.25 Perbandingan DO pada Semua Model Wetland dengan Tukad Badung ...	119
5.26 Hasil Uji Kandungan Bakteri Coliform .....	127
5.27 Hasil Uji Kandungan Bakteri E-coli .....	127
5.28 Efektifitas Debit Outflow Sistem Wetland .....	128

### 1.1. Latar Belakang

Pertumbuhan penduduk di Indonesia yang pesat khususnya di kota-kota besar, telah mendorong peningkatan kebutuhan akan perumahan. Hal tersebut mengakibatkan timbulnya perubahan alih fungsi lahan, yang awalnya asri menjadi pemukiman atau perkantoran. Berbagai aktivitas yang dilakukan manusia selalu menghasilkan limbah dan dapat menimbulkan pencemaran terhadap sumber mata air, salah satunya sungai, yang terjadi akibat bertambahnya suatu material atau bahan yang mempengaruhi kondisi perairan sehingga mengurangi atau merusak daya guna perairan.

Salah satu sungai terbesar yang melintasi kota Denpasar yaitu Tukad Badung. Sungai yang terletak di pusat kota tersibuk ini, keberadaanya sangat mengkhawatirkan. Pada berbagai sudut di Tukad Badung, selalu terdapat genangan sampah yang mengapung. Tukad Badung telah dijadikan tempat pembuangan sampah bagi sebagian masyarakat atau warga kota yang kurang memiliki disiplin lingkungan. Tukad Badung memiliki fungsi seperti sebuah selokan karena penampakan fisiknya, air kotor, berwarna gelap, berlumpur tebal, dipenuhi sampah, dan bau limbah domestik dari rumah tangga dan industri.

Pada negara-negara berkembang seperti Indonesia, tingginya pencemaran lingkungan yang bersumber dari limbah domestik ini dikarenakan beberapa hal, seperti sempitnya lahan perumahan sehingga tidak ada *space/ ruang* (lahan) untuk membangun unit pengolahan air limbah yang pada umumnya memerlukan lahan yang luas. Masalah ekonomi yang rendah sehingga terkendala keterbatasan biaya dan kondisi sarana sanitasi yang kurang memadai serta kebiasaan masyarakat yang kurang mendukung perilaku hidup bersih dan sehat. Dengan demikian diperlukan pemilihan dan penerapan teknologi baru pengolahan air limbah domestik perkotaan yang '*simple and appropriate*' untuk masyarakat yakni: sederhana, mudah dan murah serta terjangkau dalam sistem pengoperasian dan perawatannya.

Salah satu teknologi tepat guna yang mampu mengolah air limbah domestik adalah *Water Sensitive Urban Design* (WSUD) atau desain pengelolaan air bagi daerah perkotaan yang sensitif dengan sistem tanah basah /lahan basah/ rawa buatan dengan memanfaatkan

tanaman/ vegetasi. Lahan basah buatan merupakan suatu sistem buatan manusia dengan kinerja dibuat mirip dengan lahan basah alami untuk penanggulangan masalah pencemaran air. Cowardin *dkk.* (1979) mendefinisikan bahwa lahan basah buatan adalah lahan transisi buatan antara sistem terestrial dan akuatik dengan tumpungan air berada dekat atau berada di permukaan lahan yang ditutup oleh air dangkal. Jenis lahan basah buatan tersebut dapat berbeda-beda sesuai dengan kapasitas, karakteristik fisik dan biologi dimana rawa tersebut dibangun, termasuk di dalamnya indikator posisi landskap, derajat kejemuhan tanah, tingkat dekomposisi organik tanah dan vegetasi lingkungan (Taylor *dkk.*, 1990).

Pada beberapa negara tetangga seperti Malaysia, Singapura dan Australia penerapan konsep *Water Sensitive Urban Design* (WSUD) melalui sistem lahan basah buatan telah mulai diaplikasikan sebagai salah satu upaya bagi perbaikan kualitas air permukaan. Langkah tersebut sejauh ini masih dinilai sebagai langkah yang paling ekonomis dengan memanfaatkan filtrasi oleh media pasir atau tanah dan kombinasi keduanya, penyerapan zat pencemar menjadi unsur hara oleh tanaman sehingga sebagai satu sistem mampu memperbaiki kualitas air permukaan di wilayah perkotaan yang mulai tercemar.

Pada berbagai penelitian sebelumnya, pemanfaatan sistem lahan basah buatan sudah diterapkan bagi air limbah dari berbagai sumber, seperti air limbah domestik (Vymazal *dkk.*, 2008), air limbah pertanian (Mc.Caskey and Hannah, 1997), peternakan (Hermans dan Pries, 1997), industri (Dong and Lin, 1994), limbah pertambangan (Overall and Perry, 2004), dan lainnya. Hasil penerapan dengan sistem basah buatan menunjukkan angka yang cukup memuaskan bagi upaya perbaikan kualitas air untuk berbagai jenis air limbah.

Bermula dari penelitian yang sudah lebih dulu dilakukan oleh para ahli, perbaikan kualitas air permukaan melalui aplikasi lahan basah buatan diharapkan mampu mengatasi persoalan yang sedang dihadapi oleh Sungai Tukad Badung. Dampak yang lebih luas diharapkan adalah dampak positif bagi perekonomian di Propinsi Bali khususnya bagi warga kota Denpasar karena Sungai Tukad Badung yang melintasi kota mampu berfungsi sebagai daya tarik pariwisata.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Badan Lingkungan Hidup Kota Denpasar, tingkat pencemaran air Sungai Tukad Badung sangat tinggi yaitu mempunyai nilai *Biological Oxygen Demand* (BOD) atau kandungan oksigen dalam air yang berfungsi mengurai unsur organik di hulu Sungai Tukad Badung mencapai 24 mg/l, melebihi baku mutu kelas empat dalam Peraturan Gubernur Bali No.8 tahun 2007 yaitu 12 mg/l dan kandungan kimia dalam air yang dibutuhkan untuk mengurai zat kimia *Chemical Oxygen*





*Demand* (COD) 36 mg/l terkategori baku mutu air kelas tiga. Besarnya nilai BOD yang mencapai lebih dari dua kali lipat dibanding nilai baku mutu menunjukkan bahwa telah terjadi pencemaran bahan organik yang sangat tinggi. Sedangkan nilai COD yang besar, mengindikasikan telah terjadi pencemaran zat kimia yang tinggi di Sungai Tukad Badung. Untuk kandungan Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) di Sungai Tukad Badung berdasarkan uji kelayakan terakhir pernah melampaui standar baku mutu air yaitu 10,3 mg/l (baku mutu air kelas satu/dua) yang mengindikasikan bahwa perairan tersebut merupakan perairan yang subur bagi perkembangan fitoplankton.

Studi ini menguji aplikasi lahan basah buatan (*constructed wetland*) bagi perbaikan air permukaan khususnya air Sungai Tukad Badung dengan menggunakan jenis tanaman bunga Teratai dan Dlingo dengan pertimbangan bahwa:

- 1) Teratai dan Dlingo merupakan tanaman air yang secara estetis cocok ditanam di sekitar sungai,
- 2) Teratai mempunyai nilai kearifan lokal di Bali yakni banyak dipakai dalam kegiatan keagamaan,
- 3) Dlingo sudah semakin sulit ditemukan sehingga pemanfaatannya sebagai vegetasi lahan basah buatan akan sekaligus menjadi upaya pelestariannya, yang dapat dimanfaatkan sebagai bumbu bali dan jamu.
- 4) Baik Teratai maupun Dlingo, sepanjang pengetahuan peneliti belum ada penelitian yang menggunakan vegetasi tersebut sebagai parameter dan metode kombinasi *surface flow wetland* dan *subsurface flow wetland* seperti peneliti lakukan dalam penelitian ini.
- 5) Teratai mempunyai nilai ekonomis relatif tinggi karena setiap bagian tanaman ini dapat dimanfaatkan yaitu:
  - a. Akar dan biji bunga dapat diolah menjadi makanan
  - b. Batang dapat diolah menjadi kerajinan tangan seperti tikar, topi, dan tas
  - c. Daun teratai sendiri dapat dijadikan pembungkus makanan
  - d. Tanaman teratai bisa menjadi bisnis budidaya dan mudah didapat.

Dengan adanya penerapan lahan basah buatan (*constructed wetland*) ini diharapkan pencemaran air Sungai Tukad Badung dapat direduksi.

## 1.2. Road Map Penelitian

Peneliti memaparkan penelitian terdahulu yang relevan dengan pemasalahan yang akan diteliti antara lain tentang permodelan lahan basah buatan (*Construction Wetland*)

untuk peningkatan kualitas air permukaan berbasis konsep desain pengelolaan air bagi daerah perkotaan yang peka air.

Supradata (2005) dalam tesisnya yang berjudul “Pengolahan Limbah Domestik Menggunakan Tanaman Hias *Cyperus Alternifolius*, L. Dalam Sistem Lahan Basah Buatan Aliran Bawah Permukaan (*SSF-Wetlands*)” memaparkan bahwa berdasarkan hasil

pengukuran terhadap parameter uji (BOD, COD dan TSS) setiap hari selama 5 hari, maka terjadi penurunan konsentrasi parameter uji dengan rincian untuk masing – masing parameter uji; BOD air limbah pagi hari pada hari pertama 279,51 mg/l menurun menjadi 14,18 mg/l pada hari kelima. COD air limbah pagi hari pada hari pertama 405 mg/l menurun menjadi 24,62 mg/l pada hari kelima dan TSS air limbah pagi hari pada hari pertama 280 mg/l menurun menjadi 24 mg/l pada hari kelima. Suhu yang dipakai berkisar antara 29,6°C – 31,2°C di pagi hari dan pH berkisar antara 7,12 – 6,85 di pagi hari.

Dari hasil penelitian di atas dapat diambil kesimpulan bahwa tanaman hias jenis *Cyperus alternifolius* memiliki kinerja yang cukup baik dalam pengolahan air limbah rumah tangga dengan sistem Lahan basah Buatan Aliran Bawah Permukaan (*SSF-Wetlands*). Berdasarkan standard baku mutu limbah domestik maupun melalui perhitungan model penurunan BOD, maka waktu tinggal optimal yang dibutuhkan untuk pengolahan air limbah menggunakan tanaman *Cyperus alternifolius* dengan sistem Lahan Basah Buatan Aliran Bawah Permukaan (*SSF-Wetlands*) adalah 2 hari, dengan beban BOD/area sebesar 16,24 g/m<sup>2</sup>/hari.

Masfiyah (2016) dalam penelitiannya yang berjudul “Kajian Sistem *Constructed Wetland* Menggunakan Enceng Gondok Pada Penanganan Limbah Cair Pengolahan Kopi” dengan parameter pH, suhu, kekeruhan, TDS, TSS, COD, BOD, N dan P semua melalui proses pengolahan yaitu P0, P1 dan P2. Dari hasil penelitian didapat kesimpulan bahwa proses yang yang terjadi selama *removal polutan* pada *constructed wetland* terdiri atas proses fisik yakni sedimentasi dan filtrasi (oleh pasir silika dan batu – batu kerikil), proses fisik – kimia (oleh pasir silika, batu batu kerikil, dan enceng gondok), dan proses biokimia (oleh enceng gondok). Berdasarkan hasil penelitian diketahui rata – rata presentase penurunan parameter tertinggi terjadi pada proses pengolahan P2 yakni 63,7 % (COD); 63,8 % (BOD); 70% (N); 64% (P); 29,8% (TSS); 33% (kekeruhan).



### **1.3. Batasan Penelitian**

Penelitian ini dibatasi sebagai berikut:

- a. Variabel penelitian adalah empat model lahan basah buatan, debit air masuk, waktu retensi dan dua jenis tanaman air sebagai vegetasi lahan basah buatan. Kemungkinan perubahan turbiditas air tidak nyata pada model kombinasi lahan basah buatan aliran air permukaan dan lahan basah buatan aliran air permukaan.
- b. Parameter yang diamati adalah komponen fisika, kimia dan biologi kualitas air masuk dan keluar dari lahan basah buatan. Untuk ketepatan dan keabsahan hasil pengukuran, analisis kualitas air akan dilakukan oleh lembaga terkait.
- c. Lokasi penelitian dilakukan di pinggir Sungai Tukad Badung bagian tengah yang terjadi pembuangan limbah domestik. Lahan basah buatan penelitian ini dibangun di bagian pinggir sungai yang kemungkinan kecil mengalami longsor dan memudahkan dalam pengambilan air sungai dengan pompa menuju fisik model *wetland*. Dengan membuat model berdimensi 1,5 m x 1,2 m dan debit rata-rata 0,084 liter/detik.
- d. Kemungkinan akan terjadi penyumbatan pada pipa berlubang yang dipasang pada lahan basah buatan aliran bawah permukaan. Masalah ini akan dicoba diatasi dengan pemasangan skrin plastik di atas lapisan kerikil pada sistem lahan basah buatan aliran bawah permukaan.
- e. Penelitian ini akan dilakukan di musim kemarau untuk menghindari kemungkinan obyek penelitian terkena banjir.

### **1.4. Perumusan Masalah**

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimanakah unjuk kinerja lahan basah buatan dari variasi empat model terhadap daya retensi debit aliran Sungai Tukad Badung?
2. Bagaimana model lahan basah buatan dari empat variasi model yang cocok dikembangkan untuk meningkatkan kualitas air permukaan bermula dari konsep desain pengelolaan air bagi daerah perkotaan yang sensitif atau *Water Sensitive Urban Design (WSUD)*?
3. Tanaman apakah yang efektif dan cocok dipakai untuk lahan basah buatan?
4. Upaya apa yang dapat dilakukan untuk mewujudkan model lahan basah buatan tersebut?

### 1.5. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Menunjukkan tampilan lahan basah buatan pada debit air dan waktu retensi.
- b. Menemukan model lahan basah buatan kombinasi yang efektif untuk mereduksi pencemaran dan efisien dari segi ekonomis.
- c. Mengevaluasi keefektifan tanaman Teratai atau Dlingo sebagai vegetasi lahan basah buatan.
- d. Melakukan upaya-upaya yang dapat dilakukan untuk implemantasi.

### 1.6. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Hasil penelitian ini akan sangat bermanfaat sebagai acuan dalam pembuatan lahan basah buatan dengan skala lebih besar.
- b. Untuk menduga ukuran lahan basah buatan yang diperlukan bagi debit air tertentu.
- c. Demplot lahan basah buatan untuk studi selanjutnya.
- d. Menginspirasi pemerintah membangun lahan basah buatan dalam rangka meningkatkan kualitas air permukaan.

### 1.7. Kebaharuan Penelitian

Kebaharuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Penelitian ini akan menghasilkan model lahan basah buatan terbaik diantara empat model lahan basah buatan bertingkat kombinasi aliran bawah permukaan dan aliran permukaan dengan tanaman Teratai dan Dlingo yang sudah melewati uji coba langsung di lapangan.
- b. Jenis tanaman air yang diobservasi efektivitasnya dalam penelitian ini yakni tanaman bunga Teratai dan Dlingo sebagai bagian dari disain lahan basah buatan merupakan tanaman yang belum pernah diteliti untuk studi lahan basah buatan sebelumnya dan mempunyai nilai ekonomi relatif tinggi.



## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Air

Peningkatan kebutuhan akan perumahan telah mendorong pertumbuhan penduduk di Indonesia yang pesat khususnya di kota-kota besar. Berbagai aktivitas yang dilakukan manusia selalu dapat berpotensi menimbulkan pencemaran terhadap sumber-sumber mata air. Air adalah senyawa gabungan antara dua senyawa hidrogen dan satu senyawa oksigen (Arsyad, 2000).

Keberadaannya merupakan sumberdaya yang memiliki fungsi sangat penting bagi kehidupan dan peri kehidupan manusia serta untuk memajukan kesejahteraan umum, sehingga merupakan modal dasar dan faktor utama pembangunan (Kementerian Lingkungan Hidup, 2010). Dari keberadaan air yang berjumlah 1.386 juta km<sup>3</sup> air yang ada di bumi, sebanyak 97,39% atau sebesar 1.337 juta km<sup>3</sup> berada di samudera atau lautan dan hanya sekitar 25,53% atau sekitar 35 juta km<sup>3</sup> merupakan air tawar dan berada di daratan sementara sisanya adalah dalam bentuk uap dan gas. Dari jumlah air tawar yang ada hanya sekitar 69% berupa gumpalan es atau glasier yang terperangkap di daerah kutub, 30% berupa air tanah dan 1% terdapat di dalam sungai, danau, dan waduk (Suripin, 2002).

Keberadaan air di suatu tempat yang berbeda serta waktu yang membuat air bisa berlebih ataupun berkurang membuat timbulnya berbagai persoalan. Untuk itu air harus dikelola secara bijak dengan pendekatan terpadu dan menyeluruh. Dalam siklus hidrologi, air melalui tiga dimensi ruang yaitu ruang darat (air permukaan dan air tanah), ruang laut dan ruang udara. Batas hidrologis air adalah Daerah Aliran Sungai (DAS) untuk air permukaan, dan Cekungan Air Tanah (CAT) untuk air tanah dengan Wilayah Sungai (WS) sebagai kesatuan pengelolaan sumberdaya air (Kodoatie dan Sjarief, 2010).

Kuantitas air di alam ini jumlahnya relatif tetap namun kualitasnya semakin lama semakin menurun. Kuantitas/ jumlah air umumnya dipengaruhi oleh lingkungan fisik daerah seperti curah hujan, topografi dan jenis batuan sedangkan kualitas air sangat dipengaruhi oleh lingkungan sosial seperti kepadatan penduduk dan kepadatan sosial. Air yang memadai bagi konsumsi manusia hanya 0,003% dari seluruh air yang ada (Effendi, 2003).

## 2.2. Daerah Aliran Sungai (DAS)

Daerah Aliran Sungai (DAS) secara umum didefinisikan sebagai suatu hamparan wilayah/ kawasan yang dibatasi oleh pembatas topografi (punggung bukit) yang menerima, mengumpulkan air hujan, sedimen dan unsur hara serta mengalirkannya melalui anak-anak sungai dan keluar pada sungai utama ke laut atau danau.

Daerah Aliran Sungai (DAS) dapat diartikan sebagai suatu kawasan yang mengalirkan air sungai utama. Daerah aliran sungai dapat dipandang sebagai sistem alami yang menjadi tempat berlangsungnya proses-proses biofisik hidrologis maupun kegiatan sosial ekonomi dan budaya masyarakat yang kompleks. Proses-proses biofisik hidrologis DAS merupakan proses alami sebagai bagian dari suatu daur hidrologi atau yang dikenal sebagai siklus air. Kegiatan sosial-ekonomi dan budaya masyarakat merupakan bentuk intervensi manusia terhadap sistem alami DAS, seperti pengembangan lahan kawasan budidaya. Hal ini tidak lepas dari semakin meningkatnya tuntutan atas sumberdaya alam (air, tanah, dan hutan) yang disebabkan meningkatnya pertumbuhan penduduk yang membawa akibat pada perubahan kondisi tata air DAS.

Perubahan kondisi hidrologi DAS sebagai dampak perluasan lahan kawasan budidaya yang tidak terkendali tanpa memperhatikan kaidah-kaidah konservasi tanah dan air seringkali mengarah pada kondisi yang kurang diinginkan, yaitu peningkatan erosi dan sedimentasi, penurunan produktivitas lahan, dan percepatan degradasi lahan. Hasil akhir perubahan ini tidak hanya berdampak nyata secara biofisik berupa peningkatan luas lahan kritis dan penurunan daya dukung lahan, namun juga secara sosial ekonomi menyebabkan masyarakat menjadi semakin kehilangan kemampuan untuk berusaha di lahannya. Oleh karena itu ekosistem DAS perlu ditata pemanfaatannya agar dapat digunakan untuk berbagai keperluan antara lain pertanian, kehutanan, perkebunan, perikanan, peternakan, industri, pertambangan, pariwisata dan pemukiman (Bappedal Jateng, 2002).

Sungai merupakan perairan mengalir (lotik) yang dicirikan oleh arus yang searah dan relatif kencang, dengan kecepatan berkisar  $0,1 - 1,0$  m/detik, serta sangat dipengaruhi oleh waktu, iklim, bentang alam (topografi dan kemiringan), jenis batuan dasar dan curah hujan.

Semakin tinggi tingkat kemiringan, semakin besar ukuran batuan dasar dan semakin banyak curah hujan, pergerakan air semakin kuat dan kecepatan arus semakin cepat.

Sungai bagian hulu dicirikan dengan badan sungai yang dangkal dan sempit, tebing curam dan tinggi, berair jernih dan mengalir cepat. Badan sungai bagian hilir umumnya lebih lebar, tebingnya curam atau landai badan air dalam, keruh dan aliran air lambat (Mulyanto, 2007). Menurut Newson (1997) sungai merupakan bagian lingkungan yang paling cepat



mengalami perubahan jika terdapat aktivitas manusia di sekitarnya. Sungai sebagai penampung dan penyalur air yang datang dari daerah hulu atas, akan sangat terpengaruh oleh tata guna lahan dan luasnya daerah aliran sungai, sehingga pengaruhnya akan terlihat pada kualitas air sungai (Odum, 1996).

Sungai yang menerima bahan pencemar mampu memulihkan diri (*self purification*) dengan cepat, terutama terhadap limbah penyebab penurunan kadar oksigen (*oxygen demanding wastes*) dan limbah panas. Kemampuan sungai dalam memulihkan diri dari pencemaran tergantung pada ukuran sungai dan laju aliran air sungai dan volume serta frekuensi limbah yang masuk. Kemampuan sungai untuk memulihkan diri sendiri dari pencemaran dipengaruhi oleh (1) laju aliran air sungai, (2) berkaitan dengan jenis bahan pencemar yang masuk ke dalam badan air. Senyawa *nonbiodegradable* yang dapat merusak kehidupan di dasar sungai, menyebabkan kematian ikan-ikan secara masif, atau terjadi magnifikasi biologis pada rantai makanan (Miller, 1975).

### 2.3. Tata Guna Lahan

Tata guna lahan (*land use*) adalah pembagian lahan sebagai bagian untuk tujuan atau aktivitas untuk lahan atau struktur di atas lahan yang sedang digunakan. Tata guna lahan dapat berupa perdagangan, perumahan, perkantoran, pendidikan, rekreasi dan sebagainya (Chapin, 1995).

Baik perorangan ataupun kelompok masyarakat selalu mempunyai nilai-nilai tertentu terhadap penggunaan setiap jengkal lahan. Perilaku manusia yang timbul karena adanya nilai-nilai yang hidup dalam persepsi perorangan atau kelompok tersebut, tercermin di dalam suatu siklus yang terdiri dari 4 tahap, yaitu:

- a. Tahap merumuskan kebutuhan (*needs*) dan keinginan (*experiencing needs and wants*);
- b. Tahap merumuskan tujuan-tujuan yang berkaitan dengan “*needs*” dan “*wants*” tersebut (*defining goals*);
- c. Tahap membuat alternatif perencanaan (*planning alternatives*).
- d. Tahap memutuskan memilih perencanaan yang dianggap sesuai dan melaksanakan tindakan (*deciding and acting*).

Pendekatan ini dapat diartikan sebagai suatu upaya untuk memahami pola-pola perilaku dari perorangan yang mengakibatkan terciptanya pola-pola keruangan di dalam kota.

Tata guna lahan memiliki pengertian seberapa luas dimensi ruang sumber daya tanah yang dapat dimanfaatkan manusia. Dengan demikian tata guna lahan dapat disebut juga tata ruang yaitu keluasaan sumber daya lahan dengan segala potensi dan karakteristik tanah serta lingkungan yang melingkupinya (Undang-undang No. 24 Tahun 1992). Dalam undang-undang tersebut pemerintah menetapkan tiga cara utama pembagian ruang yaitu dari segi fungsi kawasan dan kegiatan, kawasan dibagi menjadi kawasan lindung dan kawasan budidaya.

#### **2.4. Pencemaran**

Pencemaran lingkungan adalah perubahan lingkungan yang tidak menguntungkan, sebagian karena tindakan-tindakan manusia yang disebabkan oleh perubahan pola pembentukan energi dan materi, tingkatan radiasi, bahan-bahan fisika, kimia dan jumlah organisme. Perubahan ini dapat mempengaruhi manusia secara langsung atau tidak langsung melalui hasil pertanian, peternakan, benda-benda, perilaku dalam apresiasi dan rekreasi di alam bebas (Fardiaz, 1992).

Menurut Hidayat (1981), pada dasarnya pencemaran lingkungan dapat dibagi dalam tiga tingkatan yaitu (1) gangguan, merupakan bentuk pencemaran yang paling ringan, (2) pencemaran temporer, berjangka pendek karena alam mampu mencernakannya sehingga lingkungan dapat kembali seperti semula, dan (3) pencemaran permanen, bersifat tetap karena alam tidak mampu kembali mencernakannya (dikenal sebagai perubahan sumberdaya alam).

Pencemaran lingkungan hidup menurut Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 (Kementerian Negara Lingkungan Hidup, 2009) adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan/atau komponen lain ke dalam lingkungan hidup oleh kegiatan manusia sehingga melampaui baku mutu lingkungan hidup yang telah ditetapkan.

##### **2.4.1 Pencemaran Air**

Pencemaran adalah suatu penyimpangan dari keadaan normalnya. Jadi pencemaran air adalah suatu keadaan air yang telah mengalami penyimpangan dari keadaan normalnya.

Keadaan normal air masih tergantung pada faktor penentu, yaitu kegunaan air itu sendiri dan asal sumber air. Hedin *dkk* (1990) mengemukakan bahwa pencemaran air adalah bertambahnya suatu material atau bahan dan setiap tindakan manusia yang mempengaruhi kondisi perairan sehingga mengurangi atau merusak daya guna perairan. Industri pertambangan dan energi mempunyai pengaruh besar terhadap perubahan lingkungan

karena mengubah sumber daya alam menjadi produk baru dan menghasilkan limbah yang mencemari lingkungan.

Mahida (1986) berpendapat bahwa air dapat tercemar jika kualitas atau komposisinya baik secara langsung atau tidak langsung berubah oleh aktivitas manusia sehingga tidak lagi berfungsi sebagai air minum, keperluan rumah tangga, pertanian, rekreasi atau maksud lain seperti sebelum terkena pencemaran.

Polusi air merupakan penyimpangan sifat-sifat air dari keadaan normal. Ciri-ciri yang mengalami polusi sangat bervariasi tergantung dari jenis dan polutannya atau komponen yang mengakibatkan polusi.

#### **2.4.2 Penyebab Pencemaran Air**

Perkembangan penduduk dan kegiatan manusia telah meningkatkan pencemaran sungai-sungai, terutama sungai-sungai yang melintasi daerah perkotaan sebagian air bekas kegiatan manusia dibuang ke sistem perairan yang sedikit atau tanpa pengolahan sama sekali terlebih dahulu. Hal ini menyebabkan penurunan kualitas air sungai.

Penyebab pencemaran air berdasarkan sumbernya secara umum dapat dikategorikan sebagai sumber kontaminan langsung dan tidak langsung. Sumber langsung meliputi *effluent* yang keluar dari industri, Tempat Pemrosesan Akhir Sampah (TPA), dan sebagainya. Sumber tidak langsung yaitu kontaminan yang memasuki badan air dari tanah, air tanah, atau atmosfer berupa hujan. Tanah dan air tanah mengandung sisa dari aktivitas pertanian seperti pupuk dan pestisida. Kontaminan dari atmosfer juga berasal dari aktivitas manusia yaitu pencemaran udara yang menghasilkan hujan asam. Penyebab pencemaran air dapat juga digolongkan berdasarkan aktivitas manusia dalam memenuhi kebutuhan hidupnya, yaitu limbah yang berasal dari industri, rumah tangga, dan pertanian (Suriawiria, 1996).

Beberapa jenis pencemar dan sumber pencemar yang dikemukakan oleh Davis dan Cornwell, 1991 dalam Effendi (2003), secara ringkas seperti terlihat pada Tabel 2.1 berikut ini.

Sumber Pencemar	Karakteristik Pencemar	Sumber Pencemar	Karakteristik Pencemar
Industri	Pertambangan, pabrik kimia, pabrik plastik, pabrik tekstil, pabrik makanan	Rumah Tangga	Penggunaan sabun, detergen, deterjen, pembersih, detergen cuci piring, detergen cuci lautan, deterjen cuci pakaian
Air Tanah	Contaminan yang masuk ke dalam tanah melalui infiltrasi air hujan	Tanah	Contaminan yang masuk ke dalam tanah melalui infiltrasi air hujan
Atmosfer	Hujan asam, debu, gas rumah kaca	Limbah Industri	Pengeluaran limbah dari pabrik
Perkebunan	Penggunaan pupuk kimia, pestisida, herbisida	Limbah Rumah Tangga	Pengeluaran limbah dari rumah tangga
Pertanian	Penggunaan pupuk kimia, pestisida, herbisida	Limbah Pertanian	Pengeluaran limbah dari pertanian
Perdagangan	Penggunaan plastik	Limbah Keseharian	Pengeluaran limbah dari kegiatan sehari-hari
Transportasi	Penggunaan bahan bakar fosil	Limbah Medis	Pengeluaran limbah medis
Perkotaan	Penggunaan bahan bakar fosil	Limbah Industri dan Rumah Tangga	Pengeluaran limbah dari industri dan rumah tangga

Tabel 2.1.Tabel Jenis Pencemar dan Sumbernya

No	Jenis Pencemar	Sumber tertentu (point source)		Sumber tak tentu (non point source)	
		Limbah Domestik	Limbah Industri	Limpasan daerah pertanian	Limpasan daerah Perkotaan
1	Limbah yang dapat menurunkan kadar oksigen	X	X	X	X
2	Nutrien	X	X	X	X
3	Patogen	X	X	X	X
4	Sedimen	X	X	X	X
5	Garam-garam	-	X	X	X
6	Logam yang toksik	-	X	-	X
7	Bahan Organik yang toksis	-	X	X	-
8	Pencemaran panas	-	X	-	-

Sumber: Davis dan Cornwell (1991) dalam Effendi (2003)

#### 2.4.3 Limbah

Limbah adalah buangan yang dihasilkan dari suatu proses produksi baik industri maupun domestik (rumah tangga). Limbah yang dihasilkan berupa sampah, air kakus (*black water*), dan air buangan dari berbagai aktivitas domestik lainnya (*grey water*).

Menurut Undang-undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan

Lingkungan Hidup (Kementerian Negara Lingkungan Hidup, 2009), limbah didefinisikan sebagai sisa suatu usaha dan/ atau kegiatan.

Limbah cair adalah air yang membawa sampah (limbah) dari rumah, bisnis dan industri. Limbah adalah sampah cair dari suatu lingkungan masyarakat dan terutama terdiri dari air yang telah dipergunakan dengan hampir 0,1% dari padanya berupa benda-benda padat yang terdiri dari zat organik dan an-organik. Pelimbahan akan berbeda kekuatan dan komposisinya dari suatu kota ke kota yang lain disebabkan oleh perbedaan-perbedaan yang nyata dalam kebiasaan-kebiasaan masyarakat yang berbeda-beda, sifat makanan dan pemakaian air perkapita. Tidak ada dua jenis sampah yang benar-benar sama. Pelimbahan pada kota-kota non industri, kebanyakan terdiri dari sampah domestik yang murni (Mahida, 1986).

Limbah padat lebih dikenal sebagai sampah, yang seringkali tidak dikehendaki kehadirannya karena tidak memiliki nilai ekonomis. Bila ditinjau secara kimia, limbah ini terdiri dari bahan kimia senyawa organik dan senyawa anorganik. Dengan konsentrasi dan kuantitas tertentu, kehadiran limbah dapat berdampak negatif terhadap lingkungan terutama bagi kesehatan manusia, sehingga perlu dilakukan penanganan terhadap limbah.

Tingkat bahaya keracunan yang ditimbulkan oleh limbah tergantung pada jenis dan karakteristik limbah.



#### 2.4.4. Komponen Limbah Cair

Komponen limbah cair antara lain limbah cair domestik (*domestic waste water*), limbah cair industri (*industrial waste water*), rembesan dan luapan (*infiltration and inflow*). Limbah cair domestik adalah hasil buangan dari perumahan, bangunan, perdagangan, perkantoran dan sarana sejenisnya. Limbah cair domestik mengandung susunan senyawa organik, baik itu alami maupun sintetis. Senyawa ini masuk ke dalam badan air sebagai hasil dari aktivitas manusia. Penyusun utamanya berupa *polysakarida* (karbohidrat), *polipeptida* (protein), lemak (*fats*) dan asam nukleat (*nucleic acid*).

#### 2.4.5 Indikator Pencemaran Perairan

Beberapa karakteristik atau indikator kualitas air yang disarankan untuk dianalisis sehubungan pemanfaatan sumberdaya air untuk berbagai keperluan, antara lain parameter fisika, kimia dan biologi (Effendi, 2003).

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

- Pengamatan secara fisik, yaitu pengamatan pencemaran air berdasarkan tingkat kejernihan air (kekeruhan), perubahan suhu, warna dan adanya perubahan warna, bau dan rasa.
- Pengamatan secara kimiawi, yaitu pengamatan pencemaran air berdasarkan zat kimia yang terlarut dan perubahan pH.
- Pengamatan secara biologis, yaitu pengamatan pencemaran air berdasarkan mikroorganisme yang ada dalam air, terutama ada tidaknya bakteri patogen.

Indikator yang umum digunakan pada pemeriksaan pencemaran air adalah pH atau konsentrasi ion hydrogen, oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen/DO*), kebutuhan oksigen biokimia (*Biochemical Oxygen Demand/BOD*) serta kebutuhan oksigen kimiawi (*Chemical Oxygen Demand/ COD*).

Pemantauan kualitas air pada sungai perlu disertai dengan pengukuran dan pencatatan debit air agar analisis hubungan parameter pencemaran air dan debit badan air-sungai dapat dikaji untuk keperluan pengendalian pencemarannya (Irianto dan Machbub, 2003).

##### a. Parameter Fisika

- Suhu

Suhu sangat berpengaruh terhadap proses-proses yang terjadi dalam badan air.

Suhu air buangan kebanyakan lebih tinggi dari pada suhu badan air. Hal ini erat hubungannya dengan proses biodegradasi. Pengamatan suhu dimaksudkan untuk mengetahui kondisi perairan dan interaksi antara suhu dengan aspek kesehatan

habitat dan biota air lainnya. Kenaikan suhu air akan menimbulkan beberapa akibat sebagai berikut : (1) jumlah oksigen terlarut di dalam air menurun. (2) kecepatan reaksi kimia meningkat. (3) kehidupan ikan dan hewan air lainnya terganggu.(4) jika batas suhu yang mematikan terlampaui, ikan dan hewan air lainnya akan mati. (Fardiaz, 1992).

- Daya Hantar Listrik

Daya hantar listrik adalah bilangan yang menyatakan kemampuan larutan cair untuk menghantarkan arus listrik. Kemampuan ini tergantung pada keberadaan ion, total konsentrasi ion, valensi konsentrasi relatif ion dan suhu saat pengukuran. Makin tinggi konduktivitas dalam air, air akan terasa payau sampai asin. (Mahida, 1986).

- Total Padatan Tersuspensi (*Total Suspended Solid/ TSS*) dan Total Padatan Terlarut (*Total Dissolved Solid/TDS*).

Padatan total adalah bahan yang tersisa setelah air sampel mengalami evaporasi dan pengeringan pada suhu tertentu (APHA, 1989). Padatan yang terdapat di perairan diklasifikasikan berdasarkan ukuran diameter partikel Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Klasifikasi Padatan di Perairan Berdasarkan Ukuran Diameter

Klasifikasi Padatan	Ukuran Diameter ( $\mu\text{m}$ )	Ukuran Diameter (mm)
Padatan Terlarut	$< 10^{-3}$	$10^{-6}$
Koloid	$10^{-3} - 1$	$10^{-6} - 10^{-3}$
Padatan Tersuspensi	$> 1$	$> 10^{-3}$

Sumber: American Public Health Association (APHA), 1989.

Sugiharto (1987) mendefinisikan padatan tersuspensi sebagai jumlah berat dalam air limbah setelah mengalami penyaringan dengan membran berukuran 0,45 mikro.

Total padatan tersuspensi terdiri atas lumpur dan pasir halus serta jasad-jasad renik terutama yang disebabkan oleh kikisan tanah atau erosi yang terbawa ke dalam badan air. Masuknya padatan tersuspensi ke dalam perairan dapat menimbulkan kekeruhan air. Hal ini menyebabkan menurunnya laju fotosintesis fitoplankton, sehingga produktivitas primer perairan menurun, yang pada gilirannya menyebabkan terganggunya keseluruhan rantai makanan. Padatan tersuspensi yang tinggi akan mempengaruhi biota di perairan melalui dua cara. Pertama, menghalangi dan mengurangi penentrasian cahaya ke dalam badan air, sehingga menghambat proses fotosintesis oleh fitoplankton dan tumbuhan air lainnya.

Kedua, secara langsung TDS yang tinggi dapat mengganggu biota perairan seperti ikan karena tersaring oleh insang. Menurut Fardiaz (1992), padatan tersuspensi akan mengurangi penetrasi cahaya ke dalam air. Penentuan padatan tersuspensi sangat berguna dalam analisis perairan tercemar dan buangan serta dapat digunakan untuk mengevaluasi kekuatan air, buangan domestik, maupun menentukan efisiensi unit pengolahan.

Padatan tersuspensi mempengaruhi kekeruhan dan kecerahan air. Oleh karena itu pengendapan dan pembusukan bahan-bahan organik dapat mengurangi nilai guna perairan. Total padatan terlarut merupakan bahan-bahan terlarut dalam air yang tidak tersaring dengan kertas saring *millipore* dengan ukuran pori 0,45  $\mu\text{m}$ .

Padatan ini terdiri dari senyawa-senyawa anorganik dan organik yang terlarut dalam air, mineral dan garam-garamnya. Penyebab utama terjadinya TDS adalah bahan anorganik berupa ion-ion yang umum dijumpai di perairan. Sebagai contoh air buangan sering mengandung molekul sabun, deterjen dan surfaktan yang larut air, misalnya pada air buangan rumah tangga dan industri pencucian.

- Kekeruhan

Mahida (1986) mendefinisikan kekeruhan sebagai intensitas kegelapan di dalam air yang disebabkan oleh bahan-bahan yang melayang. Kekeruhan perairan umumnya disebabkan oleh adanya partikel-partikel suspensi seperti tanah liat, lumpur, bahan-bahan organik terlarut, bakteri, plankton dan organisme lainnya.

Effendi (2003), menyatakan bahwa tingginya nilai kekeruhan juga dapat menyulitkan usaha penyaringan dan mengurangi efektivitas desinfeksi pada proses penjernihan air.

### b. Parameter Kimia

- Derajat Keasaman (PH)

Derajat keasaman merupakan gambaran jumlah atau aktivitas ion hidrogen dalam perairan. Secara umum nilai pH menggambarkan seberapa besar tingkat keasaman atau kebasaan suatu perairan. Perairan dengan nilai  $\text{pH}=7$  adalah netral,  $\text{pH}<7$  dikatakan kondisi perairan bersifat asam, sedangkan  $\text{pH} > 7$  dikatakan kondisi perairan bersifat basa (Effendi, 2003). Adanya karbonat, bikarbonat dan hidroksida akan menaikkan kebasaan air, sementara adanya asam-asam mineral bebas dan asam karbonat menaikkan keasaman suatu perairan. Sejalan dengan pernyataan tersebut, Mahida (1986) menyatakan bahwa limbah buangan industri dan rumah

tangga dapat mempengaruhi nilai pH perairan. Nilai pH dapat mempengaruhi spesiasi senyawa kimia dan toksitas dari unsur-unsur kimia yang terdapat di perairan, sebagai contoh  $H_2S$  yang bersifat toksik banyak ditemui di perairan tercemar dan perairan dengan nilai pH rendah.

- **Oksigen Terlarut (*Dissolved Oxygen / DO*)**

Oksigen terlarut adalah gas oksigen yang terdapat di perairan dalam bentuk molekul oksigen bukan dalam bentuk molekul hidrogenoksida, biasanya dinyatakan dalam mg/l (ppm). Oksigen bebas dalam air dapat berkurang bila dalam air terdapat kotoran/ limbah organik yang *degradable*. Dalam air yang kotor selalu terdapat bakteri, baik yang *aerob* maupun yang *anaerob*. Bakteri ini akan menguraikan zat organik dalam air menjadi persenyawaan yang tidak berbahaya.

Misalnya nitrogen diubah menjadi persenyawaan nitrat, belerang diubah menjadi persenyawaan sulfat. Bila oksigen bebas dalam air habis/ sangat berkurang jumlahnya maka yang bekerja, tumbuh dan berkembang adalah bakteri *anaerob*.

Oksigen larut dalam air dan tidak bereaksi dengan air secara kimiawi. Pada tekanan tertentu, kelarutan oksigen dalam air dipengaruhi oleh suhu. Faktor lain yang mempengaruhi kelarutan oksigen adalah pergolakan dan luas permukaan air terbuka bagi atmosfer (Mahida, 1986). Persentase oksigen di sekitaran perairan dipengaruhi oleh suhu perairan, salinitas perairan, ketinggian tempat dan plankton yang terdapat di perairan (di udara yang panas, oksigen terlarut akan turun). Daya larut oksigen lebih rendah dalam air laut jika dibandingkan dengan daya larutnya dalam air tawar. Daya larut  $O_2$  dalam air limbah kurang dari 95% dibandingkan dengan daya larut dalam air tawar (Setiaji, 1995).

Terbatasnya kelarutan oksigen dalam air menyebabkan kemampuan air untuk membersihkan dirinya juga terbatas, sehingga diperlukan pengolahan air limbah untuk mengurangi bahan-bahan penyebab pencemaran. Oksidasi biologis meningkat bersama meningkatnya suhu perairan sehingga kebutuhan oksigen terlarut juga meningkat (Mahida, 1986).

Odum (1996) menyatakan bahwa kelarutan oksigen di perairan bervariasi antara 7-14 ppm. Kadar oksigen terlarut dalam air pada sore hari > 20 ppm. Besarnya kadar oksigen di dalam air tergantung juga pada aktivitas fotosintesis organisme di dalam air. Semakin banyak bakteri di dalam air akan mengurangi jumlah oksigen di dalam air. Kadar oksigen terlarut di alam umumnya < 2 ppm. Kalau kadar DO dalam air tinggi maka akan mengakibatkan instalasi menjadi berkarat, oleh karena itu

diusahakan kadar oksigen terlarutnya 0 ppm yaitu melalui pemanasan (Setiaji, 1995).

## **2.5. Water Sensitive Urban Design (WSUD)**

### **2.5.1. Pengertian, prinsip, dan tujuan WSUD**

WSUD merupakan perencanaan lahan dan pendekatan rekayasa desain yang mengintegrasikan siklus air perkotaan, termasuk air hujan, air tanah, pengelolaan air limbah, dan juga air bersih, ke dalam desain suatu perkotaan untuk meminimalkan kerusakan lingkungan dan meningkatkan daya tarik estetika dan rekreasi. WSUD adalah istilah yang digunakan di Australia dan mempunyai kesamaan dengan *low-impact development* (LID), sebuah istilah yang digunakan di Amerika Serikat; dan *sustainable urban drainage systems* (SUDS), sebuah istilah yang digunakan di Inggris. (*Evaluating Options for Water Sensitive Urban Design – ANational Guide*). Prinsip – prinsip dalam WSUD menurut panduan nasional Australia tentang WSUD adalah :

1. Melindungi dan meningkatkan (memperkuat) sungai, anak sungai dan lahan basah dalam suatu lingkungan perkotaan
2. Melindungi dan meningkatkan kualitas air yang mengalir dari lingkungan perkotaan menuju sungai – sungai kecil, aliran sungai yang lebih besar, serta lahan basah
3. Mengembalikan lingkungan air perkotaan dengan memaksimalkan penggunaan kembali air hujan, air daur ulang, dan *greywater*
4. Melindungi (mengkonservasi) sumber air melalui penggunaan kembali dengan cara daur ulang dan efisiensi system
5. Mengintegrasikan penanganan air hujan ke dalam lanskap sehingga menawarkan beberapa kegunaan yang bermanfaat seperti pengolahan kualitas air, habitat alami, rekreasi dan ruang terbuka publik
6. Mengurangi arus puncak dan limpasan air dari lingkungan perkotaan dan secara bersamaan menyediakan infiltrasi (aliran air ke dalam tanah melalui permukaan tanah itu sendiri) dan pengisian ulang air bawah tanah (*groundwater recharge*)
7. Mengintegrasikan air ke dalam lanskap untuk meningkatkan desain perkotaan dan juga meningkatkan nilai – nilai sosial, visual, budaya, dan ekologi : serta
8. Mudahnya implementasi dan penggunaan biaya yang efektif memungkinkan pengaplikasian dan penerapan secara luas.

Sedangkan tujuan dari WSUD adalah :

1. Mengatur keseimbangan air (air tanah, aliran arus, serta kerusakan oleh air banjir dan erosi).
2. Mempertahankan dan jika memungkinkan meningkatkan kualitas air (termasuk sedimen, perlindungan vegetasi riparian dan meminimalkan perpindahan polutan ke permukaan dan air tanah).
3. Mendorong konservasi air (meminimalkan impor pasokan air minum melalui pemanenan air hujan dan daur ulang air limbah dan pengurangan persyaratan irigasi).
4. Mempertahankan lingkungan yang berkaitan dengan air dan kesempatan rekreasional. Elemen Teknis WSUD berikut beberapa metode dalam pengelolaan manajemen air berkelanjutan. Metode – metode ini dikelompokan berdasarkan beberapa fungsi utamanya yaitu :

- Penggunaan/ Pemanenan Air Hujan
- Penanganan Air Hujan
- Detensi dan Infiltrasi
- Pengangkutan , dan
- Evapotranspirasi

### **2.5.2. Aplikasi WSUD**

Penerapan konsep WSUD dalam manajemen air hujan dapat berupa upaya non-struktur dan komponen struktur atau kombinasi keduanya. Komponen struktur WSUD adalah bangunan/ unit penanganan air hujan yang mencegah, membawa dan mengumpulkan bahan pencemar (polutan), mendukung proses penjernihan polutan melalui proses fisik, kimia dan biologi, serta menahan limpasan air hujan untuk meningkatkan kualitas air. Mouritz (2006), membagi komponen struktur WSUD menjadi 3 (tiga) level yang berbeda; primer, sekunder dan tersier. Level primer menargetkan sampah, limbah padat berukuran besar dan sedimen kasar. Struktur WSUD pada level ini adalah *gross pollutant trap, trash rack, sediment trap* dan *oil collector*. Struktur WSUD level sekunder yang bertujuan untuk menghilangkan sedimen, partikel-partikel logam berat dan bakteri antara lain *vegetated buffer strips, grass swales, detention basins, bioretention filters, infiltration trenches* and *infiltration basins*. Sedangkan struktur WSUD level tersier digunakan untuk menghilangkan sedimen halus, nutrients, bakteri dan logam-logam berat. Rawa buatan (*constructed wetland*) adalah komponen WSUD yang termasuk dalam kategori ini. Berikut ini adalah penjelasan beberapa komponen struktur WSUD yang paling umum dijumpai.

### 2.5.2.1. Gross Pollutant Traps

*Gross Pollutant Traps* (GPTs) adalah komponen struktur WSUD yang berperan untuk mengurangi jumlah polutan berukuran besar (*gross pollutant*) yang mengalir pada saluran air. Menurut Allison, *et.al.* (1997), bahwa *gross pollutant* adalah debris yang berukuran lebih dari 5 mm. Karena jelas kelihatannya, keberadaan *gross pollutant* pada umumnya dijadikan indikator pencemaran air. GPTs adalah komponen yang sangat penting karena melindungi komponen-komponen struktur WSUD yang ada di hilir dari penyumbatan dan kerusakan. Sejumlah tipe GPTs yang berbeda digunakan untuk penjernihan air hujan. Setiap GPT memiliki spesifikasi desain yang berbeda dengan unjuk kerja yang spesifik dalam menangkap *gross pollutant*. GPTs yang umumnya dipakai sebagai komponen struktur WSUD adalah:

1. *Grated entrance screens*, gril besi di atas saluran drainase atau *manhole*.
2. *Side entry pit traps* (SEPTs), gril besi yang dipasang di tepi jalan, di samping kerb sebelum runoff air hujan memasuki saluran drainase di tepi jalan
3. *Baffled pits*, bak beton dibawah tanah yang memiliki sekat-sekat untuk menangkap sampah yang mengapung dan sampah yang mengendap
4. *Litter control devices* (LCDs), bak beton di bawah tanah yang berfungsi untuk memisahkan runoff air hujan di atas dan sampah pada bilik di bagian bawah
5. *Release net*, jaring penyaring sampah yang ditempatkan setelah pipa drainase
6. *Trash rack*, penyaring sampah dari gril besi yang ditempatkan setelah pipa drainase
7. *Boom diversion system*, bak beton di bawah tanah yang dapat membelokkan sampah pada bilik pengumpul sampah.
8. *Return flow litter baskets*, gril besi yang menyaring sampah dari aliran air balik pada gorong-gorong.
9. *Continuous devlective separation* (CDS), alat yang pemisah *gross pollutant*, akibat gerakan air berputar. Alat ini memiliki sistem *self cleaning*.
10. *Floating debris trap* (FDT), alat untuk menangkap debris/sampah yang mengapung yang dipasang setelah outlet saluran drainase pada sungai, danau atau laut.
11. *Flexible floating boom*, juga menangkap debris mengapung, dipasang melintang saluran drainase yang berukuran besar atau melintang sungai.
12. *Sediment settling basin*, kolam buatan yang dapat mengendapkan sedimen
13. *Circular settling tank Humeceptor*, tangki berbentuk bulat yang dapat menangkap debris dan dikumpulkan di bagian bawah tangki



14. *Hydrodynamic separator Storm King*, alat penangkap debris modern yang bekerja dengan membuat air bergerak memutar dalam alat tersebut.

### **2.5.2.2. Vegetated Swales, Filter Strips dan Bioretention Swales**

#### **A. Vegetated Swales**

*Vegetated swale* adalah saluran dangkal dan lebar berpenampang parabola atau trapezium dimana pada bagian dasar dan sisi ditutupi tumbuh-tumbuhan (rumput). Tipikal *vegetated swale* digunakan pada median jalan, atau di tepi jalan dimana air mengalir lambat, sebagai pengganti kerb dan selokan (Fiener and Auerswald, In 2005). *Swale* umumnya didesain dengan kemiringan sisi tidak lebih curam dari 3:1, dan kemiringan memanjang antara 1% dan 4% dimana pada kemiringan ini *vegetated swales* dapat beroperasi baik untuk mengalirkan dan treatment air hujan.

#### **B. Filter Strips**

*Filter strips* (atau *buffer strips*) adalah area berumput terbuka dimana runoff mengalir di atasnya menuju ke titik pembuangan. *Runoff* yang mengalir melintasi *filter strips* didistribusikan sebagai aliran dangkal menyebar dan rata. *Filter strip* secara khas disediakan sebagai *pre-treatment* sebelum runoff memasuki komponen struktur WSUD lainnya seperti *vegetated swale*. *Filter strip* tidak hanya mengurangi muatan sedimen tapi juga mengurangi volume dan debit puncak *runoff* dengan adanya infiltrasi dan penurunan kecepatan aliran (DCR 1999). Proses penjernihan air (*water treatment*) terjadi pada *vegetated swales* dan *filter strips* melalui proses fisik dan biokimia. Proses pembersihan polutan melalui proses fisik dicapai dengan cara pengendapan, filtrasi dan infiltrasi dari partikel-partikel padat tersuspensi dan juga otomatis polutan yang menempel pada pertikel-partikel tersebut (Department of Water and Swan River Trust, 2007). Sedangkan proses biokimia terjadi sehubungan dengan polutan tertentu seperti hidrokarbon yang oleh vegetasi dan mikroorganisme yang ada pada tanah.

#### **C. Bioretention Swales**

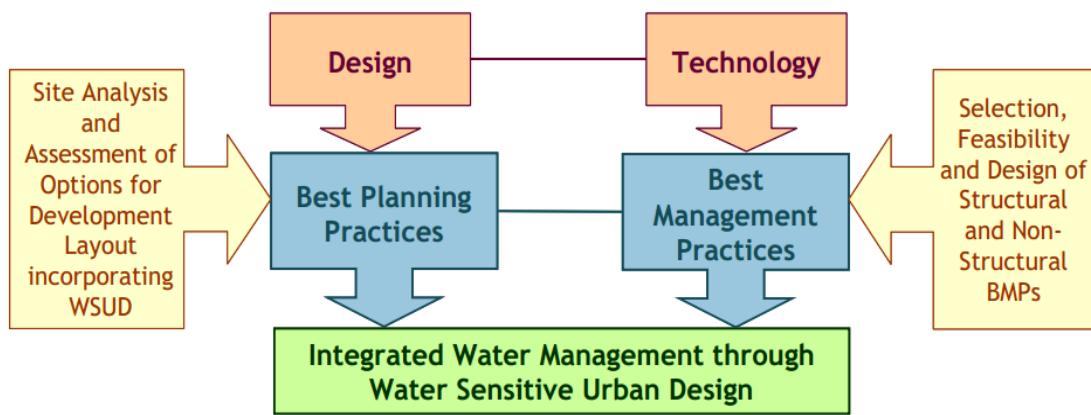
*Bioretention swales* adalah *vegetated swales* yang pada bagian bawahnya dibuat galian parit yang diisi media bepori (biasanya lempung pasir). Proses pembersihan air pada *bioretention swales* terjadi oleh kombinasi komponen *swale* dan sistem bioretensi.

Komponen *swale* mengeluarkan sedimen sedang dan kasar, sementara sistem bioretensi menghilangkan partikel-partikel yang lebih halus termasuk polutan-polutan yang menempel melalui filtrasi, infiltrasi dan proses biologis.

### **2.5.2.3. Aplikasi konsep WSUD**

*Water Sensitive Urban Design* (WSUD) merupakan suatu proses pendekatan yang mengintegrasikan antara perencanaan kota dengan manajemen pengelolaan air. WSUD

terwujud dalam suatu desain wilayah yang terintegrasi dalam pengolahan siklus airnya. Konsep ini mengintegrasikan pengelolaan antara air bersih, air limbah, air tanah, air hujan, desain perkotaan dan perlindungan lingkungan (*Evaluating Option for Water Sensitive Urban Design—National Guide*, 2007). Tujuan dari pendekatan konsep ini untuk melakukan pendekatan perencanaan dan perancangan kota yang berhubungan dengan sumber air dan manajemen lingkungan serta meminimalisasi dampak yang ditimbulkan oleh keberadaan air di permukaan perkotaan. Pada awalnya konsep ini muncul dilatarbelakangi oleh peranan air dalam kehidupan kota, yang memerlukan pengaturan yang selaras antara pembangunan kota dan kebutuhan akan air.



**Gambar 2.1. Implementasi WSUD**

Sumber : *Water Sensitive Urban Design Guidelines (Gold Coast Planning Scheme Policies, 2007:p.2)*

Dalam konsep ini dilakukan integrasi antara manajemen keberlanjutan siklus air dan perancangan kota dengan mengadopsi teknik desain kota yang sensitif terhadap air. Dapat disimpulkan bahwa kata kunci dari konsep ini adalah integrasi. Hal tersebut disebutkan secara lebih jelas pada prinsip-prinsip dari konsep WSUD. Prinsip-prinsip tersebut disebutkan dalam *Urban Stormwater* (2009), yaitu: melindungi sistem yang alami, salah satunya adalah sistem air alami melalui pengembangan kota; mengintegrasikan cara-cara penanggulangan air hujan ke dalam perancangan kota; melindungi kualitas air dan meningkatkan kualitas sistem pengairan air; mengurangi aliran air dengan cara mengalirkan limpasan air baik air hujan maupun banjir dan mengintegrasikannya ke lansekap lingkungan; memanfaatkan limpasan air untuk berbagai macam kebutuhan; memberikan nilai lahan dengan meminimalkan biaya infrastruktur salah satunya adalah infrastruktur drainase.

