PENGARUH KERAPATAN ECENG GONDOK (*Eichhornia crassipes*) YANG BERBEDA PADA LIMBAH CAIR PABRIK GULA TERHADAP KELULUSHIDUPAN DAN PERTUMBUHAN BENIH IKAN MAS (*Cyprinus carpio*)

SKRIPSI

MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN

BUDIDAYA PERAIRAN

SITAS BRA

Oleh:

ASSETYANINGRUM NOVALIANA

0510850014



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN

MALANG

2011

PENGARUH KERAPATAN ECENG GONDOK (Eichhornia crassipes) YANG BERBEDA PADA LIMBAH CAIR PABRIK GULA TERHADAP KELULUSHIDUPAN DAN PERTUMBUHAN BENIH IKAN MAS (Cyprinus carpio)

Skripsi Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Perikanan Pada Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya

Oleh:

ASSETYANINGRUM NOVALIANA

0510850014

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I

Dr. Ir. Agoes Soeprijanto, MS

Tanggal:

Tanggal:

Dosen Penguji II

Dosen Penguji I

Dosen Pembimbing II

Dr. Ir. Hj. Sri Andayani, MS

Ir. Heny Suprastyani, MS

Ir. Hj. Prapti Sunarmi

Tanggal: Tanggal:

Mengetahui,

Ketua Jurusan MSP

Dr. Ir. Happy Nursyam, MS

Tanggal:

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga dalam pelaksanaan Skripsi yang berjudul "Pengaruh Kerapatan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) yang Berbeda Pada Limbah Cair Pabrik Gula Terhadap Kelulushidupan dan Pertumbuhan Benih Ikan Mas (*Cyprinus carpio*)" mulai dari penyusunan usulan, pelaksanaan dan penulisan laporan dapat terlaksana dengan lancar. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Perikanan di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya.

Pada kesempatan ini, tak lupa penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu sehingga Skripsi ini dapat terselesaikan, diantaranya kepada:

- Ibu Dr. Ir. Hj. Sri Andayani, MS selaku Dosen Pembimbing I
- Ibu Ir. Hj. Prapti Sunarmi selaku Dosen Pembimbing II
- Seluruh staf Laboratorium Ilmu-ilmu Perairan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya
- Bapak, Ibu , Kakak beserta saudara-saudara yang telah memberikan doa dan dukungannya
- Teman, Sahabat, Rekan seperjuangan atas segala dorongan dan doa
- Serta semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu

Dalam penulisan Skripsi ini, penulis telah berusaha sebaik-baiknya, namun penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan baik secara ilmiah maupun teknis. Oleh karena itu, segala saran dan kritik membangun dari pembaca tetap penulis harapkan demi perbaikan Skripsi ini. Akhir kata, penulis berharap semoga Skripsi ini akhirnya akan bermanfaat dan memberikan info kepada pihak-pihak yang berminat dan membutuhkannya.

Malang, Februari 2011

RINGKASAN

ASSETYANINGRUM NOVALIANA. Skripsi. Pengaruh Kerapatan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) yang Berbeda Pada Limbah Cair Pabrik Gula Terhadap Kelulushidupan dan Pertumbuhan Benih Ikan Mas (*Cyprinus carpio*). Di bawah bimbingan Dr. Ir. Hj. SRI ANDAYANI, MS dan Ir. Hj. PRAPTI SUNARMI

Bahan pencemaran yang masuk ke dalam air dapat dikelompokkan atas limbah organik, logam berat dan minyak. Masing-masing kelompok ini sangat berpengaruh terhadap organisme perairan. Cara pengolahan air limbah secara biologis yaitu dengan menggunakan bioremediasi. Salah satu organisme yang dapat dimanfaatkan untuk proses fitoremediasi adalah eceng gondok (*Eichhornia crassipes*).

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengetahui kelulushidupan dan pertumbuhan ikan mas (*Cyprinus carpio*) dalam limbah cair pabrik gula dengan kerapatan eceng gondok yang berbeda.

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Workshop dan Laboratorium Ilmuilmu Perairan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya pada bulan Agustus 2010.

Metode yang dilakukan adalah metode eksperimen. Penelitian eksperimen adalah mengadakan percobaan untuk melihat hasil. Eksperimen adalah mengadakan kegiatan percobaan untuk melihat suatu hasil atau hubungan kausal antara variabel-variabel yang diselidiki. Tujuan eksperimen adalah untuk menemukan hubungan sebab akibat antara variable. Analisis yang digunakan adalah dengan Rancangan Acak Lengkap untuk mengetahui kelulushidupan dan pertumbuhan ikan mas dengan kerapatan eceng gondok yang berbeda.

Berdasarkan hasil penelitian dapat diketahui bahwa kelulushidupan benih ikan mas pada perlakuan dan kontrol sangat berbeda. Kelulushidupan tertinggi diperoleh pada perlakuan D (kerapatan 100%) yaitu sebesar 80%, untuk kontrol 1 nilai kelulushidupan lebih tinggi dan kontrol 2 nilai kelulushidupannya rendah. Kelulushidupan pada kontrol 1 lebih besar pada perlakuan D dengan kerapatan eceng gondok 100% karena pada kontrol 1 menggunakan air sumur yang rendah bahan organic. Setelah diuji dengan uji keragaman hasilnya berbeda sangat nyata, yang artinya ada pengaruh adanya perlakuan terhadap kelulushidupan benih ikan mas dengan persamaan regresi y = 0.871x - 7.78 dengan nilai regresi $R^2 = 0.94$.

Untuk laju pertumbuhan benih ikan mas, perlakuan D (kerapatan 100%) lebih tinggi nilainya dibanding perlakuan yang lain. Pada kontrol 1 laju pertumbuhannya tinggi dibanding kontrol 2. Laju pertumbuhan pada kontrol 1 lebih tinggi dibanding perlakuan D dengan kerapatan eceng gondok 100% karena pada kontrol 1 menggunakan air sumur. Pertumbuhan benih ikan mas yang baik pada perairan yang tidak mengandung bahan organik. Setelah dilakukan uji keragaman diperoleh hasil berbeda sangat nyata, artinya ada pengaruh untuk laju pertumbuhan dalam perlakuan dengan persamaan regresi y = 0.011x - 0.52 dengan nilai regresi $R^2 = 0.96$.

Pada parameter penunjang, kualitas air yang diukur yaitu suhu, pH, DO, BOD, TOM, CO_2 , dan nitrat. Untuk nilai suhu, hasilnya kisaran 24-27 °C dan itu masih dalam kisaran normal untuk kelulushidupan dan pertumbuhan benih ikan mas. Setelah dilakukan uji keragaman hasilnya tidak berbeda nyata. Untuk uji pH, kisaran pH yang didapat yaitu 7-8, hasil itu masih dalam kisaran normal untuk kelulushidupan dan pertumbuhan benih ikan mas. Setelah dilakukan uji keragaman diperoleh hasil tidak berbeda nyata. Sementara itu untuk uji DO, kisaran DO yang didapat adalah 4,6-6,1 ppm. Hasil itu masih dalam kisaran normal untuk

kelulushidupan dan pertumbuhan benih ikan mas. Setelah dilakukan uji keragaman hasilnya yaitu tidak berbeda nyata.

Pengukuran BOD hasilnya yaitu kisaran 287,8 – 305,6 ppm pada perlakuan, untuk kontrol 1 sebesar 99 ppm dan untuk kontrol 2 sebesar 345,1 ppm. Setelah dilakukan uji keragaman hasilnya tidak berbeda nyata. Pada pengukuran TOM, pada perlakuan hasilnya berkisar antara 10,588 - 13,588 mg/l, kontrol 1 sebesar 2,363 mg/l dan kontrol 2 sebesar 13,798 mg/l. Setelah dilakukan uji keragaman hasilnya tidak berbeda nyata.

Pengukuran CO_2 pada perlakuan diperoleh hasil kisaran 24,6 – 30,3 mg/l, kontrol 1 sebesar 19,53 mg/l dan untuk kontrol 2 yaitu 31,49 mg/l. Setelah dilakukan uji keragaman hasilnya tidak berbeda nyata. Pengukuran nitrat, pada perlakuan didapat hasil kisaran 0,144 - 0,523 ppm, pada kontrol 1 yaitu 0,0282 ppm dan kontrol 2 yaitu 0,135 ppm. Setelah dilakukan uji keragaman ternyata hasilnya tidak berbeda nyata.



DAFTAR ISI

	Halama
RINGKASAN	
KATA PENGANTAR	
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
1. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian 1.4 Kegunaan Penelitian 1.5 Hipotesis 1.6 Tempat dan Waktu	4
1.4 Kegunaan Penelitian	4
1.5 Hipotesis	4
1.6 Tempat dan Waktu	4
2. TINJAUAN PUSTAKA	_
2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Limbah Cair Pabrik Gula	5
2.2 Eceng Gondok (Eichhornia crassipes)	
2.2.1 Klasifikasi Eceng Gondok (Eichhornia crassipes)	
2.2.2 Morfologi Eceng Gondok (Eichhornia crassipes)	
2.2.3 Ekologi Eceng Gondok (Eichhornia crassipes)	
2.2.4 Manfaat Eceng Gondok (Eichhornia crassipes)	8
2.2.5 Bagian-bagian dari Eceng Gondok (<i>Eichhornia crassipes</i> Berperan dalam Penguraian Air Limbah	8
2.2.6 Mekanisme Penyerapan Air Limbah oleh Eceng Gondok (Eiden crassipes)	chhornia 9
2.3 Ikan Mas (Cyprinus carpio)	11
2.3.1 Klasifikasi Ikan Mas (Cyprinus carpio)	
2.3.2 Morfologi Ikan Mas (Cyprinus carpio)	
2.3.3 Ekologi Ikan Mas (Cyprinus carpio)	
2.3.4 Kelulushidupan dan Pertumbuhan Ikan Mas (Cyprinus carpio)	
2.4 Bioremediasi	
2.5 Pengolahan Limbah Cair	
2.6 Bahan Mutu Bahan Pencemar	18
2.7 Parameter Fisika dan Kimia	
2.7.1 Oksigen Terlarut atau DO (Dissolved Oxygen)	
2.7.2 BOD (Biological Oxygen Demand)	
2.7.3 Suhu	
2.7.4 pH	
2.7.5 Nitrat	
2.7.6 Karbondioksida (CO ₂)	27
2.7.7 TOM (Total Organic Matter)	28

3.	METODOLOGI	30
	3.1 Bahan Penelitian	30
	3.2 Alat Penelitian	30
	3.3 Rancangan Penelitian	31
	3.4 Prosedur Penelitian	
	3.4.1 Persiapan Penelitian	
	3.4.2 Pelaksanaan Penelitian	
	3.5 Parameter Uji	
	3.5.1 Parameter Utama	
	3.5.2 Parameter Penunjang	35
	3.6 Analisa Data	
4	. HASIL DAN PEMBAHASAN	36
	4.1 Kelulushidupan Benih Ikan Mas (Cyprinus carpio)	
	4.2 Laju Pertumbuhan Benih Ikan Mas (Cyprinus carpio)	40
	4.3 Suhu	44
	4.3 Suhu 4.4 pH 4.5 DO	45
	4.5 DO	47
	4.6 BOD	
	4.7 TOM	51
	4.8 CO ₂	52
	4.9 Nitrat	
5.	KESIMPULAN DAN SARAN	
	5.1. Kesimpulan	55
	5.2. Saran	55
D	AFTAR PUSTAKA	56
	THE PLANT HARDY AT	
L	AMPIRAN	63

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Denah RAL	33
2. Nilai SR (%) Benih Ikan Mas	36
3. Hubungan Kerapatan Eceng Gondok dengan SR (%)	39
4. Nilai SGR (%) Benih Ikan Mas	41
5. Hubungan Kerapatan Eceng Gondok dengan SGR (%bw/hari)	43
6. Hubungan Kerapatan Eceng Gondok dengan Suhu	45
7. Hubungan Kerapatan Eceng Gondok dengan pH	47
8. Hubungan Kerapatan Eceng Gondok dengan DO	49
9. Hubungan Kerapatan Eceng Gondok dengan BOD	50
10. Hubungan Kerapatan Eceng Gondok dengan TOM	51
11. Hubungan Kerapatan Eceng Gondok dengan CO ₂	53
12. Hubungan Kerapatan Eceng Gondok dengan Nitrat	54

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Batasan Maksimal Air Limbah dari Industri	19
2. Status Kualitas Air berdasarkan Kandungan DO	20
3. Pengaruh Oksigen Terlarut (mg/l) terhadap Kehidupan Ikan	21
4. Status kualitas air berdasarkan nilai BOD	24
5. Pengaruh Suhu (°C) terhadap Kehidupan Ikan	25
6. Pengaruh pH Terhadap Kehidupan Ikan	26
7. Nilai konsentrasi nitrat dalam air	27
8. Data Pengamatan Kelulushidupan Benih Ikan Mas (%)	36
9. Uji Keragaman Kelulushidupan Benih Ikan Mas	38
10. Uji BNT untuk SR	38
11. Laju Pertumbuhan Benih Ikan Mas	41
12. Uji Keragaman Untuk Laju Pertumbuhan	42
13. Uji BNT untuk SGR	43

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
Data uji kualitas air pada limbah cair pabrik gula	63
2. Data kelulushidupan benih ikan mas (Cyprinus carpio)	64
3. Data laju pertumbuhan benih ikan mas (Cyprinus carpio)	68
4. Data pengukuran dan data uji sidik ragam suhu limbah cair pabrik gu	ula72
5. Data pengukuran dan uji sidik ragam pH limbah cair pabrik gula	74
6. Data pengukuran dan uji sidik ragam DO limbah cair pabrik gula	76
7. Data pengukuran dan uji sidik ragam BOD limbah cair pabrik gula	78
8. Data pengukuran dan uji sidik ragam TOM limbah cair pabrik gula	79
9. Data pengukuran dan uji sidik ragam CO ₂ limbah cair pabrik gula	80
10. Data pengukuran dan uji sidik ragam nitrat limbah cair pabrik gula	81

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dengan semakin meningkatnya perkembangan industri, baik industri migas, pertanian, maupun industri non-migas lainnya, maka semakin meningkat pula tingkat pencemaran pada perairan, udara dan tanah yang disebabkan oleh hasil buangan industri tersebut. Untuk mencegah terjadinya pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh perkembangan industri tersebut perlu dilakukan upaya pengendalian pencemaran lingkungan dengan menetapkan baku mutu lingkungan, termasuk baku mutu air pada sumber air, baku mutu limbah cair, dan sebagainya.

Baku mutu limbah cair adalah batas kadar yang diperbolehkan bagi zat atau bahan pencemar untuk dibuang dari sumber pencemaran ke dalam air pada sumber air, sehingga tidak mengakibatkan dilampauinya baku mutu air.

Bahan pencemaran yang masuk ke dalam air dapat dikelompokkan atas limbah organik, logam berat dan minyak. Masing-masing kelompok ini sangat berpengaruh terhadap organisme perairan.

Pada umumnya zat organik berisikan kombinasi dari karbon, hidrogen, dan oksigen, bersama-sama dengan nitrogen. Elemen lainnya yang penting seperti belerang, fosfor, dan besi juga dapat dijumpai. Semakin lama, jumlah dan jenis bahan organik semakin banyak, hal ini akan mempersulit dalam pengolahan air limbah, sebab beberapa zat tidak dapat diuraikan oleh mikroorganisme (Griswidia, 2008).

Beribu-ribu bahan organik, baik bahan alami maupun sintesis, masuk dalam badan air sebagai hasil dari aktifitas manusia. Penyusun utama bahan organik biasanya berupa polisakarida (karbohidrat), polipeptida (protein, lemak, dan asam nukleat). Selain jenis-jenis bahan organik tersebut, limbah organik juga

BRAWIJAYA

mengandung bahan-bahan organik yang toksik. Beberapa contoh bahan organik yang bersifat toksik terhadap organisme akuatik adalah minyak dan pestisida (Musa, 2005).

Polutan toksik dapat mengakibatkan kematian maupun bukan kematian, misalnya terganggunya pertumbuhan, tingkah laku dan karateristik morfologi berbagai organisme akuatik. Oleh karena itu perlu dilakukan pengolahan air limbah sebelum dibuang ke perairan umum.

Pengolahan air limbah sebelum dibuang ke perairan umum diperlukan untuk mencegah adanya pencemaran perairan akibat adanya akumulasi bahan-bahan pencemar yang terlalu besar. Salah satu cara pengolahan air limbah secara biologis yaitu dengan menggunakan bioremediasi. Menurut Novitasari (2009), bioremediasi didefinisikan sebagai penggunaan organisme hidup untuk mendegradasi pencemar lingkungan yang merugikan ke tingkat atau bentuk yang lebih aman. Proses bioremediasi ini dapat dilakukan secara bioaugmentasi yaitu penambahan atau introduksi satu jenis atau lebih organisme baik yang alami maupun yang sudah mengalami perbaikan sifat, dan biostimulasi yaitu suatu proses yang dilakukan melalui penambahan zat gizi tertentu yang dibutuhkan oleh organisme atau menstimulasi kondisi lingkungan sedemikian rupa (misalnya pemberian aerasi) agar organisme tumbuh dan beraktifitas lebih baik.

Salah satu teknik bioremediasi adalah dengan menggunakan tanaman sebagai organisme pembersih atau lebih dikenal dengan fitoremediasi. Fitoremediasi adalah proses bioremediasi yang menggunakan berbagai tanaman untuk menghilangkan, memindahkan, dan atau menghancurkan kontaminan dalam tanah dan air bawah tanah. Konsep penggunaan tanaman untuk penanganan limbah dan sebagai indikator pencemaran udara dan air sudah lama ada, yaitu fitoremediasi dengan sistem lahan basah, lahan alang-alang dan tanaman apung (Anonymous, 2011).

RAWITAYA

Salah satu organisme yang dapat dimanfaatkan untuk proses fitoremediasi adalah eceng gondok (*Eichhornia crassipes*). Selama ini eceng gondok dipercaya mampu membersihkan lingkungan perairan dari bahan pencemar.

Eichhornia crassipes merupakan tumbuhan air yang dapat menyerap hara dan logam berat dalam jumlah yang cukup signifikan. Zat hara yang terserap oleh akar tanaman akan ditranslokasikan di dalam tubuh tanaman. Hasil penelitian yang telah dilakukan di bak percobaan menunjukkan bahwa penggunaan eceng gondok dengan penutupan 50% dari luas area percobaan pengolahan limbah cair dapat menurunkan residu tersuspensi 75,74 – 85,5 % dan COD 55,52 – 76,83 % (Rossiana, et al. 2007).

Untuk menaksir efek toksiologis 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*) 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.

1.2 Perumusan Masalah

Limbah cair pabrik gula mempunyai banyak sekali kandungan bahan organik yang tinggi dan itu bisa mempengaruhi kelulushidupan dan pertumbuhan ikan di dalamnya, sedangkan eceng gondok mempunyai banyak peran dalam menurunkan kandungan bahan organik dan memperbaiki kualitas air dalam limbah cair. Semakin rapat eceng gondok yang diberikan maka semakin tinggi kelulushidupan benih ikan mas dan pertumbuhannya juga semakin baik. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui kelulushidupan dan pertumbuhan ikan mas pada media

limbah cair pabrik gula dengan menggunakan kerapatan eceng gondok yang berbeda.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengetahui kelulushidupan dan pertumbuhan ikan mas (*Cyprinus carpio*) dalam limbah cair pabrik gula dengan kerapatan eceng gondok yang berbeda.

