

**PENGARUH TANAMAN KAYU APU (*Pistia stratiotes* L) SEBAGAI
FITOREMEDIASI TERHADAP KANDUNGAN AMMONIA DAN
KELULUSHIDUPAN BENIH IKAN MAS (*Cyprinus carpio* L)**

SKRIPSI

PROGRAM STUDI BUDIDAYA PERAIRAN

JURUSAN MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN

Oleh :

BIMAFIKA LATERZIA GINTING

NIM. 0910852004



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN

MALANG

2012

**PENGARUH TANAMAN KAYU APU (*Pistia stratiotes* L) SEBAGAI
FITOREMEDIASI TERHADAP KANDUNGAN AMMONIA DAN
KELULUSHIDUPAN BENIH IKAN MAS (*Cyprinus carpio* L)**

**SKRIPSI
PROGRAM STUDI BUDIDAYA PERAIRAN
JURUSAN MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN**

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Meraih Gelar Sarjana di
Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan**

Universitas Brawijaya

Oleh :

BIMAFIKA LATERZIA GINTING

NIM. 0910852004



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN

MALANG

2012

SKRIPSI

PENGARUH TANAMAN KAYU APU (*Pistia stratiotes* L) SEBAGAI
FITOREMEDIASI TERHADAP KANDUNGAN AMMONIA DAN
KELULUSHIDUPAN BENIH IKAN MAS (*Cyprinus carpio* L)

Oleh :

BIMAFIKA LATERZIA GINTING

NIM. 0910852004

telah dipertahankan didepan penguji
pada tanggal 30 November 2011
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

SK Dekan No: _____

Tanggal : _____

Menyetujui

Dosen Penguji I

Dosen Pembimbing I

(Ir. M. Rasyid Fadholi, MSi)

(Prof. Dr. Ir. Hj. Sri Andayani, MS)

NIP. 19520713 198003 1 001

NIP. 19611106 198602 2 001

Tanggal: _____

Tanggal: _____

Dosen Penguji II

Dosen Pembimbing II

(Ir. Anik Martinah H, MSc)

(Ir. Ellana Sanoesi, MP)

NIP. 19610310 198701 2 001

NIP. 19630924 199803 2 002

Tanggal: _____

Tanggal: _____

Mengetahui,

Ketua Jurusan

Dr. Ir. Happy Nursyam, MS

NIP. 19600322 198601 1 00

Tanggal: _____

RINGKASAN

BIMAFIKA LATERSIA GINTING. Pengaruh Tanaman Kayu Apu (*Pistia stratiotes* L) Sebagai Fitoremediasi Terhadap Kandungan Ammonia dan Kelulushidupan Benih Ikan Mas (*Cyprinus carpio* L). Dibawah bimbingan Prof. Dr. Ir. Hj. Sri Andayani, MS dan Ir. Ellana Sanoesi, MP.

Kepadatan ikan pada usaha Budidaya Intensif umumnya lebih tinggi bila dibandingkan dengan sistem budidaya ekstensif (*Teknologi sederhana*) dan sistem budidaya semi-intensif (*Teknologi madya*), akibatnya material sisa metabolisme yang dikeluarkan (*feses dan urin*) menjadi meningkat. Ammonia bebas (NH_3) yang tidak terionisasi (*unionized*) bersifat toksik terhadap organisme akuatik. Berdasarkan hal-hal tersebut maka timbul pertanyaan, yaitu: 1. Apakah penggunaan Kayu Apu sebagai fitoremediasi dapat menurunkan jumlah ammonia (NH_3) dalam wadah pemeliharaan dan meningkatkan kelulushidupan benih ikan mas? Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh Kayu Apu (*Pistia stratiotes*, L) Sebagai Fitoremediasi terhadap kandungan ammonia dan kelulushidupan benih ikan mas (*Cyprinus carpio* L). Penelitian tersebut dilakukan di Laboratorium Breeding dan Reproduksi Hewan Air dan Laboratorium Ilmu-ilmu Perairan dan Bioteknologi Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya Malang pada tanggal 16-04-2011 sampai dengan tanggal 15-05-2011.

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen yang menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Ditujukan untuk melihat suatu hasil yang menggambarkan hubungan kausal dari variabel-variabel yang diselidiki. Pemberian kayu apu (*Pistia stratiotes* L) berpengaruh nyata terhadap Kandungan Ammonia. Berdasarkan data nilai rata-rata untuk pengukuran Ammonia pada pengaruh kayu apu (*Pistia stratiotes*, L) pada perlakuan A= 25% (0,32), B= 50% (0,33), C= 75% (0,32), D=100% (0,14), sedangkan untuk K= 0% (0,39) ppm. Pada uji sidik ragam Ammonia dapat dilihat bahwa hasil F Hitung 40,857. Hasil itu artinya berbeda sangat nyata karena nilai F Hitung lebih besar dari F 1%. Hal ini berarti H_1 diterima dan H_0 ditolak. Hasil analisa regresi Ammonia diperoleh hasil regresi linier dengan persamaan $y = 0,0517x + 0,1483$ dengan nilai $R^2 = 0,921$.

Rata-rata kelulushidupan benih ikan mas tertinggi yaitu pada perlakuan A= 57,50%, diikuti perlakuan D= 55,65%, kemudian perlakuan C= 55,62% dan terendah yaitu perlakuan B= 53,82%. Pada K= 43,97%. Hasil analisa regresi diperoleh hasil regresi linier dengan persamaan $y = -3,7037x + 75,254$ dengan nilai $R^2 = 0,757$. Kualitas air sebagai media pemeliharaan selama penelitian berada pada kisaran toleransi ikan mas, yaitu suhu pagi hari 22,0 – 24,9 dan suhu sore hari 25,0 – 29,0 °C ; oksigen terlarut pagi hari 5,63 – 6,76 ppm dan oksigen terlarut sore hari 6,7 – 6,19 ppm ; pH pagi hari 6,60 – 8,15 dan pH sore hari 6,72 – 8,38 mg/l. Sedangkan kisaran BOD 5,89 – 27,75 mg/l.

Dari hasil penelitian disarankan; Menggunakan Kayu Apu (*Pistia stratiotes* L) Sebagai perbaikan kualitas air dalam budidaya ikan dengan kepadatan 25%. Perlu dilakukan penelitian lanjutan Pemanfaatan Kayu Apu (*Pistia stratiotes*, L) sebagai Fitoremediasi untuk mengurangi kandungan ammonia dalam budidaya jenis ikan lain dan pertumbuhannya.

SURAT PERNYATAAN

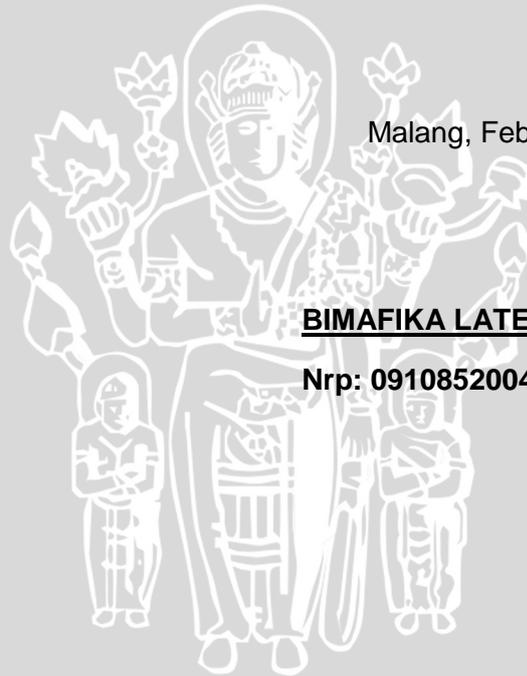
Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang tertulis dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, Februari 2012

BIMAFIKA LATERZIA GINTING

Nrp: 0910852004



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas segala kasih setia- Mu dan Anugerah- Mu yang telah memberikan kesehatan dan kemampuan dalam menyelesaikan skripsi ini tepat pada waktunya. Skripsi ini memuat hasil penelitian mengenai pengaruh kayu apu (*Pistia stratiotes*, L) sebagai fitoremediasi terhadap kandungan ammonia dan kelulushidupan benih ikan mas (*Cyprinus carpio*, L). Tanpa dorongan bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak tidak mungkin skripsi ini dapat terwujud. Oleh karena itu penulis pada kesempatan ini menyampaikan terimakasih banyak kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Ir. Sri Andayani, MS selaku Dosen Pembimbing pertama saya yang telah banyak memberikan dukungan, semangat dan saran untuk perbaikan penulisan skripsi.
2. Ibu Ir. Ellana Sanoesi, MP selaku Dosen Pembimbing kedua dan selaku Dosen pembimbing akademik saya yang dengan sabar telah banyak memberikan dukungan, bimbingan, semangat, wawasan dalam pelaksanaan penelitian dan penulisan skripsi juga memberikan saran untuk perbaikan penulisan skripsi.
3. Saya juga tidak lupa mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi saya ini.

Besar harapan penulis semoga tulisan ini bermanfaat bagi semua pihak yang membacanya dan dapat dijadikan bahan informasi dalam bidang perikanan.

Malang, Februari 2012

Penulis

UCAPAN TERIMAKASIH

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga terlaksananya kegiatan penelitian dan penulisan skripsi yang berjudul : **Pengaruh Kayu Apu (*Pistia stratiotes*, L) Sebagai Fitoremediasi Terhadap Kandungan Ammonia dan Kelulushidupan Benih Ikan Mas (*Cyprinus carpio*, L)**, maka penulis menyampaikan ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Pimpinan Universitas Brawijaya yang telah memberikan kesempatan dan izin kepada penulis untuk melanjutkan pendidikan Program Sarjana, Fakultas Perikanan Universitas Brawijaya Malang.
2. Bapak Prof.Dr.Eddy Suprayitno, MS selaku Dekan Fakultas Perikanan Universitas Brawijaya Malang.
3. Bapak Dr.Ir. Happy Nursyam, MS selaku Pimpinan Jurusan Manajemen Sumberdaya Perairan.
4. Bapak Dr.Ir. Agoes Soeprijanto, MS sebagai Ketua Program Studi Budidaya Perairan pada Program Sarjana Fakultas Perikanan Universitas Brawijaya Malang. yang telah memberikan dukungan serta fasilitas hingga terselesainya Skripsi ini.
5. Ibu Prof. Dr. Ir. Sri Andayani, MS selaku Dosen Pembimbing pertama saya yang telah banyak memberikan dukungan, semangat dan saran untuk perbaikan penulisan skripsi
6. Ibu Ir. Ellana Sanoesi, MP selaku Dosen Pembimbing kedua dan selaku dosen pembimbing akademik saya yang dengan sabar telah banyak memberikan dukungan, bimbingan, semangat, wawasan dalam

pelaksanaan penelitian dan penulisan skripsi juga memberikan saran untuk perbaikan penulisan skripsi.

7. Semua crew Laboratorium Breeding dan Reproduksi Hewan Air dan Laboratorium Ilmu-ilmu Perairan dan Bioteknologi Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Khususnya pada Pak Udin, Pak Id, dan Teman-teman yang ada di Lab Reproduksi yang telah banyak membantu selama kegiatan penelitian.
8. Teman-teman Alih Jenjang dan Teman-teman Reguler 2006-2009 :
Teman saya Dewi Sartika Manulang, Andika Madianta Ginting, Dian Marpaung, Asep, Fadhly, Indah, dan Masih Banyak lagi teman-teman yang membantu saya, sehingga tidak bisa disebutkan satu-persatu. Yang dengan Kerjasamanya dan ketelatenannya sangat banyak membantu hingga terselesainya penulisan Skripsi ini. Dan kepada teman-teman Jurusan Budidaya perairan yang telah banyak membantu juga. Terutama teman satu kosan saya yaitu adik Imam yang telah meminjamkan Sepeda motornya, adik Toni yang telah membantu meminjamkan Sepeda Motornya dalam proses mencari Benih Ikan mas.
9. Secara khusus penulis menyampaikan rasa hormat dan terimakasih banyak kepada kedua orang tua saya yaitu: Kepada Ibunda tercinta Sehmalem Emanita br. Tarigan yang telah banyak memberikan nasehat dan dorongan serta doa dan semangat dengan segala kesabarannya selama membimbing anakmu ini dan mendidik anakmu ini lahir dan batin yang telah semangat membiayai saya kuliah sehingga saya selesai kuliah. Kepada Ayah saya tercinta Drs. Saksi Ginting yang telah mendidik saya untuk lebih disiplin dan memberikan semangat, motivasi dan doa juga telah semangat membiayai sehingga telah selesai menempuh pendidikan.

10. Saya juga mengucapkan Terimakasih kepada adik-adikku yang tercinta :

Andika Madianta Ginting, Niko Demus Ginting, Nova Ita Saberina Ginting dan Andro Penta Ginting yang telah banyak memberikan nasehat, semangat dan dorongan yang kuat kepada abang mu ini dan kalian juga tidak lupa mendoakan abangmu ini selama melakukan penelitian dan skripsi.

11. Kepada semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang dengan tulus dan ikhlas memberikan bantuan dan motivasi pada penulis.

Malang,

Februari 2012

Penulis



DAFTAR ISI

RINGKASAN.....	i
KATA PENGANTAR	ii
UCAPAN TERIMAKASIH.....	iii
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	x
1. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Kegunaan Penelitian	4
1.5 Hipotesis	5
1.6 Tempat dan Waktu Penelitian.....	5
2. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Kayu Apu (<i>Pistia Stratiotes</i> L)	6
2.1.1 Klasifikasi Kayu Apu (<i>Pistia Stratiotes</i> L).....	6
2.1.2 Morfologi Kayu Apu (<i>Pistia Stratiotes</i> L).....	6
2.1.3 Penyebaran dan Habitat Kayu Apu (<i>Pistia Stratiotes</i> L)	8
2.1.4 Manfaat dan Dampak Negatif Kayu Apu(<i>Pistia Stratiotes</i> L)	12
2.2 Fitoremediasi.....	13
2.2.1 Pengertian Fitoremediasi	13
2.2.2 Kayu Apu sebagai Fitoremediasi.....	15
2.3 Biologi Ikan Mas (<i>Cyprinus carpio</i> L)	16
2.3.1 Klasifikasi Ikan Mas (<i>Cyprinus carpio</i> L).....	16
2.3.2 Morfologi Ikan Mas (<i>Cyprinus carpio</i> L).....	16
2.3.3 Habitat dan Penyebarannya	18
2.3.4 Makanan dan Kebiasaan Makan Ikan Mas (<i>Cyprinus carpio</i> L).....	18
2.3.5 Padat Penebaran dan Kelulushidupan (SR)	19
2.3.6 Ekskresi dan Ammonia.....	20
2.4 Kualitas Air	21
2.4.1 Suhu.....	21
2.4.2 Derajat Keasaman (pH)	23
2.4.3 DO (Oksigen Terlarut).....	24
2.4.4 Ammonia (NH ₃).....	26
2.4.5 <i>Biological Oxygen Demand</i> (BOD).....	27

3. MATERI DAN METODE PENELITIAN

3.1 Materi Penelitian.....	29
3.1.1 Bahan-bahan Penelitian.....	29
3.1.2 Alat-alat Penelitian.....	30
3.2 Metode Penelitian.....	31
3.3 Rancangan Penelitian.....	31
3.4 Prosedur Penelitian.....	33
3.4.1 Persiapan Penelitian.....	33
3.4.2 Pelaksanaan Penelitian.....	37
3.5 Parameter Uji.....	38
3.5.1 Parameter Utama.....	38
3.5.2 Parameter Penunjang.....	39
3.6 Analisa Data.....	49

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 NH ₃ (<i>Ammonia</i>).....	40
4.2 Kelulushidupan Benih Ikan Mas (<i>Cyprinus carpio</i> L).....	44
4.3 Suhu.....	49
4.4 pH (<i>Derajat Keasaman</i>).....	51
4.5 DO (<i>Oksigen Terlarut</i>).....	53
4.6 BOD (<i>Biological Oxygen Demand</i>).....	56

5. KESIMPULAN DAN SARAN

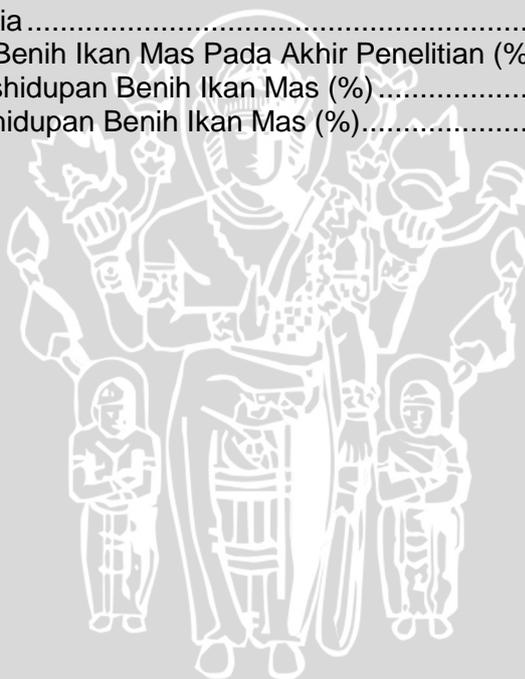
5.1 Kesimpulan.....	59
5.2 Saran.....	59

DAFTAR PUSTAKA.....	60
---------------------	----

LAMPIRAN.....	64
---------------	----

DAFTAR TABEL

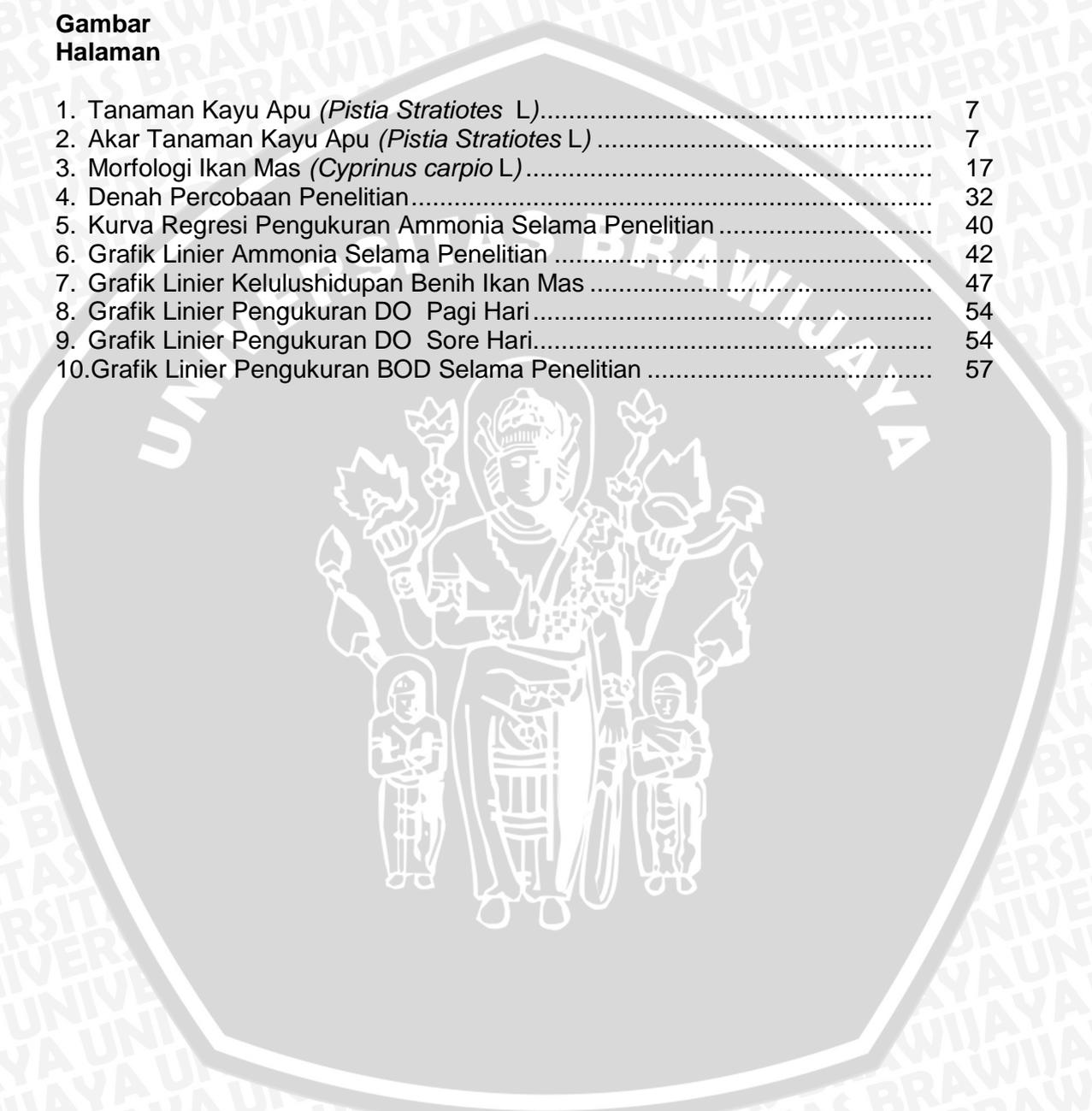
Tabel	Halaman
1. Jumlah Kepadatan Ikan Mas Berdasarkan Ukurannya	19
2. Pengaruh Suhu ($^{\circ}\text{C}$) Terhadap Kelulushidupan Ikan Mas.....	22
3. Hubungan pH Air Terhadap Kelulushidupan Ikan Budidaya	23
4. Tingkat Pencemaran Perairan Berdasarkan Nilai DO	25
5. Pengaruh Oksigen Terlarut (mg/l) Terhadap Kelulushidupan Ikan Budidaya	26
6. Tingkat Pencemaran Perairan Berdasarkan Nilai BOD	28
7. Metode Pengukuran Penelitian	38
8. Data Pengamatan Ammonia (mg/l)	40
9. Uji Keragaman Ammonia	41
10. Uji BNT Untuk Ammonia	41
11. Data Kelulushidupan Benih Ikan Mas Pada Akhir Penelitian (%)	45
12. Uji Keragaman Kelulushidupan Benih Ikan Mas (%)	46
13. Uji BNT untuk Kelulushidupan Benih Ikan Mas (%)	46



DAFTAR GAMBAR

**Gambar
Halaman**

1. Tanaman Kayu Apu (<i>Pistia Stratiotes</i> L).....	7
2. Akar Tanaman Kayu Apu (<i>Pistia Stratiotes</i> L)	7
3. Morfologi Ikan Mas (<i>Cyprinus carpio</i> L).....	17
4. Denah Percobaan Penelitian.....	32
5. Kurva Regresi Pengukuran Ammonia Selama Penelitian	40
6. Grafik Linier Ammonia Selama Penelitian	42
7. Grafik Linier Kelulushidupan Benih Ikan Mas	47
8. Grafik Linier Pengukuran DO Pagi Hari.....	54
9. Grafik Linier Pengukuran DO Sore Hari.....	54
10. Grafik Linier Pengukuran BOD Selama Penelitian	57



DAFTAR LAMPIRAN

**Lampiran
Halaman**

1. Gambar Ikan Mas, Tanaman Kayu Apu, Akar Kayu Apu	64
2. Beberapa Alat Pengukur Kualitas Air dan Akuarium Penelitian	65
3. Gambar Beberapa Sampel Parameter Penelitian	66
4. Data Pengamatan NH ₃ (<i>Ammonia</i>) Selama Penelitian	67
5. Data Kelulushidupan Benih Ikan Mas Selama Penelitian (%).....	71
6. Data Pengamatan Suhu (°C) Pagi Hari Selama Penelitian	76
7. Data Pengamatan Suhu (°C) Sore Hari Selama Penelitian.....	78
8. Data Pengamatan pH Pagi Hari Selama Penelitian	79
9. Data Pengamatan pH Sore Hari Selama Penelitian	81
10. Data Pengamatan DO (mg/l) Pagi Hari Selama Penelitian.....	82
11. Data Pengamatan DO (mg/l) Sore Hari Selama Penelitian	86
12. Data Pengamatan BOD (mg/l) Selama Penelitian.....	90
13. Data Suhu Pagi Hari Selama 30 Hari Penelitian	95
14. Data Suhu Sore Hari Selama 30 Hari Penelitian.....	96
15. Data pH Pagi Hari Selama 30 Hari Penelitian	97
16. Data pH Sore Hari Selama 30 Hari Penelitian.....	98
17. Data DO Pagi Hari Selama 30 Hari Penelitian	99
18. Data DO Sore Hari Selama 30 Hari Penelitian.....	100



1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Budidaya perairan sepenuhnya dilakukan didalam air, baik dengan menampung air pada suatu wadah, seperti kolam, tambak, akuarium, dan bak maupun dengan menempatkan wadah di dalam badan air (waduk, danau, sungai, laut, dan saluran irigasi) misalnya, penempatan keramba dan sangkar di sungai dan di saluran irigasi, KJA di waduk, danau, atau di laut. Pemanfaatan air pada cara pertama adalah dimana air berada pada kendali atau kontrol sepenuhnya oleh pembudidaya, terutama menyangkut kualitas air untuk memenuhi kebutuhan biota atau organisme budidaya. Sedangkan cara kedua, biota budidaya masih berhubungan langsung dengan badan air. Sekalipun beberapa cara dapat dilakukan untuk memenuhi kebutuhan biota budidaya, misalnya, pemberian pakan, tetapi kualitas air tidak dapat di kontrol sepenuhnya (Ghufran dan Kordi, 2008).

