

**HUBUNGAN ANTARA KANDUNGAN NUTRIEN DALAM AIR DAN PLANKTON
TERHADAP PERTUMBUHAN UDANG VANAME (*Litopenaeus vannamei*)
DI TAMBAK INTENSIF PT. SURYA WINDU KARTIKA KABUPATEN
BANYUWANGI JAWA TIMUR**

**LAPORAN SKRIPSI
PROGRAM STUDI MANAJEMEN SUMBER DAYA PERAIRAN
JURUSAN MANAJEMEN SUMBER DAYA PERAIRAN**

Oleh:

**ENDRIANO MANALU
NIM. 115080100111045**



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2015**

**HUBUNGAN ANTARA KANDUNGAN NUTRIEN DALAM AIR DAN PLANKTON
TERHADAP PERTUMBUHAN UDANG VANAME (*Litopenaeus vannamei*)
DI TAMBAK INTENSIF PT. SURYA WINDU KARTIKA KABUPATEN
BANYUWANGI JAWA TIMUR**

**LAPORAN SKRIPSI
PROGRAM STUDI MANAJEMEN SUMBER DAYA PERAIRAN
JURUSAN MANAJEMEN SUMBER DAYA PERAIRAN**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Meraih Gelar Sarjana Perikanan
di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan
Universitas Brawijaya**

Oleh:

**ENDRIANO MANALU
NIM. 115080100111045**



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2015**

LAPORAN SKRIPSI

HUBUNGAN ANTARA KANDUNGAN NUTRIEN DALAM AIR DAN PLANKTON TERHADAP PERTUMBUHAN UDANG VANAME (*Litopenaeus vannamei*) DI TAMBAK INTENSIF PT. SURYA WINDU KARTIKA KABUPATEN BANYUWANGI JAWA TIMUR

Oleh:

ENDRIANO MANALU

NIM. 115080100111045

Telah dipertahankan di depan penguji
Pada tanggal 16 Oktober 2015
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat
Tanggal :

Menyetujui,

Dosen Penguji I

(Prof. Dr. Ir. Diana Arfiati, MS)

NIP. 19591230 198503 2 002

Tanggal:

Dosen Penguji II

(Dr. Ir. Muhammad Musa, MS)

NIP. 19570507 198602 1 002

Tanggal:

Dosen Pembimbing I

(Ir. Kusriani, MP)

NIP. 19560417 198403 2 001

Tanggal:

Dosen Pembimbing II

(Ir. Putut Widjanarko, MP)

NIP. 19540101 198303 1 006

Tanggal:

Mengetahui,
Ketua Jurusan MSP

(Dr. Ir. Arning Wilujeng Ekawati, MS)

NIP. 19620805 198603 2 001

Tanggal:

PERNYATAAN ORISINALITAS

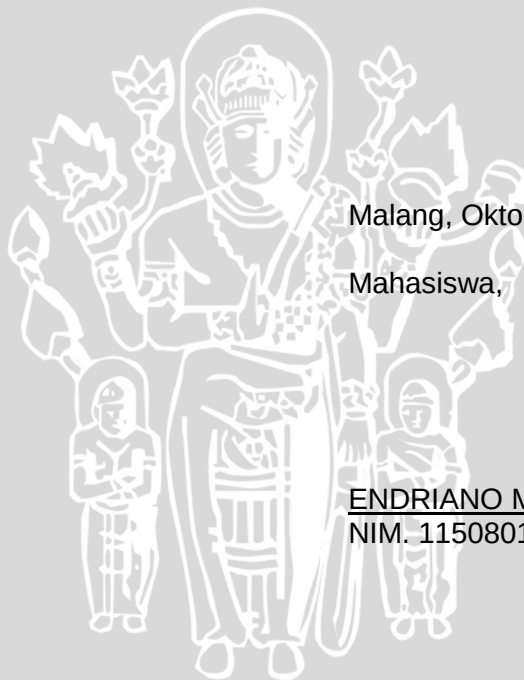
Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam Skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang tertulis dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar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

Apabila kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan Skripsi ini hasil penjiplakan (plagiasi), maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut, sesuai hukum yang berlaku di Indonesia.

Malang, Oktober 2015

Mahasiswa,

ENDRIANO MANALU
NIM. 115080100111045



RINGKASAN

Endriano Manalu. Hubungan antara Kandungan Nutrien dalam Air dan Plankton terhadap Pertumbuhan Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*) di Tambak Intensif PT. Surya Windu Kartika Kabupaten Banyuwangi Jawa Timur (Di bawah bimbingan **Ir. Kusriani, MP** dan **Ir. Putut Widjanarko, MP**)

Sumber makanan bagi udang salah satunya adalah pakan alami. Pakan alami yang tersedia akan dimanfaatkan sebagai sumber energi untuk aktivitas, metabolisme maupun pertumbuhan udang. Namun untuk menunjang tersedianya pakan alami ini tergantung pada kandungan nutrisi diperairan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis hubungan antara kandungan nutrisi dalam air dan plankton terhadap pertumbuhan udang vaname (*Litopenaeus vannamei*). Penelitian ini dilakukan pada bulan April – Mei 2015 di Tambak Intensif PT. Surya Windu Kartika Kabupaten Banyuwangi, Jawa Timur.

Metode yang digunakan adalah metode deskriptif observasi dengan teknik pengambilan data, meliputi data primer dan data sekunder. Pengumpulan data yang dilakukan dengan wawancara, partisipasi aktif, dan studi pustaka. Uji yang dilakukan adalah uji analisis jalur/lintas (*Pathway Analysis*).

Hasil dari analisis jalur/lintas pengaruh fosfat (X_1) dan nitrat (X_2) terhadap kelimpahan fitoplankton (X_3) pada petak A3;A5 didapatkan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,99%, nilai $t_{hitung} > t_{tabel} = 3,182$ dan persamaan struktural kedua petak masing-masing yaitu $X_3 = 0,418X_1 + 0,585X_2 + \varepsilon$ dan $X_3 = 0,524X_1 + 0,493X_2 + \varepsilon$ sehingga hubungan variabel X_1 , X_2 terhadap X_3 adalah berkorelasi kuat dan berperan nyata. Pengaruh kelimpahan fitoplankton (X_3) terhadap zooplankton (X_4) didapatkan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,79%, nilai $t_{hitung} > t_{tabel} 2,776$ dan persamaan struktural petak A3;A5 yaitu $X_4 = 0,893X_3 + \varepsilon$ dan $X_4 = 0,894X_3 + \varepsilon$, dengan demikian hubungan variabel X_3 terhadap X_4 adalah berkorelasi kuat dan berperan nyata. Untuk hubungan fitoplankton (X_3) dan zooplankton (X_4) terhadap pertumbuhan udang (Y) pada petak A3;A5 didapatkan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,94%, nilai t_{hitung} petak A3;A5 pada variabel $X_3 < \text{nilai } t_{tabel} 3,182$ sedangkan t_{hitung} variabel X_4 petak A3;A5 $> \text{nilai } t_{tabel} 3,182$ dan persamaan struktural yang didapat yaitu $Y = -0,217X_3 + 1,159X_4 + \varepsilon$ dan $Y = -0,170X_3 + 1,120X_4 + \varepsilon$. Dengan demikian variabel X_3 tidak berperan nyata terhadap variabel Y sedangkan X_4 berperan nyata. Laju pertumbuhan petak A3 dan A5 yaitu 5,84–8,18 %/hari; 6,22–8,79 %/hari, kelulushidupan (SR) 80% dan 86% serta FCR 1,54 dan 1,41. Hasil analisa kualitas air pada petak A3 dan A5 yaitu parameter fisika: suhu 26–28 °C; 26–28 °C, kecerahan 25–30 cm; 20–30 cm. Parameter kimia: pH 7,4–7,6; 7,5–7,6, salinitas 27–29 ‰; 26–29 ‰, DO 6,5–7,4 mg/l; 6,6–7,6 mg/l, alkalinitas 165–200 mg/l; 180–270 mg/l, amonia 0,08–0,193 mg/l; 0,058–0,194 mg/l, nitrat 2,15–3,38 mg/l; 2,15–3,27 mg/l, orthofosfat 0,123–0,190 mg/l; 0,075–0,171 mg/l dan TOM 71,42–75,84 mg/l; 60,67–77,76 mg/l. Parameter biologi : kelimpahan fitoplankton 2.872–4.057 ind/ml; 2.436–4.131 ind/ml dan kelimpahan zooplankton kedua petak sama yaitu 9.263–46.316 ind/l.

Saran penelitian ini adalah untuk mendapatkan pertumbuhan udang yang baik dan tercapainya produksi yang tinggi maka diperlukan penanganan yang tepat, yaitu menjaga kualitas air tambak serta keseimbangan ekosistem tambak dengan memperhatikan tersedianya nutrisi dan sumber makanan bagi udang.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat serta karunia-Nya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan Laporan Skripsi yang berjudul “Hubungan Antara Kandungan Nutrien dalam Air dan Plankton terhadap Pertumbuhan Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*) Di Tambak Intensif PT. Surya Windu Kartika Kabupaten Banyuwangi Jawa Timur”. Tujuan dibuatnya Laporan Skripsi ini adalah sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya, Malang.

Laporan Skripsi ini, menerangkan pokok-pokok bahasan yang meliputi kandungan nutrien (orthofosfat dan nitrat) dalam air dan plankton yang dihubungkan dengan laju pertumbuhan udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) serta analisa kualitas air seperti suhu, kecerahan, pH, salinitas, total bahan organik, oksigen terlarut dan alkalinitas sebagai parameter pendukung.

Penulis menyadari bahwa terdapat banyak kekurangan dalam penulisan laporan skripsi ini, oleh karena itu penulis mengharapkan adanya koreksi dan saran dari semua pihak yang bersifat membangun agar tulisan ini dapat bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan.

Malang, Oktober 2015

Penulis

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa begitu banyak pihak yang telah turut membantu dalam penyelesaian skripsi ini. Melalui kesempatan ini, dengan segala kerendahan hati, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Tuhan Yesus Kristus atas segala rahmat dan karunia-Nya
2. Bapak Maraden Manalu dan Ibu Dumaria Silaban tersayang yang selalu memberikan dorongan yang kuat dan doa yang tiada hentinya.
3. Prof. Dr. Ir. Diana Arfiati, MS selaku Dekan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya, Malang.
4. Ir. Kusriani, MP dan Ir. Putut Widjanarko, MP selaku dosen pembimbing skripsi, yang senantiasa meluangkan waktu dan memberikan masukan demi terselesaikannya tugas akhir ini.
5. Prof. Dr. Ir. Diana Arfiati, MS dan Dr. Ir. Muhammad Musa, MS selaku dosen penguji yang sudah memberikan masukan dan perbaikan dalam pengerjaan laporan ini.
6. Abang (Erwin Syahputra M.) dan Adik (Sartika Sari M. dan Ester Lita M.) serta keluarga besar yang memberikan semangat dan dukungan.
7. Pimpinan dan seluruh pegawai PT. Surya Windu Kartika Unit Badean Kabupaten Banyuwangi yang telah memberikan sarana dan prasarana sehingga penelitian ini berjalan lancar.
8. Sahabat-sahabat terbaik tim READY; Yesi, Alin, Damai, dan Riska. Sahabat-sahabat KOMUNESS: Ellen, Babil, Chea, Fahmi, Alan, Anggi, Luffi, Duta, Dewi. Teman - teman TIM Banyuwangi Cahyo, Ina dan lain sebagainya yang selalu memberikan penghiburan dikala sedih dan susah, berbagi suka dan duka serta membantu tanpa pamrih.
9. Seluruh warga ARM'11 yang tidak dapat penulis sebutkan namanya satu per satu, yang telah bersama - sama saling tolong menolong dalam mencapai gelar sarjana.
10. Segenap Staf Pengajar dan Karyawan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya, Malang.
11. Seluruh teman-teman Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya, Malang.
12. Semua pihak terkait yang telah membantu kelancaran proses penyelesaian tugas akhir ini.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
RINGKASAN	iv
KATA PENGANTAR	v
UCAPAN TERIMA KASIH	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB 1. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Kegunaan.....	3
1.5 Tempat dan Waktu	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Udang Vannamei (<i>Litopenaeus vannamei</i>)	4
2.1.1 Klasifikasi Udang Vaname.....	4
2.1.2 Morfologi Udang Vaname.....	5
2.1.3 Siklus Hidup Udang Vaname.....	7
2.1.4 Ekologi Udang Vaname.....	9
2.1.5 Pakan dan Kebiasaan Makan.....	9
2.2 Laju Pertumbuhan	10
2.3 Kelulushidupan (<i>Survival rate</i>)	10
2.4 Kualitas Air	11
2.4.1 Parameter Fisika	11
A. Suhu	11
B. Kecerahan	11
2.4.2 Parameter Kimia	12
A. Salinitas	12
B. Derajat Keasaman (pH)	12
C. Oksigen Terlarut (DO).....	13
D. Alkalinitas	13
E. Amonia	14

F. Total Bahan Organik	14
G. Nitrat (NO_3)	14
H. Orthofosfat	15
2.4.3 Plankton	15
A. Fitoplankton	15
B. Zooplankton	16

BAB 3. MATERI DAN METODE

3.1 Materi Penelitian	17
3.2 Alat dan Bahan	17
3.3 Metode Penelitian	17
3.4 Penentuan Stasiun	18
3.5 Teknik Pengambilan Sampel	18
3.5.1 Kualitas Air	18
A. Parameter Fisika	18
B. Parameter Kimia	19
3.5.2 Plankton	24
3.5.3 Udang Vaname (<i>Litopenaeus vannamei</i>)	24
3.6 Analisis Sampel	24
3.6.1 Plankton	24
A. Identifikasi Plankton	24
B. Kelimpahan Plankton	25
3.6.2 Udang Vaname (<i>Litopenaeus vannamei</i>)	25
A. Laju Pertumbuhan Harian	25
B. Tingkat Kelulushidupan (<i>Survival rate</i>)	25
C. Konversi Pakan (<i>Food conversion rate</i>)	26
3.6.3 Analisis Data	26

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Keadaan Umum Lokasi Penelitian	28
4.1.1 Letak Geografis dan Topografis	28
4.1.2 Struktur Organisasi dan Tenaga Kerja	29
4.1.3 Sistem Pengairan	29
4.1.4 Deskripsi Tambak Pengamatan	30
4.2 Hasil Analisa Kualitas Air	31
4.2.1 Parameter Fisika	32
A. Suhu	32
B. Kecerahan	32
4.2.2 Parameter Kimia	33
A. Salinitas	33
B. Derajat Keasaman (pH)	33
C. Oksigen Terlarut (DO)	34
D. Alkalinitas	34
E. Amonia	35
F. Nitrat (NO_3)	35
G. Orthofosfat	36
H. Bahan Organik (TOM)	36

4.3	Plankton	37
4.3.1	Kelimpahan Plankton	37
	A. Fitoplankton	37
	B. Zooplankton	39
4.4	Udang Vaname (<i>Litopenaeus vannamei</i>)	41
4.4.1	Laju Pertumbuhan Harian	41
4.4.2	Kelulushidupan (<i>Survival rate</i>)	42
4.4.3	Rasio Konversi Pakan (<i>Food conversion rate</i>)	43
4.5	Analisis Hubungan Kandungan Nutrien dalam Air dan Plankton terhadap Laju pertumbuhan udang vaname	44
4.5.1	Petak A3	44
	A. Hubungan Orthofosfat (X_1) dan Nirtat (X_2) terhadap Kelimpahan Fitoplankton (X_3)	44
	B. Hubungan Kelimpahan Fitoplankton (X_3) terhadap Kelimpahan Zooplankton (X_4)	45
	C. Hubungan Kelimpahan Fitoplankton (X_3) dan Kelimpahan Zooplankton terhadap Laju Pertumbuhan Udang (Y)	45
	D. Pengaruh Langsung dan Tidak Langsung Variabel Eksogen terhadap Variabel Endogen	47
4.5.2	Petak A5	50
	A. Hubungan Orthofosfat (X_1) dan Nitrat (X_2) terhadap Kelimpahan Fitoplankton (X_3)	50
	B. Hubungan Kelimpahan Fitoplankton (X_3) terhadap Kelimpahan Zooplankton (X_4)	51
	C. Hubungan Kelimpahan Fitoplankton (X_3) dan Kelimpahan Zooplankton (X_4) terhadap Laju Pertumbuhan Udang (Y)	51
	D. Pengaruh Langsung dan Tidak Langsung Variabel Eksogen terhadap Variabel Endogen	52
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN		
5.1	Kesimpulan	56
5.2	Saran	56
DAFTAR PUSTAKA		57
Lampiran		63

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Alat dan Bahan Penelitian	17
2. Pengenceran Larutan Baku Orthofosfat.....	22
3. Pengenceran Larutan Baku Amonia	22
4. Pengenceran Larutan Baku Nitrat.....	23
5. Data Hasil Analisis Kualitas Air.....	31
6. Data Laju Pertumbuhan Harian, Kelulushidupan (<i>Survival Rate</i>) Dan Rasio Konversi Pakan (<i>Food Conversion Rate</i>)	41
7. Rasio Konversi Pakan (<i>Food Conversion Rate</i>)	43
8. Data Pengaruh Langsung, Tidak Langsung dan Total Petak A3.....	47
9. Data Pengaruh Langsung, Tidak Langsung dan Total Petak A5.....	53



DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Udang Vaname (<i>Litopenaeus vannamei</i>).....	5
2. Morfologi Udang Vaname	6
3. Siklus Hidup Udang	8
4. Diagram Jalur	27
5. Petak Tambak A3	30
6. Petak Tambak A5	31
7. Grafik Kelimpahan Fitoplankton.....	38
8. Grafik Kelimpahan Zooplankton.....	39
9. Laju Pertumbuhan Harian Udang Vaname	42
10. Diagram Jalur Petak A3.....	48
11. Diagram Jalur Petak A5.....	54



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Peta Lokasi Penelitian	63
2. Struktur Organisasi PT. Surya Windu Kartika Unit Badean	64
3. Jumlah Fitoplankton (Individu)	65
4. Kelimpahan Fitoplankton (Ind/ml)	67
5. Jumlah Zooplankton (Individu)	69
6. Kelimpahan Zooplankton (ind/l)	70
7. Data Kualitas Air	71
8. Perhitungan Laju Pertumbuhan	72
9. Perhitungan Kelulushidupan (<i>Survival Rate</i>)	74
10. Perhitungan Rasio Konversi Pakan (FCR)	75
11. Data Analisis Regresi	76



1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) atau pada umumnya masyarakat lokal menyebutnya sebagai udang putih adalah salah satu dari jenis udang yang banyak dibudidayakan pada dewasa ini. Udang vanname berasal dari bagian barat pantai Amerika Latin dan diperkenalkan di Asia tepatnya di Indonesia pada tahun 2001, dimana kini menjadi komoditas utama dalam budidaya perikanan. Udang vaname banyak dibudidayakan karena memiliki banyak keunggulan, seperti lebih peka terhadap pakan, nafsu makan yang tinggi, biaya yang dibutuhkan untuk budidaya tidak terlalu mahal serta tingkat adaptasi yang lebih baik dari jenis lainnya (*survival rate* tinggi) sehingga tidak merugikan pengusaha/pembudidaya tambak udang.

Pertumbuhan dan perkembang organisme perairan (udang) akan membutuhkan makanan. Sumber makanan bagi organisme perairan khususnya organisme perairan yang dibudidayakan berasal dari pakan alami yang terdapat di alam maupun pakan buatan yang diberikan. Menurut Amri dan Iskandar (2008), udang vaname dibudidayakan dalam lingkungan air yang kaya akan bahan-bahan nutrisi. Lingkungan budidaya seperti ini sangat dinamis dan mampu menyediakan pakan alami, baik berupa tumbuh-tumbuhan (fitoplankton) maupun binatang (zooplankton), bagi udang. Di samping membutuhkan pakan alami untuk meningkatkan produktivitasnya, tidak juga mengesampingkan pakan tambahan sebagai sumber hara untuk memenuhi semua gizi yang diperlukan.

Untuk menyanggah ketersediaan pakan alami maka pakan alami akan membutuhkan unsur hara dalam kehidupannya. Unsur hara ini dapat berasal dari pemupukan yang diberikan. Pemupukan yang dilakukan pada awal budidaya akan menyanggah ketersediaan unsur hara dalam perairan. Unsur hara ini

mempunyai pengaruh terhadap proses dan perkembangan hidup organisme seperti fitoplankton. Tinggi rendahnya kelimpahan fitoplankton di suatu perairan tergantung pada kandungan zat hara di perairan antara lain nitrat dan fosfat (Ulqodry *et al.*, 2010). Pakan alami yang tersedia akan dimanfaatkan oleh udang sebagai sumber makanannya. Fitoplankton menjadi pakan alami bagi zooplankton dan udang pada fase zoea, pada fase mysis udang akan memilih zooplankton sebagai makanannya. Sehingga plankton (fitoplankton dan zooplankton) dapat dikatakan sebagai pakan alami bagi udang budidaya.

Oleh karena itu penelitian terkait tentang kandungan unsur hara dan plankton pada tambak budidaya intensif perlu dilakukan guna untuk mengetahui hubungannya terhadap pertumbuhan udang vaname (*Litopenaeus vannamei*).

1.2 Rumusan Masalah

Perkembangan budidaya udang yang cepat dikarenakan budidaya tersebut memiliki potensi untuk berkembang menjadi industri tambak udang yang berhasil dan memberikan keuntungan secara ekonomi. Untuk menunjang keberhasilan budidaya tersebut maka pembudidaya melakukan berbagai cara untuk meningkatkan hasil produksi salah satunya, yaitu dengan memperhatikan kandungan unsur hara didalamnya, yang nantinya akan dimanfaatkan oleh pakan alami (tumbuhan air, plankton). Pakan alami ini merupakan sumber makanan bagi pertumbuhan udang vaname. Dari penjelasan di atas didapatkan rumusan masalah penelitian sebagai berikut:

- Bagaimana hubungan antara kandungan nutrisi dalam air dan plankton terhadap laju pertumbuhan udang vaname (*Litopenaeus vannamei*)

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk:

- Menganalisis hubungan antara kandungan nutrisi dalam air dan plankton terhadap pertumbuhan udang vaname (*Litopenaeus vannamei*)

1.4 Kegunaan

Kegunaan dari penelitian ini antara lain:

- Bagi mahasiswa, dapat menambah pengetahuan ataupun wawasan yang lebih tentang budidaya udang terkait dengan hubungan kandungan nutrisi dalam air dan plankton terhadap laju pertumbuhan udang.
- Bagi Lembaga Pendidikan, sebagai bahan informasi untuk penelitian lebih lanjut tentang hal yang berkaitan dengan penelitian pada budidaya udang.
- Bagi Pemerintah, sebagai bahan pertimbangan dalam menentukan kebijakan guna pengelolaan sumberdaya perairan yang berkelanjutan serta peningkatan dan kelestarian sumberdaya perairan.

