

MILIK
PERPUSTAKAAN
ITN MALANG

SKRIPSI

**PENGOLAHAN LANJUTAN EFFLUEN IPAL RPH KOTA
MALANG MENGGUNAKAN METODE AQUACULTURE
DENGAN MEMANFAATKAN IKAN NILA (*Oreochromis niloticus*)**

Oleh:

HERMAWAN SLAMET ERIANTO

01.26.059



**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

2007

1977

1977

DEKORASI MEMANFAATKAN KEMAMPUAN (Decorative Design)
MELAKUKAKAN MENYUSUN KEMAMPUAN (Organizing Ability)
MELAKUKAKAN MENYUSUN KEMAMPUAN (Organizing Ability)

1977
1977



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN

2007

LEMBAR PERSETUJUAN

SKRIPSI

**PENGOLAHAN LANJUTAN EFFLUEN IPAL RPH KOTA
MALANG MENGGUNAKAN METODE AQUACULTURE
DENGAN MEMANFAATKAN IKAN NILA (*Oreochromis niloticus*)**

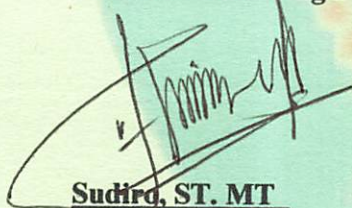
Oleh:

HERMAWAN SLAMET ERIANTO

0126059

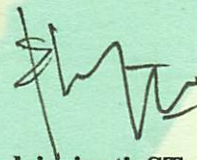
**Menyetujui :
Tim Pembimbing**

Dosen Pembimbing I



Sudiro, ST. MT
NIP. Y. 1039900327

Dosen Pembimbing II



Evy Hendrianti, ST. MMT
NIP. P. 1030300382

**Mengetahui
Ketua Jurusan/Prodi Teknik Lingkungan**



Sudiro, ST. MT
NIP. Y. 103 990 0327

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

**PENGOLAHAN LANJUTAN EFFLUEN IPAL RPH KOTA
MALANG MENGGUNAKAN METODE AQUACULTURE
DENGAN MEMANFAATKAN IKAN NILA (*Oreochromis niloticus*)**

Oleh:

HERMAWAN SLAMET ERIANTO

0126059

Telah dipertahankan dihadapan Dewan Penguji pada Ujian Komprehensif Skripsi Jurusan /Program Studi Teknik Lingkungan Jenjang Strata satu (S1), dan diterima untuk memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Tanggal 22 Maret 2007.

**Mengetahui
Panitia Ujian Komprehensif Skripsi**



Ketua

Ir. Agustina Nurul Hidayati, MTP
NIP.Y.103 900 0214

Sekretaris

Sudiro, ST. MT
NIP.Y.103 990 0327

Dewan Penguji

Dosen Penguji I

Ir. Raphael Sotang
NIP. Y. 1018000028

Dosen Penguji II

Candra Dwiratna, ST. MT
NIP.P. 1030000349

Erianto, Hermawan Slamet. Sudiro. Hendriarianti, Evy. 2007. **PENGOLAHAN LANJUTAN EFFLUEN IPAL RPH KOTA MALANG MENGGUNAKAN METODE AQUACULTURE DENGAN MEMANFAATKAN IKAN NILA (*Oreochromis niloticus*)**. Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan Institut Teknologi Nasional Malang

ABSTRAKSI

Rumah potong hewan merupakan salah satu industri yang menghasilkan limbah cair dengan kandungan organik (BOD, N-TOTAL dan P-TOTAL) yang tinggi. Limbah tersebut terdiri dari air bekas pencucian yang bercampur dengan feses, urin, darah, dan lemak hewani, sehingga limbah cair rumah potong hewan mengandung protein, lemak dan karbohidrat dengan materi organik yang relatif tinggi. Limbah rumah potong hewan banyak mengandung bahan-bahan organik yang tinggi, oleh sebab itu pengolahan yang sangat tepat adalah menggunakan pengolahan secara biologis. Belum optimalnya operasional IPAL yang ada, sehingga effluen yang dihasilkan masih diatas baku mutu yang sudah ditetapkan untuk RPH. Untuk itu diperlukan suatu pengolahan lanjutan yang murah dan mudah diaplikasikan.. Sehingga tujuan pada penelitian ini adalah mengetahui seberapa besar persentase penurunan BOD, N-TOTAL dan P-TOTAL serta persentase pertumbuhan ikan (berat dan panjang).

Penelitian ini dilakukan dengan metode aquaculture yang memanfaatkan ikan Nila (*Oreochromis niloticus*). Sebagai media aquaculture digunakan effluen IPAL RPH kota Malang ditambah dengan air pengencer (air sungai), dengan komposisi media aquaculture 100%, 90%, 80%, 60% dan 40% air limbah. Metode analisa yang digunakan untuk mengetahui nilai konsentrasi BOD, N-TOTAL dan P-TOTAL adalah titrimetri dan spektrofotometri.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengolahan lanjutan dengan metode aquaculture yang menggunakan ikan Nila mampu menurunkan konsentrasi BOD, N-TOTAL dan P-TOTAL. Hal ini ditunjukkan persentase penurunan BOD sebesar 49,699% sampai dengan 79,693%, sedangkan persentase penurunan N-TOTAL sebesar 44,7% sampai dengan 100%. Persentase penurunan P-TOTAL pada penelitian ini sebesar 70% sampai dengan 100%. Dari penelitian juga diketahui persentase pertumbuhan ikan yang dapat dilihat dari pertumbuhan berat dan panjang ikan. Persentase pertumbuhan berat ikan pada penelitian ini sebesar 22.8% sampai dengan 75.68%, sedangkan persentase pertumbuhan panjang ikan selama penelitian dihasilkan sebesar 27.12% sampai dengan 56.12%. Dari penelitian dapat dilihat simbiosis antara alga dan ikan terjadi cukup baik, terbukti dengan adanya pertumbuhan ikan dan removal bahan organik serta nutrien dalam kolam ikan. Dalam metode aquaculture ini, alga merupakan sumber pakan bagi ikan (produsen).

Kata Kunci : Industri RPH, IPAL, effluen, pengolahan lanjutan, metode aquaculture, ikan Nila, BOD, N-TOTAL, P-TOTAL, alga dan pertumbuhan ikan.

Erianto, Hermawan Slamet. Sudiro. Hendriarianti, Evy. 2007. **MALANG CITY RPH IPAL EFFLUENT ADVANCED TREATMENT USING INDIGO FISH (*Oreochromis niloticus*) AQUACULTURE METHOD.** Thesis, Environmental Engineering, Malang National Technology Institute.

ABSTRACT

Slaughterhouse refers to such an industry producing liquid waste with high organic contents (BOD, N-TOTAL, and P-TOTAL). The waste consists of ex-washing water containing faces, urine, blood and animal fat. Slaughterhouse waste liquid, therefore, has within it protein, fat and carbohydrate in relatively higher organic substance. Due to relatively higher organic substance resulted from slaughterhouse, a very appropriate treatment comes into consideration likes biologic treatment. Less optimum operating IPAL causes higher effluent beyond quality standart determined for RPH (slaughterhouse). The problem solving need for cheap and easily applied advanced treatment. Research aims at examining decrement percentages of BOD, N-TOTAL and P-TOTAL and fish growth percentage (weight and length)

Research concerns with aquaculture method involving indigo fish (*Oreochromis niloticus*). Aquaculture media includes Malang City RPH IPAL effluent added into slight water (river water) within aquaculture media composition of 100%, 90%, 80%, 60% and 40% wastewater. The analysis method used to observe BOD, N-TOTAL and P-TOTAL concentration values comprises to titrimetry and spectrophotometry.

Results of research indicate that advanced treatment with aquaculture method using indigo Fish appears capable to reduce BOD, N-TOTAL and P-TOTAL concentrations. The evidence shows that decreased BOD percentage ranges for 49.699% to 79.693, while reduced N-TOTAL percentage stands from 70% to 100%. Research also culcalates fish growth percentage from fish's weight and length growths. Fish weight growth in this research achieves from 22.8% to 75.68%, while fish lenght growth during research result in about 27.12% to 56.12%. Research finds a relatively valuable symbiotic relationship between algae and fish. The relationship remains prominent trought the fish growth, removed organic substance, and nutrient existence in fish pool. In the aquaculture method, algae is a food source for fish (producen).

Keywords : RPH Industry, IPAL, effluent, advanced treatment, aquaculture method, indigo fish, BOD, N-TOTAL, P-TOTAL, algae and fish growth

Engineering, Malaysia National Technology Institute
(Oreochromis niloticus) AQUACULTURE WASTEWATER TREATMENT USING WINDROW FISH
RPH IPAL EFFLUENT ADVANCED TREATMENT USING WINDROW FISH
Ehrafat, Hattawan, Shamer, Studio, Hattawan, Emy, 2007, MAWANG CITY

ABSTRACT

Styglterhouse refers to such an industry producing lipid waste with high organic content (BOD, N-TOTAL and P-TOTAL). The waste consists of six washing water containing faeces, urine, blood and animal fat. Styglterhouse waste liquid, therefore, has within it the aim fat and carbohydrates in relatively higher organic substance. Due to relatively higher organic substance, sealed from styglterhouse, a very appropriate treatment comes into consideration like a biological treatment (less cost than operating IPAL cause higher effluent beyond quality standard determined for RPH (styglterhouse)). This problem solving need for cheap and easily applied advanced treatment. Research aim of examining treatment packages of BOD, N-TOTAL and P-TOTAL and fish growth percentage (weight and length).

Research concern with aquaculture method involving recycle fish (Oreochromis niloticus). Aquaculture media includes Malaysia City RPH IPAL effluent added into slight water (river water) within aquaculture media composition of 100%, 90%, 80%, 70%, 60% and 40% wastewater. The analysis method used to observe BOD, N-TOTAL and P-TOTAL concentration values compares to fish and styglterhouse.

Results of research indicate that advanced treatment with aquaculture method using recycle fish appears capable to reduce BOD, N-TOTAL and P-TOTAL concentrations. The evidence shows that decreased BOD percentage ranges for 42.60% to 79.69% while reduced N-TOTAL percentage stands from 70% to 100%. Research also calculates fish growth percentage from fish's weight and length growth. Fish weight growth in this research achieves from 22.82% to 73.68%, while fish length growth during research result in about 27.12% to 58.12%. Research finds a relatively valuable symbiotic relationship between algae and fish. The relationship remains prominent through fish growth, removed organic substance and nutrient existence in fish pool. In the aquaculture method, algae is a food source for fish (producer).

Keywords : RPH Industry, IPAL effluent, advanced treatment, aquaculture method, recycle fish, BOD, N-TOTAL, P-TOTAL, algae and fish growth

KATA PENGANTAR

Puji syukur penyusun panjatkan kehadirat Allah SWT, karena berkat rahmat dan karunia-Nya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul **“PENGOLAHAN LANJUTAN EFFLUEN IPAL RPH KOTA MALANG MENGGUNAKAN METODE AQUACULTURE DENGAN MEMANFAATKAN IKAN NILA (*Oreochromis niloticus*)”** tepat waktunya.

Skripsi ini disusun setelah melalui penelitian, analisa data dan pembahasan dari data yang telah diperoleh dari penelitian. Skripsi ini dapat terselesaikan berkat bantuan, kerja sama dan bimbingan dari semua pihak, karena itu dalam kesempatan ini penyusun mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada yang terhormat :

1. Bapak Sudiro , ST. MT. selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang dan selaku dosen pembimbing yang telah memberikan masukan, kritikan dan saran demi kesempurnaan laporan skripsi ini.
2. Bapak Ir. Raphael Sotang selaku dosen pembahas yang telah memberikan masukan, kritikan dan saran demi kesempurnaan laporan skripsi ini.
3. Ibu Chandra Dwiratna, ST. MT selaku dosen pembahas yang telah memberikan bimbingan, masukan dan saran demi kesempurnaan laporan skripsi ini.
4. Ibu Evy Hendriarianti, ST, MMT selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, masukan dan saran demi kesempurnaan laporan skripsi ini.
5. Ibu Anis Artiyani, ST selaku Sekretaris Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang yang telah memberikan masukan, kritikan dan saran demi kesempurnaan laporan skripsi ini.
6. Bapak dan Ibu dosen pengajar jurusan Teknik Lingkungan yang telah memberikan masukan, kritikan dan saran demi kesempurnaan laporan skripsi ini yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.
7. Teman-teman Teknik Lingkungan khususnya Angkatan '01 dan semua pihak yang telah ikut membantu dalam proses penyelesaian laporan skripsi ini.

8. Bapak dan Ibu atas doa dan kasih sayang selama ini, serta seluruh saudaraku di Sidoarjo dan Singosari (terutama mbah dan budheku tersayang), akhirnya aku lulus juga, terima kasih atas perhatian dan curahan kasih sayangnya.
9. Seluruh Karyawan RPH Kota Malang yang selalu sabar dan membantu saya dalam pengambilan limbah.

Kesadaran akan masih banyaknya kekurangan atas laporan ini, membuat penyusun berharap akan adanya masukan dan saran yang sifatnya membangun demi kesempurnaan skripsi yang saya susun.

Dan akhirnya, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi almamater, khususnya para rekan-rekan mahasiswa Teknik Lingkungan ITN Malang.

Malang, Maret 2007

Penyusun

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN

ABSTRAKSI	i
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xii

BAB I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang	1
1.2. Permasalahan	2
1.3. Perumusan Masalah.....	3
1.4. Tujuan Penelitian.....	3
1.5. Ruang Lingkup Penelitian.....	3

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Rumah Potong Hewan	5
2.1.2. Limbah Cair Rumah Potong Hewan	5
2.1.2.1. Darah	7
2.1.2.2. Karbohidrat.....	7
2.1.2.3. Protein	7
2.1.2.4. Lemak.....	8
2.1.3. Pengolahan Air Limbah	8
2.1.3.1. Pengolahan Pendahuluan (Pre Treatment)	9
2.1.3.2. Pengolahan Pertama (Primary Treatment)	10
2.1.3.3. Pengolahan Kedua (Secondary Treatment).....	11
2.1.3.4. Pengolahan Ketiga/Lanjut (Tertiary Treatment).....	12
2.1.3.5. Pembunuhan Bakteri (Desinfection)	13
2.2. Budidaya Ikan (Aquaculture)	13
2.3. Klasifikasi Ikan Berdasarkan Pola Makanannya.....	17
2.3.1. Ikan Nila	20

2.3.2. Pemeliharaan Ikan Nila dalam Wadah	22
2.4. Rantai Makanan.....	22
2.4.1. Rantai Makanan Biologis dalam Waste Fed Pond	22
2.4.2. Reaksi Biokimia dalam Waste Fed Pond	25
2.4.3. Kondisi Lingkungan yang Dibutuhkan	26
2.5. Kriteria desain	30
2.5.1. Organik Loading	30
2.5.2. Kultur Ikan dan Stocking Density	31
2.5.3. Suplai Air	31
2.5.4. Ukuran Kolam	32
2.5.5. Pengaturan Kolam	32
2.6. Analisa Laboratorium.....	32
2.6.1. BOD ₅	32
2.6.2. N-Total	33
2.6.3. P-Total.....	33
2.7. Metode Pengolahan Data	33
2.7.1. Statistik Deskriptif.....	33
2.7.2. Statistik Inferensi.....	35
2.7.2.1. Analisa Korelasi	36
2.7.2.2. Analisa Regresi	37
2.7.2.3. Analisa Varian.....	38
2.7.3. Generalisasi Dan Kesimpulan Analisis Data	39

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Umum.....	40
3.2. Tinjauan Karakteristik Effluen IPAL RPH Kota Malang	40
3.2.1. Tinjauan kondisi IPAL yang ada.....	41
3.2.2. Karakteristik Effluen IPAL RPH Malang	42
3.2.3. Evaluasi IPAL RPH Kota Malang	43
3.3. Material Penelitian	44
3.3.1. Sampel yang dibutuhkan	44
3.3.2. Model Reaktor Penelitian.....	44

3.4. Variabel Penelitian	46
3.4.1. Variabel Terikat.....	46
3.4.2. Variabel Bebas	47
3.4.3. Variabel Tetap	47
3.5. Prosedur Penelitian.....	47
3.5.1. Aklimatisasi.....	47
3.5.2. Penelitian Pendahuluan	47
3.5.3. Pengoperasian Reaktor	48
3.6. Analisa Penelitian.....	48
3.7. Analisa Data dan Pembahasan	49
3.8. Metode Statistik.....	49
3.9. Kerangka Penelitian	50

BAB IV. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1. Umum.....	51
4.2. Aklimatisasi Organisme Uji pada Air Pengencer	51
4.3. Karakteristik Effluen IPAL RPH Malang	52
4.4. Pelaksanaan Penelitian	52
4.4.1. Organik Loading	53
4.4.2. BOD ₅	54
4.4.2.1. Analisa Deskriptif	54
4.4.2.2. Analisa ANOVA	56
4.4.2.3. Analisa Korelasi	57
4.4.2.4. Analisa Regresi	58
4.4.2.5. Pembahasan	61
4.4.3. N- TOTAL.....	64
4.4.3.1. Analisa Deskriptif	64
4.4.3.2. Analisa ANOVA	66
4.4.3.3. Analisa Korelasi	67
4.4.3.4. Analisa Regresi	68
4.4.3.5. Pembahasan	71

4.4.4. P-TOTAL	75
4.4.4.1. Analisa Deskriptif	75
4.4.4.2. Analisa ANOVA	77
4.4.4.3. Analisa Korelasi	78
4.4.4.4. Analisa Regresi	79
4.4.4.5. Pembahasan	82
4.6. Pertumbuhan Berat dan Panjang Ikan	85
4.6.1. Analisa Statistik antara Komposisi Media Aquaculture dengan Persentase Pertumbuhan Berat Ikan	87
4.6.1.1. Analisa ANOVA	87
4.6.1.2. Analisa Korelasi	88
4.6.1.3. Analisa Regresi	89
4.6.1.4. Pembahasan	93
4.6.2. Analisa Statistik antara Komposisi Media Aquaculture dengan Persentase Pertumbuhan Panjang Ikan	96
4.6.2.1. Analisa ANOVA	96
4.6.2.2. Analisa Korelasi	97
4.6.2.3. Analisa Regresi	97
4.6.2.4. Pembahasan	101

BAB V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan	104
5.2 Saran	105

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Koefisien Korelasi <i>Guilford</i>	37
Tabel 3.1. Hasil Pengujian Effluen IPAL RPH Malang	43
Tabel 4.1 Hasil Analisa Awal Air Limbah RPH Malang.....	52
Tabel 4.3 Organik Loading Rate Awal	53
Tabel 4.4 Nilai Persentase Penurunan BOD tiap-tiap Reaktor	54
Tabel 4.5 Hasil Uji ANOVA Pengaruh Komposisi Media Aquaculture Terhadap Persentase Penurunan BOD	56
Tabel 4.6 Korelasi antara Komposisi Media Aquaculture dengan Persentase Penurunan BOD	57
Tabel 4.7. Nilai Koefisien S dan R ² Model Linier dan Nonlinier pada Analisa Regresi Persentase Penurunan BOD	58
Tabel 4.8 Koefisien Persamaan Regresi Persentase Penurunan BOD	59
Tabel 4.9 Hasil Uji KeNonlinieran Analisa Regresi Persentase Penurunan Konsentrasi BOD	59
Tabel 4.10 Nilai Persentase Penurunan N-TOTAL tiap-tiap Reaktor.....	64
Tabel 4.11 Hasil Uji ANOVA Pengaruh Komposisi Media Aquaculture Terhadap Persentase Penurunan N-TOTAL.....	66
Tabel 4.12 Korelasi antara Komposisi Media Aquaculture dengan Persentase Penurunan N-TOTAL	67
Tabel 4.13. Nilai Koefisien S dan R ² Model Linier dan Nonlinier pada Analisa Regresi Persentase Penurunan N-TOTAL	68
Tabel 4.14 Koefisien Persamaan Regresi Persentase Penurunan N-TOTAL	69

Tabel 4.15 Hasil Uji KeNonlinieran Analisa Regresi Persentase Penurunan Konsentrasi N-TOTAL	69
Tabel 4.16 Nilai Persentase Penurunan P-TOTAL tiap-tiap Reaktor	75
Tabel 4.17 Hasil Uji ANOVA Pengaruh Komposisi Media Aquaculture Terhadap Persentase Penurunan P-TOTAL	77
Tabel 4.18 Korelasi antara Komposisi Media Aquaculture dengan Persentase Penurunan P-TOTAL	78
Tabel 4.19. Nilai Koefisien S dan R ² Model Linier dan Nonlinier pada Analisa Regresi Persentase Penurunan P-TOTAL	79
Tabel 4.20 Koefisien Persamaan Regresi Persentase Penurunan P-TOTAL	80
Tabel 4.21 Hasil Uji KeNonlinieran Analisa Regresi Persentase Penurunan Konsentrasi P-TOTAL	80
Tabel 4.22 Pertumbuhan Ikan Nila (<i>Oreochromis niloticus</i>).....	85
Tabel 4.23 Hubungan antara Komposisi Media Aquaculture dengan Persentase Pertumbuhan.....	86
Tabel 4.24 Hasil Uji ANOVA Pengaruh Komposisi Media Aquaculture Terhadap Persentase Pertumbuhan Berat Ikan	88
Tabel 4.25 Korelasi antara Komposisi Media Aquaculture dengan Persentase Pertumbuhan Berat Ikan.....	89
Tabel 4.26. Nilai Koefisien S dan R ² Model Linier dan Nonlinier pada Analisa Regresi Persentase Pertumbuhan Berat Ikan.....	90
Tabel 4.27 Koefisien Persamaan Regresi Persentase Pertumbuhan Berat Ikan...	90
Tabel 4.28 Hasil Uji KeNonlinieran Analisa Regresi Persentase Pertumbuhan Berat Ikan	90

Tabel 4.29 Hasil Uji ANOVA Pengaruh Komposisi Media Aquaculture Terhadap Persentase Pertumbuhan Panjang Ikan.....	96
Tabel 4.30 Korelasi antara Komposisi Media Aquaculture dengan Persentase Pertumbuhan Panjang Ikan.....	97
Tabel 4.31. Nilai Koefisien S dan R² Model Linier dan Nonlinier pada Analisa Regresi Persentase Pertumbuhan Panjang Ikan	98
Tabel 4.32 Koefisien Persamaan Regresi Persentase Pertumbuhan Panjang Ikan	98
Tabel 4.33 Hasil Uji KeNonlinieran Analisa Regresi Persentase Pertumbuhan Panjang Ikan.....	98

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Rantai Makanan dan Hubungan Lainnya dalam Waste Fed Pond ...	24
Gambar 2.2. Simbiosis antar Organisme dalam Waste Fed Pond	25
Gambar 2.3. Diagram Kontrol Shewhart	35
Gambar 3.1. Metodologi Tinjauan Karakteristik Effluen IPAL RPH.....	40
Gambar 3.2. Diagram Alir Proses Pengolahan	42
Gambar 3.3. Diagram Alir Proses Pengolahan dengan Pengolahan Lanjutan	44
Gambar 3.4. Tampak Samping Reaktor Penelitian	45
Gambar 3.5. Reaktor Penelitian	46
Gambar 4.1. Grafik Hubungan % Removal Konsentrasi BOD tiap Reaktor	55
Gambar 4.2. Grafik Hubungan % Removal Konsentrasi N-TOTAL tiap Reaktor	65
Gambar 4.3. Grafik Hubungan % Removal Konsentrasi P-TOTAL tiap Reaktor....	76
Gambar 4.4. Grafik Hubungan antara Komposisi Media Aquaculture dengan % Pertumbuhan Ikan	87

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG

Air limbah domestik maupun non domestik merupakan sisa buangan dari aktivitas manusia. Rumah potong hewan merupakan salah satu industri yang menghasilkan limbah cair dengan kandungan organik yang tinggi. Limbah tersebut terdiri dari air bekas pencucian yang bercampur dengan feses, urin, darah, dan lemak hewani, sehingga limbah cair rumah potong hewan mengandung protein, lemak dan karbohidrat dengan materi organik yang relatif tinggi. Limbah dengan kandungan nutrisi yang cukup tinggi berpotensi menjadi media biakan parasit, lalat maupun mikroba, serta sumber bau yang tidak sedap sehingga menjadi sumber pencemaran terhadap lingkungan. Metode pengolahan untuk limbah rumah potong hewan dapat dilakukan secara fisik, biologis dan kimiawi. Limbah rumah potong hewan banyak mengandung bahan-bahan organik, oleh sebab itu pengolahan yang sangat tepat adalah menggunakan pengolahan secara biologis. Pengolahan limbah secara biologis dapat dilakukan secara aerobik dan anaerobik.

Pemeriksaan secara fisik dan kimia terhadap limbah cair industri belum cukup untuk memperkirakan efek potensial terhadap organisme *aquatik*, sehingga perlu dilakukan pemantauan biologis (APHA, 1998). Pemantauan biologis penting untuk mendeteksi perubahan lingkungan. Saat ini telah ditemukan suatu cara untuk mengatasi permasalahan yang disebabkan karena peningkatan kuantitas air limbah, yaitu dengan cara menggunakan ulang effluen, sehingga insentif dari pengoperasian IPAL dapat diperoleh. Penggunaan ulang effluen misalnya untuk *aquaculture* dan irigasi, sedangkan penggunaan ulang air buangan segar maupun yang sudah terolah untuk irigasi telah dipakai secara meluas selama bertahun-tahun. Perhatian mulai ditujukan pada manfaat metode *aquaculture* dalam hal mengurangi dampak pencemaran dan penggunaan ulang effluen untuk keperluan kota dan industri (Mara, 1978). Air limbah yang sesuai untuk

digunakan dalam metode *aquaculture* adalah air limbah rumah tangga yang berasal dari tubuh makhluk hidup (tinja dan air kemih), karena air limbah tersebut mengandung bahan-bahan organik seperti protein, lemak dan karbohidrat (Veenstra, 1995). Budidaya ikan dalam effluen limbah rumah potong hewan harus memperhatikan faktor-faktor yang harus dipenuhi, antara lain intensitas cahaya, stocking density, organic loading dan dissolved oksigen (DO), yang terdapat didalam effluen limbah rumah potong hewan pada bak-bak untuk budidaya ikan.

Ikan Nila sudah terkenal di masyarakat Indonesia dan merupakan ikan yang mempunyai nilai ekonomi yang tinggi. Selain itu toleransinya terhadap kondisi lingkungannya cukup bagus, misalnya toleran terhadap level DO rendah dan tahan terhadap penyakit. Ikan Nila merupakan jenis ikan omnivora/ pemakan segala yang pertumbuhan dan perkembangan biakannya sangat cepat. Berdasarkan uraian diatas, untuk memperbaiki kualitas effluen limbah rumah potong hewan yang masih melebihi ambang batas tersebut digunakan metode *aquaculture*, dengan menggunakan ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) (Chongkrak Polprasert, 1989).

1.2 PERMASALAHAN

Sistem pengelolaan limbah cair rumah potong hewan terintegrasi dengan budidaya ikan (*aquaculture*), merupakan salah satu alternatif dalam mengurangi dampak pencemaran lingkungan. Akan tetapi timbul permasalahan seberapa besar konsentrasi zat pencemar yang berupa bahan organik dapat tereduksi. Hal ini berkaitan dengan belum optimalnya operasional IPAL yang ada, sehingga effluen yang dihasilkan masih diatas baku mutu yang sudah ditetapkan untuk RPH. Untuk itu diperlukan suatu pengolahan lanjutan yang murah dan mudah diaplikasikan. Akan tetapi timbul kendala mengenai ketersediaan lahan di lingkungan RPH dan anggaran biaya yang tersedia untuk mengolah limbah yang terbatas. Kendala yang lain adalah bagaimana pengaruh zat pencemar tersebut mempengaruhi budidaya ikan (dilihat dari tingkat pertumbuhan ikan atau tingkat kematian ikan). Tingkat kepadatan ikan juga perlu diperhatikan dalam budidaya ikan. Budidaya ikan dalam effluen limbah rumah potong hewan harus memperhatikan faktor-faktor yang harus dipenuhi, antara lain intensitas cahaya, *stocking density*, *organic*

loading, dissolved oksigen (DO), temperatur dan pH yang terdapat didalam effluen limbah rumah potong hewan pada bak-bak untuk budidaya ikan.

Atas dasar permasalahan tersebut maka perlu diketahui hubungan antara konsentrasi effluen dari pengolahan limbah cair rumah potong hewan dengan budidaya ikan (pertambahan berat dan panjang ikan) dalam pengolahan lanjutan limbah RPH.

1.3 PERUMUSAN MASALAH

1. Seberapa efektif efisiensi persentase penurunan BOD, N-TOTAL dan P-TOTAL yang dapat dicapai oleh metode *aquaculture* ?
2. Bagaimana pengaruh konsentrasi effluen IPAL RPH yang bisa digunakan untuk budidaya ikan dengan hasil yang baik (ditinjau dari berat dan panjang ikan) ?

1.4 TUJUAN PENELITIAN

1. Untuk mengetahui berapa efisiensi persentase penurunan baik BOD, N-TOTAL dan P-TOTAL yang bisa dicapai oleh metode *aquaculture* dalam memperbaiki kualitas effluen IPAL RPH.
2. Untuk mengetahui pengaruh effluen IPAL yang digunakan sebagai media *aquaculture* terhadap persentase pertumbuhan ikan (berat dan panjang ikan).

1.5 RUANG LINGKUP

Ruang lingkup penelitian ini adalah :

1. Limbah yang digunakan adalah effluen IPAL RPH kota Malang.
2. Penelitian dilakukan menggunakan metode *aquaculture*
3. Organisme uji adalah *Oreochromis niloticus* (ikan Nila).
4. Faktor lingkungan yang menjadi batasan adalah pH, *stocking density* dan suhu
5. Penelitian dilakukan dalam skala laboratorium (Laboratorium Teknik Lingkungan ITN Malang).

6. Jenis reaktor adalah reaktor kontinyu.
7. Parameter yang dianalisa adalah BOD, N- TOTAL, P-TOTAL dan pengukuran berat serta panjang ikan.
8. Variasi komposisi media penelitian meliputi variasi perbandingan volume antara volume effluen IPAL RPH dan air pengencer sesuai dengan percobaan pendahuluan.
9. Air pengencer yang digunakan adalah air sungai yang ditentukan berdasarkan hasil proses aklimatisasi.
10. Waktu penelitian dilakukan selama 20 hari.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Rumah Potong Hewan (RPH)

Rumah Potong Hewan (RPH) merupakan suatu tempat dimana dilakukan aktifitas pemotongan hewan untuk mensuplai kebutuhan daging bagi masyarakat luas. Proses pemotongan hewan di RPH cukup sederhana dan mudah. Sebelum dilakukan pemotongan, hewan-hewan yang akan dipotong biasanya ditampung dulu di kandang penampung. Penyembelihan (pemotongan) hewan akan dilakukan di ruang yang berbeda yaitu di ruang penyembelihan.

Selanjutnya hewan yang telah dipotong tersebut dikuliti dan isi perutnya dikeluarkan. Kulit hewan tersebut biasanya direndam dalam air panas kemudian dibersihkan untuk selanjutnya dijual ke pabrik kulit. Sedangkan isi perut yang dikeluarkan dari tubuh hewan yang dipotong hanya diambil sebagian yaitu bagian yang dapat dikonsumsi, seperti hati, jantung, dan usus, sedangkan sisanya dibuang. Selanjutnya dilakukan pemotongan kepala, kaki, serta bagian-bagian tubuh lainnya. Hasil pemotongan tersebut selanjutnya dicuci hingga bersih lalu digantung untuk menghilangkan air bekas pencucian yang masih tersisa.

Bila seluruh proses pemotongan hewan telah selesai maka lantai ruang penyembelihan tersebut akan dibersihkan sehingga air sisa pembersihan masuk ke saluran pembuangan.

2.1.2. Limbah Cair Rumah Potong Hewan

Limbah air rumah potong hewan (RPH) terdiri dari air bekas pencucian yang tercampur dengan feses, darah, urin, dan lemak hewan, sehingga limbah cair RPH mengandung protein, lemak dan karbohidrat dengan materi organik terlarut dan tersuspensi relatif tinggi. Limbah cair ini antara lain berasal dari :

- a. Tempat penampungan ternak berupa urin, air mandi ternak, air gelontoran untuk membersihkan lantai dan buangan ceceran kotoran ternak setiap hari.

- b. Ruang pemotongan ternak berupa air sisa pembersihan dinding dan lantai karena ceceran darah dalam upaya menjaga kebersihan dan kesehatan ruang pemotongan.
- c. Ruang pembersihan rumen dan usus, selain isi rumen yang sudah tertampung dihasilkan juga limbah pembersihan usus dimana limbah ini turut terbuang bersama limbah cair karena halus.

Aktifitas RPH terpusat pada ruang penyembelihan, oleh karena itu sebagian besar buangan RPH berasal dari tempat ini. Di dalam ruang penyembelihan dilakukan berbagai aktifitas seperti penyembelihan, pembersihan, dan pemotongan daging hewan. Proses-proses inilah yang menghasilkan banyak buangan. Buangan yang banyak dihasilkan oleh ruang penyembelihan adalah air bilasan dari proses pencucian baik dari pencucian daging hewan maupun dari pembersihan lantai ruangan.

Limbah cair rumah potong hewan (RPH) terdiri dari air bekas pencucian yang tercampur dengan feces, darah, urin, dan lemak hewan, sehingga limbah cair RPH mengandung protein, lemak dan karbohidrat dengan materi organik terlarut dan tersuspensi relatif tinggi.

Air buangan RPH sebagian besar terdiri dari zat organik seperti darah, tinja, bulu, lemak, daging, dan serbuk tulang. Bahan-bahan ini berada dalam keadaan terlarut maupun tersuspensi. Materi-materi organik ini bersifat cepat membusuk dan menimbulkan bau (Prastiwi,2004). Oleh karena sifat zat organik yang ada di dalam air buangan RPH ini mudah membusuk maka apabila air buangan ini dibuang langsung ke badan air penerima akan menimbulkan proses deoksigenasi atau pengurangan kadar oksigen di dalam badan air. Kadar COD, TSS dan warna yang ada di dalam air buangan RPH nilainya besar sehingga memiliki potensi yang besar untuk mencemari air dan membahayakan kehidupan organisme yang ada di dalam air. Oleh karena itu perlu dilakukan pengolahan terhadap air buangan RPH sebelum dibuang ke badan air.

2.1.2.1. Darah

Darah terdiri dari sel – sel dalam cairan yang disebut plasma darah. Elemen darah meliputi sel darah merah, sel darah putih dan keping darah. Salah satu peran darah yaitu dalam sistem buffer, mempertahankan pH yang konstan di dalam jaringan tubuh dan cairan tubuh (Nigia,2001).

Plasma darah adalah bagian dari darah yang terdiri dari air sebanyak 92 % dan zat lain sebanyak 8%. Zat lain tersebut terdiri dari 90% berupa protein, 0,9% bahan organik, dan sisanya 9,1% berupa bahan organik yang bukan protein. Bahan anorganik terutama terdiri dari klorida, karbonat, sulfat, dan fosfat dari natrium, kalium, kalsium dan magnesium. Sebagian dari senyawa ini bersifat esensial bagi metabolisme sel dan beberapa diantaranya berfungsi sebagai buffer. Dalam keadaan normal pH darah terletak antara 7,35 dan 7,45. (Frandsen dalam Ratnawati, 2000).

2.1.2.2. Karbohidrat

Kelompok senyawa karbohidrat adalah gula, pati, selulosa, serta senyawa lain yang lebih kompleks. Gula adalah senyawa karbohidrat yang paling sederhana. Selulosa bersifat lebih kompleks dan tahan terhadap hidrolisa dibandingkan dengan pati. Baik selulosa dan pati terurai menjadi glukosa. Karbohidrat dalam darah terkandung dalam bentuk glukosa.

2.1.2.3. Protein

Protein adalah molekul kompleks yang terdiri dari karbon, hidrogen, oksigen, nitrogen, sulphur, dan fosfor atau besi. Pada proses anaerobik, protein dihidrolisis menjadi poli peptid dan asam amino. Kemudian dilanjutkan dalam bentuk VFA, karbon dioksida, gas hidrogen, ammonium, dan mereduksi sulfat. Kecepatan hidrolisis protein lebih rendah dibandingkan dengan hidrolisis karbohidrat.

2.1.2.4. Lemak

Unsur pembentuk lemak adalah asam lemak, yang terikat secara kimia dengan gliserol. Lemak digolongkan menjadi lemak sederhana, lemak gabungan, dan lemak derivat. Proses pendegradasian lemak dalam suasana anaerobik diawali dengan pemutusan lipase membentuk asam lemak rantai panjang akan dirubah menjadi asam asetat dan propionat. Lemak dan minyak memiliki komposisi yang sama, tetapi dalam suhu kamar lemak berada dalam bentuk padat sedangkan minyak dalam bentuk cair. Keduanya dapat larut dalam pelarut lemak yang ada (Nigia,2001).

2.1.3. Pengolahan Air Limbah

Setiap kegiatan / industri dalam upaya menghasilkan suatu produk juga akan menghasilkan limbah dari sisa proses produksinya. Limbah yang dihasilkan ini dapat berbentuk gas, cair maupun padat. Dimana limbah ini harus diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke badan air penerima agar tidak mencemari lingkungan sekitarnya.

Hirarki pengolahan limbah dari suatu kegiatan / industri pada dasarnya mencakup:

a. **Pollution Prevention**

Yaitu mencegah terbentuknya bahan pencemar.

b. **Source Reduction**

Yaitu mengusahakan sumber pencemar seminimal mungkin.

c. **Waste Minimization**

Yaitu meminimalkan jumlah limbah yang akan dibuang.

d. **End-of Treatment**

Yaitu usaha terakhir dengan mengolah limbah pada unit pengolahan limbah.

Adapun tujuan utama dalam pengolahan air limbah adalah:

1. Untuk mengurangi atau menghilangkan unsur-unsur pencemar dari air limbah.
2. Untuk mendapatkan effluent dari pengolahan yang mempunyai kualitas yang dapat diterima oleh badan air penerima tanpa mengalami

gangguan atau kerusakan fisik, kimia dan biologi, sehingga air dapat digunakan kembali oleh manusia.

3. Selain itu juga untuk menghilangkan bahan nutrisi, komponen beracun serta bahan yang tidak dapat didegradasikan agar konsentrasi yang ada menjadi rendah.

Untuk mencapai tujuan diatas diperlukan tahap-tahap pengolahan air limbah yang disesuaikan dengan jenis polutan yang terkandung dalam air limbah. Secara umum pengolahan limbah dibagi menjadi tiga, yaitu:

- pengolahan fisik : merupakan suatu proses pengolahan yang tidak melibatkan penggunaan bahan kimia secara langsung hanya pemisahan secara fisik.
- pengolahan kimia : merupakan suatu proses yang melibatkan penggunaan bahan kimia sebagai media pengolahan dan terjadi reaksi kimia. Tujuan dari proses pengolahan secara kimia adalah menurunkan konsentrasi padatan tersuspensi, padatan terlarut, zat kimia anorganik, sedikit zat organik, dan logam berat.
- pengolahan biologis : merupakan suatu proses yang melibatkan penggunaan mikroorganisme dalam menguraikan senyawa-senyawa organik.

2.1.3.1. Pengolahan Pendahuluan (*Pre Treatment*)

Sebelum mengalami proses pengolahan limbah perlu dilakukan pengkondisian air limbah. Hal ini dilakukan supaya ketika air limbah masuk kedalam unit pengolahan utama tidak mengganggu proses yang ada. Selain itu proses ini juga digunakan untuk mengurangi beban pada pengolahan utama.