Adapun prinsip dari pengelolaan air menurut, Effendi (2004), adalah memasukkan zat yang bermanfaat (O_2 , air segar, dan sebagainya) kedalam wadah kultur dan mengeluarkan yang tidak bermanfaat bahkan merugikan (feses, metabolit ammonia, CO_2 , dan Sebagainya). Bentuk kegiatan pengelolaan air dalam wadah budidaya antara lain pemberian air dan pergantian air. pemberian aerasi adalah memasukkan udara (salah satu kandungannya adalah O_2) kedalam air sehingga O_2 terdifusi kedalam air dan kandungan oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen, DO*) dalam air menjadi meningkat dalam rangka menyuplai O_2 bagi ikan.

Pengelolaan air bertujuan untuk menyediakan lingkungan hidup yang optimal bagi larva dan benih untuk bisa hidup, berkembang, dan tumbuh sehingga diperoleh kelangsungan hidup dan pertumbuhan larva yang

maksimum. Larva dan Benih yang hidup pada lingkungan yang optimal memiliki nafsu makan yang tinggi sehingga bisa berkembang dan tumbuh lebih cepat serta sehat (Effendi, 2004).

Dengan mengetahui hubungan antara berbagai aspek didalam air, baik biotik (Biota Budidaya, Plankton, Parasit, Bakteri, dan sebagainya); abiotik (Lumpur, Tanah, Pasir, dan sebagainya); maupun gas-gas yang terkandung didalam air (oksigen, karbondioksida, pH, dan sebagainya), maka upaya untuk memenuhi kebutuhan biota budidaya, baik menyangkut pengelolaan air, pemberian pakan, penanggulangan hama dan penyakit, maupun aktivitas lainnya dapat dilakukan secara tepat, tidak berdampak terhadap biota lain serta tidak merusak habitat berbagai biota dan ekosistem perairan secara luas (Ghufran dan Kordi, 2008).

Menurut Ruyet *et al* (2003) dalam Benli *et al.* (2008) Ammonia adalah masalah serius dalam budidaya ikan, khususnya pada sistem resirkulasi, akuarium, dan kolam. Pada sistem akuakultur yang intensif dimana ikan dipelihara dengan kepadatan tinggi maka akumulasi ammonia akan terjadi terutama jika pergantian air dibatasi. Menurut Meade, 1989 Level ammonia yang lebih tinggi dapat merusak insang dan jaringan lain sehingga menurunkan pertumbuhan, bahkan mematikan ikan (Sumoharjo, 2010).

Hasil dari metabolisme ikan dan sisa pakan yang terlarut dapat bersifat toksik bagi organisme akuatik seperti ammonia, nitrit, H_2S , gas metan dan sebagainya. Jika hal tersebut dibiarkan terjadi dalam pembesaran ikan di kolam maka akan mengganggu pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan tersebut. Ammonia yang terakumulasi di kolam dioksidasi menjadi nitrit oleh bakteri *Nitrosomonas* yang selanjutnya nitrit tersebut dioksidasi oleh bakteri *Nitrobacter* menghasilkan nitrat (Saptarini, 2010).

Untuk peringatan dini efek *toksikologis* dari beberapa polutan kimia dalam lingkungan dapat diuji dengan menggunakan spesies yang mewakili lingkungan yang ada di perairan tersebut. Spesies yang diuji harus dipilih atas dasar kesamaan fisiologis dari spesies. Ikan mas (*Cyprinus carpio* L) dapat digunakan sebagai hewan uji hayati karena sangat peka terhadap perubahan lingkungan. Ikan mas dapat tumbuh dan bertahan hidup jika kondisi air di sekitarnya baik, dalam hal ini airnya tidak berpolutan tinggi (Ningrum, 2011).

Salah satu upaya mengolah limbah pakan ikan dan feses ikan adalah dengan cara sederhana yaitu dengan memanfaatkan tanaman air untuk menanggulangi jumlah bahan organik yang terlarut di air. Teknologi mengolah limbah dengan tanaman untuk memanfaatkan unsur hara dari limbah dikenal dengan sistem fitoremediasi. Limbah padat atau cair yang akan diolah ditanami dengan tanaman tertentu yang mampu menyerap, mengumpulkan, mendegradasi bahan-bahan pencemar tertentu yang terdapat didalam limbah tersebut. Tanaman air dapat memfilter, mengabsorpsi partikel dan mengabsorpsi ion-ion logam yang terdapat dalam air limbah melalui akar. (Safitri, 2009).

Kayu Apu (*Pistia stratiotes*, L) merupakan tanaman air dimana akar tanaman tidak tertanam melainkan mengapung dipermukaan air karena itulah dinamakan *floating plant*. Tanaman ini hidup dari menyerap unsur hara yang terkandung didalam air (Safitiri, 2009). Berkaitan dengan hal diatas, maka perlu dilakukan penelitian tentang Pengaruh Kayu Apu (*Pistia Stratiotes* L) Sebagai Fitoremediasi Terhadap Kandungan Ammonia dan Kelulushidupan Benih Ikan Mas (*Cyprinus Carpio* L) adapun tempat penelitian di Laboratorium Breeding dan Reproduksi Hewan Air dan Laboratorium Ilmu-ilmu Perairan dan Bioteknologi Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya Malang.

1.2 Perumusan Masalah

Kepadatan ikan pada usaha Budidaya Intensif umumnya lebih tinggi bila dibandingkan dengan sistem Budidaya Ekstensif (*Teknologi sederhana*) dan sistem Budidaya Semi-intensif (*Teknologi madya*), akibatnya material sisa metabolisme yang dikeluarkan (*feses dan urin*) menjadi meningkat. Menurut Effendi (2003), feses dari biota akuatik yang merupakan limbah aktivitas metabolisme juga banyak mengeluarkan ammonia. Ammonia bebas (NH_3) yang tidak terionisasi (*unionized*) bersifat toksik terhadap organisme akuatik. Berdasarkan hal-hal tersebut maka timbul pertanyaan, yaitu:

1. Apakah penggunaan Kayu Apu sebagai fitoremediasi dapat menurunkan keseluruhan ammonia (NH_3) dalam wadah pemeliharaan dan meningkatkan kelulushidupan benih ikan mas?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh Kayu Apu (*Pistia stratiotes*, L) sebagai fitoremediasi terhadap kandungan ammonia dan kelulushidupan benih ikan mas.

1.4 Kegunaan Penelitian

Dari hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi dalam bidang budidaya ikan tentang manfaat penggunaan Kayu apu (*Pistia stratiotes* L) sebagai fitoremediasi terhadap kandungan ammonia dan kelulushidupan benih ikan mas.

1.5 Hipotesis

H_0 : Diduga bahwa penggunaan tanaman Kayu apu (*Pistia Stratiotes L*) sebagai fitoremediasi tidak memberikan pengaruh terhadap penurunan kadar ammonia dan kelulushidupan benih ikan mas (*Cyprinus carpio L*).

H_1 : Diduga penggunaan tanaman Kayu apu (*Pistia stratiotes L*) sebagai fitoremediasi berpengaruh terhadap penurunan kadar ammonia dan kelulushidupan benih ikan mas (*Cyprinus carpio L*).

1.6 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Breeding dan Reproduksi Hewan Air dan Laboratorium Ilmu-ilmu Perairan dan Bioteknologi Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya Malang pada tanggal 16-04-2011 sampai dengan tanggal 15-05-2011.



2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kayu Apu (*Pistia stratiotes* L)

2.1.1 Klasifikasi Kayu Apu (*P. stratiotes* L)

Menurut Mursalin, (2007) Kayu apu dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

Kerajaan	: Plantae (Tumbuhan)
Sub Kerajaan	: Trecheobionta (Berpembuluh)
Superdivisi	: Spermathophyta (Menghasilkan Biji)
Divisi	: Magnoliophyta (Berbunga)
Kelas	: Liliopsida (Berkeping Satu)
Sub Kelas	: Arecidae
Ordo	: Arales
Famili	: Araceae (Suku Talas-talasan)
Genus	: <i>Pistia</i>
Spesies	: <i>Pistia Stratiotes</i> L.
Nama Umum	: Kayu Apu

2.1.2 Morfologi Kayu Apu (*P. Stratiotes* L)

Nama lokal tumbuhan ini adalah kayu apu. Bentuknya mirip dengan sayuran kol atau kubis yang berukuran kecil. Banyak tumbuh di daerah tropis, terapung pada genangan air yang tenang dan mengalir dengan lambat. Kayu apu mempunyai banyak akar tambahan yang penuh dengan bulu-bulu akar yang halus, panjang dan lebat. Bentuk dan ukuran daunnya sangat bervariasi, dapat menyerupai sendok, lidah atau rompong dengan ujung daun yang melebar. Adapun warna daun kayu apu hijau muda makin ke pangkal makin putih. Susunan daun terpusat berbentuk roset dan daunnya tidak mudah basah.

Batangnya sangat pendek, bahkan terkadang tidak tampak sama sekali. Buah buninya bila telah masak pecah sendiri serta berbiji banyak. Selain dengan biji, kayu apu berkembang biak dengan selantar atau stolonnya (Safitri, 2009).

Berdasarkan tempat habitatnya kayu apu termasuk golongan tanaman mengapung dan mengambang dengan ketinggian sekitar 5-10 cm. Akarnya banyak dipenuhi bulu-bulu akar yang halus, panjang dan lebat (Gambar 1 dan 2). Bentuk daunnya berupa sendok, lidah atau rompong dengan ujung melebar. Ukuran daunnya 7-10 cm dengan lebar 2-5 cm. Karangannya tiga-tiga, yang dua terapung dan berambut sedangkan yang lainnya masuk kedalam air batangnya kecil dan bercabang, terletak sejajar dengan permukaan air (Rahmatullah, 2008).



Gambar 1. Tanaman Kayu Apu (*Pistia Stratiotes* L.).



Akar Kayu Apu

Gambar 2. Akar Tanaman Kayu Apu (*Pistia Stratiotes* L) (Rahmatullah, 2008)

Menurut Sunarmi dan Purwohadijanto (1990) adapun fisiologi dari tanaman air tersebut adalah sebagai berikut:

a. Proses Fotosintesis

Fotosintesis atau sering disebut dengan asimilasi zat karbon, merupakan suatu sifat fisiologis yang hanya dimiliki oleh tumbuhan. Tumbuhan memiliki kemampuan menggunakan zat karbondioksida dan H₂O serta diasimilasikan dalam tubuh tumbuhan, oleh klorofil dirubah menjadi zat organik karbohidrat dengan pertolongan sinar matahari.

b. Proses Respirasi

Suatu proses dimana energi yang disimpan dalam makanan (berupa karbohidrat, lemak, protein dan lain-lain) dipindahkan kedalam ATP sehingga setiap saat dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan sel atau tubuh tumbuhan akan energi, proses ini disebut respirasi.

c. Unsur Hara

Hara merupakan senyawa yang dapat diserap oleh tumbuhan dan berfungsi dalam pertumbuhan dalam menyelesaikan siklus hidupnya, meliputi senyawa organik dan an organik yang bersifat polar (larut dalam air) supaya dapat diserap dan diangkut keatas oleh batang atau daun.

2.1.3 Penyebaran dan Habitat Kayu Apu (*P. Stratiotes* L)

Safitri, (2009) tanaman air ini termasuk *floating aquatic plant* seperti tanaman eceng gondok. Pada mulanya tumbuhan kayu apu hanya dikenal sebagai tumbuhan pengganggu di danau, karena tanaman tersebut biasanya tumbuh dan berkembang biak dengan cepat. Tanaman kayu apu banyak dijumpai pada kolam-kolam air tawar, menempati permukaan dari perairan tersebut, karena tanaman ini tergolong *floating aquatic plant*. Akar tanaman

berupa akar serabut, terjurai pada lapisan atas perairan dan sangat potensial untuk menyerap bahan-bahan yang terlarut pada bagian itu.

Kayu apu (*P. stratiotes*, L), di Filipina dikenal dengan nama "*Quiapo*", di Malaysia disebut dengan "*Kiambang*", di Thailand dan Laos dikenal dengan istilah "*Chawk*", Sedangkan di daerah Sumatera Selatan dikenal dengan nama "*Rumput apung*". *Pistia stratiotes* adalah tumbuhan air tawar yang umum tumbuh didaerah tropis. Jenis ini banyak dijumpai dikolam ikan, biasa dikenal dengan nama lokal kayu apu. Tumbuhan ini mengapung bebas diperairan kecuali ketika menempel pada lumpur. Tumbuhnya digenangan air yang tenang atau yang mengalir dengan lambat (Ismanto, 2005).

Kayu apu merupakan tanaman air yang termasuk mengambang dipermukaan air dan jenis tanaman air tawar yang termasuk daerah tropis. Bentuknya mirip sekali dengan kol atau kubis yang berukuran kecil. Tanaman kayu apu juga dikategorikan atau di kelompokkan kedalam gulma air, baik di sawah-sawah maupun diperairan lainnya seperti telaga, selokan dan rawa-rawa yang tenang dan mengalir dengan lambat. Gulma ini dapat menyebabkan gangguan tumbuhan padi akibat adanya kompetisi dalam pengambilan unsur hara. Biasanya kayu apu tumbuh disela-sela tanaman padi di sawah atau dirawa-rawa di pulau jawa dari dataran rendah sampai pegunungan berketinggian sekitar 1600 m diatas permukaan air laut (Rahmatullah, 2008).

Menurut Mursalin (2007) Tanaman air dapat didefinisikan sebagai tanaman yang sebagian atau seluruh daur hidupnya berada di air. Ada lima tipe utama tanaman air berdasarkan posisinya terhadap permukaan perairan, yaitu:

1. Mengapung bebas dipermukaan air, yaitu tumbuhan air yang bebas mengapung dipermukaan air dan akarnya tidak melekat di dasar.
2. Mencuat, yaitu tanaman air yang akarnya berada di dasar perairan dan daunnya berada di atas permukaan air.

3. Tenggelam, yaitu tumbuhan air yang seluruh bagian tubuhnya berada dibawah permukaan air, terkadang bagian bunganya berada diatas air.
4. Terapung di permukaan dengan akar didasar, yaitu tumbuhan air yang berakar didasar dengan daun yang biasanya rebah di permukaan air.
5. *Phreaiophytes*, yaitu tanaman air yang tumbuh didaerah *terrestrial* (darat), disekitar tepi perairan dengan akar yang mencapai perairan. Kayu apu (*P. stratiotes*, L), Kiambang (*Salvinia molesta*), dan Gulma itik (*Lemna perpusilla*), adalah termasuk tanaman air tipe mengapung bebas.

Suhu optimum untuk pertumbuhannya berkisar antara 20-32⁰C. Faktor lainnya yang mempengaruhi pertumbuhan adalah pH, yaitu dengan kisaran pH optimum antara 6-7,5. Pertumbuhan dari tumbuhan air ini cukup mudah, yaitu setelah cukup dewasa, dari ketiak daun muncul batang kecil yang tumbuh menjulur dan pada ujungnya muncul anak Kayu Apu (*runner*). Anak Kayu Apu ini memiliki akar sendiri dan akan tumbuh sebagai tumbuhan air baru (Ismanto, 2005).

Rahmatullah, (2008) menyebutkan bahwa Faktor lingkungan yang menjadi syarat untuk pertumbuhan kayu apu adalah sebagai berikut:

a. Air

Ketersediaan air harus terjamin dan mencukupi selama pertumbuhan kayu apu, karena kayu apu merupakan tumbuhan air yang tumbuh dan berkembang diatas permukaan air. Agar laju pertumbuhan, Akumulasi dan konsentrasi N kayu apu dapat meningkat, maka ketinggian air minimum 3-5 cm. Dapat hidup pada daerah tropis dan pada air tawar yang menggenang atau mengalir lambat.

b. Unsur Hara

Unsur hara sangat dibutuhkan dalam pertumbuhan kayu apu, terutama unsur C,H,O,N,S,P,Ca,K,Mg,dan Fe.

c. Derajat Keasaman (pH air)

Kayu apu dapat hidup dilahan yang mempunyai pH air 3,5-10. Agar pertumbuhan kayu apu menjadi baik. pH air optimum berkisar antara 4,5-7.

d. Cahaya

Intensitas cahaya dapat mempengaruhi pertumbuhan kayu apu. Apabila cahaya matahari terhalang. Pertumbuhan kayu apu dapat terhambat.

e. Temperatur

Temperatur merupakan salah satu faktor lingkungan penting bagi pertumbuhan kayu apu. Temperatur optimum berkisar 20-30°C.

f. Kelembaban

Kelembaban relatif optimum yang dikehendaki untuk pertumbuhan kayu apu antara 85%-90%. Kelembaban relatif dibawah 60% dapat menyebabkan daun kayu apu mengering.

g. Angin

Populasi kayu apu yang tumbuh diatas air akan mudah terdorong oleh angin yang keras dan berkumpul diruang tertentu. Akibatnya kayu apu menjadi padat. Hal ini dapat menghambat pertumbuhan dan perkembangannya.

Tubuh tanaman sebagian besar terdiri dari tiga unsur yaitu C = 43,6%, O = 44,4%, H = 6,2 %. Tanaman tidak mungkin hidup dengan ketiga unsur ini saja tetapi masih diperlukan unsur lain yang sangat penting dalam pembentukan bermacam-macam protein, lemak dan zat-zat organik lainnya. Seperti organisme yang lain tanaman memerlukan nutrien yang berupa hara, melakukan proses metabolisme yang meliputi anabolisme dan katabolisme dalam memperoleh

energi untuk tumbuh dan berkembang biak dalam mempertahankan keturunannya. Tanaman akan tumbuh dengan baik dan subur apabila segala unsur yang dibutuhkannya ada tersedia dengan cukup dalam bentuk yang sesuai untuk diserap oleh tanaman/tumbuhan (Sunarmi dan Purwohadijanto, 1990).

Rahmatullah, (2008) menyebutkan bahwa faktor-faktor lingkungan pokok yang mempengaruhi kayu apu adalah klimatik, edatik, dan biotik.

a. Faktor Klimatik

Faktor-faktor klimatik yang turut menentukan pertumbuhan, reproduksi, dan distribusi Gulma terdiri atas cahaya, temperatur dan aspek musiman.

b. Faktor Edatik

Faktor-faktor tanah yang ikut menentukan distribusi adalah kelembapan, tanah aerasi, pH tanah dan unsur-unsur makanan dalam tanah tersebut. Tanaman kayu apu lebih menyukai tempat berair.

c. Faktor Biotik

Tumbuhan dan Hewan di sekitar merupakan faktor-faktor biotik yang mempengaruhi pertumbuhan kayu apu.

2.1.4 Manfaat dan Dampak Negatif Kayu Apu (*P. Stratiotes L*)

Banyak kelebihan yang dimiliki oleh tumbuhan air ini, seperti sebagai pakan ternak, obat dan pupuk. Kayu apu banyak ditumbuhkan di kolam-kolam ikan, karena udang dan anak-anak ikan sangat senang hidup dan berlindung di bawah tanaman ini. Selain itu, karena kayu apu mempunyai daya mengikat butiran-butiran lumpur yang halus maka dapat digunakan untuk menjernihkan air bagi industri maupun keperluan sehari-hari (Safitri, 2009).

Sementara itu menurut Sirait, (2005) selain sebagai sumber obat-obatan, kayu apu juga dapat dimanfaatkan sebagai makanan ternak seperti anak itik dan babi. Kayu apu sangat disukai oleh bermacam-macam jenis ikan rawa liar serta cocok sekali untuk makanan ikan gurami. Dengan kadar kalium tinggi, kayu apu berguna untuk memupuk tanah. Menurut Rahmatullah, (2008) menyimpulkan bahwa Tanaman kayu apu mempunyai keunggulan, seperti daya berkecambah tinggi, tahan terhadap gangguan tempat hidup, pertumbuhan cepat, tidak peka terhadap sinar matahari, tingkat absorpsi atau penyerapan unsur hara dan air yang besar, daya adaptasi yang tinggi terhadap iklim. Seluruh bagian tanaman kayu apu mengandung *kalsium oksalat* seperti halnya talas.

Kayu apu mengandung *fitokelatin* yang banyak terdapat pada akar dari pada daunnya. Oleh karena pada penelitian dilakukan untuk mengetahui kemampuan akar kayu apu dalam menyerap ion logam. Kayu apu mempunyai akar banyak dan dipenuhi bulu-bulu akar yang halus dan lebat. Akar tersebut menjadi pertumbuhan *mikroorganisme rhizofera*, sehingga dengan demikian penanaman Kayu Apu dapat meningkatkan mikroorganisme yang berperan dalam penguraian bahan-bahan organik (Rahmatullah, 2008).

Biasanya menyebabkan gatal jika terkena kulit. Jika termakan, bisa menyebabkan mual dan panas di tenggorokan. Racun ini efeknya akan terasa jika jumlah yang terkena atau yang masuk ke dalam tubuh cukup banyak (Anonymous, 2011^[a]).

2.2 Fitoremediasi

2.2.1 Pengertian Fitoremediasi

Phyto asal kata Yunani/greek *phyton* yang berarti tumbuhan/tanaman (*plant*), remediation asal kata Latin *remediare (to remedy)* yaitu memperbaiki atau membersihkan sesuatu. Jadi fitoremediasi (*phytoremediation*) merupakan suatu sistem dimana tanaman tertentu yang bekerjasama dengan

micro-organism dalam media (tanah, koral dan air) dapat mengubah zat kontaminan (pencemar/polutan) menjadi kurang atau tidak berbahaya bahkan menjadi bahan yang berguna secara ekonomi (Harimawan 2008).

Harimawan, (2008) menyatakan bahwa proses dalam sistem ini berlangsung secara alami dengan enam tahap proses secara serial yang dilakukan tumbuhan terhadap zat kontaminan/ pencemar yang berada disekitarnya.