1.5 Tempat dan Waktu

Lokasi penelitian ini bertempat di tambak intensif udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) PT. Surya Windu Kartika, Desa Bomo, Kecamatan Rogojampi, Kabupaten Banyuwangi, Jawa Timur. Penelitian ini dilakukan pada bulan April - Mei 2015.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*)

Udang vaname atau biasa juga disebut udang vannamei (*Litopenaeus vannamei*) merupakan udang introduksi. Habitat asli udang ini adalah perairan pantai dan laut Amerika Latin seperti Meksiko, Nikaragua dan Puerto Rico. Udang ini kemudian diimpor oleh negara-negara pembudidaya udang di Asia seperti China, India, Thailand, Bangladesh, Vietnam dan Malaysia. Dalam perkembangannya, Indonesia kemudian juga memasukkan udang vaname sebagai salah satu jenis udang budidaya tambak, selain udang windu (*Penaeus monodon*) dan udang putih/udang jrebung (*Penaeus merguensis*) yang sudah terkenal lebih dahulu (Amri dan Iskandar, 2008).

Beberapa keunggulan dari udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) menjadi komoditas alternatif pada budidaya udang di tambak. Beberapa keunggulan yang dimiliki oleh udang vaname antara lain responsif terhadap pakan yang diberikan atau nafsu makan yang tinggi, lebih tahan terhadap serangan penyakit dan lingkungan yang kurang baik. Udang vaname juga memiliki pemasaran yang baik di tingkat Internasional (Ariawan *et al.*, 2005).

2.1.1 Klasifikasi Udang Vaname

Menurut Amri dan Iskandar (2008) penggolongan udang vaname secara lengkap berdasarkan taksonomi hewan (sistem pengelompokan hewan berdasarkan bentuk tubuh dan sifat-sifatnya) adalah sebagai berikut:

Filum	: Arthropoda
Kelas	: Crustacea
Ordo	: Decapoda
Famili	: Penaeidae
Genus/Marga	: <i>Litopenaeus</i>
Spesies	: <i>Litopenaeus vannamei</i>
Nama lokal	: Udang vaname, udang putih

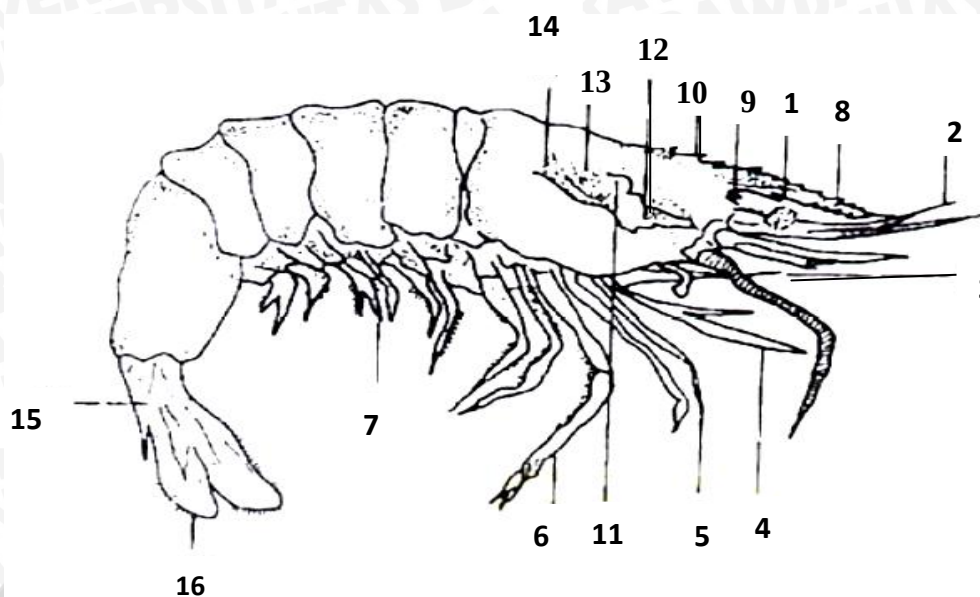


Gambar 1. Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*)
(Direktorat Kesehatan Ikan dan Lingkungan, 2005)

2.1.2 Morfologi Udang Vaname

Udang vaname adalah binatang air yang mempunyai tubuh beruas-ruas seperti udang *litopenaeus* lainnya, dimana pada tiap ruasnya terdapat sepasang anggota badan. Udang vaname termasuk ordo decapoda yang dicirikan memiliki sepuluh kaki terdiri dari lima kaki jalan dan lima kaki renang. Tubuh udang vaname secara morfologis dibedakan menjadi dua bagian yaitu cephalothorax atau bagian kepala dan dada serta bagian abdomen atau perut. Bagian cephalothorax dan abdomen terdiri dari segmen-segmen atau ruas-ruas, dimana masing-masing segmen tersebut memiliki anggota badan yang mempunyai fungsi sendiri-sendiri (Panjaitan, 2012).

Bagian tubuh udang vaname terdiri dari kepala (thorax) dan perut (abdomen). Kepala udang vaname terdiri dari antenula, antena, mandibula, dan sepasang maxillae. Kepala udang vaname juga dilengkapi dengan 5 pasang kaki jalan (periopod), dimana kaki jalan ini terdiri dari 2 pasang maxillae dan 3 pasang maxilliped. Perut udang vaname terdiri dari 6 ruas dan juga terdapat 5 pasang kaki renang (pleopod) serta sepasang uropods yang membentuk kipas bersama-sama telson. Sifat udang vaname aktif pada kondisi gelap (*nokturnal*), dapat hidup pada kisaran salinitas lebar (*euryhaline*), suka memangsa sesama jenis (kanibal), tipe pemakan lambat tapi terus-menerus (*continuous feeder*), serta mencari makan lewat organ sensor (*chemoreceptor*) (Haliman dan Adijaya, 2006 dalam Yuniasari, 2009). Morfologi udang vaname dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Morfologi Udang Vaname (Haliman dan Adijaya, 2005)

Keterangan gambar :

- | | |
|----------------------|-------------------------------|
| 1. Kelopak Mata | 9. <i>Antennal Spine</i> |
| 2. <i>Antennulae</i> | 10. <i>Sipraorbital Spine</i> |
| 3. <i>Antenna</i> | 11. <i>Orbital Spine</i> |
| 4. Rahang Atas II | 12. <i>Hepatic Spirse</i> |
| 5. Rahang Atas III | 13. <i>Hepatic(Hati)</i> |
| 6. <i>Periopod</i> | 14. <i>Cardia Cregion</i> |
| 7. <i>Pleopod</i> | 15. <i>Telson</i> |
| 8. <i>Rostrum</i> | 16. <i>Uropod</i> |

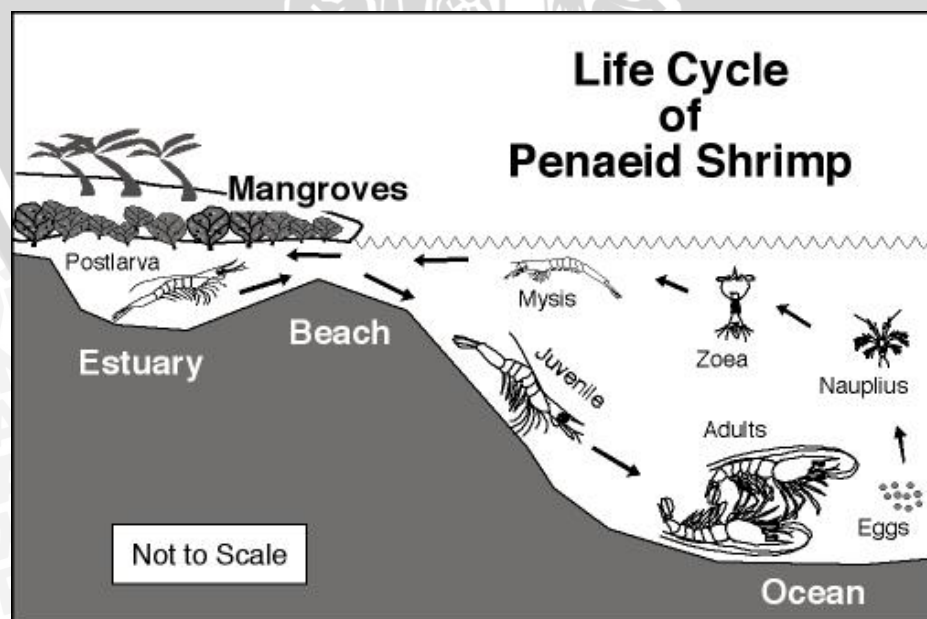
2.1.3 Siklus Hidup Udang Vaname

Udang penaeid dewasa hidup dan bertelur di laut, kemudian setelah telur menetas menjadi larva tingkat pertama yang disebut "*nauplius*" akan berkembang menjadi *protozoa* setelah 45-60 jam. *Protozoa* berkembang menjadi *mysis* setelah 5 hari. *Mysis* berkembang menjadi *post larva* setelah 4-5 hari. *Post larva* udang vaname bergerak mendekati pantai dan menetap di dasar perairan payau (*estuary*) sampai berkembang menjadi udang muda (*juvenile*). Pergerakan seperti inilah yang menyebabkan bahwa pada umumnya post larva ditemukan di sepanjang pantai dan paling banyak di daerah hutan bakau (*mangrove*) (Panjaitan, 2012). Siklus hidup udang vaname dapat dilihat pada Gambar 3.

Menurut Zakaria (2010), siklus hidup udang vaname terdiri dari beberapa stadia yaitu:

- Stadia nauplius adalah stadia yang pertama setelah telur menetas. Stadia ini memiliki lima sub stadia (Brown, 1991). Larva berukuran antara 0,32-0,58 mm, sistem pencernaannya belum sempurna dan masih memiliki cadangan makanan berupa kuning telur (Haliman dan Adijaya, 2005).
- Stadia zoea terjadi berkisar antara 15–24 jam setelah stadia nauplius. Larva sudah berukuran antara 1,05–3,30 mm (Haliman dan Adijaya, 2005). Stadia zoea memiliki tiga sub stadia, yang ditandai dengan tiga kali molting. Tiga tahap molting atau tiga sub stadia itu disebut dengan zoea 1, zoea 2 dan zoea 3. Stadia ini, larva sudah dapat makan plankton yang mengapung dalam kolom air. Tubuh akan semakin memanjang dan mempunyai karapaks. Dua mata majemuk dan uropod juga akan muncul (Brown, 1991). Lama waktu dari stadia ini menuju stadia berikutnya berkisar antara 4-5 hari (Haliman dan Adijaya, 2005).

- Stadia mysis memiliki durasi waktu yang sama dengan stadia sebelumnya dan memiliki tiga sub stadia, yaitu mysis 1, mysis 2 dan mysis 3. Perkembangan tubuhnya dicirikan dengan semakin menyerupai udang dewasa serta terbentuk telson dan pleopods. Benih pada stadia ini sudah mampu berenang dan mencari makanan, baik fitoplankton maupun zooplankton (Brown, 1991).
- Saat stadia post larva (PL), benih udang sudah tampak seperti udang dewasa. Umumnya, perkembangan dari telur menjadi stadia post larva dibutuhkan waktu berkisar antara 12-15 hari, namun semua itu tergantung dari ketersediaan makanan dan suhu (Brown, 1991). Hitungan stadia yang digunakan sudah berdasarkan hari. PL I berarti post larva berumur satu hari. Saat stadia ini, udang sudah mulai aktif bergerak lurus ke depan dan sifatnya cenderung karnivora. Umumnya, petambak akan melakukan tebar dengan menggunakan udang yang sudah masuk dalam stadia antara PL10-PL15 yang sudah berukuran rata-rata sepuluh millimeter (Haliman dan Adijaya, 2005).



Gambar 3. Siklus Hidup Udang (Wyban dan Sweeney, 1991)

2.1.4 Ekologi Udang Vaname

Di alam, populasi udang vannamei dapat ditemukan di Pantai Pasifik Barat, sepanjang Peru bagian Utara, melalui Amerika Tengah dan Selatan sampai Meksiko bagian Utara, yang mempunyai suhu air normal lebih dari 20 °C sepanjang tahun. Udang vaname hidup di habitat laut tropis. Udang dewasa hidup dan memijah di laut lepas dan larva akan bermigrasi dan menghabiskan masa larva sampai post larva di pantai, laguna atau daerah mangrove. Secara umum, udang Penaeid membutuhkan kondisi lingkungan dengan suhu berkisar antara 23 – 32 °C, kelarutan oksigen lebih dari 3 ppm, pH 8 dan salinitas berkisar antara 10 – 30 ppt (Brown, 1991 *dalam* Zakaria, 2010).

Lingkungan hidup optimal yang menunjang bagi pertumbuhan dan kelangsungan hidup udang vaname sama seperti dengan udang windu namun udang vaname memiliki toleransi yang lebih luas terhadap perubahan lingkungan perairan seperti salinitas dan suhu. Udang vaname dapat hidup pada salinitas 0,1–60 ppt (tumbuh dengan baik 10–30 ppt dan optimal 15–34 ppt) serta suhu 12–37 °C (tumbuh dengan baik pada suhu 24–34 °C dan optimal pada suhu 28–31 °C) (Kordi, 2010).

2.1.5 Pakan dan Kebiasaan Makan

Udang vaname mencari dan mengidentifikasi pakan menggunakan sinyal kimiawi berupa getaran dengan bantuan organ sensor yang terdiri dari bulu-bulu halus (seta). Dengan bantuan sinyal kimiawi yang ditangkap udang akan merespon untuk mendekati atau menjauhi sumber pakan. Pakan merupakan sumber nutrisi yang terdiri dari protein, lemak, karbohidrat, vitamin dan mineral. Nutrisi digunakan oleh udang vaname sebagai sumber energi untuk pertumbuhan dan berkembang biak (Nuhman, 2009).

Larva udang pada stadia nauplius belum memerlukan makanan dari lingkungan, karena masih mempunyai cadangan makanan dalam tubuhnya dan

sistem pencernaannya belum sempurna. Pada stadia zoea mulai aktif mengambil makanan terutama dari jenis fitoplankton. Larva pada stadia mysis lebih menyukai makanan dari jenis zooplankton. Pada stadia pasca larva cenderung bersifat bentik, sehingga juga memakan detritus serta sisa-sisa mikroorganisme yang terdapat di dasar perairan (Martosudarma dan Ranoemihardja, 1983 dalam Muzaki, 2004).

2.2 Laju Pertumbuhan

Pertumbuhan adalah total energi yang diubah menjadi penyusun tubuh, kebutuhan energi ini diperoleh dari makanan yang tersedia di perairan. Pertumbuhan juga merupakan suatu proses penambahan bobot maupun panjang tubuh makhluk hidup, adapun perbedaan laju pertumbuhan dapat disebabkan karena adanya pengaruh padat penebaran dan persaingan di dalam mendapatkan makanan (Kholifah *et al.*, 2008).

Menurut Mudjiman (2010), laju pertumbuhan adalah perbedaan pertumbuhan mutlak yang terukur berdasarkan urutan waktu. Pertumbuhan dapat dibagi dua, yaitu pertumbuhan mutlak dan pertumbuhan relatif. Pertumbuhan mutlak adalah rata-rata ukuran total tiap umur, sedangkan pertumbuhan relatif adalah presentase penambahan pertumbuhan tiap selang waktu.

2.3 Kelulushidupan (*Survival Rate*)

Kelulushidupan merupakan nilai perbandingan antara jumlah organisme yang hidup di akhir pemeliharaan dengan jumlah organisme awal saat penebaran yang dinyatakan dalam bentuk persen, dimana semakin besar persentase menunjukkan semakin banyak organisme yang hidup (Effendie, 2002).

Menurut Krebs (1972) dalam Viana (2010), bahwa pada dasarnya tingkat kelulushidupan yang dicapai suatu populasi merupakan gambaran hasil interaksi

dari kemampuan daya dukung lingkungan dengan respon populasi terhadap ketersediaan lingkungan tersebut. Banyak faktor yang mempengaruhi kelulushidupan yaitu kualitas benih, pakan, dan lingkungan perairan.

2.4 Kualitas Air

2.4.1 Parameter Fisika

a. Suhu

Pertumbuhan dan kehidupan biota budidaya sangat dipengaruhi suhu air. Umumnya dalam batas-batas tertentu kecepatan pertumbuhan biota meningkat sejalan dengan naiknya suhu air, sedangkan derajat kelangsungan hidupnya bereaksi sebaliknya terhadap kenaikan suhu. Artinya derajat kelangsungan hidup biota menurun pada kenaikan suhu (Kordi dan Andi, 2007).

Suhu juga sangat berperan mengendalikan kondisi ekosistem perairan. Terjadinya peningkatan suhu akan mengakibatkan peningkatan kecepatan metabolisme dan respirasi organisme air dan selanjutnya mengakibatkan peningkatan konsumsi oksigen sehingga kandungan oksigen dalam air akan berkurang. Organisme akuatik memiliki kisaran suhu tertentu (batas atas dan bawah) yang disukai bagi pertumbuhannya (Effendi, 2003).

b. Kecerahan

Kecerahan merupakan ukuran transparansi perairan, yang ditentukan secara visual dengan menggunakan secchi disk. Nilai kecerahan dinyatakan dalam satuan meter. Nilai ini sangat dipengaruhi oleh keadaan cuaca, waktu pengukuran, kekeruhan dan padatan tersuspensi, serta ketelitian orang yang melakukan penelitian. Pengukuran kecerahan sebaiknya dilakukan pada saat cuaca cerah (Effendi, 2003).

Menurut Pujiastuti *et al.*, (2013), kecerahan perairan sangat dipengaruhi oleh keberadaan padatan tersuspensi, zat-zat terlarut, partikel-partikel dan warna

air. Pengaruh kandungan lumpur yang dibawa oleh aliran sungai dapat mengakibatkan tingkat kecerahan menjadi rendah. Apabila tingkat kecerahan perairan rendah maka proses fotosintesis yang dilakukan oleh tumbuhan air (fitoplankton) akan terganggu.

2.4.2 Parameter Kimia

a. Salinitas

Menurut Agnitasari (2006), salinitas adalah jumlah berat semua garam (dalam gram) yang terlarut dalam satu liter air, biasanya dinyatakan dalam satuan ‰ (per mil, gram per liter).

Perbedaan salinitas terjadi karena pengaruh dari evaporasi yang diakibatkan oleh meningkatnya suhu perairan. Peningkatan suhu mengakibatkan naiknya kadar salinitas air yang menyebabkan kekentalan air bertambah (viskositas). Tingginya viskositas ini akan mengakibatkan penurunan kelarutan gas dalam air, seperti difusi oksigen sukar masuk keperairan (Effendi, 2003).

b. Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman (pH) menunjukkan sifat asam atau basa pada suatu bahan. Derajat keasaman merupakan suatu ekspresi dari konsentrasi ion hydrogen $[H^+]$ yang besarannya dinyatakan dalam minus logaritma dari konsentrasi ion hidrogen, yaitu:

$$pH = -\log [H^+]$$

Faktor pH sangat berperan pada dekomposisi anaerob karena pada rentang pH yang tidak sesuai, mikroba tidak dapat tumbuh dengan maksimum dan bahkan dapat menyebabkan kematian (Khaerunnisa dan Ika, 2013).

pH merupakan parameter yang sangat penting dalam kehidupan organism perairan, seperti nilai $pH < 6$ fitoplankton tidak akan tumbuh dengan baik atau pH tertentu dapat mempengaruhi jenis fitoplankton yang tumbuh. Seperti halnya juga pada udang dimana menurut Amri dan Iskandar (2008), pada

pH di atas 10 dapat mematikan udang sedangkan pH di bawah 5 mengakibatkan pertumbuhan udang menjadi terhambat.

c. Oksigen Terlarut (DO)

Oksigen terlarut atau *Dissolved Oxygen* adalah oksigen yang terlarut didalam air, sumber oksigen didalam perairan berasal dari proses fotosintesis yang dilakukan oleh tanaman air dan juga difusi dari udara yang masuk ke perairan.

Menurut Salmin (2005), oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen* = DO) dibutuhkan oleh semua jasad hidup untuk pernapasan, proses metabolisme atau pertukaran zat yang kemudian menghasilkan energi untuk pertumbuhan dan pembiakan. Oksigen memegang peranan penting sebagai indikator kualitas perairan, karena oksigen terlarut berperan dalam proses oksidasi dan reduksi bahan organik dan anorganik. Dalam kondisi aerobik, peranan oksigen adalah untuk mengoksidasi bahan organik dan anorganik dengan hasil akhirnya adalah nutrisi yang pada akhirnya dapat memberikan kesuburan perairan.

d. Alkalinitas

Alkalinitas atau yang lebih dikenal dengan total alkalinitas adalah konsentrasi total dari unsur basa-basa yang terkandung dalam air dan biasa dinyatakan dalam mg/l atau setara dengan kalsium karbonat (CaCO_3) (Kordi dan Andi, 2007).

Alkalinitas biasanya lebih dikaitkan dengan parameter kualitas air seperti derajat keasaman atau pH. Jika alkalinitas tinggi maka nilai pH juga akan meningkat. Alkalinitas juga dapat mempengaruhi kehidupan biota perairan salah satunya plankton. Menurut Kordi dan Andi (2007), untuk tumbuh optimal plankton menghendaki total alkalinitas sekitar 80-120 ppm, jika kurang atau melebihi kisaran tersebut, pertumbuhan plankton terhambat.

e. Amonia

Amonia merupakan hasil katabolisme protein yang diekskresikan oleh organisme dan merupakan salah satu hasil dari penguraian zat organik oleh bakteri (Umroh, 2007)

Adanya ammonia dalam air akan mempengaruhi pertumbuhan biota budidaya. Pengaruh langsung dari kadar ammonia tinggi yang belum mematikan ialah rusaknya jaringan insang. Sebagai akibat lanjut, dalam keadaan kronis biota budidaya tidak lagi hidup normal. Penyebab timbulnya amonia dalam air tambak/kolam adalah sisa-sisa ganggang yang mati, sisa pakan dan kotoran biota budidaya sendiri (Kordi dan Andi, 2007).

f. Total Bahan Organik (TOM)

Bahan organik total atau *Total Organic Matter* (TOM) menggambarkan kandungan bahan organik total suatu perairan yang terdiri dari bahan organik terlarut, tersuspensi (*particulate*) dan koloid (Hariyadi *et al.*, 1992).

