

ANALISIS MUTU ZOOXANTHELLA
SARI BERBAGAI INANG DAN PENGARUHNYA
TERHADAP SINTASAN DAN PERTUMBUHAN JUVENIL
KIMA SISIK (*Tridacna squamosa*)

OLEH

A. NIARTININGSIH



PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS HASANUDDIN	
Tgl. Terima	5-8-03
Asal Dari	S.S
Banyaknya	2 (dua)
Harga	-
No. Inventaris	030000654
No. Klas	15807

S3-KB03
NLA - A

PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2001

DISERTASI

**ANALISIS MUTU ZOOXANTHELLA DARI BERBAGAI INANG
DAN PENGARUHNYA TERHADAP
SINTASAN DAN PERTUMBUHAN JUVENIL
KIMA SISIK (*Tridacna squamosa*)**

Disusun dan diajukan oleh :

ANDI NIARTININGSIH

Nomor Pokok : P3SP97011

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Disertasi
Pada tanggal 8 Desember 2001
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui
Tim Promotor

Prof. Dr. Ir. M. Natsir Nessa, MS.

Promotor

Prof. Dr. Ir. Ishak Andarias, M Fish.

Ko Promotor

Prof. Dr. Ir. Ambo Tuwo, DEA.

Ko Promotor

Ketua Program Studi S-3

Prof. Dr. Ir. H. Ambo Ala, MS.

Direktur Program Pascasarjana

Prof. dr. A. Husni Tantra, PhD.



Abstract

ANDI NIARTININGSIH. Analysis of Zooxanthellae Quality from Different Host and Their Effect on the Survivorship and Growth of Juvenile Clams (*Tridacna squamosa*) (Under the supervision of H.M. Natsir Nessa, Ishak Andarias and Ambo Tuwo).

The aims of the study were : (1) to identify the different species of zooxanthellae associated with clams, corals and anemones, which identified by the performance of mitochondria DNA, (2) to determine the quality of zooxanthellae associated with clams, corals and anemones, (3) to determine the effect of zooxanthellae quality introduced from different host on the survival and growth rate of clam's larvae and juvenile *T. squamosa*, and (4) to determine the effect of applied ZA and TSP fertilizers on the survival and growth rate of juvenile of clams *T. squamosa*.

The study was conducted from September 17, 1999 to May 21, 2001, at the hatchery of UNHAS Marine Station, Barrang Lompo Island and at the Biotechnology Laboratory, Research Institute for Mariculture, Gondol Bali. DNA analyses was used to identify the differences of zooxanthellae species. The Density, Chlorophyll-a and Mitotic Indices of Zooxanthellae was analysed to represent the quality of zooxanthellae. The effect of applied zooxanthellae from different host and the effect of ZA and TSP fertilizers on the survival and growth rate of juvenile clams was conducted using *Lanugaria* with BRD.

The results of the research revealed that there were different species of zooxanthellae live endosymbiotic with clams, anemones, and corals.

The highest density, the chlorophyll-a, and the phaeopigmen of zooxanthellae were sea anemones, followed by clams and corals. The highest mitotic indices were in clams, then followed by sea anemones and corals.

The highest survival rate of larvae were those introduced by zooxanthellae gained from corals, whereas the survival rate of the juvenile introduced by zooxanthellae gained from clams showed the highest result. The highest growth rate of clams larvae were those introduced by zooxanthellae gained from clams and the highest growth rate of clams juvenile were those introduced by zooxanthellae gained from corals.

The application of ZA and TSP fertilizers showed the highest growth rate clams juvenile. In addition, the survival rate showed no differences between ZA, TSP and ZA + TSP fertilizers.

ABSTRAK

ANDI NIARTININGSIH. Analisis Mutu Zooxanthella dari Berbagai Inang dan Pengaruhnya Terhadap Sintasan dan Pertumbuhan Juvenil Kima Sisik (*Tridacna squamosa*). (Di bawah bimbingan H.M.Natsir Nessa sebagai Promotor, Ishak Andarias dan Ambo Tuwo sebagai ko-promotor).

Tujuan dari penelitian ini ialah untuk mengetahui (1) perbedaan spesies zooxanthella yang berasal dari kima sisik, karang bercabang dan anemon laut yang ditunjukkan melalui keragaan mt-DNANYa, (2) mutu zooxanthella yang berasal dari kima sisik, karang bercabang dan anemon laut, (3) pengaruh pemberian zooxanthella dari kima sisik, karang bercabang dan anemon laut terhadap sintasan dan pertumbuhan larva serta juvenil kima sisik, (4) pengaruh pemberian pupuk ZA dan TSP terhadap sintasan dan laju pertumbuhan juvenil kima sisik.

Penelitian dilakukan dari tanggal 17 September 1999 sampai 21 Mei 2001 di Hatchery Marine Station, Universitas Hasanuddin Pulau Barrang Lombo dan di Laboratorium Bioteknologi Balai Besar Riset Perikanan Budidaya Laut Gondol, Bali. Untuk mengetahui perbedaan spesies zooxanthella dari masing-masing inang dilakukan analisis mt-DNA dan untuk mengetahui mutu zooxanthella dilakukan analisis kepadatan, klorofil-a dan indeks mitotik zooxanthella. Sedangkan untuk mengetahui pengaruh pemberian zooxanthella dari inang yang berbeda serta pengaruh pemupukan terhadap sintasan dan pertumbuhan juvenil kima sisik dilakukan analisis ragam.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa spesies zooxanthella yang hidup bersimbiosis dengan anemon laut *Stichodactyla gigantea*, kima sisik *Tridacna squamosa* dan karang bercabang *Acropora samoensis* berbeda.

Kepadatan, jumlah klorofil-a dan phaeopigmen zooxanthella tertinggi didapatkan pada anemon laut, disusul kima sisik dan paling rendah pada karang bercabang. Sedangkan indeks mitotik tertinggi didapatkan pada kima sisik, kemudian anemon laut dan yang terendah pada karang bercabang.

Pada fase larva, sintasan tertinggi diperoleh pada larva yang diberi zooxanthella asal karang bercabang, sedangkan pertumbuhan tertinggi diperoleh pada larva yang diberi zooxanthella asal kima sisik. Pada fase juvenil, sintasan tertinggi diperoleh pada juvenil yang diberi zooxanthella asal kima sisik, dan pertumbuhan tertinggi diperoleh pada juvenil yang diberi zooxanthella asal karang bercabang.

Juvenil kima sisik yang diberi pupuk ZA + TSP memberi pertumbuhan yang terbaik, akan tetapi pada sintasan tidak ada perbedaan antara yang diberi pupuk ZA, TSP dan ZA + TSP, namun berbeda dengan yang tidak diberi pupuk.

UCAPAN TERIMA KASIH

Syukur Alhamdulillah, penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, karena rahmat dan ridha-Nya jualah sehingga penulis dapat menyelesaikan kuliah, penelitian dan penulisan disertasi ini.

Penulisan disertasi ini dapat selesai atas bantuan berbagai pihak, untuk itu penulis ingin menyampaikan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada Bapak Prof. Dr. Ir. H.M. Natsir Nessa, M.S. sebagai Promotor, Bapak Prof. Dr. Ir. Ishak Andarias, M. Fish. dan Bapak Prof. Dr. Ir. Ambo Tuwo, DEA sebagai Ko-Promotor yang telah dengan tekun dan sabar memberikan petunjuk, saran, koreksi serta bimbingan yang diberikan sejak awal penulisan rencana penelitian hingga akhir penulisan disertasi ini.

Ucapan terima kasih penulis juga sampaikan kepada Bapak Rektor Universitas Hasanuddin Prof. Dr. Ir. Rady A. Gani, Dekan Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan pada masanya Bapak Ir. Syamsu Alam Ali, M.S., dan Dekan FIKP saat ini Bapak Ir. Hamzah Sanuzi, M.Sc., Direktur Pascasarjana Universitas Hasanuddin Prof. Dr. A. Husni Tanra, PhD, atas kesempatan yang diberikan untuk mengikuti program Pascasarjana Universitas Hasanuddin.

Penulis juga berterima kasih kepada Bapak Dr. Ir. Ambariyanto, M.Sc. (Universitas Diponegoro, Semarang), Todd C. Lajeunesse, PhD. (Department of Botany, UGA, Athens, USA), Bapak Dr. Suharsono, M.Sc. (P3O-LIPI



Jakarta), Ir. Aspari Rachman, dr. H. Moh. Hatta, PhD., Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc., Dr. Ir. M. Iqbal Djawad, M.Sc., dan Dr. Akbar Thahir, M.Sc. atas saran, koreksi dan bantuan pustaka. Kepada Dra. Hariyanti, M.Sc. Kepala Laboratorium Bioteknologi Balai Besar Riset Perikanan Budidaya Laut Gondol, Bali, atas bantuan analisis DNA dan pustakanya.

Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Syafyuddin Yusuf, ST, atas bantuannya dalam pemijahan (Spawning) kima, kepada staf pegawai dan teknisi Hatchery Marine Science FIKP di P. Barrang Lompo : Syarifuddin, Japri, Ridwan, dan Jamaluddin. Juga kepada adik-adik mahasiswa FIKP sebagai "crew kima" : Sri, Mastan, Iskandar, Rasyid, Jamaluddin, Alma, Qadri, Ipe', Anchu, Undink, Baya, dan Khirlan yang banyak membantu dan bersama-sama dengan penulis selama penelitiannya di P. Barrang Lompo.

Kepada teman-teman angkatan 97 Pascasarjana terutama kepada : dr. Agnes Kwenang, Ir. Bulkis Usman, MS, Ir. Dahliã, M.Si., dan Ir. Jayadi, M.Si., terima kasih atas motivasi dan kebersamaannya. Terima kasih juga saya ucapkan kepada semua pihak yang telah banyak membantu, namun tidak dapat disebutkan satu persatu dalam tulisan ini.

Kepada Ibunda Hj. Andi Nilma dan Ayahanda Andi Abd. Rachman Mappiare, sembah sujud penulis sampaikan sebagai ucapan terima kasih yang tak terhingga atas pengorbanan, bimbingan dan doa yang tiada henti-hentinya. Juga kepada kakak dan adik-adik, terima kasih atas motivasi dan doanya.

Akhirnya kepada suami tercinta Dr. Ir. Sjamsuddin Garantjang, M.Sc., dan ananda tersayang Yayah Inayah, Muh. Zakiy Ubaid, dan Muhammad Fauzan, atas segala bantuan, pengertian, pengorbanan, kesabaran, dan motivasi, yang diberikan selama penulis mengikuti pendidikan.

Dengan segala kerendahan hati penulis menyadari bahwa tulisan ini masih banyak kekurangannya, oleh karena itu kritik dan saran yang mengarah kepada penyempurnaannya sangat diharapkan.