SBRAM

1.4 Kegunaan Penelitian

Kegunaan penelitian ini adalah masyarakat bisa memanfaatkan tanaman air seperti eceng gondok untuk mengurangi kandungan bahan organik dan kandungan air yang membahayakan lainnya dalam air limbah agar bisa dimanfaatkan dan tidak mencemari lingkungan terutama sungai dan laut.

1.5 Hipotesis

Ho = diduga kerapatan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) yang berbeda tidak berpengaruh nyata terhadap kelulushidupan dan pertumbuhan ikan mas (*Cyprinus carpio*) dalam limbah cair pabrik gula.

H1 = diduga kerapatan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) yang berbeda berpengaruh nyata terhadap kelulushidupan dan pertumbuhan ikan mas (*Cyprinus carpio*) dalam limbah cair pabrik gula.

1.6 Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Workshop dan Laboratorium Ilmuilmu Perairan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya pada bulan Agustus 2010.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah Cair Pabrik Gula

Tebu merupakan bahan baku dalam proses pembuatan gula yang dapat dibudidayakan pada lahan sawah atau lahan kering. Budidaya tebu di lahan kering dilakukan pada lahan yang terbuka, luas dengan olah tanah intensif menyebabkan proses pelapukan berlangsung cepat. Dari budidaya tebu dapat dihasilkan 6-9 % gula dan 91-94% limbah. Limbah yang dihasilkan selama proses produksi berupa limbah cair dan limbah padat. Limbah padat pabrik berupa *bagasse* (ampas), blotong, dan abu ketel. Ketiga limbah padat tersebut tergolong limbah organik yang dapat digunakan sebagai sumber bahan organik tanah (Agrika *et al.* 2009).

Potensi ampas (*bagasse*) di Indonesia menurut Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia (P3GI) tahun 2008, cukup besar dengan komposisi rata-rata hasil samping industri gula di Indonesia terdiri dari limbah cair 52,9%, blotong 3,5%, ampas (*bagasse*) 32,0%, tetes 4,5% dan gula 7,05% serta abu 0,1% (Kurnia, 2010).

Menurut Shely (2004), limbah cair pabrik gula banyak mengandung bahan organik, pada umumnya bahan organik berisikan kombinasi dari karbon, hidrogen, dan oksigen bersama-sama dengan nitrogen. Kandungan bahan organik yang dijumpai dalam air limbah berisikan 40-60% adalah protein, 25-50% adalah karbohidrat, serta 10% lainnya berupa lemak atau minyak.

Menurut Cahyawati (2007), limbah pabrik gula pada umumnya mengandung bahan-bahan organik yang berbahaya bagi lingkungan. Masuknya bahan-bahan organik ke dalam perairan mempunyai akibat yang sangat kompleks, diantaranya:

1) adanya penambahan padatan tersuspensi, 2) deoksigenasi dalam air, biasanya disebabkan oleh aktifitas bakteri dalam merombak bahan organik yang diiringi

dengan meningkatnya kebutuhan oksigen untuk proses dekomposisi, penambahan bahan beracun seperti ammonia.

2.2 Eceng Gondok (Eichhornia crassipes)

2.2.1 Klasifikasi Eceng Gondok (Eichhornia crassipes) menurut Suprobowati (2005):

Divisi : Spermatophyta

Kelas : Angiospermae

Sub Kelas : Monocotyledoneae

Ordo : Liliales

> Family : Pontederiaceae

> > Genus : Eichhornia

RAWIUAL Spesies: Eichhornia crassipes

2.2.2 Morfologi Eceng Gondok (Eichhornia crassipes)

Eceng gondok merupakan tumbuhan yang hidup di perairan terbuka, mengapung di air jika tempat tumbuhnya cukup dalam dan berakar didasar jika air dangkal. Eceng gondok memiliki akar serabut, petiole pada yang dewasa panjang, pada yang muda pendek dan mempunyai gelembung udara. Helaian daun bulat telur pada yang muda dan berbentuk panjang pada yang dewasa, sedang tulang daun melengkung rapat.

Perkembangan terjadi jika tunas baru tumbuh pada ketiak daun lalu membesar dan akhirnya menjadi tumbuhan baru. Eceng gondok dapat menggandakan daunnya pada 7-10 hari. Perkembangbiakan secara generatif terjadi melalui bijinya, sebelum terjadinya biji didahului oleh penyerbukan pada bunga. Karangan eceng gondok berbentuk bulir bertangkai panjang, berbunga 6 sampai 35 Bunganya termasuk bunga majemuk, sehingga eceng gondok memungkinkan penyerbukan, setelah 20 hari bunganya akan masak, terbebas lalu pecah dan bijinya masuk keperairan. Untuk kemudian menjadi tanaman baru. Satu tanaman dapat menghasilkan 5 sampai 6 ribu biji tiap musim. Tumbuhan eceng gondok dapat mencapai ketinggian 40-80 cm, dengan daun yang licin dengan panjang 7-25 cm (Dewi dan Yosar, 2009).

Tanaman enceng gondok adalah tanaman yang dapat digunakan sebagai agen pembersih bagi perairan yang tercemar oleh limbah organik, limbah anorganik dan mengurangi tingkat kekeruhan air dengan cara mengabsorbsi dan mengurangi pergerakan sehingga memudahkan terjadinya sedimentasi dari bahan tersuspensi (Sutopo, 2008).

Eceng gondok merupakan tumbuhan yang mempunyai toleransi yang tinggi terhadap bahan pencemar dibandingkan dengan tumbuhan yang lain. Eceng gondok dapat hidup diperairan atau daerah dengan kondisi yang kurang baik termasuk pada daerah yang terkontaminasi oleh bahan pencemar (Setyowati *et al.* 2009).

2.2.3 Ekologi Eceng Gondok (Eichhornia crassipes)

Eceng gondok merupakan tanaman yang habitatnya di perairan, yaitu di kolam-kolam dangkal, tanah basah dan rawa, aliran air yang lambat, danau, tempat penampungan air dan sungai. Selain itu eceng gondok memiliki kecepatan berkembang biak vegetatif yang sangat tinggi, terutama di daerah tropis dan subtropis (Anonymous, 2010^a).

Eceng gondok dapat hidup mengapung bebas di atas permukaan air dan berakar di dasar kolam atau rawa jika airnya dangkal. Kemampuan tanaman inilah yang banyak digunakan untuk mengolah air buangan, karena aktifitas tanaman ini mampu mengolah air buangan domestik dengan tingkat efisiensi yang tinggi.

Eceng gondok sangat memerlukan cahaya matahari yang cukup serta suhu optimal 25-30 °C. Hal ini dapat dipenuhi dengan baik di daerah beriklim tropis. Cocok pada pH 7-7,5 (Dewi dan Yosar, 2009).

2.2.4 Manfaat Eceng Gondok (Eichhornia crassipes)

Eceng gondok memiliki fungsi yaitu dapat mentolerir perubahan yang ekstrim dari ketinggian air, laju air, dan perubahan ketersediaan nutrien, pH, temperatur dan racun-racun dalam air. Eceng gondok juga berperan dalam menangkap polutan logam berat. Selain dapat menyerap logam berat, eceng gondok juga mampu menyerap residu pestisida (Anonymous, 2010^a).

Menurut Sutopo (2008), menunjukkan bahwa eceng gondok dan tanaman yang berpotensi menyerap bahan-bahan organik maupun anorganik, kecepatan dan banyaknya penyerapan dipengaruhi oleh faktor jenis tanaman, umur tanaman, ukuran dan berat tanaman, serta lama waktu perlakuan.

Tanaman enceng gondok dapat menyerap bahan-bahan organik maupun anorganik dan logam-logam berat mencapai 75% dibandingkan dengan tanaman kangkung. Pernyataan ini didukung penelitian Jauhari (2002), bahwa eceng gondok mempunyai efek yang signifikan terhadap penurunan unsur-unsur kimia baik organik maupun anorganik karena daya serapnya yang cukup tinggi, yaitu menghambat proses-proses mikrobiologis oleh mikroorganisme yang terdapat dalam limbah tapioka (Sutopo, 2008).

2.2.5 Bagian-bagian dari Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) yang Berperan dalam Penguraian Air Limbah

Menurut Mukti (2008), bagian-bagian dari eceng gondok yang berperan dalam penguraian air limbah adalah sebagai berikut:

a. Akar

Bagian akar eceng gondok ditumbuhi oleh bulu-bulu akar yang berserabut, berfungsi sebagai pegangan atau jangkar tanaman. Sebagian besar peranan akar berfungsi untuk menyerap zat-zat yang diperlukan tanaman dari dalam air. Pada ujung akar terdapat kantung akar yang mana di bawah sinar matahari kantung akar ini berwarna merah, susunan akarnya dapat mengumpulkan lumpur atau partikel-partikel terlarut dalam air.

b. Daun

Daun eceng gondok tergolong dalam makrofita yang terletak di atas permukaan air, yang di dalamnya terdapat lapisan rongga udara dan berfungsi sebagai alat pengapung tanaman. Zat hijau daun (klorofil) eceng gondok terdapat dalam sel epidemis. Dipermukaan atas daun dipenuhi oleh mulut daun (stomata) dan bulu daun. Rongga udara yang terdapat dalam akar, batang dan daun selain sebagai alat penampungan juga berfungsi sebagai tempat penyimpanan O₂ dari proses fotosintesis. Oksigen hasil dari fotosintesis ini digunakan untuk respirasi tumbuhan di malam hari dengan menghasilkan CO₂ yang akan terlepas ke dalam air.

c. Tangkai

Tangkai eceng gondok berbentuk bulat menggelembung yang di dalamnya penuh dengan udara yang berperan untuk mengapungkan tanaman di permukaan air. Lapisan terluar petiole adalah lapisan epidermis, kemudian dibagian bawahnya terdapat jaringan tipis sklerenkim dengan bentuk sel yang tebal disebut lapisan parenkim, kemudian di dalam jaringan ini terdapat jaringan pengangkut (xylem dan floem). Rongga-rongga udara dibatasi oleh dinding penyekat berupa selaput tipis berwarna putih.

d. Bunga

Eceng gondok berbunga bertangkai dengan warna mahkota lembayung muda. Berbunga majemuk dengan jumlah 6-35 berbentuk karangan bunga bulir dengan putik tunggal.

2.2.6 Mekanisme Penyerapan Air Limbah Oleh Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*)

Tumbuhan ini mempunyai daya regenerasi yang cepat karena potonganpotongan vegetatifnya yang terbawa arus akan terus berkembang menjadi eceng gondok dewasa. Eceng gondok sangat peka terhadap keadaan yang unsur haranya di dalam air kurang mencukupi, tetapi responnya terhadap kadar unsur hara yang tinggi juga besar. Proses regenerasi yang besar, menyebabkan eceng gondok dapat dimanfaatkan sebagai pengendali pencemaran lingkungan.

Sel-sel akar tanaman umumnya mengandung ion dengan konsentrasi yang lebih tinggi daripada medium sekitarnya yang biasanya bermuatan negatif. Penyerapan ini melibatkan energi, sebagai konsekuensi dan keberadaannya, kation memperlihatkan adanya kemampuan masuk ke dalam sel secara pasif ke dalam gradient secara elektrokimia, sedangkan anion harus diangkut secara aktif ke dalam sel akar tanaman sesuai dengan keadaan gradient konsentrasi melawan gradient elektrokimia.

Di dalam akar, tanaman biasa melakukan perubahan pH kemudian membentuk zat khelat yang disebut fitosiderofor. Zat inilah yang kemudian mengikat logam dan bahan organik kemudian dibawa ke dalam sel akar. Agar penyerapan logam dan bahan organik meningkat, maka tumbuhan ini membentuk molekul rediktase di membran akar. Sedangkan model transportasi di dalam tubuh tumbuhan adalah logam dan bahan organik yang dibawa masuk ke sel akar kemudian ke jaringan pengangkut yaitu xylem dan floem, ke bagian tumbuhan lain. Sedangkan lokalisasi logam atau bahan organik pada jaringan bertujuan untuk mencegah keracunan logam terhadap sel, maka tanaman akan melakukan detoksofikasi, misalnya menimbun logam ke dalam organ tertentu seperti akar.

Menurut Mukti (2008), terdapat dua cara penyerapan ion ke dalam akar tanaman:

- Aliran massa, ion dalam air bergerak menuju akar gradient potensial yang disebabkan oleh transpirasi.
- Difusi, gradient konsentrasi dihasilkan oleh pengambilan ion pada permukaan akar.

Dalam pengambilan ada dua hal penting, yaitu pertama energi metabolik yang diperlukan dalam penyerapan unsur hara sehingga apabila respirasi akan

dibatasi maka pengambilan unsur hara sebenarnya sedikit. Dan kedua, proses pengambilan bersifat selektif, tanaman mempunyai kemampuan menyeleksi penyerapan ion tertentu pada kondisi lingkungan yang luas.

Menurut Anonymous (2011), tanaman air dapat merusak atau merombak polutan organik, maupun menyerap dan menstabilisasi logam polutan. Dalam hal ini polutan organik dapat dibersihkan oleh tanaman air melalui satu mekanisme atau kombinasi proses-proses fitodegradasi, rizodegradasi, dan fitovolatilisasi.

1. Biodegradasi dalam rizosfer

Dalam proses ini, tanaman mengeluarkan senyawa organik dan enzim melalui akar (disebut eksudat akar), sehingga daerah rizosfer merupakan lingkungan yang sangat baik untuk tempat tumbuhnya mikroba dalam tanah. Mikroba di daerah rizosfer akan mempercepat proses biodegradasi kontaminan.

2. Fitostabilisasi

Dalam proses stabilisasi, berbagai senyawa yang dihasilkan oleh tanaman dapat mengimobilisasi kontaminan, sehingga diubah menjadi senyawa yang stabil. Tanaman mencegah migrasi polutan dengan mengurangi erosi permukaan, dan aliran air bawah tanah.

3. Fitoakumulasi (fitoekstraksi)

Akar tanaman dapat menyerap kontaminan bersamaan dengan penyerapan nutrien dan air. Massa kontaminan tidak dirombak, tetapi diendapkan di bagian trubus dan daun tanaman. Metode ini digunakan terutama untuk menyerap limbah yang mengandung logam berat.

4. Rizofiltrasi (Sistem hidroponik untuk pembersihan air)

Rizofiltrasi prinsipnya sama dengan fitoakumulasi, tetapi tanaman yang digunakan untuk membersihkan ditumbuhkan dalam media cair (sistem hidroponik). Sistem ini dapat digunakan untuk mengolah air bawah tanah secara ex-situ. Air bawah tanah dipompa ke permukaan untuk diolah menggunakan tanaman. Sistem

hidroponik memerlukan media cair buatan yang dikondisikan seperti dalam tanah, misalnya diberi campuran pasir dan mineral perlit, atau vermikulit. Setelah tanaman jenuh dengan kontaminan, kemudian dipanen dan diproses lanjut.

5. Fitovolatilisasi

Dalam proses ini, tanaman menyerap air yang mengandung kontaminan organik melalui akar, diangkut ke bagian daun, dan mengeluarkan kontaminan yang sudah didetoksifikasi ke udara melalui daun.

6. Fitodegradasi

Kontaminan organik diserap ke dalam tanaman. Dalam proses metabolisme, tanaman dapat merombak kontaminan di dalam jaringan tanaman menjadi molekul yang tidak bersifat toksis.

2.3 Ikan Mas (Cyprinus carpio)

2.3.1 Klasifikasi Ikan Mas (Cyprinus carpio) menurut Saanin (1984):

Phyllum : Chordata

Subphyllum : Vertebrata

Class : Pisces

Subclass : Teleostei

Ordo :Ostariophisae

Subordo : Cyprinoidea

Family : Cyprinidae

Genus : Cyprinus

Species : Cyprinus carpio Linn

2.3.2 Morfologi Ikan Mas (Cyprinus carpio)

Menurut Anonymous (2010^d), secara morfologis, ikan mas mempunyai bentuk tubuh agak memanjang dan memipih tegak. Mulut terletak di ujung tengah dan dapat disembulkan. Bagian anterior mulut terdapat dua pasang sungut berukuran pendek. Secara umum, hampir seluruh tubuh ikan mas ditutupi sisik dan

hanya sebagian kecil saja yang tubuhnya tidak ditutupi sisik. Sisik ikan mas berukuran relatif besar dan digolongkan dalam tipe sisik sikloid berwarna hijau, biru, merah, kuning keemasan atau kombinasi dari warna-warna tersebut sesuai dengan rasnya.

Ciri-ciri ikan mas secara umum antara lain sebagai berikut:

- Bentuk badan agak panjang dan agak pipih, bibir lunak dan dapat disembulkan.
- Memiliki dua pasang sungut/barbell di bibir atas, kadang-kadang satu pasang rudimentir.
- Jari-jari punggung yang kedua bergigi seperti gergaji.
- Tidak memiliki lambung, tidak bergigi dan sebagai penggarusnya adalah pharing yang mengeras.

2.3.3 Ekologi Ikan Mas (Cyprinus carpio)

Menurut Anonymous (2010°), 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 kadang-kadang ditemukan di perairan payau atau muara sungai yang bersalinitas (kadar garam) 25-30%o.

Ikan mas termasuk pemakan segala. Pada umur muda saat ukuran 10 cm ikan mas senang memakan jasad hewan ataupun tumbuhan yang hidup di dasar perairan atau kolam. Hewan-hewan tersebut disedot bersama lumpurnya, diambil yang dapat dimanfaatkan dan sisanya dikeluarkan melalui mulut.

2.3.4 Kelulushidupan dan Pertumbuhan Ikan Mas

Menurut Mukti (2007) menjelaskan bahwa pertumbuhan adalah pertambahan jaringan akibat dari pembelahan sel secara mitosis dan akan terjadi apabila ada kelebihan input energi. Menurut Hariati (1989), ukuran dan umur ikan

juga mempengaruhi kebutuhan energi, ikan yang mempunyai ukuran yang lebih kecil kecepatan metabolismenya lebih tinggi daripada ikan yang ukurannya lebih besar, demikian juga laju pertumbuhan akan menurun dengan bertambahnya umur ikan.

Pertumbuhan panjang tubuh ikan seiring dengan pertumbuhan berat tubuh ikan itu sendiri. Setiap pertumbuhan berat ikan akan bertambah pula panjangnya. Dapat dikatakan bahwa berat ikan yang ideal sama dengan pangkat tiga dari panjangnya dan dalam hal ini berlaku untuk ikan kecil atau besar. Pertumbuhan panjang tubuh ikan mas terjadi karena pakan yang diberikan dapat dimanfaatkan dan sesuai dengan kebutuhan ikan mas. Pertambahan panjang tubuh ikan mas dipengaruhi oleh faktor genetika masing-masing individu, jenis strain, jenis ikan serta faktor lingkungan terutama pakan. Pertambahan panjang tubuh ikan mas terutama didukung oleh kandungan protein dari bahan pakan. Pada ikan kebutuhan protein relatif lebih tinggi 2 - 3 kali dibandingkan dengan mamalia (Patriono, et.al. 2009).

Menurut Irawan (1986), secara kuantitatif pertumbuhan merupakan akumulasi lemak, protein, mineral dan air. Pertumbuhan ini akan berlangsung apabila ada kelebihan materi atau energi makanan pertama-tama akan digunakan tubuh untuk metabolisme dasar, pergerakan dan perawatan tubuh atau mengganti sel-sel rusak.

Faktor padat penebaran berhubungan dengan jumlah dan berat ikan yang ada dalam satuan luas atau volume perairan. Penebaran ikan yang terlalu padat akan menghalangi pertumbuhan ikan. Hal ini disebabkan: 1) besarnya tingkat kompetisi antar individu terhadap makanan, ruang gerak dan konsumsi oksigen, 2) besarnya kandungan bahan buangan yang terkumpul dalam perairan yang dapat mengganggu ikan, seperti karbohidrat atau amoniak (Alit, 2009).