Kandungan bahan organik yang tinggi akan mengakibatkan penurunan oksigen terlarut dalam perairan, hal ini dikarenakan untuk merombak bahan organik menjadi bahan yang lebih sederhana bakteri akan membutuhkan oksigen. Menurut Zulkifli *et al.*, (2009), tingginya bahan organik akan mempengaruhi kelimpahan organisme, dimana terdapat organisme-organisme tertentu yang tahan terhadap tingginya kandungan bahan organik tersebut, sehingga dominansi oleh spesies tertentu dapat terjadi.

g. Nitrat (NO_3)

Nitrat adalah bentuk utama nitrogen di perairan dan merupakan nutrisi utama bagi pertumbuhan tanaman dan alga. Nitrat nitrogen sangat mudah larut dalam air dan bersifat stabil. Peningkatan kadar nitrat di perairan disebabkan oleh limbah domestik atau pertanian (pemupukan) yang umumnya banyak mengandung nitrat (Hendrawati *et al.*, 2009).

Nitrat adalah sumber nitrogen dalam air laut maupun air tawar. Bentuk kombinasi lain dari elemen ini bisa tersedia dalam bentuk amonia, nitrit dan komponen organik. Kombinasi elemen ini sering dimanfaatkan oleh fitoplankton terutama kalau unsur nitrat terbatas. Nitrogen terlarut juga bisa dimanfaatkan oleh jenis *blue-greenalgae* dengan cara fiksasi nitrogen (Herawati, 1989 dalam Apridayanti, 2008).

h. Orthofosfat

Fosfor merupakan unsur penting dalam suatu ekosistem air. Zat-zat organik terutama protein mengandung gugus fosfor, misalnya ATP, yang terdapat di dalam sel makhluk hidup dan berperan penting dalam penyediaan energi. Dalam ekosistem fosfor terdapat dalam tiga bentuk yaitu senyawa fosfor anorganik seperti ortofosfat, senyawa organik dalam protoplasma dan sebagai senyawa organik terlarut yang terbentuk dari proses penguraian tubuh organisme (Barus, 2004).

Orthofosfat adalah bentuk fosfat yang paling sederhana yang dapat dimanfaatkan secara langsung oleh organisme perairan khususnya fitoplankton. Menurut Effendi (2003), berdasarkan kadar orthofosfat, perairan diklasifikasikan menjadi tiga, yaitu: perairan oligotrofik yang memiliki kadar orthofosfat 0,003-0,01 mg/l, perairan mesotrofik yang memiliki kadar orthofosfat 0,01-0,03 mg/l, dan perairan eutrofik yang memiliki kadar orthofosfat 0,031-0,1 mg/l.

2.4.3 Plankton

a. Fitoplankton

Fitoplankton memegang peranan yang sangat penting dalam suatu perairan, fungsi ekologiannya sebagai produsen primer dan awal mata rantai dalam jaring makanan menyebabkan fitoplankton sering dijadikan skala ukuran kesuburan suatu perairan (Handayani dan Mufti, 2005).

Fitoplankton adalah tumbuhan renik (tidak dapat dilihat dengan mata telanjang) yang hidupnya mengapung atau melayang dalam laut, ukurannya sangat kecil antara 2-200 μm ($1 \mu\text{m} = 0,001 \text{ mm}$). Fitoplankton memiliki fungsi penting sebagai pakan alami bagi biota laut terutama ikan karena fitoplankton mempunyai kemampuan memproduksi bahan organik dari bahan anorganik (fitoplankton sebagai produsen primer). Bahan organik yang diproduksi merupakan sumber energi untuk melaksanakan segala fungsi kehidupan, selain itu energi yang terkandung dalam fitoplankton dapat mengalir ke berbagai komponen ekosistem melalui rantai makanan (*food chain*) (Notji, 2008 dalam Nugraha *et al.*, 2013).

b. Zooplankton

Zooplankton merupakan organisme laut yang memainkan peran yang sangat penting dalam menopang rantai makanan di laut. Walaupun daya geraknya terbatas dan distribusinya ditentukan oleh keberadaan makanannya, zooplankton berperan pada tingkat energi yang kedua yang menghubungkan produsen utama (fitoplankton) dengan konsumen dalam tingkat makanan yang lebih tinggi (Fitriya dan Lukman, 2013).

Menurut Pranoto *et al.*, (2005), zooplankton adalah salah satu komponen dalam rantai makanan yang diukur dalam kaitan dengan nilai produksi suatu ekosistem. Hal ini dikarenakan zooplankton berperan ganda baik sebagai konsumen satu maupun konsumen dua, dimana merupakan rantai penghubung di antara plankton dan nekton.

3. MATERI DAN METODE

3.1 Materi Penelitian

Materi dalam penelitian ini adalah pertumbuhan udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) yang dikaitkan dengan kandungan nutrisi dalam air (nitrat dan orthofosfat) dan plankton serta parameter pendukung kualitas air yang meliputi suhu, kecerahan, salinitas, derajat keasaman (pH), oksigen terlarut (DO), alkalinitas, amonia, dan total bahan organik (TOM).

3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan selama penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini:

Tabel 1. Alat dan Bahan Penelitian

Parameter	Satuan	Alat/ Bahan/ Metode	Analisa
Fisika			
1. Kecerahan	cm	Secchi disk	<i>In situ</i>
2. Suhu Air	°C	Termometer Hg	<i>In situ</i>
Kimia			
1. Salinitas	ppt	Refraktometer	<i>In situ</i>
2. pH	-	pH paper/ Kotak standar pH	<i>In situ</i>
3. DO	mg/l	DO meter	<i>In situ</i>
4. Alkalinitas	mg/l	Titrimetri, HCl 0,02 M	Lab.
5. Nitrat	mg/l	Tes Kit	Lab.
6. Orthofosfat	mg/l	Tes Kit	Lab.
7. Amonia	mg/l	Tes Kit	Lab.
8. TOM	mg/l	Titrimetri, KMnO ₄	Lab.
Biologi			
1. Plankton	ind/ml	Planktonet no.25, komposit	Lab.

3.3 Metode Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode deskriptif. Metode deskriptif yang bermaksud untuk membuat gambaran (deskriptif) mengenai situasi kejadian-kejadian. Dalam metode ini, pengambilan data yang dilakukan tidak hanya terbatas pada pengumpulan data, tetapi juga meliputi analisis dan pembahasan dari data tersebut. Metode ini bertujuan untuk

membuat penggambaran sistematis, nyata dan akurat mengenai fakta-fakta dan sifat-sifat populasi atau daerah tertentu (Suryabrata,1980).

3.4 Penentuan Stasiun

Penentuan lokasi penelitian dilakukan setelah melakukan survey sebelumnya di tambak intensif PT. Surya Windu Kartika. Untuk penentuan stasiun penelitian yaitu berdasarkan petakan tambak yang masih dalam proses produksi, umur benur yang berbeda serta sumber benur yang berasal dari pembenihan yang sama. Sehingga didapatkan stasiun-stasiun penelitian yaitu pada petak A3 dan A5.

3.5 Teknik Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel meliputi kualitas air (parameter fisika dan parameter kimia), plankton dan udang vaname. Pengambilan sampel plankton di ambil secara komposit (5 titik di tiap petak tambak), kualitas air dan sampel udang di ambil pada 1 titik saja. Pelaksanaan pengambilan sampel dilakukan 1 kali dalam seminggu selama $\pm$ 2 bulan. Maksud jarak satu minggu yang dilakukan dalam pengukuran parameter kualitas air yaitu untuk mengetahui perbedaan atau perubahan kualitas air yang terjadi pada tambak.

3.5.1 Kualitas Air

Teknik pengambilan sampel kualitas air meliputi parameter fisika dan parameter kimia adalah sebagai berikut:

a. Parameter Fisika

- Suhu

Menurut Hariyadi *et al.*, (1992), pengukuran suhu dengan menggunakan alat yaitu termometer Hg. Pengukuran suhu dilakukan dengan cara:

1. Mencelupkan termometer air raksa (skala 0-50) ke dalam perairan.
2. Membiarkan selama 3 menit.

3. Membaca skala pada termometer ketika masih di dalam air.
4. Mencatat hasil pengukuran dalam skala °C.

- **Kecerahan**

Menurut Hariyadi *et al.*, (1992), metode pengukuran parameter kualitas air kecerahan adalah sebagai berikut :

1. Memasukkan *secchi disc* secara perlahan - lahan ke dalam air hingga batas kelihatan dan dicatat kedalamannya.
2. Menurunkan sampai tidak kelihatan, kemudian pelan - pelan ditarik lagi sampai nampak dan dicatat kedalamannya dan dimasukkan rumus :

$$\text{Kecerahan} = \frac{\text{Kedalaman1} + \text{Kedalaman2}}{2}$$

b. Parameter Kimia

- **Salinitas**

Menurut Kordi dan Andi (2007), prosedur pengukuran salinitas dengan menggunakan refraktometer, sebagai berikut :

1. Mengangkat penutup kaca prisma dan mengkalibrasi menggunakan aquades.
2. Ditetaskan 1 – 2 tetes air sampel, kemudian tutup kembali dengan hati - hati jangan sampai terjadi gelembung udara dipermukaan kaca prisma.
3. Diarahkan ke cahaya, dilihat nilai salinitas pada lensa sebelah kanan.
4. Mencatat hasilnya dengan satuan %.

- **Derajat Keasaman (pH)**

Menurut Hariyadi *et al.*, (1992), metode pengukuran pH menggunakan pH paper adalah sebagai berikut :

1. Menyiapkan pH paper.
2. Memasukkan pH paper ke dalam sampel air sekitar 2 menit.
3. Mengangkat dan mengibaskan sampai setengah kering.
4. Mencocokkan perubahan warna pH paper dengan kotak standar.

5. Mencatat hasil pengukuran

- Oksigen Terlarut (DO)

Menurut Lind (1997), metode pengukuran oksigen terlarut menggunakan DO meter adalah sebagai berikut :

1. Mengkalibrasi ujung DO meter dengan menggunakan aquades
2. Menyalakan tombol "ON" pada DO meter dan tekan tombol "MODE"
3. Dimasukkan ke air sampel sampai angka pada DO meter stabil
4. Hasil pengukuran dicatat dalam satuan mg/l
5. Dikalibrasi ujung DO meter dengan aquades sebelum dikembalikan ke tempat semula

- Alkalinitas

Menurut Hariyadi *et al.*, (1992), metode pengukuran parameter kualitas air alkalinitas adalah sebagai berikut :

1. Mengambil sampel air sebanyak 50 ml, masukkan ke dalam erlenmeyer
2. Menambahkan dua tetes indikator pp, bila :
 - Terbentuk warna pink, lanjutkan ke-4
 - Tidak berwarna, lanjutkan ke-6
3. Titrasi dengan HCl atau H₂SO₄ 0,02N hingga jadi perubahan warna dari pink menjadi tidak berwarna. Catat titran yang digunakan (sebut saja = A ml)
4. Menambahkan indikator BCG+MR sebanyak 3 - 4 tetes, kemudian titrasi dengan titran yang sama hingga terjadi perubahan warna dari biru menjadi merah kebiruan. Catat volume titran yang digunakan (misalnya B ml)
5. Menghitung kadar alkalinitasdengan rumus :

$$\text{Alkalinitas pp (karbonat (ppm CaCO}_3\text{))} : \frac{\text{ranx} \frac{100}{2} \times 1000}{\text{airsampel}}$$

$$\text{Alkalinitas total (ppm CaCO}_3\text{)} : \frac{\text{Ntitranx} \frac{100}{2} \times 1000}{\text{nlairsampel}}$$

- Total Bahan Organik (TOM)

Menurut Hariyadi *et al.*, (1992), metode pengukuran total bahan organik (TOM) adalah sebagai berikut :

1. Memasukkan 50 ml air sampel ke dalam erlenmeyer.
2. Menambahkan 9,5 ml KMnO_4 dari buret.
3. Menambahkan 10 ml H_2SO_4 (1:4).
4. Dipanaskan di atas waterbath hingga suhu mencapai $70-80^\circ\text{C}$ kemudian diangkat.
5. Didiamkan agar suhu menjadi $60-70^\circ\text{C}$, lalu ditambahkan Na-Oxalate 0,01 N perlahan sampai tidak berwarna
6. Segera titrasi dengan KMnO_4 0,01N sampai terbentuk warna (merah jambu/pink). Volume yang terpakai dicatat sebagai ml titran (x ml).
7. Melakukan prosedur (1-5) dengan menggunakan sampel berupa aquadest dan dicatat volume titran yang digunakan sebagai ml titran (y ml). Selanjutnya kadar TOM dapat dihitung menggunakan rumus :

$$\text{TOM} = \frac{(x - y) \times 3,16 \times 0,01 \times 1000}{\text{ml sampel}}$$

- Orthofosfat

Menurut Boyd (1982), prosedur pengukuran kadar orthofosfat adalah sebagai berikut:

1. Menyaring air sampel sebanyak 125 – 150 ml dengan menggunakan saringan
2. Menuangkan 25 ml air sampel ke dalam erlenmeyer berukuran 25 ml
3. Menambahkan 1 ml ammonium molybdate dan homogenkan
4. Menambahkan 5 tetes pereaksi cholride dan homogenkan

5. Membandingkan warna biru dari sampel dengan larutan standar, baik secara visual atau dengan spektrofotometer (panjang gelombang 690 nm)
6. Membuat larutan perbandingan sebagai berikut:

Tabel 2. Pengenceran Larutan Baku Orthofosfat

Larutan Standar Perbandingan (ppm)	Larutan menurut jumlah ml larutan standar fosfor (mengandung 5 ppm P) dalam aquadest 50 ml
0,025	0,25
0,05	0,5
0,10	1,0
0,25	2,5
0,50	5,0
0,75	7,5
1,00	10,0

- Amonia

Menurut DPU (1989), langkah-langkah pengukuran kadar amonia menggunakan spektrofotometer adalah sebagai berikut:

1. Menyaring air sampel agar bahan yang berbentuk partikel diambil dari air sampel, kemudian diambil sebanyak 25 ml.
2. Menambahkan 2 ml pereaksi nessler lalu dihomogenkan
3. Dibiarkan selama 5 menit agar terbentuk warna dengan sempurna. Kemudian dimasukkan larutan ke dalam cuvet.
4. Kemudian membandingkan larutan sampel dengan larutan baku untuk menaksir kadar ppm amonia. Apabila pengukuran menggunakan spektrofotometer ukuran panjang gelombang yang digunakan 425 nm.

Tabel 3. Pengenceran Larutan Baku Amonia

Larutan standar amonia (ppm)	Larutan menjadi (ml)	Amonia-N yang terkandung (ppm)
0	100	0,016
0,01	100	0,031
0,05	100	0,092
0,1	100	0,108
0,2	100	0,136
0,5	100	0,239
1	100	0,433
2	100	0,812

- Nitrat

Menurut Boyd (1982), prosedur pengukuran kadar nitrat nitrogen (Brucine Method) adalah sebagai berikut:

1. Menyaring air sampel dengan menggunakan Whatman no. 42, atau menggunakan kertas saring.
2. Tambahkan 50 ml air sampel dan tuangkan ke dalam cawan porselin
3. Menguapkan di atas pemanas sampai kering, hati-hati jangan sampai pecah dan dinginkan
4. Menambahkan 1 ml asam fenol disulfonik, aduk dengan pengaduk gelas dan encerkan dengan 25 – 30 ml aquadest.
5. Menambahkan 4 ml NH_4OH sampai terbentuk warna. Encerkan dengan aquadest, kemudian masukkan ke dalam cuvet.
6. Membandingkan dengan larutan standar pembanding yang telah di buat, baik secara visual atau dengan spektrofotometer (pada panjang gelombang 410 μm)
7. Membuat larutan pembanding sebagai berikut:

Tabel 4. Pengenceran Larutan Baku Nitrat

Larutan Standar nitrat (ppm)	Larutkan menjadi (ml)	Nitrat – N yang dikandung (ppm)
0,1	100	0,01
0,5	100	0,05
1,0	100	0,10
2,0	100	0,20
5,0	100	0,50
10,0	100	1,00

3.5.2 Plankton

- Pengambilan Sampel Plankton

Menurut APHA (1989), metode pengambilan sampel plankton adalah sebagai berikut :

1. Memasang botol film pada plankton net dan diikat.
2. Mengambil sampel air 25 liter. Catat jumlah air yang di ambil sebagai (W).
3. Menyaring sampel air dengan plankton net sehingga konsentrat plankton akan tertampung dalam botol film, di catat sebagai (V).
4. Memberi lugol sebanyak 3 - 4 tetes pada sampel plankton dalam botol film.
5. Memberi label pada botol film yang berisi sampel plankton.

3.5.3 Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*)

Menurut Mala (2014), prosedur pengambilan sampel udang adalah sebagai berikut:

1. Pengambilan sampel udang dilakukan dengan cara menjala udang di satu titik petakan
2. Udang yang terjaring jala dikumpulkan di bak atau ember
3. Di timbang bobot dan di hitung jumlah udang yang terjala

3.6 Analisis Sampel

3.6.1 Plankton

a. Identifikasi Plankton

Menurut APHA (1989), identifikasi jenis plankton dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut :

1. Mengambil obyek glass dan cover glass
2. Mengambil botol film yang berisi sampel plankton dan mengaduk.

3. Meneteskan obyek glass dengan sampel plankton sebanyak 1 tetes.
4. Menutup cover glass dan mengamati di bawah mikroskop.
5. Menulis ciri-ciri plankton serta jumlah plankton (n) yang didapat dari masing-masing bidang pandang.
6. Mengidentifikasi jenis plankton menurut Prescott (1970).

b. Kelimpahan Plankton

Menurut APHA (1989), untuk menghitung kelimpahan plankton dapat dilakukan dengan menggunakan rumus modifikasi Luckey Drop :

$$N = \frac{T \times V}{L \times p \times v \times W} \times n$$

Keterangan :

- N = Jumlah total plankton (ind/ ml).
 n = Jumlah plankton dalam lapang pandang.
 T = Luas cover glass (20 x 20 mm).
 V = Volume sampel plankton dalam botol penampung.
 L = Luas lapang pandang (πr^2 mm²).
 v = Volume sampel plankton di bawah cover glass (ml).
 p = Jumlah lapang pandang.
 W = Volume air yang disaring (ml).

3.6.2 Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*)

a. Laju Pertumbuhan Harian

Menurut De Silva dan Anderson (1995), laju pertumbuhan udang selama masa pemeliharaan dapat di hitung dengan menggunakan rumus:

$$LPH = \frac{\ln W_t}{t} \times 100\%$$

Keterangan:

- LPH = Laju pertumbuhan harian (%)
 W_t = Bobot rata-rata akhir pada waktu t = hari (gr)
 W₀ = Bobot rata-rata awal pada waktu t = 0 hari (gr)
 t = lama periode pengamatan (hari)

b. Tingkat Kelulushidupan (*Survival Rate*)

Menurut Yuniasari (2009), tingkat kelangsungan hidup (SR) udang dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

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

Keterangan:

SR = tingkat kelangsungan hidup (%)
 N_t = jumlah udang pada waktu t
 N_o = jumlah udang pada waktu 0 atau pada awal penebaran

c. Konversi Pakan (*Food Conversion Rate*)

Menurut Marion (1998), untuk menghitung konversi pakan udang digunakan rumus:

$$FCR = \frac{F_t}{W_t - W_o}$$

Keterangan:

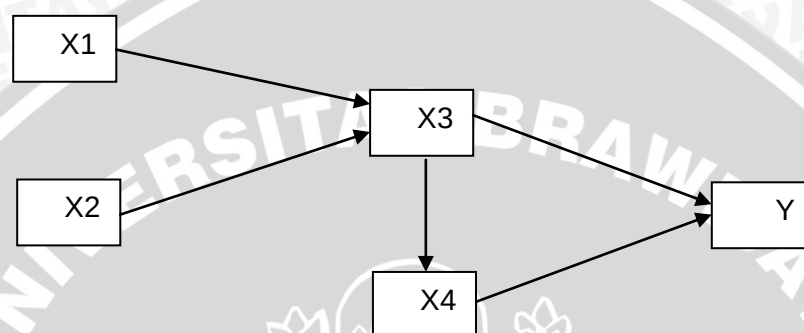
FCR = Konversi pakan
 F_t = Jumlah pakan yang diberikan selama pemeliharaan (kg)
 W_t = Biomassa udang pada akhir pemeliharaan (kg)
 W_o = Biomassa udang pada awal pemeliharaan (kg)

3.6.3 Analisis Data

Analisa data digunakan untuk menyederhanakan data-data penelitian sehingga lebih mudah dipahami dan diinterpretasikan sesuai tujuan penelitian.

Untuk mengetahui hubungan antara kandungan nutrisi dalam air (nitrat dan orthofosfat) terhadap laju pertumbuhan udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) dilakukan dengan menggunakan uji statistik yaitu uji analisis lintasan/jalur (*path analysis*). Menurut Akbar (2014), analisis jalur (*path analysis*) merupakan suatu teknik analisis statistika yang dikembangkan dari analisis regresi berganda. Subjek utama *path analysis* ini adalah variabel-variabel yang saling berkorelasi. Analisis ini mendasarkan diri pada model hubungan antar variabel yang ditentukan sebelumnya oleh peneliti.