Pada dasarnya dalam pengolahan pendahuluan sudah terjadi removal sebagian kecil material organik, yaitu yang terikat ke dalam material terendapkan

(sebagian suspended solid). Pada proses ini juga sudah terjadi proses removal partikel diskrit yang terkandung ke dalam air buangan.

Unit yang terdapat dalam pengolahan pendahuluan adalah:

- a. **Saringan Kasar (*Bar Screen*)**
Unit ini dimaksudkan untuk meremoval benda-benda terapung berukuran besar.
- b. **Pencacah (*Communitor*)**
Berfungsi untuk meremoval benda-benda terapung berukuran kecil.
- c. **Bak Penangkap Pasir (*Grit Chamber*)**
Unit ini berfungsi untuk meremoval pasir yang terikat dalam air limbah.
- d. **Penangkap Minyak dan Lemak (*Skimer & Oil Catcher*)**
Unit ini dimaksudkan untuk menangkap lemak dan minyak.
- e. **Bak Equalisasi (*Equalization Basin*)**
Fungsi dari bak ini adalah untuk proses penyeragaman beban dan konsentrasi air limbah.

2.1.3.2. Pengolahan Pertama (*Primary Treatment*)

Pada pengolahan pertama ini terjadi proses removal partikel tersuspensi. Pada pengolahan ini terbagi menjadi dua yaitu pengolahan secara kimia dan fisik. Unit pengolahan pertama adalah sebagai berikut:

- a. **Kimia**
 - **Netralisasi**, berfungsi untuk pengaturan pH pada air buangan yang akan diolah
 - **Koagulasi**, berfungsi untuk pembubuhan dan pencampuran koagulan, guna mengikat partikel-partikel kecil yang terlarut dalam air buangan, sehingga terbentuk flok.
 - **Flokulasi**, berfungsi sebagai tempat penggabungan mikrofloka sehingga menjadi makroflok.

b. Fisik

- Prasedimentasi, berfungsi untuk menyisahkan partikel tersuspensi dengan cara pengendapan. Biasanya berupa partikel diskrit.
- Flotasi, berfungsi untuk menyisahkan partikel terlarut dan tersuspensi dengan cara pengapungan.

2.1.3.3. Pengolahan Kedua (*Secondary Treatment*)

Pengolahan kedua umumnya mencakup proses biologis untuk mengurangi bahan-bahan organik melalui mikroorganisme yang ada didalamnya. Pada proses ini sangat dipengaruhi oleh banyak faktor antara lain jumlah air limbah, tingkat kekotoran, jenis kotoran yang ada dan sebagainya. Pengurangan beban pencemar pada pengolahan ini sekitar 60-95%. Dalam proses biologis terdapat dua hal penting yaitu:

1. Proses penambahan oksigen

Dengan penambahan oksigen maka konsentrasi pencemar dapat berkurang atau bahkan dapat hilang sama sekali. Zat yang dapat diambil bisa berupa gas, cairan, ion, koloid atau bahan tercampur. Proses penambahan oksigen dilakukan bila pengolahan menggunakan bakteri pengurai aerobik. Pada prakteknya terdapat dua cara untuk menambahkan oksigen ke dalam air limbah yaitu:

- Memasukkan udara ke dalam air limbah yaitu proses memasukkan udara (oksigen murni) ke dalam air limbah melalui benda porous atau berlubang.
- Aerasi air limbah adalah cara mengontakkan air limbah dengan oksigen melalui perputaran baling-baling yang diletakkan pada permukaan air limbah.

2. Pertumbuhan bakteri

Bakteri diperlukan untuk menguraikan bahan organik yang ada didalam air limbah. Oleh karena itu diperlukan jumlah bakteri yang cukup untuk menguraikan bahan-bahan tersebut. Bakteri akan tumbuh jika jumlah nutrisi dan kondisi lingkungannya mendukung.

Unit pengolahan kedua ini diantaranya:

- a. Kolam Stabilisasi dan modifikasinya
- b. Lumpur aktif dan modifikasinya
- c. Trickling Filter
- d. Rotating Biological Contactor (RBC)
- e. Imhoff Tank/Tangki Septik

2.1.3.4. Pengolahan Ketiga/Lanjut (*Tertiary Treatment*)

Beberapa standard effluent membutuhkan pengolahan lanjutan ataupun pengolahan ketiga untuk menghilangkan kontaminan tertentu yang tidak dapat terurai pada pengolahan kedua (Nitrogen, Phospor, Ammonia, warna dan bau) serta untuk menyiapkan limbah cair tersebut untuk pemanfaatan kembali. Unit pengolahan ketiga/lanjut yang biasa digunakan adalah:

1. Filtrasi
Berfungsi untuk menjernihkan air dengan menggunakan media misalnya pasir dan kerikil.
2. Pertukaran ion
Berfungsi untuk menyisahkan ion pencemar dengan cara menukar ion lain yang tidak menyebabkan pencemaran.
3. Ammonia Stripping
Berfungsi untuk menghilangkan kadar ammonia yang masih tertinggal dalam air olahan.
4. Nitrifikasi & Denitrifikasi
Berfungsi untuk menghilangkan dan atau menambahkan kandungan nitrat dalam air limbah.
5. Carbon Adsorbtion
Berfungsi untuk mengumpulkan bahan-bahan terlarut yang terdapat dalam air limbah ke permukaan suatu media yang biasanya berupa karbon aktif. Selain itu bisa untuk menghilangkan warna.

2.1.3.5. Pembunuhan Bakteri (*Desinfection*)

Pembunuhan bakteri ini bertujuan untuk membunuh bakteri patogen yang masih terdapat dalam air limbah. Mekanisme pembunuhan sangat dipengaruhi oleh kondisi zat pembunuhnya dan mikroorganismenya itu sendiri. Banyak zat kimia pembunuh kuman termasuk klorida dan komponennya, membunuh bakteri dengan cara merusak atau mengaktifkan enzim utama sehingga terjadi kerusakan dinding sel. Mekanisme lain adalah dengan merusak langsung dinding sel seperti yang dilakukan dengan bahan radiasi ataupun panas (ozonisasi). Penggunaan panas dan radiasi meskipun sangat baik hasil yang dicapai akan tetapi kurang cocok ditempatkan untuk pembunuhan bakteri secara masal. Hal ini dikarenakan biaya yang tinggi dan penggunaannya cukup sulit. Oleh karena itu ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam memilih bahan desinfeksi antara lain:

1. Daya racun
2. Waktu kontak yang diperlukan
3. Efektifitas
4. Tidak berbahaya
5. Rendah dosisnya
6. Tetap tahan terhadap air
7. Murah biayanya

2.2. Budidaya ikan (*aquaculture*)

Budidaya dapat dipandang sebagai suatu aktivitas pemeliharaan terhadap sumberdaya, yang ditandai oleh adanya campur tangan manusia untuk memanfaatkan organisme dan lingkungannya untuk mendapatkan hasil yang lebih baik dengan cara yang lebih baik, lebih murah dan efisien (Zonneveld, 1991).

Pembesaran ikan ada tiga cara yaitu :

a. Sistem Family Pond

Sistem ini merupakan sistem beternak ikan secara tradisional yang umumnya dilakukan oleh petani ikan yang hanya memiliki kolam kecil di pekarangannya. Sistem ini hanya menggunakan satu kolam untuk membudidayakan ikan, mulai dari pemijahan, pendederan dan pembesaran,

sehingga kepadatan ikan sangat tinggi. Sistem ini tidak terlalu menguntungkan.

b. Sistem Monokultur

Pembesaran sistem ini lebih menguntungkan dibandingkan daripada sistem sebelumnya. Sistem ini hanya memelihara satu jenis ikan sehingga pertumbuhannya lebih cepat, karena tidak memijah dan mengerami telur atau memelihara anak-anaknya. Panjang maksimal ikan yang akan dipelihara di kolam pembesaran ini minimal antara 8 – 10 cm. Pemisahan antara jantan dan betina harus dilakukan supaya tidak lagi memijah. Biasanya, ikan berkelamin jantan lebih cepat pertumbuhannya.

c. Sistem Polikultur

Sistem ini akan menghasilkan beberapa jenis ikan dimana dalam pemasarannya bisa dipasarkan satu persatu atau bersamaan tergantung dengan permintaan pasar. Sistem ini menguntungkan daripada dua sistem sebelumnya. Sistem ini merupakan perpaduan antara sistem monokultur atau monoseks kultur dengan jenis-jenis ikan lain.

Di antara beberapa metode recycling sampah, pemanfaatan kembali buangan manusia dan hewan telah diselidiki secara luas. Pada dasarnya ada tiga teknik pemanfaatan kembali buangan organik dalam *aquaculture* yaitu :

- a. Penyuburan kolam ikan dengan kotoran, lumpur dan pupuk.
- b. Menernakkan ikan dalam *effluent fertilized pond*.
- c. Dengan menernakkan ikan secara langsung dalam kolam stabilisasi air limbah.

Sebuah laporan dari Bank Dunia (Edward, 1985) mengutip laporan dari beberapa negara di Asia khususnya Cina, dimana kotoran atau pupuk dari kotoran hewan diberikan ke kolam untuk produksi ikan. Jamban diatas kolam merupakan pemandangan biasa di kolam ikan di propinsi Guandong, Cina Selatan. Di kolam air payau di Taiwan, kotoran berserakan di dasar kolam ketika

kolam kosong selama musim dingin, tetapi di kolam air yang segar kotoran ditambahkan pada interval 4 sampai 6 kali selama musim pertumbuhan. Sebagian besar petani ikan juga menambahkan makanan suplemen seperti hasil samping pertanian dan butiran padi ke kolam ikan.

Teknik kedua dan ketiga dari pemanfaatan kembali buangan dalam *aquaculture* telah diadakan di negara yang sedang berkembang. Ada kira-kira 2500 ha kolam ikan dengan penyubur dari bahan buangan di Calcutta, India; 270 ha di Hunan, Cina; 233 ha di Munich, Jerman; 50-100 ha di Israel; dan operasi dengan skala kecil di Hungaria. Jika dioperasikan dengan baik, produktivitas dari kolam ikan menggunakan buangan lebih tinggi daripada produktivitas kolam yang disuburkan dengan bahan anorganik (Allen dan Hephher, 1976).

Tujuan utama yang dapat diperoleh dari recycling buangan melalui *aquaculture* adalah sebagai berikut :

1. Stabilisasi limbah dan recycling nutrien

Pengolahan limbah adalah tujuan utama dari beberapa recycling limbah termasuk recovery nutrien dari produksi ikan dalam limbah seperti N, P dan K. Penambahan dari limbah atau hasil samping limbah seperti biogas slurry dan kompos untuk kolam ikan dapat meningkatkan hasil ikan (Polprasert et al, 1982). Karena nilai ekonomis budidaya ikan itu tinggi maka sebagian dari biaya pengolahan limbah dapat dikembalikan. Pengembalian finansial ini dapat menjadi insentif untuk pembuangan yang aman dari limbah yang akan menuju ke kondisi kesehatan masyarakat yang lebih baik, terutama di antara masyarakat desa yang mengalami malnutrisi dan penyakit yang berhubungan dengan kotoran.

2. Peningkatan kualitas effluen dari kolam stabilisasi limbah

Algae dalam suspensi dapat meningkatkan kandungan SS dari sejumlah besar effluen kolam stabilisasi air limbah. Buangan effluen tanpa removal alga mungkin menyebabkan *algae bloom* atau meningkatnya muatan organik dan nutrien ke badan air penerima. Penemuan kolam ikan yang di seri dengan kolam stabilisasi air limbah telah ditemukan untuk mengurangi alga dan konsentrasi bakteri, ketika ikan spesies herbivora digunakan (Schroeder, 1977). Kematian ikan juga dapat digunakan sebagai indikator adanya komponen toksik dan level DO yang rendah dalam effluen.

3. Rasio konversi makanan yang lebih tinggi

Ikan adalah binatang yang berdarah dingin dan tidak seperti hewan ternak lainnya, misalkan unggas dan lembu, tidak harus mengeluarkan sejumlah energi untuk pergerakannya, karena friksi dalam air kecil maka ikan mempunyai rasio konversi makanan lebih tinggi daripada hewan lain.

4. Kemampuan operasional dan pemeliharaan

Pemeliharaan ikan tidak memerlukan keahlian sumber daya manusia yang tinggi untuk pengoperasiannya. Panenan ikan lebih mudah dilakukan daripada panenan algae. Pemrosesan ikan biasanya tidak diperlukan untuk ikan yang dikonsumsi manusia. Untuk kegunaan lain seperti makanan ternak, pengeringan biasanya sudah cukup.

Namun untuk produksi ikan dengan media air buangan, mungkin mempunyai beberapa keterbatasan dalam hal sebagai berikut :

1. Kebutuhan lahan dan keberadaan sistem pengumpul limbah

Kebutuhan lahan untuk budidaya ikan adalah sangat luas, karena organik loading untuk ikan kecil. Lahan sebaiknya tersedia dengan harga murah dan dekat dengan sumber limbah dan badan air alami seperti sungai.

2. Tersedianya benih ikan yang baik

Jenis ikan yang cocok dipelihara dalam *waste fed ponds* seharusnya tersedia dalam harga murah. Jika fasilitas untuk produksi benih ikan tidak tersedia atau produksi ikan tidak "feasible" secara ekonomi di daerah tersebut maka produksi ikan ini tidak mungkin dilakukan.

3. Resiko kesehatan masyarakat

Waste grown fish mempunyai potensi untuk terkontaminasi oleh beberapa macam patogen yang mungkin hadir dalam limbah itu sendiri. Pertumbuhan ikan dalam medium yang mengandung logam berat atau bahan beracun, melalui proses bioakumulasi dan biomagnifikasi akan mengakibatkan konsentrasi yang tinggi dari bahan ini dalam jaringan tubuh ikan.

4. Pemasaran dan persetujuan masyarakat

Jika masyarakat tidak yakin bahwa *waste grown fish* aman untuk dikonsumsi, produksi ikan tersebut akan gagal. Walaupun demikian, kegunaan lain sebagai pakan ternak perlu dikembangkan.

2.3. Klasifikasi ikan berdasarkan pola makanannya

Umumnya makanan yang pertama kali datang dari luar untuk semua ikan dalam mengawali hidupnya ialah plankton bersel tunggal yang mempunyai ukuran kecil. Jika untuk pertama kali ikan dapat menemukan makanan yang cocok dengan ukuran mulutnya, diperkirakan ikan dapat meneruskan hidupnya. Tetapi bila dalam waktu relatif singkat ikan tidak menemukan makanan yang cocok dengan ukuran mulutnya akan terjadi kelaparan dan kehabisan tenaga untuk mencari makanan sehingga mengakibatkan kematian. Hal inilah salah satu yang menyebabkan ikan pada masa larva mempunyai mortalitas besar. Ikan yang berhasil mendapatkan makanan sesuai dengan ukuran mulut, setelah bertambah besar akan merubah makanan baik ukuran maupun kualitasnya.

Banyak spesies ikan yang dapat menyesuaikan diri dengan persediaan makanan dalam perairan sehubungan dengan musim yang berlaku. Dalam suatu daerah geografis luas untuk spesies ikan yang hidup terpisah-pisah dapat terjadi perbedaan kebiasaan makannya. Perbedaan ini bukan untuk satu ukuran sama dalam daerah yang berbeda, dapat berbeda kebiasaan makannya. Perbedaan ini dapat terlihat jelas pada spesies ikan air tawar. Namun dalam satu perairanpun kalau terjadi perubahan lingkungan sehingga menyebabkan perubahan persediaan makanan, ikan akan merubah kebiasaan makanannya.

Makanan merupakan faktor yang paling esensial yang sangat mempengaruhi pertumbuhan ikan. Kebanyakan cara ikan mencari makanan dengan menggunakan mata, pembauran dan persentuhan juga digunakan untuk mencari makanan terutama oleh ikan pemakan dasar perairan yang kekurangan cahaya atau dalam perairan keruh. Lebih jauh, sama seperti hewan lain, spesies ikan yang berbeda, masing-masing mempunyai kebiasaan makan yang khusus. Ikan dapat dibagi menjadi tiga grup berdasarkan kebiasaan makannya. Morfologi mereka juga berbeda, jadi fungsi morfologi ikan sering kali mengidentifikasi

tipe dari makanan yang mereka makan dan makanan yang tidak biasa mereka makan. Ada tiga grup dengan karakteristik dibawah ini :

a. Ikan Herbivora

Ikan herbivora tidak mempunyai gigi, tetapi mempunyai rahang yang dapat menyaring makanan mikroskopis dari air, mereka juga tidak mempunyai perut yang sebenarnya (otot besar, asam kelenjar perut) tetapi memiliki sebuah dinding usus yang panjang dan tipis. Contoh tipe ini adalah *grass carp* (*Ctenoparyngodor idellus*) dan *silver carp* (*Hypophthalmichthys molitrix*).

b. Ikan Karnivora

Ikan karnivora mempunyai gigi yang dikembangkan untuk menangkap, memegang, merobek dan tulang rahang yang dimodifikasi untuk memegang, mencengkeram, memarut dan menghancurkan mangsa. Terdapat kantung nyata (*true flask*) seperti perut dan usus pendek, elastis dan dinding yang tebal. Ikan ini terutama makan zooplankton, serangga, bakteri dan hewan lain. *Snake head* (*Ophicephalus striatus*) adalah karnivora yang makanan utamanya adalah ikan kecil, kerang-kerangan, serangga dan cacing. Biasanya manusia lebih menyukai ikan ini daripada ikan yang lain, jarena nilai nutritifnya yang tinggi dan rasanya yang enak.

c. Ikan Omnivora

Mempunyai sistem alimentary antara kondisi ekstrem pada herbivora dan karnivora, tetapi ada range dari kondisi ekstrem tersebut. Saluran elimentari relatif lebih panjang daripada panjang tubuh. Sebagian besar ikan dari grup ini memakan binatang dan tumbuhan. Sebagai contoh *Cyprinus carpio* dan *Oreochromis niloticus*.

Istilah herbivora dan karnivora sebenarnya mempunyai arti yang relatif. Biasanya mereka hanya mengindikasikan jenis makanan dominan yang dikonsumsi. Sebenarnya sebagian besar ikan dapat beradaptasi dengan baik dengan makanannya dan menggunakan makanan yang tersedia. Sedikit sekali jenis yang benar-benar herbivora atau karnivora. Kebiasaan makan mungkin berubah sesuai dengan pertumbuhan ikan, menyertai perubahan tanda dalam morfologi dari sistem alimentary pada awal kehidupan

Ikan yang ditenakkan dalam *waste fed pond* sebaiknya mempunyai karakteristik sebagai berikut :

1. Toleran terhadap DO rendah, yang dapat terjadi pada malam hari atau dini hari ketika proses produksi oksigen dari proses fotosintesis tidak terjadi.
2. Herbivora atau omnivora secara alami memakan fitoplankton dalam kolam limbah.
3. Toleran terhadap penyakit dan kondisi lingkungan yang kurang baik.
4. Toleran terhadap kepadatan ganggang yang tinggi.

Beberapa spesies seperti *Tilapia (Oreochromis)* dan *Chinese carp* telah digunakan secara luas dalam praktek recycling limbah. Diantara spesies ini, *Tilapia* mendapatkan perhatian utama karena penggunaannya yang luas dalam recycling limbah di daerah tropik dan subtropik. Ia dapat secara langsung memakan alga dan vegetasi air. *Tilapia* tumbuh dengan cepat dan memperbanyak diri. Ia memiliki toleransi yang lebih baik terhadap DO rendah dan tahan terhadap penyakit daripada spesies lain seperti *Carp*.

Makanan merupakan faktor penting yang perlu diperhatikan dalam budidaya ikan karena sangat berpengaruh pada pertumbuhan ikan. Pada dasarnya makanan ikan ada dua macam yaitu :

a. Makanan ikan alami

Jenis-jenis makanan alami yang dimakan ikan sangat beragam tergantung pada jenis dan umur ikan. Secara ekologis, berbagai macam makanan itu dapat kita kelompokkan sebagai: plankton, nekton, bentos, perifiton, epifiton dan neuston. Semua itu dalam perairan akan membentuk jaringan makanan. Diantara rantai makanan yang paling penting adalah fitoplankton, yang kemudian dijadikan sumber makanan bagi jasad-jasad lainnya. Pada saat ini semakin banyak orang mengusahakan penumbuhan makanan alami (budidaya pakan alami), terutama plankton (fitoplankton maupun zooplankton).

Beberapa jenis fitoplankton yang sudah banyak dibudidayakan adalah:

- Diatome, yaitu *Chaetoceros calcitrans*, *Skeletonema costatum*, *Cyclotella* *mana*, *Navicula sp* dan lain-lain..

- Chlorophyceae, yaitu *Chlorella sp*, *Monas sp*, *Chlamydomonas sp* dan lain-lain.

Beberapa jenis zooplankton yang sudah banyak dibudidayakan adalah:

- Rotifera, terutama *Brancionus sp*
- Cladocera, terutama *Moina sp* dan *Daphnia sp*
- Branchiopoda, terutama *Artemia sp*
- Berbagai macam plankton lainnya, seperti infusuria (*Paramecium*), jentik-jentik nyamuk, anak tiram, anak bintang laut (*Balanus sp*) dan lain-lain.

b. Makanan buatan

Makanan buatan biasanya diperlukan untuk budidaya ikan secara intensif. Hal ini dikarenakan penumbuhan makanan ikan alami mengalami kesulitan dikarenakan kurangnya tempat untuk tumbuhnya makanan alami. Bentuk makanan buatan ini disesuaikan dengan jenis dan umur ikan. Salah satu faktor penting dalam pembuatan makanan buatan adalah bahan baku dan bentuk makanan tersebut. Bahan baku makanan harus memenuhi syarat yaitu harus mengandung cukup protein, lemak, karbohidrat, vitamin (misal: vitamin A, B, D, E dan lain-lain), mineral (misal:Ca, P, Fe, Mg, Cu, Na, K, Cl dan lain-lain) dan air.

2.3.1. Ikan Nila

Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) merupakan jenis ikan yang didatangkan dari luar negeri. Bibit ini didatangkan secara resmi ke Indonesia oleh balai penelitian Perikanan Air Tawar pada tahun 1969. Setelah melalui masa penelitian dan adaptasi, barulah ikan ini disebar luaskan kepada petani di seluruh Indonesia.

Nila adalah nama khas Indonesia yang diberikan pemerintah melalui Direktur Jenderal Perikanan. Sesuai dengan nama latinya, *O. niloticus* berasal dari sungai Nil, Danau Tanganyika, Chad, Nigeria, Kenya dan danau-danau yang berhubungan dengan aliran sungai Nil. Ikan Nila disukai oleh berbagai bangsa karena dagingnya enak dan tebal seperti daging ikan kakap merah. Sekarang ikan

ini tersebar di lima benua yang beriklim tropis dan subtropis. Sedangkan di wilayah yang beriklim dingin, ikan Nila tidak dapat hidup dengan baik.

Bibit ikan Nila telah beberapa kali didatangkan ke Indonesia, yang pertama berasal dari Taiwan. Bibit asal Taiwan ini berwarna gelap dengan garis-garis vertikal sebanyak 6-8 buah dibagian ekornya. Kemudian didatangkan lagi bibit ikan Nila dari Filipina yang berwarna merah. Sampai sekarang bibit ikan galur asli, baik yang merah maupun yang hitam, masih didatangkan dari luar negeri untuk memperbarui persediaan induk. Persediaan induk ini bertujuan untuk menjaga agar hibrida yang dibudidayakan tidak menurun kualitasnya.

Menurut Trewavas (1980) dalam Suyanto (2003), ikan Nila memiliki taksonomi sebagai berikut :

Phylum : Chordata
Sub phylum : Vertebrata
Kelas : Osteichthyes
Sub kelas : Acanthopterygii
Ordo : Perciformes
Sub ordo : Percoidea
Familia : Cichlidae
Genus : Oreochromis
Spesies : Oreochromis niloticus

Ikan Nila banyak dibudidayakan di berbagai daerah, karena kemampuan adaptasi yang bagus di dalam jenis air. Ikan Nila dikenal sebagai ikan yang sangat tahan terhadap perubahan lingkungan hidup. Ikan Nila dapat hidup di air tawar, air payau dan di laut. Ikan ini juga tahan terhadap perubahan lingkungan, bersifat omnivora dan mampu mencerna makanan secara efisien. Pertumbuhannya cepat dan tahan terhadap penyakit. Ikan Nila yang masih kecil lebih tahan terhadap perubahan lingkungan bila dibandingkan dengan ikan yang sudah besar (Suyanto, 2003),

Makanan utama ikan Nila adalah tumbuh-tumbuhan air. Namun bila tidak terdapat keduanya, ikan ini juga memakan hewan air yang disebut plankton. Jenis plankton yang biasa dimakan antara lain algae bersel tunggal atau benthos dan crustacean (udang-udangan) berukuran kecil. Makanan alami ini diperoleh

dengan cara menyerapnya dari dalam air. Panjang tubuhnya dapat mencapai 50 cm. Nilai pH tempat ikan Nila hidup berkisar antara 6,0 – 8,5. Kondisi lingkungan optimal untuk perkembangan ikan Nila adalah pada pH 7,0 – 8,0 dan pada suhu 25 °C = 30 °C (Suyanto, 2003). Namun ikan Nila masih dapat hidup pada pH air antara 5,0 – 11,0 (Cahyono, 2000). Dalam budidaya terpadu, ikan Nila memakan sisa-sisa atau bahan-bahan buangan berupa kotoran atau limbah lain (Abbas Siregar, 2002).

2.3.2. Pemeliharaan ikan Nila dalam wadah

Pembesaran model ini dapat dijadikan alternatif dalam rangka budidaya ikan air tawar. Bagi daerah - daerah yang sulit mendapatkan air terutama dikota-kota besar misalnya Jakarta , Surabaya , dan lain-lain , sangat cocok menerapkan sistem peliharaan dalam wadah yang dimodifikasi terlebih dahulu .

Wadah yang dipergunakan umumnya mudah diperoleh karena di sekitar kita banyak tersedia (dijual) misalnya drum , jerigen plastik, bak plastik dan wadah lainnya. Bila kita memakai drum , maka bagian sisi dalam harus dicat terlebih dahulu agar tidak korosif bila terkena air, bagian luarnya bisa juga dicat. Ikan Nila yang berasal hasil pendederan kedua yaitu ketika ikan sudah berukuran 4-5 cm (Santoso , 1995) dengan kepadatan kurang lebih 20 ekor / m².

2.4. Rantai Makanan

Kolam ikan merupakan contoh yang baik untuk mengetahui rantai makanan dalam keadaan sangat disederhanakan. Disini akan terlihat pola pengelolaan yang direncanakan untuk menyalurkan energi melalui rantai makanan yang diusahakan sependek mungkin. Bila rantai makanan itu semakin panjang maka produksi terakhir yang dicapai tidak secepat pada ikan dengan rantai makanan yang pendek.

2.4.1. Rantai makanan biologis dalam waste fed pond

Dalam ekosistem kolam biasanya ada tiga grup utama dari organisme yang terlibat dalam rantai makanan. Tiga grup tersebut adalah produsen, konsumen pertama, konsumen kedua, konsumen ketiga dan hewan pengurai. Pada

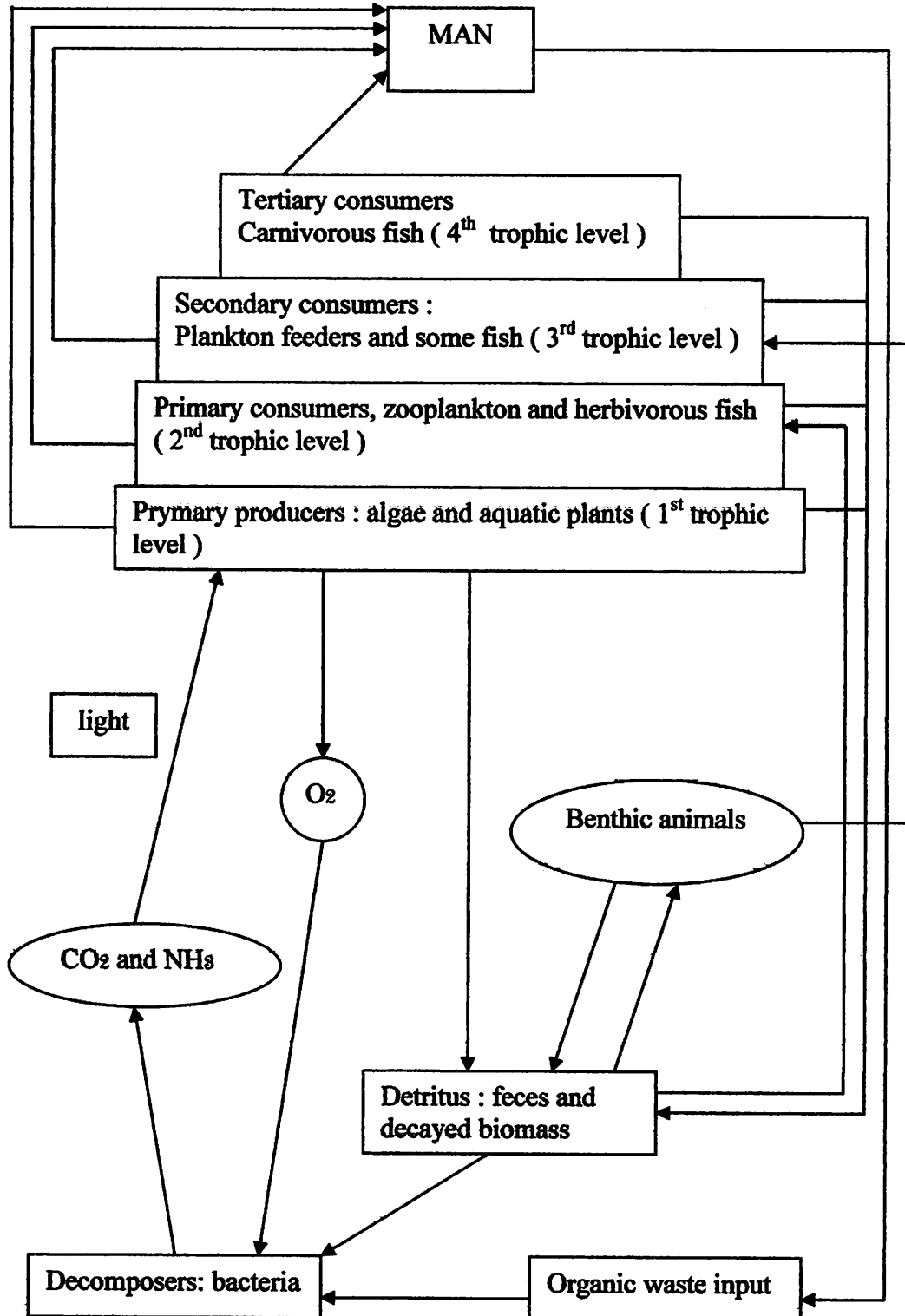
awal rantai makanan, produsen (alga dan tumbuhan) melakukan sintesis bahan organik (*biomass cell*) melalui fotosintesis, dengan memanfaatkan nutrisi dalam air dan energi cahaya. Kemudian konsumen pertama yaitu zooplankton dan herbivore akan mengonsumsi produk dari produsen, setelah itu konsumen kedua yaitu ikan-ikan kecil dan pemakan plankton akan memakan konsumen pertama. Selanjutnya konsumen ketiga seperti *snake head* akan memakan konsumen kedua. Material buangan yang dihasilkan oleh ikan dan peluruhan *biomass* akan mengendap pada dasar kolam dan akan diuraikan oleh bakteri pengurai, yang akan menghasilkan CO₂ yang diperlukan oleh produsen.

Hal penting lainnya yang perlu diperhatikan sehubungan dengan rantai makanan adalah masalah yang disebabkan biomagnifikasi dan bioakumulasi. Hal ini tergantung pada waktu pemaparan, kecepatan pencegahan, metabolisme organisme, kecepatan pembuangan, kemampuan untuk menyimpan dalam jaringan dan keadaan fisiologi dari organisme. Dalam pemanfaatan waste fed pond bioakumulasi dan biomagnifikasi harus diperhatikan.

Sebagai gambaran yang lebih jelas untuk rantai makanan dalam waste fed pond dapat dilihat pada gambar 2.1. Pada gambar tersebut terlihat bahwa bakteri memanfaatkan bahan organik dalam air limbah untuk didekomposisi yang menghasilkan CO₂ dan NH₃. CO₂ dan NH₃ yang dihasilkan oleh bakteri kemudian dimanfaatkan oleh produsen utama yaitu alga dan aquatic plants. Dari reaksi yang dihasilkan oleh produsen utama dihasilkan O₂ yang dimanfaatkan oleh dekomposer (bakteri) maupun organisme lain dalam air untuk respirasi.

Produsen ini kemudian dimanfaatkan oleh konsumen pertama misalnya, ikan herbivora dan zooplankton. Konsumen pertama kemudian dimakan oleh konsumen kedua misalnya ikan dan pemakan plankton. Konsumen kedua ini kemudian dimanfaatkan oleh konsumen ketiga seperti ikan karnivora. Dari produsen pertama sampai konsumen ketiga, semuanya bisa dimanfaatkan manusia sebagai sumber bahan makanannya. Dari konsumen pertama sampai ketiga menghasilkan detritus yang terdiri dari feses dan organisme yang mati. Detritus ini kemudian dimanfaatkan oleh hewan benthik yang kemudian bisa dimanfaatkan sebagai makanan untuk konsumen kedua. Dari manusia dihasilkan kotoran/feses

yang kemudian dimanfaatkan sebagai sumber organik bagi bakteri untuk proses dekomposisi yang mengubah bahan organik menjadi CO₂ dan NH₃.

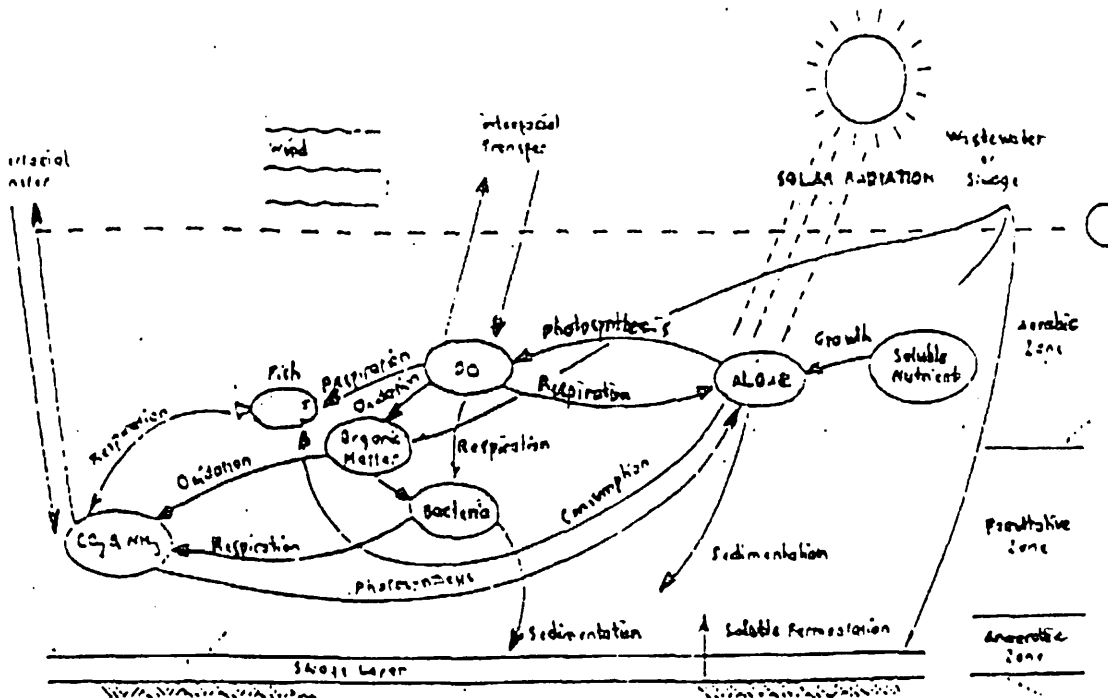


Gambar 2.1. Rantai makanan dan hubungan lainnya dalam waste fed pond (Veenstra, 1995)

2.4.2. Reaksi Biokimia dalam Waste Fed Pond

Dalam *waste fed pond* yang berfungsi baik adalah alga, bakteri dan ikan, Oksigen dan makanan untuk ikan dihasilkan oleh alga dan sisa nutrisi serta feses ikan didekomposisi oleh bakteri. Reaksi biokimia yang terdapat dalam waste fed pond serupa dengan yang terjadi dalam kolam stabilisasi fakultatif.

Ketika limbah organik dengan kandungan N, P, C, H dan K (*soluble nutrient*), maka limbah organik tersebut akan digunakan sebagai material pertumbuhan alga. Selanjutnya alga dengan bantuan sinar matahari akan melakukan fotosintesis sehingga menghasilkan oksigen untuk proses respirasi. Alga tersebut akan dikonsumsi oleh ikan. Material sisa seperti feses dan alga yang mati akan didekomposisi oleh bakteri aerobik dan fakultatif. Sedangkan zat padat yang mengendap akan jatuh ke dasar kolam bersama biomasa yang mati akan membentuk lapisan sludge. Karena kedalaman kolam umumnya 1 meter, maka zat organik akan terlarut dalam air karena pengadukan atau pergerakan angin.



Gambar 2.2. Simbiosis antar Organisme dalam Waste Fed Ponds

Sumber: Bhattarai (1985) dalam Polprasert (1989)

2.4.2. Kondisi lingkungan yang dibutuhkan

Untuk meningkatkan pertumbuhan alga dan ikan dalam waste fed pond, sebagai parameter harus dijaga dan diupayakan, seperti :

a. Cahaya

Cahaya harus cukup dan durasinya dalam sehari. Ini merupakan kebutuhan utama bagi algae untuk fotosintesis dan menghasilkan makanan bagi ikan serta oksigen untuk respirasi ikan. Secara menyeluruh, kondisi tersebut didapatkan pada daerah tropis, dimana kedalaman kolam sekitar 1 m. Pada kondisi tropis intensitas cahaya berkisar rata-rata $1941,85 \text{ J/cm}^2$ (Treesje Katrina Londa, 2003).

b. Temperatur

Tingkat metabolisme ikan berhubungan langsung dengan suhu air. Huel dan Timmermans (1971) menulis bahwa temperatur sangat berpengaruh pada aktivitas ikan yang vital seperti pernapasan, pertumbuhan dan reproduksi. Meningkatnya temperatur akan menurunkan DO dalam air karena jika temperatur naik maka metabolisme ikan juga ikut naik sehingga ikan memerlukan oksigen yang banyak.

c. DO (Dissolved Oxygen)

Oksigen dibutuhkan ikan untuk aktivitas hidupnya dalam air, pertumbuhan maupun reproduksi. Nilai ambang untuk pertumbuhan ikan pada umumnya dipakai sebagai pedoman untuk budidaya ikan. Kandungan oksigen berkaitan dengan suhu dan pH pada tekanan 760 mmHg. *Waste fed fish ponds* seharusnya mempunyai level DO terendah 1-2 mg/L. Organik loading pada sebuah kolam mempengaruhi aktivitas bakteri stabilisasi limbah dan konsekuensinya pada penggunaan oksigen. Oleh karena itu untuk perencanaan, organik loading dan populasi ikan harus ditentukan dengan baik sehingga level DO terendah masih dapat ditoleransi oleh ikan.

