

TA/ TL/ 2004/ 0005

PERPUSKITA
TGL TERIMA :
NO. JUDUL :
NO. INV. :
NO. INDIK. :

TUGAS AKHIR

PENURUNAN KONSENTRASI BOD₅, TSS, DAN TN LIMBAH CAIR DOMESTIK DENGAN *CONSTRUCTED WETLANDS* MENGGUNAKAN TANAMAN PADI (*ORIZA SATIVA L.*) IR – 64

Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia untuk memenuhi sebagian
persyaratan memperoleh derajat Sarjana Teknik Lingkungan



Oleh,

Nama : Adi Saputra

No. Mhs. : 99513023

JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2004

TUGAS AKHIR

PENURUNAN KONSENTRASI BOD₅, TSS, DAN TN LIMBAH CAIR DOMESTIK DENGAN *CONSTRUCTED WETLANDS* MENGGUNAKAN TANAMAN PADI (*ORIZA SATIVA L.*) IR – 64

Nama : Adi Saputra

No.Mhs. : 99513023

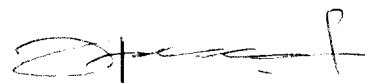
Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Luqman Hakim ST., M.Si.

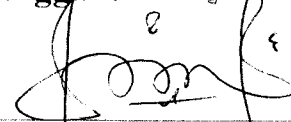
Dosen Pembimbing I

Eko Siswoyo, ST.

Dosen Pembimbing II



Tanggal: 3 Juli 2004



Tanggal: 3 - 7 - 2004

*Kupersembahkan laporan tugas akhir ini untuk ayah,
ibu, dan kakaku tercinta.*

ALAM DAN LINGKUNGAN YANG MENDUKUNG KEHIDUPAN

“ – TERIMA KASIH – ”

*“ Bila langit terbelah, dan bila bintang - bintang jatuh berserakan,
bila lautan disemprotkan, dan bila kuburan terbongkar untuk
mengeluarkan isinya, maka setiap orang sadar akan hal yang
mereka lakukan dan yang mereka lalaikan. Al Infithaar, 19 : 1-5*

KATA PENGANTAR

Assalamu'allaikum Wr. Wb.

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT. atas segala rahmat dan karunianya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul **“PENURUNAN KONSENTRASI BOD₅, TSS, DAN TN LIMBAH CAIR DOMESTIK DENGAN *CONSTRUCTED WETLANDS* MENGGUNAKAN TANAMAN PADI (*ORIZA SATIVA L.*) IR – 64“**

Maksud dan tujuan dari penyusunan tugas akhir ini untuk memenuhi syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik Jenjang Starata I Jurusan Teknik Lingkungan di Universitas Islam Indonesia.

Pada kesempatan ini kami dari pihak penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya pada pihak yang telah membantu dalam proses penulisan tugas akhir ini hingga selesai baik langsung maupun tidak, sebab tanpa adanya dukungan dari mereka tentunya kami akan mengalami banyak kendala dan kesulitan untuk menyelesaikannya. Untuk itu dengan selesainya penulisan laporan ini sekali lagi penulis mengucapkan banyak terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Ir. H. Widodo, MSCE, Ph.D., selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia yang telah memberikan izin kepada penulis untuk menyusun tugas akhir ini.
2. Bapak Ir. H. Kasam, MT., selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia yang telah memberikan izin kepada penulis untuk menyusun tugas akhir ini.
3. Bapak Luqman Hakim, ST. M.Si., selaku Dosen 1 Pembimbing skripsi yang telah memberikan pengarahan dan petunjuk dalam pelaksanaan penyusunan laporan tugas akhir ini.
4. Bapak Eko Siswoyo, ST., selaku Dosen 2 Pembimbing skripsi yang telah memberikan pengarahan dan petunjuk dalam pelaksanaan penyusunan laporan tugas akhir ini.
5. Bapak M. Natsir Basuki, MM. selaku kepala Sub Dinas Cipta Karya, yang telah memberikan izin untuk mengambil air contoh di IPAL Sewon, Bantul, Jogjakarta.
6. Seluruh jajaran pengurus IPAL Sewon, Bantul yang telah bekerjasama sampai terselesaikannya laporan tugas akhir ini.
7. Dosen-dosen serta karyawan di perpustakaan dan di referensi FTSP-UII.
8. Bapak dan ibu dan kakakku yang selalu memberikan do'a, perhatian dan dorongan.
9. Barudak Purpala Team (Irwan, Budi, Iwan, Danuris, Ferdi, Deddy, Hasrul) yang senantiasa menemani dalam suka dan duka
10. Rekan-rekan semua yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Semoga bantuan yang telah diberikan kepada penulis, mendapatkan imbalan pahala yang berlimpah dari Allah SWT, Amin.

Akhir kalam, penulis menyadari akan adanya kelemahan dan kekurangan dalam penulisannya, untuk itu penulis mohon maaf dan semoga laporan tugas akhir ini dapat berguna dan bermanfaat bagi pembaca terutama para rekan mahasiswa UII.

Wassalamu'allaikum Wr. Wb.

Jogjakarta, 10 Mei 2004

Penulis

Adi Saputra

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR TABEL.....	viii
ABSTRACT.....	ix
ABSTRAK.....	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Manfaat.....	4
1.5 Batasan Masalah.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Tinjauan Pustaka.....	6
2.1.1 <i>Constructed Wetlands</i>	6
2.1.2 Padatan Tersuspensi di Dalam <i>Constructed Wetlands</i>	7
2.1.3 <i>Biochemical Oxygen Demand</i> (BOD ₅) dan Carbon di Dalam <i>Wetlands</i>	8
2.1.4 Siklus Nitrogen di Dalam <i>Wetlands</i>	11
2.1.5 Bakteri di Dalam <i>Wetlands</i>	17
2.1.6 Vegetasi di Dalam <i>Wetlands</i>	18
2.1.7 Kriteria Disain <i>Constructed Wetlands</i>	18
2.1.8 <i>Wetlands</i> Digunakan Untuk Pengolahan Air Buangan.....	19
2.2 Landasan Teori.....	22
2.3 Hipotesa.....	23

BAB III METODE PENELITIAN.....	24
3.1 Tempat.....	24
3.2 Waktu Penelitian	24
3.3 Cara Kerja	26
3.3.1 Kualitas Air	26
3.3.2 Pertumbuhan Tanaman.....	29
3.4 Analisis Data	30
3.4.1 Kualitas Air	30
3.4.2 Pertumbuhan Tanaman.....	30
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	34
4.1 Analisis Kualitas Air Buangan Domestik	34
4.1.1 Penurunan Konsentrasi <i>Biochemical Oxygen Demand</i> (<i>BOD₅</i>).....	34
4.1.2 Penurunan Konsentrasi <i>Total Suspended Solid</i> (<i>TSS</i>)	38
4.1.3 Penurunan Konsentrasi Nitrogen.....	42
4.1.3.1. Ammonium.....	42
4.1.3.2. Nitrat dan Nitrit	44
4.1.3.3. Total Nitrogen	47
4.2 Analisis Pertumbuhan Tanaman Padi IR – 64.....	50
4.2.1 Pengaruh Konsentrasi Air Buangan Domestik Terhadap Kecepatan Pertumbuhan Relatif dan Pertumbuhan Absolut Tanaman Padi IR – 64	51
4.2.2 Pengaruh Konsentrasi Air Buangan Domestik Terhadap Panjang Tanaman Padi IR – 64.	55
4.2.3 Pengaruh Konsentrasi Air Buangan Domestik Terhadap Banyak Daun Tanaman Padi IR – 64.	58
4.2.4 Pengaruh Konsentrasi Air Buangan Domestik Terhadap Luas Daun Tanaman Padi IR – 64.	60
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	64
DAFTAR PUSTAKA.....	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Reaktor <i>Batch Constructed Wetlands</i> Tampak atas (dalam cm).....	27
Gambar 3.2 Reaktor <i>Batch Constructed Wetlands</i> Tampak Samping (dalam cm)	28
Gambar 3.3 Penampang Reaktor <i>Batch</i> untuk Pertumbuhan Tanaman Padi.....	29
Gambar 4-1 Hubungan Konsentrasi BOD ₅ Air Buangan Terhadap Waktu.....	35
Gambar 4-2 Effisiensi Konsentrasi BOD ₅ Air Buangan Domestik terhadap Waktu	38
Gambar 4-3 Hubungan Konsentrasi TSS Air Buangan Terhadap Waktu.....	39
Gambar 4-4 Effisiensi Konsentrasi TSS Air Buangan Domestik terhadap Waktu	42
Gambar 4-5 Hubungan Konsentrasi Ammonium Air Buangan Terhadap Waktu	43
Gambar 4-6 Hubungan Konsentrasi Nitrat Air Buangan Terhadap Waktu	45
Gambar 4-7 Hubungan Konsentrasi Nitrat Air Buangan Terhadap Waktu	45
Gambar 4-8 Hubungan Konsentrasi Total N Air Buangan Domestic Terhadap Waktu	48
Gambar 4-9 Hubungan Efisiensi Total N Air Buangan Domesik Terhadap Waktu	50
Gambar 4-10 Hubungan Berat Kering Tanaman Padi IR – 64 Terhadap Waktu Berdasarkan Konsentrasi Air Buangan Domestik.....	51
Gambar 4-11 Hubungan Kecepatan Pertumbuhan Relatif Tanaman Padi IR -64 Terhadap Waktu Berdasarkan Konsentrasi Air Buangan Domestik .	54
Gambar 4-12 Hubungan Kecepatan Pertumbuhan Absolute Tanaman Padi IR -64 Terhadap Waktu Berdasarkan Konsentrasi Air Buangan Domestik .	55
Gambar 4-13 Hubungan Panjang Tanaman Padi IR - 64 Terhadap Waktu Berdasarkan Konsentrasi Air Buangan Domestik.....	56

Gambar 4-14 Hubungan Banyak Daun Tanaman Padi IR – 64 Terhadap Waktu Berdasarkan Konsentrasi Air Buangan Domestik.....	59
Gambar 4-15 Hubungan Luas Daun (cm ²) Terhadap Waktu Berdasarkan Konsentrasi Air Buangan Domestik.....	60
Gambar 4-16 Hubungan <i>Unit Leaf Rate</i> Tanaman Padi IR – 64 Terhadap Waktu	62
Gambar 4-16 Hubungan Area Ratio Tanaman Padi IR - 64 Terhadap Waktu.....	63

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Proses Transformasi Nitrogen.....	17
Tabel 2.2 Kriteria Disain Untuk <i>Constructed Wetlands Type FWS</i>	19
Tabel 2.3 Penggunaan <i>Constructed Wetlands</i> Di Australia	20
Tabel 3.1 Perhitungan Dimensi Reaktor <i>Batch</i>	27
Tabel 3.2 Pengamatan Kualitas Air.....	28
Tabel 3.3 Parameter Pengamatan Tanaman	30
Tabel 4.1 Kelompok Alga Yang Umum Pada Ekosistem Air Tawar	41

ABSTRAK

Pembuangan limbah cair domestik ke badan air dapat menurunkan kualitas air dan berdampak negatif terhadap ekosistem perairan serta berpengaruh terhadap kesehatan masyarakat. *Constructed wetlands* merupakan teknologi alternatif yang dapat membantu memulihkan perairan yang tercemar oleh limbah cair domestik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penurunan dari BOD₅, TSS, dan TN yang ada pada air buangan domestik dengan *constructed wetlands*.

Pada penelitian digunakan reaktor *batch constructed wetlands* dengan *free water surface system*. Adapun dimensi reaktor adalah: luas, $A = 0,25 \text{ m}^2$, dan kedalaman air, $d = 0,10 \text{ m}$. Reaktor terbagi menjadi 3 variasi konsentrasi yaitu reaktor dengan konsentrasi air buangan 50 % dan 100 % ditanami padi IR – 64, dan reaktor dengan konsentrasi air buangan 100 % tanpa tanaman padi IR – 64.

Sistem pengelolaan air buangan domestik dengan *constructed wetlands* efektif untuk mengolah air buangan domestik dengan efisiensi penurunan konsentrasi untuk parameter yang diteliti adalah, BOD₅ sebesar 78,43 %, TSS sebesar 90,91 % dan TN sebesar 55, 55 %. Sistem *constructed wetlands* tidak menghambat pertumbuhan padi IR-64, karena bahan organik dan unsur lainnya yang terdapat di dalam limbah cair domestik dimanfaatkan oleh tanaman padi untuk proses pertumbuhan.

Kata kunci:, BOD₅, TN, TSS, *Constructed Wetlands*

ABSTRACTION

Domestic wastewater treatment is required to enhance water quality, so that not bother a different life ecosystem in support of health and esthetic if it poured into water body. This research aim is to know the removal from concentration of BOD₅, Total N, and TSS that is exist in domestic wastewater.

Research used the batch reactor of constructed wetlands by free water surface system. The area, $A = 0,25 \text{ m}^2$, and depth of water, $d = 0,10 \text{ m}$. Divisible reactor become 3 variation that is reactor with the concentration of 50 %, and 100 % of domestic wastewater and cultivated the paddy IR – 64, and reactor with the concentration 100 % domestic wastewater without planted by paddy IR – 64.

Constructed wetlands are effective for domestic wastewater treatment system, with efficiency removal that we studied of BOD₅ is 78,43 %, TSS is 90,91 % and TN is 55,55 %. Constructed wetlands system did not obstruct the growth of paddy rice IR-64, because the organic matter and other material that contains in domestic wastewater used by crop for growth.

Keyword: Constructed Wetlands, BOD₅, TSS, TN.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Pertumbuhan penduduk semakin meningkat setiap hari dan diiringi oleh pola perkembangannya sehingga pola hidup masyarakat pun berubah dan salah satunya mengarah ke pola hidup yang konsumtif. Kebutuhan akan air bersih untuk keperluan sehari – hari pun meningkat, dan berakibat pada meningkatnya limbah cair yang dihasilkan terutama limbah cair domestik. Limbah cair domestik yang tidak mendapat perlakuan terlebih dahulu sebelum di buang ke badan air, akan menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan, sehingga diperlukan pengelolaan air buangan domestik untuk memperbaiki kualitasnya sebelum dibuang ke lingkungan. Berdasarkan data dari Badan Pengelolaan Lingkungan Hidup Daerah (BPLHD) Jakarta tahun 2002 menyebutkan, sebanyak 17-ton limbah domestik dibuang ke perairan perharinya. Hal ini memberikan dampak negatif terhadap ekosistem badan air tersebut baik secara estetis maupun terhadap kesehatan bagi manusia.

Menurut hasil survey pada tahun 1990 sampai 1994 bahwa air tanah dangkal di Yogyakarta secara bakteriologis telah tercemar dan kandungan nitrat meningkat dengan pesat, dengan penyebab utamanya adalah malfungsi sistem

sanitasi setempat (YUDP, 1995). Sedangkan untuk kualitas air permukaan yang berada di Yogyakarta seperti Kali Winongo, Kali Code, Kali Gajah Wong, Kali Opak dan Kali Progo untuk parameter BOD, dan Ammonium sudah melebihi ambang batas untuk standar air golongan B. Hal ini disebabkan oleh pembuangan limbah cair domestik dan limbah industri secara langsung ke badan air.

Umumnya pengolahan air buangan domestik yang dimiliki oleh penduduk adalah sistem *on-site* yang terdiri dari *septic tank* untuk mengendapkan padatan, dan tanah resapan air. Tanah resapan air juga tidak dapat sepenuhnya berjalan dengan baik karena adanya lapisan batuan yang menghalangi dan lapisan kedap air yang melintang menutupi aliran resapan air tersebut. Masalah baru muncul yaitu menggenangnya air buangan yang belum mendapatkan perlakuan yang layak di atas permukaan tanah, atau bercampurnya air buangan tersebut secara langsung ke sungai dan air tanah, sehingga tidak bisa diterima oleh lingkungannya karena alasan kesehatan dan alasan estetika.

Kontaminan yang terdapat pada air buangan domestik seperti bakteri patogen, virus, konsentrasi BOD₅ yang tinggi, dan padatan, mengganggu kesetimbangan ekosistem alami dan lingkungan sekitarnya menjadi tidak nyaman untuk dijadikan tempat hunian bagi makhluk hidup, hal tersebut sudah menjadi indikasi bahwa air tersebut sudah terkena polusi.

Polusi air terjadi apabila masuknya limbah yang dapat mengganggu terhadap kualitas air atau yang dapat mengganggu kesetimbangan ekologi secara alami. Kontaminan yang terdapat dalam air buangan terdiri dari bakteri penyebab penyakit (bakteri patogen), bahan organik, padatan, *nutrient*, warna, dan busa

(Henry et. al., 1996). Adanya perlakuan terhadap air buangan terlebih dahulu sangat diperlukan untuk mendapatkan kualitas air yang lebih baik apabila akan dialirkan ke badan air penerima. Tetapi pengolahan secara kolektif masih jarang dilakukan karena kurangnya lahan yang tersedia dan terutama sumber dana yang terlalu mahal apabila menggunakan pengolahan limbah cair secara konvensional. Oleh karena itu diperlukan sebuah alternatif pengolahan limbah cair khususnya limbah cair domestik yang efektif, efisien, mudah, dan murah. Alternatif pengolahan limbah cair domestik yang akan diteliti adalah sistem pengolahan air buangan *constructed wetlands*.

1.2 Rumusan Masalah

Constructed wetland dapat dijadikan alternatif pengolahan limbah cair domestik dengan menggunakan tanaman padi yang mudah, murah dan efisien. Pemanfaatan tanaman padi dalam *constructed wetlands* untuk menurunkan kadar BOD, TN, dan TSS sangat mungkin dilakukan, karena tanaman padi merupakan tanaman yang dapat hidup pada kondisi tanah tergenang oleh air dan memerlukan nutrisi yang cukup dalam pertumbuhannya. Tanaman padi juga memiliki sistem perakaran serabut yang memungkinkan terjadinya penyerapan bahan organik pada substrat serta mudah dipanen.

1.3 Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengetahui penurunan konsentrasi BOD₅, TSS, dan TN air

buangan dengan sistem pengolahan *constructed wetlands*.

2. Mengetahui pengaruh konsentrasi air buangan terhadap pertumbuhan Tanaman Padi IR-64

1.4 Manfaat

Manfaat yang akan diperoleh dalam tugas akhir ini adalah:

1. Meminimalisasi pencemaran air khususnya limbah cair domestik
2. Dapat digunakan untuk mengkaji lebih lanjut hasil *treatment constructed wetlands* apakah dapat digunakan secara langsung untuk pengairan tanaman padi sekaligus memberikan *nutrient* bagi tanaman.
3. Meminimalkan biaya operasi dalam pengolahan air buangan domestik.

1.5 Batasan Masalah

Terdapat beberapa batasan masalah dalam melaksanakan penelitian tugas akhir ini yaitu:

1. Tanaman yang digunakan adalah Tanaman Padi jenis IR – 64.
2. Penelitian ini terbatas pada BOD₅, TSS, dan Total Nitrogen, serta pertumbuhan tanaman padi secara kuantitatif.
3. Penelitian ini menggunakan bahan baku *influent* air buangan dari IPAL Sewon Bantul, Jogjakarta.
4. Menggunakan reaktor dengan luas, $A = 0,25 \text{ m}^2$ untuk penelitian kualitas air.

5. Transpirasi, evapotranspirasi, *seepage* diabaikan.
6. *Constructed wetlands* yang digunakan adalah tipe *free water surface*.
7. Reaktor yang digunakan untuk penelitian kualitas air adalah reaktor *batch*, dengan waktu detensi, $t_d = 10$ hari.
8. Reaktor yang digunakan untuk penelitian pertumbuhan tanaman adalah reaktor *batch* dengan diameter 0,25 m dengan waktu penelitian selama 30 hari setelah air buangan dialirkan.
9. Tanah atau substrat yang digunakan adalah tanah persawahan lokal.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka

2.1.1 *Constructed Wetlands*

Constructed Wetland adalah konstruksi ekosistem air dangkal yang direncanakan untuk menirukan (*simulate*) keadaan *wetlands* secara alami, dengan tujuan untuk mengurangi air limbah atau *run off* yang berpotensi menyebabkan pencemaran air (NRCS, 2001). *Constructed wetlands* merupakan sistem ekologi yang menggabungkan proses fisika, kimia dan biologi, ditinjau dari segi perencanaan dan sistem manajemen (USEPA, 1999).

Mekanisme perlakuan yang terjadi di dalam *constructed wetlands* adalah mengendapkan partikel tersuspensi, terjadi proses filtrasi dan presipitasi kimawi melalui kontak antara air buangan dengan substrat (tanah, pasir, kerikil pendukung tanaman). Proses adsorpsi dan *ion exchange* pada lapisan permukaan tanaman, substrat, sedimen, dan *litter*, dapat terjadi dalam *constructed wetlands*. Proses yang terjadi di dalam *constructed wetlands* adalah proses penguraian dan transformasi *pollutant* oleh mikroorganisme dan tanaman, penyerapan dan proses transformasi nutrient oleh tumbuhan dan mikroorganisme, pemakanan dan kematian secara alami dari bakteri patogen.

Constructed wetlands untuk mengolah air buangan domestik relatif merupakan teknologi baru, proses fisika, biologi dan kimia yang terjadi didalamnya sangat sulit untuk dipahami, hasil perlakuan yang tidak konsisten sehingga memerlukan penelitian yang lebih lanjut untuk mendapatkan hasil dan fungsi yang optimal.

2.1.2 Padatan Tersuspensi di Dalam *Constructed Wetlands*

Padatan tersuspensi dapat dihilangkan dan diproduksi di dalam proses alami *wetlands*. Proses utama untuk *removal* padatan tersuspensi adalah dengan proses flokulasi, sedimentasi, filtrasi dan intersepsi. Padatan tersuspensi di dalam *wetlands* terjadi apabila ada kematian dari invertebrata, batang tanaman yang jatuh, produksi dari plankton dan mikroba di dalam kolom air atau yang menempel pada permukaan tanaman, dan senyawa kimia yang terpresipitasi (USEPA, 1999). Partikel yang besar dan berat akan segera mengendap di dalam bukaan *inlet*, dan partikel yang lebih kecil dan ringan akan mengendap setelah terbawa oleh air dan melewati vegetasi yang terdapat di dalam *wetlands* (Merz, 2000).

Tanaman *wetlands* dapat meningkatkan proses sedimentasi dengan mengurangi *mixing* pada kolom air dan resuspensi dari partikel pada permukaan sedimen. Selain proses sedimentasi proses agregasi juga terdapat di dalam *constructed wetlands* yaitu proses bersatunya partikel secara alami membentuk jonjot (Merz, 2000). Distribusi dari *inflow*, aliran yang seragam, keseragaman tanaman, angin yang bertiup ke daratan, menuju *wetlands* secara umum dapat mempengaruhi aliran *turbulen* kolom air dan terjadi *mixing* dan mempengaruhi

terhadap proses agregasi dan proses sedimentasi dan proses resuspensi, dan proses adhesi dan partikel yang halus atau kecil. Hubungan yang terjadi di lapangan dibuatkan grafik untuk menunjukkan kecocokan antara data terukur dengan level prediksi dengan menggunakan pendekatan-pendekatan. Untuk *removal suspended solid* pada *constructed wetlands* secara umum dapat menggunakan persamaan (Reed, 1995):

$$SS_{\text{effluent}} = SS_{\text{influent}} \times (A \times B \times \text{HLR}) \dots \text{eq. 2.1}$$

Dimana: $A = 0,1139$ and $B = 0.00213$

SS = padatan tersuspensi, mg/L

HLR = *hydraulic loading rate*, cm/hari

2.1.3 *Biochemical Oxygen Demand (BOD₅) dan Carbon di Dalam Wetlands*

BOD₅ adalah banyaknya oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik secara biokimia dalam air. Air buangan domestik sebagian besar mengandung karbon organik konsentrasi BOD₅ yang tinggi dan dapat diuraikan serta bahan lain yang membutuhkan oksigen untuk proses oksidasi. Di dalam *wetlands* siklus karbon didominasi oleh tanaman, yaitu di mulai dengan proses pertumbuhan dan penyerapan *nutrient*, kemudian mati dan akhirnya mengalami proses degradasi dengan melepaskan *nutrient*, selanjutnya kembali lagi menjadi tanah (Gidley, 1995).

Dekomposisi dari karbon di dalam *wetland* ditentukan oleh kesetimbangan antara karbon yang masuk ke dalam *wetland* dengan *supply* oksigen yang terjadi, apabila persediaan oksigen di dalam air tersebut cukup dengan yang dibutuhkan pada proses oksidasi bahan organik karbon maka proses degradasi berlangsung

secara aerobik, dan apabila sebaliknya maka proses dekomposisi atau degradasi berlangsung secara an-aerobik. Suplai oksigen ke dalam kolom air dalam *wetlands* terjadi karena adanya difusi langsung dari atmosfer ke permukaan air dan adanya proses fotosintesis dari tanaman di dalam kolom air (Merz, 2000). Proses degradasi dan mineralisasi karbon organik terjadi pada lapisan sedimen dan lapisan biofilm yang terdapat pada tanaman.