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah kadar orthofosfat (X_1), nitrat (X_2), kelimpahan fitoplankton (X_3), kelimpahan zooplankton (X_4) dan laju pertumbuhan udang vaname (Y) (lihat *Lampiran 11*). Berdasarkan tujuan penelitian, maka diagram jalur yang terbentuk:



Gambar 4. Diagram Jalur

Persamaan struktural yang menunjukkan hubungan dari beberapa variabel tersebut adalah sebagai berikut:

- $X_3 = PX_3X_1 + PX_3X_2 + \varepsilon$
- $X_4 = PX_4X_3 + \varepsilon$
- $Y = PYX_4 + PYX_3 + \varepsilon$

Selanjutnya untuk menentukan besar koefisien jalur, pengujian analisis jalur dan besar pengaruh langsung, tidak langsung dan total dari masing-masing variabel didapatkan dengan bantuan aplikasi SPSS versi 16.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Keadaan Umum Lokasi Penelitian

4.1.1 Letak Geografis dan Topografis

PT. Surya Windu Kartika adalah salah satu perusahaan di Jawa Timur, yang bergerak di bidang pembesaran udang vaname (*Litopenaeus vanamei*). Perusahaan ini mempunyai 8 lokasi tambak yang dibagi menjadi 5 unit pembesaran yaitu Bomo (A, B dan C), Jatisari (1 dan 2), Badean, Bulusan dan Bangsring. Lokasi penelitian ini dilakukan di unit pembesaran Badean yang terletak di Desa Badean, Kecamatan Kabat, Kabupaten Banyuwangi. Lokasi unit pembesaran Badean terletak antara 114°21'28"–114°21'52" Bujur Timur dan 8°18'21"–8°18'35" Lintang Selatan.

Unit pembesaran Badean memiliki luas lahan ± 17 Ha meliputi area petakan tambak, kantor dan mes karyawan, sedangkan luas untuk area petakan tambak itu sendiri yaitu ± 13 Ha. Unit pembesaran Badean mempunyai 30 petak tambak, 23 petak tambak dibeton dan 7 petak tambak (masih tanah) dialihfungsikan sebagai lahan pertanian. Jumlah 23 petak tambak ini terbagi menjadi 3 bagian petakan yaitu petakan A (A1–A6), petakan B (B1–B7) dan petakan C (C1–C10). Petak B1, B2, C1 dan C4 digunakan sebagai tandon air sedangkan petakan lainnya digunakan untuk pembesaran udang. Peta lokasi dapat dilihat pada *Lampiran 1*.

Adapun batas-batas lokasi tambak berdasarkan letak geografis pada unit pembesaran Badean sebagai berikut:

- Utara : Tambak swasta Sedulur Grup
- Timur : Selat Bali

- Selatan : Tambak swasta Cahyo Grup
- Barat : Kantor, mes karyawan, pemukiman penduduk

4.1.2 Struktur Organisasi dan Tenaga Kerja

PT. Surya Windu Kartika atau biasa disebut PT. SWK berdiri pada tahun 1985. Perusahaan ini didirikan di atas lahan milik TNI Angkatan Darat. Pemilik saham di Perusahaan ini adalah Bapak Ir. Pitoyo, Bapak Unawan dan Bapak Asep. Bapak Pitoyo selain sebagai salah satu pemilik saham, juga sebagai *General Manager* yang bertanggungjawab sepenuhnya terhadap proses produksi udang vaname.

Pada unit pembesaran Badean terdapat ± 17 orang tenaga kerja meliputi teknisi, sekretaris, asisten teknisi, laboran, mekanik, feeder, keamanan dan tenaga kerja dapur. Selain pekerja tetap, PT. Surya Windu Kartika juga memberdayakan masyarakat sekitar sebagai pekerja harian atau biasa disebut juga sebagai pekerja borongan. Struktur organisasi PT. Surya Windu Kartika unit Badean dapat dilihat pada *Lampiran 2*.

4.1.3 Sistem Pengairan

Sistem pengairan pada unit pembesaran Badean menggunakan sumber air yang berasal dari campuran air laut dan air tawar. Air laut ini bersumber dari laut selat Bali yang dilakukan dengan cara menyedot air laut (jarak 200 meter dari garis pantai) menggunakan 2 unit mesin pompa, sedangkan sumber air tawar berasal dari sumur bor (air tanah) yang disedot hingga kedalaman 100 meter menggunakan mesin pompa berkekuatan 25 HP. Penyedotan air laut biasanya dilakukan pada waktu pasang air laut tertinggi.

Air laut dan Air tawar yang diambil dialirkan pada petakan tandon. Petakan tandon yang digunakan sebagai penampungan dan pencampuran air tersebut adalah petak tandon C2 dengan luas $\pm 6000 \text{ m}^2$. Petak tandon C2 juga berfungsi sebagai tandon sedimentasi pertama dengan perlakuan biologi.

Kemudian dialirkan ke petak tandon B2 yaitu tandon sedimentasi kedua, lalu disalurkan ke petak tandon B1. Petak tandon B1 ini merupakan sumber air yang nantinya akan disalurkan ke petakan tambak A dan B. Selain itu juga air dari petak tandon B1 dialirkan ke petak tandon C1 yang akan disalurkan ke petakan C. Petakan tandon B1, B2 dan C1 diberi perlakuan kimiawi yaitu dengan penggunaan kaporit 65%.

4.1.4 Deskripsi Tambak Pengamatan

Jenis tambak yang digunakan pada pembesaran udang unit Badean adalah menggunakan tambak udang intensif dengan bahan atau konstruksi dinding dan dasar tambak terbuat dari beton. Pada masing-masing petakan tambak terdapat saluran (*canal*) yang berfungsi sebagai jalur masuknya air (*inlet*) dari tandon penampungan dan saluran pembuangan (*outlet*). Berikut deskripsi petak tambak pengamatan yaitu:

a. Petak Tambak A3



Gambar 5. Petak Tambak A3

Adapun keterangan petak tambak A3 unit pembesaran Badean sebagai berikut ini:

- Asal benur : Dewi Windu
- Luas petak : 3.837 m²
- Jumlah tebar : 414.000 ekor
- Padat tebar : 111 ekor/m²

b. Petak Tambak A5



Gambar 6. Petak Tambak A5

Adapun keterangan petak tambak A5 unit pembesaran Badean sebagai berikut ini:

- Asal benur : Dewi Windu
- Luas petak : 3.757 m²
- Jumlah tebar : 414.000 ekor
- Padat tebar : 111 ekor/m²

4.2 Analisis Kualitas Air

Pengukuran kualitas air yang dilakukan adalah untuk mengetahui kesesuaian atau kelayakan kualitas air pada budidaya udang vaname (*Litopenaeus vannamei*). Data hasil analisis kualitas air selama masa pengamatan tersaji pada Tabel 5 berikut ini.

Tabel 5. Data Hasil Analisis Kualitas Air

Parameter	Satuan	Petak	
		A3	A5
Parameter Fisika			
Suhu	°C	26 – 28	26 – 28
Kecerahan	Cm	25 – 30	20 – 30
Parameter Kimia			
Salinitas	Ppt	27 – 29	26 – 29
pH	-	7,4 – 7,6	7,5 – 7,6
Oksigen terlarut	mg/l	6,5 – 7,4	6,6 – 7,6
Alkalinitas	mg/l	165 – 200	180 – 207
Amonia	mg/l	0,08 – 0,193	0,058 – 0,194
Nitrat	mg/l	2,15 – 3,38	2,15 – 3,27
Orthofosfat	mg/l	0,122 – 0,190	0,075 – 0,171
TOM	mg/l	71.42 – 75.84	60.67 – 77.76

4.2.1 Parameter Fisika

a. Suhu

Suhu selama masa pengamatan di tambak pembesaran udang vaname berkisar antara 26–28 °C (lihat *Tabel 4*). Nilai tersebut masih tergolong dalam kisaran toleransi udang vaname. Hal ini sesuai dengan pendapat Haliman dan Adijaya (2005), yang menyatakan bahwa suhu air optimal bagi pertumbuhan udang vaname berkisar antara 26–32 °C. Jika suhu lebih dari angka optimum maka metabolisme dalam tubuh udang akan berlangsung cepat.

Menurut Effendi (2003), suhu berpengaruh terhadap proses fisika, kimia dan biologi di suatu badan air. Peningkatan suhu dapat mengakibatkan peningkatan viskositas, evaporasi dan reaksi-reaksi kimia di perairan. Selain itu, peningkatan suhu juga dapat menyebabkan penurunan kelarutan gas-gas dalam air, misalnya gas O₂, CO₂, N₂ dan sebagainya.

b. Kecerahan

Tingkat kecerahan air pada tambak pembesaran udang vaname berkisar antara 20–30 cm (lihat *Tabel 4*). Rendahnya nilai kecerahan ini diduga karena kandungan bahan organik yang tinggi, yang menyebabkan air tambak menjadi keruh. Menurut Davis dan Cornwel (1991), kekeruhan disebabkan oleh adanya bahan organik dan anorganik yang tersuspensi dan terlarut (misalnya lumpur dan pasir halus), maupun bahan organik dan anorganik yang berupa plankton dan mikroorganisme lain. Bila kecerahan (angka *secchi disk*) menunjukkan nilai 25–35 cm berarti cukup baik keadaannya. Andai kurang dari 25 cm, berarti fitoplankton terlalu pekat sehingga sebagian air tambak harus dibuang dan diganti dengan air baru. Sebaliknya bila menunjukkan nilai 35 cm atau lebih, air tambak perlu dipupuk untuk menumbuhkan fitoplankton (Suyanto dan Eni, 2009). Menurut Effendi (2003), tinggi rendahnya nilai kecerahan dipengaruhi oleh keadaan cuaca, kekeruhan, padatan tersuspensi serta ketelitian pengukuran.

4.2.2 Parameter Kimia

a. Salinitas

Hasil pengamatan pada tambak pembesaran udang vaname diperoleh nilai salinitas berkisar antara 26–29 ppt (lihat *Tabel 4*). Kisaran tersebut menunjukkan masih dalam kisaran yang optimal bagi udang. Hal ini sesuai pernyataan Brown (1991) dalam Zakharia (2010), bahwa secara umum udang *Penaeid* membutuhkan kondisi lingkungan dengan salinitas berkisar antara 10–30 ppt. Udang vaname juga mempunyai kisaran toleransi yang tinggi terhadap salinitas. Udang ini mampu hidup pada salinitas yang berkisar antara 5–45 ppt.

Namun apabila salinitas di bawah 5 ppt dan di atas 30 ppt biasanya pertumbuhan udang relatif lambat, ini terkait dengan proses osmoregulasi dimana udang akan mengalami gangguan, terutama pada saat udang sedang ganti kulit dan proses metabolisme (Adiwidjaya *et al.*, 2008).

b. Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman (pH) yang diperoleh selama pengamatan pada tambak pembesaran udang vaname berkisar antara 7,4–7,6 (lihat *Tabel 4*). Menurut Suprpto (2005), kisaran nilai pH yang optimal untuk budidaya udang vaname berkisar antara 7,0–7,6 dengan toleransi 6,5–9. Lebih lanjut Wardoyo (1997), mengatakan pH dengan kisaran antara 4,5–6,0 dan 9,8–11,0 menyebabkan terganggunya metabolisme udang. Lebih lanjut dinyatakan, bahwa pada pH < 4,0 dan > 11,0 udang akan mati. Kemasaman air atau pH yang rendah dapat menyebabkan udang menjadi kropos dan selalu lembek karena tidak dapat membentuk kulit karena kurangnya kalsium dari kulit udang, sebaliknya pH yang tinggi menyebabkan peningkatan kandungan amonia yang secara tidak langsung membahayakan udang (Pantjara dan Rachmansyah, 2010). Nilai kisaran pH pada petak tambak pembesaran udang vaname tergolong dalam toleransi yang baik karena kisaran tersebut tidak melebihi dari batas optimal kehidupan udang.

c. Oksigen Terlarut (DO)

Kandungan oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen*) yang diperoleh selama pengamatan yaitu berkisar antara 6,5–7,6 mg/l (*lihat Tabel 4*). Menurut Poernomo (1989), bahwa kandungan oksigen terlarut dalam air yang dapat mendukung kehidupan udang minimum 3 mg/l, sedangkan untuk pertumbuhan yang normal bagi udang yaitu 4–7 mg/l. Pada kadar oksigen terlarut 3 mg/l, walaupun tidak memperlihatkan gejala abnormal tetapi sebenarnya berpengaruh pada pertumbuhan udang. Dengan kata lain kisaran oksigen terlarut yang diperoleh masih dalam kisaran yang optimal bagi pertumbuhan udang vaname.

Menurut Izzati (2008), konsentrasi oksigen rendah akan meningkatkan kecepatan respirasi, menurunkan efisiensi respirasi dan pertumbuhan yang dapat berakibat pada kematian massal.

d. Alkalinitas

Kondisi alkalinitas yang diperoleh selama pengamatan pada tambak pembesaran yaitu 165–207 mg/l (*lihat Tabel 4*). Dengan kondisi alkalinitas tersebut maka cukup baik untuk pertumbuhan udang, karena berdasarkan Budiardi (1999) dalam Priatna (2004), bahwa konsentrasi alkalinitas air tambak disarankan sebesar 20–200 mg/l ekuivalen CaCO_3 . Perairan dengan nilai alkalinitas yang tinggi lebih produktif daripada perairan dengan alkalinitas yang rendah. Tingkat produktivitas perairan ini tidak berkaitan secara langsung dengan alkalinitas, namun berkaitan dengan keberadaan fosfor dan elemen esensial lain yang kadarnya akan meningkat seiring dengan bertambahnya nilai dari alkalinitas tersebut (Effendi, 2003). Alkalinitas tinggi inilah yang membantu dalam menyediakan unsur kalsium untuk kebutuhan osmoregulasi sel dalam tubuh udang. Alkalinitas atau yang lebih dikenal dengan total alkalinitas adalah konsentrasi total unsur-unsur basa yang terkandung di dalam air atau setara dengan kalsium karbonat (CaCO_3) (Kilawati dan Yunita, 2014).

e. Amonia

Kadar amonia yang diperoleh selama penelitian pada tambak pembesaran udang vaname berkisar antara 0,058–0,194 mg/l (lihat *Tabel 4*). Kadar amoniak yang terukur masih dalam batas yang dapat ditolerir oleh udang. Hal ini didukung oleh Ahmad (1991), bahwa konsentrasi amonia yang mampu ditolerir untuk kehidupan udang dewasa $< 0,3$ mg/l dan udang ukuran benih $< 0,1$ mg/l. Sumber amoniak di alam adalah pemecahan nitrogen organik (protein dan urea) dan nitrogen anorganik yang terdapat di dalam tanah dan air, yang berasal dari dekomposisi bahan organik (tumbuhan dan biota hewan akuatik yang telah mati) oleh mikroba. Proses ini dikenal dengan istilah ammonifikasi. Sumber lainnya adalah dari feses biota akuatik yang merupakan limbah aktivitas metabolisme (Makmur *et al.*, 2011).

Menurut Mulyanto (1992), kandungan amonia yang rendah disuatu perairan sangat baik untuk kehidupan biota, walaupun unsur N yang terdapat pada amonia dapat menyuburkan perairan, akan tetapi kadar amoniak lebih dari 2 mg/l akan membahayakan kehidupan biota.

f. Nitrat

Nitrat merupakan salah satu bentuk nitrogen di perairan yang dapat dimanfaatkan oleh tumbuhan (fitoplankton dan alga) dalam menunjang proses pertumbuhan (Wibowo, 2009). Kadar nitrat yang diperoleh selama pengamatan pada tambak pembesaran udang vaname berkisar antara 2,15–3,38 mg/l (lihat *Tabel 4*). Kadar nitrat tersebut masih memenuhi kebutuhan bagi pertumbuhan fitoplankton yang dijelaskan oleh Sumarlinah (2000) dalam Muharram (2006), bahwa nitrat merupakan unsur hara terpenting untuk pertumbuhan fitoplankton. Kadar nitrat yang dibutuhkan untuk pertumbuhan optimal fitoplankton berkisar antara 0,900–3,500 mg/l. Dengan kisaran nitrat tersebut maka perairan tambak pada petak pengamatan tergolong dalam perairan yang memiliki tingkat

kesuburan sedang (mesotrofik). Hal ini sesuai dengan pernyataan Effendi (2003), bahwa perairan oligotrofik memiliki kadar nitrat antara 0–1 mg/l, perairan mesotrofik memiliki kadar nitrat antara 1–5 mg/l dan perairan eutrofik memiliki kadar nitrat yang berkisar antara 5–50 mg/l.

g. Orthofosfat

Orthofosfat merupakan salah satu bentuk fosfat yang dapat larut dalam air dan dapat dimanfaatkan langsung oleh tanaman air (Komarawidjaja dan Dian 2008). Menurut Saeni (1989) dalam Asmara (2005), sumber fosfat dalam perairan dapat berasal dari pelapukan batuan, dekomposisi bahan organik, pupuk buatan (limbah pertanian), limbah industri, limbah rumah tangga dan mineral-mineral fosfat.

Kadar Orthofosfat yang diperoleh selama masa pengamatan berkisar antara 0,075–0,190 mg/l (lihat Tabel 4). Menurut Boyd (1990), bahwa kandungan fosfat yang baik untuk budidaya udang berkisar antara 0,1– 0,5 mg/l. Selanjutnya Mackenthum (1969) dalam Tambaru *et al.*, (2010), menjelaskan kandungan orthofosfat yang optimal bagi pertumbuhan fitoplankton adalah 0,09–1,80 mg/l. Dan jika kandungannya kurang dari 0,02 mg/l maka akan menjadi faktor pembatas (Sumardianto, 1995). Sehingga dapat disimpulkan, kadar orthofosfat pada tambak pembesaran udang vaname masih cukup baik untuk budidaya dan tidak melewati kisaran nilai sebagai faktor pembatas diperairan.

h. Total Bahan Organik (TOM)

Bahan organik dalam jumlah tertentu akan berguna bagi biota perairan, tapi apabila jumlah yang masuk melebihi daya dukung perairan maka akan mengganggu perairan itu sendiri. Gangguan tersebut dapat berupa pendangkalan dan penurunan mutu air akibat proses dekomposisi dan perombakan bahan organik oleh bakteri pengurai (Praptokardiyo, 1997 dalam Vitner, 1999).

Kandungan bahan organik yang diperoleh selama pengamatan pada tambak pembesaran berkisar antara 60,67–77,76 mg/l (*lihat Tabel 4*). Kisaran tersebut menunjukkan bahwa kandungan bahan organik pada petak tambak penelitian tergolong tinggi. Hal ini sesuai Adiwidjaya *et al.*, (2003), bahwa kisaran optimal kandungan bahan organik (TOM) pada budidaya udang vaname adalah kurang dari 55 mg/l. Menurut Boyd (1990), bahan organik yang berasal dari pakan yang tidak termakan, plankton mati, aplikasi pemupukan dan feces udang secara berkelanjutan akan terakumulasi di dasar tambak. Dalam proses dekomposisi nitrogen organik, penguraian nitrogen menjadi amonium, nitrit dan nitrat tidaklah menimbulkan efek toksik, tetapi apabila yang terbentuk amoniak maka dalam kadar rendahpun akan menimbulkan gangguan pada organisme akuatik bahkan mematikan.

4.3 Plankton

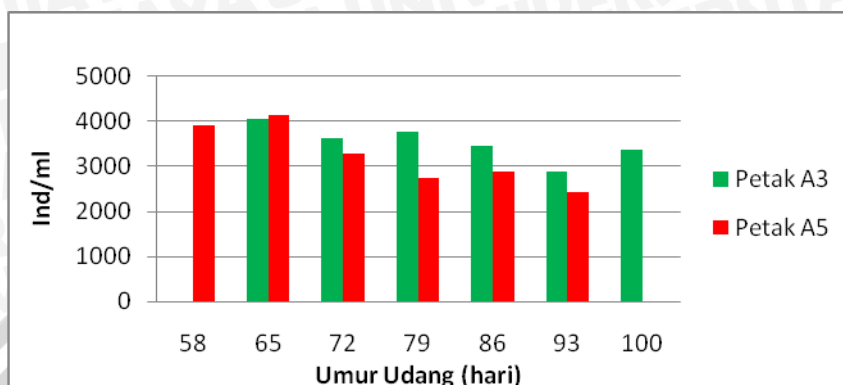
Jumlah plankton yang di amati digunakan untuk mengetahui hubungannya terhadap laju pertumbuhan udang vaname (*Litopenaeus vannamei*).

4.3.1 Kelimpahan Plankton

a. Fitoplankton

Pada hasil penelitian ditemukan 5 divisi yang mewakili kelimpahan fitoplankton, yaitu divisi Chlorophyta, Cyanophyta, Chrysophyta, Phyrrophyta dan Euglenophyta. Pada divisi Chlorophyta terdiri dari 5 genus, yaitu *Chlorella*, *Gleocystis*, *Tetraselmis*, *Scenedesmus* dan *Oocystis*; divisi Cyanophyta ada 6 genus, yaitu *Microcystis*, *Oscillatoria*, *Chrococcus*, *Anabaena*, *Merismopedia* dan *Spirulina*; divisi Chrysophyta ada 11 genus, yaitu *Cerataulina*, *Amphora*, *Skeletonema*, *Pleurosigma*, *Nitzschia*, *Monoraphidium*, *Coscinodiscus*, *Navicula*, *Cyclotella*, *Gomphosperia*, *Surirella* dan *Chaetoceros*; divisi Phyrrophyta ada 1

genus, yaitu *Peridinium* dan divisi Euglenophyta terdiri dari 1 genus, yaitu *Euglena*. Grafik kelimpahan fitoplankton selama pengamatan disajikan pada Gambar 7.



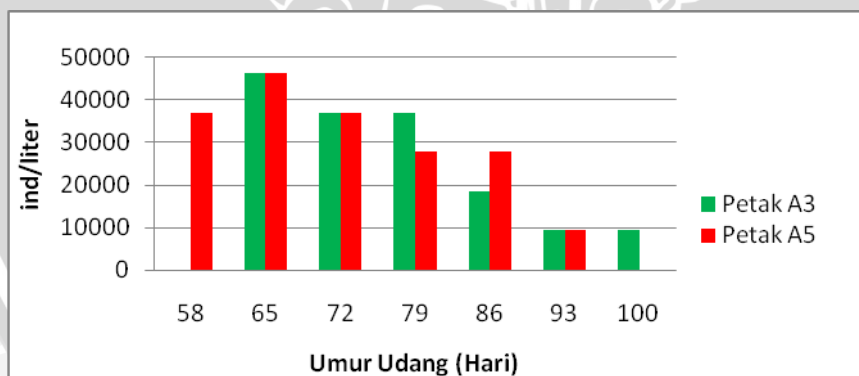
Gambar 7. Grafik Kelimpahan Fitoplankton (Ind/ml)

Berdasarkan grafik di atas, kelimpahan fitoplankton pada petak A3 umur udang 65 hari didapatkan 4.057 ind/ml, umur 72 hari 3.622 ind/ml, umur 79 hari 3.779 ind/ml, umur 86 hari 3.455 ind/ml, umur 93 hari 2.872 ind/ml dan umur 100 hari 3.372 ind/ml. Sedangkan pada petak A5 didapatkan untuk umur 58 hari yaitu 3.918 ind/ml, umur 65 hari 4.131 ind/ml, umur 72 hari 3.288 ind/ml, umur 79 hari 2.733 ind/ml, umur 86 hari 2.872 ind/ml dan umur 93 hari 2.436 ind/ml (lihat Lampiran 4). Secara keseluruhan kelimpahan fitoplankton tertinggi dan terendah terdapat pada petak A5 umur 65 hari dan 93 hari, ini diduga karena kandungan unsur hara yang rendah dan adanya pemangsa dari zooplankton. Hal tersebut sesuai dengan pendapat Rokhim *et al.*, (2009), bahwa pertumbuhan fitoplankton tergantung pada fluktuasi unsur hara. Kondisi suatu perairan juga akan mempengaruhi pola penyebaran atau distribusi fitoplankton baik secara horizontal maupun vertikal, sehingga akan berpengaruh pada kelimpahan fitoplankton. Dalam rantai makanan fitoplankton fungsinya sebagai produsen, yang selanjutnya sebagai makanan untuk zooplankton (Makmur *et al.*, 2011).

