

**KAJIAN TENTANG PENGATURAN LUAS DAN WAKTU BAGI DEGRADASI
LIMBAH TAMBAK DALAM UPAYA PENGEMBANGAN TAMBAK
BERWAWASAN LINGKUNGAN DI KECAMATAN WONOKERTO
KABUPATEN PEKALONGAN**

THESIS

Untuk memenuhi sebagian Persyaratan
Guna Mencapai Derajat Sarjana S-2

Program Studi Magister Manajemen Sumberdaya Pantai



Oleh :

NUR ISDARMAWAN

K4A.099013

**PROGRAM PASCA SARJANA
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG**

2005

**KAJIAN TENTANG PENGATURAN LUAS DAN WAKTU BAGI DEGRADASI
LIMBAH TAMBAK DALAM UPAYA PENGEMBANGAN TAMBAK
BERWAWASAN LINGKUNGAN DI KECAMATAN WONOKERTO
KABUPATEN PEKALONGAN**

**Oleh :
NUR ISDARMAWAN
NIM : K4A.099013**

**THESIS ini
telah direvisi dan disetujui oleh :**

Pembimbing Utama

Pembimbing Anggota

Prof. Dr. Ir. YOHANNES HUTABARAT, M.Sc

Prof. Dr. Ir. YS DARMANTO, M.Sc

Ketua Program Studi

Prof. Dr. Ir. SUTRISNO ANGGORO, M.S

**KAJIAN TENTANG PENGATURAN LUAS DAN WAKTU BAGI DEGRADASI
LIMBAH TAMBAK DALAM UPAYA PENGEMBANGAN TAMBAK
BERWAWASAN LINGKUNGAN DI KECAMATAN WONOKERTO
KABUPATEN PEKALONGAN**

Dipersiapkan dan disusun oleh:

NUR ISDARMAWAN

K4A099013

Tesis telah dipertahankan di depan Tim Penguji.

Pada tanggal : 19 Desember 2005

Ketua Tim Penguji,

Anggota Tim Penguji I,

(Prof. DR. Ir. YOHANNES HUTABARAT,M.Sc) (Prof. DR. LACHMUDDIN SYA'RANI)

Sekretaris Tim Penguji,

Anggota Tim Penguji II,

(Prof. DR. Ir. Y.S. DARMANTO, M.Sc)

(Ir. ASRIYANTO, DFG, MS)

Ketua Program Studi

(Prof. DR. Ir. SUTRISNO ANGGORO, M.S)

**KAJIAN TENTANG PENGATURAN LUAS DAN WAKTU
BAGI DEGRADASI LIMBAH TAMBAK DALAM UPAYA PENGEMBANGAN
TAMBAK BERWAWASAN LINGKUNGAN DI KECAMATAN WONOKERTO
KABUPATEN PEKALONGAN**

A b s t r a k

Keberhasilan kegiatan budidaya udang di tambak sangat dipengaruhi oleh ketepatan teknologi yang digunakan serta kelayakan lingkungan dimana tambak itu berada. Sebaliknya tambak udang juga dapat mempengaruhi lingkungan disekitarnya akibat pemakaian teknologi yang tidak ramah lingkungan.

Salah satu penyebab penurunan kualitas lingkungan perairan tambak, adalah buangan limbah air budidaya selama operasional yang mengandung konsentrasi tinggi dari limbah organik dan nutrien sebagai konsekuensi dari masukan akuainput dalam budidaya udang yang menghasilkan sisa pakan dan faeces yang terlarut ke dalam air untuk kemudian dibuang ke perairan sekitarnya. Hal ini diperburuk dengan sistem pembuangan air sisa pemeliharaan yang kurang baik, akibatnya dari waktu ke waktu terjadi akumulasi bahan organik sisa pakan dan kotoran udang dalam tambak dan lingkungan.

Upaya untuk mengeleminasi kegagalan produksi budidaya udang perlu dilakukan penelitian tentang pengaturan waktu tenggang dan luasan petak tambak bagi degradasi limbah tambak udang.

Metoda yang digunakan dalam penelitian ini adalah survey dengan melakukan observasi langsung di lokasi penelitian. Penelitian ini bersifat studi kasus, yaitu penelitian dilakukan terhadap kasus secara mendalam yang hanya berlaku pada waktu tertentu dan untuk daerah tertentu

Dari model berganda terlihat, bahwa bahan organik hasil buangan tambak akan menurun berdasarkan luasan petak tambak dan waktu penahanan air limbah. Limbah bahan organik, ammonia dan nitrit pada pembesaran pembudidayaan udang rata-rata sangat tinggi dibandingkan dengan standart kebutuhan hidup udang. Bahan organik dan amonia mengalami proses degradasi secara linier baik pada petak 500 m², 1000 m², 1500 m² dan 2000 m². Proses perombakan meningkat lajunya dengan meningkatnya luas penampungan. Berdasarkan indikasi keberadaan nitrit, maka petak 1000 m² relatif cukup representatif diaplikasikan dalam perombakan bahan organik hasil limbah budidaya tambak.

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan sebagai berikut : Semakin besar luasan petak penampungan, maka kemampuan mendegradasi akan semakin efektif, demikian pula semakin lama tertampung akan semakin tinggi degradasi bahan organik terjadi. Model pengembangan budidaya khususnya manajemen kualitas air dengan memperhatikan luasan petak dan waktu tenggang, cukup efektif dalam meminimalisir pengaruh limbah apabila sistem tata saluran satu pintu dan sumber air dari pasang surut, sehingga tidak harus mengganti air setiap hari.

Kata kunci : tambak, degradasi, bahan organik

KATA PENGANTAR

Tesis ini disusun berdasarkan penelitian dengan judul “Kajian Tentang Pengaturan Luas Dan Waktu Bagi Degradasi Limbah Tambak Dalam Upaya Pengembangan Tambak Berwawasan Lingkungan” Penelitian ini dilakukan pada Bulan Februari – Juli 2001 di Desa Api-api Kecamatan Wonokerto Kabupaten Pekalongan. Tesis ini disusun guna memenuhi tugas akhir pada Program Pascasarjana, Program Studi Magister Manajemen Sumberdaya Pantai Universitas Diponegoro Semarang.

Dengan disusunnya Tesis ini, penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Johannes Hutabarat, M.Sc sebagai Pembimbing Utama
2. Bapak Prof. Dr. Ir. YS. Darmanto, M.Sc sebagai Pembimbing Anggota
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Sutrisno Anggoro, M.S , selaku Ketua Program Studi Magister Manajemen Sumberdaya Pantai, Universitas Diponegoro Semarang.
4. Semua pihak yang telah memberikan bantuan kepada penulis

Kami menyadari sepenuhnya, bahwa tulisan ini masih kurang dari sempurna, walaupun telah mendapatkan pengarahan dan bimbingan dari pembimbing. Dengan kerendahan hati, penulis masih mengharapkan kritik dan saran untuk menyempurnakan tulisan ini.

Harapan penulis semoga tesis ini dapat bermanfaat bagi para pembaca dan dapat memberikan informasi untuk penelitian lebih lanjut.

Semarang, Desember 2005

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
ABTRAKSI	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Permasalahan	3
1.3. Pendekatan Masalah	5
1.4. Upaya Pemecahan	9
1.5. Tujuan Penelitian	10
1.6. Kegunaan Penelitian	10
1.7. Waktu dan Tempat Penelitian	10
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Biologi Udang	11
2.2. Lingkungan Media Hidup	11
2.3. Pakan dan Kemungkinan Dampak yang Ditimbulkan ...	17
2.3.1. Pakan	17
2.3.2. Kemungkinan Dampak yang Ditimbulkan	20

2.4. Manajemen Lingkungan	22
2.5. Pengelolaan Kualitas air Tambak	27
2.5.1. Penanganan Kualitas Air	28
2.5.2. Manajemen Kualitas Air	29
2.6. Konsep Budidaya Udang Berwawasan Lingkungan	31
 BAB III MATERI DAN METODA	
3.1. Materi Penelitian	36
3.2. Metoda Penelitian	36
3.2.1. Konsep Penelitian	36
3.2.2. Perlakuan Penelitian	38
3.3. Metoda Pengumpulan Data	39
3.4. Analisis Data	39
3.5. Hipotesis	40
 BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1. Hasil	41
4.1.1. Deskripsi Lokasi Penelitian	41
4.1.2. Kualitas Air	44
4.2. Pembahasan	58
 BAB V KESIMPULAN	
5.1. Kesimpulan	77
5.2. Saran	77
 BAB VI DAFTAR PUSTAKA	 79

DAFTAR TABEL

		Halaman
Tabel 1.	Desa-desa Pantai di Kabupaten Pekalongan	42
Tabel 2.	Hasil Pengukuran Suhu Rata-rata pada Berbagai Media Uji Selama Penelitian.....	45
Tabel 3.	Hasil Pengukuran Salinitas Rata-rata pada Berbagai Media Uji Selama Penelitian	46
Tabel 4.	Hasil Pengukuran pH pada Berbagai Media Uji Selama Penelitian	47
Tabel 5.	Hasil Pengukuran Kecerahan Rata-rata pada Berbagai Media Uji Selama Penelitian	48
Tabel 6.	Hasil Pengukuran Kedalaman Rata-rata pada Berbagai Media Uji Selama Penelitian	48
Tabel 7.	Hasil Pengukuran BOD (mg/l) pada Berbagai Media Uji Selama Penelitian	49
Tabel 8.	Hasil Pengukuran Amonia (NH ₃) pada Berbagai Media Uji Selama Penelitian	53
Tabel 9.	Hasil Pengukuran Nitrit (mg/l) pada Berbagai Media Uji Selama Penelitian	56
Tabel 10.	Hasil Pengukuran Oksigen Terlarut (mg/l) pada Berbagai Media Uji Selama Penelitian	57
Tabel 11.	Analisa Ragam Perbandingan Regresi	62
Tabel 12.	Analisis Varian Uji Perubahan BOD secara Berganda terhadap Luasan Petak dan Waktu	63
Tabel 13.	Waktu Pulih (hari) pada Berbagai Volume Tampung	65
Tabel 14.	Analisis Ragam Perbandingan Regresi	70
Tabel 15.	Analisis Varian Uji Perubahan BOD secara Berganda terhadap Luasan Petak dan Waktu	71

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Bagan Pendekatan Masalah	7
Gambar 2. Perubahan Adaptasi Biota	24
Gambar 3. Perubahan BOD-5 selama Penelitian	62
Gambar 4. Perubahan Ammonia Berbagai Petak Penampungan Limbah selama Penelitian.....	69
Gambar 5. Data Perubahan Nitrit selama Penelitian	73
Gambar 6. Perubahan Oksigen Terlarut selama Penelitian	76
Gambar 7. Peta Lokasi Penelitian.....	96

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Uji Keabsahan model perubahan BOD-5 pada berbagai petak penelitian	85
Lampiran 2. Uji Perbedaan Regresi perubahan BOD antar luasan petak.....	88
Lampiran 3. Uji Perbedaan Regresi perubahan Ammonia (NH ₃ -N) antar luasan petak	92

BAB I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Budidaya udang, adalah kegiatan atau usaha memelihara kultivan (udang) di tambak selama periode tertentu, serta mememanennya dengan tujuan memperoleh keuntungan. Dengan batasan tersebut, maka keberhasilan kegiatan budidaya udang di tambak sangat dipengaruhi oleh ketepatan teknologi budidaya yang digunakan serta kelayakan lingkungan dimana tambak itu berada.

Dari beberapa kajian diketahui penyebab penurunan produksi budidaya udang, adalah merosotnya kualitas lingkungan perikanan budidaya yang memicu mewabahnya serangan penyakit (Rukyani, 2000; Haris, 2000).

Kemerosotan kualitas lingkungan perikanan budidaya udang banyak dijumpai di sepanjang pantai utara Jawa baik disebabkan oleh faktor internal juga disebabkan faktor eksternal. Terlantarnya lahan tambak tradisional dan tambak intensif yang tidak dioperasikan menjadi suatu indikasi kuat, bahwa telah terjadi kemerosotan kualitas lingkungan perikanan budidaya yang menciri pada kegagalan panen.

Salah satu penyebab penurunan kualitas perairan tambak selama operasional adalah konsentrasi tinggi dari limbah organik dan nutrisi sebagai konsekuensi dari masukan akuainput dalam budidaya udang yang

menghasilkan sisa pakan dan faeces yang terlarut ke dalam air (Boyd *et al*, 1998; Boyd, 1999; Horowitz dan Horowitz, 2000; Montoya dan Velasco, 2000).

Faktor penentu masukan akuainput dalam budidaya udang adalah padat penebaran benur yang mengindikasikan penerapan tingkat teknologi budidaya. Padat penebaran benur akan menentukan besaran kebutuhan pakan sebagai sumber utama energi bagi kehidupan udang dan penerapan sistem aerasi bagi peningkatan kelayakan habitat udang. Sementara besaran input pakan menyerap hampir 70% dari total biaya produksi udang (Padda dan Mangampa, 1990), dan merupakan pemasok utama limbah bahan organik dan nutrien ke lingkungan perairan (Barg, 1991; Phillips, *et al.*, 1993; Kibria *et al.*, 1996; Boyd *et al*, 1998; Boyd, 1999; Siddiqui dan Al-Harbi, 1999) serta menyebabkan pengkayaan nutrien (hypernutrifikasi) dan bahan organik yang diikuti oleh eutrofikasi dan perubahan ekologi fitoplankton, peningkatan sedimentasi, siltasi, hypoxia, perubahan produktivitas, dan struktur komunitas benthos (Barg, 1992).

Dengan padat tebar yang tinggi, diikuti dengan pemberian pakan yang lebih banyak per satuan luas tambak akan menambah berat beban perairan tambak. Hal ini diperburuk dengan sistem pembuangan air sisa pemeliharaan yang kurang baik, akibatnya dari waktu ke waktu terjadi akumulasi bahan organik sisa pakan dan kotoran udang dalam tambak.

Pencemaran bahan organik di tambak merangsang timbulnya penyakit udang. Kondisi ini telah terjadi pada tambak intensif dengan desain konvensional.

Untuk mengeleminasi kegagalan produksi tersebut perlu dilakukan penelitian pengaturan luas dan waktu tenggang air dalam proses produksi budidaya udang. Karena dengan ketepatan teknologi budidaya udang khususnya dengan pengaturan luas dan waktu tenggang air diharapkan dapat memberikan jawaban atas permasalahan tersebut.

1.2. Permasalahan

Kawasan pertambakan Desa Api-api, Kecamatan Wonokerto, Kabupaten Pekalongan pada saat ini mempunyai kondisi yang sangat berbeda dengan kondisi pada sekitar tahun 80 – an. Banyak pembudidaya ikan yang membiarkan tambaknya tanpa ditebari udang atau bandeng. Permasalahan yang timbul dalam budidaya udang di daerah pertambakan Desa Api-api seperti daerah pertambakan lainnya, diduga penyebabnya adalah faktor internal dalam tambak itu sendiri, yaitu kondisi lingkungan tambak yang telah menurun daya dukungnya sebagai akibat dari pengelolaan tambak yang tidak mempertimbangkan daya dukung lingkungan yang ada (Ariawan *et al*, 1997).

Berdasarkan permasalahan yang timbul, maka diduga faktor dominan penyebab kegagalan budidaya udang adalah :

1. Faktor lingkungan pertambakan khususnya air media hidup yang tidak layak untuk budidaya di tambak, karena sumber air sebagai media hidup udang dengan kualitas yang rendah banyak dimanfaatkan untuk budidaya.
2. Pola pikir petambak yang harus mengganti air dalam petakan sebanyak antara 10 – 30% setiap hari tanpa mempertimbangkan kualitas air yang dimasukkan.
3. Petambak memasukkan air sebenarnya merupakan limbah dari tambak di sekitarnya, karena pembuangan/penggantian air yang tidak sama, sehingga upaya penggantian air tidak memperbaiki kualitas air dalam tambak. Air dengan tingkat kekeruhan yang tinggi sering kali dipaksa untuk mengairi tambak, karena tidak tersedia bak pengendapan. Partikel yang dibawa oleh air keruh ini mengendap di tambak, tanpa disadari mengakibatkan pencemaran, pendangkalan, mengganggu pernafasan udang dan membatasi produktivitas primer.

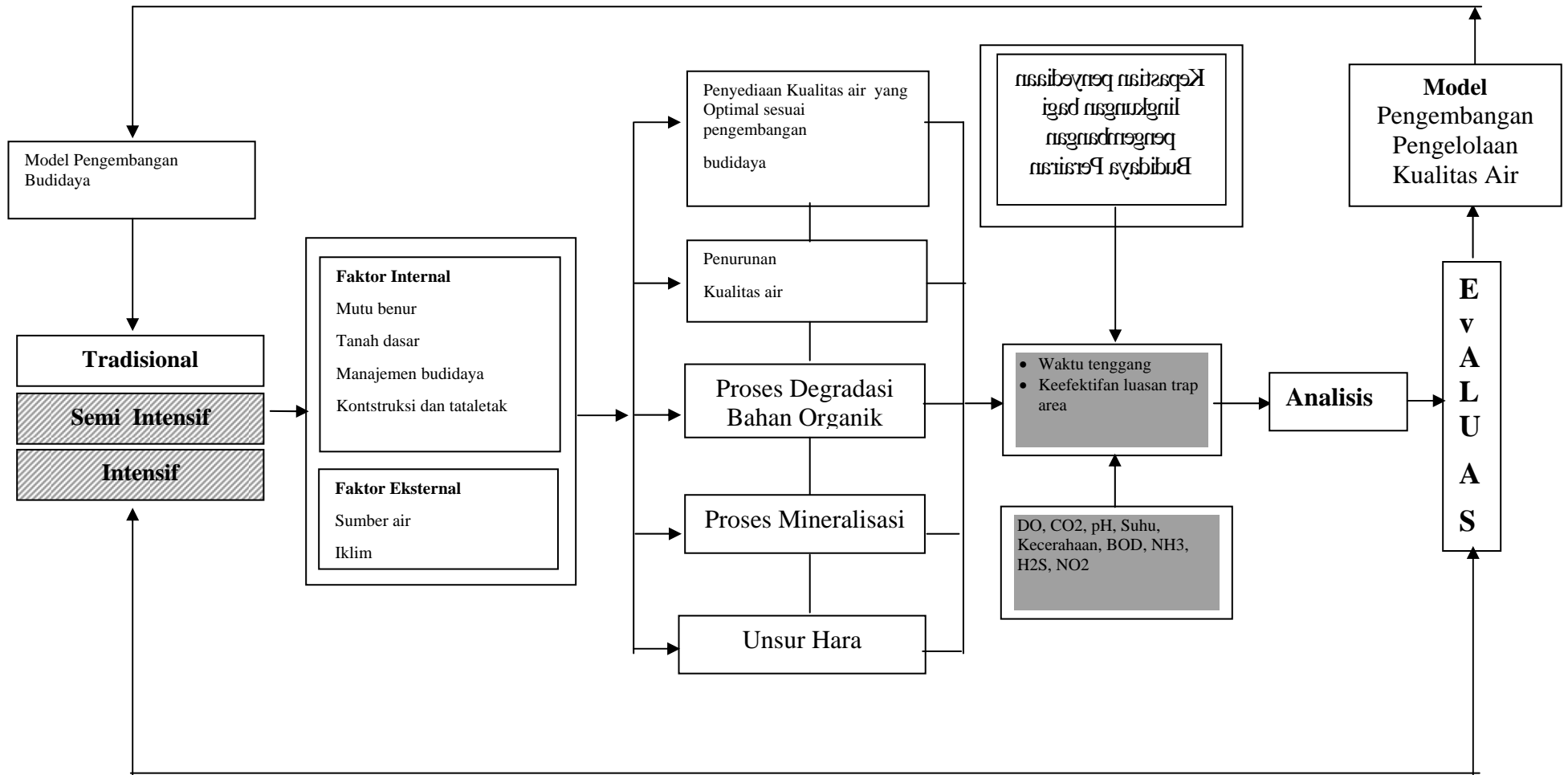
Mengacu pada permasalahan di atas, maka dirumuskan suatu pertanyaan yang ingin dijawab yaitu: bagaimana menentukan waktu tenggang yang tepat dan luas tambak yang optimal, untuk mempertahankan proses budidaya yang baik. Untuk itu penelitian tentang model pengelolaan kualitas air di tambak yang efektif perlu dilakukan sebagai dasar untuk pengelolaan air tambak.

1.3. Pendekatan Masalah

Untuk pertumbuhan, udang memerlukan pakan. Pada budidaya intensif dan semi intensif pakan diberikan secara berlebihan. Pada kondisi ini, pakan harus memenuhi persyaratan dalam hal kelayakan nutrisi, sifat fisik, serta pengelolaan pakan yang tepat. Kelayakan nutrisi dapat dilihat dari kelengkapan dan keseimbangan nutriennya, yaitu karbohidrat, protein, lemak, vitamin, dan mineral. Sifat fisik pakan, pada umumnya dilihat dari stabilitas pakan, yaitu ketahanannya untuk tidak hancur, terurai, atau tercuci dalam air. Pengelolaan pakan meliputi penentuan jumlah, ukuran dan bentuk pakan, serta frekuensi, waktu, dan cara pemberian pakan.