- a. **Phytoaccumulation (*phytoextraction*)** yaitu proses tumbuhan menarik zat kontaminan dari media sehingga berakumulasi disekitar akar tumbuhan, proses ini disebut juga *Hyperaccumulation*
- b. **Rhizofiltration** (rhizo= akar) adalah proses adsorpsi atau pengendapan zat kontaminan oleh akar untuk menempel pada akar. Proses ini telah dibuktikan dengan percobaan menanam bunga matahari pada kolam mengandung zat radio aktif di Chernobyl Ukraina.
- c. **Phytostabilization** yaitu penempelan zat-zat kontaminan tertentu pada akar yang tidak mungkin terserap kedalam batang tumbuhan. Zat-zat tersebut menempel erat (*stabil*) pada akar sehingga tidak akan terbawa oleh aliran air dalam media.
- d. **Rhizodegradation** disebut juga *enhanced rhizosphere biodegradation, or plant-assisted bioremediation degradation*, yaitu penguraian zat-zat kontaminan oleh aktivitas mikroba yang berada disekitar akar tumbuhan. Misalnya ragi, fungi dan bakteri.
- e. **Phytodegradation (*phyto transformation*)** yaitu proses yang dilakukan tumbuhan untuk menguraikan zat kontaminan yang mempunyai rantai molekul yang kompleks menjadi bahan yang tidak berbahaya dengan susunan molekul yang lebih sederhana yang dapat berguna bagi pertumbuhan tumbuhan itu sendiri. Proses ini dapat berlangsung pada

daun, batang, akar atau di luar sekitar akar dengan bantuan *enzym* yang dikeluarkan oleh tumbuhan itu sendiri. Beberapa tumbuhan mengeluarkan *enzym* berupa bahan kimia yang mempercepat proses degradasi.

- f. **Phytovolatilization** yaitu proses menarik dan transpirasi zat kontaminan oleh tumbuhan dalam bentuk yang telah menjadi larutan terurai sebagai bahan yang tidak berbahaya lagi untuk selanjutnya di uapkan ke atmosfer. Beberapa tumbuhan dapat menguapkan air 200 sampai dengan 1000 liter perhari untuk setiap batang.

2.2.2 Kayu Apu sebagai Fitoremediasi

Wuhrman (1976) menyatakan, kehadiran tumbuhan air diperairan akan mempercepat penurunan kadar bahan organik, karena di samping melakukan absorpsi juga menyumbang oksigen yang diperlukan bakteri untuk proses oksidasi. Pengolahan limbah dengan menggunakan tumbuhan (*Constructed wetland for waste-water treatment*) telah banyak digunakan di beberapa negara seperti di Jerman, Amerika, Australia, Inggris, Cina, India, Ceko dan Mesir (Sirait, 2005).

Menurut (Schnoor *et al*, 1995) Tanaman menyerap polutan organik melalui tiga cara, yaitu menyerap secara langsung bahan kontaminan, mengakumulasi metabolisme non fitotoksik ke sel-sel tanaman, dan melepaskan eksudat dan *enzym* yang dapat menstimulasi aktivitas mikroba, serta menyerap mineral pada daerah *rizosfer*. Tanaman juga dapat menguapkan uap air. Penguapan ini dapat mengakibatkan migrasi bahan kimia (Rossiana, 2007).

Harimawan, (2008) Jenis-jenis tanaman yang sering digunakan sebagai fitoremediasi adalah; Anturium Merah/Kuning, Alamanda Kuning/Ungu, Akar Wangi, Bambu Air, Cana Presiden Merah/Kuning/Putih, Dahlia, Dracenia Merah/Hijau, Heleconia Kuning/Merah, Jaka, Keladi Loreng/Sente/Hitam, Kenyeri

Merah/Putih, Lotus Kuning/Merah, Onje Merah, Pacing Merah/Putih, Padi-padian, Papyrus, Pisang Mas, Ponaderia, Sempol Merah/Putih, Spider Lili, dan lain-lain.

2.3 Biologi Ikan Mas (*Cyprinus carpio* L)

2.3.1 Klasifikasi Ikan Mas (*C. carpio* L)

Menurut Saptarini, (2010), penggolongan ikan mas berdasarkan Ilmu taksonomi hewan (sistem pengelompokan hewan berdasarkan bentuk tubuh dan sifat-sifatnya) dapat di Klasifikasikan sebagai berikut:

Kingdom	: Animalia
Filum	: Chordata
Subfilum	: Vertebrata
Super Kelas	: Pisces
Kelas	: Osteichthyes
Subkelas	: Actinopterygii
Ordo	: Cypriniformes
Subordo	: Cyprinoidea
Familia	: Cyprinidae
Genus	: <i>Cyprinus</i>
Spesies	: <i>Cyprinus carpio</i> L.

2.3.2 Morfologi Ikan Mas (*C. carpio* L)

Bentuk tubuh ikan mas agak memanjang dan memipih tegak (*compressed*). Mulutnya terletak di ujung tengah (*terminal*) dan dapat disembulkan (*protaktil*). Dibagian anterior mulut terdapat dua pasang sungut. Di ujung dalam mulut terdapat gigi kerongkongan (*pharyngeal teeth*) yang tersusun dari tiga baris gigi geraham. Hampir seluruh bagian tubuh ikan mas ditutupi sisik,

kecuali beberapa varietas yang memiliki sedikit sisik. Sisik ikan mas berukuran relatif besar dan digolongkan ke dalam sisik tipe lingkaran (*sikloid*), (Khairuman, *et al* 2008).

Sirip punggung (*dorsal*) berukuran memanjang dan bagian belakangnya berjari keras. Sementara itu, sirip ketiga dan keempat bergerigi. Letak sirip punggung berseberangan dengan permukaan sirip perut (*ventral*). Tipe sirip dubur (*anal*) mirip dengan sirip punggung, yakni berjari keras dan bergerigi. Garis rusuk atau gurat sisi (*linea lateralis*) pada bagian ikan mas tergolong lengkap, berada di pertengahan tubuh melintang dari tutup insang sampai ke ujung belakang pangkal ekor (Khairuman, *et al* 2008).

Secara morfologis ikan mas mempunyai bentuk tubuh agak memanjang dan memipih tegak. Mulut terletak diujung tengah dan dapat disembulkan. Bagian anterior mulut terdapat dua pasang sungut berukuran pendek. Secara umum, hampir seluruh tubuh ditutupi sisik dan hanya sebagian kecil saja yang tubuhnya tidak ditutupi sisik. Sisik berukuran relatif besar dan digolongkan dalam tipe sisik sikloid berwarna hijau, biru, merah, kuning kemasam atau kombinasi warna-warna tersebut sesuai dengan rasnya (Saptarini, 2010).



Gambar 3. **Morfologi Ikan Mas (*C. carpio* L)**

2.3.3 Habitat dan Penyebarannya

Ikan mas menyukai tempat hidup (*habitat*) di perairan tawar yang airnya tidak terlalu dalam dan alirannya tidak terlalu deras, seperti di pinggiran sungai atau danau. Ikan mas dapat hidup baik di daerah dengan ketinggian 150-600 meter di atas permukaan air laut (dpl) dan pada suhu 25-30 °C. Meskipun tergolong ikan air tawar, ikan mas terkadang di temukan di perairan payau atau muara sungai yang bersalinitas (kadar garam) 25-30% (Khairuman, *et al* 2008).

Ikan mas dapat hidup pada kisaran suhu 14 – 38 °C. Secara alami, ikan ini bisa memijah pada suhu 22 – 30 °C. Pemijahan yang baik pada suhu 25 – 30 °C. Pada suhu dibawah 14 °C dan diatas 38 °C, kehidupan ikan mas mulai terganggu dan akan mati pada suhu 6 °C dan 42 °C. Ikan mas juga bisa hidup di pegunungan. Di berbagai daerah di Indonesia, ikan mas bisa hidup di atas ketinggian 1000 di atas permukaan air laut. Jadi, ikan mas bisa hidup pada ketinggian 10 – 1.000 di atas permukaan air laut (Arie, 2008).

2.3.4 Makanan dan Kebiasaan Makan Ikan Mas (*C. carpio* L)

Ikan mas tergolong jenis *omnivora*, yakni ikan yang dapat memangsa berbagai jenis makanan, baik yang berasal dari tumbuhan maupun binatang renik. Namun, makanan utamanya adalah tumbuhan dan binatang yang terdapat didasar dan tepi perairan (Khairuman, *et al*, 2008).

Dilihat dari kebiasaan makanan (*food habit*), ikan dibagi dalam tiga golongan, yaitu ikan pemakan tumbuhan (*herbivora*), ikan pemakan hewan (*carnivora*) dan ikan pemakan segala (*omnivora*). Ikan mas termasuk omnivora atau ikan yang sepanjang hidupnya pemakan segalanya. Larva lebih suka makan *rotifera*, *protozoa*, dan udang-udangan, seperti *Moina* sp, dan *Daphnia* sp. Setelah berukuran 10 cm, makan *Chironomidae*, *Oligochaeta*, *Epemoridae*, *Tubificidae*, *Molusca*, dan bahan-bahan organik lainnya (Arie, 2008).

2.3.5 Padat Penebaran dan Kelulushidupan / Survival Rate (SR)

Padat penebaran benih adalah jumlah (*Biomassa*) benih yang ditebarkan persatuan luas atau volume. Padat penebaran benih akan menentukan tingkat intensitas pemeliharaan. Semakin tinggi padat penebaran benih yang berarti semakin banyak jumlah atau biomassa benih persatuan luas maka semakin intens tingkat pemeliharaannya. Pada padat penebaran yang tinggi, kebutuhan oksigen dan pakan juga besar, serta buangan metabolisme seperti feses, NH_3 , dan CO_2 juga banyak (Effendi, 2004).

Untuk mengetahui jumlah kepadatan ikan berdasarkan ukurannya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1: Jumlah Kepadatan Ikan Mas Berdasarkan Ukurannya

Ukuran Ikan	Jumlah air (liter/ekor Ikan)
< 2 cm	1,0
2-5 cm	1,5
6-9 cm	2,0
10-13 Cm	3,0
> 14 cm	4,0

(Sumber: Mulyana, 2008)

Penebaran benih dilakukan 5 - 7 hari setelah pemupukan dan makanan alami sudah tersedia didalam kolam. Benih ditebar ketika suhu sedang rendah, yakni pada pagi atau sore hari. Tujuan penebaran pada pagi atau sore hari adalah agar benih yang ditebarkan tidak mengalami stress (Khairuman *et al*, 2008). Jika benih yang digunakan berasal dari tempat lain, sebaiknya tidak langsung ditebarkan, tetapi perlu diadaptasikan terlebih dulu. cara pengadaptasian benih ikan sangat mudah, wadah pengangkutan benih dibiarkan terapung diatas permukaan air kolam 5-10 menit (Khairuman, *et al*, 2008). Bahwa kelulushidupan dipengaruhi oleh kondisi lingkungan secara alamiah. Setiap organisme mempunyai kemampuan untuk

menyesuaikan diri terhadap perubahan-perubahan yang terjadi di lingkungannya dalam batas tertentu atau disebut tingkat toleransi. Jika perubahan lingkungannya terjadi diluar kisaran toleransi organisme, maka cepat atau lambat organisme tersebut akan mati (Mulyana, 2008).

Ikan yang diproduksi di kolam akuaponik memiliki berat rata-rata sebesar 62,4 gram dengan nilai SR sebanyak 81,9% sedangkan ikan yang diproduksi di kolam konvensional memiliki berat rata-rata sebesar 53,6 gram dengan nilai SR sebanyak 49,9%. Hal ini dapat disimpulkan bahwa ikan yang diproduksi di kolam akuaponik 1,25 kali lebih besar dibandingkan ikan yang diproduksi di kolam konvensional (Saptarini, 2010).

2.3.6 Ekskresi dan Ammonia

Anonymous (2011^{lb}), Sistem ekskresi ikan seperti juga pada *vertebrata* lain, yang mempunyai banyak fungsi antara lain untuk regulasi kadar air tubuh, menjaga keseimbangan garam dan mengeliminasi sisa nitrogen hasil dari metabolisme protein. Alat pengeluaran ikan terdiri dari:

- Insang yang mengeluarkan CO₂ dan H₂O
- Kulit ; Kelenjar kulitnya mengeluarkan lendir sehingga tubuhnya licin untuk memudahkan gerak didalam air.
- Sepasang ginjal (Sebagian besar) yang mengeluarkan urine.

Air garam cenderung menyebabkan tubuh terdehidrasi, sedangkan pada kadar garam rendah dapat menyebabkan naiknya konsentrasi garam tubuh. Ginjal ikan harus berperan besar untuk menjaga keseimbangan garam tubuh. Beberapa ikan laut memiliki kelenjar ekskresi garam pada insang, yang berperan dalam mengeliminasi kelebihan garam. Ginjal berfungsi untuk menyaring sesuatu yang terlarut dalam air darah dan hasilnya akan dikeluarkan lewat *korpus renalis*.

Tubulus yang bergulung berperan penting dalam menjaga keseimbangan air (Anonymous, 2011^[b]).

Tingkatan spesifik dari ekskresi ammonia dengan peningkatan bobot tubuh merefleksikan tingkat metabolisme spesifik yang lebih rendah dalam tubuh hewan yang lebih besar. Selain itu, dalam kondisi yang sama kecepatan ekskresi ammonia secara signifikan lebih cepat pada ikan *L. Argentimaculatus* dibandingkan dengan *E. areolatus*, yang mengindikasikan proses pembentuk katabolisme (Anonymous 2011^[c]).

Toksisitas ammonia meningkat pada saat kelarutan oksigen rendah dan pengaruh racunnya menurun ketika terjadi peningkatan konsentrasi CO₂, sehingga ammonia jarang dijumpai pada perairan dengan kelarutan oksigen yang cukup. Ammonia bersifat toksik bagi biota perairan karena mengganggu proses pengikatan oksigen oleh darah. Ammonia yang bersifat toksik bagi sebagian besar biota perairan berkisar antara 0,60 – 2,00 mg/l (Anonymous 2011^[c]).

2.4 Kualitas Air

2.4.1 Suhu

Ikan dan crustacea adalah *poikilothermic* atau “berdarah dingin”. Hal ini berarti bahwa suhu badannya kira-kira sama dengan suhu air di sekitarnya. tentu saja, suhu air berubah setiap hari dan sesuai musim, sehingga suhu badan ikan dan *crustacea* juga sering berubah. Tingkat proses reaksi biokimia tergantung pada suhu (Andayani, 2005).

Hukum *Van't Hoffs*, menyatakan bahwa kenaikan suhu sebesar 10 °C (hanya pada kisaran suhu yang masih ditolerir) akan mengakibatkan laju metabolisme dari organisme sebesar 2-3 kali lipat. Akibat meningkatnya laju metabolisme, akan menyebabkan konsumsi oksigen meningkat, sementara dilain

pihak dengan naiknya suhu akan menyebabkan kelarutan oksigen dalam air menjadi berkurang (Barus, 2002).

Menurut Effendi (2000) Kecepatan metabolisme dan respirasi organisme air juga memperlihatkan peningkatan dengan naiknya suhu yang selanjutnya mengakibatkan peningkatan konsumsi oksigen. Peningkatan 10 °C suhu perairan meningkatkan konsumsi oksigen oleh organisme akuatik sekitar 2-3 kali lipat.

Peningkatan suhu ini dibarengi dengan menurunnya kadar oksigen terlarut di perairan, sehingga keberadaan oksigen di perairan kadang kala tak mampu memenuhi peningkatan oksigen yang dibutuhkan oleh organisme akuatik untuk metabolisme dan respirasi. Untuk mengetahui pengaruh suhu terhadap kelulushidupan ikan mas dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Pengaruh Suhu (°C) Terhadap Kelulushidupan Ikan Mas

Kisaran Suhu (°C)	Pengaruh Terhadap Kelulushidupan Ikan
5 – 10	Ikan tidak dapat hidup
10 – 15	Ikan tropis tidak dapat berkembang biak
15 – 20	Kecepatan metabolisme menurun
20 – 25	Ikan mas dapat tumbuh dengan normal
25 – 32	Ikan tropis tumbuh dengan baik
34 – 36	Suhu Lethal

(Sumber: Wibowo, 2002)

Suhu adalah salah satu syarat yang terpenting dalam akuarium. walaupun semua parameter lain sudah dapat dipenuhi, kesehatan ikan dan tanaman tidak akan optimal. Temperatur ideal untuk akuarium adalah 24-26 °C. Untuk menjaga agar suhu air stabil pada 25 °C, pemakaian sistem pendingin (*chiller*) diperlukan pada akuarium (Suryanata, 2007).

2.4.2 pH (Derajat Keasaman)

pH adalah cerminan dari derajat kemasaman yang diukur dari jumlah ion hidrogen menggunakan rumus umum $pH = -\text{Log} (H^+)$. Air murni terdiri dari ion H^+ dan OH^- dalam jumlah berimbang hingga pH air murni biasa 7. Makin banyak ion H^+ dan OH^- dalam jumlah berimbang hingga pH air murni biasa 7. Makin banyak ion OH^- dalam cairan makin rendah ion H^+ dan makin tinggi pH, cairan demikian disebut cairan alkalis. Sebaliknya makin banyak ion H^+ makin rendah pH dan cairan tersebut bersifat masam (Andayani, 2005).

Sebagian besar biota akuatik sensitif terhadap perubahan pH dan menyukai nilai pH sekitar 7-8,5. Nilai pH sangat mempengaruhi proses *biokimiawi* perairan, misalnya proses *nitrifikasi* akan berakhir jika pH rendah (Effendi, 2003). Menurut (Barus, 2002), Nilai pH yang ideal bagi kehidupan organisme air pada umumnya terdapat antara 7 sampai 8,5. Kondisi perairan yang bersifat sangat asam maupun sangat basa akan membahayakan kelangsungan hidup organisme karena akan menyebabkan terjadinya gangguan metabolisme dan respirasi.

Menurut Ghufran dan Kordi (2009) Hubungan antara pH Air dan Kehidupan ikan Budidaya dapat di lihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hubungan pH Air Terhadap Kelulushidupan Ikan Budidaya

Kisaran pH	Pengaruh Terhadap Kelulushidupan Ikan Budidaya
4 – 5	Air bersifat racun bagi ikan
4 – 6,5	Pertumbuhan Ikan terhambat dan ikan sangat sensitif terhadap bakteri dan parasit
6,5 – 9	Ikan mengalami pertumbuhan optimal
> 11	Pertumbuhan ikan terhambat

(Sumber: Ghufran dan Kordi, 2009)

Menurut Effendi (2000) pH juga berkaitan erat dengan karbondioksida dan alkalinitas. Pada $\text{pH} < 5$, alkalinitas bisa mencapai nol. Semakin Tinggi Nilai pH, semakin tinggi pula nilai alkalinitas dan semakin sedikit kadar karbondioksida bebas. Larutan bersifat asam (pH rendah bersifat korosif).

Menurut Izzati (2010) Nilai pH perairan merupakan parameter yang dikaitkan dengan konsentrasi karbon dioksida (CO_2) dalam ekosistem. Semakin tinggi konsentrasi karbon dioksida, pH perairan semakin rendah. Konsentrasi karbon dioksida ditentukan pula oleh keseimbangan antara proses fotosintesis dan respirasi. Fotosintesis merupakan proses yang menyerap CO_2 , sehingga dapat meningkatkan pH perairan tambak. Sedangkan respirasi menghasilkan CO_2 kedalam ekosistem, sehingga pH perairan menurun.

2.4.3 DO (*Oksigen Terlarut*)

Oksigen terlarut adalah oksigen yang terdapat di dalam air (dalam bentuk molekul oksigen, bukan dalam bentuk molekul hydrogen oksida) dan biasanya dinyatakan dalam mg/l (ppm). Adanya oksigen bebas ini sangat diperlukan oleh berbagai biota air (misalnya ikan hanya dapat hidup di air yang mempunyai kandungan oksigen bebas lebih besar 3 ppm). Oksigen bebas dalam air dapat berkurang bila dalam air terdapat kotoran atau limbah organik yang *degradable* (Mukti, 2008).

Menurut Irianto (2005), oksigen yang diperlukan ikan untuk katabolisme yang menghasilkan energi bagi aktivitas seperti berenang, reproduksi, dan pertumbuhan. Dengan demikian, konversi pakan dan laju pertumbuhan sangat ditentukan oleh ketersediaan oksigen disamping terpenuhinya faktor-faktor lainnya. Jumlah oksigen yang dikonsumsi ikan sangat tergantung pada laju metabolisme, suhu lingkungan, jumlah volume air dan padat penebaran. Pada

kondisi pemberian pakan normal, ikan membutuhkan oksigen yang lebih banyak dibandingkan saat ikan dipuasakan (Saptarini, 2010).

Di perairan tawar, kadar oksigen terlarut berkisar antara 15 mg/liter pada suhu 0 °C dan 8 mg/liter pada suhu 25 °C, sedangkan di perairan laut berkisar antara 11 mg/liter pada suhu 0 °C dan 7 mg/liter pada suhu 25 °C. Kadar oksigen terlarut pada perairan alami biasanya kurang dari 10 mg/liter (Effendi, 2003).

Menurut Effendi (2000) Sumber Oksigen terlarut bisa berasal dari difusi oksigen yang terdapat di atmosfer sekitar 35% dan aktivitas fotosintesis oleh tumbuhan air dan *fitoplankton*. Difusi oksigen atmosfer ke air bisa terjadi secara langsung pada kondisi air diam (*stagnant*) atau terjadi karena *agitasi* atau pergolakan massa air akibat adanya gelombang atau ombak dan air terjun. Tingkat pencemaran perairan berdasarkan nilai DO dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4: Tingkat Pencemaran Perairan Berdasarkan Nilai DO

Tingkat Pencemaran	Parameter
	DO (ppm)
Rendah	> 5
Sedang	0-5
Tinggi	0

(Sumber : Salmin 2005)

Kebutuhan oksigen untuk setiap jenis ikan sangat berbeda karena perbedaan sel darahnya. Ikan yang gesit seperti Barbus dan Silver Dolar umumnya lebih banyak membutuhkan oksigen. Sementara ikan *labirintisi* seperti lele, *catfish*, dan gurame yang dapat mengambil oksigen langsung dari udara tentunya kadar oksigen dalam air tidak terlalu berpengaruh pada kehidupannya. Secara teori, kadar oksigen terendah agar ikan bisa hidup dengan baik adalah lebih dari 5 mg/l (Lesmana, 2005). Pengaruh konsentrasi oksigen terlarut dalam air terhadap kehidupan ikan dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Pengaruh Oksigen Terlarut (mg/l) Terhadap Kelulushidupan Ikan Budidaya.

Kisaran Oksigen Terlarut (mg/l)	Pengaruh terhadap Kelulushidupan Ikan Budidaya
0 - 0,3	Ikan kecil bertahan hidup dalam waktu yang singkat
0,3 – 1,0	Mematikan ikan jika dibiarkan terlalu lama
1,0 – 5,0	Ikan bertahan hidup, tetapi pertumbuhannya lambat jika dibiarkan terlalu lama
> 5,0	Kisaran yang diinginkan

(Sumber: Wibowo 2002)

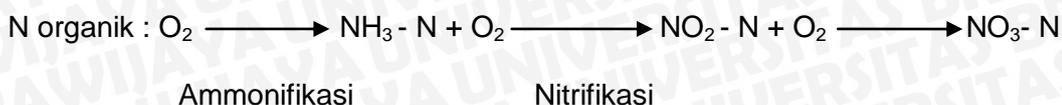
Edward dan Pulumahuny (2001) menyatakan bahwa, pada umumnya kandungan oksigen sebesar 5 ppm dengan suhu air berkisar antara 20-30 °C relatif masih baik untuk kehidupan ikan-ikan, bahkan apabila dalam perairan tidak terdapat senyawa-senyawa yang bersifat toksik (*tidak tercemar*) kandungan oksigen sebesar 2 ppm sudah cukup untuk mendukung kehidupan organisme perairan.

2.4.4 NH₃ (*Ammonia*)

Feses dari biota akuatik yang merupakan limbah aktivitas metabolisme juga banyak mengeluarkan ammonia. Ammonia bebas (NH₃) yang tidak terionisasi (*unionized*) bersifat toksik terhadap organisme akuatik. Toksisitas ammonia terhadap organisme akuatik akan meningkat jika terjadi penurunan kadar oksigen terlarut, pH, dan suhu (Effendi, 2003).

Menurut Effendi (2000) ammonia (NH₃) dan garam-garamnya bersifat mudah larut dalam air. Ion ammonium adalah bentuk transisinya. Sumber ammonia di perairan adalah hasil pemecahan nitrogen organik (protein dan urea) dan nitrogen anorganik yang terdapat dalam tanah dan air, berasal dari dekomposisi bahan organik (tumbuhan dan biota akuatik yang telah mati) yang

dilakukan oleh mikroba dan jamur dikenal dengan istilah ammonifikasi seperti terlihat pada persamaan reaksi.