Pada sebuah penelitian di Asian Institute of Technology (AIT) di Bangkok, untuk mengetahui pengaruh penambahan septage pada loading 50, 150, 250, dan 350 kg COD/(ha.hari) untuk kolam dengan ukuran 2x2x0,9 m (pxlxt), Septage loading dilakukan sehari sekali, dari penelitian diketahui bahwa konsentrasi alga dan $\text{NH}_3\text{-N}$ bertambah seiring dengan bertambahnya septage

loading. Sementara itu level DO kritis menurun pada septage loading yang tinggi. Sharma *et al*, (1987) dalam Polprasert (1989), menyelidiki tentang variasi waktu pada DO kritis dan konsentrasi COD dalam *pond fed* dengan septage

DO merupakan faktor yang penting dalam pertumbuhan ikan karena metabolisme tergantung pada oksigen yang dikonsumsi. Faktor yang mempengaruhi variasi DO termasuk organik loading, konsentrasi alga, jenis ikan, densitas/ populasi ikan, akumulasi lumpur, temperatur serta konsentrasi klorida.

Organik loading pada sebuah kolam mempengaruhi aktifitas bakteri pada stabilisasi limbah dan konsekuensinya pada penggunaan oksigen. Oleh karena itu untuk perencanaan, organik loading dan populasi ikan harus ditentukan dengan baik sehingga DO terendah dalam kolam masih dapat ditoleransi oleh ikan.

Jenis ikan yang berbeda mempunyai tingkat oksigen yang berbeda pula dimana bervariasi pada tingkat hidup, ikan muda memerlukan oksigen yang lebih dibanding ikan dewasa.

d. Konsentrasi ammonia

Ammonia tidak bermuatan (NH_3) beracun bagi ikan, tetapi bila dalam bentuk ion ammonia (NH_4^+) tidak beracun. Beberapa eksperimen laboratorium jangka pendek menunjukkan bahwa konsentrasi akut dari NH_3 bervariasi terhadap jenis ikan pada range 0,2 – 2 mg/l (Alabaster dan Lloyd, 1980). NH_3 lebih beracun jika DO rendah. Sawyer dan McCarty (1978) menyimpulkan bahwa toksisitas amoniak bukan menjadi masalah pada badan air penerima pada pH dibawah 8 dan kandungan $\text{NH}_3\text{-N}$ (total amoniak) kurang dari 1 mg/l.

e. pH

Huel dan Timmerman (1971) menyatakan bahwa ikan berkembang biak dengan baik pada pH yang netral atau sedikit alkali dengan pH antara 7 – 8. Reproduksi akan berkurang pada pH dibawah 6,5 dan kecepatan pertumbuhan menjadi rendah pada pH 4 – 6,5. Nilai pH yang dibutuhkan adalah berkisar antara 6,5 – 9 untuk budidaya ikan. Dari gambar dapat diketahui bahwa pada pH kurang dari 4 dan lebih dari 11 dapat menyebabkan kematian pada ikan.

f. Karbon dioksida

Kehadiran CO₂ bebas akan menekan afinitas oksigen dalam darah ikan. Ikan dapat merasakan adanya perbedaan kecil dari konsentrasi CO₂ bebas. Karbon dioksida dapat menjadi racun pada konsentrasi yang tinggi yaitu diatas 10 mg/L, karena dalam darah dapat menjadi penghambat pengikatan oksigen oleh hemoglobin. Air dengan CO₂ kurang dari 5 mg/l lebih baik. CO₂ akan berkurang pada siang hari karena proses fotosintesis, dan akan bertambah pada malam hari karena proses respirasi, sehingga mengakibatkan variasi pH dan DO.

g. Stocking density

Keterbatasan tambahan yang lain ditentukan oleh persediaan oksigen, kepadatan ikan yang meningkat pada pokoknya akan mengganggu pertumbuhan. Kepadatan yang berlebih akan mengakibatkan penurunan dan juga penekanan kecepatan pertumbuhan dan kompetisi makanan, oksigen dan ruang (tempat hidup). Untuk makanan manusia sebaiknya dipelihara dalam kolam dengan SD rendah, karena dengan SD rendah pertumbuhan berat ikan akan lebih tinggi. Sebaliknya untuk konsumsi hewan sebaiknya ikan dipelihara dalam kolam dengan SD tinggi, karena untuk memaksimalkan jumlahnya.

h. Hidrogen sulfida (H₂S)

H₂S yang tidak terionisasi, terutama berasal dari dekomposisi anaerobik dari sludge di dasar kolam, bersifat sangat toksik pada ikan. Pembentukan sulfida biasanya terjadi pada kondisi anaerobik dalam kolam stabilisasi air buangan fakultatif (*Facultative waste stabilisation pond*). Hal yang menarik untuk dicatat, meskipun kenaikan pH diatas 8 dapat menghindari pembentukan H₂S namun kondisi pH ini juga mungkin meningkatkan pembentukan senyawa NH₃ yang juga bersifat toksik pada ikan. Untuk itu seharusnya organik loading pada kolam ikan dikontrol untuk menghindari terjadinya kondisi anaerobik dan penurunan DO. Deposit lumpur seharusnya dibuang secara periodik dari kolam, sehingga reaksi anaerobik pada lapisan dasar dapat dijaga seminimal mungkin.

i. Logam berat dan pestisida

Senyawa ini, baik dalam bentuk individual dan kombinasi dapat menyebabkan toksisitas akut bagi ikan pada konsentrasi rendah. Tingkat efek

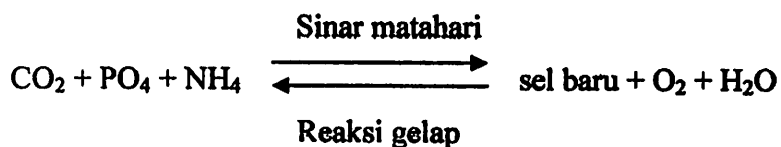
toksik ini tergantung dari beberapa faktor seperti kualitas air, spesies, umur dan ukuran ikan. Efek jangka panjang dapat menyebabkan penurunan kecepatan pertumbuhan dan reproduksi serta peningkatan bioakumulatif dan biomagnifikasi pada rantai makanan.

j. Alga

Alga merupakan jasad multiseluler fotosintetik yang mempunyai ukuran dan bentuk spesifik. Alga berperan dalam pengadaan oksigen terlarut, juga mampu melakukan fotosintesis, mengubah CO₂ menjadi karbohidrat dan melepaskan O₂. Alga merupakan *Primary Produser (phytoplankton)*. Alga berpengaruh terhadap keseimbangan oksigen badan air dengan proses fotosintesis dan respirasinya. Produktivitas alga biasanya dipengaruhi oleh adanya konsentrasi fosfor (biasanya dalam bentuk fosfat). Sedangkan keberadaan nitrogen hanya membatasi pertumbuhan alga pada kondisi tertentu (Lund dan Mackentum dalam Palupi). Selain itu CO₂ juga bisa membatasi pertumbuhan alga. Pertumbuhan alga akan terhambat jika cahaya, suhu dan nutrisi yang tersedia dalam air rendah.

Dalam fotosintesis yang dilakukan oleh alga yang menghasilkan oksigen pada siang hari diperlukan CO₂. CO₂ dalam air bereaksi membentuk ion karbonat dan bikarbonat.

Proses fotosintesis alga adalah sebagai berikut:



Dari proses diatas dapat dilihat bahwa alga dan nutrisi merupakan rangkaian mata rantai yang saling berkaitan satu sama lain, sejak dari pengambilan nutrisi selama pertumbuhan alga yang merupakan proses pokok penyebab berkurangnya nutrisi terlarut dalam air. Sedangkan respirasi maupun kematian dari alga merupakan komponen utama dalam pengembalian nutrisi ke dalam air.

Pertumbuhan alga dan reduksi limbah dalam kolam dipengaruhi oleh beberapa hal diantaranya:

1. Salinitas

Bagi golongan air laut/payau, salinitas sangat penting untuk mempertahankan tekanan osmotik yang antara protoplasma dari organisme dengan air sebagai lingkungan hidupnya. Hal ini akan mempengaruhi pada proses metabolismenya. Beberapa spesies alga akan menurun dengan menurunnya tingkat salinitas.

2. Intensitas Cahaya

Cahaya diperlukan oleh alga untuk fotosintesis. Selain itu cahaya juga berpengaruh pada alga dalam mengabsorpsi nutrisi terutama nitrogen. Masuknya cahaya dalam air dipengaruhi oleh kedalaman kolam. Biasanya kedalaman yang bagus untuk masuknya cahaya adalah 1 meter.

3. Temperatur dan pH

Temperatur mempengaruhi aktifitas enzim dalam sel alga. Penyerapan nutrisi pada tingkat fotosintesis maksimum akan meningkat seiring meningkatnya suhu. Masing-masing alga mempunyai tingkat toleransi terhadap suhu berbeda-beda. pH ini mempengaruhi pada pertumbuhan alga. Biasanya alga tumbuh optimal pada pH netral (7-8). pH dipengaruhi proses fotosintesis. Semakin tinggi tingkat fotosintesisnya maka O_2 dalam air akan semakin tinggi sehingga pH akan semakin tinggi juga.

4. Aerasi

Dalam aerasi selain terjadi proses pemasukan gas-gas yang diperlukan dalam proses fotosintesis juga akan timbul gesekan-gesekan antara gelembung udara dengan molekul-molekul air. Sirkulasi akan mencegah terjadinya pengendapan plankton.

5. Pertimbangan nutrisi

Aktifitas pertumbuhan alga dipengaruhi oleh nutrisi yang terkandung dalam air. Nutrisi yang mencukupi akan membantu pertumbuhan alga dengan baik. Kekurangan nutrisi dalam air akan menyebabkan pertumbuhan alga terganggu.

2.5. KRITERIA DESAIN

2.5.1. Organik Loading

Hampir semua buangan organik dapat dijadikan sumber makanan bagi kolam ikan. Buangan ini masuk dalam kolam ikan dapat berupa buangan segar effluen bangunan pengolahan air buangan, kompos, limbah agro-industri dan

kotoran hewan. Ikan dapat dibesarkan langsung dalam kolam stabilisasi air buangan. Pada beberapa kasus, organik loading yang digunakan untuk waste fed ponds harusnya berada dalam range dimana kondisi anaerobik tidak terjadi pada kolam. Untuk pengoperasian waste fed fish ponds yang bagus mempunyai organik loading yang berkisar antara 25 – 100 kg BOD₅/ha.hari (dibawah 1 gram BOD₅/m².hari) dengan HRT (*hydraulic retention time*) 3 – 10 hari (DEWATS,1998) Organik loading dan waktu detensi dapat dihitung menggunakan rumus di bawah ini :

$$OL \text{ (kg BOD/ha.hari)} = \frac{Q \text{ (L/hari)} \cdot [BOD] \text{ (mg/L)} \cdot 10^{-6} \text{ kg/mg}}{A \text{ (ha)}}$$

$$T_d \text{ (hari)} = \frac{V \text{ (L)}}{Q \text{ (L/hari)}}$$

2.5.2. Kultur ikan dan stocking density

Polikultur ikan seperti herbivora dan karnivora tidak dianjurkan dalam waste fed ponds karena pertimbangan masyarakat akibat kontak langsung dari semua ikan dengan air buangan. Polikultur tidak praktis untuk mendesain waste fed ponds sebab toleransi pada DO rendah juga berlainan. Disamping ini karnivora juga dapat memangsa herbivora sehingga menghambat pertumbuhan potensial herbivora.

Stocking density (kepadatan ikan) seharusnya menjadi perhatian utama. Untuk masing-masing jenis ikan mempunyai *stocking density* yang berbeda, karena itu harus dipelajari jumlah yang tepat untuk masing-masing jenis ikan.

2.5.3. Suplai air

Suplai air seharusnya dalam jumlah yang cukup dan kualitas yang baik karena *waste fed ponds* dengan solid maupun semisolid buangan organik membutuhkan air untuk mengganti kehilangan air akibat evaporasi dan rembesan. Pond dengan effluen pengolahan air buangan kadang-kadang membutuhkan air pengencer. Seharusnya kualitas air berada pada range yang diijinkan untuk pertumbuhan jenis ikan.

2.5.4. Ukuran kolam

Ukuran kolam dapat diatur sesuai lahan yang tersedia asalkan kriteria desain dapat terpenuhi.

2.5.5. Pengaturan kolam

Pengaturan kolam dapat bervariasi sesuai dengan kondisi lokal dan tipe buangan organik yang digunakan. Pada beberapa kasus, penting untuk menguras kolam sebelum atau sesudah pemanenan. Kolam ikan harus dikuras dan dibiarkan terkena sinar matahari langsung selama kurang lebih satu atau dua minggu untuk mematikan bakteri patogen yang terdapat pada dinding dan lantai kolam.

2.6. Analisa laboratorium

Analisa laboratorium yang dilakukan untuk mendukung penelitian ini antara lain :

2.6.1. BOD₅

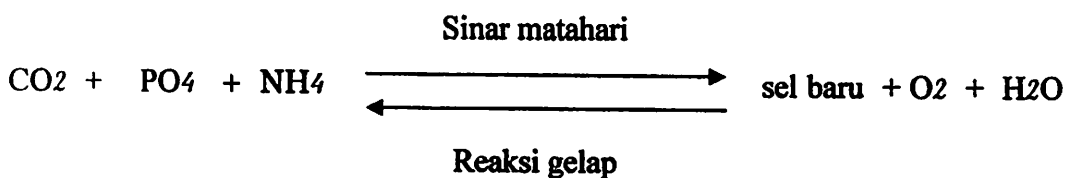
Biological Oxygen Demand (BOD) atau kebutuhan oksigen biologis (KOB) adalah suatu analisa empiris yang mencoba mendekati secara global proses mikrobiologis yang benar-benar terjadi di dalam air. Angka BOD adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri untuk menguraikan (mengoksidasikan) hampir semua zat organik yang terlarut dan sebagian zat organik yang tersuspensi di dalam air. Pemeriksaan BOD diperlukan untuk menentukan beban pencemaran akibat air buangan penduduk atau industri, dan untuk mendesain sistem-sistem pengolahan biologis bagi air yang tercemar tersebut. Sebagian besar bakteri merupakan organisme sel tunggal non fotosintesa, yang pertumbuhannya paling banyak diperoleh melalui oksidasi senyawa organik. Senyawa organik juga merupakan sumber karbon dan tenaga bagi sebagian bakteri untuk keperluan sintesa sel baru. Sedangkan alga berfungsi sebagai penghasil O₂, melakukan fotosintesa, mengubah CO₂ menjadi karbohidrat dan O₂. Sehingga jumlah zat organik yang ada di dalam air diukur melalui jumlah oksigen yang dibutuhkan bakteri untuk mengoksidasi zat organik tersebut.

2.6.2. N- Total

Nitrogen dapat ditemui hampir di setiap badan air dalam bermacam-macam bentuk. Bentuk unsur tersebut tergantung dari tingkat oksidasinya dan biasanya senyawa-senyawa nitrogen tersebut adalah senyawa terlarut. Semakin tinggi air limbah yang ditambahkan maka konsentrasi N- Totalnya juga semakin tinggi. Seperti diketahui N merupakan salah satu nutrien yang sangat penting untuk pertumbuhan alga selain P, K dan S (untuk diatome).

2.6.3. P- Total

Seperti N, P juga merupakan salah satu faktor penting dalam pertumbuhan alga. Selain alga, bakteri juga membutuhkan P untuk pertumbuhannya. Aktivitas bakteri akan berkurang jika P yang tersedia juga berkurang sehingga removal BOD akan berkurang. N dan P dibutuhkan dalam pengolahan air limbah, untuk sintesa sel baru bakteri. Berikut ini adalah formula dari molekul untuk menggambarkan komposisi dari biomassa yang didalamnya terdapat P, $C_{60}H_{87}O_{23}N_{12}P$ (McCarty dalam Benefield dan Randall, 1980).
Proses fotosintesa alga sebagai berikut :



2.7. Metode Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan secara statistik. Sebagai alat yang berfungsi untuk mengolah suatu data, penjabaran metodologi statistik didasarkan pada tiga hal yakni proses analisis, asumsi bentuk distribusi, dan banyaknya variabel yang dilibatkan. Metodologi statistik berdasarkan proses analisisnya meliputi analisa deskriptif dan analisis konfirmatif (inferensi) (Soleh, 2005).

2.7.1. Statistik Deskriptif

Statistik deskriptif adalah statistik yang digunakan untuk menganalisa data dengan cara mendeskriptifkan atau menggambarkan data yang telah terkumpul

sebagaimana adanya, tanpa bermaksud membuat kesimpulan yang berlaku untuk umum. Statistik deskriptif memberikan informasi secara visual dan lebih bersifat subjektif dalam pembuatan analisisnya. Walaupun bersifat subjektif di dalam pengambilan keputusan, analisis deskriptif sering digunakan khususnya dalam memperhatikan perilaku data dan penentuan dugaan – dugaan yang selanjutnya akan diuji dalam analisis inferensi (Soleh, 2005). Berikut ini adalah beberapa rumus yang biasa digunakan dalam statistik deskriptif (Sudjana,2002).

a. Mean / Rataan Sampel (\bar{x})

Rumus yang digunakan adalah:

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

dimana:

- \bar{x} = rata – rata hitung dari sampel
- $\sum x$ = total jumlah sampel
- n = banyaknya sampel

b. Simpangan Baku (s)

Rumus yang digunakan adalah:

$$s = \sqrt{\frac{n(\sum x^2) - (\sum x)^2}{n(n-1)}}$$

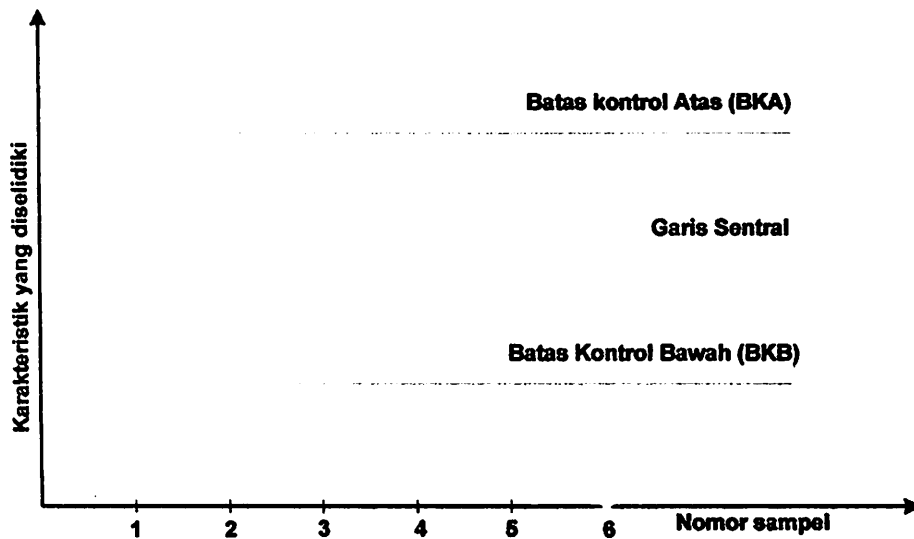
dimana:

- s = standart deviasi yang dicari
- $\sum x$ = jumlah semua harga sampel
- n = banyaknya sampel

c. Keseragaman Data

Pengujian keseragaman data perlu dilakukan terlebih dahulu sebelum dilakukan pengolahan data. Pada pengujian keseragaman data ini data akan diuji apakah data yang terkumpul seragam dan selanjutnya mengidentifikasi data yang ekstrim. Data ekstrim yang dimaksud adalah data yang terlalu besar atau data yang terlalu kecil dan jauh menyimpang dari trend rata – ratanya.

Untuk memudahkan pengujian maka digunakan diagram kontrol *Shewhart* dengan contoh sebagai berikut:



Gambar 2.2 Diagram Kontrol *Shewhart*

Garis sentral melukiskan “nilai baku” yang akan menjadi pangkal perhitungan terjadinya penyimpangan hasil – hasil pengamatan untuk tiap sampel. Garis bawah yang sejajar dengan garis sentral dinamakan batas kontrol bawah (BKB). Ini merupakan penyimpangan paling rendah yang diijinkan dihitung dari “nilai baku”. Garis yang menyatakan penyimpangan paling tinggi dari “nilai baku” terdapat sejajar di atas sentral dan dinamakan batas kontrol atas (BKA). Rumus yang digunakan untuk mengetahui sentral, BKA dan BKB (Sudjana,2002) adalah:

$$\text{sentral} = \bar{x}$$

$$BKA = \bar{x} + K\bar{s}$$

$$BKB = \bar{x} - K\bar{s}$$

dimana:

\bar{x} = rata – rata harga sampel

K = Index (tergantung dari tingkat kepercayaan yang diambil) untuk kepercayaan 95%, nilai $K = 2$

\bar{s} = standart deviasi rata – rata

2.7.2. Statistik Inferensi

Statistik inferensi mencakup semua metode yang berhubungan dengan analisis data untuk kemudian sampai pada peramalan atau penarikan kesimpulan

(Soleh, 2005). Statistik inferensi dapat memberikan informasi lebih objektif terutama dalam proses pengambilan keputusan yang ditunjang dengan adanya nilai tingkat kesalahan pengukuran. Statistik inferensi selanjutnya akan dijabarkan kembali ke dalam penaksiran titik dan penaksiran selang dari suatu nilai parameter dan juga pengujian hipotesis dari suatu masalah. Beberapa analisa yang terdapat dalam statistik inferensi adalah sebagai berikut.

2.7.2.1. Analisa Korelasi

Untuk mengetahui derajat hubungan antar variabel digunakan analisa korelasi. Ukuran yang dipakai untuk mengetahui derajat hubungan, terutama untuk data kuantitatif, dinamakan koefisien korelasi. Koefisien korelasi adalah indeks atau bilangan yang digunakan untuk mengukur derajat hubungan, meliputi kekuatan hubungan dan bentuk/arah hubungan. Nilai hubungan berada pada selang tertutup $(-1, 1)$. Untuk membaca besarnya derajat keeratan dari hubungan terdapat dua hal yang harus diperhatikan, yakni:

Lihat tanda dari derajat keeratan tersebut, positif atau negatif. Hubungan statistika kedua peubah akan negatif apabila salah satu variabel memiliki hubungan yang bertolak belakang dengan peubah lainnya. Atau dengan kata lain apabila nilai satu peubah membesar maka nilai peubah lainnya mengecil. Sedangkan hubungan statistika kedua peubah akan bernilai positif jika hubungan kedua peubah searah atau dengan kata lain apabila satu peubah membesar nilainya maka peubah lainnya ikut membesar, dan sebaliknya.

Lihat besarnya nilai derajat keeratan. Untuk membaca nilai dari derajat keeratan dapat digunakan klasifikasi hubungan statistika dua peubah menurut *Guilford* berikut ini:

Tabel 2.1 Koefisien Korelasi Guilford

Nilai Hubungan Statistika dua Peubah	Keterangan
< 0,2	Tidak terdapat hubungan antara kedua peubah
Antara 0,2 s/d 0,4	Hubungan kedua peubah lemah
Antara 0,4 s/d 0,7	Hubungan kedua peubah sedang
Antara 0,7 s/d 0,9	Hubungan kedua peubah kuat
Antara 0,9 s/d 1	Hubungan kedua peubah sangat kuat

(Sumber: Soleh, 2005)

Sebagai catatan penting, nilai hubungan statistika dua peubah sama dengan “1” memiliki makna bahwa terdapat hubungan yang sempurna antara kedua peubah. Atau dengan kata lain, nilai suatu peubah dapat dengan tepat/pasti dijelaskan oleh peubah lainnya. Lain halnya dengan nilai statistika dua peubah sama dengan “0” menunjukkan tidak adanya hubungan diantara kedua peubah (Soleh, 2005).

Untuk keperluan perhitungan koefisien korelasi berdasarkan sekumpulan data berukuran n dapat digunakan rumus (Sudjana, 2002) :

$$r = \frac{n\sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{\sqrt{\{n\sum x_i^2 - (\sum x_i)^2\} \{n\sum y_i^2 - (\sum y_i)^2\}}}$$

dimana:

- r = koefisien korelasi
- x_i = variabel bebas
- y_i = variabel terikat
- n = jumlah data

2.7.2.2. Analisa Regresi

Analisa regresi adalah suatu analisa untuk menyatakan hubungan fungsional antara variabel -- variabel ke dalam bentuk persamaan matematis. Untuk analisis regresi akan dibedakan dua jenis variabel ialah variabel bebas atau variabel prediktor dan variabel tak bebas atau variabel respon. Pembuatan

persamaan matematis dimaksudkan untuk membantu peneliti didalam melihat pola atau karakteristik hubungan antara variabel bebas dengan variabel tak bebas/terikat, bahkan biasanya digunakan untuk memprediksikan kondisi masa yang akan datang.

Jika variabel bebas dan variabel terikat yang terlibat dalam penelitian masing – masing hanya satu, maka dinamakan Regresi Linear Sederhana. Kemudian apabila hanya ada satu variabel terikat dan beberapa variabel bebas maka persamaan regresinya disebut Regresi Linear Berganda. Bentuk persamaan regresi secara umum adalah:

$$Y = a + bX_1 + cX_2 + \dots + kX_z$$

dimana:

Y = variabel terikat

a = konstanta

b = koefisien regresi

X_1 = variabel bebas

Pada analisa regresi juga diperlukan beberapa pengujian yaitu:

Uji F yang digunakan untuk mengetahui apakah persamaan regresi bisa dipakai untuk memprediksi variabel terikat.

Uji t digunakan untuk mengetahui signifikansi koefisien konstanta dan variabel bebas.

2.7.2.3. Analisa Varian

Pengujian menggunakan analisa varian dalam statistika parametrik diantara kelompok yang saling memiliki perbedaan sebagai akibat adanya perlakuan, dilakukan dengan menggunakan *Analysis of Varian* (ANOVA). Uji ini dilakukan berdasarkan distribusi nilai F. Nilai F diperoleh dari rata – rata jumlah kuadrat (*mean square*) antar kelompok yang dibagi dengan rata – rata jumlah kuadrat dalam kelompok dengan rumus:

$$F = \frac{S_B^2}{S_W^2}$$

dimana:

S_B^2 = varians antar kelompok

S_W^2 = varians dalam kelompok

2.7.3. Generalisasi Dan Kesimpulan Analisis Data

Generalisasi adalah penarikan suatu kesimpulan umum dari suatu analisis penelitian. Generalisasi yang dibuat harus berkaitan dengan teori yang mendasari penelitian yang dilakukan.

Generalisasi ini, dibuat setelah interpretasi data/penemuan yang telah dilakukan. Setelah generalisasi dibuat, selanjutnya dibuatkan kesimpulan-kesimpulan yang lebih khusus (terinci) dari penelitian berdasarkan generalisasi yang telah dibuat.

BAB III

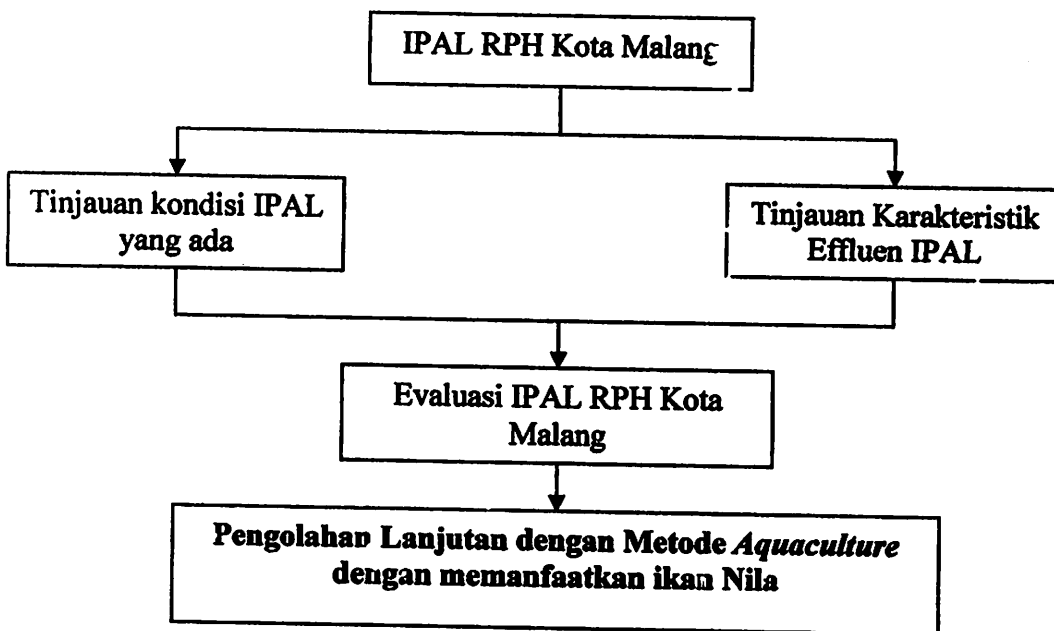
METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Umum

Dalam penelitian ini, effluen IPAL RPH yang kualitasnya masih melebihi ambang batas dari standar effluen air limbah, diolah kembali dengan cara alamiah dengan memanfaatkannya untuk budidaya ikan. Reaktor yang dipakai merupakan reaktor kontinyu yang terbuat dari bak air yang dilengkapi dengan pipa-pipa untuk influen dan effluen. Dengan penelitian ini diharapkan kualitas effluen limbah RPH bisa diperbaiki dan budidaya ikan berhasil dengan baik serta bisa diterapkan dalam masyarakat.

3.2. Tinjauan Karakteristik Effluen IPAL RPH Kota Malang

Metodologi yang dilakukan untuk mengetahui karakteristik effluen IPAL RPH Kota Malang adalah sebagai berikut :



Gambar 3.1. Metodologi Tinjauan Karakteristik Effluen IPAL RPH

3.2.1. Tinjauan kondisi IPAL yang ada

Dalam pengolahan limbah cair di RPH Kota Malang terdapat unit bangunan pengolahan, adapun spesifikasinya sebagai berikut :

a. **Saluran air limbah**

Saluran air limbah berfungsi untuk mengalirkan air limbah dari kandang sapi, ruang pemotongan dan pencucian hewan potong untuk dialirkan ke dalam bak – bak pengendap.

b. **Bak Kontrol**

Bak kontrol berfungsi untuk mengontrol kotoran - kotoran yang terbawa air limbah oleh saluran air limbah. Pada bak kontrol dilengkapi dengan *screen* (penyaring) agar padatan tersuspensi air limbah berkurang. Screen ini bertujuan untuk menyaring partikel tersuspensi kasar/kotoran yang besar yang terbawa dalam air limbah.

c. **Bak Pengendap**

Bak yang berfungsi untuk mengendapkan air limbah dari kotoran – kotoran sapi. Pengurasan bak – bak pengendap dilakukan minimal setiap enam bulan sekali.

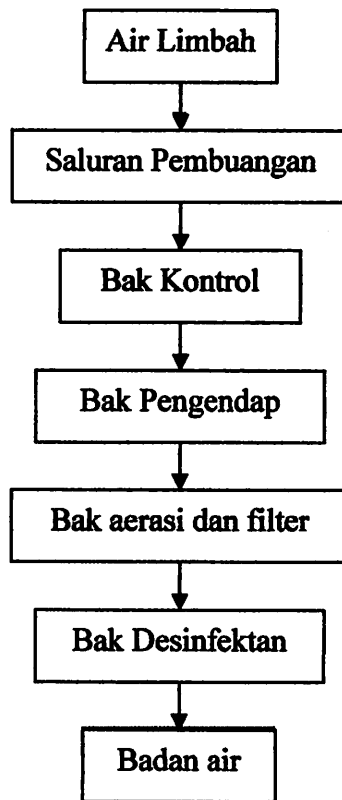
d. **Bak Aerasi dan Filter**

Bak ini merupakan kombinasi dari proses aerasi dan filtrasi. Bak aerasi dan filter berfungsi untuk menetralkan air limbah dari bak-bak pengendap sebelum dibuang ke badan air.

e. **Bak Desinfektan**

Pada proses ini berfungsi untuk membunuh mikroorganisme patogen sebelum dibuang ke badan air. Pada bak ini air limbah yang sudah melalui proses akan diambil dan diperiksa di laboratorium apakah sudah sesuai dengan baku mutu air limbah.

Berikut gambar diagram alir proses pengolahan air limbah di RPH Kota Malang :



Gambar 3.2. Diagram Alir Proses Pengolahan

3.2.2. Karakteristik Effluen IPAL RPH Malang

Air limbah RPH Malang berasal dari air pencucian dari tempat pemotongan hewan, tempat karantina hewan dan aktivitas pencucian tenaga pemotong. Dari tempat pemotongan air limbah berasal dari kegiatan penjagalan dan penanganan isi perut. Kandungan utama dari air limbah RPH Malang adalah darah, lemak dan kombinasi protein.

Air limbah inilah yang kemudian diolah dalam instalasi pengolahan air limbah (IPAL) yang ada di RPH Malang. Effluen IPAL ini masih melebihi ambang batas baku mutu dengan karakteristik sebagai berikut:

- a. Temperatur air limbah 28 °C.
- b. pH sebesar 7,1.
- c. DO (Dissolved Oksigen) sebesar 7,08 mg/l.

Untuk parameter karakteristik effluen IPAL RPH Malang lainnya dapat dilihat di tabel 3.1.

Tabel 3.1. Hasil pengujian effluen IPAL RPH Malang

No	Parameter	Metode	Kadar (mg/l)	No	Parameter	Kadar maximum (mg/l)
1.	BOD	Titrimetri	120	1.	BOD	100
2.	COD	Spektrofotometri	304	2.	COD	250
3.	TSS	Gravimetri	107	3.	TSS	100
4.	NH ₃ -N	Spektrofotometri	68	4.	NH ₃ -N	25
5.	Minyak dan lemak	Oil Content Analyzer	1,8	5.	Minyak dan lemak	25
				6.	pH	6-9

Sumber: Laporan hasil pengujian IPAL RPH Malang oleh Balai Teknik Kesehatan Lingkungan Surabaya, 2006.

3.2.3. Evaluasi IPAL RPH Kota Malang

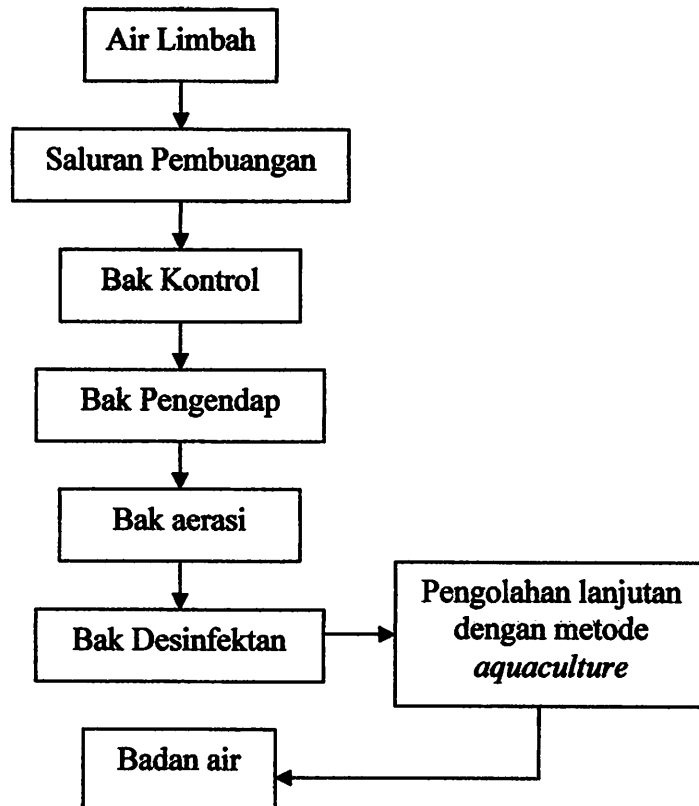
Dari unit IPAL yang ada ternyata operasionalnya tidak berjalan optimal, sehingga effluen yang dihasilkan masih melebihi baku mutu yang sudah ditetapkan. Maka dari itu diperlukan suatu pengolahan lanjutan yang dapat mereduksi tingginya konsentrasi zat pencemar.

Evaluasi ini diperlukan karena kondisi operasional IPAL yang belum optimal dan effluen yang dihasilkan ternyata masih diatas baku mutu yang sudah ditetapkan, sehingga dilakukan langkah-langkah alternatif penyelesaian dengan pertimbangan-pertimbangan sebagai berikut :

1. Ketersediaan lahan yang sempit diarea RPH
2. Biaya rekonstruksi IPAL sangat mahal, sehingga diperlukan suatu pengolahan lanjutan yang ekonomis dan mudah diaplikasikan.

Dari beberapa pertimbangan diatas maka disarankan suatu pengolahan lanjutan dengan metode *aquaculture* dengan memanfaatkan ikan Nila (*Oreochromis*

niloticus). Jadi ada penambahan proses pengolahan limbah tanpa merubah unit pengolahan yang ada.