Pakan secara langsung menentukan pertumbuhan. Dalam ekosistem tambak, tidak semua pakan yang diberikan dapat dimakan oleh udang. Sebagian sisa pakan akan tersuspensi di dalam air dan sebagian besar lainnya akan mengendap di dasar tambak. Penguraian bahan organik sisa pakan tersebut akan memerlukan oksigen. Dengan demikian penambahan bahan organik secara langsung akan meningkatkan penggunaan oksigen di lingkungan tambak. Kondisi ini akan terus berjalan sampai titik kritis yang menyebabkan terjadinya depleksi oksigen. Selanjutnya, penguraian bahan organik tersebut akan berjalan dalam kondisi anaerobik yang akan menghasilkan amonia (NH_3) dan hidrogen sulfida (H_2S).

Gambar 1. Bagan Pendekatan Masalah



.Kedua gas tersebut bersifat toksik dan dapat menghambat pertumbuhan udang sampai dengan mematikan.

Kondisi lingkungan tambak yang mengandung banyak sisa bahan organik dapat menyebabkan dua hal, yaitu udang mengalami tekanan fisiologis diluar toleransinya serta menurunnya daya tahan udang terhadap penyakit. Salah satu penyakit udang yang diyakini disebabkan oleh jenis virus sama adalah 'white spot disease'.

Berbagai masalah yang telah diuraikan tersebut di atas dapat diperbaiki dengan empat cara, yaitu melalui:

(1) Manajemen biota.

Benur yang berkualitas pada tahap awal menunjukkan respon positif terhadap pakan yang diberikan, keragaan pertumbuhan ditunjukkan dengan pergantian kulit ('moulting'), menunjukkan pertumbuhan yang positif bagi larva udang, dapat beradaptasi dengan lingkungan tambak, serta mempunyai derajat kelangsungan hidup (Survival Rate) yang tinggi. Manajemen biota secara demikian diharapkan mampu mendukung pertumbuhan udang dengan laju pertumbuhan yang cepat dengan sintasan yang tinggi.

(2) Manajemen lingkungan,

Kualitas air dalam tambak terkait dengan sumber air yang masuk dalam tambak, proses biologis dalam tambak dan proses fisik, seperti ganti air dan aerasi. Pengelolaan kualitas lingkungan tambak yang bertujuan untuk menyediakan habitat yang layak bagi kehidupan udang dimulai dari saat membuat desain tambak.

(3) Manajemen pakan yang baik,

Dalam manajemen pakan yang perlu diperhatikan adalah melestarikan lingkungan dengan upaya membuat formulasi pakan yang 'ramah' atau berwawasan lingkungan, termasuk manajemen pemberiannya agar lebih efisien. Yang terkait dengan masalah tersebut adalah: (a) pengadaan pakan dengan kandungan protein rendah, (b) optimalisasi profil/konfigurasi asam amino, (c) optimalisasi perbandingan protein terhadap energi (P/E ratio) dari pakan, (d) perbaikan kualitas bahan pakan, (e) pemilihan bahan pakan yang mempunyai daya cerna tinggi, dan (f) optimalisasi strategi manajemen pakan.

(4) Manajemen kualitas air.

Konsep dasar manajemen kualitas air adalah mengetahui asal (sumber) dan tingkah laku dari pencemar serta cara-cara

pengelolaannya, sehingga dampak-dampak yang negatif dapat dikurangi dan dampak-dampak yang positif dapat dikembangkan.

Dari beberapa alternatif, budidaya dengan memperbaiki manajemen kualitas air merupakan suatu alternatif yang mempunyai prospek untuk dikembangkan guna menanggulangi permasalahan dalam budidaya udang.

1.4. Upaya Pemecahan

Penyebab kegagalan budidaya udang di tambak adalah tingginya bahan organik dengan derajat degradasi yang lambat dan dalam kondisi yang tidak terukur, meskipun sebenarnya dapat terdegradasi. Prinsip degradasi tersebut adalah sebagaimana dikemukakan oleh Connell dan Miller (1983) sebagai berikut : Pada dasarnya limbah organik tambak dapat terdegradasi berdasarkan 2 aspek, yaitu :

- a. Fisik, secara fisik hal tersebut diwadahi oleh space (tempat).
- b. Waktu merupakan waktu proses atau laju perubahan unsur-unsur terkait.

Berdasarkan konsep tersebut, agar tujuan dari penelitian ini dapat dicapai, maka kegiatan tentang konsep pengembangan model budidaya yang berwawasan lingkungan dapat dilakukan penelusuran (Gambar 1.) terhadap :

- a. Aplikasi penempatan ruang dan pengaturan waktu terhadap gradasi bahan organik.
- b. Aplikasi penempatan ruang dan pengaturan waktu terhadap munculnya variabel - variabel hasil proses mineralisasi.
- c. Kegiatan terhadap perombakan faktor-faktor lingkungan pendukung.

1.4. Tujuan Penelitian

Berdasarkan uraian permasalahan di atas, maka penelitian ini bertujuan untuk : Mencari luas tambak dan waktu yang efektif untuk degradasi limbah organik pada budidaya tambak udang.

1.5. Kegunaan Penelitian

- a. Menghasilkan luasan dan waktu yang efektif dalam manajemen kualitas air budidaya.
- b. Untuk memberikan informasi sistem penggantian air yang tepat dan sesuai waktu tenggang (masa tinggal).
- c. Sebagai alternatif pengelolaan tambak yang berwawasan lingkungan.

1.6. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan selama 6 bulan mulai persiapan sampai pembuatan laporan penelitian dan tempat pelaksanaan penelitian di Desa Api-api, Kecamatan Wonokerto – Kabupaten Pekalongan.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Biologi Udang.

Pola hidup yang merupakan sifat dasar dari udang adalah bersifat bentik dan nokturnal. Sifat bentik dimulai sejak udang bermetamorfosis menjadi Post Larva (PL) (Bailey-Brock dan Moss, 1992). Sifat demikian akan menjadi faktor pembatas manakala di dasar tambak terdapat cemaran timbunan bahan organik (terutama yang berasal dari sisa pakan maupun feses) ataupun pada saat kekurangan oksigen. Oleh karena itu, sifat bentik dapat menjadi dasar pertimbangan manajemen lingkungan tambak. Sifat nokturnal, yaitu aktif pada malam hari, dapat digunakan sebagai dasar untuk manajemen pakan yang berarti, bahwa prosentase pakan yang lebih banyak harus diberikan pada malam hari; atau implikasinya adalah dengan memperdalam kolom air (yaitu >1m) (Primavera, 1994).

2.2. Lingkungan Media Hidup.

Lingkungan yang dibutuhkan untuk mendukung pertumbuhan udang, adalah mampu menyediakan kondisi fisika, kimia, dan biologi yang optimal. Kondisi lingkungan fisika yang dimaksud antara lain suhu dan salinitas. Kondisi lingkungan kimia antara lain meliputi pH, oksigen terlarut (DO), nitrat, ortofosfat, serta

keberadaan plankton sebagai pakan alami. Selain itu perlu diperhatikan timbulnya kondisi lingkungan yang dapat menghambat pertumbuhan udang, bahkan dapat mematikan udang, misalnya munculnya gas-gas beracun serta mikroorganisme patogen.

Suhu merupakan salah satu faktor pengendali kecepatan reaksi biokimia karena dapat menentukan laju metabolisme udang dan organisme perairan lainnya melalui perubahan aktivitas molekul yang terkait (Fry *dalam* Brett, 1979; Johnson *et al.*, 1974 *dalam* Hoar, 1984). Suhu yang rendah akan mengakibatkan sistem metabolisme menjadi lebih rendah sebaliknya pada suhu tinggi akan memacu metabolisme menjadi lebih cepat (Corre, 1999), Hutabarat 1993 dan Liu 1989). Pada banyak kasus, keberhasilan budidaya udang terjadi pada kisaran suhu perairan 20-30°C (Liao dan Murai, 1986). dan suhu yang ideal untuk air tambak berkisar antara 28 – 32° C.

Angka kecerahan untuk pemeliharaan ikan yang baik adalah 30 cm atau lebih (Bardach *et al.*, 1972). Menurut Purnomo (1988), kecerahan berkaitan erat dengan warna air yang disebabkan oleh kandungan plankton yang terdapat dalam air. Warna air hijau daun muda angka kecerahan 35 cm, bila warna air hijau tua kecerahan 20 cm dan bila warna air coklat kehitaman jernih banyak

mengandung bahan organik dengan kecerahan antara 60 – 80 cm.

Teknik yang diterapkan oleh petani Taiwan untuk merangsang molting dan meningkatkan pertumbuhan udang adalah dengan merubah salinitas secara rutin antara 15-20‰ (Chien *et al.*, 1989 *dalam* Chien, 1992). Secara umum, udang windu tumbuh baik pada salinitas 10-25‰ (Anonimus, 1978) dan 15-35‰ (Chen, 1976). Boyd (1990) menegaskan bahwa salinitas yang ideal untuk pembesaran udang windu berada pada kisaran 15-25‰.

Pengaruh pH yang berbahaya bagi udang umumnya melalui mekanisme peningkatan daya racun atau konsentrasi zat racun, misalnya peningkatan ammonia anionik (NH_3) pada pH di atas 7 (Colt dan Armstrong, 1981 *dalam* Chien, 1992). Pada perairan dengan pH rendah akan terjadi peningkatan fraksi sulfida anionik (H_2S) dan daya racun nitrit, serta gangguan fisiologis udang sehingga udang stress, pelunakan kulit (karapas), juga penurunan derajat kelangsungan hidup dan laju pertumbuhan (Chien, 1992). Dalam jangka waktu lama, kondisi pH rendah akan mengakibatkan hilangnya natrium tubuh (plasma) ke dalam perairan (Heath, 1987). Menurut Chamberlain GW (1988), tingkat pH mengalami perubahan dari hari ke hari dan cenderung menurun selama musim pertumbuhan udang, karena terjadi akumulasi asam organik dan

nitrifikasi amonia. Menurut Boyd (1979), pertumbuhan udang baik pada kisaran pH antara 6 - 9. Sedangkan pH 4 merupakan titik asam kematian bagi udang dan pH 11 merupakan titik basa kematian udang, sedangkan pada pH antara 4 - 6 dan pH 9-11 pertumbuhan udang sangat lambat. Selanjutnya Corre (1999), menyatakan, bahwa pH optimum untuk pertumbuhan udang berada pada kisaran 7,5 – 8,3.

Untuk kondisi pH perairan tambak selama pemeliharaan harus dipertahankan pada kisaran 7,5-8,5 (Law, 1988 dan Chien, 1992) serta pH minimum pada akhir pemeliharaan sebesar 7,3 (Chen dan Wang, 1992).

Kandungan DO dalam perairan tambak sangat berpengaruh terhadap fisiologi udang. Kadar oksigen merupakan faktor lingkungan yang terpenting pada tambak udang. Apabila terjadi penurunan kandungan oksigen terlarut (DO) dalam air (merupakan variabel kualitas air pembatas utama dalam budidaya), akan mengakibatkan biota/kultivan stress dan mudah terserang penyakit dan memiliki pertumbuhan yang lambat, laju konsumsi pakan dan kelulusan kehidupan yang rendah (Boyd, 1982). Dalam perairan berkadar oksigen 1,0 mg/l udang akan berhenti makan, tidak menunjukkan perbedaan laju konsumsi pakan pada konsentrasi 1,5 mg/l, tidak tumbuh pada 1,0 -1,4 mg/l, memiliki pertumbuhan terbatas di bawah 5 mg/l dan normal pada konsentrasi di atas 5

mg/l. Dengan demikian DO harus dipertahankan di atas 2,0 mg/l (Yang, 1990 dan Law, 1988).

Nitrat dan ortofosfat merupakan nutrisi yang diperlukan dalam pertumbuhan fitoplankton. Kedua jenis nutrisi tersebut dapat langsung dimanfaatkan oleh fitoplankton (Goldman dan Horne, 1983).

Limbah senyawa nitrogen sebagai hasil pencernaan protein dapat berakumulasi sampai tingkat yang berbahaya di dalam tambak. Udang menggunakan komponen nitrogen dari protein yang telah dicernakan (gugus amino NH_2) untuk membentuk proteinnya sendiri, tetapi metabolismenya tidak sanggup untuk mengubah nitrogen menjadi energi. Di dalam bahan limbah maupun makanan yang tersisa, amonia sebagai hasil buangan kotoran udang dan hasil dekomposisi oleh bakteri. Menurut Wickins (1976), kadar amonia 0,02 – 0,05 mg/l sudah dapat menghambat pertumbuhan hewan-hewan akuatik pada umumnya, sedangkan pada kadar 0,45 mg/l dapat menghambat pertumbuhan udang 50%. Selanjutnya pada kadar 1,29 mg/l sudah mengakibatkan kematian pada udang.

Menurut Winckins (1979), kadar nitrit 6,5 mg/l telah menghambat pertumbuhan udang putih (*Penaeus indicus*). Selanjutnya Colt dan Armstrong (1976) menyatakan, bahwa kadar nitrit 1,8 mg/l dapat menghambat pertumbuhan udang Galah (*Macrobrachium rosenbergii*).

Secara umum , fitoplankton yang biasa dijumpai di tambak adalah dari kelompok Bacillariophyceae (diatom), Chlorophyceae, Cyanophyceae, Euglenophyceae, dan Dinophyceae; dua kelompok pertama merupakan fitoplankton yang diharapkan kehadirannya atau sangat bermanfaat bagi pertumbuhan udang (Poernomo, 1988). Komposisi dan kelimpahan plankton dapat menjadi indikator bagi kesehatan lingkungan perairan. Keberadaan fitoplankton berkait erat dengan nutrien yang tersedia, terutama N, P, dan K, serta Si untuk kelompok diatom. Rasio N : P yang tepat akan memunculkan pertumbuhan fitoplankton yang tepat pula, sehingga akan terjadi stabilitas ekosistem tambak melalui berbagai mekanisme (Chien, 1992). Apabila rasio nutrien tersebut tidak tepat, maka muncul fitoplankton dari kelompok yang tidak diharapkan sehingga dapat mengganggu stabilitas lingkungan, bahkan mematikan udang (Poernomo, 1988).

Pada tambak semi-intensif dan tambak intensif sejalan dengan masa pemeliharaan jumlah bahan organik yang berasal dari kotoran sisa pakan dan jasad mati dapat terakumulasi di dasar tambak dari waktu ke waktu. Menumpuknya bahan organik secara berlebihan di dasar tambak (lumpur) akan menurunkan daya dukung lingkungan tambak (carrying capacity) dan dapat mengakibatkan terbentuknya kondisi an aerobik pada dasar

tambak akibat aktivitas mikroorganisme, sehingga membahayakan kehidupan hewan-hewan makrobenthos dan udang yang hidup di dasar tambak. Bahan organik yang umumnya terdapat dalam tanah dasar tambak berkisar antara 0,18 – 7,2% dengan nilai rata-rata 1,4% (Boyd, 1992; Cholik, 1993).

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses dekomposisi dari bahan organik dalam tanah dasar tambak selain keberadaan mikroorganisme juga adalah :

- a. Komposisi bahan organik, suhu, pH, supply hara, supply oksigen, kelembaban tanah dan waktu (Boyd, 1992).
- b. Penggunaan air tanah yang berlebihan pada kawasan pertambakan udang juga akan meningkatkan intrusi bahan organik dari dasar tanah tambak ke dalam lapisan tanah jauh di bawah tanah dasar tambak.

Dalam proses reklamasi tanah dasar tambak (melalui pencucian reklamasi tanah dasar) tak dapat berjalan sempurna, sehingga akan menurunkan mutu kualitas air tambak dan memacu perkembangan dari mikroorganisme patogen dalam ekosistem tambak udang. Oleh karena itu pengelolaan tanah dasar tambak dan sedimen (*bottom soil and sediment management*) perlu dilakukan secara seksama melalui pengeringan dan pengapuran tanah dasar untuk menghindari akumulasi bahan organik pada dasar tambak yang dapat mengurangi kemampuan redox-

potensial, dan mempertinggi konsentrasi nitrite, H₂S dan gas methane yang berbahaya bagi kehidupan udang.

2.3. Pakan dan Kemungkinan Dampak yang Ditimbulkan

2.3.1. Pakan

Pada prinsipnya komponen pakan dapat dikelompokkan kedalam tiga kelompok besar, yaitu: 1) komponen makro, 2) komponen mikro, dan 3) komponen suplemen atau '*food additives*'. Protein, karbohidrat, dan lemak termasuk dalam komponen makro; sedangkan yang termasuk dalam komponen mikro adalah vitamin, mineral dan zat pengikat (*'binder'*). Berbagai senyawa yang seiring dimasukkan ke dalam komponen *food additives* meliputi senyawa antioksidan, antibiotik, atraktan, pewarna, enzim dan vitamin atau mineral tunggal yang dengan sengaja ditambahkan ke dalam pakan untuk tujuan-tujuan tertentu.

Dalam tinjauan pustaka ini akan ditekankan pada komponen makro, yang juga merupakan bagian terbesar dari pakan.

a. Protein

Nama protein berasal dari bahasa Yunani (Greek), yaitu yang berkonotasi dengan '*primary holding first place*' dan berarti menduduki tempat yang paling utama. Protein terdiri dari satuan dasarnya yang disebut asam amino (Clara dan Suhardjo, 1988). Asam amino terdiri dari tiga golongan yaitu: 1) asam amino

esensial, seperti isoleusin, leusin, lisin, metionin, fenilalanin, treonin, triptofan, valin; 2) asam amino semi-esensial, seperti arginin, histidin, tirosin, sistein, glisin dan serin; 3) asam amino non-esensial, seperti glutamat, hidrosiglutamat, aspartat, alanin, prolin, hidrosiprolin, sitrulin dan hidrosiglisin. Protein mempunyai beberapa fungsi pokok untuk : 1) pertumbuhan dan memelihara jaringan tubuh, 2) pengatur tubuh dan 3) sebagai bahan bakar di dalam tubuh.

b. Karbohidrat

Karbohidat merupakan nama kelompok senyawa organik yang mempunyai struktur molekul berbeda-beda meskipun masih terdapat persamaan dari sudut fungsinya (Sediaoetomo, 1991). Karbohidrat dapat dikelompokkan menjadi tiga kelompok yaitu: 1) monosakarida, 2) disakarida, dan 3) polisakarida. Monosakarida merupakan gula sederhana, seperti glukosa, fruktosa dan galaktosa. Disakarida terdapat dalam laktosa, maltosa dan sukrosa. Contoh penting dari polisakarida adalah dekstrin, pati, selulosa dan glikogen. Fungsi utama dari karbohidrat adalah sebagai sumber energi, menghemat penggunaan protein dan lemak. Jika karbohidrat berlebih maka akan disimpan dalam bentuk glikogen.

Terdapat masing-masing 4 enzim kunci yang terlibat baik pada degradasi glikogen menjadi glukosa bebas (glikogenolisis) maupun pada glukoneogenesis. Enzim kunci pada glikogenolisis adalah: (a) phosphorilase, (b) 'debranching enzyme', 1,6 glucosidase, (c) phosphoglucomutase, dan (d) glucose-6-phosphatase; sedangkan pada glukoneogenesis melibatkan enzim-enzim: (a) pyruvate carboxylase, (b) PEP-carboxykinase, (c) fructose diphosphatase, dan (d) glucose-6-phosphatase (Campbell dan Smith, 1982).

c. Lemak

Lipid adalah suatu kelompok senyawa heterogen yang berhubungan dengan asam lemak, baik secara aktual maupun potensial. Lipid diklasifikasikan menjadi tiga bagian yaitu: 1) lipid sederhana yang terdiri dari lemak ester asam lemak dengan gliserol, dan lilin ester asam lemak dengan alkohol monohidrat yang lebih tinggi dari pada gliserol; 2) lipid campuran yang terdiri dari fosfolipid dan serebroside; dan 3) *derived lipid* yang meliputi asam lemak (jenuh dan tidak jenuh), gliserol, steroid, alkohol.

Fungsi lipid adalah: 1) menghasilkan energi yang dibutuhkan tubuh; 2) pembentuk struktur tubuh; dan 3) pengatur proses yang berlangsung dalam tubuh secara langsung maupun tidak langsung. Hati merupakan tempat utama dari metabolisme lemak dan sangat bertanggung-jawab terhadap pengaturan kadar lemak dalam tubuh.

Beberapa fungsi hati yang terkait dengan metabolisme lemak yaitu: 1) oksidasi asam lemak, 2) sintesis trigliserida dari karbohidrat, 3) degradasi trigliserida, dan 4) sintesis kolesterol dan fosfolipid dari trigliserida.

2.3.2. Kemungkinan Dampak yang Ditimbulkan

Udang mempunyai kemampuan yang jauh lebih rendah dalam memanfaatkan glukosa (Deshimaru dan Shigeno, 1972; Shiau, 1998) bila dibandingkan dengan ikan (Brauge, *et al.*, 1994; Banos *et al.*, 1998). Dari beberapa hasil penelitian menunjukkan, bahwa pertumbuhan maksimum untuk udang dapat dicapai pada pemberian pakan mengandung karbohidrat 1% dengan kandungan protein tinggi, yaitu hingga 50% (Campbell, 1991 *dalam* Rosas *et al.*, 2000). Keterbatasan penggunaan karbohidrat pakan oleh udang merupakan konsekuensi dari adaptasi metabolik untuk menggunakan protein sebagai sumber energi utama. Hal ini dikarenakan protein merupakan substrat cadangan yang lebih besar pada udang yang dapat dikonversi menjadi glukosa melalui lintasan glukoneogenik (Campbell dan Smith, 1982; Campbell, 1991 *dalam* Rosas *et al.*, 2000). Pada ikan *rainbow trout* diketahui bahwa peningkatan karbohidrat tercerna dapat meningkatkan akumulasinya dalam hati, meskipun pada konsentrasi melebihi 8% dari bobot pakan menyebabkan pertumbuhan menurun (Alsted,

1991). Dengan jenis ikan yang sama, Brauge *et al.* (1994) mendapatkan nilai kebutuhan karbohidrat hingga 25%. Sedangkan Banos *et al.* (1998) mendapatkan bahwa *rainbow trout* mampu memanfaatkan karbohidrat yang sangat mudah dicerna hingga konsentrasi 37% dengan pertumbuhan yang masih baik.