Ammonia merupakan gas buangan terlarut hasil metabolisme ikan oleh perombakan protein, baik dari kotoran ikan sendiri maupun sisa pakan. Sisa pakan ini biasanya akan membusuk dan menyebabkan kadar ammonia meningkat. Secara Kimia, ammonia terdiri dari dua bentuk, yaitu unionized ammonia (UIA) atau NH_3 dan ionized ammonia (IA) atau NH_4^+ . Kadar UIA dalam air yang tinggi bisa membuat ikan mabuk atau keracunan (Lesmana dan Daelami 2009).

2.4.5 BOD (*Biological Oxygen Demand*)

BOD yang merupakan gambaran secara tidak langsung kadar bahan organik adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroba *aerob* untuk mengoksidasi bahan organik menjadi karbondioksida dan air. Dengan kata lain BOD menunjukkan jumlah oksigen yang dikonsumsi oleh proses respirasi mikroba *aerob* yang terdapat pada botol BOD yang di inkubasi pada suhu sekitar 20°C selama lima hari dalam keadaan tanpa cahaya (Effendi, 2000).

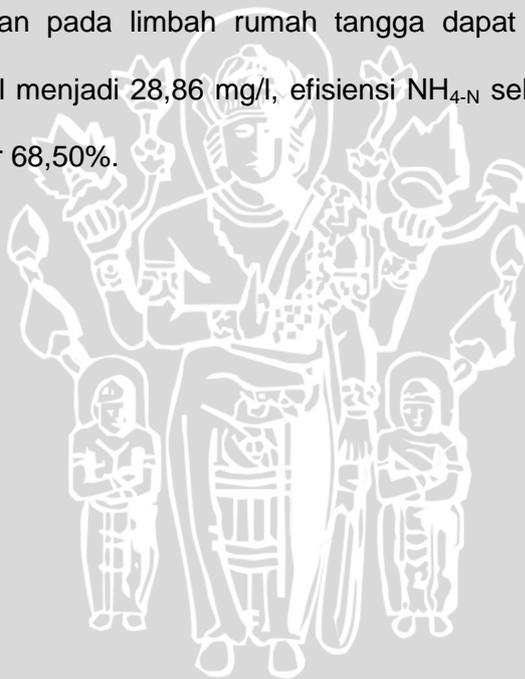
Pengukuran BOD didasarkan kepada kemampuan mikroorganisme untuk menguraikan senyawa organik, artinya hanya terdapat senyawa yang mudah diuraikan secara biologis seperti senyawa yang umumnya terdapat dalam limbah rumah tangga. Untuk produk-produk kimiawi seperti senyawa minyak dan buangan kimia lainnya akan sangat sulit atau bahkan tidak bisa diuraikan oleh mikroorganisme (Barus, 2002).

Tabel 6: Tingkat Pencemaran Perairan Berdasarkan Nilai BOD

Tingkat Pencemaran	Parameter
	BOD (ppm)
Rendah	0-10
Sedang	10-20
Tinggi	25

(Sumber : Salmin 2005)

Menurut Rossiana, *et al* (2007) Sistem lahan basah yang diterapkan pada limbah rumah tangga yang ditanami *Eichornia crassipes* (Mart.) Solms, *Phragmites communis* dan *Typha latifolia*, dapat mereduksi kadar padatan tersuspensi, BOD, N total, dan P total hingga 92-99%. Sistem lahan basah buatan yang diterapkan pada limbah rumah tangga dapat menurunkan nilai BOD₅ dari 229,54 mg/l menjadi 28,86 mg/l, efisiensi NH_{4-N} sebesar 90,54% dari efisiensi PO_{4-P} sebesar 68,50%.



3. MATERI DAN METODE PENELITIAN

3.1 Materi Penelitian

3.1.1 Bahan-bahan Penelitian

Bahan yang akan digunakan pada penelitian ini adalah :

- Benih Ikan Mas (*Cyprinus carpio* L) Ukuran Panjang Total 5 cm, 45 ekor x 15 = 675 ekor
- Air tawar
- Pakan ikan
- Kayu apu
- Pellet ikan
- Aquades
- Larutan Nesler
- $MnSO_4$
- $NaOH+KI$
- H_2SO_4
- Amylum 3-4 tetes
- Na-thiosulfat 0,025 N
- Kertas Saring

Beberapa bahan-bahan penelitian dapat dilihat pada Lampiran 1.

3.1.2 Alat-alat Penelitian

Peralatan yang digunakan pada penelitian adalah:

- Aquarium ukuran Tinggi 30 cm, Lebar 30 cm, Panjang 60 cm untuk tempat media Benih ikan mas dengan ketinggian air 25 cm.
- Aerator+batu aerasi+selang aerasi: untuk penyedia oksigen bagi benih ikan.
- Serokan: untuk mengambil ikan.
- Kalkulator: Alat Untuk Menghitung
- Buku: Tempat untuk mencatat
- Alat Tulis: Alat Untuk menulis
- Penggaris: Alat Untuk Mengukur
- Kamera: Untuk mengambil gambar penelitian
- Timbangan analitik: untuk menimbang pakan ikan dan ikan ketika sampling.
- Beaker glass: sebagai tempat sampel Amoniak saat uji kualitas air.
- Termometer: untuk mengukur suhu air sampel.
- Corong: alat untuk menuang bahan kimia pada buret.
- Pipet tetes: untuk mengambil indikator PP.
- Gelas ukur: untuk mengukur sampel.
- Pipet volume: untuk mengambil bahan kimia dalam volume tertentu.
- pH meter: untuk mengukur pH air.
- DO meter: alat untuk mengukur DO.
- Tabung reaksi: untuk tempat air sampel.
- Spektrofotometer: alat untuk mengukur kandungan ammonia.

Beberapa gambar alat-alat penelitian dapat dilihat pada Lampiran 2.

3.2 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen dimana percobaan yang ditujukan untuk melihat suatu hasil yang menggambarkan hubungan kausal dari variabel-variabel yang diselidiki. Penelitian eksperimen adalah penelitian yang dilakukan dengan mengadakan manipulasi terhadap objek penelitian dengan syarat adanya kontrol (Natzir, 1998).

Dalam percobaan yang dilakukan pada kondisi/lingkungan homogen (Serba sama) seperti di laboratorium dan rumah kaca standar, atau di lapangan yang data hasil percobaannya diperkirakan bervariasi lebar seperti dalam fluktuasi erosi tanah (termasuk peubah-peubah terkait, misalnya kadar hara dan partikel terlarut), serta fluktuasi populasi mikrobia (fungi, bakteri, dan lain-lain) yang tidak memerlukan galat (*error*) kecil, maka rancangan yang sesuai adalah rancangan lingkungan homogen yang disebut Rancangan Acak Lengkap (*RAL*) (Hanafiah, 2005).

3.3 Rancangan Penelitian

Rancangan percobaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap (*RAL*) yaitu rancangan yang digunakan untuk percobaan yang mempunyai media atau tempat percobaan yang seragam atau homogen, sehingga banyak digunakan untuk percobaan di laboratorium. Menurut (Hanafiah, A, 2005), pada *RAL* ini, data hasil percobaan *Y* dinyatakan dalam model matematik.

$$Y = \mu + T + \epsilon$$

Keterangan :

Y = nilai pengamatan dari perlakuan

μ = nilai tengah umum

T = pengaruh perlakuan

ϵ = pengaruh gallat dari perlakuan

Perlakuan dalam penelitian ini sebanyak 4 perlakuan dengan 1 kontrol dan ulangan 3 kali, yaitu:

K = Kontrol, tanpa menggunakan Kayu apu (0%)

A = Perlakuan dengan pemberian Kayu apu (25%)

B = Perlakuan dengan pemberian Kayu apu (50%)

C = Perlakuan dengan pemberian Kayu apu (75%)

D = Perlakuan dengan pemberian Kayu apu (100%)

Dalam perlakuan ini masing-masing perlakuan diberi ulangan sebanyak 3 kali. Denah percobaan dapat dilihat pada Gambar 4 :

K 2	D 1	B 2	A 3	C 3
A 1	C 1	D 2	K 1	B 3
B 1	K 3	A 2	C 2	D 3

Gambar 4. Denah Percobaan Penelitian

Keterangan:

A, B, C, dan D = Perlakuan

1, 2 dan 3 = Ulangan

K = Kontrol

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Persiapan Penelitian

a. Persiapan Wadah dan Peralatan

Persiapan wadah dan peralatan dilakukan seminggu sebelum penelitian dilaksanakan yang terdiri dari :

1. Mempersiapkan akuarium percobaan ukuran Tinggi 30 cm, Lebar 30 cm dan Panjang 60 cm yang digunakan untuk penelitian sebanyak 15 buah kemudian dicuci dengan menggunakan sabun dan dibilas dengan air lalu dikeringkan selama 2-3 Jam.
2. Mempersiapkan Kayu apu dengan jumlah yang telah ditentukan yaitu 100%, 75%, 50%, 25%.
3. Mempersiapkan hewan coba yaitu ikan mas dengan jumlah dan ukuran yang telah ditentukan yaitu 45 ekor benih ikan mas pada tiap akuarium dengan ukuran masing-masing 5 cm dan bobot benih ikan mas , \pm 28 gr beserta pakannya yaitu pellet F999 dengan pemberian pakan 3% tiap pagi hari dan sore hari.
4. Menyiapkan alat-alat dan aerator/blower yang akan digunakan untuk penelitian.

b. Adaptasi Terhadap Hewan Uji

Sebelum penelitian, ikan mas terlebih dahulu diadaptasikan (*diaklimatisasi*) terhadap kondisi lingkungan yang baru dengan cara dipelihara pada wadah akuarium berukuran 30 x 30 x 60 cm dan diberi pakan berupa pellet selama 1 minggu.

c. Pengukuran Kualitas Air

Parameter kualitas air sebagai pendukung dalam penelitian meliputi; suhu, pH, DO (*Dissolved Oxygen*), BOD (*Biological Oxygen Demand*), NH₃ (*Ammonia*) diukur sebelum dan sesudah perlakuan.

1. Suhu

Menurut Subarijanti (1990), pengukuran suhu adalah sebagai berikut

- Pengukuran suhu dilakukan dengan cara mencelupkan thermometer ke dalam air dan ditunggu sampai beberapa saat sampai air raksa dalam thermometer menunjuk/berhenti pada skala tertentu.
- Kemudian kita catat pada skala berapa air raksa tersebut berhenti.
- Biasanya dipakai satuan $^{\circ}\text{C}$

2. pH (*Derajat Keasaman*)

pH diukur menggunakan pH meter dengan prosedur :

- *Probe* disambungkan terlebih dahulu sebelum digunakan.
- *Probe* dimasukkan ke dalam air sampel yang diukur.
- Tombol ON ditekan, ditunggu sampai muncul angka pada layar pH meter.
- Angka yang muncul ditunggu sampai posisi stabil.
- Setelah selesai, tekan tombol OFF untuk mematikan alat.
- *Probe* dicuci akuades lalu ditutup.

3. DO (*Oksigen Terlarut*)

Menurut Alaerts dan Santika (1984), pengukuran BOD adalah sebagai berikut:

- Kedalam sampel yang sudah ada di dalam botol Winkler tambahkan dengan pipet 2 ml larutan mangan sulfat dibawah permukaan cairan.
- Kemudian tambahkan 2 ml larutan alkali-iodida-azida dengan pipet yang lain. Botol ditutup dengan hati-hati untuk mencegah terperangkapnya udara dari luar, kemudian dikocok dengan membolak-balikkan botol beberapa kali.
- Biarkan gumpalan mengendap selama 10 menit.

Bila proses pengendapan sudah sempurna, maka bagian larutan yang jernih dikeluarkan dari botol dengan menggunakan pipet; sebanyak lebih kurang 100 ml dipindahkan kedalam erlenmeyer 500 ml.

- Tambahkan 2 ml H_2SO_4 pekat, pada sisa larutan yang mengendap dalam botol Winkler yang dialirkan melalui dinding bagian dalam dari leher botol; kemudian botol segera ditutup kembali.
- Botol digoyangkan dengan hati-hati sehingga semua endapan melarut. Seluruh isi botol dituangkan secara kuantitatif kedalam erlenmeyer 500 ml tadi di butir 3.
- Iodin yang dihasilkan dari kegiatan tersebut, kemudian dititrasi dengan larutan tiosulfat 0,025 N sehingga terjadi warna coklat muda.
- Tambahkan indikator kanji 1-2 ml akan timbul warna biru). Titrasi dengan tiosulfat dilanjutkan, sehingga warna biru hilang *pertama kali* (setelah beberapa menit akan timbul lagi).
- Untuk menaikkan ketelitian analisa, diharap membuat duplikat setiap analisa.

- Rumus Perhitungan

$$\text{OT} = \frac{a \cdot N \cdot 8000}{V - 4}$$

$$V - 4$$

OT = oksigen terlarut (mg O_2/l);

a = volum titran natriumtiosulfat (ml);

N = Normaliti larutan natriumtiosulfat (ek/l);

V = Volum botol Winkler (ml).

4. BOD (*Biological Oxygen Demand*)

Menurut Tebbutt (1977) dalam Subarijanti (1990), pengukuran BOD adalah sebagai berikut:

- Contoh air diencerkan 1:3 atau 5-10 kali tergantung kondisi perairannya dengan aquades jenuh oksigen yaitu yang telah diaerasi 5-30 menit.
- Contoh air yang sudah diencerkan dibagi dua. Sebagian dimasukkan dalam botol BOD gelap (D_2).
- Botol terang (D_1) langsung difiksasikan dengan $MnSO_4$ 2 ml dari $NaOH$ + Kj 2 ml, dikocok dan setelah terjadi endapan coklat ditambah H_2SO_4 1 ml sampai endapan coklat larut (hilang) air berwarna kuning kemudian dititrasi dengan 0,025 M $Na_2S_2O_3$ dan diberi 2-3 tetes starch sebagai indikator.
- Botol gelap (D_2) diinkubasi dalam inkubator $20^\circ C$ selama 5 hari.
- Setelah 5 hari diukur oksigennya sama seperti D_1 .

Perhitungan:

$$O_2(\text{mg/l}) = \frac{\text{ml titran} \times N \times 8.000}{V - 4}$$

$$V - 4$$

Keterangan : N = normalitas $Na_2S_2O_3$

V = volume botol BOD

$$BOD_5 = D_1 - D_2$$

Dimana : $BOD_5 = BOD$ 5 hari

D_1 = O_2 (mg/l) dalam botol gelap yang telah diinkubasi selama 5 hari.

5. NH₃ (Ammonia)

Pembuatan larutan baku ammonium NH₄-N (Departemen Pekerjaan Umum, 1990).

- Pipet 0, 250, 500, 1000 dan 2000 µl larutan induk ammonium dan masukkan masing-masing ke dalam labu ukur 500 ml.
- Tambahkan air suling sampai tepat pada tanda tera sehingga diperoleh kadar amonium sebesar 0,0; 0,5; 1,0; 2,0 dan 4,0 mg/l NH₄-N.

Cara uji

- Pipet 50 ml benda uji kemudian masukkan ke dalam labu erlenmeyer 100 ml.
- Tambahkan 1 ml larutan Nessler, kocok dan biarkan larutan tersebut bereaksi selama ≥ 10 menit.
- Masukkan ke dalam kuvet pada alat spektrofotometer, baca dan catat serapan masuknya. (panjang gelombang. 425 nm)

3.4.2 Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian dimulai pada bulan April 2011 – Mei 2011 dengan tahap-tahap sebagai berikut :

- a. Pengisian Air Tawar pada Akuarium yang telah disiapkan.
- b. Pengukuran kualitas air pada akuarium percobaan sebelum dilakukan perlakuan (Suhu, pH, DO, NH_{3-N}, BOD).
- c. Memasukkan benih ikan mas 45 ekor dengan ukuran 5 cm, serta Kayu apu 100%, 75%, 50%, 25% pada wadah akuarium percobaan. Untuk kontrol diisi air tawar tanpa menggunakan kayu apu dan hanya menggunakan benih ikan.

- d. Memberi makan berupa pellet untuk benih ikan mas setiap pagi dan sore hari sebanyak 5% dari berat total tubuhnya. Kandungan pellet yaitu protein min 30%, lemak min 3%, serat max 4%, vitamin A, D3, E, B1, B2, B6, B12.
- e. Pengukuran kualitas air pada akuarium percobaan dilakukan tiap 7 hari sekali untuk, $\text{NH}_3\text{-N}$, BOD dan setiap hari untuk pH, Suhu, DO.
- f. Mengamati Kematian benih ikan mas setiap hari.

Alat, bahan dan waktu pengukuran dapat dilihat pada Tabel 8. Berikut.

Tabel 8. Metode Pengukuran Penelitian

No.	Pengukuran	Alat-alat	Bahan	Waktu Pengukuran
1.	Suhu	Termometer	-	Setiap hari
2.	pH	pH meter	-	Setiap hari
3.	DO	DO meter	-	Setiap hari
4.	$\text{NH}_3\text{-N}$	Alat ukur kualitas air + <i>spectofotometer</i>	- Larutan Nesler	7 hari sekali
5.	BOD_5	Alat Kualitas Air+Botol DO Gelap	- MnSO_4 - $\text{NaOH}+\text{KI}$ - H_2SO_4 - Amylum 3-4 tetes - Na-thiosulfat 0,025 N	7 hari sekali
6.	Laju Kelulushidupan ikan	Pengamatan Langsung+Jaring+alat tulis+buku+kalkulator +kamera	-	Setiap Hari

3.5 Parameter Uji

3.5.1 Parameter Utama

a. Kandungan Ammonia

Parameter utama untuk pengukuran kandungan ammonia di Analisa tiap tujuh hari sekali.

b. SR (Kelulushidupan)

Menurut Effendie (1997), *Survival Rate* atau kelulushidupan ikan adalah perbandingan jumlah ikan yang hidup di awal dan akhir pembesaran. Rumus yang digunakan untuk menghitung SR adalah sebagai berikut (Saptarini, 2010).

$$SR = \frac{N_t}{N_0} \times 100\%$$

Keterangan :

SR = Kelulushidupan ikan (%)

N_t = Jumlah ikan yang hidup di akhir penelitian (ekor)

N_0 = Jumlah ikan yang hidup di awal penelitian (ekor)

3.5.2 Parameter Penunjang

Kualitas Air

Parameter penunjang yang dilakukan adalah Pengukuran kualitas air yang meliputi Suhu ($^{\circ}\text{C}$), pH, DO (mg/l), BOD (mg/l) di dalam setiap wadah pemeliharaan. Pengukuran suhu, pH, dan DO dilakukan setiap hari, sedangkan pengukuran, BOD dilakukan setiap 7 hari sekali.

3.6 Analisa Data

Data yang diperoleh dari hasil penelitian, dianalisa secara statistik dengan menggunakan analisa keragaman (ANOVA) sesuai dengan rancangan yang digunakan yaitu rancangan acak lengkap (RAL). Apabila dari data sidik ragam diketahui bahwa perlakuan menunjukkan pengaruh yang berbeda nyata (*significant*) atau berbeda sangat nyata (*highly significant*), maka untuk membandingkan nilai antar perlakuan dilanjutkan dengan uji BNT (beda nyata terkecil).

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

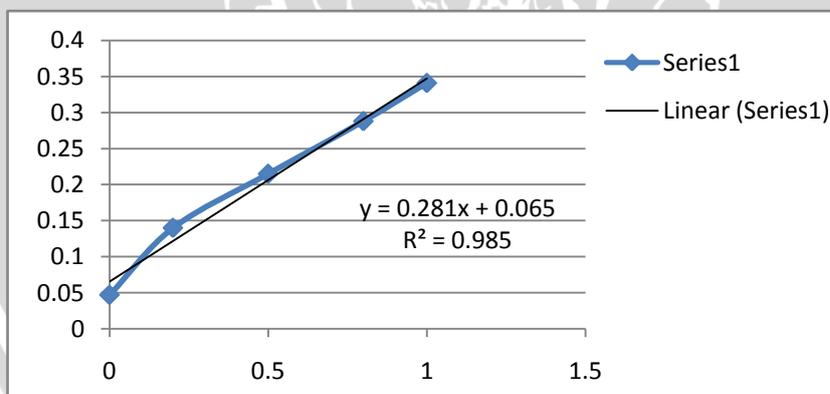
4.1 NH₃ (Ammonia)

Berdasarkan pengamatan ammonia selama penelitian (Lampiran 4) didapat hasil rata-rata Ammonia dan dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Data pengamatan Ammonia (mg/l)

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-Rata± SD
	1	2	3		
K (Kontrol)	0,41	0,4	0,38	1,19	0,39±0,01
A (25%)	0,33	0,31	0,34	0,98	0,32±0,01
B (50%)	0,31	0,37	0,31	0,99	0,33±0,03
C (75%)	0,34	0,3	0,33	0,97	0,32±0,02
D (100%)	0,1	0,17	0,15	0,42	0,14±0,04
Total				4,55	

Pada penelitian ini didapatkan kurva regresi pengukuran ammonia selama penelitian dapat dilihat pada (Gambar 5) maka didapatkan hasil analisa dengan Tabel 9.



Gambar 5. Kurva Regresi Pengukuran Ammonia Selama Penelitian

Berdasarkan data nilai rata-rata untuk pengukuran Ammonia pada pengaruh Kayu Apu (*P. stratiotes*, L) pada perlakuan A= 25% (0,32 mg/l), B= 50% (0,33 mg/l), C= 75% (0,32 mg/l), D= 100% (0,14 mg/l) untuk K=0% Ammonia rata-ratanya yaitu (0,39 mg/l). Dari Perlakuan D terlihat bahwa ammoniannya sangat rendah ini disebabkan karena pada saat melakukan

penelitian nafsu makan ikan sangat tinggi sekali daripada perlakuan A, B, C dan K. Yang mana pada perlakuan A, B, C, K banyak sisa pakan yang tidak termakan ikan akibatnya akan terjadi penumpukan ammonia dan tanaman tersebut akan sedikit menyerap ammonia jika sisa pakan dan feses banyak di perairan tersebut. Toksisitas ammonia terhadap organisme akuatik akan meningkat jika terjadi penurunan kadar oksigen terlarut, pH, dan suhu (Effendi, 2003).

Selanjutnya dari data dilakukan uji keragaman. Hasil uji keragaman dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Uji Keragaman Ammonia

Sumber Keragaman	Db (Derajat bebas)	JK (Jumlah kuadrat)	KT (Kuadrat tengah)	Fhitung	F5%	F1%
Perlakuan	4	0,11	0,027783333	40,857843**	3,48	5,99
Acak	10	0,01	0,00068			
Total	14	0,12				

Pada Tabel uji sidik ragam Ammonia dapat dilihat bahwa hasil F Hitung 40,857. Hasil itu artinya berbeda sangat nyata karena nilai F Hitung lebih besar dari F 1%. Hal ini berarti H_1 diterima dan H_0 ditolak, sehingga perlu dilanjutkan uji BNT yang dapat dilihat pada Tabel 11.