Jumlah kelimpahan fitoplankton pada petak A3 dan A5 masing-masing berkisar antara 2.872–4.057 ind/ml dan 2.436–4.131 ind/ml. Kisaran kelimpahan ini tergolong dalam perairan dengan kesuburan sedang atau mesotrofik, sesuai dengan pernyataan Landner (1978) dalam Suryanto dan Herwati (2009), yang menduga status trofik suatu perairan berdasarkan kelimpahan fitoplankton, yaitu perairan yang kelimpahan fitoplanktonnya berkisar antara 0–2000 ind/ml maka tingkat kesuburannya rendah (oligotrofik), kelimpahan fitoplankton berkisar antara 2000–15.000 ind/ml tingkat kesuburannya sedang (mesotrofik) dan kelimpahan berkisar >15.000 ind/ml maka tingkat kesuburan tinggi (eutrofik).

b. Zooplankton

Pada hasil penelitian ditemukan 2 filum yang menggambarkan kelimpahan zooplankton, yaitu filum Anthropoda dan Protozoa. Pada filum Anthropoda terdiri dari 2 genus, yaitu *Cyclop* dan *Acartia* dan dari filum Protozoa terdiri dari 1 genus, yaitu *Chlamydomphrys*. Berikut grafik kelimpahan zooplankton disajikan pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik Kelimpahan Zooplankton (Ind/l)

Berdasarkan grafik di atas, kelimpahan zooplankton pada petak A3 umur 65 hari didapatkan 46.316 ind/l, umur 72 hari 37.053 ind/l, umur 79 hari 37.053 ind/l, umur 86 hari 18.526 ind/l, umur 93 hari 9.263 ind/l dan umur 100 hari 9.263 ind/l. Sedangkan pada petak A5 didapatkan untuk umur 58 hari yaitu 37.053 ind/l,

umur 65 hari 46.316 ind/l, umur 72 hari 37.053 ind/l, umur 79 hari 27.789 ind/l, umur 86 hari 27.789 ind/l dan umur 93 hari 9.263 ind/l (lihat *Lampiran 6*). Perbedaan kelimpahan zooplankton ini menurut Handayani dan Mufti (2005), ditentukan oleh kondisi lingkungan dan ketersediaan makanan dalam hal ini fitoplankton. Apabila kondisi lingkungan sesuai dengan kebutuhan zooplankton maka akan terjadi proses pemangsaan fitoplankton oleh zooplankton. Apabila kondisi lingkungan dan ketersediaan fitoplankton tidak sesuai dengan kebutuhan zooplankton maka zooplankton akan mencari kondisi lingkungan dan makanan yang lebih sesuai. Kelimpahan zooplankton ini juga dipengaruhi oleh faktor lain seperti pemangsaan oleh predator atau organisme lain yang berada pada tingkatan tropik yang lebih tinggi seperti udang dan ikan. Adanya pemangsaan tersebut akan menyebabkan kelimpahan dari zooplankton akan berkurang.

Jumlah kelimpahan fitoplankton pada petak A3 dan A5 memiliki kisaran kelimpahan yang sama, yaitu 9.263–46.316 ind/l. Kisaran kelimpahan ini tergolong dalam perairan dengan kesuburan tinggi atau eutrofik, hal ini sesuai dengan pendapat Goldman dan Horne (1994), yang menduga status trofik berdasarkan kelimpahan zooplankton, yaitu:

- Oligotrofik, yaitu perairan tersebut mempunyai tingkat kesuburan rendah dengan kelimpahan zooplankton kurang dari 1 ind/liter
- Mesotrofik, yaitu perairan yang mempunyai tingkat kesuburan sedang dengan kelimpahan zooplankton antara 1–500 ind/liter
- Eutrofik, yaitu perairan yang mempunyai tingkat kesuburan tinggi dengan kelimpahan zooplankton lebih dari 500 ind/liter

4.4 Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*)

Data hasil analisis laju pertumbuhan (*Growth Rate*), kelulushidupan (*Survival Rate*) dan Rasio Konversi Pakan (*FCR*) udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) di PT. Surya Windu Kartika yang diperoleh selama penelitian dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Data Laju Pertumbuhan Harian, Kelulushidupan (*Survival Rate*) dan Rasio Konversi Pakan (*Food Conversion Rate*)

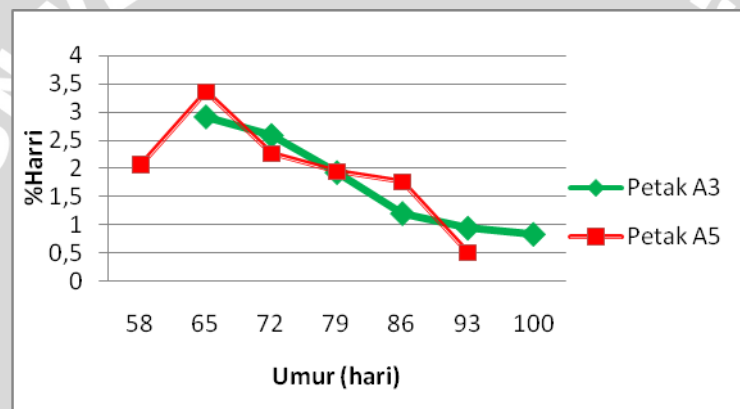
Petak	Umur (hari)	Berat rata-rata (gr/ekor)	Laju Pertumbuhan (% hari)	SR (%)	FCR
A3	65	8,32/10,21	2,92	80%	1,54
	72	12,24	2,59		
	79	14,01	1,93		
	86	15,24	1,20		
	93	16,28	0,94		
	100	17,26	0,83		
A5	58	7,12/8,23	2,07	86%	1,41
	65	10,41	3,36		
	72	12,20	2,27		
	79	13,99	1,95		
	86	15,83	1,76		
	93	16,40	0,51		

4.4.1 Laju Pertumbuhan Harian

Laju pertumbuhan harian udang vaname menunjukkan pola yang sama dari umur 65 hari, baik pada petak A3 maupun petak A5. Diketahui bahwa laju pertumbuhan udang pada awal sampling sampai akhir sampling mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya umur udang. Hal ini diduga karena umur udang pada sampling ke 65 hari merupakan laju pertumbuhan maksimal dari udang vaname dan menurun semakin bertambah dewasanya udang. Pemanfaatan energi yang didapat melalui pakan yang diberikan untuk udang dewasa lebih banyak dibutuhkan untuk aktivitas dan proses metabolisme bila dibandingkan dengan udang muda, sehingga sisa energi dari penggunaan aktivitas yang digunakan untuk proses pertumbuhan semakin menurun. Sesuai dengan pendapat Effendi (1979), pertumbuhan terjadi jika ada kelebihan energi

yang tersisa setelah digunakan untuk metabolisme, gerak, perawatan tubuh atau penggantian sel-sel yang rusak.

Laju pertumbuhan udang vaname lebih tinggi pada masa awal pemeliharaan dimana diketahui bahwa frekuensi ganti kulit (*moulting*) udang yang lebih muda lebih sering jika dibandingkan dengan udang dewasa. Pertambahan bobot badan sangat dipengaruhi oleh konsumsi pakan, karena konsumsi pakan menentukan masukan zat nutrisi ke dalam tubuh yang selanjutnya dipakai untuk pertumbuhan dan keperluan lainnya (Suwoyo dan Markus, 2010). Laju pertumbuhan harian udang dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Laju Pertumbuhan Harian Udang Vaname (%hari)

4.4.2 Kelulushidupan (*Survival rate*)

Kelulushidupan udang selama pengamatan diperoleh nilai kelulushidupan tertinggi terdapat pada petak A5 yaitu 86 % dan terendah terdapat pada petak A3 yaitu 80 % (lihat Tabel 5). Nilai kelulushidupan pada kedua petak tambak tergolong baik. Menurut Hartono (2009) dalam Kartadinata *et al.*, (2011), kelangsungan hidup vaname dapat mencapai 80–100 %. Tingkat kelulushidupan yang tinggi ini diduga karena kualitas air tambak masih dalam kondisi yang optimal bagi kehidupan udang. Serupa pendapat Suwoyo dan Markus (2010), rendahnya kualitas air media pemeliharaan dapat mengakibatkan rendahnya tingkat pertumbuhan, sintasan dan frekuensi ganti kulit, serta peningkatan bakteri

yang merugikan. Selain itu, faktor benur juga mempengaruhi kehidupan udang. Benur dengan kualitas yang baik dan sehat akan menghasilkan tingkat kelulushidupan yang tinggi.

Perbedaan nilai kelulushidupan pada petak A3 dan A5 ini juga diduga karena sifat kanibalisme udang. Menurut Yustianti *et al.*, (2010), bahwa menurunnya tingkat kelangsungan hidup karena adanya sifat kanibalisme. Udang vaname suka menyerang sesamanya, udang sehat akan menyerang udang yang lemah terutama pada saat moulting atau udang sakit. Moulting merupakan proses yang rumit dimana tingkat kematiannya sulit dihindari (Soetedjo, 2011).

4.4.3 Rasio Konversi Pakan (*Food Conversion Rate*)

Menurut Subyakto *et al.*, (2008), *Feed Conversion Rate* adalah perbandingan antara pakan yang digunakan dengan daging udang yang dihasilkan (Biomassa udang). Data hasil analisis konversi pakan diperoleh nilai rasio konversi pakan pada petak A3 dan A5 masing-masing berkisar antara 1,17–1,61 dan 1,14–1,51. Nilai konversi pakan pada kedua petak tersebut masih terbilang baik. Menurut Tim Perikanan WWF-Indonesia (2014), bahwa FCR yang umum untuk budidaya udang, yaitu antara 1,2–1,5. Data hasil rasio konversi pakan dapat dilihat pada *Tabel 7* di bawah ini.

Tabel 7. Rasio Konversi Pakan (*Food Conversion Rate*)

Petak	Umur (hari)	Total Pakan	Biomassa	FCR
A3	65	4591	3478	1,32
	72	5489	4676	1,17
	79	6281	4331	1,45
	86	7088	4858	1,46
	93	7880	4892	1,61
	100	8767	5676	1,54
A5	58	3891	3433	1,14
	65	4777	3562	1,34
	72	5697	4638	1,23
	79	6489	4578	1,42
	86	7287	4816	1,51
	93	8223	5852	1,41

Rendahnya nilai FCR ini menyatakan bahwa pakan yang diberikan sepenuhnya dimanfaatkan oleh udang dan tingginya nilai FCR diduga dikarenakan nafsu makan udang menurun akibat kualitas air yang buruk. Menurut Nuhman (2009), bahwa pakan merupakan faktor yang berpengaruh secara dominan terhadap pertumbuhan biota perairan (ikan dan crustacea) karena pakan berfungsi sebagai pemasok energi untuk memacu pertumbuhan dan mempertahankan kelangsungan hidup.

4.5 Analisis Hubungan Kandungan Nutrien dalam Air dan Plankton terhadap Laju Pertumbuhan Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*)

4.5.1 Petak A3

a. Hubungan orthofosfat (X_1) dan nitrat (X_2) terhadap kelimpahan fitoplankton(X_3)

Data tabel *Model Summary* terlihat nilai *R square* (R^2) atau koefisien determinasi antara variabel X_1 dan X_2 terhadap X_3 adalah 0,99. Pengujian koefisien jalur dengan uji *t*/ parsial (derat bebas 3) diperoleh nilai $t_{\text{tabel}} = 3,182$.

$$\text{Koefisien jalur } X_3 = PX_3X_1 + PX_3X_2 + \varepsilon$$

$$H_0 : PX_3X_1 + PX_3X_2 = 0$$

$$H_1 : PX_3X_1 + PX_3X_2 \neq 0$$

Pada tabel *Coefficients*, terlihat *p-value* (kolom sig.) X_1 dan X_2 sebesar 0,025 dan 0,010 yang lebih kecil dari 0,05 ($\alpha=5\%$) atau dengan pernyataan t_{hitung} dari X_1 dan X_2 masing-masing 4,184 dan 5,856 lebih besar dari $t_{\text{tabel}} = 3,182$. Dengan demikian tolak H_0 , terima H_1 artinya bahwa X_1 (orthofosfat) dan X_2 (nitrat) mempunyai korelasi kuat dan berperan nyata terhadap X_3 (kelimpahan fitoplankton). Sehingga di dapat persamaan strukturalnya yaitu:

$$X_3 = 0,418X_1 + 0,585X_2 + \varepsilon$$

Berdasarkan persamaan struktural tersebut, diartikan variabel X_1 dan X_2 memiliki pengaruh langsung yang positif terhadap variabel X_3 , maka dapat

diinterpretasikan bahwa peningkatan sebesar 1 satuan variabel X_1 dan X_2 akan meningkatkan variabel X_3 masing-masing sebesar 0,418 dan 0,585 satuan dengan asumsi variabel lain dianggap konstan.

b. Hubungan kelimpahan fitoplankton (X_3) terhadap kelimpahan zooplankton (X_4)

Data tabel *Model Summary* terlihat nilai *R square* (R^2) atau koefisien determinasi variabel X_3 terhadap variabel X_4 adalah 0,797. Pengujian koefisien jalur dengan uji *t*/ parsial, diperoleh nilai $t_{\text{tabel}} = 2,776$.

Koefisien jalur $X_4 = PX_4X_3 + \varepsilon$

$H_0 : PX_4X_3 = 0$

$H_1 : PX_4X_3 \neq 0$

Pada tabel *Coefficients*, terlihat *p-value* (kolom sig.) X_3 sebesar 0,017. Nilai *p-value* ini lebih kecil dari 0,05 ($\alpha=5\%$) atau dapat dikatakan bahwa $t_{\text{hitung}} X_3 = 3,966$ lebih besar dari $t_{\text{tabel}} = 2,776$. Dengan demikian tolak H_0 , terima H_1 artinya bahwa X_3 (kelimpahan fitoplankton) mempunyai korelasi kuat dan berperan nyata terhadap X_4 (kelimpahan zooplankton). Sehingga persamaan strukturalnya yaitu:

$$X_4 = 0,893X_3 + \varepsilon$$

Berdasarkan persamaan struktural tersebut, variabel X_3 memiliki pengaruh yang positif terhadap variabel X_4 , maka dapat diinterpretasikan bahwa peningkatan sebesar 1 satuan variabel X_3 akan meningkatkan variabel X_4 sebesar 0,893 satuan dengan asumsi variabel lain dianggap konstan. Hubungan antara variabel X_3 dan X_4 ini adalah berbanding lurus

c. Hubungan kelimpahan fitoplankton (X_3) dan kelimpahan zooplankton (X_4) terhadap laju pertumbuhan udang (Y)

Data tabel *Model Summary* terlihat nilai *R square* (R^2) atau koefisien determinasi variabel X_3 dan X_4 terhadap variabel Y adalah 0,942. Pengujian koefisien jalur dengan uji *t*/ parsial, diperoleh nilai $t_{\text{tabel}} = 3,182$

- Koefisien jalur $Y = PYX_3 + PYX_4 + \varepsilon$

$H_0 : PYX_3 + PYX_4 = 0$

$H_1 : PYX_3 + PYX_4 \neq 0$

Terlihat pada *p-value* (kolom Sig.), diperoleh nilai X_3 (kelimpahan fitoplankton) = 0,533 yang lebih besar dari 0,05 ($\alpha=5\%$). Dengan pernyataan bahwa $t_{hitung} = 0,702$ lebih kecil dari $t_{tabel} = 3,182$. Terima H_0 , tolak H_1 . Jika dilihat pada koefisien determinasi (R^2), kelimpahan fitoplankton memiliki korelasi yang kuat terhadap Y (laju pertumbuhan udang) sebesar 0,941, tetapi tidak berperan nyata dikarenakan pada uji t / parsial diperoleh nilai t_{hitung} lebih kecil dari t_{tabel} .

Sedangkan nilai X_4 (kelimpahan zooplankton) diperoleh *p-value* (kolom Sig.) = 0,033 yang lebih kecil dari 0,05 ($\alpha=5\%$). Dengan pernyataan bahwa $t_{hitung} = 3,757$ lebih besar dari $t_{tabel} = 3,182$. Tolak H_0 , terima H_1 yang artinya X_4 (kelimpahan zooplankton) mempunyai korelasi yang kuat dan berperan nyata terhadap Y (laju pertumbuhan udang) karena memiliki nilai korelasi yang tinggi dan nilai t_{hitung} lebih besar dari t_{tabel} . Sehingga persamaan struktural yang terbentuk menjadi:

$$Y = -0,217X_3 + 1,159X_4 + \varepsilon$$

Berdasarkan persamaan struktural tersebut, variabel X_3 memiliki pengaruh yang negatif terhadap variabel Y , dapat diinterpretasikan bahwapeningkatan sebesar 1 satuan variabel X_3 akan menurunkan variabel Y sebesar -0,217 satuan dengan asumsi variabel lain dianggap konstan. Sedangkan variabel X_4 memiliki pengaruh yang positif terhadap variabel Y . Peningkatan sebesar 1 satuan variabel X_4 akan meningkatkan variabel Y sebesar 1,159 satuan dengan asumsi variabel lain dianggap konstan.

d. Pengaruh langsung dan tidak langsung variabel eksogen terhadap variabel endogen

Data hasil perhitungan pengaruh langsung dan tidak langsung antara variabel-variabel endogen, yaitu orthofosfat (X_1), nitrat (X_2), kelimpahan fitoplankton (X_3) dan kelimpahan zooplankton (X_4) terhadap variabel eksogen, yaitulaju pertumbuhan udang (Y) dapat dilihat pada *Tabel 6* berikut ini:

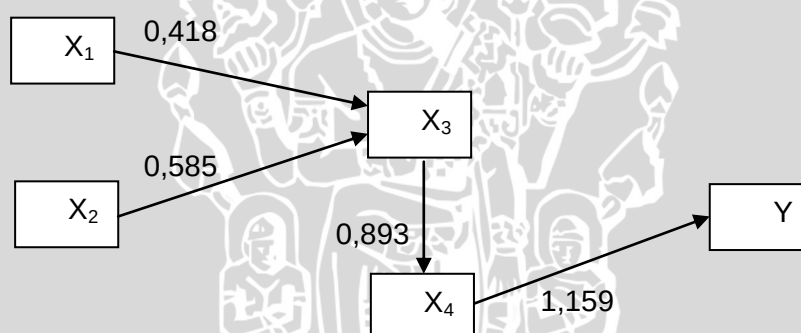
Tabel 8. Data Pengaruh Langsung, Tidak Langsung dan Total Petak A3

Pengaruh Variabel	Pengaruh Kasual			
	Langsung	Melalui X_3	Melalui X_3 dan X_4	Total
$X_1 \rightarrow X_3$	0,418	-	-	0,418
$X_1 \rightarrow X_3 \rightarrow X_4$	-	(0,418) (0,893)	-	0,373
$X_1 \rightarrow X_3 \rightarrow Y$ $X_1 \rightarrow X_3 \rightarrow X_4 \rightarrow Y$	-	-	(0,418) (0,893) (1,159)	0,433
$X_2 \rightarrow X_3$	0,585	-	-	0,585
$X_2 \rightarrow X_4 \rightarrow X_4$	-	(0,585) (0,893)	-	0,522
$X_2 \rightarrow X_3 \rightarrow Y$ $X_2 \rightarrow X_3 \rightarrow X_4 \rightarrow Y$	-	-	(0,585) (0,893) (1,159)	0,605
$X_3 \rightarrow X_4$	0,893	-	-	0,893
$X_3 \rightarrow Y$ $X_3 \rightarrow X_4 \rightarrow Y$	-	-	(0,893) (1,159)	1,035
$X_4 \rightarrow Y$	1,159	-	-	1,159

Berdasarkan tabel di atas, variabel X_1 memiliki pengaruh langsung terhadap variabel X_3 sebesar 0,418 tetapi tidak memiliki pengaruh langsung terhadap variabel X_4 , melainkan secara tidak langsung melalui variabel X_3 yaitu sebesar $0,418 \times 0,893 = 0,373$. Untuk pengaruh variabel X_1 terhadap Y diperoleh pengaruh tidak langsung yaitu melalui variabel X_4 (dipengaruhi variabel X_3) yaitu $0,418 \times 0,893 \times 1,159 = 0,433$. Selanjutnya variabel X_2 memiliki pengaruh langsung terhadap variabel X_3 sebesar 0,585 dan memiliki pengaruh yang tidak langsung terhadap variabel X_4 (melalui X_3) yaitu sebesar $0,585 \times 0,893 = 0,522$. Variabel X_2 ini juga memiliki pengaruh tidak langsung terhadap variabel Y yaitu melalui variabel X_4 (dipengaruhi variabel X_3) yaitu $0,585 \times 0,893 \times 1,159 = 0,605$. Pada variabel X_3 , memiliki pengaruh langsung terhadap variabel X_4 sebesar

0,893. Untuk variabel X_3 tidak memiliki pengaruh langsung terhadap variabel Y , akan tetapi memiliki pengaruh tidak langsung terhadap variabel Y (dipengaruhi oleh variabel X_4) sebesar $0,893 \times 1,159 = 1,035$. Sedangkan untuk variabel X_4 memiliki pengaruh langsung terhadap variabel Y yaitu sebesar 1,159.