Di dalam *free water surface*, kehilangan konsentrasi dari BOD₅ telat tergantung dari pertumbuhan mikro yang menempel pada akar, batang, dan daun tanaman yang sudah mati dan jatuh ke dalam *wetland*. Apabila tanaman menutupi seluruh areal *wetlands*, maka biasanya alga tidak dapat tumbuh dan sumber utama oksigen yang paling besar untuk reaksi oksidasi adalah datang dari reaerasi pada permukaan air dan dari translokasi oksigen menuju rhizosfer (Reed. et. al., 1987). Perencanaan kedalaman di dalam *constructed wetlands* air seharusnya antara 10 mm sampai 600 mm (24 in) atau kurang untuk menjamin cukupnya distribusi oksigen (Reed et. al, 1987). Kehilangan konsentrasi BOD di dalam *wetlands* telah dideskripsikan dengan menggunakan persamaan model reaksi orde pertama, sebagai berikut:

$$\frac{C_e}{C_o} = \exp(-K_T t) \dots \text{eq. 2.2}$$

dimana, $C_e = \text{effluent BOD}_5, \text{ mg/L}$

$C_o = \text{influent BOD}_5, \text{ mg/L}$

$K_t = \text{temperature, depend first order reaction rate, hari}^{-1}$

$t = \text{hydraulic residence time, hari}$

hydraulic residence time dapat direpresentasikan dengan menggunakan

persamaan:

$$t = \frac{LWd}{Q} \dots \text{eq. 2.3}$$

dimana, L = panjang, m

W= lebar, m

d = kedalaman air, m

n = void ratio, 0,65 - 0,75

Q = debit rata - rata $(\text{Flow}_{\text{in}} + \text{flow}_{\text{out}})/2$, m³/hari

Temperatur yang mempengaruhi pada konstanta kecepatan reaksi di hitung berdasarkan konstanta untuk 20 °C dan dengan faktor koreksi yang digunakan adalah 1,1 (Tchobanoglous et. al., 1980). Konstanta kecepatan reaksi K1 (hari⁻¹) pada temperatur T (°C) dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan,

$$K_t = K_{20} [1,1]^{(T-20)} \dots \text{e.q. 2.4}$$

Dimana, K_{20} = rate constant pada 20 °C = 0,0057 hari⁻¹

Persamaan yang digunakan untuk memperkirakan hubungan BOD_{effluent} dapat juga menggunakan persamaan (Reed, 1995):

$$\text{BOD}_{\text{effluent}} = A \times \text{BOD}_{\text{influent}} + B \times \text{HLR} \dots \text{e.q. 2.5}$$

Dimana, A = 0,192 dan B = 0,097

BOD, mg/ L

HLR = *hydraulic loading rate*, cm/ hari

2.1.4 Siklus Nitrogen di Dalam *Wetlands*

Proses transformasi dan interaksi dan nitrogen dalam tanah, sedimen permukaan air, dan substrat yang berada di dalam *wetlands* sangat kompleks. Formasi dari nitrogen dalam tanah dan sedimen adalah ion ammonium (NH_4^+), nitrat (NO_3^-) organik *phytonitrogen* dalam tanaman dan sisa tanaman, dan protein bakteri yang hidup dan mati (Novotny and Olem, 1994). Beberapa penelitian berhubungan dengan kandungan dari nitrogen pada suatu kawasan dinyatakan sebagai *Total Kjeldahl N* (TKN) atau sebagai Total N. Total Kjeldahl N adalah jumlah untuk reduksi nitrogen sama dengan jumlah organik N dan NH_4^+ sedangkan total N adalah jumlah dari senyawa organik dan an-organik dan pada dasarnya merupakan penjumlahan dari TKN, NO_3^- , dan $\text{NO}_2\text{-N}$ (Kadlec and Knight, 1996). Sumber N dalam wetland berasal dari:

- a. Proses presipitasi pada permukaan lumpur dan lapisan sedimentasi,
- b. Fiksasi N dalam air dan lapisan sedimen,
- c. *Input* dari permukaan dan air tanah melalui infiltrasi dan perkolasi,
- d. Penggunaan pupuk,
- e. Pelepasan N selama proses dekomposisi tumbuhan dan hewan yang mati,
- f. Air limbah yang dialirkan ke dalam *wetlands* (Reddy and Patrick, 1984).

Beberapa proses dapat men-*transport* dan mentranslokasi kandungan N dari satu sifat ke sifat lain dalam *wetlands* tanpa adanya proses transformasi molekul, proses tersebut diantaranya adalah (Kadlec and Knight, 1996) :

- a. Proses pengendapan partikel dan resuspensi,
- b. Proses difusi dari bentuk terlarut,

- c. Proses pembusukkan,
- d. Proses penyerapan oleh tanaman dan translokasi,
- e. Proses penguapan dari NH_3 ,
- f. Penyerapan N terlarut dalam substrat,
- g. Pelepasan benih, dan
- h. Migrasi dari organisme.

Proses transformasi nitrogen terdiri dari mineralisasi (*aminonification*), nitrifikasi, denitrifikasi, fiksasi nitrogen, asimilasi (penyerapan oleh tanaman dan bakteri), serta proses lain yang mendukungnya (Lee, 1999). Proses mineralisasi, penyerapan oleh tanaman, nitrifikasi dan *dissimilatory nitrate reduction to ammonium* (DNRA) merupakan proses perubahan dari satu bentuk ke bentuk lain dari nitrogen. Proses denitrifikasi dan ammonia *volatilisation* merupakan proses *export* dan menghasilkan jumlah kehilangan nitrogen dari sistem. Fiksasi nitrogen merupakan proses yang penting yaitu proses penangkapan nitrogen dari atmosfer menuju daratan dan ekosistem air (Merz, 2000).

1. Mineralisasi (Ammonifikasi)

Mineralisasi merupakan proses transformasi bahan organik menjadi bahan an-organiknya (Merz, 2000). Mineralisasi merupakan proses transformasi dan N organik secara biologis menjadi NH_4^+ yang terjadi selama proses degradasi bahan organik berlangsung (Gambrell and Patrick, 1978). Mineralisasi terjadi melalui penguraian jaringan organik oleh mikroba yang mengandung asam amino, hidrolisis dari urea dan asam uric, dan melalui ekskresi yang dikeluarkan secara langsung oleh tanaman dan hewan (Kadlec and Knight, 1996).

Mineralisasi dapat terjadi pada kondisi aerobik maupun an-aerobik, tetapi pada proses an-aerobik terjadi sangat lambat dikarenakan berkurangnya bakteri heterotropik pada lingkungan tersebut. Proses mineralisasi dipengaruhi oleh temperatur (optimum pada 40 - 60 °C), pH (optimal pada pH 6,5 dan 8,5), perbandingan karbon dan nitrogen (C/N ratio) dari *substrate*, tersedianya *nutrient* di dalam tanah, dan sifat dari tanah seperti struktur dan tekstur tanah (Reddy and Patrick, 1988). Proses mineralisasi bahan organik melepaskan ion ammonium. Ammonium berada dalam kesetimbangan dengan bebas dari ammonia dan dikontrol oleh pH. Pada pH tinggi (misal diatas 9) arah kesetimbangan menuju ke ammonia. Ammonia mudah menguap pada pH tinggi, sehingga kehilangan gas ammonia dapat melalui penguapan, tetapi dalam kondisi alamiah kehilangan nitrogen proses tersebut biasanya minimal.

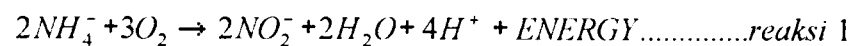
Pada sistem *wetland* untuk air buangan proses fotosintesis dan alga biofilm dapat menghasilkan perubahan pH yang tinggi dengan nilai pH secara tetap bisa diatas 9 dan proses penguapan nitrogen bisa terjadi dengan signifikan (Merz, 2000).

2 Nitrifikasi

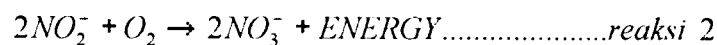
Setelah ion NH_4^+ terbentuk melalui proses mineralisasi masih ada beberapa perjalanan dari nitrogen yang akan terjadi, diantaranya di serap oleh akar tanaman, atau digunakan oleh mikroorganisme an-aerobik dan di ubah menjadi bahan organik, terjadi proses *ion exchange* oleh partikel tanah, atau akan mengalami proses nitrifikasi (Mitsch and Gosselink, 1993). Nitrifikasi merupakan

proses oksidasi secara biologi dari ammonium-N menjadi nitrat-N dengan nitrit-N (NO_2^-) sebagai produk *intermediate* (Lee, 1999).

Sebagian besar mikroorganismenya yang menggunakan karbon organik sebagai sumber energi (*heterotroph*) dapat melakukan oksidasi kandungan nitrogen. Tetapi nitrifikasi secara *autotroph* umumnya secara dominan yang melakukan proses ammonium menjadi nitrat (Merz, 2000). Proses nitrifikasi dilakukan dengan bantuan dua group bakteri kemoautotrophik yang dapat melakukan proses oksidasi. Langkah pertama (Mitsch and Gosselink, 1993) yaitu oksidasi ammonium menjadi nitrite:



dilakukan dengan bantuan bakteri *Nitrosomonas* sp, walaupun beberapa spesies melakukan transformasi. Langkah kedua yaitu oksidasi nitrite menjadi nitrate :



dilakukan oleh bakteri *Nitrobacter* sp.

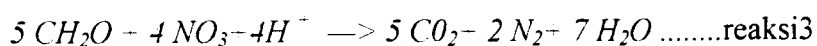
Bakteri nitrifikasi memerlukan karbon dioksida sebagai sumber karbon dan akan berhenti berkembang serta melakukan proses nitrifikasi apabila persediaan karbon dioksida terbatas (Merz, 2000). Pertumbuhan bakteri nitrifikasi relatif sangat lambat dibandingkan dengan bakteri heterotrophik, oleh karena itu diperlukan area permukaan yang luas untuk perkembangan biofilm yang merupakan cara untuk mengoptimalkan proses yang berpotensi untuk nitrifikasi.

Tanaman air *Macrophyte emergent* merupakan elemen paling penting di dalam *wetlands* yang dapat meningkatkan area permukaan untuk perkembangan biofilm dalam kolom air. Proses nitrifikasi dikontrol oleh beberapa faktor

diantaranya: suplai dari ammonium, suplai dari oksigen, suplai dari karbon dioksida, kepadatan populasi dan bakteri nitrifikasi, temperatur, pH, dan alkalinitas (Merz, 2000). Dalam *wetland* proses nitrifikasi dapat terjadi apabila: 1) Kolom air berada diatas tanah basah (Reddy and Patrick, 1984), 2) Ketebalan lapisan untuk oksidasi pada permukaan tanah dalam *wetland*, 3) adanya oksidasi pada lapisan rhizosfer tanaman (Mitsch and Gosselink, 1993). Proses nitrifikasi dapat terus berlangsung keadaan tingkat DO berada sekitar 0,3 mg/L (Reddy and Patrick, 1984).

3 Denitrifikasi

NO_3^- lebih aktif bergerak dibandingkan NH_4^+ didalam larutan. Jika NO_3^- mengalami asimilasi oleh tanaman, mikroba atau mengalir menuju air tanah dengan pergerakan yang cepat, tetapi NO_3^- mengalami proses denitrifikasi (Lee, 1999). Denitrifikasi adalah proses reduksi dari NO_3^- secara biologi menjadi bentuk gas seperti molekul N_2 , NO , NO_2 , dan N_2O (Novotny and Olem, 1994). Proses dissimilatori denitrifikasi terjadi selama proses respirasi dari bakteri heterotroph (Merz, 2000). Pada kondisi an-aerobik (bebas oksigen) serta adanya substrat organik (karbon), organisme denitrifikasi seperti *bacillus*, *micrococcus*, *alcaligenes*, dan *spirillum* dapat menggunakan nitrat sebagai elektron akseptor selama proses respirasi. Organisme ini mengoksidasi bahan karbohidrat dengan dikonversi oleh NO_3^- menjadi karbondioksida (CO_2), air (H_2O), dan N dalam bentuk gas dan bahan oksida gas lainnya yang dapat dihasilkan dalam proses denitrifikas (Reddy and Patrick, 1984):



Beberapa hal yang dapat mempengaruhi kecepatan denitrifikasi meliputi ada dan tidak adanya oksigen, siap sedianya bahan karbon, temperatur, kelembaban tanah, pH, keberadaan dan mikroba denitrifikasi, tekstur tanah, dan adanya genangan air (Reddy and Patrick, 1984).

4. Fiksasi Nitrogen

Fiksasi nitrogen merupakan proses yang sangat penting baik secara khusus atau pun umum. Proses utamanya adalah untuk menjaga keseimbangan kehilangan N pada saat denitrifikasi. Fiksasi nitrogen adalah proses dimana gas N_2 di atmosfer didifusikan ke dalam larutan dan di reduksi lagi menjadi bahan N organik oleh bakteri *autotroph*, dan *heterotroph*, alga biru-hijau, dan tanaman tinggi lainnya (Kadlec and Knight, 1996). Fiksasi nitrogen dapat di hambat dengan keberadaan konsentrasi N yang tinggi, umumnya proses fiksasi nitrogen tidak terjadi pada ekosistem yang kaya akan nitrogen. Energi yang dibutuhkan untuk melakukan proses fiksasi nitrogen sangat tinggi dan biasanya dihasilkan oleh beberapa aktivitas fotosintesis.

5. Assimilasi (Penyerapan Oleh Tanaman Dan Bakteri)

Proses asimilasi nitrogen merupakan jenis proses biologis yang mengubah bentuk N an-organik menjadi susunan organik yang digunakan untuk pembentukan dinding sel dan jaringannya (Kadlec and Knight, 1996). Tidak seperti tanaman darat, tanaman air dapat menggunakan ammonium sebagai sumber nitrogen dan penyerapan secara biologis dapat menghilangkan konsentrasi secara signifikan. Tanaman juga mengambil nitrogen dalam bentuk nitrat.

Mikroorganisme mengasimilasi *nutrient* untuk pertumbuhan, seperti ammonium dapat bergabung membentuk asam amino oleh bakteri *autotroph* dan *heterotroph* (Kadlec and Knight, 1996). Asam amino ditransformasi kedalam protein, purin dan pirimidin dan digunakan sebagai sumber energi.

Untuk memperkirakan hubungan antara N_{total} Effluent dan influent digunakan persamaan Reed, 1995:

$$N_{total} \text{ effluent} = A \times N_{total} + B \times \ln(\text{HLR}) - C \dots \text{eq. 2.6}$$

Dimana $A = 0.193$, $B = 1.55$, dan $C = 1.75$

N_{total} dalam mg/ L

HLR dalam cm/ hari

Tabel 2.1. Proses Transformasi Nitrogen

Proses	Substrat	Produk
Mineralisasi	Bahan Organik	Ammonium
Biological Uptake	Ammonium, nitrate	Organik nitrogen
Nitrifikasi	Ammonium	Nitrate
Dentrifikasi	Nitrate	Gas nitrogen
DNRA	Nitrate	Ammonium
Volatilisasi	Ammonium + pH tinggi	Gas ammonia
Nitrogen fiksasi	Ammonium + pH tinggi	Organik nitrogen

Sumber : Reddy & Patrick, 1984, Bowden 1987, Tiejie 1988, Rysgaard et al. 1993, Kadlec and knight 1996, IWA Spesialisasi Group 2000, in Merz 2000.

2.1.5 Bakteri di Dalam *Wetlands*

Sebagian besar proses transformasi yang terjadi di dalam wetland berhubungan dengan proses metabolisme dari mikrobiologi dan secara langsung berhubungan dengan pertumbuhan mikrobiologi (Tanji, 1983) Nitrogen dan karbon merupakan sumber energi bagi mikroba, dimana karbon digunakan untuk membentuk biomassa dari mikroba dengan rumus $C_5H_7O_2N$ (Parnas, 1975). Secara umum perlakuan di dalam wetland dilakukan oleh mikroorganisme

autotroph dan *heterotroph*, partikulat dan bahan organik terlarut yang labil digunakan sebagai sumber karbon dan elektron donor bagi bakteri *heterotroph* (Gidley, 1995).

Pertumbuhan mikrobiologi ditentukan oleh keberadaan alektron donor dan akseptor, jumlah dan C dan N, serta kondisi lingkungan (temperatur, pH, ruang yang cukup, dan sebagainya) (Grads and Lim, 1980; Reddv and Patrick, 1983). Kondisi optimal dari pertumbuhan bakteri umumnya herada pada pH antara 6 sampai 9, dengan temperature antara 15 °C sampai 40 °C (Fyock, 1977; Reddy and Patrick, 1983).

2.1.6 Vegetasi di Dalam *Wetlands*

Fungsi dari tanaman di dalam *constructed wetlands* secara umum adalah tumbuh dan mati, pertumbuhan tanaman menghasilkan masa secara vegetatif yang dapat memperlambat aliran dan menghasilkan tempat untuk menempelnya dan berkembangnya mikrobiologi, kematian tanaman membentuk *litter* (bangkai tanaman) serta melepaskan karbon organik sebagai bahan bakar metabolisme mikroba (USDA-NRCS, 2000). Keuntungan yang paling besar dengan adanya tanaman dalam *constructed wetlands* adalah tanaman dapat mentransfer oksigen sampai ke lapisan akar (*root zone*). Karena sistem perakaran menembus lapisan substrat sehingga transport oksigen dapat terjadi lebih dalam jika dibandingkan dengan masuknya oksigen dengan difusi secara alami (Merz, 2000)

2.1.7 Kriteria Disain *Constructed Wetlands*

Ada beberapa hal penting yang harus dipertimbangkan dalam perencanaan

constructed wetlands yaitu, waktu detensi, *organic loading rate*, kedalaman air, serta bentuk dari *constructed wetlands* yang akan dibuat. Di bawah ini merupakan beberapa kriteria disain yang diperlukan untuk merencanakan *constructed wetlands*.

Tabel 2.2. Kriteria Disain Untuk *Constructed Wetlands Type FWS*

Disain	Satuan	Tipe FWS
Waktu Tinggal Hidrolis	Hari	4 -15
Kedalaman Air	m	0,09144 - 0,609
Laju Beban BOD ₅	Kg/ha/hari	< 112
Laju Beban Hidrolis	m ³ / m ² .Hari	0,01 – 0,05
Luas Spesifik	ha/ m ³ .d	0,002 – 0,014
Lebar: Panjang	-	1 : 2 -10

Sumber: Bendoricchio, G., Dal Cin, L. and Persson J., 2000

2.1.8 *Wetlands* Digunakan Untuk Pengolahan Air Buangan

Wetlands telah banyak digunakan diberbagai negara untuk pengelolaan air buangan sebelum dibuang ke badan air penerima. Diantara negara yang telah menggunakan *Constructed Wetlands* untuk pengolahan air buangan adalah Australia dengan instalasi sekitar 40 unit *constructed wetlands* diantaranya :

Tabel 2.3 Penggunaan *Constructed Wetlands* Di Australia

Operator	Treatment plant	Type	Size	Year built	Disposal/ reuse
Queensland					
Cairns City Council	Edmonton	FWS Pilot	900 m ² (3 ponds)	1994	Discharge to estuary
Hinchinbrook Shire	Ingham	FWS Pilot	7 600 m ² (3 ponds)	1993	Discharge to river
Blackall Shire	Blackall	FWS Full	3 450 m ² (4 ponds)	1993	Irrigate golf course
Townsville City Council	Mt St John	FWS Pilot	1 450 m ² (4 ponds)	1993	Discharge to Town Common (wetland)
Livingstone Shire	Emu Park	FWS Pilot	600 m ² (5 ponds)	1993	Irrigate to land
Goondiwindi Town	Goondiwindi	FWS Full	2 150 m ² (4 ponds)	1994	Pasture irrigation
Brisbane City Council	Oxley Creek	SSF Pilot	420 m ² (4 beds)	1995	Ground soakage
Noosa Shire	Cooroy	FWS Full	25 000 m ² (4 ponds)	1995	Discharge to creek
Ipswich City Council	Rosewood	FWS/SSF Full	4 000 m ² (4 ponds)	1995	Irrigate golf course & discharge to creek
Winton Shire Council	Winton	FWS Full	7 000 m ² (4 ponds)	1997	Irrigate to park
Tambo Shire Council	Tambo	FWS Full	5 400 m ² (3 ponds)	1996	Irrigate to oval
Woodford Correctional Centre	Correctional Centre	FWS Full	3 ponds	1996	Discharge to river
Roma Town Council	Roma	FWS Full	11 000 m ² (1 channel)	1999	Irrigate to lucerne
Bowen Shire Council	Bowen	FWS Pilot	1 600 m ³ (2 ponds)	1995	Irrigate to park
Caloundra City Council	Landsborough	FWS Full	5 300 m ² (7 ponds)	1998	Discharge to sea
Logan City Council	Queens Road	FWS Pilot	21 m ² (3 cells)	1996	Return to treatment plant
New South Wales					
Albury City Council	Albury	FWS Full	850 000 m ² (7 ponds)	1997	Used for storage.
Byron Bay Shire Council	West Byron Bay	FWS Full	100 000 m ² approx	1992	Discharge to creek
Byron Bay Shire Council	Ocean Shores	FWS Full	6 000 m ² approx	1995	Discharge to river
Hunter Water Corporation	Paxton	FWS Full	3 000 m ³ (6 cells)	1991	Discharge to creek
Hunter Water Corporation	Minmi	FWS & SSF Full	2 500 m ³ (6 cells)	1989	Discharge to natural wetland
Hunter Water Corporation	Cessnock	FWS Full	500 m long (1 pond)		Discharge to creek
Hunter Water Corporation	Kearsley	FWS Full	20 000 m ³ (2 ponds)	1990	Discharge to creek

Casino Shire Council	Casino	FWS Full	22 000 m ² (2 ponds)	1990	Discharge to river
Lismore City Council	South Lismore	FWS Full	130 000 m ² (5 cells)	1998	Discharge to creek & irrigate tea tree plantation
Blayney Shire Council	Blayney	FWS Pilot	30 000 m ² (5 ponds)	1993	Discharge to river
Moree Plains Shire Council	Mungindi	FWS Full	7 000 m ² (4 ponds)	1997	Reuse by irrigation
Hawkesbury City Council	McGraths Hill	FWS Full	60 000 m ² (15 ponds)	1997	Irrigate to lucerne and woodlots.
Sydney Water	Rouse Hill	FWS Full	50 000 m ²	1994	Discharge to creek
Crookwell Shire Council	Crookwell	FWS Full	9 390 m ² (6 ponds)	1996	Discharge to river
Victoria					
Yarra Valley Water	Upper Yarra	FWS Full	30 000 m ² (6 ponds)	1998	Discharge to river
East Gippsland Water	Bairnsdale	SSF Full	120 000 m ² (3 ponds)	1999	Discharge to Macleod Morass (wetland)
Portland Coast RWB	Portland	SSF Full	60 000 m ² (12 ponds)	1999	Discharge to ocean
Central Highlands Water	Maryborough	FWS Pilot	1 600 m ³ (3 cells)	1996	Discharge to creek
Tasmania					
George Town Council	George Town	SSF Full	1 000 m ² (6 cells)	1993	Discharge to river
West Tamar Council	Beaconsfield	SSF Full	3 300 m ² (1 pond)	1993	Discharge to creek
Derwent Valley Council	New Norfolk	FWS Full	Approx 10 000 m ²	1994	Discharge to river
Western Australia					
Water Corporation	Pemberton	FWS Full		1994	Irrigate to oval in summer. Overflow discharge to river in winter.
Water Corporation	Mundaring	FWS Full	2 500 m ² (1 pond)	1996	Infiltration through soakage trench.
Water Corporation	Busselton	FWS Full	85 000 m ² (1 pond)	2000	Irrigate to golf course. Overflow discharge to drain.

Note: FWS = Free Water Surface Wetland
 SSF = Sub Surface Flow Wetland
 Pilot = Wetland used for monitoring of treatment performance
 Full = Wetland commissioned and used for wastewater treatment.

Sumber: Merz, 2000

2.2 Landasan Teori

Permasalahan yang muncul secara umum adalah air buangan. *Constructed Wetlands* merupakan salah satu alternatif untuk menyelesaikan permasalahan di atas, karena selain dapat mengontrol kontaminan yang terdapat pada air buangan khususnya BOD₅, Total Nitrogen dan TSS, juga dapat dimanfaatkan sebagai sarana rekreasi, *research center* dan merupakan habitat mahluk hidup lainnya.

Proses pengendapan partikel padat dengan massa yang besar secara langsung dapat mengendap pada kolom air, sedangkan yang lebih ringan akan ikut terbawa oleh air dan tertahan oleh tanaman lalu mengendap. Sedangkan partikel yang lebih kecil lagi akan terserap pada lapisan biofilm yang menempel pada permukaan tanaman dan kolom air. Fungsi dari tanaman selain untuk menahan partikel dalam proses pengendapan juga berfungsi sebagai pengontrol kecepatan air dengan menggunakan bagian batang tanamannya sehingga kecepatan air akan menjadi rendah. Selain untuk menahan laju aliran air tanaman berfungsi sebagai media untuk pertumbuhan mikroorganisme, sebagai pembawa oksigen kelapisan substrat dengan bantuan sistem perakaran dan tempat terbentuknya atau menempelnya lapisan biofilm yang terdapat dalam *constructed wetlands*.