Konsep ini memiliki beberapa elemen penting, elemen paling penting tersebut yaitu pemanfaatan air kembali (*water reuse*) dan pengolahan air (*water treatment*). Air hujan dan air buangan merupakan salah satu air yang diperhatikan pada konsep ini. Pada prakteknya, konsep ini melihat pengelolaan air hujan dan air buangan sebagai suatu peluang dalam merancang suatu kota, bukan sebagai limbah. Elemen tersebut diturunkan kepada elemen rancang kota. Yang perlu diperhatikan dalam penerapan WSUD adalah: lahan yang dapat menyerap air (*precipitation infiltration basins*); *swales* atau parit; rancangan jalan; kolam penampungan; talang air; tangki penampungan air; kemiripan atap; jenis material pembentuk trotoar yang berpori (*porous pavements*); jenis material penutup drainase; *sand filter*; dinding penahan aliran air; jenis vegetasi termasuk meliputi vegetasi tepi air; hutan kota (Dias, Aurora. 2011).

## 2.6. Lahan Basah (*Wetland*)

*Wetland* adalah suatu lahan yang jenuh air dengan kedalaman air tipikal yang kurang dari 0,6 m yang mendukung pertumbuhan tanaman air *emergent* misalnya *Cattail*, *Bulrush*, *Umbrella Plant* dan *Canna* (Metcalf and Eddy, 1991). Pengertian lainnya *Constructed wetland* merupakan suatu rawa buatan yang dibuat untuk mengolah air limbah domestik, untuk aliran air hujan dan mengolah lindi (*leachate*) atau sebagai tempat hidup habitat liar lainnya, selain itu constructed wetland dapat juga digunakan untuk reklamasi lahan penambangan atau gangguan lingkungan lainnya. Menurut Hammer (1986) pengolahan limbah Sistem *Wetlands* didefinisikan sebagai sistem pengolahan yang memasukkan faktor utama, yaitu:

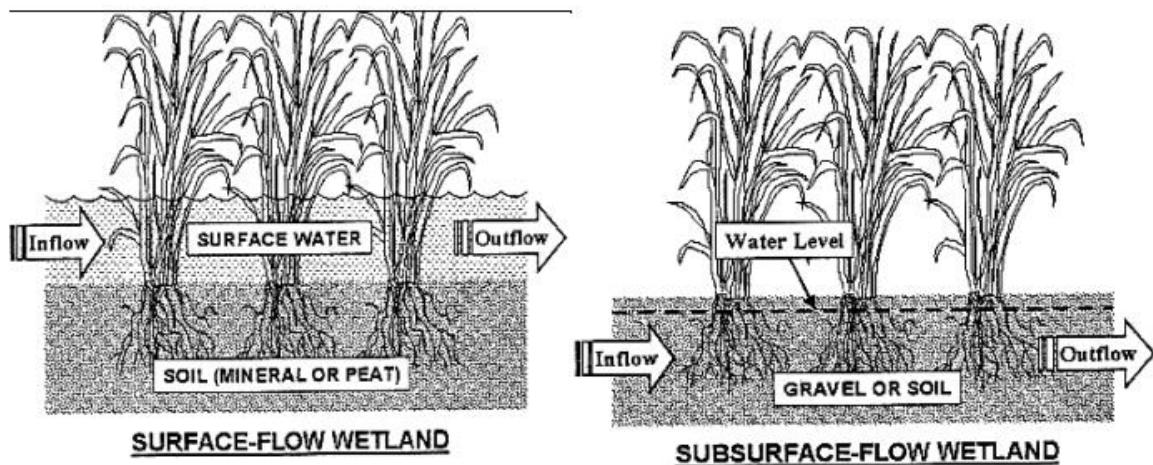
- a. Area yang tergenangi air dan mendukung kehidupan tumbuhan air sejenis *hydrophyta*.
- b. Media tempat tumbuh berupa tanah yang selalu digenangi air (basah).
- c. Media bisa juga bukan tanah, tetapi media yang jenuh dengan air.

Sejalan dengan perkembangan ilmu dan penelitian, maka definisi tersebut disempurnakan oleh Metcalf & Eddy (1993), menjadi “Sistem yang termasuk pengolahan alami, dimana terjadi aktivitas pengolahan sedimentasi, filtrasi, transfer gas, adsorpsi, pengolahan kimiawi dan biologis, karena aktivitas mikroorganisme dalam tanah dan aktivitas tanaman”.

Secara umum sistem pengolahan limbah dengan Lahan Basah Buatan (*Constructed Wetland*) ada 2 (dua) tipe, yaitu sistem aliran permukaan (*Surface Flow Constructed Wetland*) atau FWS (*Free Water System*) dan sistem aliran bawah permukaan (*Sub-Surface Flow Constructed Wetland*) atau sering dikenal dengan sistem *SSF-Wetlands* (Leedy,



1997). Perbedaan sistem aliran dari kedua sistem Lahan Basah tersebut dapat dilihat secara rinci pada Gambar 2.2. berikut ini.



**Gambar 2.2. Tipe Aliran Lahan Basah Buatan**

Sumber: Ledy (1997, p.200)

### 2.6.1. Tanaman Untuk Perbaikan Kualitas Air

Stowell (2000) yang menyatakan bahwa tanaman air memiliki kemampuan secara umum untuk menetralkan komponen-komponen tertentu di dalam perairan, dan hal tersebut sangat bermanfaat dalam proses pengolahan limbah cair. Demikian pula yang dikemukakan oleh Reed (2005) bahwa proses pengolahan limbah cair dalam kolam yang menggunakan tanaman air terjadi proses penyaringan dan penyerapan oleh akar dan batang tanaman air, proses pertukaran dan penyerapan ion, dan tanaman air juga berperan dalam menstabilkan pengaruh iklim, angin, cahaya matahari dan suhu.

Pengolahan air untuk menghilangkan zat besi dan mangan pada air tanah dapat dilakukan dengan cara oksidasi yang diikuti proses pemisahan padatan (*suspended solid*) (Asmadi *et al.*, 2011). Beberapa pengolahan fisika dan kimia lainnya untuk mengoksidasi besi dan mangan yang paling sering digunakan antara lain proses aerasi filtrasi, proses klorinasi filtrasi, dan proses oksidasi zeolit (*manganese greensand*) (Wong, 1984).

Selain pengolahan dengan cara fisika dan kimia, pengolahan kualitas air juga dapat dilakukan secara biologi dengan menggunakan tumbuhan sebagai filter dalam menyerap logam berat dan bahan polutan yang dikenal dengan metode *Biofilter* (Qaisar, *et al.*, 2005). Teknik biofilter atau penggunaan tumbuhan dan mikroorganisme dalam menyerap logam berat pada tanah atau air tanah menjadi tidak berbahaya yang berkembang saat ini dikenal dengan *fitoremediasi* (Cunningham *et al.*, 1996).



Menurut beberapa peneliti teknik fitoremediasi memiliki keefektifan yang tinggi karena selain mudah didapat penggunaan tumbuhan juga tidak memerlukan biaya yang mahal dan ramah lingkungan. Penelitian mengenai kemampuan tumbuhan menyerap logam berat antara lain dilakukan oleh Dwiyanti dan Gunadi (2006), menggunakan tumbuhan air

Lemna, Hydrilla, Kangkung dan Genjer untuk menurunkan parameter amonia ( $\text{NH}_3$ ), nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ), nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ) dan fosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) pada limbah budidaya ikan. Tumbuhan yang efektif dalam menurunkan ammonia, nitrat dan nitrit adalah tumbuhan genjer dengan nilai masing – masing 25,59%, 27,29%, dan 26,73%, sedang  $\text{PO}_4^{3-}$  yaitu tumbuhan *Hydrilla* 24,39%

## 2.6.2. Tanaman Teratai (*Nymphaea*)



**Gambar 2.3. Tanaman Teratai**

Sumber: Foto Dokumentasi

Teratai (*Nymphaea*) adalah nama genus untuk tanaman air dari suku *Nymphaeaceae*.

Dalam Bahasa Inggris dikenal sebagai *Waterlily*. Di Indonesia, Teratai juga digunakan untuk menyebut tanaman dari genus *Nelumbo* (*lotus*). Pada zaman dulu, orang memang sering mencampuradukkan antara tanaman genus *Nelumbo* seperti seroja dengan genus *Nymphaea* (Teratai). Pada *Nelumbo*, bunga terdapat di atas permukaan air (tidak mengapung), kelopak bersemu merah (teratai berwarna putih hingga kuning), daun berbentuk lingkaran penuh dan rimpangnya biasa dikonsumsi.

Tanaman teratai tumbuh di permukaan air yang tenang. Bunga dan daun terdapat di permukaan air, kemudian tangainya berasal dari rizoma yang berada di dalam lumpur pada dasar kolam, sungai atau rawa. Tangai berada di tengah-tengah daun. Daun berbentuk bundar atau bentuk oval yang lebar yang terpotong pada jari-jari menuju ke tangai. Permukaan daun tidak mengandung lapisan lilin sehingga air yang jatuh ke permukaan daun tidak membentuk butiran air. Bunga terdapat pada tangai yang merupakan perpanjangan dari rimpang. Diameter bunga antara 5–10 cm.



Menurut Guntur (2008) pada penelitiannya menyebutkan bahwa tanaman Teratai dapat meningkatkan kualitas limbah rumah tangga, yang meliputi kualitas fisik, kimia dan mikrobiologis. Parameter limbah yang diuji mengalami peningkatan kualitas dari kondisi yang tidak memenuhi syarat menjadi memenuhi syarat sesuai baku mutu yang telah ditetapkan. Tanaman Teratai mampu menyerap nitrogen serta menurunkan konsentrasi ammonia dan fosfat (Parwaningtyas, 2014).

### **2.6.3. Tanaman Dlingo (*Acorus calamus*)**



**Gambar 2.4. Tanaman Dlingo**

Sumber: Foto Dokumentasi

Dlingo (*Acorus calamus*) adalah nama genus untuk tanaman air dari suku *Araceae*. Tumbuhan ini berbentuk mirip rumput, tetapi tinggi, menyukai tanah basah dengan daun dan rimpang yang beraroma kuat. Dlingo merupakan herba menahun dengan tinggi sekitar 75 cm. Tumbuhan ini biasa hidup di tempat yang lembab, seperti rawa dan air pada semua ketinggian tempat. Batang basah, pendek, membentuk rimpang, dan berwarna putih kotor. Daunnya tunggal, bentuk lanset, ujung runcing, tepi rata, panjang 60 cm, lebar sekitar 5 cm, dan warna hijau. Bunga majemuk bentuk bonggol, ujung meruncing, panjang 20–25 cm terletak di ketiak daun dan berwarna putih. Perbanyakan dengan setek batang, rimpang, atau dengan tunas-tunas yang muncul dari buku-buku rimpang. Jeringau mempunyai akar berbentuk serabut.

Penelitian mengenai kemampuan tumbuhan Dlingo (*Acorus calamus*) dalam menurunkan Amonia ( $NH_3$ ) pada air limbah rumah sakit juga dilakukan oleh Amansyah *et al.*, pada tahun 2012. Pada wadah sampel air limbah yang ada tumbuhan Dlingo terjadi

penurunan ammonia 0,0003 mg/l atau 99,48%, dan pada wadah tanpa tumbuhan Dlingo penurunan hanya mencapai 0,317 mg/l atau 45,63%.

Tanaman Dlingo dapat menurunkan PH menjadi netral (6-9), Dlingo dapat menurunkan kekeruhan sebesar 86,2 % dan 84,7 %, serta efisiensi penurunan phospat oleh kangkung air dan jeringau sebesar 53,75 % (Dewi, 2015).



## BAB III

### KERANGKA PIKIR PENELITIAN

#### 3.1. Kerangka Pikir

Zona peka air di perkotaan yang air permukaannya mengalami pencemaran berantai sepanjang alirannya, memerlukan perhatian khusus dalam pengelolaan sumber daya air. Air permukaan khususnya air sungai di perkotaan sudah berubah menjadi air limbah abu-abu karena merupakan campuran berbagai limbah rumah tangga. Harapan kepada masyarakat untuk membuat lahan basah buatan sebagai saringan air permukaan sebelum masuk ke jaringan alur air, sangat sulit direalisasikan. Luas pemukiman masyarakat sangat sempit, disamping juga berkendala dana yang dimiliki masyarakat untuk melaksanakan upaya yang dimaksud.

Lahan basah buatan berbasis konsep desain pengelolaan air untuk daerah perkotaan yang peka air merupakan aplikasi ekoteknologi berlanjut dari pengelolaan air secara terpadu. Lahan basah buatan seperti juga lahan basah alami mempunyai berbagai fungsi dan manfaat dan mulai banyak dikembangkan di berbagai negara dengan berbagai tujuan khususnya untuk menjaga dan atau meningkatkan kualitas air permukaan dengan pertimbangan menunjukkan kinerja tinggi, konstruksinya relatif mudah dan biaya operasi serta pemeliharaan rendah. Efluen dari lahan basah buatan bisa dipakai ulang untuk berbagai keperluan.

Penerapan lahan basah buatan dalam manajemen air hujan dapat berupa upaya non-struktur dan komponen struktur atau kombinasi keduanya. Komponen struktur lahan basah buatan adalah bangunan/ unit penanganan air hujan yang mencegah, membawa dan mengumpulkan bahan pencemar (polutan), mendukung proses penjernihan polutan melalui proses fisik, kimia dan biologi, serta menahan limpasan air hujan untuk meningkatkan kualitas air. Mouritz (2006), membagi komponen struktur lahan basah buatan menjadi 3 (tiga) level yang berbeda; primer, sekunder dan tersier. Level primer menargetkan sampah, limbah padat berukuran besar dan sedimen kasar Struktur lahan basah buatan pada level ini adalah *gross pollutant trap, trash rack, sediment trap* dan *oil collector*. Struktur lahan basah buatan *level* sekunder yang bertujuan untuk menghilangkan sedimen, partikel-partikel logam berat dan bakteri lain *vegetated buffer strips, grass swales, detention basins, bioretention filters, infiltration trenches and infiltration basins*. Sedangkan struktur lahan basah buatan *level* tersier digunakan untuk menghilangkan sedimen halus, nutrients, bakteri dan logam-logam berat.

Tujuan pembuatan lahan basah buatan antara lain; mengatur keseimbangan air (air tanah, aliran arus, serta kerusakan oleh air banjir dan erosi), mempertahankan dan jika memungkinkan meningkatkan kualitas air (termasuk sedimen, perlindungan vegetasi riparian dan meminimalkan perpindahan polutan ke permukaan dan air tanah, mendorong konservasi air (meminimalkan impor pasokan air minum melalui pemanenan air hujan dan daur ulang air limbah dan pengurangan persyaratan irigasi), dan mempertahankan lingkungan yang berkaitan dengan air dan kesempatan rekreasional.

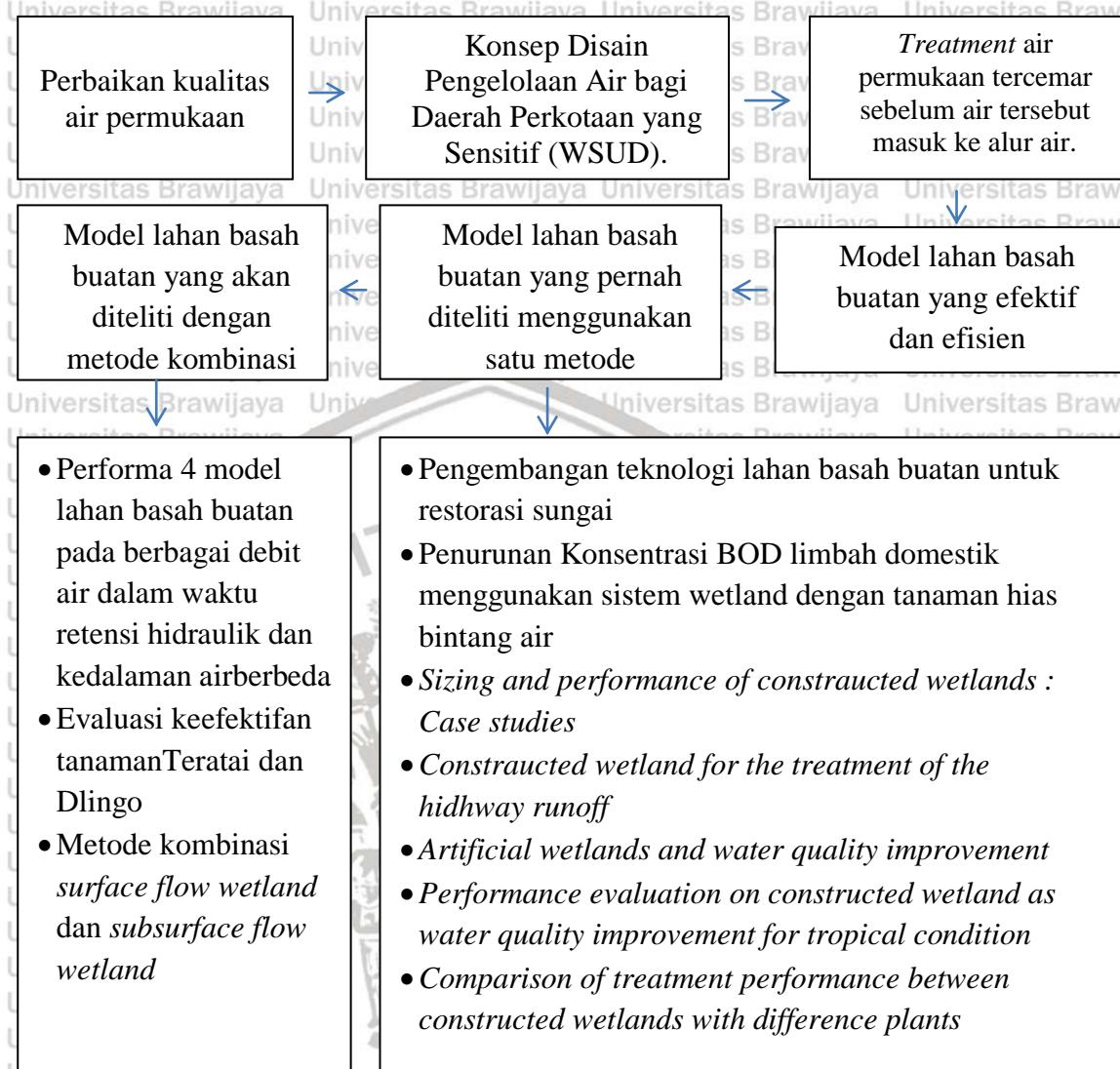
Studi ini menguji lahan basah buatan (*constructed wetland*) bagi perbaikan air permukaan untuk air Sungai Tukad Badung yang memiliki tingkat pencemaran air sangat tinggi yaitu nilai BOD sebesar 24 mg/l dan COD sebesar 36 mg/l, menggunakan parameter jenis tanaman bunga Teratai dan Dlingo yang belum pernah dilakukan oleh penelitian tentang lahan basah terdahulu dengan metode kombinasi *surface flow wetland* dan *subsurface flow wetland*.

Peningkatan kualitas air permukaan dengan lahan basah buatan akan memberikan manfaat lanjutan dan berlanjut dari terbentuknya habitat yang akan menyediakan tempat berkembang bagi berbagai biota air, meningkatkan estetika lingkungan, mendukung kehidupan alam liar, untuk aktivitas rekreasi dan kegiatan budaya. Perbaikan kualitas air pada lahan basah buatan sering dilakukan dengan menggunakan tanaman tertentu, menurut stowell (2000) yang menyatakan bahwa tanaman air memiliki kemampuan secara umum untuk menetralisir komponen-komponen tertentu di dalam perairan, dan hal tersebut sangat bermanfaat dalam proses pengolahan limbah cair. Demikian pula yang dikemukakan oleh Reed (2005) bahwa proses pengolahan limbah cair dalam kolam yang menggunakan tanaman air terjadi proses penyaringan dan penyerapan oleh akar dan batang tanaman air, proses pertukaran dan penyerapan ion, dan tanaman air juga berperan dalam menstabilkan pengaruh iklim, angin, cahaya matahari dan suhu.

Peningkatan kualitas air permukaan akan memberi kontribusi pada kualitas air tanah. Peningkatan kualitas air permukaan akan memberi kontribusi pada kualitas air tanah dan meningkatkan kualitas air irigasi untuk budidaya pertanian. Air sungai yang melewati suatu kota, kemudian dibendung dan dijadikan air irigasi, air tersebut sudah seperti air limbah abu-abu. Sebenarnya kurang baik untuk budidaya padi karena kemungkinan berbagai logam berbahaya yang dikandungnya akan terserap tanaman. Disamping itu, peningkatan kualitas air permukaan sekaligus akan meningkatkan kualitas dan keindahan lanskap.

### 3.2. Alur Pikir Dan Penelitian Terdahulu

Pada bagian ini disajikan alur pikir penelitian ini dan penelitian terdahulu yang sudah pernah dilakukan.



Gambar 3.1. Diagram Roadmap Penelitian

Berikut ini adalah publikasi lahan basah buatan dalam bahasa Indonesia kurun waktu 2010-2015 dan dalam bahasa Inggris kurun waktu 1990-2015, menunjukkan belum ada penelitian yang menggunakan tanaman Teratai dan Dlingo dengan metode kombinasi *surface flow wetland* dan *subsurface flow wetland*:

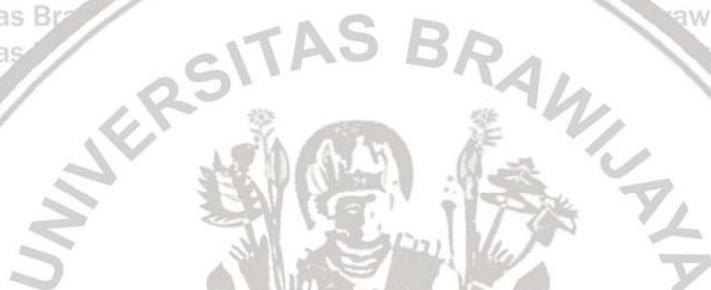
Tabel 3.1 Penelitian Terdahulu

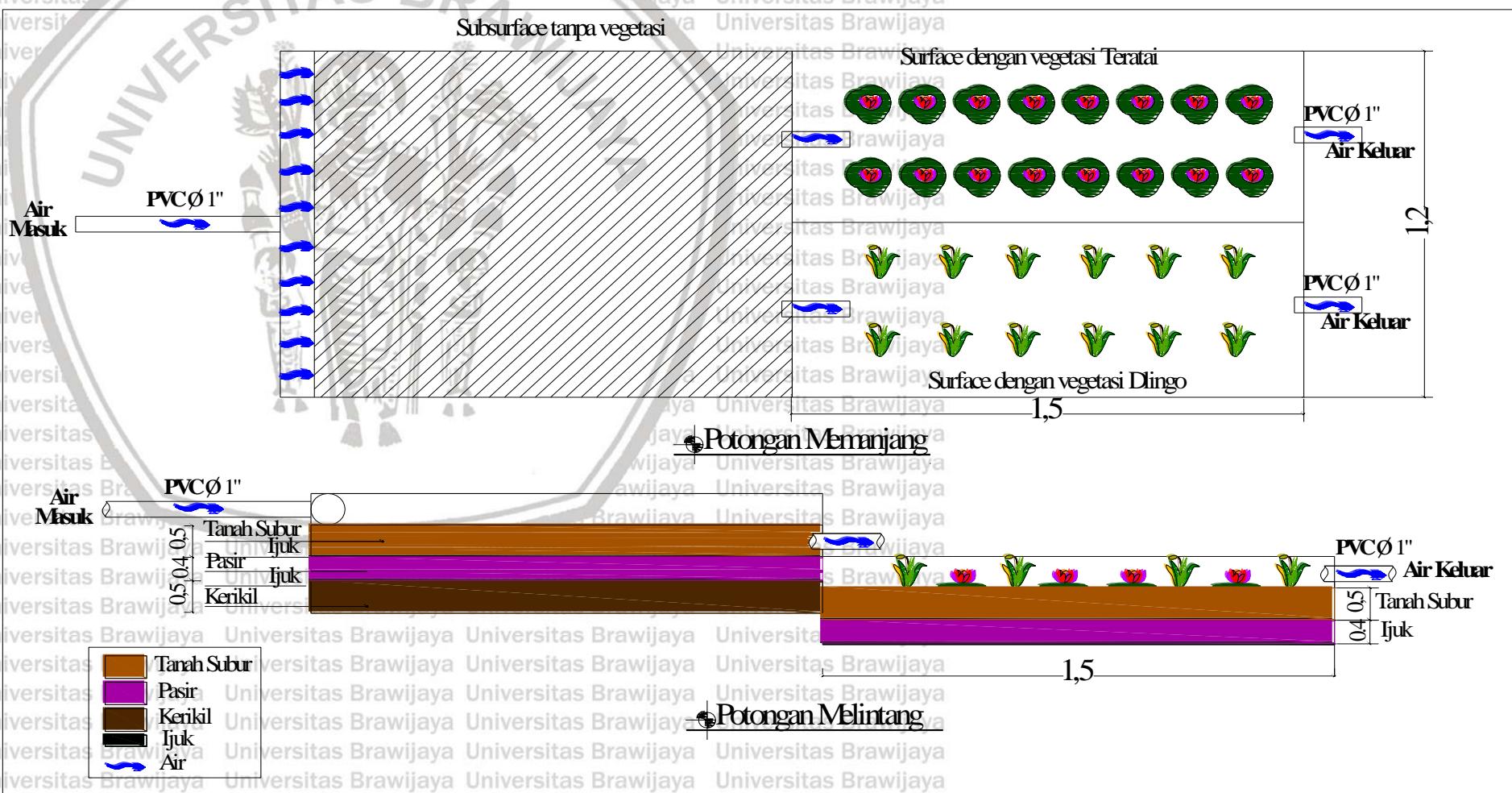
No	Judul Makalah	Isi	Sumber	Parameter dan metode	Hasil
1	Pengembangan teknologi lahan basah buatan untuk restorasi sungai dan danau	Tinjauan berbagai jenis lahan basah untuk restorasi sungai dan danau	Sulawesty, F, Gadis, S.H., dan Tri,W. Pusat Pengembangan	Parameter dengan menggunakan tanaman <i>Hibiscus Cannabicus</i>	Lahan basah mampu mengintegrasikan proses presipitasi - sedimentasi dan adsorsi partikel sedimen dan pengolahan dari mikrorganisme. Proses dari sistem

No	Judul Makalah	Isi	Sumber	Parameter dan metode	Hasil
1	sungai	Limnologi LIPI(2010)	dengan metode <i>surface flow</i>	lahan basah ini tergantung tumbuhan dan mikroba dalam lahan basah. Salah satu tanaman yang dapat digunakan di lahan basah adalah <i>Hibiscus Cannabicus</i> . tanaman berbunga ini memiliki serat yang tinggi di batang dan akarnya, mampu beradaptasi di berbagai lingkungan tumbuh marjinal seperti lahan banjir, podsilik merah kuning, gambut, dan tada hujan dan mudah dibudidayakan. Karena peranan sistem lahan basah buatan tersebut, sehingga dapat digunakan sebagai alternatif pengolahan limbah cair dalam rangka restorasi sungai	
2	Kinerja sistem lahan basah buatan dalam mengolah air limbah bekas cucian rumah tangga	Membahas lahan basah buatan aliran bawah permukaan dengan tanaman Cattail dan Canna-lilies	Yeni Dokhikah, Fakultas Teknik, UNEJ, Perpustakaan Univ. Jember (2012)	Parameter COD, menggunakan tanaman Cattail dan Canna-lilies dengan metode <i>subsurface flow wetland</i>	Lahan basah mampu menurunkan konsentrasi bahan organic (COD) 65% dengan tanaman Cattail, 61% dengan tanaman Canna-lilies dan kadar detergen (LAS) 48% dengan tanaman Cattail, 42% dengan tanaman Canna-lilies pada air bekas cuci
3	Penurunan Konsentrasi BOD limbah domestik menggunakan sistem wetland dengan tanaman hias bintang air	Percobaan lahan basah buatan aliran permukaan	Hasti Suprihatin, Fak. Teknik, ITPS, Surabaya (2014)	Parameter BOD menggunakan tanaman bintang air dengan metode <i>surface flow wetland</i>	Sistem Lahan Basah Buatan Aliran Bawah Permukaan (SSF-Wetland) dengan menggunakan tanaman bintang air dapat menurunkan konsentrasi BOD dari 1032 mg/l menjadi 9 mg/l pada limbah domestik. Untuk mendapatkan kualitas limbah domestik yang sesuai dengan baku mutu, maka dibutuhkan waktu tinggal optimal selama 4 hari
4	Sizing and performance of constructed wetlands : Case studies	Evaluasi beberapa model dan ukuran lahan basah buatan	Hedin, R.S. and Robert W Nairn, Mining and reclamation, Conference and Exhibition, West Virginia (1990)	Parameter pH dan Fe, Membandingkan 3 macam wetland dan pengaruh ukuran dari lahan basah buatan	Perbandingan ukuran lahan basah bervariasi tergantung pada kriteria aliran dan kondisi kualitas air (A, B, C, atau D)
5	Constructed wetland for the	Mebahas lahan basah buatan	Healy, M.G., Rodgers, M.	Parameternya TSS, zat organik,	Lahan basah mampu mengurangi konsentrasi TSS 34-87% <i>riparian buffer</i> ,

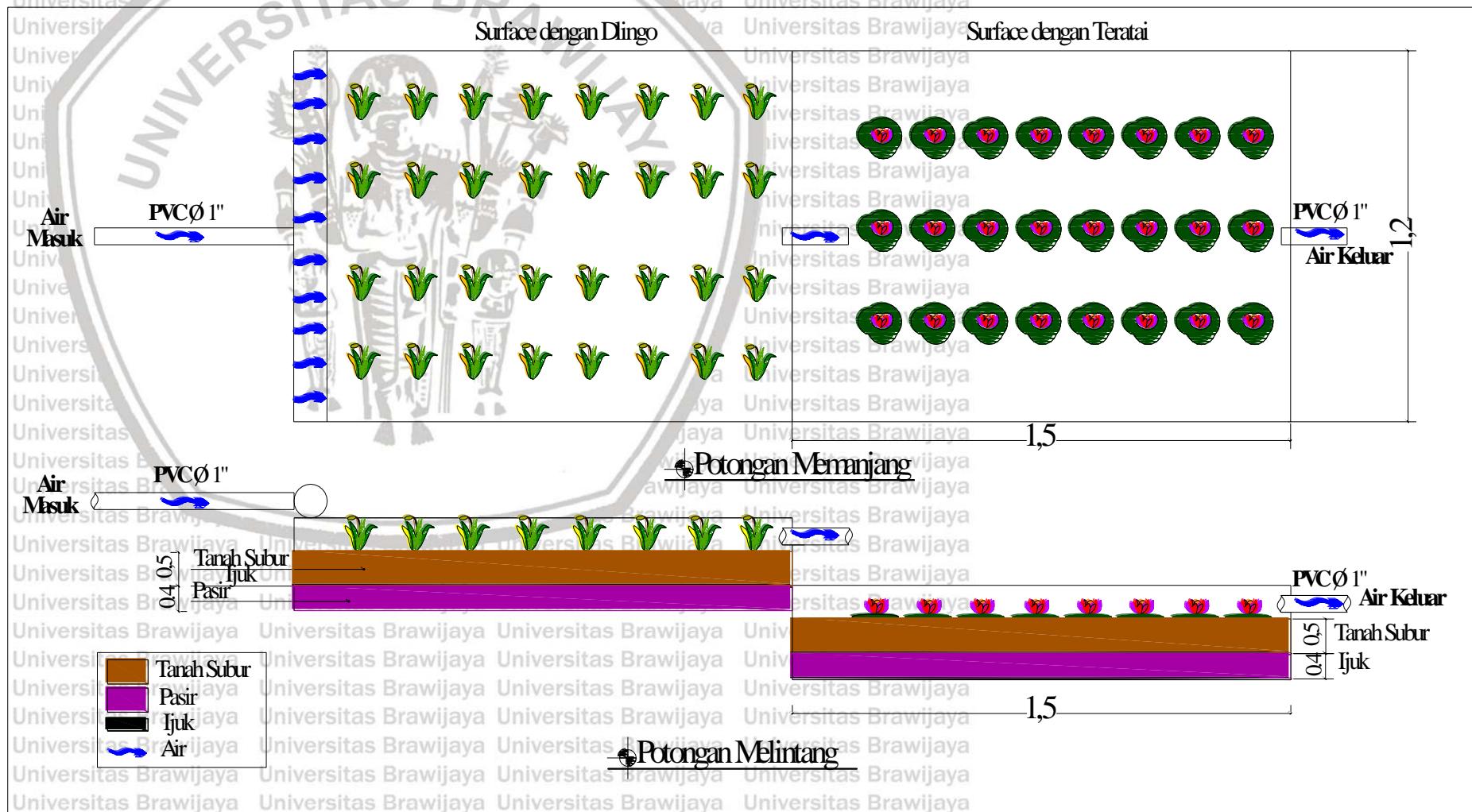
No	Judul Makalah	Isi	Sumber	Parameter dan metode	Hasil
	treatment of the highway runoff	pilihan yang cocok untuk perlakuan runoff jalan raya karena relatif memerlukan biaya relatif rendah dan efisien menanggulangi masalah pencemar termasuk TSS, zat organik, logam berat, hidrokarbon dan garam anorganik.	And Keating, E. Noya publishers, NJ.(2008)	logam berat, dan hidrokarbon. Menggunakan metode <i>subsurface flow wetland</i>	zat organik, logam berat, hidrokarbon dan garam anorganik pada runoff di jalan raya serta pengurangan konsentrasi senyawa kimia juga tergantung pada kondisi musim kemarau
6	Artificial wetlands and water quality improvement	Menggambarkan peranan tanaman dalam membantu penanganan polusi air dengan lahan basah buatan	Shutes, R.B.E.	Parameternya Pb, Cu, Zn and Cd. Menggambarkan konstruksi lahan basah buatan beberapa negara dengan metode <i>surface flow</i> atau <i>subsurface flow</i>	Limbah domestik, pertanian serta runoff yang terkontaminasi dengan senyawa berbahaya dapat ditangani dengan lahan basah yang di kombinasikan tanaman serta sistem ini sangat cocok diterapkan pada negara – negara berkembang. Kinerja sistem ini dipengaruhi oleh daerah, panjang rasio lebar, kedalaman air, tingkat pemutaran air limbah dan waktu untuk itu untuk melewati lahan basah. Untuk penghapusan mikroorganisme penyebab penyakit, efisiensi di atas 90% biasanya dicapai, untuk bahan organik dan padatan tersuspensi penghapusan 80% mungkin diharapkan tetapi efisiensi removal hara biasanya di bawah 60%.
7	Performance evaluation on constructed wetland as water quality improvement for tropical condition	Mengevaluasi performa disain lahan basah buatan yang cocok untuk karakteristik hidrologi dan hidraulik Malaysia	L.M.Sidek,M,N, B,M,Desa and M.R.Z.Abidin (2011)	Parameternya BOD, COD, TSS, TP, TN, E- Coli and DO. Membuat model wetland yang terbagi menjadi 3 zona menggunakan <i>surface flow</i> .	Konstruksi lahan basah dapat berfungsi sebagai solusi efektif dan terpadu untuk mengelola perkotaan limpasan pada sumber untuk merehabilitasi sungai. Persentase pengurangai BOD 9,7-80%, COD 5,7-62,9%, DO 6,5-17,8%, TSS 50-100%

No	Judul Makalah	Isi	Sumber	Parameter dan metode	Hasil
8	Comparison of treatment performance between constructed wetlands with difference plants	Penelitian tentang lahan basah dengan dan tanpa vegetasi. Tanaman meningkatkan kinerja lahan basah.	G.Baskar, V.T.Deeptha, and R.Annadurai. International Journal of Research in Engineering and Technology, 03-04 (2014)	Parameternya BOD, COD, TN dan TP. Menggunakan tanaman <i>Phragmites australis</i> dan <i>Typha latifolia</i> . Menggunakan metode <i>subsurface flow wetland</i>	Lahan basah dengan tanaman dapat menurunkan persentase konsentrasi COD 31-68%, BOD 25-52%, TN 26-36%, TP 40-77% dalam <i>Hydraulic Retention Time</i> (HRT) 2-8 hari.





**Gambar 4.1. Model Wetland 1 (*Subsurface tanpa vegetasi* dan *Surface dengan Vegetasi Teratai dan Dlingo*)**



**Gambar 4.2. Model Wetland 3 (*Subsurface tanpa Vegetasi dan Surface dengan Vegetasi Teratai* )**

#### 4.1. Wilayah Studi

Dalam studi ini, lokasi yang dijadikan sebagai objek penelitian merupakan Daerah Aliran Sungai (DAS) Tukad Badung yang Kota Denpasar berada pada wilayah daerah aliran sungainya.

Kota Denpasar terdiri dari 4 (empat) kecamatan meliputi Kecamatan Denpasar Timur, Kecamatan Denpasar Utara, Kecamatan Denpasar Barat dan Kecamatan Denpasar Selatan.

Secara geografis Kota Denpasar terletak diantara  $115^{\circ} 10' 23''$  sampai  $115^{\circ} 16' 27''$  Bujur Timur (BT) dan  $08^{\circ} 35' 31''$  sampai  $08^{\circ} 44' 49''$  Lintang Selatan (LS). Luas wilayah Kota Madia Denpasar 12.778 ha atau 2.27 % dari luas wilayah Provinsi Bali. Batas administrasi Kota Denpasar adalah :

- a. Sebelah Utara : Wilayah Kabupaten Badung
- b. Sebelah Barat : Wilayah Kabupaten Badung
- c. Sebelah Selatan : Selat Badung
- d. Sebelah Timur : Wilayah Kabupaten Gianyar

Tukad Badung merupakan salah satu sungai besar dari tiga sungai yang melintas di wilayah Kota Denpasar. Daerah pengaliran Tukad Badung mulai dari hulu sampai muara memiliki luas DAS  $\pm 35,80 \text{ km}^2$  dan panjang sungai utama  $\pm 19,52 \text{ km}$ . Daerah aliran sungai (DAS) Tukad Badung secara jelas tampak pada Gambar 3.1. Apabila ditinjau berdasarkan 3 titik tinjauan, karakteristik fisik DAS Tukad Badung dapat dibagi menjadi 3 segmen yaitu :

- a. Hulu : Hulu Jembatan Jalan Gajah Mada
- b. Tengah : Jembatan Gajah Mada – Bendung Gerak Badung
- c. Hilir : Bendung Gerak Badung – Estuary Dam

Kondisi topografi Tukad Badung secara umum merupakan daerah dengan topografi yang datar (0 % - 3 %) sampai jarak 10 km dari muara, dengan ketinggian antara 0 m sampai dengan 20 m di atas permukaan laut. Di daerah hulu cenderung kondisi topografinya landai (3% - 8%) dengan elevasi dasar sungai di daerah hulu sungai bervariasi antara 20 m sampai dengan 50 m di atas permukaan laut.

Kondisi sungai pada daerah hulu (sekitar Kelurahan Sempidi) menyerupai saluran biasa dengan bentuk fisik alur cukup baik dengan aliran air cukup deras. Secara teknis alur bagian hulu sungai dapat dikategorikan daerah ini memadai dan kandungan sedimen aliran air tampaknya tidak akan mempengaruhi proses sedimentasi pada daerah dihilirnya. Kondisi pada ruas sungai disekitar Ubung dari hasil pengamatan lapangan tampaknya perlu penanganan lebih lanjut dalam rangka mencegah proses sedimentasi pada ruas sungai di hilirnya. Pertimbangan ini dipandang perlu mengingat kondisi tebing sungai mempunyai kemiringan  $\pm 50\%$  merupakan lahan terbuka dengan kondisi tanah lepas yang mudah longsor. Potensi kandungan sedimennya cukup tinggi dilihat dari aliran airnya yang keruh terutama pada musim hujan.

Hasil pengamatan sungai pada bagian tengah menunjukkan memulainya proses sedimentasi khususnya pada daerah pertemuan sungai. Pada sepanjang ruas ini aliran sungai berkelok-kelok dengan kecepatan rendah sehingga hampir pada sepanjang ruas sungai muncul gundukan tanah yang ditumbuhi oleh tanaman pengganggu aliran. Kandungan sedimen pada ruas ini lebih menampakkan sedimen layang dari hasil pelapukan sampah, dan buangan limbah rumah tangga.

Pada bagian mendekati hilir tidak dapat dilihat secara jelas adanya aliran air, bahkan genangan air yang lebih dominan terjadi, kecuali pada sekitar bangunan groundsill yang tampak ada gerakan air. Alur sungai berkelak-kelok dengan gundukan tanah disana-sini yang ditumbuhi tanaman pengganggu bahkan juga dimanfaatkan untuk bercocok tanam.

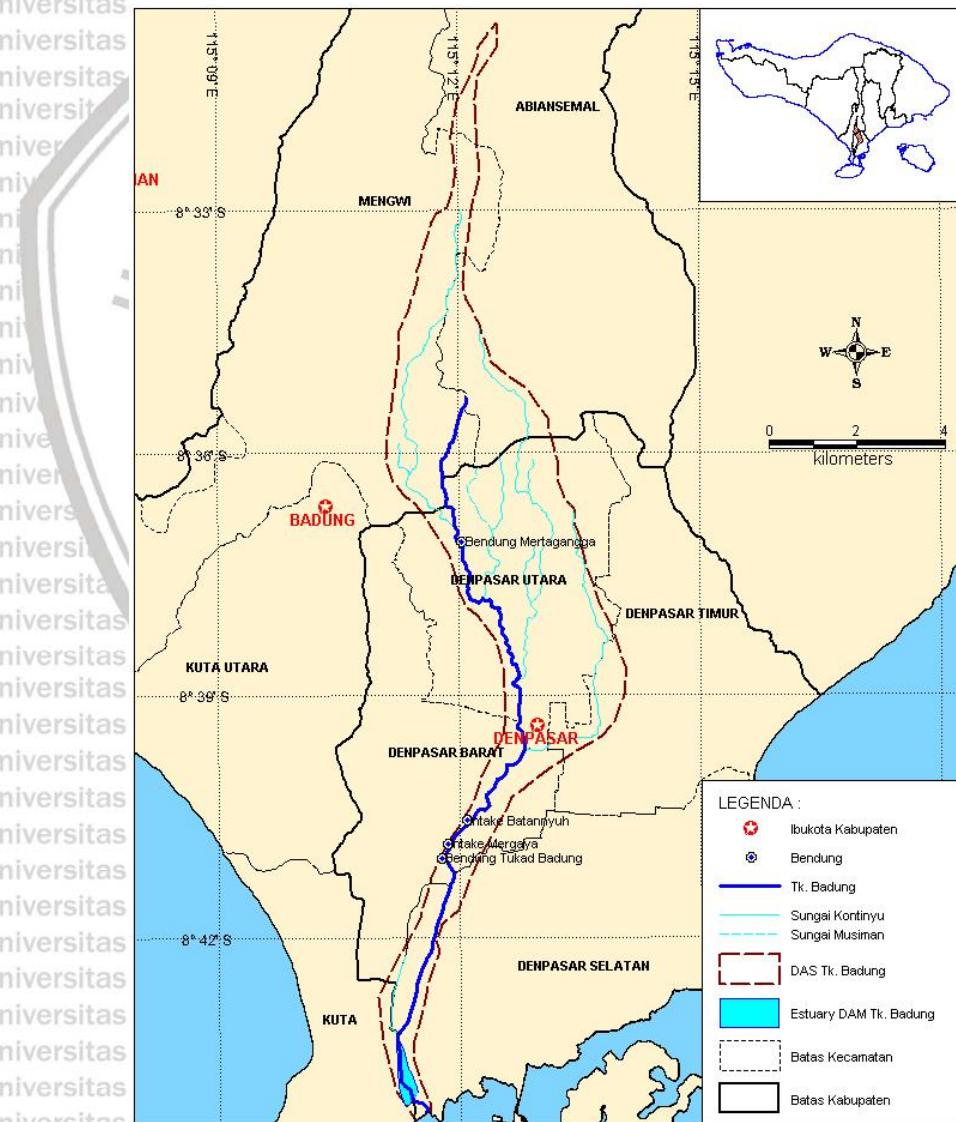
Di bagian muara Tukad Badung merupakan Bangunan Waduk Muara Nusa Dua, yang saat mulai berbenah dengan kelengkapan bangunan-bangunan tambahan. DAS Tukad Badung mencakup 6 (enam) wilayah kecamatan, yaitu Kecamatan Mengwi, Kecamatan Abiansemal, Kecamatan Denpasar Barat, Kecamatan Denpasar Timur, Kecamatan Kuta dan Kecamatan Denpasar Selatan. Luas masing-masing wilayah kecamatan yang tercakup dalam DAS Tukad Badung disajikan pada Tabel di bawah ini.



Tabel 4.1 Cakupan Wilayah Kecamatan dalam DAS Tukad Badung

DAS	Wilayah Kecamatan	Luas (km <sup>2</sup> )	Keterangan
Tukad Badung	Kec. Mengwi	8,76	Kab. Badung
	Kec. Abiansemal	4,56	Kab. Badung
	Kec. Denpasar Barat	14,55	Kota Denpasar
	Kec. Denpasar Timur	4,49	Kota Denpasar
	Kec. Kuta	1,48	Kab. Badung
	Kec. Denpasar Selatan	3,93	Kota Denpasar
	<b>Jumlah</b>	<b>35,80</b>	

Sumber: Balai Wilayah Sungai Bali-Penida



Gambar 4.1. Peta Situasi DAS Tukad Badung

Berikut gambar kondisi Tukad Badung :



**Gambar 4.2. Kondisi Tukad Badung Hulu**

Sumber: Dokumentasi, 2016

Pada gambar diatas menggambarkan DAS Tukad Badung pada daerah hulu yang didapat masih banyak terdapat sampah serta sedimen yang mengendap di areal sungai.



**Gambar 4.3. Kondisi Tukad Badung Hilir**

Sumber: Dokumentasi, 2016

Gambar diatas merupakan Hilir Tukad Badung berada di Waduk Muara Nusa Dua, Di area tersebut sangat banyak sekali sampah yang berada di permukaan air.

## 4.2. Metode Penelitian

Metode Penelitian yang dilaksanakan dalam penelitian studi ini adalah:

- a. Pada tahap awal studi ini dilakukan kajian pustaka berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya dan metode-metode penunjang yang diperlukan terkait dengan tujuan penelitian studi ini. Informasi tersebut didapat dari jurnal, karya ilmiah, situs web, dan buku-buku terkait lainnya. Pada penelitian ini, data yang digunakan umumnya merupakan data sekunder, yang terdiri dari data klimatologi, data kebutuhan air, dan data karakteristik wilayah studi.
- b. Memilih lokasi yang sesuai untuk pembuatan Model *Wetland* lahan basah buatan di sungai Tukad Badung.
- c. Model *Wetland* lahan basah buatan yang dibuat adalah lahan basah buatan tipe kombinasi.

Dibuat 4 Model *Wetland* lahan basah buatan kombinasi yakni:

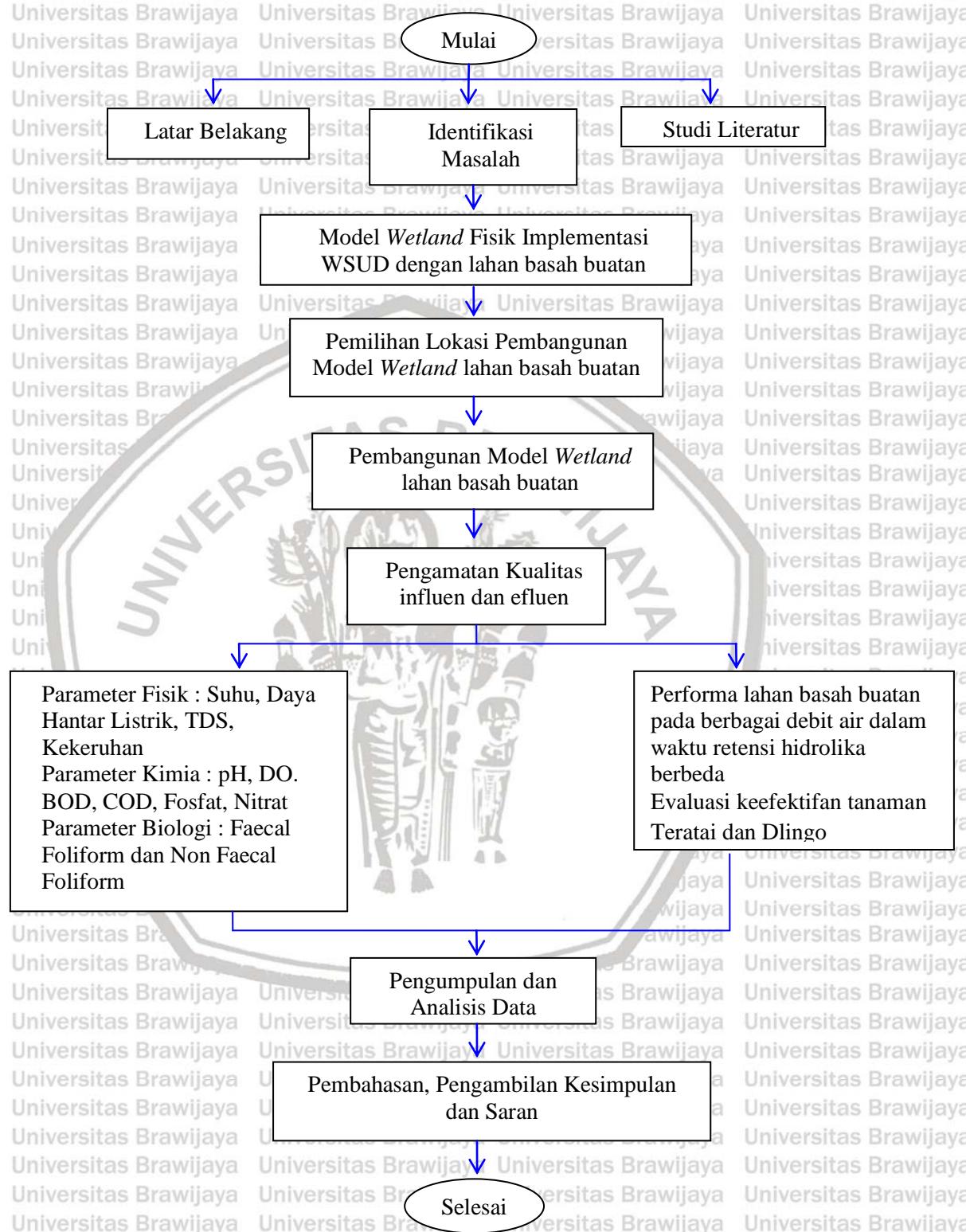
- ❖ Model *Wetland 1* : lahan basah buatan aliran bawah permukaan tanpa vegetasi (*sub-surface wetland without vegetation*) dan dua jenis lahan basah buatan aliran permukaan yaitu dengan vegetasi Dlingo (*surface wetland with sweetflag vegetation*) jumlah tanaman 12 buah dan lahan basah buatan aliran permukaan dengan vegetasi Teratai (*surface wetland with water lily vegetation*) jumlah tanaman 16 buah
  - ❖ Model *Wetland 2* : lahan basah buatan aliran bawah permukaan dengan vegetasi dlingo (*sub-surface wetland with sweetflag vegetation*) jumlah tanaman 36 buah dan lahan basah buatan aliran permukaan dengan vegetasi teratai (*surface wetland with water lily vegetation*) jumlah tanaman 24 buah
  - ❖ Model *Wetland 3* : lahan basah buatan aliran bawah permukaan tanpa vegetasi (*sub-surface wetland without vegetation*) dan lahan basah buatan aliran permukaan dengan vegetasi teratai (*surface wetland with water lily vegetation*) jumlah tanaman 24 buah
  - ❖ Model *Wetland 4* : lahan basah buatan aliran permukaan dengan vegetasi dlingo (*sub-surface wetland with sweetflag vegetation*) jumlah tanaman 36 buah dan lahan basah buatan aliran permukaan dengan vegetasi teratai (*surface wetland with water lily vegetation*) jumlah tanaman 24 buah
- d. Jenis tanaman air yang diobservasi efektivitasnya sebagai vegetasi lahan basah buatan dalam penelitian ini adalah tanaman bunga Teratai dan Dlingo sebagai bagian dari Model *Wetland* lahan basah buatan dalam penelitian ini dengan pertimbangan bahwa:



- (i) Teratai dan Dlingo merupakan tanaman air yang secara estetis cocok ditanam di sekitar sungai
- (ii) Teratai mempunyai nilai kearifan lokal di Bali yakni banyak dipakai dalam kegiatan keagamaan
- (iii) Dlingo sudah semakin sulit ditemukan sehingga pemanfaatannya sebagai vegetasi lahan basah buatan akan sekaligus menjadi upaya pelestariannya, baik Teratai maupun Dlingo sepanjang pengetahuan peneliti belum pernah diteliti sebagai vegetasi dalam penelitian lahan basah buatan kombinasi seperti peneliti lakukan dalam penelitian ini
- (iv) Teratai mempunyai nilai ekonomis relatif tinggi karena setiap bagian tanaman ini dapat dimanfaatkan
- e. Model Wetland berdimensi 1,5 m x 1,2 m dan debit rata-rata 0,084 liter/detik. Pada lahan basah aliran bawah permukaan, pada lapisan paling bawah diletakkan kerikil (diameter 4-5cm) setebal 10 cm dan diatasnya dihamparkan skrin plastik (diameter 0,1cm). Diatas skrin diletakkan pasir setebal 40 cm. Pada tempat air masuk terdapat keran pengatur air masuk yang dihubungan dengan pipa 1 dim berlubang banyak (diameter 1cm) dipasang di permukaan atas sepanjang lahan basah buatan. Pada tempat air keluar dipasang pipa 1 dim berlubang banyak (diameter 1 cm) pada sisi bawah memanjang sepanjang lahan basah buatan.
- f. Variabel penelitian adalah empat Model *Wetland* lahan basah buatan, debit air masuk, waktu retensi dan dua jenis tanaman air sebagai vegetasi lahan basah buatan. Parameter yang diamati adalah komponen fisika (kekeruhan), kimia (flourida, nitrat, BOD, COD, DO) dan biologi (bakteriologi) kualitas air masuk dan keluar dari lahan basah buatan.
- g. Dilakukan pengamatan dan analisis komponen-komponen kualitas air masuk
- h. Dilakukan pengamatan dan analisis kualitas air keluar dan waktu retensi
- i. Pembahasan hasil untuk melihat performa kinerja lahan basah buatan yang dibuat.

### 4.3. Kerangka/Diagram Alir Penelitian

Alur pikir dapat dilihat pada Gambar 4.4. berikut ini.