Secara umum dapat dikatakan bahwa untuk mendukung pertumbuhan maksimum dan pemenuhan kebutuhan energinya, udang membutuhkan protein pakan pada konsentrasi yang tinggi (Deshimaru dan Shigeno, 1972). Berbagai pendapat telah diberikan untuk menjelaskan fenomena ini (Pascual *et al.*, 1983; Alava dan Pascual, 1987; Shiau dan Peng, 1992; Shiau, 1998; Campbell, 1991 *dalam* Rosas *et al.*, 2000). Menurut Dall dan Smith (1986) hal ini terkait dengan kapasitas udang yang terbatas dalam menyimpan senyawa-senyawa cadangan seperti lipid dan karbohidrat.

Sebagian besar akibat yang dapat ditimbulkan adalah ekskresi bahan organik bernitrogen (baik yang berasal dari faeces maupun metabolisme) maupun pakan yang tidak termakan dalam jumlah yang besar. Sebagai gambaran dapat dijelaskan dengan menggunakan pendekatan nilai '*food conversion ratio*' (FCR). FCR merupakan nilai perbandingan yang menggambarkan berapa bobot pakan yang diberikan dan masuk ke dalam tambak guna mencapai satuan bobot udang saat panen. Jadi, bilamana diasumsikan

bahwa nilai FCR adalah 1.5 - 2.0 , maka berarti bahwa untuk mencapai 1 kg bobot (basah) udang diperlukan pakan (kering) sebanyak 1.5-2.0 kg. Dengan demikian terdapat buangan yang setara dengan bobot pakan (kering) sebesar 0.5 - 1.0 kg yang tertinggal di lingkungan untuk setiap 1 kg udang yang dihasilkan. Nilai ini akan meningkat hingga 6 kali lipat atau lebih bilamana perhitungan didasarkan pada konversi bobot pakan basah ke bobot udang basah, yaitu sekitar 3.0 - 6.0 kg atau lebih yang berupa limbah buangan. Bila rata-rata produksi udang sebesar 10 ton/ha/tahun, maka potensi limbah buangan dari tambak tersebut adalah sebesar 30-60 ton/ha/tahun. Suatu nilai yang sangat fantastik.

2.4. Manajemen Lingkungan

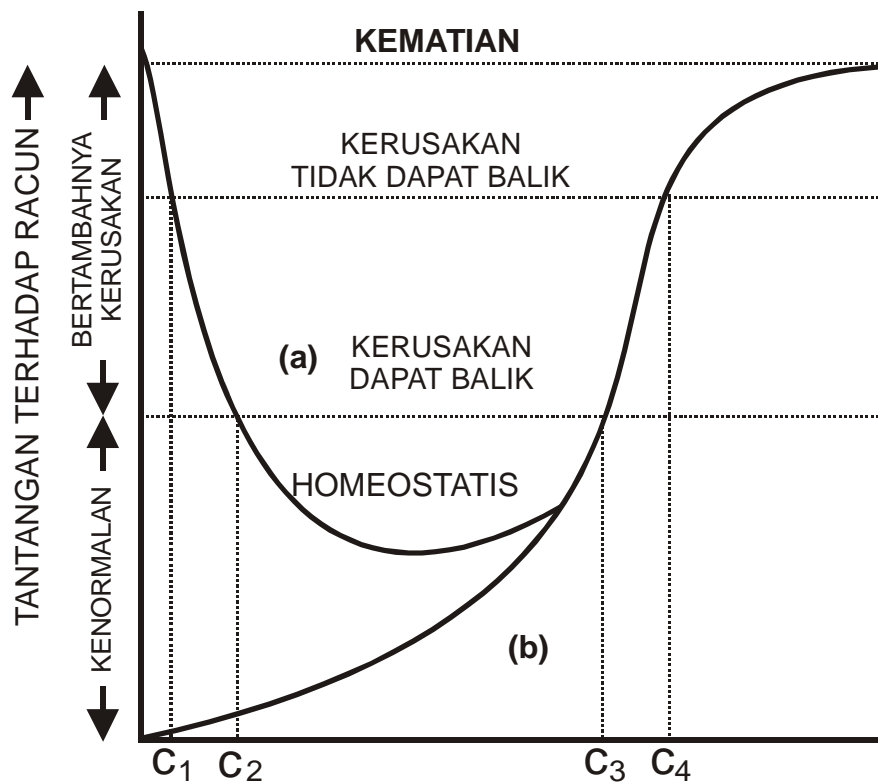
Sebagaimana halnya dengan ekosistem pesisir lainnya, maka kawasan pertambakan sebagai suatu ekosistem bentukan mempunyai karakteristik dan toleransi tertentu untuk dapat di intervensi. Sebagai kawasan ekosistem terbina, maka pengelola harus melakukan sesuatu untuk memelihara dan mempertahankan karakteristik serta kemampuan tersebut untuk menjamin tercapainya tujuan pengelolaan dari penggunaan sekarang maupun yang akan datang.

Dalam pengelolaan budidaya udang dapat dilihat cerminan dari 2 kekuatan mendasar, yaitu kekuatan yang diwakili oleh *kekuatan internal* dan *kekuatan eksternal*.

Kekuatan internal suatu organisme dicirikan oleh potensi faali biota, seperti proses pencernaan, sistem syaraf, sistem produksi, hubungan intra dan ekstra species dan sebagainya. (Lagrega et al,1994).

Kekuatan eksternal adalah kondisi diluar tubuh yang selalu mengalami dinamika antar waktu dan ruang. Kemampuan potensi faali biota untuk merespon fenomena eksternal merupakan suatu jembatan sifat aksi dan reaksi biota atau yang disebut kekuatan *Homeostasi*. Dari sini akan memunculkan suatu keadaan, bahwa pada kondisi kekuatan faali biota sudah tidak dapat menampung tekanan kekuatan eksternal, maka pertahanan kemampuan yang diindikasikan mulai dari sakit sampai dengan kematian yang akan muncul. Sebaliknya, pada kondisi benturan tersebut dapat diatasi oleh biota, maka yang terjadi adalah *survival*.

Batasan ini digambarkan oleh Connell dan Miller (1983) sebagaimana disajikan pada gambar 2 dibawah.



Gambar 2. Perubahan Adaptasi Biota
Sumber : Connell dan Miller (1983)

Berdasarkan ilustrasi tersebut, maka secara hipotesis dapat dijelaskan sebagai berikut : Kegagalan budidaya udang saat ini menggerakkan kepada suatu kondisi kerusakan yang tidak dapat balik, sehingga menyebabkan kematian kultivan. Respon ini sebagai cerminan, bahwa terdapat indikasi pengelolaan yang tidak baik pada lingkungannya.

Beberapa kegiatan untuk mengelola budidaya dengan metode ramah lingkungan dapat dilakukan melalui Sistem resirkulasi tertutup yang bertujuan agar metabolit dan bahan toksik

tidak mencemari lingkungan dapat dilakukan dengan menggunakan sistem filter (Chen, 2000) sebagai berikut:

- a. Sistem filter biologi dapat dilakukan dengan menggunakan bakteri nitrifikasi, alga, atau tanaman air untuk memanfaatkan amonia atau senyawa organik lainnya.
- b. Sistem penyaringan non-biologi, dapat dilakukan dengan cara fisika dan kimia terhadap polutan yang sama. Pemanfaatan mangrove untuk menurunkan kadar limbah budidaya udang, merupakan suatu cara bioremediasi dalam budidaya udang sistem tertutup (Ahmad dan Mangampa, 2000).
- c. Penggunaan bakteri biokontrol atau probiotik untuk mengurangi penggunaan antibiotik, sehingga pencemaran di perairan dapat dikurangi (Tjahjadi *et al.*, 1994)
- d. Dengan cara transgenik, yaitu menggunakan *gene cecropin β* yang diisolasi dari ulat sutera *Bombyx mori*. Udang transgenik yang mengandung rekombinan cecropin akan mempunyai aktivitas litik tinggi terhadap bakteri patogen pada udang (Chen, 2000).

Kualitas air dalam tambak terkait dengan sumber air yang masuk dalam tambak, proses biologis dalam tambak dan proses fisik, seperti ganti air dan aerasi. Pengelolaan kualitas lingkungan tambak yang bertujuan untuk menyediakan habitat yang layak bagi

kehidupan udang dimulai dari saat membuat desain tambak (Kokarkin dan Kontara, 2000).

Untuk mendapatkan kondisi optimum dalam budidaya udang perlu diperhatikan hal-hal berikut. Sebuah tambak harus memiliki kandungan oksigen minimal 3,5 mg/l untuk tambak tradisional dan minimal 4 mg/l untuk tambak intensif dan semi-intensif. Untuk mendapatkan kondisi optimum bagi kelangsungan budidaya udang maka perlu dilakukan langkah-langkah sebagai berikut:

- a. Sebuah tambak semi-intensif dan intensif harus melakukan pemasangan kincir air (*paddle wheel*) sesuai dengan target produksi: satu kincir untuk target 300 kg udang.
- b. Pemupukan air harus dilakukan sejak bulan pertama ditentukan berdasarkan rasio N dan P di perairan hingga mendekati 16:1 agar fitoplankton kelompok Bacillariophyceae atau Chlorophyceae dapat tumbuh dengan stabil.
- c. Pada tingkat kehidupan udang yang tinggi atau kepadatan udang lebih dari 15 ekor/m² pada bulan ketiga, pemberian pakan harus diperkaya dengan vitamin C dan E, serta kalsium, masing-masing 500 mg, 300 SI, dan 10 g/kg pakan, dua hari sekali, pada jam pakan tertinggi. Pengkayaan pakan ini diperlukan sekali karena suplai dari alam sudah sangat terbatas (Kokarkin dan Kontara, 2000).

- d. Pergantian air harus dilakukan dengan rutin sebesar 10-30% per hari, sejak bulan kedua (Fast, 1992); namun tetap dengan air yang telah diendapkan selama empat hari dalam petak ikan atau diendapkan satu hari setelah disaring halus dan diberi kaporit sebanyak 5 ppm. Pergantian air diperlukan untuk memasok unsur-unsur mikro bagi pertumbuhan fitoplankton dan untuk membuang sisa metabolik yang larut di dalam air (Kokarkin dan Kontara, 2000).

2.5. Pengelolaan Kualitas Air Tambak

Dari tahapan kegiatan di atas pengelolaan kualitas air (water quality management) merupakan kegiatan yang cukup penting, karena air merupakan media hidup udang. Menurut Prayitno (1994), kualitas air merupakan jantung dari keberhasilan budidaya. Pada prinsipnya di dalam manajemen budidaya, adalah menyediakan lingkungan hidup yang layak dan stabil sesuai dengan kebutuhan biologis udang. Melalui pengelolaan mutu air yang optimum bagi kehidupan udang selama masa pemeliharaan diharapkan pertumbuhan dan kelangsungan hidup yang baik. (Hutabarat, 1989).

Kualitas air yang buruk seperti rendahnya kandungan oksigen, kisaran fluktuasi pH dan salinitas yang sangat tinggi serta penumpukan limbah beracun (baik internal maupun eksternal)

dapat berakibat negatif terhadap ketahanan tubuh udang dari serangan penyakit. Untuk menjaga kondisi pertumbuhan udang yang normal, mutu air tambak harus dipertahankan seprima mungkin untuk menjaga kualitas lingkungan budidaya, sehingga tidak menyebabkan stress lingkungan pada udang yang dapat memacu berjangkitnya penyakit.

Upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasi timbulnya masalah tersebut antara lain dianjurkan :

- a. Pergantian/sirkulasi air secara berangsur-angsur (tidak dilakukan dalam jumlah besar dan sekaligus).
- b. Mengurangi sisa-sisa pakan yang dapat menjadi sumber toksik/racun seperti kadar amonia yang berlebihan.
- c. Pemberian pakan disesuaikan dengan kondisi kemampuan udang mengkonsumsi habis pakan yang diberikan.
- d. Mereduksi produk metabolisme udang yang beracun seperti sulfida, amoniak dan nitrit dengan pemberian probiotik. Obat probiotik ini dapat membantu proses dekomposisi/penguraian bahan beracun menjadi bahan yang tidak membahayakan kesehatan udang.
- e. Pemberian kapur pertanian (CaCO_3) atau kapur dolomit untuk menstabilkan pH dan alkalinitas air.

2.5.1. PENANGANAN KUALITAS AIR

a. Pola Pikir

Pola pada usaha penerapan teknologi tambak berwawasan lingkungan adalah tentang kemampuan daya dukung dari lahan pertambakan untuk menghasilkan produksi udang secara lestari dan berkesinambungan. Adapun konsep produksi yang secara matematis dapat dijabarkan dalam persamaan :

$$P = f (A , B , C)$$

Dimana : P = Produksi

A = Daya dukung lahan

B = Pengelolaan pakan

C= Lingkungan

Produksi adalah fungsi dari daya dukung lahan, pengelolaan pakan dan lingkungan. Mengacu pada persamaan tersebut diatas, maka apabila salah satu komponen tidak dikelola dengan baik maka produksi akan terganggu. Komponen A dapat didekati dengan padat tebar dan teknologi yang digunakan, dimana akan berkaitan erat dengan komponen B dan C. Sedang pada tesis ini akan dibatasi hanya pada komponen C yaitu kondisi lingkungan pertambakan.

Pengelolaan lingkungan (kualitas air dan tanah) untuk pertambakan dengan memperhatikan persyaratan yang berlaku

sesuai dengan petunjuk yang dikeluarkan oleh Badan Litbang Pertanian (1987).

b. Manajemen Kualitas Air.

Konsep dasar manajemen kualitas air adalah mengetahui asal (sumber) dan tingkah laku dari pencemar serta cara-cara pengelolaannya, sehingga dampak-dampak yang negatif dapat dikurangi dan dampak-dampak yang positif dapat dikembangkan.

Pada kegiatan usaha budidaya udang di tambak, maka penurunan kualitas air disebabkan oleh faktor eksternal (yaitu faktor dari luar pertambakan umumnya disebabkan oleh adanya kandungan bahan organik dan logam berat) dan faktor internal (akibat dari kelebihan pakan, hasil ekskresi dari hewan budidaya dan kondisi dasar tambak).

Manajemen kualitas air untuk mengurangi pengaruh eksternal umumnya menggunakan kolam tandon 20-30% volume tambak dengan menggunakan system pengendapan (fisik), pemanfaatan (zooplankton) dan penyerapan (phytoplankton dan tanaman air). Rasio antara debit air, panjang saluran dan jenis dari organisme merupakan parameter yang perlu diperhatikan.

Disamping itu harus diperhatikan pula keseimbangan ekologis di tambak tersebut, yang umumnya diabaikan oleh para petambak. Faktor lain yang tidak kalah pentingnya dan sering dilupakan, adalah air buangan dari tambak terutama bila akan panen. Air buangan tambak tersebut umumnya mengandung bahan organik yang tinggi, sehingga perlu dilakukan pengelolaan dahulu sebelum air tersebut dibuang ke perairan umum. Kondisi kualitas air sebagai bahan baku sumber air sangat penting peranannya dalam ekosistem, baik kondisi kualitas air di dalam saluran tambak maupun di dalam petakan pertambakan. Parameter kualitas air yang perlu diamati adalah : parameter fisika (warna, kecerahan, suhu) dan parameter kimia (pH, Oksigen terlarut (O_2), Karbondioksida (CO_2), Amoniak (NH_3), Nitrit (NO_2), Biological Oxygen Demand (BOD), salinitas dan Mikrobiologis.

2.6. KONSEP BUDIDAYA UDANG BERWAWASAN LINGKUNGAN.

Konsep budidaya udang berwawasan lingkungan menurut Yoseph Siswanto (2002), senantiasa memperhatikan hal-hal sebagai berikut :

- a. Tambak mempunyai daya dukung (Carryng Capacity) tertentu dan terbatas. Daya dukung tambak tergantung dari : kualitas tanah, kualitas air, volume air dalam tambak, kemampuan ganti air dan persiapan tambak.

- b. Tambak) mempunyai kemampuan untuk membersihkan diri (self purification). Hal ini dapat terjadi bila ekosistem dalam lingkungan (tambak) itu seimbang, yang berarti pada lingkungan tersebut akan terjadi proses aliran energi, daur nutrien dan kontrol (cybernetic), yang secara keseluruhan disebut homeostatis ekosistem yang dapat berakibat self purification atau pembersihan diri dari berbagai pollutant.
- c. Pemenuhan kebutuhan biologi (biological requirement) bagi udang yang dipelihara. Untuk dapat memenuhi kebutuhan biologi udang, kita harus mengetahui sifat biologi udang, ialah : omnivora dan pemakan lambat, bentic, nocturnal, amonothelic dan kanibal. Dari sifat biologi ini, maka diperlukan adanya perlakuan tertentu pada budidaya yang menyangkut design konstruksi tambak, pemberian pakan, management air dan lain-lain.
- d. Pembatasan pemakaian obat-obatan dan bahan kimia lainnya. Obat-obatan khususnya antibiotik dapat diibaratkan madu dan racun, sebagai madu bila digunakan secara efektif dan sebagai racun bila salah penggunaan. Antibiotik sebenarnya hanya boleh digunakan untuk menanggulangi infeksi bakteri yang masih sensitif, dengan dosis yang benar dan jangka waktu yang cukup (7-10 hari).

- e. Perlu adanya kerjasama antara petambak dalam hal : tata letak tambak, saluran tambak, membuang air, panen,

Model pengembangan budidaya udang ramah lingkungan dengan memperhatikan :

- (1) Manajemen biota. Benur yang berkualitas pada tahap awal menunjukkan respon positif terhadap pakan yang diberikan, keragaan pertumbuhan ditunjukkan dengan pergantian kulit ('molting'), menunjukkan pertumbuhan yang positif bagi post larva udang, dapat beradaptasi dengan lingkungan tambak, serta mempunyai derajat kelangsungan hidup (SR) yang tinggi.

Manajemen terhadap faktor luar (fisika, kimia air dan nutrisi) sifatnya temporal dalam satu musim pemeliharaan, maka memperbaiki keragaan biota harus ditempuh dari dalam dan permanen (perbaikan mutu genetik). Manajemen biota secara demikian diharapkan mampu mendukung pertumbuhan udang dengan laju pertumbuhan yang cepat dengan sintasan yang tinggi.

- (2) Manajemen lingkungan, Kualitas air dalam tambak terkait dengan sumber air yang masuk dalam tambak, proses biologis dalam tambak dan proses fisik, seperti ganti air dan aerasi. Pengelolaan kualitas lingkungan tambak yang

bertujuan untuk menyediakan habitat yang layak bagi kehidupan udang dimulai dari saat membuat desain tambak.

- (3) Manajemen pakan, Dalam manajemen pakan yang perlu diperhatikan adalah membuat formulasi pakan yang 'ramah' lingkungan, termasuk manajemen pemberiannya agar lebih efisien. Yang terkait dengan masalah tersebut adalah: (a) pengadaan pakan dengan kandungan protein rendah, (b) optimalisasi profil/konfigurasi asam amino, (c) optimalisasi perbandingan protein terhadap energi (P/E ratio) dari pakan, (d) perbaikan kualitas bahan pakan, (e) pemilihan bahan pakan yang mempunyai daya cerna tinggi, dan (f) optimalisasi strategi manajemen pakan. Penggunaan karbohidrat dalam pakan adalah penting dikarenakan beberapa hal: (a) sebagai sumber energi yang jauh lebih murah bila dibandingkan dengan protein, maka karbohidrat dapat menekan ongkos produksi dan yang pada akhirnya dapat menurunkan total harga pakan (Cruz-Suarez et al., 1994), (b) pada tingkat tertentu, karbohidrat mampu men-substitusi energi yang berasal dari protein pakan ('sparing' protein pakan) dan karena itu efisiensi pemanfaatan protein pakan untuk pertumbuhan dapat ditingkatkan (Rosas et al., 2000), (c) sebagai binder, karbohidrat (terutama yang berasal dari

bahan pakan tertentu) mampu meningkatkan kualitas fisik pakan dan menurunkan prosentase 'debu pakan' (Hastings dan Higgs, 1980), (d) sebagai komponen tanpa nitrogen, maka penggunaan karbohidrat dalam jumlah tertentu dalam pakan dapat menurunkan sejumlah limbah ber-nitrogen sehingga meminimalkan dampak negatif dari pakan terhadap lingkungan (Kaushik dan Cowey, 1991), yang juga merupakan media hidup dari udang itu sendiri.

Strategi pemberian pakan (feeding strategy).

MacKenzie (1998) mengemukakan peran penting dari berbagai hormon yang terkait dengan regulasi karbohidrat pakan dan dapat dipergunakan sebagai strategi dalam pemberian pakan. Dijelaskan bahwa puasa meningkatkan sirkulasi dan sekresi hormon pituitary, yaitu hormon pertumbuhan, yang telah sangat dikenal sebagai salah satu hormon anabolik.. Pengaturan yang tepat antara pemberian pakan ('feeding') dan puasa ('fasting') dapat memberikan kesempatan pada ikan untuk tumbuh normal, dan bahkan dapat menurunkan depot lemak tubuh. Dengan demikian, perlu dikaji periode waktu yang tepat antara hari-hari pemberian pakan ('feeding periods') dan puasa ('fasting time').