Tanaman memfasilitasi aktivitas mikrobiologi baik secara alami maupun di dalam *constructed wetlands* dengan memberikan tempat untuk menempelnya kehidupan mikro, memberikan suplai oksigen, di dalam lapisan *rhizosphere*. suplai oksigen yang terjadi di dalam *wetlands* disebabkan oleh adanya difusi langsung dari atmosfer serta adanya proses fotosintesis dari tanaman dan alga yang terdapat di dalam kolom air. Ketika akar tanaman menjadi kurang efektif

dalam mengoksidasi air buangan, maka daerah perakaran atau sekitar perakaran merupakan lingkungan oksidasi yang dapat menjadi pelabuhan mikroba aerobik yang dapat meningkatkan proses oksidasi bahan organik khususnya BOD₅.

Selain TSS dan BOD₅, kadar Nitrogen dalam air buangan merupakan komponen paling besar. Mineralisasi, penyerapan secara biologi, nitrifikasi, dan *dissimilatory nitrate reduction to ammonium* (DRNA) merupakan proses transformasi nitrogen yang terjadi di dalam *constructed wetlands*. Akan tetapi peran tanaman dalam mereduksi konsentrasi nitrogen dalam air buangan yang berada di dalam *wetlands* sangat penting, karena tidak seperti halnya tanaman yang tumbuh di daratan, tanaman akuatik memanfaatkan kehadiran ammonium sebagai sumber nitrogen dan hal itu dapat mengurangi kandungan nitrogen dalam siklusnya secara signifikan. Selain dalam bentuk ammonium tanaman juga mengambil nitrogen dalam bentuk nitrat dan biasanya dalam lingkungan yang sama tanaman juga harus berkompetisi dengan bakteri nitrifikasi dan bakteri denitrifikasi yang menggunakannya sebagai substrat.

2.3 Hipotesa

Pengaruh Tanaman Padi terhadap konsentrasi kontaminan yaitu dapat meningkatkan konsentrasi atau menurunkan konsentrasi kontaminan. Oleh karena itu disusun tiga hipotesa berdasarkan dasar teori diatas, yaitu :

1. Sistem pengolahan air buangan *constructed wetlands* dapat menurunkan konsentrasi BOD₅, TSS, dan TN dalam air buangan.
2. Ada perbedaan pertumbuhan tanaman Padi (*Oriza sativa L.*) IR – 64 dengan pengairan menggunakan variasi air buangan domestik.

BAB III

METODE PENELITIAN

Agar suatu penelitian dapat disebut dengan penelitian ilmiah maka harus menggunakan metodologi yang sistematis. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

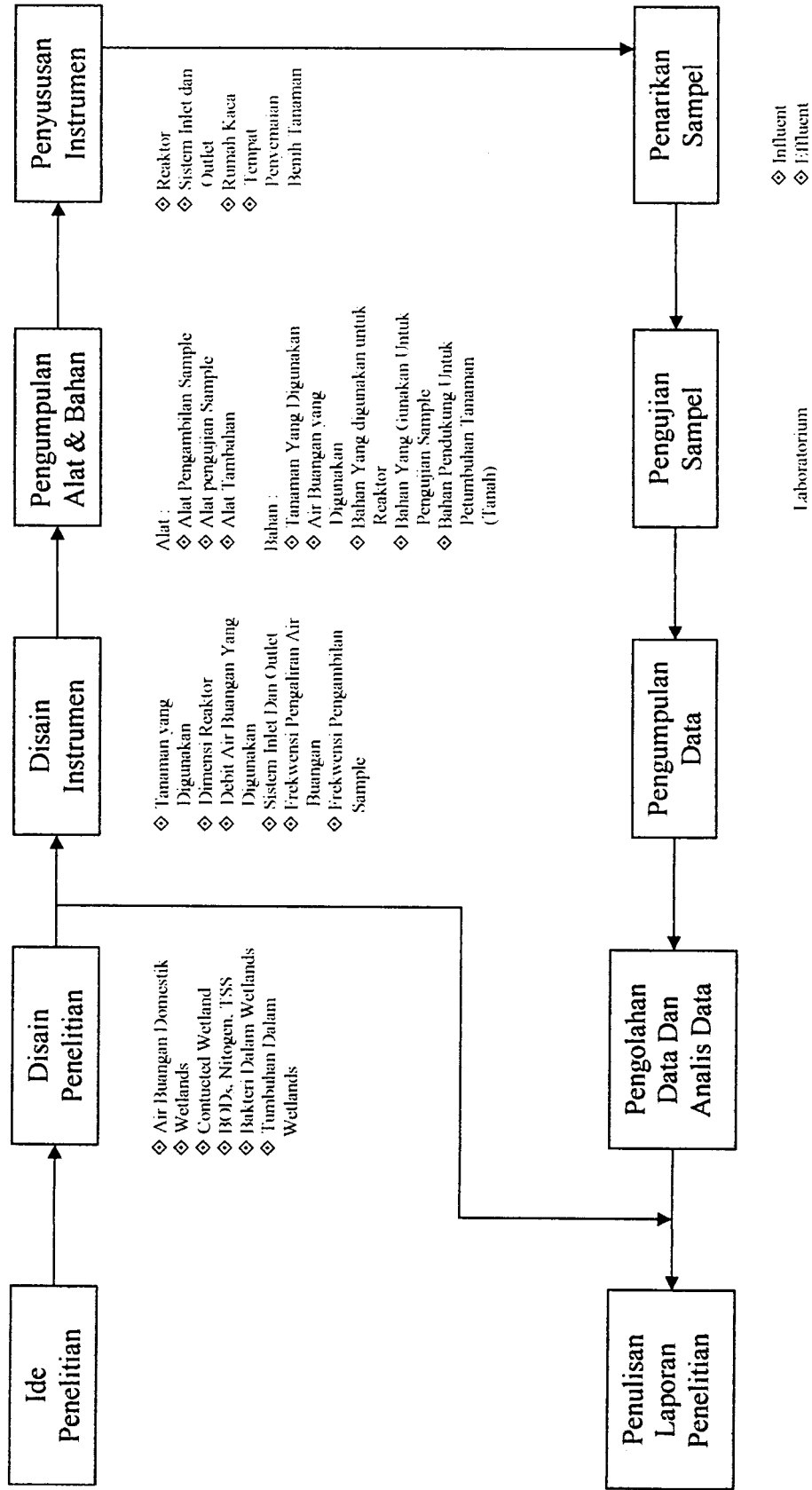
3.1 Tempat

Penelitian ini dilaksanakan di Jalan Kaliurang Km 8,5, Kelurahan Dayu, Kabupaten Sleman – Yogyakarta, dengan menggunakan reaktor *constructed wetlands* berukuran 1 m x 0,25 m dan ditanamami oleh tanaman Padi IR – 64 dengan jarak tanam 0,25 m x 0,25 m dan menggunakan reaktor atau pot dengan diameter 0,25 m.

3.2 Waktu Penelitian

Waktu penelitian dilakukan selama 5 bulan yaitu dimulai dari bulan Desember 2003 sampai dengan bulan Mei 2004, yang terdiri dari persiapan penelitian, pembenihan tanaman Padi IR – 64, penanaman tanaman pada reaktor, pengambilan contoh tanaman dan contoh air, pemeriksaan di laboratorium, analisis data serta penyusunan laporan akhir.

Diagram Alir Metode Penelitian



3.3 Cara Kerja

3.3.1 Kualitas Air

Dalam melaksanakan penelitian ini digunakan 3 unit reaktor *batch* dengan dimensi yang sama untuk setiap reaktor dengan variasi setiap reaktor adalah berikut:

- a. **Reaktor 1** dialiri konsentrasi 50 % air buangan dan ditanami tanaman Padi IR – 64.
- b. **Reaktor 2** dialiri konsentrasi 100 % air buangan dan ditanami tanaman Padi IR – 64.
- c. **Reaktor 3** dialiri konsentrasi 100 % air buangan tanpa ditanami tanaman Padi IR – 64.

1. Reaktor *Batch Constructed Wetlands*

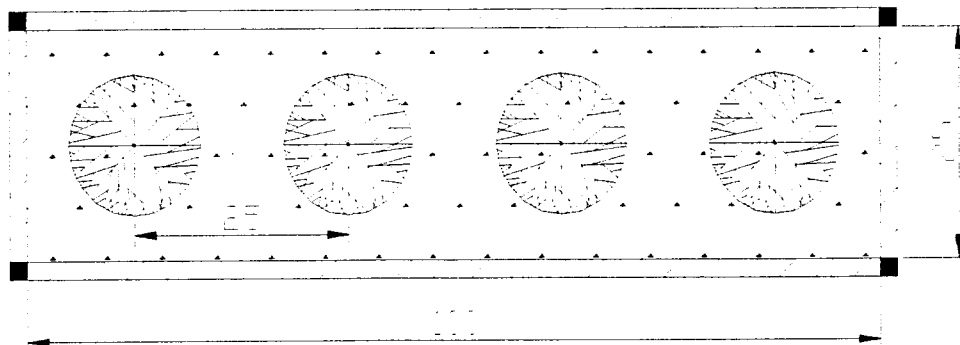
Reaktor *batch constructed wetlands* yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. *Hydraulic detention time*, $t = 12$ hari
- b. Kedalaman air, $d = 0,10$ m
- c. Lebar $0,25$ m
- d. Panjang = 1 m
- e. Tebal *substrat* = $0,15$ m
- f. *Freeboard* = 0.5 m
- g. Asumsi C_0 BOD₅ = 220 mg/ L (Metcalf & Eddy, 1991)

Tabel 3.1. Perhitungan Dimensi Reaktor *Batch*

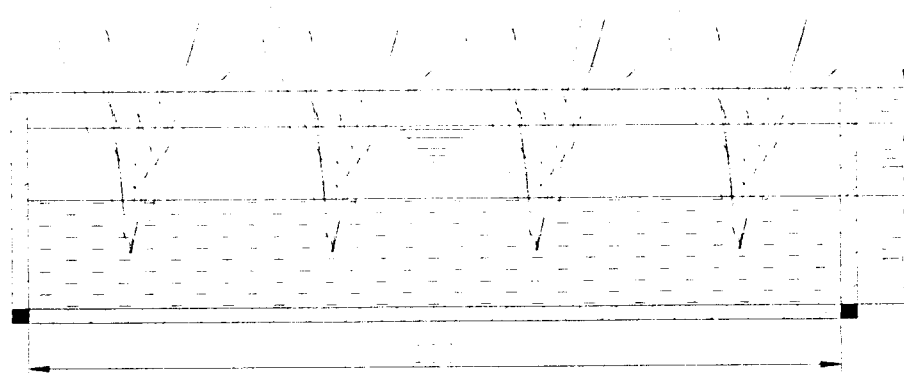
Dimensi	Simbol	Hasil Perhitungan	Satuan	Persamaan yang digunakan	Keterangan
Panjang	L	1,00	m		Ditetapkan
Lebar	W	0,25	m		Ditetapkan
Kemiringan	S	0,0001	m/m		Ditetapkan
Ketinggian air	d	0,10	m		Ditetapkan
Tebal Substrat	h	0,15	m		Ditetapkan
Luas Area	A	0,25	m ²	$L \times W$	ha = 10000 m ²
Volume reaktor	V _r	0,075	m ³	$A \times (d+h+freeb)$	
Volume basah	V _b	0,025	m ³	$A \times d$	
Debit	Q	0,0025	m ³ /hari	$t = \frac{LWnd}{Q}$	
Laju Beban Hidrolis	HLR	0,01	m/hari	$HLR = \frac{Q}{A}$	Sesuai
Luas Spesifik	A _{sp}	0,001		$A_{sp} = \frac{1}{HLR}$	Sesuai
BOD ₅ Loading Rate	LBOD ₅	0,00055	Kg/hari	$LBOD_5 = Q \times C_0$	Sesuai
		22	Kg/ha/hari		Sesuai

Di bawah ini merupakan gambar tampak atas dan tampak samping dari hasil perhitungan dimensi reaktor *batch constructed wetlands* diatas yaitu:



Tampak Atas
Tanpa Skala

Gambar 3.1 Reaktor *Batch Constructed Wetlands* Tampak atas (dalam cm)



Tampak Samping
Tanpa Skala

Gambar 3.2. Reaktor *Batch Constructed Wetlands* Tampak Samping (dalam cm)

2. Parameter Yang Diteliti

Parameter yang diamati dalam penelitian ini adalah BOD₅, TSS, dan NO₂-N, NO₃-N, NH₃-N (Total N) yang terdapat di dalam air buangan yang telah mendapat perlakuan di dalam reaktor *batch constructed wetlands* dengan variasi waktu pengujian air buangan adalah sebagai berikut:

Tabel 3.2. Pengamatan Kualitas Air

Parameter	Hari ke				Metode pemeriksaan
	0	3	6	10	
BOD ₅					Winkler
TSS					Gravimetri
Total N					Spektrofotometri

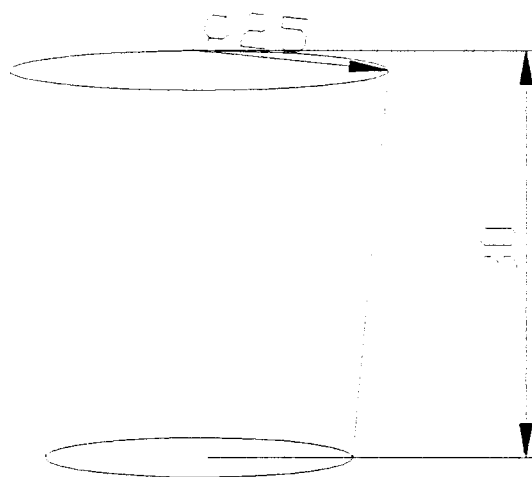
Untuk analisa sampel dilakukan di Laboratorium Hidrologi Dan Kualitas Air, Universitas Gajah Mada – Yogyakarta.

3.3.2 Pertumbuhan Tanaman

Dalam penelitian pertumbuhan tanaman menggunakan reaktor batch dengan 5 variasi tiap reaktor adalah sebagai berikut:

- a. Reaktor dengan tanaman padi IR – 64 tanpa air buangan
- b. Reaktor dengan tanaman padi IR – 64 dengan konsentrasi air buangan 25 %
- c. Reaktor dengan tanaman padi IR – 64 dengan konsentrasi air buangan 50 %
- d. Reaktor dengan tanaman padi IR – 64 dengan konsentrasi air buangan 75 %
- e. Reaktor dengan tanaman padi IR – 64 dengan konsentrasi air buangan 100 %

Reaktor yang digunakan terbuat dari plastik dengan ukuran diameter , $d = 0,25$ m, tinggi, $h = 0,30$ m, tebal substrat, $h_s = 0,10$ m, dan ketinggian air adalah, $h_w = 0,10$ m.



Gambar 3.3 Penampang Reaktor *Batch* untuk Pertumbuhan Tanaman Padi

Dengan parameter yang diamati dalam penelitian ini terdiri dari:

Tabel 3.3. Parameter Pengamatan Tanaman

Parameter	Frekwensi Pengambilan Sample (Hari)
Berat kering	0, 6, 12, 18, 24
Panjang tanaman	0, 6, 12, 18, 24
Banyak daun	0, 6, 12, 18, 24
Luas daun	0, 6, 12, 18, 24

3.4 Analisis Data

3.4.1 Kualitas Air

Analisis data untuk penentuan kualitas air dengan membandingkan antara air buangan didalam reaktor *constructed wetlands* secara langsung dan menggunakan persamaan *overall efficiency* yaitu:

$$\eta = \frac{C_o - C_e}{C_o} \{100\} \dots \text{eq. 3.4}$$

dimana, η = Overall Efficiency (%)

C_o = Konsentrasi Awal (mg/L)

C_e = Konsentrasi Akhir (mg/L)

3.4.2 Pertumbuhan Tanaman

Analisis data untuk pertumbuhan tanaman digunakan analisis ragam (ANOVA) dengan tingkat signifikansi $\alpha = 0,05$ menggunakan software SPSS 11,5; yang diawali dengan *Test Homogeneity of Variance* yang bertujuan untuk

melihat berlaku atau tidaknya asumsi untuk ANOVA yaitu sampel berasal dari varians yang sama (Santoso, 2003). Untuk *Test Homogeneity of Variance* digunakan hipotesis

- i. H_0 = Varians sampel adalah sama
- ii. H_1 = Varians sampel adalah tidak sama

Dengan dasar pengambilan keputusan $\alpha > 0,05$, H_0 diterima, dan apabila $\alpha < 0,05$, maka H_0 ditolak.

Sedangaka untuk ANOVA hipotesis yang digunakan adalah

- i. H_0 = Tidak ada perbedaaan pertumbuhan tanaman Padi (*Oriza Sativa L.*) IR – 64 terhadap perbedaan konsentrasi air buangan domestik.
- ii. H_1 = Ada perbedaaan pertumbuhan tanaman Padi (*Oriza Sativa L.*) IR – 64 terhadap perbedaan konsentrasi air buangan domestik.

Dengan dasar pengambilan keputusan $\alpha > 0,05$, H_0 diterima, dan apabila $\alpha < 0,05$, maka H_0 ditolak.

Kemudian dilakukan *Tukey Test* dan *Benferroni Test* untuk menguji tingkat pertumbuhan pada kelompok mana saja yang mempunyai perbedaan secara nyata, dan setelah test tersebut dilanjutkan dengan *Homogeneous Subset* yang bertujuan untuk mencari perbedaan mana saja yang tidak berbeda secara nyata (Santoso, 2003). Dengan Hipotesa

- i. H_0 = Perbedaan pertumbuhan tanaman Padi IR – 64 tidak nyata
- ii. H_1 = Perbedaan pertumbuhan tanaman Padi IR – 64 nyata

Dengan dasar pengambilan keputusan $\alpha > 0,05$, H_0 diterima, dan apabila $\alpha < 0,05$, maka H_0 ditolak.

1. Kecepatan Pertumbuhan Relatif, Kecepatan Pertumbuhan Absolut

Untuk menentukan kecepatan pertumbuhan relatif dari tanaman persamaan yang digunakan adalah (Heddy, 2002):

$$\bar{R} = \frac{\log W_2 - \log W_1}{T_2 - T_1} \dots \text{eq.3.5}$$

dimana, \bar{R} = Kecepatan Pertumbuhan Relatif

W_1 = Berat Kering Pada Waktu T_1

W_2 = Berat Kering Pada Waktu T_2

T_1 dan T_2 = Waktu

Sedangkan untuk menganalisa pertumbuhan absolut tanaman digunakan persamaan (Heddy, 2002):

$$\bar{G} = \frac{W_2 - W_1}{T_2 - T_1} \dots \text{eq. 3.6}$$

Dimana, \bar{G} = Kecepatan Pertumbuhan Absolut

W_1 = Berat Kering Pada Waktu T_1

W_2 = Berat Kering Pada Waktu T_2

T_1 dan T_2 = Waktu

2. *Unit Leaf Rate dan Leaf Area Ratio*

Untuk menentukan *leaf area rate* (kecepatan rata – rata asimilasi) digunakan persamaan (Williams, 1946).

$$E = \frac{W_2 - W_1}{T_2 - T_1} \cdot x \frac{\log LA_2 - \log LA_1}{LA_2 - LA_1} \dots \text{eq. 3.7}$$

Dan *leaf area ratio* terhadap berat kering digunakan persamaan (Briggs, Kidd, West, 1920)

$$\text{LAR} = \frac{LA}{\text{BeratKering}} \dots \text{eq. 3.8}$$

Dimana, W = berat kering, T = masa tanam, LA = luas daun

BAB IV

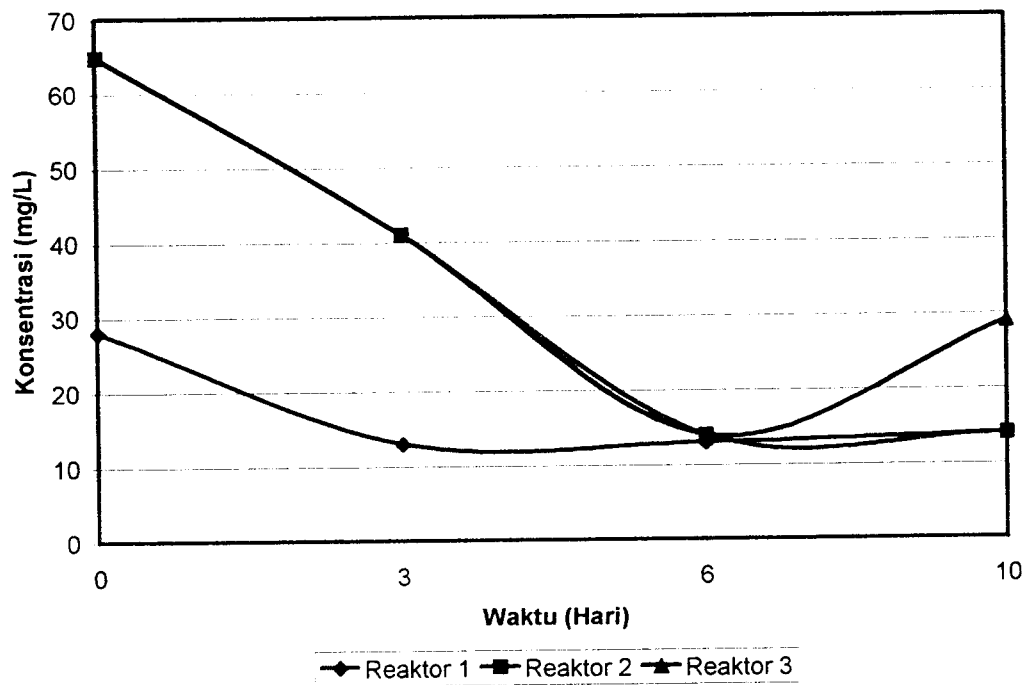
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Kualitas Air Buangan Domestik

4.1.1 Penurunan Konsentrasi *Biochemical Oxygen Demand* (BOD₅)

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penurunan konsentrasi BOD₅ air buangan domestik dengan menggunakan 3 jenis variasi perlakuan menunjukkan adanya penurunan konsentrasi yang cukup nyata terhadap waktu tinggal air buangan di dalam reaktor.

Berdasarkan dari gambar 4-1 menunjukkan bahwa untuk reaktor 1 mengalami penurunan konsentrasi BOD₅ sebesar 53,57 % dengan konsentrasi awal, (C₀) 28 mg/L menjadi 13 mg/L pada hari ke-6. Sedangkan untuk air buangan pada reaktor 2 dan reaktor 3 terjadi penurunan konsentrasi sebesar 36,8 % pada hari ke-3, dengan konsentrasi awal, (C₀) sebesar 64,9 mg/L menjadi 41 mg/ L. Pada hari ke-6 terjadi penurunan konsentrasi BOD₅ sebesar 78,4 % yaitu sampai pada tingkat 14 mg/L.



Gambar 4-1. Hubungan Konsentrasi BOD₅ Air Buangan Terhadap Waktu

Penurunan konsentrasi BOD₅ di dalam reaktor tersebut disebabkan oleh adanya suplai oksigen melalui proses fotosintesis tanaman, alga, dan biofilm, proses difusi langsung ke badan air yang berada di dalam reaktor dan melalui reaerasi dari permukaan tanaman, serta dari translokasi oksigen menuju lapisan rhizosfer dan proses difusi langsung dari atmosfer yang berada di atas permukaan air, hal ini juga dikemukakan oleh Reed et., al. (1987) dan Merz, (2000) mengenai suplai oksigen di dalam *wetlands*. Oksigen tersebut dibutuhkan untuk mendekomposisi atau menguraikan secara aerobik bahan organik karbon yang terdapat dalam air buangan domestik oleh mikroorganisme. Sedangkan untuk reaktor yang tidak menggunakan tanaman hanya terjadi pada proses difusi dan reaerasi permukaan air.