**Gambar 4.4. Diagram Alir Penelitian**

#### 4.4. Proses Pengambilan Sampel Pada Lokasi Studi



**Gambar 4.5. Model Wetland Test Kombinasi Surface dan Subsurface**

Sumber: Dokumentasi Lapangan, 2016



**Gambar 4.6. Pengambilan Sample pada Model Wetland 1 (Sub-surface tanpa Vegetasi)**

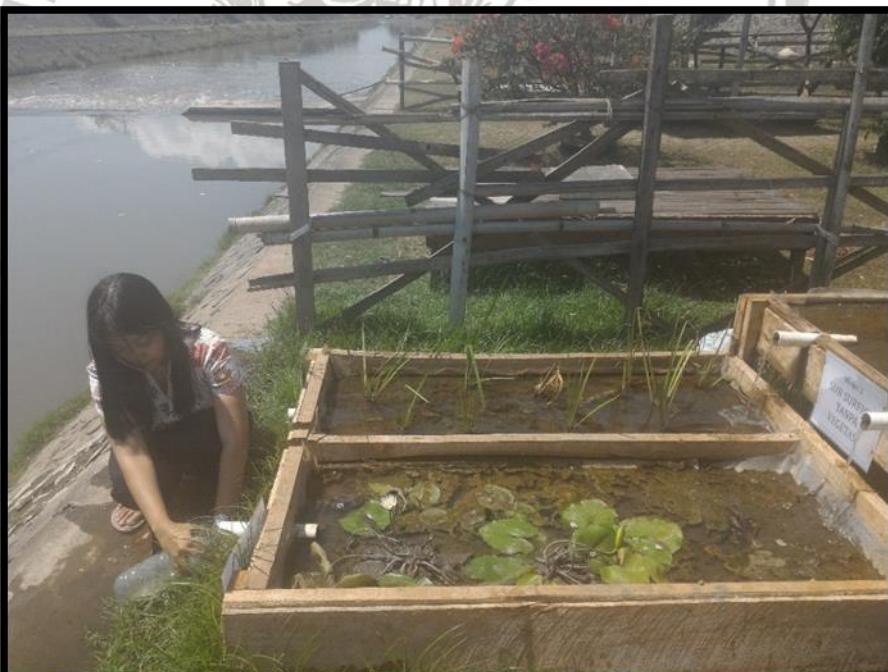
Sumber: Dokumentasi Lapangan, 2016





**Gambar 4.7. Pengambilan Sample pada Model Wetland 1 (Surface dengan Vegetasi Dlingo)**

Sumber: Dokumentasi Lapangan, 2016



**Gambar 4.8. Pengambilan Sample pada Model Wetland 1 (Surface dengan Vegetasi Teratai)**

Sumber: Dokumentasi Lapangan, 2016





**Gambar 4.9. Pengambilan Sample pada Model Wetland 2 (Surface dengan Vegetasi Teratai)**

Sumber: Dokumentasi Lapangan, 2016



**Gambar 4.10. Pengambilan Sample pada Model Wetland 2 (Subsurface dengan Vegetasi Dlingo)**

Sumber: Dokumentasi Lapangan, 2016



**Gambar 4.11. Pengambilan Sample pada Model Wetland 3 (Subsurface tanpa Vegetasi)**  
Sumber: Dokumentasi Lapangan, 2016



**Gambar 4.12. Pengambilan Sample pada Model Wetland 3 (Surface dengan Vegetasi Teratai)**  
Sumber: Dokumentasi Lapangan, 2016



**Gambar 4.13. Pengambilan Sample pada Model Wetland 4 (Surface dengan Vegetasi Dlingo)**

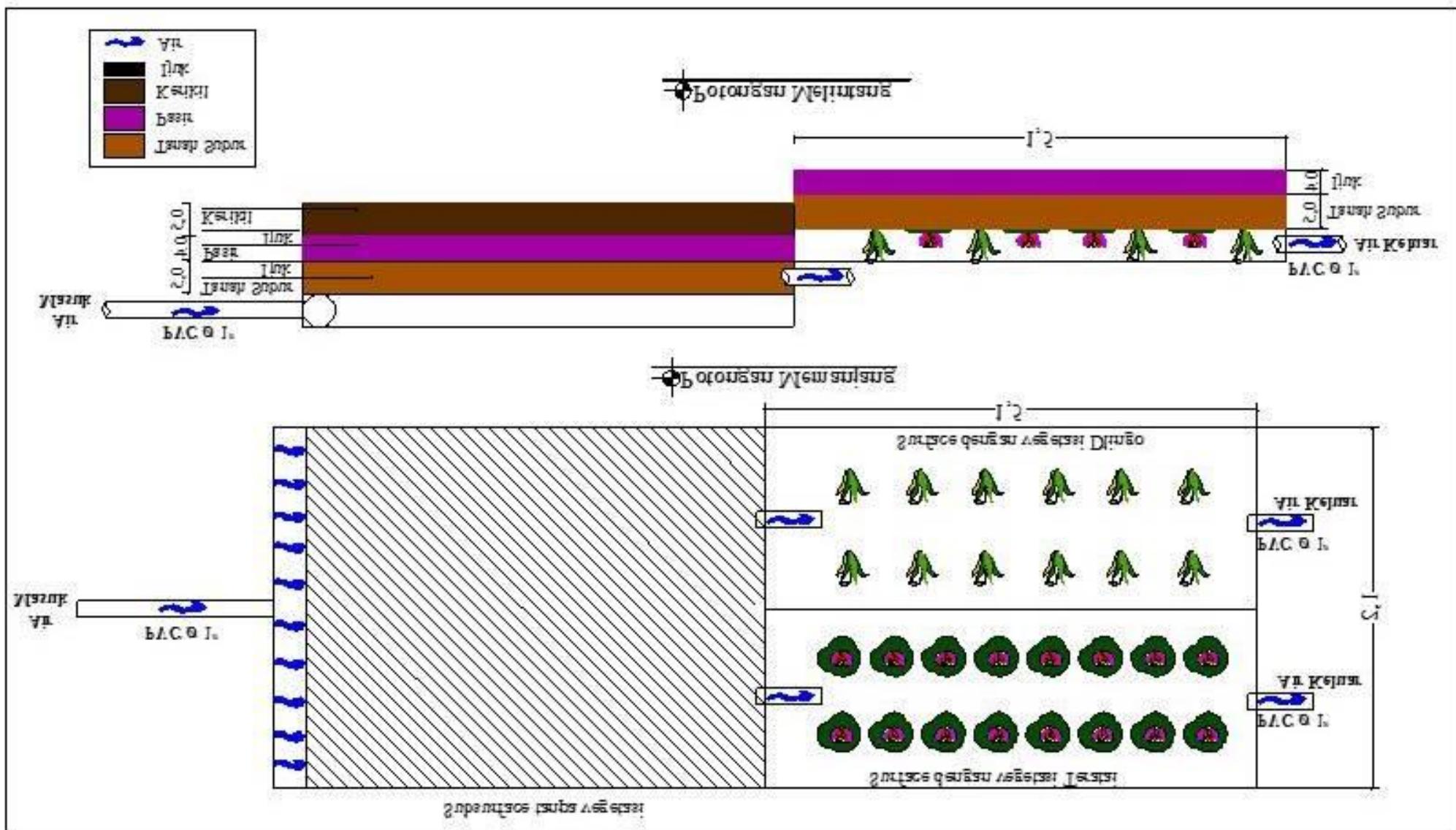
Sumber: Dokumentasi Lapangan, 2016

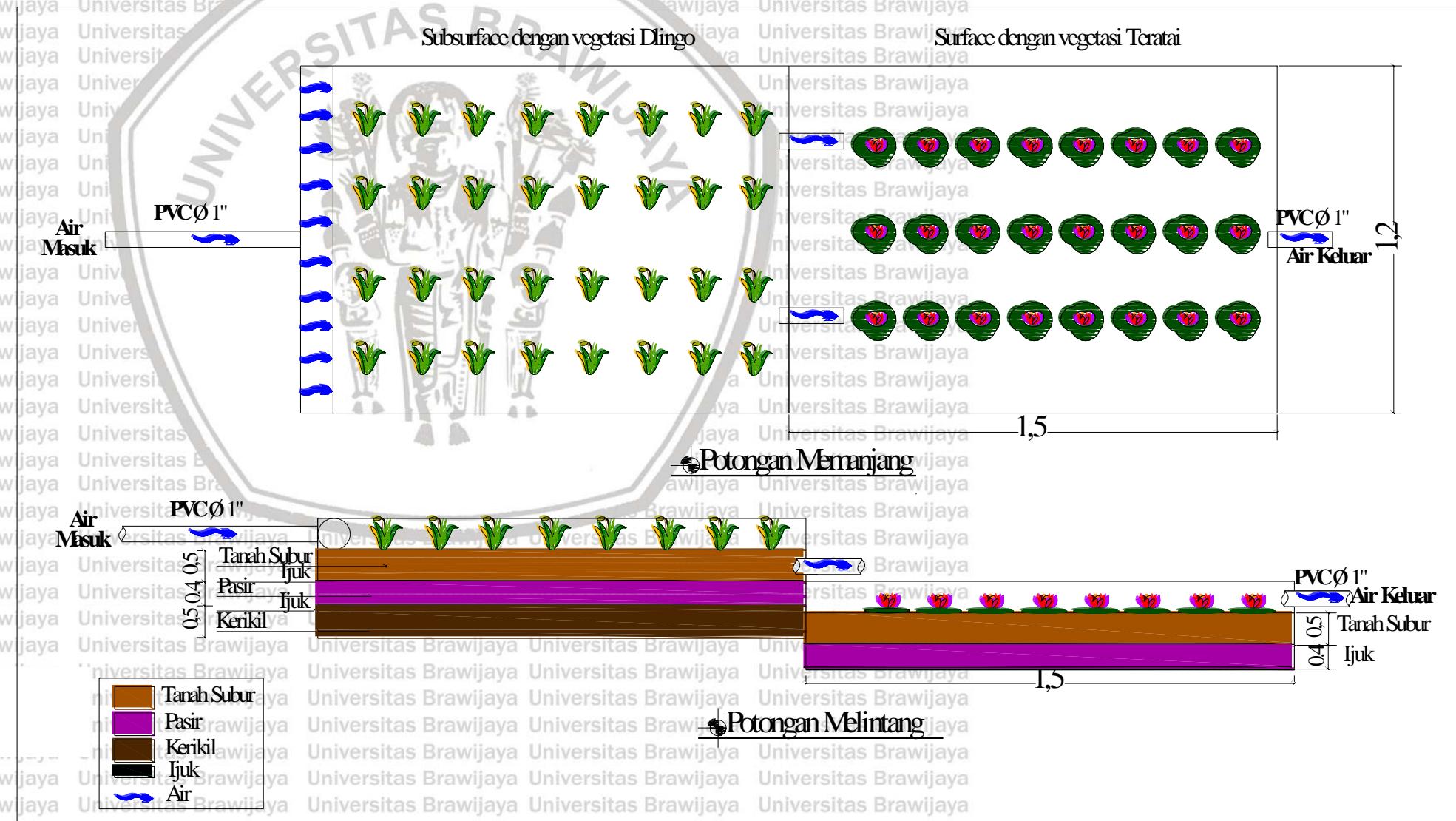


**Gambar 4.14. Pengambilan Sample pada Model Wetland 4 (Surface dengan Vegetasi Teratai)**

Sumber: Dokumentasi Lapangan, 2016

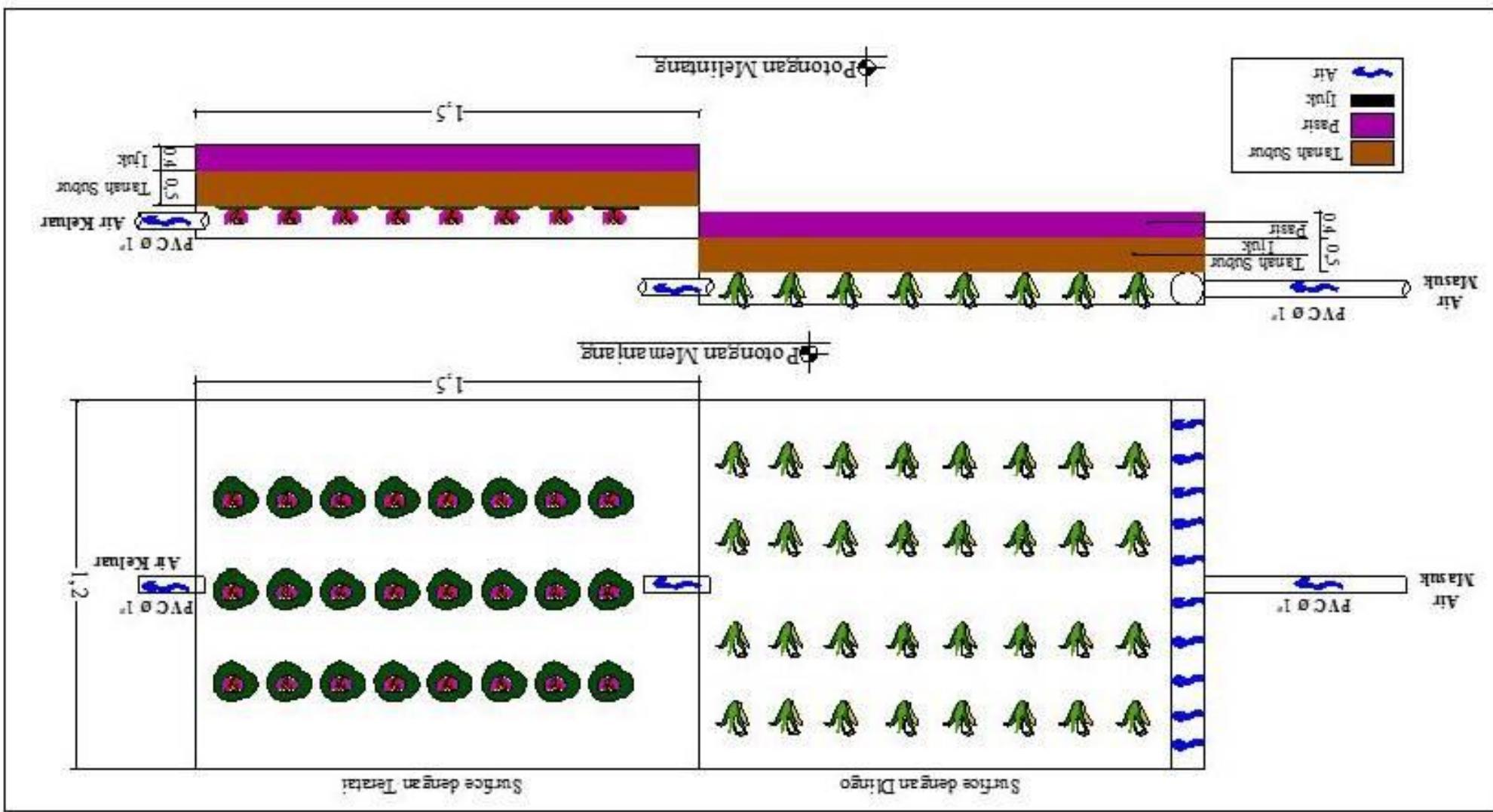
(oguhID web interface) Pengembangan dan Implementasi Sistem Pendukung Keputusan Penerapan BAC di PT. Tirta Kencana



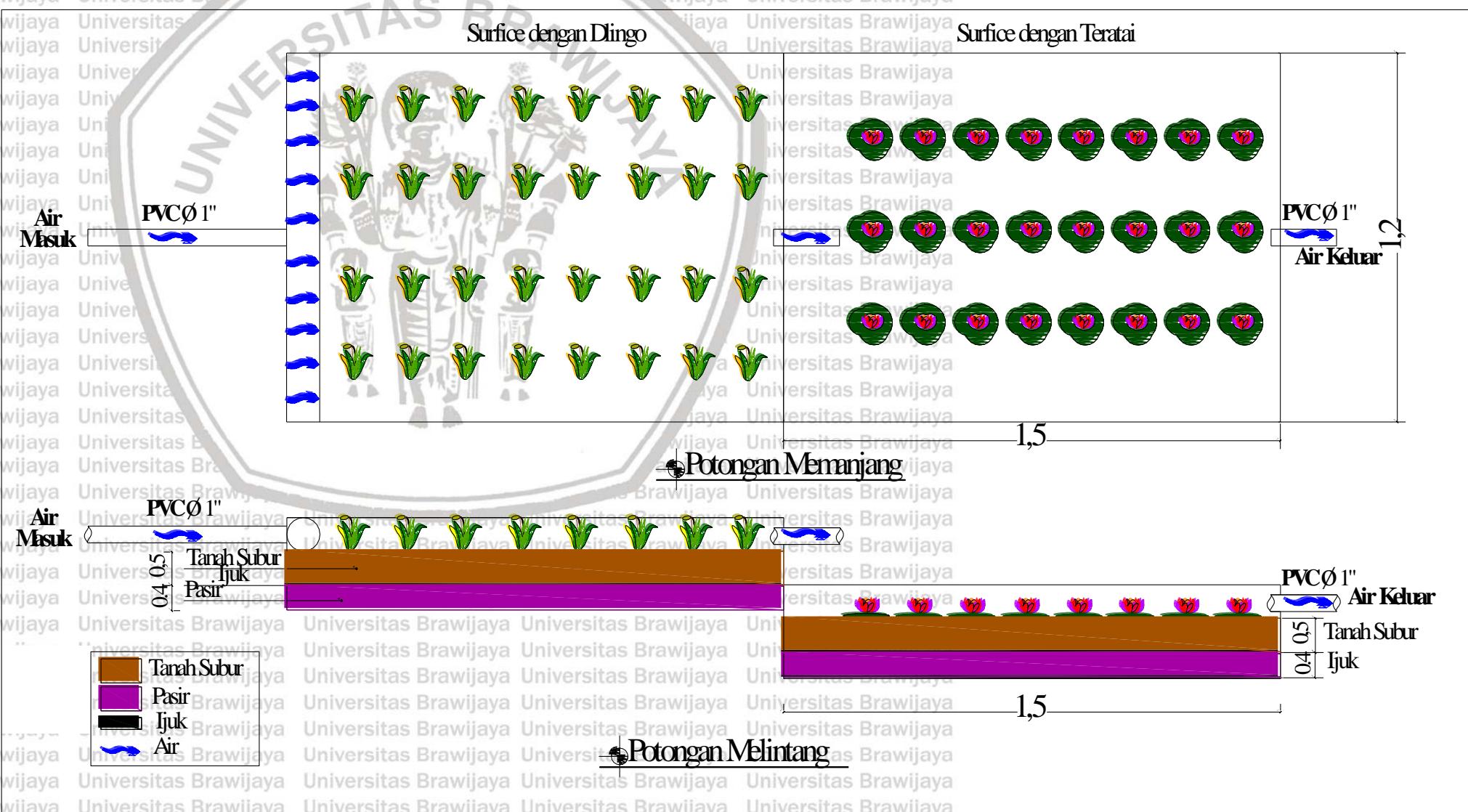


Gambar 4.16. Model Wetland 2 (*Subsurface dengan vegetasi Dlingo* dan *Surface dengan Vegetasi Teratai*)

Model Wetland 4 (Surface dengan Vegetasi Dilimpo dan Surface dengan Vegetasi Teratai)



Gambar 4.17. Model Wetland 3 (Subsurface tanpa Vegetasi dan Surface dengan Vegetasi Teratai)



**Model Wetland 4 (Surface dengan Dlingo dan Surface dengan Vegetasi Teratai)**

**Tabel 5.16 Flourida (Ion F) Pada Model Wetland 1**

No.	Lahan	Percobaan Ke - (untuk Flourida (Ion F))												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	17/11/2015	23/11/2015	26/11/2015	30/11/2015	7/12/2015	15/12/2015	18/12/2015	22/12/2015	31/12/2015	4/1/2016	6/1/2016	12/1/2016	15/1/2016	19/1/2016
Model Wetland 1														
Subsurface tanpa vegetasi	1,292	0,727	0,826	0,785	0,541	0,793	0,449	1,161	0,621	0,596	0,438	0,862	0,698	0,896
Surface vegetasi Teratai	1,462	0,66	0,631	0,708	0,836	0,502	0,746	0,842	0,348	0,695	0,976	0,682	0,759	0,873
Surface vegetasi Dlingo	1,227	0,949	0,744	0,548	0,698	0,696	0,901	0,938	0,387	0,987	0,68	0,861	0,918	0,719
Kadar Ion F Model WL 1	1,327	0,779	0,734	0,680	0,692	0,664	0,699	0,980	0,452	0,759	0,698	0,802	0,792	0,829
TUKAD BADUNG AWAL	2,482	1,877	1,531	1,565	1,685	1,814	1,759	2,19	1,908	1,597	1,968	2,959	1,807	1,863
Jumlah Reduksi Pencemaran	1,155	1,098	0,797	0,885	0,993	1,150	1,060	1,210	1,456	0,838	1,270	2,157	1,015	1,034

Sumber: Hasil Pengukuran 2016

Dari hasil pengujian flourida pada Model *Wetland 1* yang dilakukan sebanyak 14 kali percobaan, dilakukan perbandingan antara hasil nilai flourida pada Tukad Badung awal dengan Model *Wetland 1* didapatkan jumlah reduksi pencemaran. Jumlah reduksi pencemaran mengalami fluktuasi seperti hasil di atas, jumlah reduksi pencemaran terbesar terjadi pada percobaan 12 sebesar 2,157 mg/l dan terkecil pada percobaan 5 sebesar 0,797 mg/l. Fluktuasi ini dipengaruhi oleh pengambilan air sungai dengan debit air rata-rata 0,084 lt/dt. Dari grafik model *Wetland 1* menunjukkan bahwa pada percobaan 9 kelas baku mutu air meningkat menjadi kelas I dengan nilai 0,452 mg/l.

**Tabel 5.17 Flourida (Ion F) Pada Model Wetland 2**

No.	Lahan	Percobaan Ke - (untuk Flourida (Ion F))													
		1 17/11/2015	2 23/11/2015	3 26/11/2015	4 30/11/2015	5 7/12/2015	6 15/12/2015	7 18/12/2015	8 22/12/2015	9 31/12/2015	10 4/1/2016	11 6/1/2016	12 12/1/2016	13 15/1/2016	14 19/1/2016
Model Wetland 2															
Subsurface vegetasi Dlingo	1,09	0,666	0,836	1,12	0,58	0,49	0,64	1,02	0,37	0,63	1,09	0,73	0,99	0,65	
Surface vegetasi Teratai	1,207	0,632	0,719	0,75	0,94	0,24	0,76	0,82	0,49	0,66	0,82	0,83	0,93	1,03	
Rerata	1,149	0,649	0,778	0,934	0,759	0,367	0,696	0,918	0,429	0,647	0,956	0,781	0,959	0,841	
TUKAD BADUNG AWAL	2,482	1,877	1,531	1,565	1,685	1,814	1,759	2,19	1,908	1,597	1,968	2,959	1,807	1,863	
Jumlah Reduksi Pencemaran	1,334	1,228	0,754	0,631	0,926	1,447	1,063	1,272	1,479	0,951	1,012	2,178	0,848	1,023	

Sumber: Hasil Pengukuran 2016

Model Wetland 2 merupakan Model Wetland yang menerapkan kombinasi sistem aliran *subsurface* dan *surface* dengan vegetasi berbeda. Hasil pengujian flourida pada Model Wetland 2 yang dilakukan sebanyak 14 kali percobaan, dilakukan perbandingan antara hasil nilai flourida pada Tukad Badung awal dengan Model Wetland 2 didapatkan jumlah reduksi pencemaran. Jumlah reduksi pencemaran mengalami fluktuasi seperti hasil diatas, jumlah reduksi pencemaran terbesar terjadi pada percobaan 12 sebesar 2,178 mg/l dan terkecil pada percobaan 4 sebesar 0,631 mg/l. Dari grafik model Wetland 2 menunjukkan bahwa pada percobaan 6 dan 9 kelas baku mutu air meningkat menjadi kelas I dengan nilai 0,367 mg/l dan 0,429 mg/l.

**Tabel 5.18 Flourida (Ion F) Pada Model Wetland 3**

No.	Lahan	Percobaan Ke - (untuk Flourida (Ion F))													
		1 17/11/2015	2 23/11/2015	3 26/11/2015	4 30/11/2015	5 7/12/2015	6 15/12/2015	7 18/12/2015	8 22/12/2015	9 31/12/2015	10 4/1/2016	11 6/1/2016	12 12/1/2016	13 15/1/2016	14 19/1/2016
	Model Wetland 3														
	Subsurface tanpa vegetasi	1,228	1,008	0,994	0,902	0,522	0,592	0,681	1,441	0,645	0,807	1,002	0,989	0,913	0,727
3	Surface vegetasi Teratai	1,15	0,553	0,611	0,696	0,668	0,384	0,763	1,044	0,511	0,659	0,921	0,929	0,934	0,817
	Rerata	1,189	0,781	0,803	0,799	0,595	0,488	0,722	1,243	0,578	0,733	0,962	0,959	0,924	0,772
	TUKAD BADUNG AWAL	2,482	1,877	1,531	1,565	1,685	1,814	1,759	2,19	1,908	1,597	1,968	2,959	1,807	1,863
	Jumlah Reduksi Pencemaran	1,293	1,097	0,729	0,766	1,090	1,326	1,037	0,948	1,330	0,864	1,007	2,000	0,884	1,091

Sumber: Hasil Pengukuran 2016

Hasil pengujian flourida pada Model *Wetland 3* yang dilakukan sebanyak 14 kali percobaan, dilakukan perbandingan antara hasil nilai flourida pada Tukad Badung awal dengan Model *Wetland 3* didapatkan jumlah reduksi pencemaran. Jumlah reduksi pencemaran mengalami fluktuasi seperti hasil di atas, jumlah reduksi pencemaran terbesar terjadi pada percobaan 12 sebesar 2,000 mg/l dan terkecil pada percobaan 3 sebesar 0,729 mg/l. Grafik model *Wetland 3* menunjukkan bahwa pada percobaan 6 kelas baku mutu air meningkat menjadi kelas I dengan nilai 0,488 mg/l.

**Tabel 5.19 Flourida (Ion F) Pada Model Wetland 4**

No.	Lahan	Percobaan Ke - (untuk Flourida (Ion F))													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
		17/11/2015	23/11/2015	26/11/2015	30/11/2015	7/12/2015	15/12/2015	18/12/2015	22/12/2015	31/12/2015	4/1/2016	6/1/2016	12/1/2016	15/1/2016	19/1/2016
4	Model Wetland 4														
	Surface vegetasi Dlingo	1,489	0,743	0,673	0,653	0,787	0,56	0,739	1,206	0,626	1,074	0,692	1,148	0,752	0,751
	Surface vegetasi Teratai	1,408	0,911	0,804	0,689	1,01	0,648	0,682	1,096	0,545	0,757	0,195	1,076	0,949	0,855
	Rerata	1,449	0,827	0,739	0,671	0,899	0,604	0,711	1,151	0,586	0,916	0,444	1,112	0,851	0,803
	TUKAD BADUNG AWAL	2,482	1,877	1,531	1,565	1,685	1,814	1,759	2,19	1,908	1,597	1,968	2,959	1,807	1,863
	Jumlah Reduksi Pencemaran	1,034	1,050	0,793	0,894	0,787	1,210	1,049	1,039	1,323	0,682	1,525	1,847	0,957	1,060

Sumber: Hasil Pengukuran 2016

Model Wetland 4 merupakan satu-satunya Model Wetland yang hanya menggunakan sistem aliran permukaan (*surface*) dengan vegetasi. Hasil pengujian flourida pada Model Wetland 4 yang dilakukan sebanyak 14 kali percobaan, dilakukan perbandingan antara hasil nilai flourida pada Tukad Badung awal dengan Model Wetland 3 didapatkan jumlah reduksi pencemaran. Jumlah reduksi pencemaran mengalami fluktuasi seperti hasil di atas, jumlah reduksi pencemaran terbesar terjadi pada percobaan 12 sebesar 1,847 mg/l dan terkecil pada percobaan 11 sebesar 0,682 mg/l. Grafik Model Wetland 4 menunjukkan bahwa pada percobaan 11 kelas baku mutu air meningkat menjadi kelas I dengan nilai 0,444 mg/l.

**Tabel 5.21 Tabel Rekap Hasil Kelas Baku Mutu Flourida (Ion F)**

No.	Lahan	Percobaan Ke - (untuk Flourida (Ion F))													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
		17/11/2015	23/11/2015	26/11/2015	30/11/2015	7/12/2015	15/12/2015	18/12/2015	22/12/2015	31/12/2015	4/1/2016	6/1/2016	12/1/2016	15/1/2016	19/1/2016
1	TUKAD BADUNG AWAL	2,482	1,877	1,531	1,565	1,685	1,814	1,759	2,19	1,908	1,597	1,968	2,959	1,807	1,863
	Kelas Baku Mutu	Kelas IV	Kelas IV	Kelas IV	Kelas IV	Kelas IV	Kelas IV	Kelas IV	Kelas IV	Kelas IV	Kelas IV	Kelas IV	Kelas IV	Kelas IV	Kelas IV
2	Model Wetland 1 :														
	Rerata	1,327	0,779	0,734	0,680	0,692	0,664	0,699	0,980	0,452	0,759	0,698	0,802	0,792	0,829
3	Kelas Baku Mutu	Kelas II	Kelas II	Kelas II	Kelas II	Kelas II	Kelas II	Kelas II	Kelas II	Kelas I	Kelas II	Kelas II	Kelas II	Kelas II	Kelas II
	Model Wetland 2 :														
3	Rerata	1,149	0,649	0,778	0,934	0,759	0,367	0,696	0,918	0,429	0,647	0,956	0,781	0,959	0,841
	Kelas Baku Mutu	Kelas II	Kelas II	Kelas II	Kelas II	Kelas II	Kelas I	Kelas II	Kelas II	Kelas I	Kelas II	Kelas II	Kelas II	Kelas II	Kelas II
4	Model Wetland 3 :														
	Rerata	1,189	0,781	0,803	0,799	0,595	0,488	0,722	1,243	0,578	0,733	0,962	0,959	0,924	0,772
5	Kelas Baku Mutu	Kelas II	Kelas II	Kelas II	Kelas II	Kelas II	Kelas I	Kelas II	Kelas II	Kelas II	Kelas II	Kelas II	Kelas II	Kelas II	Kelas II
5	Model Wetland 4 :														
	Rerata	1,449	0,827	0,739	0,671	0,899	0,604	0,711	1,151	0,586	0,916	0,444	1,112	0,851	0,803
	Kelas Baku Mutu	Kelas II	Kelas II	Kelas II	Kelas II	Kelas II	Kelas II	Kelas II	Kelas II	Kelas II	Kelas II	Kelas I	Kelas II	Kelas II	Kelas II

*Sumber: Hasil Pengukuran 2016*

**Tabel 5.22 Nitrat (NO<sub>3</sub>-N) Pada Model Wetland 1**

No.	Lahan	Percobaan Ke - (untuk Flourida (Ion F))													
		1 17/11/2015	2 23/11/2015	3 26/11/2015	4 30/11/2015	5 7/12/2015	6 15/12/2015	7 18/12/2015	8 22/12/2015	9 31/12/2015	10 4/1/2016	11 6/1/2016	12 12/1/2016	13 15/1/2016	14 19/1/2016
	Model Wetland 1														
	Subsurface tanpa vegetasi	1,292	0,727	0,826	0,785	0,541	0,793	0,449	1,161	0,621	0,596	0,438	0,862	0,698	0,896
	Surface vegetasi Teratai	1,462	0,66	0,631	0,708	0,836	0,502	0,746	0,842	0,348	0,695	0,976	0,682	0,759	0,873
	Surface vegetasi Dlingo	1,227	0,949	0,744	0,548	0,698	0,696	0,901	0,938	0,387	0,987	0,68	0,861	0,918	0,719
	Kadar Ion F Model WL 1	1,327	0,779	0,734	0,680	0,692	0,664	0,699	0,980	0,452	0,759	0,698	0,802	0,792	0,829
	TUKAD BADUNG AWAL	2,482	1,877	1,531	1,565	1,685	1,814	1,759	2,19	1,908	1,597	1,968	2,959	1,807	1,863
	Jumlah Reduksi Pencemaran	1,155	1,098	0,797	0,885	0,993	1,150	1,060	1,210	1,456	0,838	1,270	2,157	1,015	1,034

Sumber: Hasil Pengukuran 2016

Dari hasil pengujian nitrat pada Model *Wetland 1* yang dilakukan sebanyak 14 kali percobaan, dilakukan perbandingan antara hasil nilai nitrat pada Tukad Badung awal dengan Model *Wetland 1* didapatkan jumlah reduksi pencemaran. Jumlah reduksi pencemaran mengalami fluktuasi seperti hasil di atas, jumlah reduksi pencemaran terbesar terjadi pada percobaan 2 sebesar 2,38 mg/l dan terkecil pada percobaan 5 sebesar 0,18 mg/l. Fluktuasi ini dipengaruhi oleh pengambilan air sungai dengan debit air rata-rata 0,084 lt/dt. Dari grafik model *Wetland 1* menunjukkan bahwa kadar NO<sub>3</sub>-N berada pada kelas I.

**Tabel 5.23 Nitrat (NO<sub>3</sub>-N) Pada Model Wetland 2**

No.	Lahan	Percobaan Ke - (Nitrat (NO <sub>3</sub> -N))													
		1 17/11/2015	2 23/11/2015	3 26/11/2015	4 30/11/2015	5 7/12/2015	6 15/12/2015	7 18/12/2015	8 22/12/2015	9 31/12/2015	10 4/1/2016	11 6/1/2016	12 12/1/2016	13 15/1/2016	14 19/1/2016
Model Wetland 2															
Subsurface vegetasi Dlingo		0,14	1,32	1,99	2,67	3,35	2,42	1,18	2,58	1,26	0,79	1,33	1,99	1,64	1,24
Surface vegetasi Teratai		0,09	1,70	1,85	1,33	0,27	2,34	1,18	2,83	2,36	1,42	1,51	1,81	1,95	1,42
Rerata		0,11	1,51	1,92	2,00	1,81	2,38	1,18	2,71	1,81	1,10	1,42	1,90	1,80	1,33
TUKAD BADUNG AWAL		0,59	1,63	1,17	2,76	1,87	3,03	2,05	2,78	3,12	1,89	2,12	2,71	3,45	2,32
Jumlah Reduksi Pencemaran		0,47	0,12	0,75	0,77	0,06	0,65	0,88	0,07	1,31	0,79	0,70	0,82	1,66	0,99

Sumber: Hasil Pengukuran 2016

Model Wetland 2 merupakan Model *Wetland Wetland* yang menerapkan kombinasi sistem aliran *subsurface* dan *surface* dengan vegetasi berbeda. Hasil pengujian nitrat pada Model *Wetland 2* yang dilakukan sebanyak 14 kali percobaan, dilakukan perbandingan antara hasil nilai nitrat pada Tukad Badung awal dengan Model *Wetland 2* didapatkan jumlah reduksi pencemaran. Jumlah reduksi pencemaran mengalami fluktuasi seperti hasil di atas, jumlah reduksi pencemaran terbesar terjadi pada percobaan 13 sebesar 1,66 mg/l dan terkecil pada percobaan 5 sebesar 0,06 mg/l. Dari grafik model *Wetland 2* menunjukkan bahwa kadar NO<sub>3</sub>-N berada pada kelas I.

**Tabel 5.24 Nitrat (NO<sub>3</sub>-N) Pada Model Wetland 3**

No.	Lahan	Percobaan Ke - (untuk Flourida (Ion F))													
		1 17/11/2015	2 23/11/2015	3 26/11/2015	4 30/11/2015	5 7/12/2015	6 15/12/2015	7 18/12/2015	8 22/12/2015	9 31/12/2015	10 4/1/2016	11 6/1/2016	12 12/1/2016	13 15/1/2016	14 19/1/2016
	Model Wetland 3														
	Subsurface tanpa vegetasi	0,18	1,56	1,05	2,15	2,27	2,42	1,23	2,26	2,73	1,17	1,01	2,01	3,03	1,07
3	Surface vegetasi dan Teratai	0,18	2,69	1,09	2,76	0,81	2,42	1,62	1,57	2,02	0,72	0,33	2,12	1,95	0,95
	Rerata	0,18	2,12	1,07	2,45	1,54	2,42	1,43	1,92	2,37	0,94	0,67	2,06	2,49	1,01
	TUKAD BADUNG AWAL	0,59	1,63	1,17	2,76	1,87	3,03	2,05	2,78	3,12	1,89	2,12	2,71	3,45	2,32
	Jumlah Reduksi Pencemaran	0,41	0,50	0,10	0,31	0,33	0,62	0,62	0,86	0,74	0,95	1,45	0,65	0,96	1,31

Sumber: Hasil Pengukuran 2016

Hasil pengujian flourida pada Model Wetland 3 yang dilakukan sebanyak 14 kali percobaan, dilakukan perbandingan antara hasil nilai nitrat pada Tukad Badung awal dengan Model Wetland 3 didapatkan jumlah reduksi pencemaran. Jumlah reduksi pencemaran mengalami fluktuasi seperti hasil di atas, jumlah reduksi pencemaran terbesar terjadi pada percobaan 11 sebesar 1,45 mg/l dan terkecil pada percobaan 3 sebesar 0,10 mg/l. Dari grafik model Wetland 3 menunjukkan bahwa kadar NO<sub>3</sub>-N berada pada kelas I.

**Tabel 5.25 Nitrat (NO<sub>3</sub>-N) Pada Model Wetland 4**

No.	Lahan	Percobaan Ke - (untuk Flourida (Ion F))													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
		17/11/2015	23/11/2015	26/11/2015	30/11/2015	7/12/2015	15/12/2015	18/12/2015	22/12/2015	31/12/2015	4/1/2016	6/1/2016	12/1/2016	15/1/2016	19/1/2016
4	Model Wetland 4														
	Surface vegetasi Dlingo	0,18	2,28	1,69	1,38	1,77	2,63	1,40	2,94	1,58	0,92	1,33	1,93	2,76	1,48
	Surface vegetasi Teratai	0,17	2,98	1,76	2,44	2,39	2,47	2,28	2,16	1,90	0,86	0,91	1,91	2,63	1,39
	Rerata	0,18	2,63	1,73	1,91	2,08	2,55	1,84	2,55	1,74	0,89	1,12	1,92	2,69	1,43
	TUKAD BADUNG AWAL	0,59	1,63	1,17	2,76	1,87	3,03	2,05	2,78	3,12	1,89	2,12	2,71	3,45	2,32
	Jumlah Reduksi Pencemaran	0,41	1,00	0,56	0,85	0,21	0,48	0,21	0,23	1,38	1,00	1,00	0,79	0,76	0,89

Sumber: Hasil Pengukuran 2016

Model Wetland 4 merupakan satu-satunya Model Wetland yang hanya menggunakan sistem aliran permukaan (*surface*) dengan vegetasi. Hasil pengujian nitrat pada Model Wetland 4 yang dilakukan sebanyak 14 kali percobaan, dilakukan perbandingan antara hasil nilai flourida pada Tukad Badung awal dengan Model Wetland 3 didapatkan jumlah reduksi pencemaran. Jumlah reduksi pencemaran mengalami fluktuasi seperti hasil di atas, jumlah reduksi pencemaran terbesar terjadi pada percobaan 9 sebesar 1,38 mg/l dan terkecil pada percobaan 7 sebesar 0,21 mg/l. Dari grafik model Wetland 4 menunjukkan bahwa kadar NO<sub>3</sub>-N berada pada kelas I.

**Tabel 5.27 Tabel Rekap Hasil Kelas Baku Mutu Nitrat (NO3-N)**

No.	Lahan	Percobaan Ke - (Nitrat (NO3-N))													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
		17/11/2015	23/11/2015	26/11/2015	30/11/2015	7/12/2015	15/12/2015	18/12/2015	22/12/2015	31/12/2015	4/1/2016	6/1/2016	12/1/2016	15/1/2016	19/1/2016
1	TUKAD BADUNG AWAL	0,59	1,63	1,17	2,76	1,87	3,03	2,05	2,78	3,12	1,89	2,12	2,71	3,45	2,32
	Kelas Baku Mutu	Kelas I / II	Kelas I / II	Kelas I / II	Kelas I / II	Kelas I / II	Kelas I / II	Kelas I / II	Kelas I / II	Kelas I / II	Kelas I / II	Kelas I / II	Kelas I / II	Kelas I / II	Kelas I / II
2	Model Wetland 1														
	Rerata	0,13	4,00	2,53	1,64	2,37	2,33	1,37	2,53	1,76	1,39	1,51	1,64	2,30	1,44
	Kelas Baku Mutu	Kelas I / II	Kelas I / II	Kelas I / II	Kelas I / II	Kelas I / II	Kelas I / II	Kelas I / II	Kelas I / II	Kelas I / II	Kelas I / II	Kelas I / II	Kelas I / II	Kelas I / II	Kelas I / II
3	Model Wetland 2														
	Rerata	0,11	1,51	1,92	2,00	1,81	2,38	1,18	2,71	1,81	1,10	1,42	1,90	1,80	1,33
	Kelas Baku Mutu	Kelas I / II	Kelas I / II	Kelas I / II	Kelas I / II	Kelas I / II	Kelas I / II	Kelas I / II	Kelas I / II	Kelas I / II	Kelas I / II	Kelas I / II	Kelas I / II	Kelas I / II	Kelas I / II
4	Model Wetland 3														
	Rerata	0,18	2,12	1,07	2,45	1,54	2,42	1,43	1,92	2,37	0,94	0,67	2,06	2,49	1,01
	Kelas Baku Mutu	Kelas I / II	Kelas I / II	Kelas I / II	Kelas I / II	Kelas I / II	Kelas I / II	Kelas I / II	Kelas I / II	Kelas I / II	Kelas I / II	Kelas I / II	Kelas I / II	Kelas I / II	Kelas I / II
5	Model Wetland 4														
	Rerata	0,18	2,63	1,73	1,91	2,08	2,55	1,84	2,55	1,74	0,89	1,12	1,92	2,69	1,43
	Kelas Baku Mutu	Kelas I / II	Kelas I / II	Kelas I / II	Kelas I / II	Kelas I / II	Kelas I / II	Kelas I / II	Kelas I / II	Kelas I / II	Kelas I / II	Kelas I / II	Kelas I / II	Kelas I / II	Kelas I / II

Sumber: Hasil Pengukuran 2016

**Tabel 5.28 BOD Pada Model Wetland 1**

No.	Lahan	Percobaan Ke - (untuk BOD)													
		1 17/11/2015	2 23/11/2015	3 26/11/2015	4 30/11/2015	5 7/12/2015	6 15/12/2015	7 18/12/2015	8 22/12/2015	9 31/12/2015	10 4/1/2016	11 6/1/2016	12 12/1/2016	13 15/1/2016	14 19/1/2016
	Model Wetland 1														
	Subsurface tanpa vegetasi	18	12	7	12	24	15	10	10	24	23	12,4	14	23	23
	Surface vegetasi Teratai	18	16	6	20	14	12	10	12	18	14	12	15	18	13
1	Surface vegetasi Dlingo	26	24	6	20	20	8	10	20	16	7	12	24	12	16
	Rerata	20,67	17,33	6,33	17,33	19,33	11,67	10,00	14,00	19,33	14,67	12,13	17,67	17,67	17,33
	TUKAD BADUNG AWAL	40,00	30,00	36,00	27,00	22,00	22,00	10,00	15,00	24,00	22,00	10,00	25,00	23,00	26,00
	Jumlah Reduksi Pencemaran	19,33	12,67	29,67	9,67	2,67	10,33	0,00	1,00	4,67	7,33	2,13	7,33	5,33	8,67

Sumber: Hasil Pengukuran 2016

Dari hasil pengujian BOD pada Model *Wetland 1* yang dilakukan sebanyak 14 kali percobaan, dilakukan perbandingan antara hasil nilai BOD pada Tukad Badung awal dengan Model *Wetland 1* didapatkan jumlah reduksi pencemaran. Jumlah reduksi pencemaran mengalami fluktuasi seperti hasil di atas, jumlah reduksi pencemaran terbesar terjadi pada percobaan 3 sebesar 29,67 mg/l dan terkecil pada percobaan 7 sebesar 0 mg/l. Fluktuasi ini dipengaruhi oleh pengambilan air sungai dengan debit air rata-rata 0,084 lt/dt. Grafik model *Wetland 1* menunjukkan bahwa pada percobaan 3 kelas baku mutu air meningkat menjadi kelas III dengan nilai 6,33 mg/l.

**Tabel 5.29 BOD Pada Model Wetland 2**

No.	Lahan	Percobaan Ke - (untuk BOD)													
		1 17/11/2015	2 23/11/2015	3 26/11/2015	4 30/11/2015	5 7/12/2015	6 15/12/2015	7 18/12/2015	8 22/12/2015	9 31/12/2015	10 4/1/2016	11 6/1/2016	12 12/1/2016	13 15/1/2016	14 19/1/2016
2	Model Wetland 2														
	Subsurface vegetasi Dlingo	50,0	48,0	6,0	20,0	24,0	16,0	14,0	20,0	34,0	38,0	6,0	14,0	15,0	36,0
	Surface vegetasi Teratai	10,0	12,0	7,0	12,0	19,0	18,0	16,0	12,0	16,0	19,0	28,0	15,0	14,0	16,0
	Rerata	30,0	30,0	6,5	16,0	21,5	17,0	15,0	16,0	25,0	28,5	17,0	14,5	14,5	26,0
	TUKAD BADUNG AWAL	40,0	30,0	36,0	27,0	22,0	22,0	10,0	15,0	24,0	22,0	10,0	25,0	23,0	26,0
	Jumlah Reduksi Pencemaran	10,0	0,0	29,5	11,0	0,5	5,0	5,0	1,0	1,0	6,5	7,0	10,5	8,5	0,0

Sumber: Hasil Pengukuran 2016

Model Wetland 2 merupakan Model Wetland yang menerapkan kombinasi sistem aliran *subsurface* dan *surface* dengan vegetasi yang berbeda. Hasil pengujian BOD pada Model Wetland 2 yang dilakukan sebanyak 14 kali percobaan, dilakukan perbandingan antara hasil nilai BOD pada Tukad Badung awal dengan Model Wetland 2 didapatkan jumlah reduksi pencemaran. Jumlah reduksi pencemaran mengalami fluktuasi seperti hasil di atas, jumlah reduksi pencemaran terbesar terjadi pada percobaan 3 sebesar 29,5 mg/l dan terkecil pada percobaan 2 sebesar 0 mg/l. Grafik model Wetland 2 menunjukkan bahwa pada percobaan 3 kelas baku mutu air meningkat menjadi kelas III dengan nilai 6,50 mg/l.

**Tabel 5.30 BOD Pada Model Wetland 3**

No.	Lahan	Percobaan Ke - (untuk BOD)													
		1 17/11/2015	2 23/11/2015	3 26/11/2015	4 30/11/2015	5 7/12/2015	6 15/12/2015	7 18/12/2015	8 22/12/2015	9 31/12/2015	10 4/1/2016	11 6/1/2016	12 12/1/2016	13 15/1/2016	14 19/1/2016
	Model Wetland 3														
	Subsurface tanpa vegetasi	20	18,1	12	12	14	15	12	12	42,2	32	10	15	12	20
	Surface vegetasi Teratai	12	14	6	18	8	8	14	12	12	15	15	22	12	23
	Rerata	16,0	16,1	9,0	15,0	11,0	11,5	13,0	12,0	27,1	23,5	12,5	18,5	12,0	21,5
	TUKAD BADUNG AWAL	40,0	30,0	36,0	27,0	22,0	22,0	10,0	15,0	24,0	22,0	10,0	25,0	23,0	26,0
	Jumlah Reduksi Pencemaran	24,0	14,0	27,0	12,0	11,0	10,5	3,0	3,0	3,1	1,5	2,5	6,5	11,0	4,5

Sumber: Hasil Pengukuran 2016

Hasil pengujian BOD pada Model *Wetland 3* yang dilakukan sebanyak 14 kali percobaan, dilakukan perbandingan antara hasil nilai BOD pada Tukad Badung awal dengan Model *Wetland 3* didapatkan jumlah reduksi pencemaran. Jumlah reduksi pencemaran mengalami fluktuasi seperti hasil diatas, jumlah reduksi pencemaran terbesar terjadi pada percobaan 3 sebesar 27 mg/l dan terkecil pada percobaan 10 sebesar 1,5 mg/l. Grafik model *Wetland 3* menunjukkan bahwa pada percobaan 3 kelas baku mutu air meningkat menjadi kelas III dengan nilai 9,0 mg/l.

**Tabel 5.31 BOD Pada Model Wetland 4**

No.	Lahan	Percobaan Ke - (untuk BOD)													
		1 17/11/2015	2 23/11/2015	3 26/11/2015	4 30/11/2015	5 7/12/2015	6 15/12/2015	7 18/12/2015	8 22/12/2015	9 31/12/2015	10 4/1/2016	11 6/1/2016	12 12/1/2016	13 15/1/2016	14 19/1/2016
	Model Wetland 4														
	Surface vegetasi Dlingo	10	12	8	8	14	15	12	8,6	12	11	10	10	18	28
	Surface vegetasi Teratai	20	18	8	8	12	10	12	10	12	13	16	10	14	16
	Rerata	15,0	15,0	8,0	8,0	13,0	12,5	12,0	9,3	12,0	12,0	13,0	10,0	16,0	22,0
	TUKAD BADUNG AWAL	40,0	30,0	36,0	27,0	22,0	22,0	10,0	15,0	24,0	22,0	10,0	25,0	23,0	26,0
	Jumlah Reduksi Pencemaran	25,0	15,0	28,0	19,0	9,0	9,5	2,0	5,7	12,0	10,0	3,0	15,0	7,0	4,0

Sumber: Hasil Pengukuran 2016

Models Wetland 4 merupakan satu-satunya Model Wetland yang hanya menggunakan sistem aliran permukaan (surface) dengan vegetasi. Hasil pengujian BOD pada Model Wetland 4 yang dilakukan sebanyak 14 kali percobaan, dilakukan perbandingan antara hasil nilai BOD pada Tukad Badung awal dengan Model Wetland 3 didapatkan jumlah reduksi pencemaran. Jumlah reduksi pencemaran mengalami fluktuasi seperti hasil di atas, jumlah reduksi pencemaran terbesar terjadi pada percobaan 1 sebesar 25 mg/l dan terkecil pada percobaan 12 sebesar 2 mg/l. Grafik model Wetland 4 menunjukkan bahwa pada percobaan 3 kelas baku mutu air meningkat menjadi kelas III dengan nilai 8,0 mg/l.

**Tabel 5.33 Tabel Rekap Hasil Kelas Baku Mutu BOD**

No.	Lahan	Percobaan Ke - (untuk BOD)													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
17/11/2015	23/11/2015	26/11/2015	30/11/2015	7/12/2015	15/12/2015	18/12/2015	22/12/2015	31/12/2015	4/1/2016	6/1/2016	12/1/2016	15/1/2016	19/1/2016		
1	TUKAD BADUNG AWAL	40,0	30,0	36,0	27,0	22,0	22,0	10,0	15,0	24,0	22,0	10,0	25,0	23,0	26,0
Kelas Baku Mutu	Kelas IV	Kelas IV	Kelas IV	Kelas IV	Kelas IV	Kelas IV	Kelas III	Kelas IV	Kelas IV	Kelas IV	Kelas III	Kelas IV	Kelas IV	Kelas IV	Kelas IV
Model Wetland 1															
2 Rerata	1,33	0,78	0,73	0,68	0,69	0,66	0,70	0,98	0,45	0,76	0,70	0,80	0,79	0,83	
Kelas Baku Mutu	Kelas IV	Kelas IV	Kelas III	Kelas IV	Kelas IV	Kelas III	Kelas III	Kelas IV	Kelas IV	Kelas IV	Kelas IV	Kelas IV	Kelas IV	Kelas IV	Kelas IV
Model Wetland 2															
3 Rerata	1,15	0,65	0,78	0,93	0,76	0,37	0,70	0,92	0,43	0,65	0,96	0,78	0,96	0,84	
Kelas Baku Mutu	Kelas IV	Kelas IV	Kelas III	Kelas IV	Kelas IV	Kelas IV	Kelas IV	Kelas IV	Kelas IV	Kelas IV	Kelas IV	Kelas IV	Kelas IV	Kelas IV	Kelas IV
Model Wetland 3															
4 Rerata	1,2	0,8	0,8	0,8	0,6	0,5	0,7	1,2	0,6	0,7	1,0	1,0	1,0	0,9	0,8
Kelas Baku Mutu	Kelas IV	Kelas IV	Kelas III	Kelas IV	Kelas III	Kelas III	Kelas IV	Kelas IV	Kelas IV	Kelas IV	Kelas IV	Kelas IV	Kelas IV	Kelas IV	Kelas IV
Model Wetland 4															
5 Rerata	1,4	0,8	0,7	0,7	0,9	0,6	0,7	1,2	0,6	0,9	0,4	1,1	0,9	0,8	
Kelas Baku Mutu	Kelas IV	Kelas IV	Kelas III	Kelas III	Kelas IV	Kelas IV	Kelas IV	Kelas III	Kelas IV	Kelas IV	Kelas IV	Kelas III	Kelas IV	Kelas IV	Kelas IV

Sumber: Hasil Pengukuran 2016

**Tabel 5.34 COD Pada Model Wetland 1**

No.	Lahan	Percobaan Ke - (untuk COD)													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
		17/11/2015	23/11/2015	26/11/2015	30/11/2015	7/12/2015	15/12/2015	18/12/2015	22/12/2015	31/12/2015	4/1/2016	6/1/2016	12/1/2016	15/1/2016	19/1/2016
	Model Wetland 1														
	Subsurface tanpa vegetasi	39,68	39,68	140	70	59,52	50	49,8	49,2	49,6	49,6	48	49,8	48,4	
	Surface vegetasi Teratai	49,6	59,52	50	40	29,76	40	39,84	39,36	39,68	29,76	29,76	38,4	39,84	38,72
1	Surface vegetasi Dlingo	59,52	69,44	50	40	39,76	20	39,84	39,36	39,68	29,76	39,68	38,4	39,84	38,72
	Rerata	49,60	56,21	80,00	50,00	43,01	36,67	43,16	42,64	42,99	36,37	39,68	41,60	43,16	41,95
	TUKAD BADUNG AWAL	69,94	79,36	150	90	69,6	50	59,76	49,2	59,52	59,52	59,52	57,6	59,76	58,08
	Jumlah Reduksi Pencemaran	20,34	23,15	70,00	40,00	26,59	13,33	16,60	6,56	16,53	23,15	19,84	16,00	16,60	16,13

Sumber: Hasil Pengukuran 2016

Dari hasil pengujian COD pada Model *Wetland 1* yang dilakukan sebanyak 14 kali percobaan, dilakukan perbandingan antara hasil nilai COD pada Tukad Badung awal dengan Model *Wetland 1* didapatkan jumlah reduksi pencemaran. Jumlah reduksi pencemaran mengalami fluktuasi seperti hasil di atas, jumlah reduksi pencemaran terbesar terjadi pada percobaan 3 sebesar 70 mg/l dan terkecil pada percobaan 8 sebesar 6,56 mg/l. Fluktuasi ini dipengaruhi oleh pengambilan air sungai dengan debit air rata-rata 0,084 lt/dt. Dari grafik model *Wetland 1* menunjukkan bahwa kadar COD berada pada kelas III.

**Tabel 5.35 COD Pada Model Wetland 2**

No.	Lahan	Percobaan Ke - (untuk COD)													
		1 17/11/2015	2 23/11/2015	3 26/11/2015	4 30/11/2015	5 7/12/2015	6 15/12/2015	7 18/12/2015	8 22/12/2015	9 31/12/2015	10 4/1/2016	11 6/1/2016	12 12/1/2016	13 15/1/2016	14 19/1/2016
2	Model Wetland 2														
	Subsurface vegetasi Dlingo	119,04	198,4	40	60,00	59,52	70,00	79,68	78,72	79,36	79,36	79,36	67,20	79,68	77,44
	Surface vegetasi Teratai	19,84	19,84	20	30,00	29,76	30,00	39,84	29,52	29,76	49,60	39,68	38,40	29,88	38,72
	Rerata	69,44	109,12	30,00	45,00	44,64	50,00	59,76	54,12	54,56	64,48	59,52	52,80	54,78	58,08
	TUKAD BADUNG AWAL	69,94	79,36	150	90	69,6	50	59,76	49,2	59,52	59,52	59,52	57,6	59,76	58,08
	Jumlah Reduksi Pencemaran	0,50	29,76	120,00	45,00	24,96	0,00	0,00	4,92	4,96	4,96	0,00	4,80	4,98	0,00

Sumber: Hasil Pengukuran 2016

Model Wetland 2 merupakan Model Wetland yang menerapkan kombinasi sistem aliran *subsurface* dan *surface* dengan vegetasi berbeda. Hasil pengujian COD pada Model Wetland 2 yang dilakukan sebanyak 14 kali percobaan, dilakukan perbandingan antara hasil nilai COD pada Tukad Badung awal dengan Model Wetland 2 didapatkan jumlah reduksi pencemaran. Jumlah reduksi pencemaran mengalami fluktuasi seperti hasil di atas, jumlah reduksi pencemaran terbesar terjadi pada percobaan 2 sebesar 120 mg/l dan terkecil pada percobaan 6,7,11 dan 14 sebesar 0 mg/l. Dari grafik model Wetland 2 menunjukkan bahwa kadar COD berada pada kelas III.

**Tabel 5.36 COD Pada Model Wetland 3**

No.	Lahan	Percobaan Ke - (untuk COD)													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
		17/11/2015	23/11/2015	26/11/2015	30/11/2015	7/12/2015	15/12/2015	18/12/2015	22/12/2015	31/12/2015	4/1/2016	6/1/2016	12/1/2016	15/1/2016	19/1/2016
Model Wetland 3															
Subsurface tanpa vegetasi		168,64	109,12	50	70	79,36	80	89,64	88,56	89,28	89,28	89,28	76,8	79,68	58,08
Surface vegetasi Teratai		29,76	59,52	30	50	39,68	30	39,84	29,52	39,68	49,6	39,68	48	35,84	48,4
Rerata		99,20	84,32	40,00	60,00	59,52	55,00	64,74	59,04	64,48	69,44	64,48	62,40	57,76	53,24
TUKAD BADUNG AWAL		69,94	79,36	150	90	69,6	50	59,76	49,2	59,52	59,52	59,52	57,6	59,76	58,08
Jumlah Reduksi Pencemaran		29,26	4,96	110,00	30,00	10,08	5,00	4,98	9,84	4,96	9,92	4,96	4,80	2,00	4,84

Sumber: Hasil Pengukuran 2016

Hasil pengujian COD pada Model *Wetland 3* yang dilakukan sebanyak 14 kali percobaan, dilakukan perbandingan antara hasil nilai COD pada Tukad Badung awal dengan Model *Wetland 3* didapatkan jumlah reduksi pencemaran. Jumlah reduksi pencemaran mengalami fluktuasi seperti hasil di atas, jumlah reduksi pencemaran terbesar terjadi pada percobaan 3 sebesar 110 mg/l dan terkecil pada percobaan 13 sebesar 2 mg/l. Dari grafik model *Wetland 3* menunjukkan bahwa kadar COD berada pada kelas III.