- (4) Manajemen kualitas air. Konsep dasar manajemen kualitas air adalah mengetahui asal (sumber) dan tingkah laku dari pencemar serta cara-cara pengelolaannya, sehingga dampak-dampak yang negatif dapat dikurangi dan dampak-dampak yang positif dapat dikembangkan.

BAB III. MATERI DAN METODA

3.1. Materi Penelitian

Materi penelitian yang digunakan adalah petak tambak sebagai tempat pendegradasian limbah organik.

3.2. Metoda Penelitian

Metoda yang digunakan dalam penelitian ini adalah survey dengan melakukan observasi langsung di lokasi penelitian.

Penelitian ini bersifat studi kasus, yaitu penelitian dilakukan terhadap kasus secara mendalam yang hanya berlaku pada waktu tertentu dan untuk daerah tertentu (Sutrisno Hadi , 1989). Sebagai kasus dalam penelitian adalah wilayah pertambakan Desa Api-Api, Kecamatan Wiradesa, Kabupaten Pekalongan.

3.2.1. Konsep Penelitian

Sebagaimana dikemukakan di atas, bahwa arah dari penelitian adalah memberikan introduksi terhadap pengelolaan bioteknis di lingkungan pertambakan. Kajian diarahkan kepada prinsip-prinsip *biodegradasi bahan organik* yang pada umumnya diabaikan. Diabaikannya prinsip-prinsip tersebut menyebabkan terjadinya kemunduran mutu lingkungan pertambakan yang pada akhirnya berpengaruh terhadap kelangsungan hidup kultivan. Secara konseptual proses mineralisasi yang akan diacu penelitian ini secara matematis berkaitan antara sediaan bahan organik dengan

produksi sel mikroorganisme, yang dapat diformulasikan oleh Lagrega et al (1994) sebagai berikut :

$$\frac{dx}{dt} = y \left[\frac{ds_t}{dt} \right]$$

Keterangan :

X = massa atau konsentrasi mikroorganisme

s_t = Massa atau konsentrasi perubahan substrate

t = Waktu

Y = Koefisien hasil pertumbuhan yang benar (massa produksi) mikrobiologi / kuman per unit massa penggunaan substrate

Rumus tersebut memberikan arti, bahwa perombakan bahan organik akan direspon oleh kuantitas mikroorganisme dalam hal ini terdapat suatu ketergantungan terhadap kondisi air yang didegradasikan sbb :

$$t = \frac{V}{Q} = \frac{\text{Volume air dalam sistem}}{\text{Debit}}$$

Secara teoritis, proses aksi dan respon antara substrat organik dengan mikroorganisme selama dalam sistem air akan

mengalami suatu proses daur ulang, sehingga proses degradasi tetap bergantung kepada volume air dan debit. Dari uraian tersebut, maka terdapat kurun waktu tinggal dari bahan organik dalam air yang mengalami proses degradasi,

Berdasarkan hal tersebut, maka kajian mengenai degradasi selain tergantung kepada proses degradasi yang dicirikan adanya perubahan (pertumbuhan) mikroorganisme, juga tergantung kepada volume dan waktu tinggal. Volume itu sendiri merupakan ekspresi dari tempat.

3.2.2. Perlakuan penelitian

Secara prinsipal penelitian akan mengalokasikan satu jenis perlakuan. Perlakuan tersebut adalah **volume air** yang diekspresikan dalam bentuk **luasan areal** penyerap. Adapun **waktu** yang secara fungsional menyatakan **waktu tinggal bahan organik** untuk dilakukan proses degradasi dibagi secara paralel dengan memisahkan jarak tenggang yang berbeda dalam satu perlakuan areal serapan. Areal serapan yang akan diimplementasikan dalam penelitian ini adalah :

- | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|
| A. Luasan ± 500 m ² | c. Luasan ± 1500 m ² |
| B. Luasan ± 1000 m ² | d. Luasan ± 2000 m ² |

Pengulangan akan dilakukan dalam satu petakan dengan cara menentukan plot sampling secara acak dalam satu areal trap sebanyak 3 kali setiap pengambilan contoh.

3.3. Metoda Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan pendekatan sample survey method, yaitu sampel yang diambil pada sebagian kecil populasi, dimana hasilnya diharapkan mampu menggambarkan sifat populasi secara keseluruhan dari populasi obyek yang diteliti (Suwignyo, 1986).

Menurut Sutrisno Hadi (1989), Observasi adalah pengamatan dan pencatatan kejadian atau fenomena yang diteliti secara sistematis.

Dalam penelitian ini dilakukan pengambilan dua data, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer didapatkan dengan cara observasi dan melakukan pengamatan langsung dengan terhadap parameter kualitas air dan pengambilan sampel air untuk pengukuran variabel utama (BOD, NH₃, NO₂, H₂S) dilakukan pada setiap 3 hari sekali dan pengukuran parameter untuk variabel pendukung (pH, suhu, O₂, CO₂, salinitas, kecerahan) dilakukan 3 hari sekali.

Data sekunder dikumpulkan melalui studi pustaka dengan cara mengumpulkan seluruh informasi yang berkaitan dengan tujuan penelitian, baik di berbagai perpustakaan maupun mengunjungi instansi terkait.

3.4. Analisis Data

Analisis Data diutamakan kepada variabel kunci yang dijadikan indikator toksik, yaitu Bahan organik (BOD) sebagai sumber tolok, NH_3 dan H_2S sebagai variabel penyebab (pengiring). Uji dilakukan secara paralel terhadap peubahnya baik dari uji waktu maupun luasan dengan menggunakan bantuan Uji Regresi (Steel and Torrie, 1980). Uji regresi tersebut disamping dipergunakan untuk kecocokan pola peubahnya juga dipergunakan untuk menguji homogenitasnya. Sedang variabel pendukung seperti pH, suhu, O_2 , CO_2 , kedalaman, kecerahan akan diuji secara deskriptif berdasarkan pengaruh fungsionalnya terhadap perubahan peubah utama.

3.5. Hipotesis

Bahan Organik buangan tambak dapat terdegradasi menjadi unsur unsur derivatnya.

Ho : Kecepatan degradasi Bahan Organik tidak bergantung kepada luas dan waktu tinggalnya dalam petak pertambakan.

H1 : Kecepatan degradasi Bahan Organik bergantung kepada luas dan waktu tinggalnya dalam petak pertambakan.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. HASIL

4.1.1. Deskripsi Lokasi Penelitian

Secara geografis Kabupaten Pekalongan terletak pada $109^{\circ} 49' - 109^{\circ} 78'$ BT dan $6^{\circ} 83' - 7^{\circ} 23'$ LS. Luas wilayah Kabupaten Pekalongan $\pm 836,09 \text{ Km}^2$ (83,609 Ha) dengan batas wilayah sebagai berikut :

- Sebelah Utara : Laut Jawa
- Sebelah Timur : Kota Pekalongan dan Kabupaten Batang
- Sebelah Selatan : Kabupaten Banjarnegara
- Sebelah Barat : Kabupaten Pemasang.

Secara topografi wilayah Kabupaten Pekalongan cukup bervariasi dari dataran rendah (pantai) sampai dataran tinggi (pegunungan 1.249 M di atas permukaan laut).

Kabupaten Pekalongan terdiri dari 16 Kecamatan, dari 16 Kecamatan tersebut, Kecamatan Tirto, Wiradesa, Wonokerto dan Sragi adalah Kecamatan yang memiliki pantai, dengan panjang pantai $\pm 10,5 \text{ Km}$ yang membentang dari arah timur (Kecamatan Tirto) sampai ke arah barat (Kecamatan Sragi). Desa – Desa yang

langsung berbatasan dengan laut atau desa yang memiliki pesisir adalah sebagai berikut :

Tabel.1
Desa-desa Pantai di Kabupaten Pekalongan

No	Kecamatan	Desa
1.	Tirto	Jeruksari , Mulyorejo
2.	Wonokerto	Pecakaran, Wonokerto Kulon, Api-api, Wonokerto Wetan, Tratebang, Semut.
3.	Sragi	Depok, Blacanan, Boyoteluk

Sumber : Dinas Perikanan Kabupaten Pekalongan.

Kecamatan Wiradesa secara administratif sekarang dibagi 2 wilayah kecamatan, yaitu : Kecamatan Wiradesa dan Kecamatan Wonokerto yang merupakan salah satu daerah pengembangan kecamatan termasuk dalam wilayah pesisir Kabupaten Pekalongan. Adapun batas wilayah Kecamatan Wonokerto adalah sebagai berikut :

- Sebelah Utara : Laut Jawa
- Sebelah Timur : Kecamatan Tirto
- Sebelah Selatan : Kecamatan Wiadesa
- Sebelah Barat : Kecamatan Sragi.

Kecamatan Wiradesa, terdiri dari 27 desa dengan luas wilayah 28,62 Km² (2.862,28 Ha) dari luas wilayah tersebut 415,949 Ha adalah wilayah berupa tambak. Jumlah penduduk sampai dengan bulan Desember 2002 adalah sebesar 90.890 jiwa,

terdiri dari 45.251 orang laki-laki dan 45.639 orang wanita. Jumlah penduduk yang bermata pencaharian sebagai petani tambak sebanyak 150 orang

Desa Api-api secara administrasi termasuk wilayah Kecamatan Wonokerto Kabupaten Pekalongan dengan batas wilayah sebagai berikut

- Sebelah Utara : Laut Jawa
- Sebelah Timur : Desa Sijambe
- Sebelah Selatan : Desa Pecakaran
- Sebelah Barat : Desa Wonokerto Wetan

Luas wilayah Desa Api-api adalah 221,053 Ha, yang terdiri dari :

Sawah tadah hujan : 30,882 Ha, Pekarangan: 30,250 Ha, Tegalan : 40,315 Ha; Tambak : 112,250 Ha; Lain-lain : 7,356 Ha

Potensi Perikanan terdiri dari Perikanan Laut dan Darat meliputi : Kolam, Tambak, dan Perikanan tangkap. Sampai saat ini penggunaan lahan untuk tambak di Desa Api-api 112,250 Ha (60,36 %) Kepemilikan lahan sebagian besar dimiliki oleh warga setempat dan dikelola secara turun temurun. Luas penguasaan lahan tambak tersebut sangat bervariasi, yaitu antara 0,05 Ha hingga 10,0 Ha.

Tambak yang digunakan dalam penelitian ini mempunyai kondisi sebagai berikut :

No	Luas (m2)	Benur (PL40) (ekor)	Pakan (gr/Hr)
1	± 500	2.634	395
2	± 1.000	6.772	1016
3	± 1.500	9.634	1445
4	± 2.000	11.276	1691

4.1.2. Kualitas Air

Dalam budidaya perikanan sebagaimana dilakukan di tambak, kualitas air mempunyai peranan penting bagi keberhasilan budidaya tambak tersebut. Berbagai kegagalan yang selama ini terjadi dalam pemeliharaan udang maupun kultivan lainnya khususnya dalam mempertahankan sintasannya dikarenakan manajemen kualitas air yang sangat jelek. Kontribusi ini tidak saja dalam pengelolaan internal masing-masing petani tambak, akan tetapi juga kontribusi kawasan. Pada suatu kawasan yang sangat beragam tingkat pendayagunaan teknologinya sangat tidak memberikan keleluasaan usaha khususnya bagi petani tambak dengan dayaguna skala tradisional. Di samping itu, model pemanfaatan sumberdaya alam demikian, yang mempunyai variabilitas sangat besar tidak cukup untuk menjawab pembangunan wilayah pesisir secara ramah lingkungan yang berkesinambungan. Berkenaan dengan hal tersebut, maka pada berbagai perlakuan baik waktu maupun ruang diterapkan untuk

melihat seberapa efektif yang diperlukan untuk memberikan kemanfaatan lingkungan internal bagi terjaminnya pemeliharaan tambak di suatu kawasan.

Berkenaan dengan hal tersebut, maka diukur beberapa peubah baik fisika maupun kimia pada berbagai media obyek studi, sebagai berikut :

Tabel 2.
Hasil Pengukuran Suhu rata – rata pada
Berbagai Media Uji Selama Penelitian

<i>No</i>	Tanggal Pengukuran	Kisaran Suhu (°C) pada Berbagai Media Uji			
		L-500	L-1000	L-1500	L-2000
1	10 April 02	28	28	28,5	28
2	13 April 02	30	30,5	30,5	30
3	16 April 02	30	30	30	30
4	19 April 02	28,5	29	29	29,5
5	22 April 02	29,5	30	29,5	29,5
6	25 April 02	29	29	29	29
7	28 April 02	30	29,5	30	30

Keterangan : Data Primer (2002), hasil selama penelitian.

Berdasarkan hasil pengukuran suhu sebagaimana disajikan pada Tabel di atas, kisaran suhu 28 – 30,5 °C sesuai dengan kondisi optimum dalam menunjang kehidupan udang. Hal ini sesuai pendapat (Liao dan Murai, 1986) keberhasilan budidaya udang terjadi pada kisaran suhu perairan 20-30°C dan suhu yang ideal

untuk air tambak berkisar antara 28–32° C. Kondisi suhu perairan sangat menunjang dimana ke empat media uji mempunyai kisaran suhu yang relatif sama.

Tabel 3.
Hasil Pengukuran Salinitas rata-rata pada
Berbagai Media Uji Selama Penelitian

No	Tanggal Pengukuran	Salinitas (ppt) pada Berbagai Media Uji			
		L-500	L-1000	L-1500	L-2000
1	10 April 02	20	21	20	20
2	13 April 02	21	21	22	21
3	16 April 02	21	22	21	21
4	19 April 02	21	22	22	22
5	22 April 02	22	21	22	21
6	25 April 02	21	21	21	21
7	28 April 02	22	22	22	22

Keterangan : Data Primer (2002), hasil selama penelitian.

Berdasarkan hasil pengukuran salinitas sebagaimana disajikan pada Tabel di atas, maka salinitas pada semua media uji relatif homogen antara 20 -21 %. Salinitas media sesuai dengan kondisi optimum udang , hal ini sesuai pendapat Boyd (1990), bahwa salinitas yang ideal untuk pembesaran udang windu berada pada kisaran 15-25%.

Hasil pengukuran pH selama penelitian secara rinci disajikan pada Tabel 4.di bawah.

Tabel 4.
Hasil Pengukuran pH rata rata pada
Berbagai Media Uji Selama Penelitian

No	Tanggal Pengukuran	pH pada Berbagai Media Uji			
		L-500	L-1000	L-1500	L-2000
1	10 April 02	8.0	8.2	8.1	8.2
2	13 April 02	8.2	8.3	8.2	8.0
3	16 April 02	8.4	8.3	8.2	8.2
4	19 April 02	8.3	8.4	8.3	8.3
5	22 April 02	8.5	8.4	8.4	8.5
6	25 April 02	8.5	8.5	8.5	8.5
7	28 April 02	8.6	8.5	8.5	8.7

Keterangan : Data Primer (2002) hasil selama penelitian.

Berdasarkan hasil pengukuran pH sebagaimana disajikan pada Tabel di atas, pH berkisar 8,0 – 8,7 hal ini menunjukkan kisaran pH perairan baik dan sesuai dengan kondisi optimum udang.

Sedangkan hasil pengukuran kecerahan sebagaimana disajikan pada Tabel 5 di bawah, kecerahan perairan berkisar 28–30 cm hal ini menunjukkan kisaran kecerahan yang baik dan sesuai dengan kondisi optimum udang.

Tabel 5.
Hasil Pengukuran Kecerahan rata-rata pada
Berbagai Media Uji Selama Penelitian

No	Tanggal Pengukuran	Kecerahan (cm) pada Berbagai Media Uji			
		L-500	L-1000	L-1500	L-2000
1	10 April 02	28	29	29,5	29
2	13 April 02	29	29	30	30
3	16 April 02	29	29,5	30	30
4	19 April 02	29,5	29	29,5	29,5
5	22 April 02	30	29,5	30	29
6	25 April 02	30,5	30	30,5	30
7	28 April 02	30	30	30	30

Keterangan : Data Primer (2002) hasil selama penelitian

Hasil pengukuran kedalaman sebagaimana disajikan pada Tabel 6 di bawah kedalaman perairan berkisar 70 – 73 cm, hal ini menunjukkan kisaran kedalaman perairan cukup baik untuk kehidupan optimum udang.

Tabel 6.
Hasil Pengukuran Kedalaman rata-rata pada
Berbagai Media Uji Selama Penelitian

No	Tanggal Pengukuran	Kedalaman (cm) pada Berbagai Media Uji			
		L-500	L-1000	L-1500	L-2000
1	10 April 02	70	70	70	70
2	13 April 02	70	70	70	70
3	16 April 02	68	70	73	72
4	19 April 02	70	70	70	70
5	22 April 02	70	70	70	72
6	25 April 02	70	70	70	72
7	28 April 02	70	70	70	72

Keterangan : Data Primer (2002) hasil selama penelitian

Tabel 7.
Hasil Pengukuran BOD (mg/l) pada
Berbagai Media Uji Selama Penelitian

No	Hari Ke	Tgl Sampling	Luas tambak obyek penelitian (m2)			
			500	1000	1500	2000
1	0	10 april 02	144.2612	142.3107	144.1286	144.1356
2	0	10 april 02	143.3298	143.0982	142.7826	142.3521
3	0	10 april 02	143.2107	142.8726	143.0927	143.1289
4	3	13 april 02	143.9973	66.2046	53.6604	43.3007
5	3	13 april 02	137.8793	67.1206	54.2565	44.6135
6	3	13 april 02	135.9394	64.9385	56.0729	46.1066
7	6	16 april 02	86.9455	43.4056	33.0132	27.1468
8	6	16 april 02	80.3798	41.2615	29.4746	24.2378
9	6	16 april 02	82.9663	42.4792	31.7837	26.1348
10	9	19 april 02	49.7648	24.9071	20.0598	16.4946
11	9	19 april 02	49.7648	24.7443	20.8641	17.1559
12	9	19 april 02	49.6903	21.3682	23.3259	19.1802
13	12	22 april 02	20.9082	17.1892	15.4321	13.2304
14	12	22 april 02	17.7920	16.8136	13.0911	16.2136
15	12	22 april 02	23.1888	18.1109	16.1872	14.4612
16	15	25 april 02	14.9344	11.5076	10.1982	12.1675
17	15	25 april 02	12.7086	11.2502	12.8701	11.0897
18	15	25 april 02	16.5634	10.5402	11.1872	14.3376
19	18	28 april 02	13.2146	11.1178	8.2262	11.2818
20	18	28 april 02	12.4566	12.3129	11.3217	10.2273
21	18	28 april 02	14.0128	11.0983	10.8586	10.9821

Keterangan : Data Primer (2002), hasil selama penelitian

Bahan organik merupakan kontributor utama nutrisi esensial bagi kesuburan perairan karena komposisinya. Untuk dapat bermanfaat, maka diperlukan degradasinya menjadi unsur anorganik tertentu. Untuk nitrogen, hasil degradasi dalam bentuk nitrat dan ammonium yang diperlukan (Haris, G.P., 1986); sedangkan fosfor diperlukan hanya dalam bentuk orthofosfat.

Sehingga memerlukan proses pemecahan. Sebaliknya hambatan terhadap pemecahannya akan mengakibatkan pengaruh negatif bagi biota air. Hal ini disebabkan terbentuk derivatif dan turunan pengaruhnya yang akan muncul, seperti amonia, nitrit atau hidrogen sulfida (Nagata dan Kirchman, 1993).

Berkenaan dengan kebutuhan lingkungan perairan terhadap masukan bahan organik, maka atas dasar kriteria BOD yang terukur sebagaimana dikemukakan oleh PKSPL (2002) dibatasi sampai dengan 25 mg/l. Berdasarkan hal tersebut, maka atas dasar media pemecahan yang telah diukur seperti pada Tabel di atas, menunjukkan bahwa diperlukan waktu untuk melakukan perombakan. Pada awal percobaan setiap media menerima beban limbah langsung dengan kadar yang hampir homogen pada tiap petak penelitian, yaitu berkisar antara 142.35-144,26 mg/l. Namun setelah beberapa saat mengalami perubahan.

Perubahan bahan organik dari masing-masing petak percobaan memperlihatkan profil menurun. Penurunan ini diperkirakan terjadi akibat dari degradasi yang dilakukan oleh mikroorganisme yang sebelumnya telah ditumbuhkan. Adanya fenomena perubahan tersebut, maka dimungkinkan penyediaan sarana lahan untuk degradasi bahan organik diperlukan untuk mengurangi resiko penyebaran polutan organik di kawasan pertambakan.

a. Amonia

Amonia merupakan salah satu konstituen dari kimia air laut (asin) sampai dengan tawar sebagaimana merupakan representasi di perairan tambak. Sebagai bagian dari unsur nitrogen maka keberadaannya sebagian besar dikontrol oleh reaksi-reaksi reduksi-oksidasi (redoks) yang lewat perantara fitoplankton dan bakteri. Akibatnya, nitrogen yang terdapat di air laut dan sedimen termasuk tambak banyak dalam keadaan oksidasi. Spesies nitrogen tersebut adalah : ion nitrat (NO_3^-), ion nitrit (NO_2^-), gas nitrous oxide (N_2O), gas nitric oxide (NO), gas nitrogen (N_2), gas ammonia (NH_3), ion ammonium (NH_4^+), dan organic amine (RNH_2) (Libes, 1996). Spesies anorganik, NO_3^- , NO_2^- , dan NH_4^+ , adalah biasa disebut nitrogen anorganik terlarut. Dan sejumlah kecil nitrous oxide, hydroxylamine, dan hyponitrite, serta senyawa nitrogen yang rumit ,memiliki oxidation states (Millero, 1996). Ion amonia terdapat dalam dua bentuk, tergantung dari pH. Dissosiasi pada NH_4^+ dikemukakan seperti : $\text{NH}_4^+ \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{NH}_3$, dan pH-nya = 9.5 pada 25°C di air laut. Pada pH = 8.1, 95 % pada total amonia adalah NH_4^+ dan 5 % adalah NH_3 .