Makassar, Desember 2001

Penulis,

DAFTAR ISI

	Halaman
I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	4
C. Tujuan dan Manfaat Penelitian	7
II. TINJAUAN PUSTAKA	9
A. Kima	9
B. Zooxanthella	16
C. Hewan Inang	26
a. Kima Sisik (<i>T. squamosa</i>)	26
b. karang (<i>A. samoensis</i>)	27
c. Anemon Laut (<i>S. gigantea</i>)	28
D. Pengambilan Nutrien Terlarut	30
E. Klorofil-a Zooxanthella	34
F. Indeks Mitotik Zooxanthella	36
G. Pertumbuhan dan Sintasan Juvenil Kima	38
III. KERANGKA PENELITIAN	41
A. Kerangka Pemikiran	41
B. Hipotesis	42
IV. METODE PENELITIAN	44
A. Tempat dan Waktu	44
B. Pelaksanaan Penelitian	45
a. Bahan dan Alat	45

b. Metode dan Prosedur Percobaan	47
1. Analisis Keragaan mt-DNA	47
2. Analisis Kepadatan Zooxanthella	50
3. Analisis Klorofil -a Zooxanythella	51
4. Analisis Indeks Mitotik Zooxanthella	52
5. Pengaruh Zooxanthella dari Sumber yang Berbeda Terhadap Sintasan dan Laju Pertumbuhan Larva serta Juvenil Kima Sisik	53
6. Pengaruh Pemberian Pupuk ZA, TSP, ZA + TSP Terhadap Sintasan dan Laju Pertumbuhan Juvenil Kima Sisik (<i>T. squamosa</i>)	57
C. Peubah yang Diamati	59
a. Kepadatan Zooxanthella	59
b. Klorofil-a	59
c. Indeks Mitotik	60
d. Sintasan Larva dan Juvenil Kima Sisik	60
e. Pertumbuhan Panjang Mutlak Larva Juvenil Kima Sisik	60
f. Laju Pertumbuhan Panjang Harian Juvenil Kima Sisik	61
D. Analisis Data	61
V. HASIL DAN PEMBAHASAN	63
A. Identifikasi Spesies Berdasarkan Analisis mt-DNA Zooxanthella	63
B. Kepadatan Zooxanthella	71
C. Kandungan Klorofil-a Zooxanthella	74
D. Indeks Mitotik Zooxanthella	78
E. Pemeliharaan Larva dan Juvenil Kima Sisik (<i>T. squamosa</i>)	86
F. Pengaruh Pemberian Zooxanthella dari Inang yang Berbeda Terhadap Sintasan Larva Kima Sisik	92



G. Pengaruh Pemberian Zooxanthella dari Inang yang Berbeda Terhadap Sintasan Larva Kima Sisik (<i>T.squamosa</i>)	93
H. Pengaruh Pemberian Zooxanthella dari Inang yang Berbeda Terhadap Pertumbuhan Panjang Larva Kima Sisik (<i>T.squamosa</i>)	96
I. Pengaruh Pemberian Zooxanthella dari Inang yang Berbeda Terhadap Laju Pertumbuhan Panjang Harian Juvenil Kima Sisik (<i>T.squamosa</i>)	100
J. Pengaruh Pemberian Pupuk ZA dan TSP serta Kombinasi Keduanya Terhadap Sintasan Juvenil Kima Sisik (<i>T.squamosa</i>) ...	105
K. Pengaruh Pemberian Pupuk ZA dan TSP serta Kombinasi Keduanya Terhadap Laju Pertumbuhan Panjang Harian Juvenil Kima Sisik (<i>T.squamosa</i>)	109
L. Kualitas Air	113
VI. KESIMPULAN DAN SARAN	115
A. Kesimpulan	115
B. Saran	116
DAFTAR PUSTAKA	117
LAMPIRAN	131
RIWAYAT HIDUP	167

DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman
1. Perkembangan Juvenil Kima pada Pemeliharaan In Door dan Out Door	39
2. Laju Pertumbuhan Larva <i>H. hippopus</i> Sebelum dan Sesudah Pemberian <i>Zooxanthella</i>	40
3. Ukuran Fragmen (base pairs) mt DNA <i>Zooxanthella</i> dari Inang yang Berbeda dan Pematangan dengan Enzim Restriksi	67
4. Rata-rata Kepadatan <i>Zooxanthella</i> pada Kima Sisik, Karang, dan Anemon Laut	71
5. Rata-Rata Kandungan Klorofil-a Phaeopigmen <i>Zooxanthella</i> yang Berasal dari Anemon Laut, Kima Sisik, dan Karang	74
6. Hubungan Hasil Analisis Mutu <i>Zooxanthella</i> dengan Sintasan Larva Juvenil Kima Sisik (<i>T. squamosa</i>)	96
7. Hubungan Hasil Analisis Mutu <i>Zooxanthella</i> dengan Pertumbuhan Larva Juvenil Kima Sisik (<i>T. squamosa</i>)	105
8. Hasil Pengukuran Kualitas Air pada Fase Larva dan Juvenil Kima Sisik yang Diberi <i>Zooxanthella</i> dari Berbagai Inang	113
9. Hasil Pengukuran Kualitas Air Media Pemeliharaan Juvenil Sisik yang Diberi Pupuk ZA dan TSP	114

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Halaman
1. Siklus Hidup Kima Sisik	11
2. Sistem Pembuluh Zooxanthella yang Melalui Salah satu Bagian dari Kima	25
3. Kima Sisik (<i>T. squamosa</i>)	27
4. Karang Bercabang (<i>Acropora samoensis</i>)	28
5. Anemon Laut (<i>S. gigantea</i>)	29
6. Kerangka Pemikiran Penelitian	43
7. Bagan Alir Tahap -Tahap Penelitian	46
8. Histogram Konsentrasi DNA Zooxanthella yang Berasal dari Kima sisik, Karang Bercabang, dan Anemon laut	64
9. Hasil Amplifikasi PCR mt- DNA Zooxanthella yang Berasal dari Sumber yang Berbeda	66
10. Pola Polimerfisme mt DNA Zooxanthella dengan Pemotongan Ensim Restriksi taq 1, Hha I dan Hae III	68
11. Beberapa Tahap Penampakan Sel Zooxanthella pada Saat Melakukan Pembelahan. (a) Sebelum Membelah, b) Sedang Membelah, (c) Mulai Memisah, (d) Sudah Memisah	79
12. Indeks Mitotik (Rasio antar Sel yang membelah dalam 500 Sel, n = 5) Zooxanthella yang Berasal dari Kima Sisik <i>T.squamosa</i> , Karang Bercabang <i>A. samoensis</i> , dan Anemon Laut <i>S. gigantea</i>	80
13. Grafik Kisaran Suhu Air Media Hewan Uji pada Saat Pengamatan Indeks Mitotik	82

14. Histogram Rata-Rata Sintasan Larva Kima Sisik (%) pada Setiap Perlakuan	92
15. Histogram Sintasan (%) Juvenil Kima Sisik (<i>T. squamosa</i>) yang Diberi Perlakuan Zooxanthella dari Sumber yang Berbeda	94
16. Histogram Pertumbuhan Larva Kima Sisik pada Setiap Fase Selama Penelitian	98
17. Grafik Laju Pertumbuhan Panjang Harian (mm) Juvenil Kima Sisik yang Diberi Zooxanthella dari Sumber yang Berbeda	103
18. Sintasan Juvenil Kima Sisik yang Diberi Pupuk yang Berbeda Selama Penelitian	107
19. Grafik Laju Pertumbuhan Panjang Harian Rata-Rata Juvenil Kima Sisik yang Diberi Pupuk yang Berbeda	112

14. Histogram Rata-Rata Sintasan Larva Kima Sisik (%) pada Setiap Perlakuan	92
15. Histogram Sintasan (%) Juvenil Kima Sisik (<i>T. squamosa</i>) yang Diberi Perlakuan Zooxanthella dari Sumber yang Berbeda	94
16. Histogram Pertumbuhan Larva Kima Sisik pada Setiap Fase Selama Penelitian	98
17. Grafik Laju Pertumbuhan Panjang Harian (mm) Juvenil Kima Sisik yang Diberi Zooxanthella dari Sumber yang Berbeda	103
18. Sintasan Juvenil Kima Sisik yang Diberi Pupuk yang Berbeda Selama Penelitian	107
19. Grafik Laju Pertumbuhan Panjang Harian Rata-Rata Juvenil Kima Sisik yang Diberi Pupuk yang Berbeda	112

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kima atau kerang raksasa dari genus *Tridacna* merupakan salah satu sumberdaya laut yang sudah lama menjadi sumber pendapatan penting bagi masyarakat pantai, karena dagingnya yang mengandung protein tinggi digunakan sebagai makanan, dan cangkangnya dapat dibuat untuk berbagai peruntukan seperti asbak, tempat cuci tangan, dan perhiasan.

Tingginya nilai ekonomi tersebut menyebabkan permintaan kima dari pasar internasional dan regional sangat tinggi. Untuk memenuhi permintaan yang tinggi ini menyebabkan tingkat eksploitasinya berlebihan. Pada dua dekade terakhir ini dilaporkan populasinya semakin menurun di perairan terumbu karang Indo Pasifik Barat sampai Vanuatu Timur, terutama dari jenis yang besar seperti *Tridacna gigas* dan *T. derasa*. Bahkan diduga *T. gigas* sudah punah di beberapa tempat di Indonesia seperti Jawa dan Sumatra (Panggabean, 1991).

Penurunan drastis populasi kima diperlihatkan dengan jelas oleh Usher dan Munro (1988) bahwa jumlah cangkang kerang raksasa yang diperdagangkan pada tahun 1982 adalah 7.920 ton turun menjadi hanya 3.677 ton pada tahun 1984. Penurunan ini semakin memprihatinkan karena berdasarkan jumlah cangkang yang dapat diperdagangkan pada tahun 1985 tinggal 260 ton meskipun harga cangkang telah meningkat dari US \$ 0,4 per

kilogram pada tahun 1982 menjadi US \$ 0,7/kilogram pada tahun 1985 (Pasaribu, 1988).

Sebagai upaya untuk melestarikan populasinya, maka pemerintah telah menetapkan pelarangan penangkapannya melalui Surat Keputusan Menteri Kehutanan NO. 12/Kpts.II/1987 dan Undang-Undang No. 5 tahun 1990 tentang Konservasi Sumberdaya Alam Hayati dan Ekosistemnya, yang menetapkan kima sebagai salah satu hewan yang dilindungi di Indonesia. (Sarwono, 1994).

Konsekuensi dari keluarnya peraturan tersebut adalah bahwa kima dilarang diperdagangkan, kecuali specimennya merupakan turunan kedua dari hasil pembenihan buatan. Oleh karena itu upaya pembenihan merupakan jalan keluarnya.

Hasil penelitian di hatchery berupa juvenil kima yang siap dipelihara pada tahap ocean nursery sintasannya masih sangat rendah padahal hasil pemeliharaan di ocean nursery sudah dapat diperdagangkan untuk specimen akuarium, juga dapat dilanjutkan dipelihara pada tahap grow out untuk ukuran konsumsi dan bisa pula dipelihara untuk tujuan searanching.