Gambar 3.3. Diagram alir proses pengolahan dengan pengolahan lanjutan

3.3. Material Penelitian

3.3.1. Sampel yang dibutuhkan

- Effluen IPAL rumah potong hewan kota Malang
- Organisme uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) yang berumur \pm 1 bulan dengan ukuran 4-5 cm.
- Reaktor yang digunakan adalah bak air yang terbuat dari bahan plastik dengan dimensi sebagai berikut :

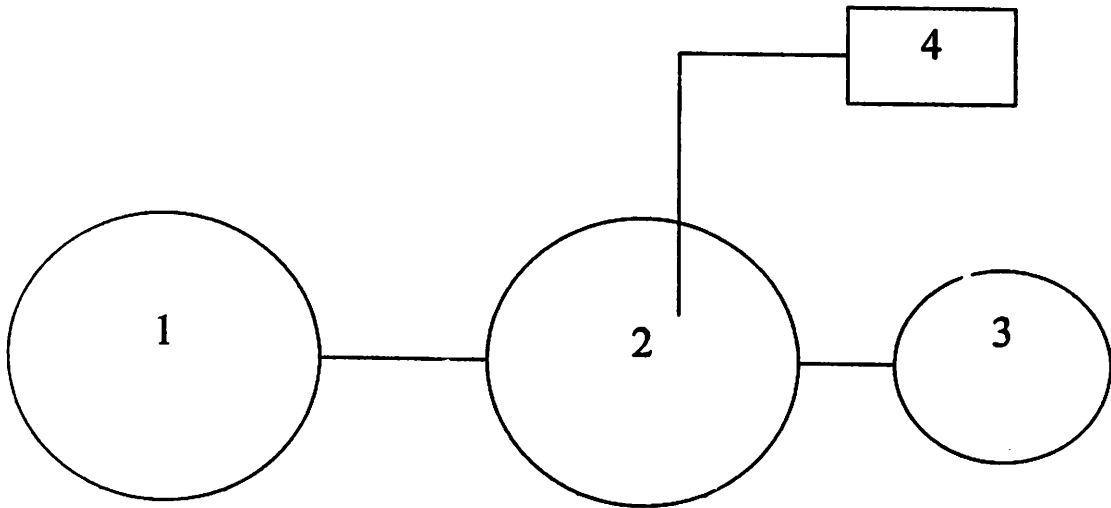
- Diameter bak = 0,5 m

- Tinggi bak = 0,2 m

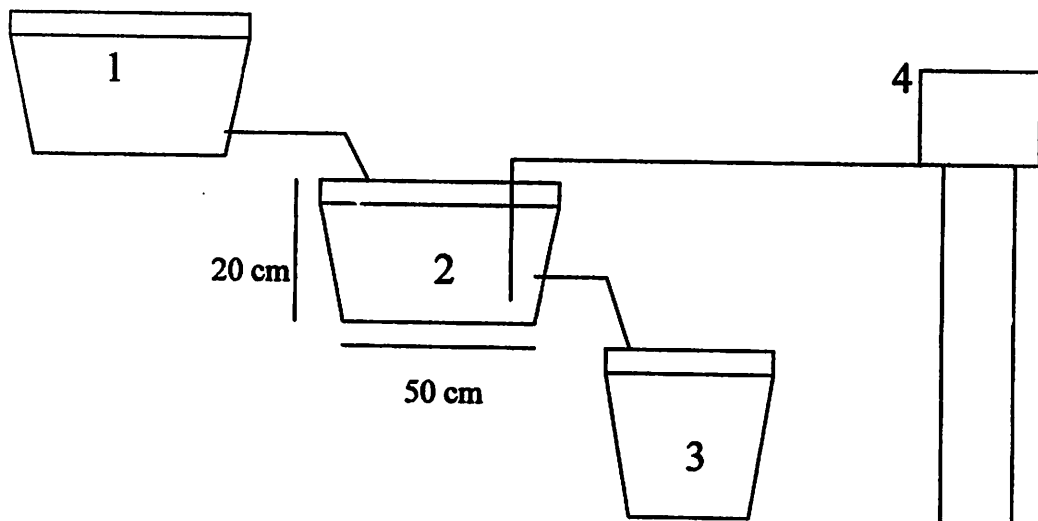
3.3.2. Model reaktor penelitian

Air limbah dari effluen IPAL ditampung dalam bak penampung yang kemudian dialirkan ke bak pengatur yang akan mendistribusikan ke kolam ikan

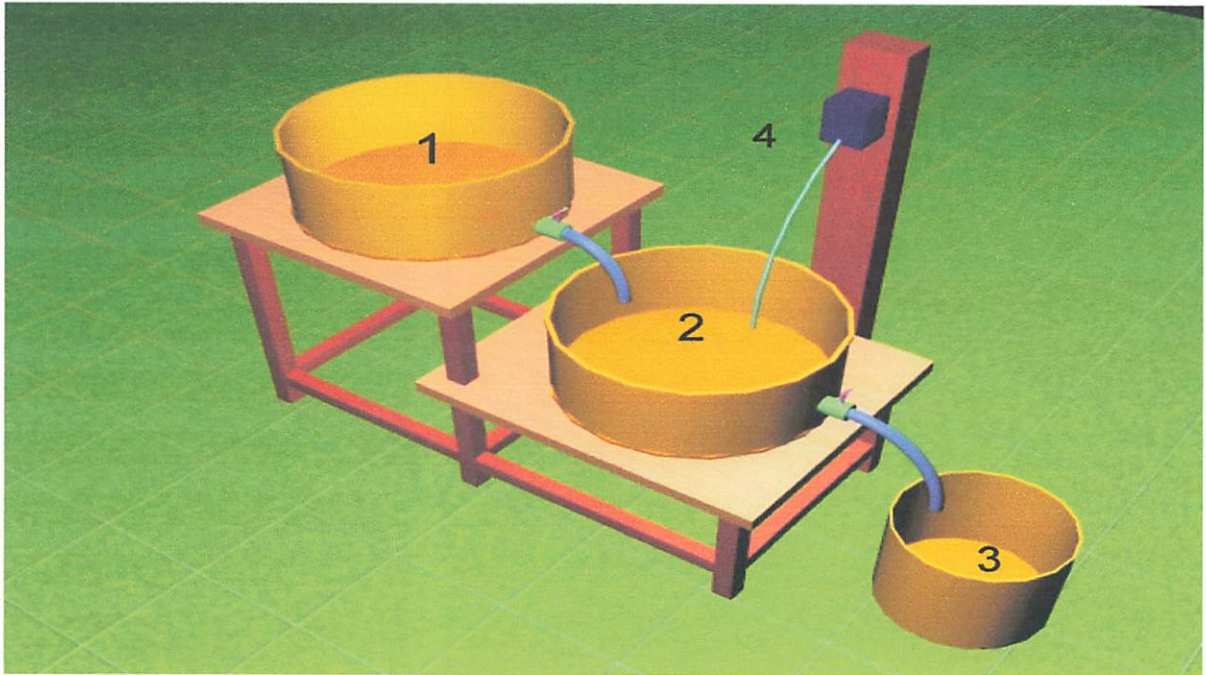
Nilai. Pada kolam ikan dilengkapi aerator yang berfungsi untuk menjaga DO dalam air. Reaktor ini dialirkan secara kontinyu sehingga pada kolam ikan dilengkapi dengan pipa untuk effluennya.



Gambar 3.3. Denah reaktor penelitian



Gambar 3.4. Tampak Samping Reaktor Penelitian



Gambar 3.5. Reaktor Penelitian

Keterangan :

1. Bak 1 adalah bak penampung effluen dari IPAL RPH Kota Malang (bak influen reaktor budidaya ikan). Pada bak ini dilakukan variasi komposisi media aquaculture yaitu variasi pencampuran antara effluen IPAL RPH dan air pengencer (air sungai). Penggantian effluen IPAL RPH dan air sungai dilakukan setiap hari. Pada bak ini diambil sampel analisa (sampel influen).
2. Bak 2 digunakan untuk budidaya ikan yang dilengkapi dengan diffuser untuk memasukkan udara kedalam air. Volume komposisi media aquaculture yang dimasukkan adalah 25 liter.
3. Bak 3 digunakan untuk menampung effluen dari bak 2. Pada bak ini diambil sampel analisa (sampel effluen). Sampel effluen diambil 1 hari setelah sampel influen dimasukkan ke reaktor penelitian.
4. Aerator untuk aerasi pada kolam ikan atau bak 2.

3.4. Variabel penelitian

3.4.1. Variabel terikat

- a. Persentase penurunan dari reaktor ikan, seperti: BOD, N-TOTAL dan P-TOTAL
- b. Persentase pertumbuhan ikan Nila (berat dan panjang ikan).

3.4.2. Variabel bebas

- a. Komposisi media aquaculture 40%, 60%, 80%, 90% dan 100% limbah.
- b. Kontrol pertumbuhan menggunakan ikan Nila yang dibudidayakan pada air sungai .

3.4.3. Variabel tetap

- a. Jenis ikan yang dipakai adalah ikan Nila (*Oreochromis niloticus*).
- b. Kepadatan ikan dalam reaktor (*stocking density*) adalah 20 ekor/ m².
- c. Ketinggian air dalam reaktor berkisar 20-40 cm.
- d. Range pH untuk pertumbuhan ikan berkisar 6-8,5
- e. Temperatur air untuk pertumbuhan ikan berkisar 20-30 °C

3.5. Prosedur penelitian

Pelaksanaan penelitian ini dilakukan dalam tiga tahapan yaitu aklimatisasi organisme uji dengan air pengencer, penelitian pendahuluan yang kemudian dilanjutkan dengan pengoperasian reaktor.

3.5.1. Aklimatisasi

Pada tahap ini ikan diaklimatisasikan pada air pengencer, sedikitnya 7 hari. Ikan yang mati dalam 7 hari tersebut mempunyai kriteria berdasarkan OECD (1984) dalam Mangkoediharjo (1999) sebagai berikut :

- a. Jika ikan yang mati lebih dari 10% dari total populasi ikan, maka kemungkinan besar air pengencer tidak layak untuk hidup ikan, air pengencer dan ikan tidak dapat digunakan.
- b. Jika ikan yang mati 5-10% dari total populasi ikan, maka aklimatisasi dilanjutkan sampai 14 hari.
- c. Jika ikan yang mati kurang dari 5% dari total populasi ikan, maka ikan dan air pengencer layak digunakan.

3.5.2. Penelitian pendahuluan

Penelitian pendahuluan dilakukan untuk mengetahui perbandingan antara volume effluen IPAL RPH dan air pengencer. Dilakukan variasi dari perbandingan antar volume effluen IPAL dengan air pengencer secara bertahap dimulai dengan effluen IPAL sebesar 40%, 60%, 80%, 90% dan 100%. Penelitian

dilakukan secara batch dan diaerasi. Selanjutnya ikan diaklimatisasikan kedalam bak variasi perbandingan antar volume IPAL dengan air pengencer.

Dilakukan juga analisa TSS (*total suspended solid*) terhadap bak variasi tersebut agar range kecerahan dapat terpenuhi.

3.5.3. Pengoperasian reaktor

Pengoperasian dilakukan setelah aklimatisasi, penelitian pendahuluan, persiapan bahan dan reaktor selesai.

Reaktor yang digunakan ada 4 macam yaitu:

1. Reaktor A dengan komposisi media *aquaculture* 40% limbah + 60% air sungai.
2. Reaktor B dengan komposisi media *aquaculture* 60% limbah + 40% air sungai.
3. Reaktor C dengan komposisi media *aquaculture* 80% limbah + 20% air sungai.
4. Reaktor D dengan komposisi media *aquaculture* 90% limbah + 10 % air sungai.
5. Reaktor E dengan komposisi media *aquaculture* 100% limbah.
6. Reaktor dengan air sungai sebagai kontrol pertumbuhan ikan.

Organisme uji

Untuk tiap-tiap jenis reaktor diisi dengan ikan sebanyak 4 ekor dengan panjang 4 – 5 cm per ekor. Budidaya ikan ini dilakukan tanpa pemberian makanan tambahan (pellet). Penelitian ini dilakukan selama 20 hari.

3.6. Analisa penelitian

Analisa parameter N dan P-TOTAL dilakukan setiap hari dari awal sampai akhir penelitian sedangkan analisa BOD₅ dilakukan setiap 10 hari. Penelitian terhadap berat dan panjang ikan dilakukan pada awal dan akhir penelitian, setelah ikan dimasukkan kedalam reaktor selama 20 hari.

Analisa yang dilakukan dalam penelitian ini, meliputi :

1. Analisis BOD₅ menggunakan metode titrasi Winkler (MPA)
2. Analisis parameter N-TOTAL dan P-TOTAL dilakukan sesuai dengan standart methods (APHA 1998) dan MPA. Nitrogen juga dikandung oleh

bermacam-macam senyawa organik seperti protein, sisa tanaman, air limbah dan sebagainya. Selama proses penguraian mikrobiologis pada sistem pengolahan air buangan, zat organik tersebut melepaskan N sebagai amoniak (NH_3).

3. pH dijaga antara 6-8,5 untuk ikan Nila karena pH memegang peranan yang penting dalam pertumbuhan ikan. Pengelolaan pH dilakukan dengan cara pengapuran, ganti air dan penambahan $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$.
4. Analisa kontrol suhu dalam media *aquaculture*.

3.7. Analisis data dan pembahasan

Pada penelitian ini data yang dianalisis adalah persentase removal BOD_5 , N-TOTAL, P-TOTAL, persentase pertumbuhan berat dan panjang ikan. Hasil dari penelitian ini akan ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik. Dari hasil penelitian ini diharapkan dapat diketahui seberapa besar efektif metode *aquaculture* dengan memanfaatkan ikan Nila dalam meremoval BOD, N-TOTAL dan P-TOTAL.

3.8. Metode Statistik

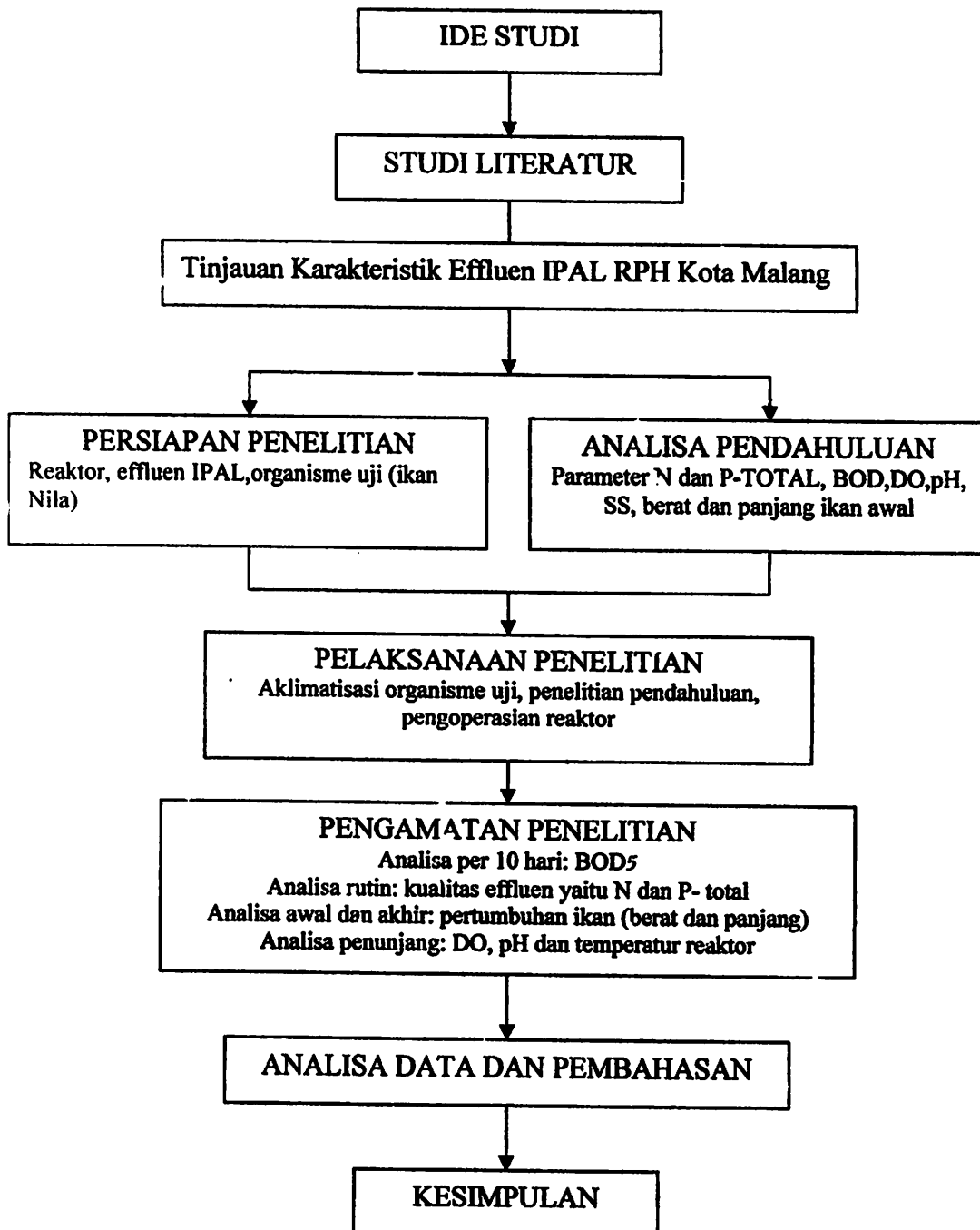
Dari hasil percobaan yang didapat dilakukan analisa data dengan metode :

Analisa Anova bertujuan untuk mengetahui tingkat keterkaitan suatu variabel terhadap variabel lain.

Analisa Korelasi bertujuan Untuk mengetahui ada atau tidaknya dan kuat lemahnya hubungan antara variabel bebas dan terikat.

Analisa regresi bertujuan untuk mengetahui apakah variabel bebas dapat memprediksi variabel tidak bebas.

3.9. Kerangka Penelitian



BAB IV

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1. Umum

Analisa data dan pembahasan terhadap hasil penelitian ini meliputi :

1. Karakteristik limbah.

Karakteristik limbah awal digunakan sebagai pembanding antara pengolahan tanpa pemanfaatan ikan dengan pemanfaatan ikan untuk budidaya. Selain itu juga untuk mengetahui organik loading sebagai kriteria desain.

2. Penurunan BOD₅, N-TOTAL dan P-TOTAL.

Untuk mengetahui seberapa besar penurunan BOD₅, N-TOTAL dan P-TOTAL, setelah air limbah dimanfaatkan untuk budidaya ikan Nila. Analisa data ini disajikan dalam bentuk tabel dan grafik.

3. Pertumbuhan ikan yang meliputi berat dan panjang ikan.

Untuk mengetahui kontribusi air limbah terhadap pertumbuhan ikan.

4.2. Aklimatisasi Organisme Uji pada Air Pengencer

Aklimatisasi ini dilakukan untuk mengetahui, apakah air pengencer layak digunakan untuk budidaya ikan atau tidak. Wadah untuk aklimatisasi adalah bak plastik dengan jumlah ikan Nila sebanyak 6 ekor.

Langkah – langkah dari aklimatisasi adalah sebagai berikut:

- 1. Air pengencer yang digunakan adalah air sungai yang diambil dari sungai Kendedes kecamatan Singosari. Proses aklimatisasi dilakukan secara batch, yang dilengkapi dengan aerator untuk menjaga DO dalam air. Ikan Nila yang dimasukkan dalam air pengencer dalam waktu 7 hari tidak mengalami kematian. Aklimatisasi tetap dilakukan, sampai pada hari ke-14 tidak ada penambahan jumlah kematian pada ikan Nila. Untuk itu air pengencer dari sungai Kendedes dan ikan Nila layak digunakan dalam penelitian ini.**

4.3. Karakteristik Effluen IPAL RPH Malang

Sebelum dilakukan penelitian, dilakukan terlebih dahulu analisis pendahuluan terhadap effluen IPAL. Analisis pendahuluan terhadap effluen IPAL RPH Malang dilakukan pada tanggal 29 September 2006 jam 10:45 WIB. Hasil dari analisis pendahuluan adalah sebagai berikut :

Tabel 4.1. Hasil analisa awal air limbah RPH Malang

PARAMETER	HASIL	
	AIR LIMBAH	AIR SUNGAI
BOD	164,4 mg/l	5,25 mg/L
TSS	75,3 mg/l	13,4 mg/L
Temperatur	26 °C	27 °C
pH	7,5	7,4
Phospat Total	2.952 mg/l	0,876 mg/L
Total Kjeldahl Nitrogen	14,14 mg/l	3,94 mg/L
DO (Dissolved Oxygen)	7,02 mg O ₂ /L	8,25 mg O ₂ /L

Sumber : Hasil Analisa Laboratorium Kualitas Air Jasa Tirta I.

4.4. Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian dilakukan sesuai dengan variasi yang telah ditentukan yaitu 40%, 60%, 80%, 90% dan 100% agar organik loadingnya terpenuhi. Air sungai murni (tanpa penambahan limbah) digunakan sebagai kontrol pertumbuhan ikan tanpa pemberian makanan tambahan. Untuk masing-masing reaktor waktu detensi ditentukan sama, yaitu 3 hari sesuai dengan kriteria desainnya antara 3 sampai 10 hari. *Stocking density* untuk masing-masing reaktor adalah 20 ekor/m².

Selanjutnya ikan Nila diaklimatisasikan kedalam reaktor dengan variasi effluen IPAL sebesar 40%, 60%, 80%, 90% dan 100%. Proses aklimatisasi dilakukan secara batch dan dilengkapi dengan aerator untuk menjaga DO dalam reaktor. Ikan Nila yang dimasukkan kedalam reaktor tersebut selama 7 hari tidak mengalami kematian. Kemudian aklimatisasi dilanjutkan sampai 14 hari, tidak ada penambahan jumlah kematian ikan.

4.4.1. Organik Loading

Sesuai dengan kriteria desain *Organik Loading Rate* (OLR) harus dibawah 100 kg BOD₅/m².hari dan lebih dari 25 kg BOD₅/m² hari. Organik loading dari masing-masing reaktor dapat dilihat dari tabel 4.3. Dari tabel 4.3 dapat dilihat bahwa OLR dari masing-masing reaktor sesuai dengan OLR untuk fishpond yaitu 25 – 100 kg BOD/m².hari. Semakin tinggi nilai BOD₅ maka semakin besar nilai OLR-nya. Nilai BOD₅ maksimum akan berpengaruh pada OLR, jadi OLR pada BOD₅ maks nilainya mendekati 100 kg BOD₅/m².hari. Untuk memperkecil nilai OLR bisa dengan memperlama waktu detensi. Volume air tiap-tiap reaktor sebesar 25 L.

Tabel 4.3. Organik Loading Rate Awal

Variasi Komposisi Media <i>Aquaculture</i>	Debit (L/hari)	Waktu Detensi (hari)	Luas Bak (m²)	BOD₅ (mg/L)	OLR (kg BOD₅/ha.hr)
A (40%)	8,33	3	0,196	64,4	27,37
B (60%)	8,33	3	0,196	99,4	42,25
C (80%)	8,33	3	0,196	132,7	56,38
D (90%)	8,33	3	0,196	145,8	61,73
E (100%)	8,33	3	0,196	164,4	69,87

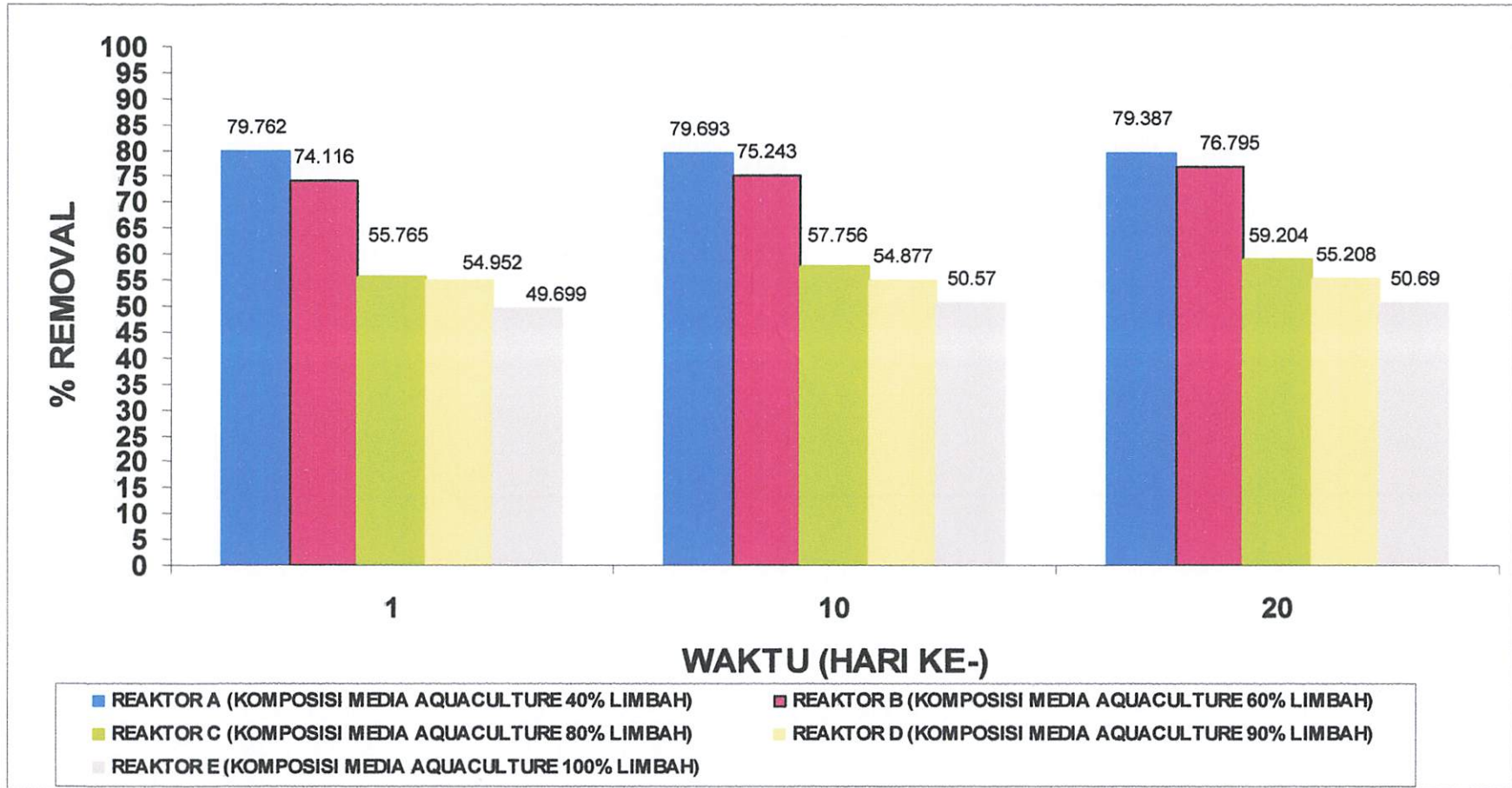
4.4.2. BOD₅

Kandungan bahan organik dalam *fish pond* memegang peranan penting. Dalam penelitian ini bahan organik diukur dengan menggunakan BOD₅. Kandungan BOD₅ yang masuk dalam reaktor relatif tinggi dan berfluktuatif akibat effluen dari IPAL yang berfluktuatif. Selama penelitian BOD₅ mengalami penurunan yang relatif besar.

4.4.2.1. Analisa Deskriptif

Tabel 4.4 Nilai Persentase Penurunan BOD tiap-tiap Reaktor

HARI KE-	% PENURUNAN BOD				
	REAKTOR A (Komposisi Media <i>Aquaculture</i> 40% Limbah)	REAKTOR B (Komposisi Media <i>Aquaculture</i> 60% Limbah)	REAKTOR C (Komposisi Media <i>Aquaculture</i> 80% Limbah)	REAKTOR D (Komposisi Media <i>Aquaculture</i> 90% Limbah)	REAKTOR E (Komposisi Media <i>Aquaculture</i> 100% Limbah)
1	79,762	74,116	55,765	54,952	49,699
10	79,693	75,243	57,756	54,877	50,57
20	79,387	76,795	59,204	55,208	50,69



Gambar 4.1. GRAFIK HUBUNGAN % REMOVAL KONSENTRASI BOD TIAP REAKTOR

Dari tabel 4.4 diatas terlihat bahwa presentase removal rata-rata BOD₅ yang paling tinggi adalah pada reaktor A (komposisi media *aquaculture* 40%). Hal ini disebabkan reaktor tersebut mempunyai bahan organik paling kecil sedangkan jumlah ikan yang ada pada masing-masing reaktor adalah sama. Sedangkan presentase removal rata-rata yang paling kecil pada reaktor E (komposisi media *aquaculture* 100 %).

$$\% \text{ Penurunan} = \frac{\text{Konsentrasi awal} - \text{Konsentrasi akhir}}{\text{Konsentrasi awal}} \times 100\%$$

4.4.2.2. Analisa ANOVA

Untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh perbedaan antara komposisi media *aquaculture* terhadap persentase penurunan BOD, maka dilakukan analisis dengan menggunakan uji ANOVA.

Uji ANOVA untuk pengaruh komposisi media *aquaculture* terhadap persentase penurunan BOD. Hasil uji tersebut dapat dilihat pada tabel 4.5 berikut.

Tabel 4.5. Hasil uji ANOVA Untuk Pengaruh Komposisi Media Aquaculture Terhadap Persentase Penurunan BOD

Source	DF	SS	MS	F	P
komposisi media <i>aquaculture</i>	4	2045,22	511,31	496,12	0,000
Error	10	10,31	1,03		
Total	14	2055,53			

Hipotesa yang diberikan adalah :

- H_0 = komposisi media *aquaculture* adalah tidak berbeda nyata
- H_1 = komposisi media *aquaculture* adalah berbeda nyata

Pengambilan keputusan berdasarkan :

- Jika probabilitas $\geq 0,05$, H_0 diterima.
- Jika probabilitas $< 0,05$, H_0 ditolak

Keputusan :

- $P = 0,000 < \alpha (\alpha) 0,05$. Artinya ada perbedaan yang signifikan antara komposisi media *aquaculture* terhadap persentase penurunan BOD.
- Dari tabel distribusi F didapatkan $F_{\text{tabel}} = 3.982$ sedangkan $F_{\text{hitung}} = 496,12$. Karena $F_{\text{hitung}} > F_{\text{tabel}}$, maka H_0 ditolak. Artinya ada perbedaan yang signifikan antara komposisi media *aquaculture* terhadap persentase penurunan BOD.

4.4.2.3. Analisa Korelasi

Untuk mengetahui ada atau tidaknya dan kuat lemahnya serta arah hubungan antara variabel komposisi media *aquaculture* dengan persentase penurunan BOD dapat digunakan analisa korelasi. Hasil analisa korelasi dapat dilihat pada tabel 4.6.

Hipotesa yang diberikan :

- H_0 : Tidak ada hubungan (korelasi) antara dua variabel
- H_1 : Ada hubungan (korelasi) antara dua variabel

Dasar pengambilan keputusan berdasarkan probabilitas:

- Jika Probabilitas $\geq 0,05$, maka H_0 diterima.
- Jika Probabilitas $< 0,05$, maka H_0 ditolak.

Tabel 4.6. Korelasi Antara Komposisi Media *Aquaculture* Dengan Persentase Penurunan BOD

Item	Uji Korelasi		Keputusan	Kesimpulan
	Korelasi	P		
Komposisi media <i>aquaculture</i>	-0,974	0,000	Tolak H_0	ada hubungan yang signifikan antara komposisi media <i>aquaculture</i> dengan persentase penurunan BOD

Berdasarkan hasil analisa pada tabel 4.6 dapat diketahui bahwa komposisi media *aquaculture* dengan persentase penurunan BOD berhubungan erat secara signifikan (besar).

Karena nilai korelasinya -0,974 (negatif), maka hubungan antara variasi pengenceran limbah dengan persentase penurunan BOD adalah negatif. Artinya, apabila variabel komposisi media *aquaculture* menurun, maka variabel persentase penurunan BOD meningkat.

4.4.2.4. Analisa Regresi

Dalam membuat model regresi, pertama kali yang dilakukan adalah memeriksa model hubungan yang terbentuk antara variabel bebas dan variabel terikat, apakah model linear atau nonlinear. Pertimbangan penentuan jenis model adalah semakin besar koefisien determinasi (R^2), maka model makin baik dan semakin kecil standar deviasi (S), maka model dikatakan lebih baik dari model lainnya (Iriawan dan Astuti, 2006). Hasil pemeriksaan jenis model dapat dilihat pada tabel 4.7.

Tabel 4.7. Nilai Koefisien S dan R^2 Model Linear dan Nonlinear Pada Analisa Regresi Persentase Penurunan BOD

Statistik	Linear	Nonlinear	
		Kuadratik	Kubik
S	2.83640	2.85632	1.71043
R^2	94.9%	95.2%	98.4%

Pada tabel 4.7 dapat dilihat bahwa model regresi nonlinear tipe kubik memiliki nilai R^2 terbesar yaitu 98,4% dan nilai S terkecil yaitu 1,71043. Maka dapat ditentukan bahwa model nonlinear tipe kubik lebih sesuai untuk digunakan dalam analisa regresi persentase penurunan BOD ini.

Tabel 4.8. Koefisien Persamaan Regresi Persentase Penurunan BOD

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	-12,33	23,25	-0,53	0,607
komposisi media <i>aquaculture</i>	4,879	1,100	4,43	0,001
komposisi media <i>aquaculture</i> ²	-0,07909	0,01634	-4,84	0,001
komposisi media <i>aquaculture</i> ³	0,00036622	0,00007727	4,74	0,001

S = 1,71043 R-Sq = 98,4% R-Sq(adj) = 98,0%

Tabel 4.9. Hasil Uji Ke nonlinieran Analisa Regresi Persentase Penurunan Konsentrasi BOD

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	3	2023,35	674,45	230,54	0,000
Residual Error	11	32,18	2,93		
Total	14	2055,53			

Hipotesis :

- H_0 = Konstanta X, X^2 dan X^3 bernilai nol
- H_1 = Konstanta X, X^2 dan X^3 tidak bernilai nol

Dasar pengambilan keputusan :

1. Jika probabilitas > 0,05, H_0 diterima
 2. Jika probabilitas < 0,05, H_0 ditolak
- A. Hasil uji kenonlinieran pada tabel 4.9 bahwa nilai probabilitas 0,000 lebih kecil dari 0,05; maka H_0 ditolak dan menerima hipotesis alternatif (H_1). Oleh karena itu, kesimpulannya adalah semua parameter atau salah satu parameter model regresi secara statistik tidak bernilai nol. Artinya, model regresi bisa dipakai untuk memprediksi persentase penurunan konsentrasi BOD.
- B. Dari analisa regresi yang dilakukan, model regresi yang didapat yaitu :

$$Y = - 12,3 + 4,88 X - 0,0791 X^2 + 0,000366 X^3$$

Dimana:

Y = persentase penurunan BOD

X = komposisi media *aquaculture* (%)

Adapun interpretasi dari persamaan diatas adalah:

- $Y = -12,3$

Nilai konstanta -12,3 menunjukkan bahwa nilai ini adalah penentu tinggi dari garis regresi. Pangkal garis itu berada dibawah nilai nol (negatif). Karena hipotesis awal bahwa tidak ada nilai X yang bernilai nol, maka untuk nilai X=0 dapat dikatakan bahwa tidak terjadi persentase penurunan BOD. Sehingga untuk nilai X= 40% nilai Y = 79,76% dengan prediksi keakuratan 98,4%.

- $X_1 = 4,88 ; X^2 = -0,0791 ; X^3 = 0,000366$

Nilai koefisien regresi menunjukkan kemiringan garis (koefisien arah). Nilai koefisien regresi yang lebih tinggi menunjukkan garis regresi yang curam, sebaliknya apabila nilai koefisien regresi yang rendah menunjukkan garis regresi yang lebih landai atau datar. Menurut hasil penelitian disimpulkan apabila terjadi penambahan komposisi media *aquaculture* 1 satuan, maka persentase penurunan BOD yang dihasilkan rata-rata akan berkurang sebesar 4,88 kali dengan tingkat keakuratan 98,4%.

C. Dari hasil analisa regresi juga didapatkan koefisien determinasi (R Square= r^2) sebesar 98,4% dengan koefisien determinasi yang terkoreksi dari faktor kesalahan (bias) sebesar 98,0%, menyatakan besarnya pengaruh komposisi media *aquaculture* terhadap persentase penurunan konsentrasi BOD. Artinya sebesar 98,4% persentase penurunan konsentrasi BOD dipengaruhi oleh adanya komposisi media *aquaculture*. Sedangkan sisanya 1,6% dijelaskan oleh sebab-sebab lain yang tidak masuk ke dalam model.

D. Dari uji ke nonlinieran untuk analisa regresi atau F test, didapat nilai F hitung (tabel 4.9) 230,54. Dari tabel distribusi F didapatkan $F_{\text{tabel}} 3,982$.

Karena F_{hitung} lebih besar dari F_{tabel} , maka kesimpulannya adalah persentase penurunan konsentrasi BOD dengan komposisi media *aquaculture* mempunyai hubungan nonlinier.

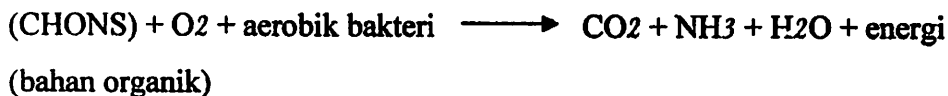
- E. Uji t untuk menguji signifikan konstanta dan variabel independen (bebas).
- Dengan membandingkan statistik t_{hitung} dengan statistik t_{tabel} . Jika $t_{hitung} < t_{tabel}$, maka H_0 diterima dan H_1 ditolak dan begitu juga sebaliknya. Nilai t_{tabel} adalah 1.796; sedangkan nilai t_{hitung} berdasarkan tabel 4.8 adalah 4,43 (komposisi media *aquaculture* ke-n), dan 4,74 (komposisi media *aquaculture* ke- n^3). Karena $t_{hitung} > t_{tabel}$ maka koefisien regresi signifikan. Sedangkan nilai t_{hitung} yang lain dari tabel 4.8 sebesar -4,84 (komposisi media *aquaculture* ke- n^2) karena $t_{hitung} < t_{tabel}$ maka koefisien regresi tersebut tidak signifikan.
 - Nilai t_{hitung} dari konstanta regresi pada tabel 4.8 sebesar -0,53, karena $t_{hitung} < t_{tabel}$ maka konstanta regresi tersebut tidak signifikan.

4.4.2.5. Pembahasan

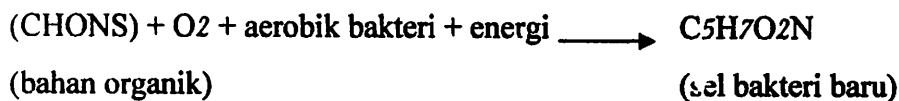
Nilai BOD pada masing-masing reaktor berfluktuatif. Hal ini disebabkan karena effluen IPAL RPH yang digunakan untuk penelitian, konsentrasinya juga berfluktuatif. Pada gambar terlihat bahwa persentase penurunan BOD tertinggi terjadi pada reaktor A (komposisi media *aquaculture* 40% limbah, hari ke-1), yaitu sebesar 79,762%. Sedangkan persentase penurunan BOD terkecil terjadi pada reaktor E (komposisi media *aquaculture* 100%, hari ke-1), yaitu sebesar 49,699%. Variasi komposisi media *aquaculture* (perbandingan antara air limbah dan air sungai) mempunyai pengaruh yang besar terhadap persentase penurunan BOD. Hal ini didasarkan pada analisa korelasi Pearson pada tabel sebesar -0,974. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel sangat kuat karena berada di antara 0,9 – 1 (Soleh, 2005). Sehingga dapat disimpulkan bahwa komposisi media *aquaculture* mempunyai hubungan yang sangat erat (signifikan) dengan persentase penurunan BOD. Akan tetapi hubungan komposisi media *aquaculture* dengan persentase penurunan BOD adalah negatif (berlawanan),

maka apabila variabel komposisi media *aquaculture* menurun, maka variabel persentase penurunan BOD meningkat, begitupun sebaliknya. BOD merupakan analisa empiris yang secara global mendekati proses-proses mikrobiologis yang benar-benar terjadi dalam air. BOD merupakan kebutuhan oksigen terlarut oleh mikroba air untuk menguraikan zat-zat organik, mengoksidasi-reduksi nitrogen dan jenis-jenis mineral. Penurunan kandungan organik dalam kolam disebabkan oleh aktifitas bakteri dan alga. Bahan organik akan didegradasi oleh bakteri menjadi CO₂ dan H₂O melalui bantuan oksigen. Sebagian besar bakteri merupakan organisme sel tunggal non fotosintesis, yang pertumbuhannya paling banyak diperoleh melalui oksida senyawa organik. Senyawa organik juga merupakan sumber karbon dan tenaga bagi sebagian bakteri untuk keperluan sintesa sel baru. Sedangkan alga berfungsi sebagai penghasil O₂, melakukan fotosintesa, mengubah CO₂ menjadi karbohidrat dan O₂.

Proses Oksidasi



Proses Sintesa



Dari proses reaksi diatas maka dapat dilihat bahwa semakin besar komposisi media *aquaculture* (penambahan air limbah) dalam reaktor semakin besar pula kandungan BODnya. Bahan organik yang masuk kedalam kolam tidak semuanya habis, masih ada sisa dalam air. Tersedianya nutrien dan bahan organik yang banyak dalam air mempercepat pertumbuhan alga. Alga inilah yang dimanfaatkan oleh ikan sebagai makanan alaminya. Akan tetapi tidak semua alga dapat termakan oleh ikan. Alga yang dihasilkan pada reaktor A diperkirakan cukup sebagai pakan ikan (dengan kepadatan ikan 4 ekor) karena persentase penurunan BODnya tertinggi. Sedangkan alga yang diproduksi pada reaktor E berlebihan, sehingga dengan kepadatan ikan yang sama maka alga tersebut tidak termakan semuanya. Alga yang tidak termakan akan mati dan mengendap ke dasar kolam dan melepaskan mineral maupun bahan organik. Oleh sebab itulah,

reaktor dengan bahan organik yang tinggi akan menyisakan bahan organik yang tidak sedikit pula, misalnya reaktor E (komposisi media *aquaculture* 100% limbah).