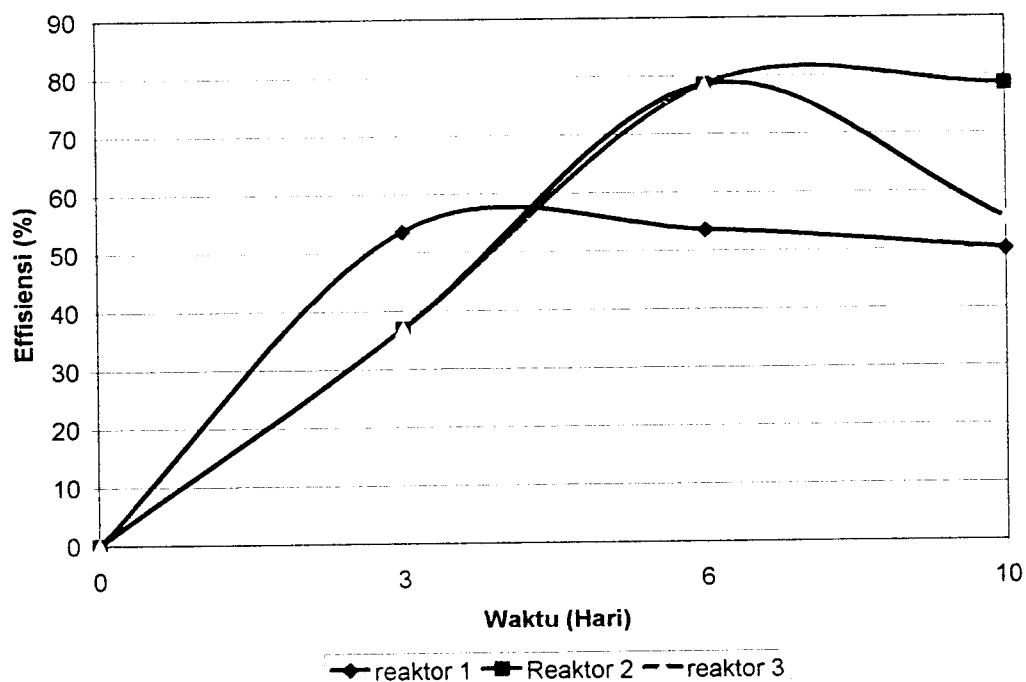
Pada proses aerobik proses penguraian bahan organik berlangsung cepat dan terjadi proses mineralisasi bahan organik secara sempurna dengan hasil akhir dari proses ini adalah CO_2 dan H_2O . Terdapat simbiosis mutualisme antara mikroorganisme dan tanaman dalam proses penguraian karbon atau bahan organik. Proses respirasi mikroorganisme memanfaatkan bahan organik atau karbohidrat ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) dan oksigen (O_2) sehingga menghasilkan karbondioksida (CO_2), air (H_2O), energi. Sedangkan pada proses fotosintesis memanfaatkan karbondioksida dari hasil respirasi mikroba dan air menghasilkan karbohidrat dan oksigen (O_2) dengan bantuan sinar matahari sebagai sumber energi. *Output* dari respirasi dimanfaatkan untuk fotosintesis dan sebaliknya.

Pada hari ke-10 konsentrasi BOD_5 yang berada pada reaktor 3 cenderung naik dari 14 mg/L pada hari ke-6 sampai pada konsentrasi 28 mg/L pada hari ke-10. Hal ini terjadi karena pada hari ke-10 pengujian sampel, reaktor tersebut kondisi airnya sudah berwarna hijau kehitaman. Proses tersebut dimulai pada hari ke-6 dengan ditandai terjadinya perubahan warna pada reaktor, hal ini juga menunjukkan bahwa pada hari ke-10 alga dan mikroorganisme lain sudah berada pada reaktor, dan menurut Scott, 2004 bahwa alga dan *cyanobacteria* ada di dalam air tawar dan air asin secara alami. Karena tidak adanya vegetasi *wetlands* sehingga alga dapat tumbuh dengan pesat pada reaktor. Alga dapat tumbuh apabila ada nutrisi dan sinar matahari yang cukup untuk proses asimilasi alga (Reed. et. al., 1987).

Alga dan bakteri yang tumbuh pesat memberikan kontribusi terhadap naiknya konsentrasi BOD_5 di dalam air buangan pada reaktor, karena terjadi

siklus hidup dan matinya alga, bakteri, serta bangkai daun tanaman yang jatuh. Apabila alga dan bakteri mati di dalam air maka jumlah karbon organik di dalam reaktor bertambah. Proses penguraian karbon atau respirasi terjadi dengan memanfaatkan sumber karbon dari alga dan bakteri. Kebutuhan oksigen semakin meningkat untuk menguraikan bahan organik tersebut, sehingga menaikkan konsentrasi BOD₅ dengan disertai suplai oksigen yang mulai menipis. Walaupun terjadi proses fotosintesis tetapi ada kemungkinan suplai oksigen dari atmosfer lebih kecil dibandingkan dengan masuknya karbon organik ke dalam reaktor.

Karena kurangnya persediaan oksigen dalam air serta adanya pelarutan karbon dioksida, maka proses penguraian bahan organik menjadi terhambat. Proses dekomposisi bahan organik akan terjadi dengan seimbang apabila jumlah bahan organik yang masuk sebanding dengan jumlah persediaan oksigen. Oleh karena itu waktu detensi untuk *constructed wetlands* dengan sistem *free water surface* adalah 3 hari sampai 5 hari hal ini bertujuan untuk mencegah terjadinya pertumbuhan alga (EPA, 2000) dan pada waktu detensi tersebut konsentrasi BOD₅ sudah turun sampai 78,4 %.



Gambar 4-2. Effisiensi Konsentrasi BOD₅ Air Buangan Domestik terhadap Waktu

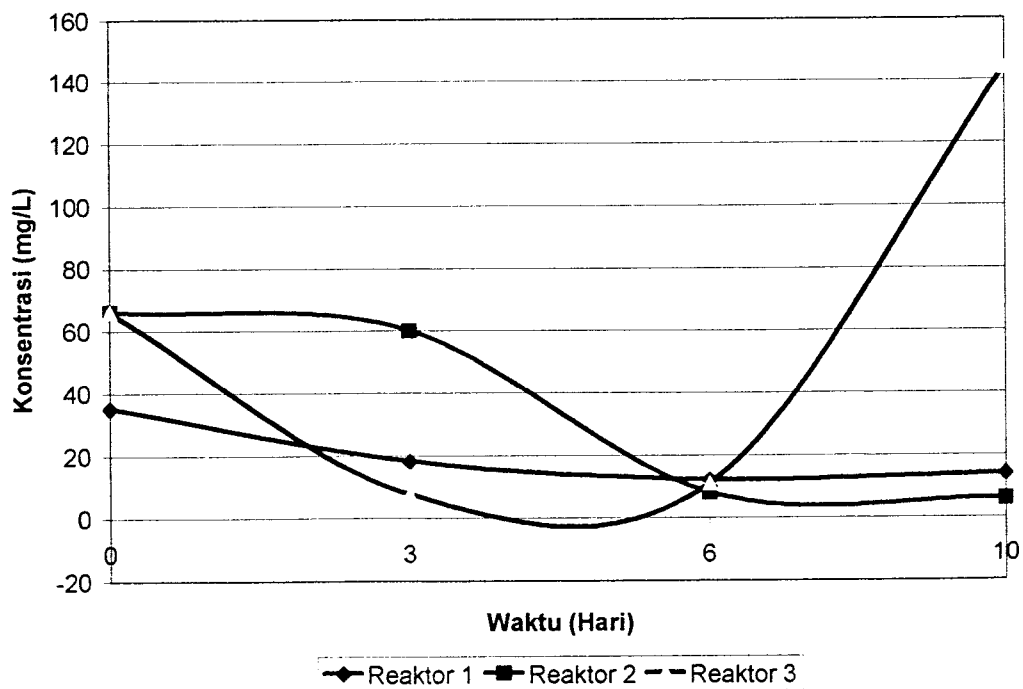
4.1.2 Penurunan Konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS)

Constructed wetlands sangat efektif untuk menurunkan konsentrasi TSS dalam air buangan, karena terjadi proses flokulasi, sedimentasi dan proses filtrasi, intersepsi.

Berdasarkan gambar 4-3, pada reaktor 1 konsentrasi TSS mengalami penurunan sampai 65,71 %, dari konsentrasi awal, (C_0) 35 mg/L sampai 12 mg/L pada hari ke-6. Pada reaktor 2 mengalami penurunan yang nyata sebesar 90,9 %, dengan konsentrasi awal, (C_0) 66 mg/L sampai 6 mg/L pada hari ke-10. Sedangkan pada reaktor 3 mengalami penurunan sebesar 83,33 % dari konsentrasi awal, (C_0) 66 mg/L menjadi 11 mg/L pada hari ke-6.

Penurunan konsentrasi TSS merupakan proses alami yang terjadi di dalam *constructed wetland*. Proses yang paling berperan adalah proses fisika meliputi proses sedimentasi, agregasi, dan intersepsi. Pada reaktor 1 dan 2 bahan organik terlarut dimanfaatkan untuk proses asimilasi atau proses fotosintesis oleh tanaman dan penguraian oleh bakteri di dalam reaktor, sehingga dengan berlangsungnya proses tersebut maka konsentrasi padatan tersuspensi menjadi berkurang.

Padatan tersuspensi yang terdapat dalam air buangan pada reaktor 1, 2 dan 3 tersebut mengalami proses flokulasi, sehingga membentuk jonjot dengan diameter jonjot semakin besar dan berat, sehingga terpresipitasi membentuk lapisan sedimen pada lapisan dasar reaktor. Padatan atau partikel di dalam *wetlands* mempunyai kecenderungan untuk mengalami proses flokulasi (Merz, 2000).



Gambar 4-3. Hubungan Konsentrasi TSS Air Buangan Terhadap Waktu

Peningkatan konsentrasi TSS terjadi pada reaktor 3 yaitu pada hari ke-3 yaitu dari 7,5 mg/L meningkat sampai hari ke-10 menjadi 144 mg/L. Peningkatan konsentrasi ini disebabkan oleh berbagai faktor diantaranya oleh formasi alga dan tanaman yang ada pada reaktor. Tetapi pada hal ini alga dan yang tumbuh pada reaktor tersebut sangat pesat yang ditandai dengan perubahan warna pada hari ke-6 sampai hari ke-10 sehingga menghasilkan TSS yang cukup tinggi. Hal ini dikemukakan juga dalam kywater.org, bahwa TSS dalam air terdiri dari bahan organik seperti alga, zooplankton, bakteri, dan pengurai, dan bahan an-organik seperti *silt*, *clay* dan lain-lain. Keduanya memberikan efek keruh terhadap air. Air dengan tingkat TSS yang tinggi secara jelas dapat dilihat dari tingkat kekeruhannya.

Di dalam reaktor 3 terdapat bahan organik dari air buangan dan sinar matahari yang masuk tanpa terhalangi oleh tanaman, memberikan energi dan nutrisi yang cukup untuk pertumbuhan alga dan bakteri dengan pesat. Pertumbuhan alga dan *cyanobacteria* yang pesat terjadi karena terpenuhinya kebutuhan dalam pertumbuhan yaitu adanya sinar matahari, nutrisi dan oksigen, dengan pertumbuhan paling tinggi pada saat keadaan temperatur tinggi dan hangat (Jack and Lamar, 1999).

Alga dan *cynobacteria* adalah mikroorganisme yang sangat kecil yang terdapat dalam air secara alami baik itu air tawar atau air garam (Scott, 2004). Alga merupakan organisme eukaryotik yang menyimpan materi genetiknya dalam sebuah jaringan membran yang disebut nucleus. Alga dibagi menjadi beberapa kelompok berdasarkan warna yang diperlihatkannya (walaupun tidak semua). Dari

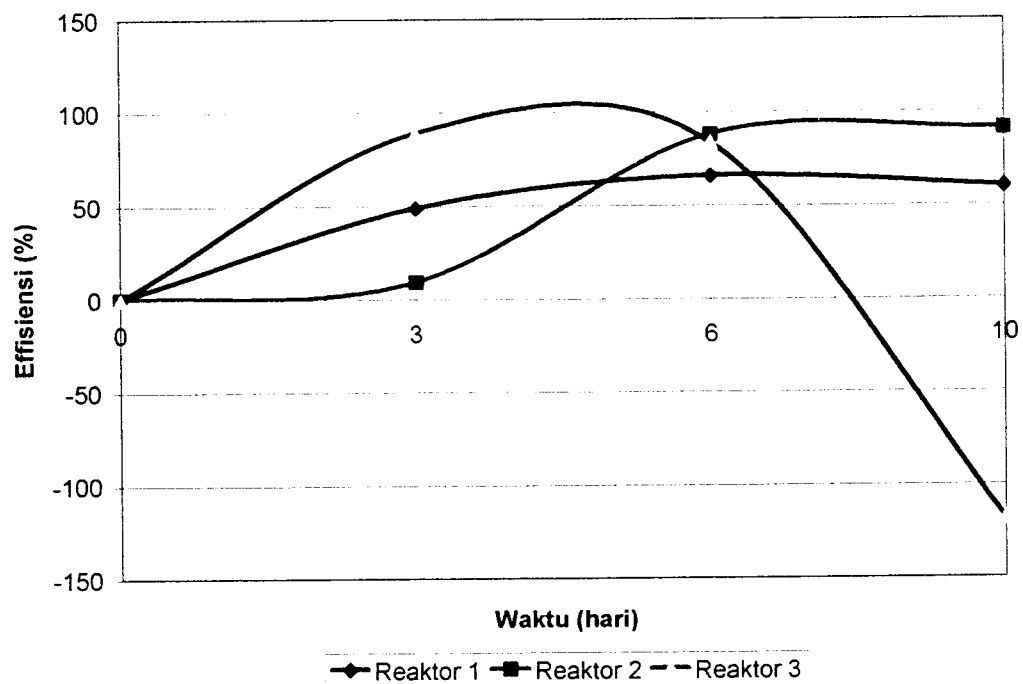
sekian banyak alga yang ada, tetapi alga yang secara umum dapat hidup di dalam air tawar ditunjukkan dengan tabel 4.1.

Tabel 4.1 Kelompok Alga Yang Umum Pada Ekosistem Air Tawar

Nama Ilmiah	Nama Umum
Chlorophytes	Green algae
Cryptophytes	Cryptomonads
Dinophytes	Dinoflagellates
Euglenophytes	Euglenoids
Bacillariophytes	Diatoms
Chrysophytes	Yellow-green algae

Sedangkan *Cyanobacteria* berasal dari kelompok *eubacteria* (Scott, 2004). *Cyanobacteria* bukan alga karena tidak mempunyai nucleus atau prokaryotik, tetapi tidak seperti layaknya bakteri, *cyanobacteria* mempunyai klorofil dan menggunakan matahari sebagai sumber energi.

Temperatur dan hembusan angin tidak berpengaruh secara langsung terhadap terjadinya resuspensi padatan yang sudah mengendap karena lapisan sedimentasi berada di bawah permukaan air. Pada reaktor yang tidak ditumbuhi tanaman atau vegetasi *wetlands* pada umumnya alga dapat tumbuh dengan cepat, karena sinar matahari yang masuk tidak terhalangi oleh tanaman dan tingkat kompetisi dengan tanaman pun tidak terjadi dalam pemanfaatan nutrient untum pertumbuhannya. Efisiensi penurunan konsentrasi TSS air buangan didalam penelitian ini dapat dilihat dalam tabel dan grafik dibawah ini.



Gambar 4-4. Effisiensi Konsentrasi TSS Air Buangan Domestik terhadap Waktu

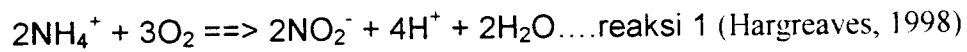
4.1.3 Penurunan Konsentrasi Total Nitrogen

4.1.3.1 Ammonium

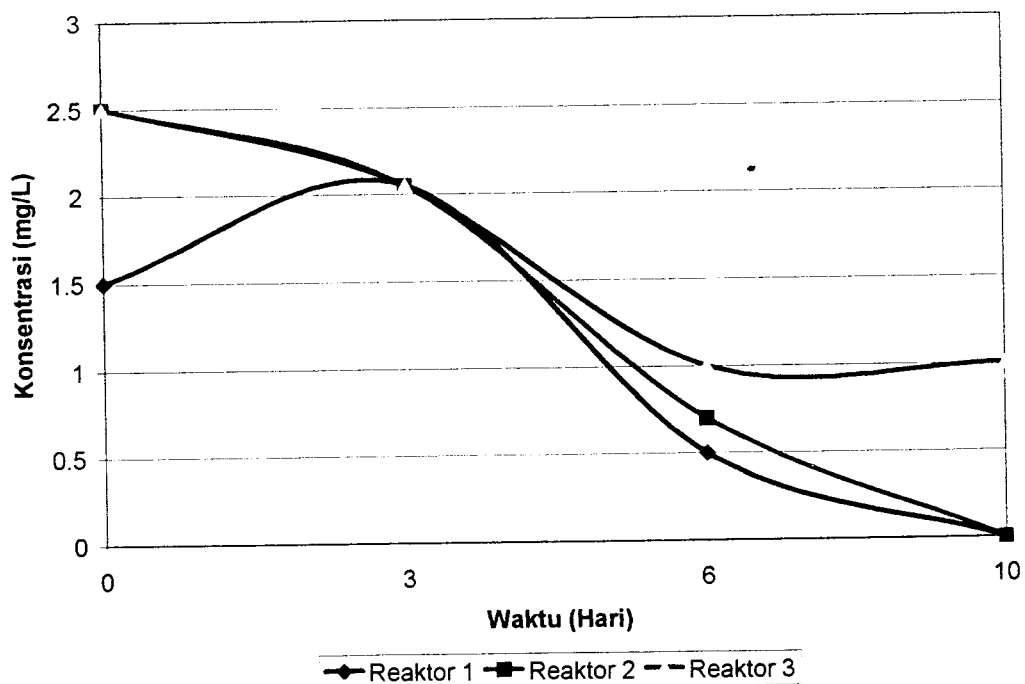
Konsentrasi ammonium pada reaktor 1 dan 2 berturut – turut dengan konsentrasi awal (C_0) 1,5 mg/L dan 2,5 mg/L terjadi penurunan sampai 0 mg/L pada hari ke-10. dan pada reaktor 3 terjadi penurunan sampai hari ke-10 dari 2,5 mg/L sampai 1 mg/L.

Terjadinya penurunan tersebut dikarenakan adanya tanaman dan bakteri autotroph yang berada pada lapisan biofilm yang berada pada reaktor tersebut yang mengkonsumsi ammonium untuk proses asimilasi, karena tanaman dan bakteri autotroph lebih menyukai sumber nitrogennya dalam bentuk ammonium. Penurunan tersebut juga diakibatkan karena proses pengoksidasian ammonium

pada proses nitrifikasi tahap pertama dengan bantuan bakteri nitrit di dalam reaktor. Persamaan reaksi untuk proses tersebut adalah sebagai berikut,



Pada tahap pertama bakteri kemoautotroph dari kelompok *nitrosomonas*, *nitrosococcus*, *nitrosospira*, *nitrosolobus*, dan *nitrosovibrio* (Herbert, 1999), menggunakan ammonia sebagai sumber energi dan membentuk nitrit sebagai hasil akhirnya proses pengoksidasian dari ammonium.



Gambar 4-5 Hubungan Konsentrasi Ammonium Air Buangan Terhadap Waktu

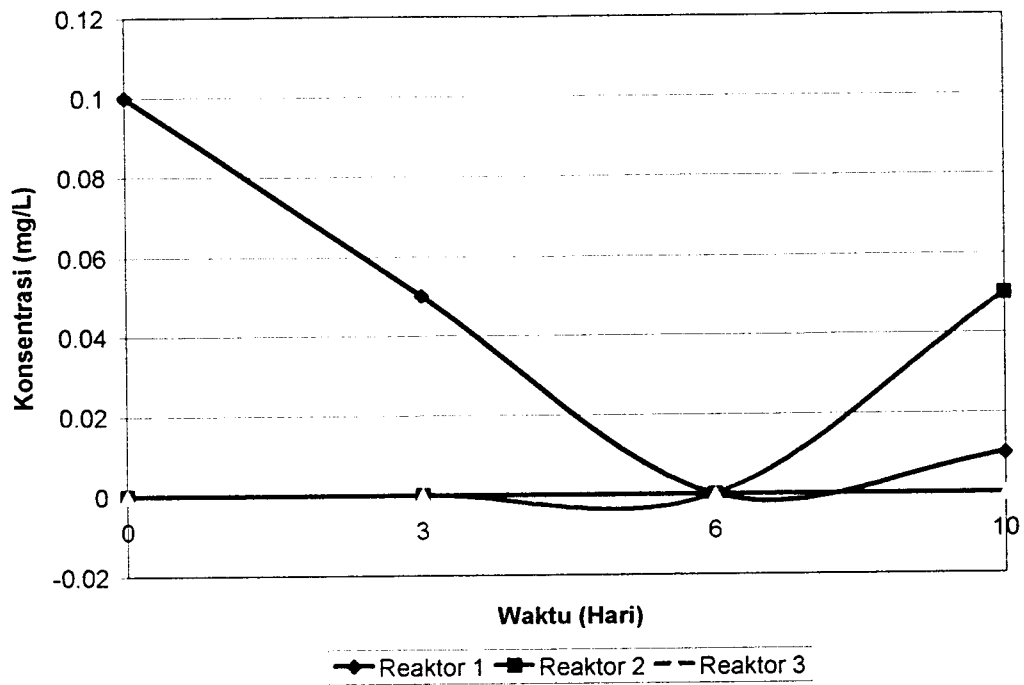
Ammonium juga teradsorpsi melalui proses presipitasi ke dalam padatan yang berada di dalam *wetlands* bersamaan dengan mengendapnya padatan tersuspensi ke lapisan dasar reaktor. Proses ionisasi ammonia merupakan proses paling awal dan berperan di dalam *wetlands*. Proses ionisasi ammonia di dalam

reaktor juga dapat terjadi karena suhu yang lebih dari 25⁰C. Penurunan konsentrasi yang paling utama untuk ammonium adalah melalui proses nitrifikasi.

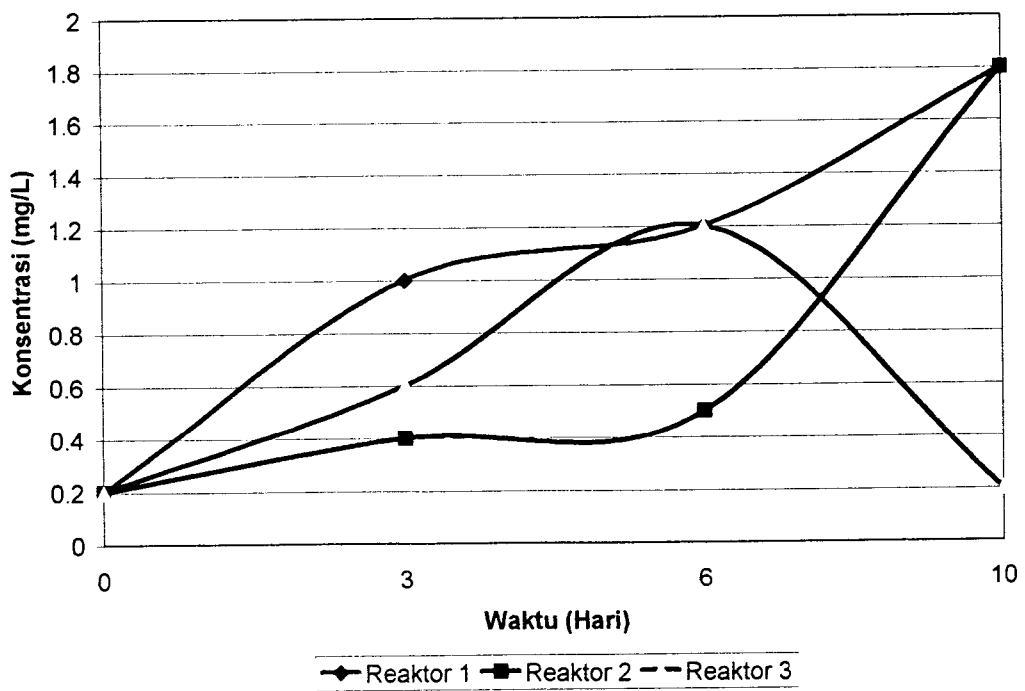
4.1.3.2 Nitrit dan Nitrat

Gambar 4-6 dengan produk nitrit menunjukkan penurunan pada reaktor 1 dari konsentrasi 0,1 mg/L turun sampai hari ke-6 menjadi 0 mg/L kemudian naik sampai hari ke-10 menjadi 0,01 mg/L. Sedangkan pada reaktor 2 pada hari ke-0 sampai hari ke-6 tidak ada produk nitrit yang dihasilkan atau konsentrasi nitrit 0 mg/L, tetapi menunjukkan adanya kegiatan pada hari ke-6 sampai hari ke-10 dengan produk nitrit sebanyak 0,01 mg/L. Pada reaktor 3 produk intermediet nitrit tidak dihasilkan dengan signifikan.

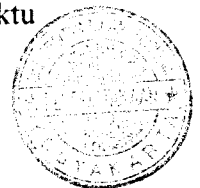
Dari gambar 4-7 dapat dilihat, bahwa pada reaktor 1 dan 2 proses nitrifikasi berlangsung dengan menghasilkan produk nitrat naik terus menerus sampai hari ke-10, sedangkan pada reaktor 3, naik pada hari ke-0 sampai hari ke-6 dari 0,2 mg/L sampai 1,2 mg/L dan setelah itu turun pada hari ke-10 menjadi 0,2 mg/L.