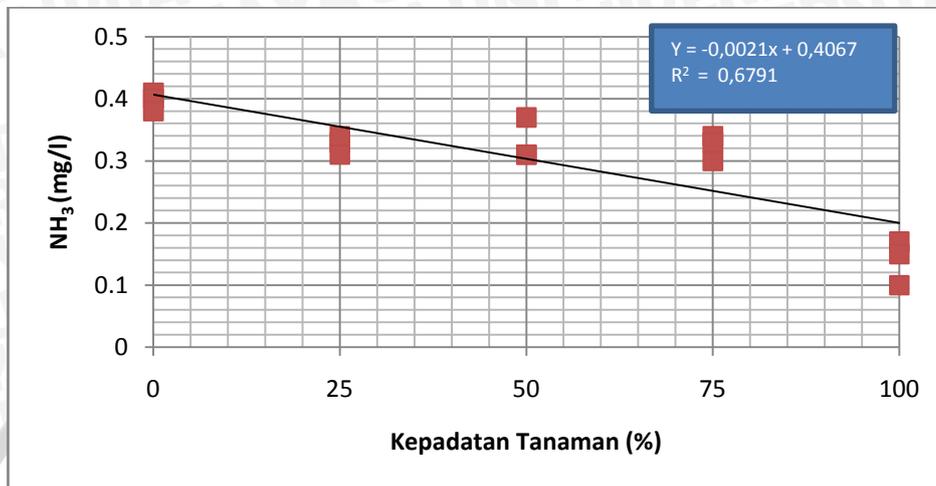
Tabel 11. Uji BNT untuk Ammonia

Rata-Rata Perlakuan	D(0,14)	C(0,32)	A(0,32)	B(0,33)	K(0,39)	Notasi
D(0,14)	-	-	-	-	-	a
C(0,32)	0,2*	-	-	-	-	b
A(0,32)	0,21*	0,01*	-	-	-	b
B(0,33)	0,22*	0,02*	0,01*	-	-	b
K(0,39)	0,77**	0,57**	0,56**	0,55**	-	c

Kesimpulan : Urutan Perlakuan Terbaik yaitu $D \rightarrow C \rightarrow A \rightarrow B \rightarrow K$

Dilihat pada Tabel 14 di atas bahwa perlakuan D mempunyai Ammonia paling rendah dan di ikuti C lalu diikuti perlakuan A, kemudian perlakuan B dan perlakuan K mempunyai Ammonia paling tinggi. Hasil analisa regresi Ammonia

diperoleh hasil regresi linier dengan persamaan $y = -0,0021x + 0,4067$ dengan nilai $R^2 = 0,6791$ dengan nilai Determinan = 67,91% dan nilai korelasi r sebesar 0,8240 (Gambar 5).



Gambar 6. Grafik Linier Ammonia Selama Penelitian

Berdasarkan Gambar 5 diatas didapat grafik linear dengan persamaan garis lurus $y = ax + b$ untuk nilai $y = 25\%$ $x = -11,711$, $y = 50\%$ $x = -23,615$, $y = 75\%$ $x = -35, 520$, $y = 100\%$ $x = -47,425$ $y = 0\%$ $x = 193,666$ menunjukkan perlakuan 100% penyerapannya sangat tinggi sekali sedangkan perlakuan 50% dan 25% kurang bagus dalam menyerap ammonia dan untuk yang 75% penyerapan ammonia tidak jauh berbeda dengan perlakuan 50% dan 25% sedangkan yang paling jelek adalah 0% yang mana ammonia tidak berkurang dan ikan yang dipelihara banyak yang mati karena kandungan ammonia tinggi.

Secara umum peningkatan nilai persen penurunan kandungan ammonia dipengaruhi jumlah rumpun. Semakin banyak jumlah rumpun maka semakin banyak akar yang menyerap ammonia didalam air tersebut. Total efisiensi penyerapan ammonia maksimum diperoleh sebesar 33,101 – 76,423% (Djenar dan Budiastuti, 2008).

Mekanisme penyerapan bahan organik oleh tanaman air melalui proses fitovolatilisasi yaitu tanaman menyerap air yang mengandung kontaminan organik melalui akar, diangkut ke bagian daun, dan mengeluarkan kontaminan yang sudah didetoksifikasi ke udara melalui daun (Ningrum, 2011).

Mekanisme penyerapan ini berlangsung sebagai berikut: (1) Saat akar tanaman menyerap unsur hara dalam bentuk kation (K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , dan NH_4^+) maka dari akar akan dikeluarkan kation H^+ dalam jumlah yang setara, serta (2) Saat akar tanaman menyerap unsur hara dalam bentuk anion (NO_3^- , $H_2PO_4^-$, SO_4^-) maka dari akar akan dikeluarkan HCO_3^- dengan jumlah yang setara. Selain air dan cahaya matahari tanaman juga membutuhkan unsur hara, bahkan sebagian unsur hara bersifat esensial bagi tanaman yakni mempunyai fungsi khusus, mempunyai peran secara langsung, dan fungsinya tidak bisa digantikan oleh unsur hara lainnya (Rivando, 2011).

Penyerapan unsur - unsur hara oleh kayu apu dilakukan oleh bulu - bulu akar. Penyerapan terjadi karena adanya perbedaan konsentrasi air pada media hidup dengan air dalam jaringan tanaman. Kayu apu mempunyai akar banyak dan dipenuhi bulu-bulu akar yang halus dan lebat. Akar tersebut menjadi pertumbuhan bagi mikroorganisme *rizhofera*, sehingga demikian penanaman kayu apu dapat meningkatkan mikroorganisme yang berperan dalam penguraian bahan-bahan organik (Rahmatullah, 2008)

Daun - daun kayu apu dapat menghalangi sinar matahari menembus permukaan air, sehingga pertumbuhan masal alga dapat dicegah. Dengan demikian dengan adanya ruang kosong antar sel sebagai alat transportasi oksigen dari daun ke bagian akar. Selanjutnya oksigen yang keluar dari daun dan perakaran tersebut akan merangsang kerja mikroorganisme (Rahmatullah, 2008).

Menurut Saptarini (2010), toksisitas ammonia terhadap organisme akuatik akan meningkat jika terjadi penurunan kadar oksigen terlarut serta peningkatan pH dan suhu air. Nilai $pH > 7$, ammonia tidak terionisasi yang bersifat toksik terdapat dalam jumlah yang lebih banyak. Kadar ammonia yang tidak terionisasi pada perairan tawar sebaiknya tidak lebih dari 0,02 mg/l, kondisi tersebut mengakibatkan perairan bersifat toksik bagi beberapa jenis ikan, adapun toksisitas akut pada ikan mas sebesar 2,0 mg/l.

Menurut Andayani (2005), pH pada kolam menunjukkan siklus harian karena fotosintesis. Konsentrasi total ammonia mungkin tetap stabil, tetapi konsentrasi ammonia dapat bervariasi antara 1 mg/liter atau lebih karena perubahan pH. Oleh karena itu sangat sulit untuk menggunakan data toksisitas yang didapat dari laboratorium diaplikasikan pada kondisi kolam. Organisme jarang mati oleh ammonia pada sistem budidaya, tetapi yang pasti, ammonia adalah faktor penting dalam mengatur kesehatan dan pertumbuhan hewan air dalam sistem kultur semi-intensif dan intensif. Level aman ammonia untuk budidaya ikan adalah 0,012 mg/liter.

4.2 Kelulushidupan Benih Ikan Mas (*Cyprinus carpio* L)

Berdasarkan pengamatan pada perlakuan pengaruh kayu apu (*Pistia stratiotes*, L) sebagai fitoremediasi maka diperoleh kelulushidupan benih ikan mas (*Cyprinus carpio*, L)

Tabel 12. Data Kelulushidupan Benih Ikan Mas Pada Akhir Penelitian (%)

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-Rata± SD
	1	2	3		
K (Kontrol)	45,63	44,51	41,78	131,92	43,97±1,98
A (25%)	60,33	57,48	54,70	172,51	57,50±2,81
B (50%)	52,06	54,70	54,70	161,46	53,82±1,52
C (75%)	57,48	54,70	54,70	166,88	55,62±1,60
D (100%)	54,70	53,37	58,89	166,96	55,65±2,88
Total				799,73	

Keterangan:

K: kontrol (Air+benih ikan mas)

Tabel 12 di atas dapat dilihat bahwa rata-rata kelulushidupan benih ikan mas tertinggi yaitu pada perlakuan A= 25% sebesar 57,50%, diikuti perlakuan D= 100% sebesar 55,65%, kemudian perlakuan C= 75% sebesar 55,62% dan terendah yaitu perlakuan B= 50% sebesar 53,82%. Pada K= 0% rata-ratanya yaitu 43,97% Pada perlakuan A didapat hasil kelulushidupan yang besar karena pengaruh kayu apu yang paling tinggi ada pada perlakuan A. Sedangkan pada kontrol kelulushidupannya sangat rendah karena mediana adalah air sumur/tanah tanpa menggunakan kayu apu, dan akan terjadi penumpukan ammonia dan sisa pakan sehingga ikan akan mengalami keracunan ammonia didalam perairan tersebut.

Sedangkan menurut Lesmana (2005) menyatakan bahwa kadar ammonia terukur yang dapat membuat ikan mati adalah lebih dari 1 ppm (1mg/l) dan nitrit lebih dari 0,1 ppm (0,1 mg/l). Bila kadarnya kurang dari kadar tersebut, tetapi lebih dari setengahnya maka dalam jangka lama ikan akan stress, sakit dan pertumbuhannya kurang bagus. Walaupun demikian, kondisi tersebut masih sangat bergantung pada jenis, stadia dan ukuran ikan. Umumnya ikan dalam stadia telur, larva, dan benih lebih sensitif dibanding ikan remaja dan dewasa.

Sedangkan rata-rata kelulushidupan benih ikan mas tertinggi yaitu pada perlakuan D= 100% sebesar 80%, diikuti perlakuan C= 75% sebesar 57,78%,

kemudian perlakuan B= 50% sebesar 33,33% dan terendah yaitu perlakuan A= 25% sebesar 15,55%. Pada kontrol 1 rata-ratanya yaitu 91,11% dan kontrol 2 sebesar 8,89%. Pada perlakuan D didapat hasil kelulushidupan yang besar karena pengaruh kerapatan eceng gondok yang paling tinggi ada pada perlakuan D (Ningrum, 2011). Selanjutnya dari data dilakukan uji keragaman, diperoleh hasil yang bisa dilihat pada Tabel 13.

Tabel 13. Uji Keragaman Kelulushidupan Benih Ikan Mas

Sumber keragaman	db (Derajat Bebas)	JK (Jumlah Kuadrat)	KT (Kuadrat Tengah)	F Hitung	F5%	F1%
Perlakuan	4	347,63	86,9066	17,3502106**	3,48	5,99
Acak	10	50,09	5,00897	-	-	-
Total	4	397,72	-	-	-	-

Keterangan: ** artinya berbeda sangat nyata

Pada Tabel 13 di atas dapat dilihat bahwa hasil F Hitung 17,350. Hasil itu artinya berbeda sangat nyata karena nilai F Hitung lebih besar dari F 1% sehingga adanya pengaruh yang sangat nyata dalam pengaruh kayu apu yang berbeda pada kelulushidupan benih ikan. Berbeda sangat nyata terjadi antar perlakuan karena nilai F Hitung > F 1%. Hal ini berarti H_1 diterima dan H_0 ditolak, sehingga perlu dilanjutkan uji BNT yang dapat dilihat pada Tabel 14.

Tabel 14. Uji BNT untuk Kelulushidupan Benih Ikan Mas (%)

Perlakuan	A (57,50)	D (55,65)	C(55,62)	B(53,82)	K (43,97)	Notasi
A (57,50)	-	-	-	-	-	a
D (55,65)	2,9633*	-	-	-	-	a
C (55,62)	2,9637*	-	-	-	-	a
B (53,82)	5,9267**	2,9633*	2,9633*	-	-	a
K (43,97)	22,963**	20**	20**	5,676*	-	b

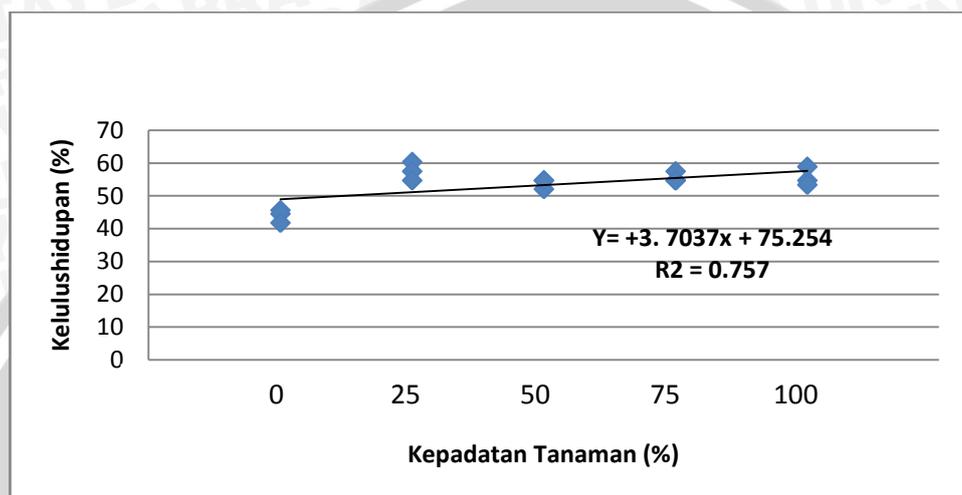
Keterangan: ns : non significant (tidak berbeda nyata)

* : berbeda nyata

** : sangat berbeda nyata

Dilihat pada Tabel 14 di atas bahwa perlakuan A mempunyai kelulushidupan benih ikan mas yang paling tinggi, lalu diikuti perlakuan C,

kemudian perlakuan D dan terendah perlakuan B. Dari Perhitungan Hasil analisa regresi (Gambar 4) diperoleh hasil regresi linear dengan persamaan $y = -3,7037x + 75,254$ dengan nilai $R^2 = 0,757$ Determinasi 75,7% dan nilai korelasi r sebesar 0,870. Untuk lebih jelasnya kelulushidupan benih ikan mas disajikan pada Gambar 6 di bawah ini.



Gambar 7. Grafik Linier Kelulushidupan Benih Ikan Mas

Persamaan regresi linier pada Gambar 6 di atas merupakan regresi linier yang berarti semakin banyak jumlah kayu apu maka semakin tinggi kelulushidupan benih ikan mas. Atau dengan kata lain semakin banyak kayu apu yang diberikan maka kandungan ammonia akan berkurang sehingga kelulushidupan benih ikan mas akan tinggi. Ini dikarenakan ikan yang dipelihara pada wadah terkontrol dengan kepadatan yang sangat tinggi. tetapi adanya penurunan konsentrasi ammonia dan feses yang signifikan setelah perlakuan dengan menggunakan kayu apu menunjukkan bahwa tumbuhan kayu apu tersebut mampu menurunkan konsentrasi kandungan ammonia dan feses yaitu melalui penyerapan akar tumbuhan tersebut.

Tingkat kelulushidupan dipengaruhi oleh beberapa faktor. Faktor pertama yaitu kualitas air. Kualitas air yang baik pada media pemeliharaan akan mendukung proses metabolisme dalam proses fisiologi. Faktor kedua adalah

kandungan nutrisi dari pakan yang dikonsumsi. Ketidakterseediaannya pakan pada stadia awal dari larva akan mengakibatkan kematian. Hal ini disebabkan oleh habisnya cadangan makanan (kuning telur) pada tubuh larva Udang dan Ikan. (Anonymous, 2011^[d]).

Sumoharjo, (2010) juga menyatakan bahwa tingkat pemberian pakan, komposisi nutrisi pakan, cara makan ikan, dan struktur pakan mempengaruhi jumlah limbah nutrisi yang dihasilkan, hal ini terkait dengan tingkat pencernaan pakan dan residu pakan akibat tercuci (*leaching*) karena tidak termakan.

Ikan mas memerlukan makanan buatan yang mengandung 36 – 40% protein, kadar lemak 8 – 10%, karbohidrat 10 – 20% serta mineral dan vitamin kurang lebih 1% memberi makan pagi hari dan sore hari sebanyak 3% dari berat total tubuhnya dan ukuran ikan 5 cm dengan berat \pm 28 gram/ekor . Pemberian makanan yang berlebihan akan menyebabkan pencernaan yang tidak sempurna sehingga mempengaruhi kelulushidupan dan pertumbuhan.

Menurut Nasution (2008), padatan didalam air terdiri dari bahan organik maupun anorganik yang larut, mengendap maupun tersuspensi. Bahan ini akan mengendap pada dasar air, yang lambat laun akan menimbulkan pendangkalan pada dasar wadah penerima. Akibat lain dari padatan ini adalah tumbuhnya tanaman air tertentu dan dapat menjadi racun bagi makhluk hidup lain.

Kekurangan oksigen dapat menyebabkan mortalitas ikan. Pada dasarnya konsentrasi oksigen terlarut 5 mg/l merupakan kandungan oksigen yang dianjurkan untuk kesehatan ikan yang optimum. Sensitivitas terhadap kadar oksigen terlarut yang rendah sangat spesifik untuk tiap jenis ikan. Pada umumnya, apabila kandungan oksigen terlarut turun menjadi 3-4 mg/l, ikan akan mengalami stres. Secara umum kematian ikan akibat kekurangan oksigen terlarut dalam air dapat dikenali dari beberapa hal, antara lain ikan mati pada waktu hampir bersamaan (umumnya pada malam hari atau menjelang fajar), ikan

yang berukuran besar lebih terpengaruh dibandingkan yang kecil, ikan yang sekarat tampak di permukaan mencoba mencari oksigen dari udara, ikan yang mati menunjukkan punggung melengkung dan mulut terbuka (Saptarini, 2010).

Menurut Nasution (2008), bahwa organisme pengurai *aerobik* umumnya terdiri dari *mikroorganisme* seperti bakteri yang selalu bekerja didalam air, menguraikan senyawa-senyawa organik menjadi karbondioksida dan air. Bakteri lain mengubah ammonia dan nitrit menjadi nitrat. Untuk semua proses ini dibutuhkan oksigen. Jika jumlah bahan organik dalam air hanya sedikit, maka bakteri *aerob* akan dapat dengan mudah menguraikannya tanpa mengganggu keseimbangan oksigen dalam air. Tetapi jika jumlah bahan organik tersebut banyak maka bakteri pengurai ini akan melipat gandakan diri. Hal ini pada umumnya akan mengakibatkan terjadinya kekurangan oksigen, seperti di rawa-rawa dan di dasar kolam dan danau yang airnya tidak mengalir (*diam*).

4.3 Suhu

Dalam pengukuran suhu air pada pengaruh kayu apu (*P. stratiotes* L) sebagai fitoremediasi terhadap kandungan ammonia dan kelulushidupan benih ikan mas (*Cyprinus carpio* L) selama penelitian dilakukan setiap hari secara 2 kali yaitu pada pagi hari pukul 07.00 WIB dan sore hari pukul 15.00 WIB, sehingga dilakukan penghitungan data pengukuran suhu 2 kali yaitu suhu pagi hari dan sore hari. Untuk data suhu pagi hari dan sore hari dapat dilihat pada Lampiran 6 dan Lampiran 7 sedangkan untuk data pengukuran suhu pagi hari dan sore hari selama penelitian dapat di lihat pada Lampiran 13 dan Lampiran 14

Dari data pengukuran suhu nilai rata-rata suhu pada pagi hari diperoleh hasil pada perlakuan kisaran suhu 22,0 – 24,9°C pada kontrol kisaran suhunya 22,0 - 24,8 °C. Sementara itu untuk suhu sore hari pada perlakuan diperoleh hasil kisaran 25,0 – 29,0 °C dan pada kontrol kisaran suhu 25,0 – 28,9 °C.

Selanjutnya dari data dilakukan uji keragaman yang dapat dilihat pada lampiran 6. Pada Lampiran 6 suhu pagi hari hasil F Hitung yaitu 0,80 dan pada Lampiran 7 suhu sore hari F Hitung 2,08. Hasil itu kurang dari nilai pada F 5% sehingga tidak berbeda nyata. Tidak berbeda nyata terjadi antar perlakuan karena nilai F Hitung lebih kecil dari nilai F 5%. Hal ini berarti H_0 diterima dan H_1 ditolak, sehingga tidak perlu dilanjut uji BNT.

Hal ini menunjukkan bahwa kisaran suhu masih dalam kisaran suhu yang diinginkan untuk kelulushidupan benih ikan mas. Hal ini sesuai dengan Wibowo (2002) bahwa kisaran kelayakan suhu air bagi ikan mas untuk dapat hidup normal adalah 20-32 °C. Sedangkan suhu 5-20 °C ikan mas tidak dapat hidup dengan baik dan kecepatan metabolisme ikan mas tersebut akan menurun.

Pada lampiran 6 dan lampiran 7 dapat dilihat bahwa nilai kisaran suhu antar perlakuan yang diamati tidak begitu jauh perbedaannya. Suhu pagi hari lebih kecil kisarannya dari pada suhu sore hari dikarenakan suhu pagi hari lebih dingin, pada waktu penelitian bertepatan terjadi musim dingin, dan pada sore hari suhu menjadi tinggi karena ada matahari yang menyinari sejak siang hari.

Menurut Andayani (2005), spesies daerah tropis dan sub tropis tidak akan tumbuh secara baik ketika suhu berada di bawah 26 atau 28 °C dan suhu air di bawah 10 atau 15 °C akan mematikan spesies tersebut. Spesies yang hidup di air hangat pada iklim panas akan berkembang dengan baik apabila berada antara suhu 20 dan 28 °C tetapi mereka akan bertahan hidup mendekati suhu 0 °C. Perkembangan terbaik untuk spesies yang hidup di air dingin berada pada suhu dibawah 20 °C, dan mereka akan mati ketika suhu melebihi 25 °C. Lebih lanjut dijelaskan bahwa konsumsi oksigen menurun secara relatif dengan peningkatan suhu dan suhu yang mematikan akhirnya tercapai pertumbuhan hasil dari proses Biokimia. Bahwa berbagai spesies yang sesuai untuk budidaya

perairan akan bertahan hidup dan berkembang biak dalam suhu yang sesuai, tetapi pada suhu maksimum pertumbuhan semakin berkurang.

Suhu air di permukaan dipengaruhi oleh kondisi meteorologi. Faktor-faktor meteorologi yang berperan disini ialah curah hujan, penguapan, kelembaban udara, suhu udara, kecepatan angin dan intensitas radiasi matahari. Oleh sebab itu suhu di permukaan biasanya mengikuti pola musiman. Secara alami suhu air permukaan memang merupakan lapisan hangat karena mendapat radiasi matahari pada siang hari (Nontji, 1987).

4.4 pH (*Derajat Keasaman*)

Dalam pengukuran pH air selama penelitian dilakukan setiap hari yaitu dua kali pada pagi hari pukul 07.00 WIB dan sore hari pukul 15.00 WIB, selanjutnya dilakukan penghitungan data. Data pH ini dapat dilihat pada Lampiran 8 dan Lampiran 9. sedangkan untuk data pengukuran pH pagi hari dan sore hari selama penelitian dapat di lihat pada Lampiran 15 dan Lampiran 16.

Dari data Lampiran 8 bahwa pada perlakuan kisaran nilai pH pagi hari yaitu 6,60 – 8,10 dan untuk Kontrol pH pagi hari sebesar 6,88 - 8,15. Sedangkan dari data pada Lampiran 9 pada pengukuran pH sore hari perlakuan kisaran pH yaitu 6,72 – 8,15, sedangkan pada Kontrol sore hari nilai pH sebesar 7,17 – 8,38. Hasil rata-rata nilai pH pada pagi hari dan sore hari antar perlakuan dan kontrol tidak terlalu jauh nilainya dan nilai pH masih dalam kisaran normal nilai pH yang diinginkan.

Hal ini menunjukkan bahwa kisaran pH masih dalam kisaran pH yang diinginkan untuk kelulushidupan benih ikan mas. Hal ini sesuai dengan menurut (Effendi, 2003) mengatakan sebagian besar biota akuatik sensitif terhadap perubahan pH dan menyukai nilai pH sekitar 7-8,5. Nilai pH sangat mempengaruhi proses biokimiawi perairan, misalnya proses nitrifikasi akan

berakhir jika pH rendah. Sedangkan menurut (Barus, 2002, nilai pH yang ideal bagi kehidupan organisme air pada umumnya terdapat antara 7 ppm sampai 8,5 ppm. Kondisi perairan yang bersifat sangat asam maupun sangat basa akan membahayakan kelangsungan hidup organisme karena akan menyebabkan terjadinya gangguan metabolisme dan *respirasi*.