Untuk memprediksi persentase penurunan BOD berdasarkan variasi komposisi media *aquaculture*, dapat digunakan persamaan regresi sebagai berikut:

$$Y = - 12,3 + 4,88 X - 0,0791 X^2 + 0,000366 X^3$$

Dimana:

Y = persentase penurunan BOD

X = komposisi media *aquaculture* (%)

Dari analisa regresi dapat disimpulkan, bahwa model regresi bisa dipakai untuk memprediksi persentase penurunan BOD pada semua reaktor, yang ditunjukkan dengan nilai F hitung (sebesar 230,54) lebih besar dari F tabel (sebesar 3,982). Hasil analisa regresi menunjukkan hubungan yang erat antara variasi komposisi media *aquaculture* dengan persentase penurunan BOD. Dimana 98,4% data persentase penurunan BOD dipengaruhi oleh variasi komposisi media *aquaculture*. Semakin besar penambahan air limbah (komposisi media *aquaculture*) dalam reaktor semakin besar pula kandungan BODnya maka persentase penurunan BOD semakin rendah. Sedangkan sisanya 1,6% dipengaruhi oleh faktor-faktor yang lain seperti pengendapan sludge dan faeces ikan. Menurut Sri Santi Kenasih (TA, 2003) disamping karena aktifitas dari alga dan mikroorganisme, removal BOD juga dipengaruhi adanya pengendapan dari sludge dan faeces ikan yang ada. Maka persentase removal BOD tersebut, tidak memperhitungkan buangan organik yang berasal dari ikan. Maka sludge dan faeces ikan tersebut berpotensi sebagai pencemar (polutan) sekunder.

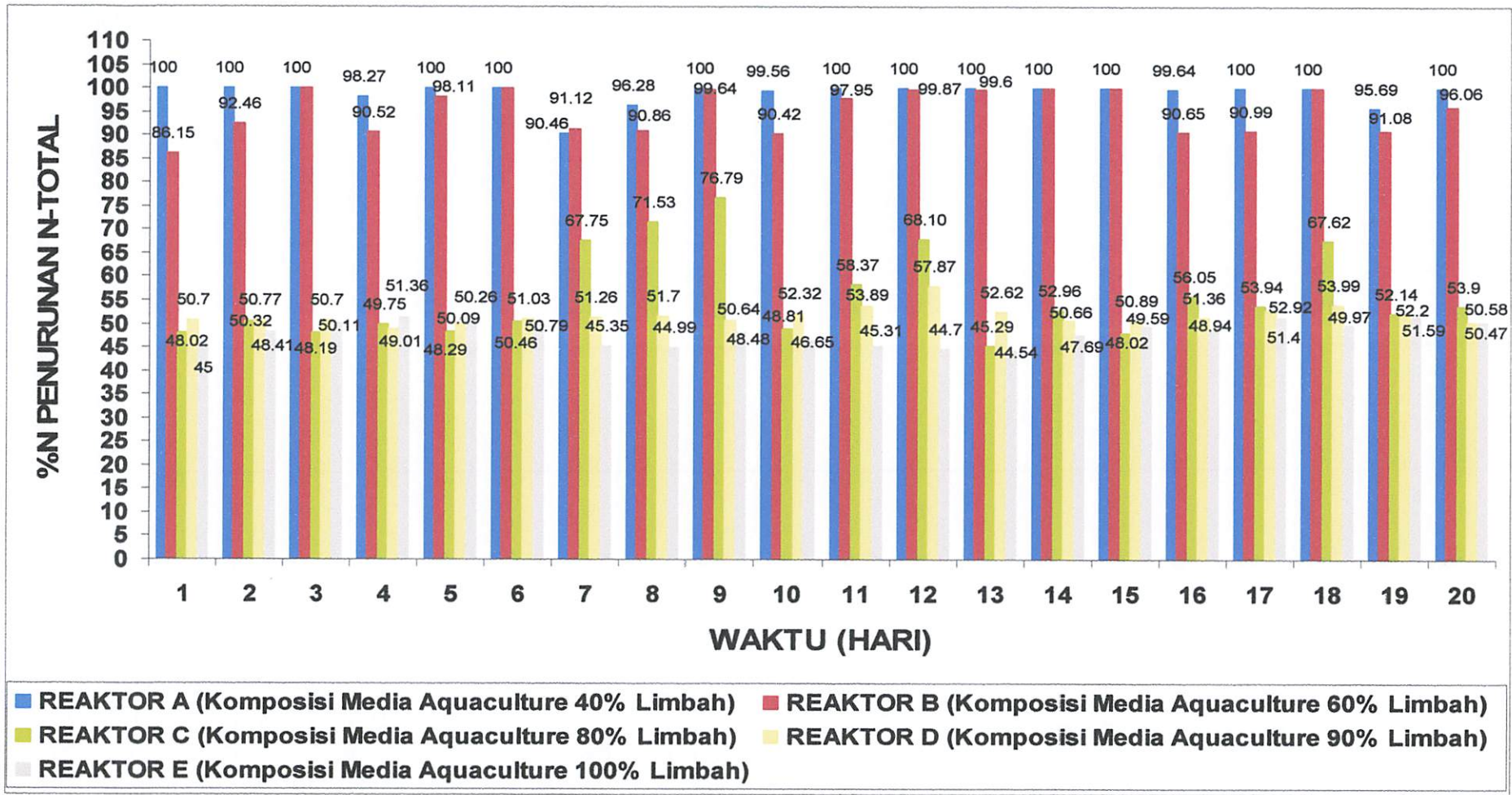
Nilai pH pada masing-masing reaktor befluktuatif (lampiran). Hal ini disebabkan influen dari air yang digunakan juga befluktuatif. Nilai pH pada masing-masing reaktor relatif hampir sama walaupun cenderung agak tinggi. Nilai rata-rata pH yang tertinggi terdapat pada reaktor E (komposisi media *aquaculture* 100% limbah). Nilai pH yang tinggi ini disebabkan oleh influen air limbah yang juga masih tinggi. Kondisi pH yang tinggi dipengaruhi oleh fotosintesis yang meningkatkan konsentrasi oksigen.

4.4.3.N-TOTAL

4.4.3.1. Analisa Deskriptif

Tabel 4.10. Nilai Persentase Penurunan N-TOTAL tiap-tiap Reaktor

Hari ke-	Persentase penurunan N-TOTAL				
	Reaktor A (Komposisi Media <i>Aquaculture</i> 40% Limbah)	Reaktor B (Komposisi Media <i>Aquaculture</i> 60% Limbah)	Reaktor C (Komposisi Media <i>Aquaculture</i> 80% Limbah)	Reaktor D (Komposisi Media <i>Aquaculture</i> 90% Limbah)	Reaktor E (Komposisi Media <i>Aquaculture</i> 100% Limbah)
1	100	86.15	48.02	50.7	45
2	100	92.46	50.32	50.77	48.41
3	100	100	48.19	50.7	50.11
4	98.27	90.52	49.75	49.01	51.36
5	100	98.11	48.29	50.09	50.26
6	100	100	50.46	51.03	50.79
7	90.46	91.12	67.75	51.26	45.35
8	96.28	90.86	71.53	51.7	44.99
9	100	99.64	76.79	50.64	48.48
10	99.56	90.42	48.81	52.32	46.65
11	100	97.95	58.37	53.89	45.31
12	100	99.87	68.10	57.87	44.7
13	100	99.6	45.29	52.62	44.54
14	100	100	52.96	50.66	47.69
15	100	100	48.02	50.89	49.59
16	99.64	90.65	56.05	51.36	48.94
17	100	90.99	53.94	52.92	51.4
18	100	100	67.62	35.98	49.97
19	95.69	91.08	52.14	52.2	51.59
20	100	96.06	53.9	50.58	50.47



Gambar 4.2. GRAFIK HUBUNGAN % REMOVAL KONSENTRASI N-TOTAL TIAP REAKTOR

Konsentrasi N-TOTAL pada masing-masing reaktor berbeda. Hal ini disebabkan oleh influen dari masing-masing jenis reaktor juga berbeda. Semakin tinggi air limbah yang ditambahkan maka konsentrasi N-TOTALnya juga semakin tinggi. Air limbah yang ditambahkan mempunyai kandungan N-TOTAL yang relatif tinggi. Nilai N-TOTAL terkecil terdapat pada reaktor A (komposisi media *aquaculture* 40% limbah) sedangkan nilai N-TOTAL tertinggi terdapat pada reaktor E (komposisi media *aquaculture* 100% limbah). Selama penelitian kandungan N-TOTAL dalam reaktor mengalami penurunan. Penurunan N pada penelitian ini bisa mencapai 100%. Sebagian besar N yang terdapat dalam reaktor ini berasal dari air limbah rumah potong hewan yang mengandung N yang cukup tinggi pula.

4.4.3.2. Analisa ANOVA

Untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh perbedaan antara komposisi media *aquaculture* terhadap persentase penurunan N-TOTAL, maka dilakukan analisis dengan menggunakan uji ANOVA.

Uji ANOVA untuk pengaruh komposisi media *aquaculture* terhadap persentase penurunan N-TOTAL. Hasil uji tersebut dapat dilihat pada tabel 4.11 berikut:

Tabel 4.11. Hasil uji ANOVA Untuk Pengaruh Komposisi Media *Aquaculture* Terhadap Persentase Penurunan N-TOTAL

Source	DF	SS	MS	F	P
komposisi media <i>aquaculture</i>	4	50295,1	12573,8	436,01	0,000
Error	95	2739,6	28,8		
Total	99	53034,7			

Hipotesa yang diberikan adalah :

- H_0 = komposisi media *aquaculture* adalah tidak berbeda nyata
- H_1 = komposisi media *aquaculture* adalah berbeda nyata

Pengambilan keputusan berdasarkan :

- Jika probabilitas $\geq 0,05$, H_0 diterima.
- Jika probabilitas $< 0,05$, H_0 ditolak

Keputusan :

- $P = 0,000 < \alpha (\alpha) 0,05$. Artinya ada perbedaan yang signifikan antara komposisi media *aquaculture* terhadap persentase penurunan N-TOTAL.
- Dari tabel distribusi F didapatkan $F_{\text{tabel}} = 3,091$ sedangkan pada tabel 4.11 didapat $F_{\text{hitung}} = 436,01$. Karena $F_{\text{hitung}} > F_{\text{tabel}}$, maka H_0 ditolak. Artinya ada perbedaan yang signifikan antara komposisi media *aquaculture* terhadap persentase penurunan N-TOTAL.

4.4.3.3. Analisa Korelasi

Untuk mengetahui ada atau tidaknya dan kuat lemahnya serta arah hubungan antara variabel komposisi media *aquaculture* dengan persentase penurunan N-TOTAL dapat digunakan analisa korelasi. Hasil analisa korelasi dapat dilihat pada tabel 4.12.

Hipotesa yang diberikan :

- H_0 : Tidak ada hubungan (korelasi) antara dua variabel
- H_1 : Ada hubungan (korelasi) antara dua variabel

Dasar pengambilan keputusan berdasarkan probabilitas:

- Jika Probabilitas $\geq 0,05$, maka H_0 diterima.
- Jika Probabilitas $< 0,05$, maka H_0 ditolak.

Tabel 4.12. Korelasi Antara komposisi media *aquaculture* dengan Persentase Penurunan N-TOTAL

Item	Uji Korelasi		Keputusan	Kesimpulan
	Korelasi	P		
komposisi media <i>aquaculture</i>	-0,923	0,000	Tolak H_0	ada hubungan yang signifikan antara komposisi media <i>aquaculture</i> dengan persentase penurunan N-TOTAL

Berdasarkan hasil analisa pada tabel 4.12 dapat diketahui bahwa komposisi media *aquaculture* dengan persentase dengan penurunan N-TOTAL berhubungan erat secara signifikan (besar).

Karena nilai korelasinya -0,923 (negatif), maka hubungan antara komposisi media *aquaculture* dengan persentase penurunan N-TOTAL adalah negatif. Artinya, apabila variabel komposisi media *aquaculture* menurun, maka variabel persentase penurunan N-TOTAL meningkat.

4.4.3.4. Analisa Regresi

Dalam membuat model regresi, pertama kali yang dilakukan adalah memeriksa model hubungan yang terbentuk antara variabel bebas dan variabel terikat, apakah model linear atau nonlinear. Pertimbangan penentuan jenis model adalah semakin besar koefisien determinasi (R^2), maka model makin baik dan semakin kecil standar deviasi (S), maka model dikatakan lebih baik dari model lainnya (Iriawan dan Astuti, 2006). Hasil pemeriksaan jenis model dapat dilihat pada tabel 4.13.

Tabel 4.13. Nilai Koefisien S dan R^2 Model Linear dan Nonlinear Pada Analisa Regresi Persentase Penurunan N-TOTAL

Statistik	Linear	Nonlinear	
		Kuadratik	Kubik
S	8.93719	8.97163	5.83140
R^2	85.2%	85.3%	93.8%

Pada tabel 4.13 dapat dilihat bahwa model regresi nonlinear tipe kubik memiliki nilai R^2 terbesar yaitu 93,8% dan nilai S terkecil yaitu 5,83140. Maka dapat ditentukan bahwa model nonlinear tipe kubik lebih sesuai untuk digunakan dalam analisa regresi persentase penurunan N-TOTAL ini.

Tabel 4.14. Koefisien Persamaan Regresi Persentase Penurunan N-TOTAL

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	-207,14	30,70	-6,75	0,000
komposisi media <i>aquaculture</i>	15,770	1,453	10,86	0,000
komposisi media <i>aquaculture</i> ²	-0,24994	0,02158	-11,58	0,000
komposisi media <i>aquaculture</i> ³	0,0011793	0,0001020	11,56	0,000

S = 5,83140 R-Sq = 93,8% R-Sq(adj) = 93,7%

Tabel 4.15. Hasil Uji Ke nonlinieran Analisa Regresi Persentase Penurunan Konsentrasi N-TOTAL

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	3	49770	16590	487,87	0,000
Residual Error	96	3264	34		
Total	99	53035			

Hipotesis :

- $H_0 =$ Konstanta X , X^2 dan X^3 bernilai nol
- $H_1 =$ Konstanta X , X^2 dan X^3 tidak bernilai nol

Dasar pengambilan keputusan :

3. Jika probabilitas $> 0,05$, H_0 diterima
 4. Jika probabilitas $< 0,05$, H_0 ditolak
- A. Hasil uji kenonlinieran pada tabel 4.15 bahwa nilai probabilitas 0,000 lebih kecil dari 0,05; maka H_0 ditolak dan menerima hipotesis alternatif (H_1). Oleh karena itu, kesimpulannya adalah semua parameter atau salah satu parameter model regresi secara statistik tidak bernilai nol. Artinya, model regresi bisa dipakai untuk memprediksi persentase penurunan konsentrasi N-TOTAL.

B. Dari analisa regresi yang dilakukan, model regresi yang didapat yaitu :

$$Y = - 207 + 15,8 X - 0,250 X^2 + 0,00118 X^3$$

Dimana:

Y = persentase penurunan N-TOTAL

X = komposisi media *aquaculture*

Adapun interpretasi dari persamaan diatas adalah:

- $Y = -207$

Nilai konstanta -207 menunjukkan bahwa nilai ini adalah penentu tinggi dari garis regresi. Pangkal garis itu berada dibawah nilai nol (negatif). Karena hipotesis awal bahwa tidak ada nilai X yang bernilai nol, maka untuk nilai $X=0$ dapat dikatakan bahwa tidak terjadi persentase penurunan N-TOTAL. Sehingga untuk $X= 40\%$ maka nilai $Y = 100\%$ dengan keakuratan prediksi sebesar 93,8%.

- $X = 15,8 ; X^2 = -0,250 ; X^3 = 0,00188$

Nilai koefisien regresi menunjukkan kemiringan garis (koefisien arah). Nilai koefisien regresi yang lebih tinggi menunjukkan garis regresi yang curam, sebaliknya apabila nilai koefisien regresi yang rendah menunjukkan garis regresi yang lebih landai atau datar. Menurut hasil penelitian disimpulkan apabila terjadi penambahan komposisi media *aquaculture* 1 satuan, maka persentase penurunan N-TOTAL yang dihasilkan rata-rata akan berkurang sebesar 15,8 kali dengan tingkat keakuratan 93,8%.

C. Dari hasil analisa regresi juga didapatkan koefisien determinasi (R^2 Square= r^2) sebesar 93,8% dengan koefisien determinasi yang terkoreksi dari faktor kesalahan (bias) sebesar 93,7%, menyatakan besarnya pengaruh komposisi media *aquaculture* terhadap persentase penurunan konsentrasi N-TOTAL. Artinya, sebesar 93,8% penurunan konsentrasi N-TOTAL dipengaruhi oleh adanya komposisi media *aquaculture*. Sedangkan sisanya 6,2% dijelaskan oleh sebab-sebab lain yang tidak masuk ke dalam model.

D. Dari uji ke nonlinieran untuk analisa regresi atau F test, didapat nilai F_{hitung} (tabel 4.15) 487,87. Dari tabel distribusi F didapatkan F_{tabel} 3,091. Karena F_{hitung} lebih besar dari F_{tabel} , maka kesimpulannya adalah persentase penurunan konsentrasi N-TOTAL dengan komposisi media *aquaculture* mempunyai hubungan nonlinier. Untuk nilai probabilitas 0,000 lebih kecil dari 0,05; maka model regresi bisa dipakai untuk memprediksi persentase penurunan konsentrasi N-TOTAL.

E. Uji t untuk menguji signifikan konstanta dan variabel independen (bebas).

Dengan membandingkan statistik t_{hitung} dengan statistik t_{tabel} .

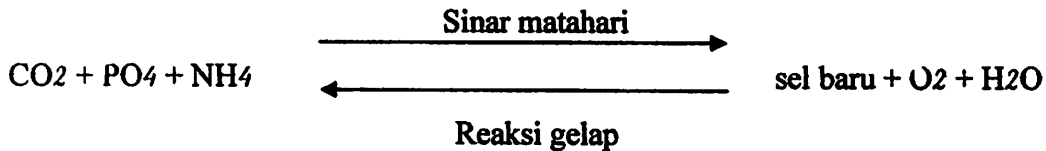
- Jika $t_{hitung} < t_{tabel}$, maka H_0 diterima dan H_1 ditolak dan begitu juga sebaliknya. Nilai t_{tabel} adalah 1,661; sedangkan nilai t_{hitung} berdasarkan tabel 4.14 adalah 10,86 (komposisi media *aquaculture*) dan 11,56 (komposisi media *aquaculture*³). Karena $t_{hitung} > t_{tabel}$ maka koefisien regresi signifikan. Sedangkan nilai t_{hitung} yang lain dari tabel 4.14 sebesar -11,58 (komposisi media *aquaculture*²), karena $t_{hitung} < t_{tabel}$ maka koefisien regresi tersebut tidak signifikan.
- Nilai t_{hitung} dari konstanta regresi pada tabel 4.14 sebesar -6,75, karena $t_{hitung} < t_{tabel}$ maka konstanta regresi tersebut tidak signifikan.

4.4.3.5. Pembahasan

Nilai persentase penurunan N-TOTAL pada masing-masing reaktor berbeda-beda. Hal ini disebabkan influen (effluen IPAL RPH) yang masuk ke reaktor uji, konsentrasinya juga sangat berfluktuatif. Nilai persentase removal N-TOTAL terbesar sebesar 100% terjadi pada reaktor A, pada reaktor B juga sedikit dijumpai persentase removal sebesar 100%. Hal ini disebabkan N-TOTAL dalam reaktor tersebut bisa digunakan semua oleh alga untuk pertumbuhan alga. Seperti yang telah diketahui bahwa nitrogen merupakan salah satu nutrisi yang sangat penting bagi pertumbuhan alga. Produksi alga yang cukup sesuai dengan kepadatan ikan uji dalam reaktor juga mempengaruhi persentase penurunan N-

TOTAL. Sehingga pakan ikan (alga) tersedia cukup sesuai dengan kepadatan ikan dalam reaktor (4 ekor per reaktor).

Proses fotosintesis alga adalah sebagai berikut :



Dari reaksi diatas dapat dilihat faktor-faktor penting yang mempengaruhi pertumbuhan alga. Pada umumnya untuk waktu detensi 3 sampai 4 hari dengan adanya sinar matahari dan temperatur yang cukup, keberadaan nitrogen dalam air seluruhnya akan bisa dimanfaatkan oleh alga melalui proses fotosintesis (Oswald dan Gotaas dalam Polprasert, 1989). Alga inilah yang akan digunakan sebagai pakan alami oleh ikan uji (ikan Nila). Sedangkan persentase penurunan N-TOTAL terendah banyak terjadi pada reaktor E (komposisi media *aquaculture* 100% limbah), dengan persentase penurunan N-TOTAL terendah sebesar 44,7% (pada hari ke-12). Tersedianya nitrogen yang tinggi membuat produksi alga juga berlebihan. Karena makanan yang tersedia berlebihan maka tidak semuanya alga dimakan ikan (sesuai kepadatan ikan 4 ekor per reaktor). Alga yang telah mati atau tidak termakan ikan didekomposisi bakteri menjadi senyawa organik kembali. Hal inilah yang membuat persentase penurunan N-TOTAL tidak 100%. Sisa nitrogen dalam air juga disebabkan oleh aktifitas ikan, yaitu kotoran ikan yang dikeluarkan lewat proses metabolisme dari protein. Amonia merupakan produk akhir dari sisa pencernaan protein oleh ikan. Ikan mencerna protein dari makanannya dan mengeluarkan kotoran amonia melalui insang dan faeces. Maka dapat dikatakan sisa N dari aktifitas metabolisme ikan tersebut berpotensi sebagai pencemar (polutan) sekunder.

Variasi komposisi media *aquaculture* mempunyai pengaruh yang besar terhadap persentase penurunan N-TOTAL. Hal ini didasarkan pada analisa korelasi Pearson pada tabel sebesar -0,923. Dari nilai tersebut menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel sangat kuat karena berada di antara 0,9 – 1 (Soleh, 2005). Sehingga dapat disimpulkan bahwa komposisi media *aquaculture* mempunyai hubungan yang sangat erat (signifikan) dengan persentase penurunan N-TOTAL. Akan tetapi hubungan komposisi media *aquaculture* dengan

persentase penurunan N-TOTAL adalah negatif (berlawanan), maka apabila variabel komposisi media *aquaculture* menurun, maka variabel persentase penurunan N-TOTAL meningkat, begitupun sebaliknya. Effluen dari kolam ikan yang menghasilkan N nol, menandakan bahwa N dalam kolam bisa dimanfaatkan semua oleh alga untuk pertumbuhan alga. Seperti yang telah diketahui bahwa N merupakan salah satu nutrisi yang sangat penting bagi pertumbuhan alga selain P, K dan S (untuk diatome). Menurut Harliani (TA, 2001) dikatakan bahwa dengan tingginya konsentrasi nitrogen maka persentase penurunan nitrogen dengan memanfaatkan kolam HRAP (*High Rate Algae Pond*) akan rendah. Ini sesuai dengan hasil penelitian, dimana reaktor dengan konsentrasi nitrogen yang tinggi (reaktor E) maka dihasilkan persentase penurunan yang rendah, begitupun sebaliknya.

Untuk memprediksi persentase penurunan N-TOTAL berdasarkan variasi komposisi media *aquaculture*, dapat digunakan persamaan regresi sebagai berikut:

$$Y = - 207 + 15,8 X - 0,250 X^2 + 0,00118 X^3$$

Dimana:

Y = persentase penurunan N-TOTAL

X = komposisi media *aquaculture* (%)

Dari analisa regresi dapat disimpulkan, bahwa model regresi bisa dipakai untuk memprediksi persentase penurunan N-TOTAL pada semua reaktor, yang ditunjukkan dengan nilai nilai F hitung (tabel 4.15) 487,87. Dari tabel distribusi F didapatkan F tabel 3,091. Karena F hitung lebih besar dari F tabel, maka kesimpulannya adalah persentase penurunan konsentrasi N-TOTAL dengan komposisi media *aquaculture* mempunyai hubungan nonlinier. Untuk lebih lengkapnya, hasil analisa regresi dapat dilihat pada lampiran.

Hasil analisa regresi menunjukkan hubungan yang erat antara variasi komposisi media *aquaculture* dengan persentase penurunan N-TOTAL. Dimana 93,8% data persentase penurunan N-TOTAL dipengaruhi oleh variasi komposisi media *aquaculture*, sedangkan sisanya 6,2% dipengaruhi oleh faktor-faktor yang lain seperti pH, temperatur, lahan yang tersedia, kebiasaan makan ikan, kepadatan

ikan dan waktu detensi. Menurut Sri Santi Kenasih (TA, 2003) kepadatan ikan uji dalam reaktor juga mempengaruhi persentase penurunan N-TOTAL. Kepadatan ikan yang kecil akan berakibat tidak efektifnya makanan (alga yang tersedia berlebihan) dan lahan yang tersedia.

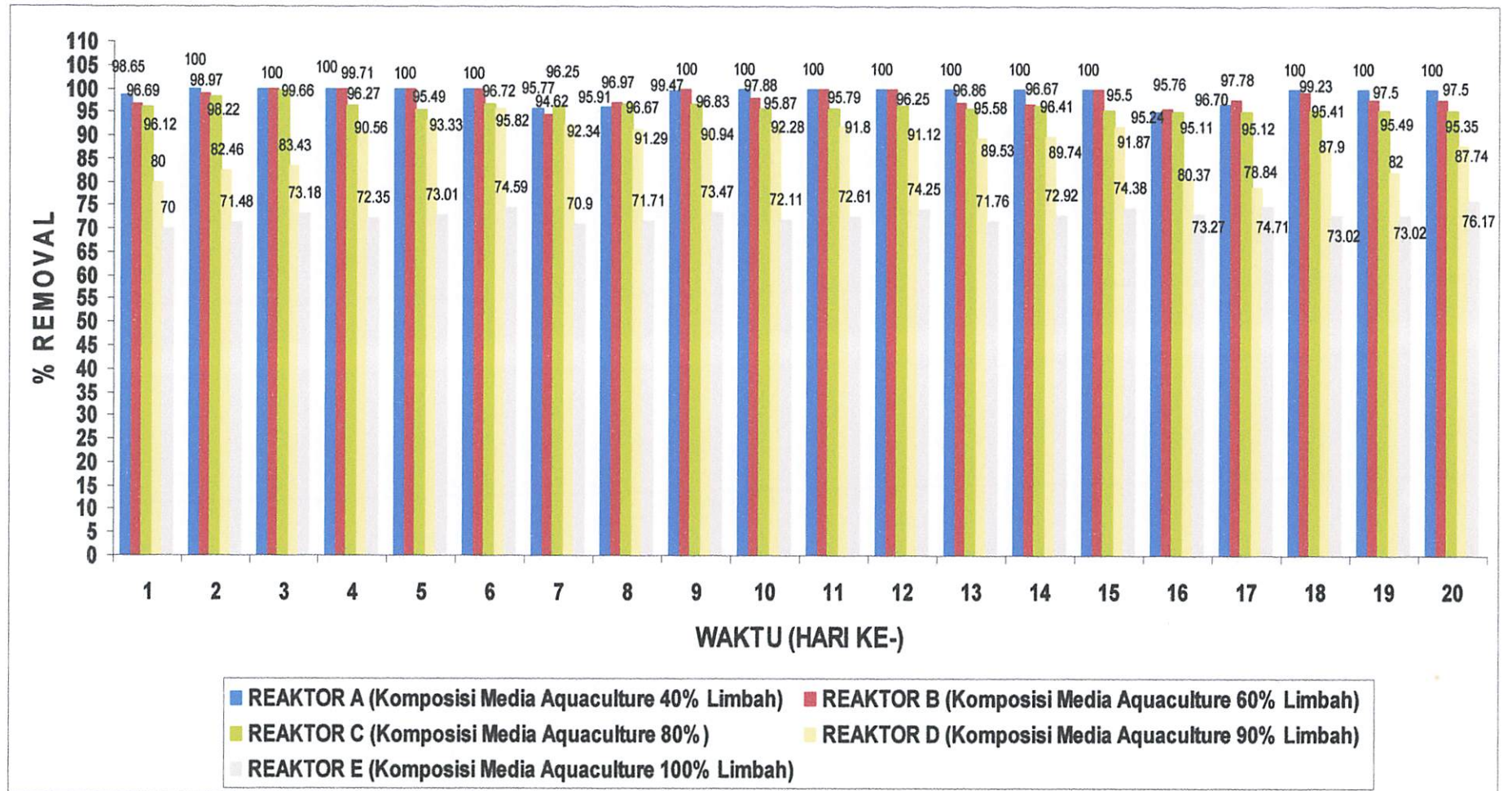
Nilai pH pada masing-masing reaktor befluktuatif (lampiran). Hal ini disebabkan influen dari air yang digunakan juga befluktuatif. Nilai pH pada masing-masing reaktor relatif hampir sama walaupun cenderung agak tinggi. Nilai rata-rata pH yang tertinggi terdapat pada reaktor E (komposisi media *aqauculture* 100% limbah). Nilai pH yang tinggi ini disebabkan oleh influen air limbah yang juga masih tinggi. Kondisi pH yang tinggi dipengaruhi oleh fotosintesis yang meningkatkan konsentrasi oksigen.

4.4.4.P-Total

4.4.4.1. Analisa Deskriptif

Tabel 4.16. Nilai Persentase Penurunan P-TOTAL tiap-tiap Reaktor

Hari ke-	Persentase penurunan P-TOTAL				
	Reaktor A (Komposisi Media <i>Aquaculture</i> 40% Limbah)	Reaktor B (Komposisi Media <i>Aquaculture</i> 60% Limbah)	Reaktor C (Komposisi Media <i>Aquaculture</i> 80% Limbah)	Reaktor D (Komposisi Media <i>Aquaculture</i> 90% Limbah)	Reaktor E (Komposisi Media <i>Aquaculture</i> 100% Limbah)
1	98.65	96.69	96.12	80	70
2	100	98.97	98.22	82.46	71.48
3	100	100	99.66	83.43	73.18
4	100	99.71	96.27	90.56	72.35
5	100	100	95.49	93.33	73.01
6	100	100	96.72	95.82	74.59
7	95.77	94.62	96.25	92.34	70.9
8	95.91	96.97	96.67	91.29	71.71
9	99.47	100	96.83	90.94	73.47
10	100	97.88	95.87	92.28	72.11
11	100	100	95.79	91.8	72.61
12	100	100	96.25	91.12	74.25
13	100	96.86	95.58	89.53	71.76
14	100	96.67	96.41	89.74	72.92
15	100	100	95.5	91.87	74.38
16	95.24	95.76	95.11	80.37	73.27
17	96.70	97.78	95.12	78.84	74.71
18	100	99.23	95.41	87.9	73.02
19	100	97.5	95.49	82	73.02
20	100	97.5	95.35	87.74	76.17



Gambar 4.3. GRAFIK HUBUNGAN % REMOVAL KONSENTRASI P –TOTAL TIAP REAKTOR

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa semakin tinggi komposisi media *aquaculture* maka konsentrasi P-TOTALnya juga semakin besar. Pada reaktor dengan konsentrasi P-TOTAL paling kecil yaitu reaktor A (komposisi media *aquaculture* 40% limbah) persentase penurunan P-TOTALnya paling besar. Sedangkan pada reaktor dengan konsentrasi P-TOTALnya paling besar (reaktor E/komposisi media *aquaculture* 100% limbah) nilai persentase penurunan P-TOTALnya lebih kecil. Persentase penurunan P-TOTAL pada masing-masing reaktor setiap hari berfluktuasi hal ini dikarenakan konsentrasi influen pada masing-masing reaktor juga berfluktuasi. Seperti N, P juga merupakan salah satu faktor penting dalam pertumbuhan alga. Selain alga, bakteri juga membutuhkan P untuk pertumbuhannya. N dan P dibutuhkan dalam pengolahan air limbah, untuk sintesa sel baru bakteri.

4.4.4.2. Analisa ANOVA

Untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh perbedaan antara komposisi media *aquaculture* terhadap persentase penurunan P-TOTAL, maka dilakukan analisis dengan menggunakan uji ANOVA.

Uji ANOVA untuk pengaruh komposisi media *aquaculture* terhadap persentase penurunan P-TOTAL. Hasil uji tersebut dapat dilihat pada tabel 4.17 berikut.

Tabel 4.17. Hasil uji ANOVA Untuk Pengaruh komposisi media *aquaculture* Terhadap Persentase Penurunan P-TOTAL

Source	DF	SS	MS	F	P
komposisi media <i>aquaculture</i>	4	9597,16	2399,29	344,93	0,000
Error	95	660,80	6,96		
Total	99	10257,96			

Hipotesa yang diberikan adalah :

- H_0 = komposisi media *aquaculture* adalah tidak berbeda nyata
- H_1 = komposisi media *aquaculture* adalah berbeda nyata

Pengambilan keputusan berdasarkan :

- Jika probabilitas $\geq 0,05$, H_0 diterima.
- Jika probabilitas $< 0,05$, H_0 ditolak

Keputusan :

- $P = 0,000 < \alpha$ (α) $0,05$. Artinya ada perbedaan yang signifikan antara komposisi media *aquaculture* terhadap persentase penurunan P-TOTAL.
- Dari tabel distribusi F didapatkan $F_{\text{tabel}} = 3.091$ sedangkan pada tabel 4.17 didapat $F_{\text{hitung}} = 344,93$. Karena $F_{\text{hitung}} > F_{\text{tabel}}$, maka H_0 ditolak. Artinya ada perbedaan yang signifikan antara komposisi media *aquaculture* terhadap persentase penurunan P-TOTAL

4.4.4.3. Analisa Korelasi

Untuk mengetahui ada atau tidaknya dan kuat lemahnya serta arah hubungan antara variabel komposisi media *aquaculture* dengan persentase penurunan P-TOTAL dapat digunakan analisa korelasi. Hasil analisa korelasi dapat dilihat pada tabel 4.18.

Hipotesa yang diberikan :

- H_0 : Tidak ada hubungan (korelasi) antara dua variabel
- H_1 : Ada hubungan (korelasi) antara dua variabel

Dasar pengambilan keputusan berdasarkan probabilitas:

- Jika Probabilitas $\geq 0,05$, maka H_0 diterima.
- Jika Probabilitas $< 0,05$, maka H_0 ditolak.

Tabel 4.18. Korelasi Antara Variasi komposisi media *aquaculture* dengan Persentase Penurunan P-TOTAL

Item	Uji Korelasi		Keputusan	Kesimpulan
	Korelasi	P		
komposisi media <i>aquaculture</i>	-0,789	0,000	Tolak H_0	ada hubungan yang signifikan antara variasi komposisi media <i>aquaculture</i> dengan persentase penurunan P-TOTAL

Berdasarkan hasil analisa pada tabel 4.18 dapat diketahui bahwa komposisi media *aquaculture* dengan persentase penurunan P-TOTAL berhubungan erat secara signifikan (besar).

Karena nilai korelasinya $-0,789$ (negatif), maka hubungan antara komposisi media *aquaculture* dengan persentase penurunan P-TOTAL adalah negatif. Artinya, apabila variabel komposisi media *aquaculture* menurun, maka variabel persentase penurunan P-TOTAL meningkat.

4.4.4.4. Analisa Regresi

Dalam membuat model regresi, pertama kali yang dilakukan adalah memeriksa model hubungan yang terbentuk antara variabel bebas dan variabel terikat, apakah model linear atau nonlinear. Pertimbangan penentuan jenis model adalah semakin besar koefisien determinasi (R^2), maka model makin baik dan semakin kecil standar deviasi (S), maka model dikatakan lebih baik dari model lainnya (Iriawan dan Astuti, 2006). Hasil pemeriksaan jenis model dapat dilihat pada tabel 4.19.

Tabel 4.19. Nilai Koefisien S dan R^2 Model Linear dan Nonlinear Pada Analisa Regresi Persentase Penurunan P-TOTAL

Statistik	Linear	Nonlinear	
		Kuadratik	Kubik
S	6.28486	3.50588	2.62525
R^2	62.3%	88.4%	93.6%

Pada tabel 4.19 dapat dilihat bahwa model regresi nonlinear tipe kubik memiliki nilai R^2 terbesar yaitu 93,8% dan nilai S terkecil yaitu 5,83140. Maka dapat ditentukan bahwa model nonlinear tipe kubik lebih sesuai untuk digunakan dalam analisa regresi persentase penurunan P-TOTAL ini.

Tabel 4.20. Koefisien Persamaan Regresi Persentase Penurunan P-TOTAL

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	173,26	13,82	12,53	0,000
komposisi media <i>aquaculture</i>	-4,0340	0,6540	-6,17	0,000
komposisi <i>media aquaculture</i> ²	0,070606	0,009714	7,27	0,000
komposisi media <i>aquaculture</i> ³	-0,00040302	0,00004593	-8,77	0,000

S = 2,62525 R-Sq = 93,6% R-Sq(adj) = 93,3%

Tabel 4.21. Hasil Uji Ke nonlinieran Analisa Regresi Persentase Penurunan Konsentrasi P-TOTAL

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	3	9596,3	3198,8	464,13	0,000
Residual Error	96	661,6	6,9		
Total	99	10258,0			

Hipotesis :

- $H_0 =$ Konstanta X, X^2 dan X^3 bernilai nol
- $H_1 =$ Konstanta X, X^2 dan X^3 tidak bernilai nol

Dasar pengambilan keputusan :

5. Jika probabilitas $> 0,05$, H_0 diterima
 6. Jika probabilitas $< 0,05$, H_0 ditolak
- A. Hasil uji kenonlinieran pada tabel 4.21 bahwa nilai probabilitas 0,000 lebih kecil dari 0,05; maka H_0 ditolak dan menerima hipotesis alternatif (H_1). Oleh karena itu, kesimpulannya adalah semua parameter atau salah satu parameter model regresi secara statistik tidak bernilai nol. Artinya, model regresi bisa dipakai untuk memprediksi persentase penurunan konsentrasi P-TOTAL.

B. Dari analisa regresi yang dilakukan, model regresi yang didapat yaitu :

$$Y = 173 - 4,03 X + 0,0706 X^2 - 0,000403 X^3$$

Dimana:

Y = persentase penurunan P-TOTAL

X = komposisi media *aquaculture*

Adapun interpretasi dari persamaan diatas adalah:

- $Y = 173$

Nilai konstanta 173 menunjukkan bahwa nilai ini adalah penentu tinggi dari garis regresi. Pangkal garis itu berada diatas nilai nol (positif). Karena hipotesis awal bahwa tidak ada nilai X yang bernilai nol, maka untuk nilai $X=0$ dapat dikatakan bahwa tidak terjadi persentase penurunan P-TOTAL. Sehingga untuk $X= 40\%$ maka nilai $Y = 98,97\%$ dengan keakuratan prediksi sebesar 93,6%.

- $X = -4,03 ; X^2 = 0,0706 ; X^3 = -0,000403$

Nilai koefisien regresi menunjukkan kemiringan garis (koefisien arah). Nilai koefisien regresi yang lebih tinggi menunjukkan garis regresi yang curam, sebaliknya apabila nilai koefisien regresi yang rendah menunjukkan garis regresi yang lebih landai atau datar. Menurut hasil penelitian disimpulkan apabila terjadi penambahan komposisi media *aquaculture* 1 satuan, maka persentase penurunan P-TOTAL yang dihasilkan rata-rata akan berkurang sebesar 4,03 kali dengan tingkat keakuratan prediksi 93,6%.

C. Dari hasil analisa regresi juga didapatkan koefisien determinasi (R^2) sebesar 93,6% dengan koefisien determinasi yang terkoreksi dari faktor kesalahan (bias) sebesar 93,3%, menyatakan besarnya pengaruh komposisi media *aquaculture* terhadap persentase penurunan konsentrasi P-TOTAL. Artinya sebesar 93,6% penurunan konsentrasi P-TOTAL dipengaruhi oleh adanya komposisi media *aquaculture*. Sedangkan sisanya 6,4% dijelaskan oleh sebab-sebab lain yang tidak masuk ke dalam model.