Penelitian budidaya larva dan juvenil kima telah dilakukan oleh Heslinga, dkk. (1984). Mendapatkan sintasan yang diperoleh dari telur hingga menjadi bibit kima hanya 0,04 – 0,36 %. Sedangkan Braley dan Rachman (1996) di Hatchery Marine Science Pulau Barrang Lompo mendapatkan sintasan *T. gigas* yang dipelihara dari fase veliger sampai juvenil berumur

1,5 bulan mencapai 4,7 %. Penelitian serupa oleh Armand (1999) yang memberikan antibiotik selama fase larva dari *T.derasa* mendapatkan sintasan 6,32 %.

Upaya untuk meningkatkan sintasan dan pertumbuhan juvenil kima telah dilakukan oleh beberapa peneliti antara lain dengan pemberian zooxanthella (*Gymnodinium microadriaticum* FRUEDENTHAL) pada saat sebelum metamorfosis. Upaya ini dilakukan karena pada larva kima, alga ini diperoleh dari lingkungan secara alami yang terjadi sebelum metamorfosis (Ambariyanto dkk., 2000). Oleh karena itu dalam aplikasi budidayanya di hatchery zooxanthella harus diberikan pada larva.

Hasil penelitian Fitt, dkk. (1986) pada kima *Hippopus hippopus* dari larva berumur 8 hari sampai juvenil berumur 12 hari yang diberi suspensi zooxanthella sebanyak 100 ribu sel/ml selama 18 hari pemeliharaan menunjukkan sintasan sebanyak 19% dan pertumbuhan $189 \pm 7,2 \mu\text{m}$.

Besarnya kontribusi zooxanthella terhadap inangnya tergantung pada keberadaan cahaya dan spesies inangnya dimana spesies yang berbeda akan memberikan kontribusi yang berbeda pula (Ambariyanto, 1996; 1997).

Zooxanthella pada inangnya juga dapat mengalami kekurangan nutrisi (Wilkerson dan Trench, 1986). Untuk menghindari hal tersebut maka juvenil kima yang telah hidup bersimbiosis dapat diberi tambahan nutrisi seperti nitrogen dan fosfat yang dibutuhkan oleh zooxanthella untuk proses

fotosintesis. Nitrogen dan fosfat dapat diperoleh dari berbagai sumber antara lain : pupuk ZA dan TSP.

Pengamatan pertumbuhan dan sintasan larva sampai juvenil yang siap dipelihara di laut secara terlindungi perlu dilakukan secara bersinambungan, demikian juga zooxanthella dari sumber yang berbeda yang kemungkinan mempunyai species yang berbeda pula dapat diberikan pada fase larva yang dilanjutkan dengan penambahan nutrisi pada fase juvenil.

B. Identifikasi Masalah

Di Indonesia, budidaya kima merupakan salah satu usaha budidaya yang masih baru. Pada tahap awal usaha ini dimaksudkan untuk pengadaan bibit baru atau restocking. Namun akhir-akhir ini kima yang berukuran juvenil banyak diminati oleh masyarakat sebagai penghias akuarium karena mantelnya yang berwarna-warni memberi nilai estetika tersendiri, sehingga usaha budidaya kima juga diharapkan untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Usaha budidaya ini telah berhasil dilakukan oleh Hatchery Marine Science Universitas Hasanuddin, Makassar.

Percobaan yang telah dilakukan di Hatchery Marine Science UNHAS Pulau Barrang Lompo dari tahun 1994 sampai saat ini telah berhasil memijahkan, memelihara larva dan juvenil kima, bahkan species yang besar seperti kima raksasa (*T. gigas*) juga telah berhasil dipijahkan. Namun,

pemeliharaan di laut secara terlindungi (ocean nursery) dan pembersaran di laut (grow out) sedang dalam tahap percobaan. Kendala yang dihadapi pada pemeliharaan fase larva sampai juvenil ialah rendahnya sintasan dan pertumbuhan. Hal serupa juga dihadapi di Australia yang mendapatkan sintasan juvenil kima sisik raksasa (*T. gigas*) sampai umur 6 bulan antara 0,04 – 2,24% (Braley, dkk., 1988) dan di Filipina oleh Gomez dan Belda (1988) mendapatkan sintasan juvenil kima air (*T. derasa*) sampai umur 1,5 tahun hanya 7,4% dan pada kima sisik (*T. squamosa*) sampai umur 1 tahun 4 bulan hanya 10 %.

Salah satu usaha yang dapat dilakukan untuk meningkatkan sintasan dan pertumbuhan larva dan juvenil kima ialah dengan memperbaiki kualitas simbiotiknya yaitu sejenis algae yang berwarna coklat yang dikenal dengan nama zooxanthella (*Symbiodinium microadriaticum* FRUEDENTHAL).

Zooxanthella dapat bersimbiosis dengan beberapa avertebrata laut, antara lain dengan kima, karang hermatipik dan anemon laut. Dari inang yang berbeda ini, kemungkinan dihuni oleh species zooxanthella yang berbeda pula, karena itu analisis mt-DNA diperlukan untuk menentukan perbedaan spesiesnya. Spesies yang berbeda ini kemungkinan mempunyai mutu zooxanthella yang berbeda pula.

Zooxanthella dapat pula diperbaiki mutunya dengan jalan pemberian pupuk. Pupuk yang diberikan disini adalah pupuk ZA dan TSP yang



mengandung nitrogen dan fosfor yang merupakan nutrisi yang sangat dibutuhkan oleh zooxanthella dalam proses fotosintesis.

Perpaduan antara spesies yang berbeda dengan pemberian nutrisi diharapkan akan meningkatkan mutu zooxanthella, dimana mutu zooxanthella akan mempengaruhi jumlah kontribusi hasil fotosintesis zooxanthella yang diberikan kepada inangnya, yang pada akhirnya akan meningkatkan sintasan dan pertumbuhan juvenil kima sisik.

Berdasarkan hal tersebut di atas, permasalahan yang diidentifikasi adalah sebagai berikut :

1. Apakah ada perbedaan spesies zooxanthella yang berasal dari kima sisik, karang bercabang dan anemon laut yang ditunjukkan melalui keragaan mt-DNanya
2. Apakah perbedaan dalam spesies juga menunjukkan adanya perbedaan dalam mutu (kepadatan, klorofil-a, indeks mitotik) zooxanthella yang berasal dari kima sisik, karang bercabang, dan anemon laut.
3. Apakah perbedaan spesies zooxanthella ini juga berpengaruh terhadap sintasan dan pertumbuhan larva dan juvenil kima sisik.
3. Apakah pemberian pupuk ZA dan TSP memberikan pengaruh terhadap laju pertumbuhan dan sintasan juvenil kima sisik.

C. Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan umum dari penelitian ini ialah untuk mengetahui mutu zooxanthella yang berasal dari inang yang berbeda dan pengaruhnya terhadap pertumbuhan dan sintasan larva dan juvenil kima sisik.

Tujuan Khusus dari penelitian ini ialah sebagai berikut:

1. Mengetahui perbedaan spesies zooxanthella yang berasal dari kima sisik, karang bercabang dan anemon laut yang dideskripsikan melalui keragaan mt-DNAny.
2. Mengetahui mutu zooxanthella dari kima sisik, karang bercabang, dan anemon laut.
3. Mengetahui pengaruh mutu zooxanthella dari kima sisik, karang bercabang dan anemon laut terhadap sintasan dan laju pertumbuhan larva serta juvenil kima sisik.
4. Mengetahui pengaruh pemberian pupuk ZA dan TSP terhadap laju pertumbuhan dan sintasan juvenil kima sisik.

Hasil yang diharapkan dari penelitian ini ialah:

Gambaran tentang perbedaan spesies zooxanthella yang berasal dari kima sisik, karang bercabang dan anemon laut yang terlihat pada keragaan mt-DNAny.

Tersedianya data tentang mutu zooxanthella dari kima sisik, karang bercabang dan anemon laut.

Laju pertumbuhan dan sintasan larva serta juvenil kima sisik yang telah diberi zooxanthella asal kima sisik, karang bercabang dan anemon laut.

Jenis pupuk yang memberikan pengaruh yang lebih baik terhadap laju pertumbuhan dan sintasan juvenil kima sisik.

Hasil penelitian ini diharapkan akan menjadi acuan dalam pengelolaan hatchery kima.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Kima

Kima (Tridacnidae) adalah golongan kerang berukuran besar dan merupakan salah satu jenis kerang laut yang bernilai ekonomis penting, namun di beberapa negara seperti Indonesia, Filipina dan Australia komoditas tersebut telah dilindungi pemerintah karena populasinya menurun sangat cepat. Menurut Munro dan Gwyther (1981), kandungan nilai gizi kima terdiri dari protein antara 15-16 %, karbohidrat 50 % dan kolesterol 0,005 %.

Menurut Calumpong (1992), kima sebagian besar hidup di laut dangkal dan sekitar daerah terumbu karang dan menggantungkan hidupnya pada proses simbiosis dengan ganggang sel tunggal yang lebih dikenal dengan nama "Zooxanthella". Zooxanthella yang bersimbiosis dengan kima termasuk ganggang coklat dari jenis *Symbiodinium (=Gymnodinium) microadriaticum* FREUDENTHAL (Fitt dan Trench, 1981).

Kima memperoleh makanannya dari 3 (tiga) sumber yaitu : Simbiosis (zooxanthella mengirimkan sebagian besar hasil fotosintesisnya pada inang), filter feeding (menggambil makanan dengan menyaring air melalui insangnya), dan bahan organik terlarut (Lucas, 1994).