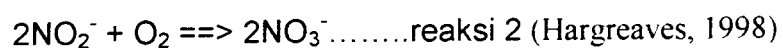
Gambar 4-6 Hubungan Konsentrasi Nitrit Air Buangan Terhadap Waktu



Gambar 4-7. Hubungan Konsentrasi Nitrat Air Buangan Terhadap Waktu



Nitrit merupakan hasil pertengahan dalam proses nitrifikasi dengan hasil akhir adalah nitrat. Terlihat pada gambar 4-6 nitrit yang dihasilkan sangat kecil hal ini disebabkan karena nitrit yang terbentuk pada proses nitrifikasi tahap pertama dimanfaatkan langsung oleh bakteri nitrat pada proses nitrifikasi tahap kedua. Pemanfaatan nitrit pada proses nitrifikasi berlangsung pada tahap kedua dibantu oleh bakteri kemoautotroph dari kelompok *nitrobacter*, *nitrosococcus*, *nitrospina*, *nitrospira* (Herbert, 1999) dengan persamaan reaksi sebagai berikut



Pada proses autotroph nitrifikasi ini bahan yang dikonversi adalah ammonium dengan hasil yang dominan adalah nitrat, hal ini terlihat pada hasil penelitian gambar 4-7. Nitrat yang dihasilkan meningkat, hal ini disebabkan oleh beberapa faktor yaitu, *supply* oksigen yang mencukupi dari proses fotosintesis dan difusi langsung ke dalam reaktor, persediaan ammonium yang cukup dari hasil mineralisasi bahan organik air buangan dalam reaktor, persediaan dari karbondioksida sebagai sumber karbon bagi mikroorganisme nitrifikasi. Faktor – faktor tersebut dimanfaatkan oleh bakteri nitrat, sehingga kecepatan pertumbuhannya dalam reaktor sangat pesat, ditunjang dengan temperatur yang hangat lebih dari 25 °C. Selain untuk proses nitrifikasi juga nitrat dapat dihasilkan dengan proses fiksasi nitrogen oleh bakteri autotroph dan heterotroph, alga, dan tanaman yang berada di dalam reaktor. Lapisan bio film yang berada pada permukaan tanaman *wetlands* memegang peranan penting dalam proses ini karena lapisan tersebut merupakan tempat bernaungnya mikroba nitrifikasi yang dapat

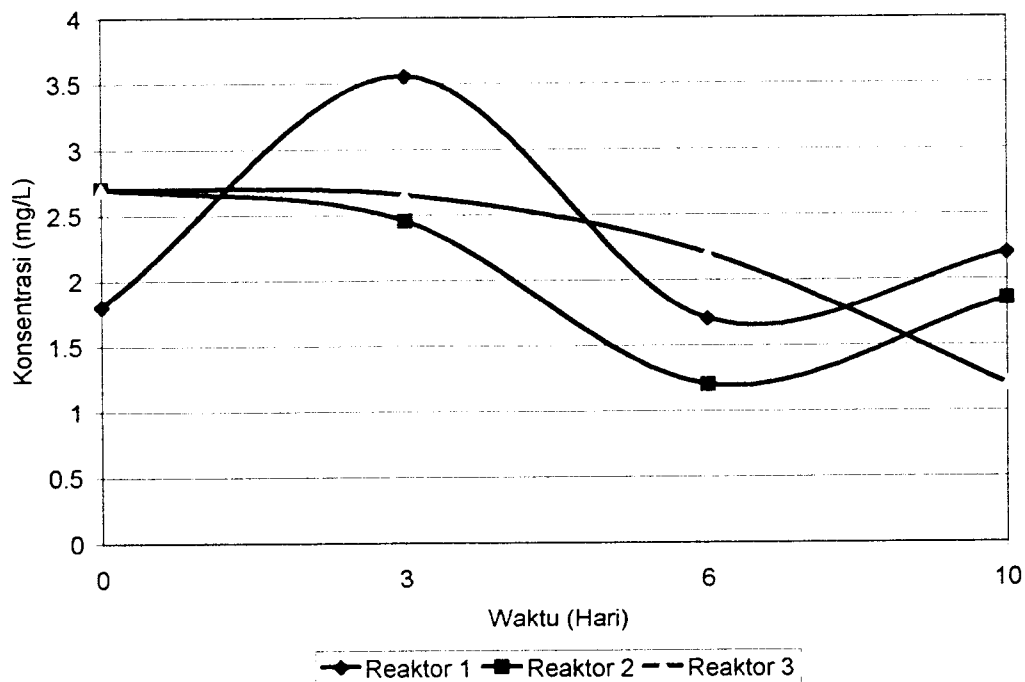
mengoksidasi ammonium secara biologis. Proses nitrifikasi juga terjadi dalam area teroksidasi pada lapisan rhizosfer yang terdapat dalam akar tanaman.

4.1.3.3 Total Nitrogen

Pada gambar 4-8 pada reaktor 3 menunjukkan penurunan yang terus menerus sampai hari ke -10 dari konsentrasi awal (C_0) 2,7 mg/L sampai 1,2 mg/L atau terjadi penurunan konsentrasi sebanyak 55,55 %. Sedangkan pada reaktor 1 menunjukkan penambahan konsentrasi pada hari ke-3 dari (C_0) 1,8 mg/L menjadi 3,55 mg/L kemudian turun sampai tingkatan 1,7 mg/L kemudian naik lagi pada hari ke-10 sampai 2,2 mg/L, sedangkan pada reaktor 2 menunjukkan penurunan sebesar 55,55% pada hari ke-6 yaitu dari konsentrasi (C_0) 2,7 mg/L menjadi 1,2 mg/L.

Total nitrogen terbentuk dari, bahan organik, ammonium, nitrat dan nitrit. Dalam hal ini terjadi alur nitrogen dalam air yaitu bahan organik dikonversi oleh bakteri menjadi ammonium (ammonifikasi/ mineralisasi), ammonia diubah menjadi nitrat dan nitrit (nitrifikasi) dan nitrat diubah menjadi gas nitrogen denitrifikasi. Selain proses tersebut juga ada proses tersebut juga adanya proses fiksasi nitrogen dan proses asimilasi oleh tanaman.

organic matter ==> ammonia ==> nitrite ==> nitrate ==> nitrogen gas

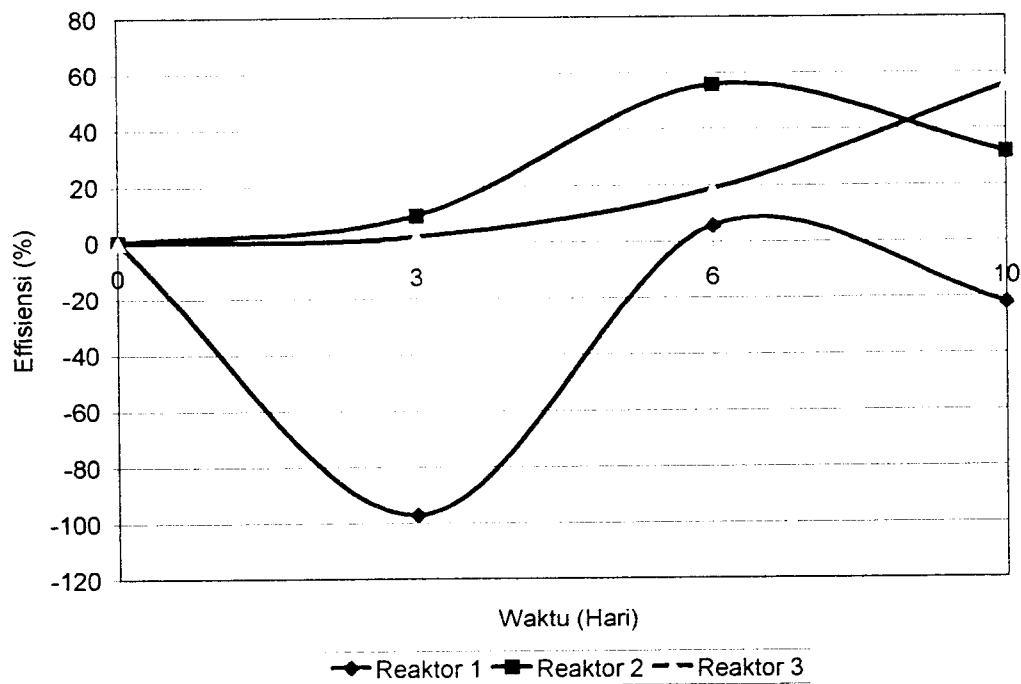


Gambar 4-8 Hubungan Konsentrasi Total N Air Buangan Domestik Terhadap Waktu

Siklus nitrogen merupakan salah satu siklus yang sangat sulit untuk dipelajari karena ada banyak sekali formasi dari nitrogen yang sangat penting serta peranan mikroorganisme yang berperan didalamnya. Total nitrogen merupakan hasil dari penjumlahan dari organik N, ammonia, nitrit dan nitrat (Kadlec and Night, 1996). Bakteri yang ada di dalam wetland mengubah bahan organik menjadi ammonia; ammonia kemudian di konversi menjadi nitrat dan nitrit dalam proses nitrifikasi kemudian nitrat diubah menjadi gas nitrogen melalui proses denitrifikasi

Peristiwa naik turunnya konsentrasi nitrogen tersebut mungkin dapat menjelaskan proses yang terjadi akan siklus yang sangat kompleks dari nitrogen pada badan air dalam reaktor. Seperti telah kita ketahui bahwa konsentrasi

ammonium pada hari ke-0 terlihat tinggi kemudian terus menurun sampai hari ke-10, kemudian konsentrasi nitrit dan nitrat yang terus naik sampai hari ke-10. Nitrogen di dalam reaktor ditemukan dalam bentuk ammonium atau ammonia berdasarkan gambar 4-5 hal ini tergantung dari temperatur pada daerah area tersebut. Dalam *surface flow wetlands* ammonium dilepaskan dari bahan organik pada lapisan sedimen kemudian diserap oleh tanaman. Kemudian sebagian dari ammonium mengalami proses nitrifikasi oleh bakteri nitrifikasi pada kondisi aerobik di permukaan, dan ada juga proses nitrifikasi yang terjadi di dalam lapisan *rhizome*, kemudian terbentuk nitrat dan diserap tanaman. Pada *wetlands* dengan kondisi air yang bergerak penurunan terjadi pada awal proses perlakuan. Selain proses tersebut di atas yang mempengaruhi penurunan konsentrasi nitrogen dan transformasi nitrogen faktor cuaca sangat mempengaruhi. Ammonia sangat memungkinkan mengalami transformasi secara baik jika kondisi *wetlands* berada pada area permukaan air terbuka dan diberi tanaman *wetlands*.



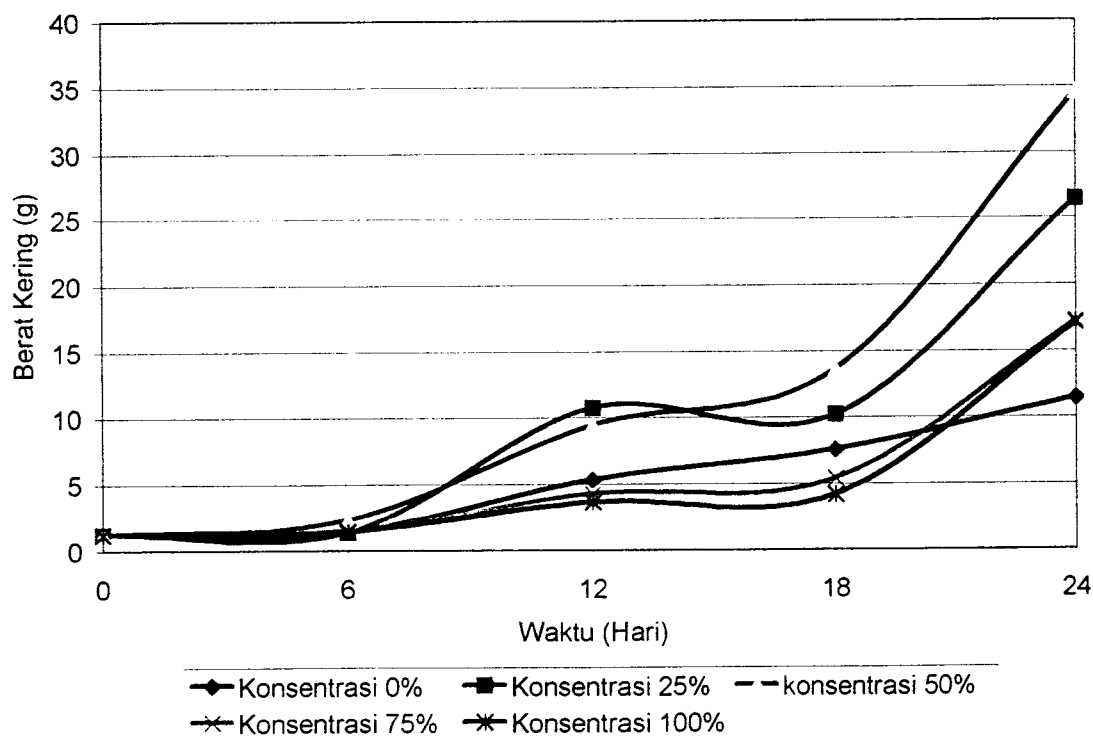
Gambar 4-9 Hubungan Effisiensi Total N Air Buangan Domestik Terhadap Waktu

4.2 Analisis Pertumbuhan Tanaman Padi IR – 64

Secara umum pertumbuhan tanaman Padi (*Oriza Sativa L.*) IR – 64 dengan menggunakan air buangan domestik sebagai pengairannya memperlihatkan kondisi yang baik. Sebagai hasil penelitian untuk berat kering biomasa tanaman, panjang tanaman, jumlah daun dan jumlah batang, di bahas dalam sub bab selanjutnya.

4.2.1 Pengaruh Konsentrasi Air Buangan Domestik Terhadap Kecepatan Pertumbuhan Relatif dan Pertumbuhan Absolut Tanaman Padi IR – 64

Berat kering tanaman padi Padi IR – 64 berdasarkan variasi konsentrasi air buangan yang diberikan selama 24 hari menunjukkan kenaikan tetapi tidak mengalami perbedaan yang nyata dari setiap proses penambahan berat setiap tanaman dengan pemberian konsentrasi air buangan yang berbeda dari 0 % , 25 % , 50 % , 75% , dan 100% air buangan. Perilaku tanaman hasil pengukuran berat kering tanaman Padi terhadap konsentrasi air buangan dapat dilihat pada gambar 4-9 dibawah ini.



Gambar 4-10 Hubungan Berat Kering Tanaman Padi IR – 64 Terhadap Waktu Berdasarkan Konsentrasi Air Buangan Domestik

Test of Homogeneity of Variances
Berat Kering (g)

Levene Statistic	df1	Df2	Sig.
.988	4	20	.437

Sumber Hasil Perhitungan Dengan SPSS 11,5 dengan $\alpha = 0,05$

ANOVA
Berat Kering (g)

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	195.098	4	48.774	.620	.654
Within Groups	1574.51 6	20	78.726		
Total	1769.61 4	24			

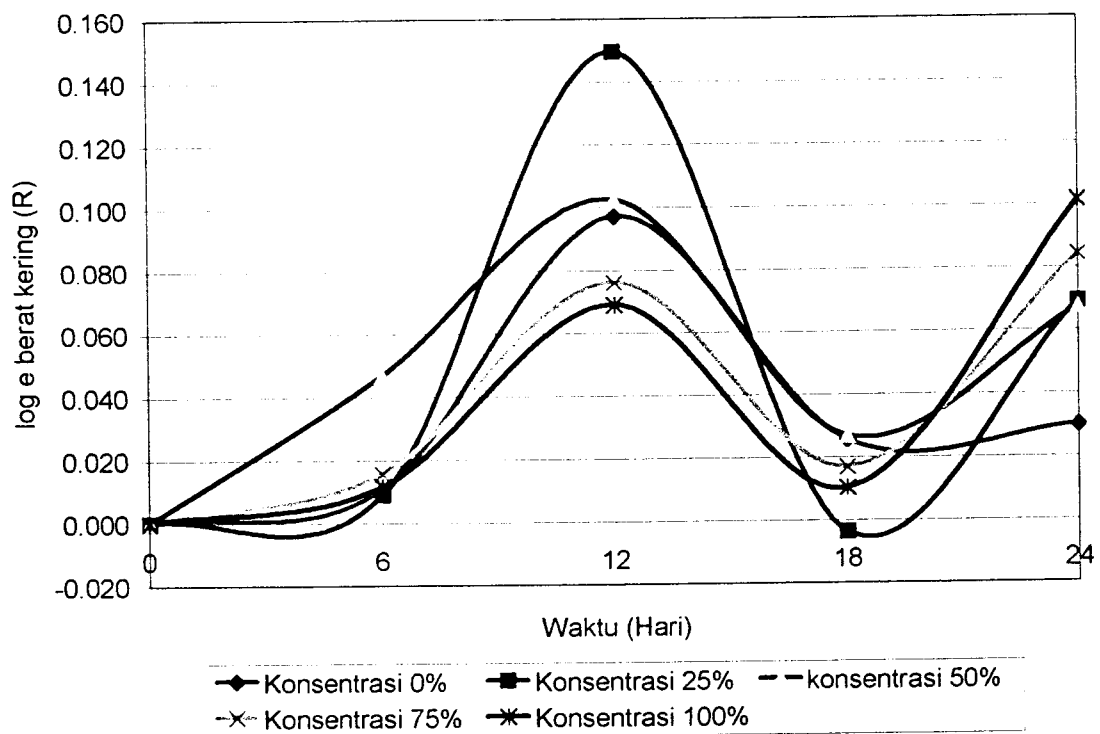
Sumber: Hasil Perhitungan Dengan Menggunakan SPSS 11,5 dengan tingkat Signifikansi (α) = 0,05

Berdasarkan *Test of Homogeneity of Variance* yang bertujuan untuk menguji berlaku atau tidaknya asumsi untuk ANOVA, yaitu apakah kelima sampel mempunyai varians yang sama (Santoso, 2003), terlihat bahwa kelima varians tanaman padi adalah sama, hal ini diperlihatkan dengan nilai *Levene Test* hitung adalah 0,988 dengan nilai probabilitas 0,654 > 0,05, maka H_0 diterima dan dapat dikatakan bahwa kelima varians adalah sama. Sedangkan untuk output ANOVA (*Analysis of Variance*) terlihat untuk bahwa F hitung adalah 0,620 dengan probabilitas 0,654 > 0,05; maka H_0 ditolak, karena rata – rata pertumbuhan tanaman adalah berbeda. Setelah kita mengetahui ada perbedaan pertumbuhan tanaman padi IR – 64 tersebut, test selanjutnya dilakukan *Tukey Test* dan *Benferroni Test*, dimana pada test ini semua sample tidak menunjukkan adanya perbedaan secara nyata hal ini ditunjukkan dengan tingkat signifikansi untuk

setiap $> 0,05$, maka H_0 diterima. Untuk selanjut dilakukan *Homogeneous subset* untuk melihat pertumbuhan rata-rata yang dengan perbedaan yang tidak signifikan atau nyata yaitu terdapat pada subset 1 semua jenis tanaman Padi IR – 64 dengan pengairan dengan air buangan 0 % sampai 100 % tidak mengalami perbedaan yang nyata dengan $\alpha = 0,740 > 0,05$.

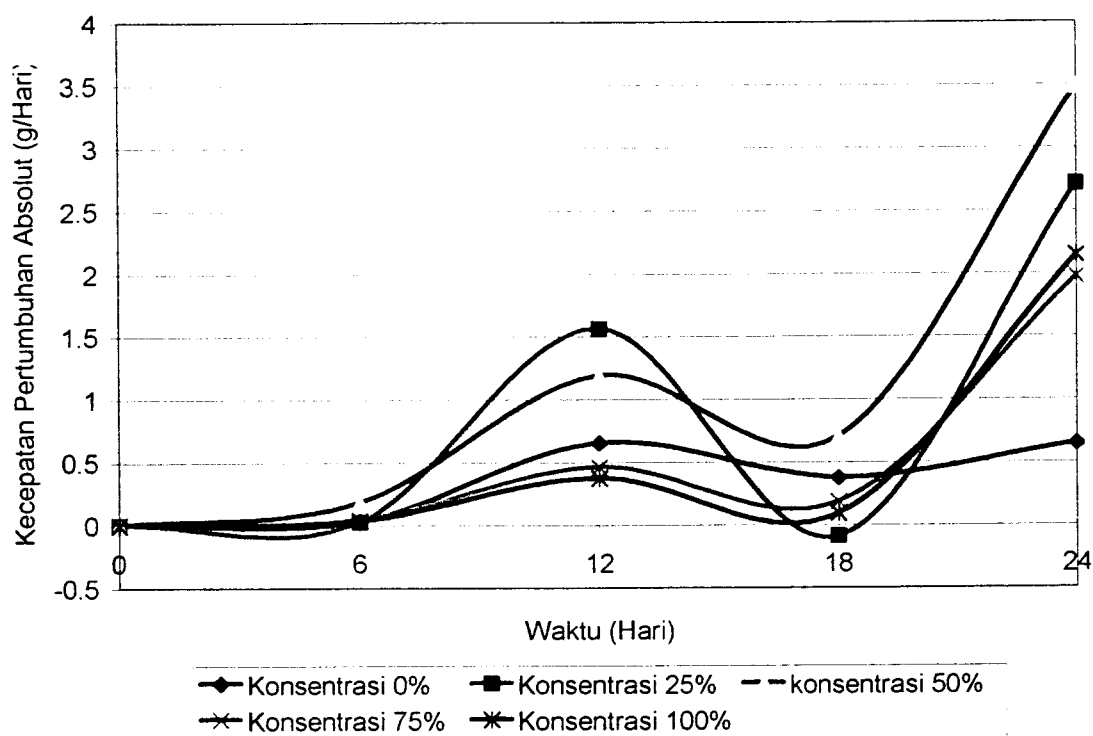
Perbedaan konsentrasi air buangan domestik tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap biomassa kering tanaman Padi IR – 64, tetapi secara nyata pemberian air buangan domestik sebagai sumber pengairan terhadap tanaman padi IR – 64 dalam reaktor meningkatkan pertumbuhan jika dibandingkan dengan tidak menggunakan air buangan domestik (konsentrasi 0 %). Hal ini diperlihatkan pada gambar 4-9 yaitu pada reaktor dengan konsentrasi air buangan dari 25% sampai 100% memberikan hasil yang cukup baik dengan tingkah laku tanaman yang seragam terhadap pertumbuhan yang diperlihatkannya. Terjadinya hal semacam ini diakibatkan oleh karena dalam air buangan domestik terdapat kandungan nitrogen yang cukup untuk menunjang pertumbuhan vegetatif tanaman (Kamsurya et. al., 2001). Syekhfani (1997) yang menyatakan bahwa nitrogen merupakan penyusun komponen penting organ tanaman, sebagai unsur yang terlibat dalam proses fotosintesis, merupakan unsur kehidupan sel tanaman, penyusun klorofil dan senyawa organik penting lainnya. Jika berada dalam keadaan kekurangan, maka tanaman akan memperlihatkan gejala klorosis dan tumbuh kerdil.

Sedangkan untuk kecepatan pertumbuhan relatif tanaman padi dapat dilihat pada gambar 4-10 dibawah ini.



Gambar 4-11 Hubungan Kecepatan Pertumbuhan Relatif Tanaman Padi IR -64 Terhadap Waktu Berdasarkan Konsentrasi Air Buangan Domestik

Kecepatan pertumbuhan relatif tanaman Padi IR - 64 cenderung memberikan tingkah laku yang pada mulanya 0 dalam akala log kemudian naik dan kemudian turun lagi sampai 0 atau bahkan negatif. Hal ini dapat terjadi adanya kemungkinan perubahan lingkungan dengan berlalunya waktu, dan juga adanya persyaratan tumbuh yang terpenuhi atau malah tidak terpenuhi seperti penyinaran, persediaan mineral yang diperlukan untuk tumbuh dan mungkin faktor racun dan kompetisi penyerapan nutrisi dengan spesies lain yang dapat memberikan efek negatif terhadap pertumbuhan.