- D. Dari uji ke nonlinieran untuk analisa regresi atau F test, didapat nilai F_{hitung} (tabel 4.21) 464,13. Dari tabel distribusi F didapatkan F_{tabel} 5,091. Karena F_{hitung} lebih besar dari F_{tabel} , maka kesimpulannya adalah persentase penurunan konsentrasi P-TOTAL dengan komposisi media *aquaculture* mempunyai hubungan nonlinier. Untuk nilai probabilitas 0,000 lebih kecil dari 0,05; maka model regresi bisa dipakai untuk memprediksi persentase penurunan konsentrasi P-TOTAL.
- E. Uji t untuk menguji signifikan konstanta dan variabel independen (bebas).
- Dengan membandingkan t_{hitung} dengan t_{tabel} . Jika $t_{hitung} < t_{tabel}$, maka H_0 diterima dan H_1 ditolak dan begitu juga sebaliknya. Nilai t_{tabel} adalah 1.661; sedangkan nilai t_{hitung} berdasarkan tabel 4.20 adalah 7,27 (komposisi media *aquaculture*²). Karena $t_{hitung} > t_{tabel}$ maka koefisien regresi signifikan. Sedangkan untuk nilai t_{hitung} dari tabel 4.20 sebesar -6,17 (komposisi media *aquaculture*) dan -8,77 (komposisi media *aquaculture*³), maka didapat $t_{hitung} < t_{tabel}$ sehingga dapat disimpulkan koefisien regresi tersebut tidak signifikan.
 - Nilai t_{hitung} dari konstanta regresi pada tabel 4.20 sebesar 12,53, karena $t_{hitung} > t_{tabel}$ maka konstanta regresi tersebut signifikan.

4.4.4.5. Pembahasan

Pada dasarnya konsentrasi P-TOTAL pada masing-masing reaktor mengalami penurunan yang relatif besar. Pada reaktor dengan kandungan P-TOTAL paling kecil yaitu reaktor A (komposisi media *aquaculture* 40% limbah) persentase penurunan P-TOTAL paling besar. Sedangkan pada reaktor dengan kandungan P-TOTALnya paling besar (reaktor E/komposisi media *aquaculture* 100% limbah) nilai persentase penurunan P-TOTAL lebih kecil. Apabila kita bandingkan antara persentase penurunan N-TOTAL dengan P-TOTAL, maka dapat disimpulkan bahwa persentase penurunan P-TOTAL lebih besar daripada persentase penurunan N-TOTAL. Hal ini menurut Lund dan Mackentum dalam Palupi disebutkan bahwa faktor utama dalam produktifitas alga adalah adanya

konsentrasi fosfor, sedangkan nitrogen hanya membatasi pertumbuhan alga pada kondisi tertentu. Persentase penurunan P-TOTAL pada masing-masing reaktor setiap hari berfluktuasi hal ini dikarenakan konsentrasi influen pada masing-masing reaktor juga berfluktuasi.

Variasi komposisi media *aquaculture* mempunyai pengaruh yang besar terhadap persentase penurunan P-TOTAL. Hal ini didasarkan pada analisa korelasi Pearson pada tabel sebesar -0,789. Dari nilai tersebut menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel kuat karena berada di antara 0,7 – 0,9 (Soleh, 2005). Sehingga dapat disimpulkan bahwa komposisi media *aquaculture* mempunyai hubungan yang erat (signifikan) dengan persentase penurunan P-TOTAL. Akan tetapi hubungan komposisi media *aquaculture* dengan persentase penurunan P-TOTAL adalah negatif (berlawanan), maka apabila variabel komposisi media *aquaculture* menurun, maka variabel persentase penurunan P-TOTAL meningkat, begitupun sebaliknya. Menurut Harliani (TA, 2001) dikatakan bahwa dengan tingginya konsentrasi fosfor maka persentase penurunan P-TOTAL dengan memanfaatkan kolam HRAP (*High Rate Algae Pond*) akan rendah. Ini sesuai dengan hasil penelitian dengan metode *aquaculture* yang memanfaatkan ikan Nila, dimana reaktor dengan konsentrasi P-TOTAL yang tinggi (reaktor E) maka dihasilkan persentase penurunan P-TOTAL yang rendah, begitupun sebaliknya.

Untuk memprediksi persentase penurunan P-TOTAL berdasarkan variasi komposisi media *aquaculture*, dapat digunakan persamaan regresi sebagai berikut:

$$Y = 173 - 4,03 X + 0,0706 X^2 - 0,000403 X^3$$

Dimana:

Y = persentase penurunan P-TOTAL

X = komposisi media *aquaculture* (%)

Dari analisa regresi dapat disimpulkan, bahwa model regresi bisa dipakai untuk memprediksi persentase penurunan P-TOTAL pada semua reaktor, yang ditunjukkan dengan nilai nilai F hitung (tabel 4.21) 464,13. Dari tabel distribusi F didapatkan F tabel 3,091. Maka disimpulkan F hitung lebih besar dari F tabel.

Hasil analisa regresi menunjukkan hubungan yang erat antara variasi komposisi media *aquaculture* dengan persentase penurunan P-TOTAL. Dimana 93,6% data persentase penurunan P-TOTAL dipengaruhi oleh variasi komposisi media *aquaculture*, sedangkan sisanya 6,4% dipengaruhi oleh faktor-faktor yang lain seperti pH, temperatur, kebiasaan makan ikan, kepadatan ikan dan waktu detensi. Menurut Kenasih (TA, 2003) disebutkan bahwa kepadatan ikan uji dalam reaktor juga mempengaruhi persentase penurunan P-TOTAL. Kepadatan ikan yang kecil akan berakibat tidak efektifnya makanan dan lahan yang tersedia. Karena makanan yang tersedia tidak semuanya dimakan ikan. Hal inilah yang membuat persentase penurunan P-TOTAL tidak 100%.

Nilai pH pada masing-masing reaktor belfluktuatif (lampiran). Hal ini disebabkan influen dari air yang digunakan juga berfluktuatif. Nilai pH pada masing-masing reaktor relatif hampir sama walaupun cenderung agak tinggi. Nilai rata-rata pH yang tertinggi terdapat pada reaktor E (komposisi media *aquaculture* 100% limbah). Nilai pH yang tinggi ini disebabkan oleh influen air limbah yang juga masih tinggi. Kondisi pH yang tinggi dipengaruhi oleh fotosintesis yang meningkatkan konsentrasi oksigen.

Sel-sel mikobia mengandung unsur C, H dan P. Hal ini berarti aktivitas pertumbuhan diperlukan unsur-unsur tersebut dengan jumlah sebanding dan dalam keadaan yang tersedia. Sistem pengolahan limbah secara biologis mensyaratkan komposisi limbah BOD : N : P = 100 : 5 : 1. Komposisi seperti ini membantu penguraian bahan organik dengan cepat. Komposisi ini menandakan bahwa pengolahan kedua hanya terjadi pengolahan mikrobiologi, sehingga removal BOD terjadi efektif. Sedangkan N dan P merupakan makro nutrien yang dibutuhkan sedikit dalam pengolahan kedua. Sedangkan pengolahan lanjutan efektif menurunkan N dan P. Hal ini sesuai penelitian bahwa pada pengolahan lanjutan dengan metode *aquaculture* dihasilkan persentase penurunan BOD lebih rendah daripada persentase penurunan N dan P.

4.6. Pertumbuhan Berat dan Panjang Ikan

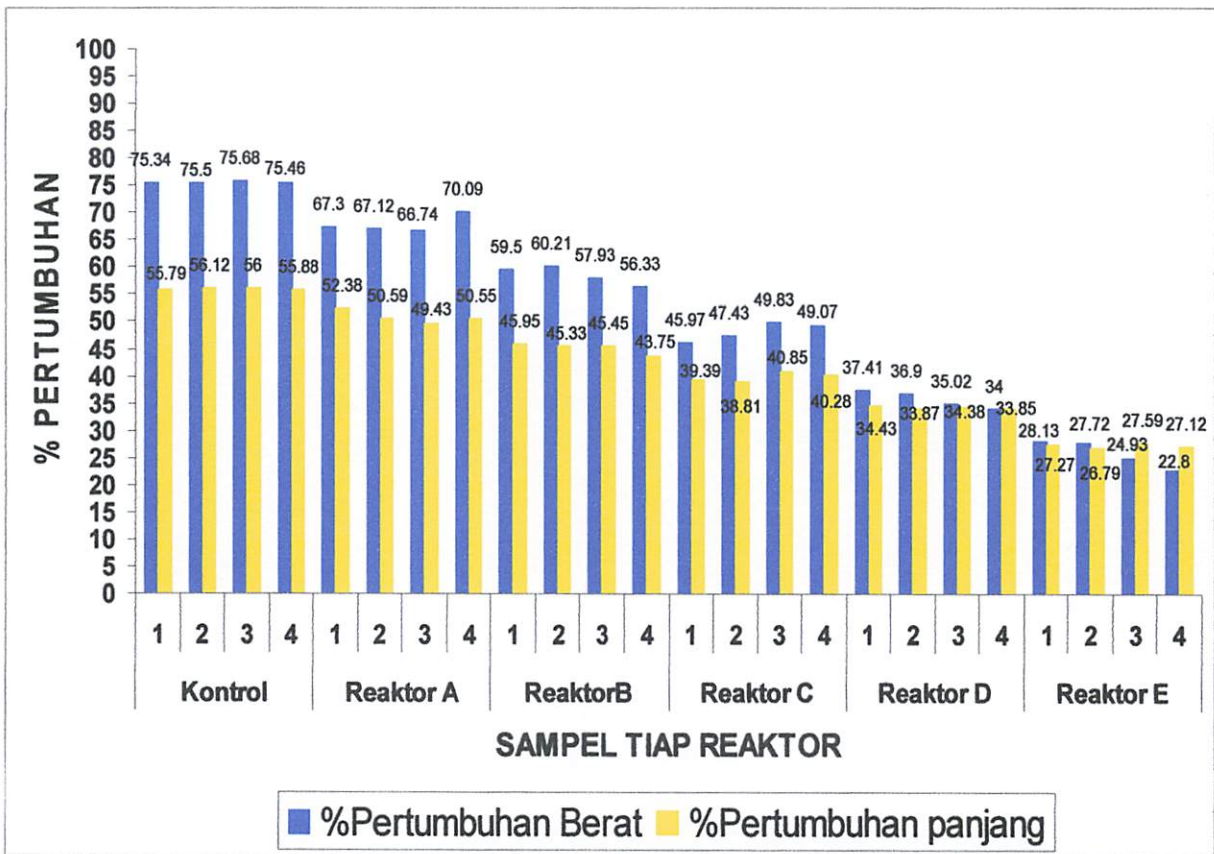
Peningkatan berat dan panjang ikan ini dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya adalah kandungan nutrisi dan bahan organik dalam air. Kualitas air juga sangat berpengaruh pada pertumbuhan ikan. Kualitas air yang berpengaruh terhadap pertumbuhan ikan diantaranya adalah pH, suhu, DO dan ammonia dalam air. Selain kualitas air dan nutrisi yang terkandung dalam air, kriteria perencanaan juga sangat berpengaruh dalam pertumbuhan ikan, diantaranya adalah *organik loading*, kultur ikan dan *stocking density*, penataan kolam dan lain-lain. Hasil budidaya ikan selama 20 hari dapat dilihat pada tabel 4.22. Pertambahan berat dan panjang ikan ini diukur pada awal dan akhir penelitian

Tabel 4.22. PERTUMBUHAN IKAN NILA (*Oreochromis niloticus*)

JENIS REAKTOR	No. SAMPEL	PARAMETER					
		AWAL			AKHIR		
		UMUR (Bulan)	BERAT (gram)	PANJANG (cm)	UMUR (Bulan)	BERAT (gram)	PANJANG (cm)
REAKTOR A (40%)	1	1	2.59	4	2	7.92	8.4
	2		2.91	4.2		8.85	8.5
	3		3.1	4.4		9.32	8.7
	4		3.26	4.5		10.9	9.1
REAKTOR B (60%)	1	1	2.58	4	2	6.37	7.4
	2		2.67	4.1		6.71	7.5
	3		2.84	4.2		6.75	7.7
	4		3.24	4.5		7.42	8
REAKTOR C (80%)	1	1	2.55	4	2	4.72	6.6
	2		2.66	4.1		5.06	6.7
	3		2.95	4.2		5.88	7.1
	4		3.01	4.3		5.91	7.2
REAKTOR D (90%)	1	1	2.56	4	2	4.09	6.1
	2		2.65	4.1		4.2	6.2
	3		2.82	4.2		4.34	6.4
	4		2.99	4.3		4.53	6.5
REAKTOR E (100%)	1	1	2.58	4	2	3.59	5.5
	2		2.66	4.1		3.68	5.6
	3		2.8	4.2		3.73	5.8
	4		2.98	4.3		3.86	5.9
KONTROL (AIR SUNGAI)	1	1	2.91	4.2	2	11.8	9.5
	2		3.05	4.3		12.45	9.8
	3		3.13	4.4		12.87	10
	4		3.22	4.5		13.12	10.2

Tabel 4.23. Hubungan antara Komposisi Media *Aquaculture* dengan %Pertumbuhan (berat dan panjang ikan)

JENIS REAKTOR	No. SAMPEL	%PERTUMBUHAN BERAT IKAN	%PERTUMBUHAN PANJANG IKAN
KONTROL	1	75.34	55.79
	2	75.5	56.12
	3	75.68	56
	4	75.46	55.88
REAKTOR A (Komposisi Media <i>Aquaculture</i> 40% Limbah)	1	67.3	52.38
	2	67.12	50.59
	3	66.74	49.43
	4	70.09	50.55
REAKTOR B (Komposisi Media <i>Aquaculture</i> 60% Limbah)	1	59.5	45.95
	2	60.21	45.33
	3	57.93	45.45
	4	56.33	43.75
REAKTOR C (Komposisi Media <i>Aquaculture</i> 80% Limbah)	1	45.97	39.39
	2	47.43	38.81
	3	49.83	40.85
	4	49.07	40.28
REAKTOR D (Komposisi Media <i>Aquaculture</i> 90% Limbah)	1	37.41	34.43
	2	36.9	33.87
	3	35.02	34.38
	4	34	33.85
REAKTOR E (Komposisi Media <i>Aquaculture</i> 100% Limbah)	1	28.13	27.27
	2	27.72	26.79
	3	24.93	27.59
	4	22.8	27.12



Gambar 4.4. Grafik hubungan antara komposisi media *aquaculture* dengan %pertumbuhan

Dari gambar 4.4, dapat dilihat bahwa terjadi penambahan berat dan panjang ikan selama waktu penelitian (20 hari). Penambahan berat dan panjang ikan terbesar terdapat pada reaktor A (komposisi media *aquaculture* 40% limbah), sedangkan penambahan berat dan panjang ikan terkecil pada reaktor E (komposisi media *aquaculture* 100% limbah).

4.6.1. Analisa Statistik antara Komposisi Media *Aquaculture* dengan %Pertumbuhan Berat

4.6.1.1 Analisa ANOVA

Untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh perbedaan antara komposisi media *aquaculture* terhadap persentase pertumbuhan berat ikan, maka dilakukan analisis dengan menggunakan uji ANOVA.

Uji ANOVA untuk pengaruh komposisi media *aquaculture* terhadap persentase pertumbuhan berat ikan. Hasil uji tersebut dapat dilihat pada tabel 4.24 berikut:

Tabel 4.24. Hasil uji ANOVA Untuk Pengaruh Komposisi Media *Aquaculture* Terhadap Persentase Pertumbuhan berat ikan

Source	DF	SS	MS	F	P
komposisi media <i>aquaculture</i>	4	4545.13	1136.28	331.36	0.000
Error	15	51.44	3.43		
Total	19	4596.57			

Hipotesa yang diberikan adalah :

- H_0 = komposisi media *aquaculture* adalah tidak berbeda nyata
- H_1 = komposisi media *aquaculture* adalah berbeda nyata

Pengambilan keputusan berdasarkan :

- Jika probabilitas $\geq 0,05$, H_0 diterima.
- Jika probabilitas $< 0,05$, H_0 ditolak

Keputusan :

- $P = 0,000 < \alpha (\alpha) 0,05$. Artinya ada perbedaan yang signifikan antara komposisi media *aquaculture* terhadap persentase pertumbuhan berat ikan.
- Dari tabel distribusi F didapatkan $F_{\text{tabel}} = 3,239$ sedangkan pada tabel 4.24 didapat $F_{\text{hitung}} = 331,36$. Karena $F_{\text{hitung}} > F_{\text{tabel}}$, maka H_0 ditolak. Artinya ada perbedaan yang signifikan antara komposisi media *aquaculture* terhadap persentase pertumbuhan berat ikan.

4.6.1.2. Analisa Korelasi

Untuk mengetahui ada atau tidaknya dan kuat lemahnya serta arah hubungan antara komposisi media *aquaculture* dengan persentase pertumbuhan berat ikan dapat digunakan analisa korelasi. Hasil analisa korelasi dapat dilihat pada tabel 4.25.

Hipotesa yang diberikan :

- H_0 : Tidak ada hubungan (korelasi) antara dua variabel
- H_1 : Ada hubungan (korelasi) antara dua variabel

Dasar pengambilan keputusan berdasarkan probabilitas:

- Jika Probabilitas $\geq 0,05$, maka H_0 diterima.
- Jika Probabilitas $< 0,05$, maka H_0 ditolak.

Tabel 4.25. Korelasi Antara Komposisi Media *Aquaculture* Dengan Persentase Pertumbuhan berat ikan

Item	Uji Korelasi		Keputusan	Kesimpulan
	Korelasi	P		
komposisi media <i>aquaculture</i>	-0,973	0.000	Tolak H_0	ada hubungan yang signifikan antara komposisi media <i>aquaculture</i> dengan persentase pertumbuhan berat ikan

Berdasarkan hasil analisa pada table 4.25 dapat diketahui bahwa komposisi media *aquaculture* dengan persentase pertumbuhan berat ikan berhubungan erat secara signifikan (besar).

Karena nilai korelasinya -0,973 (negatif), maka hubungan antara komposisi media *aquaculture* dengan persentase pertumbuhan berat ikan adalah negatif. Artinya, apabila variabel komposisi media *aquaculture* menurun, maka variabel persentase pertumbuhan berat ikan meningkat.

4.6.1.3 Analisa Regresi

Dalam membuat model regresi, pertama kali yang dilakukan adalah memeriksa model hubungan yang terbentuk antara variabel bebas dan variabel terikat, apakah model linear atau nonlinear. Pertimbangan penentuan jenis model adalah semakin besar koefisien determinasi (R^2), maka model makin baik dan semakin kecil standar deviasi (S), maka model dikatakan lebih baik dari model lainnya (Iriawan dan Astuti, 2006). Hasil pemeriksaan jenis model dapat dilihat pada tabel 4.26.

Tabel 4.26. Nilai Koefisien S dan R² Model Linear dan Nonlinear Pada Analisa Regresi Persentase Pertumbuhan Berat Ikan

Statistik	Linear	Nonlinear	
		Kuadratik	Kubik
S	3.65622	2.16539	2.12519
R ²	94.8%	98.3%	98.4%

Pada tabel 4.26 dapat dilihat bahwa model regresi nonlinear tipe kubik memiliki nilai R² terbesar yaitu 98,4% dan nilai S terkecil yaitu 2,12519. Maka dapat ditentukan bahwa model nonlinear tipe kubik lebih sesuai untuk digunakan dalam analisa regresi persentase pertumbuhan berat ikan ini.

Tabel 4.27. Koefisien Persamaan Regresi %Pertumbuhan Berat Ikan

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	94.66	25.02	3.78	0.002
komposisi media <i>aquaculture</i>	-1.088	1.184	-0.92	0.372
komposisi media <i>aquaculture</i> ²	0.01463	0.01758	0.83	0.418
komposisi media <i>aquaculture</i> ³	-0.00010677	0.00008314	-1.28	0.217

S = 2.12519 R-Sq = 98.4% R-Sq(adj) = 98.1%

Tabel 4.28. Hasil Uji Ke nonlinieran Analisa Regresi % Pertumbuhan Berat Ikan

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	3	4524.3	1508.1	333.91	0.000
Residual Error	16	72.3	4.5		
Total	19	4596.6			

Hipotesis :

- H₀ = Konstanta X, X² dan X³ bernilai nol
- H₁ = Konstanta X, X² dan X³ tidak bernilai nol

Dasar pengambilan keputusan :

- Jika probabilitas $> 0,05$, H_0 diterima
 - Jika probabilitas $< 0,05$, H_0 ditolak
- A. Hasil uji kenonlinieran pada tabel 4.28 bahwa nilai probabilitas 0,000 lebih kecil dari 0,05; maka H_0 ditolak dan menerima hipotesis alternatif (H_1). Oleh karena itu, kesimpulannya adalah semua parameter atau salah satu parameter model regresi secara statistik tidak bernilai nol. Artinya, model regresi bisa dipakai untuk memprediksi persentase pertumbuhan berat ikan.
- B. Dari analisa regresi yang dilakukan, model regresi yang didapat yaitu :

$$Y = 94.7 - 1.09 X + 0.0146 X^2 - 0.000107 X^3$$

Dimana:

- Y = persentase pertumbuhan berat ikan
X = komposisi media *aquaculture*

Adapun interpretasi dari persamaan diatas adalah:

- $Y = 94,7$

Nilai konstanta 94,7 menunjukkan bahwa nilai ini adalah penentu tinggi dari garis regresi. Pangkal garis itu berada diatas nilai nol (positif). Karena hipotesis awal bahwa tidak ada nilai X yang bernilai nol, maka untuk nilai $X=0$ dapat dikatakan bahwa tidak terjadi persentase pertumbuhan berat ikan. Sehingga untuk $X= 40\%$ maka nilai $Y = 67,61\%$ dengan keakuratan prediksi sebesar 98,4%.

- $X = -1,09$; $X^2 = 0,0146$; $X^3 = -0,000107$

Nilai koefisien regresi menunjukkan kemiringan garis (koefisien arah). Nilai koefisien regresi yang lebih tinggi menunjukkan garis regresi yang curam, sebaliknya apabila nilai koefisien regresi yang rendah menunjukkan garis regresi yang lebih landai atau datar. Menurut hasil penelitian disimpulkan apabila terjadi penambahan komposisi media *aquaculture* 1 satuan, maka

persentase pertumbuhan berat ikan yang dihasilkan rata-rata akan berkurang sebesar 1,10 kali dengan tingkat keakuratan 98,4%.

- C. Dari hasil analisa regresi juga didapatkan koefisien determinasi (R^2) sebesar 98.4% dengan koefisien determinasi yang terkoreksi dari faktor kesalahan (bias) sebesar 98.1%, menyatakan besarnya pengaruh komposisi media *aquaculture* terhadap presentase pertumbuhan berat ikan. Artinya sebesar 98.4% presentase pertumbuhan berat ikan dipengaruhi oleh adanya komposisi media *aquaculture*. Sedangkan sisanya 1,6% dijelaskan oleh sebab-sebab lain yang tidak masuk ke dalam model.
- D. Dari uji ke nonlinieran untuk analisa regresi atau F test, didapat nilai F_{hitung} (tabel 4.28) 333.91. Dari tabel distribusi F didapatkan F_{tabel} 3,239. Karena F_{hitung} lebih besar dari F_{tabel} , maka kesimpulannya adalah persentase pertumbuhan berat ikan dengan komposisi media *aquaculture* mempunyai hubungan nonlinier. Untuk nilai probabilitas 0.000 lebih kecil dari 0,05; maka model regresi bisa dipakai untuk memprediksi persentase pertumbuhan berat ikan.
- E. Uji t untuk menguji signifikan konstanta dan variabel independen (bebas).
- Dengan membandingkan t_{hitung} dengan t_{tabel} . Jika statistik $t_{hitung} < t_{tabel}$, maka H_0 diterima dan H_1 ditolak dan begitu juga sebaliknya. Nilai t_{tabel} adalah 1,746; sedangkan nilai t_{hitung} berdasarkan tabel 4.27 adalah -0.92 (komposisi media *aquaculture*), 0.83 (komposisi media *aquaculture*²) dan -1.28 (komposisi media *aquaculture*³). Karena $t_{hitung} < t_{tabel}$ maka koefisien regresi tidak signifikan.
 - Nilai t_{hitung} dari konstanta regresi pada tabel 4.27 sebesar 3,78, karena $t_{hitung} > t_{tabel}$ maka konstanta regresi tersebut signifikan

4.6.1.4. Pembahasan

Persentase penambahan berat ikan terbesar terdapat pada reaktor A (komposisi media *aquaculture* 40% limbah), yaitu sebesar 70,09%. Hal ini disebabkan kandungan alga sebagai pakan alami ikan diproduksi cukup pada reaktor A (komposisi media *aquaculture* 40% limbah). Sedangkan penambahan berat terkecil pada reaktor E (komposisi media *aquaculture* 100% limbah), yaitu sebesar 22,8%. Semakin tinggi kandungan nutriennya maka kandungan alga dalam air juga akan semakin tinggi. Pada saat itu alga berkembang sangat pesat hingga beberapa ribu per milimeter. Akan tetapi alga yang diproduksi berlebihan juga tidak bagus buat ikan karena akan mengakibatkan blooming alga sehingga menutupi permukaan reaktor. Hal inilah yang membatasi masuknya intensitas cahaya matahari kedalam media sehingga proses fotosintesis terganggu. Terganggunya proses fotosintesis mempengaruhi tersedianya oksigen bebas dalam air dan menurunkan pH sehingga menghambat pertumbuhan ikan (reaktor E). Keberadaan nutrisi dalam air sangat diperlukan untuk pertumbuhan ikan. Dalam penelitian ini makanan ikan adalah pakan alami yang diperoleh dari zat-zat organik maupun nutrisi yang terkandung dalam air limbah seperti N-TOTAL dan P-TOTAL.

Variasi komposisi media *aquaculture* mempunyai pengaruh yang sangat besar terhadap persentase pertumbuhan berat ikan. Hal ini didasarkan pada analisa korelasi Pearson pada tabel sebesar -0,973. Dari nilai tersebut menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel sangat kuat karena berada di antara 0,9 – 1 (Soleh, 2005). Sehingga dapat disimpulkan bahwa komposisi media *aquaculture* mempunyai hubungan yang sangat erat (signifikan) dengan persentase pertumbuhan berat ikan. Akan tetapi hubungan komposisi media *aquaculture* dengan persentase pertumbuhan berat ikan adalah negatif (berlawanan), maka apabila variabel komposisi media *aquaculture* menurun, maka variabel persentase pertumbuhan berat ikan meningkat, begitupun sebaliknya. Berdasarkan hasil penelitian (Khairuman, 2003), diketahui bahwa laju pertumbuhan ikan Nila lebih cepat jika dipelihara di kolam air dangkal dibandingkan dengan di kolam yang airnya dalam. Penyebabnya di kolam air dangkal, intensitas cahaya yang masuk optimal sehingga pertumbuhan tanaman air sangat cepat (pakan ikan alami). Hal

ini sesuai dengan hasil penelitian, bahwa dengan komposisi media aquaculture yang tinggi maka kandungan yang ada didalamnya tinggi pula, sehingga yang tampak adalah permukaan air reaktor menjadi keruh. Hal inilah yang menyebabkan pertumbuhan alga menjadi terganggu, dikarenakan proses fotosintesis tidak berjalan normal. Selain itu menurut Kenasih (TA, 2003) disebutkan tingginya kandungan bahan organik tersebut membuat produksi alga berlebihan, sehingga tidak semua alga yang ada dalam air bisa dimanfaatkan oleh ikan. Pada akhir masa pertumbuhan, alga yang tidak dimakan oleh ikan akan mati dan mengendap ke dasar kolam, dan melepaskan mineral-mineral ataupun nutrisi organik. Pada saat seperti ini alga cenderung sebagai polutan sekunder. Hal ini juga yang dapat menyebabkan reaktor menjadi keruh sehingga mengganggu proses fotosintesis. Maka dapat disimpulkan bahwa tingginya komposisi media aquaculture akan menyebabkan persentase pertumbuhan berat ikan akan rendah, begitupun sebaliknya.

Untuk memprediksi persentase pertumbuhan berat ikan berdasarkan variasi komposisi media *aquaculture*, dapat digunakan persamaan regresi sebagai berikut:

$$Y = 94.7 - 1.09 X + 0.0146 X^2 - 0.000107 X^3$$

Dimana:

Y = persentase pertumbuhan berat ikan

X = komposisi media *aquaculture* (%)

Dari analisa regresi dapat disimpulkan, bahwa model regresi bisa dipakai untuk memprediksi persentase pertumbuhan berat ikan pada semua reaktor, yang ditunjukkan dengan nilai F hitung (tabel 4.28) 333,91 . Dari tabel distribusi F didapatkan F tabel 3,239. Maka kesimpulannya adalah F hitung lebih besar dari F tabel. Hasil analisa regresi menunjukkan hubungan yang erat antara variasi komposisi media *aquaculture* dengan persentase pertumbuhan berat ikan. Dimana 98.4% data persentase pertumbuhan berat ikan dipengaruhi oleh variasi komposisi media *aquaculture*, sedangkan sisanya 1,6% dipengaruhi oleh faktor-faktor yang lain seperti kebiasaan makan ikan, waktu pemeliharaan, polikultur ikan, kepadatan ikan, sistem budidaya yang dipakai dan waktu detensi. Sistem pembesaran ikan

juga berpengaruh pada pertumbuhan ikan. Sistem polikultur tidak disarankan. Hal ini disebabkan oleh tingkat konsumsi makan ikan (yang memanfaatkan alga sebagai sumber makanan) yang berbeda-beda, yaitu adanya ikan yang lebih rakus dibandingkan dengan ikan yang lain. Hal inilah yang membuat persentase pertumbuhan berbeda-beda. Jenis kelamin (sex) dari ikan akan berpengaruh pada pertumbuhan ikan, sebab biasanya ikan jantan akan lebih cepat 40% pertumbuhannya dibandingkan ikan betina yang menghabiskan energinya untuk mencari makan dan bereproduksi. Penentuan jantan atau betina pada ikan yang masih kecil sangat susah, sehingga biasanya budidaya ikan dengan menggunakan ikan yang masih kecil tidak memperhatikan jenis kelaminnya. Hal tersebut sangat berkaitan pada pertumbuhan ikan uji, nampak sekali pertumbuhan ikan uji (ikan Nila) sangat berfluktuatif.

Tingginya konsentrasi BOD, N-TOTAL dan P-TOTAL berpengaruh terhadap desain *aquaculture* yang optimal. Menurut Polprasert (1989) dalam Kenasih (2003), semakin tinggi konsentrasi bahan organik menyebabkan *organic loading rate* semakin besar. Hal ini dapat dilihat dari hasil penelitian, didapat *organic loading rate* berkisar antara 27,37 – 69,87 kg BOD₅/ha.hr. *Organic loading rate* tersebut masih diantara range nilai *organic loading rate* untuk *waste fed fish pond* yang bagus, dimana berkisar antara 25-100 kg BOD₅/ha.hr dengan HRT (*hydraulic retention time*) 3-10 hari (DEWATS, 1998).

Suhu berpengaruh terhadap transfer oksigen ke air. Pada penelitian ini suhu tiap reaktor relatif hampir sama yaitu berkisar antara 26-28⁰ C. pH berpengaruh pada pertumbuhan ikan karena berkaitan erat dengan proses fotosintesis. Pada pH antara 6 sampai 9 ikan masih bisa tumbuh (Durborow, R.M., Brunson, M.W., and Crosby, D.M., SRAC Publication No. 463, 1992). Apabila pH kurang dari 6 atau lebih dari 9 akan menyebabkan kematian. pH yang tinggi akan berbahaya bagi ikan karena pada pH tersebut akan menyebabkan pertumbuhan ikan terhambat bahkan keracunan sehingga menimbulkan kematian pada ikan. Ini sesuai hasil penelitian, bahwa pH yang tinggi pada reaktor E (komposisi media *aquaculture* 100% limbah) menghasilkan pertumbuhan berat ikan yang terendah.

4.6.2. Analisa Statistik antara Komposisi Media *Aquaculture* dengan %Pertumbuhan Panjang Ikan

4.6.2.1 Analisa ANOVA

Untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh perbedaan antara komposisi media *aquaculture* terhadap persentase pertumbuhan panjang ikan, maka dilakukan analisis dengan menggunakan uji ANOVA.

Uji ANOVA untuk pengaruh komposisi media *aquaculture* terhadap persentase pertumbuhan panjang ikan. Hasil uji tersebut dapat dilihat pada tabel 4.29 berikut.

Tabel 4.29. Hasil uji ANOVA Untuk Pengaruh komposisi media *aquaculture* Terhadap Persentase Pertumbuhan panjang ikan

Source	DF	SS	MS	F	P
komposisi media <i>aquaculture</i>	4	1352.855	338.214	493.04	0.000
Error	15	10.290	0.686		
Total	19	1363.145			

Hipotesa yang diberikan adalah :

- H_0 = komposisi media *aquaculture* adalah tidak berbeda nyata
- H_1 = komposisi media *aquaculture* adalah berbeda nyata

Pengambilan keputusan berdasarkan :

- Jika probabilitas $\geq 0,05$, H_0 diterima.
- Jika probabilitas $< 0,05$, H_0 ditolak

Keputusan :

- $P = 0.000 < \alpha (\alpha) 0,05$. Artinya ada perbedaan yang signifikan antara komposisi media *aquaculture* terhadap persentase pertumbuhan panjang ikan.
- Dari tabel distribusi F didapatkan $F_{tabel} = 3,239$ sedangkan pada tabel 4.29 didapat $F_{hitung} = 493.04$. Karena $F_{hitung} > F_{tabel}$, maka H_0 ditolak. Artinya ada perbedaan yang signifikan antara komposisi media *aquaculture* limbah terhadap persentase pertumbuhan panjang ikan.

4.6.2.2. Analisa Korelasi

Untuk mengetahui ada atau tidaknya dan kuat lemahnya serta arah hubungan antara komposisi media *aquaculture* dengan persentase pertumbuhan panjang ikan dapat digunakan analisa korelasi. Hasil analisa korelasi dapat dilihat pada tabel 4.30.

Hipotesa yang diberikan :

- H_0 : Tidak ada hubungan (korelasi) antara dua variabel
- H_1 : Ada hubungan (korelasi) antara dua variabel

Dasar pengambilan keputusan berdasarkan probabilitas:

- Jika Probabilitas $\geq 0,05$, maka H_0 diterima.
- Jika Probabilitas $< 0,05$, maka H_0 ditolak.

Tabel 4.30. Korelasi Antara Variasi Komposisi Media *Aquaculture* dengan Persentase Pertumbuhan panjang ikan

Item	Uji Korelasi		Keputusan	Kesimpulan
	Korelasi	P		
komposisi media <i>aquaculture</i>	-0.972	0.000	Tolak H_0	ada hubungar yang signifikan antara komposisi media <i>aquaculture</i> dengan persentase pertumbuhan panjang ikan

Berdasarkan hasil analisa pada table 4.30 dapat diketahui bahwa komposisi media *aquaculture* dengan persentase pertumbuhan panjang ikan berhubungan erat secara signifikan (besar).

Karena nilai korelasinya -0,972 (negatif), maka hubungan antara komposisi media *aquaculture* dengan persentase pertumbuhan panjang ikan adalah negatif. Artinya, apabila variabel komposisi media *aquaculture* menurun, maka variabel persentase pertumbuhan panjang ikan meningkat.

4.6.1.3 Analisa Regresi

Dalam membuat model regresi, pertama kali yang dilakukan adalah memeriksa model hubungan yang terbentuk antara variabel bebas dan variabel terikat, apakah model linear atau nonlinear. Pertimbangan penentuan jenis model

adalah semakin besar koefisien determinasi (R^2), maka model makin baik dan semakin kecil standar deviasi (S), maka model dikatakan lebih baik dari model lainnya (Iriawan dan Astuti, 2006). Hasil pemeriksaan jenis model dapat dilihat pada tabel 4.31.

Tabel 4.31. Nilai Koefisien S dan R^2 Model Linear dan Nonlinear Pada Analisa Regresi Persentase Pertumbuhan Panjang Ikan

Statistik	Linear	Nonlinear	
		Kuadratik	Kubik
S	2.03020	1.16229	0.846257
R^2	94.6%	98.3%	99.2%

Pada tabel A5 dapat dilihat bahwa model regresi nonlinear tipe kubik memiliki nilai R^2 terbesar yaitu 99,2% dan nilai S terkecil yaitu 0,846257. Maka dapat ditentukan bahwa model nonlinear tipe kubik lebih sesuai untuk digunakan dalam analisa regresi persentase pertumbuhan berat ikan ini.

Tabel 4.32. Koefisien Persamaan Regresi %Pertumbuhan Panjang Ikan

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	86.310	9.964	8.66	0.000
komposisi media <i>aquaculture</i>	-1.6191	0.4714	-3.43	0.003
komposisi media <i>aquaculture</i> ²	0.023539	0.007002	3.36	0.004
komposisi media <i>aquaculture</i> ³	-0.00013271	0.00003311	-4.01	0.001

S = 0.846257 R-Sq = 99.2% R-Sq(adj) = 99.0%

Tabel 4.33. Hasil Uji Ke nonlinieran Analisa Regresi % Pertumbuhan Panjang Ikan

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	3	1351.69	450.56	629.14	0.000
Residual Error	16	11.46	0.72		
Total	19	1363.15			

Hipotesis :

- H_0 = Konstanta X , X^2 dan X^3 bernilai nol
- H_1 = Konstanta X , X^2 dan X^3 tidak bernilai nol

Dasar pengambilan keputusan :

- Jika probabilitas $> 0,05$, H_0 diterima
- Jika probabilitas $< 0,05$, H_0 ditolak

A. Hasil uji kenonlinieran pada tabel 4.33 bahwa nilai probabilitas 0,000 lebih kecil dari 0,05; maka H_0 ditolak dan menerima hipotesis alternatif (H_1). Oleh karena itu, kesimpulannya adalah semua parameter atau salah satu parameter model regresi secara statistik tidak bernilai nol. Artinya, model regresi bisa dipakai untuk memprediksi persentase pertumbuhan panjang ikan.

B. Dari analisa regresi yang dilakukan, model regresi yang didapat yaitu :

$$Y = 86,3 - 1,62 X + 0,0235 X^2 - 0,000133 X^3$$

Dimana:

Y = persentase pertumbuhan panjang ikan

X = komposisi media *aquaculture*

Adapun interpretasi dari persamaan diatas adalah:

- $Y = 86,3$

Nilai konstanta 86,3 menunjukkan bahwa nilai ini adalah penentu tinggi dari garis regresi. Pangkal garis itu berada diatas nilai nol (positif). Karena hipotesis awal bahwa tidak ada nilai X yang bernilai nol, maka untuk nilai $X=0$ dapat dikatakan bahwa tidak terjadi persentase pertumbuhan panjang ikan. Sehingga untuk $X= 40\%$ maka nilai $Y = 50,59\%$ dengan keakuratan prediksi sebesar 99,2%.

- $X = -1,62$; $X^2 = 0,0235$; $X^3 = -0,000133$

Nilai koefisien regresi menunjukkan kemiringan garis (koefisien arah). Nilai koefisien regresi yang lebih tinggi menunjukkan garis regresi yang curam, sebaliknya apabila nilai koefisien regresi yang rendah menunjukkan garis regresi yang lebih landai atau datar. Menurut hasil penelitian disimpulkan

apabila terjadi penambahan komposisi media *aquaculture* 1 satuan, maka persentase pertumbuhan panjang ikan yang dihasilkan rata-rata akan berkurang sebesar 1,62 kali dengan tingkat keakuratan 99,2% .