Yonge (1936) mengatakan bahwa jenis-jenis kerang *Tridacna* sanggup menghasilkan makanannya yaitu sejenis alga bersel satu yang disebut

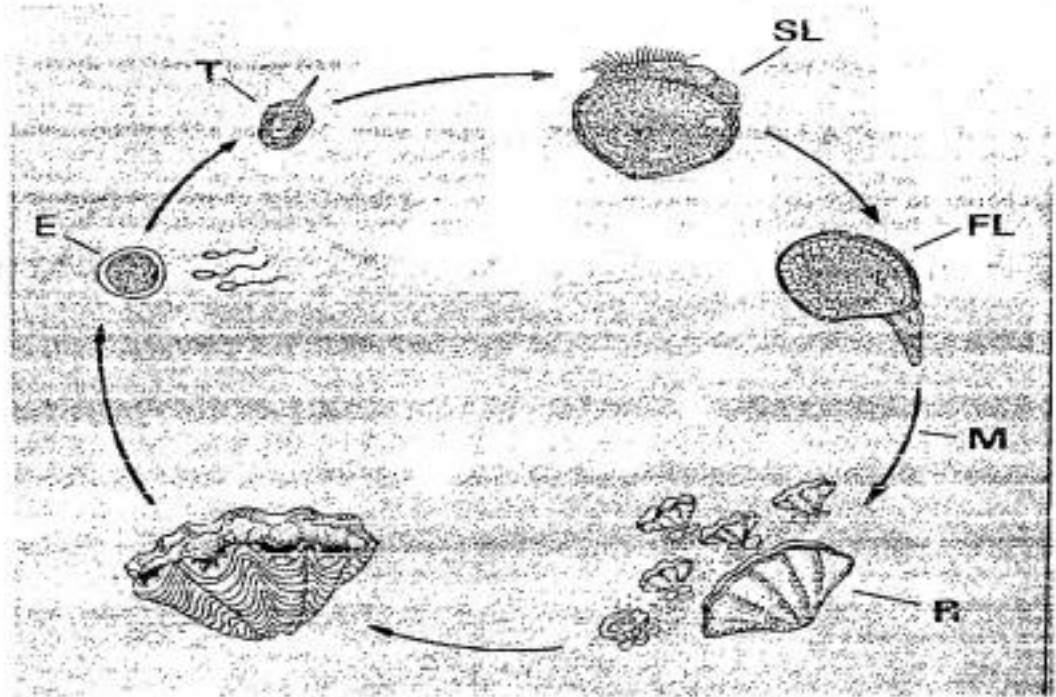
zooxanthella di bagian tepi mantelnya yang tebal. Zooxanthella hidup pada jaringan mantel (terutama pada bagian lanjutan dari sistem pencernaan yang dekat dengan permukaan jaringan mantel) dan mendapatkan suplai karbondioksida dan senyawa-senyawa amoniak yang berasal dari difusi oleh jaringan mantel. Hasil fotosintesis dari zooxanthella berupa senyawa gula sederhana seperti glukosa, oligosakarida, glutamat, aspartat, succinat, alanin dan glicerol, serta protein dan lemak dimanfaatkan oleh kima untuk tumbuh dan berkembang. Jadi dengan kata lain zooxanthella merupakan modal utama bagi kima untuk menghasilkan makanan sendiri (Fisher, dkk., 1985). Selain itu keberadaan zooxanthella dalam perairan juga dapat membantu proses pengapuran dalam pembentukan cangkang sehingga memungkinkan kima dapat bertumbuh sangat besar (Munro dan Gwyther, 1981).

a. Siklus Hidup Kima

Kima merupakan salah satu hewan laut yang bersifat "protandrous hermaphrodite" (Wada, 1954) artinya setiap individu kima dilengkapi oleh sel-sel telur dan sperma namun pemijahannya selalu didahului oleh pengeluaran sperma, kemudian diikuti oleh pelepasan telur. Telur kemudian menyebar terbawa arus dan dapat merangsang induk-induk kima yang lain untuk memijah secara serempak atau simultan.

Jumlah telur yang dipijahkan oleh seekor induk kima berkisar antara jutaan untuk kima jenis kecil seperti *T. crocea* sampai ratusan juta untuk jenis yang besar seperti *T. gigas* (Panggabean, 1996_b). Pembuahan

terjadi secara eksternal yaitu di air. Telur-telur dari seekor kima akan dibuahi oleh sperma dari kima yang lain. Telur-telur kima dengan diameter sekitar 100 μm akan menetas menjadi larva trokofor kira-kira 12 jam setelah fertilisasi. Telur akan berkembang menjadi veliger atau larva (burayak) yang dilengkapi dengan velum yang dikelilingi oleh bulu-bulu getar. Pada umur 2 hari setelah fertilisasi panjang veliger kira-kira 160 μm , dan sudah mempunyai cangkang transparan yang berbentuk "D", sehingga disebut D-veliger (Gambar 1).



Gambar 1. Siklus Hidup Kima Sisik

- | | |
|--------------------|-------------------|
| E (egg): Telur | FL : Pediaveliger |
| T : Trochophora | M : Metamorfosis |
| SL : Larva Veliger | R : Juvenil |

Setelah berumur 1-2 minggu, veliger akan mengalami metamorfosis (perubahan bentuk), yang kemudian mempunyai kaki jalan yang berfungsi untuk mencari substrat tempat menempel diri. Bentuk seperti ini juga disebut pediveliger. Setelah memperoleh substrat menempel yang aman, velum kemudian menghilang dan pediveliger berubah menjadi spat atau kima muda yang akan menempel pada karang mati dengan bantuan benang-benang byssus. Spat kima yang baru mengalami metamorfosis panjangnya kira-kira 200 mikrometer (Panggabean, 1996_b).

Selain kehidupan sebagai planktonik, veliger kima bersifat "lecitotrophie" yaitu hidup tergantung dari persediaan kuning telurnya sendiri (Ellis, 1995). Burayak kima hampir mirip dengan burayak bivalvia pada umumnya karena tidak atau belum melakukan kegiatan simbiosis dengan zooxanthella (Panggabean, 1990). Berbeda dengan burayak karang batu dimana zooxanthella sudah ada sejak di dalam telur. Pada kima zooxanthella belum tumbuh, meskipun kemungkinan benar dapat termakan olehnya. Zooxanthella yang termakan tidak dicernakan sampai pada waktu selesai metamorfosis. Sesudah metamorfosis zooxanthella kemudian pindah ke jaringan mantel kima dan baru memulai kegiatan simbiosis dengan inangnya (Heslinga dan Fitt, 1987).

b. Nilai Ekonomi

Nilai ekonomi dari kima cukup menjanjikan karena seluruh bagian tubuhnya dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan manusia, mulai



dari dagingnya yang terdiri dari otot adduktor sebanyak 15-20%, mantel dan jeroan berupa seluruh organ dalam sekitar 80-85%, maupun cangkangnya yang mengandung kapur.

1. Daging

Daging kima sudah lama menjadi menu makanan bagi masyarakat pulau dan pesisir. Bahkan pada beberapa suku yang hidup di pesisir seperti suku Bajo, daging kima merupakan salah satu menu utama untuk pesta adat atau pernikahan.

Bagi penduduk Okinawa Jepang daging kima yang berukuran kecil (*T. crocea* dan *T. maxima*) dibuat sashi atau sashimi. Otot adduktor dari *H. hippopus* dan *T. squamosa* dimakan mentah setelah diberi garam. Otot adduktor merupakan primadona di sekitar tahun 1980-an dan 1990-an untuk diekspor ke negara-negara seperti Jepang, China, Taiwan dan Singapura. Diperkirakan kebutuhan otot adduktor kima untuk negara Taiwan sekitar 30 ton per tahun (Tisdell dan Chen, 1994; Tisdell dan Kuronuma, 1994).

Waktu pemeliharaan kima hingga panen cukup lama namun cukup menguntungkan karena pembesaran kima tidak memerlukan biaya untuk pakan. Menurut Heslinga, dkk. (1984), produksi biomassa kima per satuan luas cukup tinggi, misalnya untuk *T. derasa* produksi daging dalam 3 tahun pertama adalah 13 ton/ha/tahun. Dua tahun kemudian, yaitu antara tahun ketiga dan kelima, berat daging meningkat menjadi empat kali lipat.

Menurut perhitungan teoritis untuk 5 tahun panen, perolehan pertama rata-rata adalah daging kima sebanyak 22 ton/ha/tahun, daging tersebut termasuk mantel, gonad, dan jerohan (Heslinga dan Watson, 1985). Harga daging kima di Australia A\$ 5-12/kg atau US\$ 3,85-9,24/kg, sedangkan di Amerika US\$ 44/kg dan US\$ 5,04/ekor kima (Tisdell, dkk., 1994)

2. Cangkang Kima

Penggunaan cangkang kima sebagai hiasan dan untuk dalam rumah tangga telah dilakukan sejak zaman dulu, kulit kerang dibuat berbagai jenis peruntukan misalnya untuk tempat sabun, mangkok makan, asbak, dan lain-lain. Hiasan dan wadah tersebut dapat dijual seharga US\$ 0,25 per buah (Braley, 1994). Tetapi pada awal tahun 1990-an perdagangan skala internasional cangkang kima secara intensif terhenti karena telah terdaftar dalam CITES (Convention on International Trade on Endangered Species of Wild Flora and Fauna), meskipun perdagangan kecil-kecilan dilakukan pada toko-toko souvenir di daerah-daerah pariwisata. Sumber cangkang kima terbesar di dunia pada saat itu berasal dari Filipina yang diekspor ke Jepang, Amerika dan Australia juga negara-negara Eropa (Yusuf, 2000).

Di Indonesia khususnya di Jepara dan Kepulauan Seribu masyarakat mengumpulkan cangkang kima untuk dijual sebagai bahan baku industri keramik di Jakarta, Jawa Tengah, Jawa Timur dan Bali (Romimohtarto, 1987).

Menurut perhitungan teoritis untuk 5 tahun panen, perolehan pertama rata-rata adalah daging kima sebanyak 22 ton/ha/tahun, daging tersebut termasuk mantel, gonad, dan jerohan (Heslinga dan Watson, 1985). Harga daging kima di Australia A\$ 5-12/kg atau US\$ 3,85-9,24/kg, sedangkan di Amerika US\$ 44/kg dan US\$ 5,04/ekor kima (Tisdell, dkk., 1994)

2. Cangkang Kima

Penggunaan cangkang kima sebagai hiasan dan untuk dalam rumah tangga telah dilakukan sejak zaman dulu, kulit kerang dibuat berbagai jenis peruntukan misalnya untuk tempat sabun, mangkok makan, asbak, dan lain-lain. Hiasan dan wadah tersebut dapat dijual seharga US\$ 0,25 per buah (Braley, 1994). Tetapi pada awal tahun 1990-an perdagangan skala internasional cangkang kima secara intensif terhenti karena telah terdaftar dalam CITES (Convention on International Trade on Endangered Species of Wild Flora and Fauna), meskipun perdagangan kecil-kecilan dilakukan pada toko-toko souvenir di daerah-daerah pariwisata. Sumber cangkang kima terbesar di dunia pada saat itu berasal dari Filipina yang diekspor ke Jepang, Amerika dan Australia juga negara-negara Eropa (Yusuf, 2000).

Di Indonesia khususnya di Jepara dan Kepulauan Seribu masyarakat mengumpulkan cangkang kima untuk dijual sebagai bahan baku industri keramik di Jakarta, Jawa Tengah, Jawa Timur dan Bali (Romimohtarto, 1987).

Menurut perhitungan teoritis yang dilakukan oleh Heslinga dan Watson (1985), kima yang dipanen pada umur 5 tahun dapat menghasilkan cangkang kima sebanyak 140 ton/ha/tahun.

Sebelum Pemberlakuan CITES, di Australia menjual sekitar 100.000-120.000 cangkang kima per tahun dari berbagai jenis untuk souvenir. Harga per cangkang yang berukuran kecil (15-20 cm untuk *H. hippopus*, 15-25 cm untuk *T. squamosa*, dan 7,6 –10,2 cm untuk *T. crocea* adalah A\$ 1,93, A\$ 40 untuk ukuran 61 cm dan A\$ 80 yang berukuran 91-120 cm (Tisdell, dkk., 1994).

3. Hiasan Akuarium

Permintaan kima untuk tujuan spesimen akuarium semakin besar. Penduduk Amerika dan Eropa menggemari biota ini karena warna mantelnya yang berwarna warni memberi nilai estetika tersendiri. Selain itu biota ini juga lebih tahan hidup. Spesies utama yang banyak diminta oleh pasar adalah *T. crocea* dan *T. maxima* karena mantelnya yang berwarna warni dan ukurannya yang kecil (Calumpong, 1991; Knop, 1996).