2.4 Bioremediasi

Remediasi yang diartikan sebagai perbaikan lingkungan secara umum diharapkan dapat menghindari resiko-resiko yang ditimbulkan oleh kontaminasi logam yang berasal dari alam dan akibat ulah manusia. Fitoremediasi didefinisikan sebagai pencucian polutan yang dimediasi oleh tumbuhan, termasuk pohon, rumput-rumputan, dan tumbuhan air. Pencucian bisa berarti penghancuran, inaktivasi polutan ke bentuk yang tidak berbahaya (Hidayati, 2005).

Fitoremediasi adalah upaya penggunaan tanaman dan bagian-bagiannya untuk dekontaminasi limbah dan masalah-masalah pencemaran lingkungan baik secara ex-situ menggunakan kolam buatan atau reaktor maupun in-situ (langsung di lapangan) pada tanah atau daerah yang terkontaminasi limbah. Dipilihnya enceng gondok karena berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya tanaman ini memiliki kemampuan untuk mengolah limbah, baik itu berupa logam berat, zat organik maupun anorganik (Hardyanti dan Suparni, 2007).

Menurut Anonymous (2010°), bioremediasi merupakan penggunaan mikroorganisme untuk mengurangi polutan di lingkungan. Saat bioremediasi terjadi, enzim-enzim yang diproduksi oleh mikroorganisme memodifikasi polutan beracun dengan mengubah struktur kimia polutan tersebut, sebuah peristiwa yang disebut biotransformasi. Pada banyak kasus, biotransformasi berujung pada biodegradasi, dimana polutan beracun terdegradasi, strukturnya menjadi tidak kompleks, dan akhirnya menjadi metabolit yang tidak berbahaya dan tidak beracun.

Dekomposisi aerob dari bahan organik oleh bakteri yang biasanya berpengaruh terhadap tersedianya oksigen dalam kolam, maka pengaturan dekomposisi itu penting. Antara lain faktor lingkungan harus optimal untuk terjadinya dekomposisi bahan organik. Temperatur optimal dari beberapa spesies berbedabeda, tetapi dekomposisi terjadi pada suhu 5-35 °C. Kenaikan setiap 10 °C biasanya menaikkan kecepatan dekomposisi dan konsumsi oksigen.

Penguraian aerob memerlukan persediaan oksigen yang kontinyu dan proses ini dapat berjalan dengan cepat ketika konsentrasi oksigen yang terlarut mendekati jenuh. Beberapa mikroorganisme mempunyai kemampuan untuk menguraikan bahan organik pada salah satu lingkungan aerob atau anaerob, saat mikroorganisme lain hanya dapat tumbuh pada keadaan anaerob. Rata-rata penguraian bahan organik pada kondisi anaerob tidak sama pada kondisi aerob. Hasil akhir penguraian anaerobik adalah campuran bahan organik (alkohol, asam organik dll). Jadi, penguraian bahan organik pada keadaan anaerob kurang maksimal dibandingkan pada keadaan aerob dimana hasil akhir penguraian adalah karbondioksida (Purwohadiyanto *et al.* 2006).

2.5 Pengolahan Limbah Cair

Berdasarkan Nataru (2008), teknik-teknik pengolahan air buangan yang telah dikembangkan tersebut secara umum terbagi menjadi 3 metode pengolahan:

1. Pengolahan secara Fisika

Pada umumnya, sebelum dilakukan pengolahan lanjutan terhadap air buangan, diinginkan agar bahan-bahan tersuspensi berukuran besar dan yang mudah mengendap atau bahan-bahan yang terapung disisihkan terlebih dahulu.

- Penyaringan (*screening*), merupakan cara yang efisien dan murah untuk menyisihkan bahan tersuspensi yang berukuran besar. Bahan tersuspensi yang mudah mengendap dapat disisihkan secara mudah dengan proses pengendapan. Parameter desain yang utama untuk proses pengendapan ini adalah kecepatan mengendap partikel dan waktu di dalam bak pengendap.
- Proses flotasi, banyak digunakan untuk menyisihkan bahan-bahan yang mengapung seperti minyak dan lemak agar tidak mengganggu proses pengolahan berikutnya. Flotasi juga dapat digunakan sebagai cara penyisihan bahan-bahan tersuspensi atau pemekatan lumpur endapan dengan memberikan aliran udara ke atas.

BRAWIJAYA

- Proses filtrasi di dalam pengolahan air buangan, biasanya dilakukan untuk mendahului proses adsorbsi, akan dilaksanakan untuk menyisihkan sebanyak mungkin partikel tersuspensi dari dalam air agar tidak mengganggu proses adsorbsi atau menyumbat membran yang dipergunakan dalam proses osmosa.
- Proses adsorbsi, biasanya dengan karbon aktif, dilakukan untuk menyisihkan senyawa aromatik dan senyawa organik terlarut lainnya, terutama jika diinginkan untuk menggunakan kembali air buangan tersebut.
- Teknologi membran, biasanya diaplikasikan untuk unit-unit pengolahan kecil, terutama jika pengolahan ditujukan untuk menggunakan kembali air yang diolah.
 Biaya instalasi dan operasinya sangat mahal.

2. Pengolahan secara Kimia

Pengolahan air buangan secara kimia biasanya dilakukan untuk menghilangkan partikel-partikel yang tidak mudah mengendap (koloid), logamlogam berat, senyawa fosfor, dan zat organik beracun; dengan membubuhkan bahan kimia tertentu yang diperlukan. Penyisihan bahan-bahan tersebut pada prinsipnya berlangsung melalui perubahan sifat bahan-bahan tersebut, yaitu dari tak dapat diendapkan menjadi mudah diendapkan, baik dengan atau tanpa reaksi oksidasi-reduksi, dan juga berlangsung sebagai hasil reaksi oksidasi.

- Pengendapan bahan tersuspensi yang tak mudah larut dilakukan dengan membubuhkan elektrolit yang mempunyai muatan yang berlawanan dengan muatan koloidnya agar terjadi netralisasi muatan koloid tersebut, sehingga akhirnya dapat diendapkan. Penyisihan logam berat dan senyawa fosfor dilakukan dengan membubuhkan larutan alkali (air kapur misalnya) sehingga terbentuk endapan hidroksida logam-logam tersebut atau endapan hidroksiapatit. Endapan logam tersebut akan lebih stabil jika pH air > 10,5 dan untuk hidroksiapatit pada pH > 9,5.
- Koagulasi dan Flokulasi, penyisihan bahan-bahan organik beracun seperti
 fenol dan sianida pada konsentrasi rendah dapat dilakukan dengan

mengoksidasinya dengan klor (Cl₂), kalsium permanganat, aerasi, ozon hidrogen peroksida.

3. Pengolahan secara Biologi

Semua air buangan dapat diolah secara biologi. Sebagai pengolahan sekunder, pengolahan secara biologi dipandang sebagai pengolahan yang paling murah dan efisien. Dalam beberapa dasawarsa telah berkembang berbagai metode pengolahan biologi dengan segala modifikasinya.

Pada dasarnya, reaktor pengolahan secara biologi dapat dibedakan atas dua jenis, yaitu:

- 1. Reaktor pertumbuhan tersuspensi
- 2. Reaktor pertumbuhan lekat

Di dalam reaktor pertumbuhan tersuspensi, mikroorganisme tumbuh dan berkembang dalam keadaan tersuspensi. Proses lumpur aktif yang banyak dikenal berlangsung dalam reaktor jenis ini. Proses kontak-stabilisasi dapat pula menyisihkan BOD tersuspensi melalui proses absorbsi di dalam tangki kontak sehingga tidak diperlukan penyisihan BOD tersuspensi dengan pengolahan pendahuluan.

Ditinjau dari segi lingkungan dimana berlangsung proses penguraian secara biologi, proses ini dapat dibedakan menjadi dua jenis:

- 1. Proses aerob, yang berlangsung dengan hadirnya oksigen;
- 2. Proses anaerob, yang berlangsung tanpa adanya oksigen.

2.6 Bahan Mutu Bahan Pencemar

Dalam kegiatan industri, air limbah akan mengandung zat-zat atau kontaminan yang dihasilkan dari sisa bahan baku, sisa pelarut atau bahan aditif, produk terbuang atau gagal, pencucian dan pembilasan peralatan. Sebelum limbah dibuang, industri harus menerapkan prinsip pengendalian limbah secara cermat dan

terpadu sehingga pada akhirnya air tersebut memenuhi baku mutu yang sudah ditetapkan (Hidayat, 2008). Batasan maksimal air limbah dari industri dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Batasan Maksimal Air Limbah dari industri.

Parameter	Konsentrasi (mg/lt)
COD	100 - 300
BOD	50 - 150
Minyak nabati	5 - 10
Minyak mineral	10 - 50
Zat padat tersuspensi (TSS)	200 - 400
рН	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

2.7 Parameter Fisika dan Kimia

2.7.1 Oksigen Terlarut atau DO (Dissolved Oxygen)

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 hidup di air yang mempunyai kandungan bebas lebih besar 3 ppm). Oksigen bebas dalam air dapat berkurang bila dalam air terdapat kotoran atau limbah organik.

Kelarutan oksigen dalam air sangat dipengaruhi terutama oleh factor suhu. Kelarutan maksimum oksigen di dalam terdapat pada suhu 0 °C yaitu sebesar 14,16 mg/l O₂. Konsentrasi menurun sejalan dengan meningkatnya suhu air. Peningkatan

suhu menyebabkan konsentrasi oksigen menurun dan sebaliknya suhu yang rendah meningkatkan konsentrasi oksigen terlarut (Yazwar, 2008).

Menurut Anonymous (2009), kandungan oksigen terlarut pada suatu perairan dapat digunakan sebagai indikator kualitas perairan. Status kualitas air berdasarkan kandungan DO dapat dilihat dalam Tabel 2.

Tabel 2. Status Kualitas Air berdasarkan Kandungan DO

No.	Kadar oksigen terlarut (mg/l)	Status kualitas air
1.	> 6,5	Tidak tercemar sampai tercemar
	12511A	sangat ringan
2.	4,5 – 6,4	Tercemar ringan
3.	2,0 – 4,4	Tercemar sedang
4.	< 2,0	Tercemar berat

Oksigen terlarut merupakan parameter kualitas air yang sangat penting dan menentukan dalam usaha budidaya ikan. Kadar minimal oksigen terlarut yang diperlukan untuk kelangsungan hidup ikan bervariasi tergantung dari lamanya waktu pernafasan. Ikan terkadang sanggup hidup dalam keadaan kadar oksigennya rendah selama beberapa jam tanpa menimbulkan pengaruh yang berarti, tetapi akan segera mati bila keadaan tersebut berlangsung beberapa hari. Pengaruh konsentrasi oksigen terlarut dalam air terhadap kehidupan ikan disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Pengaruh Oksigen Terlarut (mg/l) terhadap Kehidupan Ikan.

Pengaruh terhadap Kehidupan Ikan
Ikan kecil bertahan hidup dalam waktu yang singkat
Mematikan ikan jika dibiarkan terlalu lama
Ikan bertahan hidup, tetapi pertumbuhannya lambat
jika dibiarkan terlalu lama
Kisaran yang diinginkan

(Sumber: Pribadi 2002)

Oksigen di dalam air berguna untuk menunjang kehidupan ikan dan organisme air lainnya. Kadar oksigen terlarut di perairan yang ideal bagi pertumbuhan ikan dewasa adalah > 5 mg/l. Pada kisaran 4 – 5 mg/l ikan masih dapat bertahan tetapi pertumbuhannya terhambat. Di waduk pada musim kemarau kadar oksigen terlarut akan tinggi pada bagian permukaan, sedangkan pada bagian dasar kadar oksigen rendah (Jubaedah, 2006).

Sumber utama oksigen dalam suatu perairan berasal dari suatu proses difusi dari udara bebas dan hasil fotosintesis organisme yang hidup dalam perairan tersebut (Salmin, 2005).

2.7.2 BOD (Biological Oxygen Demand)

BOD artinya kebutuhan oksigen biologi yang menunjukkan jumlah oksigen yang digunakan dalam reaksi oksidasi bakteri, sehingga makin banyak bahan organik dalam air maka makin banyak BOD nya sedangkan DO akan makin rendah. Air yang bersih adalah yang BOD nya kurang dari 1 ppm atau 1 mg/lt, jika BOD nya di atas 4 ppm maka air dikatakan tercemar (Anonymous, 2010^b).

Penguraian bahan organik secara biologis di alam, melibatkan bermacammacam organisme dan menyangkut reaksi oksidasi dengan hasil akhir karbondioksida (CO₂) dan air (H₂O). Pemeriksaan BOD tersebut dianggap sebagai suatu prosedur oksidasi dimana organisme hidup bertindak sebagai medium untuk menguraikan bahan organik menjadi CO₂ dan H₂O. Reaksi oksidasi selama pemeriksaan BOD merupakan hasil dari aktifitas biologis dengan kecepatan reaksi yang berlangsung sangat dipengaruhi oleh jumlah populasi dan suhu. Penentuan waktu inkubasi adalah 5 hari dapat mengurangi kemungkinan hasil oksidasi ammonia (NH₃) yang cukup tinggi. Ammonia sebagai hasil sampingan ini dapat dioksidasi menjadi nitrit dan nitrat, sehingga dapat mempengaruhi hasil penentuan BOD (Salmin, 2005).

BOD menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh organisme hidup untuk memecah atau mengoksidasi bahan-bahan buangan di dalam air. Jadi nilai BOD tidak menunjukkan jumlah bahan organik yang sebenarnya, tetapi hanya mengukur secara relatif jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan-bahan buangan tersebut. Jika konsumsi oksigen tinggi yang ditunjukkan dengan semakin kecilnya sisa oksigen terlarut, maka berarti kandungan bahan-bahan buangan yang membutuhkan oksigen tinggi (Fardiaz, 1992).

Konsumsi oksigen dapat diketahui dengan mengoksidasi air pada suhu 20 °C selama 5 hari, dan nilai BOD yang menunjukkan jumlah oksigen yang dikonsumsi dapat diketahui dengan menghitung selisih konsentrasi oksigen terlarut sebelum dan setelah inkubasi. Pengukuran selama 5 hari pada suhu 20 °C ini hanya menghitung sebanyak 68% bahan organik yang teroksidasi, tetapi suhu dan waktu yang digunakan tersebut merupakan standar uji karena untuk mengoksidasi bahan organik seluruhnya secara sempurna diperlukan waktu yang lebih lama, yaitu mungkin sampai 20 hari, sehingga tidak dianggap efisien (Fardiaz, 1992).

Jika konsentrasi oksigen terlarut sudah terlalu rendah, maka mikroorganisme aerobik tidak dapat hidup dan berkembang biak, tetapi sebaliknya mikroorganisme yang bersifat anaerobik akan menjadi aktif memecah bahan-bahan tersebut secara anaerobik karena tidak adanya oksigen.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Rahmawati dan Azizah (2005), hasil pengukuran kadar BOD sebelum dan sesudah pengolahan didapatkan bahwa kadar BOD mengalami penurunan 42,00%. Penurunan kadar BOD disebabkan adanya proses aerasi yang merupakan pengolahan tahap kedua. Aerasi adalah salah satu usaha dari pengambilan zat pencemar sehingga konsentrasi zat pencemar akan berkurang atau bahkan akan dapat dihilangkan sama sekali (Sugiharto, 1987).

Pada unit pengolahan kedua diperkirakan terjadi pengurangan kadar BOD dalam rentang 35-95% tergantung pada kapasitas unit pengolahannya. Hal ini

sesuai dengan penurunan kadar BOD sebesar 42,00% setelah adanya pengolahan tahap kedua. Namun penurunan tersebut belum dapat dikatakan sebagai penurunan yang efektif. Pengolahan tahap kedua yang menggunakan high-rate treatment mampu menurukan kadar BOD dengan efektivitas berkisar 50-85% (Riyadi, 1984).

Menurut Anonymous (2009) menyatakan bahwa tingkat pencemaran suatu perairan dapat dinilai berdasarkan nilai BOD₅-nya. Status kualitas air berdasarkan nilai BOD₅ dapat dilihat dalam Tabel 4.

Tabel 4. Status kualitas air berdasarkan nilai BOD₅

No.	Nilai BOD₅ (ppm)	Status kualitas air
1.	≤ 2,9	Tidak tercemar
2.	3,0 – 5,0	Tercemar ringan
3.	5,1 – 14,9	Tercemar sedang
4.	≥ 15	Tercemar berat

2.7.3 Suhu

Suhu suatu badan air dipengaruhi oleh musim, lintang, ketinggian dari permukaan air laut waktu dalam satu hari, sirkulasi udara, penutupan awan dan aliran serta kedalaman dari badan air.

Ikan merupakan organisme hidup yang bersifat piokiloterm, dimana suhu tubuhnya dipengaruhi oleh suhu lingkungannya. Suhu air berperan penting dalam proses fisiologi ikan baik dalam proses pertukaran zat atau metabolisme maupun dalam perolehan energi untuk kelangsungan hidupnya.

Suhu air adalah salah satu fisik yang dapat mempengaruhi nafsu makan dan pertumbuhan ikan. Menurut Boyd (1982), ikan-ikan tropis tumbuh dengan baik pada suhu air antara 25-32 °C.

Spesies daerah tropis dan subtropis 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 di hidup di air hangat pada iklim panas perkembangan dengan baik berada diantara 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 di bawah 20°C, dan mereka akan mati ketika suhu melebihi 25°C (Andayani, 2005).

Untuk mengetahui pengaruh suhu terhadap kehidupan ikan disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Pengaruh Suhu (°C) terhadap Kehidupan Ikan

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

(Sumber: Pribadi, 2002)

Suhu air berbanding terbalik dengan konsentrasi jenuh oksigen terlarut, tetapi berbanding lurus dengan laju konsumsi hewan air dan laju reaksi kimia dalam air. Semakin tinggi suhu air semakin rendah daya larut oksigen di dalamnya dan sebaliknya (Raharjo, 2003).

2.7.4 Derajat Keasaman (pH)

pH adalah suatu ukuran dari konsentrasi ion hidrogen dan menunjukkan keadaan air tersebut akan bereaksi asam atau basa. Skala pH mempunyai deret 0-14 dan pH 7 adalah netral berarti air tidak bersifat asam atau basa. Apabila nilai pH di bawah 7 berarti air tersebut asam dan bila diatas 7 berarti basa.

Perubahan pH ditentukan oleh aktivitas fotosintesis dan respirasi dalam ekosistem. Fotosintesis memerlukan karbondioksida, yang oleh komponen autotrof akan diubah menjadi monosakarida. Penurunan karbon dioksida dalam ekosistem akan meningkatkan pH perairan. Sebaliknya, proses respirasi oleh semua

komponen ekosistem akan meningkatkan jumlah karbon dioksida, sehingga pH perairan menurun. Nilai pH perairan merupakan parameter yang dikaitkan dengan konsentrasi karbon dioksida (CO₂) dalam ekosistem. Semakin tinggi konsentrasi karbon dioksida, pH perairan semakin rendah. Konsentrasi karbondioksida ditentukan pula oleh keseimbangan antara proses fotosintesis dan respirasi. Fotosintesis merupakan proses yang menyerap CO₂, sehingga dapat meningkatkan pH perairan. Sedangkan respirasi menghasilkan CO₂ kedalam ekosistem, sehingga pH perairan menurun (Izzati, 2009).

Sedangkan menurut SK Gubernur Jawa Timur No.413 Tahun 1987 untuk kepentingan perikanan dan peternakan memiliki kisaran pH antara 5-9.