**Tabel 5.37 COD Pada Model Wetland 4**

No.	Lahan	Percobaan Ke - (untuk COD)													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
		17/11/2015	23/11/2015	26/11/2015	30/11/2015	7/12/2015	15/12/2015	18/12/2015	22/12/2015	31/12/2015	4/1/2016	6/1/2016	12/1/2016	15/1/2016	19/1/2016
Model Wetland 4															
Surface vegetasi Dlingo		19,84	19,84	50	60	49,6	40	39,84	39,36	39,68	39,68	48	49,8	38,72	
Surface vegetasi Teratai		49,6	39,68	50	20	19,84	30	49,8	49,2	49,6	49,6	48	39,84	48,4	
Rerata		34,72	29,76	50,00	40,00	49,60	35,00	44,82	44,28	44,64	44,64	39,68	48,00	44,82	43,56
TUKAD BADUNG AWAL		69,94	79,36	150	90	69,6	50	59,76	49,2	59,52	59,52	59,52	57,6	59,76	58,08
Jumlah Reduksi Pencemaran		35,22	49,60	100,00	50,00	20,00	15,00	14,94	4,92	14,88	14,88	19,84	9,60	14,94	14,52

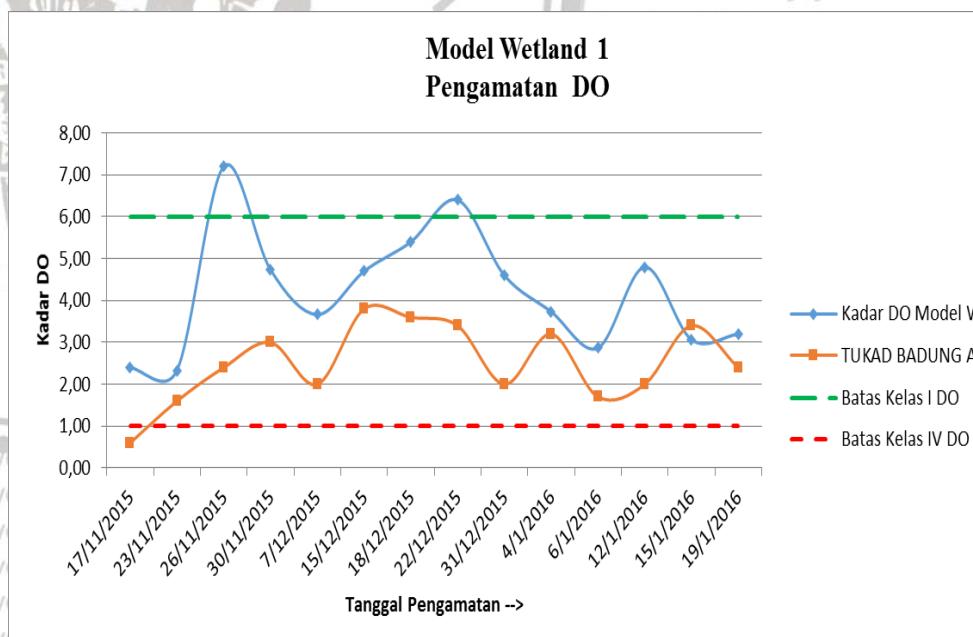
*Sumber: Hasil Pengukuran 2016*

Model Wetland 4 merupakan satu-satunya Model Wetland yang hanya menggunakan sistem aliran permukaan (*surface*) dengan vegetasi. Hasil pengujian COD pada Model Wetland 4 yang dilakukan sebanyak 14 kali percobaan, dilakukan perbandingan antara hasil nilai COD pada Tukad Badung awal dengan Model Wetland 3 didapatkan jumlah reduksi pencemaran. Jumlah reduksi pencemaran mengalami fluktuasi seperti hasil di atas, jumlah reduksi pencemaran terbesar terjadi pada percobaan 3 sebesar 100 mg/l dan terkecil pada percobaan 8 sebesar 4,92 mg/l. Dari grafik model Wetland 4 menunjukkan bahwa kadar COD berada pada kelas III.

**Tabel 5.39 Tabel Rekap Hasil Kelas Baku Mutu COD**

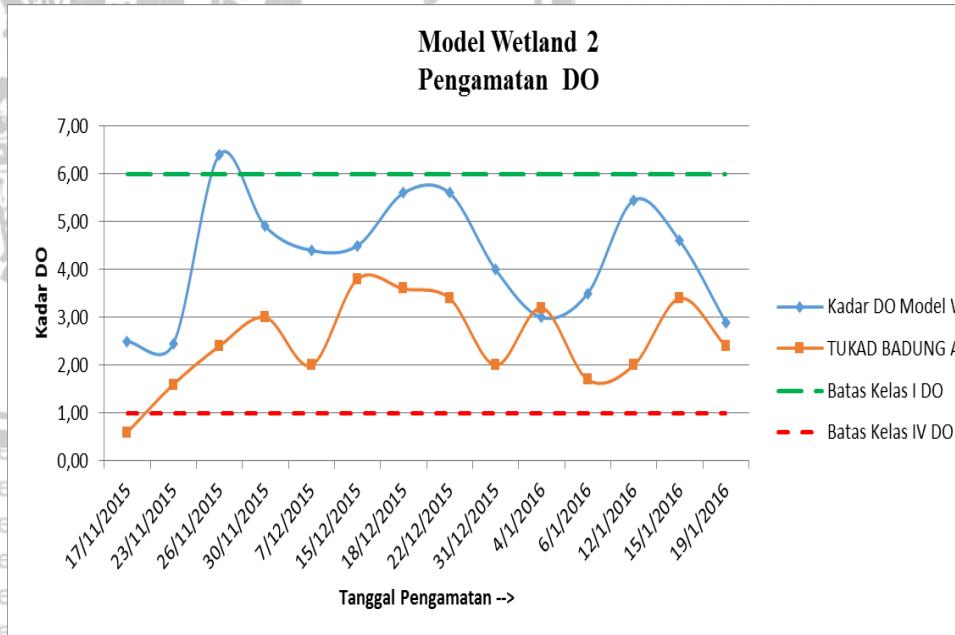
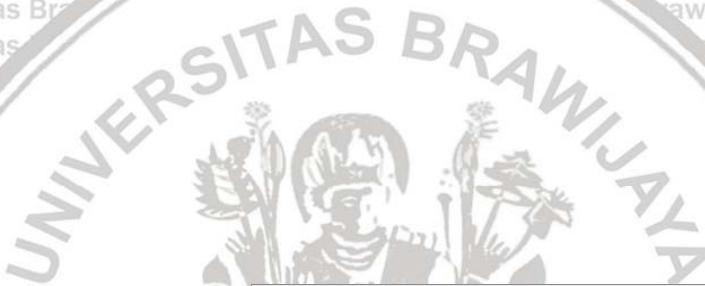
No.	Lahan	Percobaan Ke - (untuk COD)													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
		17/11/2015	23/11/2015	26/11/2015	30/11/2015	7/12/2015	15/12/2015	18/12/2015	22/12/2015	31/12/2015	4/1/2016	6/1/2016	12/1/2016	15/1/2016	19/1/2016
1	TUKAD BADUNG AWAL	69,94	79,36	150	90	69,6	50	59,76	49,2	59,52	59,52	59,52	57,6	59,76	58,08
	Kelas Baku Mutu	Kelas III	Kelas III	Kelas IV	Kelas III	Kelas III	Kelas III	Kelas III	Kelas III	Kelas III	Kelas III	Kelas III	Kelas III	Kelas III	Kelas III
2	Model Wetland 1														
		1,33	0,78	0,73	0,68	0,69	0,66	0,70	0,98	0,45	0,76	0,70	0,80	0,79	0,83
	Kelas Baku Mutu	Kelas III	Kelas III	Kelas III	Kelas III	Kelas III	Kelas III	Kelas III	Kelas III	Kelas III	Kelas III	Kelas III	Kelas III	Kelas III	Kelas III
3	Model Wetland 2														
		1,15	0,65	0,78	0,93	0,76	0,37	0,70	0,92	0,43	0,65	0,96	0,78	0,96	0,84
	Kelas Baku Mutu	Kelas III	Kelas III	Kelas III	Kelas III	Kelas III	Kelas III	Kelas III	Kelas III	Kelas III	Kelas III	Kelas III	Kelas III	Kelas III	Kelas III
4	Model Wetland 3														
		1,19	0,78	0,80	0,80	0,60	0,49	0,72	1,24	0,58	0,73	0,96	0,96	0,92	0,77
	Kelas Baku Mutu	Kelas III	Kelas III	Kelas III	Kelas III	Kelas III	Kelas III	Kelas III	Kelas III	Kelas III	Kelas III	Kelas III	Kelas III	Kelas III	Kelas III
5	Model Wetland 4														
		1,45	0,83	0,74	0,67	0,90	0,60	0,71	1,15	0,59	0,92	0,44	1,11	0,85	0,80
	Kelas Baku Mutu	Kelas III	Kelas III	Kelas III	Kelas III	Kelas III	Kelas III	Kelas III	Kelas III	Kelas III	Kelas III	Kelas III	Kelas III	Kelas III	Kelas III

Sumber: Hasil Pengukuran 2016

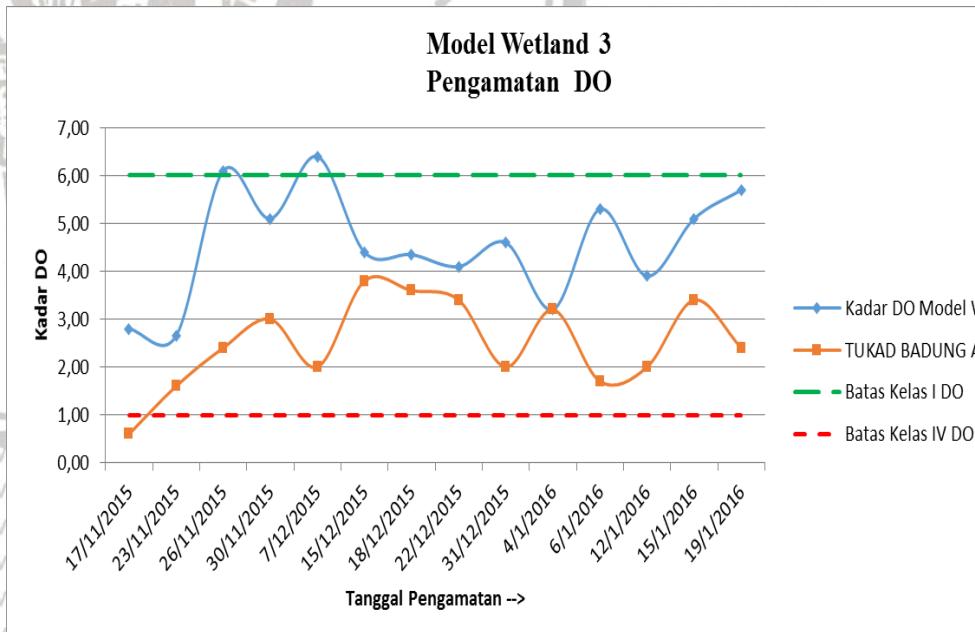


**Gambar 5.21 Perbandingan DO pada Model Wetland 1 dengan Tukad Badung**

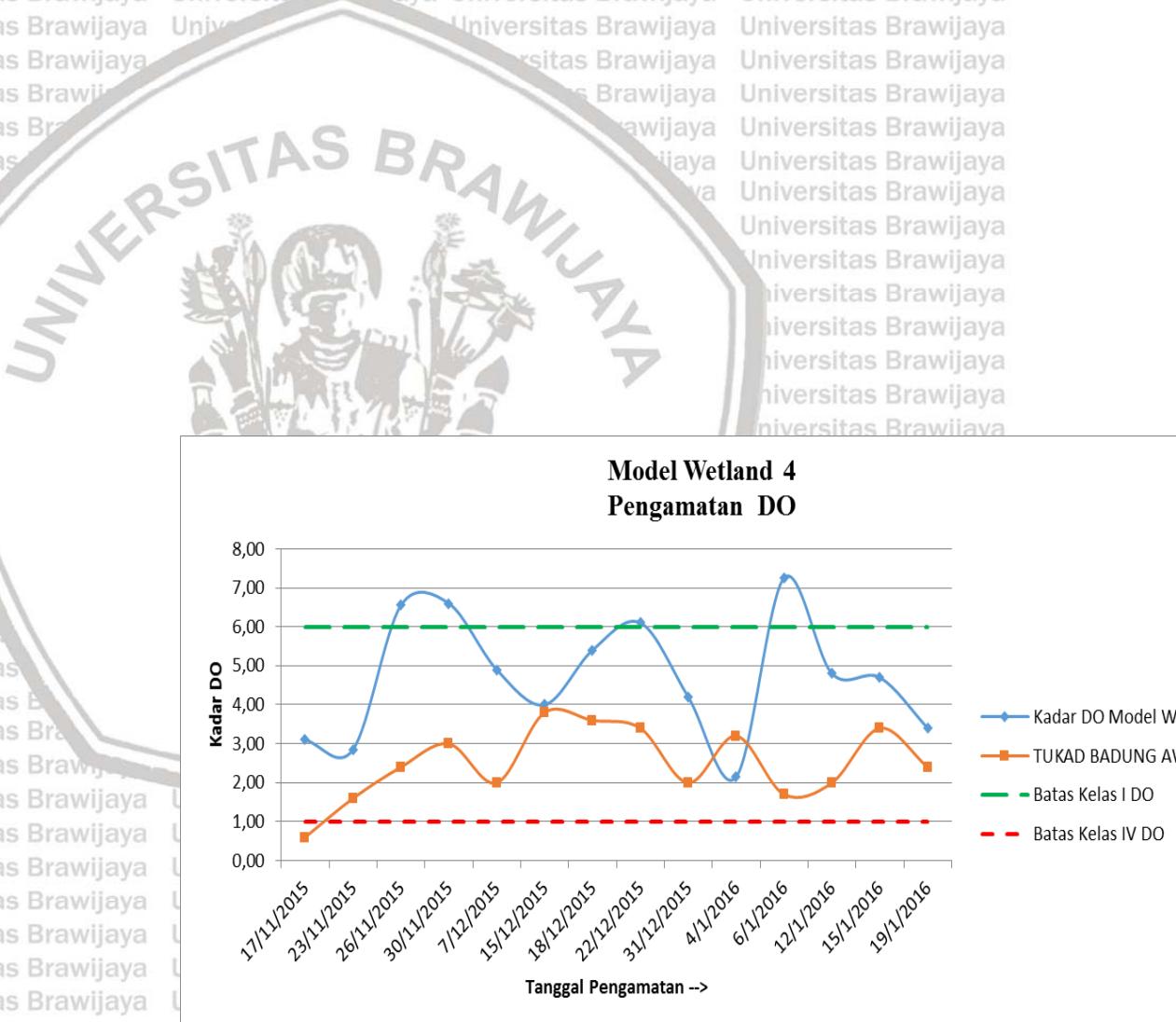
Sumber: Hasil Perhitungan 2016



**Gambar 5.22 Perbandingan DO pada Model Wetland 2 dengan Tukad Badung**  
*Sumber: Hasil Perhitungan 2016*



**Gambar 5.23 Perbandingan DO pada Model Wetland 3 dengan Tukad Badung**  
*Sumber: Hasil Perhitungan 2016*



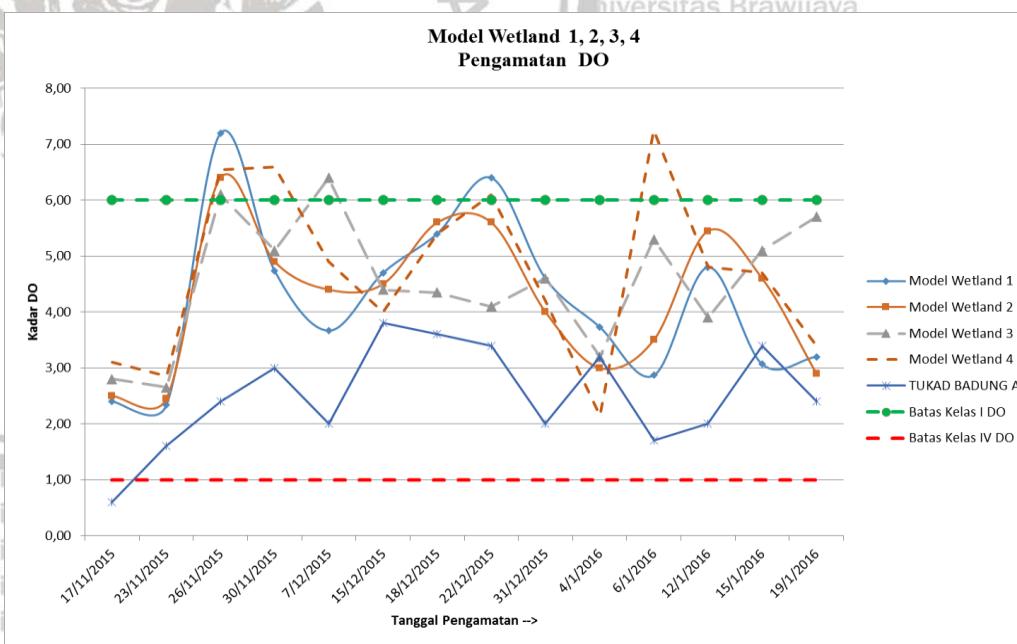
**Gambar 5.24 Perbandingan DO pada Model Wetland 4 dengan Tukad Badung**  
*Sumber: Hasil Perhitungan 2016*

**Tabel 5.44 Tabel Rekap DO**

No.	Lahan	Percobaan Ke - (untuk DO)														Jumlah	
		1 17/11/2015	2 23/11/2015	3 26/11/2015	4 30/11/2015	5 7/12/2015	6 15/12/2015	7 18/12/2015	8 22/12/2015	9 31/12/2015	10 4/1/2016	11 6/1/2016	12 12/1/2016	13 15/1/2016	14 19/1/2016		
1	Model Wetland 1															59,10	
		2	2,2	6,8	5,4	3,2	4,2	4,6	6,2	4,8	3,2	3,2	6,1	2,2	3		
		2,6	2,4	8,2	4,4	3,8	4,9	5,6	6,4	4,2	4,1	2,6	4,4	3,6	3,2		
		2,6	2,4	6,6	4,4	4	5	6	6,6	4,8	3,9	2,8	3,9	3,4	3,4		
	Rerata	2,40	2,33	7,20	4,73	3,67	4,70	5,40	6,40	4,60	3,73	2,87	4,80	3,07	3,20		
2	Model Wetland 2															59,80	
		Subsurface vegetasi Dlingo	1,2	1,5	6,2	4,80	4,00	5,60	5,60	5,60	3,40	2,10	4,60	6,10	4,80	2,40	
		Surface vegetasi Teratai	3,8	3,4	6,6	5,00	4,80	3,40	5,60	5,60	4,60	3,90	2,40	4,80	4,40	3,40	
		Rerata	2,50	2,45	6,40	4,90	4,40	4,50	5,60	5,60	4,00	3,00	3,50	5,45	4,60	2,90	
	Rerata	Model Wetland 3	2,2	2	5	5,6	5,8	3,6	4,6	6	4,2	2,3	7,6	4,4	5,4	6,4	
3	Model Wetland 3	Subsurface vegetasi	3,4	3,3	7,2	4,6	7	5,2	4,1	2,2	5	4,1	3	3,4	4,8	5	63,70
		Surface vegetasi Teratai	2,80	2,65	6,10	5,10	6,40	4,40	4,35	4,10	4,60	3,20	5,30	3,90	5,10	5,70	
		Rerata	2,6	2,3	6,3	7	3	3,8	4,8	6	4	2	7,6	4,8	4,4	2,8	
		Surface vegetasi Dlingo	3,6	3,4	6,8	6,2	6,8	4,2	6	6,2	4,4	2,3	6,9	4,8	5	4	
	Rerata	Model Wetland 4	3,10	2,85	6,55	6,60	4,90	4,00	5,40	6,10	4,20	2,15	7,25	4,80	4,70	3,40	66,00
5	TUKAD BADUNG AWAL	0,6	1,6	2,4	3	2	3,8	3,6	3,4	2	3,2	1,7	2	3,4	2,4	35,10	

Sumber: Hasil Pengukuran 2016

Jumlah pengujian DO pada Tukad Badung awal yang dilakukan sebanyak 14 kali percobaan adalah 35,1 mg/l. Model *Wetland 4* memiliki total rerata DO terbesar dibandingkan Model *Wetland* lainnya yaitu 66 mg/l. Hal ini menunjukkan bahwa satu sistem aliran surface lebih bagus dibandingkan menggunakan dua sistem aliran, terlihat pada hasil Model *Wetland 4* dan Model *Wetland 1*. Sistem aliran *surface* yang bagus adalah menggunakan kombinasi satu jenis vegetasi yang dibuktikan oleh Model *Wetland 4* dibandingkan Model *Wetland 1*. Pada tabel di atas Model *Wetland 4* menambah oksigen terlarut parameter DO sebesar 30,9 mg/l dari kondisi Tukad Badung awal.



**Gambar 5.25 Perbandingan DO pada Semua Model Wetland dengan Tukad Badung**

Sumber: Hasil Perhitungan 2016

**Tabel 5.46 Kekeruhan Pada Model Wetland 1**

No.	Lahan	Percobaan Ke - (untuk Kekeruhan)								
		6 15/12/2015	7 18/12/2015	8 22/12/2015	9 31/12/2015	10 4/1/2016	11 6/1/2016	12 12/1/2016	13 15/1/2016	14 19/1/2016
1	Model 1 :									
	Subsurface tanpa vegetasi	397,30	109,13	38,03	26,95	14,56	9,18	24397,00	6047,00	20347,00
	Surface vegetasi Teratai	101,98	48,04	54,57	43,21	14,21	11,05	3609,00	33731,00	23897,00
	Surface vegetasi Dlingo	397,83	124,09	39,27	45,93	14,23	11,94	83088,00	19501,00	25738,00
	Rerata	299,04	93,75	43,96	38,70	14,33	10,73	37031,33	19759,67	23327,33
	TUKAD BADUNG AWAL	584,55	26,36	62,13	36,56	11,53	11,57	30,02	28,43	36,95
	Jumlah Reduksi Pencemaran	285,51	67,39	18,18	2,13	2,80	0,85	37001,31	19731,24	23290,39

*Sumber: Hasil Pengukuran 2016*

Dari hasil pengujian kekeruhan pada Model *Wetland 1* yang dilakukan sebanyak 9 kali percobaan, dilakukan perbandingan antara hasil nilai kekeruhan pada Tukad Badung awal dengan Model *Wetland 1* didapatkan jumlah reduksi pencemaran. Jumlah reduksi pencemaran mengalami fluktuasi seperti hasil di atas, jumlah reduksi pencemaran terbesar terjadi pada percobaan 6 sebesar 285,51 mg/l dan terkecil pada percobaan 9 sebesar 2,13 mg/l. Pada percobaan 12, 13, dan 14 menunjukkan hasil yang besar, hal ini terjadi kemungkinan karena kesalahan pengambilan sampel uji.

**Tabel 5.48 Kekeruhan Pada Model Wetland 3**

No.	Lahan	Percobaan Ke - (untuk Kekeruhan)								
		6 15/12/2015	7 18/12/2015	8 22/12/2015	9 31/12/2015	10 4/1/2016	11 6/1/2016	12 12/1/2016	13 15/1/2016	14 19/1/2016
2	Model 2 :									
	Subsurface vegetasi Dlingo	58,11	26,30	41,96	57,40	17,55	12,59	17,92	17,31	20,28
	Surface vegetasi Teratai	11,61	420,46	55,58	35,59	35,56	15,24	21,20	12,44	32,76
	Rerata	58,11	223,38	48,77	46,50	26,56	13,92	19,56	14,88	26,52
	TUKAD BADUNG AWAL	584,55	26,36	62,13	36,56	11,53	11,57	30,02	28,43	36,95
	Jumlah Reduksi Pencemaran	526,44	197,02	13,36	9,93	15,03	2,34	10,46	13,55	10,42

*Sumber: Hasil Pengukuran 2016*

Hasil pengujian kekeruhan pada Model *Wetland 3* yang dilakukan sebanyak 9 kali percobaan, dilakukan perbandingan antara hasil nilai kekeruhan pada Tukad Badung awal dengan Model *Wetland 3* didapatkan jumlah reduksi pencemaran. Jumlah reduksi pencemaran mengalami fluktuasi seperti hasil di atas, jumlah reduksi pencemaran terbesar terjadi pada percobaan 6 sebesar 542,56 mg/l dan terkecil pada percobaan 11 sebesar 2,76 mg/l.

**Tabel 5.50 Tabel Rekap Kekeruhan**

No.	Lahan	Percobaan Ke - (untuk Kekeruhan)									Jumlah
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	
		15/12/2015	18/12/2015	22/12/2015	31/12/2015	4/1/2016	6/1/2016	12/1/2016	15/1/2016	19/1/2016	
1	Model Wetland 1										
		Subsurface tanpa vegetasi	397,30	109,13	38,03	26,95	14,56	9,18	24397,00	6047,00	20347,00
		Surface vegetasi Teratai	101,98	48,04	54,57	43,21	14,21	11,05	3609,00	33731,00	23897,00
		Surface vegetasi Dlingo	397,83	124,09	39,27	45,93	14,23	11,94	83088,00	19501,00	25738,00
		Rerata	299,04	93,75	43,96	38,70	14,33	10,73	37031,33	19759,67	23327,33
2	Model Wetland 2										
		Subsurface vegetasi Dlingo	58,11	26,30	41,96	57,40	17,55	12,59	17,92	17,31	20,28
		Surface vegetasi Teratai	11,61	420,46	55,58	35,59	35,56	15,24	21,20	12,44	32,76
		Rerata	58,11	223,38	48,77	46,50	26,56	13,92	19,56	14,88	26,52
3	Model Wetland 3										
		Subsurface tanpa vegetasi	39,00	66,99	47,22	82,96	23,39	8,77	8,72	15,64	15,67
		Surface vegetasi Teratai	44,99	22,94	47,72	37,81	23,45	8,86	10,67	23,92	13,14
		Rerata	41,99	44,97	47,47	60,39	23,42	8,81	9,70	19,78	14,41
4	Model Wetland 4										
		Surface vegetasi Dlingo	19,55	69,02	72,65	55,23	19,36	11,06	22,52	14,85	27,09
		Surface vegetasi Teratai	253,98	25,21	66,42	96,65	16,30	7,05	33,60	32,95	24,69
		Rerata	136,77	47,12	69,53	75,94	17,83	9,06	28,06	23,90	25,89
5	TUKAD BADUNG AWAL		584,55	26,36	62,13	36,56	11,53	11,57	30,02	28,43	36,95
											828,10

Sumber: Hasil Pengukuran 2016

Jumlah pengujian kekeruhan pada Tukad Badung awal yang dilakukan sebanyak 9 kali percobaan adalah 828,1 mg/l. Jumlah pengujian kekeruhan pada masing-masing Model *Wetland* menunjukkan nilai yang berbeda, Model *Wetland* 2 memiliki total rerata kekeruhan terbesar dibandingkan Model *Wetland* lainnya yaitu 478,19 mg/l sedangkan pada Model *Wetland* 1 percobaan 12, 13, dan 14 menunjukkan hasil yang besar, hal ini terjadi kemungkinan karena kesalahan pengambilan sampel uji. Model *Wetland* 3 memiliki total rerata kekeruhan terkecil dibandingkan Model *Wetland* lainnya yaitu 270,92 mg/l. Pada tabel di atas Model *Wetland* 3 mengurangi parameter kekeruhan sebesar 557,18 mg/l dari kondisi Tukad Badung awal.

## **BAB V**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **5.1. Pemasangan Model Wetland Test Kombinasi**

Model *Wetland* lahan basah yang dibuat adalah lahan basah tipe kombinasi.

Pemasangan Model *Wetland* test dilakukan pada tanggal 16 November 2015 dengan 4 (empat) Model *Wetland* sebagai berikut:

1. Model *Wetland* 1 : Lahan basah buatan aliran bawah permukaan tanpa vegetasi dan lahan basah buatan aliran permukaan dengan vegetasi Teratai dan Dlingo.
2. Model *Wetland* 2 : Lahan basah buatan aliran bawah permukaan dengan vegetasi tanaman Dlingo dan lahan basah buatan aliran permukaan dengan vegetasi Teratai.
3. Model *Wetland* 3 : Lahan basah buatan aliran bawah permukaan tanpa vegetasi dan lahan basah buatan aliran permukaan dengan vegetasi Teratai.
4. Model *Wetland* 4 : Lahan basah buatan aliran permukaan dengan vegetasi Dlingo dan lahan basah buatan aliran permukaan dengan vegetasi Teratai.

#### **5.2. Hasil Pengukuran**

##### **5.2.1. Pengukuran Debit**

Pemantauan kualitas air perlu disertai dengan pengukuran dan pencatatan debit air *outflow* Model *Wetland* agar analisis hubungan parameter pencemaran air dan debit air keluaran dapat dikaji untuk keperluan pengendalian pencemarannya. Pengukuran debit *outflow* ini dilakukan pada 4 (empat) Model *Wetland* lahan basah untuk diketahui performa Model *Wetland* lahan basah buatan. Pengukuran debit *outflow* *Wetland* pada setiap Model *Wetland* dilakukan dengan prosedur sebagai berikut:

1. Air sungai dipompa dan disalurkan menuju *Wetland* menggunakan pipa.
2. Debit hasil pemompaan air sungai dialirkan menuju fisik Model *Wetland* sebagai debit *inflow* *Wetland*.
3. Air yang keluar dari *outlet* *Wetland* akan ditampung menggunakan tabung ukur dengan volume tabung 1,0 liter.
4. Dilakukan pengukuran waktu menggunakan *stopwatch* mulai air masuk ke dalam tabung hingga tabung terisi penuh (1 liter).

5. Dilakukan perhitungan debit *outflow* dengan cara membandingkan volume tabung (1 liter) dengan lamanya waktu ketika tabung sudah terisi penuh air *outflow* dari *Wetland*.

Hasil pengukuran debit disajikan pada Tabel 5.1.

**Tabel 5.1. Hasil Pengukuran Debit**

<b>No</b>	<b>Lahan</b>	<b>Hasil Pengukuran</b>		
		<b>Waktu Outflow</b> <b>(detik)</b>	<b>Volume</b> <b>(liter)</b>	<b>Debit</b> <b>(liter/detik)</b>
1	Model <i>Wetland</i> 1			
	- <i>Subsurface</i> tanpa vegetasi	15.34	1.00	0.065
	- <i>Surface</i> dengan vegetasi Teratai	22.28	1.00	0.045
2	- <i>Surface</i> dengan vegetasi Dlingo	11.85	1.00	0.084
	Model <i>Wetland</i> 2			
	- <i>Subsurface</i> dengan vegetasi Dlingo	56.16	1.00	0.018
3	- <i>Surface</i> dengan vegetasi Teratai	22.43	1.00	0.045
	Model <i>Wetland</i> 3			
	- <i>Subsurface</i> tanpa vegetasi	7.10	1.00	0.141
4	- <i>Surface</i> dengan vegetasi Teratai	7.35	1.00	0.136
	Model <i>Wetland</i> 4			
	- <i>Surface</i> dengan vegetasi Dlingo	8.61	1.00	0.116
	- <i>Surface</i> dengan vegetasi Teratai	9.17	1.00	0.109
	Debit Rata-Rata			0.084

Sumber: Hasil Pengukuran 2015

Dari hasil pengukuran Tabel 5.1 didapatkan besarnya debit rata-rata hasil pengukuran sebesar 0,084 liter/detik. Dari 4 (empat) model *Wetland* lahan basah seperti disajikan di atas, daya retensi debit aliran yang masuk sistem *Wetland* terbesar adalah model *Wetland* 2 dengan waktu 56,16 detik. Makin besar daya retensi maka semakin baik untuk proses pengendapan kekeruhan.

### 5.2.2. Pengukuran Parameter Kimia dan Kekeruhan

Pengukuran parameter kimia pada Model *Wetland* lahan basah buatan perlu dilakukan sebagai dasar untuk melakukan pengamatan kualitas influen dan efluen. Pengukuran

dilakukan selama 14 (empat belas) kali percobaan pengamatan, yang dimulai dari tanggal 17 November 2015 sampai dengan 19 Januari 2016. Parameter yang diamati berupa kandungan flourida (ion F), nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ), nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ), kebutuhan oksigen biokimia (*Biochemical Oxygen Demand*, BOD), persediaan oksigen kimia (*Chemical Oxygen Demand*, COD), serta kandungan oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen*, DO). Sedangkan untuk pengukuran tingkat kekeruhan dilakukan pada percobaan keenam sampai percobaan keempat belas. Pengukuran dilakukan dengan retensi waktu selama 24 (dua puluh empat) jam.

Pengukuran parameter kimia dan kekeruhan sampel air sungai dan *outflow Model Wetland* fisik *Wetland* dilakukan dalam waktu yang berbeda dengan prosedur sebagai berikut:

1. Pengambilan sampel air di dekat pipa penyalur air Sungai ke Model *Wetland-Wetland*.
2. Sampel air dibawa ke laboratorium kualitas air untuk diuji.
3. Dilakukan pemompaan air sungai menuju *Wetland*.
4. Setalah 24 jam waktu retensi (sejak *inflow* air sungai masuk *Wetland*), dilakukan pengambilan sampel air *outflow Wetland* untuk dilakukan pengujian di laboratorium kualitas air.

Detail hasil pengukuran untuk setiap percobaan pada empat Model *Wetland* lahan basah buatan disajikan pada **Tabel 5.2 – Tabel 5.15** sebagai berikut.

**Tabel 5.2. Pengukuran I Dilakukan Pada Tanggal 17 November 2015**

No.	Lahan	Flourida (Ion F)	Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ )	BOD	COD	DO
1	Model <i>Wetland</i> 1 :					
	- <i>subsurface</i> tanpa vegetasi	1,292	0,138	18,00	39,68	2,00
	- <i>surface</i> vegetasi Teratai	1,462	0,133	18,00	49,60	2,60
	- <i>surface</i> vegetasi Dlingo	1,227	0,129	26,00	59,52	2,60
2	Model <i>Wetland</i> 2 :					
	- <i>subsurface</i> vegetasi Dlingo	1,090	<b>0,136</b>	50,00	119,04	1,2
	- <i>surface</i> vegetasi Teratai	1,207	<b>0,092</b>	10,00	19,84	3,80
3	Model <i>Wetland</i> 3 :					
	- <i>subsurface</i> tanpa vegetasi	1,228	0,179	20,00	168,64	2,20
	- <i>surface</i> vegetasi dan Teratai	1,150	0,175	12,00	29,76	3,40

No.	Lahan	Flourida (Ion F)	Nitrat (NO <sub>3</sub> .N)	BOD	COD	DO
4	Model Wetland 4 : - surface vegetasi Dlingo - surface vegetasi Teratai	1,489 1,408	0,183 0,171	10,00 20,00	19,84 49,60	2,60 3,60
5	- TUKAD BADUNG AWAL	1,482	0,185	40,00	69,94	0,60

Sumber: Hasil Pengukuran 2015

Tabel 5.3. Pengukuran II Dilakukan Pada Tanggal 23 November 2015

No.	Lahan	Flourida (Ion F)	Nitrat (NO <sub>3</sub> .N)	BOD	COD	DO
1	Model Wetland 1 : - subsurface tanpa vegetasi - surface vegetasi Teratai - surface vegetasi Dlingo	0,727 0,660 0,949	1,212 8,878 1,923	12,00 16,00 24,00	39,68 59,52 69,44	2,20 2,40 2,40
2	Model Wetland 2 : - subsurface vegetasi Dlingo - surface vegetasi Teratai	0,666 0,632	1,319 1,700	48,00 12,00	198,40 19,84	1,50 3,40
3	Model Wetland 3 : - subsurface tanpa vegetasi - surface vegetasi Teratai	1,008 0,553	1,558 2,686	18,10 14,00	109,12 59,52	2,00 3,30
4	Model Wetland 4 : - surface vegetasi Dlingo - surface vegetasi Teratai	0,743 0,911	2,279 2,981	12,00 18,00	19,84 39,68	2,30 3,40
5	- TUKAD BADUNG AWAL	0,877	1,226	30,00	79,36	1,60

Sumber: Hasil Pengukuran 2015

Tabel 5.4. Pengukuran III Dilakukan Pada Tanggal 26 November 2015

No.	Lahan	Flourida (Ion F)	Nitrat (NO <sub>3</sub> .N)	BOD	COD	DO
1	Model Wetland 1 : - subsurface tanpa vegetasi - surface vegetasi Teratai - surface vegetasi Dlingo	0,826 0,631 0,744	2,167 2,398 3,024	7,00 6,00 6,00	140,00 50,00 50,00	6,80 8,20 6,60
2	Model Wetland 2 : - subsurface vegetasi Dlingo - surface vegetasi Teratai	0,836 0,719	1,988 1,851	6,00 7,00	40,00 20,00	6,20 6,60



No.	Lahan	Flourida (Ion F)	Nitrat (NO <sub>3</sub> .N)	BOD	COD	DO
3	Model Wetland 3 : - <i>subsurface</i> tanpa vegetasi - <i>surface</i> vegetasi Teratai	0,994 0,611	1,053 1,088	12,00 6,00	50,00 30,00	5,00 7,20
4	Model Wetland 4 : - <i>subsurface</i> vegetasi Dlingo - <i>surface</i> vegetasi Teratai	0,673 0,804	1,691 1,761	8,00 8,00	50,00 50,00	6,30 6,80
5	<b>TUKAD BADUNG AWAL</b>	0,531	0,771	<b>36,00</b>	<b>150,00</b>	2,40

Sumber: Hasil Pengukuran 2015

**Tabel 5.5. Pengukuran IV Dilakukan Pada Tanggal 30 November 2015**

No.	Lahan	Flourida (Ion F)	Nitrat (NO <sub>3</sub> .N)	BOD	COD	DO
1	Model Wetland 1 : - <i>subsurface</i> tanpa vegetasi - <i>surface</i> vegetasi Teratai - <i>surface</i> vegetasi Dlingo	0,785 0,708 0,548	1,538 0,984 2,401	12,00 20,00 20,00	70,00 40,00 40,00	5,40 4,40 4,40
2	Model Wetland 2 : - <i>subsurface</i> vegetasi Dlingo - <i>surface</i> vegetasi Teratai	1,118 0,750	2,665 1,329	20,00 12,00	60,00 30,00	4,80 5,00
3	Model Wetland 3 : - <i>subsurface</i> tanpa vegetasi - <i>surface</i> vegetasi Teratai	0,902 0,696	2,151 2,758	12,00 18,00	70,00 50,00	5,60 4,60
4	Model Wetland 4 : - <i>subsurface</i> vegetasi Dlingo - <i>surface</i> vegetasi Teratai	0,653 0,689	1,382 2,439	8,00 8,00	60,00 20,00	7,00 6,20
5	<b>TUKAD BADUNG AWAL</b>	0,565	2,362	<b>27,00</b>	<b>90,00</b>	3,00

Sumber: Hasil Pengukuran 2015

**Tabel 5.6. Pengukuran V Dilakukan Pada Tanggal 07 Desember 2015**

No.	Lahan	Flourida (Ion F)	Nitrat (NO <sub>3</sub> .N)	BOD	COD	DO
1	Model Wetland 1 : - <i>subsurface</i> tanpa vegetasi - <i>surface</i> vegetasi Teratai - <i>surface</i> vegetasi Dlingo	0,541 0,836 0,698	2,217 0,332 2,519	24,00 14,00 20,00	59,52 29,76 39,76	3,20 3,80 4,00



No.	Lahan	Flourida (Ion F)	Nitrat (NO <sub>3</sub> .N)	BOD	COD	DO
2	Model Wetland 2 : - subsurface vegetasi Dlingo - surface vegetasi Teratai	0.575 0.943	3.347 0.271	24.00 19.00	59.52 29.76	4.00 4.80
3	Model Wetland 3 : - subsurface tanpa vegetasi - surface vegetasi Teratai	0.522 0.668	2.266 0.813	14.00 8.00	79.36 39.68	5.80 7.00
4	Model Wetland 4 : - surface vegetasi Dlingo - surface vegetasi Teratai	0.787 1.010	1.766 2.394	14.00 12.00	49.60 19.84	3.00 6.80
5	<b>TUKAD BADUNG AWAL</b>	0.685	1.466	<b>22.00</b>	<b>69.60</b>	2.00

Sumber: Hasil Pengukuran 2015

**Tabel 5.7. Pengukuran VI Dilakukan Pada Tanggal 15 Desember 2015**

No.	Lahan	Flourida (Ion F)	Nitrat (NO <sub>3</sub> .N)	BOD	COD	DO	Kekeruhan
1	Model Wetland 1 : - subsurface tanpa vegetasi - surface vegetasi Teratai - surface vegetasi Dlingo	0.793 0.502 0.696	2.871 2.500 1.618	15.00 12.00 8.00	50.00 40.00 20.00	4.20 4.90 5.00	397.83 101.98 397.83
2	Model Wetland 2 : - subsurface vegetasi Dlingo - surface vegetasi Teratai	0.493 0.241	2.422 2.342	16.00 18.00	70.00 30.00	5.60 3.40	58.11 11.61
3	Model Wetland 3 : - subsurface tanpa vegetasi - surface vegetasi Teratai	0.592 0.384	2.416 2.416	15.00 8.00	80.00 30.00	3.60 5.20	39.00 44.987
4	Model Wetland 4 : - surface vegetasi Dlingo - surface vegetasi Teratai	0.560 0.648	2.634 2.469	15.00 10.00	40.00 30.00	3.800 4.20	195.520 253.980
5	<b>TUKAD BADUNG AWAL</b>	0.814	2.631	<b>22.00</b>	<b>50.00</b>	3.80	584.550

Sumber: Hasil Pengukuran 2015



**Tabel 5.8. Pengukuran VII Dilakukan Pada Tanggal 18 Desember 2015**

No.	Lahan	Flourida (Ion F)	Nitrat (NO <sub>3</sub> .N)	BOD	COD	DO	Kekeruhan
1	Model Wetland 1 : - subsurface tanpa vegetasi - surface vegetasi Teratai - surface vegetasi Dlingo	0.449 0.746 0.901	1.613 1.161 1.335	10.00 10.00 10.00	49.80 39.84 39.84	4.60 5.60 6.00	109.13 48.039 124.09
2	Model Wetland 2 : - subsurface vegetasi Dlingo - surface vegetasi Teratai	0.636 0.756	1.175 1.175	14.00 16.00	79.68 39.84	5.60	26.30 420.46
3	Model Wetland 3 : - subsurface tanpa vegetasi - surface vegetasi Teratai	0.681 0.763	1.233 1.621	12.00 14.00	89.64 39.84	4.60 4.10	66.992 22.939
4	Model Wetland 4 : - surface vegetasi Dlingo - surface vegetasi Teratai	0.739 0.682	1.402 2.280	<b>12.00</b> <b>12.00</b>	39.84 49.80	4.80 6.00	69.023 25.210
5	<b>TUKAD BADUNG AWAL</b>	0.759	1.650	<b>10.00</b>	<b>59.76</b>	3.60	26.363

Sumber: Hasil Pengukuran 2015

**Tabel 5.9. Pengukuran VIII Dilakukan Pada Tanggal 22 Desember 2015**

No.	Lahan	Flourida (Ion F)	Nitrat (NO <sub>3</sub> .N)	BOD	COD	DO	Kekeruhan
1	Model Wetland 1 : - subsurface tanpa vegetasi - surface vegetasi Teratai - surface vegetasi Dlingo	1.161 0.842 0.938	2.763 1.874 2.964	10.00 12.00 20.00	49.20 39.36 39.36	6.20 6.40 6.60	38.032 54.566 39.267
2	Model Wetland 2 : - subsurface vegetasi Dlingo - surface vegetasi Teratai	1.015 0.821	2.582 2.830	20.00 12.00	78.72 29.52	5.60 5.60	41.960 55.580
3	Model Wetland 3 : - subsurface tanpa vegetasi - surface vegetasi Teratai	1.441 1.044	2.262 1.573	12.00 12.00	88.56 29.52	6.00 2.20	47.219 47.717
4	Model Wetland 4 : - surface vegetasi Dlingo - surface vegetasi Teratai	1.206 1.096	2.937 2.158	<b>8.60</b> <b>10.00</b>	39.36 49.20	6.00 6.20	72.646 66.415
5	<b>TUKAD BADUNG AWAL</b>	1.190	2.377	<b>15.00</b>	<b>49.20</b>	3.40	62.130

Sumber: Hasil Pengukuran 2015

**Tabel 5.10. Pengukuran IX Dilakukan Pada Tanggal 31 Desember 2015**

No.	Lahan	Flourida (Ion F)	Nitrat (NO <sub>3</sub> .N)	BOD	COD	DO	Kekeruhan
1	Model Wetland 1 : - subsurface tanpa vegetasi - surface vegetasi Teratai - surface vegetasi Dlingo	0.621 0.348 0.387	1.910 1.776 1.606	24.00 18.00 16.00	49.60 39.68 39.68	4.80 4.20 4.80	26.950 43.212 45.925
2	Model Wetland 2 : - subsurface vegetasi Dlingo - surface vegetasi Teratai	0.365 0.493	1.257 2.356	34.00 16.02	79.36 29.76	3.40 4.60	57.399 35.593
3	Model Wetland 3 : - subsurface tanpa vegetasi - surface vegetasi Teratai	0.645 0.511	2.734 2.015	42.20 12.00	89.28 39.68	4.20 5.00	82.961 37.809
4	Model Wetland 4 : - surface vegetasi Dlingo - surface vegetasi Teratai	0.626 0.545	1.582 1.896	12.00 12.00	39.68 49.60	4.00 4.40	55.226 96.647
5	<b>TUKAD BADUNG AWAL</b>	0.908	2.715	<b>24.00</b>	<b>59.52</b>	2.00	36.564

Sumber: Hasil Pengukuran 2015

**Tabel 5.11. Pengukuran X Dilakukan Pada Tanggal 04 Januari 2016**

No.	Lahan	Flourida (Ion F)	Nitrat (NO <sub>3</sub> .N)	BOD	COD	DO	Kekeruhan
1	Model Wetland 1 : - subsurface tanpa vegetasi - surface vegetasi Teratai - surface vegetasi Dlingo	0.596 0.695 0.987	1.352 1.340 1.483	23.00 14.00 7.00	49.60 29.76 29.76	3.20 4.10 3.90	14.557 14.208 14.227
2	Model Wetland 2 : - subsurface vegetasi Dlingo - surface vegetasi Teratai	0.633 0.660	0.791 1.415	38.00 19.00	79.36 49.60	2.10 3.90	17.551 35.564
3	Model Wetland 3 : - subsurface tanpa vegetasi - surface vegetasi Teratai	0.807 0.659	1.166 0.722	32.00 15.00	89.28 49.60	2.30 4.10	23.386 23.445
4	Model Wetland 4 : - surface vegetasi Dlingo - surface vegetasi Teratai	1.074 0.757	0.920 0.861	11.00 13.00	39.68 49.60	2.00 2.30	19.362 16.303
5	<b>TUKAD BADUNG AWAL</b>	0.197	1.491	<b>22.00</b>	<b>59.52</b>	3.20	11.526

Sumber: Hasil Pengukuran 2016



**Tabel 5.12. Pengukuran XI Dilakukan Pada Tanggal 06 Januari 2016**

No.	Lahan	Flourida (Ion F)	Nitrat (NO <sub>3</sub> .N)	BOD	COD	DO	Kekeruhan
1	Model Wetland 1 : - subsurface tanpa vegetasi - surface vegetasi Teratai - surface vegetasi Dlingo	0.438 0.976 0.680	1.509 1.600 1.431	12.40 12.00 12.00	49.60 29.76 39.68	3.20 2.60 2.80	9.183 11.054 11.941
2	Model Wetland 2 : - subsurface vegetasi Dlingo - surface vegetasi Teratai		1.092 0.820	1.331 1.507	6.00 28.00	79.36 39.68	4.60 2.40
3	Model Wetland 3 : - subsurface tanpa vegetasi - surface vegetasi Teratai	1.002 0.921	1.009 0.330	10.00 15.00	89.28 39.68	7.60 3.00	8.766 8.863
4	Model Wetland 4 : - surface vegetasi Dlingo - surface vegetasi Teratai	0.692 0.195	1.329 0.911	10.00 16.00	39.68 39.68	7.60 6.90	11.063 7.054
5	<b>TUKAD BADUNG AWAL</b>	0.968	1.721	<b>10.00</b>	<b>59.52</b>	1.70	11.573

Sumber: Hasil Pengukuran 2016

**Tabel 5.13. Pengukuran XII Dilakukan Pada Tanggal 12 Januari 2016**

No.	Lahan	Flourida (Ion F)	Nitrat (NO <sub>3</sub> .N)	BOD	COD	DO	Kekeruhan
1	Model Wetland 1 : - subsurface tanpa vegetasi - surface vegetasi Teratai - surface vegetasi Dlingo	0.862 0.682 0.861	1.321 1.837 1.771	14.00 15.00 24.00	48.00 38.40 38.40	6.10 4.40 3.90	24.397 3.609 83.088
2	Model Wetland 2 : - subsurface vegetasi Dlingo - surface vegetasi Teratai	0.734 0.828	1.986 1.811	14.00 15.00	67.20 38.40	6.10 4.80	17.92 21.196
3	Model Wetland 3 : - subsurface tanpa vegetasi - surface vegetasi Teratai	0.989 0.929	2.012 2.116	15.00 22.00	76.80 48.00	4.40 3.40	8.722 10.668
4	Model Wetland 4 : - surface vegetasi Dlingo - surface vegetasi Teratai	1.148 1.076	1.931 1.908	10.00 10.00	48.00 48.00	4.80 4.80	22.517 33.601
5	<b>TUKAD BADUNG AWAL</b>	1.959	2.314	<b>25.00</b>	<b>57.60</b>	2.00	30.022

Sumber: Hasil Pengukuran 2016



**Tabel 5.14. Pengukuran XIII Dilakukan Pada Tanggal 15 Januari 2016**

No.	Lahan	Flourida (Ion F)	Nitrat (NO <sub>3</sub> .N)	BOD	COD	DO	Kekeruhan
1	Model Wetland 1 : - subsurface tanpa vegetasi - surface vegetasi Teratai - surface vegetasi Dlingo	0.698 0.759 0.918	0.927 3.014 2.972	23.00 18.00 12.00	49.80 39.84 39.84	2.20 3.60 3.40	6.047 33.731 19.501
2	Model Wetland 2 : - subsurface vegetasi Dlingo - surface vegetasi Teratai	0.989 0.929	1.638 1.953	15.00 14.00	79.68 29.88	4.80 4.40	17.309 12.443
3	Model Wetland 3 : - subsurface tanpa vegetasi - surface vegetasi Teratai	0.913 0.934	3.031 1.954	12.00 12.00	79.68 35.84	5.40 4.80	15.638 23.924
4	Model Wetland 4 : - surface vegetasi Dlingo - surface vegetasi Teratai	0.752 0.949	2.755 2.631	18.00 14.00	49.80 39.84	4.40 5.00	14.846 32.953
5	<b>TUKAD BADUNG AWAL</b>	0.807	3.053	<b>23.00</b>	<b>59.76</b>	3.40	28.430

Sumber: Hasil Pengukuran 2016

**Tabel 5.15. Pengukuran XIV Dilakukan Pada Tanggal 19 Januari 2016**

No.	Lahan	Flourida (Ion F)	Nitrat (NO <sub>3</sub> .N)	BOD	COD	DO	Kekeruhan
1	Model Wetland 1 : - subsurface tanpa vegetasi - surface vegetasi Teratai - surface vegetasi Dlingo	0.896 0.873 0.719	1.313 1.714 1.289	23.00 13.00 16.00	48.40 38.72 38.72	3.00 3.20 3.40	20.347 23.897 25.738
2	Model Wetland 2 : - subsurface vegetasi Dlingo - surface vegetasi Teratai	0.654 1.027	1.241 1.417	36.00 16.00	77.44 38.72	2.40 3.40	20.282 32.762
3	Model Wetland 3 : - subsurface tanpa vegetasi - surface vegetasi Teratai	0.727 0.817	1.067 0.948	20.00 23.00	58.08 48.40	6.40 5.00	15.669 13.144
4	Model Wetland 4 : - surface vegetasi Dlingo - surface vegetasi Teratai	0.751 0.855	1.476 1.386	28.00 16.00	38.72 48.40	2.80 4.00	27.089 24.688
5	<b>TUKAD BADUNG AWAL</b>	0.863	1.921	<b>26.00</b>	<b>58.08</b>	2.40	36.946

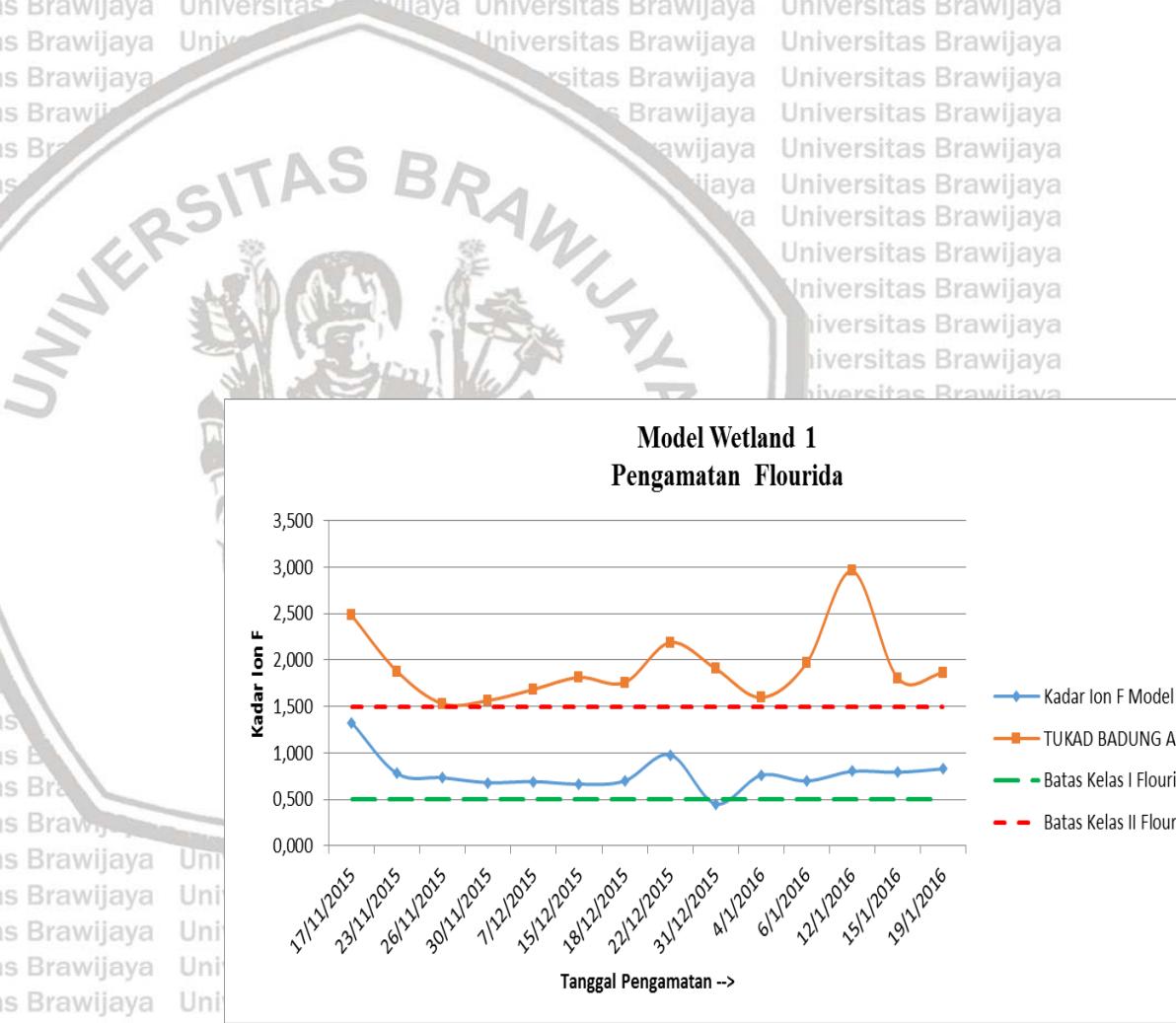
Sumber: Hasil Pengukuran 2016



- Dari hasil pengukuran pada empat belas percobaan seperti berikut:
1. Dilakukan Pada Tanggal 17 November 2015
  2. Dilakukan Pada Tanggal 23 November 2015
  3. Dilakukan Pada Tanggal 26 November 2015
  4. Dilakukan Pada Tanggal 30 November 2015
  5. Dilakukan Pada Tanggal 07 Desember 2015
  6. Dilakukan Pada Tanggal 15 Desember 2015
  7. Dilakukan Pada Tanggal 18 Desember 2015
  8. Dilakukan Pada Tanggal 22 Desember 2015
  9. Dilakukan Pada Tanggal 31 Desember 2015
  10. Dilakukan Pada Tanggal 04 Januari 2016
  11. Dilakukan Pada Tanggal 06 Januari 2016
  12. Dilakukan Pada Tanggal 12 Januari 2016
  13. Dilakukan Pada Tanggal 15 Januari 2016
  14. Dilakukan Pada Tanggal 19 Januari 2016

Kemudian dilakukan rekap hasil pengukuran untuk masing-masing parameter dari empat Model *Wetland* lahan basah buatan untuk dibandingkan dengan kondisi eksisting pada Sungai Tukad Badung.