The Micronesian Mariculture Demonstration Centre (MMDC) di Palau dan Reefarm di Cairns Australia merupakan salah satu usaha budidaya yang banyak mensuplai kima untuk spesimen akuarium (Calumpong, 1992). Salah satu hatchery di Filipina juga membuat satu atau lebih shipment juvenil *T. derasa* setiap bulan pada tahun 1984. Shipment-shipment tersebut diperdagangkan sebagai karang hias untuk akuarium dengan harga kotor

US\$ 30.000/tahun. Ukuran yang paling disenangi oleh dealer 5,7-9 cm atau sama dengan 10-20 bulan usia spesimen (Braley, 1994).

Pesanan Australia membutuhkan sekitar 5000 ekor kima/tahun dari jenis *T.maxima* dan *T.crocea* ukuran 5-10 cm dengan harga A\$ 10/ekor. Sementara Amerika mengimpor 5.000 - 50000 kima/tahun dan Hawaii sekitar 500-1000 ekor/tahun dari jenis *T. gigas*, *T. derasa*, *T.crocea*, *T.squamosa*, *T.maxima*, dan *H. hippopus* dengan ukuran 5-10 cm dan 15-20 cm (Tisdell, dkk., 1994). Namun, Knop (1994) menganjurkan untuk mengekspor kima dalam ukuran yang bervariasi.

Menurut Knop (1996), budidaya kima membutuhkan biaya yang tinggi, dan produksi untuk restocking hanya dapat bermanfaat jika sebagian hasil budidaya dijual dipasaran. Tanpa keuntungan, usaha budidaya kima di hatchery tidak dapat bertahan untuk jangka waktu lama. Oleh karena itu model yang dicoba kembangkan oleh Hatchery Marine Science Universitas Hasanuddin adalah menjual hasil produksi budidaya sebanyak 60% dan selebihnya 40% digunbakan untuk keperluan riset dan restocking ke lingkungan.

B. Zooxanthella

Zooxanthella merupakan algae dinoflagellata yang berwarna coklat kuning, zooxanthella yang hidup bersimbiosis dengan kima termasuk



ganggang coklat dari jenis *Gymnodinium* atau *Symbiodinium microadriaticum*

FREUDENTHAL (Taylor, 1969; Fitt, 1992).

Pernyataan mengenai taxonomi zooxanthella tetap kontroversial dan merupakan masalah. Suharsono (1990) melakukan review terhadap pemberian nama spesies zooxanthella ini, dimana beberapa ahli telah mengajukan pendapat untuk mengatasinya, namun belum ada persetujuan bersama. Taxonomi zooxanthella pertama kali dibuat oleh Mclaughlin dan Zahl (1957) yang sukses mengisolasi sel algae dari ubur-ubur *Cassiopea* sp. Hasil isolasi tersebut berhasil dikultur pada media budidaya axenic dan dideskripsikan sebagai *Gymnodinium adriaticum*. Berdasarkan siklus hidup dan morfologi algae dari *Cassiopea* sp, maka Freudenthal (1962) mengusulkan genus baru *Symbiodinium* dengan spesies *Symbiodinium microadriaticum*. Alasannya ialah bahwa nama ini lebih jelas mewakili taxonomi di antara kelompok alga dimana stadia dominan alga ini kelihatannya adalah sel vegetatif atau cyste dari pada stadia motil. Setelah itu banyak penulis yang menggunakan *Symbiodinium* (*Gymnodinium microadriaticum*) Freudenthal sebagai hal yang disetujui bersama termasuk pada stadia endosymbiotik dan stadia motil.

Zooxanthella hidup bersimbiosis secara luas dalam tubuh berbagai hewan avertebrata laut. Mempunyai peranan yang sangat penting dalam ekosistem terumbu karang, yaitu sebagai salah satu komponen yang

menyediakan sumber energi dan nutrisi bagi kelangsungan hidup hewan yang menjadi inangnya.

Menurut Muscatine (1967), zooxanthella hidup bersimbiosis dengan sekitar 150 genera avertebrata laut, antara lain dengan kima, karang hermatipik dan anemon laut.

Zooxanthella merupakan algae bersel tunggal hidup pada jaringan mantel kima dengan cara simbiosis, memegang peranan penting dalam memenuhi kebutuhan nutrisi inangnya yang secara langsung berpengaruh pada pertumbuhan (Ambariyanto, 1996; 1997).

Besarnya kontribusi zooxanthella terhadap inangnya berbeda-beda berdasarkan species inangnya. Pada karang (*Pocillophora damicornis*) dan kima (*T. crocea*) zooxanthella mampu mentransfer hasil fotosintesis ke inangnya lebih dari 40% (Muscatine, 1967), sedangkan juvenil *T. gigas* mentransfer lebih dari 30%. Hasil penelitian Taylor (1969) menunjukkan bahwa sea anemon (*Anemonia sulcata*) mampu mentransfer lebih 60% dari total karbon yang difiksasi melalui proses fotosintesis. Sedangkan pada hewan karang, zooxanthella dapat mentransfer 98% dari hasil produksi bersihnya ke inangnya (Sorokin, 1993)

Penelitian lebih lanjut menunjukkan bahwa *S. microadriaticum* tidak mono species. Secara morfologi, fisiologi, biokimia, dan genetika berbeda antara *S. microadriaticum* yang berkumpul pada jaringan inang yang berbeda (Schoenberg dan Trench, 1980, Blank dan Trench, 1985) dan ada

perbedaan dalam siklus hidup zooxanthella dalam simbiosis dan dalam kondisi kultur.

Hal ini diperjelas kembali oleh Smith dan Douglas (1987) bahwa algae yang diisolasi dari spesies inang yang berbeda pada penelitian terdahulu secara umum adalah strain dari satu spesies yaitu *S. microadriaticum*. Kini para ilmuwan percaya bahwa ada banyak spesies Dinoflagellata pada jaringan inang. Mungkin spesiesnya berbeda pada setiap spesies inang. Beberapa kejadian telah memperlihatkan bahwa zooxanthella mempunyai perbedaan genetik. Inang yang berbeda spesies dihuni oleh zooxanthella yang berbeda pula. Lebih lanjut dikatakan bahwa strain yang berbeda pada alga mungkin bervariasi dalam morfologinya (Trench dan Blank, 1987), dan berbeda dalam strukturnya (Blank dan Huss, 1989).

Secara genetika perbedaan dari zooxanthella genus *Symbiodinium*, telah dijelaskan oleh Blank dan Trench (1985). Ciri dari *Symbiodinium*, yaitu dapat membentuk sebuah simbiosis dengan *Tridacnidae*, simbiosis ini menyebabkan pertumbuhan yang tinggi dan tingkat ketahanan yang lebih tinggi dari yang lainnya (Fitt dan Trench, 1981; Fitt, 1985). Bukti-bukti yang ada menunjukkan bahwa pertumbuhan zooxanthella yang cepat (pada inang) juga mempercepat pertumbuhan kima.

Taylor (1974, dalam Ambariyanto, 1996) mencatat 4 (empat) species yang berbeda dari zooxanthella : (1) *Gymnodinium* (*Symbiodinium*

microadriaticum (FREUDENTHAL) yang hidup pada protozoa, coelenterata, dan beberapa mollusca, (2) *Amphidinium cattoni* juga pada beberapa coelenterata, (3) *A. klebbsi* pada platyhelminthes, dan (4) *Amphidinium* sp pada beberapa protozoa.

Trench dan Blank (1987) melaporkan bahwa ada 3 (tiga) species lain dari zooxanthella, yaitu : *S. kawagutii* yang diisolasi dari Hawaiian Stony Coral (*Montipora verrucosa*) dan *S. pilosum* yang diketahui hidup pada Caribbean Zoanthid (*Zoanthus sociatus*). Namun, species yang hidup pada kima telah diakui sebagai *Symbiodinium* (*Gymnodinium microadriaticum*).

Akhir-akhir ini metode phylogeny molekuler telah digunakan untuk melihat hubungan antara zooxanthella dengan bermacam-macam inang invertebrata laut. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa zooxanthella yang berasal dari inang yang berbeda ternyata tidak hanya satu species seperti yang dipercayai sebelumnya (Rowan dan Powers, 1991 ; 1992; Rowan dan Knowlton, 1995; Baker dan Rowan, 1996; Aisyah dan Ambariyanto, 1998). Perbedaan species lebih lanjut diperlihatkan oleh (Maruyama, dkk, 2000), bahkan telah didapatkan bahwa 1 species kima bisa mengandung 4 taxa zooxanthella (Carlos, dkk, 2000). Perbedaan dalam species zooxanthella kemungkinan juga akan memberikan perbedaan dalam hasil fotosintesis dan laju pertumbuhan hewan inangnya (Ambariyanto, dkk, 2000).

La jeunesse dan Trench (2000) menjelaskan bahwa keberadaan dua atau lebih taxa Symbiodinium pada inang yang sama pertama kali dideskripsikan oleh Rowan dan Knowlton (1995) pada Caribbean Reef building corals *Montastrea annularis* dan *M. faveolata*. Parameter lingkungan dihipotesis mengatur distribusi dan dinamika populasi dari setiap simbion pada inang yang mengandung lebih dari 1 spesies algae (Rowan, dkk, 1999 ; Baker, 1999). Pola distribusinya spesifik dan berhubungan erat dengan gradien lingkungan. Spesies Symbiodinium yang diuji dan dibudidayakan, memperlihatkan terjadinya adaptasi fisiologis khusus dari spesies terhadap radiasi aktif dan temperatur.

Zooxanthella pada umumnya tinggal tertambat di jaringan sifonal inangnya dan pada waktu-waktu tertentu tinggal di perairan bebas. Kepadatan populasi zooxanthella pada kima adalah 10 kali lipat dibanding dengan yang hidup pada koral yang mempunyai laju fotosintesis yang tinggi (Knop, 1996). Selanjutnya Rosewater dan La Barberra (1982) mengatakan bahwa zooxanthella belum memasuki jaringan kima sampai terjadinya penempelan dan metamorfosis menjadi spat kima yang berumur 19 – 40 hari. Di dalam jaringan inangnya zooxanthella berbentuk bulat dengan diameter sel antara 6 –12 μm dan membelah secara vegetatif. Di luar jaringan inangnya, ganggang ini dilengkapi dengan bulu cambuk (bersifat motil) dan dapat berenang hingga sejauh 10 m per hari (Fitt, dkk., 1983). Lebih lanjut Fitt (1984) mengatakan bahwa sel-sel motil tersebut amat berperan dalam

proses simbiosis yang baru dengan kima muda, yaitu sejak masa burayak (larva) yang merupakan awal pertumbuhan.