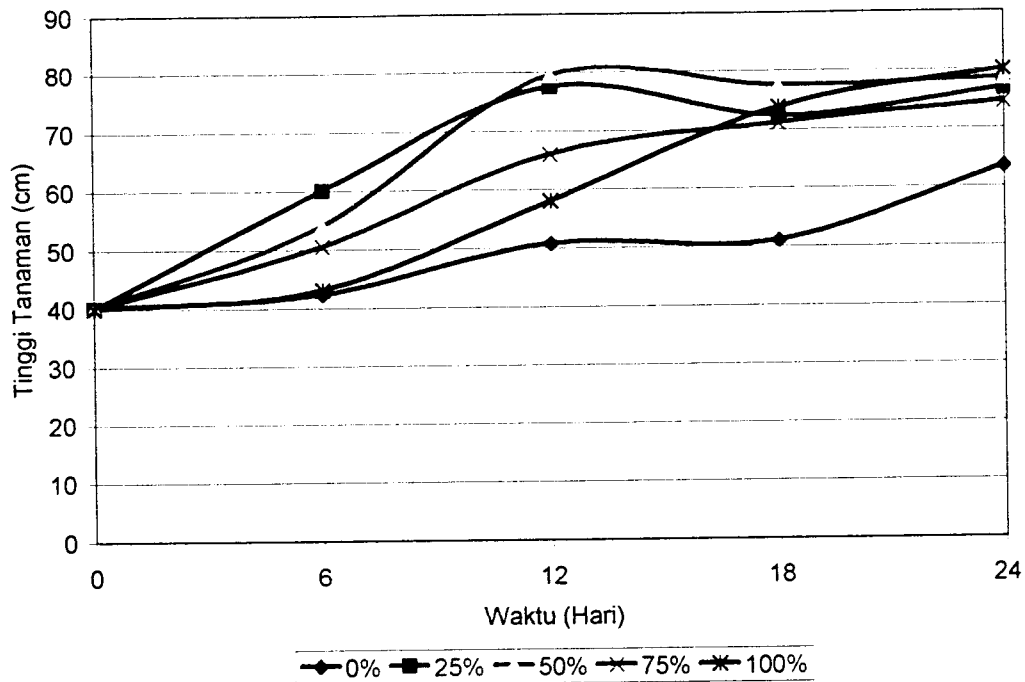
Gambar 4-12 Hubungan Kecepatan Pertumbuhan Absolut Tanaman Padi IR -64 Terhadap Waktu Berdasarkan Konsentrasi Air Buangan Domestik

Kecepatan pertumbuhan absolut merupakan ukuran peningkatan kecepatan berat kering yang biasa dan sederhana (Heddy, 2002). Seperti yang terlihat pada grafik 4-11 kecepatan pertumbuhan absolut bagi tanaman padi IR – 64 dengan pengairan menggunakan air buangan domestik mendapatkan hasil yang lebih baik jika dibandingkan dengan yang tidak diberi air buangan domestik.

4.2.2 Pengaruh Konsentrasi Air Buangan Domestik Terhadap Panjang Tanaman Padi IR – 64.

Air buangan domestik memberikan pengaruh positif terhadap pertumbuhan panjang tanaman apabila dibandingkan dengan yang tidak diberikan konsentrasi air buangan, karena didalam air buangan terdapat nutrisi yang

dibutuhkan tanaman dalam pertumbuhannya. Hasil pengukuran di laboratorium untuk panjang tanaman Padi IR – 64 ditunjukkan dengan gambar 4-12 dibawah ini.



Gambar 4-13 Hubungan Panjang Tanaman Padi IR - 64 Terhadap Waktu Berdasarkan Konsentrasi Air Buangan Domestik

Test of Homogeneity of Variances Panjang Tanaman Padi IR - 64 (cm)

Levene	df1	Df2	Sig.
Statistic	4	20	.332

Sumber Hasil Perhitungan Dengan SPSS 11,5 dengan $\alpha = 0,05$

Dari output *Test of Homogeneity of Variance* terlihat bahwa semua sampel berasal dari varians yang sama hal ini terlihat dari Levene Test hitung yang diberikan adalah 1,225 dengan nilai signifikansi $\alpha = 0,332 > 0,05$, maka H_0 diterima. Selanjutnya dilakukan test ANOVA.

ANOVA
Panjang Tanaman Padi IR - 64 (cm)

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	872.060	4	218.015	.915	.474
Within Groups	4763.000	20	238.150		
Total	5635.060	24			

Sumber: Hasil Perhitungan Dengan Menggunakan SPSS 11,5 dengan tingkat Signifikansi (α) = 0,05

Pada test ANOVA untuk Panjang tanaman Padi IR – 64 terlihat F hitung adalah 0,915 dengan tingkat signifikansi 0,474 > 0,05, maka H_0 ditolak yaitu rata – rata panjang tanaman Padi IR – 64 dengan perlakuan pengairan menggunakan variasi air buangan domestik memang berbeda. Untuk mengetahui perbedaan dari tiap – tiap sampel dilanjutkan dengan pengujian *Tukey Test* dan *Benferroni Test*.

Dari Uji Tukey terlihat bahwa tidak ada perbedaan secara nyata antar sampel tanaman Padi IR -64 dengan perlakuan pada variasi pengairan menggunakan air buangan domestic dengan tingkat signifikansi > 0,05 untuk setiap perbandingan, maka H_0 diterima. Untuk mengetahui tingkat pertumbuhan rata - rata panjang tanaman padi IR – 64 yang tidak berbeda secara signifikan dilakukan uji *Homogeneous Subset* pada lampiran F.

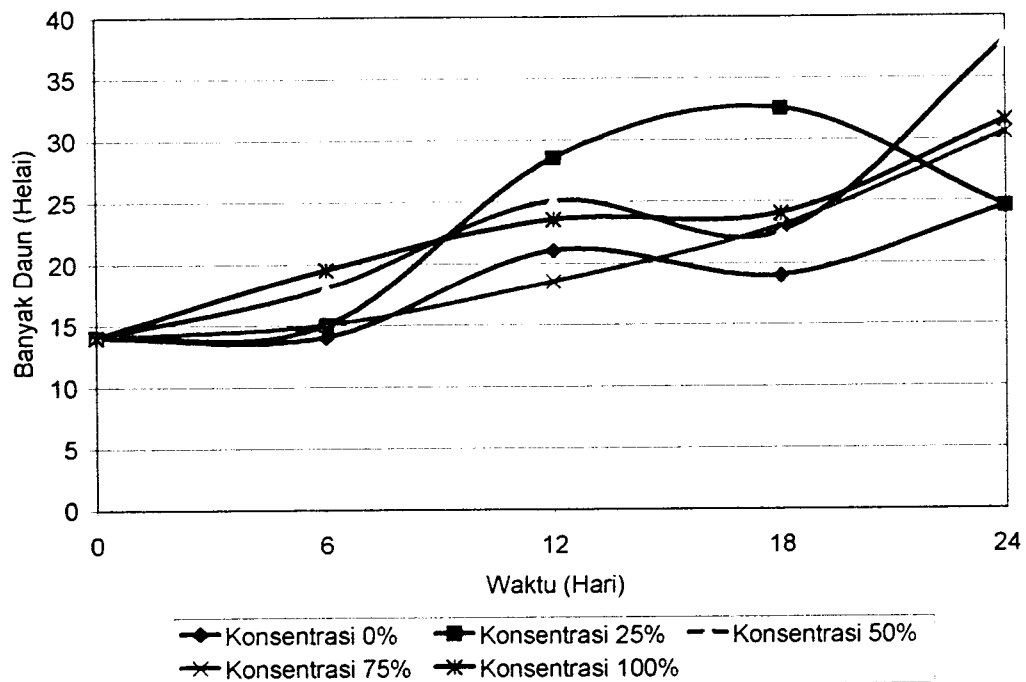
Pertumbuhan panjang tanaman apabila kita lihat dari tingkah laku tanaman secara nyata pada grafik 4-12 terlihat bahwa pemberian air buangan domestik pada tanaman Padi IR – 64 dalam reaktor memberikan hasil yang cukup baik jika dibandingkan dengan tanaman yang tidak diberikan air buangan domestik. Di dalam air buangan domestik terdapat sumber nutrisi yang dibutuhkan oleh tanaman seperti N, P, dan K, maka tanaman dapat tumbuh baik jika dibandingkan

dengan yang tidak diberikan air buangan domestik sebagai pengairannya. Pertumbuhan tanaman padi dengan konsentrasi air buangan yang berbeda memperlihatkan pertumbuhan panjang tanaman yang berbeda pula meskipun perbedaan tersebut tampak tidak signifikan tetapi pemberian konsentrasi air buangan memberikan hasil yang lebih baik.

4.2.3 Pengaruh Konsentrasi Air Buangan Domestik Terhadap Banyak Daun Tanaman Padi IR – 64.

Pemberian konsentrasi air buangan memberikan pengaruh yang positif terhadap pertumbuhan tanaman padi pada reaktor, hal ini ditunjukkan pula dengan banyaknya daun pada tiap tanaman yang tumbuh pada reaktor dengan variasi konsentrasi air buangan yang diberikan.

Dari tabel berat daun pada lampiran C terlihat bahwa untuk masing masing tanaman memberikan hasil yang positif. Pengaruh lingkungan disekitarnya sangat mempengaruhi terhadap pertumbuhan dan tingkah laku tumbuhnya tanaman. Selain faktor lingkungan juga ada faktor lain yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman yaitu sifat bawaan dari jenis tanaman itu sendiri (Sugito, 1999). Pertambahan daun tanaman padi untuk semua variasi secara nyata terlihat meningkat per minggunya seperti terlihat pada gambar 4-13. Dengan melihat tingkah laku tanaman padi pada reaktor tersebut, air buangan domestik memberikan pengaruh yang lebih baik apabila dibandingkan dengan yang tidak diberikan



Gambar 4.14 Hubungan Banyak Daun Tanaman Padi IR – 64 Terhadap Waktu Berdasarkan konsentrasi air buangan domestik

Test of Homogeneity of Variances

Banyak Daun (Helai)			
Levene	df1	Df2	Sig.
Statistic	4	20	.693

Sumber Hasil Perhitungan Dengan SPSS 11,5 dengan $\alpha = 0,05$

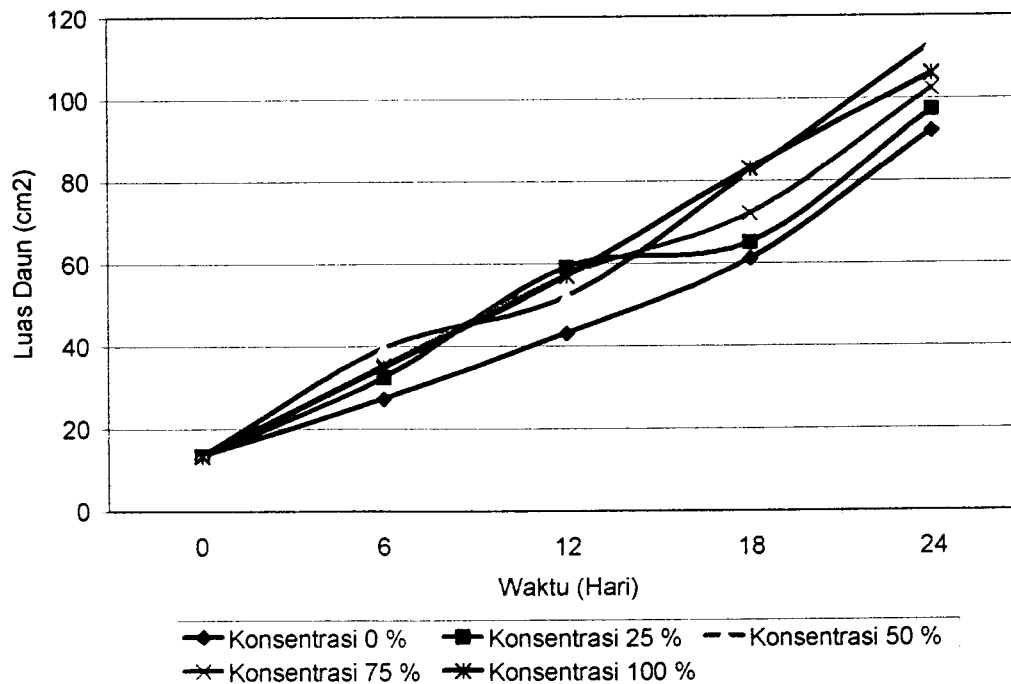
ANOVA

Banyak Daun (Helai)					
	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	88.240	4	22.060	.427	.787
Within Groups	1032.500	20	51.625		
Total	1120.740	24			

Sumber: Hasil Perhitungan Dengan Menggunakan SPSS 11,5 dengan tingkat Signifikansi (α) = 0,05

Berdasarkan hasil uji ANOVA diperlihatkan bahwa Nilai F hitung berada pada kisaran 0,427 dengan tingkat signifikansi $0,787 > 0,05$ hal ini menunjukkan adanya perbedaan pada setiap pertumbuhan tanaman padi tetapi perbedaan tersebut tidak begitu signifikan hal ini ditentukan dengan oleh uji *Tukey* yang menunjukkan bahwa tingkat signifikansi antar perbandingan tanaman dengan konsentrasi yang berbeda menunjukkan diatas 0,05. Meskipun begitu pemberian konsentrasi air buangan domestik untuk pengairan tanaman memberikan hasil yang lebih baik seperti terlihat pada gambar 4-13.

4.2.4 Pengaruh Konsentrasi Air Buangan Domestik Terhadap Luas Daun Tanaman Padi IR – 64.



Gambar 4.15 Hubungan Luas Daun (cm^2) Terhadap Waktu Berdasarkan Konsentrasi Air Buangan Domestik

Test of Homogeneity of Variances

Luas Daun (cm²)

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
.125	4	20	.972

Sumber: Hasil Perhitungan Dengan SPSS 11,5 dengan $\alpha = 0,05$

ANOVA

Luas Daun (cm²)

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	508.846	4	127.211	.106	.979
Within Groups	23974.8	20	1198.742		
Total	24483.6	24			
	86				

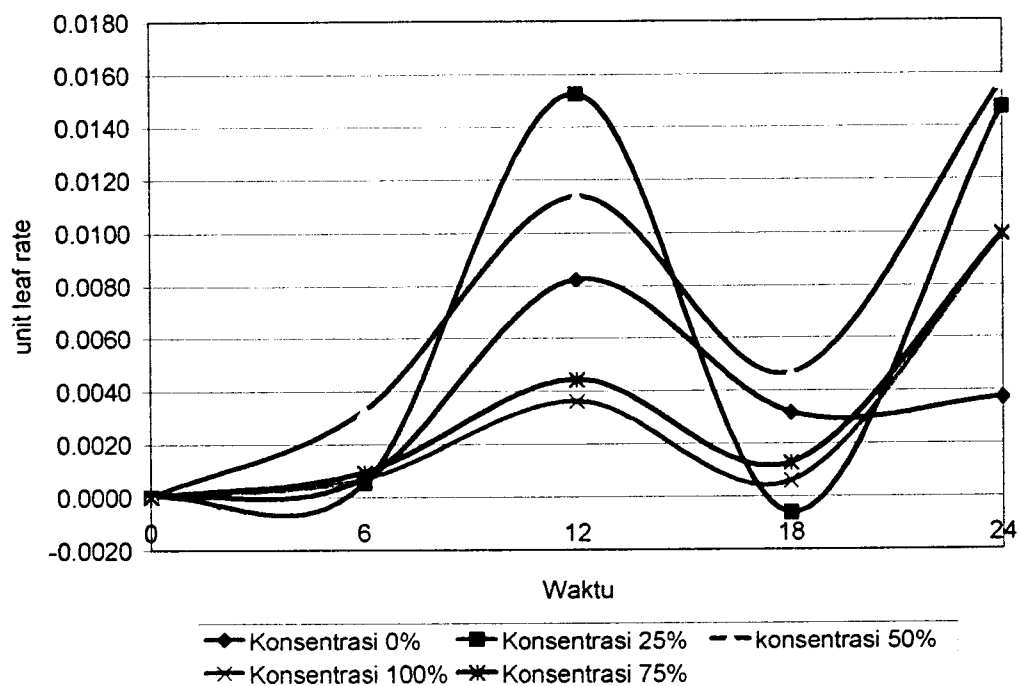
Sumber: Hasil Perhitungan Dengan Menggunakan SPSS 11,5 dengan tingkat Signifikansi (α) = 0,05

Untuk uji ANOVA pada luas daun tanaman padi menunjukkan adanya perbedaan antar varians. Hal ini ditunjukkan dengan nilai F hitung 0,106 dengan tingkat signifikansi 0,979 > 0,05, maka H_0 diterima. Tetapi terlihat pada *Tukey test* menunjukkan pada perbedaaan terlihat tidak nyata hal ini dinyatakan dengan tingkat signifikansi setiap variabel > 0,05, maka H_0 diterima.

Tetapi jika dilihat secara nyata terdapat perbedaan pertumbuhan dengan luas daun walaupun memang tidak terlalu signifikan. Luas daun tersebut sangat mempengaruhi terhadap tingkat kegiatan tanaman dalam melakukan fotosintesis dan menentukan kadar karbon dalam tubuh tanaman. Walaupun begitu pemberian air buangan pada reaktor memberikan hal yang lebih baik jika dibandingkan dengan yang tidak diberikan tanaman.

4.2.4.1 Unit Leaf Rate Dan Leaf Area Ratio

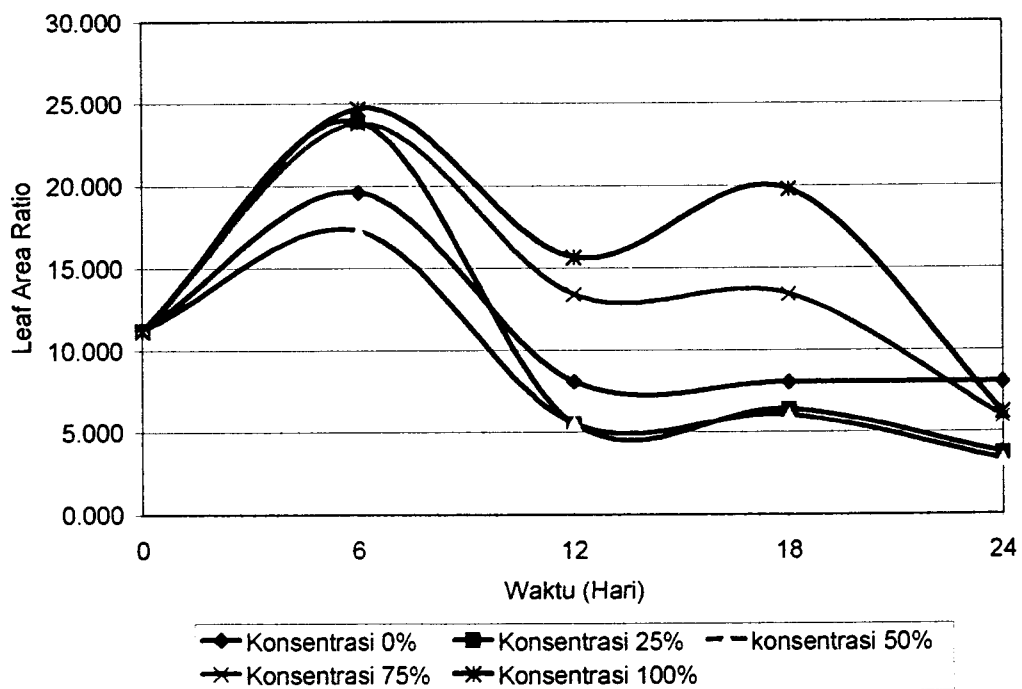
Unit leaf rate adalah pertambahan berat bersih per unit area daun atau kecepatan rata – rata asimilasi merupakan indeks pertumbuhan yang lebih berarti (Gregory, 1918).



Gambar 4.16 Hubungan *Unit Leaf Rate* Tanaman Padi IR – 64 Terhadap Waktu

Jika dilihat dari grafik secara nyata terlihat untuk ULR paling tinggi berada pada reaktor dengan konsentrasi 25 % pada hari ke-12. hari ke 18 menurun sampai bahkan ada yang negatif. Pengaruh lingkungan yang menghambat terjadinya pertumbuhan tanaman seperti pada pertumbuhan relatif rata – rata sangat mungkin terjadi, mungkin disebabkan karena unsur hara, nutrisi, dan mineral yang dibutuhkan oleh tanaman pada masa tersebut sudah berkurang sehingga mengurangi tingkat asimilasi tanaman untuk melakukan fotosintesa.

Sedangkan untuk dapat mencakup berat unsur mineral dalam sel, untuk mengetahui kapasitas asimilasi karbon dalam daun, diperlukan suatu estimasi keadaan daun suatu tanaman sebelum menghitung pertumbuhan secara keseluruhan untuk dapat menghasilkan tingkah laku tanaman yang jelas (Heddy, 2001). Kuantitas satuan ini biasa disebut dengan *leaf area ratio* yaitu suatu ratio dari total area daun dengan berat kering tanaman dan hasil dari perbandingan ratio ini terlihat pada grafik dibawah ini.



Gambar 4.17 Hubungan Area Ratio Tanaman Padi IR - 64 Terhadap Waktu

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut,

1. Sistem pengelolaan *constructed wetlands* efektif untuk mengolah air buangan domestik dengan persen efisiensi parameter yang diteliti adalah BOD₅ sebesar 78,43 %, TSS sebesar 90,91 % dan TN sebesar 55,55 %.
2. Sistem *constructed wetlands* tidak menghambat pertumbuhan padi IR-64, karena bahan organik dan unsur lainnya yang terdapat di dalam limbah cair domestik dimanfaatkan oleh tanaman padi untuk proses pertumbuhan.

Saran untuk penelitian berikutnya adalah:

1. Disarankan untuk melakukan penelitian lebih lanjut tentang tingkah laku nitrogen dalam air buangan pada sistem pengolahan *constructed wetlands*
2. Perlu dikaji perbandingan pertumbuhan tanaman padi dengan menggunakan pemupukan serta diberikan air buangan dengan pemupukan dan tidak diberikan air buangan.
3. perlu kajian lebih lanjut tentang pengaruh limbah cair domestik yang diolah dengan *constructed wetlands* kaitannya dengan dengan tingkat produktifitas tanaman padi IR – 64.

DAFTAR PUSTAKA

- Bendoricchio, G., Dal Cin, L. and Persson J., 2000, *Guidelines For Free Water Surface Wetland Design*, EcoSys Bd.
- Fock, O. L.:1977, *Nitrification Requirements Of Water Reuse Systems For Rainbow Trout* Colorado Division Of Wildlife, In Lee, E. R.: 1999, *Set Wet: A Wetland Simulation Model To Optimize NPS Pollution Control*, MS Thesis In Biological System Engineering, Blacksburg.
- Gambrell, R. P. and W. H. Patrick Jr.: 1978, *Chemical And Microbiological Properties Of Anaerobic Soils And Sediments*, In Lee, E. R. : 1999, *Set Wet: A Wetland Simulation Model To Optimize NPS Pollution Control*, MS Thesis In Biological System Engineering, Blacksburg.
- Gidley T. M., 1995, *Development Of A Constructed Subsurface Flow Wetland Simulation Model*, In Lee, E. R.: 1999, *Set - Wet: A Wetland Simulation Model To Optimize NPS Pollution Control*, MS Thesis In Biological System Engineering, Blacksburg.
- Grady Jr., C. P. L. and H. C. Lim,: 1980, *Biological Wastewater Treatment-Theory And Applications*, In Lee, E. R.: 1999, *Set - Wet: A Wetland Simulation Model To Optimize NPS Pollution Control*, MS Thesis In Biological System Engineering, Blacksburg.
- Hargreaves J.A., 1998. *Nitrogen biogeochemistry of aquaculture ponds*. Aquaculture in www.petsforum.com
- Heddy, S.: 2001, *Ekofisiologi Tanaman: Suatu Kajian Kuantitatif Pertumbuhan Tanaman*, Jakarta.
- Henry, J. G. and Heinke, G. W.: 1996, *Environmental Science And Engineering*, Prentice Hall International, Inc.
- Herbert R.A. 1999. *Nitrogen cycling in coastal marine ecosystems*. *FEMS Microbiology Reviews* in www.petsforum.com

- Jack M. Whetstone, and D. Lamar Robinette, 1999, *Algae Problems in Water Gardens*, Clemson University, in www.hgic.clemson.edu
- Kadlec, R.H. and R.L. Knight :1996, *Treatment Wetlands*. In Lee, E. R.: 1999, *Set - Wet: A Wetland Simulation Model To Optimize NPS Pollution Control*, MS Thesis in Biological System Engineering, Blacksburg.
- kywater.org, *Total Suspended Solid And Water Quality*, kywater.org/ww TSS
- Lee, E. R.: 1999, *Set - Wet: A Wetland Simulation Model To Optimize NPS Pollution Control*, MS Thesis In Biological System Engineering, Blacksburg.
- M. Y. Kamsurya1, H. T. Sebayang, dan B. Guritno,: 2001, *Pengaruh Pemupukan Nitrogen Pada Lahan Tanpa Olah Tanah Dengan Herbisida Glifosat Terhadap Pertumbuhan Gulma Dan Hasil Beberapa Varietas Padi Sawah*, Malang.
- Merz, S. K. : 2000 : 2000, *Guidelines For : Using Free Water Surface Constructed Wetlands To Treat Municipal Sewage*, Department Of Natural Resources, Brisbane.
- Metcalf and Eddy,: 1991, *Wastewater Engineering 3rd ed*, McGraw - Hill International Engineering, Singapore.
- Mitsh, W. J., and J. G. Gosselink, 1993, *Wetlands*, In Lee, E. R.: 1999, *Set - Wet: A Wetland Simulation Model To Optimize NPS Pollution Control*, MS Thesis In Biological System Engineering, Blacksburg.
- Natural Resources Conservation Service, Conservation Practice Standard, 2001, *Constructed Wetland*, Code 656, Indiana NRCS FOTG - 2001.
- Novoty, V., And H. Olem, 1994, *Water Qu ality: Prevention, Identification And Management Of Diffuse Pollution*. In Lee, E. R.: 1999, *Se - Wet: A Wetland Simulation Model To Optimize NPS Pollution Control*, MS Thesis In Biological System Engineering, Blacksburg.
- Reddy, K. R. and W. H. Patrick,: 1984, *Nitrogen Transformations And Loss In Flooded Soils And Sediments*, In Lee, E. R.: 1999, *Set - Wet: A Wetland Simulation Model To Optimize NPS Pollution Control*, MS Thesis In Biological System Engineering, Blacksburg.