Pada Lampiran 8 dan Lampiran 9 dapat dilihat bahwa nilai kisaran pH antar perlakuan yang diamati tidak begitu jauh perbedaannya. Pada pengukuran pH tersebut terjadi naik turun pH baik pada pagi hari maupun sore hari. Menurut Effendi (2000) berpendapat bahwa pH juga berkaitan erat dengan karbondioksida dan alkalinitas. Pada $pH < 5$, alkalinitas bisa mencapai nol. Semakin tinggi nilai pH, semakin tinggi pula nilai alkalinitas dan semakin sedikit kadar karbondioksida bebas. Larutan bersifat asam (pH rendah bersifat korosif).

Menurut Andayani (2005), Pada waktu siang hari, tanaman air mengubah karbondioksida dalam air untuk digunakan dalam *fotosintesis*. Tanaman dan hewan secara terus-menerus melepaskan *karbondioksida* ke dalam perairan melalui *respirasi*. Namun, pada siang hari tanaman air biasanya mengubah karbondioksida dari air lebih cepat sehingga karbondioksida bisa digantikan dengan *respirasi*. Selanjutnya tanaman dapat menggunakan sejumlah kecil karbondioksida yang tersedia pada nilai pH di atas 8,3 dan bikarbonat diserap oleh tanaman dan beberapa karbon dari bikarbonat digunakan dalam *fotosintesis*. Konsentrasi bikarbonat rendah, air menjadi buffer dan nilai pH dari 9-10 biasa terjadi selama periode *fotosintesis*. Selama malam hari karbondioksida terkumpul dan pH menurun.

Nilai pH yang baik untuk budidaya ikan adalah 6,5 - 9,0 ppm, pH air yang tidak optimal berpengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangbiakan ikan, menyebabkan tidak efektifnya pemupukan air di kolam dan meningkatkan daya racun hasil metabolisme seperti NH_3 dan H_2S (Saptarini, 2010).

Selanjutnya dari data dilakukan uji keragaman. Pada Tabel Lampiran 8 dan Lampiran 9 pH pagi hari hasil F Hitung yaitu 2,400 dan pada pH sore hari F Hitung 2,157. Hasil itu kurang dari nilai pada F 5% sehingga tidak berbeda nyata. Tidak berbeda nyata terjadi antar perlakuan karena nilai F Hitung lebih kecil dari nilai F 5%. Hal ini berarti H_0 diterima dan H_1 ditolak, sehingga tidak perlu dilanjutkan uji BNT. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel Lampiran 8 dan Lampiran 9.

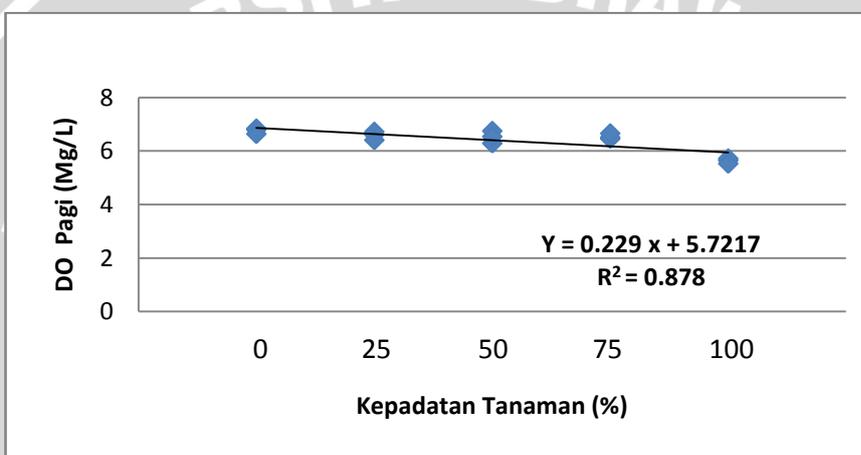
4.5 DO (Oksigen Terlarut)

Dalam pengukuran DO selama penelitian dilakukan setiap hari yaitu 2 kali pada pagi hari pukul 07.00 WIB dan sore hari pukul 15.00 WIB, sehingga dilakukan penghitungan data. Untuk data DO pagi hari dan sore hari dapat dilihat pada Lampiran 10 dan Lampiran 11. Sedangkan untuk data pengukuran DO pagi hari dan sore hari selama penelitian dapat di lihat pada Lampiran 17 dan Lampiran 18.

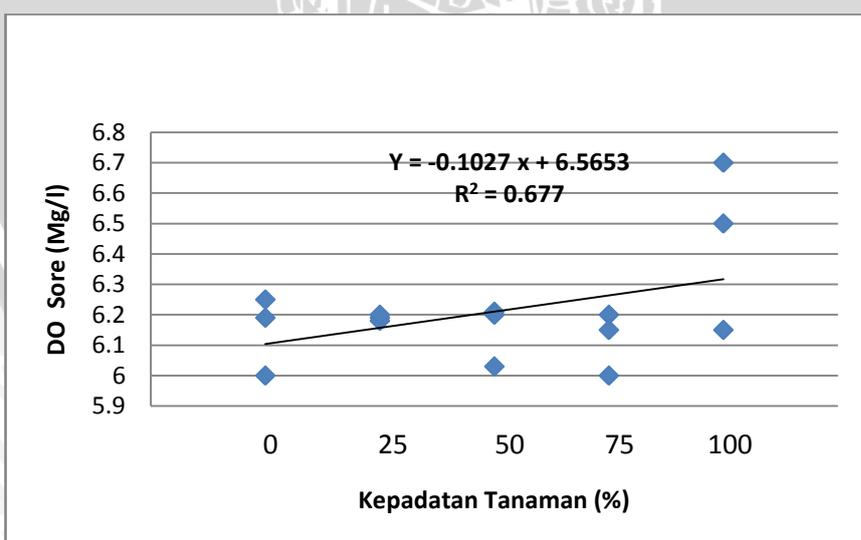
Berdasarkan data nilai rata-rata untuk pengukuran DO pagi hari pada pengaruh kayu apu (*P. stratiotes*, L) pada perlakuan A= 6,58 mg/l, B= 6,52 mg/l, C= 6,54 mg/l, D= 5,63 mg/l, sedangkan untuk kontrol DO pagi hari rata-ratanya yaitu 6,76 mg/l. Sementara untuk kisaran DO sore hari pada perlakuan A= 6,19 mg/l, B= 6,11 mg/l, C= 6,11 mg/l, D= 6,7 mg/l, sedangkan pada Kontrol rata-ratanya yaitu 6,14 mg/l.

Pada Tabel DO pagi hari dapat dilihat bahwa hasil F Hitung 27,040. Hasil itu artinya berbeda sangat nyata karena nilai F Hitung lebih besar dari F 1%. Sedangkan Pada tabel DO Sore hari diatas dapat dilihat bahwa hasil F Hitung 12,459. Hasil itu artinya berbeda sangat nyata karena nilai F Hitung lebih besar dari F 1%. Hal ini berarti H_1 diterima dan H_0 ditolak, sehingga perlu dilanjutkan uji BNT yang dapat dilihat pada Lampiran 10 dan Lampiran 11.

Dilihat pada Lampiran 10 dan Lampiran 11 bahwa DO pagi hari perlakuan A mempunyai DO Paling bagus dan diikuti B lalu diikuti perlakuan C, kemudian perlakuan D dan perlakuan K. Sedangkan pada DO Sore hari bahwa perlakuan A mempunyai DO paling bagus dan diikuti B lalu diikuti perlakuan C Kemudian perlakuan D dan perlakuan K. Hasil analisa regresi DO pagi hari diperoleh hasil regresi linier dengan persamaan $y = 0,229x + 5,7217$ dengan nilai $R^2 = 0,878$. Sedangkan analisa DO sore hari diperoleh hasil regresi linier dengan persamaan $y = -0,1027x + 6,5653$ dengan nilai $R^2 = 0,677$.



Gambar 7. Grafik Linier Pengukuran DO pagi hari



Gambar 8. Grafik Linier Pengukuran DO sore hari

Pada Gambar 7 dan Gambar 8 dapat dilihat bahwa kisaran nilai DO tidak berbeda jauh baik pada pagi hari maupun sore hari. Namun Nilai DO pada pagi hari lebih rendah daripada DO sore hari dikarenakan konsentrasi DO menurun apabila konsentrasi karbondioksida meningkat. Hal itu terjadi pada malam hari hingga pagi hari. Apabila fotosintesis meningkat tajam dibandingkan respirasi, maka konsentrasi karbondioksida akan lebih rendah sedangkan konsentrasi DO lebih tinggi, biasanya terjadi pada siang hari hingga sore hari.

Merupakan indikator alami untuk badan air yang kotor antara lain kandungan oksigen terlarut (DO) didalamnya. Yaitu bahwa pada daerah yang bersih atau jernih, DO bernilai tinggi (misal lebih dari 4 mg/l) sedangkan pada daerah yang kotor sangat rendah (di bawah 1 mg/l) (Suriawiria, 2003).

Menurut Andayani (2005), DO merupakan salah satu peubah mutu air yang mampu mempengaruhi peubah lain. Konsentrasi karbondioksida dan pH harian air berubah-ubah sesuai dengan konsentrasi DO. Pada gilirannya, perubahan pH mempengaruhi keseimbangan reaksi ammonia ($\text{NH}_3 + \text{NH}_4$). Dilain pihak, kelarutan oksigen dalam air dipengaruhi peubah lain seperti temperatur, salinitas, bahan organik terlarut dan kecerahan. Peningkatan baik temperatur, salinitas maupun bahan organik terlarut menurunkan konsentrasi jenuh DO. Peningkatan kecerahan menaikkan konsentrasi oksigen terlarut pada siang hari namun menurunkannya pada malam hari.

Nilai oksigen terlarut di suatu perairan mengalami fluktuasi harian maupun musiman. Fluktuasi ini selain dipengaruhi oleh perubahan temperatur juga dipengaruhi oleh aktivitas fotosintesis dari tumbuhan yang menghasilkan oksigen. Nilai oksigen terlarut diperairan sebaiknya tidak lebih kecil dari 8 mg/l (Barus, 2002).

Edward dan Pulumahuny (2001) kadar oksigen terlarut yang lebih rendah dari 8-10 ppm (5,71-7,14 mg/l) akan dapat menurunkan nafsu makan, pertumbuhan, dan kecepatan berenang pada ikan. Kadar oksigen terlarut untuk pertumbuhan dan perkembangan biota air >6 ppm. Bahkan beberapa spesies ikan menolak (*memberikan respon negatif*) bila kadar oksigen berkisar antara 3-5 ppm (2,14-3,57 mg/l).

Pada siang hari, ketika matahari bersinar terang, pelepasan oksigen oleh proses *fotosintesis* yang berlangsung intensif pada lapisan *eufotik* lebih besar daripada oksigen yang dikonsumsi oleh proses respirasi. Kadar oksigen terlarut dapat melebihi kadar oksigen jenuh (*saturasi*) sehingga perairan mengalami supersaturasi. Sedangkan pada malam hari, fotosintesis berhenti tetapi respirasi terus berlangsung. Pola perubahan kadar oksigen ini mengakibatkan terjadinya fluktuasi harian oksigen pada lapisan *eufotik* perairan. Kadar oksigen maksimum terjadi pada sore hari, sedangkan kadar minimum terjadi pada pagi hari (Effendi, 2003).

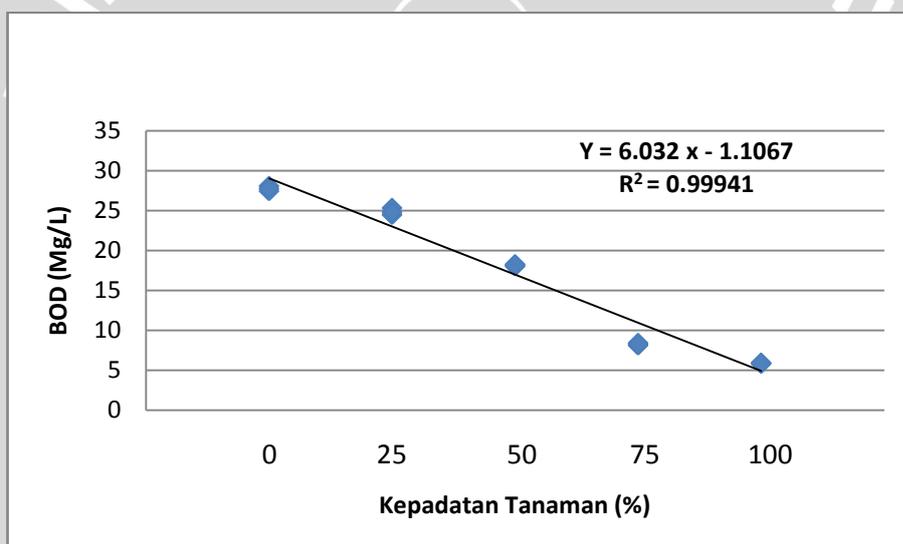
4.6 BOD (*Biological Oxygen Demand*)

Berdasarkan pengamatan BOD selama penelitian pada penelitian pengaruh kayu apu (*P. stratiotes* L) sebagai fitoremediasi terhadap kandungan ammonia dan kelulushidupan benih ikan mas (*Cyprinus carpio* L) didapat hasil rata-rata BOD dan dapat dilihat pada Lampiran 12.

Berdasarkan data nilai rata-rata untuk pengukuran BOD pada pengaruh kayu apu (*Pistia stratiotes*, L) pada perlakuan A=25% (24,86 mg/l), B=50% (18,16 mg/l), C=75% (8,27 mg/l), D=100% (5,89 mg/l), sedangkan untuk K=0% BOD rata-ratanya yaitu (27,75 mg/l).

Selanjutnya dari data dilakukan uji keragaman. Hasil uji keragaman dapat dilihat pada tabel Lampiran 12. Pada Lampiran 12 uji sidik ragam BOD dapat dilihat bahwa hasil F Hitung 4393,323. Hasil itu artinya berbeda sangat nyata karena nilai F Hitung lebih besar dari F 1%. Hal ini berarti H_1 diterima dan H_0 ditolak, sehingga perlu dilanjutkan uji BNT yang dapat dilihat pada Lampiran 12.

Dilihat pada Lampiran 12 bahwa perlakuan D mempunyai BOD Paling bagus dan di ikuti C lalu diikuti perlakuan B, kemudian perlakuan A dan Perlakuan yang kurang bagus adalah perlakuan K. Hasil analisa regresi BOD diperoleh hasil regresi linier dengan persamaan $y = 6,032x - 1,1067$ dengan nilai $R^2 = 0,99941$



Gambar 9. Grafik Linier Pengukuran BOD Selama Penelitian

Menurut Saptarini (2010) mengatakan bahwa BOD hanya menggambarkan bahan organik yang dapat didekomposisi secara biologis (*biodegradable*). Bahan organik merupakan hasil pembusukan tumbuhan dan hewan yang telah mati. Pengukuran nilai BOD didasarkan pada lima hari inkubasi bertujuan untuk meminimumkan pengaruh oksidasi ammonia yang juga menggunakan oksigen. Proses oksidasi ammonia (*nitrifikasi*) berlangsung pada

hari ke 8 -10. Selama lima hari masa inkubasi, diperkirakan 70% - 80% bahan organik telah mengalami oksidasi.

Akibat adanya penambahan buangan atau pembusukan dari tanaman air, sisa pakan dan kotoran ikan terjadi gejala kehidupan yang menyangkut mikroalgae, bakteri, protozoa, dan sebagainya juga terhadap kandungan senyawa-senyawa dalam bentuk ion. NH_4^- , NO_3^- , PO_4^{3-} dan sebagainya (Suriawiria, 2003).

Nilai BOD digunakan untuk menduga jumlah bahan organik didalam air limbah yang dapat dioksidasi dan nantinya akan diuraikan oleh mikroorganisme melalui proses biologis. Bahan organik yang tinggi akan meningkatkan populasi mikroorganisme pengurai, yang selanjutnya akan menurunkan kandungan oksigen yang terdapat didalam air. Sehingga jika nilai BOD tinggi maka kondisi anaerob akan lebih mudah terjadi. Baku mutu untuk limbah cair untuk nilai BOD yaitu 50 (golongan I) dan 150 mg/l (golongan II) (Sirait, 2005).

Jenis bakteri yang mampu mengoksidasi zat organis " biasa," yang berasal dari sisa tanaman dan air buangan penduduk, berada pada umumnya disetiap air alam. Jumlah bakteri ini tidak banyak di air jernih dan di air buangan industri yang mengandung zat organis. Untuk oksidasi/penguraian zat organis yang khas, terutama dibeberapa jenis air buangan industri yang mengandung misalnya fenol, detergen, minyak dan sebagainya bakteri harus diberikan "waktu penyesuaian" (adaptasi) beberapa hari melalui kontak dengan air buangan tersebut, sebelum dapat digunakan sebagai benih pada analisa BOD air tersebut (Alaerts dan Santika, 1984).

Menurut Sirait, (2005) mengatakan nilai tingkat perubahan BOD oleh perlakuan kayu apu menunjukkan nilai yang selalu lebih tinggi dibanding dengan perlakuan kontrol.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

a. Kesimpulan

Dari hasil penelitian pengaruh kayu apu (*Pistia stratiotes* L) sebagai fitoremediasi terhadap kandungan ammonia dan kelulushidupan benih ikan mas (*Cyprinus carpio* L), sebagai berikut.

1. Pemberian kayu apu (*Pistia stratiotes* L) sebagai fitoremediasi berpengaruh nyata terhadap kandungan Ammonia, dimana pada perlakuan A= 25% (0,32 mg/l), B= 50% (0,33 mg/l), C= 75% (0,32 mg/l), D= 100% (0,14 mg/l), sedangkan untuk K= 0% (0,39) mg/l.
2. Kelulushidupan benih ikan mas tertinggi yaitu pada perlakuan A= 25% sebesar (57,50%), diikuti perlakuan D= 100% sebesar (55,65%), kemudian perlakuan C= 75% sebesar (55,62%) dan terendah yaitu perlakuan B= 50% sebesar (53,82%). Pada K= 0% sebesar (43,97%).
3. Berdasarkan pengukuran parameter kualitas air selama penelitian yaitu suhu, pH, DO, dan BOD masih dalam kisaran normal untuk kehidupan ikan.

b. Saran

Berdasarkan dari hasil penelitian disarankan :

1. Menggunakan Kayu Apu (*Pistia stratiotes*, L) sebagai perbaikan kualitas air dalam budidaya ikan dengan Kepadatan 25%.
2. Perlu dilakukan penelitian lanjutan Pemanfaatan Kayu apu (*Pistia stratiotes*, L) sebagai Fitoremediasi untuk mengurangi kandungan Ammonia dalam budidaya jenis ikan lain dan Pertumbuhannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous 2011^[a]. <http://iirc.ipb.ac.id>. **Pengendalian Gulma Secara Biologi.pdf**. Diakses tanggal 08 Januari 2011. Pukul 11.28 WIB.
- _____, 2011^[b]. <http://www.scribd.com>. **Sistem-Ekskresi-Pada-Pisces**. Diakses tanggal 09 Maret 2011. Pukul 12.22 WIB.
- _____, 2011^[c]. <http://www.pupukkaltim.com/Amoniak.pdf>. Diakses tanggal 09 Maret 2011. Pukul 11.25 WIB.
- _____, 2011^[d]. http://kuliahitukeren.blogspot.com/2011/02/pertumbuhan_dan_kelulus-hidupan-post.html. Diakses tanggal 09 Maret 2011. Pukul 11.30 WIB
- Alaerts, Santika. 1984. **Metode Penelitian Air**. Usaha Nasional. Surabaya. 309 Halaman.
- Andayani, S. 2005. **Manajemen Kualitas Air Untuk Budidaya Perairan**. Universitas Brawijaya Malang. Malang. 108 Halaman.
- Arie, 2008^[a]. http://solusiikanmas.blogspot.com/2008/03/morfologi-ikan_mas.html. Diakses tanggal. 08 Februari 2011. Pukul 13.28 WIB.
- _____, 2008^[b]. http://solusiikanmas.blogspot.com/2008/03/siklus-hidup_ikanmas.html. Diakses tanggal. 08 Februari 2011. Pukul 13.35 WIB.
- Barus, T. A. 2002. **Pengantar Limnologi**. Jurusan Biologi FMIPA Universitas Sumatera Utara. Medan. 164 Halaman.
- Djenar, N.S. Dan Budiastuti, H. 2008. **Absorpsi Polutan Amoniak Didalam Air Tanah Dengan Memanfaatkan Tanaman Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*)**. Jurusan Teknik Kimia. Politeknik Negeri Bandung. Bandung. 7 Halaman.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1990. **Kualitas Air (Metode Pengujian Kadar Amonium Dalam Air Dengan Alat Spektrofotometer Secara Nessler)**, SK SNI M – 48 – 1990- 03. Bidang Pekerjaan Umum. Yayasan LPMB, Bandung.
- Effendi, H. 2000. **Telaah Kualitas Air**. Kanisius. Yogyakarta. 259 Halaman.
- Edward, Pulumahuny. 2001. **Kadar Oksigen Terlarut Di Perairan Raha Pulau Muna, Sulawesi Tenggara**. Pusat Ilmu Pengetahuan Oseanografi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. Jakarta.
- Effendi, H. 2003. **Telaah Kualitas Air**. Kanisius. Yogyakarta. 258 Halaman.
- Effendi, I. 2004. **Pengantar Akuakultur**. Penebar Swadaya. Jakarta. 188 Halaman.

- Ghufran dan Kordi. 2008. **Budidaya Perairan**. PT Citra Aditya Bakti. Bandung. 444 Halaman.
- _____, 2009. **Budidaya Perairan**. PT Citra Aditya Bakti. Bandung. 445-964 Halaman.
- Hanafiah, A. K. 2005. **Rancangan Percobaan Aplikatif**. PT Raja Grafindo Persada. Jakarta. 188 Halaman.
- Harimawan.2008. <http://harimawan.wordpress.com/2008/07/10/fitoremediasi-mengolah-air-limbah-dengan-tanaman/>. Diakses tanggal 08 Februari 2011. Pukul 15.30 WIB.
- Ismanto, F. N. 2005. **Pemanfaatan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*), Kayu Apu (*Pistia stratiotes L*) dan Kangkung (*Ipomea aquatica*) Secara Bertahap Dalam Memperbaiki Kualitas Air Limbah Kantin**. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 62 Halaman. (Skripsi tidak dipublikasikan).
- Izzati, M. 2010. **Perubahan Konsentrasi Oksigen Terlarut dan pH Perairan Tambak Setelah Penambahan Rumput Laut (*Sargassum Plagyoophyllum*) dan Ekstraknya**. Universitas Diponegoro. Semarang. 11 Halaman.
- Khairuman, *et al.* 2008. **Budidaya Ikan Mas Secara Intensif**. PT Agromedia Pustaka. Jakarta. 99 Halaman.
- Lesmana, D. S. 2005. **Kualitas Air Untuk Ikan Hias Air Tawar**. Penebar Swadaya. Jakarta. 88 Halaman.
- Lesmana, Daelami. 2009. **Panduan Lengkap Ikan Hias Air Tawar Populer**. Penebar Swadaya. Jakarta. 267 Halaman.
- Mursalin, 2007. **Pemanfaatan Kayu Apu (*Pistia stratiotes, L*), Kiambang (*Salvinia molesta*), dan Gulma Itik (*Lemna perpusilla*) Dalam Memperbaiki Kondisi Air Limbah Kantin**. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 33 Halaman.
- Mukti, M. A. 2008. **Penggunaan Tanaman Enceng Gondok (*Eichornia crassipes*) Sebagai Pre-Treatment Pengolahan Air Minum Pada Air Selokan Mataram**. Universitas Islam Indonesia. Jogjakarta. 53 Halaman.
- Mulyana, G. 2008. **Pengaruh Kepadatan Manvis (*Pterophyllum scalare*) Berbeda Terhadap Jumlah Ammonia dan Kelimpahan Bakteri Pada Bioball Dalam Sistem Resirkulasi**. Universitas Brawijaya. Malang. 23 Halaman.
- Nontji, A. 1987. **Laut Nusantara**. Djambatan. Jakarta. 366 Halaman.