Menurut Ambariyanto (1997), kima dapat memperoleh manfaat dari zooxanthella melalui 2 cara yaitu : pertama, memanfaatkan secara langsung hasil pencernaan zooxanthella, dan kedua melalui hasil fotosintesis dari zooxanthella. Kemungkinan manfaat yang pertama dipertanyakan oleh beberapa ilmuwan, karena meskipun zooxanthella telah ditemukan di dalam usus, kelenjar pencernaan dan faeces kima, beberapa ahli melaporkan bahwa zooxanthella tidak dapat dicerna oleh kima.

Beberapa interpretasi tentang hasil penelitian mengenai zooxanthella (Fitt, 1992) sebagai berikut:

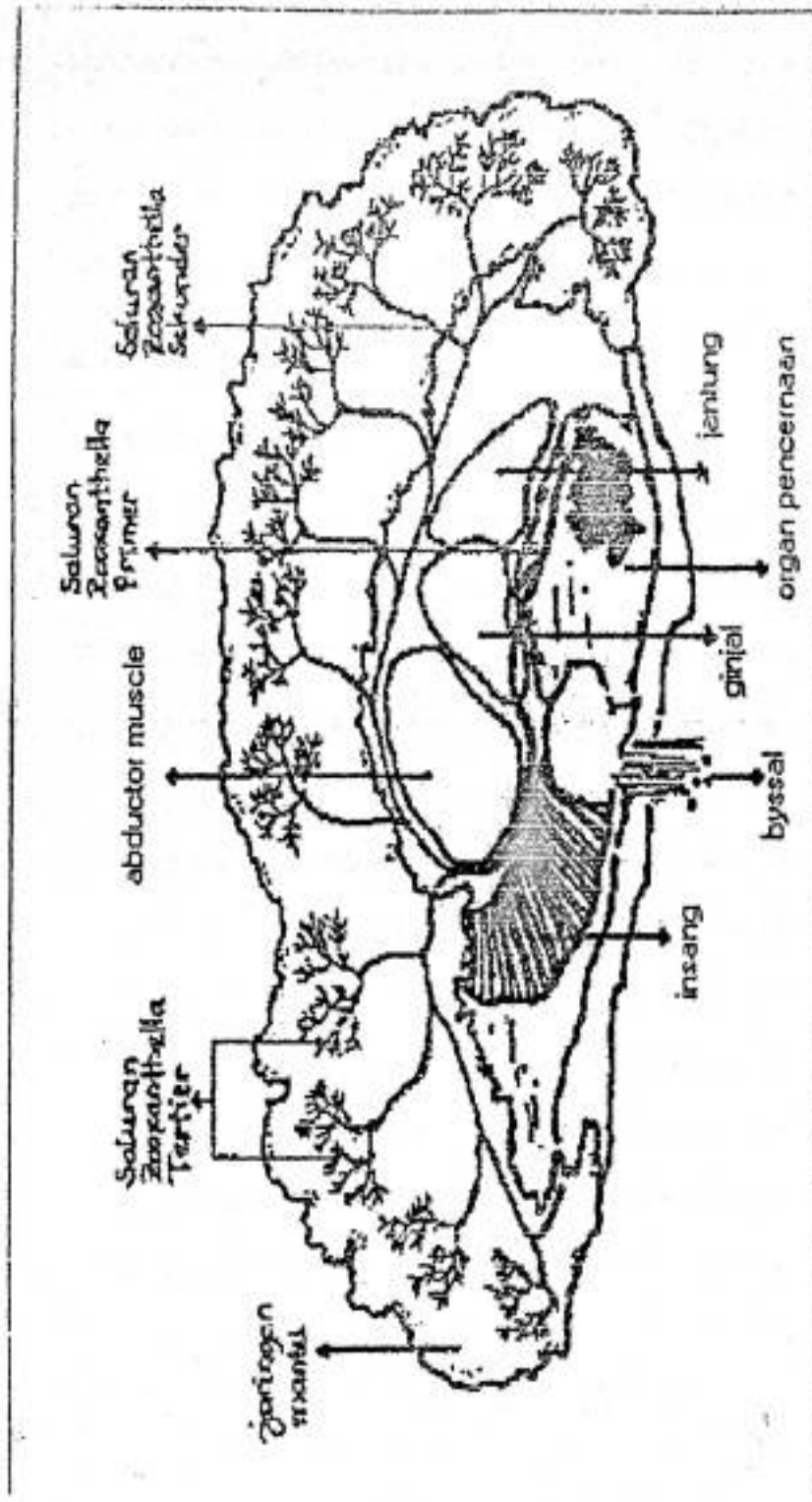
1. Zooxanthella jarang dijumpai, jika ada terlihat dalam darah. Yonge (1936) menduga bahwa zooxanthella diangkut melalui darah ke dalam digestive diverticula dimana terjadi pencernaan intrasellular. Selanjutnya dikatakan bahwa zooxanthella dibawa dari jaringan mantel ke visceral mass, prosesnya mungkin cepat karena hasil uji darah segar dari hati *T. crocea* menunjukkan bahwa keberadaan zooxanthella sangat sedikit dibanding jumlah sel-sel darah. Sedangkan Trench, dkk. (1981) tidak menemukan zooxanthella dalam darah.
2. Zooxanthella pada jaringan siphon merupakan bagian yang terpisah dari membran inangnya; Brock pada tahun 1888 merupakan orang yang pertama mendeskripsikan zooxanthella di dalam jaringan siphon kima,

dimana dia tidak menemukan adanya sel-sel inang yang mengelilingi simbion, akan tetapi zooxanthella ditemukan di dalam jaringan siphon pada sel-sel inangnya yang diinterpretasikan sebagai sel-sel darah. Lebih lanjut Northon, dkk. (1992), mengatakan bahwa sistem pembuluh yang luar biasa pada kima berisi zooxanthella. Bagian ini telah dideskripsikan oleh Mansour (1946) sebagai saluran (pembuluh) yang terdiri atas saluran primer, sekunder dan tersier. Untuk jelasnya sistem pembuluh zooxanthella dapat dilihat pada Gambar 2.

3. Zooxanthella ditemukan di dalam lambung dan kelenjar pencernaan. Yonge (1936) menemukan pada usus kima sejumlah alga yang berbentuk bola coklat seperti zooxanthella yang ada di dalam jaringan. Lebih lanjut Mansour (1946) dan Northon, dkk. (1992) mengatakan bahwa ada hubungan integral antara zooxanthella dengan sistem pencernaan kima, zooxanthella memasuki dan meninggalkan sistem pipa pembuluh melalui usus.
4. Tidak ada zooxanthella yang ditemukan di dalam telur *Tridacna*. Seperti sejumlah spesies karang Cnidaria yang hidup di laut, tidak menurunkan alga simbiotiknya secara langsung kepada generasi berikutnya melalui telur.
5. Zooxanthella pada kima sama dengan yang ada pada karang. Banyak penulis telah melaporkan bahwa zooxanthella pada kima secara morfologi sama dengan yang ada pada karang. Yonge (1936) semula mengira

bahwa zooxanthella tidak ada yang hidup di luar inangnya. Namun, kemudian Fitt dan Trench (1981), Fitt (1984), Heslinga dan Fitt (1987), dan Fitt (1992) menemukan bahwa banyak jenis zooxanthella tumbuh dengan subur pada kondisi budidaya, dan juga bisa hidup di air laut di luar inangnya, sampai mereka menemukan juvenil kima sebagai inangnya.

6. Berbagai macam zooxanthella (Genus Symbiodinium) masuk dan bersimbiosis dengan Tridacna. Banyak zooxanthella dari genus Symbiodinium masuk ke dalam mulut, terus ke sistem pembuluh pada perut. Jika diseleksi ciri-ciri khusus atau spesies zooxanthella, rupanya mengambil tempat sesudah ada proses simbiosis. Nampaknya satu spesies atau tipe zooxanthella dapat diganti oleh yang lainnya.
7. Ginjal Tridacna relatif lebih besar dibanding dengan bivalvia lainnya. Menurut Yonge (1980), dari 1.870 gram berat kima terdapat 101 gram ginjal. Norton, dkk. (1992) dengan menggunakan mikroskop elektron melihat zooxanthella yang utuh di dalam tubulus melewati ginjal, seperti pipa lanjutan dari usus. Yonge (1953) dalam Fitt (1992) menjelaskan bahwa "sisa makanan yang tidak bisa dicerna" (zooxanthella) selanjutnya diatur di dalam ginjal, besarnya ukuran mungkin berhubungan dengan kebutuhan tambahan menghadapi apakah ada material kotoran yang esensial. Sepersepuluh bagian dari berat total jaringan adalah merupakan algae yang bersimbiosis.



Gambar 2. Sistem Pembuluh Zootecnia yang Melalui Salah Satu Bagian dari Kima
 (Sumber : Norton dan Jones, 1992)

Schoenberg dan Trench (1980) menggambarkan dinding zooxanthella ini sebagai amphiesma, dengan catatan bahwa amphiesma ini menonjol pada zooxanthella *invitro* tetapi berkurang pada zooxanthella *in vivo*. Secara umum amphiesma disusun oleh 4 lapisan, yaitu (1) membran outermost (yang paling jauh), (2) pelikel, (3) membran pelikel bagian dalam, dan (4) susunan membran yang berasosiasi dengan membran plasma.

C. Hewan Inang

■ Kima Sisik (*Tridacna squamosa*)

Tridacna squamosa atau kima sisik mempunyai warna cangkang yang bervariasi. Beberapa berwarna putih dan yang lain berwarna agak kuning pada bagian pinggir atau pada bagian sisik yang berlekuk – lekuk. Spesies ini dapat dibedakan dengan spesies yang bersisik lain (*T. maxima* dan *T. crocea*) dari penampakan lekukan – lekukan sisik yang bagus mulai dari umbo sampai pada pinggir bibir cangkang (Gambar 3). Hidup pada daerah terumbu karang pada kedalaman kurang lebih 18 meter dan ditemukan dalam jumlah besar di perairan dangkal yang banyak mendapat cahaya matahari. Mereka terdapat pada permukaan dasar atau lubang karang dengan membuka kedua cangkangnya menghadap ke permukaan air dan melalui pembukaan ini terlihat lapisan jaringan yang berwarna terang tempat zooxanthella

simbiotik ditemukan (Nybakken, 1988). Klasifikasi kima sisik menurut (Norton dan Jones, 1992) adalah sebagai berikut :

Pyhylum : Mollusca
Klas : Bivalvia
Ordo : Veneroida
Genus : *Tridacna*
Species : *Tridacna squamosa*



Gambar 3. Kima Sisik (*T. squamosa*)

■ **Karang Bercabang (*Acropora samoensis*)**

Acropora samoensis merupakan salah satu jenis karang bercabang yang hidup pada perairan dangkal (Gambar 4). Tentakel – tentakelnya dipenuhi kapsul-kapsul berduri (nematocyt), yang digunakan untuk menyengat dan menangkap organisme plankton kecil.