- C. Dari hasil analisa regresi juga didapatkan koefisien determinasi (R Square= r^2) sebesar 99.2% dengan koefisien determinasi yang terkoreksi dari faktor kesalahan (bias) sebesar 99.0%, menyatakan besarnya pengaruh komposisi media *aquaculture* terhadap persentase pertumbuhan panjang ikan. Artinya sebesar 99.2% presentase pertumbuhan panjang ikan dipengaruhi oleh adanya komposisi media *aquaculture*. Sedangkan sisanya 0,8% dijelaskan oleh sebab-sebab lain yang tidak masuk ke dalam model.
- D. Dari uji ke nonlinieran untuk analisa regresi (F test), didapat nilai F_{hitung} (tabel 4.33) 629,14. Dari tabel distribusi F didapatkan F_{tabel} 3,239. Karena F_{hitung} lebih besar dari F_{tabel} , maka kesimpulannya adalah persentase pertumbuhan panjang ikan dengan komposisi media *aquaculture* mempunyai hubungan nonlinier. Untuk nilai probabilitas 0.000 lebih kecil dari 0,05; maka model regresi bisa dipakai untuk memprediksi persentase pertumbuhan panjang ikan.
- E. Uji t untuk menguji signifikan konstanta dan variabel independen (bebas).
- Dengan membandingkan statistik t_{hitung} dengan statistik t_{tabel} . Jika $t_{hitung} < \text{statistik } t_{tabel}$, maka H_0 diterima dan H_1 ditolak dan begitu juga sebaliknya. Nilai t_{tabel} adalah 1,746; sedangkan nilai t_{hitung} berdasarkan tabel 4.32 adalah 3,36 (komposisi media *aquaculture*²). Karena $t_{hitung} > t_{tabel}$ maka koefisien regresi signifikan. Sedangkan untuk nilai koefisien regresi yang lain, pada tabel 4.32 didapat t_{hitung} yaitu -3,43 (komposisi media *aquaculture*) dan -4,01 (komposisi media *aquaculture*³). Maka dapat disimpulkan $t_{hitung} < t_{tabel}$ sehingga koefisien regresi tersebut tidak signifikan.
 - Nilai t_{hitung} dari konstanta regresi pada tabel 4.32 sebesar 8,66, karena $t_{hitung} > t_{tabel}$ maka konstanta regresi tersebut signifikan

4.6.1.4. Pembahasan

Persentase penambahan panjang ikan terbesar terdapat pada reaktor A (komposisi media *aquaculture* 40% limbah), yaitu sebesar 56,12%. Hal ini disebabkan kandungan alga sebagai pakan alami ikan diproduksi cukup pada reaktor A (komposisi media *aquaculture* 40% limbah). Sedangkan penambahan berat terkecil pada reaktor E (komposisi media *aquaculture* 100% limbah), yaitu sebesar 26,79%. Semakin tinggi kandungan nutriennya maka kandungan alga dalam air juga akan semakin tinggi. Pada saat itu alga berkembang sangat pesat hingga beberapa ribu per milimeter. Akan tetapi alga yang diproduksi berlebihan juga tidak bagus buat ikan karena akan mengakibatkan blooming alga sehingga menutupi permukaan reaktor. Hal inilah yang membatasi masuknya intensitas cahaya matahari kedalam media sehingga proses fotosintesis terganggu. Terganggunya proses fotosintesis mempengaruhi tersedianya oksigen bebas dalam air dan menurunkan pH sehingga menghambat pertumbuhan ikan (reaktor E). Keberadaan nutrisi dalam air sangat diperlukan untuk pertumbuhan ikan. Dalam penelitian ini makanan ikan adalah pakan alami yang diperoleh dari zat-zat organik maupun nutrisi yang terkandung dalam air limbah seperti N-TOTAL dan P-TOTAL.

Variasi komposisi media *aquaculture* mempunyai pengaruh yang sangat besar terhadap persentase pertumbuhan berat ikan. Hal ini didasarkan pada analisa korelasi Pearson pada tabel sebesar -0,972. Dari nilai tersebut menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel sangat kuat karena berada di antara 0,9 – 1 (Soleh, 2005). Sehingga dapat disimpulkan bahwa komposisi media *aquaculture* mempunyai hubungan yang sangat erat (signifikan) dengan persentase pertumbuhan panjang ikan. Akan tetapi hubungan komposisi media *aquaculture* dengan persentase pertumbuhan panjang ikan adalah negatif (berlawanan), maka apabila variabel komposisi media *aquaculture* menurun, maka variabel persentase pertumbuhan berat ikan meningkat, begitupun sebaliknya. Berdasarkan hasil penelitian (Khairuman, 2003), diketahui bahwa laju pertumbuhan ikan Nilu lebih cepat jika dipelihara di kolam air dangkal dibandingkan dengan di kolam yang airnya dalam. Penyebabnya di kolam air dangkal, intensitas cahaya yang masuk optimal sehingga pertumbuhan tanaman air sangat cepat (pakan ikan alami). Hal

ini sesuai dengan hasil penelitian, bahwa dengan komposisi media aquaculture yang tinggi maka kandungan yang ada didalamnya tinggi pula, sehingga yang nampak adalah permukaan air reaktor menjadi keruh. Hal inilah yang menyebabkan pertumbuhan alga menjadi terganggu, dikarenakan proses fotosintesis tidak berjalan normal. Selain itu menurut Kenasih (TA, 2003) disebutkan tingginya kandungan bahan organik tersebut membuat produksi alga berlebihan, sehingga tidak semua alga yang ada dalam air bisa dimanfaatkan oleh ikan. Pada akhir masa pertumbuhan, alga yang tidak dimakan oleh ikan akan mati dan mengendap ke dasar kolam, dan melepaskan mineral-mineral ataupun nutrien organik. Pada saat seperti ini alga cenderung sebagai polutan sekunder. Hal ini juga yang dapat menyebabkan reaktor menjadi keruh sehingga mengganggu proses fotosintesis. Maka dapat disimpulkan bahwa tingginya komposisi media aquaculture akan menyebabkan persentase pertumbuhan berat ikan akan rendah, begitupun sebaliknya.

Untuk memprediksi persentase pertumbuhan berat ikan berdasarkan variasi komposisi media *aquaculture*, dapat digunakan persamaan regresi sebagai berikut:

$$Y = 86,3 - 1,62 X + 0,0235 X^2 - 0,000133 X^3$$

Dimana:

Y = persentase pertumbuhan panjang ikan

X = komposisi media *aquaculture* (%)

Dari analisa regresi dapat disimpulkan, bahwa model regresi bisa dipakai untuk memprediksi persentase pertumbuhan berat ikan pada semua reaktor, yang ditunjukkan dengan nilai F hitung (tabel 4.33) 629,14 . Dari tabel distribusi F didapatkan F tabel 3,239. Maka kesimpulannya adalah F hitung lebih besar dari F tabel. Hasil analisa regresi menunjukkan hubungan yang erat antara variasi komposisi media *aquaculture* dengan persentase pertumbuhan panjang ikan. Dimana 99.2% data persentase pertumbuhan berat ikan dipengaruhi oleh variasi komposisi media *aquaculture*, sedangkan sisanya 0,8% dipengaruhi oleh faktor-faktor yang lain seperti kebiasaan makan ikan, waktu pemeliharaan, polikultur ikan, kepadatan ikan, sistem budidaya yang dipakai dan waktu detensi. Sistem

pembesaran ikan juga berpengaruh pada pertumbuhan ikan. Sistem polikultur tidak disarankan. Hal ini disebabkan oleh tingkat konsumsi makan ikan (yang memanfaatkan alga sebagai sumber makanan) yang berbeda-beda, yaitu adanya ikan yang lebih rakus dibandingkan dengan ikan yang lain. Hal inilah yang membuat persentase pertumbuhan berbeda-beda. Jenis kelamin (*sex*) dari ikan akan berpengaruh pada pertumbuhan ikan, sebab biasanya ikan jantan akan lebih cepat 40% pertumbuhannya dibandingkan ikan betina yang menghabiskan energinya untuk mencari makan dan bereproduksi. Penentuan jantan atau betina pada ikan yang masih kecil sangat susah, sehingga biasanya budidaya ikan dengan menggunakan ikan yang masih kecil tidak memperhatikan jenis kelaminnya. Hal tersebut sangat berkaitan pada pertumbuhan ikan uji, nampak sekali pertumbuhan ikan uji (ikan Nila) sangat berfluktuatif.

Tingginya konsentrasi BOD, N-TOTAL dan P-TOTAL berpengaruh terhadap desain *aquaculture* yang optimal. Menurut Polprasert (1989) dalam Kenasih (2003), semakin tinggi konsentrasi bahan organik menyebabkan *organic loading rate* semakin besar. Hal ini dapat dilihat dari hasil penelitian, didapat organik loading rate berkisar antara 27,37 – 69,87 kg BOD₅/ha.hr. *Organic loading rate* tersebut masih diantara range nilai *organic loading rate* untuk *waste fed fish pond* yang bagus, dimana berkisar antara 25-100 kg BOD₅/ha.hr dengan HRT (hydraulic retention time) 3-10 hari (DEWATS, 1998).

Suhu berpengaruh terhadap transfer oksigen ke air. Pada penelitian ini suhu tiap reaktor relatif hampir sama yaitu berkisar antara 26-28⁰ C. pH berpengaruh pada pertumbuhan ikan karena berkaitan erat dengan proses fotosintesis. Pada pH antara 6 sampai 9 ikan masih bisa tumbuh (Durborow, R.M., Brunson, M.W., and Crosby, D.M., SRAC Publication No. 463, 1992). Apabila pH kurang dari 6 atau lebih dari 9 akan menyebabkan kematian. pH yang tinggi akan berbahaya bagi ikan karena pada pH tersebut akan menyebabkan pertumbuhan ikan terhambat bahkan keracunan sehingga menimbulkan kematian pada ikan. Ini sesuai hasil penelitian, bahwa pH yang tinggi pada reaktor E (komposisi media *aquaculture* 100% limbah) menghasilkan pertumbuhan berat ikan yang terendah.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Dari pembahasan analisa data hasil penelitian didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Pengolahan lanjutan dengan menggunakan metode *aquaculture* dengan memanfaatkan ikan Nila terbukti dapat memberikan hasil yang baik dalam menurunkan kandungan bahan organik effluen IPAL RPH.
2.
 - a. Dalam penelitian ini didapat persentase penurunan BOD tertinggi terdapat pada reaktor A (komposisi media *aquaculture* 40% limbah) sebesar 79,762%. Sedangkan persentase penurunan BOD terendah terdapat pada reaktor E (komposisi media *aquaculture* 100% limbah) sebesar 49,699%.
 - b. Persentase penurunan N-TOTAL terbesar terjadi pada reaktor A (komposisi media *aquaculture* 40% limbah) sebesar 100%. Sedangkan persentase penurunan N-TOTAL terendah terjadi pada reaktor E (komposisi media *aquaculture* 100%) 44,54%.
 - c. Persentase penurunan P-TOTAL terbesar terjadi reaktor A (komposisi media *aquaculture* 40% limbah) sebesar 100%. Sedangkan persentase penurunan P-TOTAL terendah terjadi pada reaktor E (komposisi media *aquaculture* 100%) sebesar 70%.
3.
 - a. Persentase pertumbuhan berat ikan pada penelitian ini berkisar antara 22,8% sampai dengan 70,09%. Pada reaktor kontrol (air sungai) persentase pertumbuhan berat ikan didapat sebesar 75,68%.
 - b. Persentase pertumbuhan panjang ikan pada penelitian ini berkisar antara 26,79% sampai dengan 52,38%. Pada reaktor kontrol (air sungai) persentase pertumbuhan berat ikan didapat sebesar 56,12%.
4. Dalam penelitian ini simbiosis antara alga dan ikan terjadi cukup baik, terbukti dengan adanya pertumbuhan ikan dan removal bahan organik serta nutrien dalam kolam ikan. Alga merupakan sumber pakan bagi ikan.

5.2. Saran

- 1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang aplikasi untuk menurunkan kandungan bahan organik air limbah yang lain, seperti dari pabrik tahu.**
- 2. Perlu dicari alternatif lain untuk jenis ikan dan tempat budidaya yang digunakan.**
- 3. Perlu dilakukan uji toksikologi terhadap ikan tersebut apabila akan dikonsumsi oleh manusia.**
- 4. Perlu ditambahkan analisa DO (*dissolved oxygen*) untuk mengetahui hubungan antara komposisi media *aquaculture* dengan persentase pertumbuhan ikan.**

DAFTAR PUSTAKA

- Aleart, G. dan Sumestri S. 1987. *Metode Penelitian Air*. Penerbit Usaha Nasional. Surabaya.
- APHA, AWWA, WPCF, 1992. *Standard Methods for the Examination of water and wastewater*. 18th edition. Washington.
- Afrianto, Eddy dan E. Liviawaty. 1988. *Beberapa Metode Budidaya Ikan*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Abeliovich, 1986. *Algae In Wastewater Oxidation Ponds*. CRT Press, Inc. Boca Raton. Florida.
- Alabaster, J.S. dan Lloyd, R. 1980. *Water Quality Criteria for Freshwater Fish. Betterworths*. London.
- Allen, G.H., Bush, A. and Mortan, W. 1976. *Preliminary Bacteriological Experience with Wastewater Fertilized Marine Fish Pond*. Proceeding of FAO Technical Conference on Aquaculture. Japan.
- Ardiwinata, R.O. 1981. *Pemeliharaan Ikan Mas*. Sumur Bandung. Bandung.
- Bhattarai, K.K. 1985. Septage Recycling in waste stabilization Ponds. Doctoral Dissertation. Asian Institute of Technology. Bangkok.
- Benefield, L.D. dan C.W. Randall. 1980. *Biological Process Design for Wastewater Treatment*. Prentice-Hall. Englewood Cliffs. N.J.
- Buttner, Soderberg and Terlizzi. 1993. *An Introducing to Water Chemistry in Fresh Water Aquaculture*. Northeastern Regional Aquaculture Center Fact Sheet No. 170.
- Choir dan F. Baraba. 1990. *Teknik Pembenihan dan Budidaya Mujair*. Indah. Surabaya.
- Duncan Mara. 1984. *Sewage Treatment in Hot Climate*. John Wiley & Sons Ltd.
- Durborow, Crosby and Bronson. 1992. *Ammonia in Fish Ponds*. Southern Regional Aquaculture Center Publication No. 463.
- Durborow, Crosby and Bronson. 1992. *Interactions of pH, Carbon Dioxide, Alkalinity and Hardness in Fish Ponds*. Southern Regional Aquaculture Center Publication No. 464.

- Durborow, Crosby and Bronson. 1997. *Nitrite in Fish Ponds*. Southern Regional Aquaculture Center Publication No. 462.
- Djarajah, A.S. 1995. *Nila Merah, Pembenihan dan Pembesaran Secara Intensif*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Djarajah, A.S. 2002. *Budidaya Nila Gift Secara Intensif*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Edward, P. 1980. *Aquaculture: a Component of Low Cost Sanitation Technology*. UNDP Project management Report # 3. World Bank. Washington, D.C.
- Gaudy, Jr, Anthony F dan Gaudy, Elizabeth T, 1989. *Microbiology for Environmental Scientists and Engineers*. McGraw Hill Book Co. Tokyo.
- Grady, Jr, Leslie C.P dan Lim, Henry C, 1980. *Biological Wastewater Treatment*. Marcel Dekker, Inc. USA.
- Indriasari, Harliani. 2001. *Study Pemanfaatan effluent IPLT untuk Budidaya Ikan*. Laporan Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan – FTSP – ITS Surabaya.
- Iriawan ,Nur dan Astuti, Puji Septi, 2006. *Mengolah Data Statistik dengan Mudah Menggunakan Minitab 14*. Andi. Yogyakarta.
- Kenasih, Sri Santi. 2003. *Studi Pemanfaatan effluent SBK dari RPH Kedurus untuk Budidaya ikan Mujair dan Ikan Nila Merah*. Laporan Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan- FTSP- ITS Surabaya.
- Khairuman dan Amri,Khairul.2007. *Budidaya Ikan Nila Secara Intensif*. Agromedia Pustaka. Jakarta.
- Keputusan Gubernur Jawa Timur No. 45 Tahun 2002, Tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Industri Atau Kegiatan Usaha Lainnya Di Jawa Timur*. Bapedal Propinsi Jawa Timur.
- Londa, Treesje Katrina. 2003. *Sistem Pengelolaan Limbah Cair Rumah Potong Hewan Terpadu dengan Budidaya Ikan*. Prosiding Penelitian Seminar Nasional. ITS Surabaya.

- Makruf, Faria Hasanah,dkk.2001. *Uji Toksikitas Sublethal Air Limbah Industri Menggunakan Ikan Nila (Oreochromis niloticus) sebagai Alat Pemantauan Biologis*. Prosiding Penelitian. Jurusan Teknik Lingkungan – FTSP – ITS Surabaya.
- Metcalf & Eddy, 1991. *Wastewater Engineering Treatment Disposal Reuse*. McGraw Hill Book Co.Singapura.
- M.A. Winkler. 1981. *Biological Treatment of Wastewater*. Ellis Horwood Ltd Publiser.
- Mangkoedihardjo, S. 1999. *Ekotoksikologi Keteknikan*. Jurusan teknik Lingkungan-ITS.
- Marsono, B.J. 1997. *Teknik Pengolahan Air Limbah secara Biologis*. Media Informasi Alumni Teknik Lingkungan.
- Nasution, Fatimah Sari. 1987. *Pengolahan Air Buangan Rumah Potong Hewan Dengan Cara Koagulasi-Flokulasi*. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan ITB.Bandung.
- Nigia, L.C. 2001. *Studi Penurunan Kandungan COD dan TSS pada Limbah Cair Rumah Potong Hewan dengan Menggunakan Anaerobic Radial Mixing Reactor*. Laporan Skripsi. Jurusan Teknik Lingkungan-FTSP-ITS. Surabaya.
- Prabowo, Bayu C, 2000. *Studi Anaerobic Baffeled Reactor (ABR) Untuk Pengolahan Limbah Cair RPH Kedurus*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan FTSP-ITS.Surabaya.
- Prastiwi, 2004. *Studi Kinerja Sequencing Batch Reactor (SBR) Dalam Mendegradasi Limbah Rumah Potong Hewan*. Tesis Program Paskasarjana Jurusan Teknik Lingkungan ITB.. Bandung.
- Polprasert, Chongkrak. 1989. *Organic Waste Recycling*. John Wiley & Sons.
- Reynolds, T. D (1982). *Unit Operations And Processes In Environmental Engineering*. Wadsworth, Inc., Belmont, California.
- Ritonga, Abdulrahman. 1987. *Statistika Terapan Untuk Penelitian*. Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi Universitas Indoncsia. Jakarta.

- Ratnawai, E.D. 2000. *Studi Penurunan Kandungan COD dan TSS pada Limbah Cair Rumah Potong Hewan dengan Menggunakan ASBR*. Laporan Skripsi. Jurusan Teknik Lingkungan-FTSP-ITS. Surabaya.
- Santoso, B. 1992. *Budidaya Ikan Mas*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Sawyer, C.N. dan Mc. Carthy, P.L. 1978. *Chemistry for Environmental Engineering*. 3rd Edition Mc. Graw Hill. New York.
- Schroeder, C.L. 1977. *Agricultural Waste in Fish Farming- a Commercial Application of The Culture of Single-Celled Organism for Protein Production*. Water Research. Vol. 11, page 419-420.
- Siddiqui, A.Q. dan Al- Harbi, A.H. 1998. *Nutrient Budgets in Tanks with Different Stocking Density of Hybrid Tilapia Aquaculture*. Saudi Arabia vol 170, page 245-252.
- Susanto, H. dan Rochdianto, A. 1999. *Kiat Budidaya Ikan Mas di Lahan Kritis*. Penebar Swadaya. Yogyakarta.
- Suyanto, S.R. 1999. *Nila*. Penebar Swadaya. Yogyakarta.
- Sanaky, Nuraini. 2006. *Sistem Pengolahan Limbah Cair di Rumah Potong Hewan Gadang-Malang*. Laporan Kerja Praktek. Jurusan Teknik Lingkungan-ITN Malang. Malang.
- Suriawiria, Unus, 1977. *Mikrobiologi Lingkungan*. Departemen Teknik Penyehatan ITB. Bandung.
- Sudjana. 1992. *Metode Statistik*. Penerbit -TARSITO- Bandung.
- Sudjana. 1983. *Teknik Analisis Regresi dan Korelasi*. Penerbit -TARSITO- Bandung.
- Supranto, J. 2001. *STATISTIK Teori dan Aplikasi*. Penerbit ERLANGGA. Jakarta.
- Veenstra. 1995. *Wastewater Treatment, International Institut of Infrastructural Hydraulic and Environmental Engineering*. Netherland.
- Zanbar, Soleh. 2005. *ILMU STATISTIK Pendekatan Teoritis dan Aplikatif disertai Contoh Penggunaan SPSS*. Penerbit REKAYASA SAINS. Bandung.

LAMPIRAN

LAMPIRAN
DATA HASIL PENELITIAN

Tabel 4.4. Hasil Analisa BOD₅ untuk Reaktor A yang Menggunakan Air Limbah 40%

HARI KE-	KONSENTRASI BOD (mg/L)		% REMOVAL	pH	SUHU
	INFLUEN	EFFLUEN			
1	42	8.5	79.76	7,10	26
10	30.63	6.22	79.69	7,13	26
20	28.38	5.85	79.39	7,11	26

Tabel 4.5. Hasil Analisa BOD₅ untuk Reaktor B yang Menggunakan Air Limbah 60%

HARI KE-	KONSENTRASI BOD (mg/L)		% REMOVAL	pH	SUHU
	INFLUEN	EFFLUEN			
1	86.5	22.39	74.12	7,10	26
10	80.3	19.88	75.24	7,15	27
20	78.56	18.23	76.79	7,13	27

Tabel 4.6. Hasil Analisa BOD₅ untuk Reaktor C yang Menggunakan Air Limbah 80%

HARI KE-	KONSENTRASI BOD (mg/L)		% REMOVAL	pH	SUHU
	INFLUEN	EFFLUEN			
1	110.75	48.99	55.77	7,20	27
10	102.5	43.3	57.76	7,15	27
20	99.2	40.47	59.20	7,14	26

Tabel 4.7. Hasil Analisa BOD₅ untuk Reaktor D yang Menggunakan Air Limbah 90%

HARI KE-	KONSENTRASI BOD (mg/L)		% REMOVAL	pH	SUHU
	INFLUEN	EFFLUEN			
1	129.64	58.4	54.952	7,25	28
10	124.77	56.3	54.877	7,22	27
20	120.47	53.96	55.208	7,22	27

Tabel 4.8. Hasil Analisa BOD₅ untuk Reaktor E yang Menggunakan Air Limbah 100%

HARI KE-	KONSENTRASI BOD (mg/L)		% REMOVAL	pH	SUHU
	INFLUEN	EFFLUEN			
1	166.06	83.53	49.699	7,34	28
10	159.58	78.88	50.57	7,38	28
20	158	77.91	50.69	7,28	26

N-TOTAL

Tabel 4.9. Hasil Analisa N-TOTAL untuk Reaktor A yang Menggunakan Air Limbah 40%

HARI KE-	KONSENTRASI N - TOTAL (mg/L)		% REMOVAL	pH	SUHU
	INFLUEN	EFFLUEN			
1	2.51	0	100	7,10	26
2	1.95	0	100	7,05	27
3	1.17	0	100	7,03	27
4	4.62	0.08	98.27	7,14	27
5	3.73	0	100	7,12	26
6	1.03	0	100	7,03	27
7	6.54	0.624	90.46	7,16	26
8	5.11	0.19	96.28	7,15	26
9	3.87	0	100	7,12	26
10	4.56	0.02	99.56	7,13	26
11	2.79	0	100	7,11	27
12	0.95	0	100	7,04	27
13	4.21	0	100	7,12	27
14	3.21	0	100	7,09	26
15	1.59	0	100	7,06	26
16	4.5	0.016	99.64	7,12	26
17	3.43	0	100	7,11	27
18	2.28	0	100	7,09	27
19	5.34	0.23	95.69	7,14	26
20	3.79	0	100	7,11	26

Tabel 4.10. Hasil Analisa N-TOTAL untuk Reaktor B yang Menggunakan Air Limbah 60%

HARI KE-	KONSENTRASI N - TOTAL (mg/L)		% REMOVAL	pH	SUHU
	INFLUEN	EFFLUEN			
1	3.61	0.5	86.15	7,10	26
2	3.58	0.27	92.46	7,07	26
3	1.24	0	100	7,03	26
4	7.81	0.74	90.52	7,18	27
5	5.3	0.1	98.11	7,13	27
6	3.5	0	100	7,09	26
7	7.66	0.68	91.12	7,16	27
8	6.78	0.62	90.86	7,15	27
9	4.21	0.015	99.64	7,12	26
10	7.93	0.76	90.42	7,15	27
11	5.11	0.105	97.95	7,12	27
12	4.56	0.006	99.87	7,09	26
13	4.99	0.02	99.60	7,10	26
14	3.73	0	100	7,08	26
15	2.42	0	100	7,05	26
16	7.27	0.68	90.65	7,15	27
17	6.88	0.62	90.99	7,14	27
18	3.34	0	100	7,08	26
19	6.84	0.61	91.08	7,14	27
20	5.33	0.21	96.06	7,13	27

Tabel 4.11. Hasil Analisa N-TOTAL untuk Reaktor C yang Menggunakan Air Limbah 80%

HARI KE-	KONSENTRASI N - TOTAL (mg/L)		% REMOVAL	pH	SUHU
	INFLUEN	EFFLUEN			
1	13.16	6.84	48.02	7,20	27
2	12.34	6.13	50.32	7,18	27
3	10.75	5.57	48.19	7,17	27
4	12.02	6.04	49.75	7,18	27
5	10.54	5.45	48.29	7,16	27
6	9.87	4.89	50.46	7,15	27
7	8.28	2.67	67.75	7,14	27
8	7.2	2.05	71.53	7,14	26
9	6.72	1.56	76.79	7,12	26
10	11.8	6.04	48.81	7,15	27
11	9.56	3.98	58.37	7,14	26
12	8.15	2.6	68.10	7,13	26
13	13.58	7.43	45.29	7,19	27
14	13.01	7.32	43.74	7,18	27
15	10.87	5.65	48.02	7,17	27
16	9.76	4.29	56.05	7,15	27
17	8.51	3.92	53.94	7,14	26
18	7.69	2.49	67.62	7,13	26
19	9.82	4.7	52.14	7,15	27
20	8.72	4.02	53.90	7,14	26

Tabel 4.12. Hasil Analisa N-TOTAL untuk Reaktor D yang Menggunakan Air Limbah 90%

HARI KE-	KONSENTRASI N - TOTAL (mg/L)		% REMOVAL	pH	SUHU
	INFLUEN	EFFLUEN			
1	17.22	8.49	50.70	7,25	28
2	16.27	8.01	50.77	7,24	28
3	14.34	7.07	50.70	7,21	26
4	17.65	9	49.01	7,26	28
5	17.25	8.61	50.09	7,25	28
6	16.8	8.23	51.03	7,24	27
7	17.09	8.33	51.26	7,24	28
8	16.15	7.8	51.70	7,24	28
9	15.74	7.77	50.64	7,23	27
10	14.89	7.1	52.32	7,22	27
11	13.88	6.4	53.89	7,21	27
12	13.27	5.59	57.87	7,20	26
13	15.66	7.42	52.62	7,23	27
14	14.37	7.09	50.66	7,22	27
15	13.99	6.87	50.89	7,21	26
16	16.55	8.05	51.36	7,24	28
17	15.65	7.37	52.92	7,23	27
18	11.11	5.11	53.99	7,19	26
19	15.79	7.55	52.20	7,23	27
20	14.55	7.19	50.58	7,22	27

Tabel 4.13. Hasil Analisa N-TOTAL untuk Reaktor E yang Menggunakan Air Limbah 100%

HARI KE-	KONSENTRASI N - TOTAL (mg/L)		% REMOVAL	pH	SUHU
	INFLUEN	EFFLUEN			
1	19.11	10.51	45.003	7,34	28
2	18.9	9.75	48.413	7,33	27
3	18.02	8.99	50.111	7,32	27
4	17.95	8.73	51.365	7,30	26
5	16.99	8.45	50.265	7,29	26
6	16.54	8.14	50.786	7,28	26
7	20.44	11.17	45.352	7,37	28
8	19.65	10.81	44.987	7,35	28
9	18.48	9.52	48.485	7,34	27
10	21.07	11.24	46.654	7,38	28
11	20.17	11.03	45.315	7,37	28
12	19.71	10.9	44.698	7,35	26
13	19.22	10.66	44.537	7,34	27
14	18.83	9.85	47.690	7,34	27
15	18.29	9.22	49.590	7,32	26
16	18.33	9.36	48.936	7,33	27
17	17.88	8.69	51.398	7,31	26
18	17.15	8.58	49.971	7,30	26
19	17.87	8.65	51.595	7,31	27
20	16.09	7.97	50.466	7,28	26

HARI	KONSENTRASI P - TOTAL (mg/L)		% REMOVAL	pH	SUHU
	INFLUEN	EFFLUEN			
1	0.074	0.001	98.649	7,10	26
2	0.056	0	100	7,05	27
3	0.022	0	100	7,03	27
4	0.09	0	100	7,14	27
5	0.032	0	100	7,12	26
6	0.02	0	100	7,03	27
7	0.26	0.011	95.769	7,16	26
8	0.22	0.009	95.909	7,15	26
9	0.19	0.001	99.474	7,12	26
10	0.28	0	100	7,13	26
11	0.13	0	100	7,11	27
12	0.007	0	100	7,04	27
13	0.28	0	100	7,12	27
14	0.17	0	100	7,09	26
15	0.08	0	100	7,06	26
16	0.105	0.005	95.238	7,12	26
17	0.09	0.003	96.704	7,11	27
18	0.055	0	100	7,09	27
19	0.11	0	100	7,14	26
20	0.09	0	100	7,11	26

Tabel 4.14. Hasil Analisa P-TOTAL untuk Reaktor A yang Menggunakan Air Limbah 40%

P-TOTAL

Tabel 4.15. Hasil Analisa P-TOTAL untuk Reaktor B yang Menggunakan Air Limbah 60%

HARI KE-	KONSENTRASI P - TOTAL (mg/L)		% REMOVAL	pH	SUHU
	INFLUEN	EFFLUEN			
1	0.453	0.015	96.689	7,10	26
2	0.39	0.004	98.974	7,07	26
3	0.21	0	100	7,03	26
4	0.35	0.001	99.714	7,18	27
5	0.2	0	100	7,13	27
6	0.18	0	100	7,09	26
7	0.39	0.021	94.615	7,16	27
8	0.33	0.01	96.970	7,15	27
9	0.21	0	100	7,12	26
10	0.33	0.007	97.879	7,15	27
11	0.19	0	100	7,12	27
12	0.009	0	100	7,09	26
13	0.35	0.011	96.857	7,10	26
14	0.24	0.008	96.667	7,08	26
15	0.09	0	100	7,05	26
16	0.401	0.017	95.761	7,15	27
17	0.27	0.006	97.778	7,14	27
18	0.13	0.001	99.231	7,08	26
19	0.28	0.007	97.5	7,14	27
20	0.2	0.005	97.5	7,13	27

Tabel 4.16. Hasil Analisa P-TOTAL untuk Reaktor C yang Menggunakan Air Limbah 80%

HARI KE-	KONSENTRASI P - TOTAL (mg/L)		% REMOVAL	pH	SUHU
	INFLUEN	EFFLUEN			
1	0.49	0.019	96.122	7,20	27
2	0.45	0.008	98.222	7,18	27
3	0.29	0.001	99.655	7,17	27
4	0.67	0.025	96.269	7,18	27
5	0.51	0.023	95.49	7,16	27
6	0.40	0.013	96.723	7,15	27
7	0.48	0.018	96.25	7,14	27
8	0.39	0.013	96.667	7,14	26
9	0.29	0.0092	96.828	7,12	26
10	0.63	0.026	95.873	7,15	27
11	0.57	0.024	95.789	7,14	26
12	0.32	0.012	96.25	7,13	26
13	0.43	0.019	95.581	7,19	27
14	0.39	0.014	96.41	7,18	27
15	0.2	0.009	95.5	7,17	27
16	0.47	0.023	95.106	7,15	27
17	0.41	0.02	95.122	7,14	26
18	0.37	0.017	95.405	7,13	26
19	0.51	0.023	95.49	7,15	27
20	0.43	0.02	95.349	7,14	26

HARI KE-	KONSENTRASI P - TOTAL (mg/L)		REMOVAL %	pH	SUHU
	INFLUEN	EFFLUEN			
1	17.22	8.49	50.70	7,25	28
2	16.27	8.01	50.77	7,24	28
3	14.34	7.07	50.70	7,21	26
4	17.65	9	49.01	7,26	28
5	17.25	8.61	50.09	7,25	28
6	16.8	8.23	51.03	7,24	27
7	17.09	8.33	51.26	7,24	28
8	16.15	7.8	51.70	7,24	28
9	15.74	7.77	50.64	7,23	27
10	14.89	7.1	52.32	7,22	27
11	13.88	6.4	53.89	7,21	27
12	13.27	5.59	57.87	7,20	26
13	15.66	7.42	52.62	7,23	27
14	14.37	7.09	50.66	7,22	27
15	13.99	6.87	50.89	7,21	26
16	16.55	8.05	51.36	7,24	28
17	15.65	7.37	52.92	7,23	27
18	11.11	7.11	35.98	7,19	26
19	15.79	7.55	52.20	7,23	27
20	14.55	7.19	50.58	7,22	27

Air Limbah 90%

Tabel 4.17. Hasil Analisa P-TOTAL untuk Reaktor D yang Menggunakan

Tabel 4.18. Hasil Analisa P-TOTAL untuk Reaktor E yang Menggunakan Air Limbah 100%

HARI KE-	KONSENTRASI P - TOTAL (mg/L)		% REMOVAL	pH	SUHU
	INFLUEN	EFFLUEN			
1	19.11	10.51	45.003	7,34	28
2	18.9	9.75	48.413	7,33	27
3	18.02	8.99	50.111	7,32	27
4	17.95	8.73	51.365	7,30	26
5	16.99	8.45	50.265	7,29	26
6	16.54	8.14	50.786	7,28	26
7	20.44	11.17	45.352	7,37	28
8	19.65	10.81	44.987	7,35	28
9	18.48	9.52	48.485	7,34	27
10	21.07	11.24	46.654	7,38	28
11	20.17	11.03	45.315	7,37	28
12	19.71	10.9	44.698	7,35	26
13	19.22	10.66	44.537	7,34	27
14	18.83	9.85	47.690	7,34	27
15	18.29	9.22	49.590	7,32	26
16	18.33	9.36	48.936	7,33	27
17	17.88	8.69	51.398	7,31	26
18	17.15	8.58	49.971	7,30	26
19	17.87	8.65	51.595	7,31	27
20	16.09	7.97	50.466	7,28	26

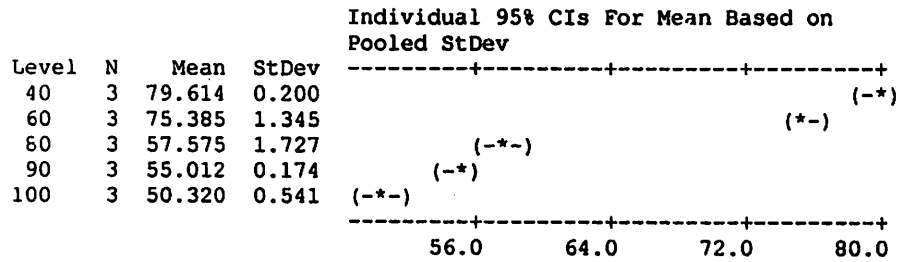
LAMPIRAN
DATA ANALISA STATISTIK

A. Analisa MINITAB Komposisi Media Aquaculture dengan Persentase Penurunan BOD

One-way ANOVA: %R versus komposisi media aquaculture

Source	DF	SS	MS	F	P
komposisi media	4	2045.22	511.31	496.12	0.000
Error	10	10.31	1.03		
Total	14	2055.53			

S = 1.015 R-Sq = 99.50% R-Sq(adj) = 99.30%



Pooled StDev = 1.015

Correlations: %R, komposisi media aquaculture

Pearson correlation of %R and komposisi media aquaculture = -0.974
P-Value = 0.000

Regression Analysis: %R versus komposisi media aquaculture (tipe linier)

The regression equation is
%R = 102.8 - 0.5294 komposisi media aquaculture

S = 2.83640 R-Sq = 94.9% R-Sq(adj) = 94.5%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	1950.94	1950.94	242.50	0.000
Error	13	104.59	8.05		
Total	14	2055.53			

Polynomial Regression Analysis: %R versus komposisi media aquaculture (tipe kuadratik)

The regression equation is
%R = 94.65 - 0.2709 komposisi media aquaculture
- 0.001856 komposisi media aquaculture**2

S = 2.85632 R-Sq = 95.2% R-Sq(adj) = 94.4%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	1957.63	978.813	119.97	0.000
Error	12	97.90	8.159		
Total	14	2055.53			

Sequential Analysis of Variance

Source	DF	SS	F	P
Linear	1	1950.94	242.50	0.000
Quadratic	1	6.68	0.82	0.383

Polynomial Regression Analysis: %R versus komposisi media aquaculture (tipe kubik)

The regression equation is

$$\begin{aligned} \%R = & -12.33 + 4.879 \text{ komposisi media aquaculture} \\ & - 0.07909 \text{ komposisi media aquaculture}^{**2} \\ & + 0.000366 \text{ komposisi media aquaculture}^{**3} \end{aligned}$$

$$S = 1.71043 \quad R\text{-Sq} = 98.4\% \quad R\text{-Sq(adj)} = 98.0\%$$

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	3	2023.35	674.449	230.54	0.000
Error	11	32.18	2.926		
Total	14	2055.53			

Sequential Analysis of Variance

Source	DF	SS	F	P
Linear	1	1950.94	242.50	0.000
Quadratic	1	6.68	0.82	0.383
Cubic	1	65.72	22.46	0.001

Regression Analysis: %R versus komposisi me, komposisi me, komposisi me

The regression equation is

$$\begin{aligned} \%R = & -12.3 + 4.88 \text{ komposisi media aquaculture} \\ & - 0.0791 \text{ komposisi media aquaculture } 2 \\ & + 0.000366 \text{ komposisi media aquaculture } 3 \end{aligned}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	-12.33	23.25	-0.53	0.607
komposisi media aquaculture	4.879	1.100	4.43	0.001
komposisi media aquaculture 2	-0.07909	0.01634	-4.84	0.001
komposisi media aquaculture 3	0.00036622	0.00007727	4.74	0.001

$$S = 1.71043 \quad R\text{-Sq} = 98.4\% \quad R\text{-Sq(adj)} = 98.0\%$$

Analysis of Variance

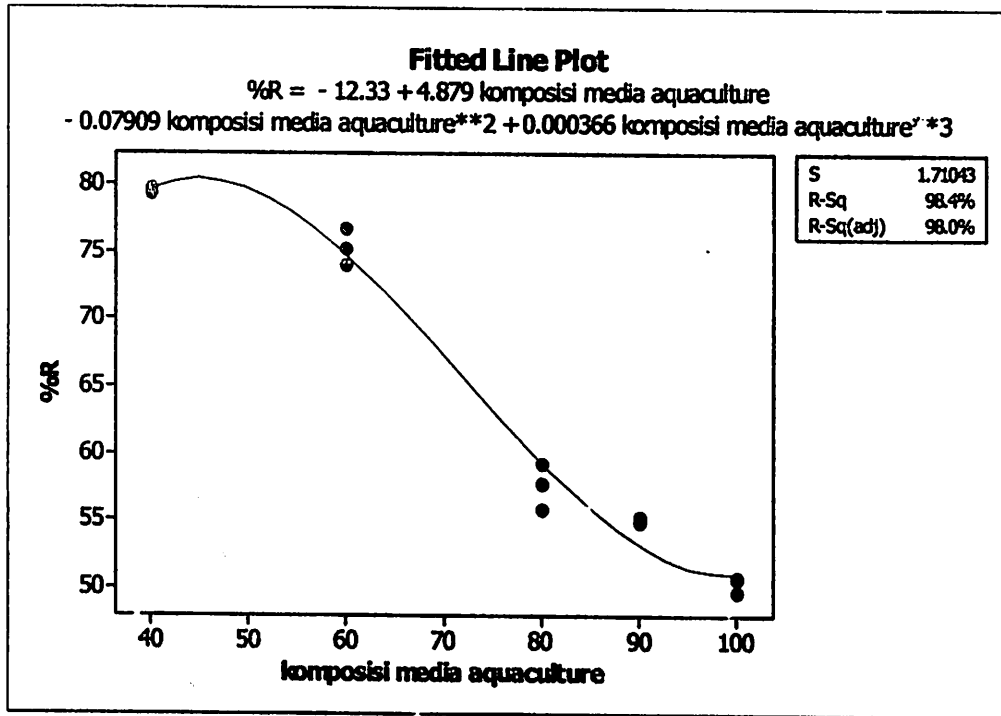
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	3	2023.35	674.45	230.54	0.000
Residual Error	11	32.18	2.93		
Lack of Fit	1	21.88	21.88	21.23	0.001
Pure Error	10	10.31	1.03		
Total	14	2055.53			

Source	DF	Seq SS
komposisi media aquaculture	1	1950.94
komposisi media aquaculture 2	1	6.68
komposisi media aquaculture 3	1	65.72

Unusual Observations

Obs	komposisi media aquaculture	%R	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
3	80	55.765	59.331	0.750	-3.566	-2.32R

R denotes an observation with a large standardized residual.