Ammonia ini sebenarnya merupakan unsur yang disukai oleh phytoplankton khususnya dalam bentuk ammonium (NH_4^+) (Harris, G.P, 1986). Dalam bentuk ammonia bebas sendiri unsur ini sangat dihindari ketersediaannya di air oleh biota akuatik karena

sifat toksiknya. Oleh sebab itu keberadaannya pada kondisi alami akan dioksidasi menjadi nitrat yang tidak bersifat toksik. Proses ini akan dapat berlangsung apabila ditemukan ketersediaan oksigen yang mencukupi.

Di dalam bahan limbah maupun makanan yang tersisa, amonia sebagai hasil buangan kotoran udang dan hasil dekomposisi oleh bakteri. Menurut Wickins (1976), kadar amonia 0,02 – 0,05 mg/l sudah dapat menghambat pertumbuhan hewan-hewan akuatik pada umumnya, sedangkan pada kadar 0,45 mg/l dapat menghambat pertumbuhan udang 50%. Selanjutnya pada kadar 1,29 mg/l sudah mengakibatkan kematian pada udang.

Perubahan kadar amonia dari masing-masing petak percobaan memperlihatkan profil menurun. Penurunan ini diperkirakan terjadi akibat dari degradasi bahan organik yang dilakukan oleh mikroorganisme yang sebelumnya telah tumbuh. Adanya fenomena perubahan tersebut, maka dimungkinkan penyediaan sarana lahan untuk degradasi bahan organik diperlukan untuk mengurangi resiko penyebaran polutan amonia di kawasan pertambakan.

Hasil pengukuran ammonia (NH_3) selama penelitian berlangsung secara terinci diperlihatkan pada Tabel 8.

Tabel.8
Hasil Pengukuran Amonia (NH₃) pada
Berbagai Media Uji Selama Penelitian

No	Hari Ke	Tgl Sampling	Luas tambak obyek penelitian (m ²)			
			500	1000	1500	2000
1	0	10 april 02	2.3316	2.1573	2.3128	1.9287
2	0	10 april 02	2.0917	2.1254	2.4216	2.1277
3	0	10 april 02	2.3115	1.9887	2.0186	2.2107
4	3	13 april 02	2.2448	1.3213	0.8746	0.6671
5	3	13 april 02	1.8827	1.1092	0.9172	0.7196
6	3	13 april 02	2.0192	1.2187	0.7289	0.4876
7	6	16 april 02	1.2131	0.9821	0.5423	0.3872
8	6	16 april 02	1.2311	0.8102	0.3746	0.5104
9	6	16 april 02	1.0138	0.8825	0.6217	0.4329
10	9	19 april 02	0.8729	0.4211	0.4236	0.3198
11	9	19 april 02	0.7625	0.4287	0.4332	0.3253
12	9	19 april 02	0.9104	0.5108	0.3892	0.4321
13	12	22 april 02	0.7728	0.4233	0.2208	0.2108
14	12	22 april 02	0.6921	0.4551	0.1675	0.1867
15	12	22 april 02	0.6117	0.3928	0.2122	0.1529
16	15	25 april 02	0.4637	0.2104	0.1029	0.1265
17	15	25 april 02	0.5422	0.1987	0.2011	0.1452
18	15	25 april 02	0.5208	0.2073	0.1726	0.1125
19	18	28 april 02	0.2731	0.1107	0.0982	0.1092
20	18	28 april 02	0.3074	0.0927	0.1023	0.0938
21	18	28 april 02	0.2783	0.1422	0.8725	0.0822

Keterangan : Data Primer (2002), selama penelitian

b. Nitrit

Senyawa-senyawa nitrogen organik yang larut dalam air laut maupun yang berupa zarah dan yang berasal dari organisme yang mati atau merupakan hasil ekskresi tumbuhan maupun hewan laut cepat dirombak menjadi amonia. Proses perombakan ini adalah suatu proses bakterial oleh bakteri-bakteri proteolitik yang

tersebar luas baik secara horisontal maupun secara vertikal disemua perairan laut. Pada percobaan dekomposisi bakterial dalam laboratorium pada umumnya tampak proses yang bertahap. Mula pertama terbentuk amonia kemudian mengalami oksidasi menjadi nitrit. Nitrit kemudian dioksidasi menjadi nitrat. Proses bertahap ini mungkin diakibatkan perlu adanya spesies-spesies bakteri tertentu berperan khusus dalam satu tahap. Jadi bila amonia sudah terbentuk mungkin harus ditunggu dulu meningkatnya kelimpahan bakteri tertentu berperan dalam mengoksidasi amonia menjadi nitrat. Menjelang akhir percobaan secara simultan dihasilkan amonia, nitrit dan nitrat.

Di alam proses bertahap ini jarang sekali didapatkan. Di laut, terutama di lapisan-lapisan dekat dengan permukaan, pembentukan amonia, nitrit dan nitrat terjadi secara simultan karena kelimpahan berbagai jenis bakteri cukup. Dekomposisi bahan nitrogen terlarut maupun berupa zarah ini berlangsung cukup efisien sehingga tidak tampak terjadinya penumpukan senyawa-senyawa nitrogen organik yang berarti dalam perairan-perairan laut. Namun demikian ada senyawa-senyawa nitrogen organik yang bersifat resisten terhadap perombakan bakterial. Senyawa-senyawa ini akhirnya tenggelam ke dasar laut dan menjadi bagian dari humus laut (Libes, 1996).

Sebagaimana dikemukakan sebelum ini, amonia yang dihasilkan oleh dekomposisi bakterial berturut-turut dioksidasikan menjadi nitrit kemudian mengalami oksidasi menjadi nitrat. Proses-proses oksidasi inilah yang dinamakan nitrifikasi. Proses nitrifikasi ini dilakukan oleh bakteri-bakteri laut, seperti *Nitrosomonas* dan *Nitrobacter* (Riley dan Chester, 1971). Bakteri yang dapat mereduksi nitrat menjadi nitrit terdapat melimpah di perairan-perairan laut dan sedimen. Reduksi nitrat menjadi nitrit bukan saja dilakukan oleh bakteri tertentu. Banyak spesies fitoplankton laut mampu mereduksi nitrat menjadi nitrit bila dalam air laut terdapat nitrat dalam jumlah banyak. Spesies-spesies fitoplankton ini akan mereduksi nitrat berlebihan ini dan mengekskresikan hasil reduksi, yaitu nitrit, ke dalam air. Hal yang aneh ialah bahwa proses reduksi oleh fitoplankton ini meningkat dengan menurunnya intensitas cahaya (Riley dan Chester, 1971).

Dalam banyak kasus kehadiran nitrit ini sangat dihindari. Hal ini disebabkan karena sifatnya yang sangat toksik. Oleh sifat ini, maka bagi usaha pertambakan keberadaan yang diinginkan dalam kondisi nihil (PKSPL-IPB, 2002). Dalam penelitian ini hasil pengukuran nitrit adalah seperti pada tabel berikut.

Tabel 9.
Hasil Pengukuran Nitrit (mg/l) pada
Berbagai Media Uji Selama Penelitian

No	Hari Ke	Tgl Sampling	Luas tambak obyek penelitian (m2)			
			500	1000	1500	2000
1	0	10 april 02	0.6218	0.5674	0.7265	0.6259
2	0	10 april 02	0.6198	0.6514	0.6524	0.8726
3	0	10 april 02	0.7569	0.7012	0.6624	0.7265
4	3	13 april 02	0.4199	0.0172	0.0107	0.0054
5	3	13 april 02	0.2954	0.0144	0.0216	0.0154
6	3	13 april 02	0.3398	0.0158	0.0118	0.0008
7	6	16 april 02	0.1226	0.0128	0.0006	0.0007
8	6	16 april 02	0.1263	0.0105	0.0006	0.0012
9	6	16 april 02	0.0856	0.0115	0.0112	0.0042
10	9	19 april 02	0.0635	0.0055	0.0008	0.0107
11	9	19 april 02	0.0485	0.0056	0.0012	0.0008
12	9	19 april 02	0.0691	0.0066	0.0054	0.0006
13	12	22 april 02	0.0498	0	0	0
14	12	22 april 02	0.0399	0	0	0
15	12	22 april 02	0.0312	0	0	0
16	15	25 april 02	0.0179	0	0	0
17	15	25 april 02	0.0245	0	0	0
18	15	25 april 02	0.0226	0	0	0
19	18	28 april 02	0.0062	0	0	0
20	18	28 april 02	0.0079	0	0	0
21	18	28 april 02	0.0065	0	0	0

Keterangan : Data Primer (2002),

Berdasarkan hasil analisis tersebut, maka limbah tambak memerlukan waktu tertentu untuk menetralsir munculnya nitrit. Dalam hal ini nampak, bahwa mulai petak 1000 m2 sampai dengan 2000 m2 telah tereliminir hingga hari ke 12, sementara pada petak 500 m2 masih terindikasi terhambatnya proses nitrifikasi.

c. Oksigen terlarut

Kandungan oksigen terlarut (*disolved oxygen*) DO dalam perairan tambak sangat berpengaruh terhadap fisiologi udang. Kadar oksigen merupakan faktor lingkungan yang terpenting pada tambak udang. Apabila terjadi penurunan kandungan oksigen terlarut (DO) dalam air (merupakan variabel kualitas air pembatas utama dalam budidaya), akan mengakibatkan biota/kultivan stress dan mudah terserang penyakit dan memiliki pertumbuhan yang lambat, laju konsumsi pakan dan kelulusan kehidupan yang rendah (Boyd, 1982). Dalam perairan berkadar oksigen 1,0 mg/l udang akan berhenti makan, tidak menunjukkan perbedaan laju konsumsi pakan pada konsentrasi 1,5 mg/l, tidak tumbuh pada 1,0 -1,4 mg/l, memiliki pertumbuhan terbatas di bawah 5 mg/l dan normal pada konsentrasi di atas 5 mg/l. Dengan demikian DO harus dipertahankan di atas 2,0 mg/l (Yang, 1990 dan Law, 1988).

Tabel .10
Hasil Pengukuran Oksigen terlarut (mg/l) pada
Berbagai Media Uji Selama Penelitian

No	Hari Ke	Tgl Sampling	Luas tambak obyek penelitian (m2)			
			500	1000	1500	2000
1	0	10 april 02	4.6632	4.3146	4.6256	3.8574
2	0	10 april 02	4.1834	4.2508	4.6432	4.2554
3	0	10 april 02	4.6230	3.9774	4.0372	4.4214
4	3	13 april 02	4.0104	4.2283	4.0409	3.8960
5	3	13 april 02	3.5977	4.1658	4.2310	4.2980
6	3	13 april 02	3.9758	3.8979	3.5269	4.4656

No	Hari Ke	Tgl Sampling	Luas tambak obyek penelitian (m ²)			
			500	1000	1500	2000
7	6	16 april 02	3.4489	4.1437	4.5269	3.9349
8	6	16 april 02	3.0940	4.0825	4.7387	4.3409
9	6	16 april 02	3.4192	3.8199	3.9501	4.5103
10	9	19 april 02	2.9661	4.0609	4.2891	3.9743
11	9	19 april 02	2.6609	4.0008	4.4909	4.3843
12	9	19 april 02	2.9405	3.7435	3.7435	4.5554
13	12	22 april 02	2.5508	3.9796	4.8038	4.0140
14	12	22 april 02	2.2884	3.9208	5.0298	4.4282
15	12	22 april 02	2.5288	3.6686	4.1927	4.6009
16	15	25 april 02	2.1937	3.9001	3.6683	4.0542
17	15	25 april 02	1.9680	3.8424	4.9505	4.4725
18	15	25 april 02	2.1748	3.5953	4.6959	4.6469
19	18	28 april 02	1.8866	3.8221	3.9259	4.0947
20	18	28 april 02	1.6925	3.7655	4.2062	4.5172
21	18	28 april 02	1.8703	3.5233	4.3828	4.6934

Keterangan : Data Primer (2002),

4.2 PEMBAHASAN

Menurut Wetzel (1983) dan Anonimous (2000), komposisi materi organik baik *particulate* dan *dissolved* terdiri dari substansi *non-humic* dan *humic*. Substansi *non-humic* adalah berupa karbohidrat, protein, peptida, asam amino, lemak, *waxes*, resin, pigmen dan senyawa-senyawa lainnya. Senyawa ini adalah labil dan mudah terdegradasi oleh mikroorganismenya, akibatnya pemakaian dan laju fluksnya sangat cepat sehingga konsentrasinya rendah saat kondisi aerobik. Substansi *humic* adalah berwarna gelap dan kompleks *acidic* sebagai akibat aktivitas mikroba pada materi tanaman dan hewan. Komponen ini tahan untuk terdegradasi lebih

lanjut, sehingga akan tetap berada di dalam sistem perairan. Substansi *humic* dapat dibagi dalam tiga fungsi fraksi, yaitu asam *humic* yang mengendap dalam suasana asam, asam *fulvic* yang terlarut dalam asam dan basa, dan *humic* yang tidak larut dalam asam maupun basa. Warna *wetland* yang coklat terutama disebabkan oleh asam humus (baik koloid maupun terlarut), dan terlihat adanya hubungan yang dekat antara warna dan DOC.

Nasib dan tingkah laku materi organik dalam lingkungan perairan adalah sangat kompleks, *dissolved organic matter* (DOM) mengandung substansi yang berasal dari aktivitas biologi (misalnya polipeptida dan polisakarida) dan dari peristiwa geologi (misalnya substansi *humic*). Kebanyakan *biological* DOM dimetabolisme oleh bakteri heterotrof, sedangkan kebanyakan *geological* DOM bersifat resisten terhadap penghancuran oleh mikroba. Sejumlah fauna lainnya dapat menggunakan *biological* DOM, walaupun harus berkompetisi dengan bakteri dan proporsi yang dipakai tidak untuk kepentingan nutrisi (UKM, 2001). *Particulate organic matter* (POM) selain dimetabolisme oleh bakteri heterotrofik, dapat juga digunakan langsung oleh sejumlah besar invertebrata di estuaria baik yang di kolom air maupun di sedimen. POM dapat disuspensikan di kolom air atau diendapkan ke dalam sedimen, tergantung pada ukuran dan densitas partikel serta kecepatan arus.

Particulate organic matter (POM) juga dimetabolisme oleh bakteri heterotrofik dan dapat digunakan secara langsung oleh invertebrata di estuaria, baik di kolom air maupun di sedimen. POM dapat tersuspensi di kolom air atau terdeposit ke dalam sedimen, tergantung pada ukuran dan densitas partikel serta kecepatan arus. Karbon organik dapat diasimilasi ke dalam jaringan organisme laut, ditransformasi dari POM ke DOM, atau hilang ke atmosfer sebagai karbon dioksida melalui respirasi (UKM, 2001).

Menurut DeBusk (2002), kapasitas suatu lahan basah untuk pembuangan P adalah terbatas dibandingkan dengan kapasitasnya untuk membuang N. Tidak ada mekanisme kehilangan "permanen" untuk P di lahan basah yang analog dengan denitrifikasi, sehingga P cenderung untuk terakumulasi di lahan basah dibandingkan dengan N. Presipitasi mineral fosfat dapat bertindak sebagai suatu penghilangan P yang signifikan di lahan basah dengan besarnya penyimpanan atau masukan besi dan aluminium (lahan basah dengan pH rendah) atau kalsium (lahan basah dengan pH tinggi).

Proses produksi tambak merupakan suatu proses akumulasi dari kemampuan adaptasi biota terhadap perubahan lingkungannya yang diekspresikan dari kelangsungan hidup serta kemampuannya untuk memanfaatkan pakan bagi pertumbuhan. Untuk dapat lulus hidup dengan baik, maka diperlukan adanya perubahan faktor fisika kimia perairan yang sesuai bagi kehidupan kultivan. Demikian pula

untuk dapat tumbuh dengan baik, maka memerlukan kesesuaian jenis dan nutrisi pakan maupun kemampuan mencerna pakan.

Berkenaan dengan kedua aspek tersebut, perubahan faktor fisika kimia perairan seringkali menjadi faktor yang berpengaruh baik secara sendiri-sendiri maupun berpengaruh ganda. Maksudnya adalah bahwa suatu variabel fisika atau kimia air dapat menentukan adaptasi sendiri atau berpengaruh bersamaan dengan konsumsi pakan. Kajian dalam penelitian ini lebih diarahkan terhadap pengaruhnya pada kebutuhan hidup kultivan khususnya udang.

Sebagaimana diuraikan pada hasil penelitian, maka baik BOD₅ maupun NH₃-N mengalami penurunan. Penurunan pada BOD₅ untuk setiap petak percobaan bersifat linier. Model perubahan linier BOD₅ tersebut adalah :

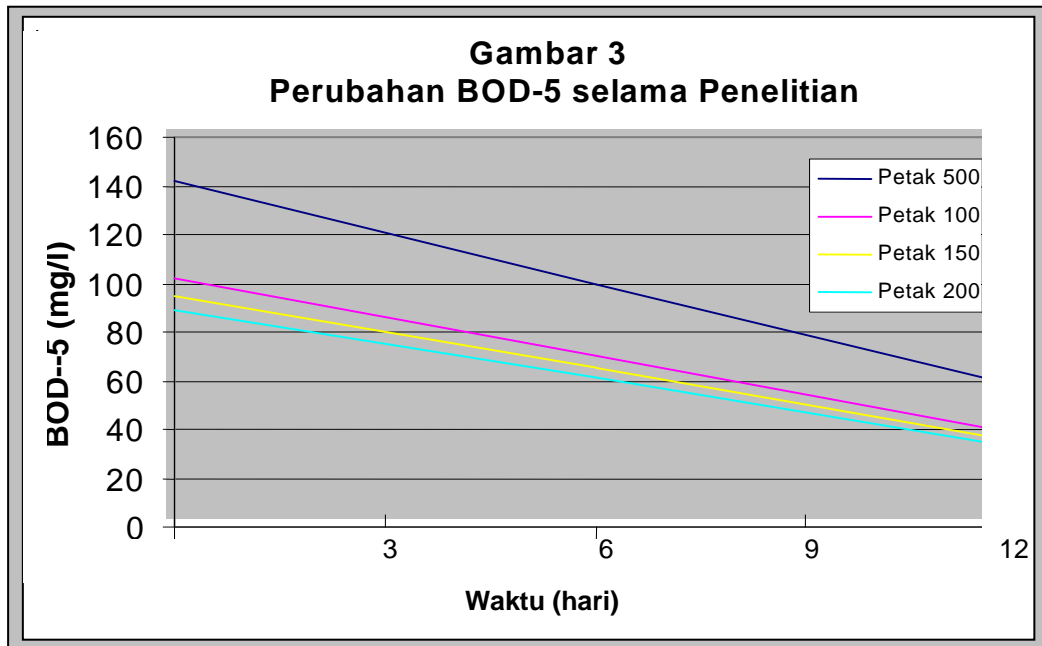
$$P-500 : \text{BOD}_5 = 141,6971 - 8.3689 t \quad (R^2 = 0.91)$$

$$P-1000 : \text{BOD}_5 = 101.6342 - 6.2945 t \quad (R^2 = 0.74)$$

$$P-1500 : \text{BOD}_5 = 94.8930 - 5.9834 t \quad (R^2 = 0.66)$$

$$P-2000 : \text{BOD}_5 = 89.1124 - 5.6264 t \quad (R^2 = 0.59)$$

Keempat model perubahan tersebut telah memenuhi persyaratan sebagai model perubahan suatu besaran peubah sebagaimana disajikan hasil analisis statistiknya pada Lampiran 1. Sedangkan untuk memperjelas model tersebut maka pola perubahan dapat dilihat pada Gambar 3.



Berdasarkan perubahan BOD₅ tersebut, nampak bahwa kecepatan perubahan BOD₅ berbeda satu sama lain. Ketidak homogenan ini akan berakibat terhadap perbedaan keefektifan perombakan bahan organik antar petak percobaan. Uji perbedaan regresi disajikan pada Lampiran 2

Tabel.11

Analisis ragam perbandingan regresi

SK	Db	XX	XY	YY	db	JKS	KT	Fhitung
Perlakuan	3	0	0	10197.95				
Galat	80	3024	-19862.6	180684.3	79	50220.59	635.7036	
Total	83	3024	-19862.6	190882.2	82	60418.53		
Perl. Terk					3	10197.95	3399.316	5.347328

Berdasarkan Tabel di atas maka nilai F hitung $>$ F tabel (3,79; 95%) yang menunjukkan keterangan bahwa keempat luasan petak mempunyai perbedaan degradasi. Ini berarti keefektifan dalam mendegradasi bahan organik berbeda. Berdasarkan gambar di atas, maka semakin luas tambak penampungan semakin cepat melakukan degradasi. Hasil kajian ini sesuai dengan pernyataan Nagata dan Kirchof (2000) bahwa degradasi bahan organik secara alami ditentukan oleh kerja mikrobiologi yang dituang oleh luas kawasan sebagai akibat dari keleluasaan faktor-faktor pendukung pekerjaan mikroba.