Menurut Pribadi (2002) pengaruh pH dalam kehidupan ikan disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Pengaruh pH Terhadap Kehidupan Ikan

Kisaran pH	Pengaruh Terhadap Kehidupan Ikan
4 – 5	Tingkat keasaman yang mematikan dan tidak ada
	reproduksi
4 – 6,5	Pertumbuhan lambat
6,5 – 9	Baik untuk produksi
> 11	Tingkat alkalinitas mematikan

(Sumber: Pribadi, 2002)

2.7.5 Nitrat

Menurut Subarijanti (2000), nitrogen di dalam air biasanya dalam bentuk nitrit (NO₂), nitrat (NO₃), dan ammonium (NH₄⁺). Dari bermacam-macam bentuk ini yang dapat dimanfaatkan oleh tanaman air adalah senyawa garam-garam ammonium (NH₄⁺) dan nitrat (NO₃). Berkurangnya nitrat di dalam air disebabkan oleh:

a. Aktivitas bakteri denitrifikasi yang mengubah nitrat menjadi nitrogen bebas (N₂) yang kemudian lepas ke udara.

b. Adsorbsi oleh tanah. Kecepatan adsorbsi tersebut tergantung pada kadar ion tersebut di dalam air dan tanah.

Adanya aktivitas bakteri Nitrosomonas, NH₃ tersebut diurai menjadi NO₂ dan kemudian adanya aktivitas bakteri Nitrobacter penguraian berlanjut menjadi NO₃ dalam kondisi perairan yang aerob.

Senyawa nitrat dan fosfat secara alamiah berasal dari perairan itu sendiri melalui proses-proses penguraian pelapukan ataupun dekomposisi tumbuhtumbuhan, sisa-sisa organisme mati dan buangan limbah baik limbah daratan seperti domestik, industri, pertanian, dan limbah peternakan ataupun sisa pakan yang dengan adanya bakteri terurai menjadi zat hara (Ulqodry, et al. 2010).

Kandungan nitrat yang dianjurkan sesuai baku mutu air golongan C SK. Gubernur Jawa Timur No.413 Tahun 1987 adalah tidak lebih dari 10 mg/l.

Menurut Sasongko (2006) nitrogen dalam air dapat berada dalam berbagai bentuk yaitu nitrit, nitrat, amonia atau N yang terikat oleh bahan organik atau anorganik. Nitrit biasanya tidak bertahan lama dan merupakan keadaan sementara proses oksidasi antara amonia dan nitrat yang dapat terjadi dalam air sungai, instalasi air buangan dan sebagainya. Sedangkan nitrat adalah bentuk senyawa yang stabil dan keberadaannya berasal dari buangan pertanian, pupuk, kotoran hewan dan manusia dan sebagainya. Keberadaan nitrit dalam jumlah tertentu dapat membahayakan kesehatan karena dapat bereaksi dengan haemoglobin dalam darah, hingga darah tidak dapat mengangkut oksigen lagi. Sedangkan nitrat pada konsentrasi tinggi dapat menstimulasi pertumbuhan ganggang yang tak terbatas, sehingga air kekurangan oksigen terlarut yang bisa menyebabkan kematian ikan.

Menurut Widodo (2008) kadar konsentrasi nitrat dalam air dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Nilai konsentrasi nitrat dalam air

KONSENTRASI NITRAT	KLAS PENCEMARAN	KRITERIA PENCEMARAN	
0 – 5		Rendah	
5 – 10	Ш	Sedang	
>10	III	Tinggi	

2.7.6 Karbondioksida (CO₂)

 ${
m CO_2}$ merupakan gas yang sangat diperlukan dalam proses fotosintesis. Keberadaan gas ini di udara relatif sedikit yaitu \pm 0,033% sedangkan di dalam air jumlahnya sangat melimpah dapat mencapai 12 mg/l. Sumber ${
m CO_2}$ di dalam air adalah hasil difusi dari udara, proses dekomposisi bahan-bahan organik, air hujan dan air bawah tanah maupun hasil dari respirasi organisme. Kelarutan ${
m CO_2}$ di dalam air dapat mencapai 200 kali lebih besar daripada kelarutan ${
m O_2}$.

Jika CO₂ terlarut dalam air akan menjadi H₂CO₃ yang kemudian akan terdisosiasi menjadi beberapa fraksi seperti HCO₃⁻ dan CO₃²- tergantung dari pH air. Pada pH 6-8, keberadaan HCO₃⁻ melimpah. Jika kebutuhan CO₂ untuk proses fotosintesis meningkat, maka akan terjadi pengendapan CaCO₃ khususnya pada perairan yang sadah (Ardiati, 2004).

Adapun sifat-sifat dari gas CO₂ adalah sebagai berikut:

- Thermodinamikanya stabil dan tidak mudah mengalami oksidasi
- Mudah terdifusi dari dan ke atmosfer
- Kelarutannya dalam air cukup tinggi

Sedangkan karbondioksida dalam air dapat dijumpai dalam empat bentuk yaitu sebagai berikut:

- CO₂ gas yang bebas
- Asam Karbonat HCO₃
- Bikarbonat HCO₃

Karbonat CO₃²⁻

Sebagian besar tanaman menggunakan CO₂ untuk proses fotosintesis CO₂ yang digunakan tersebut didapat dari udara atau penguraian HCO₃⁻ dan CO₃², tetapi ada juga sebagian tanaman yang menggunakan HCO₃⁻ sebagai sumber CO₂ setelah diubah dengan enzim karbonik anhidrase (Ardiati, 2004).

Ikan masih ditoleransi pada perubahan konsentrasi karbondioksida dan nampak berusaha untuk menghindari area-area dengan konsentrasi karbondioksida yang tinggi. Namun 10 mg/l atau lebih karbondioksida bisa ditoleransi memberikan konsentrasi oksigen terlarut yang tinggi. Sebagian spesies bertahan dalam air yang mengandung sampai 60 mg/l karbondioksida bebas. Air yang mendukung populasi ikan yang baik normalnya mengandung kurang dari 5 mg/l karbondioksida bebas (Andayani, 2005).

2.7.7 Total Organic Matter (TOM)

Menurut Nasution (2008), padatan di dalam air terdiri dari bahan organik dan anorganik yang larut, mengendap dan 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 pada makhluk lain. Banyaknya padatan menunjukkan banyaknya lumpur yang terkandung dalam air.

Pada dasarnya air yang tercemar selalu mengandung padatan yaitu antara lain pertama padatan terendap/sedimen yaitu padatan yang dapat langsung mengendap jika air tidak terganggu untuk beberapa saat. Kedua, padatan tersuspensi dan koloid yaitu padatan yang menyebabkan kekeruhan air, tidak larut dan tidak mengendap. Ketiga, padatan terlarut yaitu padatan-padatan yang mempunyai ukuran lebih kecil dibandingkan dengan padatan tersuspensi (Nasution, 2008).

Menurut Mulya (2002), bahan organik dapat dibagi atas dua bagian yaitu :

- Bahan organik terlarut yang berukuran < 0.5 µm.
- Bahan organik tidak terlarut yang berukuran > 0.5 μm.

Jumlah bahan organik terlarut biasanya melebihi rata-rata bahan organik tidak terlarut. Hanya berkisar 1/5 bahan organik tidak terlarut terdiri dari sel hidup. Semua bahan organik ini dihasilkan oleh organisme hidup melalui proses metabolisme dan hasil pembusukan.

Bahan organik di perairan terdapat sebagai plankton, partikel - partikel tersuspensi dari bahan organik yang mengalami perombakan (detritus) dan bahan bahan organik total yang berasal dari daratan dan terbawa oleh aliran sungai. Perairan dengan kandungan bahan organik diatas 26 mg/l tergolong subur (Syaifuddin, 2004).

3. METODOLOGI

BRAWIUAL

3.1 Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian antara lain:

- Air sumur
- Limbah cair pabrik gula
- Benih ikan mas
- Eceng gondok
- Pellet ikan
- KMnO₄
- H₂SO₄
- Na-oksalat
- Aquades
- Kertas saring
- Asam fenol disulfonik
- NH₄OH
- Indikator PP
- Na₂CO₃
- Larutan Mn sulfat
- Na₂S₂O₃ (natrium diosulfat)
- Indikator amilum

3.2 Alat Penelitian

Dalam melakukan penelitian alat-alat yang digunakan antara lain:

- Bak ukuran diameter 35 cm, tinggi 20 cm dan volume 35 liter: untuk tempat media limbah cair pabrik gula.
- Aerator+batu aerasi+selang aerasi: untuk penyedia oksigen bagi benih ikan.





- Serokan: untuk mengambil ikan.
- Timbangan analitik: untuk menimbang pakan ikan dan ikan ketika sampling.
- Beaker glass: sebagai tempat sampel limbah saat uji kualitas air.
- Hot plate: untuk memanaskan air sampel saat uji nitrat dan TOM.
- Spatula: untuk mengaduk air sampel saat uji nitrat.
- Cuvet: sebagai tempat air sampel pada uji nitrat saat diuji pada spektrofotometer.
- Erlenmeyer: sebagai tempat sampel saat uji TOM.
- Buret: digunakan saat titrasi.
- 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.
- Botol DO: untuk mengukur DO saat uji BOD.
- Spektrofotometer: alat untuk mengukur kandungan nitrat.

3.3 Rancangan Penelitian

Penelitian ini akan menggunakan metode eksperimen. Menurut Sevilla (1993), metode eksperimen adalah satu-satunya metode penelitian yang benarbenar dapat menguji hipotesis mengenai hubungan sebab dan akibat. Metode eksperimen dapat mewakili pendekatan yang paling sahih dalam memecahkan masalah, baik secara praktis maupun secara teori.

Menurut Sahri (1992), eksperimen adalah mengadakan kegiatan percobaan untuk melihat suatu hasil atau hubungan kausal antara variabel-variabel yang diselidiki. Tujuan eksperimen adalah untuk menemukan hubungan sebab akibat antara variable. Dengan metode eksperimen, pengumpulan data bukan menekankan pada deskripsi sebagaimana halnya metode survei tapi diharapkan menemukan hubungan kausal bahkan peramalan atas kejadian yang mungkin terjadi. Rancangan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL), dengan masing-masing perlakuan adalah sebagai berikut:

- K1 = sebagai bak kontrol, berisi air sumur, Eceng Gondok (25%) dan ikan Mas
- K2 = sebagai bak kontrol, hanya berisi air sampel limbah dan ikan Mas
- A = air sampel limbah, ikan Mas dan Eceng Gondok dengan kerapatan 25%
- B = air sampel limbah, ikan Mas dan Eceng Gondok dengan kerapatan 50%
- C = air sampel limbah, ikan Mas dan Eceng Gondok dengan kerapatan 75%
- D = air sampel limbah, ikan Mas dan Eceng Gondok dengan kerapatan 100% Keterangan:
 - Kerapatan 25% = berat eceng gondok 225 gram
 - Kerapatan 50% = berat eceng gondok 450 gram
 - Kerapatan 75% = berat eceng gondok 675 gram
 - Kerapatan 100% = berat eceng gondok 900 gram

Pengamatan dilakukan sekali setiap minggunya dan dilakukan selama 1 bulan. Sedang tata letak percobaan dilakukan secara acak (random) dengan denah dapat dilihat pada Gambar 1.

Gambar 1. Denah RAL

K1.1	D1	B1	K2.1	A1	C1
C2	K1.2	D2	B2	K2.2	A2
В3	C3	K1.3	A3	D3	K2.3

Keterangan: K dan A - D adalah perlakuan.

1 – 3 adalah banyaknya perlakuan/ulangan.

3.4 Prosedur Penelitian

Prosedur kerja dalam sebuah penelitian diperlukan agar penelitian yang dilakukan menjadi lebih terarah, sistematis dan mencapai hasil yang diharapkan.

3.4.1 Persiapan Penelitian

- a. Mempersiapkan bak-bak percobaan ukuran diameter 35 cm, tinggi 20 cm dan volume 35 liter yang akan digunakan untuk penelitian sebanyak 18 buah kemudian dicuci dengan menggunakan sabun dan dibilas dengan air lalu dikeringkan.
- b. Mempersiapkan eceng gondok dengan jumlah yang telah ditentukan yaitu sebanyak 25%, 50%, 75% dan 100%. Eceng gondok 25% yang dipakai dengan berat 225 gram. Eceng gondok 50% yang dipakai dengan berat 450 gram. Eceng gondok 75% yang dipakai dengan berat 675 gram. Eceng gondok yang dipakai dengan berat 900 gram.
- c. Mempersiapkan hewan coba yaitu ikan mas dengan jumlah dan ukuran yang telah ditentukan yaitu 270 ekor benih ikan mas dengan ukuran masing-masing 5 cm dan berat ± 28 gr beserta pakannya yaitu pellet.
- d. Mempersiapkan air limbah pabrik gula sebanyak 120 liter dengan kandungan kualitas air dan nutrisi dapat dilihat pada Lampiran 1.
- e. Menyiapkan alat-alat dan aerator yang akan digunakan untuk penelitian.

3.4.2 Pelaksanaan Penelitian

- a. Pengisian bak-bak percobaan 8 liter air limbah pabrik gula yang telah disiapkan.
- b. Pengukuran kualitas air pada bak-bak percobaan sebelum dilakukan perlakuan (BOD, DO, CO₂, TOM, nitrat, suhu, pH).
- c. Memasukkan benih ikan mas 15 ekor dengan ukuran 5 cm dan berat ± 28 gr serta eceng gondok pada bak-bak percobaan kemudian ditutupi eceng gondok sesuai dengan kerapatan yang sudah ditentukan (0%, 25%, 50%, 75%, 100%). Untuk kontrol 1 diisi air sumur beserta eceng gondok dan benih ikan, sedangkan untuk kontrol 2 diisi hanya air limbah tanpa eceng gondok.
- d. Memberi makan berupa pellet untuk benih ikan mas setiap pagi dan sore hari sebanyak 3% 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 bak-bak percobaan dilakukan tiap 1 minggu sekali untuk CO₂, nitrat, TOM, setiap hari untuk pH, suhu, DO dan 2 kali untuk BOD.
- f. Menghitung nilai pertumbuhan benih ikan mas.
- g. Mengamati kelulushidupan benih ikan mas setiap hari.

3.5 Parameter Uji

3.5.1 Parameter Utama

Kelulushidupan/Survival Rate (SR) (%)

Kelulushidupan ikan adalah jumlah ikan yang hidup dari seluruh ikan yang dipelihara dalam suatu media tertentu. Menurut Effendie (1979) menyatakan tingkat kelulushidupan adalah perbandingan jumlah individu yang hidup pada akhir suatu periode dengan jumlah individu yang hidup pada awal periode tertentu dalam populasi yang sama.

Derajat kelulushidupan dapat dihitung dengan rumus:

 $SR = Nt/No \times 100\%$

Keterangan: Nt = jumlah ikan pada akhir pemeliharaan (ekor)

No = jumlah ikan pada awal pemeliharaan (ekor)

3.5.2 Parameter Penunjang

Laju Pertumbuhan Spesifik/Spesific Growth Rate (SGR) (%bw/hari) (Hariati, 1989)

Pengamatan pertumbuhan dilakukan dengan melakukan penimbangan setiap 7 hari sekali selama 28 hari pemeliharaan dengan menggunakan timbangan analitik. Pada akhir penelitian dihitung laju pertumbuhan sesaat. Rumusnya yaitu:

 $SGR = [(\ln Wt - \ln Wo)/t] \times 100\%$

Keterangan: t = waktu (hari)

Wt = berat rata-rata individu pada waktu t (gram)

Wo = berat rata-rata individu pada waktu t = 0 (gram)

Kualitas Air

Selama penelitian dilakukan pengukuran kualitas air antara lain suhu, pH, DO yang diukur setiap hari yaitu pada pagi hari pukul 08.00 WIB dan sore hari pukul 16.00 WIB, kualitas air yang lain yaitu TOM, nitrat, CO₂ yang diukur 7 hari sekali dalam 28 hari, sedangkan BOD yang diukur 2 kali dalam 28 hari.

3.6 Analisa Data

Untuk mengetahui pengaruh kerapatan eceng gondok pada masing-masing perlakuan digunakan analisis dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap untuk mengetahui kelulushidupan, pertumbuhan ikan mas dan kualitas air dengan kerapatan eceng gondok yang berbeda.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kelulushidupan Benih Ikan Mas (Cyprinus carpio)

Berdasarkan pengamatan pada perlakuan kerapatan eceng gondok yang berbeda terhadap kelulushidupan (SR) benih ikan mas diperoleh rata-rata kelulushidupan benih ikan mas Tabel 8 selama penelitian.

Tabel 8. Data Pengamatan Kelulushidupan Benih Ikan Mas Pada Akhir Penelitian (%)

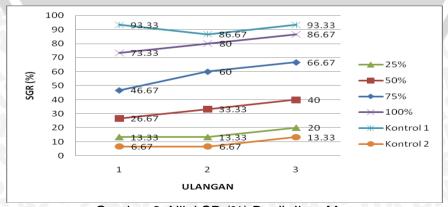
Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata±SD	
	1	2	3		4	
A (225 gr)	13.33	13.33	20	46.66	15.55±3.85	
B (450 gr)	26.67	33.33	40	100	33.33±6.66	
C (675 gr)	46.67	60	66.67	173.34	57.78±10.18	
D (900 gr)	73.33	80	86.67	240	80±6.67	
	Ä	TY	Total	560		
K1	93.33	86.67	93.33	273.33	91.11±3.84	
K2	6.67	6.67	13.33	26.67	8.89±3.84	

Keterangan:

K1: kontrol (air + eceng godok + benih ikan mas)

K2: kontrol (air limbah + benih ikan mas)

Untuk lebih jelasnya kelulushidupan (SR) benih ikan mas disajikan pada Gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2. Nilai SR (%) Benih Ikan Mas

Tabel 8 di atas dapat dilihat bahwa rata-rata kelulushidupan benih ikan mas tertinggi yaitu pada perlakuan D sebesar 80%, diikuti perlakuan C sebesar 57,78%, kemudian perlakuan B sebesar 33,33% dan terendah yaitu perlakuan A 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. Sedangkan pada kontrol 1 kelulushidupannya lebih tinggi karena medianya adalah air sumur tanpa menggunakan air limbah, nilai kelulushidupan ikan lebih tinggi karena air biasa tidak mengandung kandungan bahan organik yang tinggi seperti pada limbah cair pabrik gula. Pada kontrol 2 nilai kelulushidupannya lebih kecil karena media airnya adalah limbah cair pabrik gula dan tidak menggunakan eceng gondok. Diduga eceng gondok dapat mengurangi kandungan bahan organik yang tinggi pada limbah cair pabrik gula.

Pada perlakuan A dan perlakuan D memang hasilnya jauh berbeda. Hal itu terjadi karena adanya proses dekomposisi pada limbah cair pabrik gula sehingga menyebabkan adanya penurunan kandungan bahan organik limbah cair pabrik gula. Adanya kerapatan eceng gondok yang berbeda membuat kandungan bahan organik pada limbah cair pabrik gula pada perlakuan A dan perlakuan D juga berbeda. Pada perlakuan A kerapatan eceng gondok hanya 25%, hal itu menyebabkan kandungan bahan organik yang terserap oleh pada perlakuan A sedikit, berbeda dengan perlakuan D yang menggunakan kerapatan eceng gondok 100% sehingga bahan organik yang terserap banyak. Oksigen terlarut juga mempengaruhi kelulushidupan benih ikan mas. Adanya aerasi pada perlakuan menyebabkan benih ikan mas masih bertahan hidup.