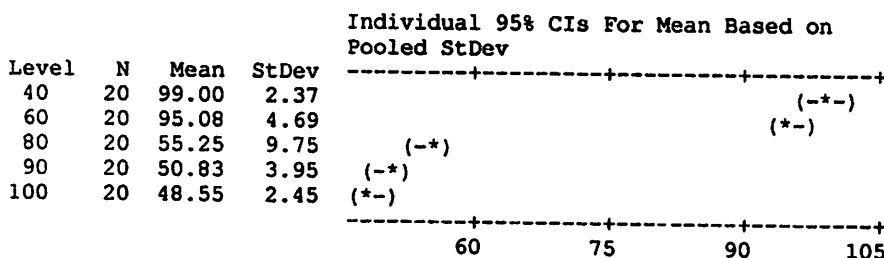
Gambar 1. Hubungan antara Komposisi Media Aquaculture dengan Persentase Penurunan BOD

B. Analisa MINITAB Komposisi Media Aquaculture dengan Persentase Penurunan N-TOTAL

One-way ANOVA: %R versus komposisi media aquaculture

Source	DF	SS	MS	F	P
komposisi media	4	50295.1	12573.8	436.01	0.000
Error	95	2739.6	28.8		
Total	99	53034.7			

S = 5.370 R-Sq = 94.83% R-Sq(adj) = 94.62%



Pooled StDev = 5.37

Correlations: %R, komposisi media aquaculture

Pearson correlation of %R and komposisi media aquaculture = -0.923
P-Value = 0.000

Regression Analysis: %R versus komposisi media aquaculture (tipe linier)

The regression equation is
%R = 142.8 - 0.9871 komposisi media aquaculture

S = 8.93719 R-Sq = 85.2% R-Sq(adj) = 85.1%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	45207.1	45207.1	565.99	0.000
Error	98	7827.6	79.9		
Total	99	53034.7			

Polynomial Regression Analysis: %R versus komposisi media aquaculture (tipe kuadratik)

The regression equation is
%R = 137.3 - 0.8136 komposisi media aquaculture
- 0.001245 komposisi media aquaculture**2

S = 8.97163 R-Sq = 85.3% R-Sq(adj) = 85.0%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	45227.2	22613.6	280.95	0.000
Error	97	7807.5	80.5		
Total	99	53034.7			

Sequential Analysis of Variance

Source	DF	SS	F	P
Linear	1	45207.1	565.99	0.000
Quadratic	1	20.0	0.25	0.619

Polynomial Regression Analysis: %R versus komposisi media aquaculture (tipe kubik)

The regression equation is

$$\%R = -207.1 + 15.77 \text{ komposisi media aquaculture} - 0.2499 \text{ komposisi media aquaculture}^2 + 0.001179 \text{ komposisi media aquaculture}^3$$

S = 5.83140 R-Sq = 93.8% R-Sq(adj) = 93.7%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	3	49770.2	16590.1	487.87	0.000
Error	96	3264.5	34.0		
Total	99	53034.7			

Sequential Analysis of Variance

Source	DF	SS	F	P
Linear	1	45207.1	565.99	0.000
Quadratic	1	20.0	0.25	0.619
Cubic	1	4543.0	133.60	0.000

Regression Analysis: %R versus komposisi me, komposisi me, komposisi me

The regression equation is

$$\%R = -207 + 15.8 \text{ komposisi media aquaculture} - 0.250 \text{ komposisi media aquaculture}^2 + 0.00118 \text{ komposisi media aquaculture}^3$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	-207.14	30.70	-6.75	0.000
komposisi media aquaculture	15.770	1.453	10.86	0.000
komposisi media aquaculture 2	-0.24994	0.02158	-11.58	0.000
komposisi media aquaculture 3	0.0011793	0.0001020	11.56	0.000

S = 5.83140 R-Sq = 93.8% R-Sq(adj) = 93.7%

Analysis of Variance

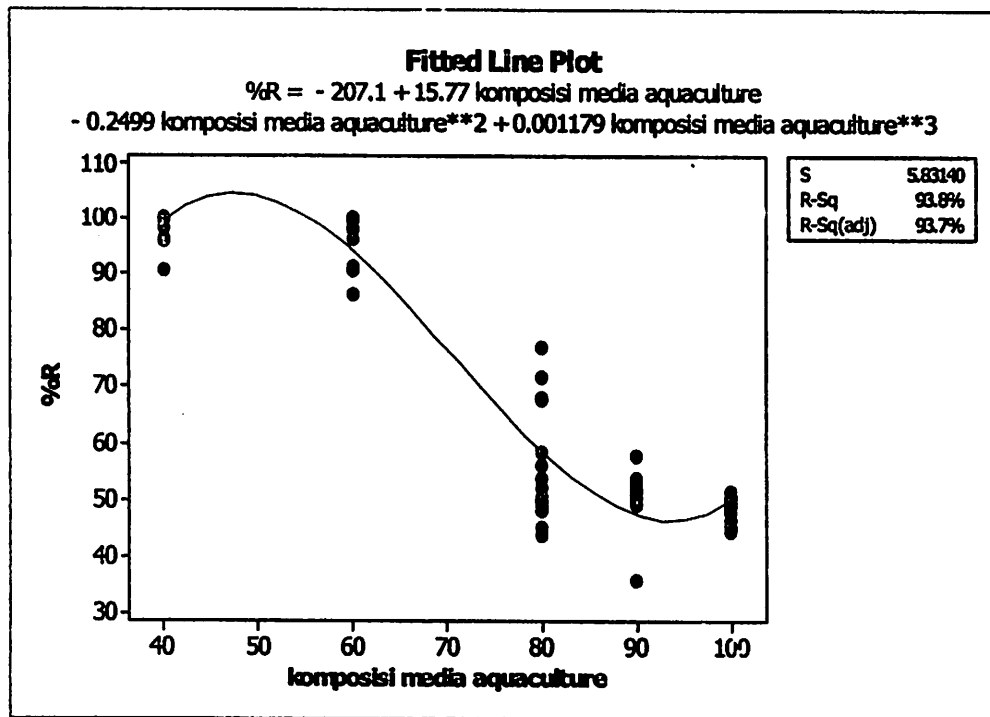
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	3	49770	16590	487.87	0.000
Residual Error	96	3264	34		
Lack of Fit	1	525	525	18.20	0.000
Pure Error	95	2740	29		
Total	99	53035			

Source	DF	Seq SS
komposisi media aquaculture	1	45207
komposisi media aquaculture 2	1	20
komposisi media aquaculture 3	1	4543

Unusual Observations

Obs	komposisi media aquaculture	%R	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
38	80	71.530	58.584	0.991	12.946	2.25R
43	80	76.790	58.584	0.991	18.206	3.17R
63	80	45.290	58.584	0.991	-13.294	-2.31R
68	80	43.740	58.584	0.991	-14.844	-2.58R

R denotes an observation with a large standardized residual.



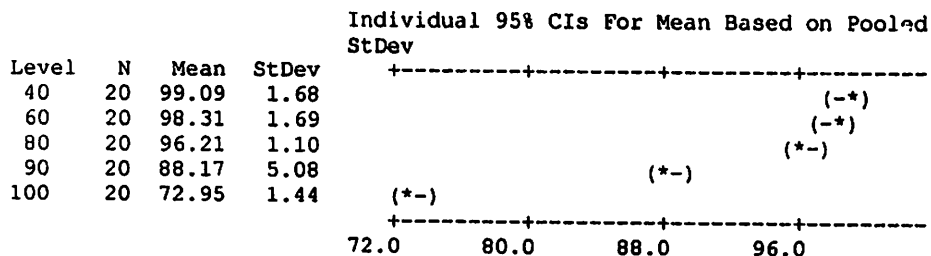
Gambar 2. Hubungan antara Komposisi Media Aquaculture dengan Persentase Penurunan N-TOTAL

C. Analisa MINITAB Komposisi Media Aquaculture dengan Persentase Penurunan P-TOTAL

One-way ANOVA: %R versus komposisi media aquaculture

Source	DF	SS	MS	F	P
komposisi media	4	9597.16	2399.29	344.93	0.000
Error	95	660.80	6.96		
Total	99	10257.96			

S = 2.637 R-Sq = 93.56% R-Sq(adj) = 93.29%



Pooled StDev = 2.64

Correlations: %R, komposisi media aquaculture

Pearson correlation of %R and komposisi media aquaculture = -0.789
P-Value = 0.000

Regression Analysis: %R versus komposisi media aquaculture (tipe linier)

The regression equation is
%R = 118.4 - 0.3710 komposisi media aquaculture

S = 6.28486 R-Sq = 62.3% R-Sq(adj) = 61.9%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	6387.0	6387.02	161.70	0.000
Error	98	3870.9	39.50		
Total	99	10258.0			

Polynomial Regression Analysis: %R versus komposisi media aquaculture (tipe kuadrat)

The regression equation is
%R = 55.53 + 1.634 komposisi media aquaculture
- 0.01439 komposisi media aquaculture**2

S = 3.50588 R-Sq = 88.4% R-Sq(adj) = 88.1%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	9065.7	4532.86	368.79	0.000
Error	97	1192.2	12.29		
Total	99	10258.0			

Sequential Analysis of Variance

Source	DF	SS	F	P
Linear	1	6387.02	161.70	0.000
Quadratic	1	2678.69	217.94	0.000

Polynomial Regression Analysis: %R versus komposisi media aquaculture (tipe kubik)

The regression equation is

$$\%R = 173.3 - 4.034 \text{ komposisi media aquaculture} + 0.07061 \text{ komposisi media aquaculture}^2 - 0.000403 \text{ komposisi media aquaculture}^3$$

$$S = 2.62525 \quad R\text{-Sq} = 93.6\% \quad R\text{-Sq(adj)} = 93.3\%$$

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	3	9596.3	3198.78	464.13	0.000
Error	96	661.6	6.89		
Total	99	10258.0			

Sequential Analysis of Variance

Source	DF	SS	F	P
Linear	1	6387.02	161.70	0.000
Quadratic	1	2678.69	217.94	0.000
Cubic	1	530.62	76.99	0.000

Regression Analysis: %R versus komposisi me, komposisi me, komposisi me

The regression equation is

$$\%R = 173 - 4.03 \text{ komposisi media aquaculture} + 0.0706 \text{ komposisi media aquaculture}^2 - 0.000403 \text{ komposisi media aquaculture}^3$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	173.26	13.82	12.53	0.000
komposisi media aquaculture	-4.0340	0.6540	-6.17	0.000
komposisi media aquaculture 2	0.070606	0.009714	7.27	0.000
komposisi media aquaculture 3	-0.00040302	0.00004593	-8.77	0.000

$$S = 2.62525 \quad R\text{-Sq} = 93.6\% \quad R\text{-Sq(adj)} = 93.3\%$$

Analysis of Variance

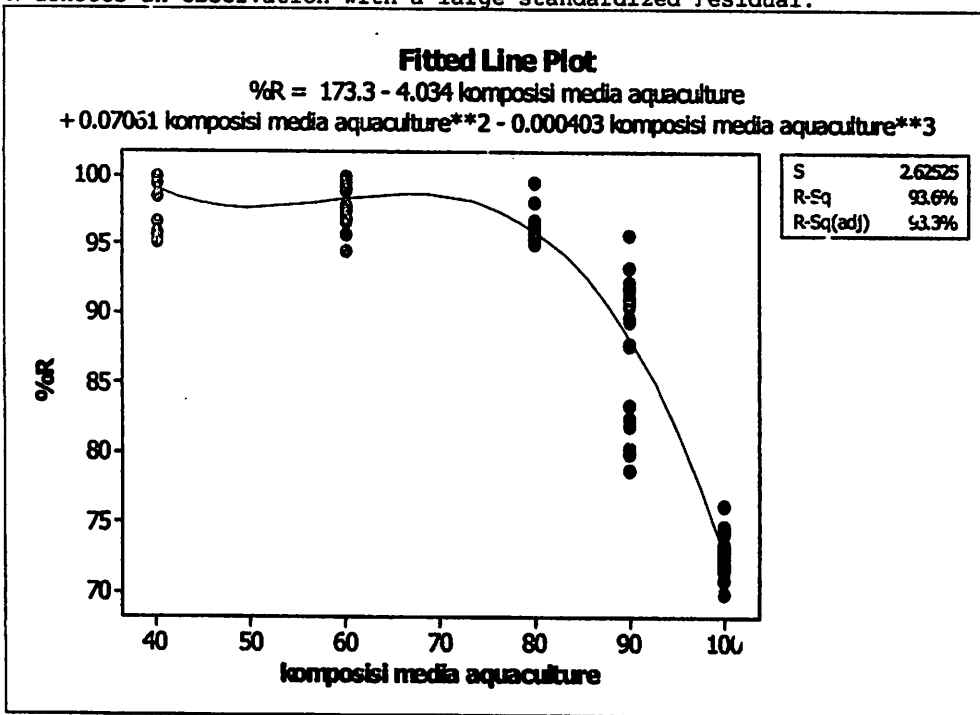
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	3	9596.3	3198.8	464.13	0.000
Residual Error	96	661.6	6.9		
Lack of Fit	1	0.8	0.8	0.12	0.732
Pure Error	95	660.8	7.0		
Total	99	10258.0			

Source	DF	Seq SS
komposisi media aquaculture	1	6387.0
komposisi media aquaculture 2	1	2678.7
komposisi media aquaculture 3	1	530.6

Unusual Observations

Obs	komposisi media aquaculture	%R	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
4	90	80.000	88.309	0.423	-8.309	-3.21R
9	90	82.460	88.309	0.423	-5.849	-2.26R
29	90	95.820	88.309	0.423	7.511	2.90R
79	90	80.370	88.309	0.423	-7.939	-3.06R
84	90	78.840	88.309	0.423	-9.469	-3.65R
94	90	82.000	88.309	0.423	-6.309	-2.43R

R denotes an observation with a large standardized residual.



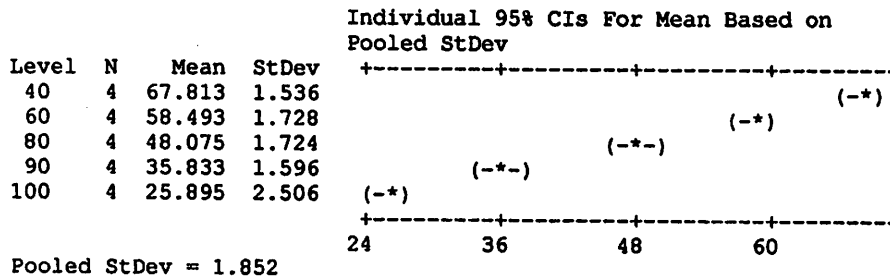
Gambar 3. Hubungan antara Komposisi Media Aquaculture dengan Persentase Penurunan P-TOTAL

D. Analisa MINITAB Komposisi Media Aquaculture dengan Persentase Pertumbuhan Berat Ikan

One-way ANOVA: % pertumbuhan berat ikan versus komposisi media aquaculture

Source	DF	SS	MS	F	P
komposisi media	4	4545.13	1136.28	331.36	0.000
Error	15	51.44	3.43		
Total	19	4596.57			

S = 1.852 R-Sq = 98.88% R-Sq(adj) = 98.58%



Correlations: % pertumbuhan berat ikan, komposisi media aquaculture

Pearson correlation of % pertumbuhan berat ikan and komposisi media aquaculture
 = -0.973
 P-Value = 0.000

Regression Analysis: % pertumbuhan be versus komposisi media (tipe linier)

The regression equation is
 % pertumbuhan berat ikan = 97.92 - 0.6851 komposisi media aquaculture

S = 3.65622 R-Sq = 94.8% R-Sq(adj) = 94.5%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	4355.94	4355.94	325.85	0.000
Error	18	240.62	13.37		
Total	19	4596.57			

Polynomial Regression Analysis: % pertumbuhan be versus komposisi media (tipe kuadrat)

The regression equation is
 % pertumbuhan berat ikan = 63.47 + 0.4135 komposisi media aquaculture
 - 0.007886 komposisi media aquaculture**2

S = 2.16539 R-Sq = 98.3% R-Sq(adj) = 98.1%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	4516.85	2258.43	481.65	0.000
Error	17	79.71	4.69		
Total	19	4596.57			

Sequential Analysis of Variance

Source	DF	SS	F	P
Linear	1	4355.94	325.85	0.000
Quadratic	1	160.91	34.32	0.000

Polynomial Regression Analysis: % pertumbuhan be versus komposisi media (tipe kubik)

The regression equation is

$$\% \text{ pertumbuhan berat ikan} = 94.66 - 1.088 \text{ komposisi media aquaculture} + 0.01163 \text{ komposisi media aquaculture}^2 - 0.000107 \text{ komposisi media aquaculture}^3$$

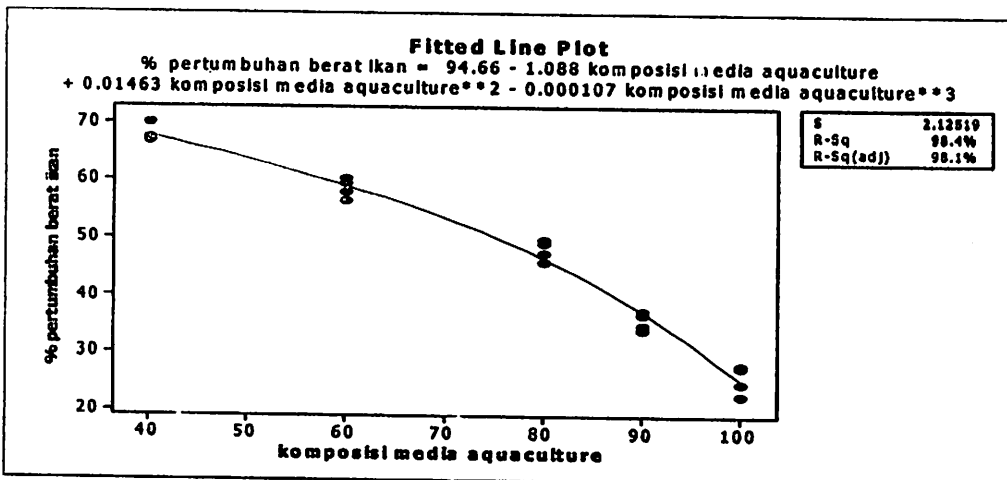
S = 2.12519 R-Sq = 98.4% R-Sq(adj) = 98.1%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	3	4524.30	1508.10	333.91	0.000
Error	16	72.26	4.52		
Total	19	4596.57			

Sequential Analysis of Variance

Source	DF	SS	F	P
Linear	1	4355.94	325.85	0.000
Quadratic	1	160.91	34.32	0.000
Cubic	1	7.45	1.65	0.217



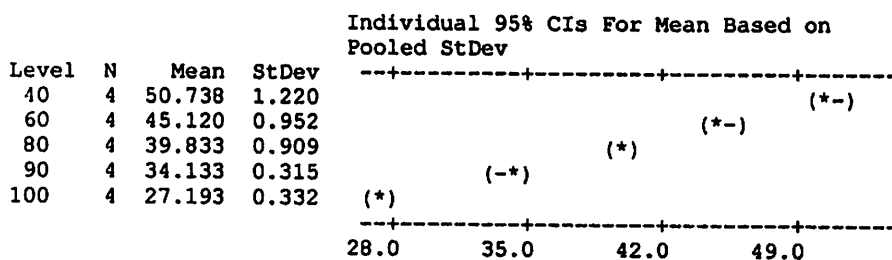
Gambar 4. Hubungan antara Komposisi Media Aquaculture dengan Persentase Pertumbuhan Berat Ikan

E. Analisa MINITAB Komposisi Media Aquaculture dengan Persentase Pertumbuhan Panjang Ikan

One-way ANOVA: % pertumbuhan panjang versus komposisi media aquaculture

Source	DF	SS	MS	F	P
komposisi media	4	1352.856	338.214	493.04	0.000
Error	15	10.290	0.686		
Total	19	1363.145			

S = 0.8282 R-Sq = 99.25% R-Sq(adj) = 99.04%



Correlations: % pertumbuhan panjang, komposisi media aquaculture

Pearson correlation of % pertumbuhan panjang and komposisi media aquaculture =

-0.972

P-Value = 0.000

Regression Analysis: % pertumbuhan panjang versus komposisi media aquaculture (tipe linier)

The regression equation is

% pertumbuhan panjang = 66.98 - 0.3727 komposisi media aquaculture

S = 2.03020 R-Sq = 94.6% R-Sq(adj) = 94.3%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	1288.95	1288.95	312.72	0.000
Error	18	74.19	4.12		
Total	19	1363.15			

Polynomial Regression Analysis: % pertumbuhan pa versus komposisi media (tipe kuadrat)

The regression equation is

% pertumbuhan panjang = 47.54 + 0.2471 komposisi media aquaculture - 0.004449 komposisi media aquaculture**2

S = 1.16229 R-Sq = 98.3% R-Sq(adj) = 98.1%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	1340.18	670.090	496.02	0.000
Error	17	22.97	1.351		
Total	19	1363.15			

Sequential Analysis of Variance

Source	DF	SS	F	P
Linear	1	1288.95	312.72	0.000
Quadratic	1	51.23	37.92	0.000

Polynomial Regression Analysis: % pertumbuhan pa versus kcmposisi media (tipe kubik)

The regression equation is
 % pertumbuhan panjang = 86.31 - 1.619 komposisi media aquaculture
 + 0.02354 komposisi media aquaculture**2
 - 0.000133 komposisi media aquaculture**3

S = 0.846257 R-Sq = 99.2% R-Sq(adj) = 99.0%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	3	1351.69	450.562	629.14	0.000
Error	16	11.46	0.716		
Total	19	1363.15			

Sequential Analysis of Variance

Source	DF	SS	F	P
Linear	1	1288.95	312.72	0.000
Quadratic	1	51.23	37.92	0.000
Cubic	1	11.51	16.07	0.001

Regression Analysis: % pertumbuha versus komposisi me, komposisi me, ...

The regression equation is
 % pertumbuhan panjang = 86.3 - 1.62 komposisi media aquaculture
 + 0.0235 komposisi media aquaculture 2
 - 0.000133 komposisi media aquaculture 3

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	86.310	9.964	8.66	0.000
komposisi media aquaculture	-1.6191	0.4714	-3.43	0.003
komposisi media aquaculture 2	0.023539	0.007002	3.36	0.004
komposisi media aquaculture 3	-0.00013271	0.00003311	-4.01	0.001

S = 0.846257 R-Sq = 99.2% R-Sq(adj) = 99.0%

Analysis of Variance

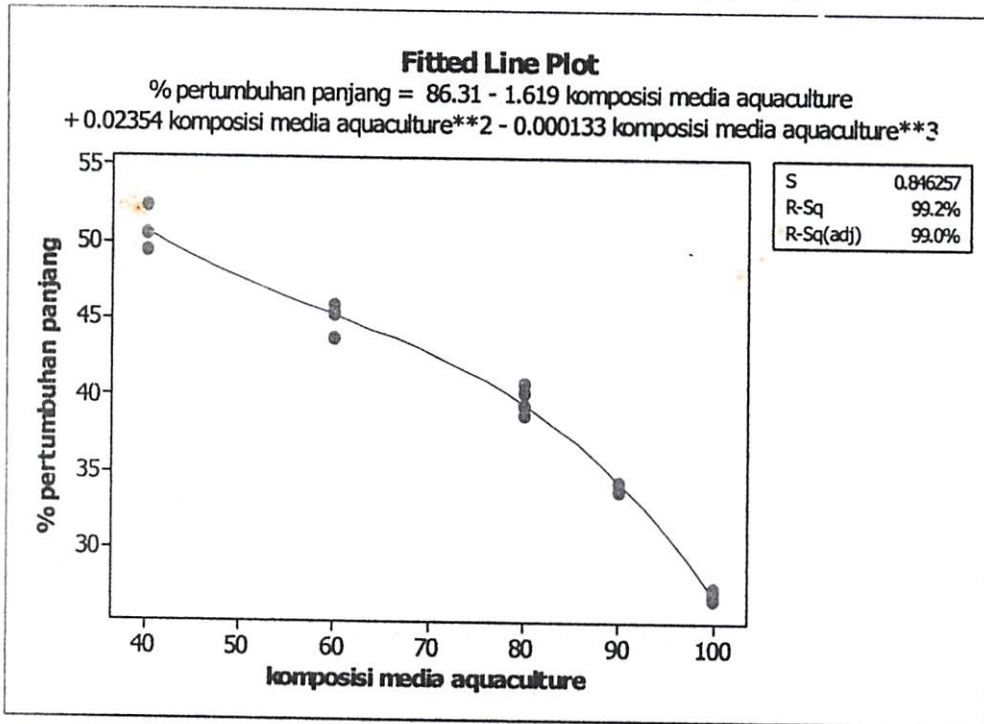
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	3	1351.69	450.56	629.14	0.000
Residual Error	16	11.46	0.72		
Lack of Fit	1	1.17	1.17	1.70	0.211
Pure Error	15	10.29	0.69		
Total	19	1363.15			

Source	DF	Seq SS
komposisi media aquaculture	1	1288.95
komposisi media aquaculture 2	1	51.23
komposisi media aquaculture 3	1	11.51

Unusual Observations

Obs	komposisi media aquaculture	% pertumbuhan panjang	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
1	40	52.380	50.714	0.423	1.666	2.27R
8	60	43.750	45.237	0.413	-1.487	-2.01R

R denotes an observation with a large standardized residual.



Gambar 5. Hubungan antara Komposisi Media Aquaculture dengan Persentase Pertumbuhan Panjang Ikan

LAMPIRAN
METODE ANALISA SAMPEL

PROSEDUR ANALISA BOD

A. LARUTAN DO

1. Larutan Mangan Sulfat (MnSO_4) dibuat dari serbuk MnSO_4 0,1 gr, kemudian encerkan dengan aquades sampai 250 mL.
2. Larutan alkali Iodida Azida, dibuat dari Kalium Iodida (KI) 37,5 gr ditambah dengan NaOH 1254 gr kemudian diencerkan sampai volume 250 mL (simpan dalam botol coklat).
3. Larutan Indikator Kanji (Amilum 0,5%), dibuat dari amilum 0,5 gr ditambah dengan aquades 100 mL, kemudian dididihkan.
4. Larutan Tiosulfat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,025 N), dibuat dari $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 6,205 gr ditambah dengan aquades sampai volume 250 mL.

B. LARUTAN PENGECER

1. Aquades (diaerasi terus-menerus sampai oksigen jenuh 8mg/L).
2. Buffer Phosphat
3. Larutan MgSO_4 , dibuat dari MgSO_4 2,25 gr dan diencerkan sampai volume 100 mL.
4. Larutan CaCl_2 , dibuat dari CaCl_2 2,75 gr ditambah aquades sampai volume 100 mL.
5. Larutan FeCl_3 , dibuat dari FeCl_3 2,5 gr dan ditambah dengan aquades sampai volume 1000 mL.

C. PROSEDUR ANALISA

1. Aquades 5 liter (diaerasi terus-menerus sampai oksigen jenuh) ditambah air comberan (mengandung bakteri/seed 5 mL) ditambah larutan MgSO_4 5 mL ditambah larutan FeCl_3 5 mL ditambah larutan CaCl_2 5 mL ditambah buffer fosfat 5 mL (tunggu minimum 15 menit).
2. 1 botol DO contoh uji ditambah 2mL larutan MnSO_4 . Kemudian ditambah dengan 2 mL larutan KI.NaOH, kemudian kocok dan diamkan sampai mengendap. Setelah itu tambahkan 2 mL H_2SO_4 pekat.
3. Ambil 100 mL contoh untuk dititrasi, tambahkan amilum 0,5% ± 2 tetes.
4. kemudian titrasi dengan larutan Tio Sulfat (catat volumenya).

5. Contoh uji setelah ditambah H_2SO_4 , dititrasi dengan larutan tio sulfat hingga warna jerami. Selanjutnya ditetesi amilum ± 2 tetes, kemudian titrasi kembali hingga tidak berwarna (jernih).

PROSEDUR ANALISA N-KJELDAHL

A. BAHAN- BAHAN

1. Diges Kjeldahl

- a. Siapkan terlebih dahulu larutan merkuri sulfat yaitu dengan melarutkan 2 gr HgO (merkuri oksida) dalam beker 100 mL yang telah berisi 25 mL H_2SO_4 sampai terlarut.
- b. Dalam labu takar 1 L, larutkan 134 gr K_2SO_4 (kalium sulfat) dengan ± 650 mL air suling dan 200 mL H_2SO_4 pekat.
- c. Labu takar tersebut dikocok dan selama pengocokan ditambahkan larutan merkuri sulfat yang telah disiapkan.

2. Reagen Nessler

- a. 100 gr HgI_2 dan 70 gr KI digerus dalam mortar dengan sedikit air sampai halus.
- b. Kemudian dilarutkan dalam 160 gr NaOH + 500 mL aquades dan diencerkan sampai 1L.
- c. Biarkan mengendap, ambil supernatannya.

3. Garam Signette

- a. Larutkan 100 gr KNa Tartrat dalam 300 mL air.
- b. Tambahkan 10 mL reagen Nessler sebagai pengawet.
- c. Encerkan sampai dengan 1 mL.

B. PROSEDUR ANALISA

- a. 50 mL sample ditambah dengan 2,5 mL digest Kjeldahl, dipanaskan dalam beker gelas hingga volumenya tinggal $\pm 15-20$ mL (sample A).
- b. 20 mL sample A ditambah dengan aquades sampai volumenya menjadi 50 mL (sampel B).
- c. Ambil 5 mL sample B, kemudian diencerkan sampai volumenya menjadi 25 mL (sample C).
- d. Sample C ditambahkan 1,25 gram signette dan 1 mL reagen nessler.
- e. Ikocok dan didiamkan selama ± 7 menit.
- f. Setelah itu diukur pada spektrofotometer pada panjang gelombang 410 nm

BLANKO

- A. 25 mL aquades bebas N ditambah dengan 1,25 mL garam signette dan 1 mL reagen nessler
- B. Dikocok dan diamkan selama ± 7 menit

PROSEDUR ANALISA P- TOTAL

A. Bahan – bahan

1. Digest P/ strong acid solution
 - a. 100 mL H₂SO₄ pekat dicampur dengan 1 mL HNO₃ pekat.
 - b. Diencerkan dengan aquades sampai volumenya 1 L.
2. Larutan Ammonium Molybdate
 - a. 25 gr (NH₄)₆MO₇O₂₄.4H₂O dilarutkan dalam 175 mL aquades.
 - b. Tambahkan 280 mL H₂SO₄ pekat, kemudian diencerkan dengan aquades sampai volumenya 1 L.
3. larutan SnCl₂
 - a. 2,5 gr SnCl₂.2H₂O dilarutkan dalam 1 L glycerol.
 - b. Dipanaskan hingga larut.

B. Prosedur analisa

- 50 mL sample ditambah 1 mL digest P kemudian dipanaskan dalam beker gelas hingga volumenya menjadi $\pm 15-20$ mL (A).
- 20 mL (A) ditambah aquades hingga volumenya 50 mL (B).
- (B) diambil sebanyak 5 mL, kemudian diencerkan hingga volumenya 25 mL (C).
- (C) ditambah 2 tetes indicator PP dan NaOH hingga berwarna merah muda.
- Kemudian ditambahkan ammonium molybdate 1mL dan 3 tetes SnCl_2 .
- Dikocok dan didiamkan selama ± 7 menit.
- Setelah itu diukur pada spektrofotometer dengan panjang gelombang 650 nm.

BLANKO

- 25 ml aquades ditambah 1 mL ammonium molybdate dan 3-5 tetes SnCl_2 .
- Dikocok dan didiamkan selama ± 7 menit.
- Setelah itu diukur pada spektrofotometer dengan panjang gelombang 650 nm.

LAMPIRAN
DOKUMENTASI PENELITIAN



Gambar 1. Model Reaktor Penelitian



Gambar 2. Pengukuran Berat Ikan

LAMPIRAN
KRITERIA DESAIN REAKTOR AQUACULTURE

PERHITUNGAN DESAIN REAKTOR

A. REAKTOR DENGAN KOMPOSISI MEDIA AQUACULTURE 40% LIMBAH

Diketahui : $BOD_5 = 64,4 \text{ mg/L}$
 $Q = 8,33 \text{ L/hari}$
Waktu detensi = 3 hari
 $A_{bak} = 0,196 \text{ m}^2$

DARI DATA DIATAS MAKA DICARI ORGANIK LOADING RATE
DENGAN RUMUS SEBAGAI BERIKUT:

$$OLR \text{ (kg BOD/ha.hari)} = \frac{\text{konsentrasi massa organik} \times \text{debit}}{\text{Luas permukaan}}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka didapat : OLR} &= \frac{64,4 \text{ mg/L} \times 8,33 \text{ L/hari} \times 10^{-6} \text{ kg/mg}}{0,196 \text{ m}^2 \times 10^{-4} \text{ ha/m}^2} \\ &= 27,37 \text{ kg BOD/ha.hari} \end{aligned}$$

(memenuhi kriteria organik loading rate untuk pond sebesar 25 – 100 kg BOD/ha.hari)

B. REAKTOR DENGAN KOMPOSISI MEDIA AQUACULTURE 60% LIMBAH

Diketahui : $BOD_5 = 99,4 \text{ mg/L}$
 $Q = 8,33 \text{ L/hari}$
Waktu detensi = 3 hari
 $A_{bak} = 0,196 \text{ m}^2$

DARI DATA DIATAS MAKA DICARI ORGANIK LOADING RATE
DENGAN RUMUS SEBAGAI BERIKUT:

$$OLR \text{ (kg BOD/ha.hari)} = \frac{\text{konsentrasi massa organik} \times \text{debit}}{\text{Luas permukaan}}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka didapat : OLR} &= \frac{99,4 \text{ mg/L} \times 8,33 \text{ L/hari} \times 10^{-6} \text{ kg/mg}}{0,196 \text{ m}^2 \times 10^{-4} \text{ ha/m}^2} \\ &= 42,25 \text{ kg BOD/ha.hari} \end{aligned}$$

(memenuhi kriteria organik loading rate untuk pond sebesar 25 – 100 kg BOD/ha.hari)

C. REAKTOR DENGAN KOMPOSISI MEDIA AQUACULTURE 80% LIMBAH

$$\begin{aligned} \text{Diketahui : } \text{BOD}_5 &= 132,7 \text{ mg/L} \\ Q &= 8,33 \text{ L/hari} \\ \text{Waktu detensi} &= 3 \text{ hari} \\ A_{\text{bak}} &= 0,196 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

DARI DATA DIATAS MAKA DICARI ORGANIK LOADING RATE DENGAN RUMUS SEBAGAI BERIKUT:

$$\text{OLR (kg BOD/ha.hari)} = \frac{\text{konsentrasi massa organik} \times \text{debit}}{\text{Luas permukaan}}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka didapat : OLR} &= \frac{132,7 \text{ mg/L} \times 8,33 \text{ L/hari} \times 10^{-6} \text{ kg/mg}}{0,196 \text{ m}^2 \times 10^{-4} \text{ ha/m}^2} \\ &= 56,38 \text{ kg BOD/ha.hari} \end{aligned}$$

(memenuhi kriteria organik loading rate untuk pond sebesar 25 – 100 kg BOD/ha.hari)

**D. REAKTOR DENGAN KOMPOSISI MEDIA AQUACULTURE 90%
LIMBAH**

Diketahui : $BOD_5 = 145,8 \text{ mg/L}$
 $Q = 8,33 \text{ L/hari}$
Waktu detensi = 3 hari
 $A_{bak} = 0,196 \text{ m}^2$

DARI DATA DIATAS MAKA DICARI ORGANIK LOADING RATE
DENGAN RUMUS SEBAGAI BERIKUT:

$$\text{OLR (kg BOD/ha.hari)} = \frac{\text{konsentrasi massa organik} \times \text{debit}}{\text{Luas permukaan}}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka didapat : OLR} &= \frac{145,8 \text{ mg/L} \times 8,33 \text{ L/hari} \times 10^{-6} \text{ kg/mg}}{0,196 \text{ m}^2 \times 10^{-4} \text{ ha/m}^2} \\ &= 61,73 \text{ kg BOD/ha.hari} \end{aligned}$$

(memenuhi kriteria organik loading rate untuk pond sebesar 25 – 100 kg BOD/ha.hari)

**E. REAKTOR DENGAN KOMPOSISI MEDIA AQUACULTURE
100% LIMBAH**

Diketahui : $BOD_5 = 164,4 \text{ mg/L}$
 $Q = 8,33 \text{ L/hari}$
Waktu detensi = 3 hari
 $A_{bak} = 0,196 \text{ m}^2$

DARI DATA DIATAS MAKA DICARI ORGANIK LOADING RATE
DENGAN RUMUS SEBAGAI BERIKUT:

$$\text{OLR (kg BOD/ha.hari)} = \frac{\text{konsentrasi massa organik} \times \text{debit}}{\text{Luas permukaan}}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka didapat : OLR} &= \frac{164,4 \text{ mg/L} \times 8,33 \text{ L/hari} \times 10^{-6} \text{ kg/mg}}{0,196 \text{ m}^2 \times 10^{-4} \text{ ha/m}^2} \\ &= 69,87 \text{ kg BOD/ha.hari} \end{aligned}$$

(memenuhi kriteria organik loading rate untuk pond sebesar 25 – 100 kg BOD/ha.hari).