Dari keterangan di atas, maka dapat diperhitungkan secara linier perubahan gabungan diantara petak dan pencapaian waktu degradasi. Dari uji berganda sebagaimana disajikan pada Tabel uji (Tabel 12) diperoleh keterangan bahwa secara statistik model berganda perubahan BOD_5 terhadap luasan dan waktu dapat diterima permodelannya.

Tabel 12
Analisis varian uji perubahan BOD_5 secara berganda terhadap luasan petak dan waktu

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	2	138529.49	69264.744	107.16623	1.762E-23
Residual	81	52352.727	646.32996		
Total	83	190882.22			

Adapun model berganda perubahan BOD₅ baik terhadap keseluruhan luasan petak dan waktu pengamatan diperoleh sebagai berikut :

$$\text{BOD}_5 = 128 - 0.0175 X_1 - 6.5683 X_2 \quad (R^2 = 0.7257)$$

Keterangan :

Y = BOD₅

X1 = Luas petak (m²)

X2 = Waktu (hari)

Dari model berganda tersebut, maka terlihat bahwa bahan organik hasil buangan tambak akan menurun dengan luasan petak penampungan dan waktu penahanan air limbah. Semakin besar luasan petak penampungan maka kemampuan mendegradasi akan semakin efektif, demikian pula semakin lama tertampung akan semakin tinggi degradasi bahan organik tersebut. Ini sesuai dengan pendapat DeBusk (2002) bahwa dalam proses penampungan air limbah allochthonous di suatu perairan akan terjadi proses degradasi sesuai dengan kapasitasnya yang diekspresikan oleh kapasitas perairan dalam memelihara beberapa peubah seperti pH, oksigen, suhu serta volume air. Peranan volume air lebih banyak berperan sebagai faktor pengencer, artinya semakin banyak pengencer maka akan menurun kadar polutannya. Namun demikian, pada kasus dimana kadar adalah tetap, maka peran volume adalah dalam

mempertahankan lamanya faktor ini menahan beberapa peubah degradasi (Nagata dan Kirchoff, 2000).

Dari hasil uji berganda tersebut, maka dapat diperhitungkan berbagai kisaran bahan organik yang mungkin terjadi pada berbagai kadar serta kemampuan luasan petak untuk mendegradasi bahan organik tersebut sebagaimana diperlihatkan pada Tabel 13 di bawah ini.

Tabel 13
Waktu pulih (hari) pada berbagai volume tampung

No	Kadar BOD5 (mg/l)	Waktu pulih (hari) pada berbagai volume tampung (m ²)			
		500	1000	1500	2000
1	50	11	9	8	7
2	45	11	10	9	7
3	40	12	11	10	8
4	35	13	12	10	9
5	30	14	12	11	10
6	25	14	13	12	10

Berdasarkan tabel di atas, maka jelas bahwa efektifitas dari degradasi bahan organik sangat bergantung kepada luasan petak atau badan air penerima limbah serta waktu tinggal pada kondisi yang tertutup.

Hasil akhir yang diharapkan dari proses degradasi bahan organik adalah nitrat, suatu senyawa nitrogen yang proses regenerasinya berlangsung dalam kondisi yang bersifat ganda

dengan kebutuhan hidup kultivan. Proses regenerasi nitrat adalah proses bakterial di mana senyawa-senyawa organik yang mengandung nitrogen dirombak menjadi amonia yang kemudian dirubah menjadi nitrat. Bakteri laut terdiri dari bermacam kelas. Beberapa diantaranya memegang peran yang spesifik, misalnya mengoksidasi amonia menjadi nitrit. Bakteri laut terdapat hidup bebas melayang dalam air atau terapung di permukaan air atau melekat pada zarah-zarah organik maupun anorganik.

Spesies-spesies yang bersifat aerobik makan bahan-bahan organik yang larut atau yang terdapat sebagai suspensi dalam air. Kebutuhan akan energi didapatnya dengan mengoksidasi bahan-bahan organik. Selain mendapatkan energi bakteri aerobik lewat proses oksidasi ini juga menghasilkan CO_2 . Oksidasi dilaksanakan dengan menggunakan oksigen yang larut dalam air laut. Spesies-spesies yang hidup dalam perairan berkondisi anoksik mendapatkan perbekalan oksigen dari sumber lain, misalnya dari NO_3^- dan SO_4^- .

Pada umumnya proses respirasi bakteri melaju lebih cepat dari pada proses respirasi tumbuhan dan hewan laut. Karenanya bila kadar oksigen terlarut dalam air laut rendah, bakteri merupakan saingan berat bagi tumbuhan dan hewan laut dalam usaha mendapatkan oksigen. Bila bahan organik yang dimakan oleh bakteri mengandung lebih banyak nitrogen dan posfor yang diperlukannya

maka kelebihan nitrogen dan posfor diekskresi dalam bentuk nitrat dan ion posfor.

Bila dalam air laut dan juga tambak tidak didapatkan bahan-bahan organik terlarut atau berupa zarah, beberapa spesies bakteri laut dapat memanfaatkan senyawa-senyawa nitrogen dan posfor anorganik. Bakteri laut akan tetap sehat dan berkembang biak bila ada perbekalan bahan makanan yang banyak. Tetapi bila perbekalan ini tidak ada atau kondisi lingkungan menjadi buruk, bakteri akan mati dan cepat mengalami otolise yang membebaskan amonia dan posfor ke dalam perairan (Riley dan Chester, 1971).

Senyawa-senyawa nitrogen organik yang larut dalam air laut maupun yang berupa zarah dan yang berasal dari organisme yang mati atau merupakan hasil ekskresi tumbuhan maupun hewan cepat dirombak menjadi amonia. Proses perombakan ini adalah suatu proses bakterial oleh bakteri-bakteri proteolitik yang tersebar luas baik secara horisontal maupun secara vertikal disemua perairan. Pada proses dekomposisi bakterial dalam laboratorium pada umumnya tampak proses yang bertahap. Mula pertama terbentuk amonia kemudian mengalami oksidasi menjadi nitrit. Nitrit kemudian dioksidasi menjadi nitrat. Proses bertahap ini mungkin diakibatkan perlu adanya spesies-spesies bakteri tertentu berperan khusus dalam satu tahap. Jadi bila amonia sudah terbentuk mungkin harus ditunggu dulu meningkatnya kelimpahan bakteri tertentu berperan

dalam mengoksidasi amonia menjadi nitrat. Menjelang akhir percobaan secara simultan dihasilkan amonia, nitrit dan nitrat.

Di alam proses bertahap ini jarang sekali didapatkan. Di laut, terutama di lapisan-lapisan dekat dengan permukaan, pembentukan amonia, nitrit dan nitrat terjadi secara simultan karena kelimpahan berbagai jenis bakteri cukup. Dekomposisi bahan nitrogen terlarut maupun berupa zarah ini berlangsung cukup efisien sehingga tidak tampak terjadinya penumpukan senyawa-senyawa nitrogen organik yang berarti dalam perairan laut. Namun demikian ada senyawa-senyawa nitrogen organik yang bersifat resisten terhadap perombakan bakterial. Senyawa-senyawa ini akhirnya tenggelam ke dasar dan menjadi bagian dari humus perairan (Libes, 1996).

Sebagaimana dikemukakan sebelum ini, amonia yang dihasilkan oleh dekomposisi bakterial berturut-turut dioksidasikan menjadi nitrit kemudian mengalami oksidasi menjadi nitrat. Proses-proses oksidasi inilah yang dinamakan nitrifikasi. Proses nitrifikasi ini dilakukan oleh bakteri-bakteri laut, seperti *Nitrosomonas* dan *Nitrobacter* (Riley dan Chester, 1971). Bakteri yang dapat mereduksi nitrat menjadi nitrit terdapat melimpah di perairan-perairan laut dan sedimen. Reduksi nitrat menjadi nitrit bukan saja dilakukan oleh bakteri tertentu. Banyak spesies fitoplankton laut mampu mereduksi nitrat menjadi nitrit bila dalam air laut terdapat nitrat dalam jumlah banyak. Spesies-spesies fitoplankton ini akan mereduksi nitrat

berlebihan ini dan mengekskresikan hasil reduksi , yaitu nitrit, ke dalam air. Hal yang aneh ialah bahwa proses reduksi oleh fitoplankton ini meningkat dengan menurunnya intensitas cahaya (Riley dan Chester, 1971).

Denitrifikasi adalah proses bakterial di mana nitrat atau nitrit direduksi menjadi nitrogen molekular atau NO_2 . Bakteri-bakteri seperti beberapa *Pseudomonas* Spp yang mampu mereduksi nitrat menjadi nitrogen molekular didapatkan dalam air laut dan sedimen laut. Bakteri-bakteri ini bila ada di perairan yang anoksik, atau hampir anoksik, akan menggunakan nitrat sebagai akseptor elektron sebagai pengganti oksigen yang tidak terdapat diperairan (Riley dan chester, 1971).

Penurunan pada $\text{NH}_3\text{-N}$ untuk setiap petak percobaan bersifat linier.

Model perubahan linier $\text{NH}_3\text{-N}$ tersebut adalah :

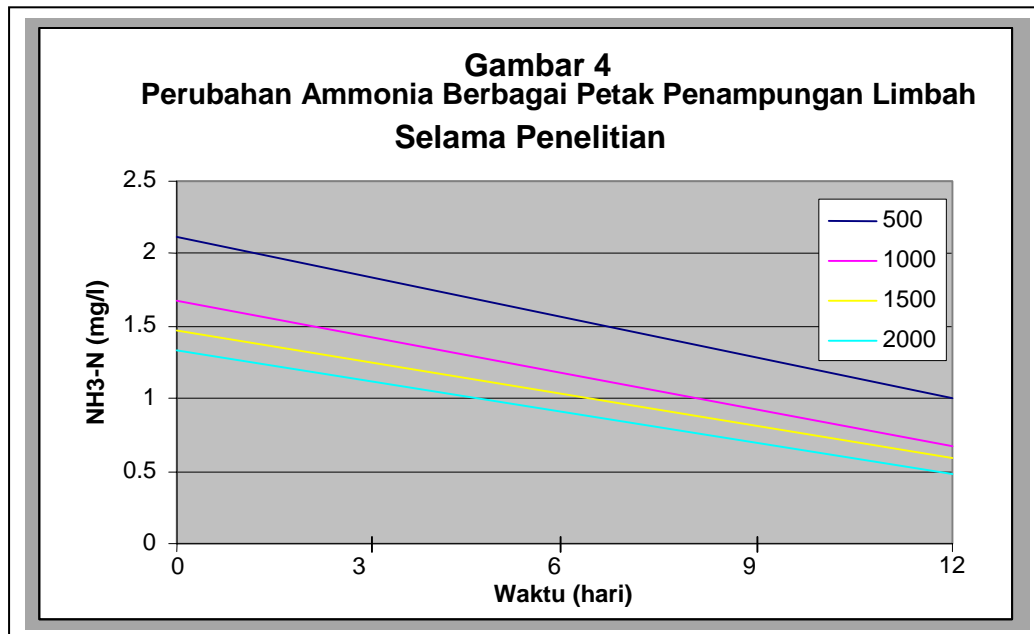
$$\text{P-500} \quad : \quad \text{NH}_3\text{-N} = 2.1207 - 0.1121 X \quad (\text{R}^2 = 0.90)$$

$$\text{P-1000} \quad : \quad \text{NH}_3\text{-N} = 1.6728 - 0.1002 X \quad (\text{R}^2 = 0.86)$$

$$\text{P-1500} \quad : \quad \text{NH}_3\text{-N} = 1.4647 - 0.0876 X \quad (\text{R}^2 = 0.57)$$

$$\text{P-2000} \quad : \quad \text{NH}_3\text{-N} = 1.3356 - 0.0813 X \quad (\text{R}^2 = 0.63)$$

Keempat model perubahan tersebut telah memenuhi persyaratan sebagai model perubahan suatu besaran peubah sebagaimana disajikan hasil analisis statistiknya pada Lampiran 3. Sedangkan untuk memperjelas model tersebut maka pola perubahan dapat dilihat pada Gambar 4.



Berdasarkan perubahan $\text{NH}_3\text{-N}$ tersebut, maka nampak bahwa kecepatan perubahan $\text{NH}_3\text{-N}$ berbeda satu sama lain. Ketidak homogenan ini akan berakibat terhadap perbedaan keefektifan perombakan bahan organik antar petak percobaan. Uji perbedaan regresi disajikan pada Tabel 14 (Lampiran 5),

Tabel.14

Analisis ragam perbandingan regresi

SK	db	XX	XY	YY	db	JKS	KT	Fhitung
Perlakuan	3	0	0	3.550436				
Galat	80	3024	-291.805	38.40729	79	10.24919	0.129737	
Total	83	3024	-291.805	41.95772	82	13.79962		
Perl. Terk					3	3.550436	1.183479	9.122169

F-tabel (3,79) 5% = 2,16 1% = 4,09

Berdasarkan Tabel di atas maka nilai F hitung $>$ F tabel (3,79; 95%) yang menunjukkan keterangan bahwa keempat luasan petak mempunyai perbedaan degradasi. Ini berarti keefektifan dalam mendegradasi bahan organik berbeda. Berdasarkan gambaran di atas, maka semakin luas tambak penampungan semakin cepat melakukan degradasi. Hasil kajian ini sesuai dengan pernyataan Nagata dan Kirchof (2000) bahwa degradasi bahan organik secara alami ditentukan oleh kerja mikrobiologi yang dituang oleh luas kawasan sebagai akibat dari keleluasaan faktor-faktor pendukung pekerjaan mikroba.

Dari keterangan di atas, maka dapat diperhitungkan secara linier perubahan gabungan diantara petak dan pencapaian waktu degradasi. Dari uji berganda sebagaimana disajikan pada Tabel uji (Tabel 14) diperoleh keterangan bahwa secara statistik model berganda perubahan $\text{NH}_3\text{-N}$ terhadap luasan dan waktu dapat diterima permodelannya.

Tabel 15
Analisis varian uji perubahan BOD secara berganda
terhadap luasan petak dan waktu

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	2	31.367832	15.683916	119.96319	6.084E-25
Residual	81	10.589892	0.1307394		
Total	83	41.957724			

Adapun model berganda perubahan NH₃-N baik terhadap keseluruhan luasan petak dan waktu pengamatan diperoleh sebagai berikut :

$$\text{NH}_3\text{-N} = 2.0855 - 0.00035 X_1 - 0.0965 X_2 \quad (R^2 = 0.75)$$

Keterangan :

X₁ = Luas petak (m²)

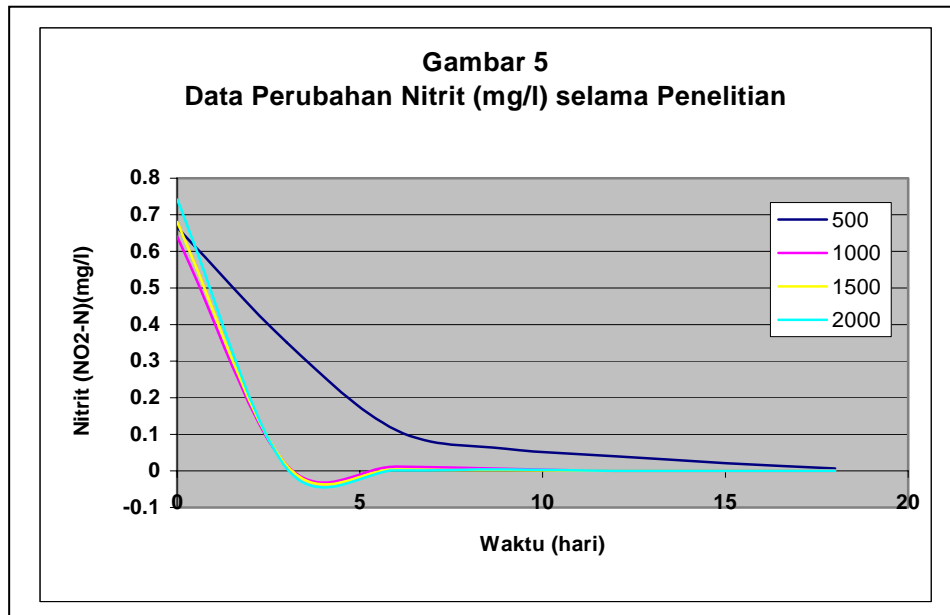
X₂ = Waktu (hari)

Dari model berganda tersebut, maka terlihat bahwa amonia hasil degradasi bahan organik hasil buangan tambak akan menurun dengan luasan petak penampungan dan waktu penahanan air limbah. Semakin besar luasan petak penampungan, maka kemampuan mendegradasi akan semakin efektif, demikian pula semakin lama tertampung akan semakin tinggi degradasi bahan organik tersebut. Ini sesuai dengan pendapat DeBusk (2002), bahwa dalam proses penampungan air limbah allochtonous di suatu perairan akan terjadi proses degradasi sesuai dengan kapasitasnya yang diekspresikan oleh kapsitas perairan dalam memelihara beberapa peubah seperti pH, oksigen, suhu serta volume air. Peranan volume air lebih banyak berperan sebagai faktor pengencer, artinya semakin banyak pengencer, maka akan menurun kadar polutannya. Namun demikian, pada kasus dimana kadar adalah tetap, maka peran volume adalah dalam mempertahankan lamanya

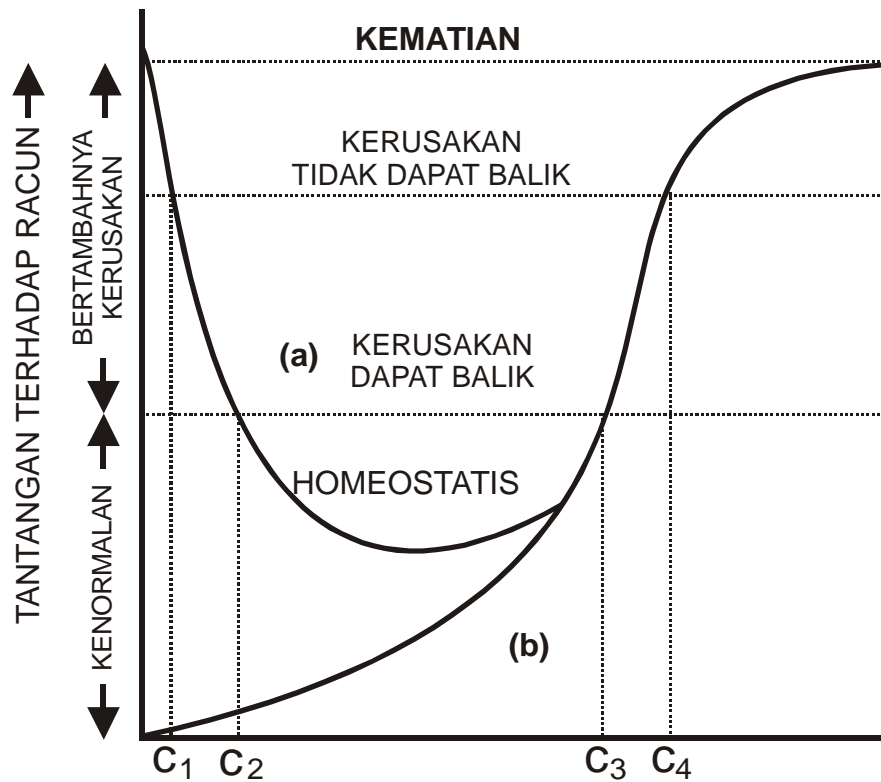
faktor ini menahan beberapa peubah pendegradasi (Nagata dan Kirchoff, 2000).

Dari hasil uji berganda tersebut, maka dapat diperhitungkan kadar ammonia sesuai baku mutu kehidupan kultivan khususnya udang windu pada 0.025 mg/l sebagai berikut 19,5 hari pada petak 500 m²; 18 hari pada petak 1000 m², 16 hari pada petak 1500 m² dan 14 hari pada petak 2000 m². Berdasarkan tabel di atas, maka jelas bahwa efektifitas dari degradasi bahan organik menjadi ammonia sangat bergantung kepada luasan petak atau badan air penerima limbah serta waktu tinggal pada kondisi yang tertutup.

Selanjutnya apabila pola-pola perubahan bahan organik dan amonia diperbandingkan antar luasan tambak yang dicobakan, maka dapat dinyatakan bahwa semakin luas petakan tambak, maka semakin baik proses degradasinya. Dari hasil penelitian ini kiranya dapat dinyatakan, bahwa meskipun pada tambak di atas 1000 m² ada kecenderungan yang lebih baik dalam degradasi bahan organik, namun bila mengacu terhadap keluaran nitrit, maka pada petak 1000 m² sudah cukup representatif untuk diaplikasikan dalam budidaya. Ini dapat dilihat dari hasil perolehan nitrit sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 5



Hal ini dalam waktu yang sama tidak ditemukan kadar nitrit. Menurut Connel dan Miller (1995) tidak adanya nitrit dalam suatu media yang diperkaya oleh bahan organik mencirikan telah cukup sempurnanya proses nitrifikasi. Hasil akhir nitrat dapat membangun struktur biologi pada suatu lingkungan perairan yang bersifat non toksik. Secara menarik proses ini oleh Connel dan Miller (1995) diperlihatkan pada gambar di bawah ini.



Gambar Perubahan Adaptasi Biota

Sumber : Connell dan Miller (1995)

Berdasarkan ilustrasi tersebut diatas, maka secara hipotesis dapat dijelaskan sebagai berikut : Kegagalan budidaya udang saat ini menggerakkan kepada suatu kondisi kerusakan yang tidak dapat balik, sehingga menyebabkan kematian kultivan. Respon ini sebagai cerminan, bahwa terdapat indikasi pengelolaan yang tidak baik pada lingkungan budidaya udang di Desa Api-api..