- Natzir, M. 1998. **Metode Penelitian**. Ghalia Indonesia. Jakarta. 212 hal.
- Nasution, I. M. 2008. **Penentuan Jumlah Ammonia dan Total Padatan Tersuspensi Pada Pengolahan Air Limbah PT. Bridgestone Sumatera Rubber Estate Dolok Merangir**. Universitas Sumatera Utara. Medan. 51 Halaman.
- Ningrum, A. N. 2011. **Pengaruh Kerapatan Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*) Yang Berbeda Pada Limbah Cair Pabrik Gula Terhadap Kelulushidupan Dan Pertumbuhan Benih Ikan Mas (*Cyprinus carpio*)**. Universitas Brawijaya. Malang. Skripsi.
- Rossiana, Supriatun, Dhahiyat. 2007. **Fitoremediasi Limbah Cair Dengan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart) Solms) Dan Limbah Padat Industri Minyak Bumi Dengan Sengon (*Paraserianthes falcataria* L. Nielsen) Bermikoriza**. Universitas Padjadjaran. Bandung. 49 Halaman.
- Rahmatullah, L. 2008. **Penggunaan Tanaman Kiapu (*Pistia stratiotes*) Sebagai Pengolahan Pendahuluan Untuk Air Permukaan Dengan Parameter Warna dan TDS “ studi kasus air selokan mataram**. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta. 98 Halaman. (Skripsi Tidak di Publikasikan).
- Rivando, 2011. <http://sylvesterunila.blogspot.com/2011/11/penyerapan-unsur-hara.html>. **Penyerapan Unsur Hara (Makalah Fisiologi Pohon)**. Fakultas Pertanian. Universitas Lampung. Bandar Lampung. Diakses Tanggal 06-12-2011, Pukul 16:19 wib.
- Sunarmi dan Purwohadijanto. 1990. **Diktat Tanaman Air**. Universitas Brawijaya. Malang. 62 Halaman.
- Subarijanti, H. U. 1990. **Pengantar Praktikum Limnology**. Universitas Brawijaya. Malang. 56 Halaman.
- Suriawiria, U. 2003. **Mikrobiologi Air Dan Dasar-Dasar Pengolahan Buangan Secara Biologis**. P.T ALUMNI. Bandung. 330 Halaman.
- Salmin. 2005. **Oksigen Terlarut (DO) dan Kebutuhan Oksigen Biologi (BOD) Sebagai Salah Satu Indikator Untuk Menentukan Kualitas Perairan**. Pusat Penelitian-LIPI. Jakarta. 26 Halaman.
- Sirait, M. R. 2005. **Studi Kemampuan Kayu Apu (*Pistia stratiotes* L.) Dalam Mengolah Limbah Cair Rumah Pematangan Hewan (RPH)**. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 56 Halaman.
- Suryanata, L. 2007. **Aquarium dan Aquascaping**. *Aquarista*. Jakarta. 237 Halaman.
- Safitri, R. 2009. **Phytoremediasi Grey Water Dengan Tanaman Kayu Apu (*Pistia stratiotes*) Dan Tanaman Kiambang (*Salvinia molesta*) Serta**

Pemanfaatannya Untuk Tanaman Selada (*Lactuca sativa*) Secara Hidroponik. Institut Pertanian Bogor. Bogor. Halaman 1-10

Saptarini, P. 2010. **Efektivitas Teknologi Akuaponik Dengan Kangkung Darat (*Ipomoea reptans*) Terhadap Penurunan Amoniak Pada Pembesaran Ikan Mas.** Institut Pertanian Bogor. Bogor. 68 Halaman.

Sumoharjo. 2010. **Penyisihan Limbah Nitrogen Pada Pemeliharaan Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) Dalam Sistem Akuaponik: Konfigurasi Desain Bioreaktor.** Institut Pertanian Bogor. Bogor. 85 Halaman.

Wibowo, T. K. 2002. **Pengaruh Pemberian $Kmno_4$ (Kalium Permanganat) Dengan Dosis Yang Berbeda Terhadap Ikan Mas Koki (*Carasius auratus Linnn*) Yang Terinfeksi *Argulus* sp.** Universitas Brawijaya. Malang. 27 Halaman.



LAMPIRAN



Lampiran 1. Gambar Ikan Mas (*Cyprinus carpio* L), Tanaman Kayu Apu (*Pistia stratiotes* L), Akar Kayu Apu (*Pistia stratiotes* L)



Gambar Benih Ikan Mas (*C. Carpio* L)



Gambar Tanaman Kayu Apu (*P. stratiotes* L)



Gambar Akar Tanaman Kayu Apu (*P. stratiotes* L)

Lampiran 2. Beberapa Alat Pengukur Kualitas Air dan Akuarium Penelitian



Gambar Akuarium Penelitian



Gambar Alat Pengukur Kualitas Air

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



Lampiran 3. Gambar beberapa sampel parameter penelitian



Gambar Sampel Ammonia



Gambar Sampel Ammonia



Gambar Sampel BOD



Gambar Tanaman Kayu Apu di dalam Akuarium

Lampiran 4. Data Pengamatan NH₃ (*Ammonia*) Selama Penelitian

Data Pengamatan Ammonia (mg/l)

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-Rata± SD
	1	2	3		
K (Kontrol)	0,41	0,4	0,38	1,19	0,39±0,01
A (25%)	0,33	0,31	0,34	0,98	0,326±0,01
B (50%)	0,31	0,37	0,31	0,99	0,33±0,03
C (75%)	0,34	0,3	0,33	0,97	0,323±0,02
D (100)	0,1	0,17	0,15	0,42	0,14±0,04
Total				4,55	

Perhitungan

- $FK = G^2/n$
 $= 4,55^2/5 \times 3$
 $= 1,38$
- $JK_{total} = (A1)^2 + (A2)^2 + \dots + (K3)^2 - FK$
 $= (0,33)^2 + (0,31)^2 + \dots + (0,38)^2 - 1,38$
 $= 0,12$
- $JK_{perlakuan} = (\Sigma A)^2 + (\Sigma B)^2 + (\Sigma C)^2 + (\Sigma D)^2 + (\Sigma K)^2/3 - FK$
 $= ((0,98)^2 + (0,99)^2 + (0,97)^2 + (0,42)^2 + (1,19)^2) / 3$
 $- 1,38$
 $= 0,11$
- $JK_{acak} = JK_{total} - JK_{perlakuan}$
 $= 0,12 - 0,11$
 $= 0,01$

Uji Keragaman NH₃ (Ammonia)

Sumber Keragaman	Db (Derajat bebas)	JK (Jumlah kuadrat)	KT (Kuadrat tengah)	Fhitung	F5%	F1%
Perlakuan	4	0,11	0,027783333	40,857843**	3,48	5,99
Acak	10	0,01	0,00068			
Total	14	0,12				

- Karena F hitung > F 1% atau 40,857843 > 5,99 → ** atau berbeda sangat nyata. Untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan maka dilanjutkan dengan uji BNT.

Perhitungan uji BNT :

- $SED = \sqrt{\frac{2 \text{ KT acak}}{\mu}}$
 $= \sqrt{\frac{2 \times 0,00068}{3}}$
 $= 0,021$

- BNT 5% = t tabel 5 % x SED
 $= 2,228 \times 0,021$
 $= 0,0467$

- BNT 1% = t tabel 1 % x SED
 $= 3,169 \times 0,021$
 $= 0,0665$

Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) untuk NH₃ (Ammonia)

Rata-Rata Perlakuan	D(0,14)	C(0,32)	A(0,32)	B(0,33)	K(0,39)	Notasi
D(0,14)	-	-	-	-	-	a
C(0,32)	0,2*	-	-	-	-	b
A(0,32)	0,21*	0,01*	-	-	-	b
B(0,33)	0,22*	0,02*	0,01*	-	-	b
K(0,39)	0,77**	0,57**	0,56**	0,55**	-	c

Kesimpulan : Urutan Perlakuan Terbaik yaitu D → C → A → B → K

Lampiran 4. (Lanjutan)

Tabel sidik ragam regresi

Sumber Keragaman	Db	JK	KT	F Hit	F 5%	F 1%
Perlakuan	4	0,11	-	-	-	-
Linier	1	0,08008	0,080083	117,77**	4,96	10,04
Kuadratik	1	0,012	0,012002	17,6506**	4,96	10,04
Kubik	1	0,01875	0,01875	27,5735**	4,96	10,04
Kuartik	1	0,00297	0,00297	4,36765*	4,96	10,04
Acak	10	0,01	0,00068			
Total	14	0,12				

$$\begin{aligned} R^2 \text{ Linier} &= \text{JK Kuadratik} / (\text{JK Kuadratik} + \text{JK Acak}) \\ &= 0,012002381 / (0,012002381 + 0,01) \\ &= 0,9217 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R^2 \text{ Kuadratik} &= \text{JK Kuadratik} / (\text{JK Kuadratik} + \text{JK Acak}) \\ &= 0,012002381 / (0,012002381 + 0,01) \\ &= 0,6383 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R^2 \text{ Kubik} &= \text{JK Kuadratik} / (\text{JK Kuadratik} + \text{JK Acak}) \\ &= 0,012002381 / (0,012002381 + 0,01) \\ &= 0,7338 \end{aligned}$$

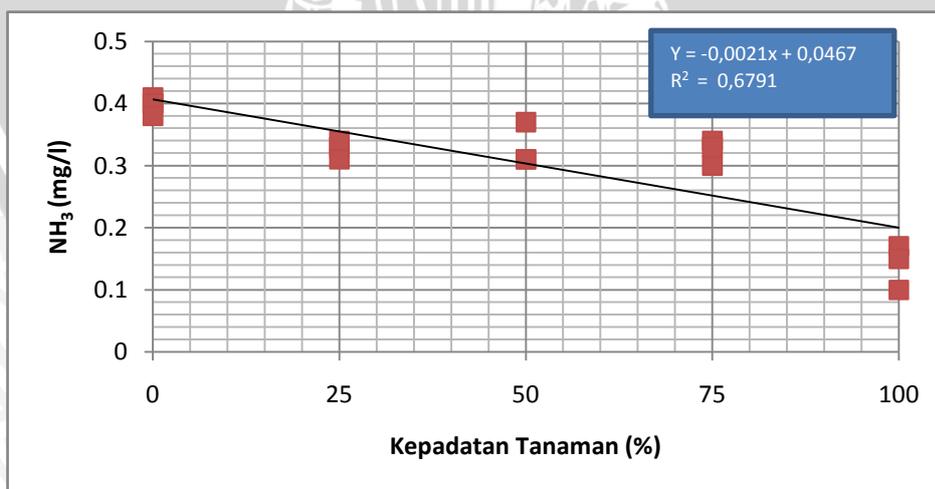
Nilai Regresi Kudratik lebih kecil dari nilai regresi Linier dan Regresi Kubik.

Lampiran 4. (Lanjutan)

X	Y
0%	0,41
0%	0,4
0%	0,38
25%	0,33
25%	0,31
25%	0,34
50%	0,31
50%	0,37
50%	0,31
75%	0,34
75%	0,3
75%	0,33
100%	0,1
100%	0,17
100%	0,15

Sehingga dihasilkan persamaan Linier:

$$Y = 0,0517x + 0,1483$$



Gambar Grafik Linier Ammonia Selama Penelitian

Lampiran 5. Data Kelulushidupan Benih Ikan Mas Selama Penelitian (%).

Adapun rumus yang digunakan untuk menghitung Survival Rate (SR) adalah sebagai berikut. $SR = Nt/No \times 100\%$

Keterangan :

SR = Kelulushidupan Ikan (%)

Nt = Jumlah ikan yang hidup di akhir pembesaran (ekor)

No = Jumlah ikan yang hidup di awal pembesaran (ekor)

$$A1 = 30/45 \times 100 \% \\ = 66,66 \%$$

$$A2 = 29/45 \times 100 \% \\ = 64,44 \%$$

$$A3 = 33/45 \times 100 \% \\ = 73,33 \%$$

$$C1 = 28/45 \times 100 \% \\ = 62,22 \%$$

$$C2 = 30/45 \times 100 \% \\ = 66,66 \%$$

$$C3 = 30/45 \times 100 \% \\ = 66,66 \%$$

$$B1 = 32/45 \times 100 \% \\ = 71,11 \%$$

$$B2 = 30/45 \times 100 \% \\ = 66,66\%$$

$$B3 = 30/45 \times 100 \% \\ = 66,66 \%$$

$$D1 = 34/45 \times 100 \% \\ = 75,55 \%$$

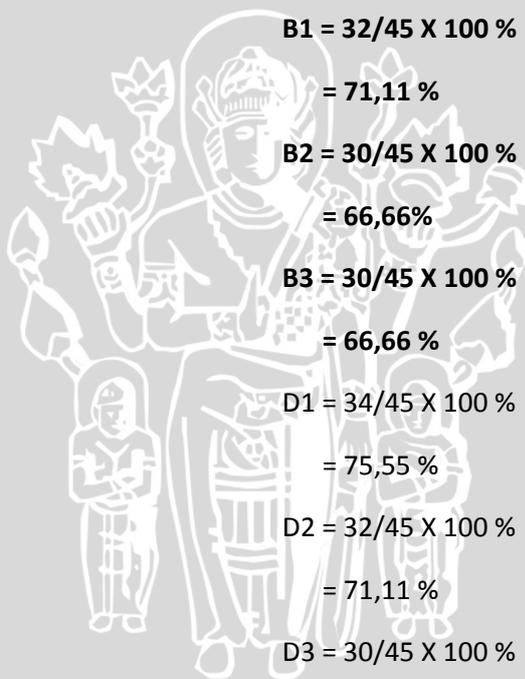
$$D2 = 32/45 \times 100 \% \\ = 71,11 \%$$

$$D3 = 30/45 \times 100 \% \\ = 66,66 \%$$

$$K1 = 23/45 \times 100 \% \\ = 51,11 \%$$

$$K2 = 22/45 \times 100 \% \\ = 48,88 \%$$

$$K3 = 20/45 \times 100 \% \\ = 44,44 \%$$



Lampiran 5. (Lanjutan)

Data Rata-rata Pengamatan Kelulushidupan Benih Ikan Mas(%)

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-Rata± SD
	1	2	3		
K (Kontrol)	51,11	48,88	44,44	144,43	48,14±3,39
A (25%)	75,55	71,11	66,66	213,32	71,10±4,44
B (50%)	62,22	66,66	66,66	195,54	65,18±2,56
C (75%)	71,11	66,66	66,66	204,43	68,14±2,57
D (100%)	66,66	64,44	73,33	204,43	68,14±4,62
Total				962,15	

Data Transformasi Kelulushidupan Benih Ikan Mas (%)

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-Rata± SD
	1	2	3		
K (Kontrol)	45,63	44,51	41,78	131,92	43,97±1,98
A (25%)	60,33	57,48	54,70	172,51	57,50±2,81
B (50%)	52,06	54,70	54,70	161,46	53,82±1,52
C (75%)	57,48	54,70	54,70	166,88	55,62±1,60
D (100%)	54,70	53,37	58,89	166,96	55,65±2,88
Total				799,73	

Perhitungan

- $FK = G^2/n$
 $= 799,73^2/5 \times 3$
 $= 42,637.87$
- $JK_{total} = (A1)^2 + (A2)^2 + \dots + (K3)^2 - FK$
 $= (60,33)^2 + (57,48)^2 + \dots + (41,78)^2 - 42,637.87$
 $= 397,72$
- $JK_{perlakuan} = (\Sigma A)^2 + (\Sigma B)^2 + (\Sigma C) + (\Sigma D)^2 + (\Sigma K)^2/3 - FK$
 $= ((172,51)^2 + (161,46)^2 + (166,88)^2 + (166,96)^2 + (131,92)^2) / 3 -$
 $42,637.87$
 $= 347,63$

- $JK_{\text{acak}} = JK_{\text{total}} - JK_{\text{perlakuan}}$
 $= 397,72 - 347,63$
 $= 50,09$

Lampiran 5. (Lanjutan)

Uji Keragaman Kelulushidupan Benih Ikan Mas (%)

Sumber keragaman	Db (Derajat Bebas)	JK (Jumlah Kuadrat)	KT (Kuadrat Tengah)	F Hitung	F5%	F1%
Perlakuan	4	347,63	86,9066	17,3502106**	3,48	5,99
Acak	10	50,09	5,00897	-	-	-
Total	4	397,72	-	-	-	-

Karena F hitung > F 1% atau 17,3502106 > 5,99 → ** atau berbeda sangat nyata. Untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan maka dilanjutkan dengan uji BNT.

Perhitungan uji BNT :

- $SED = \sqrt{\frac{2 \text{ KT}_{\text{acak}}}{\mu}}$
 $= \sqrt{\frac{2 \times 5,00897}{3}}$
 $= 1,82$
- $BNT \ 5\% = t \text{ tabel } 5\% \times SED$
 $= 2,228 \times 1,82$
 $= 4,05496$
- $BNT \ 1\% = t \text{ tabel } 1\% \times SED$
 $= 3,169 \times 1,82$
 $= 5,76758$

Uji BNT untuk Kelulushidupan Benih Ikan Mas (%)

Perlakuan	A (57,50)	D (55,65)	C(55,62)	B(53,82)	K (43,97)	Notasi
A (57,50)	-	-	-	-	-	a
D (55,65)	2,9633*	-	-	-	-	a
C (55,62)	2,9637*	-	-	-	-	a
B (53,82)	5,9267**	2,9633*	2,9633*	-	-	a

K (43,97)	22,963**	20**	20**	5,676*	-	b
------------------	----------	------	------	--------	---	----------

Kesimpulan : Urutan Perlakuan Terbaik Yaitu **A → C → D → B → K**

Lampiran 5. (Lanjutan)

Analisis Keragaman Kelulushidupan Benih Ikan Mas

Sumber Keragaman	Db	JK	KT	F Hit	F 5%	F 1%
Perlakuan	4	347,63	-	-	-	-
Linier	1	138,46	138,46	27,6423**	4,96	10,04
Kuadratik	1	99,2072	99,2072	19,8058**	4,96	10,04
Kubik	1	71,4563	71,4563	14,2656**	4,96	10,04
Kuartik	1	38,5029	38,5029	7,68674*	4,96	10,04
Acak	10	50,09	5,009			
Total	14	397,72				

$$\begin{aligned}
 R^2 \text{ Linier} &= \text{JK Kuadratik} / (\text{JK Kuadratik} + \text{JK Acak}) \\
 &= 99,2072 / (99,2072 + 50,09) \\
 &= 0,734342
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R^2 \text{ Kuadratik} &= \text{JK Kuadratik} / (\text{JK Kuadratik} + \text{JK Acak}) \\
 &= 99,2072 / (99,2072 + 50,09) \\
 &= 0,664496
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R^2 \text{ Kubik} &= \text{JK Kuadratik} / (\text{JK Kuadratik} + \text{JK Acak}) \\
 &= 99,2072 / (99,2072 + 50,09) \\
 &= 0,587895
 \end{aligned}$$

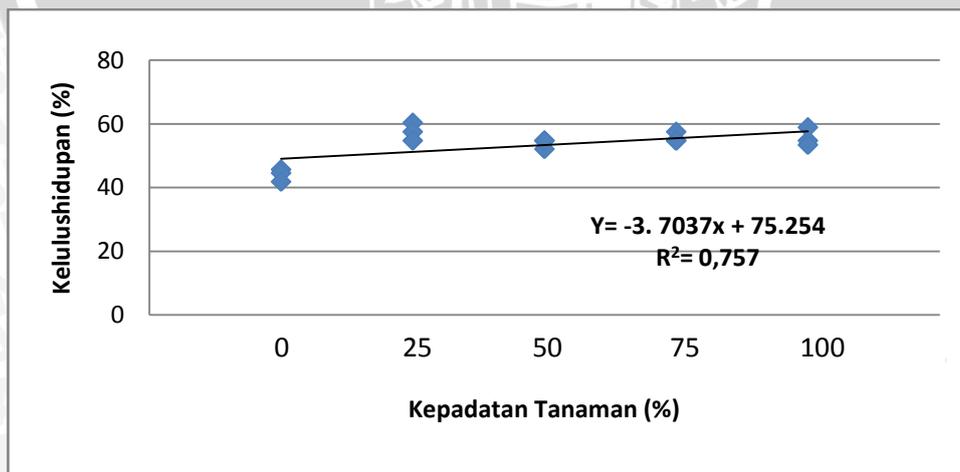
Nilai Regresi Linear lebih besar dari nilai regresi Kuadratik dan Regresi Kubik.

Lampiran 5. (Lanjutan)

X	Y
0%	45,63
0%	44,51
0%	41,78
25%	60,33
25%	57,48
25%	54,7
50%	52,06
50%	54,7
50%	54,7
75%	57,48
75%	54,7
75%	54,7
100%	54,7
100%	53,37
100%	58,89

Sehingga dihasilkan persamaan Linier:

$$Y = -3,7037x + 75,254$$



Gambar Grafik Linier Kelulushidupan Benih Ikan Mas

Lampiran 6. Data Pengamatan Suhu (°C) Pagi Hari Selama Penelitian

Data Pengamatan Suhu Pagi Hari

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-Rata± SD
	1	2	3		
K	23,57	22,59	23,5	69,66	23,22±0,54
A	23,38	23,4	23,61	70,39	23,46±0,12
B	23,42	23,56	23,43	70,41	23,47±0,07
C	23,5	23,39	23,48	70,37	23,45±0,05
D	23,57	23,64	23,54	70,75	23,58±0,05
Total				351,58	

Perhitungan

- $FK = G^2/n$
 $= 351,58^2/5 \times 3$
 $= 8240,57$
- $JK_{total} = (A1)^2 + (A2)^2 + \dots + (K3)^2 - FK$
 $= (23,38)^2 + (23,4)^2 + \dots + (23,5)^2 - 8240,57$
 $= 0,87$
- $JK_{perlakuan} = (\Sigma A)^2 + (\Sigma B)^2 + (\Sigma C) + (\Sigma D)^2 + (\Sigma K)^2/3 - FK$
 $= ((70,39)^2 + (70,41)^2 + (70,37)^2 + (70,75) + (69,66)^2) / 3 - 8240,57$
 $= 0,21$
- $JK_{acak} = JK_{total} - JK_{perlakuan}$
 $= 0,87 - 0,21$



$= 0,66$

Uji Keragaman Regresi Suhu Pagi Hari

SK	Db	JK	KT	Fhitung	F5%	F1%
Perlakuan	4	0,21	0,052993333	0,809552908	3,48	5,99
Acak	10	0,65	0,06546	Ket : ns		
Total	14	0,87				

Karena F hitung $< F 1\%$ atau $0,809552908 > 5,99 \rightarrow^{ns}$ Artinya tidak berbeda. Sehingga tidak perlu dilakukan uji BNT.



Lampiran 7. Data Pengamatan Suhu (°C) Sore Hari Selama Penelitian

Data Pengamatan Suhu Sore Hari

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-Rata± SD
	1	2	3		
K	26,45	26,4	26,43	79,28	26,42±0,02
A	26,33	26,31	26,48	79,12	26,37±0,09
B	26,47	26,42	26,48	79,37	26,45±0,03
C	26,29	26,41	26,31	79,01	26,33±0,06
D	26,41	26,35	26,41	79,17	26,39±0,03
Total				395,95	

Perhitungan

- $FK = G^2/n$
 $= 395,95^2/5 \times 3$
 $= 10451,76$
- $JK_{total} = (A1)^2 + (A2)^2 + \dots + (K3)^2 - FK$
 $= (26,33)^2 + (26,31)^2 + \dots + (26,43)^2 - 395,95$
 $= 0,06$
- $JK_{perlakuan} = (\Sigma A)^2 + (\Sigma B)^2 + (\Sigma C) + (\Sigma D)^2 + (\Sigma K)^2/3 - FK$
 $= ((79,12)^2 + (79,37)^2 + (79,01)^2 + (79,17) + (79,28)^2) / 3 - 395,95$
 $= 0,03$
- $JK_{acak} = JK_{total} - JK_{perlakuan}$
 $= 0,06 - 0,03$
 $= 0,03$

Uji Keragaman Regresi Suhu Sore Hari

SK	Db	JK	KT	Fhitung	F5%	F1%
Perlakuan	4	0,03	0,006516667	2,084221748	3,48	5,99
Acak	10	0,03	0,003126667	Ket : ns		
Total	14	0,06				

Karena F hitung < F 1% atau 2,084221748 > 5,99 → ^{ns} Artinya tidak berbeda. Sehingga tidak perlu dilakukan uji BNT.