Hasil pengujian beberapa koefisien jalur diperoleh bahwa koefisien jalur X_1 ke X_3 , X_2 ke X_3 , X_3 ke X_4 dan X_4 ke Y secara statistik adalah berkorelasi yang kuat dan nyata ($t_{hitung} > t_{tabel}$ dan $p\text{-value}$ di bawah 0,05), sedangkan koefisien jalur X_3 ke Y tidak bermakna yaitu korelasi kuat tapi tidak nyata ($t_{hitung} < t_{tabel}$ dan $p\text{-value}$ di atas 0,05). Atas dasar proporsi yang telah diperoleh dari pengaruh tiap-tiap variabel baik secara langsung maupun tidak langsung terhadap variabel lain, maka dibuatlah suatu diagram jalur sebagai berikut:



Gambar 10. Diagram Jalur Petak A3

Berdasarkan gambar ini dapat dijelaskan bahwa variabel-variabel yang berpengaruh langsung terhadap laju pertumbuhan udang (Y) adalah kelimpahan zooplankton (X_4) sedangkan kelimpahan fitoplankton tidak (X_3). Peningkatan sebesar 1 satuan variabel X_4 akan meningkatkan variabel Y sebesar 1,159 satuan dengan asumsi variabel lain dianggap konstan. Hal ini karena plankton merupakan makanan atau pakan alami yang dikonsumsi oleh crustacea maupun organisme tingkat tinggi lainnya yang digunakan sebagai energi untuk pertumbuhan. Sesuai dengan pendapat Chamberlain (1989), secara alami

pemilihan terhadap jenis makanan sangat bervariasi ini tergantung tingkatan umur udang yang bersangkutan. Pada waktu masih burayak, makanan utamanya terdiri dari plankton-plankton nabati, pada tingkat yang lebih tinggi berupa plankton hewani, pada saat udang dewasa suka makan daging, larva serangga, cacing-cacingan, klekap dan detritus. Udang termasuk hewan omnivor (pemakan segala) namun cenderung bersifat karnivora (pemakan daging).

Kelimpahan dari fitoplankton juga dapat memberikan pengaruh tidak langsung juga terhadap laju pertumbuhan udang, yaitu melalui zooplankton, sehingga kelimpahan fitoplankton dikatakan memberikan pengaruh langsung sebesar 0,893 satuan terhadap kelimpahan zooplankton. Zooplankton disini merupakan penghubung antara fitoplankton dengan udang. Hal ini sesuai dengan pernyataan Handayani (2008), bahwa zooplankton mempunyai peranan yang penting dalam rantai makanan di ekosistem perairan, karena berfungsi sebagai penghubung antara produsen dengan konsumen pada tingkat tropik yang lebih tinggi. Keadaan tersebut mengakibatkan kepadatan zooplankton sangat bergantung pada kepadatan fitoplankton, sehingga populasi zooplankton yang tinggi akan tercapai bila populasi fitoplankton juga tinggi atau sebaliknya (korelasi yang positif).

Kandungan nutrisi orthofosfat (X_1) dan nitrat (X_2) di air tidak memberikan pengaruh langsung terhadap laju pertumbuhan udang, akan tetapi sangat berpengaruh terhadap kelimpahan dari fitoplankton. Peningkatan unsur hara orthofosfat dan nitrat sebesar 1 satuan akan meningkatkan kelimpahan fitoplankton sebesar 0,418 dan 0,585. Tidak tersedianya unsur hara perairan akan menyebabkan miskinnya kelimpahan dari plankton perairan. Hal ini dikarenakan menurut Budiardi *et al.*, (2007), bahwa produksi fitoplankton pada budidaya intensif dipengaruhi oleh keberadaan unsur hara perairan, terutama unsur hara dari kelompok nitrogen (N) dan Fosfat (P). Lebih lanjut dijelaskan

Handoko *et al.*, (2013), bahwa kelimpahan fitoplankton semakin besar sejalan dengan peningkatan kandungan nitrat dan orthofosfat perairan.

4.5.2. Petak A5

a. Hubungan orthofosfat (X_1) dan nitrat (X_2) terhadap kelimpahan fitoplankton(X_3)

Data tabel *Model Summary* terlihat nilai *R square* (R^2) atau koefisien determinasi antara variabel X_1 dan X_2 terhadap X_3 adalah 0,993. Pengujian koefisien jalur dengan uji *t*/ parsial (derat bebas 3) diperoleh nilai $t_{\text{tabel}} = 3,182$.

Koefisien jalur $X_3 = PX_3X_1 + PX_3X_2 + \varepsilon$

$H_o : PX_3X_1 + PX_3X_2 = 0$

$H_i : PX_3X_1 + PX_3X_2 \neq 0$

Pada tabel *Coefficients*, terlihat *p-value* (kolom sig.) X_1 dan X_2 sebesar 0,025 dan 0,030 yang lebih kecil dari 0,05 ($\alpha=5\%$) atau dengan pernyataan t_{hitung} dari X_1 dan X_2 masing-masing 4,156 dan 3,907 lebih besar dari $t_{\text{tabel}} = 3,182$. Dengan demikian tolak H_o , terima H_i artinya bahwa X_1 (orthofosfat) dan X_2 (nitrat) mempunyai korelasi kuat dan berperan nyata terhadap X_3 (kelimpahan fitoplankton). Sehingga di dapat persamaan strukturalnya yaitu:

$$X_3 = 0,524X_1 + 0,493X_2 + \varepsilon$$

Berdasarkan persamaan struktural tersebut, variabel X_1 dan X_2 memiliki pengaruh langsung yang positif terhadap variabel X_3 , maka dapat diinterpretasikan bahwapeningkatan sebesar 1 satuan variabel X_1 akan meningkatkan variabel X_3 sebesar 0,524 dan peningkatan sebesar 1 satuan variabel X_2 akan meningkatkan variabel X_3 sebesar 0,493 satuan dengan asumsi variabel lain dianggap konstan. Hubungan antara variabel X_1 dan X_2 terhadap variabel X_3 adalah berbanding lurus.

b. Hubungan kelimpahan fitoplankton (X_3) terhadap kelimpahan zooplankton(X_4)

Data tabel *Model Summary* terlihat nilai *R square* (R^2) atau koefisien determinasi variabel X_3 terhadap variabel X_4 adalah 0,799. Pengujian koefisien jalur dengan uji *t*/ parsial, diperoleh nilai $t_{\text{tabel}} = 2,776$.

Koefisien jalur $X_4 = PX_4X_3 + \varepsilon$

$H_o : PX_4X_3 = 0$

$H_i : PX_4X_3 \neq 0$

Pada tabel *Coefficients*, terlihat *p-value* (kolom sig.) X_3 sebesar 0,016 yang lebih kecil dari 0,05 ($\alpha=5\%$) atau dengan pernyataan bahwa $t_{\text{hitung}} X_3 = 3,966$ lebih besar dari $t_{\text{tabel}} = 2,776$. Dengan demikian tolak H_o , terima H_i artinya bahwa X_3 (kelimpahan fitoplankton) mempunyai korelasi kuat dan berperan nyata terhadap X_4 (kelimpahan zooplankton). Sehingga persamaan strukturalnya yang terbentuk yaitu:

$$X_4 = 0,894X_3 + \varepsilon$$

Berdasarkan persamaan struktural tersebut, variabel X_3 memiliki pengaruh yang positif terhadap variabel X_4 , maka dapat diinterpretasikan bahwa Peningkatan sebesar 1 satuan variabel X_3 akan meningkatkan variabel X_4 sebesar 0,894 satuan dengan asumsi variabel lain dianggap konstan. Hubungan antara variabel X_3 dan X_4 ini adalah berbanding lurus.

c. Hubungan kelimpahan fitoplankton (X_3) dan Kelimpahan Zooplankton (X_4) terhadap laju pertumbuhan udang (Y)

Data tabel *Model Summary* terlihat nilai *R square* (R^2) atau koefisien determinasi variabel X_3 dan X_4 terhadap variabel Y adalah 0,943. Pengujian koefisien jalur dengan uji *t*/ parsial, diperoleh nilai $t_{\text{tabel}} = 3,182$

- Koefisien jalur $Y = PYX_3 + PYX_4 + \varepsilon$

$H_o : PYX_3 + PYX_4 = 0$

$H_i : PYX_3 + PYX_4 \neq 0$

Terlihat pada *p-value* (kolom Sig.), diperoleh nilai X_3 (kelimpahan fitoplankton) = 0,619 yang lebih besar dari 0,05 ($\alpha=5\%$). Dengan pernyataan bahwa $t_{hitung} = 0,553$ lebih kecil dari $t_{tabel} = 3,182$. Terima H_0 , tolak H_1 . Jika dilihat pada koefisien determinasi (R^2), kelimpahan fitoplankton memiliki korelasi yang kuat terhadap Y (laju pertumbuhan udang) sebesar 0,943, tetapi tidak berperan nyata dikarenakan pada uji t / parsial diperoleh nilai t_{hitung} lebih kecil dari t_{tabel} .

Sedangkan nilai X_4 (kelimpahan zooplankton) diperoleh *p-value* (kolom Sig.) = 0,036 yang lebih kecil dari 0,05 ($\alpha=5\%$). Dengan pernyataan bahwa $t_{hitung} = 3,647$ lebih besar dari $t_{tabel} = 3,182$. Tolak H_0 , terima H_1 yang artinya X_4 (kelimpahan zooplankton) mempunyai korelasi yang kuat dan berperan nyata terhadap Y (laju pertumbuhan udang) karena memiliki nilai korelasi yang tinggi dan nilai t_{hitung} lebih besar dari t_{tabel} . Sehingga persamaan struktural yang terbentuk menjadi:

$$Y = -0,170X_3 + 1,120X_4 + \varepsilon$$

Berdasarkan persamaan struktural tersebut, variabel X_3 memiliki pengaruh yang negatif terhadap variabel Y , dapat diinterpretasikan bahwa peningkatan sebesar 1 satuan variabel X_3 akan menurunkan variabel Y sebesar - 0,170 satuan dengan asumsi variabel lain dianggap konstan. Sedangkan variabel X_4 memiliki pengaruh yang positif terhadap variabel Y . Peningkatan sebesar 1 satuan variabel X_4 akan meningkatkan variabel Y sebesar 1,120 satuan dengan asumsi variabel lain dianggap konstan.

d. Pengaruh Langsung dan tidak langsung variabel eksogen terhadap variabel endogen

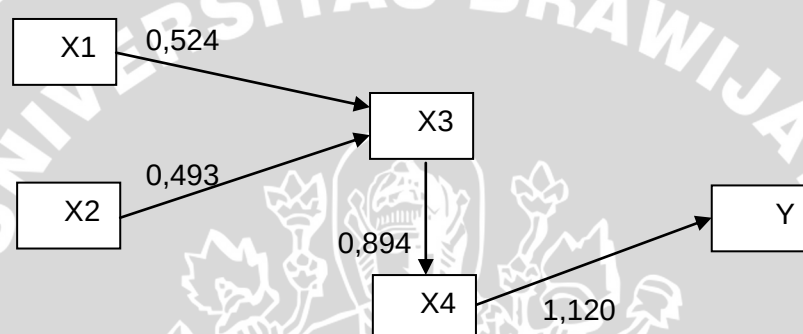
Data hasil perhitungan pengaruh langsung dan tidak langsung antara variabel-variabel endogen, yaitu orthofosfat (X_1), nitrat (X_2), kelimpahan fitoplankton (X_3) dan kelimpahan zooplankton (X_4) terhadap variabel eksogen, yaitulaju pertumbuhan udang (Y) dapat dilihat pada *Tabel 6* berikut ini:

Tabel 9. Data Pengaruh Langsung, Tidak Langsung dan Total Petak A5

Pengaruh variabel	Pengaruh Kasual			
	Langsung	Melalui X3	Melalui X3 dan X4	Total
$X_1 \rightarrow X_3$	0,524	-	-	0,524
$X_1 \rightarrow X_3 \rightarrow X_4$	-	(0,524) (0,894)	-	0,468
$X_1 \rightarrow X_3 \rightarrow Y$ $X_1 \rightarrow X_3 \rightarrow X_4 \rightarrow Y$	-	-	(0,524) (0,894) (1,120)	0,525
$X_2 \rightarrow X_3$	0,493	-	-	0,493
$X_2 \rightarrow X_3 \rightarrow X_4$	-	(0,493) (0,894)	-	0,440
$X_2 \rightarrow X_3 \rightarrow Y$ $X_2 \rightarrow X_3 \rightarrow X_4 \rightarrow Y$	-	-	(0,493) (0,894) (1,120)	0,494
$X_3 \rightarrow X_4$	0,894	-	-	0,894
$X_3 \rightarrow Y$ $X_3 \rightarrow X_4 \rightarrow Y$	-	-	(0,894) (1,120)	1,001
$X_4 \rightarrow Y$	1,120	-	-	1,120

Berdasarkan data di atas, variabel X_1 memiliki pengaruh langsung terhadap variabel X_3 sebesar 0,524 tetapi tidak memiliki pengaruh langsung terhadap variabel X_4 , melainkan secara tidak langsung melalui variabel X_3 yaitu sebesar $0,524 \times 0,894 = 0,468$. Untuk pengaruh variabel X_1 terhadap Y diperoleh pengaruh tidak langsung yaitu melalui variabel X_4 (dipengaruhi variabel X_3) yaitu $0,524 \times 0,894 \times 1,120 = 0,525$. Selanjutnya variabel X_2 memiliki pengaruh langsung terhadap variabel X_3 sebesar 0,493 dan memiliki pengaruh yang tidak langsung terhadap variabel X_4 (melalui X_3) yaitu sebesar $0,493 \times 0,894 = 0,440$. Variabel X_2 ini juga memiliki pengaruh tidak langsung terhadap variabel Y yaitu melalui variabel X_4 (dipengaruhi variabel X_3) yaitu $0,493 \times 0,894 \times 1,120 = 0,494$. Pada variabel X_3 , memiliki pengaruh langsung terhadap variabel X_4 sebesar 0,894. Untuk variabel X_3 tidak memiliki pengaruh langsung terhadap variabel Y , akan tetapi memiliki pengaruh tidak langsung terhadap variabel Y (dipengaruhi oleh variabel X_4) sebesar $0,893 \times 1,159 = 1,035$. Sedangkan untuk variabel X_4 memiliki pengaruh langsung terhadap variabel Y yaitu sebesar 1,120.

Hasil pengujian beberapa koefisien jalur diperoleh bahwa koefisien jalur X_1 ke X_3 , X_2 ke X_3 , X_3 ke X_4 dan X_4 ke Y secara statistik adalah berkorelasi yang kuat dan nyata ($t_{hitung} > t_{tabel}$ dan $p\text{-value}$ di bawah 0,05), sedangkan koefisien jalur X_3 ke Y tidak bermakna yaitu korelasi kuat tapi tidak nyata ($t_{hitung} < t_{tabel}$ dan $p\text{-value}$ di atas 0,05). Atas dasar proporsi yang telah diperoleh dari pengaruh tiap-tiap variabel baik secara langsung maupun tidak langsung terhadap variabel lain, maka dibuatlah diagram jalur sebagai berikut:



Gambar 11. Diagram Jalur Petak A5

Berdasarkan gambar ini dapat dijelaskan bahwa variabel-variabel yang berpengaruh langsung terhadap laju pertumbuhan udang (Y) adalah kelimpahan kelimpahan zooplankton (X_4) sedangkan kelimpahan fitoplankton (X_3) tidak. Peningkatan sebesar 1 satuan variabel X_4 akan meningkatkan variabel Y sebesar 1,120 satuandengan asumsi variabel lain dianggap konstan. Hal ini karena plankton merupakan makanan atau pakan alami yang dikonsumsi oleh crustacea maupun organisme tingkat tinggi lainnya yang digunakan sebagai energi untuk pertumbuhan. Sesuai dengan pendapat Chamberlain (1989), secara alami pemilihan terhadap jenis makanan sangat bervariasi ini tergantung tingkatan umur udang yang bersangkutan. Pada waktu masih burayak, makanan utamanya terdiri dari plankton-plankton nabati, pada tingkat yang lebih tinggi berupa plankton hewani, pada saat udang dewasa suka makan daging, larva

serangga, cacing-cacingan, klekap dan detritus. Udang termasuk hewan omnivor (pemakan segala) namun cenderung bersifat karnivora (pemakan daging).

Kelimpahan dari fitoplankton juga dapat memberikan pengaruh tidak langsung juga terhadap laju pertumbuhan udang, yaitu melalui zooplankton, sehingga kelimpahan fitoplankton dikatakan memberikan pengaruh langsung sebesar 0,894 satuan terhadap kelimpahan zooplankton. Zooplankton disini merupakan penghubung antara fitoplankton dengan udang. Hal ini sesuai dengan pernyataan Handayani (2008), bahwa zooplankton mempunyai peranan yang penting dalam rantai makanan di ekosistem perairan, karena berfungsi sebagai penghubung antara produsen dengan konsumen pada tingkat tropik yang lebih tinggi. Keadaan tersebut mengakibatkan kepadatan zooplankton sangat bergantung pada kepadatan fitoplankton, sehingga populasi zooplankton yang tinggi akan tercapai bila populasi fitoplankton juga tinggi atau sebaliknya (korelasi yang positif).

Kandungan nutrien orthofosfat (X_1) dan nitrat (X_2) di air tidak memberikan pengaruh langsung terhadap laju pertumbuhan udang, akan tetapi sangat berpengaruh terhadap kelimpahan dari fitoplankton. Peningkatan unsur hara orthofosfat dan nitrat sebesar 1 satuan akan meningkatkan kelimpahan fitoplankton sebesar 0,524 dan 0,493. Tidak tersedianya unsur hara perairan akan menyebabkan miskinnya kelimpahan dari plankton perairan. Hal ini dikarenakan menurut Budiardi *et al.*, (2007), bahwa produksi fitoplankton pada budidaya intensif dipengaruhi oleh keberadaan unsur hara perairan, terutama unsur hara dari kelompok nitrogen (N) dan Fosfat (P). Lebih lanjut dijelaskan Handoko *et al.*, (2013), bahwa kelimpahan fitoplankton semakin besar sejalan dengan peningkatan kandungan nitrat dan orthofosfat perairan.

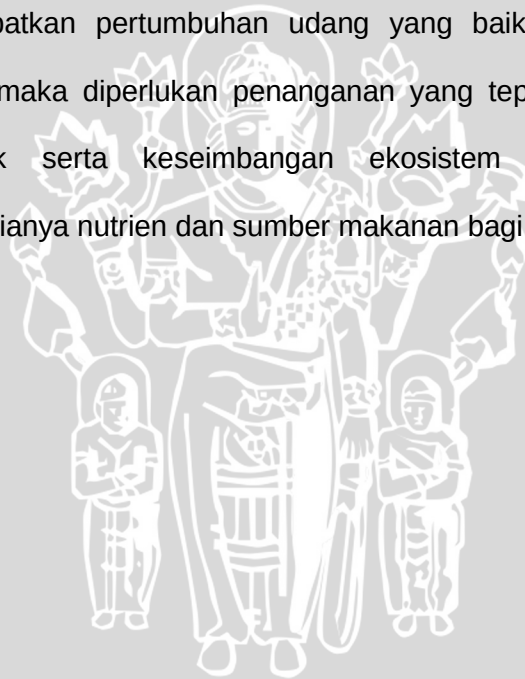
5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang didapatkan pada penelitian ini adalah pertumbuhan udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) dipengaruhi langsung oleh kelimpahan plankton (khususnya kelimpahan zooplankton), sedangkan kandungan unsur hara (orthofosfat dan nitrat) tidak berpengaruh langsung melainkan berpengaruh secara langsung terhadap kelimpahan fitoplankton yang nantinya akan mempengaruhi kelimpahan zooplankton.

5.2 Saran

Untuk mendapatkan pertumbuhan udang yang baik dan tercapainya produksi yang tinggi maka diperlukan penanganan yang tepat, yaitu menjaga kualitas air tambak serta keseimbangan ekosistem tambak dengan memperhatikan tersedianya nutrisi dan sumber makanan bagi udang.



DAFTAR PUSTAKA

- Adiwidjaya, D., Sapto P. R., Sutikno, Sugeng, E., dan Subiyanto. 2003. Budidaya Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*) Sistem Tertutup yang Ramah Lingkungan. Departemen Kelautan dan Perikanan. Balai Besar Pengembangan Budidaya Air Payau Jepara. 29 hlm.
- Adiwidjaya, D., Sucipto dan Iwan S. 2008. Penerapan Teknologi Budidaya Udang Vaname *L. vannamei* Semi Intensif pada Lokasi Tambak Salinitas Tinggi.
- Agnitasari, S. N. 2006. Karakteristik Komunitas Makrozoobenthos dan Kaitannya dengan Lingkungan Perairan di Teluk Jakarta. *Skripsi*. Institut Pertanian Bogor : Bogor.
- Ahmad, T. 1991. Pengelolaan Peubah Mutu Air yang Penting dalam Tambak Udang Intensif. Indonesia Fisheries System Infis Manual Seri No. 25. Direktorat Jenderal Perikanan dan Internasional Development Research Centre. 40 hal.
- Akbar, Y. H. 2014. Konsultasi Statistik Uji Path Analisis (Analisis Jalur). www.jasahitungstatistik.com/2014/08/konsultasi-statistik-uji-path-analisis.html Di akses pada tanggal 5 Mei 2015, pukul 12.15 WIB.
- Amri, K. dan Iskandar K. 2008. Budi Daya Udang Vaname. PT Gramedia Pustaka Utama : Jakarta.
- APHA. 1989. Standard Methods For the Examination of Water and Wasterwater. Public Health Association : Washington.
- Apridayanti, E. 2008. Evaluasi Pengelolaan Lingkungan Perairan Waduk Lahor Kabupaten Malang Jawa Timur. *Tesis*. Universitas Diponegoro : Semarang.
- Ariawan, K., Puspito D.C.L dan Poniran, 2005. Penerapan Budidaya Udang Vaname (*L. vannamei*) Pola Semi-intensif di Tambak. *Laporan Tahunan*. Departemen Kelautan dan Perikanan. Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya. Balai Besar Pengembangan Budidaya Air Payau. Jepara. 13 halaman.
- Asmara, A. 2005. Hubungan Struktur Komunitas Plankton dengan Kondisi Fisika-Kimia Perairan Pulau Pramuka dan Pulau Panggang, Kepulauan Seribu. *Skripsi*. Institut Peranian Bogor: Bogor.
- Barus, T. A. 2004. Pengantar Limnologi Studi Tentang Ekosistem Di Daratan. USU Press, Medan.
- Boyd, C. E. 1982. Water Quantity Management in Pond Fish Culture. Fishery Education and Training Institute. Alabama 319 hlm.