Pada perlakuan D dan kontrol 1 nilai kelulushidupannya tidak berbeda jauh karena pada perlakuan D kandungan bahan organik yang terserap oleh eceng gondok tidak sebanyak sebelum diberi perlakuan sehingga memungkinkan untuk

benih ikan bertahan hidup, sedangkan pada kontrol 1 memang menggunakan air sumur sehingga benih ikan mas bertahan hidup.

Mekanisme penyerapan bahan organik oleh eceng gondok 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 (Anonymous, 2011).

Selanjutnya dari data dilakukan uji keragaman. Diperoleh hasil yang bisa dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Uji Keragaman Kelulushidupan Benih Ikan Mas

Sumber keragaman	db (Derajat Bebas)	JK (Jumlah Kuadrat)	KT (Kuadrat Tengah)	F Hitung	F 5%	F1%
Perlakuan	3	7141.3	2380.43	45.9**	4.07	7.59
Acak	8	41481	51.85		-	-
Total	11	7556.11			-	-

Keterangan: ** berbeda sangat nyata

Pada Tabel di atas dapat dilihat bahwa hasil F Hitung 45,9. Hasil itu artinya berbeda sangat nyata karena nilai F Hitung lebih besar dari F 1% sehingga adanya pengaruh yang sangat nyata dalam kerapatan eceng gondok yang berbeda pada limbah cair pabrik gula pada kelulushidupan benih ikan. Berbeda sangat nyata terjadi antar perlakuan karena nilai F Hitung > F 1%. Hal ini berarti H₁ diterima dan H₀ ditolak, sehingga perlu dilanjutkan uji BNT yang dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Uji BNT untuk SR

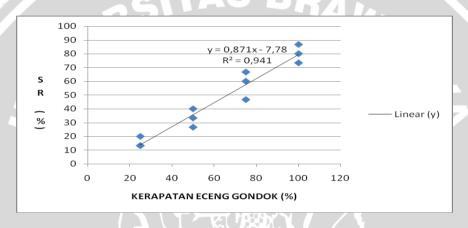
Perlakuan	A (225 gr)	B (450 gr)	C (675 gr)	D (900 gr)	Notasi
A (225 gr)	•	-	-	-	а
B (450 gr)	17.78*	-	-	HARS	b
C (675 gr)	42.23**	24.45**	LHER	JUST 1	С
D (900 gr)	64.45**	46.67*	22.22**	A TO	d

Keterangan: ns : non significant (tidak berbeda nyata)

* : berbeda nyata

** : sangat berbeda nyata

Dilihat pada Tabel di atas bahwa perlakuan D mempunyai kelulushidupan benih ikan mas yang paling tinggi, lalu diikuti perlakuan C, kemudian perlakuan B dan terendah perlakuan A. Selanjutnya untuk mengetahui hubungan kerapatan eceng gondok yang berbeda pada kelulushidupan benih ikan mas digunakan analisa regresi. Hasil analisa regresi diperoleh hasil regresi linear dengan persamaan y = 0.871x - 7.78 dengan nilai $R^2 = 0.94$ dan nilai korelasi r sebesar 0.96. Berikut hubungan kerapatan eceng gondok dengan SR (%) disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Hubungan Kerapatan Eceng Gondok dengan SR (%)

Persamaan regresi linier pada Gambar di atas merupakan regresi linier positif yang berarti semakin besar kerapatan eceng gondok maka semakin tinggi kelulushidupan benih ikan mas. Hal ini dikarenakan jika semakin banyak eceng gondok yang diberikan maka kandungan limbah organik pada limbah cair pabrik gula berkurang sehingga menyebabkan kelulushidupan benih ikan mas tinggi dan pertumbuhannya baik. Adanya penurunan konsentrasi limbah organik yang signifikan setelah perlakuan dengan eceng gondok menunjukkan tumbuhan eceng gondok tersebut mampu menurunkan konsentrasi kandungan bahan organik dalam air limbah yaitu melalui penyerapan akar tumbuhan tersebut.

Berdasarkan penelitian kadar bahan organik limbah cair pabrik gula yaitu protein 373 ppm, karbohidrat 3,27% dan lemak 265 ppm. Menurut Shely (2004), kandungan bahan organik yang dijumpai dalam air limbah pabrik gula berisikan 40-

60% adalah protein, 25-50% adalah karbohidrat, serta 10% lainnya berupa lemak atau minyak. Hal ini menunjukkan bahwa kandungan limbah cair pabrik gula yang dipakai selama penelitian mengandung bahan organik tidak terlalu besar.

Semakin tinggi kadar senyawa polutan di dalam air akan mengurangi kadar oksigen terlarut. Hal ini disebabkan adanya proses dekomposisi oleh bakteri secara aerob atau oksidasi untuk menguraikan senyawa polutan dari limbah dan kotoran ikan. Tingginya tingkat dekomposisi oleh bakteri aerob maupun oksidasi menyebabkan semakin berkurangnya oksigen terlarut yang terdapat di dalam air (Susanto, *et al.* 2009).

Menurut Rudiyanti dan Astri (2009), menyatakan bahwa adanya bahan-bahan beracun dalam media hidup ikan dapat menyebabkan pola behavioristik yang tidak normal antara lain penolakan terhadap pakan.

Kadar oksigen terlarut yang lebih rendah dalam air menyebabkan pengambilan oksigen yang rendah oleh makhluk hidup, akibatnya otot-otot tidak cukup diberi oksigen untuk melanjutkan pernapasan aerob pada laju yang optimal, jika pengambilan oksigen tidak cukup akan terjadi kegiatan otot yang tidak optimal dan akhirnya menyebabkan kematian (Susanto, et al. 2009).

4.2 Laju Pertumbuhan Benih Ikan Mas (Cyprinus carpio)

Berdasarkan pengamatan pada perlakuan kerapatan eceng gondok yang berbeda terhadap laju pertumbuhan benih ikan mas diperoleh rata-rata laju pertumbuhan benih ikan mas selama penelitian dapat dilihat dalam Tabel 11.

Tabel 11. Laju Pertumbuhan Benih Ikan Mas (Cyprinus carpio) (%bw/hari)

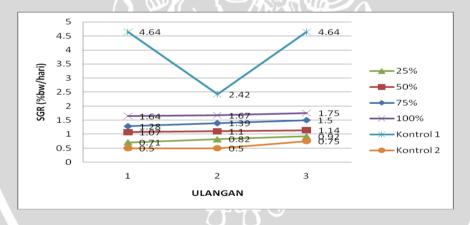
Perlakuan	TIME	Ulangan			Rata-rata±SD
	1	2	3		SPEAR
A (225 gr)	0.71	0.82	0.92	2.45	0.81±0.10
B (450 gr)	1.07	1.10	1.14	3.31	1.10±0.03
C (675 gr)	1.28	1.39	1.5	4.17	1.39±0.11
D (900 gr)	1.64	1.67	1.75	5.06	1.68±0.05
HERDLEY			Total	14.99	NOTAL PROPERTY.
K1	4.64	2.42	4.64	11.7	3.9±1.68
K2	0.5	0.5	0.75	1.75	0.58±0.14

Keterangan:

K1: kontrol (air + eceng godok + benih ikan mas)

K2: kontrol (air limbah + benih ikan mas)

Untuk lebih jelasnya laju pertumbuhan (SGR) benih ikan mas disajikan pada Gambar 4 di bawah ini.



Gambar 4. Nilai SGR (%) Benih Ikan Mas

Data di atas dapat dilihat bahwa rata-rata laju pertumbuhan benih ikan mas tertinggi pada perlakuan D yaitu sebesar 1,68%, diikuti perlakuan C sebesar 1,39%, selanjutnya perlakuan B sebesar 1,10% dan terendah pada perlakuan A yaitu sebesar 0,81%. Pada kontrol 1 rata-rata laju pertumbuhannya sebesar 3,9% dan pada kontrol 2 sebesar 0,58%.

Pada perlakuan A dan perlakuan D mempunyai laju pertumbuhan yang berbeda. Pakan memang mempengaruhi laju pertumbuhan benih ikan mas.

Peningkatan laju pertumbuhan pada perlakuan A dan perlakuan D mencapai 2 kali lipat. Hal itu disebabkan karena faktor benih ikan mas mengkonsumsi pakan 3% dari berat badan tubuhnya. Terdapat faktor lain yang mempengaruhi laju pertumbuhan.

Selanjutnya dari data dilakukan uji keragaman. Diperoleh hasil yang bisa dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12. Uji Keragaman Untuk Laju Pertumbuhan

Sumber keragaman	db (Derajat Bebas)	JK (Jumlah Kuadrat)	KT (Kuadrat Tengah)	F Hitung	F 5%	F 1%
Perlakuan	3	1.26	0.42	70**	4.07	7.59
Acak	8	0.05	0.006	-	4/	
Total	11	1.31		o -	-	-

Keterangan: ** berbeda sangat nyata.

Pada Tabel di atas dapat dilihat bahwa hasil F Hitung 70. Hasil itu artinya berbeda sangat nyata karena nilai F Hitung lebih besar dari F 1% sehingga adanya pengaruh yang sangat nyata dalam kerapatan eceng gondok yang berbeda pada limbah cair pabrik gula pada laju pertumbuhan benih ikan. Berbeda sangat nyata terjadi antar perlakuan karena nilai F Hitung > F 1%. Hal ini berarti H₁ diterima dan H₀ ditolak, sehingga perlu dilanjutkan uji BNT yang dapat dilihat pada Tabel 13.

Tabel 13. Uji BNT untuk SGR

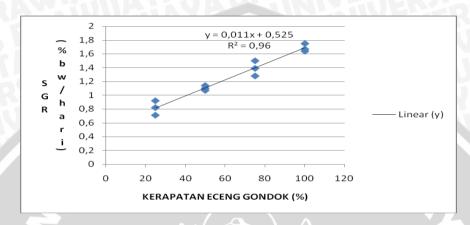
Perlakuan	A (225 gr)	B (450 gr)	C (675 gr)	D (900 gr)	Notasi
A (225 gr)	-	-	-	-	а
B (450 gr)	0.29*	-	-	-	b
C (675 gr)	0.58**	0.29**	-	-	С
D (900 gr)	0.87**	0.29**	0.29**	-	d

Keterangan: ns : non significant (tidak berbeda nyata)

*: berbeda nyata

** : sangat berbeda nyata

Pada Tabel di atas dapat dilihat bahwa laju pertumbuhan tertinggi terdapat pada perlakuan D, lalu diikuti perlakuan C, kemudian perlakuan B dan terendah yaitu perlakuan A. Selanjutnya untuk mengetahui hubungan kerapatan eceng gondok yang berbeda pada laju pertumbuhan benih ikan mas digunakan analisa regresi. Hasil analisa regresi diperoleh hasil regresi linear dengan persamaan y = 0.011x - 0.52 dengan nilai $R^2 = 0.96$ dan nilai korelasi r sebesar 0.97. Berikut hubungan eceng gondok dengan SGR disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Hubungan Kerapatan Eceng Gondok dengan SGR (%bw/hari)

Persamaan regresi linier pada Gambar di atas merupakan regresi linier positif yang berarti semakin besar kerapatan eceng gondok maka semakin tinggi laju pertumbuhan benih ikan mas. Hal ini dikarenakan jika semakin banyak eceng gondok yang diberikan maka kandungan limbah organik pada limbah cair pabrik gula berkurang sehingga menyebabkan kelulushidupan dan pertumbuhan benih ikan mas baik.

Laju pertumbuhan benih ikan mas dipengaruhi oleh faktor internal dan faktor eksternal. Hal ini sesuai dengan Susanto *et al.* (2009) yang mengatakan bahwa faktor–faktor yang mempengaruhi laju pertumbuhan ikan adalah faktor dalam diantaranya adalah pada ikan yaitu adanya parasit dan penyakit; faktor kimia perairan yaitu kandungan oksigen, karbondioksida, hidrogen sulfida, keasaman dan alkalinitas yang berubah-ubah. Sedangkan menurut Irawan (1986) yang mengatakan bahwa yang mempengaruhi laju pertumbuhan adalah ukuran telur, cahaya, ruang gerak dan aliran air.

Ikan mas memerlukan makanan buatan yang mengandung 36 – 40% protein, kadar lemak 8 – 10%, karbohidrat 10 – 20% serta mineral dan vitamin

kurang lebih 1%. Pemberian makanan yang berlebihan akan menyebabkan pencernaan yang tidak sempurna sehingga mempengaruhi pertumbuhan ikan.

Menurut Farida, *et al.* (2008), pertambahan bobot badan dipengaruhi oleh konsumsi pakan, semakin tinggi konsumsi pakan semakin tinggi pula pertambahan bobot badannya atau dengan kata lain konsumsi pakan berbanding lurus dengan pertambahan bobot badan.

Pada ikan penggunaan makanan, pertumbuhan, dan kecepatan berenang semua menurun pada saat kadar oksigen terlarut kurang dari 5 ppm. Pada saat penurunan oksigen mencapai tingkat lethal, terjadi kematian mahluk hidup air. Adanya kandungan senyawa kimia yang tinggi seiring meningkatnya konsentrasi limbah menyebabkan berkurangnya oksigen terlarut. Menurut Susanto, *et al.* (2009), jika oksigen terlarut rendah, maka organisme aerob akan mati dan organisme anaerob akan menguraikan bahan organik menghasilkan zat kimia seperti metana dan hidrogen sulfida. Zat – zat tersebut dapat menyebabkan terganggunya pertumbuhan serta penurunan daya tahan tubuh organisme yang terdapat di perairan tersebut.

4.3 Suhu

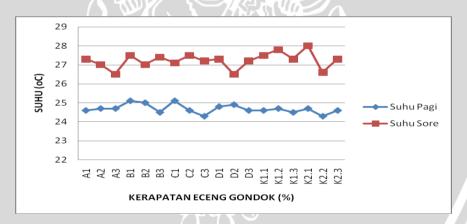
Dalam pengukuran suhu air pada limbah cair pabrik gula selama penelitian dilakukan setiap hari secara 2 kali yaitu pagi hari pukul 08.00 WIB dan sore hari pukul 15.00 WIB, sehingga dilakukan penghitungan data pengukuran suhu 2 kali yaitu untuk data suhu pagi hari dan sore hari. Untuk data suhu pagi hari dan sore hari dapat dilihat pada Lampiran 5.

Dari data pengukuran suhu nilai rata-rata suhu limbah cair pabrik gula pada pagi hari diperoleh hasil pada perlakuan kisaran suhu 24,6 – 24,8 °C dan pada kontrol kisaran suhunya 24,5 – 24,6 °C. Sementara itu untuk suhu sore hari pada perlakuan diperoleh hasil kisaran 26,9 – 27,3 °C dan pada kontrol kisaran suhu 27,3

 27,5 °C. Suhu pada media air limbah atau air biasa cenderung tidak terlalu berbeda nilainya karena saat penelitian berada dalam ruangan tertutup.

Selanjutnya dari data dilakukan uji keragaman yang dapat dilihat pada Lampiran 5. Pada Tabel suhu pagi hari hasil F Hitung yaitu 0,36 dan pada suhu sore hari F Hitung 0,88. 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 H₀ diterima dan H₁ ditolak, sehingga tidak perlu dilanjut uji BNT.

Hal ini menunjukkan bahwa kisaran suhu pada media limbah cair pabrik gula masih dalam kisaran suhu yang diinginkan untuk kelulushidupan dan pertumbuhan ikan. Hal ini sesuai dengan Rudiyanti dan Astri (2009) bahwa kisaran kelayakan temperatur air bagi ikan mas adalah 14-38 °C. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Hubungan Kerapatan Eceng Gondok dengan Suhu

Gambar di atas menunjukkan kisaran suhu pagi hari dan sore hari limbah cair pabrik gula. Dapat dilihat bahwa nilai kisaran suhu antar perlakuan tidak begitu jauh perbedaannya. Suhu pagi hari lebih kecil kisarannya dari suhu sore hari dikarenakan suhu pagi hari lebih dingin, apalagi saat dilakukan penelitian sedang terjadi suhu yang dingin, sedangkan pada sore hari suhu menjadi tinggi karena ada matahari yang menyinari sejak siang. Menurut Andayani (2005), spesies daerah tropis tidak akan tumbuh secara baik ketika suhu berada di bawah 26 atau 28 °C

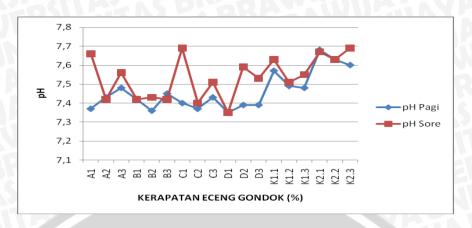
dan suhu air di bawah 10 atau 15 °C akan mematikan spesies tersebut. Spesies yang hidup di air hangat pada iklim panas akan berkembang dengan baik apabila berada di antara suhu 20 dan 28 °C tetapi mereka akan bertahan hidup mendekati suhu 0 °C. Lebih lanjut dijelaskan bahwa konsumsi oksigen menurun secara relatif dengan peningkatan suhu. Spesies akan bertahan hidup dan berkembang biak dalam suhu yang sesuai tetapi pada suhu maksimum pertumbuhan semakin berkurang.

4.4 pH

Dalam pengukuran pH air pada limbah cair pabrik gula selama penelitian dilakukan setiap hari yaitu 2 kali pada pagi hari pukul 08.00 WIB dan sore hari pukul 15.00 WIB, selanjutnya dilakukan penghitungan data. Data pH ini dapat dilihat pada Lampiran 6.

Dari data dapat dilihat bahwa pada perlakuan kisaran nilai pada pagi hari yaitu 7,37 – 7,42 dan untuk kontrol 1 pH pagi hari sebesar 7,51, sedangkan pada kontrol 2 hasil rata-rata pH pagi hari sebesar 7,63. Pada pengukuran pH sore hari perlakuan kisaran pH yaitu 7,42 – 7,55, pada kontrol 1 nilai pH sebesar 7,56 sedangkan untuk kontrol 2 sebesar 7,66. 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.

Selanjutnya dari data dilakukan uji keragaman dan dapat dilihat pada Lampiran 6. Pada Tabel pH pagi hari hasil F Hitung yaitu 0,806 dan pada pH sore hari F Hitung 0,485. 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 H₀ diterima dan H₁ ditolak, sehingga tidak perlu dilanjutkan uji BNT. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Hubungan Kerapatan Eceng Gondok dengan pH

Gambar di atas menunjukkan nilai pH limbah cair pabrik gula pada pagi dan sore hari. Pada pengukuran pH tersebut terjadi naik turun pH baik pada pagi hari maupun sore hari. Antar perlakuan perbedaan nilai pH-nya tidak terlalu jauh. Hal Pada air, pH mungkin turun sampai 6 pada pagi hari dan meningkat sampai 9 atau lebih pada siang hari. Bahkan sejumlah air dengan alkalinitas tinggi, nilai pH sore hari bisa meningkat di atas 10. Menurut Andayani (2005), pH menurun seiring semakin tingginya karbondioksida di malam hari, sedangkan pH meningkat bila terjadi proses fotosintesis. Namun demikian produksi ikan yang baik bisa dicapai pada air dengan alkalinitas rendah bahkan melalui nilai-nilai pH sore hari meningkat di atas 10 selama periode fotosintesis yang intens.

Menurut Irawan (1986), pada umumnya batas toleransi ikan air tawar terhadap pH adalah antara 4 – 11. Akan tetapi pH yang baik untuk pertumbuhan ikan air tawar adalah 6 – 9.