Lampiran 8. Data Pengamatan pH Pagi Hari Selama Penelitian

Data Pengamatan pH Pagi Hari

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-Rata± SD
	1	2	3		
K	7,53	7,53	7,54	22,6	7,53±0,005
A	7,5	7,36	7,24	22,1	7,36±0,130
B	7,24	7,18	7,26	21,68	7,22±0,041
C	7,26	7,1	7,09	21,45	7,15±0,095
D	7,1	7,69	7,16	21,95	7,31±0,324
Total				109,78	

Perhitungan

- $FK = G^2/n$
 $= 109,78^2/5 \times 3$
 $= 803,44$
- $JK_{total} = (A1)^2 + (A2)^2 + \dots + (K3)^2 - FK$
 $= (7,5)^2 + (7,36)^2 + \dots + (7,54)^2 - 803,44$
 $= 0,52$
- $JK_{perlakuan} = (\Sigma A)^2 + (\Sigma B)^2 + (\Sigma C) + (\Sigma D)^2 + (\Sigma K)^2/3 - FK$
 $= ((22,1)^2 + (21,68)^2 + (21,45)^2 + (21,95) + (22,6)^2) / 3 - 803,44$
 $= 0,26$
- $JK_{acak} = JK_{total} - JK_{perlakuan}$
 $= 0,52 - 0,26$
 $= 0,27$

Uji Keragaman Regresi pH Pagi Hari

SK	Db	JK	KT	Fhitung	F5%	F1%
Perlakuan	4	0,26	0,063976667	2,400925694	3,48	5,99
Acak	10	0,27	0,026646667	ket: ns		
Total	14	0,52				

Karena F hitung $< F 1\%$ atau $2,400925694 > 5,99 \rightarrow$ ^{ns} Artinya tidak berbeda.
Sehingga tidak perlu dilakukan uji BNT.



Lampiran 9. Data Pengamatan pH Sore Hari Selama Penelitian

Data Pengamatan pH Sore Hari

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-Rata± SD
	1	2	3		
K	7,81	7,8	7,79	23,4	7,8±0,01
A	7,69	7,55	7,48	22,72	7,57±0,10
B	7,55	7,42	7,55	22,52	7,50±0,07
C	7,36	7,2	5,08	19,64	6,54±1,27
D	7,2	7,09	7,26	21,55	7,18±0,08
Total				109,83	

Perhitungan

- $FK = G^2/n$
 $= 109,83^2/5 \times 3$
 $= 804,18$
- $JK_{total} = (A1)^2 + (A2)^2 + \dots + (K3)^2 - FK$
 $= (7,69)^2 + (7,55)^2 + \dots + (7,79)^2 - 804,18$
 $= 6,13$
- $JK_{perlakuan} = (\Sigma A)^2 + (\Sigma B)^2 + (\Sigma C) + (\Sigma D)^2 + (\Sigma K)^2/3 - FK$
 $= ((22,72)^2 + (22,52)^2 + (19,64)^2 + (21,55) + (23,4)^2) / 3 - 804,18$
 $= 2,84$
- $JK_{acak} = JK_{total} - JK_{perlakuan}$
 $= 6,13 - 2,84$
 $= 3,29$

Uji Keragaman Regresi pH Sore Hari

SK	Db	JK	KT	Fhitung	F5%	F1%
Perlakuan	4	2,84	0,709593333	2,15769309	3,48	5,99
Acak	10	3,29	0,328866667	Ket: ns		

Total	14	6,13	
-------	----	------	--

Karena $F_{hitung} < F_{1\%}$ atau $2,15769309 > 5,99 \rightarrow^{ns}$ Artinya tidak berbeda. Sehingga tidak perlu dilakukan uji BNT.

Lampiran 10. Data Pengamatan DO (mg/l) Pagi Hari Selama Penelitian

Data Pengamatan DO (mg/l) Pagi Hari

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-Rata± SD
	1	2	3		
K	6,84	6,8	6,64	20,28	6,76±0,10
A	6,61	6,72	6,41	19,74	6,58±0,15
B	6,75	6,29	6,54	19,58	6,52±0,23
C	6,51	6,46	6,66	19,63	6,54±0,10
D	5,65	5,72	5,53	16,9	5,63±0,09
Total				96,13	

Perhitungan

- $FK = G^2/n$
 $= 96,13^2/5 \times 3$
 $= 616,07$
- $JK_{total} = (A1)^2 + (A2)^2 + \dots + (K3)^2 - FK$
 $= (6,61)^2 + (6,72)^2 + \dots + (6,64)^2 - 616,07$
 $= 2,57$
- $JK_{perlakuan} = (\Sigma A)^2 + (\Sigma B)^2 + (\Sigma C) + (\Sigma D)^2 + (\Sigma K)^2/3 - FK$
 $= ((19,74)^2 + (19,58)^2 + (19,63)^2 + (16,9) + (20,28)^2) / 3 - 616,07$
 $= 2,35$
- $JK_{acak} = JK_{total} - JK_{perlakuan}$
 $= 2,58 - 2,36$
 $= 0,22$

Lampiran 10. (Lanjutan)

Uji Keragaman Regresi DO (mg/l) Pagi Hari

SK	Db	JK	KT	Fhitung	F5%	F1%
Perlakuan	4	2,36*	0,589493333	27,04097859**	3,48	5,99
Acak	10	0,22*	0,0218			
Total	14	2,58*				

- Karena F hitung > F 1% atau 27,04097859 > 5,99 → ** atau berbeda sangat nyata. Untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan maka dilanjutkan dengan uji BNT.

Perhitungan uji BNT :

- $$SED = \sqrt{\frac{2 \text{ KT acak}}{\mu}}$$

$$= \sqrt{\frac{2 \times 0,0218}{3}}$$

$$= 0,01$$

- $$\text{BNT } 5\% = t \text{ tabel } 5\% \times SED$$

$$= 2,228 \times 0,01$$

$$= 0,02228$$

- $$\text{BNT } 1\% = t \text{ tabel } 1\% \times SED$$

$$= 3,169 \times 0,01$$

$$= 0,03169$$

Uji BNT Untuk DO Pagi Hari

Rata-Rata Perlakuan	K(6,76)	A(6,58)	C(6,54)	B(6,52)	D(5,63)	Notasi
K (6,76)	-	-	-	-	-	a
A (6,58)	0,54	-	-	-	-	b
C (6,54)	0,65	0,11	-	-	-	c
B (6,52)	0,7	0,16	0,05	-	-	d

D (5,63)	3,38	2,84	2,73	2,68	-	k
----------	------	------	------	------	---	---

Kesimpulan : Urutan Perlakuan Terbaik yaitu $K \rightarrow A \rightarrow C \rightarrow B \rightarrow D$

Lampiran 10. (Lanjutan)

Analisis Keragaman Regresi DO Pagi Hari

Sumber Keragaman	Db	JK	KT	F Hitung	F 5%	F 1%
Perlakuan	4	2,35	-	-	-	-
Linier	1	1,57323	1,57323	72,1665**	4,96	10,04
Kuadratik	1	0,41402	0,41402	18,9918**	4,96	10,04
Kubik	1	0,33285	0,33285	15,2685**	4,96	10,04
Kuartik	1	0,00297	0,00297	0,13624*	4,96	10,04
Acak	10	0,22	0,0218			
Total	14					

$$\begin{aligned}
 R^2 \text{ Linier} &= \text{JK Kuadratik} / (\text{JK Kuadratik} + \text{JK Acak}) \\
 &= 0,414021429 / (0,414021429 + 0,22) \\
 &= 0,65507
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R^2 \text{ Kuadratik} &= \text{JK Kuadratik} / (\text{JK Kuadratik} + \text{JK Acak}) \\
 &= 0,414021429 / (0,414021429 + 0,22) \\
 &= 0,65507
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R^2 \text{ Kubik} &= \text{JK Kuadratik} / (\text{JK Kuadratik} + \text{JK Acak}) \\
 &= 0,414021429 / (0,414021429 + 0,22) \\
 &= 0,60425
 \end{aligned}$$

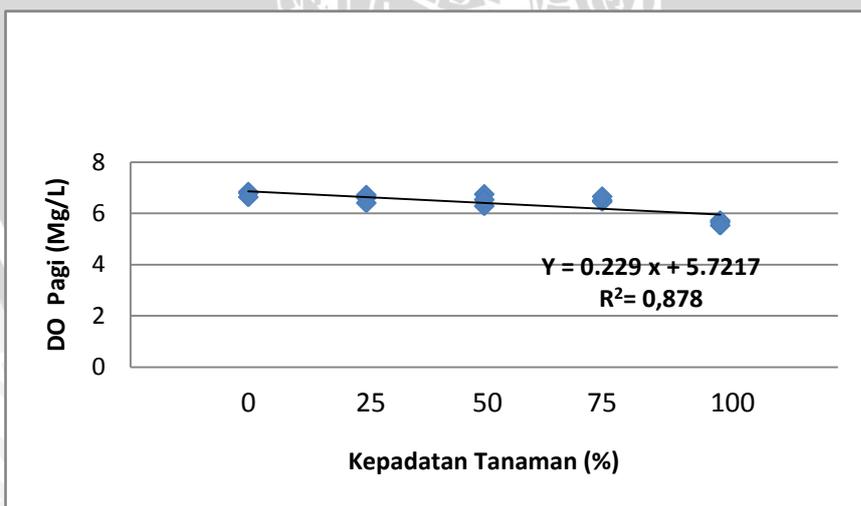
Nilai Regresi Linier lebih besar dari nilai regresi Kuadratik dan Regresi Kubik.

Lampiran 10. (Lanjutan)

X	Y
0%	6,84
0%	6,8
0%	6,64
25%	6,61
25%	6,72
25%	6,41
50%	6,75
50%	6,29
50%	6,54
75%	6,51
75%	6,46
75%	6,66
100%	5,65
100%	5,72
100%	5,53

Sehingga dihasilkan persamaan Linier:

$$Y = 0,229x + 5,7217$$



Gambar Grafik Linier Pengukuran DO pagi hari

Lampiran 11. Data Pengamatan DO (mg/l) Sore Hari Selama Penelitian

Data Pengamatan DO (mg/l) Sore Hari

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-Rata± SD
	1	2	3		
K	6,25	6	6,19	18,44	6,14±0,13
A	6,19	6,18	6,2	18,57	6,19±0,01
B	6,21	6,03	6,1	18,34	6,11±0,09
C	6	6,2	6,15	18,35	6,11±0,10
D	6,5	6,7	6,9	20,1	6,7±0,2
Total				93,8	

Perhitungan

- $FK = G^2/n$
 $= 93,8^2/5 \times 3$
 $= 586,56$
- $JK_{total} = (A1)^2 + (A2)^2 + \dots + (K3)^2 - FK$
 $= (6,19)^2 + (6,18)^2 + \dots + (6,19)^2 - 586,56$
 $= 0,91$
- $JK_{perlakuan} = (\Sigma A)^2 + (\Sigma B)^2 + (\Sigma C) + (\Sigma D)^2 + (\Sigma K)^2/3 - FK$
 $= ((18,57)^2 + (18,34)^2 + (18,35)^2 + (20,1) + (18,44)^2) / 3 - 586,56$
 $= 0,76$
- $JK_{acak} = JK_{total} - JK_{perlakuan}$
 $= 0,91 - 0,76$
 $= 0,15$

Uji Keragaman Regresi DO (mg/l) Sore Hari

SK	Db	JK	KT	Fhitung	F5%	F1%
Perlakuan	4	0,76	0,19055	12,5033	3,48	5,99
Acak	10	0,15	0,01524	Ket : **		
Total	14	0,91				

- Karena F hitung > F 1% atau 12,45953631 > 5,99 → ** atau berbeda sangat nyata. Untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan maka

dilanjutkan dengan uji BNT.

Lampiran 11. (Lanjutan)

Perhitungan uji BNT :

$$\begin{aligned} \bullet \text{ SED} &= \sqrt{\frac{2 \text{ KT acak}}{\mu}} \\ &= \sqrt{\frac{2 \times 0,01524}{3}} \\ &= 0,1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{ BNT } 5\% &= t \text{ tabel } 5\% \times \text{ SED} \\ &= 2,228 \times 0,1 \\ &= 0,2228 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{ BNT } 1\% &= t \text{ tabel } 1\% \times \text{ SED} \\ &= 3,169 \times 0,1 \\ &= 0,3169 \end{aligned}$$

Uji BNT Untuk DO Sore Hari

Rata-Rata Perlakuan	A(6,19)	K(6,14)	C(6,12)	B(6,11)	D(6,7)	Notasi
A (6,19)	-	-	-	-	-	A
K (6,14)	1,53	-	-	-	-	B
C (6,12)	1,66	0,13	-	-	-	B
B (6,11)	1,75	0,22	0,09	-	-	B
D (6,7)	1,76	0,23	0,1	0,01	-	B

Kesimpulan : Urutan Perlakuan Terbaik yaitu A → K → C → B → D

Analisis Keragaman Regresi DO Sore Hari

Sumber Keragaman	Db	JK	KT	F Hit	F 5%	F 1%
Perlakuan	4	0,76	-	-	-	-
Linier	1	0,32033	0,32033	21,0192**	4,96	10,04
Kuadratik	1	0,28834	0,28834	18,9201**	4,96	10,04
Kubik	1	0,147	0,147	9,64567*	4,96	10,04
Kuartik	1	0,00297	0,00297	0,19488*	4,96	10,04
Acak	10	0,15	0,01524			
Total	14					

$$\begin{aligned}
 R^2 \text{ Linier} &= \text{JK Kuadratik} / (\text{JK Kuadratik} + \text{JK Acak}) \\
 &= 0,288342857 / (0,288342857 + 0,15) \\
 &= 0,67762
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R^2 \text{ Kuadratik} &= \text{JK Kuadratik} / (\text{JK Kuadratik} + \text{JK Acak}) \\
 &= 0,288342857 / (0,288342857 + 0,15) \\
 &= 0,65422
 \end{aligned}$$

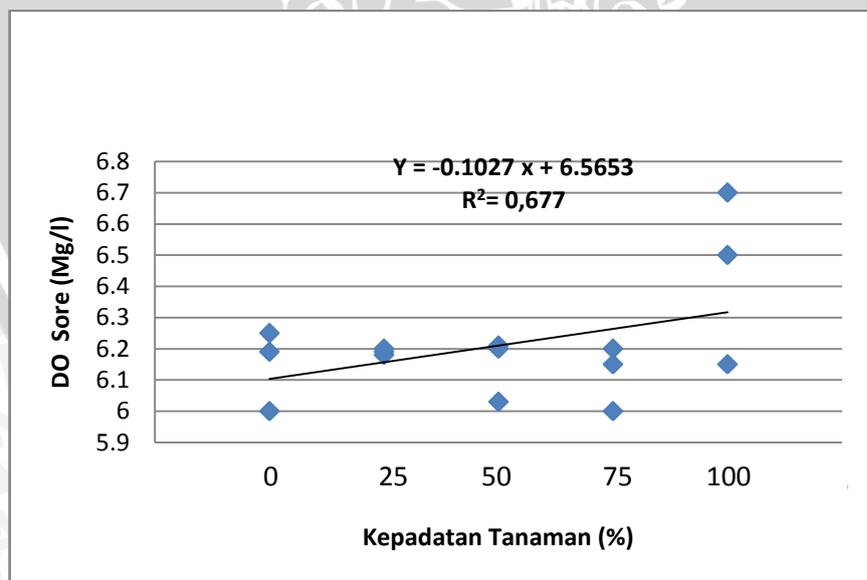
$$\begin{aligned}
 R^2 \text{ Kubik} &= \text{JK Kuadratik} / (\text{JK Kuadratik} + \text{JK Acak}) \\
 &= 0,288342857 / (0,288342857 + 0,15) \\
 &= 0,49098
 \end{aligned}$$

Nilai Regresi Linier lebih besar dari nilai regresi Kuadratik dan Regresi Kubik.

X	Y
0%	6,25
0%	6
0%	6,19
25%	6,19
25%	6,18
25%	6,2
50%	6,21
50%	6,03
50%	6,2
75%	6
75%	6,2
75%	6,15
100%	6,5
100%	6,7
100%	6,15

Sehingga dihasilkan persamaan Linier :

$$Y = -0,1027x + 6,5653$$



Gambar Grafik Linier Pengukuran DO sore hari

Lampiran 12. Data Pengamatan BOD (*Biological Oxygen Demand*) mg/l Selama Penelitian

Data Pengamatan BOD (*Biological Oxygen Demand*)

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-Rata± SD
	1	2	3		
K	28,07	27,45	27,75	83,27	27,75±0,31
A	25,33	24,48	24,78	74,59	24,86±0,43
B	18,28	18,03	18,17	54,48	18,16±0,12
C	8,42	8,13	8,28	24,83	8,27±0,14
D	5,95	5,9	5,82	17,67	5,89±0,06
Total				254,84	

Perhitungan

- $FK = G^2/n$
 $= 254,84^2/5 \times 3$
 $= 4329,56$
- $JK_{total} = (A1)^2 + (A2)^2 + \dots + (K3)^2 - FK$
 $= (25,33)^2 + (24,48)^2 + \dots + (27,75)^2 - 4329,56$
 $= 1135,88$
- $JK_{perlakuan} = (\Sigma A)^2 + (\Sigma B)^2 + (\Sigma C) + (\Sigma D)^2 + (\Sigma K)^2/3 - FK$
 $= ((74,59)^2 + (54,48)^2 + (24,83)^2 + (17,67)^2 + (83,27)^2) / 3 - 4329,56$
 $= 1135,24$
- $JK_{acak} = JK_{total} - JK_{perlakuan}$
 $= 1135,88 - 1135,24$
 $= 0,65$

Uji Keragaman BOD (*Biological Oxygen Demand*) mg/l

Sumber Keragaman	Db (Derajat Bebas)	JK (Jumlah Kuadrat)	KT (Kuadrat Tengah)	F hitung	F5%	F1%
Perlakuan	4	1135,23	283,8086733	4393,32312	3,48	5,99
Acak	10	0,65	0,0646	Ket : **		
Total	14	1135,88				

Karena F hitung > F 1% atau 4393,32312 > 5,99 → ** atau berbeda sangat nyata. Untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan maka dilanjutkan dengan uji BNT.

Perhitungan uji BNT :

- $$SED = \sqrt{\frac{2 \text{ KT acak}}{\mu}}$$

$$= \sqrt{\frac{2 \times 0,0646}{3}}$$

$$= 0,2075$$

- $$BNT \ 5\% = t \text{ tabel } 5\% \times SED$$

$$= 2,228 \times 0,2075$$

$$= 0,4623$$

- $$BNT \ 1\% = t \text{ tabel } 1\% \times SED$$

$$= 3,169 \times 0,2075$$

$$= 0,6575$$

Uji BNT untuk BOD (*Biological Oxygen Demand*) mg/l

Rata-Rata Perlakuan	D (5,89)	C (8,28)	B (18,16)	A (24,86)	K (27,76)	Notasi
D (5,89)	-	-	-	-	-	a
C (8,28)	2,39	-	-	-	-	b
B (18,16)	12,27	9,88	-	-	-	b
A (24,86)	18,97	16,58	6,7	-	-	b
K (27,76)	21,87	19,48	9,6	2,9	-	b

Kesimpulan : Urutan Perlakuan Terbaik yaitu D → C → B → A → K

Analisis Keragaman Regresi BOD (*Biological Oxygen Demand*) mg/l

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F Hitung	F 5%	F 1%
Perlakuan	4	1135,24	-	-	-	-
Linier	1	1091,55	1091,55	16793,1**	4,96	10,04
Kuadratik	1	1,00595	1,00595	15,4762*	4,96	10,04
Kubik	1	38,3522	38,3522	590,034**	4,96	10,04
Kuartik	1	0,00297	0,00297	0,04569*	4,96	10,04
Acak	10	0,65	0,0646			
Total	14					

$$\begin{aligned}
 R^2 \text{ Linier} &= \text{JK Kuadratik} / (\text{JK Kuadratik} + \text{JK Acak}) \\
 &= 1,005952381 / (1,005952381 + 0,65) \\
 &= 0,99941
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R^2 \text{ Kuadratik} &= \text{JK Kuadratik} / (\text{JK Kuadratik} + \text{JK Acak}) \\
 &= 1,005952381 / (1,005952381 + 0,65) \\
 &= 0,60895
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R^2 \text{ Kubik} &= \text{JK Kuadratik} / (\text{JK Kuadratik} + \text{JK Acak}) \\
 &= 1,005952381 / (1,005952381 + 0,65) \\
 &= 0,98344
 \end{aligned}$$

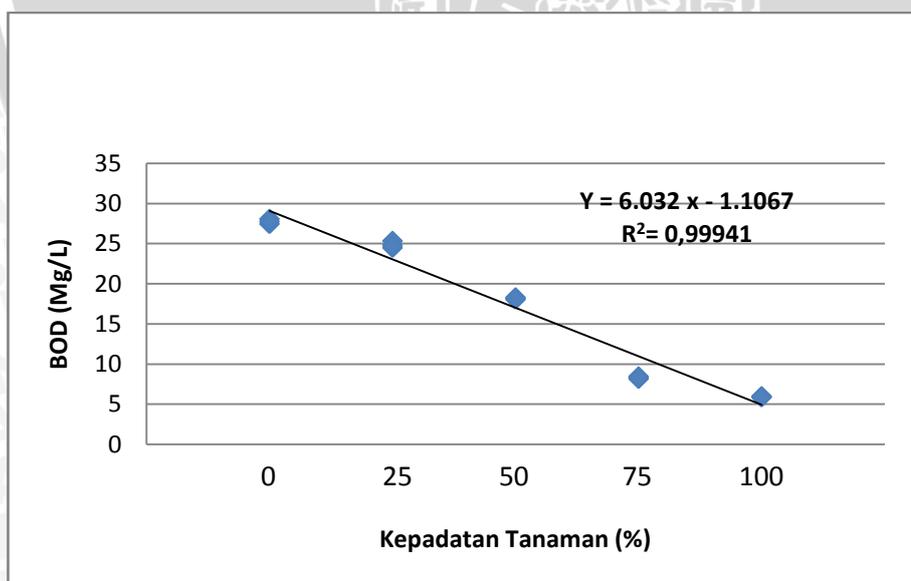
Nilai Regresi Linear lebih besar dari nilai regresi Kuadratik dan Regresi Kubik.

Lampiran 12. (Lanjutan)

X	Y
0%	28,07
0%	27,45
0%	27,75
25%	25,33
25%	24,48
25%	24,78
50%	18,28
50%	18,03
50%	18,17
75%	8,42
75%	8,13
75%	8,28
100%	5,95
100%	5,9
100%	5,82

Sehingga dihasilkan persamaan Linier:

$$Y = 6,032x + -1,1067$$



Gambar Grafik Linier Pengukuran BOD Selama Penelitian

Batasan Maksimal Air Limbah.

Parameter	Konsentrasi (mg/l)
COD	100 - 300
BOD	50 - 150
Minyak nabati	5 - 10
Minyak mineral	10 - 50
Zat padat tersuspensi (TSS)	200 - 400
pH	6.0 - 9.0
Temperatur	38 - 40 [°C]
Ammonia bebas (NH ₃)	1.0 - 5.0
Nitrat (NO ₃ -N)	20 - 30
Senyawa aktif biru metilen	5.0 - 10
Sulfida (H ₂ S)	0.05 - 0.1
Fenol	0.5 - 1.0
Sianida (CN)	0.05 - 0.5

Sumber: Ningrum (2011)