Karang (*polip*) menempati mangkok kecil atau koralit yang mempunyai beberapa septa yang tajam dan berbentuk daun yang keluar dari dasar (Nybakken, 1988). Adapun klasifikasinya menurut Wallace dan Feng Dai (1997), sebagai berikut :

- Phylum : Cnidaria
- Klas : Anthozoa
- Ordo : Scleractinia
- Family : Acroporidae
- Genus : Acropora
- Species : *Acropora samoensis*



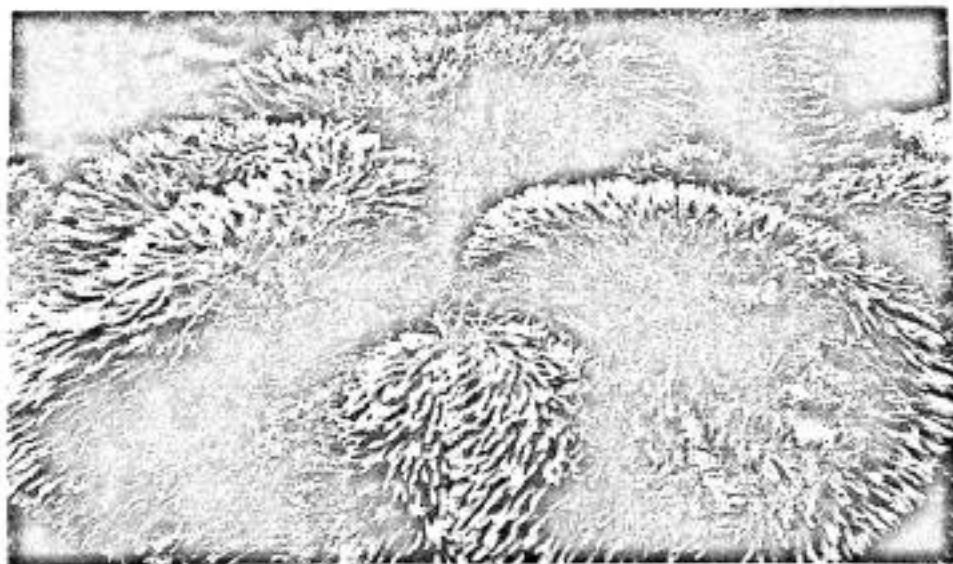
Gambar 4. Karang bercabang *Acropora samoensis*

■ Anemon Laut (*Stichodactyla gigantean*)

Stichodactyla gigantean atau anemon laut adalah jenis anemon yang hidup pada substrat berpasir dengan ukuran diameter kurang lebih

45 cm dengan tentakel yang berukuran pendek (Nontji, 1984). Menurut Dakin (1992), anemon laut ini merupakan salah satu species yang terbesar (Gambar 5), semua anemon mempunyai sel-sel penyengat yang digunakan untuk menangkap plankton, ikan kecil dan udang dan tentakelnya terasa melengket apabila dipegang. Klasifikasi anemon laut berdasarkan Wallace dan Feng Dai (1997) adalah sebagai berikut :

- Phylum : Cnidaria
- Klas : Anthozoa
- Ordo : Actiniaria
- Family : Stichodactylidae
- Genus : Stichodactyla
- Species : *Stichodactyla gigantea*



Gambar 5. Anemon laut (*S. gigantea*)

D. Pengambilan Nutrien Terlarut

Kunci utama simbiosis zooxanthella ialah transfer hasil fotosintesis dari zooxanthella ke jaringan inangnya. Studi kualitatif yang menggunakan radioaktif pada kima *Tridacna* sp memperlihatkan bahwa gula-gula glycerol dan glucose, serta asam amino merupakan komponen nutrisi yang ditranslokasi dari algae ke inang (Muscatine, 1967; Fitt, 1992). Pengaturan karbon menunjukkan bahwa 90-95 % carbon yang difiksasi setiap hari oleh zooxanthella secara nyata ditranslokasi ke inangnya. Translokasi karbon cukup untuk pertumbuhan dan energi harian dari inangnya (Fisher, dkk., 1985; Klump, dkk., 1992), kecuali pada kasus kima yang baru mengalami metamorfosis yang mempunyai lebih sedikit simbion selama stadia awal pemberian zooxanthella (Fitt, dkk., 1986).

Kima mampu memperoleh nutrien terlarut dari air laut, sebagai tambahan dari yang diperoleh dari zooxanthella. Penambahan ammonia dan nitrat menunjukkan peningkatan pigmentasi dan pembelahan zooxanthella, dan akhirnya akan meningkatkan laju pertumbuhan kima (Hastie, dkk., 1992; Braley, 1992, dan Fitt, dkk., 1993). Penambahan fosfat dengan adanya nitrogen anorganik terlarut juga akan meningkatkan laju pertumbuhan kima (Fitt, dkk., 1993). Penurunan kalsifikasi dan perubahan formasi kristal kalsium karbonat telah diteliti, karena itu penambahan nitrogen anorganik dan fosfor mungkin perlu diperhatikan di hachery. Hal ini diharapkan dapat mengembalikan populasi stok alami dari kima di terumbu karang. Fosfat

khususnya, telah diketahui menghambat pertumbuhan kristal kalsium karbonat. Diasumsikan bahwa zooxanthella merupakan komponen yang bertanggungjawab terhadap pengambilan dan asimilasi nutrisi anorganik. Berdasarkan hal tersebut, telah ada dokumentasi tentang konsentrasi yang tinggi dari enzim di dalam jaringan inang akibat adanya nitrogen yang diasimilasikan pada karang dan kima (Dudler dan Miller, 1988; Rees, dkk., 1993).

Pengambilan komponen karbon terlarut rupanya merupakan suplemen input fotosintesis utama dari karbon pada kima, termasuk juga komponen organik terlarut. Epitelium mantel beradaptasi memperluas areal permukaan merupakan hal yang penting dalam pengambilan bahan organik terlarut.

Wilkerson dan Trench (1986) mengatakan bahwa pada *Tridacna*, zooxanthella dapat mengalami kekurangan nutrisi. Pemberian nutrisi seperti nitrogen, fosfat, dan sulfur, dapat meningkatkan baik laju fotosintesis maupun jumlah zooxanthella atau kedua-duanya, yang selanjutnya akan meningkatkan jumlah hasil fotosintesis yang diberikan pada inang untuk bertumbuh. Braley (1992) mengatakan bahwa pertumbuhan akan meningkat dengan adanya pemberian nutrisi tambahan, yang lebih diperjelas Fitt (1993) bahwa penambahan amoniak dapat meningkatkan jumlah zooxanthella yang akhirnya meningkatkan laju pertumbuhan kima. Selanjutnya Lucas (1994) juga mengatakan bahwa penambahan nitrogen dalam bentuk amoniak dapat meningkatkan pertumbuhan secara umum.

Setiap jenis algae mempunyai kebutuhan nitrogen yang berlainan untuk kebutuhan optimumnya. Chu (1943 dalam Andarias, 1991) mendapatkan konsentrasi optimum pada konsentrasi nitrat 0.9 hingga 3.5 ppm. Pada konsentrasi 0.1 ppm ke bawah pengaruh pembatasan nitrogen terjadi, sedang 45 ppm ke atas pengaruh penghambat mulai tampak.

Braley (1992) menyatakan bahwa penambahan nutrien dapat diberikan dalam bentuk nitrat dan fosfat, yang telah terbukti memberikan pengaruh pertumbuhan yang baik bagi juvenil kima. Nitrat sebaiknya diberikan tiap hari dalam bentuk Ammonium Sulfat $[(NH_4)_2SO_4]$ yang populer dengan istilah pupuk ZA (Zuewerzur Amoniak) dengan dosis 20-40 μmol . Sedangkan fosfat diberikan dalam bentuk superfosfat dengan dosis sekitar 2.3 μmol seminggu sekali. Namun Braley (1992) juga memperingatkan bahwa penambahan nitrogen akan meningkatkan pertumbuhan ganggang dalam wadah pemeliharaan, yang bersifat kompetitor bagi zooxanthella dalam memperoleh nutrien, menutupi cangkang sehingga mengurangi intensitas cahaya yang tersedia untuk mereka. Bahkan pada kondisi dimana pertumbuhan ganggang pengganggu ini sangat tinggi juga dapat menyebabkan kematian yang tinggi pada juvenil kima.

Laut tropis memiliki nilai nitrogen anorganik total yang rendah, dan penambahan sejumlah amoniak/nitrat dalam air dapat memenuhi kebutuhan nutrien nitrogenik kima (Solis, dkk., 1988).

Penelitian terhadap penambahan nutrisi pada kima yang telah hidup bersimbiosis dengan zooxanthella pada kondisi laboratorium menunjukkan terjadinya peningkatan laju pertumbuhan, kepadatan zooxanthella, kandungan klorofil-a, indeks mitotik dan berat jaringan kima (Solis, dkk., 1988, Braley, dkk., 1992, Hastie, dkk., 1992, Fitt, dkk., 1993, Belda, dkk., 1993a, Belda dan Yellowlees, 1995). Sedangkan pada kondisi lapangan menurut beberapa peneliti, pemberian nutrisi yang dilakukan pada fase pemeliharaan di laut secara terlindungi dan pada fase pembesaran ternyata tidak praktis dan tidak ekonomis (Ambariyanto, 1996, 1999; Ambariyanto dan Hoegh-Guldberg, 1996).

Menurut Muscatine, dkk. (1989), keberadaan nitrogen anorganik meningkatkan sintesis protein pada zooxanthella. Penambahan 20 μm pada karang *Stylophora pistillata* menyebabkan meningkatnya jumlah protein zooxanthella dari 116,8 protein/pigmen pada zooxanthella yang tidak diberi ammonium menjadi 250 protein/pigmen. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan N juga meningkatkan akumulasi protein zooxanthella. Selanjutnya Latosa dan Berdalet (1994) menyatakan bahwa ukuran sel meningkat dengan tidak adanya N atau P, tetapi perubahan lebih cepat terjadi jika P terbatas. Defisiensi N menyebabkan kehilangan pigmen yang lebih cepat dibanding defisiensi P.

Di Indonesia, penelitian dengan penambahan nutrisi pada juvenil kima telah dilakukan oleh Suaib (1995) di Hatchery Marine Science UNHAS Pulau

Barrang Lompo pada kima air (*T. derasa*) yang berukuran 13 – 18 mm. Setelah 2 bulan, juvenil kima yang diberi pupuk ZA 20 μ mol tumbuh lebih baik dengan penambahan cangkang 3.11 mm, berat 0,259 gram dan sintasan 98,67%. Lebih lanjut Tahir (1996) memperoleh penambahan panjang cangkang 3,48 mm, berat 0,22 gram dengan sintasan 93,33 %. Dari juvenil kima raksasa (*T. gigas*) berumur 5 bulan ukuran panjang rata-rata 1 cm yang diberi pupuk ZA 10 μ mol.

E. Klorofil-a Zooxanthella

Dalam proses fotosintesis, energi surya disadap oleh pigmen-pigmen fotosintetik. Pigmen fotosintetik terpenting, di antaranya adalah klorofil. Zooxanthella pada hewan karang dan jenis kerang *Tridacna*, mengandung berbagai pigmen fotosintetik, yaitu klorofil-a dan c, betha caroteine, peridinin, neoperidinin, dinoxanthin dan beberapa xanthophyl lainnya. Nontji (1984) berhasil memisahkan dua jenis pigmen klorofil-c, masing-masing klorofil -c₁ dan klorofil-c₂. Rasio klorofil-a terhadap klorofil-c₂ beragam bergantung pada hewan inangnya.