- Reed, S. C. E. J. Middlebrooks, and R.W. Crites,: 1987, *Natural System For Waste Management and Treatment*, In U. S. Environmental Protection Agency, *Design Manual: Constructed Wetlands And Aquatic Plant Systems For Municipal Wastewater Treatment*, EPA/ 625/ 1 - 88/022, Center For Environmental Research Information, Cincinnati, OH 45268.
- Scott, N,: 2004, *Algae, Cyanobacteria and Water Quality*, PFRA or Agriculture and Agri-Food Canada of any of the products or services mentioned herein. in www.agr.gc.ca
- South National River Conservation Authority,: 1998, *Dignard Artificial Wetland – 1997 Year-End Report*, Ontario
- Sugito, Y.,: 1999, *Ekologi Tanaman*. Penerbit,Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya, Malang.
- Syekhfani,: 1997, *Hara, Air, Tanah dan Tanaman*, Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang.
- Tanji K. K. : 1982, *Modeling Of The Soil Nitrogen Cycl.*. In: F. J. Stevenson (Editor). *Nitrogen in Agricultural Soils*, Madison, WI: American Society Of Agronomy, Inc., Crop Science Society Of America, Inc., And Soil Science Society Of America Inc., 721-772.
- Tchobanoglous, G., and G. Culp. :1980, *Aquaculture System For Wastewater Treatment*, In U. S. Environmental Protection Agency, *Design Manual: Constructed Wetlands And Aquatic Plant Systems For Municipal Wastewater Treatment*, EPA/ 625/ 1 - 88/ 022, Center For Environmental Research Information, Cincinnati, OH 45268.
- U. S. Environmental Protection Agency: 1999, *Manual; Constructed Wetlands Treatment Of Municipal Wastewaters*, EPA/ 625/R – 99/010, National Risk Management Research Laboratory, Cincinnati, Ohio 45268.
- U. S. Environmental Protection Agency: 2000, *Wastewater Technology Fact Sheet: Free Water Surface Wetlands*, EPA/ 832 – F – 00 – 024, Office of Water Washington D.C., September 2000.
- USDA - NRCS, EPA Regional III, *A Handbook Of Constructed Wetlands: Volume I General Considerations*.
- Yogyakarta Urban Development Project: 1995, *Rencana Induk Air Limbah Dan Sanitasi*, Direktorat Jenderal Cipta Karya.

LAMPIRAN A

DATA HASIL PENGUJIAN AIR BUANGAN DOMESTIK

1. Hasil Pengujian BOD₅ Air Buangan Domestik

Tabel 1. Konsentrasi BOD₅ Air Buangan Domestik (mg/L)

Hari	Reaktor 1	Reaktor 2	Reaktor 3
0	28	64,9	64,9
3	13	41	41
6	13	14	14
10	14	14	29

Sumber: hasil pengujian laboratorium

2. Hasil Pengujian TSS Air Buangan Domestik

Tabel 2. Konsentrasi TSS Air Buangan Domestik (mg/L)

Hari	Reaktor 1	Reaktor 2	Reaktor 3
0	35	66	66
3	18	60	7,5
6	12	8	11
10	14	6	144

Sumber: hasil pengujian laboratorium

3. Hasil Pengujian Nitrogen Air Buangan Domestik

a. Ammonium

Tabel 3. Konsentrasi Ammonium Air Buangan Domestik (mg/L)

Hari	Reaktor 1	Reaktor 2	Reaktor 3
0	1,5	2,5	2,5
3	2,05	2,05	2,05
6	0,5	0,7	1
10	0	0	1

Sumber: hasil pengujian laboratorium

b. Nitrit

Tabel 5. Konsentrasi Nitrit Air Buangan Domestik (mg/L)

Hari	Reaktor 1	Reaktor 2	Reaktor 3
0	0,1	0	0
3	0,05	0	0
6	0	0	0
10	0,01	0,05	0

Sumber: hasil pengujian laboratorium

c. Nitrat

Tabel 4. Konsentrasi Nitrat Air Buangan Domestik (mg/L)

Hari	Reaktor 1	Reaktor 2	Reaktor 3
0	0,2	0,2	0,2
3	1	0,4	0,6
6	1,2	0,5	1,2
10	1,8	1,8	0,2

Sumber: hasil pengujian laboratorium

d. Total Nitrogen

Tabel 4. Konsentrasi Nitrat Air Buangan Domestik (mg/L)

Hari	Reaktor 1	Reaktor 2	Reaktor 3
0	1,8	2,7	2,7
3	3,55	2,45	2,65
6	1,7	1,2	2,2
10	2,2	1,85	1,2

Sumber: hasil pengujian laboratorium

LAMPIRAN B

EFFISIENSI PENURUNAN KONSENTRASI BOD₅, TSS, DAN TOTAL NITROGEN AIR BUANGAN DOMESTIK

1. Efisiensi Penurunan BOD₅ Air Buangan Domestik

Tabel 1. Efisiensi Penurunan BOD₅ Air Buangan Domestik (%)

Hari	Reaktor 1	Reaktor 2	Reaktor 3
0	0,00	0,00	0,00
3	53,57	36,83	36,83
6	53,57	78,43	78,43
10	50,00	78,43	55,32

Sumber: hasil perhitungan dengan persamaan overall efisiensi

2. Efisiensi Penurunan TSS Air Buangan Domestik

Tabel 2. Efisiensi Penurunan TSS Air Buangan Domestik (%)

Hari	Reaktor 1	Reaktor 2	Reaktor 3
0	0,00	0,00	0,00
3	48,57	9,09	88,64
6	65,71	87,88	83,33
10	60,00	90,91	-118,18

Sumber: hasil perhitungan dengan persamaan overall efisiensi

3. Efisiensi Penurunan Total Nitrogen Air Buangan Domestik

Tabel 3. Efisiensi Penurunan N-Total Air Buangan

Hari	Reaktor 1	Reaktor 2	Reaktor 3
0	0	0	0
3	-97,2222	9,259259	1,851852
6	5,555556	55,55556	18,51852
10	-22,2222	31,48148	55,55556

Sumber: hasil perhitungan dengan persamaan overall efisiensi

LAMPIRAN C

DATA HASIL PENGUJIAN PERTUMBUHAN TANAMAN PADI IR – 64

1. Hasil Pengujian Berat Kering Tanaman Padi IR - 64

Tabel 1. Berat Kering Tanaman Padi IR – 64 (g)

Hari	Kons. 0%	Kons. 25%	Kons. 50%	Kons. 75%	Kons. 100%
0	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200
6	1,389	1,357	2,289	1,490	1,408
12	5,313	10,713	9,418	4,262	3,646
18	7,565	10,184	13,649	5,385	4,204
24	11,447	26,445	34,574	17,226	17,060

Kons. = Konsentrasi Air Buangan

Sumber: Hasil Pengukuran Laboratorium

2. Hasil Pengujian Panjang Tanaman Padi IR – 64

Tabel 2. Panjang Tanaman Padi IR – 64 (cm)

Hari	Kons. 0%	Kons. 25%	Kons. 50%	Kons. 75%	Kons. 100%
0	40	40	40	40	40
6	42,25	60	54	50,5	43
12	50,75	77,5	79,5	66	58
18	51	72,25	77,5	71	73,75
24	63,5	76,75	78,5	74,5	80

Kons. = Konsentrasi Air Buangan

Sumber: Hasil Pengukuran Laboratorium

3. Hasil Pengujian banyak Daun Tanaman Padi IR – 64

Tabel 3. Banyak Daun Tanaman Padi IR – 64 (Helai)

Hari	Kons. 0%	Kons. 25%	Kons. 50%	Kons. 75%	Kons. 100%
0	14	14	14	14	14
6	14	15	18	15	19,5
12	21	28,5	25	18,5	23,5
18	19	32,5	22,5	23	24
24	24,5	24,5	38	30,5	31,5

Kons. = Konsentrasi Air Buangan

Sumber: Hasil Pengukuran Laboratorium

4. Hasil Pengujian Luas Daun Tanaman Padi IR - 64

Tabel 3. Luas Daun Tanaman Padi IR – 64 (Helai)

Hari	Kons. 0%	Kons. 25%	Kons. 50%	Kons. 75%	Kons. 100%
0	13,4	13,4	13,4	13,4	13,4
6	27,2	32,4	39,4	35,4	34,7
12	43	59,1	52	57	57
18	61	65	82	72	83
24	92,1	97,2	113,2	102,4	106

Kons. = Konsentrasi Air Buangan

Sumber: Hasil Prngukuran Laboratorium

LAMPIRAN D

HASIL PERHITUNGAN KECEPATAN PERTUMBUHAN REALTIF RATA – RATA DAN PERTUMBUHAN ABSOLUTE TANAMAN PADI IR – 64

1. Kecepatan Pertumbuhan Relative Rata – Rata Tanaman Padi IR – 64

Tabel 1. Kecepatan Pertumbuhan Relative Rata – rata Tanaman Padi IR – 64 (\bar{R})

Hari	Kons. 0%	Kons. 25%	Kons. 50%	Kons. 75%	Kons. 100%
0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
6	0,011	0,009	0,047	0,016	0,012
12	0,097	0,150	0,102	0,076	0,069
18	0,026	-0,004	0,027	0,017	0,010
24	0,030	0,069	0,067	0,084	0,101

Kons. = Konsentrasi Air Buangan

Sumber: Hasil Perhitungan Dengan Persamaan Pertumbuhan Relatif

2. Kecepatan Pertumbuhan Absolute Tanaman Padi IR – 64

Tabel 2. Kecepatan Pertumbuhan Absolut Tanaman Padi (g/ Hari)

Hari	Kons.0%	Kons. 25%	Kons. 50%	Kons. 75%	Kons. 100%
0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
6	0,032	0,026	0,181	0,048	0,035
12	0,654	1,559	1,188	0,462	0,373
18	0,375	-0,088	0,705	0,187	0,093
24	0,647	2,710	3,487	1,974	2,143

Kons. = Konsentrasi Air Buangan

Sumber: Hasil Perhitungan Dengan Persamaan Pertumbuhan Absolut

3. Unit Leaf Rate Tanaman Padi IR – 64 Tanaman Padi IR – 64

Tabel 3. *Unit Leaf Rate* Tanaman Padi IR – 64

Hari	Kons.0%	Kons. 25%	Kons. 50%	Kons. 75%	Kons. 100%
0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
6	0,0007	0,0005	0,0033	0,0009	0,0007
12	0,0082	0,0152	0,0114	0,0044	0,0036
18	0,0032	-0,0006	0,0046	0,0013	0,0006
24	0,0037	0,0147	0,0157	0,0099	0,0099

Kons. = Konsentrasi Air Buangan

Sumber: Hasil Perhitungan Dengan Persamaan Pertumbuhan Absolut

4. Unit Leaf Rate Tanaman Padi IR – 64 Tanaman Padi IR – 64

Tabel 4. Leaf Area Ratio tanaman padi ir – g4

Hari	Kons.0%	Kons. 25%	Kons. 50%	Kons. 75%	Kons. 100%
0	11,166	11,166	11,166	11,166	11,166
6	19,577	23,874	17,214	23,754	24,653
12	8,093	5,517	5,521	13,375	15,636
18	8,064	6,383	6,008	13,371	19,745
24	8,046	3,676	3,274	5,944	6,213

Kons. = Konsentrasi Air Buangan

Sumber: Hasil Perhitungan Dengan Persamaan Pertumbuhan Absolut

LAMPIRAN E

HASIL PERHITUNGAN TUKEY TEST DAN BENFERRONI TEST UNTUK PERTUMBUHAN TANAMAN

1. Tukey Test Dan Benferroni Test Untuk Berat Kering Tanaman Padi IR – 64

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Berat Kering (g)

	(I) Konsentrasi air buangan (%)	(J) Konsentrasi air buangan (%)	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD		konsentrasi air buangan 25 %	-4.59700	5.611623	.922	-21.38908	12.19508
		konsentrasi air buangan 50 %	-6.84320	5.611623	.740	-23.63528	9.94888
		konsentrasi air buangan 75 %	-.52980	5.611623	1.000	-17.32188	16.26228
		konsentrasi air buangan 100 %	-.12080	5.611623	1.000	-16.91288	16.67128
	konsentrasi air buangan 25 %	konsentrasi air buangan 0 %	4.59700	5.611623	.922	-12.19508	21.38908
		konsentrasi air buangan 50 %	-2.24620	5.611623	.994	-19.03828	14.54588
		konsentrasi air buangan 75 %	4.06720	5.611623	.948	-12.72488	20.85928
		konsentrasi air buangan 100 %	4.47620	5.611623	.928	-12.31588	21.26828

	konsentrasi air buangan 50 %	-2.24620	5.611623	1.000	-19.94189	15.44949
	konsentrasi air buangan 75 %	4.06720	5.611623	1.000	-13.62849	21.76289
	konsentrasi air buangan 100 %	4.47620	5.611623	1.000	-13.21949	22.17189
konsentrasi air buangan 50 %	konsentrasi air buangan 0 %	6.84320	5.611623	1.000	-10.85249	24.53889
	konsentrasi air buangan 25 %	2.24620	5.611623	1.000	-15.44949	19.94189
	konsentrasi air buangan 75 %	6.31340	5.611623	1.000	-11.38229	24.00909
	konsentrasi air buangan 100 %	6.72240	5.611623	1.000	-10.97329	24.41809
konsentrasi air buangan 75 %	konsentrasi air buangan 0 %	.52980	5.611623	1.000	-17.16589	18.22549
	konsentrasi air buangan 25 %	-4.06720	5.611623	1.000	-21.76289	13.62849
	konsentrasi air buangan 50 %	-6.31340	5.611623	1.000	-24.00909	11.38229
	konsentrasi air buangan 100 %	.40900	5.611623	1.000	-17.28669	18.10469
konsentrasi air buangan 100 %	konsentrasi air buangan 0 %	.12080	5.611623	1.000	-17.57489	17.81649
	konsentrasi air buangan 25 %	-4.47620	5.611623	1.000	-22.17189	13.21949
	konsentrasi air buangan 50 %	-6.72240	5.611623	1.000	-24.41809	10.97329
	konsentrasi air buangan 75 %	-.40900	5.611623	1.000	-18.10469	17.28669

Sumber: hasil perhitungan dengan menggunakan software SPSS 11,5 dengan $\alpha = 0,05$

2. Tukey Test Dan Benferroni Test Untuk Panjang Tanaman Padi IR - 64

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Panjang Tanaman Padi IR - 64 (cm)

	(I) Konsentrasi air buangan (%)	(J) Konsentrasi air buangan (%)	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval		
						Lower Bound	Upper Bound	
Tukey HSD	konsentrasi air buangan 0 %	Konsentrasi air buangan 25 %	-15.80000	9.760123	.503	-45.00594	13.40594	
		Konsentrasi air buangan 50 %	-16.40000	9.760123	.467	-45.60594	12.80594	
		Konsentrasi air buangan 75 %	-10.90000	9.760123	.796	-40.10594	18.30594	
	konsentrasi air buangan 25 %	Konsentrasi air buangan 100 %	-9.45000	9.760123	.866	-38.65594	19.75594	
		Konsentrasi air buangan 0 %	15.80000	9.760123	.503	-13.40594	45.00594	
		Konsentrasi air buangan 50 %	-6.00000	9.760123	1.000	-29.80594	28.60594	
	konsentrasi air buangan 50 %	Konsentrasi air buangan 75 %	4.90000	9.760123	.986	-24.30594	34.10594	
		Konsentrasi air buangan 100 %	6.35000	9.760123	.965	-22.85594	35.55594	
		Konsentrasi air buangan 0 %	16.40000	9.760123	.467	-12.80594	45.60594	
			Konsentrasi air buangan 25 %	.60000	9.760123	1.000	-28.60594	29.80594
			Konsentrasi air buangan 75 %	5.50000	9.760123	.979	-23.70594	34.70594

		Konsentrasi air buangan 100 %	6.95000	9.760123	.951	-22.25594	36.15594
	konsentrasi air buangan 75 %	Konsentrasi air buangan 0 %	10.90000	9.760123	.796	-18.30594	40.10594
		Konsentrasi air buangan 25 %	-4.90000	9.760123	.986	-34.10594	24.30594
		Konsentrasi air buangan 50 %	-5.50000	9.760123	.979	-34.70594	23.70594
		Konsentrasi air buangan 100 %	1.45000	9.760123	1.000	-27.75594	30.65594
	konsentrasi air buangan 100 %	Konsentrasi air buangan 0 %	9.45000	9.760123	.866	-19.75594	38.65594
		Konsentrasi air buangan 25 %	-6.35000	9.760123	.965	-35.55594	22.85594
		Konsentrasi air buangan 50 %	-6.95000	9.760123	.951	-36.15594	22.25594
		Konsentrasi air buangan 75 %	-1.45000	9.760123	1.000	-30.65594	27.75594
Bonferroni	konsentrasi air buangan 0 %	Konsentrasi air buangan 25 %	-15.80000	9.760123	1.000	-46.57758	14.97758
		Konsentrasi air buangan 50 %	-16.40000	9.760123	1.000	-47.17758	14.37758
		Konsentrasi air buangan 75 %	-10.90000	9.760123	1.000	-41.67758	19.87758
		Konsentrasi air buangan 100 %	-9.45000	9.760123	1.000	-40.22758	21.32758
	konsentrasi air buangan 25 %	Konsentrasi air buangan 0 %	15.80000	9.760123	1.000	-14.97758	46.57758
		Konsentrasi air buangan 50 %	-6.00000	9.760123	1.000	-31.37758	30.17758
		Konsentrasi air buangan 75 %	4.90000	9.760123	1.000	-25.87758	35.67758
		Konsentrasi air buangan 100 %	6.35000	9.760123	1.000	-24.42758	37.12758

	konsentrasi air buangan 50 %	Konsentrasi air buangan 0 %	16.40000	9.760123	1.000	-14.37758	47.17758
		Konsentrasi air buangan 25 %	.60000	9.760123	1.000	-30.17758	31.37758
		Konsentrasi air buangan 75 %	5.50000	9.760123	1.000	-25.27758	36.27758
		Konsentrasi air buangan 100 %	6.95000	9.760123	1.000	-23.82758	37.72758
	konsentrasi air buangan 75 %	Konsentrasi air buangan 0 %	10.90000	9.760123	1.000	-19.87758	41.67758
		Konsentrasi air buangan 25 %	-4.90000	9.760123	1.000	-35.67758	25.87758
		Konsentrasi air buangan 50 %	-5.50000	9.760123	1.000	-36.27758	25.27758
		Konsentrasi air buangan 100 %	1.45000	9.760123	1.000	-29.32758	32.22758
	konsentrasi air buangan 100 %	Konsentrasi air buangan 0 %	9.45000	9.760123	1.000	-21.32758	40.22758
		Konsentrasi air buangan 25 %	-6.35000	9.760123	1.000	-37.12758	24.42758
		Konsentrasi air buangan 50 %	-6.95000	9.760123	1.000	-37.72758	23.82758
		Konsentrasi air buangan 75 %	-1.45000	9.760123	1.000	-32.22758	29.32758

Sumber: hasil perhitungan dengan menggunakan software SPSS 11,5 dengan $\alpha = 0,05$

3. Tukey Test Dan Benferroni Test Untuk Banyak Daun Tanaman Padi IR - 64

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Banyak Daun (Helai)

	(I) Konsentrasi air buangan (%)	(J) Konsentrasi air buangan (%)	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	konsentrasi air buangan 0 %	konsentrasi air buangan 25 %	-4.40000	4.544227	.866	-17.99803	9.19803
		konsentrasi air buangan 50 %	-5.00000	4.544227	.804	-18.59803	8.59803
		konsentrasi air buangan 75 %	-1.70000	4.544227	.995	-15.29803	11.89803
		konsentrasi air buangan 100 %	-4.00000	4.544227	.901	-17.59803	9.59803
		konsentrasi air buangan 0 %	4.40000	4.544227	.866	-9.19803	17.99803
		konsentrasi air buangan 50 %	-.60000	4.544227	1.000	-14.19803	12.99803
		konsentrasi air buangan 75 %	2.70000	4.544227	.974	-10.89803	16.29803
		konsentrasi air buangan 100 %	.40000	4.544227	1.000	-13.19803	13.99803
		konsentrasi air buangan 0 %	5.00000	4.544227	.804	-8.59803	18.59803
		konsentrasi air buangan 50 %	.60000	4.544227	1.000	-12.99803	14.19803

		konsentrasi air buangan 75 %	3.30000	4.544227	.948	-10.29803	16.89803
		konsentrasi air buangan 100 %	1.00000	4.544227	.999	-12.59803	14.59803
	konsentrasi air buangan 75 %	konsentrasi air buangan 0 %	1.70000	4.544227	.995	-11.89803	15.29803
		konsentrasi air buangan 25 %	-2.70000	4.544227	.974	-16.29803	10.89803
		konsentrasi air buangan 50 %	-3.30000	4.544227	.948	-16.89803	10.29803
		konsentrasi air buangan 100 %	-2.30000	4.544227	.986	-15.89803	11.29803
	konsentrasi air buangan 100 %	konsentrasi air buangan 0 %	4.00000	4.544227	.901	-9.59803	17.59803
		konsentrasi air buangan 25 %	-4.00000	4.544227	1.000	-13.99803	13.19803
		konsentrasi air buangan 50 %	-1.00000	4.544227	.999	-14.59803	12.59803
		konsentrasi air buangan 75 %	2.30000	4.544227	.986	-11.29803	15.89803
Bonferoni		konsentrasi air buangan 0 %	-4.40000	4.544227	1.000	-18.72977	9.92977
		konsentrasi air buangan 50 %	-5.00000	4.544227	1.000	-19.32977	9.32977
		konsentrasi air buangan 75 %	-1.70000	4.544227	1.000	-16.02977	12.62977
		konsentrasi air buangan 100 %	-4.00000	4.544227	1.000	-18.32977	10.32977
	konsentrasi air buangan 25 %	konsentrasi air buangan 0 %	4.40000	4.544227	1.000	-9.92977	18.72977
		konsentrasi air buangan 50 %	-6.00000	4.544227	1.000	-14.92977	13.72977
		konsentrasi air buangan 75 %	2.70000	4.544227	1.000	-11.62977	17.02977

	konsentrasi air buangan 100 %		40000	4.544227	1.000	-13.92977		14.72977					
	konsentrasi air buangan 50 %		5.00000	4.544227	1.000	-9.32977		19.32977					
	konsentrasi air buangan 25 %		.60000	4.544227	1.000	-13.72977		14.92977					
	konsentrasi air buangan 75 %		3.30000	4.544227	1.000	-11.02977		17.62977					
	konsentrasi air buangan 100 %		1.00000	4.544227	1.000	-13.32977		15.32977					
	konsentrasi air buangan 0 %		1.70000	4.544227	1.000	-12.62977		16.02977					
	konsentrasi air buangan 25 %		-2.70000	4.544227	1.000	-17.02977		11.62977					
	konsentrasi air buangan 50 %		-3.30000	4.544227	1.000	-17.62977		11.02977					
	konsentrasi air buangan 100 %		-2.30000	4.544227	1.000	-16.62977		12.02977					
	konsentrasi air buangan 0 %		4.00000	4.544227	1.000	-10.32977		18.32977					
	konsentrasi air buangan 25 %		-.40000	4.544227	1.000	-14.72977		13.92977					
	konsentrasi air buangan 50 %		-1.00000	4.544227	1.000	-15.32977		13.32977					
	konsentrasi air buangan 75 %		2.30000	4.544227	1.000	-12.02977		16.62977					

3. Tukey Test Dan Benferroni Luas Daun Tanaman Padi IR - 64

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Luas Daun (cm²)

	(I) Konsentrasi	(J) Konsentrasi	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	konsentrasi 0 %	konsentrasi 25 %	-6.0800	21.89742	.999	-71.6053	59.4453
		konsentrasi 50 %	-12.6600	21.89742	.977	-78.1853	52.8653
		konsentrasi 75 %	-8.7000	21.89742	.994	-74.2253	56.8253
	konsentrasi 25 %	konsentrasi 100 %	-11.4800	21.89742	.984	-77.0053	54.0453
		konsentrasi 0 %	6.0800	21.89742	.999	-59.4453	71.6053
		konsentrasi 50 %	-6.5800	21.89742	.998	-72.1053	58.9453
	konsentrasi 50 %	konsentrasi 75 %	-2.6200	21.89742	1.000	-68.1453	62.9053
		konsentrasi 100 %	-5.4000	21.89742	.999	-70.9253	60.1253
		konsentrasi 0 %	12.6600	21.89742	.977	-52.8653	78.1853
	konsentrasi 75 %	konsentrasi 25 %	6.5800	21.89742	.998	-58.9453	72.1053
		konsentrasi 75 %	3.9600	21.89742	1.000	-61.5653	69.4853
		konsentrasi 100 %	1.1800	21.89742	1.000	-64.3453	66.7053
konsentrasi 100 %	konsentrasi 0 %	8.7000	21.89742	.994	-56.8253	74.2253	
	konsentrasi 25 %	2.6200	21.89742	1.000	-62.9053	68.1453	
	konsentrasi 50 %	-3.9600	21.89742	1.000	-69.4853	61.5653	
Bonferroni	konsentrasi 0 %	konsentrasi 100 %	-2.7800	21.89742	1.000	-68.3053	62.7453
		konsentrasi 25 %	11.4800	21.89742	.984	-54.0453	77.0053
	konsentrasi 25 %	konsentrasi 50 %	5.4000	21.89742	.999	-60.1253	70.9253
		konsentrasi 75 %	-1.1800	21.89742	1.000	-66.7053	64.3453
	konsentrasi 50 %	konsentrasi 75 %	2.7800	21.89742	1.000	-62.7453	68.3053
		konsentrasi 100 %	-6.0800	21.89742	1.000	-75.1313	62.9713

	konsentrasi 50 %	-12.6600	21.89742	1.000	-81.7113	56.3913
	konsentrasi 75 %	-8.7000	21.89742	1.000	-77.7513	60.3513
	konsentrasi 100 %	-11.4800	21.89742	1.000	-80.5313	57.5713
konsentrasi 25 %	konsentrasi 0 %	6.0800	21.89742	1.000	-62.9713	75.1313
	konsentrasi 50 %	-6.5800	21.89742	1.000	-75.6313	62.4713
	konsentrasi 75 %	-2.6200	21.89742	1.000	-71.6713	66.4313
	konsentrasi 100 %	-5.4000	21.89742	1.000	-74.4513	63.6513
konsentrasi 50 %	konsentrasi 0 %	12.6600	21.89742	1.000	-56.3913	81.7113
	konsentrasi 25 %	6.5800	21.89742	1.000	-62.4713	75.6313
	konsentrasi 75 %	3.9600	21.89742	1.000	-65.0913	73.0113
	konsentrasi 100 %	1.1800	21.89742	1.000	-67.8713	70.2313
konsentrasi 75 %	konsentrasi 0 %	8.7000	21.89742	1.000	-60.3513	77.7513
	konsentrasi 25 %	2.6200	21.89742	1.000	-66.4313	71.6713
	konsentrasi 50 %	-3.9600	21.89742	1.000	-73.0113	65.0913
	konsentrasi 100 %	-2.7800	21.89742	1.000	-71.8313	66.2713
konsentrasi 100 %	konsentrasi 0 %	11.4800	21.89742	1.000	-57.5713	80.5313
	konsentrasi 25 %	5.4000	21.89742	1.000	-63.6513	74.4513
	konsentrasi 50 %	-1.1800	21.89742	1.000	-70.2313	67.8713
	konsentrasi 75 %	2.7800	21.89742	1.000	-66.2713	71.8313

LAMPIRAN F

HASIL PERGITUNGAN TEST HOMOGENEOUS SUBSET UNTUK PERTUMBUHAN TANAMAN

1. Homogeneous Subsets Berat Kering Tanaman Padi IR – 64

Homogeneous Subsets Berat Kering (g)

	Konsentrasi air buangan (%)	N	Subset for alpha = .05
Tukey HSD(a)	konsentrasi air buangan 0 %	5	5.38280
	konsentrasi air buangan 100 %	5	5.50360
	konsentrasi air buangan 75 %	5	5.91260
	konsentrasi air buangan 25 %	5	9.97980
	konsentrasi air buangan 50 %	5	12.22600
	Sig.		.740

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 5,000.