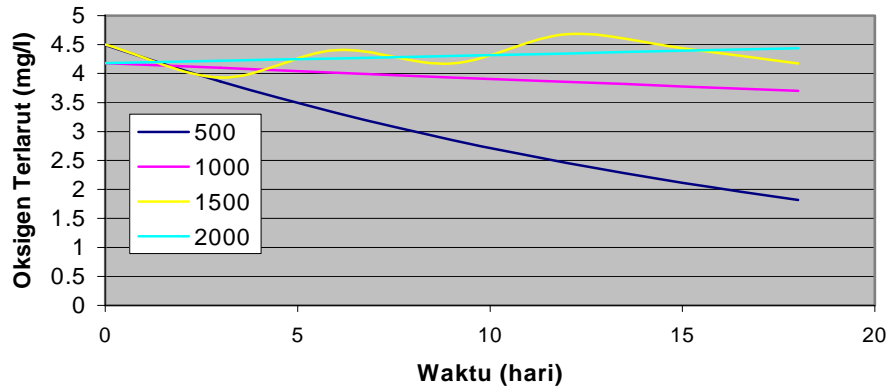
Dengan model pengelolaan kualitas air dalam mengatur masa tenggang (waktu tinggal) air dalam tambak, maka kondisi tersebut dapat berubah pada wilayah kondisi kerusakan yang dapat balik atau

pulih (lihat gambar 2). Hal ini dibuktikan dengan menurunnya kadar toksik amonia dari 2,3 mg/l menjadi 0,4 mg/l dan kadar nitrit dari 0,6 mg/l menjadi 0 mg/l pada hari ke dua belas, serta oksigen mulai stabil pada hari ke sembilan dan ke dua belas

Kondisi ini menunjukkan dengan perbaikan manajemen kualitas air dapat mengembalikan kemampuan potensi faali biota untuk merespon fenomena eksternal. Kondisi ini merupakan suatu jembatan sifat aksi dan reaksi biota atau yang disebut kekuatan *Homeostasi*. Dari sini akan memunculkan suatu keadaan, bahwa pada kondisi kekuatan faali biota sudah dapat diatasi oleh biota, maka yang terjadi adalah *survival*. (Lagrega et al , 1995).

Berdasarkan hal tersebut nampak jelas bahwa degradasi bahan organik yang berasal dari limbah memerlukan kompensasi terhadap keberadaan unsur lain, khususnya oksigen. Oksigen ini dipergunakan sebagai bahan oksidan biogenik untuk mendegradasi limbah tersebut. Keefektifan petak 1000 m² ditunjang oleh tingkat kestabilan kadar oksigennya dengan petak 1500 m² dan 2000 m², yang sangat berbeda dengan petak 500 m². Dalam hal ini selain perairan mampu mempertahankan kadar yang cukup baik bagi kultivan, juga cukup untuk mendukung kerja dari bakteri. Profil perubahan oksigen ini diperlihatkan pada Gambar 7

Gambar 6
Perubahan Oksigen Terlarut Selama Penelitian



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian sebagaimana telah diuraikan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Bahan organik dan amonia mengalami proses degradasi secara linier baik pada petak 500 m², 1000 m², 1500 m² dan 2000 m². , sedangkan untuk proses degradasi nitrit pada luasan petak 1000 m² cukup efektif dan representatif untuk diaplikasikan dalam perombakan bahan organik hasil limbah budidaya tambak.
2. Kecepatan degradasi bahan organik bergantung kepada luas dan waktu tinggalnya dalam petak pertambakan, semakin besar luasan petak penampungan, maka kemampuan mendegradasi bahan organik akan semakin efektif, demikian pula semakin lama tertampung akan semakin tinggi degradasi bahan organik tersebut.

5.2. SARAN

1. Teknologi budidaya perlu ditentukan untuk meminimalisir pengaruh limbah selama masa produksi.
2. Model manajemen kualitas air dapat dikembangkan sebagai berikut:

- Penggantian air petakan tambak tidak harus dilakukan setiap hari, dapat ditampung selama 7 – 12 hari.
- Luasan petak tambak 1000 m², dan 1500 m² cukup efektif dalam mendegradasi limbah organik dalam petakan.
- Untuk meminimalisir bahan organik dalam air, digunakan pakan ramah lingkungan.

BAB VI

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad. T. and Mangampa, M., 2000. The use of mangrove stands for bioremediation in a closed shrimp culture system. In: Hardjito, L. (Ed.). International Symposium on Marine Biotechnology. Center for Coastal and Marine Resources Studies, IPB, Jakarta, Indonesia, p.: 112-120.
- Alsted, N.S., 1991. Studies on the reduction of discharges from fish farms by modification of the diet. In: Cowey, C.B. and Cho, C.Y. (Eds.). Nutritional Strategies & Aquaculture Waste. Fish Nutr. Res. Lab., Dept. of Nutr. Sci., Univ. of Guelph, Guelph, Ontario, pp.: 77-89.
- Alava, V.R. and Pascual, F.P., 1987. Carbohydrate requirements of *P. monodon* Fabricius juveniles. *Aquaculture*, 61: 211-217
- Ariawan, I Kade dan Leksono, Puspiton Dwi Cipto, 1997. Laporan Survey Dan Pembinaan Daerah Pertambakan Udang Jawa Tengah. Balai Budidaya Air Payau Jepara. Direktorat Jendral Perikanan. Departemen Pertanian.
- Asean National Coord. Agency of the Philippines. 1978. Manual on pond culture of penaeid shrimp.
- Bailey-Brock, J.H. and Moss, S.M., 1992. Penaeid taxonomy, biology and zoogeography. In: Fast, A.W. and Lester, L.J. (Eds.). Marine Shrimp Culture: Principles and Practices, pp.: 9-28.
- Banos, N., Baro, J., Castejon, C., Navarro, I., and Gutierrez, J., 1998. Influence of high-carbohydrate enriched diets on plasma insulin levels and insulin and IGF-I receptors in trout. *Regulatory Peptides*, 77: 55-62.
- Bardach, J.E., Ryther, J.H. and Mc Larney, W.O., 1972. *Aquaculture The Farming and Husbandry of Freshwater and Marine Organisms*. John Wiley and Son. New York, Duxbury, Brisbane, Toronto. P.587-632.
- Barg, U.C., 1992. Guidelines for the promotion of environmental management of coastal aquaculture development. FAO Fisheries Technical Paper 328, FAO, Rome. 122p.
- Boyd, 1982, *Water Quality Management for Pond Fish Culture*. Development in Aquaculture and Fisheries Science. Vol 9. Elsevier. Amsterdam.

- , 1979. Water Quality in Warmwater Fish Ponds. Agricultural Experiment Station. Auburn. Alabama . USA. 359 P.
- , 1990. Water quality in ponds for aquaculture. Alabama Agricultural Experimental Station, Auburn University, Alabama, 482 p.
- , L. Massaut, and L.J. Weddig, 1998. Towards reducing environmental impacts of pond aquaculture. INFOFISH International 2/98, p:27-33
- , 1999. Management of shrimp ponds to reduce the eutrophication potential of effluents. The Advocate, December, 1999 p:12-14.
- , 2000. Case studies of world shrimp farming. Global Aquaculture Alliance, The Advocate, Vol. 3, Issue 2, April 2000, p:11-12.
- Brauge, C., Medale, F. and Corraze, G., 1994. Effect of dietary carbohydrate levels on growth, body composition and glycaemia in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, reared in seawater. Aquaculture, 123: 109-120.
- Brett, J.R., 1979. Environmental factor and growth. In.: Hoar, W.S., Randall, D.J. and Brett, J.R. (Eds.). Fish Physiology. Vol. VIII. Bioenergetics
- Campbell, P.N. and Smith, A.D., 1982. Biochemistry illustrated. Churchill Livingstone, New York, 225 p.
- Chamberlain, GW, 1988. Coastal Aquaculture Vol. V No.2 Nop 1988. Texas Agricultural Texas A & M Research and Extension Center.
- Chen, 1979. Fewer Problems, More Profit For Taiwan Shrimp Growers Australia. June P.4
- Chen, T.T., 2000. Aquaculture biotechnology and fish disease. In: Hardjito, L. (Ed.). International Symposium on Marine Biotechnology. Center for Coastal and Marine Resources Studies, IPB, Jakarta, Indonesia, p.: 3-8.
- Chien, Y.-H., 1992. Water quality requirements and manajement for marine shrimp culture. In: Wyban J. (Ed.). Proceedings of the special session on shrimp farming. World Aquaculture Society, Baton Rouge, L.A., U.S.A., p.: 144-156.
- Cholik, F. (1997) Prospek Pengembangan Usaha Perikanan. Seminar Agribisnis Pembangunan Pertanian Menyongsong Era Globalisasi. Bogor
- Clara dan Suhardjo, 1988. Prinsip-prinsip ilmu gizi. Pusat Antar Universitas-IPB, LSI, Bogor

- Colt and Armstrong, 1976. Nitrogen Toxicity to Crustaceans, Fish and Molluses. Bio Engineering Symposium of Fish Culture.
- Connel, D.W. and G.J. Miller. 1995. Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran. Alih Bahasa oleh Y. Kastoer. UI Press. Jakarta.
- Cruz-Suarez, L.E., Ricque, M.D., Pinal-Mansilla, J.D. and Wesche-Ebelling, P., 1994. Effect of different carbohydrate sources on the growth of *P. vannamei*. Economical impact. *Aquaculture*, 123: 349-360
- Dall, W. and Smith, D.M., 1986. Oxygen consumption and ammonia-N excretion in fed and starved tiger prawns *Penaeus esculentus* Haswell. *Aquaculture*, 55:23-33.
- DeBusk, W. F. 2002. Phosphorous cycling in wetlands. <http://edis.ifas.ufl.edu>. Dikunjungi tanggal 7 April 2003.
- Deshimaru, O. and Shigeno, K., 1972. Introduction to the artificial diet for prawn, *Penaeus indicus*. *Aquaculture*, 1: 115-133.
- Fast, A.W., 1992. Penaeid growthout systems: An Overview. *In*: Fast, A.W. and Lester, L.J. (Eds.). *Marine Shrimp Culture: Principles and Practices*, pp.: 345-354.
- Flegel.T.W, Siriporn.S , Chainarong.W , Vichai B., Sakol.P and Boonsim, W, 1997. Progress in Characterization and control of Yellow Head Virus of *Penaeus monodon*. *In Shrimp Biotechnology in Thailand Biotec Publication*. 2/2540 : 71 – 79.
- Goldman, C.R. dan A.J. Horne, 1983. Fish stock Assessment : A manual of basic methods. *Limnology*. McGraw-Hill International Book Company, Tokyo, 464p.
- Harris, E., 2000. Shrimp culture health management (SCHM) manajemen operasional tambak udang untuk pencapaian target PROTEKAN 2003. Makalah disampaikan pada Sarasehan Akuakultur Nasional 2000, IPB Bogor, 5-6 Oktober 2000. 10hal.
- Hastings, W.H. and Higgs, D., 1980. Feed milling processes. *In*: ADCP. *Fish Feed Technology*, UNDP, FAO-UN, pp.: 293-314
- Heath, A.G., 1987. Water pollution and fish physiology. CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida, 245 p.
- Hoar, W.S., 1984. General comparative physiology. Prentice Hall of India, New Delhi.
- Horowitz, A. and S. Horowitz, 2000. Microorganisms and feed management in aquaculture. *Global Aquaculture Alliance, The Advocate*, Vol. 3, Issue 2, April 2000, p:33-34.

- <http://wlapwww.gov.bc.ca,2000>. Ambient water quality criteria for organic carbon in British Columbia. Dikunjungi 17 Januari 2003
- Hutabarat, J, 1989. Budidaya Udang di Tambak dan Permasalahannya. makalah yang dibawakan dalam temu teknis pengusaha tambak intensif seluruh Jawa Timur Surabaya 6-8 Agustus 1989.
- , 1983. Kaidah Budidaya Akuatik : Makalah Seminar Nasional Perikanan Jurusan Perikanan UNDIP. Hotel Graha Santika Semarang.
- Kaushik, S.J. and Cowey, C.B., 1991. Dietary factors affecting nitrogen excretion by fish. In: Cowey, C.B. and Cho, C.Y. (Eds.). Nutritional Strategies & Aquaculture Waste. Fish Nutr. Res. Lab., Dept. of Nutr. Sci., Univ. of Guelph, Guelph, Ontario, pp.: 3-19
- Kibria, G., D. Nugegoda, P.Lam, and R. Fairclough, 1996. Aspects of phosphorus pollution from aquaculture. Naga, The ICLARM Quarterly, July 1996.p:20-24.
- Kokarkin, C. dan Kontara, E.K., 2000. Pemeliharaan udang windu yang berwawasan lingkungan. Sarasehan Akuakultur Nasional, Bogor
- Lagrega,MD, PL Buckingham, J.C Even, 1994. Hazartus Waste Management. Mac. Graw Hill Inc.
- Law, A.T., 1988. Water quality requiremens for *Penaeus monodon* culture. In: Proceeding of the Seminar on Marine Prawn Farming in Malaysia. Malaysia Fisheries Society, Malaysia, p.: 53-65
- Liao, I.C. dan Murai, T., 1986. Effects of dissolved oxygen, temperatur, and salinity on the oxygen consumption of grass shrimp, *Penaeus monodion*. In: Maclean, J.L., Dizon, L.B. and Hosillos, L.V. (Eds.): The First Asian Forum. Asian Fisheries Society, Manila, Philipinnes, p.: 641-646.
- Libes, S.M. 1992. An Introduction to marine biogeochemistry. John Wiley and Sons. Inc. New York.
- Liu, CK, 1989 Parwn Culture in Taiwan, What , Went, Wrong 8 September 1993 World Aquaculture Val.20 (2).
- Mackenzie, D.S., Van Putte, C.M. and Leiner, K.A., 1998. Nutrient regulation of endocrine function in fish. *Aquacultre*, 161: 3-25.
- Millero, F.J. 1996. *Chemical Oceanography 2nd*. Ed. CRC Press, New York.
- Montoya, R. and M. Velasco, 2000. Role of bacteria on nutritional and management strategies in aquaculture systems. *Global Aquaculture Alliance, The Advocate*, Vol. 3, Issue 2, April 2000, p:35-38.

- Nagata, T. and Kirchman, D.L. 1992. Release of dissolved free and combined amino acids by bacterivorous marine flagellates. *Limnol. Oceanogr.* 36:433-443.
- Nagata, T. and Kirchman, D.L. 1993. Release of dissolved organic matter by heterotrophic protozoa : Implications for microbial food webs. *Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol.* 35:99-109.
- Nagata, T. and Kirchman, D.L. 2000. Release of macromolecular organic complexes by heterotrophic marine flagellates. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 83:233-240.
- Pankow, J.F. 1991. *Aquatic chemistry concept.* Lewis publishing. Michigan
- Pascual, P.F., Coloso, R.M. and Tamse, C.T., 1983. Survival and some histological changes in *Penaeus monodon* Fabricius juveniles feed various carbohydrate. *Aquaculture*, 31: 169-180.
- Phillips, M.J., R. Clarke, and A. Mowat, 1993. Phosphorous leaching from Atlantic Salmon diets, *Aquacultural Engineering* 12 (1993):47-54 180.
- PKSPL-IPB, (2002). *Laporan Kajian Kelayakan Pembangunan Kawasan Pesisir Propinsi Gorontalo.* DKP. Jakarta
- Prayitno, 1994. *Penyakit pada Budidaya Udang di Tambak.* Jurusan Perikanan Fak. Peternakan - UNDIP.
- Primavera, J.H., 1994. Broodstock of sugpo (*Penaeus monodon* Fab.). *Aquaculture Extension Manual No. 7.* 4th ed.
- Purnomo, A., 1988. *Pembuatan tambak udang di Indonesia.* Deptan, Badan Litbang Pertanian, Balai Penelitian Perikanan Budidaya Pantai, Maros. 30 hal.
- Riley, J.P. and R.Chester. 1971. *Introduction to marine chemistry.* Academic Press. London, New York.Sverdrup *et.al.*,(1942).
- Rosas, C., Cuzon, G., Gaxiola, G., Arena, L., Lemaire, P., Soyez, C. And VanWormhoudt, A., 2000. Influence of dietary carbohydrate on the metabolism of juvenile *Litopenaeus stylirostris*. *J. Exp. Mar. Biol. and Eco.*, (249): 181-198
- Rukyani, A., 2000. *Masalah penyakit udang dan harapan solusinya.* Makalah disampaikan pada Sarasehan Akuakultur Nasional 2000, IPB Bogor, 5-6 Oktober 2000. 7 hal.
- Schuster, 1960. *Synopsis of Biological Data milk Fish (Chanos-chanos Forsk) FAO Fish No.4.*

- Shiau, S.Y. and Peng, C.Y., 1992. Utilization of different carbohydrate at different protein levels in grass prawn *Penaeus monodon*, reared in seawater. *Aquaculture*, 101: 241-250.
- Siddiqui, A.Q. and A.H. Al-Harbi, 1999. Nutrient budgets in tanks with different stocking densities of hybrid tilapia. *Aquaculture* 170(1999):245-252.
- Sediaoetomo, A.D., 1991. Ilmu gizi. Dian Rakyat, Jakarta.
- Soley, N., A. Neiland and D. Nowell, 1994. An economic approach to pollution control in aquaculture. *Marine Pollution Bulletin*, Vol.28(3):170-
- Steel, R.G.D and JH. Torrie 1981. Principle and Procedure of Statistics and Biometrical Approach. MC Grow Hill Book Company Inc. New York.
- Stumm, W. and J.J. Morgan. 1981. Aquatic chemistry : an introduction emphasizing chemical equilibria in natural waters. John Wiley and Sons Ltd. New York.
- Swingle, 1968. Standardisation of Chemical Analysis For water and Pond Muds FAO Word Symposium on Warm Water Pond Fish Culture Roma Holy Washington DC.
- Tan (1985). Kimia Tanah. UI Press. Jakarta
- Tjahjadi, M.R., Angka, S.L. and Suwanto, A., 1994. Isolation and evaluation of marine bacteria for biocontrol of luminous bacterial disease in tiger shrimp larvae (*Penaeus monodon* Fab.). *Asia Pacific Journal of Molecular Biology and Biotechnology*, 2(4): 347-352.
- UKM. 2001. Non-toxic substance profile: organic carbon. www.ukmarinesac.org.uk. Dikunjungi tanggal 8 Januari 2003.
- Yang, C.H., 1990. Effect of some environmental factors on the growt of the chinese shrimp, *Penaeus chinensis*. In: K.L. Main and W. Fulk (Eds): The culture of cold-toleran shrimp. Proceeding of an Asian-US Workshop on Shrimp Culture. The Oceanic Inteitut, Honolulu, p.:92-101
- Yanti Koestoer & Sahati, 1995. Kimia dan Ekotosikologi Pencemaran. Penerbit Universitas Indonesia. UI. Press (terjemahan).
- .Wetzel, R. G . 1983. Lymnology. Academic Press, USA.

mpiran 1

Uji Keabsahan model perubahan BOD5 pada berbagai petak percobaan

Hasil Pengukuran BOD pada Berbagai Media Uji Selama Penelitian

No	Hari Ke	Tgl Sampling	Luas tambak obyek penelitian (m2)			
			500	1000	1500	2000
1	0	10 april 02	144.2612	142.3107	144.1286	144.1356
2	0	10 april 02	143.3298	143.0982	142.7826	142.3521
3	0	10 april 02	143.2107	142.8726	143.0927	143.1289
4	3	13 april 02	143.9973	66.2046	53.6604	43.3007
5	3	13 april 02	137.8793	67.1206	54.2565	44.6135
6	3	13 april 02	135.9394	64.9385	56.0729	46.1066
7	6	16 april 02	86.9455	43.4056	33.0132	27.1468
8	6	16 april 02	80.3798	41.2615	29.4746	24.2378
9	6	16 april 02	82.9663	42.4792	31.7837	26.1348
10	9	19 april 02	49.7648	24.9071	20.0598	16.4946
11	9	19 april 02	49.7648	24.7443	20.8641	17.1559
12	9	19 april 02	49.6903	21.3682	23.3259	19.1802
13	12	22 april 02	20.9082	17.1892	15.4321	13.2304
14	12	22 april 02	17.7920	16.8136	13.0911	16.2136
15	12	22 april 02	23.1888	18.1109	16.1872	14.4612
16	15	25 april 02	14.9344	11.5076	10.1982	12.1675
17	15	25 april 02	12.7086	11.2502	12.8701	11.0897
18	15	25 april 02	16.5634	10.5402	11.1872	14.3376
19	18	28 april 02	13.2146	11.1178	8.2262	11.2818
20	18	28 april 02	12.4566	12.3129	11.3217	10.2273
21	18	28 april 02	14.0128	11.0983	10.8586	10.9821

Analisis Regresi untuk menguji keabsahan model pada masing-masing petak

Petak 500 m2

SUMMARY OUTPUT

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0.9524461
R Square	0.9071535
Adjusted R Square	0.9022668
Standard Error	16.888745
Observations	21

ANOVA

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	1	52949.706	52949.706	185.63882	2.949E-11
Residual	19	5419.3643	285.2297		
Total	20	58369.07			

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>
Intercept	141.69713	6.6439967	21.327092	9.874E-15	127.79108	155.60318
X Variable 1	-8.3689482	0.6142377	-13.624934	2.949E-11	-9.6545629	-7.0833335

BOD5 = 141,6971 – 8.3689 t

Petak 1000 m2

SUMMARY OUTPUT

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0.8599062
R Square	0.7394387
Adjusted R Square	0.725725
Standard Error	23.569547
Observations	21