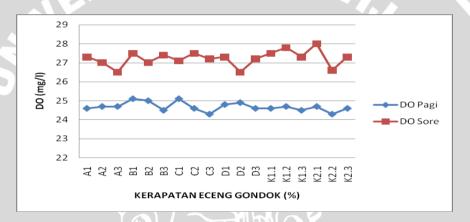
4.5 Oksigen Terlarut (DO)

Dalam pengukuran DO air pada limbah cair pabrik gula selama penelitian dilakukan setiap hari yaitu 2 kali pada pagi hari pukul 08.00 WIB dan sore hari pukul 15.00 WIB, sehingga dilakukan penghitungan data. Untuk data DO pagi hari dan sore hari dapat dilihat pada Lampiran 7.

Berdasarkan data nilai rata-rata untuk pengukuran DO pagi hari limbah cair pabrik gula pada perlakuan diperoleh nilai DO yaitu 4,6 ppm, sedangkan untuk

kontrol kisaran rata-rata DO pagi hari yaitu 4,6 - 4,7 ppm. Sementara untuk kisaran DO sore hari pada perlakuan yaitu 6,0 - 6,1 ppm, sedangkan pada kontrol rata-ratanya yaitu 6,1 ppm.

Selanjutnya dari data dilakukan uji keragaman. Hasil uji keragaman dapat dilihat pada Lampiran 7. Pada Tabel DO pagi hari hasil F Hitung yaitu 0 dan pada DO sore hari F Hitung 2,26. 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 H₀ diterima dan H₁ ditolak, sehingga tidak perlu dilanjutkan uji BNT. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Hubungan Kerapatan Eceng Gondok dengan DO (mg/l)

Gambar di atas 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. Adanya aerasi pada penelitian menyebabkan benih ikan mas masih bertahan hidup pada limbah cair pabrik gula terutama pada perlakuan D. Oksigen terlarut memang sangat penting untuk kelulushidupan benih ikan mas. Meskipun kerapatan eceng gondoknya tinggi tapi jika diberi aerasi yang bagus maka benih ikan mas masih bertahan. Pada perairan

yang banyak eceng gondoknya maka oksigen terlarutnya rendah terutama pada malam hari. Hal itu disebabkan karena pada malam hari eceng gondok mengalami respirasi, sedangkan pada siang hari oksigen terlarut tinggi karena mengalami fotosintesis.

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 amonia (NH₃ + NH₄). 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.

Menurut Edward dan Pulumahuny (2003), yang menyatakan bahwa pada umumnya kandungan oksigen sebesar 5 ppm dengan suhu sebesar 20 – 30 °C relatif masih baik untuk kehidupan ikan-ikan bahkan apabila dalam air tidak terdapat senyawa-senyawa yang bersifat toksik (tidak tercemar) kandungan oksigen sebesar 2 ppm sudah cukup mendukung organisme untuk hidup.

4.6 **BOD**

Berdasarkan pengamatan BOD selama penelitian pada media limbah cair pabrik gula didapat hasil rata-rata BOD dan dapat dilihat pada Lampiran 8.

Kemudian dari data dilakukan uji keragaman. Diperoleh hasil yang bisa dilihat pada Lampiran 8. Pada Tabel uji sidik ragam BOD nilai F Hitung yaitu 1,58. 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 H₀ diterima dan H₁ ditolak, sehingga tidak perlu dilanjutkan uji BNT. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Hubungan Kerapatan Eceng Gondok dengan BOD (mg/l)

Selama penelitian hanya dilakukan pengamatan BOD 2 kali yaitu pada minggu ke 1 dan minggu ke 4, dan hasilnya dapat dilihat di atas. Nilai BOD yang semula tinggi yang mencapai hampir 600 ppm dan pada minggu ke 4 mengalami penurunan. Adanya kerapatan eceng gondok yang berbeda dapat menurunkan kandungan BOD. Pada Gambar di atas kontrol 2 ada penurunan pada minggu ke 4. Antar perlakuan memang nilai BOD tidak terlalu jauh penurunannya namun sudah menunjukkan bahwa kerapatan eceng gondok mampu menurunkan kandungan BOD pada limbah cair pabrik gula yang semula tinggi menjadi rendah pada minggu ke 4.

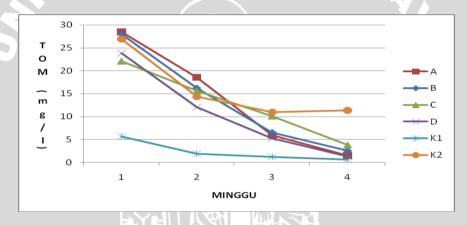
Kebutuhan oksigen biologi (BOD) didefinisikan sebagai banyaknya oksigen yang diperlukan oleh organisme pada saat penguraian bahan organik, pada kondisi aerobik. Penguraian bahan organik diartikan bahwa bahan organik ini digunakan oleh organisme sebagai bahan makanan dan energinya diperoleh dari proses oksidasi (Susanto et al. 2009).

Menurut Surat Keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup Tahun (1991), kadar BOD limbah cair pabrik gula maksimum yang ditetapkan yaitu 300 ppm sehingga limbah cair pabrik gula yang dipakai saat penelitian melampaui batas maksimum yang telah ditetapkan.

4.7 TOM

Selama penelitian dilakukan uji kualitas air yaitu TOM dan didapat hasil ratarata nilai TOM pada Lampiran 8.

Kemudian dari data dilakukan uji keragaman dan diperoleh hasil yang bisa dilihat pada Lampiran 8. Pada uji keragaman diperoleh nilai F Hitung 0,23 (tidak berbeda nyata) dan ternyata tidak adanya pengaruh yang nyata pada TOM dalam kerapatan eceng gondok yang berbeda pada limbah cair pabrik gula. Tidak berbeda nyata terjadi antar perlakuan karena nilai F Hitung lebih kecil dari nilai F 5%. Hal ini berarti H₀ diterima dan H₁ ditolak, sehingga tidak perlu dilanjutkan uji BNT. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Kadar TOM Limbah Cair Pabrik Gula

Gambar di atas menunjukkan kandungan TOM dalam limbah cair pabrik gula dan ternyata mengalami penurunan dari minggu ke 1 sampai minggu ke 4. Namun saat diuji keragaman tidak mengalami pengaruh yang nyata bagi ikan mas. Kandungan bahan organik yang baik jika nilainya rendah. Pada minggu ke 1 sampai minggu ke 4 kandungan TOM rendah dan hampir terjadi penurunan yang sama pada semua perlakuan. Hal itu disebabkan karena kisaran TOM yang baik yaitu tidak lebih dari 5 mg/l, maka yang diharapkan kandungan TOM turun. Dari Gambar di atas dapat disimpulkan bahwa TOM juga mempengaruhi kelulushidupan benih ikan mas karena adanya proses dekomposisi bahan organik pada limbah cair pabrik gula dengan bantuan oksigen.

Sifat bahan organik juga mempengaruhi terhadap dekomposisi bahan organik. Rata-rata penguraian bahan organik sangat tinggi selama mendekati tahap penguraian saat persediaan bahan pengurai digunakan mikroorganisme. Semakin lambat penguraian maka komunitas mikroba akan siap digunakan sebagai zat pengurai.

Jika bahan organik sedang dalam penguraian mengandung banyak nitrogen, mikroorganisme akan tumbuh lebih baik dan beberapa nitrogen dari bahan organik akan dilepaskan ke lingkungan seperti anorganik yang disebut mineralisasi. Jika bahan organik mengandung nitrogen, beberapa nitrogen untuk pertumbuhan mikroba harus diambil dari lingkungan, hal ini disebut immobilisasi (Andayani, 2005).

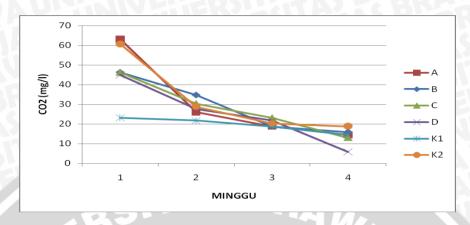
Padatan tersuspensi dapat berupa mineral atau bahan organik yang berasal dari erosi tanah, industri, pembuangan kotoran dan sampah yang dapat ditemukan di air permukaan. Padatan tersuspensi bisa bersifat toksik bila dioksidasi berlebih oleh organisme sehingga dapat menurunkan konsentrasi DO sampai dapat menyebabkan kematian pada ikan. Peningkatan padatan terlarut dapat membunuh ikan secara langsung, meningkatkan penyakit dan menurunkan tingkat pertumbuhan ikan serta perubahan tingkah laku dan penurunan reproduksi ikan. Selain itu, kuantitas makanan alami ikan akan semakin berkurang (Sari, 2007).

4.8 CO₂

Selama penelitian dilakukan uji kualitas air yaitu CO₂ dan didapat hasil ratarata nilai CO₂ pada Lampiran 9. Kadar CO₂ pada perlakuan lebih rendah jika dibanding dengan kontrol 1.

Kemudian dari data dilakukan uji keragaman (Lampiran 9) dan hasilnya adalah tidak berbeda nyata, sehingga dapat disimpulkan tidak adanya pengaruh yang nyata pada CO₂ dalam kerapatan eceng gondok yang berbeda pada limbah cair pabrik gula. Tidak berbeda nyata terjadi antar perlakuan karena nilai F Hitung

lebih kecil dari nilai F 5%. Hal ini berarti H₀ diterima dan H₁ ditolak, sehingga tidak perlu dilanjutkan uji BNT. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Kadar CO₂ Limbah Cair Pabrik Gula

Gambar di atas dapat dilihat bahwa terjadi penurunan kadar CO₂ dari minggu ke 1 sampai minggu ke 4 pada semua perlakuan. Pada minggu ke 1 dan minggu ke 2 terjadi penurunan karbondioksida hampir sama pada semua perlakuan. Hal itu disebabkan karena adanya oksigen terlarut yang tinggi pada perlakuan sehingga kandungan karbondioksida menjadi turun.

Konsentrasi tinggi dari karbondioksida memiliki efek pada ikan dan bahkan konsentrasi yang lebih tinggi akan menyebabkan kematian. Ikan masih toleransi pada perubahan konsentrasi karbondioksida dan nampak berusaha untuk menghindari area-area dengan konsentrasi karbondioksida yang tinggi. Namun 10 ppm atau lebih karbondioksida bisa ditoleransi memberikan konsentrasi oksigen terlarut yang tinggi. Sebagian besar spesies bertahan dalam air yang mengandung sampai 60 ppm karbondioksida bebas. Air yang mendukung populasi ikan yang baik normalnya mengandung kurang dari 5 ppm karbondioksida bebas.

Menurut Andayani (2005), selama karbondioksida diubah, karbonat terkumpul terhidrolisasi dan pH bertambah. Tanaman selanjutnya 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

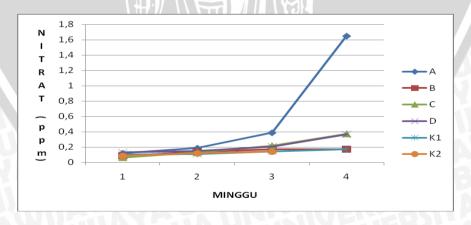
nilai pH dari 9 – 10 bisa terjadi selama periode fotosintesis. Selama malam hari karbondioksida terkumpul dan pH menurun.

Menurut Yustina (2005), kandungan karbondioksida bebas sebesar 12 ppm telah menyebabkan stress bagi ikan, pada kadar 30 ppm beberapa jenis ikan akan mati dan pada 100 ppm hampir semua organisme air mati.

Menurut Anonymous (2009), tingginya kandungan CO₂ pada perairan dapat mengakibatkan terganggunya kehidupan biota perairan. Kandungan CO₂ dalam air yang aman tidak boleh melebihi 25 ppm, sedangkan konsentrasi CO₂ lebih dari 100 ppm akan menyebabkan semua organisme akuatik mengalami kematian.

4.9 Nitrat

Selama penelitian dilakukan uji kualitas air yaitu nitrat dan didapat hasil ratarata nilai nitrat yang terdapat pada Lampiran 10. Selanjutnya dari data dilakukan uji keragaman dan hasilnya dapat dilihat pada Lampiran 10. Pada uji keragaman ternyata tidak adanya pengaruh yang nyata pada nitrat dalam kerapatan eceng gondok yang berbeda pada limbah cair pabrik gula. Tidak berbeda nyata terjadi antar perlakuan karena nilai F Hitung lebih kecil dari nilai F 5%. Hal ini berarti H₀ diterima dan H₁ ditolak, sehingga tidak perlu dilanjutkan uji BNT. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Kadar Nitrat Limbah Cair Pabrik Gula

Gambar di atas menunjukkan bahwa kadar nitrat mengalami kenaikan dari minggu ke 1 sampai ke 4. Namun nilai tertinggi pada minggu ke 4 terdapat pada

perlakuan A. Kenaikan kandungan nitrat pada semua perlakuan tidak berbeda jauh, hal ini disebabkan karena kisaran nitrat pada limbah cair pabrik gula memang standar. Namun terjadi peningkatan pada perlakuan A hingga mencapai 1. Kadar nitrat tersebut juga tergantung potensial redok (Eh). Apabila nilai Eh turun (reduktif), nitrat akan cepat hilang menjadi gas N₂O dan atau N₂ melalui proses denitrifikasi. Pada kondisi reduktif, N-amonium lebih dominan daripada N-nitrat, namun sebaliknya dalam kondisi oksidatif N-amonium bisa berubah menjadi N-nitrat melalui proses nitrifikasi. Dengan demikian maka pencucian N dalam sistem yang reduktif akan menghasilkan NH₄⁺, sedangkan dalam sistem yang oksidatif menghasilkan NO₃ (Nursyamsi, 2006).

Selama penelitian kadar nitrat dalam limbah cair pabrik gula sangat sedikit yaitu kurang dari 1 ppm. Benih ikan mas masih bisa tumbuh dengan kadar nitrat kurang dari 1 ppm. Hal ini membuktikan bahwa limbah cair pabrik gula tidak melebihi standart baku mutu air golongan C SK. Gubernur Jawa Timur No.413 Tahun 1987 yaitu tidak lebih dari 10 ppm.

Menurut Nursyamsi et al. (2006) menyatakan bahwa untuk keperluan konsumsi sehari-hari kadar nitrat dalam air tidak boleh lebih dari 10 ppm. Sumber air untuk perikanan akan turun kualitasnya apabila kadar nitrat lebih dari 0,5 ppm. Menurut Raharjo (2003), pada kolam yang digunakan untuk budidaya ikan intensif sering dijumpai kandungan anorganik yang cukup tinggi. Kandungan nitrat pada kolam ikan intensif sekitar 0,25 ppm.

BRAWIJAY

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian maka dapat disimpulkan antara lain:

- Setelah dilakukan penghitungan dengan uji sidik ragam ternyata kerapatan eceng gondok yang berbeda memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap kelulushidupan benih ikan mas dengan persamaan regresi y = 0,871x - 7,78 dengan nilai R² = 0.94.
- Setelah dilakukan penghitungan dengan uji sidik ragam ternyata kerapatan eceng gondok yang berbeda memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap laju pertumbuhan benih ikan mas dengan persamaan regresi y = 0.011x 0.52 dengan nilai $R^2 = 0.96$.
- Setelah dilakukan penghitungan dengan uji sidik ragam ternyata kerapatan eceng gondok yang berbeda tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap suhu, pH, DO, BOD, TOM, CO₂ dan nitrat.

5.2 Saran

- Perlu dilakukan penelitian tentang kerapatan eceng gondok yang berbeda dengan menggunakan media limbah yang lain selain limbah cair pabrik gula.
- Perlu dilakukan penelitian tentang kerapatan eceng gondok yang berbeda terhadap kelulushidupan dan pertumbuhan benih ikan yang lain.
- Apabila ingin mendapatkan kelulushidupan dan pertumbuhan ikan yang tinggi pada limbah cair maka perlu diberikan kerapatan eceng gondok 100%.

DAFTAR PUSTAKA

- Agrika, Didin W, dan Samsul Bakri. 2009. Kajian Terhadap Kandungan Bahan Organik Tanah dan Indeks Kemantapan Agregat Pada Beberapa Aplikasi Limbah Padat Pabrik Gula Di Lahan Perkebunan Tebu PT Gunung Madu Plantations-Lampung Tengah. Diakses dari http://pustakailmiah.unila.ac.id/. Diakses pada tanggal 1 Maret 2010.
- Alit, I. 2009. Pengaruh Padat Penebaran Terhadap Pertambahan Berat Dan Panjang Badan Belut Sawah (*Monopterus albus*). Jurusan Biologi F.MIPA Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran. Bali
- Andayani, S. 2005. **Manajemen Kualitas Air Untuk Budidaya Perairan**. Jurusan Budidaya Perairan Fakultas Perikanan Universitas Brawijaya. Malang
- Anonymous. 2009. Diakses dari http://www.damandiri.or.id/file/. Diakses pada tanggal 25 Juni 2009.
- ----- 2010^a. Artikel PLLB di Daerah Tabanio dan Damit di Kabupaten Pleihari. Diakses dari Blog pada WordPress.com. Diakses pada tanggal 5 Januari 2010.
- ----- 2010^b. **Pencemaran Air**. Diakses dari http://www.e-dukasi.net/pengpop/pp_full.php?ppid=258&fname=hal5.htm. Diakses pada tanggal 5 Januari 2010.
- ----- 2010°. **Bioremediasi**. Diakses dari <u>www.wikipedia.com</u>. Diakses pada tanggal 5 Januari 2010.
- ----- 2010^d. Ikan Mas. Diakses dari <u>www.wikipedia.com</u>. Diakses pada tanggal 4 Janurari 2011.
- ----- 2011. Fitoremediasi. Diakses dari http://www.openpdf.com. Diakses pada tanggal 4 Januari 2011.
- Ardiati, L. 2004. Pengaruh Kerapatan Apu-apu (*Pistia stratiotes*) Terhadap Tingkat Penyerapan Nitrat dan Phosphor serta Pertumbuhan Ikan Nila Gift (*Oreochromis nilotica*) Pada Bak-bak Percobaan. Skripsi. Fakultas Perikanan Universitas Brawijaya. Malang. Tidak diterbitkan.
- Arief, M, Mufidah dan Kusriningrum. 2008. Pengaruh Penambahan Probiotik Pada Pakan Buatan Terhadap Pertumbuhan Dan Rasio Konversi Pakan Ikan Nila Gift (*Oreochromis niloticus*). Program Studi Budidaya Perairan Fakultas Kedokteran Hewan Universitas Airlangga. Surabaya
- Cahyawati, N. 2007. Pengaruh Buangan Limbah Cair Pabrik Gula Poerwodadie Terhadap Kualitas Air di Sungai Purwodadi Magetan, Jawa Timur. Skripsi. Fakultas Perikanan Universitas Brawijaya. Malang. Tidak diterbitkan.