- Boyd, C.E. 1990. Water Quality in Ponds for Aquaculture. Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, Alabama. Birmingham Publishing Co USA. 482 hlm.
- Budiardi, T., Widyaya dan Wahjuningrum. 2007. Hubungan Komunitas Fitoplankton dengan Produktivitas Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*) di Tambak Biocrete. *Jurnal Akuakultur Indonesia*. 6 (2): 119 - 125.
- Chamberlain, A. 1989. Milk Production in The Tropics. Vinlin Press: Kuala Lumpur. Malaysia.
- Davis, M.L. dan Cornwell, D.A. 1991. Introduction to Environmental Engineering. Second Edition. McGraw-Hill, Inc., New York, 822 pp.
- De silva, S. S. dan Anderson, A. 1995. Fish Nutrien in Aqua Culture: The First Series. London. Chapman and Hall.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1989. Metode Pengujian Kadar Amonium dalam Air dengan Alat Spektrofotometer secara Nessler. Nomor SK SNI M - 48 - 1990 - 03. Yayasan LPMB, Bandung.
- Direktorat Kesehatan Ikan dan Lingkungan. 2005. Petunjuk Pengendalian Penyakit (TSV) pada Budidaya Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*). Departemen Kelautan dan Perikanan Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya Kesehatan Ikan dan Lingkungan. Jakarta Selatan.
- Effendi, H. 2003. Telaah Kualitas Air, Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan. Kanisius. Yogyakarta.
- Effendie, M.I. 1979. Metoda Biologi Perikanan. Yayasan Pustaka Nusantara, Yogyakarta. 112 hlm
- Effendie, M. I. 2002. Biologi Perikanan. Jogyakarta: Yayasan Pustaka Nusantara. 163 hlm.
- Fitriya, N. dan M. Lukman. 2013. Komunitas Zooplankton di Perairan Lamalera dan Laut Sawu, Nusa Tenggara Timur. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis* 5(1) : 219 – 227.
- Goldman, C. R dan A. J. Horne. 1994. Limnology. McGrawHill Book Company. United State of America : America.
- Haliman dan Adijaya. 2005. Pembudidayaan dan Prospek Pasar Udang Putih yang Tahan Penyakit. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Handayani, S. 2008. Hubungan Kuantitatif Antara Fitoplankton dengan Zooplankton di Perairan Waduk Krenceng Cilegon, Banten.
- Handayani, S. dan Lufti, P. P. 2005. Komunitas Zooplankton di Perairan Waduk Krenceng, Cilegon, Banten. *Makara Sains*. 9(2):75-80.

- Handoko, M. Y. dan Sri Y.M. 2013. Sebaran Nitrat dan Fosfat Dalam Kaitannya dengan Kelimpahan Fitoplankton di Kepulauan Karimunjaya. *Buletin Oseanografi Marina*. (2): 48 - 53.
- Hariyadi, S., Suryadiputra dan Widigdo. 1992. Limnologi Metode Kualitas Air. Fakultas Perikanan Institut Pertanian Bogor: Bogor.
- Hendrawati, T., Heru P., dan Nurbani R. 2009. Analisis Kadar Fosfat dan N-Nitrogen (Amonia, Nitrat, Nitrit) pada Tambak Air Payau Akibat Perembesan Lumpur Lapindo di Sidoarjo, Jawa Timur. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah : Jakarta.
- Holdich, D. M. & Lowery, R.S. 1988. Freshwater Crayfish: Biology Management, and Exploitation. Croom Helms, London and Sydney and Timber Press, Protland Oregon.
- Izzati, M. 2008. Perubahan Konsentrasi Oksigen Terlarut dan pH Perairan Tambak setelah Penambahan Rumput Laut *Sargassum Plaghyophyllum* dan Ekstraknya. Jurusan Biologi FMIPA UNDIP. Hal 60 – 69.
- Kartadinata, A., Amin, S., dan Titin, H. 2011. Pengaruh Substitusi *Skeletonema costatum* dalam Pakan Buatan terhadap Kelangsungan Hidup dan Pertumbuhan Juvenil Udang *Vannamei* (*Litopenaeus vannamei*). *Jurnal Perikanan dan Kelautan*. 2 (2): 1 – 8.
- Khaerunnisa, G., dan Ika, R. 2013. Pengaruh pH dan Rasio COD:N terhadap Produksi Biogas dengan Bahan Baku Limbah Industri Alkohol (Vinasse). *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*. 2 (3): 1-7.
- Kholifah, U., Ninis, T., dan Yuniar. 2008. Pengaruh Padat Tebar yang Berbeda terhadap Kelangsungan Hidup dan Pertumbuhan pada Polikultur Udang Windu (*Penaeus monodon* Fab) dan Ikan Bandeng (*Chanos chanos*) pada Hapa di Tambak Brebes - Jawa Tengah. Department of Fisheries, Faculty of Engineering and Marine Science. Hang Tuah University.
- Kilawati, Y. dan Yunita M. 2014. Kualitas Lingkungan Tambak Intensif *Litopenaeus vannamei* dalam Kaitannya dengan Prevalensi Penyakit *White Spot Syndrome Virus*. *Research Journal Of Life Science*.
- Komarawidjaja, W., dan Dian, A. K. 2008. Tingkat Filtrasi Rumput Laut (*Gracilaria sp*) terhadap Kandungan Ortofosfat (P_2O_5). *Jurnal Teknologi Lingkungan*. 9 (2): 180 - 183.
- Kordi, M. G. H., dan Andi, B. T. 2007. Pengelolaan Kualitas Air dalam Budidaya Perairan. Rineka Cipta : Jakarta.
- Kordi, M.G.H. 2010. Budi Daya Udang Laut. Lily Publisher. Yogyakarta

Lind, Q. T. 1997. Handbook of Common Methods in Limnology. New York: Mc. Graw Hill.

Makmur, R. dan M. Fahrur. 2011. Hubungan antara Kualitas Air dan Plankton di Tambak Kabupaten Tanjung Jabung Barat Provinsi Jambi. *Prosiding Forum Inovasi Teknologi Akuakultur*.

Mala, A. N. 2014. Pembesaran Udang Vaname *Litopenaeus vannamei* di PT. Surya Windu Kartika Unit Badean, Banyuwangi, Jawa Timur. Laporan Praktek Kerja Lapang. Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Marion, J. E. 1998. Water Quality for Pond Aquaculture. *Research and development Series* No.43. International Center for Aquaculture and Aquatic Environment Alabama Agriculture Experiment Station. Auburn University, Alabama.

Mudjiman, A. 2004. Makanan Ikan. Penebar Swadaya: Jakarta.

Mulyanto. 1992. Lingkungan Hidup untuk Ikan. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Jakarta. 108 hlm.

Muharram, N. 2006. Struktur Komunitas Perifiton dan Fitoplankton di Bagian Hulu Sungai Ciliwung, Jawa Barat. *Skripsi*. Institut Pertanian Bogor: Bogor.

Muzaki, A. 2004. Produksi Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*) pada Padat Penebaran Berbeda di Tambak Biocrete. *Skripsi*. Institut Pertanian Bogor : Bogor.

Nasution, S. 1990. Pengembangan Kurikulum/S. Nasution. Bandung: Citra Aditya Bakti.

Nugraha, Y., Hendra K., dan Rahmat S. 2013. Teknik Sampling dan Memperkirakan Kelimpahan Fitoplankton pada Ekosistem Mangrove di Sekitar P. Parang, Kep. Karimunjawa. Balai Penelitian Pemulihan dan Konservasi Sumberdaya Ikan Jatiluhur.

Nuhman. 2009. Pengaruh Prosentase Pemberian Pakan Terhadap kelangsungan Hidup dan Laju Pertumbuhan Udang Vannamei (*Litopenaeus vannamei*). Berkala Ilmiah Perikanan. 3(1):36. Surabaya

Panjaitan, A.S. 2012. Pemeliharaan Larva Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*, Boone 1931) dengan Pemberian Jenis Fitoplankton Yang Berbeda. Program Pascasarjana. Universitas Terbuka, Jakarta.

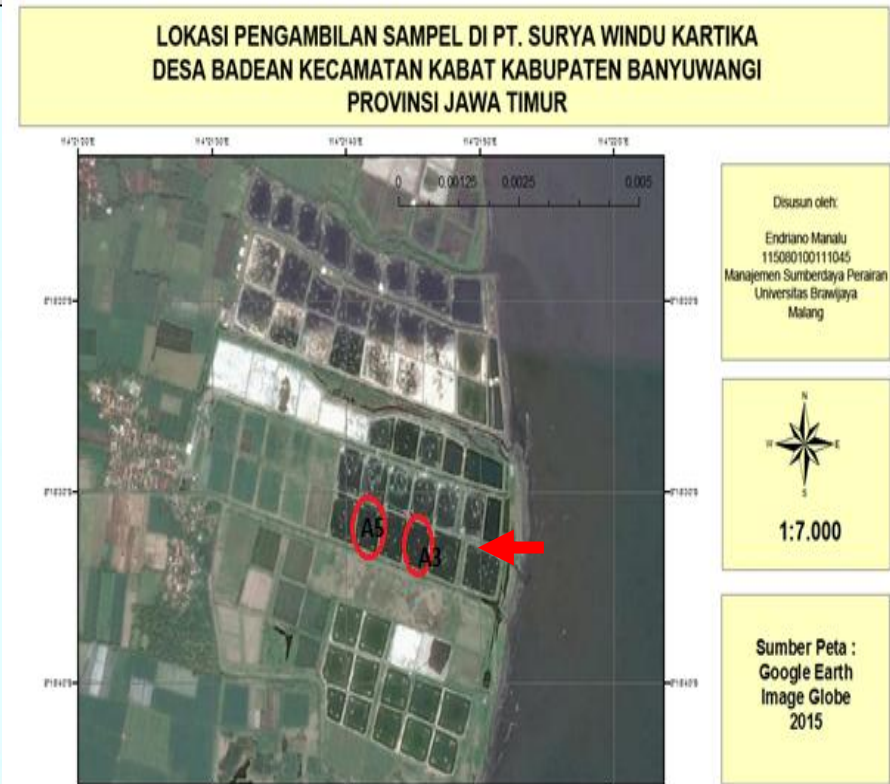
Pantjara, B. dan Rachmansyah. 2010. Efisiensi Pakan Melalui Penambahan Molase pada Budidaya Udang Vaname Salinitas Rendah.

Poernomo, A. 1989. Faktor lingkungan Dominan pada Budidaya Udang Intensif. Yayasan Obor Indonesia. Jakarta.

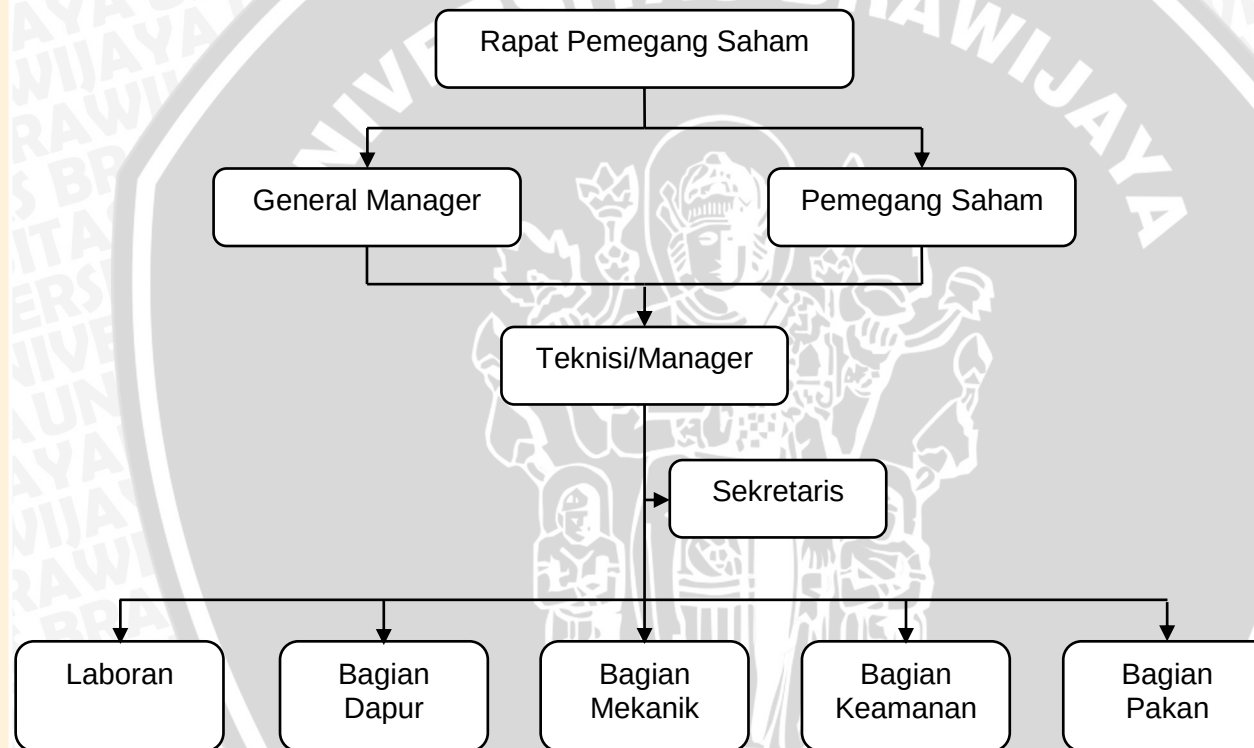
- Pranoto B. A., Ambariyanto dan M. Zainuri. 2005. Struktur Komunitas Zooplankton di Muara Sungai Serang, Jogjakarta. *Ilmu Kelautan*. 10 (2): 90 – 97.
- Priatna, H. 2004. Hubungan Parameter Kualitas Air terhadap Produksi Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*) pada Tambak Biocrete PT. Bimasena Segara, Sukabumi, Jawa Barat. *Skripsi*. Institut Pertanian Bogor: Bogor.
- Pujiastuti, P., Ismail B., dan Pranoto. 2013. *Program Magister Ilmu Lingkungan Program Pasca Sarjana*. Universitas Diponegoro : Semarang.
- Pusat Penyuluhan Kelautan dan Perikanan. 2011. Budidaya Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*). Ditjen Perikanan Tangkap. Jakarta
- Rokhim, K., Apri, A., dan Wahyuni, I. A. 2009. Analisa Kelimpahan Fitoplankton dan Ketersediaan Nutrien (NO_3 dan PO_4) di Perairan Kecamatan Kwanyar Kabupaten Bangkalan. *Jurnal Kelautan*. 2 (2): 1907-9931.
- Salmin. 2005. Oksigen Terlarut (DO) dan Kebutuhan Oksigen Biologi (BOD) Sebagai Salah Satu Indikator untuk Menentukan Kualitas Perairan. *Oseana*. 30 (3): 21 - 26.
- Sihaloho, W.S. 2009. Analisis Kandungan Amonia dari Limbah Cair inlet dan Outlet dari Beberapa Industri Kelapa Sawit. USU: FMIPA.
- Soetedjo, H. 2011. Kiat Sukses Budidaya Lobster Air Tawar. Araska Press: Yogyakarta. 118 hal.
- Subyakto, S., Dede, S., Moh. Afandi, dan Sofiati. 2008. Budidaya Udang Vannamei (*Litopenaeus vannamei*) Semi Intensif dengan Metode Sirkulasi Tertutup untuk Menghindari Serangan Virus. *Berkala Ilmiah Perikanan*. 3 (1).
- Sumardianto. 1995. Struktur komunitas Fitoplankton di Perairan Teluk Pelabuhan Ratu, Jawa Barat. Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan Fakultas Perikanan. Institut Pertanian Bogor: Bogor.
- Supono. 2011. Optimalisasi Budidaya Udang Putih (*Litopenaeus vannamei*) Melalui Peningkatan Kepadatan Penebaran di Tambak Plastik. Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
- Suprpto, I. 2005. Petunjuk Teknis Budidaya Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*). Cv Biotirta. Bandar Lampung.
- Suryabrata, S. 1980. Metode Penelitian. CV Rajawali. Jakarta.
- Suryanto, A. M., dan Herwati U. S. 2009. Pendugaan Status Trofik Dengan Pendekatan Kelimpahan Fitoplankton Dan Zooplankton Di Waduk Sengguruh, Krangkates, Lahor wlingi Raya dan Wonorejo Jawa Timur. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*. Vol 1.

- Suwoyo, H. S. dan Markus M. 2010. Aplikasi Probiotik dengan Konsentrasi Berbeda pada Pemeliharaan Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*).
- Suyanto, S. R. dan Enny P. T. 2009. Panduan Budidaya Udang Windu. Jakarta : Penebar Swadaya.
- Tambaru, R., Enan, M. A., Ismudi, M., dan Ario, D. 2010. Penentuan Parameter Paling Dominan Berpengaruh terhadap Pertumbuhan Populasi Fitoplankton pada Musim Kemarau di Perairan Pesisir Maros Sulawesi Selatan.
- Ulgodry, T. Z., Yulisman, M. Syahdan dan Santoso. 2010. Karakteristik dan Sebaran Nitrat, Fosfat dan Oksigen Terlarut di Perairan Karimunjawa Jawa Tengah. *Jurnal Penelitian Sains*. 13 (1D).
- Umroh. 2007. Pemanfaatan Konsorsia Mikroorganisme sebagai Agen Bioremediasi untuk Mereduksi Amonia pada Media Pemeliharaan Udang Windu (*Penaeus monodon Fabricius*). *Jurnal Sumberdaya Perairan*. 1 (1): 15 – 20.
- Viana, O.D. 2010. Pengaruh Perbedaan Dosis Pestisida "Diazonin 60 EC" terhadap Mortalitas dan Laju Pertumbuhan Ikan Mas (*Cyprinus carpio L.*). *Skripsi*. Universitas Brawijaya : Malang.
- Vitner, Y. 1999. Kandungan Bahan Organik dan Indeks Kualitas Air di Waduk Ir. H. Juanda, Purwakarta, Jawa Barat. *Skripsi*. Institut Pertanian Bogor: Bogor.
- Wibowo, R. K. 2009. Analisis Kualitas Air pada Sentral Outlet Tambak Udang Sistem Terpadu Tulang Bawang, Lampung. *Skripsi*. Institut Pertanian Bogor : Bogor
- Yuniasari, D. 2009. Pengaruh Pemberian Bakteri Nitrifikasi dan Denitrifikasi Serta Molase dengan C/N Rasio Berbeda terhadap Profil Kualitas Air, Kelangsungan Hidup dan Pertumbuhan Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*). Institut Pertanian Bogor : Bogor.
- Yustianti, M., Ibrahim, dan Ruslaini. 2013. Pertumbuhan dan Sintasan Larva Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*) Melalui Substitusi Tepung Ikan dengan Tepung Usus Ayam. *Jurnal Mina Laut Indonesia*. 1 (1): 93 – 103.
- Zakaria, A.S. 2010. Manajemen Pembesaran Udang Vannamei (*Litopenaeus Vannamei*) di Tambak Udang Binaan Dinas Kelautan dan Perikanan Kabupaten Pamekasan. Universitas Airlangga: Surabaya.
- Zulkifli, H., Zazili, H. dan Dian, A. P. 2011. Struktur dan Fungsi Komunitas Makrozoobenthos di Perairan Sungai Musi Kota Palembang: Telaah Indikator Pencemaran Air. Universitas Sriwijaya.