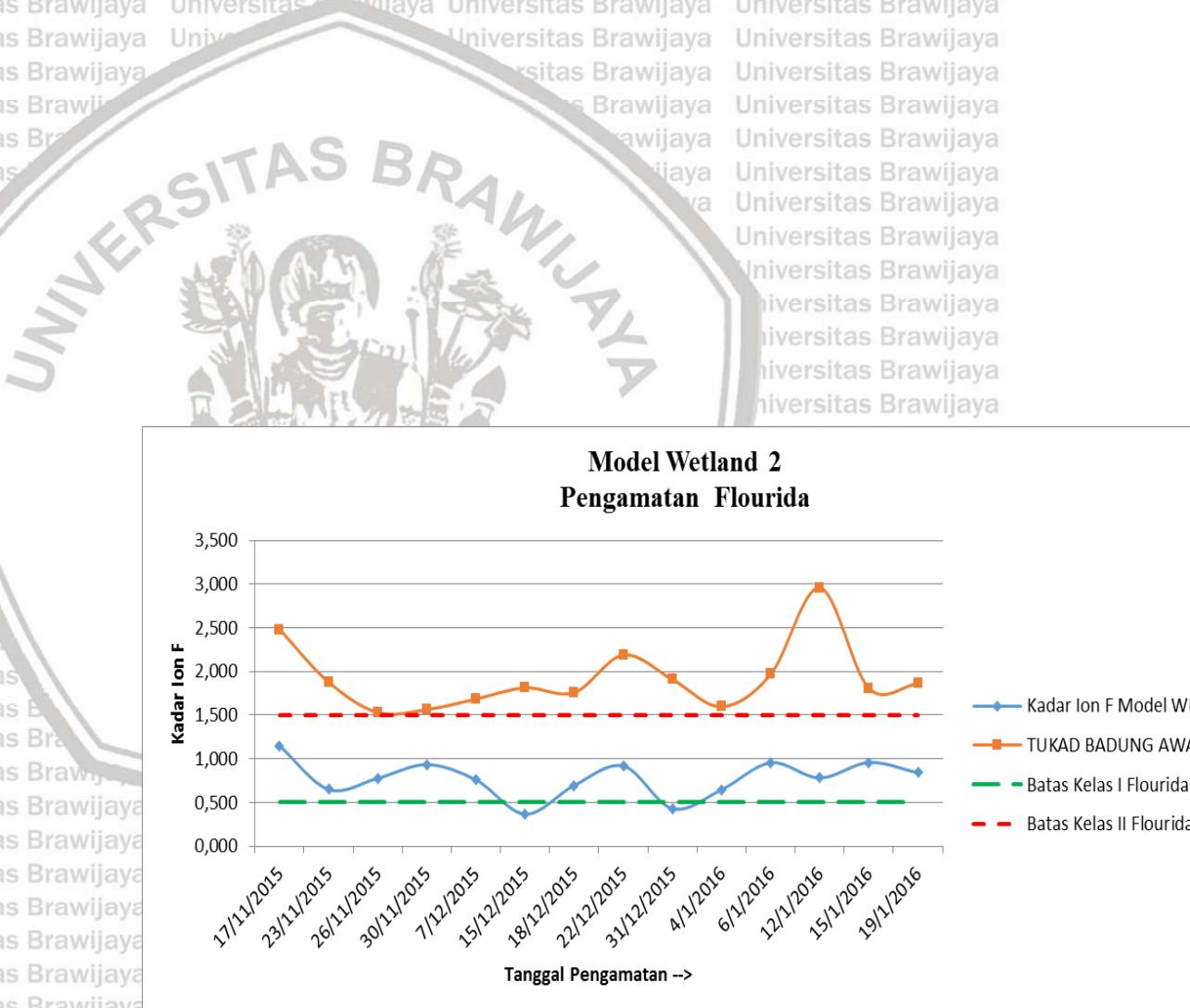
**Gambar 5.1. Perbandingan Flourida (Ion F) Pada Model Wetland 1 dengan Tukad Badung**  
Sumber: Hasil Perhitungan 2016

No.	Lain	Pertumbuhan - (tuk Florida (tonF))													
		17/1/2015	23/1/2015	26/1/2015	30/1/2015	7/2/2015	15/2/2015	18/2/2015	22/2/2015	3/3/2015	4/3/2016	6/3/2016	12/3/2016	15/3/2016	19/3/2016
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
1	Model Wetland I	1,292	0,727	0,826	0,785	0,541	0,793	0,449	1,161	0,621	0,596	0,438	0,842	0,698	0,896
	Substrate tipis vegetasi														
	Strata vegetasi Tepati	1,462	0,66	0,651	0,708	0,836	0,502	0,746	0,842	0,348	0,695	0,976	0,682	0,759	0,873
	Strata vegetasi Diketo														
	Kadar ion FModer WI	1,227	0,949	0,744	0,548	0,698	0,696	0,901	0,938	0,387	0,987	0,68	0,861	0,918	0,719
	TURAD BADUNG AWAL														
	Strata Rediksipemerman	1,155	1,98	0,797	0,885	0,993	1,150	1,060	1,210	1,456	0,838	1,270	2,157	1,105	1,034
	Dari hasil pengujian Florida pada Model Wetland I yang dilakukan sebanyak 14 kali percobaan, dilakukan perbandingan antara hasil														
	Nilai Flourida pada Tukad Badung awal dengan Model Wetland I didapatkan jumlah reduksi pencemaran. Jumlah reduksi pencemaran														
	menyebabkan fluktuasi seperti hasil di atas, jumlah reduksi pencemaran terbesar terjadi pada percobaan 12 sebesar 2,157 mg/L dan														
	terkecil pada percobaan 5 sebesar 0,797 mg/L Fluktuasi ini dipengaruhi oleh Pengembalian air sungai dengan debit air rata-rata 0,84														
	lit/dt. Dari grafik model Wetland I menunjukkan bahwa pada percobaan 9 kelas baku mutu air meningkat menjadi kelas I dengan nilai														
	0,452 mg/L														

Table 5.16. Flourida (ton F) Pada Model Wetland I

Dari hasil pengujian Flourida pada Model Wetland I yang dilakukan sebanyak 14 kali percobaan, dilakukan perbandingan antara hasil

nilai Flourida pada Tukad Badung awal dengan Model Wetland I didapatkan jumlah reduksi pencemaran. Jumlah reduksi pencemaran menyebabkan fluktuasi seperti hasil di atas, jumlah reduksi pencemaran terbesar terjadi pada percobaan 12 sebesar 2,157 mg/L dan terkecil pada percobaan 5 sebesar 0,797 mg/L Fluktuasi ini dipengaruhi oleh Pengembalian air sungai dengan debit air rata-rata 0,84 lit/dt. Dari grafik model Wetland I menunjukkan bahwa pada percobaan 9 kelas baku mutu air meningkat menjadi kelas I dengan nilai 0,452 mg/L



**Gambar 5.1. Perbandingan Florida (Ion F) pada Model Wetland 2 dengan Tukad Badung**

Sumber: Hasil Perhitungan 2016

No.	Lahan	Percoobaan Ke- (Untuk Florida (lon F))													
		17/11/2015	23/11/2015	26/11/2015	30/11/2015	7/12/2015	15/12/2015	18/12/2015	22/12/2015	31/12/2015	4/1/2016	6/1/2016	12/1/2016	15/1/2016	19/1/2016
Model Wetland 2		1,09	0,666	0,836	1,12	0,58	0,49	0,49	1,02	0,37	0,63	1,09	0,3	0,99	0,65
Substrate vegetas Dlmlo		1,207	0,632	0,719	0,75	0,94	0,24	0,76	0,82	0,49	0,66	0,82	0,83	0,99	1,03
Rerata		1,149	0,649	0,778	0,934	0,778	0,367	0,799	0,96	0,498	0,647	0,956	0,781	0,99	0,841
TUKAD BADUNG AWAL		2,482	1,877	1,531	1,56	1,685	1,814	1,739	2,19	1,908	1,597	1,968	2,599	1,807	1,869
Jumlah Redaksi Penemaran		1,334	1,228	0,754	0,631	0,926	1,447	1,06	1,272	1,479	0,951	1,012	2,178	0,848	1,023
Number: Hasil Pengukuran 2016															

Tabel 5.17. Florida (lon F) Pada Model Wetland 2

Model Wetland 2 merupakan Model yang menampilkan kombinasi sistem airan subsurface dan surface dengan vegetasi hasil flora pada Tukad Badung awal dengan Model Wetland 2 didapatkan jumlah reduksi penemaran 14 kali percoobaan, dilakukannya perbandingan antara berbeda. Hasil pengujian Florida pada Model 2 yang dilakukan sebanyak 14 kali percoobaan, dilakukannya perbandingan antara penemaran mengalami fluktuasi seperti hasil diatas, jumlah reduksi penemaran terbesar terjadi pada percobaan 12 sebesar 2,178 mg/L dan terkecil pada percobaan 4 sebesar 0,631 mg/L Dari grafik model Wetland 2 menunjukkan bahwa pada percobaan 6 dan 9 mg/L dan mutu air meningkat menjadi kelas I dengan nilai 0,367 mg/L dan 0,429 mg/L.

kelas baku mutu air meningkat menjadi kelas I dengan nilai 0,367 mg/L dan 0,429 mg/L

mg/L dan terkecil pada percobaan 4 sebesar 0,631 mg/L Dari grafik model Wetland 2 menunjukkan bahwa pada percobaan 6 dan 9

penemaran mengalami fluktuasi seperti hasil diatas, jumlah reduksi penemaran terbesar terjadi pada percobaan 12 sebesar 2,178

hasil nilai florida pada Tukad Badung awal dengan Model Wetland 2 didapatkan jumlah reduksi penemaran. Jumlah reduksi hasil nilai florida pada Tukad Badung awal dengan Model Wetland 2 yang dilakukan sebanyak 14 kali percoobaan, dilakukannya perbandingan antara berbeda. Hasil pengujian Florida pada Model 2 yang dilakukan sebanyak 14 kali percoobaan, dilakukannya perbandingan antara

berbeda. Hasil pengujian Florida pada Model 2 yang menampilkan kombinasi sistem airan subsurface dan surface dengan vegetasi

kelas baku mutu air meningkat menjadi kelas I dengan nilai 0,367 mg/L dan 0,429 mg/L

mg/L dan terkecil pada percobaan 4 sebesar 0,631 mg/L Dari grafik model Wetland 2 menunjukkan bahwa pada percobaan 6 dan 9

penemaran mengalami fluktuasi seperti hasil diatas, jumlah reduksi penemaran terbesar terjadi pada percobaan 12 sebesar 2,178

hasil nilai florida pada Tukad Badung awal dengan Model Wetland 2 didapatkan jumlah reduksi penemaran. Jumlah reduksi

hasil nilai florida pada Tukad Badung awal dengan Model Wetland 2 yang dilakukan sebanyak 14 kali percoobaan, dilakukannya perbandingan antara berbeda. Hasil pengujian Florida pada Model 2 yang dilakukan sebanyak 14 kali percoobaan, dilakukannya perbandingan antara

berbeda. Hasil pengujian Florida pada Model 2 yang menampilkan kombinasi sistem airan subsurface dan surface dengan vegetasi

kelas baku mutu air meningkat menjadi kelas I dengan nilai 0,367 mg/L dan 0,429 mg/L

mg/L dan terkecil pada percobaan 4 sebesar 0,631 mg/L Dari grafik model Wetland 2 menunjukkan bahwa pada percobaan 6 dan 9

penemaran mengalami fluktuasi seperti hasil diatas, jumlah reduksi penemaran terbesar terjadi pada percobaan 12 sebesar 2,178

hasil nilai florida pada Tukad Badung awal dengan Model Wetland 2 didapatkan jumlah reduksi penemaran. Jumlah reduksi

hasil nilai florida pada Tukad Badung awal dengan Model Wetland 2 yang dilakukan sebanyak 14 kali percoobaan, dilakukannya perbandingan antara berbeda. Hasil pengujian Florida pada Model 2 yang menampilkan kombinasi sistem airan subsurface dan surface dengan vegetasi

kelas baku mutu air meningkat menjadi kelas I dengan nilai 0,367 mg/L dan 0,429 mg/L

mg/L dan terkecil pada percobaan 4 sebesar 0,631 mg/L Dari grafik model Wetland 2 menunjukkan bahwa pada percobaan 6 dan 9

penemaran mengalami fluktuasi seperti hasil diatas, jumlah reduksi penemaran terbesar terjadi pada percobaan 12 sebesar 2,178

hasil nilai florida pada Tukad Badung awal dengan Model Wetland 2 didapatkan jumlah reduksi penemaran. Jumlah reduksi

hasil nilai florida pada Tukad Badung awal dengan Model Wetland 2 yang dilakukan sebanyak 14 kali percoobaan, dilakukannya perbandingan antara berbeda. Hasil pengujian Florida pada Model 2 yang menampilkan kombinasi sistem airan subsurface dan surface dengan vegetasi

kelas baku mutu air meningkat menjadi kelas I dengan nilai 0,367 mg/L dan 0,429 mg/L

mg/L dan terkecil pada percobaan 4 sebesar 0,631 mg/L Dari grafik model Wetland 2 menunjukkan bahwa pada percobaan 6 dan 9

penemaran mengalami fluktuasi seperti hasil diatas, jumlah reduksi penemaran terbesar terjadi pada percobaan 12 sebesar 2,178

hasil nilai florida pada Tukad Badung awal dengan Model Wetland 2 didapatkan jumlah reduksi penemaran. Jumlah reduksi

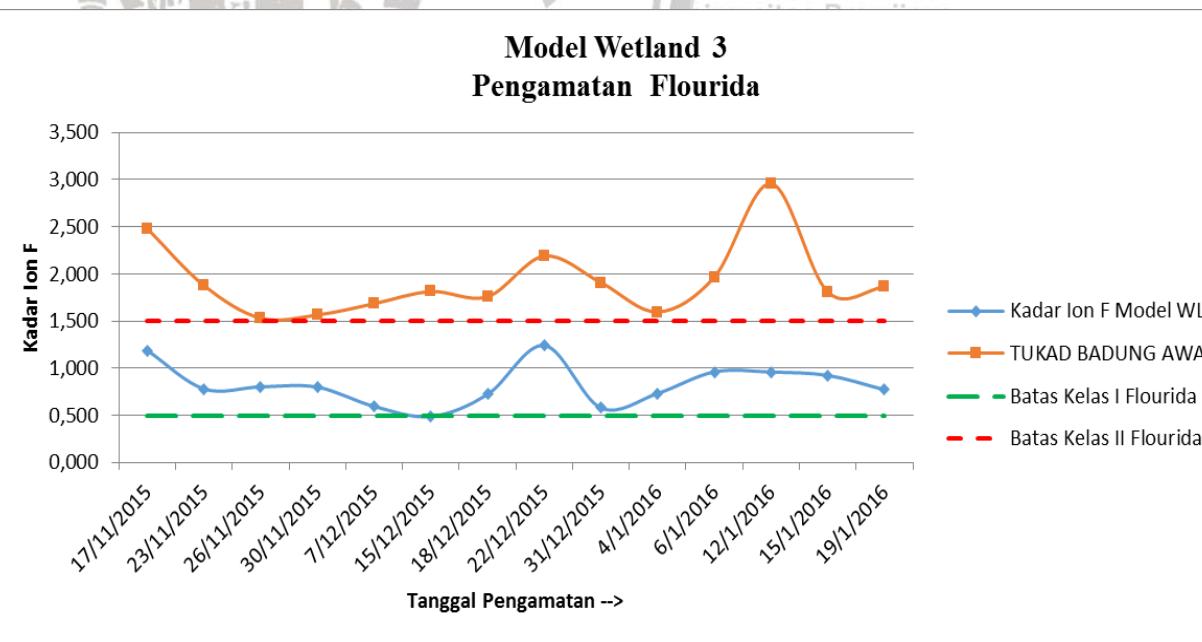
hasil nilai florida pada Tukad Badung awal dengan Model Wetland 2 yang dilakukan sebanyak 14 kali percoobaan, dilakukannya perbandingan antara berbeda. Hasil pengujian Florida pada Model 2 yang menampilkan kombinasi sistem airan subsurface dan surface dengan vegetasi

kelas baku mutu air meningkat menjadi kelas I dengan nilai 0,367 mg/L dan 0,429 mg/L

mg/L dan terkecil pada percobaan 4 sebesar 0,631 mg/L Dari grafik model Wetland 2 menunjukkan bahwa pada percobaan 6 dan 9

penemaran mengalami fluktuasi seperti hasil diatas, jumlah reduksi penemaran terbesar terjadi pada percobaan 12 sebesar 2,178

hasil nilai florida pada Tukad Badung awal dengan Model Wetland 2 didapatkan jumlah reduksi penemaran. Jumlah reduksi



**Gambar 5.1. Perbandingan Florida (Ion F) pada Model Wetland 3 dengan Tukad Badung**  
Sumber: Hasil Perhitungan 2016

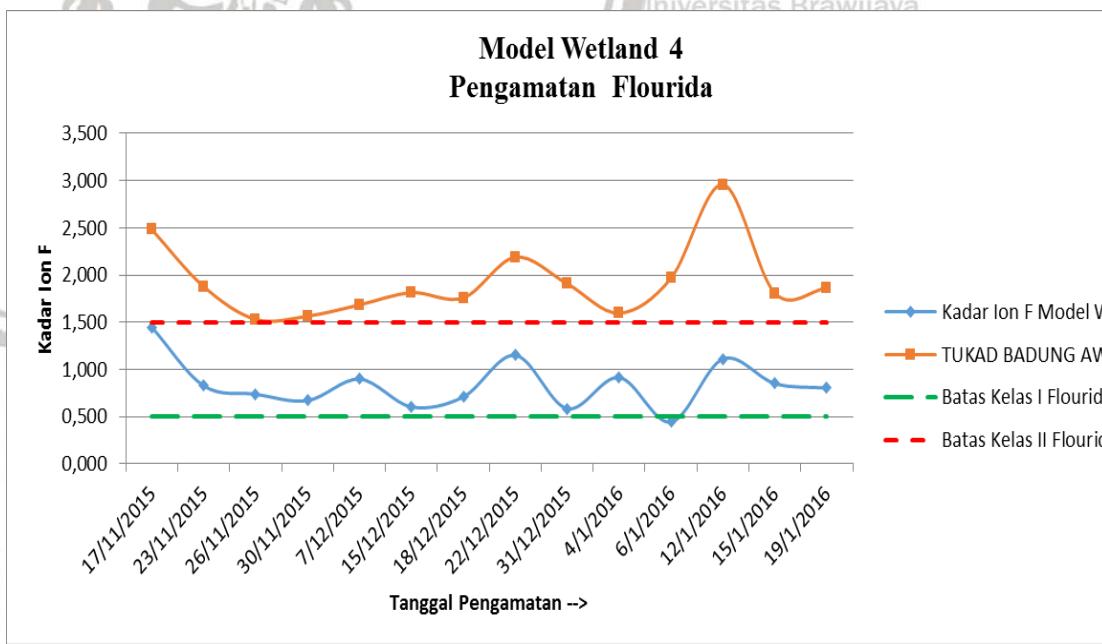
No.	Lam	Perbaikan Ke-(Jarak Pada (Jari F))													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
		17/11/2015	23/11/2015	26/11/2015	30/11/2015	7/12/2015	15/12/2015	18/12/2015	22/12/2015	31/12/2015	4/1/2016	6/1/2016	12/1/2016	15/1/2016	19/1/2016
		Model Wetland 3	Susuhue tempe vegetasi	Stuktur vegetasi Terniti	Rerata	TURKAD BADUNG AWAL	Jumlah Redaksi Penemaran								
3		1,228	1,008	0,994	0,902	0,522	0,592	0,681	1,441	0,645	0,807	1,002	0,989	0,915	0,777
		1,115	0,553	0,611	0,696	0,668	0,384	0,765	1,441	0,511	0,659	0,921	0,929	0,934	0,817
		1,189	0,781	0,803	0,799	0,595	0,488	0,722	1,243	0,578	0,733	0,962	0,99	0,924	0,772
		2,482	1,877	1,531	1,565	1,685	1,814	1,759	2,19	1,908	1,397	1,968	2,99	1,807	1,866
		1,293	1,097	0,729	0,766	1,090	1,326	1,037	0,948	1,330	0,864	1,007	2,000	0,884	1,091

Number: Hasil Pengukuran 2016

Hasil penegujian Florida pada Model Wetland 3 yang dilakukan sebanyak 14 kali percobaan, dilakukan perbandingan antara hasil nilai fluorescensi titik-titik seperti hasil di atas, jumlah reduksi penemaran terbesar terjadi pada percobaan 12 sebesar 2,000 mg/L dan mengekat menjadikan kelas I dengan nilai 0,488 mg/L

terkecil pada percobaan 3 sebesar 0,729 mg/L Grafik model Wetland 3 menunjukkan bahwa pada percobaan 6 kelas baku mutu air mengalami fluktuasi seperti hasil di atas, jumlah reduksi penemaran terbesar terjadi pada percobaan 12 sebesar 2,000 mg/L dan mengalami fluktuasi seperti hasil di atas, jumlah reduksi penemaran. Jumlah reduksi penemaran fluorescensi pada Tukad Badung awal dengan Model Wetland 3 didapatkan jumlah reduksi penemaran. Jumlah reduksi penemaran

fluorida pada Tukad Badung awal dengan Model Wetland 3 didapatkan jumlah reduksi penemaran. Jumlah reduksi penemaran fluorescensi pada Tukad Badung awal dengan Model Wetland 3 yang dilakukan sebanyak 14 kali percobaan, dilakukan perbandingan antara hasil nilai fluorescensi titik-titik seperti hasil di atas, jumlah reduksi penemaran terbesar terjadi pada percobaan 12 sebesar 2,000 mg/L dan mengekat menjadikan kelas I dengan nilai 0,488 mg/L



**Gambar 5.1. Perbandingan Florida (Ion F) pada Model Wetland 4 dengan Tukad Badung**

Sumber: Hasil Perhitungan 2016



mutu air meningkat menjadi kelas I dengan nilai 0,444 mg/L  
 mg/L dan terkecil pada percobaan II sebesar 0,682 mg/L Grafik Model Wetland 4 menunjukkan bahwa pada percobaan II kelas baku pencemaran mengalami fluktuasi seperti hasil di atas, jumlah reduksi pencemaran terbesar terjadi pada percobaan II sebesar 1,847 hasil nilai fluorida pada Tukad Badung awal dengan Model Wetland 3 didapatkan jumlah reduksi pencemaran. Jumlah reduksi vegetasi. Hasil pengujian fluorida pada Model Wetland 4 yang dilakukan sebanyak 14 kali percobaan, dilakukan perbandingan antara Model Wetland 4 merupakan satu-satunya Model Wetland yang hanya menggunakan sistem aliran permukaan (surface) dengan TUKAD BADUNG AWAL 2,48 1,877 1,531 1,565 1,685 1,814 1,759 2,19 1,908 1,597 1,988 2,959 1,807 1,863 Rumah Hidrois Pencemaran 1,034 1,050 0,793 0,794 0,787 1,210 1,049 1,039 1,323 0,682 1,525 1,847 0,957 1,060 Rata 1,449 0,827 0,739 0,671 0,899 0,604 0,711 1,151 0,586 0,757 0,444 1,112 0,851 0,803 Surface vegetasi Terpal 1,408 0,911 0,804 0,689 1,01 0,648 0,682 1,096 0,545 0,757 0,756 1,076 0,949 0,855 Surface vegetasi Dlingo 1,489 0,743 0,673 0,633 0,787 0,56 0,739 1,206 0,626 1,074 0,692 1,148 0,752 0,751 Model Wetland 4 17/12/2015 23/11/2015 26/11/2015 30/11/2015 7/12/2015 15/12/2015 18/12/2015 22/12/2015 31/12/2015 4/1/2016 6/1/2016 12/1/2016 15/1/2016 19/1/2016

Tabel 5.19. Fluorida (Ion F) Pada Model Wetland 4

No	Lahan	Percobaan Ke- (jumlah Flurida (Ion F))													Number: Hasil Pengukuran 2016
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
		1,034	1,050	0,793	0,794	0,787	1,210	1,049	1,039	1,323	0,682	1,525	1,847	0,957	1,060

**Tabel 5.20. Tabel Rekap Flourida (Ion F)**

No.	Lahan	Percobaan Ke - (untuk Flourida (Ion F))														Jumlah
		1 17/11/2015	2 23/11/2015	3 26/11/2015	4 30/11/2015	5 7/12/2015	6 15/12/2015	7 18/12/2015	8 22/12/2015	9 31/12/2015	10 4/1/2016	11 6/1/2016	12 12/1/2016	13 15/1/2016	14 19/1/2016	
1	Model Wetland 1															10,886
	Subsurface tanpa vegetasi	1,292	0,727	0,826	0,785	0,541	0,793	0,449	1,161	0,621	0,596	0,438	0,862	0,698	0,896	
	Surface vegetasi Teratai	1,462	0,66	0,631	0,708	0,836	0,502	0,746	0,842	0,348	0,695	0,976	0,682	0,759	0,873	
	Surface vegetasi Dlingo	1,227	0,949	0,744	0,548	0,698	0,696	0,901	0,938	0,387	0,987	0,68	0,861	0,918	0,719	
	Rerata	1,327	0,779	0,734	0,680	0,692	0,664	0,699	0,980	0,452	0,759	0,698	0,802	0,792	0,829	
2	Model Wetland 2															10,861
	Subsurface vegetasi Dlingo	1,09	0,666	0,836	1,12	0,58	0,49	0,64	1,02	0,37	0,63	1,09	0,73	0,99	0,65	
	Surface vegetasi Teratai	1,207	0,632	0,719	0,75	0,94	0,24	0,76	0,82	0,49	0,66	0,82	0,83	0,93	1,03	
	Rerata	1,149	0,649	0,778	0,934	0,759	0,367	0,696	0,918	0,429	0,647	0,956	0,781	0,959	0,841	
3	Model Wetland 3															11,546
	Subsurface tanpa vegetasi	1,228	1,008	0,994	0,902	0,522	0,592	0,681	1,441	0,645	0,807	1,002	0,989	0,913	0,727	
	Surface vegetasi Teratai	1,15	0,553	0,611	0,696	0,668	0,384	0,763	1,044	0,511	0,659	0,921	0,929	0,934	0,817	
	Rerata	1,189	0,781	0,803	0,799	0,595	0,488	0,722	1,243	0,578	0,733	0,962	0,959	0,924	0,772	
4	Model Wetland 4															11,759
	Surface vegetasi Dlingo	1,489	0,743	0,673	0,653	0,787	0,56	0,739	1,206	0,626	1,074	0,692	1,148	0,752	0,751	
	Surface vegetasi Teratai	1,408	0,911	0,804	0,689	1,01	0,648	0,682	1,096	0,545	0,757	0,195	1,076	0,949	0,855	
	Rerata	1,449	0,827	0,739	0,671	0,899	0,604	0,711	1,151	0,586	0,916	0,444	1,112	0,851	0,803	
5	TUKAD BADUNG AWAL	2,482	1,877	1,531	1,565	1,685	1,814	1,759	2,19	1,908	1,597	1,968	2,959	1,807	1,863	27,005

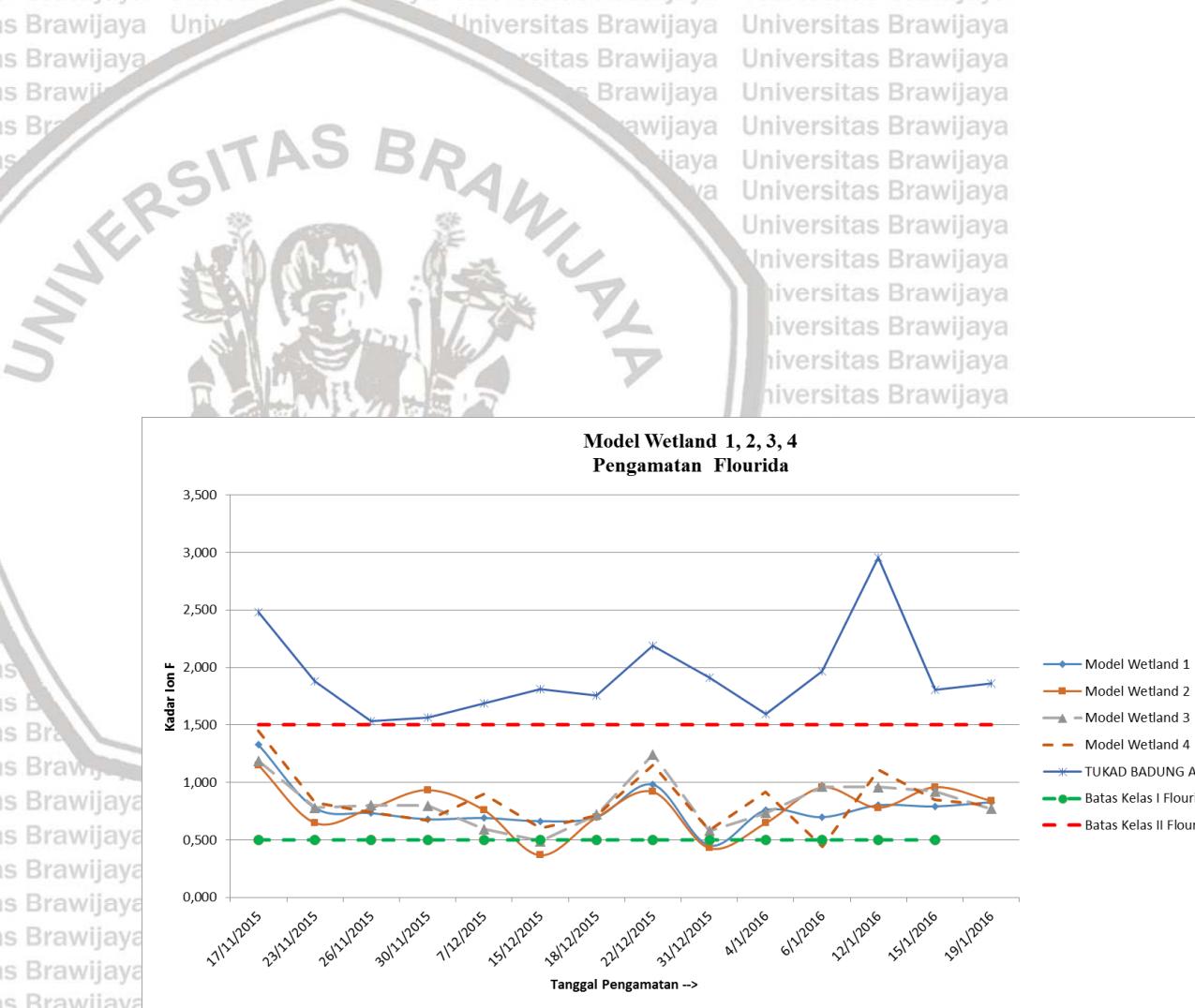
Sumber: Hasil Pengukuran 2016

Hasil rekap parameter flourida dari keempat variasi Model *Wetland* didapatkan hasil seperti tabel di atas. Jumlah pengujian flourida pada Tukad Badung awal yang dilakukan sebanyak 14 kali percobaan adalah 27,005 mg/l. Jumlah pengujian flourida pada masing-masing Model *Wetland* menunjukkan nilai yang berbeda, Model *Wetland* 2 memiliki total rerata flourida terkecil dibandingkan Model *Wetland* lainnya yaitu 10,861 mg/l. Hal ini menunjukkan bahwa kombinasi dua sistem aliran *subsurface* dan *surface* lebih bagus dibandingkan menggunakan satu sistem aliran, terlihat pada hasil Model *Wetland* 2 dan Model *Wetland* 4. Sistem aliran *surface* yang bagus adalah menggunakan kombinasi dua jenis vegetasi berbeda yang dibuktikan oleh Model *Wetland* 1 dibandingkan Model *Wetland* 3. Pada tabel di atas Model *Wetland* 2 mengurangi parameter flourida sebesar 16,144 mg/l dari kondisi Tukad Badung awal

**Table 5.21. Tabel Rerakap Hasil Kelas Bakar Mutu Flourida (Ion F)**

No.	Lahan	Pembacaan Ke - (Untuk Flourida (Ion F))													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	TURDDBADUNG AWAL	17/1/2015	23/11/2015	26/11/2015	30/11/2015	7/12/2015	15/12/2015	18/12/2015	22/12/2015	31/12/2015	4/1/2016	6/1/2016	12/1/2016	15/1/2016	19/1/2016
2	Rataa	1,327	0,779	0,734	0,680	0,692	0,664	0,699	0,980	0,452	0,759	0,698	0,802	0,792	0,829
3	Rataa	1,149	0,649	0,778	0,934	0,759	0,367	0,696	0,918	0,429	0,647	0,956	0,781	0,599	0,841
4	Rataa	1,189	0,781	0,803	0,799	0,595	0,488	0,722	1,243	0,578	0,733	0,962	0,959	0,924	0,777
5	Rataa	1,449	0,827	0,739	0,671	0,899	0,604	0,711	1,151	0,586	0,916	0,444	1,112	0,851	0,803

Sumbar : Hasil Pengukuran 2016



**Gambar 5.2. Perbandingan Florida (Ion F) pada Semua Model Wetland dengan Tukad Badung**

Sumber: Hasil Perhitungan 2016

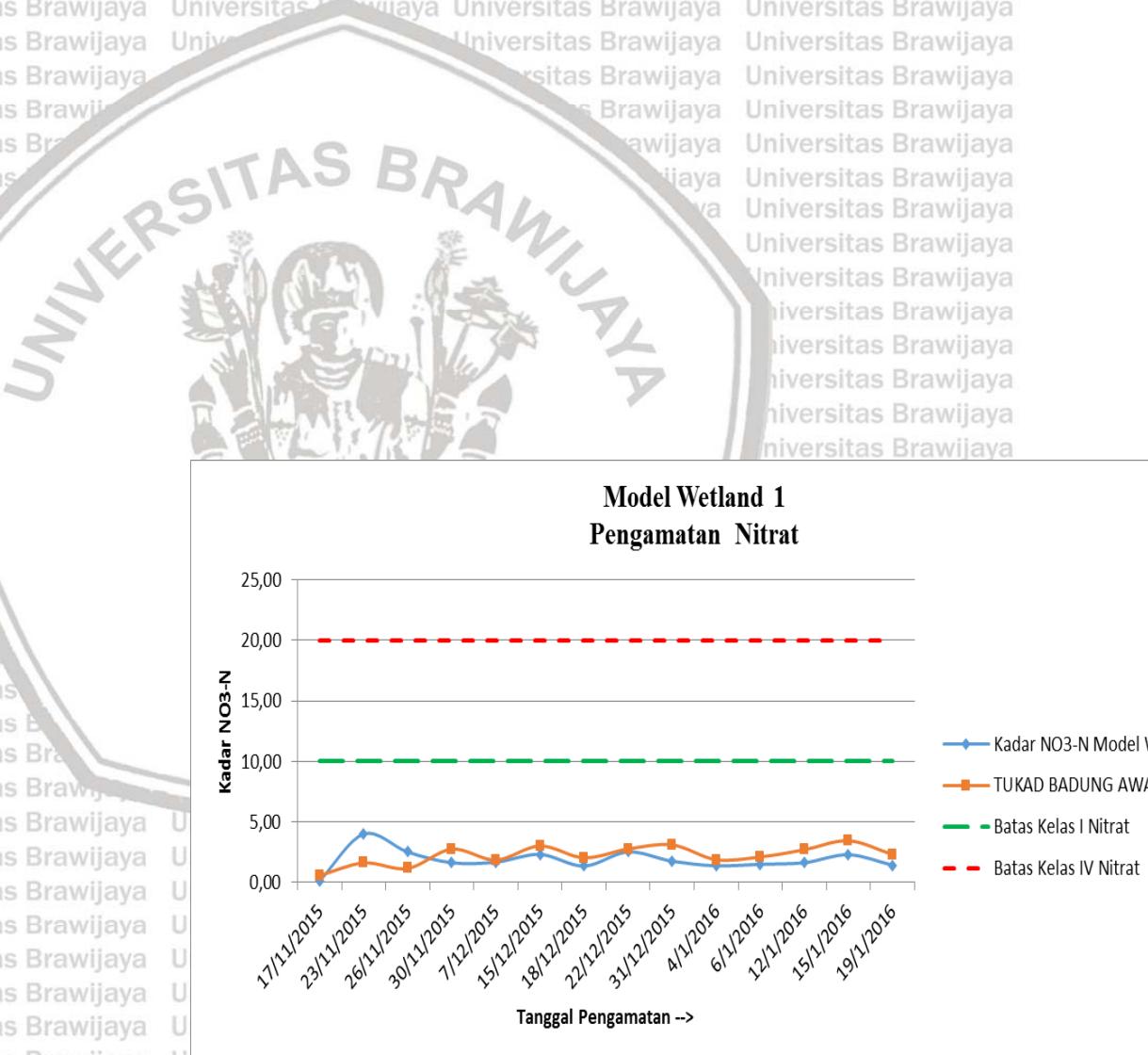
## Sesuai Peraturan Gubernur Bali No.8 Tahun 2007

Baku Mutu Air Kelas :

- I = 0.5 : air yang diperuntukannya dapat digunakan untuk air baku, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- II = 1.5 : air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertamanan, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut
- III = 1.5 : air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertamanan dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut
- IV = - : air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertamanan dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Flour merupakan salah satu unsur yang melimpah pada kerak bumi. Unsur ini ditemukan dalam bentuk ion fluoride (F). Perairan alami biasanya memiliki kadar fluoride kurang dari 0,2 mg/l, pada air tanah dalam mencapai 10 mg/l, sedangkan pada perairan laut sekitar 1,3 mg/l. Grafik keempat model *Wetland* menunjukkan bahwa Tukad Badung awal berada pada kelas IV karena melewati kelas III. Berdasarkan peraturan Gubernur Bali nomor 8 tahun 2007, pemasangan Model *Wetland* lahan basah buatan dengan 4 (empat) alternatif menunjukkan bahwa Model *Wetland* lahan basah aliran bawah permukaan dengan kombinasi ini berada pada kelas II dan kelas I. Percobaan 6 dan 9 pada Model *Wetland* 2 dengan kombinasi *subsurface* vegetasi dlingo dengan *surface* vegetasi teratai menunjukkan adanya pengurangan kadar Ion F sehingga air masuk dalam kelas I yang peruntukannya bisa digunakan untuk air baku.





**Gambar 5.1. Perbandingan Nitrat (NO<sub>3</sub>-N) Pada Model Wetland 1 dengan Tukad Badung**

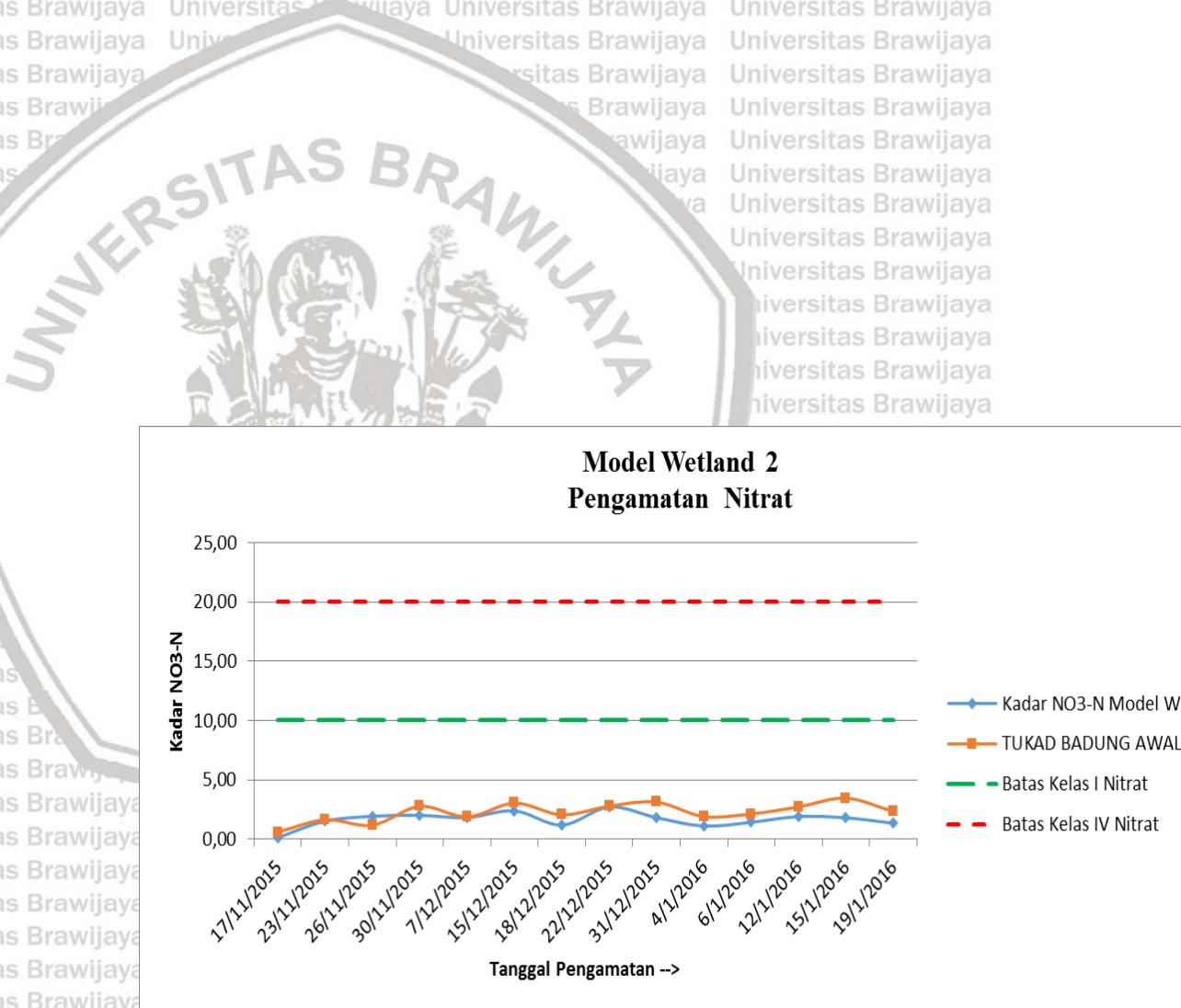
Sumber: Hasil Perhitungan 2016

Universitas Brawijaya Universitas Brawijaya Universitas Brawijaya Universitas Brawijaya  
 Universitas Brawijaya Universitas Brawijaya Universitas Brawijaya Universitas Brawijaya

**Table 5.22. Nitrat (NO<sub>3</sub>-N) Pada Model Wetland 1**

No.	Lahan	Perbaikan Ke - (Untuk Bounce (lonF))													
		17/1/2015	23/11/2015	26/11/2015	30/11/2015	7/12/2015	15/12/2015	18/12/2015	22/12/2015	31/12/2015	4/1/2016	6/1/2016	12/1/2016	15/1/2016	19/1/2016
1	Model Wetland 1	1,292	0,727	0,826	0,785	0,541	0,793	0,449	1,161	0,621	0,596	0,438	0,862	0,698	0,896
2	Subsurface tanpa vegetasi	1,462	0,66	0,631	0,708	0,836	0,502	0,746	0,842	0,348	0,976	0,682	0,759	0,873	0,719
3	Substrate vegetasi Tumbuhan	1,227	0,949	0,744	0,548	0,698	0,901	0,938	0,387	0,987	0,668	0,861	0,918	0,792	0,829
4	Kadar Ion F Model WLL 1	1,327	0,779	0,734	0,692	0,680	0,699	0,980	0,452	0,759	0,698	0,802	1,807	1,863	2,482
5	TUKAD BADUNG AWAL	1,877	2,482	1,877	1,531	1,565	1,759	1,814	1,59	1,908	1,59	1,939	1,807	1,863	1,535
6	Jumlah Redaksi Penetrasi	1,155	1,098	0,797	0,885	0,993	1,150	1,060	1,210	1,456	0,838	1,270	2,157	1,015	1,034
Number: Hasil Pengukuran 2016															

Dari hasil pengujian nitrat pada Model Wetland 1 yang dilakukan sebanyak 14 kali percobaan, dilakukan perbandingan antara hasil nilai nitrat pada Tuakad Badung awal dengan Model Wetland 1 didapatkan jumlah reduksi pencemaran. Jumlah reduksi pencemaran mengalami fluktuasi seperti hasil di atas, jumlah reduksi pencemaran terbesar terjadi pada percobaan 2 sebesar 2,38 mg/l dan terkecil pada percobaan 5 sebesar 0,18 mg/l. Fluktuasi ini dipengaruhi oleh peningambilan air sungai dengan debit air rata-rata 0,084 l/dt. Dari grafik model Wetland 1 menunjukkan bahwa kadar NO<sub>3</sub>-N berada pada kelas I.



**Gambar 5.1. Perbandingan Nitrat (NO<sub>3</sub>-N) pada Model Wetland 2 dengan Tukad Badung**

Sumber: Hasil Perhitungan 2016

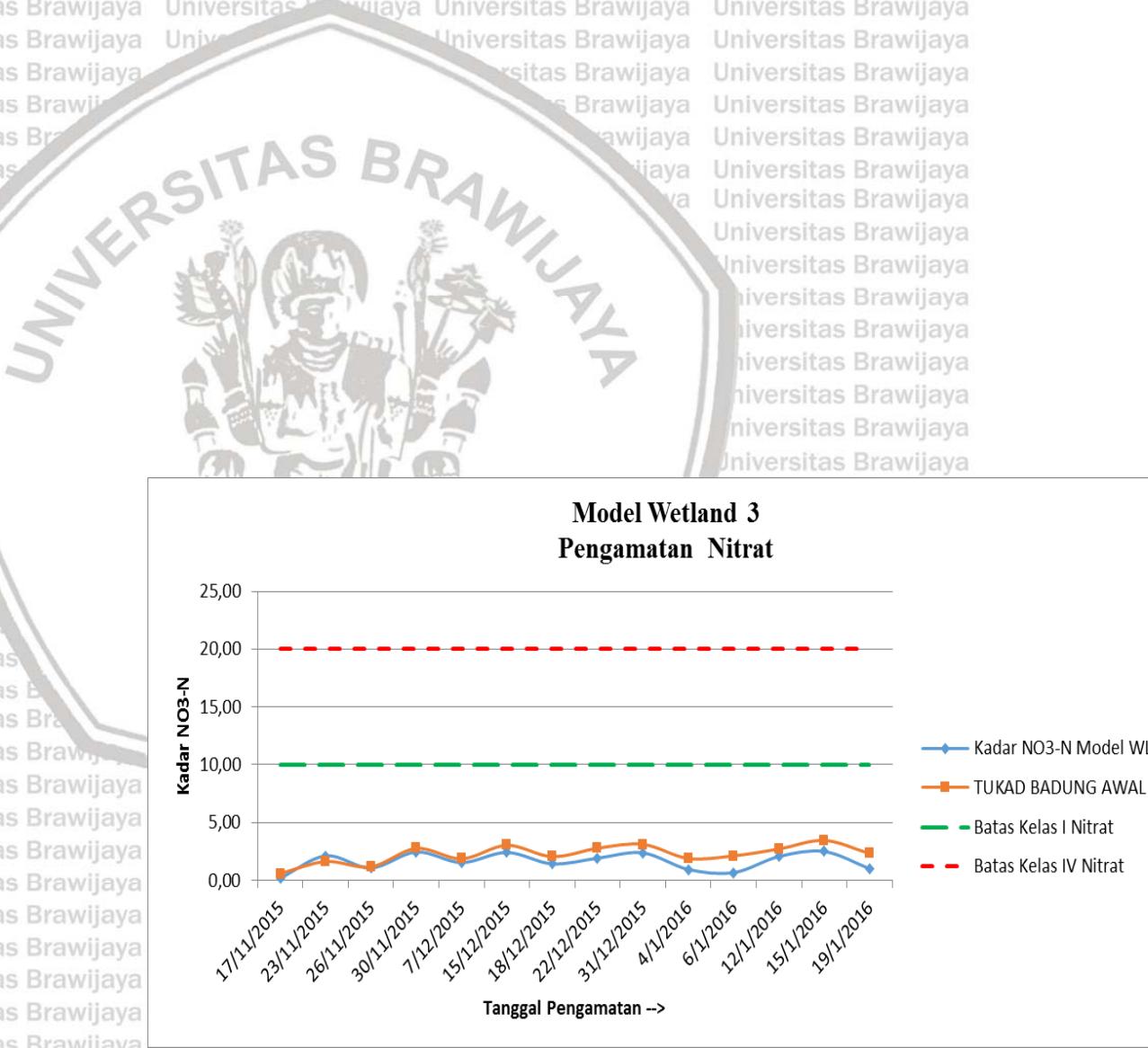


Table 5.23. Nitrat (NO<sub>3</sub>-N) pada Model Wetland 2

No.	Lahan	Percolation K <sub>e</sub> - Untuk NO <sub>3</sub> -N)														
		17/11/2015	23/11/2015	26/11/2015	30/11/2015	7/12/2015	15/12/2015	18/12/2015	22/12/2015	31/12/2015	4/1/2016	6/1/2016	12/1/2016	15/1/2016	19/1/2016	
Model Wetland 2	Sediment Terpasir Dmp	0,14	1,32	1,99	2,67	3,35	2,42	1,18	2,58	1,26	0,79	1,33	1,99	1,64	1,24	
Reakt	Surface terpasir Terpal	0,09	1,70	1,85	1,33	0,27	2,34	1,18	2,83	2,36	1,42	1,51	1,81	1,95	1,42	
TURAD BADUNG AWAL	Jumlah Reduksi Penetrasi	0,59	1,63	1,51	1,92	2,00	1,81	2,38	1,18	2,71	1,81	1,10	1,42	1,90	1,80	1,33
	Jumlah Reduksi Penetrasi	0,47	0,12	0,75	0,77	0,06	0,65	0,88	0,07	1,21	0,79	0,70	0,82	1,66	0,99	2,32

Summer: Hasil Pengukuran 2016

Model Wetland 2 menupakkan Model Wetland yang menerapkan kombinasi sistem aliran subsurface dan surface dengan vegetasi berbeda. Hasil pengujian nitrat pada Model Wetland 2 yang dilakukan sebanyak 14 kali percobaan, dilakukan perbandingan antara hasil nilai nitrat pada Tuakad Badung awal dengan Model Wetland 2 didapatkan jumlah reduksi penetrasi penetrasi berbeda. Hasil pengujian nitrat pada Model Wetland 2 menunjukkan kadar NO<sub>3</sub>-N berasa pada mg/L dan terkecil pada percobaan 5 sebesar 0,06 mg/L. Dari grafik model Wetland 2 menunjukkan bahwa kadar NO<sub>3</sub>-N berasa pada penetrasi mengejali fluktiasi seperti hasil di atas, jumlah reduksi penetrasi terbesar terjadi pada percobaan 13 sebesar 1,66 mg/L dan terkecil pada percobaan 5 sebesar 0,06 mg/L. Dari grafik model Wetland 2 menunjukkan bahwa kadar NO<sub>3</sub>-N berasa pada kelas I.



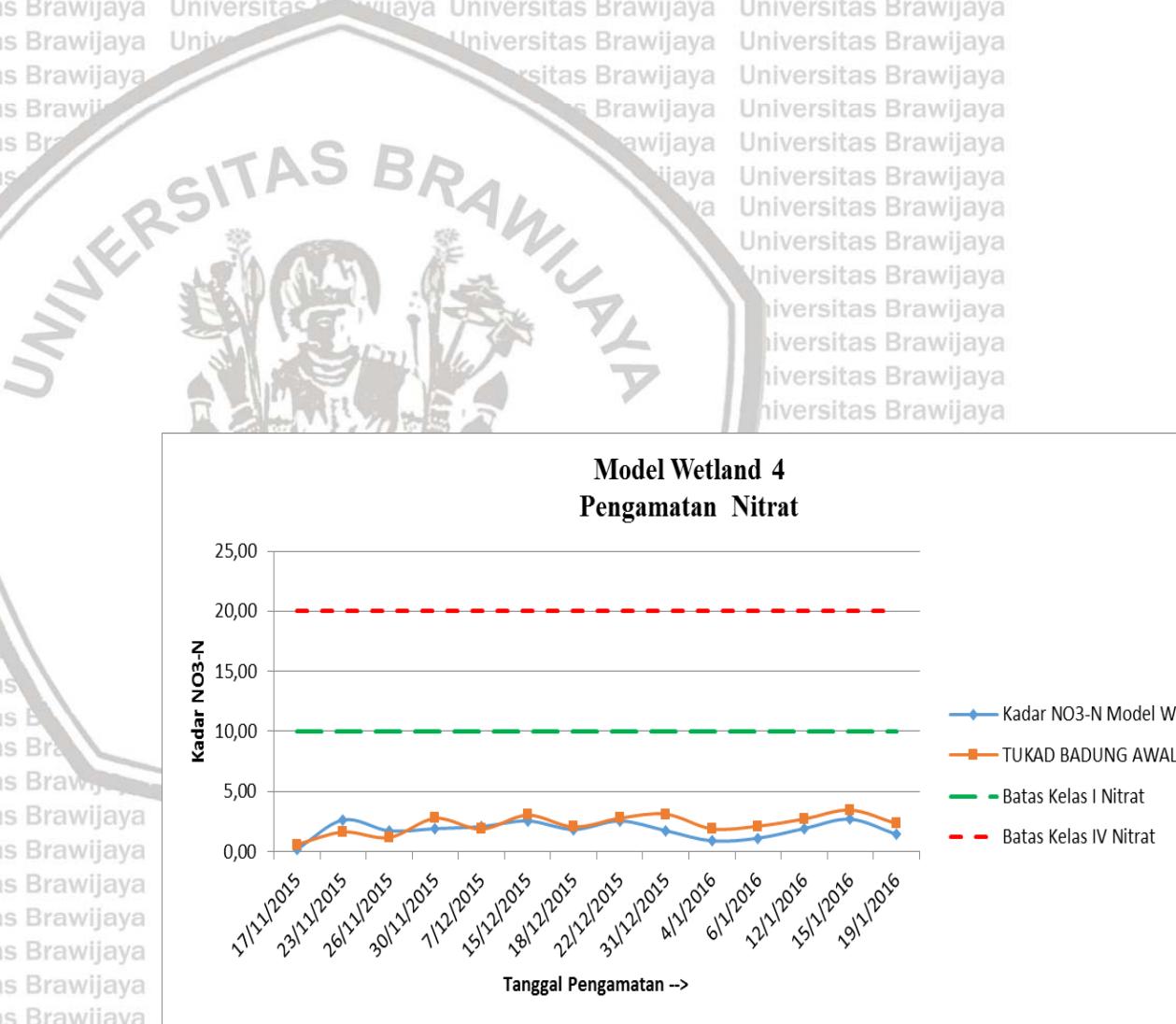
**Gambar 5.1. Perbandingan Nitrat (NO<sub>3</sub>-N) pada Model Wetland 3 dengan Tukad Badung**  
Sumber: Hasil Perhitungan 2016

No.	Lahan	Percobaan ke - (Unit Florida (lon F))														
		17/11/2015	23/11/2015	26/11/2015	30/11/2015	7/12/2015	15/12/2015	18/12/2015	22/12/2015	3/1/2016	4/1/2016	6/1/2016	12/1/2016	15/1/2016	19/1/2016	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
<b>Model Wetland 3</b>																
<b>Substrate tembak vegetasii</b>																
<b>Struktur vegetasi Tembakai</b>																
<b>Rantai</b>																
<b>TUKAD BADUNG AWAL</b>																
<b>Jumlah Reduktif Penetrasi</b>																
		0,41	0,50	0,50	0,51	0,53	0,52	0,52	0,56	0,56	0,74	0,95	1,15	0,65	0,96	1,31

Sumber: Hasil Pengukuran 2016

Hasil pengujian florida pada Model Wetland 3 yang dilakukan sebanyak 14 kali percobaan, dilakukan perbandingan antara hasil nilai nitrat pada Tukad Badung awal dengan Model Wetland 3 didapatkan jumlah reduksi pencemaran. Jumlah reduksi pencemaran mengalami fluktuasi seperti hasil di atas, jumlah reduksi pencemaran terbesar terjadi pada percobaan 11 sebesar 1,45 mg/l dan terkecil pada percobaan 3 sebesar 0,10 mg/l. Dari grafik model Wetland 3 menunjukkan bahwa kadar NO3-N berada pada kelas I.