- Chahaya, N. 2007. Pengaruh Buangan Limbah Cair Pabrik Gula Poerwodadie Terhadap Kualitas Air di Sungai Purwodadi Magetan, Jawa Timur. Skripsi. Fakultas Perikanan Universitas Brawijaya. Malang. Tidak Diterbitkan.
- Dewi, Y.S dan Yosar H.G. 2009. Pemanfaatan Algae Chlorella sp. dan Eceng Gondok Untuk Menurunkan Tembaga (Cu) Pada Industri Pelapisan Logam. Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro. Semarang. Diakses pada tanggal 7 April 2010.
- Edward dan Pulumahuny. 2003. **Kadar Oksigen Terlarut di Perairan Raha Pulau Muna Sulawesi Tenggara**. Pusat Riset Oseanografi LIPI. Jakarta. Diakses pada tanggal 19 Oktober 2010.
- Fardiaz, S. 1992. **Polusi Air dan Polusi Udara**. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Fatha. 2007. Pemanfaatan Zeolit Aktif Untuk Menurunkan BOD dan COD Limbah Tahu. Jurusan kimia. Fakultas MIPA. Unnes. Semarang
- Hardyanti, N dan Suparni S.R. 2007. **Fitoremediasi Phospat Dengan Pemanfaatan Enceng Gondok** (*Eichhornia crassipes*) (Studi Kasus **Pada Limbah Cair Industri Kecil Laundry**). Jurnal PRESIPITASI Vol. 2
 No.1 Maret 2007, ISSN 1907-187X.
- Hariati, A.M. 1989. **Makanan Ikan**. Fakultas Perikanan Universitas Brawijaya. Malang
- Hidayah, A.N dan Yulinah, T. 2004. Penyisihan COD dan BOD Dalam Greywater Dengan Free Water System Constructed Wetland. Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan FTSP-ITS. Surabaya. Diakses pada tanggal 28 Oktober 2010.
- Hidayat, W. 2008. **Teknologi Pengolahan Air Limbah**. Diakses dari www.wikipedia.com. pada tanggal 21 Februari 2009.
- Hidayati, N. 2005. **Fitoremediasi dan Potensi Tumbuhan Hiperakumulator**. Pusat Penelitian Biologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. Bogor. Diakses pada tanggal 7 April 2010.
- Indriawati, D. 2006. **Evaluasi Data Fisika Kimia Karangkates Kabupaten Malang Tahun 2002-2004**. Skripsi. Fakultas Perikanan Universitas Brawijaya. Malang. Tidak diterbitkan.
- Irawan, D. 1986. Perbandingan Pertumbuhan dan Produksi Ikan Mas (*Cyprinus carpio L.*) Ras Majalaya, Punten, Sinyonya dan Taiwan. Fakultas Perikanan Institut Pertanian Bogor. Bogor. Diakses pada tanggal 19 Oktober 2010.
- Jana, I. 2006. Analisis Karakteristik Sampah dan Limbah Cair Pasar Badung Dalam Upaya Pemilihan Sistem Pengelolaannya. Jurusan Kimia FMIPA Universitas Udayana. Bali. Diakses pada tanggal 28 Oktober 2010.

- Jubaedah, I. 2006. **Pengelolaan Waduk Bagi Kelestarian Dan Keanekaragaman Hayati Ikan**. Dosen Jurusan Penyuluhan Perikanan STP Jakarta. Diakses pada tanggal 4 Januari 2011.
- Kurnia, R.W. Pengolahan dan Pemanfaatan Limbah Pabrik Gula dalam Rangka Zero Emission. Diakses dari http://lordbroken.wordpresss.com/2010/01/14/. Diakses pada tanggal 1 Maret 2010.
- Listyana, M. 2005. Pengaruh Penggunaan Suplemen Viterna Dengan Dosis Yang Berbeda Dalam Ransum Ikan Nila Terhadap Kelangsungan Hidup dan Laju Pertumbuhan Ikan Nila (*Oreochromis sp*) Ukuran 5-7 cm. Skripsi. Fakultas Perikanan Universitas Brawijaya. Malang. Tidak Diterbitkan.
- Mukti, A.T. 2007. Perbandingan Pertumbuhan dan Perkembangan Gonad Ikan Mas (*Cyprinus Carpio*) Diploid dan Tetraploid. Program Studi Budidaya Perairan & Laboratorium Pendidikan Perikanan FKH Universitas Airlangga. Surabaya
- Mukti, A.M. 2008. Penggunaan Tanaman Eceng Gondok (*Eiccornia Crassipes*)
 Sebagai Pre-Treatment Pengolahan Air Minum Pada Air Selokan Mataram. Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Jogjakarta. Diakses dari http://rac.uii.ac.id/server/document/Public/20080801035017Laporan%20TA.p
 df. Diakses pada tanggal 5 januari 2010.
- Mulya, M.B. 2002. **Bahan Organik Terlarut dan Tidak Terlarut Dalam Air Laut**. Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Jurusan Biologi Universitas Sumatera Utara. Medan. Diakses pada tanggal 19 Oktober 2010.
- Musa, M. 2006. **Diktat Kuliah Limnologi Jurusan Manajemen Sumberdaya Perairan**. Fakultas Perikanan Universitas Brawijaya. Malang
- Nasution, M.I. 2008. Penentuan Jumlah Amoniak dan Total Padatan Tersuspensi Pada Pengolahan Air Limbah PT. BRIDGESTONE SUMATERA RUBBER ESTATE DOLOK MERANGIR. FMIPA Universitas Sumatera Utara. Medan. Diakses pada tanggal 19 Oktober 2010.
- Nataru, K.S.L. 2008. **Dasar-dasar Teknologi Pengolahan Limbah Cair**. Diakses dari <u>www.dephut.go.id/INFORMASI/SETJEN/PUSSTAN/</u>. Diakses pada tanggal 18 Februari 2009.
- Novitasari, A. 2009. Pengaruh Kerapatan Kangkung Air (*Ipomoea aquatica*)
 Terhadap Penyerapan Nitrat dan Fosfat pada Limbah Cair PT.Sasa Inti
 Kecamatan Gending Kabupaten Probolinggo. Skripsi. Fakultas Perikanan
 dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya. Malang. Tidak diterbitkan.
- Nursyamsi, D. 2006. Kandungan Beberapa Ion di Dalam Sumber Air di Sub DAS Citarik dan DAS Kaligarang. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat, Bogor. Bogor. Diakses pada tanggal 19 Oktober 2010.
- Patriono, E, Endri J, dan Asri, S. 2009. Pengaruh Pemotongan Sirip Terhadap Pertumbuhan Panjang Tubuh Ikan Mas (*Cyprinus carpio L.*). Jurusan

- Biologi FMIPA, Universitas Sriwijaya, Sumatera Selatan. Palembang. Diakses pada tanggal 4 Januari 2011.
- Pribadi, A.W. 2002. Pengaruh Pemberian Fenobucarb dengan Dosis yang Berbeda terhadap Kelulushidupan Ikan Mas (*Cyprinus carpio* Linn) yang Terinfeksi *Argulus sp.* Skripsi. Fakultas Perikanan Universitas Brawijaya. Malang. Tidak Diterbitkan.
- Purwohadiyanto, Prapti. S, Sri Andayani. 2006. **Pemupukan dan Kesuburan Perairan Budidaya.** Fakultas Perikanan Universitas Brawijaya. Malang
- Raharjo, A.B. 2003. Pengaruh Kualitas Air Pada Tambak Tidak Bermangrove dan Bermangrove Terhadap Hasil Udang Alam di Desa Grinting Kabupaten Brebes. Tesis. Program Pascasarjana Universitas Diponegoro. Semarang. Diakses pada tanggal 19 Oktober 2010.
- Rahmawati, AA dan R. Azizah. 2005. Perbedaan Kadar BOD, COD, TSS dan MPN Coliform Pada Air Limbah, Sebelum dan Sesudah Pengolahan di RSUD Nganjuk. Bagian Kesehatan Lingkungan FKM UNAIR. Surabaya. Diakses pada tanggal 22 April 2010.
- Rossiana, N, Titin S dan Yayat, D. 2007. Fitoremediasi Limbah Cair Dengan Eceng Gondok (Eichhornia crassipes (Mart) Solms) dan Limbah Padat Industri Minyak Bumi Dengan Sengon (Paraserianthes falcataria L. Nielsen) Bermikoriza. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Padjadjaran. Bandung. Diakses pada tanggal 4 Januari 2011.
- Rudiyanti, S dan Astri D. E. 2009. **Pertumbuhan dan Survival Rate Ikan Mas** (*Cyprinus carpio* Linn) **Pada Berbagai Konsentrasi Pestisida Regent 0,3 G.** Program Studi Manajemen Sumber Daya Perairan, Jurusan Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro. Semarang. Diakses pada tanggal 19 Oktober 2010.
- Safiluddin, Fida. R dan Yuliani. 2006. **Kemampuan Penyerapan Logam Berat (Fe, Cu, dan Pb) oleh Eceng Gondok (***Eicchornia crassipes* **Solm), Kayu Apu (***Pistia statiotes***) dan** *Duckweeds (Lemma minor***)**. Jurusan Biologi Fakultas MIPA Universitas Negeri Surabaya. Surabaya
- Salmin. 2005. Oksigen Terlarut (DO) dan Kebutuhan Oksigen Biologi (BOD) Sebagai Salah Satu Indikator Untuk Menentukan Kualitas Perairan. Oseana, Volume XXX, Nomor 3, 2005 : 21 26. Diakses pada tanggal 7 April 2010.
- Sari, S.G. 2007. Kualitas Air Sungai Maron Dengan Perlakuan Keramba Ikan di Kecamatan Trawas Kabupaten Mojokerto Jawa Timur. Program Studi Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lambung Mangkurat. Kalimantan Selatan. Diakses pada tanggal 28 Oktober 2010.
- Sasongko, L.A. 2006. Kontribusi Air Limbah Domestik Penduduk Di Sekitar Sungai Tuk Terhadap Kualitas Air Sungai Kaligarang Serta Upaya Penanganannya (Studi Kasus Kelurahan Sampangan dan Bendan Ngisor Kecamatan Gajah Mungkur Kota Semarang). Program Magister

- Ilmu Lingkungan Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro. Semarang. Diakses pada tanggal 4 Januari 2011.
- Setyowati, S, Nanik. H.S, Erry. W. 2009. Kandungan Logam Tembaga (Cu) dalam Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes* Solms.), Perairan dan Sedimen Berdasarkan Tata Guna Lahan di Sekitar Sungai Banger Pekalongan. Jurusan Biologi Fakultas MIPA Universitas Diponegoro. Semarang. Diakses pada tanggal 7 April 2010.
- Sevilla, C.G. 1993. **Pengantar Metode Penelitian**. Penerbit Universitas Indonesia. Jakarta
- Shely, W. 2004. **Bioremediasi Limbah Cair Pabrik Gula Dengan Media Lekatan Untuk Kelayakan Budidaya Ikan**. Skripsi. Fakultas Perikanan Universitas Brawijaya. Malang. Tidak diterbitkan.
- Suardana, I.W. 2001. Penggunaan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart) Solm) Sebagai Salah Satu Teknik Pengolahan Alternatif Air Limbah Asal Rumah Pemotongan Hewan (RPH) Kotamadya Bogor. Tesis. Program Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor. Diakses pada tanggal 19 Oktober 2010.
- Subarijanti, H.U. 1990. **Pengantar Praktikum Limnologi**. Fakultas Perikanan Universitas Brawijaya. Malang
- ----- 2000. **Pemupukan dan Kesuburan Perairan**. Fakultas Perikanan Universitas Brawijaya. Malang
- Suprobowati, D. 2005. Pengaruh Penggunaan Eceng Gondok (*Eicchornia crassipes*), Kayu Apu (*Pistia stratiotes*) dan Hydrilla (*Hydrilla vercillata*)
 Terhadap Penyerapan Kandungan Nitrat dan Phosphate Air Limbah Domestik. Artikel Skripsi .Fakultas Perikanan Universitas Brawijaya. Malang. Tidak Diterbitkan.
- Susanto, G.N. 2009. Air Hasil Olahan Limbah Rumah Sakit Dampaknya Terhadap Laju Pertumbuhan Spesifik dan Sintasan Ikan Nila (*Oreochromis niloticus* Linn). Jurusan Biologi FMIPA Universitas Lampung. Lampung. Diakses pada tanggal 19 Oktober 2010.
- Sutopo. 2008. Analisis Kualitas Air Sungai Krakat di Kabupaten Sragen dengan Indikator Total Plate Count Setelah Diberi Perlakuan dengan Tanaman Enceng Gondok (*Eichhornia Crassipes Mart.Solms*). Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta. Diakses pada tanggal 7 April 2010.
- Triswiyana, I. 2001. Studi Kondisi Kualitas Air Sungai Boenoet untuk Budidaya Ikan Mas (*Cyprinus carpio*) dengan Sistem Karamba di Kecamatan Dau Kabupaten Malang. Skripsi. Fakultas Perikanan Universitas Brawijaya. Malang. Tidak diterbitkan.
- Ulqodry, T.Z, Yulisman, Muhammad Syahdan dan Santoso. 2010. **Karakterisitik** dan Sebaran Nitrat, Fosfat, dan Oksigen Terlarut di Perairan

Karimunjawa Jawa Tengah. Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan FPIK, Institut Pertanian Bogor. Diakses pada tanggal 4 Januari 2011.

Widodo. P. 2008. Potensi Pencemaran Air Tanah Oleh Penggunaan Pupuk Nitrogen Pada Tanaman Melon Di Kecamatan Kebonarum Kabupaten Klaten. Fakultas Geografi Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta. Diakses pada tanggal 4 Januari 2011

Yazwar. 2008. **Keanekaragaman Plankton Dan Keterkaitannya Dengan Kualitas Air Di Parapat Danau Toba.** Sekolah Pascasarjana. Universitas Sumatera Utara. Medan. Diakses pada tanggal 4 Januari 2011.

Yustina. 2005. **Efek Subletal Sulfida Pada Fisiologi Darah Benih Ikan Mas** (*Cyprinus carpio* L). Laboratorium Zoologi Jurusan PMIPA FKIP Universitas Riau. Pekanbaru. Diakses pada tanggal 19 Oktober 2010.



Lampiran 1. Data Uji Kualitas Air Pada Limbah Cair Pabrik Gula

Nama Uji Kualitas Air	Nilai Hasil Uji Kualiats Air
Protein	373 ppm
Karbohidrat	3,27 %
Lemak	265 ppm
BOD	600 ppm
ТОМ	10,744 ppm
Nitrat	0,104 ppm
CO ₂	217,13 ppm
Suhu	26 °C
pH	6,4
DO	6,0
	Protein Karbohidrat Lemak BOD TOM Nitrat CO ₂ Suhu pH

Keterangan: untuk uji protein, lemak dan karbohidrat berdasarkan hasil uji dari Laboratorium Kimia Fakultas MIPA UNIBRAW Malang.

Lampiran 2. Data kelulushidupan benih ikan mas (Cyprinus carpio)

Perlakuan/Ulangan	(Ek	Jumlah Udang (Ekor) MINGGU KE-		
	0	4		
A1	15	2	13.33	
A2	15	3	20	
A3	15	2	13.33	
B1	15	4	26.67	
B2	15	5	33.33	
B3 🟡	15	€\$ ₀ 6	40	
C15 1	15	₹ <u>7</u>	46.67	
C2 - C2	15/	9 5	60	
C3 (5.7)	15	10	66.67	
D1	15	(11)	73.33	
D2	15	12	80	
D3	15	13	86.67	
K1.1	15	14	93.33	
K1.2) ŧ] 15	13	86.67	
K1.3	15	14	93.33	
K2.1	15	1	6.67	
K2.2	15	1	6.67	
K2.3	15	2	13.33	

Lampiran 2 (lanjutan) . Data penelitian dan uji sidik ragam SR (%)

Data penelitian SR (%)

Perlakuan	MYA	Ulangan		Total	Rata- rata±SD
SOAW	11	2	3	MHI	325011
A (225 gr)	3470			46.66	15.55±3.85
TAD PATE	13.33	20	13.33		
B (450 gr)	26.67	33.33	40	100	33.33±6.66
C (675 gr)	46.67	60	66.67	173.34	57.78±10.18
D (900 gr)	73.33	80	86.67	240	80±6.67
Y / .	16,		Total	560	
K1	93.33	86.67	93.33	273.33	91.11±3.84
K2	6.67	6.67	13.33	26.67	8.89±3.84

$$FK = (\underline{560})^2 = \underline{313600} = 26133,33$$

JK Total =
$$(13,33)^2 + (20)^2 + \dots + (86,67)^2 - 26133,33$$

= $33689,44 - 26133,33$
= $7556,11$

JK Perlakuan =
$$\frac{(46,66)^2 + (100)^2 + (173,34)^2 + (240)^2 - 26133,33}{3}$$

$$= 33274,63 - 26133,33$$

JK Acak = 7556,11-7141,3=414,81

Uji keragaman SR

Sumber keragaman	db (Derajat Bebas)	JK (Jumlah Kuadrat)	KT (Kuadrat Tengah)	F Hitung	F 5%	F 1%
Perlakuan	3	7141.3	2380.43	45.9**	4.07	7.09
Acak	8	414.81	51.85		01-14	117-32
Total	11	7556.11		NILLA	TI 3 is	4-01

Keterangan: ** artinya berbeda sangat nyata

Uji BNT

$$SED = \sqrt{\frac{2KTG}{n}}$$

$$= \sqrt{\frac{2*51,85}{3}}$$

$$= \sqrt{34,57} = 5,87$$

$$= 2,306 \times 5,87 = 13,53$$

BNT 1% = t tabel 1% (db acak) x SED

$$= 3,355 \times 0,06 = 19,69$$

Tabel Uji BNT

Perlakuan	A (225 gr)	B (450 gr)	C (675 gr)	D (900 gr)	Notasi
A (225 gr)	-05				а
B (450 gr)	17.78*			<i>y</i> -	b
C (675 gr)	42.23**	24.45**	出入し	6)-	С
D (900 gr)	64.45**	46.67*	22.22**	2 -	d

RAWINAL

Keterangan: ns : non significant (tidak berbeda nyata)

* : berbeda nyata

** : sangat berbeda nyata

Polynomial Orthogonal

Perlakuan	Hasil	LAXLYU	Pembanding				
김하		1	2	3			
25%	46.66	-3	1	-1			
50%	100	-1	-1	3			
75%	173.34	1	-1	-3			
100%	240	3	1	5 P1 - R			
Q=∑CiTi	HUAL	653.36	13.32	-26.68			
Kr=(∑Ci²)r		60	12	60			
JK		7114.65	14.78	11.86			
regresi=Q ² /Kr	BRARA		HAVAU				

Total JK Regresi = 7114,65+ 14,78+ 11,86= 1,26

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F Hitung	F 5%	F 1%
Perlakuan	3	7141.3	2380.43	45.9	Ke B	1
Linier	1	7114.65	714.65	13.78**	5.32	11.26
Kuadratik	1	14.78	14.78	0.28 ^{ns}	5.32	11.26
Kubik	1	11.86	11.86	0.22 ^{ns}	5.32	11.26
Acak	8	414.81	51.85			W-F
Total	11	-	-	-		

Keterangan: ns : tidak berbeda nyata
*: berbeda nyata
**: berbeda sangat nyata

Terlihat bahwa hasil yang sangat berbeda nyata pada linier.

$$= 0,94$$

$$r = \sqrt{R^2} = \sqrt{0.94} = 0.96$$

Lampiran 3. Data laju pertumbuhan benih ikan mas (*Cyprinus carpio*)

Perlakuan/ ulangan						Ln Wt- In Wo	SGR (%BW/ hari)
	Wo	Wt		HT		lially	
A1	1.84	2.23	0.8	0.6	0.2	0.71	
A2	1.67	2.17	0.77	0.51	0.26	0.92	
A3	1.75	2.19	0.78	0.55	0.23	0.82	
B1	1.6	2.17	0.77	0.47	0.3	1.07	
B2	1.59	2.16	0.77	0.46	0.31	1.10	
B3	1.7	2.35	0.85	0.53	0.32	1.14	
C1	1.81	2.5	0.91	0.55	0.38	1.28	
C2	1.82	2.67	0.98	0.59	0.39	1.39	
C3	1.83	2.78	1.02	0.6	0.42	1.5	
D1	1.82	2.86	1.05	0.59	0.46	1.64	
D2	1.83	2.92	1.07	0.6	0.47	1.67	
D3	1.81	2.96	1.08	0.59	0.49	1.75	
K1.1	1.47	5.39	1.68	0.38	1.3	4.64	
K1.2	2.64	5.21	1.65	0.97	0.68	2.42	
K1.3	2.38	5.41	1.68	0.86	1.3	4.64	
K2.1	2.75	3.2	1.16	1.01	0.15	0.5	
K2.2	2.84	3.27	1.18	1.04	0.14	0.5	
K2.3	2.59	3.21	1.16	0.95	0.75	0.75	