Lampiran 1. Peta Lokasi Penelitian



Lampiran 2. Struktur Organisasi PT. Surya Windu Kartika Unit Badean



Lampiran 3. Jumlah Fitoplankton

1. Petak A3

Umur Udang		65	72	79	86	93	100
Divisi	Genus	Hari	Hari	Hari	Hari	Hari	Hari
Chlorophyta	Chlorella	63	73	60	58	62	60
	Tetraselmis	0	0	4	2	0	0
	Gleocystis	23	28	15	12	11	27
	Scenedesmus	6	3	22	23	15	5
	Oocystis	27	46	21	18	40	39
Sub Total		119	150	122	113	128	131
Cyanophyta	Microcystis	51	33	34	29	12	51
	Oscillatoria	30	9	19	13	3	18
	Chroococcus	26	4	16	25	12	7
	Anabaena	0	0	4	2	0	4
	Merismopedia	0	3	9	11	7	0
Sub Total		107	49	82	80	34	80
Chrysophyta	Cerataulina	13	46	9	4	16	33
	Amphora	23	2	4	0	1	9
	Skeletonema	3	10	18	20	15	5
	Pleurosigma	0	1	2	3	0	0
	Nitzschia	38	31	36	35	41	9
	Monoraphidium	10	7	24	17	10	5
	Coscinodiscus	28	33	21	15	11	23
	Naviculla	35	29	38	42	37	22
	Cyclotella	52	28	31	29	12	28
	Gomphosperia	0	0	8	7	3	3
	Chaetoceros	0	2	7	5	2	0
Sub Total		202	189	198	177	148	137
Euglenophyta	Euglena	0	0	1	2	0	1
Subtotal		0	0	1	2	0	1
Phyrophyta	Peridinium	10	3	5	1	0	15
Subtotal		10	3	5	1	0	15
Total		438	391	408	373	310	364

2. Petak A5

Umur Udang		58	65	72	79	86	93
Divisi	Genus	Hari	Hari	Hari	Hari	Hari	Hari
Chlorophyta	Chlorella	98	116	74	80	91	59
	Gleocystis	25	74	39	9	12	6
	Tetraselmis	0	0	0	0	0	0
	Scenedesmus	5	0	1	4	3	3
	Oocystis	50	38	23	19	8	13
Sub Total		178	228	137	112	114	81
Cyanophyta	Microcystis	50	36	24	19	28	27
	Oscillatoria	24	18	10	12	14	27
	Chroococcus	22	21	14	16	15	3
	Anabaena	2	0	0	7	9	6
	Merismopedia	1	0	0	0	0	0
	Spirulina	0	0	0	1	2	3
Sub Total		99	75	48	55	68	66
Chrysophyta	Cerataulina	28	23	37	4	19	3
	Amphora	16	0	1	0	0	1
	Skeletonema	7	0	8	16	10	14
	Pleurosigma	0	0	0	1	0	2
	Nitzschia	17	15	27	28	21	26
	Monoraphidium	1	0	2	3	0	0
	Coscinodiscus	12	42	38	12	15	6
	Naviculla	10	20	21	34	23	27
	Cyclotella	32	38	30	21	36	25
	Gomphosperia	2	0	0	1	0	0
	Surirella	3	0	0	2	1	5
	Chaetoceros	0	1	0	0	0	1
Sub Total		128	139	164	122	125	110
Euglenophyta	Euglena	13	0	0	1	0	0
Subtotal		13	0	0	1	0	0
Pyrrophyta	Peridinium	5	4	6	5	3	6
Subtotal		5	4	6	5	3	6
Total		423	446	355	295	310	263

Lampiran 4. Kelimpahan Fitoplankton

1. Petak A3

Umur Udang		65	72	79	86	93	100
Divisi	Genus	Hari	Hari	Hari	Hari	Hari	Hari
Chlorophyta	Chlorella	584	676	556	537	574	556
	Tetraselmis	0	0	37	19	0	0
	Gleocystis	213	259	139	111	102	250
	Scenedesmus	56	28	204	213	139	46
	Oocystis	250	426	195	167	371	361
Sub Total		1102	1389	1130	1047	1186	1213
Cyanophyta	Microcystis	472	306	315	269	111	472
	Oscillatoria	278	83	176	120	28	167
	Chroococcus	241	37	148	232	111	65
	Anabaena	0	0	37	19	0	37
	Merismopedia	0	28	83	102	65	0
Sub Total		991	454	760	741	315	741
Chrysophyta	Cerataulina	120	426	83	37	148	306
	Amphora	213	19	37	0	9	83
	Skeletonema	28	93	167	185	139	46
	Pleurosigma	0	9	19	28	0	0
	Nitzschia	352	287	333	324	380	83
	Monoraphidium	93	65	222	157	93	46
	Coscinodiscus	259	306	195	139	102	213
	Naviculla	324	269	352	389	343	204
	Cyclotella	482	259	287	269	111	259
	Gomposperia	0	0	74	65	28	28
	Chaetoceros	0	19	65	46	19	0
Sub Total		1871	1751	1834	1640	1371	1269
Euglenophyta	Euglena	0	0	9	19	0	9
Subtotal		0	0	9	19	0	9
Phyrrhophyta	Peridinium	93	28	46	9	0	139
Subtotal		93	28	46	9	0	139
Total		4057	3622	3779	3455	2872	3372

2. Petak A5

Umur udang		58	65	72	79	86	93
Divisi	Genus	Hari	Hari	Hari	Hari	Hari	Hari
Chlorophyta	Chlorella	908	1075	685	741	843	547
	Gleocystis	232	685	361	83	111	56
	Tetraselmis	0	0	0	0	0	0
	Scenedesmus	46	0	9	37	28	28
	Oocystis	463	352	213	176	74	120
Sub Total		1649	2112	1269	1037	1056	750
Cyanophyta	Microcystis	463	333	222	176	259	250
	Oscillatoria	222	167	93	111	130	250
	Chroococcus	204	195	130	148	139	28
	Anabaena	19	0	0	65	83	56
	Merismopedia	9	0	0	0	0	0
	Spirulina	0	0	0	9	19	28
Sub Total		917	695	445	509	630	611
Chrysophyta	Cerataulina	259	213	343	37	176	28
	Amphora	148	0	9	0	0	9
	Skeletonema	65	0	74	148	93	130
	Pleurosigma	0	0	0	9	0	19
	Nitzschia	157	139	250	259	195	241
	Monoraphidium	9	0	19	28	0	0
	Coscinodiscus	111	389	352	111	139	56
	Navicula	93	185	195	315	213	250
	Cyclotella	296	352	278	195	333	232
	Gomphosperia	19	0	0	9	0	0
	Surirella	28	0	0	19	9	46
	Chaetoceros	0	9	0	0	0	9
Sub Total		1186	1288	1519	1130	1158	1019
Euglenophyta	Euglena	120	0	0	9	0	0
Subtotal		120	0	0	9	0	0
Phryriophyta	Peridinium	46	37	56	46	28	56
Subtotal		46	37	56	46	28	56
Total		3918	4131	3288	2733	2872	2436

Lampiran 5. Jumlah Zooplankton

1. Petak A3

Filum	Genus	65 Hari	72 hari	79 Hari	86 Hari	93 Hari	100 Hari
Protozoa	Chlamydomphrys	2	2	2	1	1	1
Sub Total		2	2	2	1	1	1
Arthropoda	Cyclop	2	2	1	1	0	0
	Acartia	1	0	1	0	0	0
Subtotal		3	2	2	1	0	0
Total		5	4	4	2	1	1

2. Petak A5

Filum	Genus	58 Hari	65 Hari	72 Hari	79 Hari	86 Hari	93 Hari
Protozoa	Chlamydomphrys	2	2	2	1	1	1
Subtotal		2	2	2	1	1	1
Arthropoda	Cyclop	1	2	1	2	1	0
	Acartia	1	1	1	0	1	0
Subtotal		2	3	2	2	2	0
Total		4	5	4	3	3	1

Lampiran 6. Kelimpahan Zooplankton

1. Petak A3

Filum	Genus	65 Hari	72 Hari	79 Hari	86 Hari	93 Hari	100 Hari
Protozoa	Chlamydomphrys	18526	18526	18526	9263	9263	9263
Subtotal		18526	18526	18526	9263	9263	9263
Arthropoda	Cyclop	18526	18526	9263	9263	0	0
	Acartia	9263	0	9263	0	0	0
Subtotal		27789	18526	18526	9263	0	0
Total		46316	37053	37053	18526	9263	9263

2. Petak A5

Filum	Genus	58 Hari	65 Hari	72 Hari	79 Hari	86 Hari	93 Hari
Protozoa	Chlamydomphrys	18526	18526	18526	9263	9263	9263
Subtotal		18526	18526	18526	9263	9263	9263
Arthropoda	Cyclop	9263	18526	9263	18526	9263	0
	Acartia	9263	9263	9263	0	9263	0
Subtotal		18526	27789	18526	18526	18526	0
Total		37053	46316	37053	27789	27789	9263

Lampiran 7. Data Kualitas Air

Petak	Umur	Suhu (°C)	Kecerahan (cm)	Salinitas (ppt)	pH	DO (mg/l)	Alkalinitas (mg/l)	Ortofosfat (mg/l)	Amonia (mg/l)	Nitrat (mg/l)	TOM (mg/l)
A3	65	27	25	27	7,5	7,2	188	0,190	0,161	3,38	71,42
	72	28	25	28	7,5	7,4	191	0,162	0,121	2,92	71,42
	79	26	25	28	7,6	6,6	165	0,178	0,080	3,01	71,44
	86	27	25	29	7,4	6,9	184	0,154	0,160	2,75	73,94
	93	26	30	29	7,5	6,5	172	0,122	0,185	2,15	75,21
	100	26	30	28	7,6	6,5	200	0,149	0,193	2,65	75,84
A5	58	27	30	27	7,5	7,6	185	0,165	0,16	3,18	69,52
	65	26	25	26	7,5	7,3	201	0,171	0,058	3,27	60,67
	72	28	20	28	7,5	7,2	197	0,107	0,143	2,83	69,52
	79	26	20	27	7,6	7,5	180	0,095	0,137	2,20	72,05
	86	27	25	29	7,6	6,6	201	0,105	0,164	2,21	73,94
	93	27	30	29	7,5	7,4	207	0,075	0,194	2,15	77,76

Lampiran 8. Perhitungan Laju Pertumbuhan

1. Petak A3

• Umur 65 hari

$$LPH = \frac{\ln W_t - \ln W_o}{t} \times 100\%$$

$$LPH = \frac{\ln 10,21 - \ln 8,32}{7} \times 100\%$$

$$LPH = 2,92 \%$$

• Umur 86 hari

$$LPH = \frac{\ln W_t - \ln W_o}{t} \times 100\%$$

$$LPH = \frac{\ln 15,24 - \ln 14,01}{7} \times 100\%$$

$$LPH = 1,20 \%$$

• Umur 72 hari

$$LPH = \frac{\ln W_t - \ln W_o}{t} \times 100\%$$

$$LPH = \frac{\ln 12,24 - \ln 10,21}{7} \times 100\%$$

$$LPH = 2,59 \%$$

• Umur 93 hari

$$LPH = \frac{\ln W_t - \ln W_o}{t} \times 100\%$$

$$LPH = \frac{\ln 16,28 - \ln 15,24}{7} \times 100\%$$

$$LPH = 0,94 \%$$

• Umur 79 hari

$$LPH = \frac{\ln W_t - \ln W_o}{t} \times 100\%$$

$$LPH = \frac{\ln 14,01 - \ln 12,24}{7} \times 100\%$$

$$LPH = 1,93 \%$$

• Umur 100 hari

$$LPH = \frac{\ln W_t - \ln W_o}{t} \times 100\%$$

$$LPH = \frac{\ln 17,26 - \ln 16,28}{7} \times 100\%$$

$$LPH = 0,83 \%$$

Keterangan:

LPH : Laju Pertumbuhan Harian

2. Petak A5

• Umur 58 hari

$$LPH = \frac{\ln W_t - \ln W_o}{t} \times 100\%$$

$$LPH = \frac{\ln 8,23 - \ln 7,12}{7} \times 100\%$$

$$LPH = 2,07 \%$$

• Umur 65 hari

$$LPH = \frac{\ln W_t - \ln W_o}{t} \times 100\%$$

$$LPH = \frac{\ln 10,41 - \ln 8,23}{7} \times 100\%$$

$$LPH = 3,36 \%$$

• Umur 72 hari

$$LPH = \frac{\ln W_t - \ln W_o}{t} \times 100\%$$

$$LPH = \frac{\ln 12,20 - \ln 10,41}{7} \times 100\%$$

$$LPH = 2,27 \%$$

• Umur 79 hari

$$LPH = \frac{\ln W_t - \ln W_o}{t} \times 100\%$$

$$LPH = \frac{\ln 13,99 - \ln 12,20}{7} \times 100\%$$

$$LPH = 1,95 \%$$

• Umur 86 hari

$$LPH = \frac{\ln W_t - \ln W_o}{t} \times 100\%$$

$$LPH = \frac{\ln 15,83 - \ln 13,99}{7} \times 100\%$$

$$LPH = 1,76 \%$$

• Umur 93 hari

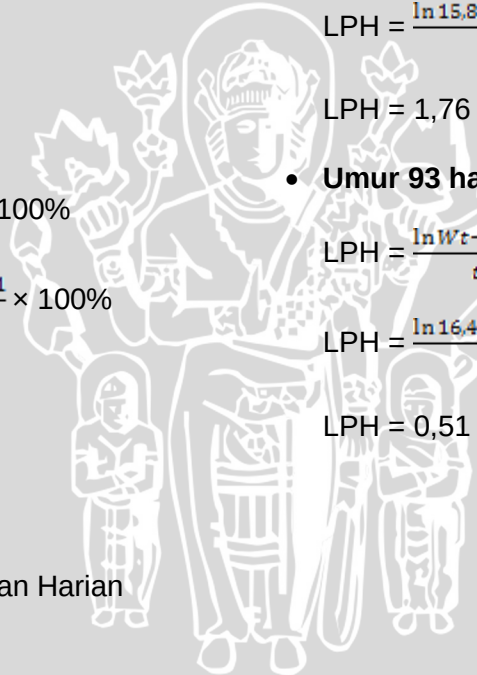
$$LPH = \frac{\ln W_t - \ln W_o}{t} \times 100\%$$

$$LPH = \frac{\ln 16,40 - \ln 15,83}{7} \times 100\%$$

$$LPH = 0,51 \%$$

Keterangan :

LPH : Laju Pertumbuhan Harian

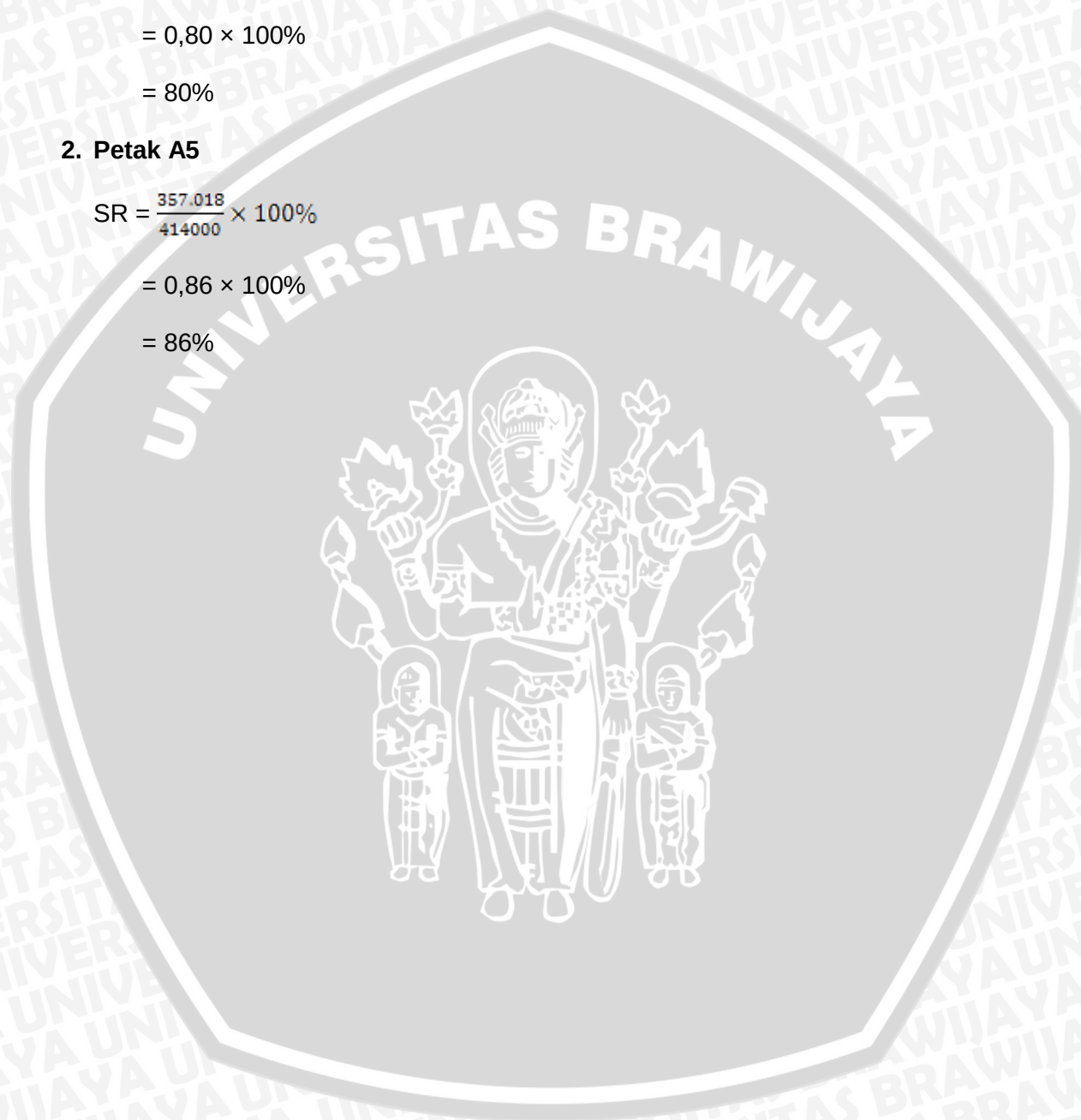


Lampiran 9. Perhitungan Kelulushidupan (Survival Rate)**1. Petak A3**

$$\begin{aligned} SR &= \frac{329.216}{414000} \times 100\% \\ &= 0,80 \times 100\% \\ &= 80\% \end{aligned}$$

2. Petak A5

$$\begin{aligned} SR &= \frac{357.018}{414000} \times 100\% \\ &= 0,86 \times 100\% \\ &= 86\% \end{aligned}$$



Lampiran 10. Perhitungan Rasio Konversi Pakan (FCR)

1. Petak A3

• Umur 65 hari

$$\begin{aligned} \text{FCR} &= \frac{F_t}{W_t - W_c} \\ &= \frac{4591}{3478 - 20,7} \\ &= 1,32 \end{aligned}$$

• Umur 72 hari

$$\begin{aligned} \text{FCR} &= \frac{F_t}{W_t - W_c} \\ &= \frac{5489}{4676 - 20,7} \\ &= 1,17 \end{aligned}$$

• Umur 79 hari

$$\begin{aligned} \text{FCR} &= \frac{F_t}{W_t - W_c} \\ &= \frac{6281}{4331 - 20,7} \\ &= 1,45 \end{aligned}$$

• Umur 86 hari

$$\begin{aligned} \text{FCR} &= \frac{F_t}{W_t - W_c} \\ &= \frac{7088}{4858 - 20,7} \\ &= 1,46 \end{aligned}$$

• Umur 93 hari

$$\begin{aligned} \text{FCR} &= \frac{F_t}{W_t - W_c} \\ &= \frac{7880}{4892 - 20,7} \\ &= 1,61 \end{aligned}$$

• Umur 100 hari

$$\begin{aligned} \text{FCR} &= \frac{F_t}{W_t - W_c} \\ &= \frac{8767}{5676 - 20,7} \\ &= 1,54 \end{aligned}$$

2. Petak A5

• Umur 58 hari

$$\begin{aligned} \text{FCR} &= \frac{F_t}{W_t - W_c} \\ &= \frac{3891}{3433 - 20,7} \\ &= 1,14 \end{aligned}$$

• Umur 65 hari

$$\begin{aligned} \text{FCR} &= \frac{F_t}{W_t - W_c} \\ &= \frac{4777}{3562 - 20,7} \\ &= 1,34 \end{aligned}$$

• Umur 72 hari

$$\begin{aligned} \text{FCR} &= \frac{F_t}{W_t - W_c} \\ &= \frac{5697}{4638 - 20,7} \\ &= 1,23 \end{aligned}$$

• Umur 79 hari

$$\begin{aligned} \text{FCR} &= \frac{F_t}{W_t - W_c} \\ &= \frac{6489}{4578 - 20,7} \\ &= 1,42 \end{aligned}$$

• Umur 86 hari

$$\begin{aligned} \text{FCR} &= \frac{F_t}{W_t - W_c} \\ &= \frac{7287}{4816 - 20,7} \\ &= 1,51 \end{aligned}$$

• Umur 93 hari

$$\begin{aligned} \text{FCR} &= \frac{F_t}{W_t - W_c} \\ &= \frac{8223}{5852 - 20,7} \\ &= 1,41 \end{aligned}$$

Keterangan:

FCR : Food Conversion Rate

Lampiran 11. Data Analisis Regresi

1. Petak A3

Orthofosfat (X ₁)	Nitrat (X ₂)	Kelimpahan Fitoplankton (X ₃)	Kelimpahan Zooplankton (X ₄)	Laju Pertumbuhan (Y)
0,190	3,38	4057	46316	2,92
0,162	2,92	3622	37053	2,59
0,178	3,01	3779	37053	1,93
0,154	2,75	3455	18526	1,20
0,122	2,15	2872	9263	0,94
0,149	2,65	3372	9263	0,83

- X₁ dan X₂ terhadap X₃

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	1.000 ^a	.999	.999	14.578

a. Predictors: (Constant), X₂, X₁

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	811021.240	2	405510.620	1.908E3	.000 ^a
	Residual	637.593	3	212.531		
	Total	811658.833	5			

a. Predictors: (Constant), X₂, X₁

b. Dependent Variable: X₃

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	784.706	45.112		17.395	.000
	X ₁	7083.823	1693.120	.418	4.184	.025
	X ₂	574.360	98.080	.585	5.856	.010

a. Dependent Variable: X₃

- X_3 terhadap X_4

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.893 ^a	.797	.747	8032.188

a. Predictors: (Constant), X_3

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1.015E9	1	1.015E9	15.729	.017 ^a
	Residual	2.581E8	4	6.452E7		
	Total	1.273E9	5			

a. Predictors: (Constant), X_3

b. Dependent Variable: X_4

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-98434.986	31608.195		-3.114	.036
	X_3	35.359	8.916	.893	3.966	.017

a. Dependent Variable: X_4

- X_3 dan X_4 terhadap Y

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.971 ^a	.942	.904	.27471

a. Predictors: (Constant), X_4 , X_3

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	3.684	2	1.842	24.409	.014 ^a
	Residual	.226	3	.075		
	Total	3.911	5			

a. Predictors: (Constant), X_4 , X_3

b. Dependent Variable: Y

Coefficients^a

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
1 (Constant)	1.726	2.001		.863	.452
X3	.000	.001	-.217	-.702	.533
X4	6.425E-5	.000	1.159	3.757	.033

a. Dependent Variable: Y



2. Petak A5

Orthofosfat (X ₁)	Nitrat (X ₂)	Kelimpahan Fitoplankton (X ₃)	Kelimpahan Zooplankton (X ₄)	Laju Pertumbuhan (Y)
0,165	3,18	3918	37053	2,07
0,171	3,27	4131	46316	3,36
0,107	2,83	3288	37053	2,27
0,095	2,20	2733	27789	1,95
0,105	2,21	2872	27789	1,76
0,075	2,15	2436	9263	0,51

- X₁ dan X₂ terhadap X₃

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.996 ^a	.993	.988	74.475

a. Predictors: (Constant), X₂, X₁

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	2277477.780	2	1138738.890	205.307	.001 ^a
	Residual	16639.553	3	5546.518		
	Total	2294117.333	5			

a. Predictors: (Constant), X₂, X₁

b. Dependent Variable: X₃

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	445.345	221.804		2.008	.138
	X ₁	9062.791	2180.674	.524	4.156	.025
	X ₂	643.867	164.778	.493	3.907	.030

a. Dependent Variable: X₃

- X_3 terhadap X_4

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.894 ^a	.799	.749	6340.685

a. Predictors: (Constant), X_3

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	6.401E8	1	6.401E8	15.920	.016 ^a
	Residual	1.608E8	4	4.020E7		
	Total	8.009E8	5			

a. Predictors: (Constant), X_3

b. Dependent Variable: X_4

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-23069.292	13765.865		-1.676	.169
	X_3	16.703	4.186	.894	3.990	.016

a. Dependent Variable: X_4

- X_3 dan X_4 terhadap Y

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.971 ^a	.943	.905	.28219

a. Predictors: (Constant), X_4 , X_3

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	3.968	2	1.984	24.912	.014 ^a
	Residual	.239	3	.080		
	Total	4.207	5			

a. Predictors: (Constant), X_4 , X_3

b. Dependent Variable: Y

Coefficients^a

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
1 (Constant)	.223	.799		.279	.799
X3	.000	.000	-.170	-.553	.619
X4	8.116E-5	.000	1.120	3.647	.036

a. Dependent Variable: Y