**Gambar 5.1. Perbandingan Nitrat (NO<sub>3</sub>-N) pada Model Wetland 4 dengan Tukad Badung**  
Sumber: Hasil Perhitungan 2016

No.	Lahan	Percoobaan K <sub>Fe</sub> - (titik Fluorida (Jmf))													
		17/11/2015	23/11/2015	26/11/2015	30/11/2015	7/12/2015	15/12/2015	18/12/2015	22/12/2015	31/12/2015	4/1/2016	6/1/2016	12/1/2016	15/1/2016	19/1/2016
Model Wetland 4															
Surface vegeta Dieng	0,18	2,28	1,69	1,38	1,77	2,63	1,40	2,94	1,58	0,92	1,33	1,93	2,76	1,48	
Surface vegeta Tertai	0,17	2,98	1,76	2,44	2,39	2,47	2,28	2,16	1,90	0,86	0,91	1,91	2,63	1,39	
Retata	0,18	2,63	1,73	1,91	2,08	2,55	1,84	2,55	1,74	0,89	1,12	1,92	2,69	1,43	
TRKAD BADUNG AWAL	0,59	1,63	1,17	2,76	1,87	3,03	2,05	2,78	3,12	1,89	2,12	2,71	3,45	2,32	
Jumlah Redaksi Penemaran	0,41	1,00	0,56	0,85	0,56	0,21	0,48	0,21	0,23	1,38	1,00	0,79	0,76	0,88	

Number: Hasil Pengukuran 2016

Model Wetland 4 merupakan satu-satunya Model Wetland yang hanya menggunakan sistem airtan permukaan (surface) dengan vegetasi. Hasil pengujian nitrat pada Model Wetland 4 yang dilakukan sebanyak 14 kali percobaan, dilakukan perbandingan antara hasil perlakuan nitrat pada Model Wetland 4 yang dilakukan sebanyak 14 kali percobaan, dilakukan perbandingan antara hasil perlakuan nitrat pada Model Wetland 4 yang dilakukan sebanyak 14 kali percobaan. Jumlah reduksi penemaran memiliki fluoresensi pada Tuakad Badung awal dengan Model Wetland 3 didapatkan jumlah reduksi penemaran. Jumlah reduksi hasil perlakuan nitrat pada Model Wetland 4 yang dilakukan sebanyak 14 kali percobaan, dilakukan perbandingan antara perlakuan nitrat seperti hasil di atas, jumlah reduksi penemaran tersebut terjadi pada percobaan 9 sebesar 1,38 mg/l penemaran mengalami fluktuasi seperti hasil di atas, jumlah reduksi penemaran tersebut terjadi pada percobaan 9 sebesar 1,38 mg/l dan terkecil pada percobaan 7 sebesar 0,21 mg/l. Dari grafik model Wetland 4 menunjukkan bahwa kader NO<sub>3</sub>-N berada pada kelas I.

 Table 5.25. Nitrat (NO<sub>3</sub>-N) Pada Model Wetland 4

**Tabel 5.26. Tabel Rekap Nitrat (NO<sub>3</sub>-N)**

No.	Lahan	Percobaan Ke - (Nitrat (NO <sub>3</sub> -N))														Jumlah
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
		17/11/2015	23/11/2015	26/11/2015	30/11/2015	7/12/2015	15/12/2015	18/12/2015	22/12/2015	31/12/2015	4/1/2016	6/1/2016	12/1/2016	15/1/2016	19/1/2016	
1	Model Wetland 1															
	Subsurface tanpa vegetasi	0.14	1.21	2.17	1.54	2.22	2.87	1.61	2.76	1.91	1.35	1.51	1.32	0.93	1.31	
	Surface vegetasi Teratai	0.13	8.88	2.40	0.98	0.332	2.50	1.16	1.87	1.78	1.34	1.60	1.84	3.01	1.71	
	Surface vegetasi Dlingo	0.13	1.92	3.02	2.40	2.52	1.62	1.34	2.96	1.61	1.48	1.43	1.77	2.97	1.29	
	Rerata	0.13	4.00	2.53	1.64	2.37	2.33	1.37	2.53	1.76	1.39	1.51	1.64	2.30	1.44	26.96
2	Model Wetland 2															
	Subsurface vegetasi Dlingo	0.14	1.32	1.99	2.67	3.35	2.42	1.18	2.58	1.26	0.79	1.33	1.99	1.64	1.24	
	Surface vegetasi Teratai	0.09	1.70	1.85	1.33	0.27	2.34	1.18	2.83	2.36	1.42	1.51	1.81	1.95	1.42	
	Rerata	0.11	1.51	1.92	2.00	1.81	2.38	1.18	2.71	1.81	1.10	1.42	1.90	1.80	1.33	22.96
3	Model Wetland 3															
	Subsurface tanpa vegetasi	0.18	1.56	1.05	2.15	2.27	2.42	1.23	2.26	2.73	1.17	1.01	2.01	3.03	1.07	
	Surface vegetasi dan Teratai	0.18	2.69	1.09	2.76	0.81	2.42	1.62	1.57	2.02	0.72	0.33	2.12	1.95	0.95	
	Rerata	0.18	2.12	1.07	2.45	1.54	2.42	1.43	1.92	2.37	0.94	0.67	2.06	2.49	1.01	22.68
4	Model Wetland 4															
	Surface vegetasi Dlingo	0.18	2.28	1.69	1.38	1.77	2.63	1.40	2.94	1.58	0.92	1.33	1.93	2.76	1.48	
	Surface vegetasi Teratai	0.17	2.98	1.76	2.44	2.39	2.47	2.28	2.16	1.90	0.86	0.91	1.91	2.63	1.39	
	Rerata	0.18	2.63	1.73	1.91	2.08	2.55	1.84	2.53	1.74	0.89	1.12	1.92	2.69	1.43	25.26
5	TUKAD BADUNG AWAL	0.59	1.63	1.17	2.76	1.87	3.03	2.05	2.78	3.12	1.89	2.12	2.71	3.45	2.32	31.48

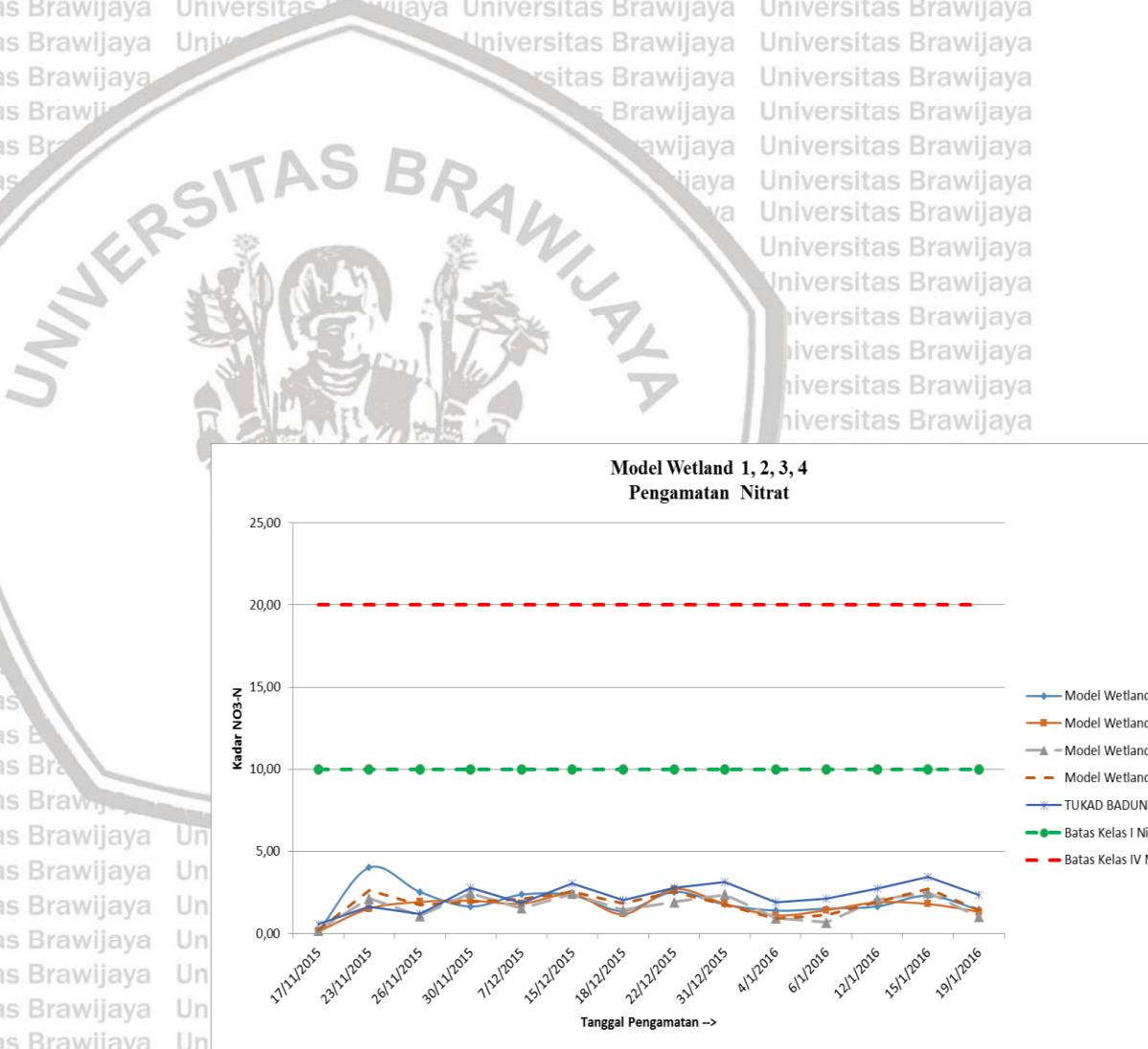
*Sumber: Hasil Pengukuran 2016*

Hasil rekap parameter nitrat dari keempat variasi Model *Wetland* didapatkan hasil seperti tabel di atas. Jumlah pengujian nitrat pada Tukad Badung awal yang dilakukan sebanyak 14 kali percobaan adalah 31,48 mg/l. Jumlah pengujian nitrat pada masing-masing Model *Wetland* menunjukkan nilai yang berbeda, Model *Wetland* 3 memiliki total rerata nitrat terkecil dibandingkan Model *Wetland* lainnya yaitu 22,68 mg/l. Hal ini menunjukkan bahwa kombinasi dua sistem aliran *subsurface* dan *surface* lebih bagus dibandingkan menggunakan satu sistem aliran, terlihat pada hasil Model *Wetland* 3 dan Model *Wetland* 4. Sistem aliran *surface* yang bagus adalah menggunakan kombinasi dua jenis vegetasi yang dibuktikan oleh Model *Wetland* 3 dibandingkan Model *Wetland* 1. Pada tabel di atas Model *Wetland* 3 mengurangi parameter nitrat sebesar 8,807 mg/l dari kondisi Tukad Badung awal.

**Table 5.27. Tabel Rekap Hasil Kelas Bakau Mutu Nitrat (NO<sub>3</sub>-N)**

No.	Lahan	Percobaan Ke - (Nitrat (NO <sub>3</sub> -N))														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
1	TURD BADUNG AWAL	17/11/2015	23/11/2015	26/11/2015	30/11/2015	7/12/2015	15/12/2015	18/12/2015	22/12/2015	31/12/2015	4/1/2016	6/1/2016	12/1/2016	15/1/2016	19/1/2016	
2	Model Wetland 1	Kelas I /II	Kelas I /II	Kelas I /II	Kelas I /II	Kelas I /II	Kelas I /II	Kelas I /II	Kelas I /II	Kelas I /II	Kelas I /II	Kelas I /II	Kelas I /II	Kelas I /II	Kelas I /II	
3	Rerata	0,11	1,51	1,92	2,00	1,81	2,38	1,18	2,71	1,81	1,10	1,42	1,90	1,80	1,33	
4	Model Wetland 3	Kelas Bakau Mutu	0,18	2,12	1,07	2,45	1,54	2,42	1,43	1,92	2,37	0,94	0,67	2,06	2,49	1,01
5	Rerata	Kelas Bakau Mutu	Model Wetland 4	Kelas Bakau Mutu	Kelas I /II											
6	Kelas Bakau Mutu	0,18	2,63	1,73	1,91	2,08	2,55	1,84	2,55	1,74	0,89	1,12	1,92	2,69	1,43	

Number: Hasil Pengukuran 2016



**Gambar 5.2. Perbandingan Nitrat (NO<sub>3</sub>-N) pada Semua Model Wetland dengan Tukad Badung**

Sumber: Hasil Perhitungan 2016

## **Sesuai Peraturan Gubernur Bali No.8 Tahun 2007**

Baku Mutu Air Kelas :

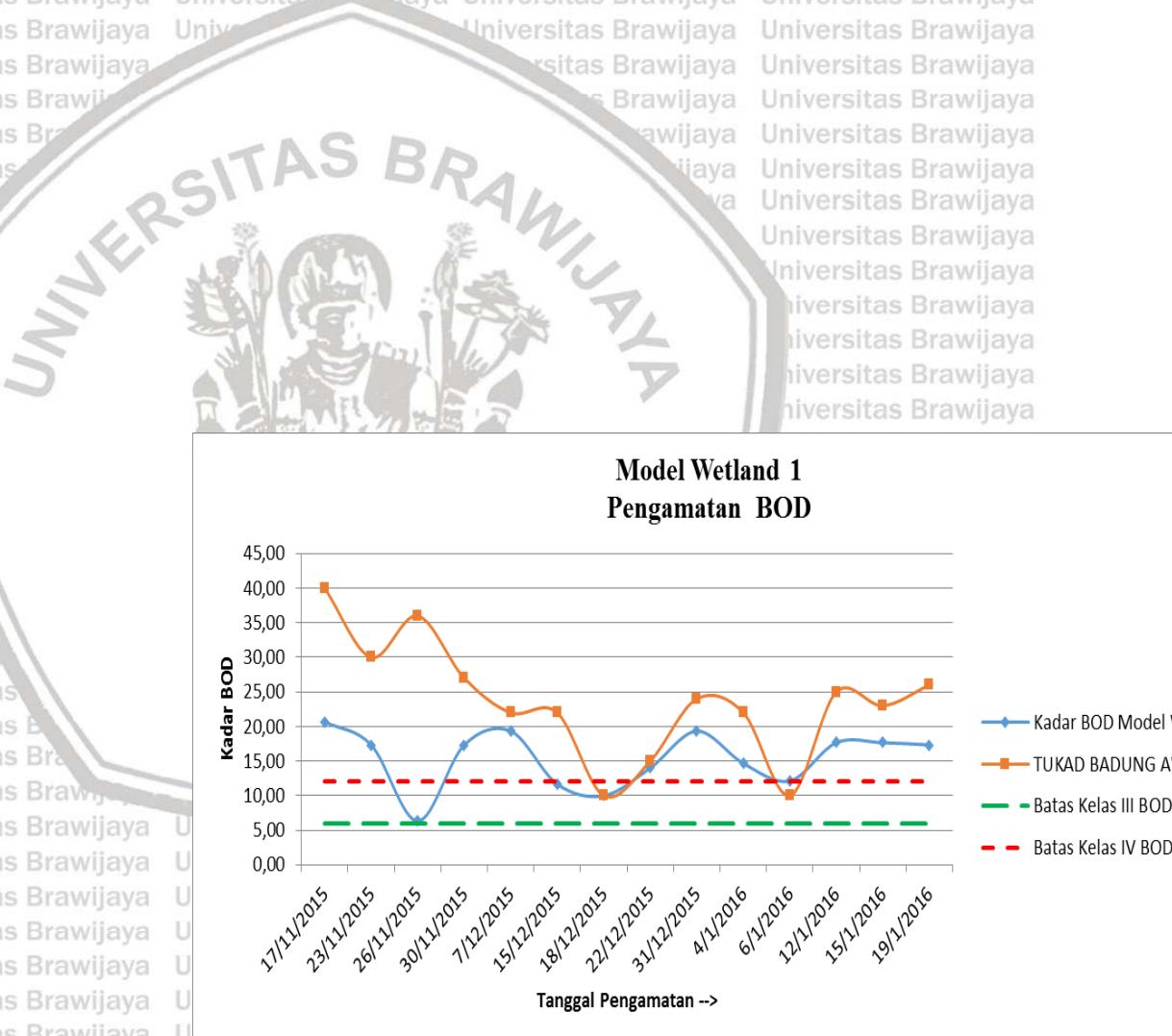
- I = 10 : air yang diperuntukannya dapat digunakan untuk air baku, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- II = 10: air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertamanan, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- III = 20: air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertamanan dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- IV = 20 : air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertamanan dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Nitrat adalah bentuk utama nitrogen di perairan alami dan merupakan nutrient utama bagi pertumbuhan tanaman dan algae. Nitrat sangat mudah larut dalam air dan bersifat stabil.

Masuknya nitrat dalam badan sungai disebabkan oleh manusia yang membuang kotoran dalam air sungai, juga karena pembusukan sisa tanaman dan hewan, pembuangan industri, dan kotoran hewan. Nitrat menyebabkan kualitas air menurun, menurunkan oksigen terlarut, penurunan populasi ikan, bau busuk dan rasa tidak enak.

Percobaan Model *Wetland* lahan basah dengan 4 (empat) alternatif menunjukkan bahwa kadar nitrat tidak jauh berbeda dengan kondisi eksisting pada Tukad Badung awal, yakni berada pada kelas I dan kelas II.





**Gambar 5.1. Perbandingan BOD Pada Model Wetland 1 dengan Tukad Badung**  
Sumber: Hasil Perhitungan 2016

Table 5.28. BOD Pada Model Wetland 1

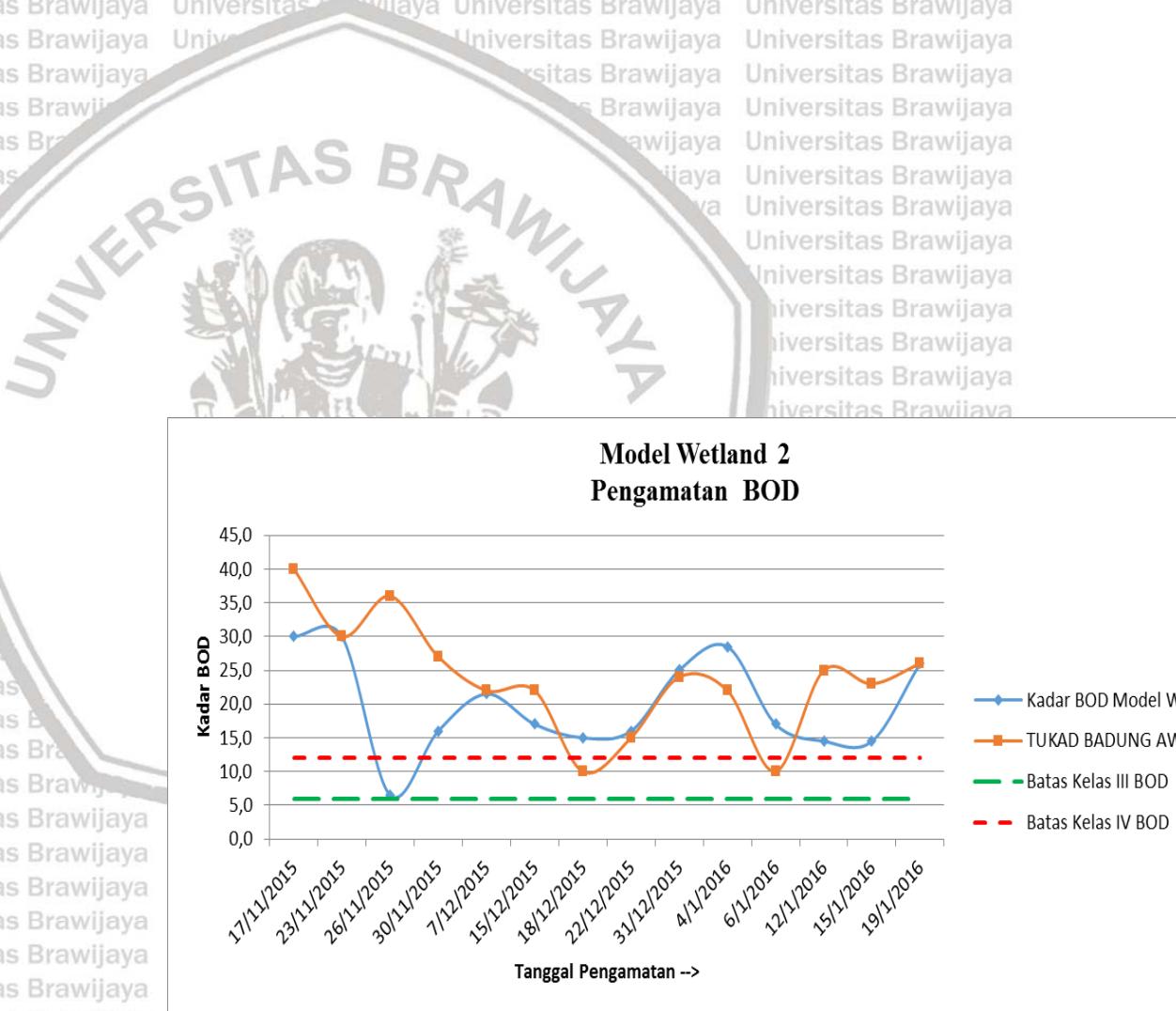
No.	Lahan	Percoaban Ke - (unit BOD)													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Model Wetland 1		17/112015	23/112015	26/11/2015	30/11/2015	7/12/2015	15/12/2015	18/12/2015	22/12/2015	31/12/2015	4/1/2016	6/1/2016	12/1/2016	15/1/2016	19/1/2016
Substrate tipa vegetasi		18	12	7	12	24	15	10	10	24	23	12.4	14	23	23
Surface vegetasi Tepati		18	16	6	20	14	12	10	12	18	14	12	15	18	13
Surface vegetasi Dlingo		26	24	6	20	20	8	10	20	16	7	12	24	12	16
Petalai		20,67	17,33	6,33	17,33	19,33	11,67	10,00	14,00	19,33	14,67	12,13	17,67	17,33	
TURKAD BADUNG GAWAL		40,00	30,00	36,00	27,00	22,00	10,00	15,00	24,00	22,00	10,00	25,00	23,00	26,00	
Jumlah Reduktif Penetrasi		19,33	12,67	29,67	9,67	2,67	10,33	0,00	1,00	4,67	7,33	2,13	7,33	5,33	8,67
Dari hasil pengujian BOD pada Model Wetland 1 yang dilakukan sebanyak 14 kali percobaan, dilakukan perbandingan antara hasil nilai BOD pada Tuakad Badung awal dengan Model Wetland 1 didapatkan jumlah reduksi pencemaran. Jumlah reduksi pencemaran mengalami fluktuasi seperti hasil di atas, jumlah reduksi pencemaran terbesar terjadi pada percobaan 3 sebesar 29,67 mg/l dan terkecil pada percobaan 7 sebesar 0 mg/l. Fluktuasi ini dipengaruhi oleh penambalan air sungai dengan debit air rata-rata 0,084 l/dt. Grafik model Wetland 1 menunjukkan bahwa pada percobaan 3 kelas bakteri mutu air meningkat menjadi kelas III dengan nilai 6,33 mg/l.															

Sumber: Hasil Pengukuran 2016

Dari hasil pengujian BOD pada Model Wetland 1 yang dilakukan sebanyak 14 kali percobaan, dilakukan perbandingan antara hasil nilai BOD pada Tuakad Badung awal dengan Model Wetland 1 didapatkan jumlah reduksi pencemaran. Jumlah reduksi pencemaran mengalami fluktuasi seperti hasil di atas, jumlah reduksi pencemaran terbesar terjadi pada percobaan 3 sebesar 29,67 mg/l dan terkecil pada percobaan 7 sebesar 0 mg/l. Fluktuasi ini dipengaruhi oleh penambalan air sungai dengan debit air rata-rata 0,084 l/dt. Grafik model Wetland 1 menunjukkan bahwa pada percobaan 3 kelas bakteri mutu air meningkat menjadi kelas III dengan nilai 6,33 mg/l.

Menurut data yang dilakukan oleh peneliti pada percobaan 3 kelas bakteri mutu air meningkat menjadi kelas III dengan nilai 6,33 mg/l.

Menurut data yang dilakukan oleh peneliti pada percobaan 3 kelas bakteri mutu air meningkat menjadi kelas III dengan nilai 6,33 mg/l.



**Gambar 5.1. Perbandingan BOD pada Model Wetland 2 dengan Tukad Badung**

Sumber: Hasil Perhitungan 2016

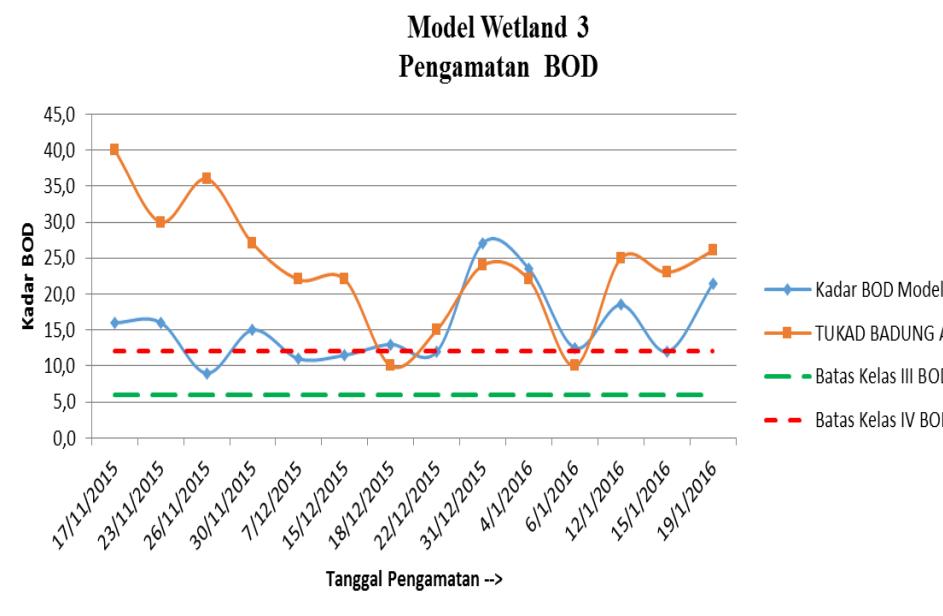
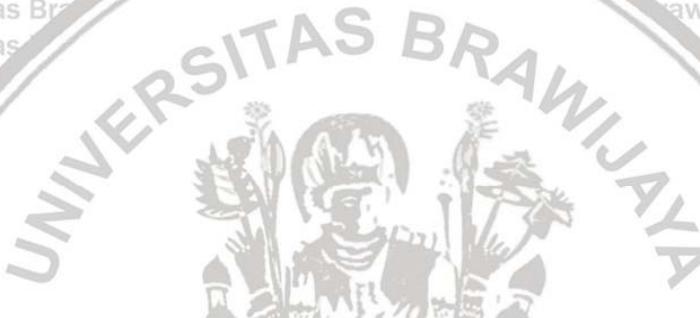


Model Wetland 2 merupakan Model Wetland yang menggunakan kombinasi sistem airtan subsurface dan surface dengan vegetasi yang berbeda. Hasil pengujian BOD pada Model Wetland 2 yang dilakukan sebanyak 14 kali percobaan, dilakukan perbandingan antara hasil nilai BOD pada Tukad Badung awal dengan Model Wetland 2 didapatkan jumlah reduksi pencemaran antara hasil nilai BOD pada Tukad Badung awal dengan Model Wetland 2 didapatkan jumlah reduksi pencemaran yang besar 29,5 mg/l dan terkecil pada percobaan 2 sebesar 0 mg/l Grafik model Wetland 2 menunjukkan bahwa pada mutu air meningkat menjadi kelas III dengan nilai 6,50 mg/l

Sumber: Hasil Pengukuran 2016

No.	Lahan	Percobaan ke - (Nilai BOD)														
		17/12/2015	23/12/2015	26/12/2015	30/12/2015	7/1/2016	13/1/2016	18/1/2016	22/1/2016	28/1/2016	3/2/2016	10/2/2016	14/2/2016	21/2/2016	25/2/2016	19/3/2016
Model Wetland 2	Sedotan vegetasi Dinas	50,0	48,0	6,0	20,0	24,0	16,0	14,0	20,0	34,0	38,0	6,0	14,0	15,0	36,0	16,0
Rata-rata	Tukad Badung AWAL	30,0	30,0	6,5	16,0	19,0	12,0	16,0	12,0	19,0	28,0	12,0	14,0	15,0	36,0	16,0
Timbangan Penempatan	100	100	0,0	29,5	11,0	0,5	3,0	5,0	1,0	1,0	6,5	7,0	10,5	8,5	0,0	26,0

Tabel 5.29. BOD Pada Model Wetland 2

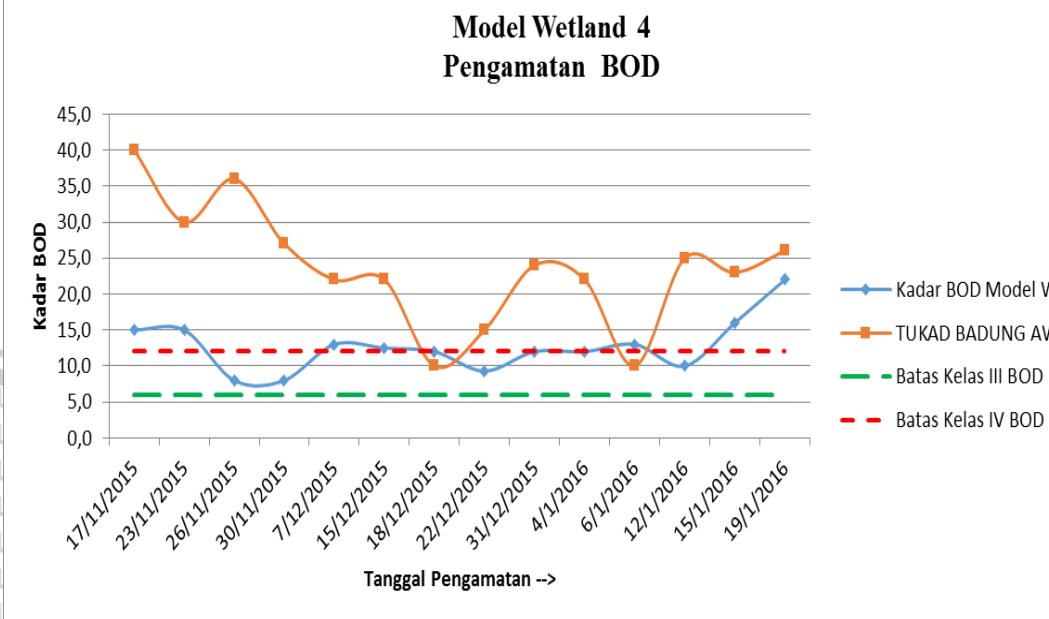


**Gambar 5.1. Perbandingan BOD pada Model Wetland 3 dengan Tukad Badung**  
Sumber: Hasil Perhitungan 2016

Hasil pengujian BOD pada Model Wedland 3 yang dilakukan sebanyak 14 kali percobaan, dilakukan perbandingan antara hasil nilai BOD pada Tukad Bandung awal dengan Model Wedland 3 didapatkan jumlah reduksi pencemaran. Jumlah reduksi pencemaran mengalami fluktuasi seperti hasil diatas, jumlah reduksi pencemaran terbesar terjadi pada percobaan 3 sebesar 27 mg/l dan terkecil pada percobaan 10 sebesar 1,5 mg/l. Grafik model Wedland 3 menunjukkan bahwa pada percobaan 3 kelas baku mutu air meningkat menjadi kelas III dengan nilai 9,0 mg/l.

No.	Lahan	Percobaan ke - (unit BOD)														Number: Hasil Pengukuran 2016
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
	Model Wedland 3	17/1/2015	23/1/2015	26/1/2015	30/1/2015	7/2/2015	13/2/2015	18/2/2015	23/2/2015	3/3/2015	8/3/2016	13/3/2016	18/3/2016	23/3/2016	28/3/2016	
	Substrate vegetasi Terasi	30	18,1	12	12	14	15	12	12	42,2	32	10	15	12	20	
	Terasi	12	14	6	18	8	8	14	12	12	12	15	15	22	12	
	TUKAD BANDUNG AWAL	16,0	16,1	9,0	15,0	11,0	11,5	13,0	12,0	27,1	23,5	12,5	18,5	12,0	21,5	
	Rata-Rata Reduktasi Pencemaran	40,0	30,0	36,0	30,0	27,0	22,0	22,0	10,0	15,0	24,0	22,0	10,0	25,0	23,0	26,0
3		24,0	14,0	22,0	12,0	11,0	10,5	3,0	3,0	3,0	1,1	1,5	2,5	6,5	11,0	4,5

Tabel 5.30. BOD Pada Model Wedland 3



**Gambar 5.1. Perbandingan BOD pada Model Wetland 4 dengan Tukad Badung**  
Sumber: Hasil Perhitungan 2016



Model Wedland 4 merupakan satu-satunya Model Wedland yang hanya menggunakan sistem aliran permukaan (surface) dengan vegetasi. Hasil pengujian BOD pada Model 4 yang dilakukan sebanyak 14 kali percobaan, dilakukan perbandingan antara hasil nilai BOD pada Tukad Badung awal dengan nilai model Wedland 3 didapatkan jumlah reduksi pemencaman yang sangat besar yaitu sebesar 95%. Pada percobaan 12 dan 14, jumlah reduksi pada percobaan 12 sebesar 25 mg/l dan pada percobaan 14 sebesar 27 mg/l. Grafik model Wedland 4 menunjukkan bahwa pada percobaan 3 kelas baku mutu air meningkat menjadi kelas III dengan nilai 8,0 mg/l.

No	Lam	Pecahan Kec. (Unit BOD)												Number: Hasil Pengukuran 2016	
		17/11/2015	23/11/2015	26/11/2015	30/11/2015	7/12/2015	15/12/2015	21/12/2015	18/12/2015	25/12/2015	31/12/2015	4/1/2016	6/1/2016	12/1/2016	15/1/2016
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
Model Wedland +															
Surface vegetasi Dlingo	10	12	8	8	14	15	12	8,6	12	11	10	10	18	28	
Surface vegetasi Terasa	20	18	8	8	12	10	12	10	12	13	16	10	14	16	
Rata	15,0	15,0	8,0	8,0	13,0	12,5	12,0	9,3	12,0	12,0	13,0	10,0	16,0	22,0	
TUKAD BADUNG AWAL	40,0	30,0	36,0	27,0	22,0	10,0	15,0	22,0	24,0	22,0	10,0	25,0	23,0	26,0	
Model Wedland Penerjemah	25,0	15,0	28,0	19,0	9,0	9,5	2,0	5,7	12,0	10,0	3,0	15,0	7,0	10	

Tabel 5.31. BOD Pada Model Wedland 4

**Tabel 5.32. Tabel Rekap BOD**

No.	Lahan	Percobaan Ke - (untuk BOD)														Jumlah
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
		17/11/2015	23/11/2015	26/11/2015	30/11/2015	7/12/2015	15/12/2015	18/12/2015	22/12/2015	31/12/2015	4/1/2016	6/1/2016	12/1/2016	15/1/2016	19/1/2016	
1	Model Wetland 1															215,47
		Subsurface tanpa vegetasi	18	12	7	12	24	15	10	10	24	23	12,4	14	23	23
		Surface vegetasi Teratai	18	16	6	20	14	12	10	12	18	14	12	15	18	13
		Surface vegetasi Dlingo	26	24	6	20	20	8	10	20	16	7	12	24	12	16
		Rerata	20,67	17,33	6,33	17,33	19,33	11,67	10,00	14,00	19,33	14,67	12,13	17,67	17,67	17,33
2	Model Wetland 2															277,5
		Subsurface vegetasi Dlingo	50,0	48,0	6,0	20,0	24,0	16,0	14,0	20,0	34,0	38,0	6,0	14,0	15,0	36,0
		Surface vegetasi Teratai	10,0	12,0	7,0	12,0	19,0	18,0	16,0	12,0	16,0	19,0	28,0	15,0	14,0	16,0
		Rerata	30,0	30,0	6,5	16,0	21,5	17,0	15,0	16,0	25,0	28,5	17,0	14,5	14,5	26,0
3	Model Wetland 3															218,7
		Subsurface tanpa vegetasi	20	18,1	12	12	14	15	12	12	42,2	32	10	15	12	20
		Surface vegetasi Teratai	12	14	6	18	8	8	14	12	12	15	15	22	12	23
		Rerata	16,0	16,1	9,0	15,0	11,0	11,5	13,0	12,0	27,1	23,5	12,5	18,5	12,0	21,5
4	Model Wetland 4															177,8
		Surface vegetasi Dlingo	10	12	8	8	14	15	12	8,6	12	11	10	10	18	28
		Surface vegetasi Teratai	20	18	8	8	12	10	12	10	12	13	16	10	14	16
		Rerata	15,0	15,0	8,0	8,0	13,0	12,5	12,0	9,3	12,0	12,0	13,0	10,0	16,0	22,0
5	TUKAD BADUNG AWAL		40,0	30,0	36,0	27,0	22,0	22,0	10,0	15,0	24,0	22,0	10,0	25,0	23,0	26,0
																332,0

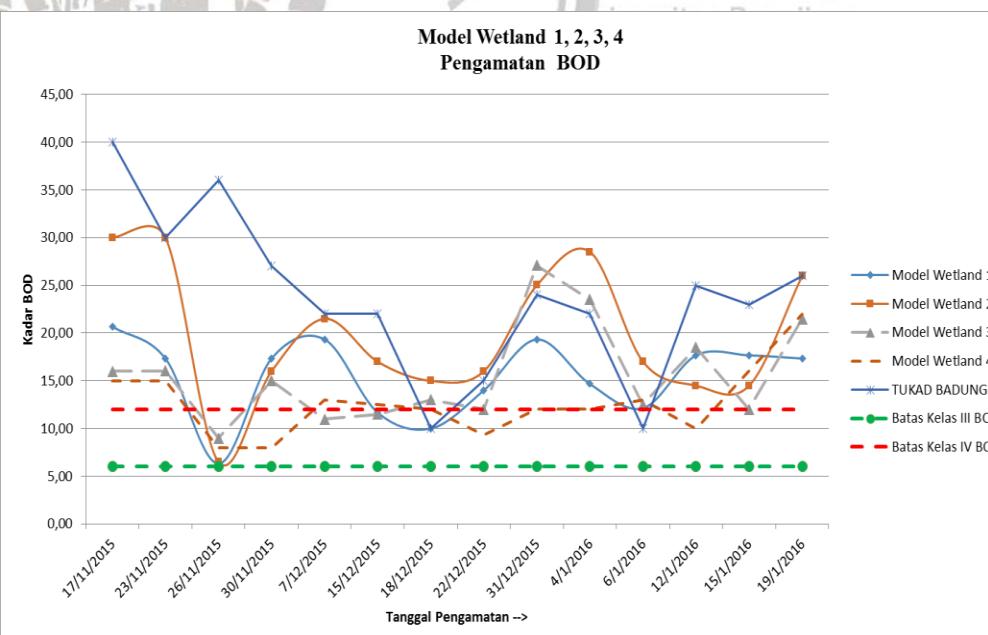
*Sumber: Hasil Pengukuran 2016*

Hasil rekap parameter BOD dari keempat variasi Model *Wetland* dipapatkan hasil seperti tabel di atas. Jumlah pengujian BOD pada Tukad Badung awal yang dilakukan sebanyak 14 kali percobaan adalah 332 mg/l. Jumlah pengujian BOD pada masing-masing Model *Wetland* menunjukkan nilai yang berbeda, Model *Wetland 4* memiliki total rerata BOD terkecil dibandingkan Model *Wetland* lainnya yaitu 117,8 mg/l. Hal ini menunjukkan bahwa satu sistem aliran surface lebih bagus dibandingkan menggunakan dua sistem aliran, terlihat pada hasil Model *Wetland 4*. Sistem aliran surface yang bagus adalah menggunakan kombinasi satu jenis vegetasi yang dibuktikan oleh Model *Wetland 4* dibandingkan Model *Wetland 1*. Pada tabel diatas Model *Wetland 4* mengurangi parameter BOD sebesar 154,2 mg/l dari kondisi Tukad Badung awal.

**Table 5.33. Tabel Rekap Hasil Kelas Baku Mutu BOD**

No.	Lain	Pecahan Kel - (mutu BOD)													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	TURAD BADUNG AWAL	1111/2015	1311/2015	1611/2015	3011/2015	1122/2015	1512/2015	1812/2015	2212/2015	3112/2015	4112/2016	6112/2016	1212/2016	1512/2016	1912/2016
2	Kelas Baku Mutu	Kebs.IV	Kebs.IV	Kebs.IV	Kebs.IV	Kebs.IV	Kebs.IV	Kebs.IV	Kebs.IV	Kebs.IV	Kebs.IV	Kebs.IV	Kebs.IV	Kebs.IV	Kebs.IV
3	ModelWeekend 2	1,15	0,65	0,78	0,93	0,76	0,37	0,70	0,92	0,43	0,65	0,96	0,78	0,96	0,84
4	Reka	Kebs.Baku Mutu	Kebs.IV												
5	ModelWeekend 3	1,12	0,8	0,8	0,8	0,8	0,6	0,5	0,7	1,2	0,6	0,7	1,0	1,0	0,9
6	Reka	Kebs.Baku Mutu	Kebs.IV												
7	ModelWeekend 4	1,14	0,8	0,7	0,7	0,9	0,6	0,7	1,2	0,6	0,9	0,4	1,1	0,9	0,8
8	Reka	Kebs.Baku Mutu	Kebs.IV												

Sumber: Hasil Pengukuran 2016



**Gambar 5.2. Perbandingan BOD pada Semua Model Wetland dengan Tukad Badung**  
*Sumber: Hasil Perhitungan 2016*

Menurut Supradata (2005), Bahwa penurunan konsentrasi BOD dalam Model *Wetland* terjadi karena adanya mekanisme aktivitas mikroorganisme dan tanaman, melalui proses oksidasi bakteri aerob yang tumbuh disekitar rhizosphere tanaman.. Menurut Vacca (2005), Mekanisme penurunan biologi terjadi karena aktivitas mikrobiologi di akar. Akar tanaman meningkatkan kepadatan dan aktivitas mikroba yang disediakan oleh permukaan akar untuk pertumbuhan mikroba ( Vymazal 2008).

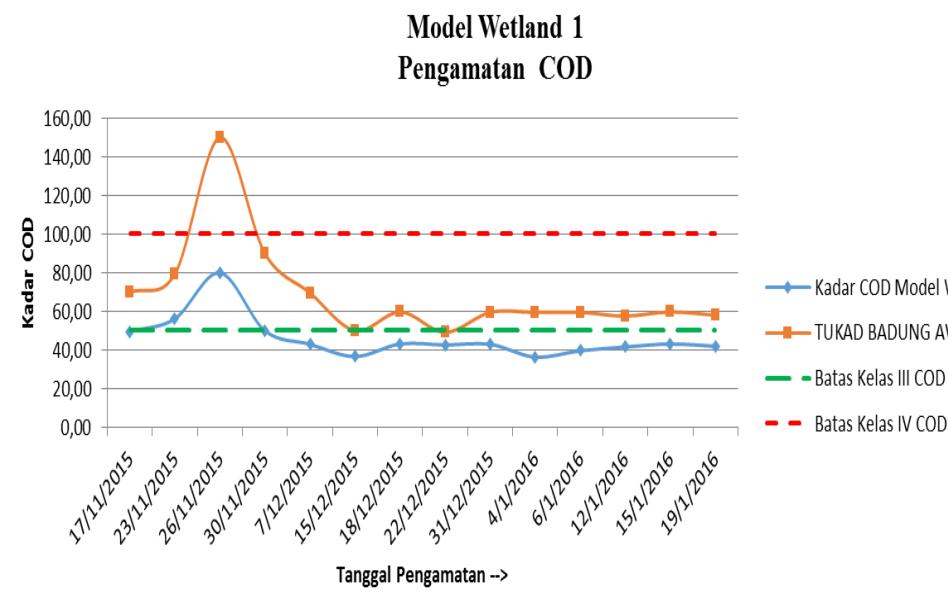
### **Sesuai Peraturan Gubernur Bali No.8 Tahun 2007**

Baku Mutu Air Kelas :

- I = 2 : air yang diperuntukannya dapat digunakan untuk air baku, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- II = 3 : air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertamanan, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut
- III = 6 : air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertamanan dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- IV = 12 : air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertamanan dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

*Biological Oxygen Demand* (BOD) adalah kebutuhan oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme selama penghancuran bahan organik dalam waktu tertentu. BOD merupakan suatu analisa empiris yang mencoba mendekati secara global proses mikrobiologis yang benar-benar terjadi dalam air. Pemeriksaan BOD diperlukan untuk menentukan beban pencemaran akibat air buangan dan untuk mendesain sistem pengolahan secara biologis. Berdasarkan hasil pengukuran pada Model *Wetland* lahan basah dengan 4 (empat) alternatif menunjukkan besarnya kadar BOD pada lahan basah dapat mengurangi kadar BOD pada kondisi eksisting Tukad Badung awal yang berada pada kelas IV menjadi kelas III untuk beberapa percobaan. Model *Wetland* 4 yang paling banyak mengurangi kadar BOD yang dibuktikan oleh hasil percobaan 3, 4, 8, dan 10.



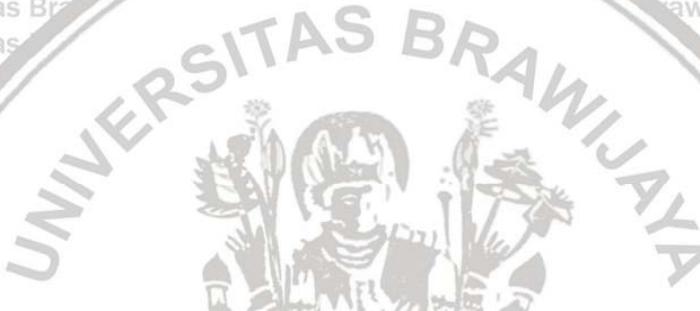


**Gambar 5.1. Perbandingan COD pada Model Wetland 1 dengan Tukad Badung**

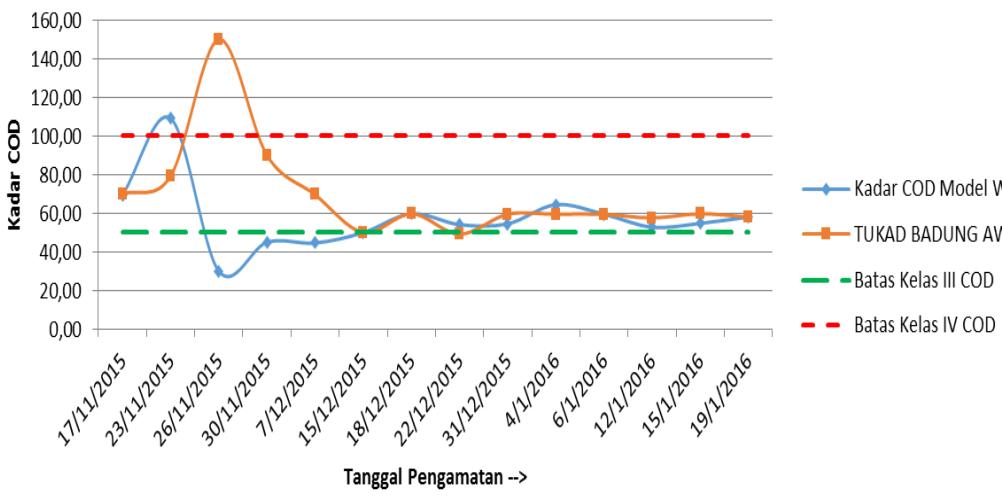
Sumber: Hasil Perhitungan 2016

No	Lata	Pembentukan COD												Number: Hasil Pengukuran 2016
		1/1/2015	2/1/2015	3/1/2015	4/1/2015	5/1/2015	6/1/2015	7/1/2015	8/1/2015	9/1/2015	10/1/2015	11/1/2015	12/1/2015	
Model Wetland I		39,68	39,68	140	70	59,22	50	49,8	49,2	49,6	49,6	48	48,4	48,4
Surface type vegetasi		49,6	59,22	50	40	29,76	40	39,84	39,36	39,68	29,76	29,76	39,44	38,72
Surface vegetasi Teras		59,22	59,22	50	40	39,76	30	39,84	39,36	39,68	29,76	29,76	39,44	38,72
Surface vegetasi Dlingo		59,22	69,44	50	40	39,76	30	39,84	39,36	39,68	29,76	29,76	39,44	38,72
Rete		49,6	56,22	80,00	50,00	43,01	36,6	43,16	42,64	42,99	36,37	39,68	38,4	41,95
TKADBDUNGGAWAN		69,94	79,36	150	90	69,6	50	59,76	49,2	59,22	59,22	51,16	58,08	58,08
Jumlah Rata-Rata Penetrasi		20,34	23,15	70,00	40,00	26,59	13,33	16,60	6,96	16,5	23,15	19,84	16,00	16,13

Tabel S.34. COD Pada Model Wetland I



**Model Wetland 2**  
**Pengamatan COD**



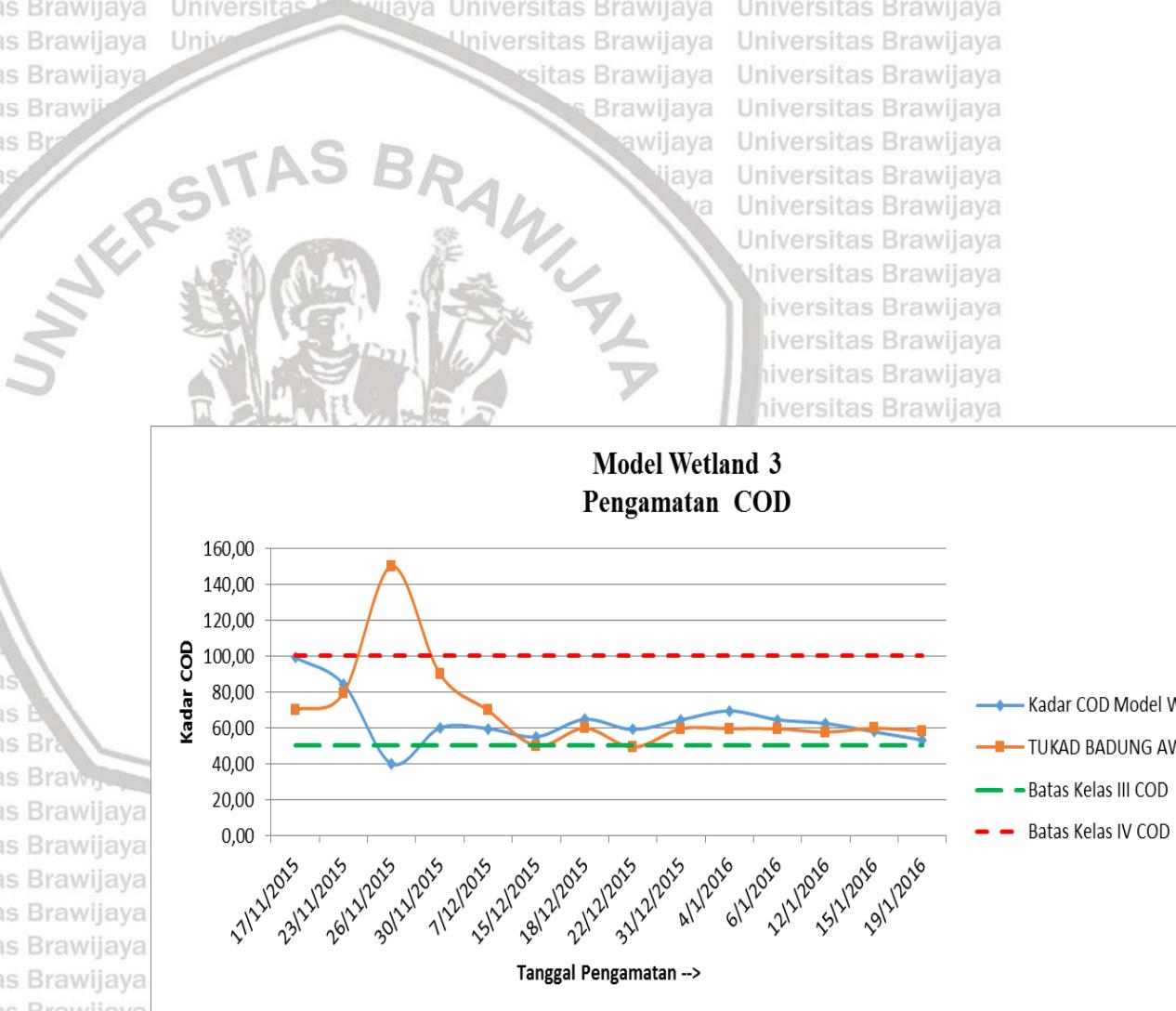
**Gambar 5.1. Perbandingan COD pada Model Wetland 2 dengan Tukad Badung**

Sumber: Hasil Perhitungan 2016

No	Lata	Percobaan Ke - (max COD)												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Model Wetland 1		17/11/2015	23/11/2015	26/11/2015	30/11/2015	11/12/2015	15/12/2015	18/12/2015	22/12/2015	4/1/2016	6/1/2016	12/1/2016	15/1/2016	19/1/2016
Substrate vegetasi Dlingo	119,04	198,4	40	60,00	59,25	70,00	19,88	18,72	19,36	19,36	61,20	79,68	77,44	
Surface vegetasi Lataan	19,84	19,84	30	30,00	29,76	30,00	39,84	29,52	40,60	39,68	38,40	29,88	38,72	
Peta	69,44	109,12	30,00	45,00	44,64	50,00	59,36	54,12	54,36	61,38	59,52	52,80	51,78	58,08
TUKAD BADUNG GAWAL	69,94	19,36	150	90	69,96	50	59,36	49,2	59,2	59,52	51,6	59,76	59,08	
Jumlah Kedeksi Penetrasi	0,50	29,76	120,00	45,00	24,96	0,00	0,00	4,92	4,96	0,00	4,80	198	0,00	

Sumber: Hasil Pengukuran 2016

Model Wetland 2 merupakan Model Wetland yang menerapkan kombinasi sistem aliran subsurface dan surface dengan Model Wetland yang model Wetland tersebut terdiri dari dua bagian yakni bagian bawah kader COD berada pada antara hasil nilai COD pada Tukad Badung awal dengan Model Wetland 2 didapatkan jumlah reduksi penetrasi yang dilakukan sebanyak 14 kali percobaan, dilakukan perbandingan vegetasi berbeda. Hasil pengujian COD pada Model Wetland 2 yang dilakukan sebanyak 14 kali percobaan, dilakukan perbandingan penetrasi mengalami fluktuasi hasil di atas, jumlah reduksi penetrasi tersebut terjadi pada percobaan 2 sebesar 120 mg/l penetrasi mengalami fluktuasi seperti hasil di atas, jumlah reduksi penetrasi pada percobaan 2 sebesar 120 mg/l penetrasi mengalami fluktuasi seperti hasil di atas, jumlah reduksi penetrasi pada percobaan 2 sebesar 120 mg/l dan terkecil pada percobaan 6,7,11 dan 14 sebesar 0 mg/l. Dari grafik model Wetland 2 menujukan bahwa kader COD berada pada kelas III.