Lampiran 3 (lanjutan) . Data penelitian dan uji sidik ragam SGR (%bw/hari)

Data penelitian SGR (%bw/hari)

Perlakuan	Ulangan		Ulangan Total Rata		
BRAN	101	2	3		4150
A (225 gr)	0.71	0.92	0.82	2.45	0.81±0.10
B (450 gr)	1.07	1.10	1.14	3.31	1.10±0.03
C (675 gr)	1.28	1.39	1.5	4.17	1.39±0.11
D (900 gr)	1.64	1.67	1.75	5.06	1.68±0.05
	7		Total	14.99	
K1	4.64	2.42	4.64	11.7	3.9±1.28
K2	0.5	0.5	0.75	1.75	0.58±0.14

$$FK = (14,99)^2 = \frac{2244,7001}{12} = 18,72$$

JK Total =
$$(0.71)^2 + (0.92)^2 + \dots + (1.75)^2 - 18.72$$

= $20.03 - 18.72$
= 1.31

JK Perlakuan =
$$\frac{(2,45)^2 + (3,31)^2 + (4,17)^2 + (5,06)^2}{3} - 18,72$$

= 19,98 - 18,72
= 1,26

$$JK Acak = 1,31 - 1,26 = 0,05$$

Uji keragaman SGR

Sumber keragaman	db (Derajat Bebas)	JK (Jumlah Kuadrat)	KT (Kuadrat Tengah)	F Hitung	F 5%	F 1%
Perlakuan	3	1.26	0.42	70**	4.07	7.09
Acak	8	0.05	0.006		M-HT	3.24
Total	11	1.31	BE-SU		-	411 13

Keterangan: ** artinya berbeda sangat nyata

Uji BNT

$$SED = \sqrt{\frac{2KTG}{n}}$$

$$= \sqrt{\frac{2*0,006}{3}}$$

$$= \sqrt{0,004} = 0,06$$

BNT 5% = t tabel 5% (db acak) x SED

$$= 2,306 \times 0,06 = 0,138$$

BNT 1% = t tabel 1% (db acak) x SED

$$= 3,355 \times 0,06 = 0,201$$

Tabel Uji BNT

Perlakuan	A (225 gr)	B (450 gr)	C (675 gr)	D (900 gr)	Notasi
A (225 gr)	-05				а
B (450 gr)	0.29*			<i>y</i> -	b
C (675 gr)	0.58**	0.29**	出入	6)-	С
D (900 gr)	0.87**	0.29**	0.29**	2 -	d

RAWIUNL

Keterangan: ns : non significant (tidak berbeda nyata)

* : berbeda nyata

** : sangat berbeda nyata

Polynomial Orthogonal

Perlakuan	Hasil	LA EL FU	Pembanding	
		10	2	3
25%	2.45	-3	1	-1
50%	3.31	-1	-1	3
75%	4.17	1	-1	-3
100%	5.06	3	1	SPIBR
Q=∑CiTi	RVAU	8.69	0.03	0.03
Kr=(∑Ci²)r	LETTAY.	60	12	60
JK		1.25	0.000075	0.000015
regresi=Q ² /Kr	BRARA		HAVAU	HILLY

Total JK Regresi = 1,25+ 0,000075 + 0,000015= 1,26

Sumber	db	JK	KT	F Hitung	F 5%	F 1%
Keragaman		344		AS P		4400
Perlakuan	3	1.26	0.42	70	KS B	Main
Linier	1	1.25	1.25	208.33**	5.32	11.26
Kuadratik	1,1-	0.000075	0.000075	0.0125 ^{ns}	5.32	11.26
Kubik	1	0.000015	0.000015	0.0025 ^{ns}	5.32	11.26
Acak	8	0.05	0.006	-		NA:
Total	11	-	-	-		

Keterangan: ns : tidak berbeda nyata

*: berbeda nyata

**: berbeda sangat nyata

Terlihat bahwa hasil yang sangat berbeda nyata pada linier.

$$= 0.96$$

$$r = \sqrt{R^2} = \sqrt{0.96} = 0.97$$

Lampiran 4. Data pengukuran dan data uji sidik ragam suhu limbah cair pabrik gula

Data Pengukuran Suhu Pagi Hari

Perlakuan		Ulangan Total		Rata-Rata ± SD	
BKS	1	2	3		41713124
Α	DAA			74	24.6±0.058
	24.6	24.7	24.7		
В	25.1	25	24.5	74.6	24.8±0.321
С	25.1	24.6	24.3	74	24.6±0.404
D	24.8	24.9	24.6	74.3	24.7±0.153
	10		Total	296.9	
K1	24.6	24.7	24.5	73.8	24.6±0.100
K2	24.7	24.3	24.6	73.6	24.5±0.208

$$FK = (296.9)^2 = 88149.61 = 7345.80$$
12

JK Total =
$$(24.6)^2 + (24.7)^2 + \dots + (24.6)^2 - 7345.80$$

= $7346.47 - 7345.80$
= 0.67

JK Perlakuan =
$$\frac{(74)^2 + (74,6)^2 + (74)^2 + (74,3)^2}{3} - 7345,80$$

= $7345,88 - 7345,80$
= 0.08

JK Acak =
$$0.67 - 0.08 = 0.59$$

Uji Keragaman Suhu Pagi Hari

Sumber keragaman	db (Derajat Bebas)	JK (Jumlah Kuadrat)	KT (Kuadrat Tengah)	F Hitung	F 5%	F 1%
Perlakuan	3	0.08	0.026	0.36 ^{ns}	4.07	7.59
Acak	8	0.59	0.073		VASA	46-27
Total	11	0.67	11-41			447-

Lampiran 4. (Lanjutan)

Data Pengukuran Suhu Sore Hari

Perlakuan	Ulangan		Total	Rata-Rata ±	
	11	2	3	HT	SD
A	27.3	27.0	26.5	80.8	26.9±0.404
В	27.5	27.0	27.4	81.9	27.3±0.265
С	27.1	27.5	27.2	81.8	27.2±0.208
D	27.3	26.5	27.2	81/	27.0±0.436
			Total	325.5	
K1	27.5	27.8	27.3	82.6	27.5±0.252
K2	28.0	26.6	27.3	81.9	27.3±0.700

$$FK = (325,5)^2 = 105950,25 = 8829,1875$$
12 12

JK Total =
$$(27,3)^2 + (27)^2 + \dots + (27,2)^2 - 8829,1875$$

= $8830,43 - 8829,18$
= $1,25$

JK Perlakuan =
$$\frac{(80.8)^2 + (81.9)^2 + (81.8)^2 + (81)^2 - 8829,1875}{3}$$

= $8829,49 - 8829,1875$
= $0,31$

$$JK Acak = 1,25 - 0,31 = 0,94$$

Uji keragaman suhu sore hari

Sumber keragaman	db (Derajat Bebas)	JK (Jumlah Kuadrat)	KT (Kuadrat Tengah)	F Hitung	F 5%	F 1%
Perlakuan	3	0.31	0.103	0.88 ^{ns}	4.07	7.59
Acak	8	0.94	0.117			3,24
Total	11	1.25	B3-10	N Cold		4T. 13

Lampiran 5. Data pengukuran dan uji sidik ragam pH limbah cair pabrik gula

Data pengukuran pH limbah cair pabrik gula pagi hari

Perlakuan	ikuan Ulan		MATE	Total	Rata-Rata ±	
BRAW	1	2	3		SD	
A	7.37	7.43	7.48	22.28	7.42±0.404	
В	7.42	7.36	7.45	22.23	7.41±0.265	
С	7.40	7.37	7.43	22.20	7.40±0.208	
D	7.35	7.39	7.39	22.13	7.37±0.436	
	3		Total	88.84		
K1	7.57	7.49	7.48	22.54	7.51±0.049	
K2	7.68	7.63	7.60	22.91	7.63±0.040	

$$FK = (88.84)^2 = 7892,5456 = 657,712$$
12

JK Total =
$$(7,37)^2 + (7,43)^2 + \dots + (7,39)^2 - 657,712$$

= $657,7292 - 657,712$
= $0,0172$

JK Perlakuan =
$$\frac{(22,28)^2 + (22,23)^2 + (22,20)^2 + (22,13)^2 - 657,712}{3}$$

= 657,716 - 657,712
= 0,004

JK Acak = 0.0172 - 0.004 = 0.0132

Uji keragaman pH pagi hari

Sumber keragaman	db (Derajat Bebas)	JK (Jumlah Kuadrat)	KT (Kuadrat Tengah)	F Hitung	F 5%	F 1%
Perlakuan	3	0.004	0.00133	0.806 ^{ns}	4.07	7.59
Acak	8	0.0132	0.00165		VI-TI	1:24
Total	11	0.0172		V Gill		117. 13

Lampiran 5. (Lanjutan)

Data pengukuran pH limbah cair pabrik gula sore hari

Perlakuan		Ulangan	过非省	Total	Rata-Rata ± SD
AWASTI	1	2	3		40011
A	7.66	7.42	7.56	22.64	7.55±0.119
В	7.42	7.43	7.42	22.27	7.42±0.004
С	7.69	7.40	7.51	22.60	7.53±0.150
D	7.35	7.59	7.53	22.47	7.49±0.124
D/	ER		Total	89.98	
K1	7.63	7.51	7.55	22.69	7.56±0.061
K2	7.67	7.63	7.69	22.99	7.66±0.031

$$FK = \underbrace{(89,98)^2}_{12} = \underbrace{8096,4004}_{12} = 674,70$$

JK Total =
$$(7,66)^2 + (7,42)^2 + \dots + (7,53)^2 - 674,70$$

= $674,831 - 674,70$
= $0,131$

= 0,131

JK Perlakuan =
$$(22,64)^2 + (22,27)^2 + (22,60)^2 + (22,47)^2 - 674,70$$

= 674,72 - 674,70

= 0,02

$$JK Acak = 0,131 - 0,02 = 0,111$$

Uji sidik ragam pH sore hari

Sumber keragaman	db (Derajat Bebas)	JK (Jumlah Kuadrat)	KT (Kuadrat Tengah)	F Hitung	F 5%	F 1%
Perlakuan	3	0.02	0.0067	0.485 ^{ns}	4.07	7.59
Acak	8	0.111	0.0138	NA		4551
Total	11	0.131	1-40			44-1-

Lampiran 6. Data pengukuran dan uji sidik ragam oksigen terlarut limbah cair pabrik gula

Data pengukuran DO limbah cair pabrik gula pagi hari

Perlakuan		Ulangan	HTV	Total	Rata-Rata ±
BRAN	111	2	3		SD
A	4.6	4.6	4.7	13.9	4.6±0.057
В	4.8	4.5	4.6	13.9	4.6±0.152
С	4.6	4.7	4.7	14	4.6±0.057
D	4.6	4.8	4.6	14/	4.6±0.115
			Total	55.8	
K1	4.7	4.6	4.8	14.1	4.7±0.100
K2	4.9	4.8	4.8	14.5	4.8±0.057

$$FK = \frac{(55,8)^2}{12} = \frac{3113,64}{12} = 259,47$$

JK Total =
$$(4,6)^2 + (4,6)^2 + \dots + (4,6)^2 - 259,47$$

= $259,56 - 259,47$
= $0,09$

JK Perlakuan =
$$\frac{(13.9)^2 + (13.9)^2 + (14)^2 + (14)^2 - 259.47}{3}$$

= $259.47 - 259.47$

JK Acak =
$$0.09 - 0 = 0.09$$

Uji keragaman DO pagi hari

Sumber keragaman	db (Derajat Bebas)	JK (Jumlah Kuadrat)	KT (Kuadrat Tengah)	F Hitung	F 5%	F 1%
Perlakuan	3	0	0	0 ^{ns}	4.07	7.59
Acak	8	0.09	0.011			11.64
Total	11	0.09		A 91 1		11-12

Lampiran 6. (Lanjutan)

Data pengukuran DO limbah cair pabrik gula sore hari

Perlakuan	AUK	Ulangan	Total	Rata-Rata ±	
AWA	1	2	3	TIA:	SD
A	6.1	6.0	5.9	18.0	6.0±0.100
В	6.2	6.1	6.1	18.4	6.1±0.057
C	6.0	6.1	6.0	18.1	6.0±0.057
D	6.0	6.2	6.2	18.4	6.1±0.115
// .	TE.		Total	72.9	
K1	6.2	6.3	6.0	18.5	6.1±0.152
K2	6.2	6.1	6.0	18.3	6.1±0.100

$$FK = \frac{(72,9)^2}{12} = \frac{5314,41}{12} = 442,8675$$

JK Total =
$$(6,1)^2 + (6,0)^2 + \dots + (6,2)^2 - 442,8675$$

= $442,97 - 442,8675$
= $0,11$

JK Perlakuan =
$$\frac{(18)^2 + (18,4)^2 + (18,1)^2 + (18,4)^2 - 442,8675}{3}$$

= $442,91 - 442,8675$
= $0,05$

$$JK Acak = 0,11 - 0,05 = 0,06$$

Uji keragaman DO sore hari

Sumber	db	JK	KT	F Hitung	F 5%	F 1%
keragaman	(Derajat Bebas)	(Jumlah Kuadrat)	(Kuadrat Tengah)	HH		SBR
Perlakuan	3	0.05	0.017	2.26 ^{ns}	4.07	7.59
Acak	8	0.06	0.0075	NEAS	TIBLE	4-11
Total	11	0.11	AU-AU		METI	7.54

Lampiran 7. Data pengukuran dan uji sidik ragam BOD limbah cair pabrik gula

Data pengukuran BOD limbah cair pabrik gula

Perlakuan	HVA	Ulangan			Rata-Rata ±
	1	2	3	LI-T	SD
A	289.5	313.5	314	917	305.6±14.00
В	287	295	293.5	875.5	291.8±4.25
С	288	292	289	869	289.6±2.08
D	297	298	268.5	863.5	287.8±16.75
	7		Total	3525	4
K1	105	95	97	297	99±5.29
K2	353	349.5	333	1035.5	345.1±10.68

$$FK = \frac{(3525)^2}{12} = \frac{12425625}{12} = 1035468,75$$

JK Total =
$$(289.5)^2 + (313.5)^2 + \dots + (268.5)^2 - 1035468.75$$

$$= 1037059 - 1035468,75$$

$$= 1590,25$$

JK Perlakuan =
$$(917)^2 + (875,5)^2 + (869)^2 + (863,5)^2 - 1035468,75$$

$$= 1036060,883 - 1035468,75$$

JK Acak =
$$1590,25 - 592,083 = 998,167$$

Uji keragaman BOD

Sumber keragaman	db (Derajat Bebas)	JK (Jumlah Kuadrat)	KT (Kuadrat Tengah)	F Hitung	F 5%	F 1%
Perlakuan	3	592.083	197.361	1.58 ^{ns}	4.07	7.59
Acak	8	998.167	124.770			134
Total	11	1590.25			-	FTF 12

Lampiran 8. Data pengukuran dan uji sidik ragam TOM limbah cair pabrik gula

Data pengukuran TOM limbah cair pabrik gula

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-Rata ±
AWA	1	2	3	TIER.	SD
A	14.852	8.058	17.854	40.674	13.588±5.019
В	8.848	15.800	15.326	39.974	13.324±3.884
C	12.798	16.906	9.006	38.710	12.903±3.951
D	7.426	12.015	12.324	31.765	10.588±2.743
//	1E.		Total	151.123	
K1	2.363	2.363	2.363	7.089	2.363±1.00
K2	15.484	9.48	16.432	41.396	13.798±3.770

$$FK = \underbrace{(151,123)^2}_{12} = \underbrace{22838,16}_{12} = 1903,18$$

JK Total =
$$(14,852)^2 + (8,058)^2 + \dots + (12,324)^2 - 1903,18$$

= $2049,18 - 1903,18$
= 146

JK Perlakuan =
$$\frac{(40,674)^2 + (39,974)^2 + (38,710)^2 + (31,765)^2 - 1903,18}{3}$$

= 1919,924 - 1903,18
= 11,744

JK Acak = 146 - 11,744 = 134,256

Uji keragaman TOM

Sumber keragaman	db (Derajat Bebas)	JK (Jumlah Kuadrat)	KT (Kuadrat Tengah)	F Hitung	F 5%	F 1%
Perlakuan	3	11.744	3.91	0.23 ^{ns}	4.07	7.59
Acak	8	134.256	16.782		113:4	
Total	11	146	40-70			1.24

Lampiran 9. Data pengukuran dan uji sidik ragam CO2 limbah cair pabrik gula

Data pengukuran CO2 limbah cair pabrik gula

Perlakuan		Ulangan			Rata-Rata ±
BRAW	1	2	3	MÜ	SD
A	28.22	24.96	37.99	91.17	30.39±6.78
В	32.56	19.53	34.74	98.59	28.95±1.74
С	28.22	28.22	28.22	84.66	28.22±0.02
D	20.62	26.05	27.14	73.81	24.60±3.49
	3		Total	348.23	
K1	17.35	21.71	19.54	58.6	19.53±0.56
K2	24.96	42.34	27.14	94.44	31.48±9.46

$$FK = (348,23)^2 = 121264,1329 = 10105,34$$
12

JK Total =
$$(28,22)^2 + (24,96)^2 + \dots + (27,14)^2 - 10105,34$$

$$= 10338,167 - 10105,34$$

$$= 232,827$$

JK Perlakuan =
$$(91,17)^2 + (98,59)^2 + (84,66)^2 + (73,81)^2 - 10105,34$$

3

$$= 10215,72 - 10105,34$$

= 110,38

JK Acak = 232,827 - 110,38 = 122,447

Uji keragaman CO₂

Sumber keragaman	db (Derajat Bebas)	JK (Jumlah Kuadrat)	KT (Kuadrat Tengah)	F Hitung	F 5%	F 1%
Perlakuan	3	110.38	36.79	2.40 ^{ns}	4.07	7.59
Acak	8	122.447	15.30	A Will		411-12
Total	11	232.827		AV-B	+ -	

Lampiran 10. Data pengukuran dan uji sidik ragam nitrat limbah cair pabrik gula

Data pengukuran nitrat limbah cair pabrik gula

Perlakuan	HVA	Ulangan			Rata-
	1	2	3	HT	Rata±SD
A	0.336	1.027	0.208	1.571	0.523±0.44
В	0.124	0.106	0.202	0.432	0.144±0.05
С	0.231	0.196	0.158	0.585	0.195±0.03
D	0.108	0.262	0.274	0.644	0.214±0.09
// <			Total	3.232	
K1	0.095	0.100	0.121	0.246	0.0282±0.01
K2	0.124	0.146	0.136	0.406	0.135±0.01

$$FK = (3,232)^2 = 10,445824 = 0,87$$

JK Total =
$$(0.336)^2 + (1.027)^2 + \dots + (0.274)^2 - 0.87$$

$$= 1,544 - 0,87$$

$$= 0,674$$

JK Perlakuan =
$$\frac{(1,571)^2 + (0,432)^2 + (0,585)^2 + (0,644)^2 - 0,87}{3}$$

$$= 0,267$$

$$JK Acak = 0,674 - 0,267 = 0,407$$

Uji keragaman nitrat

Sumber	db	JK	KT	F Hitung	F 5%	F 1%
keragaman	(Derajat Bebas)	(Jumlah Kuadrat)	(Kuadrat Tengah)		MIL	
Perlakuan	3	0.267	0.089	1.78 ^{ns}	4.07	7.59
Acak	8	0.407	0.050		V	コに出
Total	11	0.674	BY-10		-	ATT 13