Sumber: Hasil Perhitungan Dengan Menggunakan SPSS 11,5 dengan tingkat signifikansi (α) 0,05

2. Homogeneous Subsets Panjang Tanaman Padi IR – 64

Homogeneous Subsets Panjang Tanaman Padi IR - 64 (cm)

	Konsentrasi air buangan (%)	N	Subset for alpha = .05
			1
Tukey HSD(a)	konsentrasi air buangan 0 %	5	49.50000
	konsentrasi air buangan 100 %	5	58.95000
	konsentrasi air buangan 75 %	5	60.40000
	konsentrasi air buangan 25 %	5	65.30000
	konsentrasi air buangan 50 %	5	65.90000
	Sig.		

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
a Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.000.

3. Homogeneous Subsets Banyak Daun Tanaman Padi IR – 64

Homogeneous Subsets Banyak Daun (Helai)

	Konsentrasi air buangan (%)	N	Subset for alpha = .05
			1
Tukey HSD(a)	konsentrasi air buangan 0 %	5	18.50000
	konsentrasi air buangan 75 %	5	20.20000
	konsentrasi air buangan 100 %	5	22.50000
	konsentrasi air buangan 25 %	5	22.90000
	konsentrasi air buangan 50 %	5	23.50000
	Sig.		

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
a Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.000.

4. Homogeneous Subsets Banyak Daun Tanaman Padi IR – 64

Homogeneous Subsets

Luas Daun (cm²)

	Konsentrasi	N	Subset for alpha = .05
Tukey HSD(a)	konsentrasi 0 %	5	47.3400
	konsentrasi 25 %	5	53.4200
	konsentrasi 75 %	5	56.0400
	konsentrasi 100 %	5	58.8200
	konsentrasi 50 %	5	60.0000
	Sig.		

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.000.

LAMPIRAN G

METODE PENGUJIAN

PENGUJIAN KADAR KEBUTUHAN KADAR OKSIGEN BOKIMIA DENGAN METODE WINKLER

A. Larutan Penunjang

1. Larutan Pereaksi O₂

Ditimbang 500 gr NaOH dan 135 g KI. Keduanya dimasukkan dalam tempat pelarutan dari gelas, kemudian ditambahkan aquadest hingga 1 liter

2. Larutan manganosulfat

Timbang 480 MnSO₄ · 4H₂O atau 400 gram MnSO₄ · 4H₂O atau 364 gram MnSO₄ dan larutkan dengan aquadest hingga 1 liter.

3. Larutan Indicator Amylum

1 gram pati (kanji) dan 5 gram HgI₂ dilarutkan dalam beaker glass dengan sedikit aquadest yang sedikit hangat. Kemudian ditambah aquadest mendidih hingga volume menjadi 500 ml. Dan diaduk sampai merata, didinginkan kemudian disaring.

4. H₂SO₄ pekat

5. Air Pengencer KOB

Masukkan masing-masing PO₄ penyangga, MgSO₄, CaCl₂, FeCl₃ kedalam 1 liter air suling kemudian diaerasi (pompa udara).

6. Larutan Penyangga Phosphate

larutkan 8,5 gram KH₂PO₄ dan 21,75 gram K₂HPO₄ dan 33,4 gram Na₂HPO₄ dan 1,7 gram NH₄Cl dalam 500 ml air suling. Kemudian ditepatkan dengan air suling sampai menjadi 1 liter. Larutan ini mempunyai pH 7,2. dapat tepat pada waktu kurang lebih satu

bulan. Jika ada tanda – tanda biologis pada larutan ini, tidak dapat dipakai lagi.

7. Larutan Magnesium Sulfat.
Larutkan 22,5 gram $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ kedalam air suling dan larutkan sampai 1 liter.
8. Larutan Kalsium Klorida
larutkan 27,5 gram $CaCl_2$ kedalam air suling dan larutkan sampai 1 liter
9. Larutan Ferri Klorida
Larutkan 0,25 g $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ kedalam air suling dan larutkan sampai 1 liter.

B. Persiapan Benda Uji

1. Siapkan peralatan dan alat – alat gelas yang akan dipakai harus dalam keadaan bersih
2. Sediakan air pengencer KOB
3. Sediakan contoh uji yang telah diambil.
4. Perhatikan hal – hal yang perlu diperhatikan pada contoh uji, bila ada petunjuk keadaan tertentu.
 - a. Bila contoh air mengandung sisa klor yang tinggi harus dinetralisasi dengan menambahkan larutan natrium thiosulfat. Banyaknya natrium thiosulfat ini berdasarkan banyaknya titrasi 0,0375 natrium thiosulfat untuk 100 mL contoh uji ditambah 2 gram KI dan 1 ml H_2SO_4 pekat. Banyaknya titrasi ini sebagai dasar pemberian natrium thiosulfat untuk menetralsasi sisa klor dalam contoh uji. Contoh uji setelah ditambah natrium thiosulfat ditunggu 10 – 20 menit kemudian baru diteruskan untuk penentua kebutuhan biologic akan oksigen.
 - b. Bila contoh uji mengandung kebasaaan atau keasamaan yang tinggi, perlu dinetralisasi sampai pH 7,0 dengan H_2SO_4 atau NaOH, menggunakan pH meter atau brom thymol blue sebagai indicator.

- c. Bila contoh uji mengandung zat racun, biasanya buangan industri, maka ini perlu pengolahan khusus.
5. Buatlah beberapa pengenceran dari contoh uji yang sudah disiapkan. Minimal dua kali pengenceran. Tingkat pengenceran tergantung dari tingkat kekotoran contoh uji tersebut makin besar pengencerannya. Diinginkan depletion atau pengurangan kandungan oksigen dari oksigen contoh uji sebelum pengenceran dan setelah pengenceran berkisar antara 20 % sampai 80 % dari rata – rata kandungan oksigen air pengencer sebelum pengenceran dan setelah pengenceran.

C. Cara Uji

Cara Pengenceran Contoh Uji

- a. pengenceran 20 kali

Sediakan 4 botol O₂ masing – masing mempunyai isi ± 300 mL yang sudah dibersihkan.

- 1) Botol 1, tempat air pengencer langsung tentukan oksigen terlarut.
- 2) Botol 2, tempat air pengencer yang dieramkan 5 hari pada suhu 20 °C baru ditentukan oksigen terlarut.
- 3) Botol 3, tempat campuran contoh uji dan air pengencer langsung tentukan oksigen terlarut
- 4) Botol 4, tempat campuran contoh uji dan air pengencer dieramkan 5 hari pada suhu 20 °C kemudian tentukan oksigen terlarutnya.

$$\text{Diambil uji} = \frac{1}{20} \times 700 \text{ mL} = 35 \text{ mL} .$$

Tambahkan air pengencer samai menjadi 700 mL dan diaduk pelan – pelan hingga tercampur sempurna, dan jangan sampai teraerasi. Masing – masing botol dibilas dan diisi dengan air seperti tersebut diatas dan ditandai. Pengisian botol O₂ ini tidak boleh teraerasi, harus penuh tidak ada gelembung udara, perlahan – lahan melalui dinding mulut botol. Kemudian ditutup, dalam keadaan tetap tidak ada

gelembung udara. Botol 2 dan 4 disimpan dan dieramkan didalam tempat pengeraman yang gelap pada suhu yang diketahui. Benda uji pada botol 1 dan pada botol 3 ditentukan oksigen terlarutnya dan benda uji pada botol 2 dan 4 setelah dieramkan ditentukan oksigen terlarutnya.

b. Pengenceran 50 kali

sediakan 4 botol O₂ masing – masing mempunyai isi ± 300 mL yang sudah dibersihkan.

- a) Botol 1, tempat air pengencer langsung tentukan oksigen terlarut.
- b) Botol 2, tempat air pengencer yang dieramkan 5 hari pada suhu 20 °C, baru ditentukan oksigen terlarut.
- c) Botol 3, tempat campuran contoh uji dan air pengencer langsung tentukan oksigen terlarut
- d) Botol 4, tempat campuran contoh uji dan air pengencer dieramkan 5 hari pada suhu 20 °C kemudian tentukan oksigen terlarutnya.

$$\text{Diambil uji} = \frac{1}{50} \times 700 \text{ mL} = 14 \text{ mL} .$$

Tambahkan air pengencer samai menjadi 700 mL dan diaduk pelan – pelan hingga tercampur sempurna, dan jangan sampai teraerasi. Masing – masing botol dibilas dan diisi dengan air seperti tersebut diatas dan ditandai. Pengisian botol O₂ ini tidak boleh teraerasi, harus penuh tidak ada gelembung udara, perlahan – lahan melalui dinding mulut botol. Kemudian ditutup, dalam keadaan tetap tidak ada gelembung udara. Botol 2 dan 4 disimpan dan dieramkan didalam tempat pengeraman yang gelap pada suhu yang diketahui. Benda uji pada botol 1 dan pada botol 3 ditentukan oksigen terlarutnya dan benda uji pada botol 2 dan 4 setelah dieramkan ditentukan oksigen terlarutnya.

D. Perhitungan

Botol 1 = air pengencer oksigen terlarut = a mg/L

Botol 2 = air pengencer setelah dieramkan : oksigen terlarut = b mg/L

Botol 3 = campuran contoh uji dan air pengencer tentukan oksigen terlarutnya = c mg/L

Botol 4 = campuran contoh uji dan air pengencer dieramkan tentukan oksigen terlarutnya = d mg/L.

Oksigen terlarut air pengencer rata – rata = $\frac{a + b}{2} \text{ mg/L} = x. \text{mg/L}$

Oksigen terlarut contoh uji dan air pengencer setelah dieramkan = d mg/L

Kebutuhan biologic akan oksigen = pengenceran (c – d) mg/L = z mg/L.

Depletion = harga $\frac{c - d}{x} \times 100\%$ (berkisar antara 20 % sampai 80 %)

dari x.

METODE PENGUJIAN TOTAL SUSPENDED SOLID

A. Prinsip Kerja

Pemeriksaan residu tersuspensi dilakukan dengan cara menimbang berat residu didalam air contoh air yang tertahan pada kertas saring yang telah dikeringkan pada suhu 103 – 105 °C hingga diperoleh berat tepat.

B. Peralatan Yang Digunakan

1. cawan gogh atau alat penyaring lain yang dilengkapi pengisap atau penekan
2. kertas saring
3. tempat khusus untuk menaruh kertas saring yang terbuat dari baja nir karat / alumunium.
4. oven untuk pemanasan pada suhu 103 – 105 °C
5. desikator
6. neraca analitik dengan kapasitas 200 gram dan ketelitian 0,1 mg.
7. penjepit

C. Cara Kerja

1. Penimbangan kertas saring kosong dilakukan dengan urutan:
 - 1) Taruh kertas saring kedalam alat penyaring
 - 2) Bilas kertas saring dengan air suling sebanyak 20 ml dan operasikan alat penyaring
 - 3) Ulangi pembilasan hingga bersih dari partikel – partikel halus pada kertas saring
 - 4) Ambil kertas saring dan taruh diatas tempat khusus kertas saring
 - 5) Keringkan kertas saring tersebut didalam oven pada temperature 103 – 105 °c
 - 6) Dinginkan dalam desikator selama 10 menit.
 - 7) Timbang dengan neraca analitik

- 8) Taruh kertas saring dalam desikaor.
2. Penyaringan contoh dan penimbangan contoh residu tersuspensi dilakukan dengan urutan
- 1) Siapkan kertas saring yang telah diketahui beratnya pada alat penyaring
 - 2) Contoh dikocok hingga merata dan masukkan kedalam alat penyaring, banyaknya contoh yang diambil disesuaikan dengan kadar residu tersuspensi
 - 3) Saring contoh, kemudian residu tersuspensi dibilas dengan air suling sebanyak 10 ml dan dilakukan 3 kali pembilasan.
 - 4) Ambil kertas saring dan taruh diatas tempat khusus
 - 5) Keringkan didalam alat pengering pada suhu 103 – 105 °C selama 1 jam
 - 6) Dinginkan didalam desikator selama 10 menit
 - 7) Timbang dengan neraca analitik
 - 8) Hasil tersebut dapat dihitung.

Perhitungan

$$\text{Mg/ L} = \text{residu tersuspensi} = \frac{(A - B) \times 1000}{\text{ml. contoh}}$$

A= Berat kertas saring berisi residu tersuspensi, dalam mg

B = Berat kertas saring kosong, dalam mg.

PENGUJIAN NITRAT DALAM AIR DENGAN SPEKTROFOTOMETER

A. Peralatan Yang Digunakan Terdiri Atas:

- 1) Spektrofotometer dengan sinar tunggal atau sinar ganda yang mempunyai kisaran panjang gelombang 190 – 900 nm dan lebar celah 0,2 – 2,0 nm, serta telah dikalibrasi pada saat digunakan
- 2) Penangas air yang dilengkapi dengan pengatur suhu
- 3) Pipet
- 4) Labu ukur 100 ml dan 1000 ml
- 5) Gelas ukur 100 ml
- 6) Pipet ukur 10 ml
- 7) Labu erlenmeyer 50 ml
- 8) Gelas piala 100 dan 1000 ml

B. Bahan Penunjang

- 1) Serbuk kalium nitrat, KNO_3
- 2) Larutan natrium arsenit, NaAsO_2 , 0,5 %
- 3) Larutan campuran brusin dan asam sulfanilat
- 4) Asam klorida pekat, H_2SO_4
- 5) Natrium klorida, NaCl , 30 %
- 6) Air suling

C. Pembuatan Kurva Kalibrasi

- 1) Optimalkan alat spektrofotometer sesuai petunjuk penggunaan alat untuk pengujian kadar nitrat
- 2) Pipet 10 ml larutan baku secara duplo kemudian masukkan ke dalam labu erlenmeyer 50 ml
- 3) Tambahkan 2 ml larutan NaCl dan 10 ml larutan asam sulfat, aduk perlahan – lahan dan biarkan sampai dingin

- 4) Tambahkan 0,5 ml larutan campuran brusin asam sulfanilat, aduk perlahan – lahan dan panaskan diatas penangas air pada suhu tidak melebihi 95 °c selama 20 menit kemudian dinginkan
- 5) Masukkan ke dalam kuvet pada spektrofotometer, baca dan catat serapan masuknya

D. Cara Uji

- 1) Pipet 10 ml benda uji kemudian masukkan kedalam labu Erlenmeyer 50 ml
- 2) Tambahkan 2 ml larutan nacl dan 10 ml larutan asam sulfat, aduk perlahan – lahan dan biarkan sampai dingin
- 3) Tambahkan 0,5 ml larutan campuran brudin asam sulfanilat, aduk perlahan – lahan dan panaskan diatas penangas air pada suhu tidak melebihi 95 °c selama 20 menit kemudian dinginkan
- 4) Masukkan kedalam kuvet pada alat spektrofotometer, baca dan catat serapannya.

E. Perhitungan

Hitung kadar nitrat – N dalam benda uji dengan menggunakan kurva kalibrasi atau tentukan persamaan garis lurusnya dan perhatikan hal - hal berikut

- 1) selisih kadar maksimum yang diperbolehkan antara dua pengukuran duplo adalah 2 %, rata – ratakan hasilnya.
- 2) Apabila hasil perhitungan jkadar nitrat N lebih dari 2 % ulangi pengujian dengan cara mengencerkan benda uji.

PENGUJIAN NITRIT DALAM AIR DENGAN SPEKTROFOTOMETER

A. Peralatan Yang Digunakan

- 1) Spektrofotometer dengan sinar tunggal atau sinar ganda yang mempunyai kisaran panjang gelombang 190 – 900 nm dan lebar celah 0,2 – 2,0 nm, serta telah dikalibrasi pada saat digunakan
- 2) Penangas air yang dilengkapi dengan pengatur suhu
- 3) Pipet
- 4) Buret 50 ml
- 5) Labu ukur 100 ml dan 1000 ml
- 6) Gelas ukur 100 ml
- 7) Pipet ukur 10 ml
- 8) Labu erlenmeyer 50 ml
- 9) Gelas piala 100 dan 1000 ml

B. Bahan Penunjang

- 1) Serbuk natrium nitrit, NaNO_2
- 2) Larutan asam sulfanilat
- 3) Larutan naftil etilendiamin dihidroklorida
- 4) Larutan asam klorida, HCl , 1:3
- 5) Larutan natrium oksalat, $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$, 0,05 N
- 6) Larutan fero ammonium sulfat, 0,05 N
- 7) Air suling bebas nitrit
- 8) Saringan membrane

C. Cara Uji

- 1) Optimalikan alat spektrofotometer sesuai petunjuk penggunaan alat untuk pengujian kadar nitrit
- 2) Pipet 50 ml benda uji kemudian masukkan ke dalam labu erlenmeyer 100 ml

- 3) Tambahkan 1 ml asam sulfanilat
- 4) Biarkan larutan tersebut bereaksi selama 2 – 8 menit
- 5) Tambahkan 1 ml larutan naftil etilendiamin dihidroklorida, aduk dan biarkan paling sedikit 10 menit, tetapi tidak lebih dari 2 jam
- 6) Masukkan kedalam kuvet pada alat spektrofotometer, baca dan catat serapan masuknya

D. Perhitungan

Hitung kadar nitrit-N dalam benda uji dengan menggunakan kurva kalibrasi atau tentukan persamaan garis lurusnya dan perhatikan hal - hal berikut

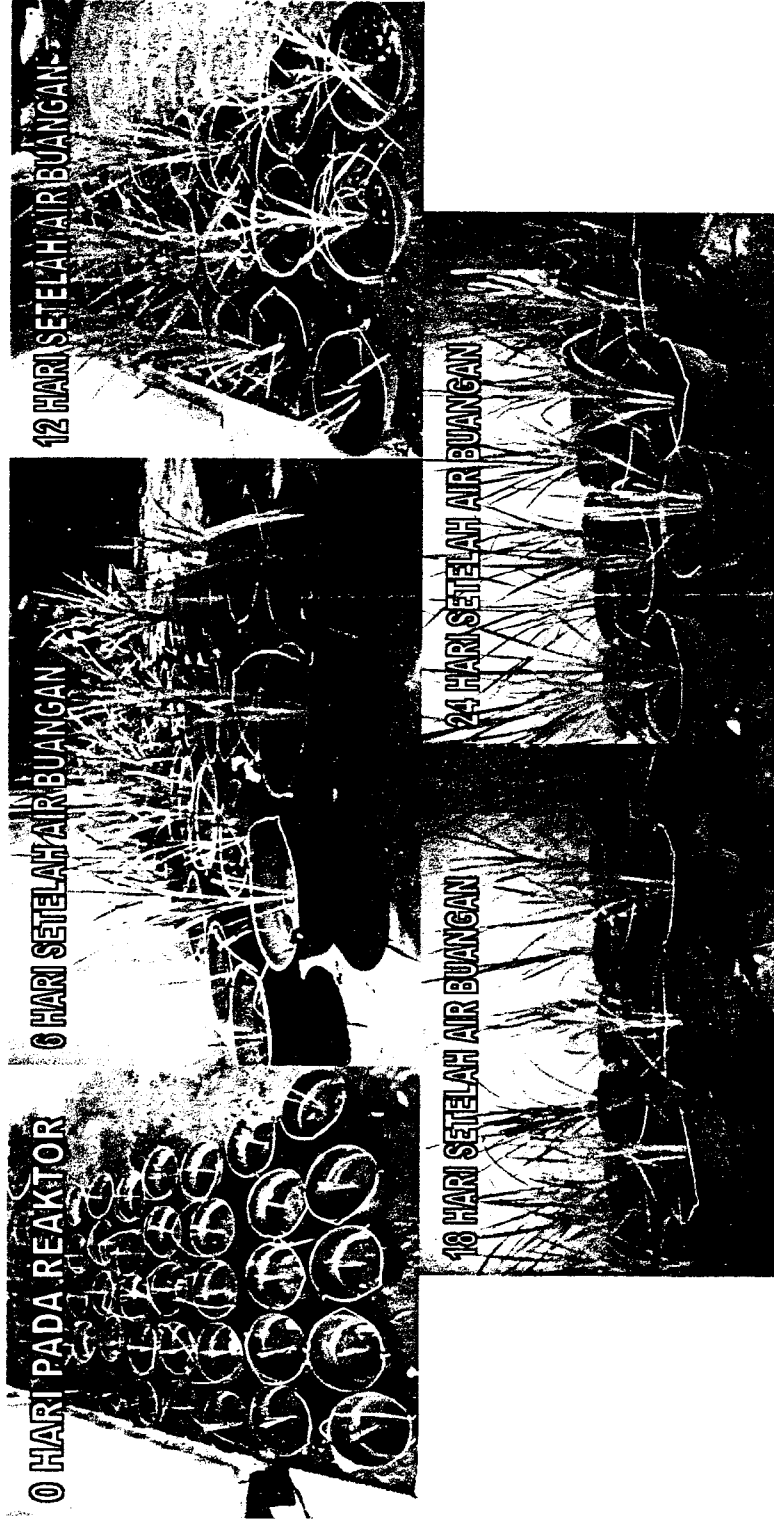
- 3) Selisih kadar maksimum yang diperbolehkan antara dua pengukuran duplo adalah 2 %, rata – ratakan hasilnya.
- 4) Apabila hasil perhitungan kadar nitrit N lebih dari 2 % ulangi pengujian dengan cara mengencerkan benda uji.

LAMPIRAN H

DOKUMENTASI



GAMBAR 1 REAKTOR UJI KUALITAS AIR



GAMBAR 2 REAKTOR UJI PERTUMBUHAN TANAMAN