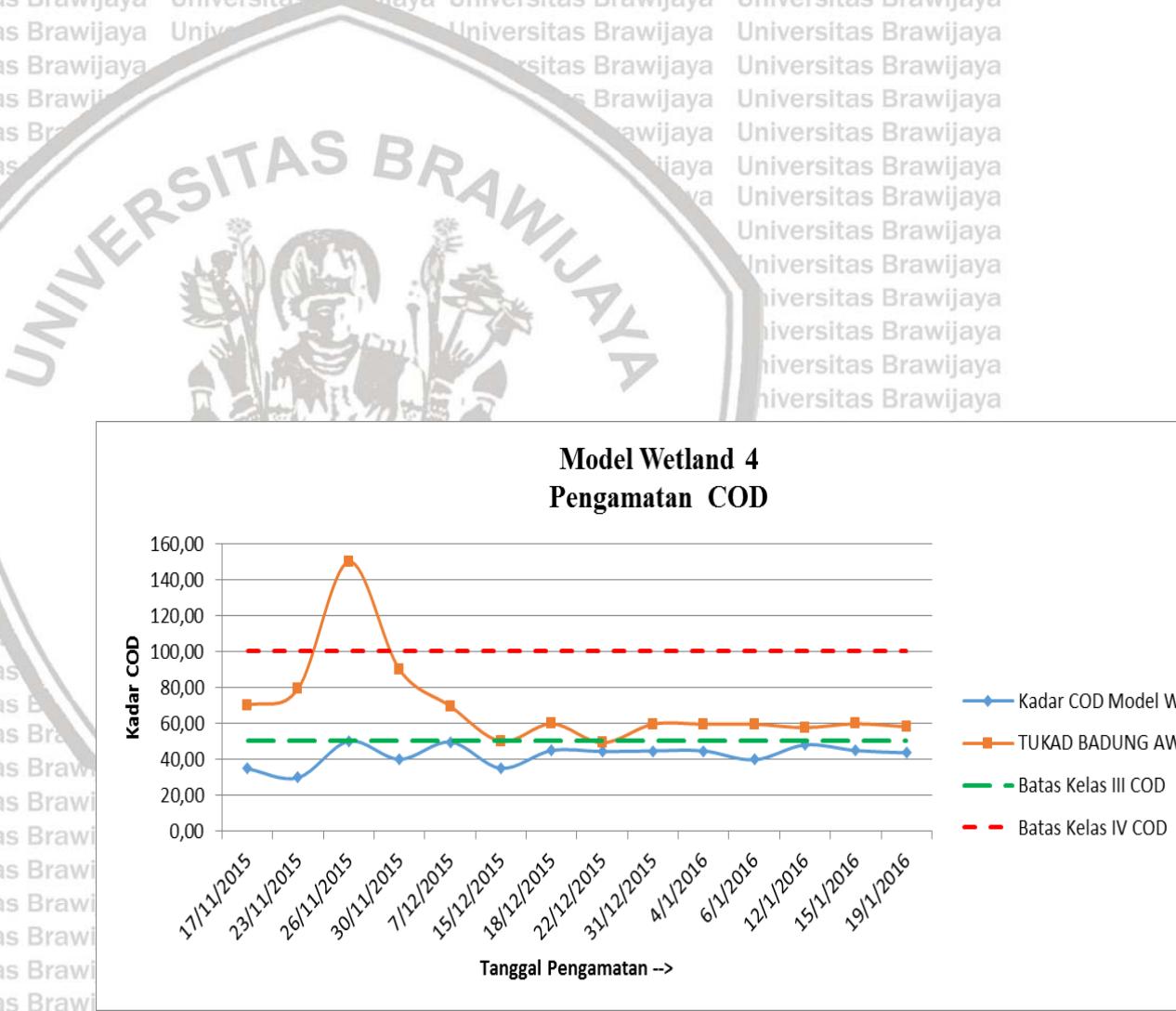
**Gambar 5.1. Perbandingan COD pada Model Wetland 3 dengan Tukad Badung**  
*Sumber: Hasil Perhitungan 2016*

No	Lam	Pembelahan-(COD)														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
	1111/2015	23/11/2015	26/11/2015	30/11/2015	712/2015	1512/2015	1812/2015	2212/2015	3112/2015	41/2016	61/2016	12/1/2016	15/1/2016	19/1/2016		
	Model Wetland 3	168,64	109,12	50	70	79,36	50	39,68	30	39,84	29,52	39,68	89,38	89,38	79,68	58,80
	Surface vegetasi Teras	29,76	39,52	30	50	39,68	30	39,84	29,52	39,68	49,6	39,68	48	35,84	48,41	
	Rata	99,20	81,32	4000	6000	99,52	55,00	64,74	59,04	64,48	69,44	61,48	62,40	57,76	53,24	
	TAKD BANDING AWAL	69,94	79,36	150	90	69,6	50	59,76	49,2	59,52	59,2	59,52	57,6	59,76	58,08	
	Jumlah Reduktif Penetrasi	29,26	49,6	11000	3000	1008	500	498	9,84	496	9,82	496	480	200	484	
	Number: Hasil Pengukuran 2016															

Table 5.36. COD Pada Model Wetland 3

pada percobaan 13 sebesar 2 mg/l. Dari grafik model Wetland 3 menunjukkan bahwa kadar COD berada pada kelas III.

mengejali dari fluktusasi seperti hasil di atas, jumlah reduksi pencemaran terbesar terjadi pada percobaan 3 sebesar 110 mg/l dan terkecil COD pada Tuakad Bandung awal dengan Model Wetland 3 didapatkan jumlah reduksi pencemaran jumlah reduksi pencemaran COD pada percobaan 13 sebesar 2 mg/l. Dari grafik model Wetland 3 menunjukkan bahwa kadar COD berada pada kelas III.



**Gambar 5.1. Perbandingan COD pada Model Wetland 4 dengan Tukad Badung**

Sumber: Hasil Perhitungan 2016

Model *Wetland 4* merupakan satu-satunya Model *Wetland* yang hanya menggunakan sistem aliran permukaan (*surface*) dengan pengetas. Hasil pengujian COD pada Model *Wetland 3* yang dilakukan sebagianak 14 kali percobaan, dilakukan perbandingan antara hasil nilai COD pada Tukad Badung awal dengan Model *Wetland 3* didapatkan jumlah reduksi pencemaran. Jumlah reduksi pencemaran mengalami fluktuasi seperti hasil di atas, jumlah reduksi pencemaran terbesar terjadi pada percobaan 3 sebesar 100 mg/l dan terkecil pada percobaan 8 sebesar 49,2 mg/l. Dari grafik model *Wetland 4* menunjukkan bahwa kadar COD berada kelas III.

No	Lata	Percobaan Ke- (untuk COD)													Sumber: Hasil Pengukuran 2016
		L11/2015	L21/2015	S11/2015	S21/2015	30/11/2015	T12/2015	T21/2015	N12/2015	N21/2015	31/12/2015	4/1/2016	6/1/2016	12/1/2016	19/1/2016
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
Model <i>Wetland 4</i>	19,84	19,84	50	60	49,6	40	39,84	39,36	39,68	39,68	40	40,8	38,72		
Surface vegetasi Dlingo	49,6	39,68	50	20	19,84	30	49,8	49,2	49,6	49,6	49,6	49	39,84	40,4	
Surface vegetasi Tselia	34,72	29,76	50,00	40,00	49,6	35,00	44,8	44,28	44,16	44,16	44,16	44,00	44,02	43,56	
Rendah	69,94	79,36	150	90	69,6	50	59,7%	49,2	59,2	59,2	59,2	57,6	59,76	58,08	
TKADBADUNG AWAL	34,72	29,76	50,00	40,00	49,6	35,00	44,8	44,28	44,16	44,16	44,16	44,00	44,02	43,56	
Model <i>Wetlands Penerima</i>	35,2	49,6	100,00	50,00	20,00	15,00	11,91	4,95	14,88	11,88	19,84	9,60	11,91	14,52	

Tabel 5.37. COD Pada Model *Wetland 4*

**Tabel 5.37. Tabel Rekap COD**

No.	Lahan	Percobaan Ke - (untuk COD)														Jumlah
		1 17/11/2015	2 23/11/2015	3 26/11/2015	4 30/11/2015	5 7/12/2015	6 15/12/2015	7 18/12/2015	8 22/12/2015	9 31/12/2015	10 4/1/2016	11 6/1/2016	12 12/1/2016	13 15/1/2016	14 19/1/2016	
1	Model Wetland 1															647,04
	Subsurface tanpa vegetasi	39,68	39,68	140	70	59,52	50	49,8	49,2	49,6	49,6	49,6	48	49,8	48,4	
	Surface vegetasi Teratai	49,6	59,52	50	40	29,76	40	39,84	39,36	39,68	29,76	29,76	38,4	39,84	38,72	
	Surface vegetasi Dlingo	59,52	69,44	50	40	39,76	20	39,84	39,36	39,68	29,76	39,68	38,4	39,84	38,72	
	Rerata	49,60	56,21	80,00	50,00	43,01	36,67	43,16	42,64	42,99	36,37	39,68	41,60	43,16	41,95	
2	Model Wetland 2															806,30
	Subsurface vegetasi Dlingo	119,04	198,4	40	60,00	59,52	70,00	79,68	78,72	79,36	79,36	79,36	67,20	79,68	77,44	
	Surface vegetasi Teratai	19,84	19,84	20	30,00	29,76	30,00	39,84	29,52	29,76	49,60	39,68	38,40	29,88	38,72	
	Rerata	69,44	109,12	30,00	45,00	44,64	50,00	59,76	54,12	54,56	64,48	59,52	52,80	54,78	58,08	
3	Model Wetland 3															893,62
	Subsurface tanpa vegetasi	168,64	109,12	50	70	79,36	80	89,64	88,56	89,28	89,28	89,28	76,8	79,68	58,08	
	Surface vegetasi Teratai	29,76	59,52	30	50	39,68	30	39,84	29,52	39,68	49,6	39,68	48	35,84	48,4	
	Rerata	99,20	84,32	40,00	60,00	59,52	55,00	64,74	59,04	64,48	69,44	64,48	62,40	57,76	53,24	
4	Model Wetland 4															593,52
	Surface vegetasi Dlingo	19,84	19,84	50	60	49,6	40	39,84	39,36	39,68	39,68	39,68	48	49,8	38,72	
	Surface vegetasi Teratai	49,6	39,68	50	20	19,84	30	49,8	49,2	49,6	49,6	39,68	48	39,84	48,4	
5	TUKAD BADUNG AWAL	69,94	79,36	150	90	69,6	50	59,76	49,2	59,52	59,52	59,52	57,6	59,76	58,08	971,86

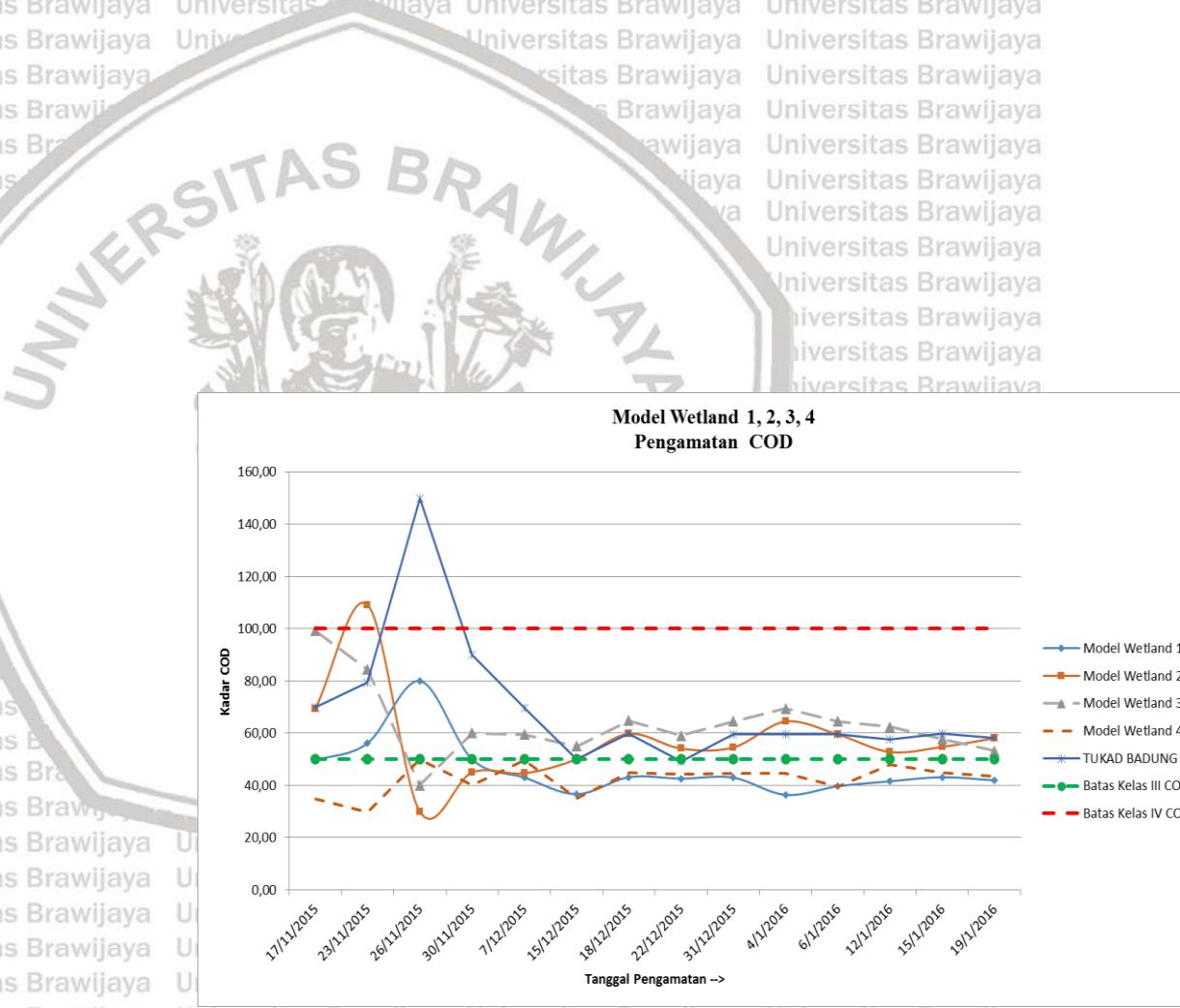
Sumber: Hasil Pengukuran 2016

Hasil rekap parameter COD dari keempat variasi Model *Wetland* didapatkan hasil seperti tabel di atas. Jumlah pengujian COD pada Tukad Badung awal yang dilakukan sebanyak 14 kali percobaan adalah 971,86 mg/l. Jumlah pengujian COD pada masing-masing Model *Wetland* menunjukkan nilai yang berbeda, Model *Wetland* 4 memiliki total rerata COD terkecil dibandingkan Model *Wetland* lainnya yaitu 593,52 mg/l Hal ini menunjukkan bahwa satu sistem aliran *surface* lebih bagus dibandingkan menggunakan dua sistem aliran, terlihat pada hasil Model *Wetland* 4. Sistem aliran *surface* yang bagus adalah menggunakan kombinasi satu jenis vegetasi yang dibuktikan oleh Model *Wetland* 4 dibandingkan Model *Wetland* 1. Pada tabel di atas Model *Wetland* 4 mengurangi parameter COD sebesar 1378,34 mg/l dari kondisi Tukad Badung awal.

Table 5.39. Table Rekap Hasil Kelas Baku Multi COD

No.	Lazan	Perolehan Ke- (untuk COD)														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
1	TURAD BADING AWAL	69,94	79,36	150	90	69,6	50	59,16	49,2	59,52	59,52	57,6	59,76	58,08	Kebas Baktu Mulu	
2	Model Welded 1	1,33	0,78	0,73	0,68	0,69	0,66	0,70	0,98	0,45	0,76	0,70	0,80	0,79	0,83	Kebas Baktu Mulu
3	Model Welded 2	1,15	0,65	0,78	0,93	0,76	0,37	0,70	0,92	0,43	0,65	0,96	0,78	0,96	0,84	Kebas Baktu Mulu
4	Model Welded 3	1,19	0,78	0,80	0,80	0,60	0,49	0,72	1,24	0,58	0,73	0,96	0,96	0,92	0,77	Kebas Baktu Mulu
5	Model Welded 4	1,45	0,83	0,74	0,67	0,90	0,60	0,71	1,15	0,59	0,92	0,44	1,11	0,85	0,80	Kebas Baktu Mulu

Number: Hasil Pengukuran 2016



**Gambar 5.2. Perbandingan COD pada Semua Model Wetland dengan Tukad Badung**

Sumber: Hasil Perhitungan 2016

Tingkat permeabilitas tanah dan daya retensi Model *Wetland* sangat berpengaruh terhadap waktu detensi *inflow*, dimana waktu detensi yang cukup akan memberikan kesempatan kontak antara mikroorganisme dengan air limbah (Wood dalam Supradata, 2005). Konsentrasi COD yang terdapat di dalam air limbah akan dirombak oleh mikroorganisme menjadi senyawa lebih sederhana dan akan dimanfaatkan oleh tumbuhan sebagai nutrient, sedangkan sistem perakaran tumbuhan air akan menghasilkan oksigen yang dapat digunakan sebagai sumber energi/katalis untuk rangkaian proses metabolisme bagi kehidupan mikroorganisme (Supradata, 2005).

### **Sesuai Peraturan Gubernur Bali No.8 Tahun 2007**

Baku Mutu Air Kelas :

- I = 10 : air yang diperuntukannya dapat digunakan untuk air baku, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- II = 25 : air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertamanan, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut
- III = 50 : air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertamanan dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut
- IV = 100 : air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertamanan dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut

COD atau *Chemical Oxygen Demand* adalah jumlah oksigen yang diperlukan untuk mengurai seluruh bahan organik yang terkandung dalam air. Hal ini karena bahan organik yang ada sengaja diurai secara kimia dengan menggunakan oksidator kuat kalium bikromat pada kondisi asam dan panas dengan katalisator perak sulfat, sehingga segala macam bahan organik, baik yang mudah urai maupun yang kompleks dan sulit urai, akan teroksidasi. Dengan demikian, selisih nilai antara COD dan BOD memberikan gambaran



besarnya bahan organik yang sulit urai yang ada di perairan. Bisa saja nilai BOD sama dengan COD, tetapi BOD tidak bisa lebih besar dari COD. Jadi COD menggambarkan jumlah total bahan organik yang ada.

Berdasarkan hasil pengukuran pada Model *Wetland* lahan basah dengan 4 (empat) alternatif menunjukkan besarnya kadar COD pada lahan basah dapat mengurangi kadar COD pada kondisi eksisting Tukad Badung awal yang berada pada kelas IV yang ditunjukkan pada percobaan 3, menjadi kelas III. Model *Wetland* 4 yang paling banyak mengurangi kadar BOD dan kadar COD terkecil ditunjukkan pada percobaan 2. Tingginya kadar COD dalam air limbah memiliki dampak yang serius bagi kesehatan manusia dan juga kepada lingkungan.

### 1. Terhadap kesehatan manusia

Secara umum, konsentrasi COD yang tinggi dalam air menunjukkan adanya bahan pencemar organik dalam jumlah yang banyak. Sejalan dengan hal ini jumlah mikroorganisme, baik yang merupakan patogen maupun tidak pathogen juga banyak.

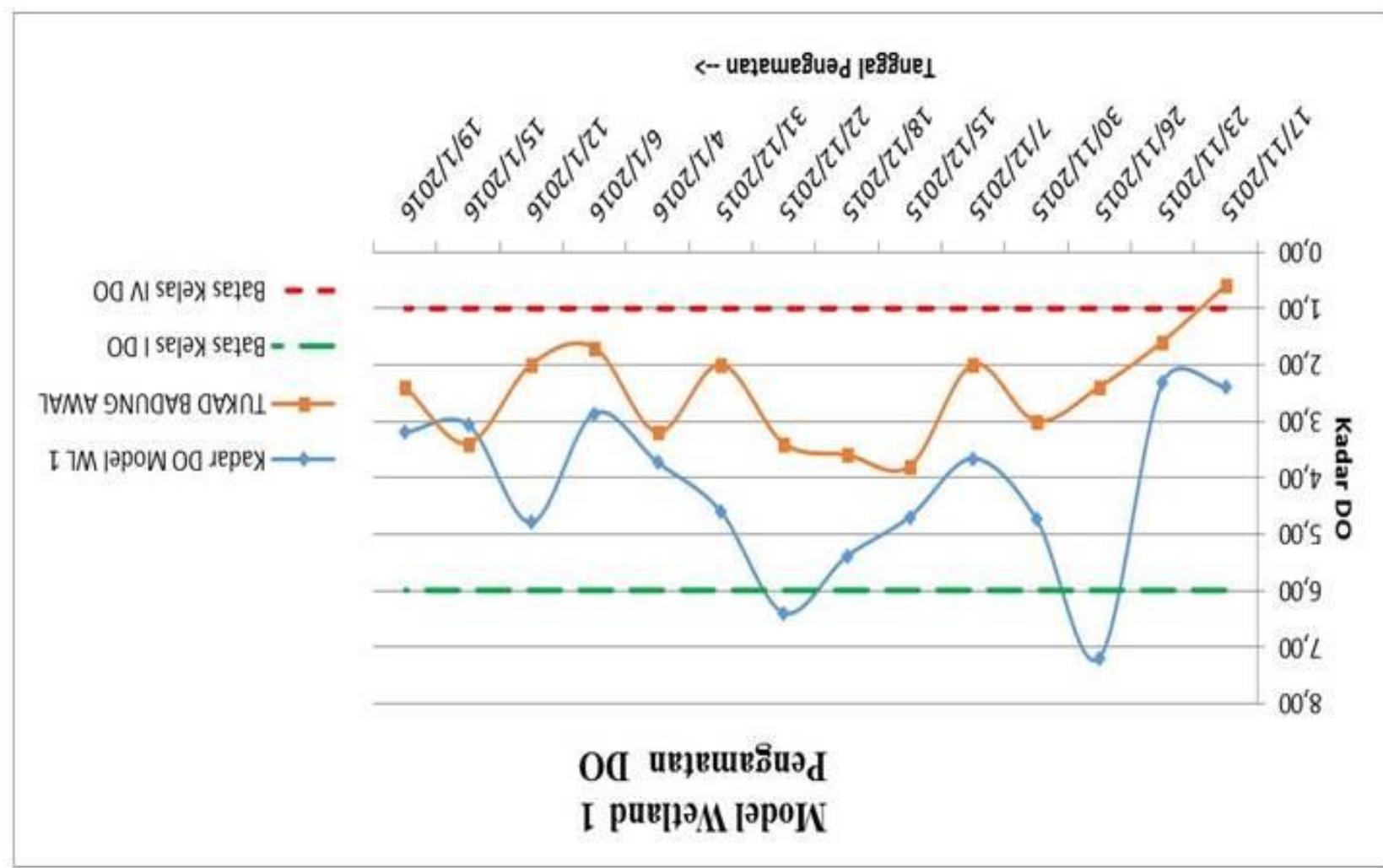
Adapun mikroorganisme patogen dapat menimbulkan berbagai macam penyakit bagi manusia. Karena itu, dapat dikatakan bahwa konsentrasi COD yang tinggi di dalam air dapat menyebabkan berbagai penyakit bagi manusia.

### 2. Terhadap Lingkungan

a. Konsentrasi COD yang tinggi menyebabkan kandungan oksigen terlarut di dalam air menjadi rendah, bahkan habis sama sekali. Akibatnya oksigen sebagai sumber kehidupan bagi makhluk air (hewan dan tumbuh-tumbuhan) tidak dapat terpenuhi sehingga makhluk air tersebut manjadi mati. (Monahan,1993).

b. Apabila kadar oksigen terlarut berkurang mengakibatkan hewan-hewan yang menempati perairan tersebut akan mati. Dan jika kadar BOD dan COD meningkat menyebabkan perairan menjadi tercemar (Hilda Zulkifli, 2009). Kandungan bahan organic tinggi yang ditumbuhi bakteri menimbulkan bau yang menyengat akibat dari bakteri pathogen dan hasil metabolismisnya.

Gambar 5.1. Perbandingan DO pada Model Wetland I dengan Tuakad Badung  
Sumber: Hasil Perhitungan 2016



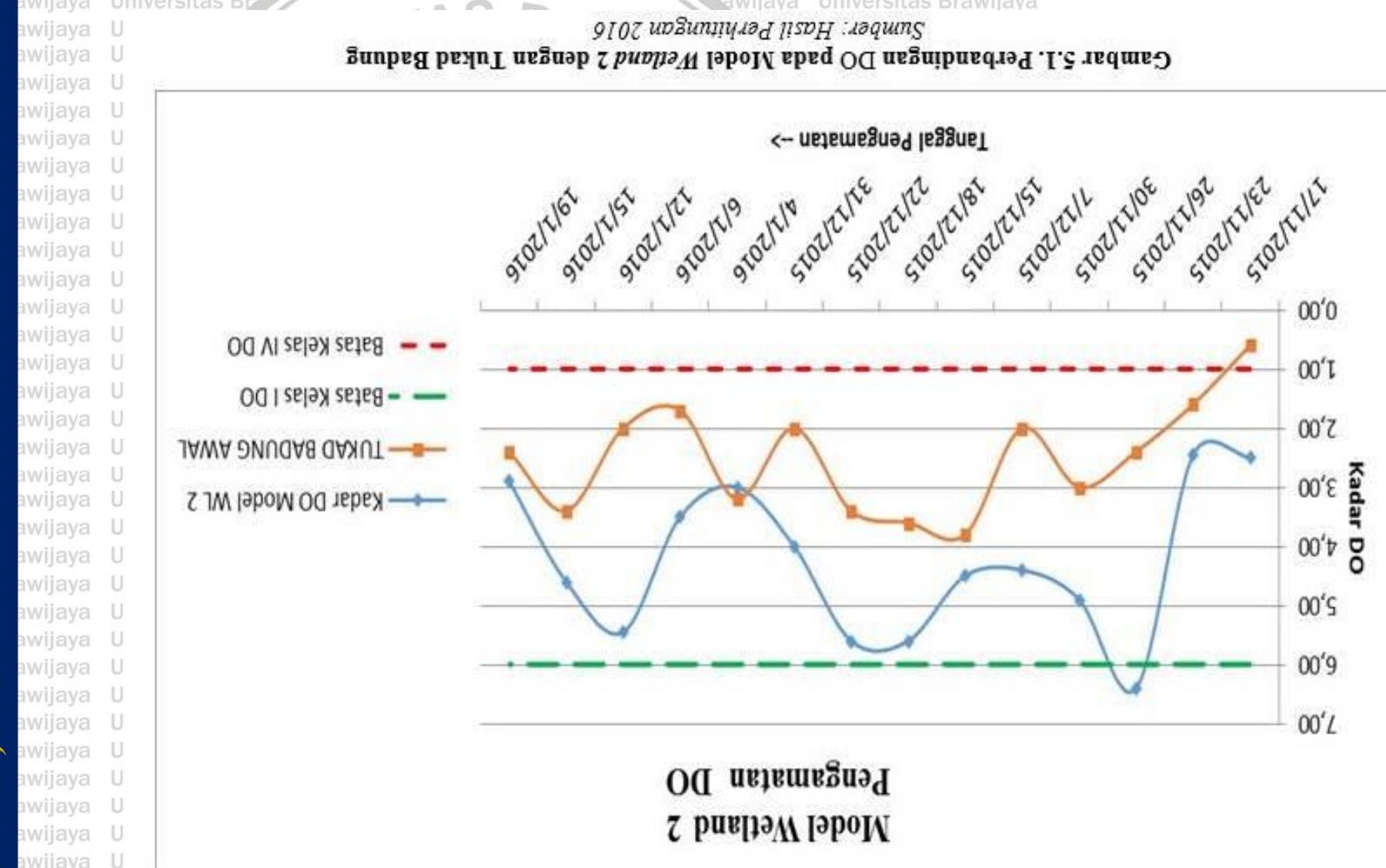
**Tabel 5.39. DO Pada Model Wetland 1**

No.	Lahan	Percobaan Ke - (untuk DO)													
		1 17/11/2015	2 23/11/2015	3 26/11/2015	4 30/11/2015	5 7/12/2015	6 15/12/2015	7 18/12/2015	8 22/12/2015	9 31/12/2015	10 4/1/2016	11 6/1/2016	12 12/1/2016	13 15/1/2016	14 19/1/2016
	Model Wetland 1														
	Subsurface tanpa vegetasi	2	2,2	6,8	5,4	3,2	4,2	4,6	6,2	4,8	3,2	3,2	6,1	2,2	3
	Surface vegetasi Teratai	2,6	2,4	8,2	4,4	3,8	4,9	5,6	6,4	4,2	4,1	2,6	4,4	3,6	3,2
	Surface vegetasi Dlingo	2,6	2,4	6,6	4,4	4	5	6	6,6	4,8	3,9	2,8	3,9	3,4	3,4
	Rerata	2,40	2,33	7,20	4,73	3,67	4,70	5,40	6,40	4,60	3,73	2,87	4,80	3,07	3,20
	TUKAD BADUNG AWAL	0,60	1,60	2,40	3,00	2,00	3,80	3,60	3,40	2,00	3,20	1,70	2,00	3,40	2,40
	Jumlah Reduksi Pencemaran	1,80	0,73	4,80	1,73	1,67	0,90	1,80	3,00	2,60	0,53	1,17	2,80	0,33	0,80

Sumber: Hasil Pengukuran 2016

Dari hasil pengujian DO pada Model *Wetland 1* yang dilakukan sebanyak 14 kali percobaan, dilakukan perbandingan antara hasil nilai DO pada Tukad Badung awal dengan Model *Wetland 1* didapatkan jumlah reduksi pencemaran. Jumlah reduksi pencemaran mengalami fluktuasi seperti hasil di atas, jumlah reduksi pencemaran terbesar terjadi pada percobaan 3 sebesar 4,8 mg/l dan terkecil pada percobaan 13 sebesar 0,33 mg/l. Fluktuasi ini dipengaruhi oleh pengambilan air sungai dengan debit air rata-rata 0,084 lt/dt. Grafik model *Wetland 1* menunjukkan bahwa pada percobaan 3 dan 8, kelas baku mutu air meningkat menjadi kelas I dengan nilai 7,2 mg/l dan 6,4 mg/l.

**Gambar 5.1. Perbandingan DO pada Model Wetland 2 dengan Tuakad Badung**



## Model Wetland 2

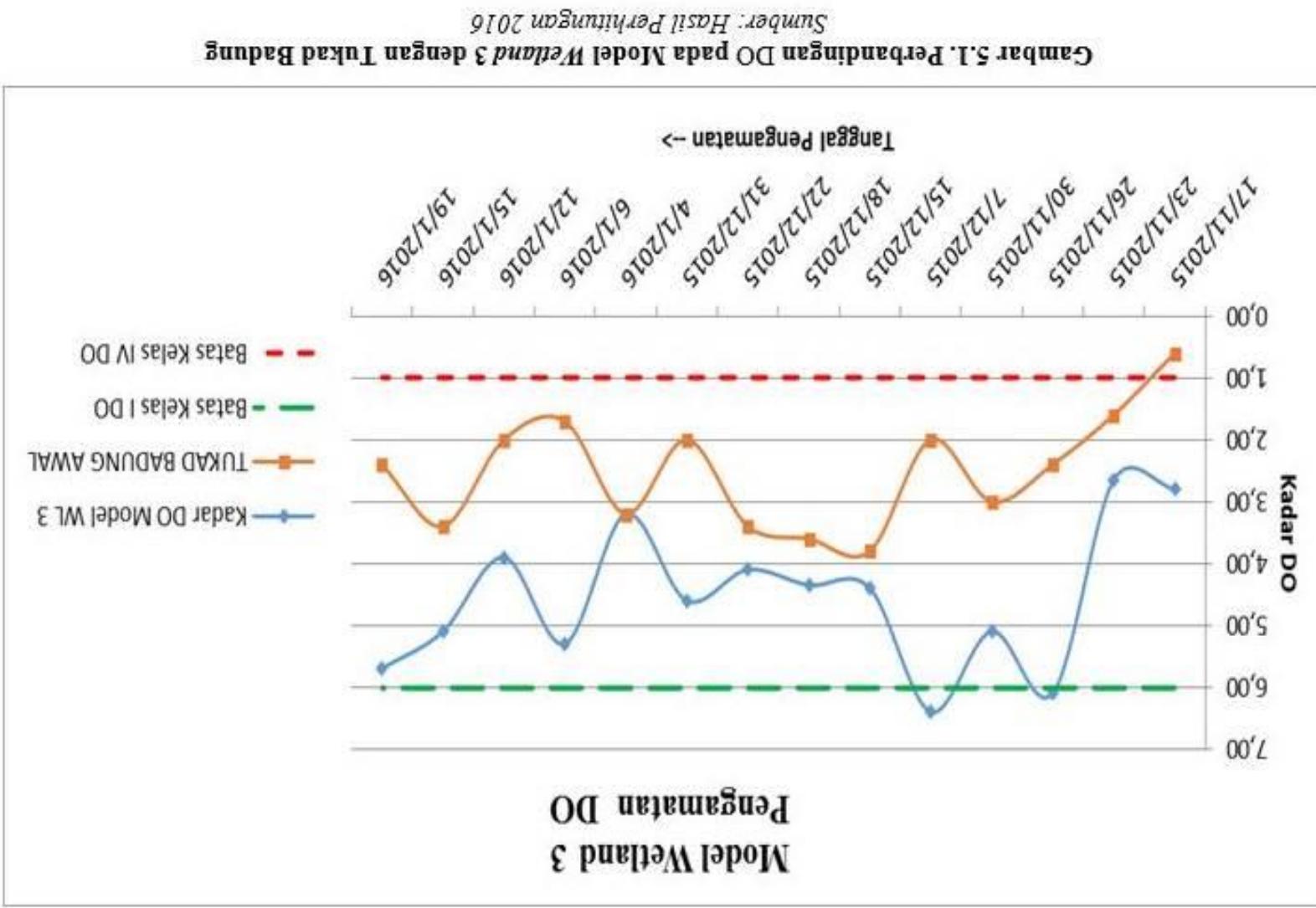
### Pengamatan DO

**Tabel 5.40. DO Pada Model Wetland 2**

No.	Lahan	Percobaan Ke - (untuk DO)												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
		17/11/2015	23/11/2015	26/11/2015	30/11/2015	7/12/2015	15/12/2015	18/12/2015	22/12/2015	31/12/2015	4/1/2016	6/1/2016	12/1/2016	15/1/2016
<b>Model Wetland 2</b>														
1	Subsurface vegetasi Dlingo	1,2	1,5	6,2	4,80	4,00	5,60	5,60	5,60	3,40	2,10	4,60	6,10	4,80
	Surface vegetasi Teratai	3,8	3,4	6,6	5,00	4,80	3,40	5,60	5,60	4,60	3,90	2,40	4,80	4,40
2	Rerata	2,50	2,45	6,40	4,90	4,40	4,50	5,60	5,60	4,00	3,00	3,50	5,45	4,60
	TUKAD BADUNG AWAL	0,6	1,6	2,4	3	2	3,8	3,6	3,4	2	3,2	1,7	2	3,4
Jumlah Reduksi Pencemaran														
		1,90	0,85	4,00	1,90	2,40	0,70	2,00	2,20	2,00	0,20	1,80	3,45	1,20
														0,50

Sumber: Hasil Pengukuran 2016

Model Wetland 2 merupakan Model *Wetland Wetland* yang menerapkan kombinasi sistem aliran *subsurface* dan *surface* dengan vegetasi berbeda. Hasil pengujian DO pada Model *Wetland 2* yang dilakukan sebanyak 14 kali percobaan, dilakukan perbandingan antara hasil nilai DO pada Tukad Badung awal dengan Model *Wetland 2* didapatkan jumlah reduksi pencemaran. Jumlah reduksi pencemaran mengalami fluktuasi seperti hasil di atas, jumlah reduksi pencemaran terbesar terjadi pada percobaan 3 sebesar 4 mg/l dan terkecil pada percobaan 10 sebesar 0,2 mg/l. Grafik model *Wetland 2* menunjukkan bahwa pada percobaan 3, kelas baku mutu air meningkat menjadi kelas I dengan nilai 6,4 mg/l.

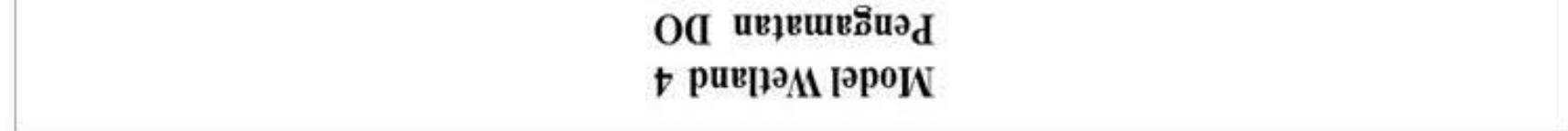


**Tabel 5.41. DO Pada Model Wetland 3**

No.	Lahan	Percobaan Ke - (untuk DO)													
		1 17/11/2015	2 23/11/2015	3 26/11/2015	4 30/11/2015	5 7/12/2015	6 15/12/2015	7 18/12/2015	8 22/12/2015	9 31/12/2015	10 4/1/2016	11 6/1/2016	12 12/1/2016	13 15/1/2016	14 19/1/2016
3	Model Wetland 3														
	Subsurface tanpa vegetasi	2,2	2	5	5,6	5,8	3,6	4,6	6	4,2	2,3	7,6	4,4	5,4	6,4
	Surface vegetasi Teratai	3,4	3,3	7,2	4,6	7	5,2	4,1	2,2	5	4,1	3	3,4	4,8	5
	Rerata	2,80	2,65	6,10	5,10	6,40	4,40	4,35	4,10	4,60	3,20	5,30	3,90	5,10	5,70
	TUKAD BADUNG AWAL	0,6	1,6	2,4	3	2	3,8	3,6	3,4	2	3,2	1,7	2	3,4	2,4
	Jumlah Reduksi pencemaran	2,20	1,05	3,70	2,10	4,40	0,60	0,75	0,70	2,60	0,00	3,60	1,90	1,70	3,30

*Sumber: Hasil Pengukuran 2016*

Hasil pengujian DO pada Model *Wetland 3* yang dilakukan sebanyak 14 kali percobaan, dilakukan perbandingan antara hasil nilai DO pada Tukad Badung awal dengan Model *Wetland 3* didapatkan jumlah reduksi pencemaran. Jumlah reduksi pencemaran mengalami fluktuasi seperti hasil di atas, jumlah reduksi pencemaran terbesar terjadi pada percobaan 3 sebesar 3,7 mg/l dan terkecil pada percobaan 10 sebesar 0 mg/l. Grafik model *Wetland 3* menunjukkan bahwa pada percobaan 3 dan 5, kelas baku mutu air meningkat menjadi kelas I dengan nilai 6,1 mg/l dan nilai 6,4 mg/l.



Gambar 3.1. Perbandingan DO pada Model Wetland 4 dengan Tukad Badung

Sumber: Hasil Perhitungan 2016

**Tabel 5.42. DO Pada Model Wetland 4**

No.	Lahan	Percobaan Ke - (untuk DO)													
		1 17/11/2015	2 23/11/2015	3 26/11/2015	4 30/11/2015	5 7/12/2015	6 15/12/2015	7 18/12/2015	8 22/12/2015	9 31/12/2015	10 4/1/2016	11 6/1/2016	12 12/1/2016	13 15/1/2016	14 19/1/2016
4	Model Wetland 4														
	Surface vegetasi Dlingo	2,6	2,3	6,3	7	3	3,8	4,8	6	4	2	7,6	4,8	4,4	2,8
	Surface vegetasi Teratai	3,6	3,4	6,8	6,2	6,8	4,2	6	6,2	4,4	2,3	6,9	4,8	5	4
	Rerata	3,10	2,85	6,55	6,60	4,90	4,00	5,40	6,10	4,20	2,15	7,25	4,80	4,70	3,40
	TUKAD BADUNG AWAL	0,6	1,6	2,4	3	2	3,8	3,6	3,4	2	3,2	1,7	2	3,4	2,4
	Jumlah Reduksi Pencemaran	2,50	1,25	4,15	3,60	2,90	0,20	1,80	2,70	2,20	1,05	5,55	2,80	1,30	1,00

Sumber: Hasil Pengukuran 2016

Model Wetland 4 merupakan satu-satunya Model Wetland yang hanya menggunakan sistem aliran permukaan (*surface*) dengan vegetasi. Hasil pengujian DO pada Model Wetland 4 yang dilakukan sebanyak 14 kali percobaan, dilakukan perbandingan antara hasil nilai DO pada Tukad Badung awal dengan Model Wetland 3 didapatkan jumlah reduksi pencemaran. Jumlah reduksi pencemaran mengalami fluktuasi seperti hasil di atas, jumlah reduksi pencemaran terbesar terjadi pada percobaan 11 sebesar 5,55 mg/l dan terkecil pada percobaan 6 sebesar 0,2 mg/l. Grafik model Wetland 4 menunjukkan bahwa pada percobaan 3, 4, 8 dan 11, kelas baku mutu air meningkat menjadi kelas I dengan.

No.	Lahan	Perekembangbiak - (unit: DO)														
		17/11/2015	23/11/2015	26/11/2015	30/11/2015	7/12/2015	15/12/2015	18/12/2015	22/12/2015	31/12/2015	4/1/2016	6/1/2016	12/1/2016	15/1/2016	19/1/2016	Ramah
<b>1 Model Weband 1</b>																
2	22	6.8	5.4	3.2	4.2	4.6	6.2	4.8	3.2	3.2	6.1	2.2	3			
26	24	8.2	4.4	3.8	4.9	5.6	6.4	4.2	4.1	4.1	2.6	4.4	3.6	3.2		
26	24	6.6	4.4	4.4	4.4	5	6	6.6	4.6	4.6	4.8	3.9	3.9	3.4		
26	24	7.2	4.6	5.8	4.0	5.60	5.60	3.40	2.10	4.60	6.10	4.80	2.40	3.40		
38	34	6.6	5.00	4.80	3.40	5.60	5.60	4.60	3.40	2.40	6.10	4.80	2.40	3.40		
12	15	6.2	4.80	4.00	4.40	4.90	4.40	5.60	4.40	4.60	6.40	4.80	3.40	3.40		
38	34	6.6	5.00	4.80	3.40	5.60	5.60	4.60	3.40	2.40	6.10	4.80	2.40	3.40		
250	245	6.40	4.90	4.40	4.50	4.40	5.60	4.40	3.00	3.00	3.50	3.45	4.60	2.90	59.80	
3	<b>Model Weband 3</b>	22	2	5	5.6	5.8	3.6	4.6	6	4.2	2.3	7.6	4.4	5.4	6.4	
22	2	5	5.6	5.8	3.6	4.6	6	4.2	2.3	7.6	4.4	5.4	6.4			
34	34	72	4.5	5.8	3.6	4.6	6	4.2	2.3	7.6	4.4	5.4	6.4			
34	34	72	4.5	5.8	3.6	4.6	6	4.2	2.3	7.6	4.4	5.4	6.4			
280	280	2.65	6.10	5.10	5.10	6.40	4.40	4.35	4.10	4.60	5.10	5.10	5.10	5.10	63.70	
4	<b>Model Weband 4</b>	26	23	6.3	7	3	3.8	4.8	6	4	2	7.6	4.8	4.4	2.8	
26	23	6.3	7	3	3.8	4.8	6	4	2	7.6	4.8	4.4	2.8			
3.6	3.4	6.8	6.2	6.8	6.2	6.8	4.2	6	6.2	4.4	2.3	6.9	4.8	5	4	
3.6	3.4	6.8	6.2	6.8	6.2	6.8	4.2	6	6.2	4.4	2.3	6.9	4.8	5	4	
3.10	2.85	6.65	6.60	4.90	4.00	5.40	6.10	4.20	2.15	7.25	4.80	4.70	3.40	6600	5 TRUKAD BADUNG AWAL	
3.10	2.85	6.65	6.60	4.90	4.00	5.40	6.10	4.20	2.15	7.25	4.80	4.70	3.40	6600	okigen terlalut parameter DO sebesar 30,9 mg/l dari kondisi Tuakad Badung awal	

**Table 5.44. Tabel Rkrap DO**

Hasil rkap parameter DO dari keempat variasi Model Weband dipaparkan hasil seperti tabel di atas. Jumlah pengujian DO pada Tuakad

Badung awal yang dilakukan sebanyak 14 kali percobaan adalah 35,1 mg/l. Jumlah pengujian DO pada masing-masing Model

Weband menunjukkan nilai yang berbeda. Model Weband 4 memiliki total rerata DO terbesar dibandingkan Model Weband lainnya

Weband menunjukkan nilai yang berbeda. Model Weband 4 memiliki total rerata DO terbesar dibandingkan Model Weband lainnya

terlihat pada hasil Model Weband 4 dan Model Weband 1. Sistem airtan surface yang bagus adalah mengunkakan kombinasi satu

jenis vegetasi yang dibuktikan oleh Model Weband 4 dibandingkan Model Weband 1. Pada tabel di atas Model Weband 4 menambah

yaitu 66 mg/l. Hal ini menunjukkan bahwa sati sistem airtan surface lebih bagus dibandingkan mengunkakan dua sistem airtan,

yahtu 66 mg/l. Model Weband 4 memiliki DO terbesar dibandingkan Model Weband lainnya

Model Weband 4 menunjukkan nilai yang berbeda. Model Weband 4 memiliki total rerata DO terbesar dibandingkan Model Weband lainnya

terlihat pada hasil Model Weband 4 dan Model Weband 1. Sistem airtan surface yang bagus adalah mengunkakan kombinasi satu

jenis vegetasi yang dibuktikan oleh Model Weband 4 dibandingkan Model Weband 1. Pada tabel di atas Model Weband 4 menambah

yaitu 66 mg/l. Hal ini menunjukkan bahwa sati sistem airtan surface lebih bagus dibandingkan mengunkakan dua sistem airtan,

yahtu 66 mg/l. Model Weband 4 memiliki DO terbesar dibandingkan Model Weband lainnya

Model Weband 3 menunjukkan nilai yang berbeda. Model Weband 3 memiliki total rerata DO terbesar dibandingkan Model Weband lainnya

terlihat pada hasil Model Weband 3 dan Model Weband 1. Sistem airtan surface yang bagus adalah mengunkakan kombinasi satu

jenis vegetasi yang dibuktikan oleh Model Weband 3 dibandingkan Model Weband 1. Pada tabel di atas Model Weband 3 menambah

yaitu 66 mg/l. Hal ini menunjukkan bahwa sati sistem airtan surface lebih bagus dibandingkan mengunkakan dua sistem airtan,

yahtu 66 mg/l. Model Weband 3 memiliki DO terbesar dibandingkan Model Weband lainnya

Model Weband 2 menunjukkan nilai yang berbeda. Model Weband 2 memiliki total rerata DO terbesar dibandingkan Model Weband lainnya

terlihat pada hasil Model Weband 2 dan Model Weband 1. Sistem airtan surface yang bagus adalah mengunkakan kombinasi satu

jenis vegetasi yang dibuktikan oleh Model Weband 2 dibandingkan Model Weband 1. Pada tabel di atas Model Weband 2 menambah

yaitu 66 mg/l. Hal ini menunjukkan bahwa sati sistem airtan surface lebih bagus dibandingkan mengunkakan dua sistem airtan,

yahtu 66 mg/l. Model Weband 2 memiliki DO terbesar dibandingkan Model Weband lainnya

Model Weband 1 menunjukkan nilai yang berbeda. Model Weband 1 memiliki total rerata DO terbesar dibandingkan Model Weband lainnya

terlihat pada hasil Model Weband 1 dan Model Weband 1. Sistem airtan surface yang bagus adalah mengunkakan kombinasi satu

jenis vegetasi yang dibuktikan oleh Model Weband 1 dibandingkan Model Weband 1. Pada tabel di atas Model Weband 1 menambah

yaitu 66 mg/l. Hal ini menunjukkan bahwa sati sistem airtan surface lebih bagus dibandingkan mengunkakan dua sistem airtan,

yahtu 66 mg/l. Model Weband 1 memiliki DO terbesar dibandingkan Model Weband lainnya

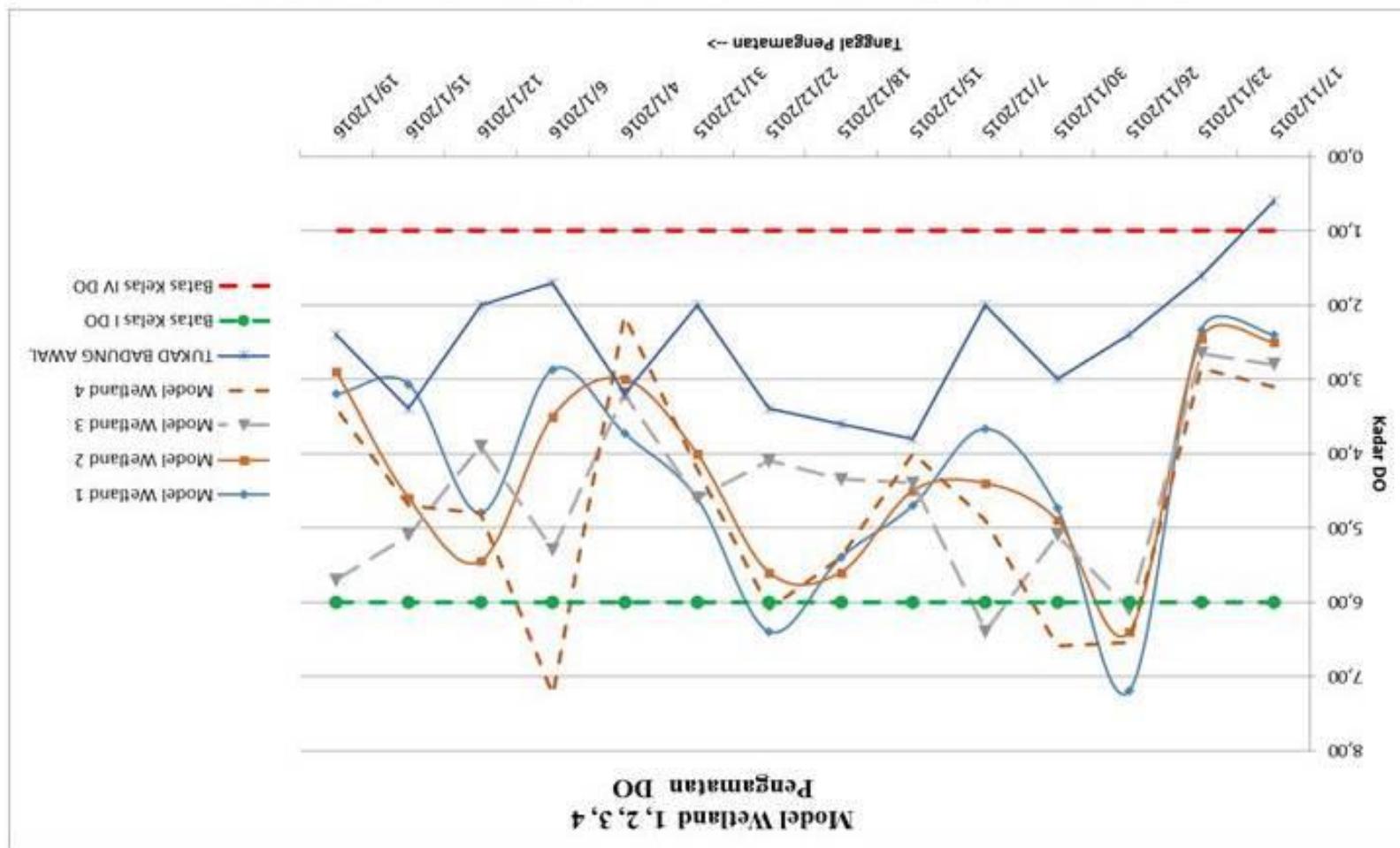
**Tabel 5.44. Tabel Rekap Hasil Kelas Baku Mutu DO**

No.	Lahan	Percobaan Ke - (untuk DO)													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
		17/11/2015	23/11/2015	26/11/2015	30/11/2015	7/12/2015	15/12/2015	18/12/2015	22/12/2015	31/12/2015	4/1/2016	6/1/2016	12/1/2016	15/1/2016	19/1/2016
1	TUKAD BADUNG AWAL	0,6	1,6	2,4	3	2	3,8	3,6	3,4	2	3,2	1,7	2	3,4	2,4
	Kelas Baku Mutu	Kelas IV	Kelas IV	Kelas IV	Kelas III	Kelas IV	Kelas III	Kelas III	Kelas IV	Kelas III	Kelas IV	Kelas IV	Kelas III	Kelas IV	Kelas IV
2	Model Wetland 1														
	Rerata	2,400	2,333	7,200	4,733	3,667	4,700	5,400	6,400	4,600	3,733	2,867	4,800	3,067	3,200
	Kelas Baku Mutu	Kelas IV	Kelas IV	Kelas I	Kelas II	Kelas III	Kelas II	Kelas II	Kelas I	Kelas II	Kelas III	Kelas IV	Kelas II	Kelas III	Kelas III
3	Model Wetland 2														
	Rerata	2,500	2,450	6,400	4,900	4,400	4,500	5,600	5,600	4,000	3,000	3,500	5,450	4,600	2,900
	Kelas Baku Mutu	Kelas IV	Kelas IV	Kelas I	Kelas II	Kelas II	Kelas II	Kelas II	Kelas II	Kelas II	Kelas III	Kelas III	Kelas II	Kelas II	Kelas IV
4	Model Wetland 3														
	Rerata	2,800	2,650	6,100	5,100	6,400	4,400	4,350	4,100	4,600	3,200	5,300	3,900	5,100	5,700
	Kelas Baku Mutu	Kelas IV	Kelas IV	Kelas I	Kelas II	Kelas I	Kelas II	Kelas II	Kelas II	Kelas II	Kelas III	Kelas II	Kelas III	Kelas II	Kelas II
5	Model Wetland 4														
	Rerata	3,100	2,850	6,550	6,600	4,900	4,000	5,400	6,100	4,200	2,150	7,250	4,800	4,700	3,400
	Kelas Baku Mutu	Kelas III	Kelas IV	Kelas I	Kelas I	Kelas II	Kelas II	Kelas II	Kelas I	Kelas II	Kelas IV	Kelas I	Kelas II	Kelas II	Kelas III

Sumber: Hasil Pengukuran 2016



*Sumbar: Hasil Perhitungan 2016*  
**Gambar 5.2. Perbandingan DO pada Semua Model Wetland dengan Tukad Badunge**



## **Sesuai Peraturan Gubernur Bali No.8 Tahun 2007**

Baku Mutu Air Kelas :

- I = 6 : air yang diperuntukannya dapat digunakan untuk air baku, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- II = 4 sit: air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertamanan, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- III=3 sit: air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertamanan dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- IV = 1: air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertamanan dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Berdasarkan hasil pengukuran pada Model *Wetland* lahan basah dengan 4 (empat) alternatif menunjukkan besarnya DO pada lahan basah mengalami peningkatan jika dibandingkan dengan keadaan kondisi eksisting pada Tukad Badung. Dengan menggunakan Model *Wetland* lahan basah, terjadi peningkatan kelas air pada Model *Wetland*, yakni tergolong pada kelas I, sedangkan pada Tukad Badung awal tergolong dalam kelas III. Model *Wetland* terbaik ditunjukkan pada alternatif 4 yakni kombinasi *surface vegetasi dlingo* dan *surface vegetasi teratai* yang ditunjukkan pada percobaan 3, 4, 8 dan 11.