ANOVA

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	1	29953.555	29953.555	53.919508	5.841E-07
Residual	19	10554.947	555.52352		
Total	20	40508.502			

101.6342 - 6.2945 t

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>
Intercept	101.63419	9.27221	10.961161	1.177E-09	82.227222	121.04115
X Variable 1	-6.2945298	0.8572161	-7.3429904	5.841E-07	-8.0887043	-4.5003552

Petak 1500 m2**SUMMARY
OUTPUT**

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0.8128899
R Square	0.66079
Adjusted R Square	0.6429368
Standard Error	27.041839
Observations	21

BOD5 = 94.8930 - 5.9834 t

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	1	27065.796	27065.796	37.012494	7.519E-06
Residual	19	13893.96	731.26108		
Total	20	40959.757			

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>
Intercept	94.893039	10.638203	8.9200255	3.208E-08	72.627018	117.15906
X Variable 1	-5.9834202	0.9835022	-6.0837894	7.519E-06	-8.0419146	-3.9249259

Petak 2000 m2**SUMMARY
OUTPUT**

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0.7654354
R Square	0.5858914
Adjusted R Square	0.5640962
Standard Error	29.837339
Observations	21

89.1124 - 5.6264 t

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	1	23931.87	23931.87	26.881684	5.271E-05
Residual	19	16915.069	890.26678		
Total	20	40846.939			

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>
Intercept	89.112405	11.737946	7.5918225	3.616E-07	64.544593	113.68022
X Variable 1	-5.6263587	1.0851735	-5.1847549	5.271E-05	-7.8976537	-3.3550638

Lampiran 2.**Uji perbedaan regresi perubahan BOD antar luasan petak**

No	Waktu Hari ke	Luas Petak (m)			
		500	1000	1500	2000
1	0	144.2612	142.3107	144.1286	144.1356
2	0	143.3298	143.0982	142.7826	142.3521
3	0	143.2107	142.8726	143.0927	143.1289
4	3	143.9973	66.2046	53.6604	43.3007
5	3	137.8793	67.1206	54.2565	44.6135
6	3	135.9394	64.9385	56.0729	46.1066
7	6	86.9455	43.4056	33.0132	27.1468
8	6	80.3798	41.2615	29.4746	24.2378
9	6	82.9663	42.4792	31.7837	26.1348
10	9	49.7648	24.9071	20.0598	16.4946
11	9	49.7648	24.7443	20.8641	17.1559
12	9	49.6903	21.3682	23.3259	19.1802
13	12	20.9082	17.1892	15.4321	13.2304
14	12	17.7920	16.8136	13.0911	16.2136
15	12	23.1888	18.1109	16.1872	14.4612
16	15	14.9344	11.5076	10.1982	12.1675
17	15	12.7086	11.2502	12.8701	11.0897
18	15	16.5634	10.5402	11.1872	14.3376
19	18	13.2146	11.1178	8.2262	11.2818
20	18	12.4566	12.3129	11.3217	10.2273
21	18	14.0128	11.0983	10.8586	10.9821

Perhitungan Jumlah kuadrat total

X	Y	Xi-Xr	Yi-Yr	XX	XY	YY
0	144.2612	-9	96.54184	81	-868.877	9320.326
0	143.3298	-9	95.61044	81	-860.494	9141.356
0	143.2107	-9	95.49134	81	-859.422	9118.596
3	143.9973	-6	96.27794	36	-577.668	9269.441
3	137.8793	-6	90.15994	36	-540.96	8128.814
3	135.9394	-6	88.22004	36	-529.32	7782.775
6	86.9455	-3	39.22614	9	-117.678	1538.69
6	80.3798	-3	32.66044	9	-97.9813	1066.704
6	82.9663	-3	35.24694	9	-105.741	1242.347
9	49.7648	0	2.045437	0	0	4.183814
9	49.7648	0	2.045437	0	0	4.183814
9	49.6903	0	1.970937	0	0	3.884594
12	20.9082	3	-26.8112	9	-80.4336	718.8406
12	17.7920	3	-29.9273	9	-89.782	895.6446
12	23.1888	3	-24.5306	9	-73.5918	601.7505
15	14.9344	6	-32.785	36	-196.71	1074.854
15	12.7086	6	-35.0108	36	-210.065	1225.753
15	16.5634	6	-31.156	36	-186.936	970.694
18	13.2146	9	-34.5048	81	-310.543	1190.579
18	12.4566	9	-35.2628	81	-317.365	1243.462
18	14.0128	9	-33.7066	81	-303.359	1136.132
0	142.3107	-9	94.59134	81	-851.322	8947.521
0	143.0982	-9	95.37884	81	-858.41	9097.123
0	142.8726	-9	95.15324	81	-856.379	9054.139
3	66.2046	-6	18.48524	36	-110.911	341.704
3	67.1206	-6	19.40124	36	-116.407	376.408
3	64.9385	-6	17.21914	36	-103.315	296.4987
6	43.4056	-3	-4.31376	9	12.94129	18.60855
6	41.2615	-3	-6.45786	9	19.37359	41.70399
6	42.4792	-3	-5.24016	9	15.72049	27.4593
9	24.9071	0	-22.8123	0	0	520.3993
9	24.7443	0	-22.9751	0	0	527.8535
9	21.3682	0	-26.3512	0	0	694.3838
12	17.1892	3	-30.5302	9	-91.5905	932.0908
12	16.8136	3	-30.9058	9	-92.7173	955.1662
12	18.1109	3	-29.6085	9	-88.8254	876.6611
15	11.5076	6	-36.2118	36	-217.271	1311.292

15	11.2502	6	-36.4692	36	-218.815	1330
15	10.5402	6	-37.1792	36	-223.075	1382.29
18	11.1178	9	-36.6016	81	-329.414	1339.674
18	12.3129	9	-35.4065	81	-318.658	1253.618
18	11.0983	9	-36.6211	81	-329.59	1341.102
0	144.1286	-9	96.40924	81	-867.683	9294.741
0	142.7826	-9	95.06324	81	-855.569	9037.019
0	143.0927	-9	95.37334	81	-858.36	9096.073
3	53.6604	-6	5.941037	36	-35.6462	35.29593
3	54.2565	-6	6.537137	36	-39.2228	42.73417
3	56.0729	-6	8.353537	36	-50.1212	69.78159
6	33.0132	-3	-14.7062	9	44.11849	216.2712
6	29.4746	-3	-18.2448	9	54.73429	332.8714
6	31.7837	-3	-15.9357	9	47.80699	253.9453
9	20.0598	0	-27.6596	0	0	765.0514
9	20.8641	0	-26.8553	0	0	721.2051
9	23.3259	0	-24.3935	0	0	595.041
12	15.4321	3	-32.2873	9	-96.8618	1042.467
12	13.0911	3	-34.6283	9	-103.885	1199.117
12	16.1872	3	-31.5322	9	-94.5965	994.2773
15	10.1982	6	-37.5212	36	-225.127	1407.838
15	12.8701	6	-34.8493	36	-209.096	1214.471
15	11.1872	6	-36.5322	36	-219.193	1334.599
18	8.2262	9	-39.4932	81	-355.438	1559.71
18	11.3217	9	-36.3977	81	-327.579	1324.79
18	10.8586	9	-36.8608	81	-331.747	1358.716
0	144.1356	-9	96.41624	81	-867.746	9296.091
0	142.3521	-9	94.63274	81	-851.695	8955.355
0	143.1289	-9	95.40954	81	-858.686	9102.98
3	43.3007	-6	-4.41866	36	26.51198	19.52458
3	44.6135	-6	-3.10586	36	18.63518	9.646383
3	46.1066	-6	-1.61276	36	9.676576	2.601003
6	27.1468	-3	-20.5726	9	61.71769	423.2303
6	24.2378	-3	-23.4816	9	70.44469	551.3838
6	26.1348	-3	-21.5846	9	64.75369	465.8933
9	16.4946	0	-31.2248	0	0	974.9858
9	17.1559	0	-30.5635	0	0	934.1252
9	19.1802	0	-28.5392	0	0	814.4838
12	13.2304	3	-34.489	9	-103.467	1189.489
12	16.2136	3	-31.5058	9	-94.5173	992.6131
12	14.4612	3	-33.2582	9	-99.7745	1106.105

15	12.1675	6	-35.5519	36	-213.311	1263.935
15	11.0897	6	-36.6297	36	-219.778	1341.732
15	14.3376	6	-33.3818	36	-200.291	1114.342
18	11.2818	9	-36.4376	81	-327.938	1327.696
18	10.2273	9	-37.4921	81	-337.429	1405.655
18	10.9821	9	-36.7373	81	-330.635	1349.626
9	47.71936			3024	-19862.6	190882.2

Perhitungan jumlah kuadrat perlakuan

Xi	Yi	Xi-Xr	Yi-Yr	XX	XY	YY
189	1393.909	0	391.8019	0	0	153508.8
189	944.6518	0	-57.4548	0	0	3301.056
189	861.8874	0	-140.219	0	0	19661.43
189	807.9787	0	-194.128	0	0	37685.65
189	1002.107	0	0	0	0	0
				0	0	214156.9
JK YY perlakuan = YY/21						10197.95

Anakova

SK	db	XX	XY	YY	db	JKS	KT	Fhitung
Perlakuan	3	0	0	10197.95				
Galat	80	3024	-19862.6	180684.3	79	50220.59	635.7036	
Total	83	3024	-19862.6	190882.2	82	60418.53		
Perl. Terk					3	10197.95	3399.316	5.347328

F tabel (3,79) > F hitung (5,35)

5% = 2,16

1% = 4,09

Jadi regresi berbeda sangat nyata F hit > F tabel 95%

Lampiran 3.

Uji perbedaan regresi perubahan Ammonia (NH₃-N) antar luasan petak

Waktu	Luas Petakan (m)			
	500	1000	1500	2000
0	2.3316	2.1573	2.3128	1.9287
0	2.0917	2.1254	2.4216	2.1277
0	2.3115	1.9887	2.0186	2.2107
3	2.2448	1.3213	0.8746	0.6671
3	1.8827	1.1092	0.9172	0.7196
3	2.0192	1.2187	0.7289	0.4876
6	1.2131	0.9821	0.5423	0.3872
6	1.2311	0.8102	0.3746	0.5104
6	1.0138	0.8825	0.6217	0.4329
9	0.8729	0.4211	0.4236	0.3198
9	0.7625	0.4287	0.4332	0.3253
9	0.9104	0.5108	0.3892	0.4321
12	0.7728	0.4233	0.2208	0.2108
12	0.6921	0.4551	0.1675	0.1867
12	0.6117	0.3928	0.2122	0.1529
15	0.4637	0.2104	0.1029	0.1265
15	0.5422	0.1987	0.2011	0.1452
15	0.5208	0.2073	0.1726	0.1125
18	0.2731	0.1107	0.0982	0.1092
18	0.3074	0.0927	0.1023	0.0938
18	0.2783	0.1422	0.8725	0.0822

Perhitungan Jumlah kuadrat total

X	Y	Xi-Xr	Yi-Yr	XX	XY	YY
0	2.3316	-9	1.551673	81	-13.9651	2.407688
0	2.0917	-9	1.311773	81	-11.806	1.720747
0	2.3115	-9	1.531573	81	-13.7842	2.345715
3	2.2448	-6	1.464873	36	-8.78924	2.145852
3	1.8827	-6	1.102773	36	-6.61664	1.216107
3	2.0192	-6	1.239273	36	-7.43564	1.535797
6	1.2131	-3	0.433173	9	-1.29952	0.187639
6	1.2311	-3	0.451173	9	-1.35352	0.203557
6	1.0138	-3	0.233873	9	-0.70162	0.054696
9	0.8729	0	0.092973	0	0	0.008644
9	0.7625	0	-0.01743	0	0	0.000304
9	0.9104	0	0.130473	0	0	0.017023
12	0.7728	3	-0.00713	9	-0.02138	5.08E-05

12	0.6921	3	-0.08783	9	-0.26348	0.007714
12	0.6117	3	-0.16823	9	-0.50468	0.0283
15	0.4637	6	-0.31623	36	-1.89736	0.1
15	0.5422	6	-0.23773	36	-1.42636	0.056514
15	0.5208	6	-0.25913	36	-1.55476	0.067147
18	0.2731	9	-0.50683	81	-4.56145	0.256874
18	0.3074	9	-0.47253	81	-4.25275	0.223282
18	0.2783	9	-0.50163	81	-4.51465	0.25163
0	2.1573	-9	1.377373	81	-12.3964	1.897155
0	2.1254	-9	1.345473	81	-12.1093	1.810297
0	1.9887	-9	1.208773	81	-10.879	1.461131
3	1.3213	-6	0.541373	36	-3.24824	0.293084
3	1.1092	-6	0.329273	36	-1.97564	0.10842
3	1.2187	-6	0.438773	36	-2.63264	0.192521
6	0.9821	-3	0.202173	9	-0.60652	0.040874
6	0.8102	-3	0.030273	9	-0.09082	0.000916
6	0.8825	-3	0.102573	9	-0.30772	0.010521
9	0.4211	0	-0.35883	0	0	0.128757
9	0.4287	0	-0.35123	0	0	0.123361
9	0.5108	0	-0.26913	0	0	0.07243
12	0.4233	3	-0.35663	9	-1.06988	0.127183
12	0.4551	3	-0.32483	9	-0.97448	0.105513
12	0.3928	3	-0.38713	9	-1.16138	0.149868
15	0.2104	6	-0.56953	36	-3.41716	0.324361
15	0.1987	6	-0.58123	36	-3.48736	0.337825
15	0.2073	6	-0.57263	36	-3.43576	0.327902
18	0.1107	9	-0.66923	81	-6.02305	0.447865
18	0.0927	9	-0.68723	81	-6.18505	0.472281
18	0.1422	9	-0.63773	81	-5.73955	0.406696
0	2.3128	-9	1.532873	81	-13.7959	2.349698
0	2.4216	-9	1.641673	81	-14.7751	2.695089
0	2.0186	-9	1.238673	81	-11.1481	1.53431
3	0.8746	-6	0.094673	36	-0.56804	0.008963
3	0.9172	-6	0.137273	36	-0.82364	0.018844
3	0.7289	-6	-0.05103	36	0.306164	0.002604
6	0.5423	-3	-0.23763	9	0.712882	0.056467
6	0.3746	-3	-0.40533	9	1.215982	0.16429
6	0.6217	-3	-0.15823	9	0.474682	0.025036
9	0.4236	0	-0.35633	0	0	0.126969
9	0.4332	0	-0.34673	0	0	0.12022
9	0.3892	0	-0.39073	0	0	0.152668
12	0.2208	3	-0.55913	9	-1.67738	0.312623
12	0.1675	3	-0.61243	9	-1.83728	0.375067
12	0.2122	3	-0.56773	9	-1.70318	0.322314

15	0.1029	6	-0.67703	36	-4.06216	0.458366
15	0.2011	6	-0.57883	36	-3.47296	0.335041
15	0.1726	6	-0.60733	36	-3.64396	0.368847
18	0.0982	9	-0.68173	81	-6.13555	0.464752
18	0.1023	9	-0.67763	81	-6.09865	0.459179
18	0.8725	9	0.092573	81	0.833154	0.00857
0	1.9287	-9	1.148773	81	-10.339	1.319679
0	2.1277	-9	1.347773	81	-12.13	1.816491
0	2.2107	-9	1.430773	81	-12.877	2.04711
3	0.6671	-6	-0.11283	36	0.676964	0.01273
3	0.7196	-6	-0.06033	36	0.361964	0.003639
3	0.4876	-6	-0.29233	36	1.753964	0.085455
6	0.3872	-3	-0.39273	9	1.178182	0.154235
6	0.5104	-3	-0.26953	9	0.808582	0.072645
6	0.4329	-3	-0.34703	9	1.041082	0.120428
9	0.3198	0	-0.46013	0	0	0.211717
9	0.3253	0	-0.45463	0	0	0.206686
9	0.4321	0	-0.34783	0	0	0.120984
12	0.2108	3	-0.56913	9	-1.70738	0.323906
12	0.1867	3	-0.59323	9	-1.77968	0.351919
12	0.1529	3	-0.62703	9	-1.88108	0.393163
15	0.1265	6	-0.65343	36	-3.92056	0.426967
15	0.1452	6	-0.63473	36	-3.80836	0.402879
15	0.1125	6	-0.66743	36	-4.00456	0.445459
18	0.1092	9	-0.67073	81	-6.03655	0.449875
18	0.0938	9	-0.68613	81	-6.17515	0.470771
18	0.0822	9	-0.69773	81	-6.27955	0.486823
9	0.7799274			3024	-291.805	41.95772

Perhitungan jumlah kuadrat perlakuan

Xi	Yi	Xi-Xr	Yi-Yr	XX	XY	YY
189	23.3474	0	6.968925	0	0	48.56592
189	16.1892	0	-0.18928	0	0	0.035825
189	14.2084	0	-2.17008	0	0	4.709226
189	11.7689	0	-4.60958	0	0	21.24818
189	16.37848	0	0	0	0	0
				0	0	74.55915
				0	0	3.550436

Anova

SK	db	XX	XY	YY	db	JKS	KT	Fhitung
----	----	----	----	----	----	-----	----	---------

Perlakuan	3	0	0	3.550436				
Galat	80	3024	-291.805	38.40729	79	10.24919	0.129737	
Total	83	3024	-291.805	41.95772	82	13.79962		
Perl. Terk					3	3.550436	1.183479	9.122169

F_{tabel} (3,79)

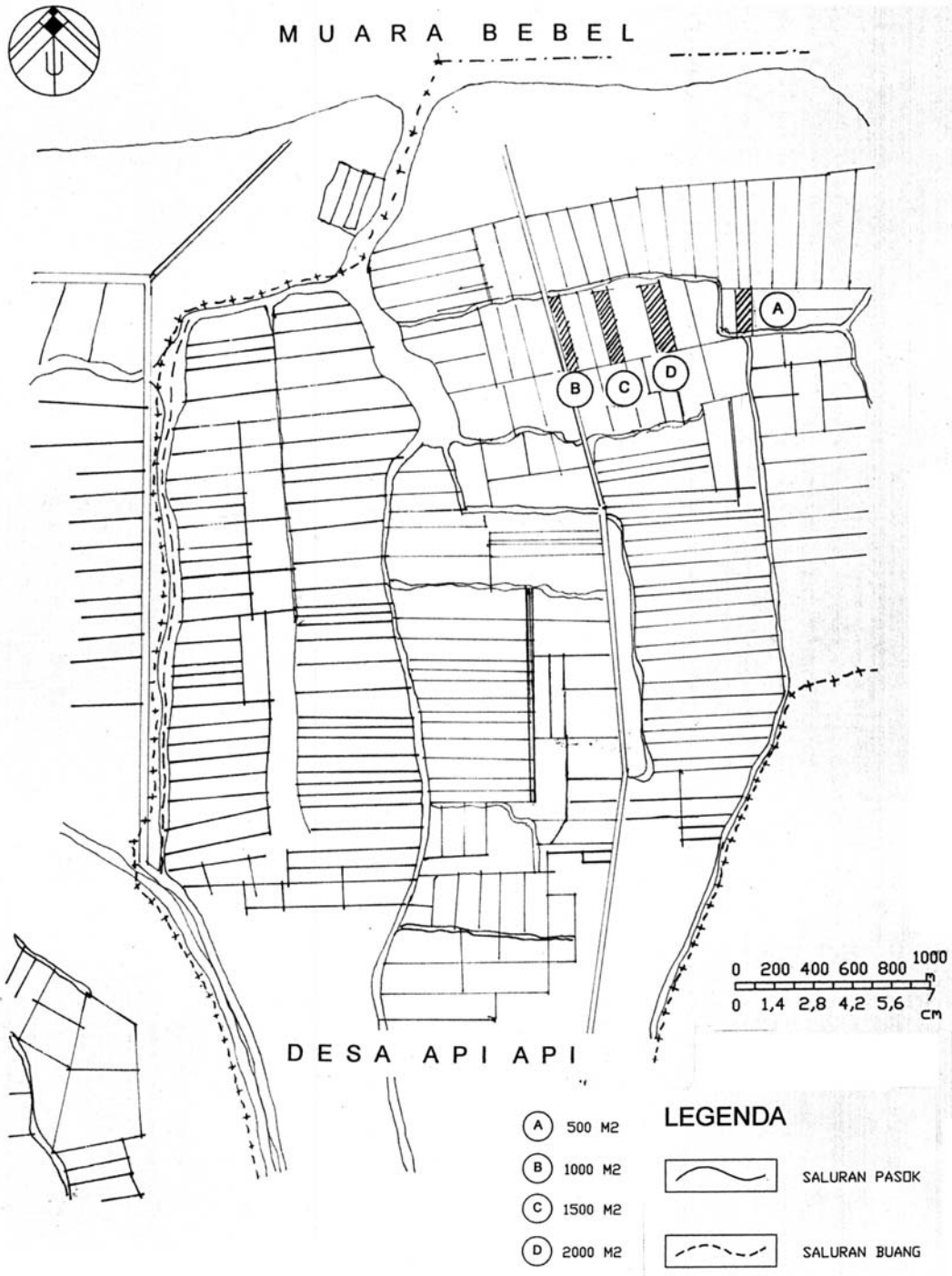
5% = 2,16

1% = 4,09

Jadi regresi berbeda sangat nyata $F_{hit} > F_{tabel}$ 95%

L A U T J A W A

M U A R A B E B E L



Gambar: Peta Desa Api-api