**Table 5.46. Kekeruhan pada Model Welland I**

No.	Lahan	Percobaan Ke - (untuk Kekeruhan)									
		15/12/2015	18/12/2015	22/12/2015	31/12/2015	4/1/2016	6/1/2016	12/1/2016	15/1/2016	19/1/2016	Model I :
1	Subsurface tanpa vegetasi	397,30	109,13	38,03	26,95	14,56	9,18	24397,00	6047,00	20347,00	Surface vegetasi Teratai
	Subsurface tanpa vegetasi	101,98	48,04	54,57	43,21	14,21	11,05	3609,00	33731,00	23897,00	Surface vegetasi Dlingo
	Reberat	397,83	124,09	39,27	45,93	14,23	11,94	83088,00	19501,00	25738,00	TUKAD BADUNG AWAL
	Jumlah Reduktif Pencrementan	285,51	67,39	18,18	2,13	2,80	0,85	37001,31	19731,24	23290,39	Number : Hasil Pengukuran 2016

Dari hasil pengujian kekeruhan pada Model I yang dilakukan sebanyak 9 kali percobaan, dilakukan perbandingan antara hasil nilai kekeruhan pada Lukad Badung awal dengan Model Welland I didapatkan jumlah reduksi pencrementan. Jumlah reduksi pencrementan mengejelamit fluktuasi seperti hasil di atas, jumlah reduksi pencrementan terbesar terjadi pada percobaan 6 sebesar 285,51 mg/l dan terkecil pada percobaan 9 sebesar 2,13 mg/l. Pada percobaan 12, 13, dan 14 menunjukkan hasil yang besar, hal ini terjadi karena kesalahan pengejilan sampel uji.

**Tabel 5.46. Kekeruhan Pada Model Wetland 2**

No.	Lahan	Percobaan Ke - (untuk Kekeruhan)								
		6 15/12/2015	7 18/12/2015	8 22/12/2015	9 31/12/2015	10 4/1/2016	11 6/1/2016	12 12/1/2016	13 15/1/2016	14 19/1/2016
2	Model 2 :									
	Subsurface vegetasi Dlingo	58,11	26,30	41,96	57,40	17,55	12,59	17,92	17,31	20,28
	Surface vegetasi Teratai	11,61	420,46	55,58	35,59	35,56	15,24	21,20	12,44	32,76
	Rerata	58,11	223,38	48,77	46,50	26,56	13,92	19,56	14,88	26,52
	TUKAD BADUNG AWAL	584,55	26,36	62,13	36,56	11,53	11,57	30,02	28,43	36,95
	Jumlah Reduksi Pencemaran	526,44	197,02	13,36	9,93	15,03	2,34	10,46	13,55	10,42

Sumber: Hasil Pengukuran 2016

Model Wetland 2 merupakan Model Wetland yang menerapkan kombinasi sistem aliran *subsurface* dan *surface* dengan vegetasi berbeda. Hasil pengujian kekeruhan pada Model Wetland 2 yang dilakukan sebanyak 9 kali percobaan, dilakukan perbandingan antara hasil nilai kekeruhan pada Tukad Badung awal dengan Model Wetland 2 didapatkan jumlah reduksi pencemaran.

Jumlah reduksi pencemaran mengalami fluktuasi seperti hasil di atas, jumlah reduksi pencemaran terbesar terjadi pada percobaan 6 sebesar 526,44 mg/l dan terkecil pada percobaan 11 sebesar 2,34 mg/l.

No.	Lahan	Percobaan Kc - (unit Kekeruhan)										Number : Hasil Pengukuran 2016		
		15/12/2015	18/12/2015	22/12/2015	31/12/2015	4/1/2016	6/1/2016	12/1/2016	15/1/2016	19/1/2016	12	13	14	
1	Substrate tanpa vegetasi	39,00	66,99	47,22	82,96	23,39	8,77	8,72	15,64	15,67				
2	Surface vegetasi Treated	41,99	22,94	47,72	37,81	23,45	8,86	10,67	23,92	13,14				
3	Rerata	41,99	44,97	47,47	60,39	23,42	8,81	9,70	19,78	14,41				
	TUKAD BADUNG AWAL	584,55	26,36	62,13	36,56	11,53	11,57	30,02	28,43	36,95				
	Hamak Rediksi Penjemaran	542,56	18,60	14,66	23,82	11,89	2,76	20,33	8,65	22,54				

Tabel 5.48. Kekeruhan Pada Model Wetland 3

Hasil pengujian kekeruhan pada Model Wetland 3 yang dilakukan sebanyak 9 kali percobaan, dilakukan perbandingan antara hasil nilai kekeruhan pada Tukad Badung awal dengan Model Wetland 3 didapatkan jumlah reduksi penjemaran. Jumlah reduksi penjemaran mengalami fluktuasi seperti hasil di atas, jumlah reduksi penjemaran terbesar terjadi pada percobaan 6 sebesar 542,56 mg/L dan terkecil pada percobaan 11 sebesar 2,76 mg/L

penjemaran mengalami fluktuasi seperti hasil di atas, jumlah reduksi penjemaran terbesar terjadi pada percobaan 6 sebesar 542,56

mg/L dan terkecil pada percobaan 11 sebesar 2,76 mg/L

**Tabel 5.48. Kekeruhan Pada Model Wetland 4**

No.	Lahan	Percobaan Ke - (untuk Kekeruhan)								
		6	7	8	9	10	11	12	13	14
		15/12/2015	18/12/2015	22/12/2015	31/12/2015	4/1/2016	6/1/2016	12/1/2016	15/1/2016	19/1/2016
4	Model 4 :									
	Surface vegetasi Dlingo	19,55	69,02	72,65	55,23	19,36	11,06	22,52	14,85	27,09
	Surface vegetasi Teratai	253,98	25,21	66,42	96,65	16,30	7,05	33,60	32,95	24,69
	Rerata	136,77	47,12	69,53	75,94	17,83	9,06	28,06	23,90	25,89
	TUKAD BADUNG AWAL	584,55	26,36	62,13	36,56	11,53	11,57	30,02	28,43	36,95
	Jumlah Reduksi Pencemaran	447,78	20,75	7,40	39,37	6,31	2,51	1,96	4,53	11,06

Sumber: Hasil Pengukuran 2016

Model Wetland 4 merupakan satu-satunya Model Wetland yang hanya menggunakan sistem aliran permukaan (*surface*) dengan vegetasi. Hasil pengujian kekeruhan pada Model Wetland 4 yang dilakukan sebanyak 9 kali percobaan, dilakukan perbandingan antara hasil nilai kekeruhan pada Tukad Badung awal dengan Model Wetland 3 didapatkan jumlah reduksi pencemaran. Jumlah reduksi pencemaran mengalami fluktuasi seperti hasil diatas, jumlah reduksi pencemaran terbesar terjadi pada percobaan 6 sebesar 447,78 mg/l dan terkecil pada percobaan 12 sebesar 1,96 mg/l.

No.	Lahan	Percobaan Ke- (Unik Kekuruan)											Jumlah	
		15/12/2015	18/12/2015	22/12/2015	31/12/2015	4/1/2016	6/1/2016	12/1/2016	15/1/2016	19/1/2016	12	13	14	
<b>Model Wedang 1</b>														
1	Subsurfacce tanpa vegetasi	397,30	109,13	38,03	26,95	14,56	9,18	24397,00	6047,00	20347,00	397,83	124,09	54,57	43,21
2	Model Wedang 2	299,04	93,75	43,96	38,70	14,33	10,73	37031,33	19759,67	23327,33	80618,83	58,11	420,46	26,30
3	Model Wedang 3	39,00	69,99	66,99	72,65	55,23	19,36	11,06	22,52	14,85	27,09	19,55	47,22	44,97
4	Model Wedang 4	44,99	22,94	47,72	37,81	23,45	8,77	8,72	15,64	13,14	15,67	41,99	44,97	47,47
5	Model Wedang AWAL	584,55	26,36	62,13	36,56	11,53	11,57	30,02	28,43	36,95	828,10	136,77	47,12	69,53

**Table 5.50. Tabel Rerap Kekuruan**

Hasil rerap parameter dari kelebihan dari kelebihan variasi Model Wedang didapatkan hasil seperti tabel di atas. Jumlah pengujian kelebihan pada Tukad Badung awal yang dilakukan sebanyak 9 kali percobaan adalah 828,1 mg/L Jumlah pengujian kelebihan pada Model Wedang yang dilakukan sebanyak 9 kali percobaan adalah 270,92 mg/L Pada tabel di atas Model Wedang 3 mengurangi parameter kelebihan terkecil dibandingkan Model Wedang lainnya yaitu 270,92 mg/L Model Wedang 3 memiliki total rerata hasil yang besar, hal ini terjadi karena kesalahan pengelestan sampel uji. Model Wedang 2 memiliki 2 memilih percobaan 12, 13, dan 14 menujukan dibandingkan Model Wedang lainnya yaitu 478,19 mg/L sedangkan pada Model Wedang 1 percobaan 1 percobaan 12, 13, dan 14 menujukan masing-masing Model Wedang menunjukkan nilai yang berbeda, Model Wedang 2 memiliki total rerata kelebihan terbesar masing-masing Model Wedang menunjukkan nilai yang berbeda, Model Wedang 2 memiliki total rerata kelebihan terbesar kelebihan pada Tukad Badung awal yang dilakukan sebanyak 9 kali percobaan adalah 828,1 mg/L Jumlah pengujian kelebihan pada Tukad Badung menunjukkan nilai yang berbeda, Model Wedang 2 memiliki total rerata kelebihan pada Model Wedang 4 memiliki total rerata kelebihan yang sama dengan Model Wedang 3.

Hasil rerap parameter kelebihan dari kondisi Tukad Badung awal

### 5.2.3. Pengukuran Parameter Bakteriologi

Berdasarkan hasil pemeriksaan bakteriologi tanggal 03 Desember 2015 maka di dapatkan hasil sebagai berikut :

**Tabel 5.50. Rekap Pengukuran Parameter Bakteriologi**

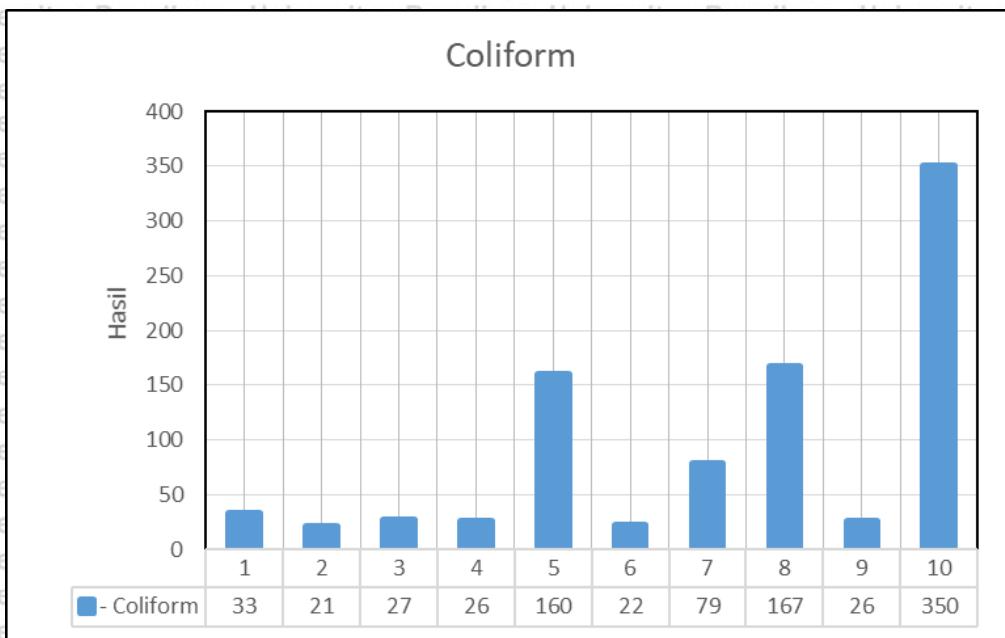
No	Pengambilan Sample	Jam Pengambilan	Jenis Pemeriksaan	Satuan	Hasil
		Jam Pemeriksaan			
1	Model Wetland 1	10.35/12.45	- Coliform	Per 100 ml	33
	Surface dengan Teratai		- E. Coli	Per 100 ml	0
2	Model Wetland 1	10.55/12.45	- Coliform	Per 100 ml	21
	Surface dengan Dlingo		- E. Coli	Per 100 ml	0
3	Model Wetland 1	11.05/12.45	- Coliform	Per 100 ml	27
	Sub Surface Tanpa Vegetasi		- E. Coli	Per 100 ml	0
4	Model Wetland 2	10.30/12.45	- Coliform	Per 100 ml	26
	Surface dengan Teratai		- E. Coli	Per 100 ml	0
5	Model Wetland 2	10.50/12.45	- Coliform	Per 100 ml	160
	Sub Surface dengan Dlingo		- E. Coli	Per 100 ml	12
6	Model Wetland 3	10.40/12.45	- Coliform	Per 100 ml	22
	Surface dengan Teratai		- E. Coli	Per 100 ml	0
7	Model Wetland 3	11.10/12.45	- Coliform	Per 100 ml	79
	Surface tanpa vegetasi		- E. Coli	Per 100 ml	0
8	Model Wetland 4	10.45/12.45	- Coliform	Per 100 ml	167
	Surface dengan Teratai		- E. Coli	Per 100 ml	9
9	Model Wetland 4	11.00/12.45	- Coliform	Per 100 ml	26
	Surface dengan Dlingo		- E. Coli	Per 100 ml	0
10	Tukad Badung Awal	11.15/12.45	- Coliform	Per 100 ml	350
			- E. Coli	Per 100 ml	17

Sumber: Hasil Pengukuran 2016

Sesuai dengan Permenkes RI Nomor : 416/Menkes/Per/IX/1990 tentang

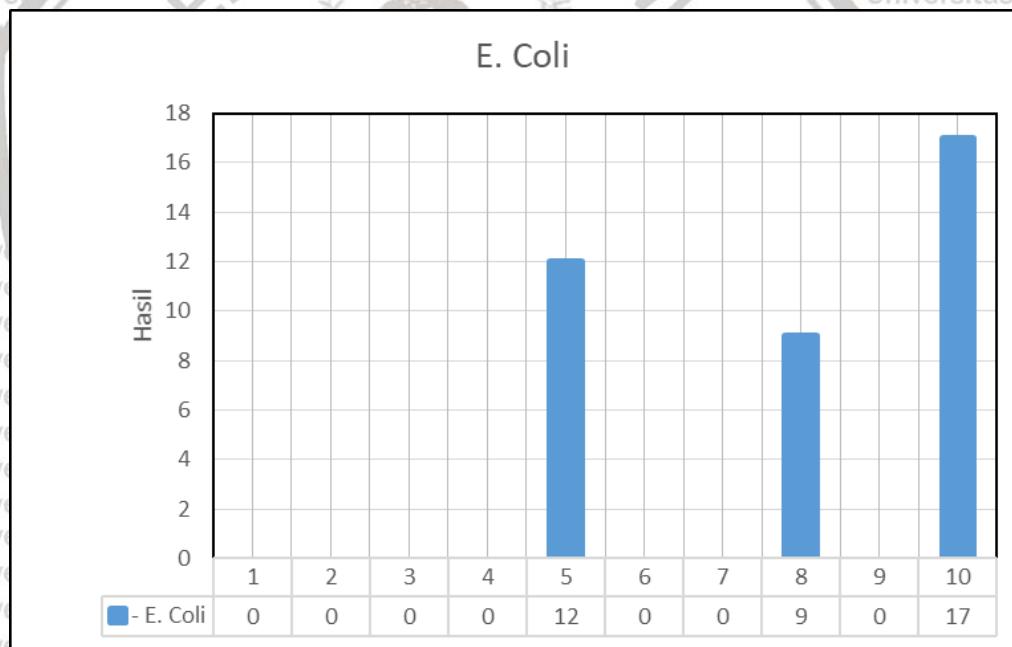
Persyaratan Air Bersih MPN Coliform dengan hasil 50 (bukan air perpipaan), MPN

Coliform dengan hasil 10 (air perpipaan) dan MPN E.Coli dengan hasil 0.



**Gambar 5.3. Hasil Uji Kandungan Bakteri Coliform**

Sumber: Hasil Perhitungan 2016



**Gambar 5.4. Hasil Uji Kandungan Bakteri E-coli**

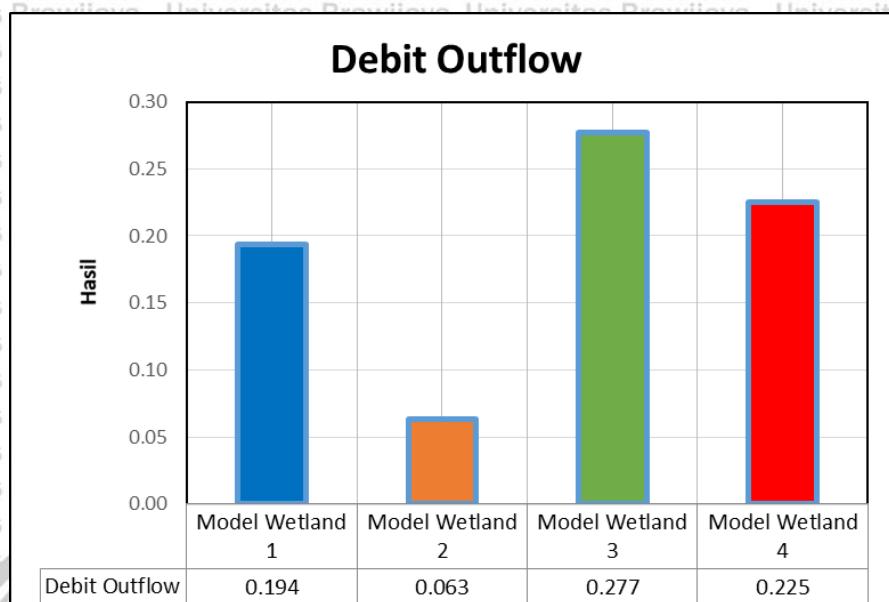
Sumber: Hasil Perhitungan 2016

### 5.3. Kajian Efektifitas Model Wetland Lahan Basah

Pada kajian ini berdasarkan hasil di atas maka dapat diambil kesimpulan bahwa dengan menggunakan uji jenis *Wetland* kombinasi dengan berbagai jenis tanaman yang digunakan, efektivitas reduksi polutan adalah sebagai berikut:



- Model Wetland fisik Wetland mempengaruhi daya retensi Sistem inflow, yaitu reduksi inflow outflow pada sistem Model Wetland adalah terbesar pada uji Model Wetland 2.



**Gambar 5.5. Efektifitas Debit Outflow Sistem Wetland**

Sumber: Hasil Perhitungan 2016

- Outflow. Kandungan parameter pencemar / polutan dipengaruhi langsung oleh besaran Outflow Sistem Model Wetland fisik Wetland

### 5.52. Rekap Prosentase Reduksi Pencemaran Model Wetland

No.	Lahan	Parameter (%)					
		Flourida (Ion F)	Nitrat (NO <sub>3</sub> -N)	BOD	COD	DO	Kekeruhan
1	Model Wetland 1	59,7	14,4	35,1	33,4	68,4	-
2	Model Wetland 2	59,8	27,1	16,4	17,0	70,4	42,3
3	Model Wetland 3	57,2	28,0	34,1	8,1	81,5	67,3
4	Model Wetland 4	56,5	19,8	46,4	38,9	88,0	47,6

Sumber: Hasil Pengukuran 2016

- Berdasarkan hasil perbandingan Model Wetland fisik Wetland pada penelitian ini untuk parameter flourida reduksi terbesar pada Model Wetland I yaitu 59,8%.
- Wetland yang mereduksi parameter pencemaran BOD dan COD terbesar adalah Model Wetland 4 dengan prosentase 46,4% dan 38,9% dari kondisi awal seperti Tabel 5.8.
- Wetland yang menghasilkan kandungan oksigen terbesar (DO) adalah pada uji Model Wetland 4 dengan penambahan 88% dari kondisi awal.

6. *Wetland* yang menghasilkan parameter kekeruhan terkecil atau paling bagus, adalah pada pengujian Model *Wetland* 3 dengan prosentase 67,3%.
7. Berdasarkan hasil keempat studi uji Model *Wetland* tersebut di atas disimpulkan bahwa Model *Wetland* fisik 4 adalah yang menghasilkan hasil yang paling optimal yang ditinjau dari beberapa latar belakang pemilihan sebagai berikut:
  - a. Nilai Parameter DO terbesar adalah pada uji Model *Wetland* 4, hal ini mengindikasikan bahwa proses kebutuhan oksigen dalam sistem *Wetland* untuk organisme bertambah, nilai COD dan BOD terkecil adalah 4, mengindikasikan penguraian polutan proses kimia.
  - b. Untuk hasil uji parameter bakteriologi, Model *Wetland* 1 dan 3 memiliki kandungan bakteri *Coliform* dan *E-coli* paling kecil pada dibandingkan Model *Wetland* lainnya.
  - c. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa proses penguraian polutan terbaik pada Model *Wetland* 4, karena uji parameter kimia pada Model *Wetland* 4 mampu mereduksi lebih besar dari pada Model *Wetland* lainnya.

#### 5.4. Ringkasan dan Pembahasan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Badan Lingkungan Hidup Kota Denpasar, tingkat pencemaran air Sungai Tukad Badung sangat tinggi yaitu mempunyai nilai *Biological Oxygen Demand* (BOD) atau kandungan oksigen dalam air yang berfungsi mengurai unsur organik di hulu Sungai Tukad Badung mencapai 24 mg/l, melebihi baku mutu kelas empat dalam Peraturan Gubernur Bali No.8 tahun 2007 yaitu 12 mg/l dan kandungan kimia dalam air yang dibutuhkan untuk mengurai zat kimia *Chemical Oxygen Demand* (COD) 36 mg/l terkategori baku mutu air kelas tiga. Besarnya nilai BOD yang mencapai lebih dari dua kali lipat dibanding nilai baku mutu menunjukkan bahwa telah terjadi pencemaran bahan organik yang sangat tinggi.

Sedangkan nilai COD yang besar, mengindikasikan telah terjadi pencemaran zat kimia yang tinggi di Sungai Tukad Badung. Untuk kandungan Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) di Sungai Tukad Badung berdasarkan uji kelayakan terakhir pernah melampaui standar baku mutu air yaitu 10,3 mg/l (baku mutu air kelas satu/dua) yang mengindikasikan bahwa perairan tersebut merupakan perairan yang subur bagi perkembangan fitoplankton.



Studi ini bertujuan untuk menguji aplikasi lahan basah buatan (*constructed wetland*) bagi perbaikan air permukaan khususnya air Sungai Tukad Badung dengan menggunakan jenis tanaman bunga Teratai dan Dlingo dengan pertimbangan bahwa: 1) Teratai dan Dlingo merupakan tanaman air yang secara estetis cocok ditanam di sekitar sungai; 2) Teratai mempunyai nilai kearifan lokal di Bali yakni banyak dipakai dalam kegiatan keagamaan; 3) Dlingo sudah semakin sulit ditemukan sehingga pemanfaatannya sebagai vegetasi lahan basah buatan akan sekaligus menjadi upaya pelestariannya, yang dapat dimanfaatkan sebagai bumbu bali dan jamu; 4) Baik Teratai maupun Dlingo, sepanjang pengetahuan peneliti belum ada penelitian yang menggunakan vegetasi tersebut sebagai parameter dan metode kombinasi *surface flow wetland* dan *subsurface flow wetland* seperti peneliti lakukan dalam penelitian ini; dan 5) Teratai mempunyai nilai ekonomis relatif tinggi karena setiap bagian tanaman ini dapat dimanfaatkan.

Penelitian ini dibatasi sebagai berikut: a) Variabel penelitian adalah empat model lahan basah buatan, debit air masuk, waktu retensi dan dua jenis tanaman air sebagai vegetasi lahan basah buatan; b) Parameter yang diamati adalah komponen fisika, kimia dan biologi kualitas air masuk dan keluar dari lahan basah buatan; c) Lokasi penelitian dilakukan di pinggir Sungai Tukad Badung bagian tengah yang terjadi pembuangan limbah domestik, dengan membuat model berdimensi 1,5 m x 1,2 m dan debit rata-rata 0,084 liter/detik; d) Penelitian ini akan dilakukan di musim kemarau untuk menghindari kemungkinan obyek penelitian terkena banjir; dan e) Pendekatan yang dipakai adalah konsep *Water Sensitive Urban Design* (WSUD).

*Water Sensitive Urban Design* (WSUD) merupakan suatu proses pendekatan yang mengintegrasikan antara perencanaan kota dengan manajemen pengelolaan air. WSUD terwujud dalam suatu desain wilayah yang terintegrasi dalam pengolahan siklus airnya. Konsep ini mengintegrasikan pengelolaan antara air bersih, air limbah, air tanah, air hujan, desain perkotaan dan perlindungan lingkungan (*Evaluating Option for Water Sensitive Urban Desagn – National Guide*, 2007). Tujuan dari pendekatan konsep ini untuk melakukan pendekatan perencanaan dan perancangan kota yang berhubungan dengan sumber air dan manajemen lingkungan serta meminimalisasi dampak yang ditimbulkan oleh keberadaan air di permukaan perkotaan. Pada awalnya konsep ini muncul dilatarbelakangi oleh peranan air dalam kehidupan kota, yang memerlukan pengaturan



yang selaras antara pembangunan kota dan kebutuhan akan air. Dalam konsep ini dilakukan integrasi antara manajemen keberlanjutan siklus air dan perancangan kota dengan mengadopsi teknik desain kota yang sensitif terhadap air.

Dapat disimpulkan bahwa kata kunci dari konsep ini adalah integrasi. Hal tersebut disebutkan secara lebih jelas pada prinsip-prinsip dari konsep WSUD. Prinsip-prinsip tersebut disebutkan dalam *Urban Stormwater* (2009), yaitu: melindungi sistem yang alami, salah satunya adalah sistem air alami melalui pengembangan kota; mengintegrasikan cara - cara penanggulangan air hujan ke dalam perancangan kota; melindungi kualitas air dan meningkatkan kualitas sistem pengairan air; mengurangi aliran air dengan cara mengalirkan limpasan air baik air hujan maupun banjir dan mengintegrasikannya ke lansekap lingkungan; memanfaatkan limpasan air untuk berbagai macam kebutuhan; memberikan nilai lahan dengan meminimalkan biaya infrastruktur salah satunya adalah infrastruktur drainase.

*Wetland* adalah suatu lahan yang jenuh air dengan kedalaman air tipikal yang kurang dari 0,6 m yang mendukung pertumbuhan tanaman air *emergent* misalnya *Cattail*, *Bulrush*, *Umbrella Plant* dan *Canna* (Metcalf and Eddy, 1991). Pengertian lainnya *Constructed wetland* merupakan suatu rawa buatan yang dibuat untuk mengolah air limbah domestik, untuk aliran air hujan dan mengolah lindi (*leachate*) atau sebagai tempat hidup habitat liar lainnya, selain itu constructed wetland dapat juga digunakan untuk reklamasi lahan penambangan atau gangguan lingkungan lainnya.

Menurut Hammer (1986) pengolahan limbah Sistem *Wetlands* didefinisikan sebagai sistem pengolahan yang memasukkan faktor utama, yaitu: a) Area yang tergenangi air dan mendukung kehidupan tumbuhan air sejenis *hydrophyta*, b) Media tempat tumbuh berupa tanah yang selalu digenangi air (basah), c) Media bisa juga bukan tanah, tetapi media yang jenuh dengan air. Sejalan dengan perkembangan ilmu dan penelitian, maka definisi tersebut disempurnakan oleh Metcalf & Eddy (1993), menjadi “Sistem yang termasuk pengolahan alami, dimana terjadi aktivitas pengolahan sedimentasi, filtrasi, transfer gas, adsorpsi, pengolahan kimiawi dan biologis, karena aktivitas mikroorganisme dalam tanah dan aktivitas tanaman”.

Model lahan basah buatan (*constructed wetland*) yang dibuat adalah lahan basah buatan tipe kombinasi. Dibuat 4 model lahan basah buatan kombinasi yakni

1. Model 1 : kombinasi lahan basah buatan aliran bawah permukaan tanpa vegetasi (*sub-surface wetland without vegetation*) dan dua jenis lahan basah buatan aliran permukaan yaitu dengan vegetasi dlingo (*surface wetland with sweetflag vegetation*) dan lahan basah buatan aliran permukaan dengan vegetasi teratai (*surface wetland with water lily vegetation*). Model ini seperti disajikan pada Gambar 4.15.
2. Model 2 : lahan basah buatan aliran permukaan tanpa vegetasi (*surface wetland without vegetation*) dan dua jenis lahan basah buatan aliran permukaan yaitu dengan vegetasi dlingo (*surface wetland with sweetflag vegetation*) dan lahan basah buatan aliran permukaan dengan vegetasi teratai (*surface wetland with water lily vegetation*). Model ini seperti disajikan pada Gambar 4.16.
3. Model 3 : Lahan basah buatan aliran bawah permukaan dengan vegetasi dlingo (*sub-surface wetland with sweetflag vegetation*) dan lahan basah buatan aliran permukaan dengan vegetasi teratai (*surface wetland with water lily vegetation*). Model ini seperti pada Gambar 4.17.
4. Model 4 : lahan basah buatan aliran permukaan dengan vegetasi dlingo (*sub-surface wetland with sweetflag vegetation*) dan lahan basah buatan aliran permukaan dengan vegetasi teratai (*surface wetland with water lily vegetation*). Model ini seperti pada Gambar 4.18.

Model *Wetland* lahan basah yang dibuat adalah lahan basah tipe kombinasi.

Pemasangan Model *Wetland* test dilakukan pada tanggal 16 November 2015. Dari hasil pengukuran Tabel 5.1 didapatkan besarnya debit rata-rata hasil pengukuran sebesar 0,084 liter/detik. Dari 4 (empat) model *Wetland* lahan basah seperti tersebut di atas, daya retensi debit aliran yang masuk sistem *Wetland* terbesar adalah model *Wetland* 2 dengan waktu 56,16 detik. Makin besar daya retensi maka semakin baik untuk proses pengendapan kekeruhan.

Untuk pengukuran parameter kimia dan kekeruhan, dilakukan pada empat belas percobaan kemudian direkap hasil pengukuran untuk masing-masing parameter dari empat

Model *Wetland* lahan basah buatan untuk dibandingkan dengan kondisi eksisting pada Sungai Tukad Badung.

Hasil rekap parameter flourida dari keempat variasi Model *Wetland* dipatkan hasil seperti Tabel 5.20. Jumlah pengujian flourida pada Tukad Badung awal yang dilakukan sebanyak 14 kali percobaan adalah 27,005 mg/l. Jumlah pengujian folurida pada masing-masing Model *Wetland* menunjukkan nilai yang berbeda, Model *Wetland* 2 memiliki total rerata flourida terkecil dibandingkan Model *Wetland* lainnya yaitu 10,861 mg/l. Hal ini menunjukkan bahwa kombinasi dua sistem aliran *subsurface* dan *surface* lebih bagus dibandingkan menggunakan satu sistem aliran, terlihat pada hasil Model *Wetland* 2 dan Model *Wetland* 4. Sistem aliran *surface* yang bagus adalah menggunakan kombinasi dua jenis vegetasi berbeda yang dibuktikan oleh Model *Wetland* 1 dibandingkan Model *Wetland* 3. Tabel 5.21. dan Gambar 5.5., Model *Wetland* 2 mengurangi parameter flourida sebesar 16,144 mg/l dari kondisi Tukad Badung awal.

Fluor merupakan salah satu unsur yang melimpah pada kerak bumi. Unsur ini ditemukan dalam bentuk ion fluoride (F). Perairan alami biasanya memiliki kadar fluoride kurang dari 0,2 mg/l, pada air tanah dalam mencapai 10 mg/l, sedangkan pada perairan laut sekitar 1,3 mg/l. Grafik keempat model *Wetland* menunjukkan bahwa Tukad Badung awal berada pada kelas IV karena melewati kelas III.

Berdasarkan peraturan gubernur bali nomor 8 tahun 2007, pemasangan Model *Wetland* lahan basah buatan dengan 4 (empat) alternatif menunjukkan bahwa Model *Wetland* lahan basah aliran bawah permukaan dengan kombinasi ini berada pada kelas II dan kelas I. Percobaan 6 dan 9 pada Model *Wetland* 2 dengan kombinasi *subsurface* vegetasi dlingo dengan *surface* vegetasi teratai menunjukkan adanya pengurangan kadar

Ion F sehingga air masuk dalam kelas I yang peruntukannya bisa digunakan untuk air baku.

Hasil rekap parameter nitrat dari keempat variasi Model *Wetland* dipatkan hasil seperti Tabel 5.26. Jumlah pengujian nitrat pada Tukad Badung awal yang dilakukan sebanyak 14 kali percobaan adalah 31,48 mg/l. Jumlah pengujian nitrat pada masing-masing Model *Wetland* menunjukkan nilai yang berbeda, Model *Wetland* 3 memiliki total rerata nitrat terkecil dibandingkan Model *Wetland* lainnya yaitu 22,68 mg/l. Hal ini



menunjukkan bahwa kombinasi dua sistem aliran subsurface dan surface lebih bagus dibandingkan menggunakan satu sistem aliran, terlihat pada hasil Model *Wetland* 3 dan

Model *Wetland* 4. Sistem aliran surface yang bagus adalah menggunakan kombinasi satu jenis vegetasi yang dibuktikan oleh Model *Wetland* 3 dibandingkan Model *Wetland* 1.

Pada Tabel 5.27 dan Gambar 5.10, Model *Wetland* 3 mengurangi parameter nitrat sebesar 8,807 mg/l dari kondisi Tukad Badung awal.

Nitrat adalah bentuk utama nitrogen di perairan alami dan merupakan nutrient utama bagi pertumbuhan tanaman dan algae. Nitrat sangat mudah larut dalam air dan bersifat stabil. Masuknya nitrat dalam badan sungai disebabkan oleh manusia yang membuang kotoran dalam air sungai, juga karena pembusukan sisa tanaman dan hewan, pembuangan industri, dan kototran hewan. Nitrat menyebabkan kualitas air menurun, menurunkan oksigen terlarut, penurunan populasi ikan, bau busuk dan rasa tidak enak. Percobaan Model *Wetland* lahan basah dengan 4 (empat) alternatif menunjukkan bahwa kadar nitrat tidak jauh berbeda dengan kondisi eksisting pada Tukad Badung awal, yakni berada pada kelas I dan kelas II.

Hasil rekap parameter BOD dari keempat variasi Model *Wetland* dipatkan hasil seperti Tabel 5.32.. Jumlah pengujian BOD pada Tukad Badung awal yang dilakukan sebanyak 14 kali percobaan adalah 332 mg/l. Jumlah pengujian BOD pada masing-masing Model *Wetland* menunjukkan nilai yang berbeda, Model *Wetland* 4 memiliki total rerata BOD terkecil dibandingkan Model *Wetland* lainnya yaitu 117,8 mg/l.

Hal ini menunjukkan bahwa satu sistem aliran surface lebih bagus dibandingkan menggunakan dua sistem aliran, terlihat pada hasil Model *Wetland* 4. Sistem aliran surface yang bagus adalah menggunakan kombinasi satu jenis vegetasi yang dibuktikan oleh

Model *Wetland* 4 dibandingkan Model *Wetland* 1. Pada Tabel 5.33. dan Gambar 5.13 Model *Wetland* 4 mengurangi parameter BOD sebesar 154,2 mg/l dari kondisi Tukad Badung awal.

Berdasarkan hasil pengukuran pada Model *Wetland* lahan basah dengan 4 (empat) alternatif menunjukkan besarnya kadar BOD pada lahan basah dapat mengurangi kadar BOD pada kondisi eksisting. Tukad Badung awal yang berada pada kelas IV menjadi kelas III untuk beberapa percobaan. Model *Wetland* 4 yang paling banyak mengurangi kadar BOD yang dibuktikan oleh hasil percobaan 3, 4, 8, dan 10.

Hasil rekap parameter COD dari keempat variasi Model *Wetland* dipatkan hasil seperti Tabel 5.38. Jumlah pengujian COD pada Tukad Badung awal yang dilakukan sebanyak 14 kali percobaan adalah 971,86 mg/l. Jumlah pengujian COD pada masing-masing Model *Wetland* menunjukkan nilai yang berbeda, Model *Wetland* 4 memiliki total rerata COD terkecil dibandingkan Model *Wetland* lainnya yaitu 593,52 mg/l.

Hal ini menunjukkan bahwa satu sistem aliran surface lebih bagus dibandingkan menggunakan dua sistem aliran, terlihat pada hasil Model *Wetland* 4. Sistem aliran surface yang bagus adalah menggunakan kombinasi satu jenis vegetasi yang dibuktikan oleh Model *Wetland* 4 dibandingkan Model *Wetland* 1. Pada Tabel 5.39 dan Gambar 5.20. Model *Wetland* 4 mengurangi parameter COD sebesar 378,34 mg/l dari kondisi Tukad.

Berdasarkan hasil pengukuran pada Model *Wetland* lahan basah dengan 4 (empat) alternatif menunjukkan besarnya kadar COD pada lahan basah dapat mengurangi kadar COD pada kondisi eksisting Tukad Badung awal yang berada pada kelas IV yang ditunjukkan pada percobaan 3, menjadi kelas III. Model *Wetland* 4 yang paling banyak mengurangi kadar BOD dan kadar COD terkecil ditunjukkan pada percobaan 2.

Hasil rekap parameter DO dari keempat variasi Model *Wetland* dipatkan hasil seperti Tabel 5.44. Jumlah pengujian DO pada Tukad Badung awal yang dilakukan sebanyak 14 kali percobaan adalah 35,1 mg/l. Jumlah pengujian DO pada masing-masing Model *Wetland* menunjukkan nilai yang berbeda, Model *Wetland* 4 memiliki total rerata DO terbesar dibandingkan Model *Wetland* lainnya yaitu 66 mg/l.

Hal ini menunjukkan bahwa satu sistem aliran surface lebih bagus dibandingkan menggunakan dua sistem aliran, terlihat pada hasil Model *Wetland* 4 dan Model *Wetland* 1. Sistem aliran surface yang bagus adalah menggunakan kombinasi satu jenis vegetasi yang dibuktikan oleh Model *Wetland* 4 dibandingkan Model *Wetland* 1. Pada Tabel 5.45 dan Gambar 5.25. Model *Wetland* 4 menambah oksigen terlarut parameter DO sebesar 30,9 mg/l dari kondisi Tukad Badung awal.

Berdasarkan hasil pengukuran pada Model *Wetland* lahan basah dengan 4 (empat) alternatif menunjukkan besarnya DO pada lahan basah mengalami peningkatan jika dibandingkan dengan keadaan kondisi eksisting pada Tukad Badung. Dengan menggunakan Model *Wetland* lahan basah, terjadi peningkatan kelas air pada Model



*Wetland*, yakni tergolong pada kelas I, sedangkan pada Tukad Badung awal tergolong dalam kelas III. Model *Wetland* terbaik ditunjukkan pada alternatif 4 yakni kombinasi *surface vegetasi dlingo* dan *surface vegetasi teratai* yang ditunjukkan pada percobaan 3, 4, 8 dan 11.

Hasil rekap parameter kekeruhan dari keempat variasi Model *Wetland* dipatkan hasil seperti Tabel 5.50.. Jumlah pengujian kekeruhan pada Tukad Badung awal yang dilakukan sebanyak 9 kali percobaan adalah 828,1 mg/l. Jumlah pengujian kekeruhan pada masing-masing Model *Wetland* menunjukkan nilai yang berbeda, Model *Wetland* 2 memiliki total rerata kekeruhan terbesar dibandingkan Model *Wetland* lainnya yaitu 478,19 mg/l, sedangkan pada Model *Wetland* 1 percobaan 12, 13, dan 14 menunjukkan hasil yang besar, hal ini terjadi kemungkinan karena kesalahan pengambilan sampel uji.

Model *Wetland* 3 memiliki total rerata kekeruhan terkecil dibandingkan Model *Wetland* lainnya yaitu 270,92 mg/l. Pada tabel diatas Model *Wetland* 3 mengurangi parameter kekeruhan sebesar 557,18 mg/l dari kondisi Tukad Badung awal.

Pada kajian ini berdasarkan hasil diatas maka dapat diambil kesimpulan bahwa dengan menggunakan uji jenis *Wetland* kombinasi dengan berbagai jenis tanaman yang digunakan, efektifitas reduksi polutan adalah sebagai berikut:

1. Model *Wetland* fisik *Wetland* mempengaruhi daya retensi Sistem *inflow*, yaitu reduksi *inflow outflow* pada sistem Model *Wetland* adalah terbesar pada uji Model *Wetland* 2. (Gambar 5.28.)
2. *Outflow* Kandungan parameter pencemar / polutan dipengaruhi langsung oleh besaran *Outflow* Sistem Model *Wetland* fisik *Wetland* (Tabel 5.52.)
3. Berdasarkan hasil perbandingan Model *Wetland* fisik *Wetland* pada penelitian ini, untuk parameter flourida reduksi terbesar pada Model *Wetland* I yaitu 59,8%.
4. *Wetland* yang mereduksi parameter pencemaran BOD dan COD terbesar adalah Model *Wetland* 4 dengan prosentase 46,4% dan 38,9% dari kondisi awal seperti Tabel 5.8.

## BAB VI

### KESIMPULAN

#### 6.1. KESIMPULAN

Pada hasil kegiatan penelitian ini dadapatkan beberapa kesimpulan penelitian terkait dengan rumusan masalah sebagai berikut :

1. Berikut adalah performa kinerja lahan basah buatan terhadap pengaruh daya retensi debit aliran:
  - (a) Model 1 : *subsurface* tanpa vegetasi menghasilkan debit sebesar 0,065 lt/dt dan *surface* dengan kombinasi vegetasi Dlingo Teratai menghasilkan debit sebesar 0,129 lt/dt
  - (b) Model 2 : *subsurface* dengan vegetasi Dlingo menghasilkan debit sebesar 0,018 lt/dt dan *surface* dengan vegetasi Teratai menghasilkan debit sebesar 0,045 lt/dt
  - (c) Model 3 : *subsurface* tanpa vegetasi menghasilkan debit sebesar 0,141 lt/dt dan *surface* dengan vegetasi Teratai menghasilkan debit sebesar 0,136 lt/dt
  - (d) Model 4 : *surface* dengan vegetasi Dlingo menghasilkan debit sebesar 0,116 lt/dt dan *surface* dengan vegetasi Teratai menghasilkan debit sebesar 0,109 lt/dt

Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa model *wetland 2 subsurface* dengan vegetasi Dlingo dan *surface* dengan vegetasi Teratai memiliki retensi debit terbesar dengan total waktu 78,59 dt

2. Berdasarkan hasil keempat studi uji model tersebut dapat disimpulkan bahwa Model *Wetland 4* yang mendapatkan hasil yang paling optimal dan memiliki hasil proses penguraian polutan kimia terbaik yaitu, nilai parameter DO terbesar adalah pada uji Model *Wetland 4* yaitu meningkat 88%, hal ini mengindikasikan bahwa proses kebutuhan oksigen dalam sistem *wetland* untuk organisme bertambah. Nilai COD berkurang 38,9% dan BOD berkurang 46,4%, mengindikasikan penguraian polutan proses kimia untuk Model *Wetland 4* paling baik dibandingkan model lain.

Penguraian polutan akan dirombak oleh mikroorganisme menjadi senyawa lebih sederhana dan akan dimanfaatkan oleh tumbuhan sebagai nutrient, sedangkan sistem perakaran tumbuhan air akan menghasilkan oksigen yang dapat digunakan sebagai sumber energi/ katalis untuk rangkaian proses metabolisme bagi kehidupan mikroorganisme .

3. Berdasarkan hasil pada Model *Wetland 4*, Teratai lebih efektif untuk mengurangi kadar BOD sebesar 2,4% dan menambah kadar DO sebesar 9,2% dibandingkan Dlingo Tanaman Teratai memiliki nilai ekonomi yang lebih tinggi dibandingkan Dlingo karena tanamannya banyak dipakai dalam kegiatan keagamaan di Bali dan setiap bagian tanaman dapat dimanfaatkan.

4. Upaya yang telah dilakukan antara lain adalah pembahasan tentang lahan basah buatan pada rapat Tim Koordinasi Pengelolaan Sumber Daya Air (TKPSDA) pada tahun 2015 di BWS Bali-Penida

## 6.2. SARAN

Sebagai upaya pemurnian kualitas air Sungai daerah perkotaan yang secara ruang sangat sulit untuk dibangunnya *wetland*, maka dari hasil penelitian ini dapat memberikan sumbangsih pemikiran desain pemeliharaan kota terhadap pemerintah Kota dan Instansi pemerintah lainnya untuk menambahkan Box Box Tanaman dan Box Box Kolam air dipinggiran Sungai yang dapat difungsikan sebagai *wetland* guna mereduksi kandungan pencemaran air sepanjang sungai yang melewati kota tersebut.

Pemanfaatan *wetland* harus diikuti dengan kegiatan rutin pemeliharaan lahan *wetland*, yaitu *removal* tanaman tanaman yang mengalami pembusukan, pengadukan tanah secara berkala dan atau penggantian tanah guna melakukan penyegaran kembali terhadap fungsi kinerja *wetland*. Hal ini dikarenakan bahwa pada Sistem *wetland* sendiri adalah pada kondisi kesuburan pencemaran yang tinggi karena terserapnya limbah limbah pencemar oleh kinerja *wetland*.

Untuk kegiatan penelitian selanjutnya masih dibutuhkan pengujian variasi lainnya seperti jenis vegetasi pada lahan *wetland subsurface*, dan variasi inflow polutan yang ditambahkan dengan parameter pencemar industri dan logam berat pada inflow air yang dilewatkan.

- DAFTAR PUSTAKA**
- Anonim, 1992. Undang undang No 24 tahun 1992 tentang Penataan Ruang
- Anonim, 1992. Undang undang No 32 tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup
- Anonim, 2009. *Evaluating Option for Water Sensitive Urban Design. National Guide*. Departement of the Environment, Water, Heritage, and the Arts. BMT WBM pty Ltd
- Anonim, 2010. Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 1 Tahun 2010 tentang Tata Laksana Pengendalian Pencemaran Air.
- Arsyad, Sitanala. 2000. *Konservasi Tanah dan Air*. Bandung: Penerbit IPB (IPB Press)
- Amansyah, 2012. Studi Kemampuan Tanaman Jeragau (*Acorus calamus*) dalam Menurunkan Amoniak (NH<sub>3</sub>) dalam Air Limbah Rumah Sakit. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Universitas Hasanuddin* Volume 4 Nomor 2, Hal 28-36
- APHA, 1989. *Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater*. Water Environment Federation
- Asmadi, 2011. Perubahan Karakteristik Lahan Pasang Surut (Studi Kasus Reklamasi di Delta Berbak, Jambi). *Jurnal Jurusan Tanah* Volume 13, Nomor 2, Hal. 06-07
- Baskar, G; Deeptha, V. T; Annadurai, R, 2014. Comparison Of Treatment Performance Between Constructed Wetlands With Different Plants. *IJRET: International Journal of Research in Engineering and Technology*, Volume: 03 Issue: 04.
- BAPPEDAL Prop. Jateng. 2002. Peraturan Daerah Jawa Tengah No.10 tahun 2002 tentang Baku Mutu Air Limbah.
- Benjamin, 2014. Water Deficit Stress Effects on Corn (*Zea mays*, L.) Root:Shoot Ratio. *Central Great Plains Research Station*, USDA-ARS, Akron, USA: 152-159
- Chapin, F.S., 1995, *Urban Land Use Planning*. New York : Routledge

- Catharina, A., Suswanti, S.P., Wibisono, G., 2013, Pengolahan Limbah Domestik Dengan Teknologi Taman Tanaman Air (Constructed Wetlands). *Indonesian Green Technology Journal*, vol. 2 no. 2, hlm. 71-75.
- Cowardin, 1979, *Classification of Wetlands and Deepwater Habitats of the United States*. U.S. Fish and Wildlife Service. FWS/OBS-79/31. Washington, DC: 09-11
- Cunningham, 1996, Phytoremediation of soils contaminated with organic pollutants. *Adv. Agron*: 55-56
- Dewi, F., 2015, Efisiensi Penyerapan Phospat Limbah Laundry Menggunakan Kangkung Air (*Ipomoea Aquatica* Forsk) dan Jeringau (*Acorus Calamus*). *Jurnal Teknik Kimia*. 4:1-10.
- Dias and Aurora, 2011, Adaptasi Konsep Water Sensitive Urban Design di Kawasan Cagar Budaya Kota Lama Semarang. *Jurnal Perencanaan Wilayah dan Kota*. 1:22-67.
- Dong and Lins, 1994, The purification mechanism of the system of wetlands and oxidation ponds. In: *Proc. 4th Internat. Conf. Wetland Systems for Water Pollution Control*, Luangzhou, China, pp. 230-236.
- Dwiyanti and Gunadi, 2006, *Efektivitas Biofilter Tanaman Air Terhadap Pengolahan Limbah Budidaya Ikan Dengan Sistem Resirkulasi*. Widya Graha LIPI Jakarta: 04-10.
- Effendi, H., 2003, Telaan Kualitas Air: Bagi Pengelolaan Sumber Daya Lingkungan Perairan. Kanisius. Yogyakarta.
- Fardiaz, S., 1992, *Mikrobiologi Pangan I*. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Guntur, Y. 200, Bioremediasi Limbah Rumah Tngga dengan Sisitem Simulasi Tanaman Air. *Jurnal Bumi Lestari*, Vol 8 No. 2 hal. 136-144
- Hammer, M.J., 1986, *Water and Wastewater Technology*. Prentice-Hall Int. Inc., New Jersey
- Hasti, S., 2010, *Penurunan Konsentrasi BOD limbah domestik menggunakan sistem wetland dengan tanaman hias bintang air*. Surabaya: ITPS.
- Healy, M. G., 2008, *Constructed wetland for the treatment of the highway runoff*, Nova publishers, NJ.

- Hedin, R.S. and Nairn, R.W., 1990, *Sizing And Performance Of Constructed Wetlands*: Charleston, West Virginia.
- Ibrahim, S. 1982. *Water Pollution Control. Pengawasan Kualitas dan Pencemaran Air*. Paket Ilmu Jurusan Farmasi, FMIPA, ITB, BPC, I.S.F.I, Jawa Barat, hal : 12-19
- Herman and Pries, 1994, *Essex treatment wetland, Essex, Ontario, Canada. In: Constructed Wetlands for Animal Waste Treatment. A Manual on Performance, Design, and Operation With Case Histories*, V.W.E Payne and R.L. Knight, eds., Gulf of Mexico Program, Stennis Space Center, Mississippi, pp. II-25-II-29
- Hidayat, I., 1981, *Water Pollution Control, Pengawasan Kualitas dan Pencemaran air* , Paket Ilmu Jurusan Farmasi, FMIPA, ITB, BPC, I.S.F.I, Jawa Barat, Hal: 12-14
- Irianto, E. W dan Machbub, B., 2003. Fenomena Hubungan Debit Air dan Kadar Zat Pencemar dalam Air Sungai. *JLP*. Vol 17 (52) Tahun 2005. Hal : 1-4
- Kodoatie, R.J., dan Sjarief, R. 2010, *Tata Ruang Air*. Yogyakarta: Andi Offset
- Leady B., 1997, *Constructed Subsurface Flow Wetlands for Wastewater Treatment*. Non-thesis Project, Faculty of the School of Civil Engineering, Purdue University.
- Mahida, U.N., 1986, *Pencemaran air dan pemanfaatan limbah industry*. CV. Rajawali: Jakarta.
- Masfiyah, 2016, *Kajian Sistem Constructed Wetland Menggunakan Enceng Gondok Pada Penanganan Limbah Cair Pengolahan Kopi*, Universitas Jember.
- Mc. Caskey and Hannah, 1997, *Performance of a full scale constructed wetland treating swine lagoon effluent in northern Alabama. In: Constructed Wetlands for Animal Waste Treatment. A Manual on Performance, Design, and Operation With Case Histories*. V.W.E. Payne and R.L. Knight, eds., Gulf of Mexico Program, Stennis Space Center, Mississippi, pp. II-5-II-8.
- Metcalf and Eddy, Inc., 1991, *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, and Reuse*. 3<sup>rd</sup> Edition, McGraw-Hill, Inc., Singapore.

- Miller, G.T., 1975, *Living In The Environment, Concept, Problem and Alternative*. Widsworth Publishing Company, Belmont, California. p : 100
- Mulyanto, H.R, 2007, *Sungai Fungsi dan sifat-sifatnya*, Penerbit Graha Ilmu, Yogyakarta
- Newson, M., 1997. *Landwater and Development. Sustainable Management of River Basin System*-Second. Edition Routledge London
- Noor, N.A.M., 2011, *Performance Evaluation On Constructed Wetland As Water Quality Improvement For Tropical Condition*, Malaysia :UNITENSCORed, UNITEN, Putrajaya Campus.
- Odum, E.P., 1996, *Dasar – Dasar Ekologi*. Terjemahan Samingan T. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Overall and Perry, 1994, The uptake of uranium by Eleocharis dulcis (Chinese water chestnut) in the Ranger Uranium Mine constructed wetland filter, *Environmental Pollution*, 132: 307-320.
- Parwaningtyas, E., 2014, Efisiensi Teknologi Fito-Biofilm Dalam Penurunan Kadar Nitrogen Dan Fosfat Pada Limbah Domestik Dengan Agen Fitotreatment Teratai (*Nymphaea*, Sp) Dan Media Biofilter Bio-Ball. *Jurnal Penelitian Teknik Lingkungan*, 19:2-12).
- Qaisar, 2015, *Anatomical studies of water hyacinth (Eichhornia crassipes Marte Sloms) under influence of textile waste water*. J. Zhejiang Univ SCI 20056B (10): 991-998.
- Reed, 2005, *Natural Systems for Waste Management and Treatment*, 1 st ed., McGraw-Hill Book Company, New York.
- Setiaji, B., 1995, *Baku Mutu Limbah Cair untuk Parameter Fisika, Kimia pada Kegiatan MIGAS dan Panas Bumi*. Lokakarya Kajian Ilmiah tentang Komponen, Parameter, Baku Mutu Lingkungan dalam Kegiatan Migas dan Panas Bumi, PPLH UGM, Yogyakarta.
- Shutes, R.B.E., 2001, Artificial Wetlands and water quality improvement. *Environment International*, pp. 26, 41 – 44.
- Sulawesty, F., 2010, *Pengembangan teknologi lahan basah buatan untuk restorasi sungai*. Pengembangan Limnologi LIPI.

- Supradata, 2005, *Pengolahan Limbah Domestik Menggunakan Tanaman Hias Cyperus Alternifolius, L. Dalam Sistem Lahan Basah Buatan Aliran Bawah Permukaan (SSF-Wetlands)*, Universitas Diponegoro
- Suriawiria, U., 1996, *Mikrobiologi Air dan Dasar-Dasar Pengolahan Air Buangan Secara Biologis*, Penerbit Alumni, Bandung.
- Suripin, 2002, *Pelestarian Sumber Daya Tanah dan Air*. Yogyakarta : Andi Yogyakarta.
- Stowel, 1980, *Toward the Rational Design of Aquatic Treatments of Wastewater*. Departement of Civil Engineering and Land, Air, and Water Resources, University of California California.
- Taylor, 1990., Seasonal effects of 19 plant species on COD removal in subsurface treatment. *ELSEVIER Ecological Engineering Journal*.
- Urban Stormwater, 2009, *Urban Stormwater BMP Performance Monitoring*. Prepared under Support from U.S. Environmental Protection Agency Water Environment Research fundation Federal Highway Administration Environmental and Water Resources Institute of the American Society of Civil Engineers.
- Vacca, 2005., *Effect of Plant Filter Materials on Bacteria Removal in Pilot-Scale Constructed Wetlands*, Department of Bioremediation, Germany.
- Vymazal, J., 2008., *Constructed Wetlands for Wastewater Treatment : A Review*. The Proceeding : The 12th World Lake Conference, hlm.965-980.
- Vymasal, 2009, Removal of Organics in Constructed Wetland with Horizontal Flow: A Riview of the Field Experience, *Science of the Total Environment*, 407, 3911-3922
- Yeni, D., 2012, *Kinerja sistem lahan basah buatan dalam mengolah air limbah bekas cucian rumah tangga*, Jember: Universitas Jember.
- Wong, 1984, Adaptation of wastewater surface flow wetland formulae for application in constructed storm- water wetlands. *Ecol. Eng.*, 9 3–4, 187–202.