Nontji (1984) menunjukkan bahwa meskipun zooxanthella pada karang dan kerang *Tridacna* sama, namun laju fotosintesisnya berbeda, tergantung pada jenis hewan inangnya. Menurut Muscatine (1980), zooxanthella pada karang yang hidup di daerah kedalaman menunjukkan efisiensi fotosintesis yang tinggi (shade adapted) sebagai akibat dari adaptasi kemampuan



menangkap cahaya yang hanya sedikit. Sebaliknya yang hidup di permukaan, efisiensi fotosintesis rendah (light adapted) karena adanya irradians yang kuat.

Kozloof (1990) mengatakan bahwa meskipun anemon laut merupakan hewan karnivora, banyak di antara anemon laut yang bersimbiosis dengan zooxanthella dalam sel gastrodermisnya. Zooxanthella pada anemon laut aktif berfotosintesis banyak carbon yang dihasilkan sehingga memungkinkan induk semangnya membentuk gliserol, glukosa, dan bahan organik lainnya.

Klorofil merupakan pigmen karena menyerap cahaya, yakni radiasi elektromagnetik pada spektrum kasat mata. Cahaya putih (seperti halnya sinar matahari) mengandung semua warna spektrum kasat mata, mulai dari warna merah sampai violet, tetapi seluruh panjang gelombang unsumya tidak diserap dengan baik secara merata (Kimbal, 1987). Selanjutnya dikatakan bahwa klorofil-a dan klorofil-b paling kuat menyerap cahaya di bagian merah dan ungu spektrum tersebut dan cahaya hijau paling sedikit diserap.

Klorofil terbagi menjadi tiga jenis yaitu klorofil-a, klorofil-b dan klorofil-c. Klorofil-a lebih dari 1-2% berat kering bahan organik dari alga planctonik dan merupakan pigmen klorofil yang dominan jumlahnya dibanding klorofil-b dan klorofil-c (APHA, 1992).

Klorofil terdapat pada semua jenis alga, tetapi lebih dominan pada Cyanophyceae. Harris (1986) melaporkan bahwa untuk mensintesis

klorofil diperlukan unsur hara C, H, O, N dan Mg sebagai pembentuk molekul klorofil, Fe sebagai katalisator dan P sebagai sumber energi. Defisiensi zat hara tersebut akan mempengaruhi sintesis dan kandungan klorofil alga.

Intensitas cahaya matahari dan nutrisi yang tersedia di perairan diketahui dapat memicu perkembangan konsentrasi klorofil. Peranan cahaya terhadap kandungan klorofil per sel memberikan peningkatan jumlah alga per unit jaringan. Tingginya kepadatan alga per unit volume disebabkan oleh adanya perkembangan kandungan klorofil dalam sel (Moosa dan Suharsono, 1995).

Pada beberapa hewan karang, konsentrasi klorofil-a dalam hal ini pada zooxanthella berhubungan dengan kedalaman perairan. Meskipun begitu, konsentrasi klorofil-a pada organisme tertentu relatif konstan (Suharsono dan Sukarno, 1983).

F. Indeks Mitotik Zooxanthella

Indeks mitotik zooxanthella adalah perbandingan antara jumlah sel zooxanthella yang sedang membelah dalam setiap 500 sel zooxanthella yang dijumpai pada saat perhitungan sedang berlangsung dikali dengan 100%. Indeks mitotik diamati untuk mengetahui bagaimana tingkat pertumbuhan zooxanthella tersebut di dalam inang dan pengaruhnya terhadap hewan simbiotiknya (Ambariyanto, 1996). Menurut Harland dan Brown (1989),

kecepatan pembelahan sel zooxanthella disebut sebagai indeks mitotik yang dinyatakan dalam persentase dari sel yang mengalami pembelahan di dalam populasi zooxanthella. Indeks mitotik pada zooxanthella yang bersimbiosis dengan aveterbrata mempunyai kepekaan yang tinggi terhadap perubahan lingkungan. Sifat peka inilah yang banyak digunakan sebagai indikator adanya perubahan lingkungan atau adanya zat pencemar di suatu lingkungan.

Nganro (1992) dalam Zamani (1995) menemukan bahwa siklus pembelahan sel zooxanthella atau indeks mitotik merupakan salah satu cara paling efektif yang dapat digunakan untuk menguji sensitifitas hewan inang dan simbiannya terhadap polutan seperti tembaga.

Michell dan Fitt (1984) menjelaskan bahwa pengukuran indeks mitotik pada alga yang berdasarkan pada pembelahan sel, telah membuktikan sensitifitas terhadap stres lingkungan termasuk minyak, logam berat, peningkatan suhu.

Wyllie, dkk. (1984) mengatakan bahwa peningkatan suhu menyebabkan sel mati atau necrosis. Necrosis dapat disebabkan oleh stres lingkungan atau penyakit. Fase I necrosis meliputi perubahan pada membran plasma yang diikuti oleh hilangnya kalsium dan terjadi distorsi membran mitokondria (Trump, dkk., 1982), fase II gangguan seluler meliputi pembengkakan lysosoma (Bowen, 1983). Lebih lanjut Suharsono (1990) mengatakan bahwa

pada suhu tinggi dapat menyebabkan bentuk membran lysosoma tidak beraturan.

G. Pertumbuhan dan Sintasan Juvenil Kima

Usaha budidaya kima pada dasarnya terdiri atas 3 fase yaitu : fase hatchery, fase pemeliharaan di laut dan fase pembesaran (Tisdell, 1992). Fase hatchery meliputi beberapa tahap seperti seleksi induk dan induksi untuk pemijahan, penetasan larva dan pemeliharaan juvenile. Pemeliharaan pada fase larva dan juvenil kima merupakan masa yang sangat rawan akan kematian, karena perbedaan kondisi lingkungan yang terdapat di hatchery dengan di alam. Selain itu, keberhasilan pemeliharaannya akan sangat menentukan bagi kehidupan selanjutnya, sehingga tahap ini membutuhkan penanganan yang cukup serius, terencana dan berkesinambungan.

Menentukan umur dan kecepatan tumbuh jenis kima agak sulit dan memakan waktu yang lama, karena kima termasuk hewan yang berumur panjang dan umurnya dapat mencapai puluhan tahun (Rosewater dan La Barberra, 1982). Laju pertumbuhan kima sangat bervariasi menurut jenisnya, bahkan perbedaan laju pertumbuhan sangat nyata pada setiap individu kima yang berasal dari satu induk. Menurut Solis, dkk (1984), kelangsungan hidup kima lebih tinggi bila dipelihara secara in door di laboratorium dari pada di out door pada periode yang sama (Tabel 1).

Tabel 1. Perkembangan Juvenil Kima pada Pemeliharaan In Door dan Out Door

Spesies	Umur (bln)	Pertumbuhan (mm)	Per. Rerata (mm/bln)	Masa pemeliharaan (bln)	SR (%)
<i>H.hippopus</i>	5	lab : 17.75	5.90	3	98.9
		laut : 17.00	5.60	3	73.3
<i>H.hippopus</i>	10	lab : 17.20	4.30	4	100.0
		laut : 30.33	7.57	4	66.0
<i>H.hippopus</i>	11	lab : 30.00	2.50	12	100.0
		laut : 29.80	2.56	12	65.0
<i>T.maxima</i>	13	lab : 7.79	2.59	3	94.4
		laut : 9.70	3.20	3	76.6

Sumber : Solis, dkk. (1984)

Ternyata bahwa jenis kima berukuran maksimum yang lebih besar mempunyai laju pertumbuhan lebih cepat dibandingkan dengan jenis yang berukuran maksimum lebih kecil. Disebutkan pula bahwa *T.gigas* (panjang maksimum 137 cm) mempunyai laju pertumbuhan tertinggi di antara kima yang lain. Proyeksi pertumbuhan per tahun untuk *T. gigas* (8-12 cm/tahun), *T. derasa* (3-6 cm/tahun) dan *T. squamosa* (2-4 cm/tahun) (Beckvar, 1981 dalam Syamsuddin, dkk., 1993).

Penelitian pemberian zooxanthella pada larva kima telah dilakukan oleh Fitt dan Trench (1981). Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa sintasan dan pertumbuhan larva serta juvenil kima yang diberi zooxanthella lebih tinggi dari pada yang tidak diberi zooxanthella. Lebih lanjut Fitt, dkk. (1986) telah meneliti laju pertumbuhan larva *H.hippopus* dan yang baru mengalami

metamorfosis dengan pemberian suspensi zooxanthella *S. microadriaticum*. Hasilnya menunjukkan bahwa ada perbedaan laju pertumbuhan larva sebelum dan sesudah pemberian zooxanthella (Tabel 2).

Tabel 2. Laju Pertumbuhan Larva *H. hippopus* Sebelum dan sesudah Pemberian Zooxanthella

Pemberian Zooxanthella Pada hari ke :	Laju Pertumbuhan (μm per hari)	
	Sebelum penambahan Zooxanthella	Setelah penambahan Zooxanthella
4	n.d	1.9 (4-18)
7	1.2 (4-9)	2.5 (9-18)
10	1.6 (4-13)	2.2 (12-18)
13	1.3 (4-18)	1.3 (13-18)
tanpa diberi zooxanthella	1.3 (4-18)	

Keterangan :

n.d = Tidak ada data

Angka dalam kurung menunjukkan interval waktu antara pengukuran yang diekspresikan sebagai umur kima (Sumber, Fitt, dkk., 1986)

III. KERANGKA PENELITIAN

A. Kerangka Pemikiran

Zooxanthella merupakan salah satu sumber makanan dari kima yang memainkan peranan penting dalam memenuhi kebutuhan nutrisi inangnya dan secara langsung berpengaruh pada pertumbuhan dan sintasan kima.

Zooxanthella dapat diperoleh dari berbagai inang avertebrata laut antara lain dari kima sisik, karang bercabang dan anemon laut. Berbagai inang zooxanthella ini akan menggambarkan perbedaan species (jenis) zooxanthella yang dapat bersimbiosis dan hal ini dapat dideteksi dari keragaan mt-DNANYa, juga dapat menggambarkan mutu zooxanthella yang dapat diukur antara lain dari kepadatan, kandungan klorofil-a dan indeks mitotik zooxanthella.

Perbedaan dalam spesies serta mutu zooxanthella akan memberikan pengaruh terhadap larva dan juvenil kima. Hal ini dapat dilihat melalui pengujian zooxanthella yaitu dengan memberikan zooxanthella dari berbagai inang kepada larva kima sisik yang diproduksi dari hasil pemijahan.

Juvenil kima yang memberi respon terbaik pada percobaan ini selanjutnya diberi pupuk ZA dan TSP untuk memenuhi kebutuhan nutrisi berupa nitrogen dan fosfat yang dibutuhkan oleh zooxanthella dalam proses fotosintesis.

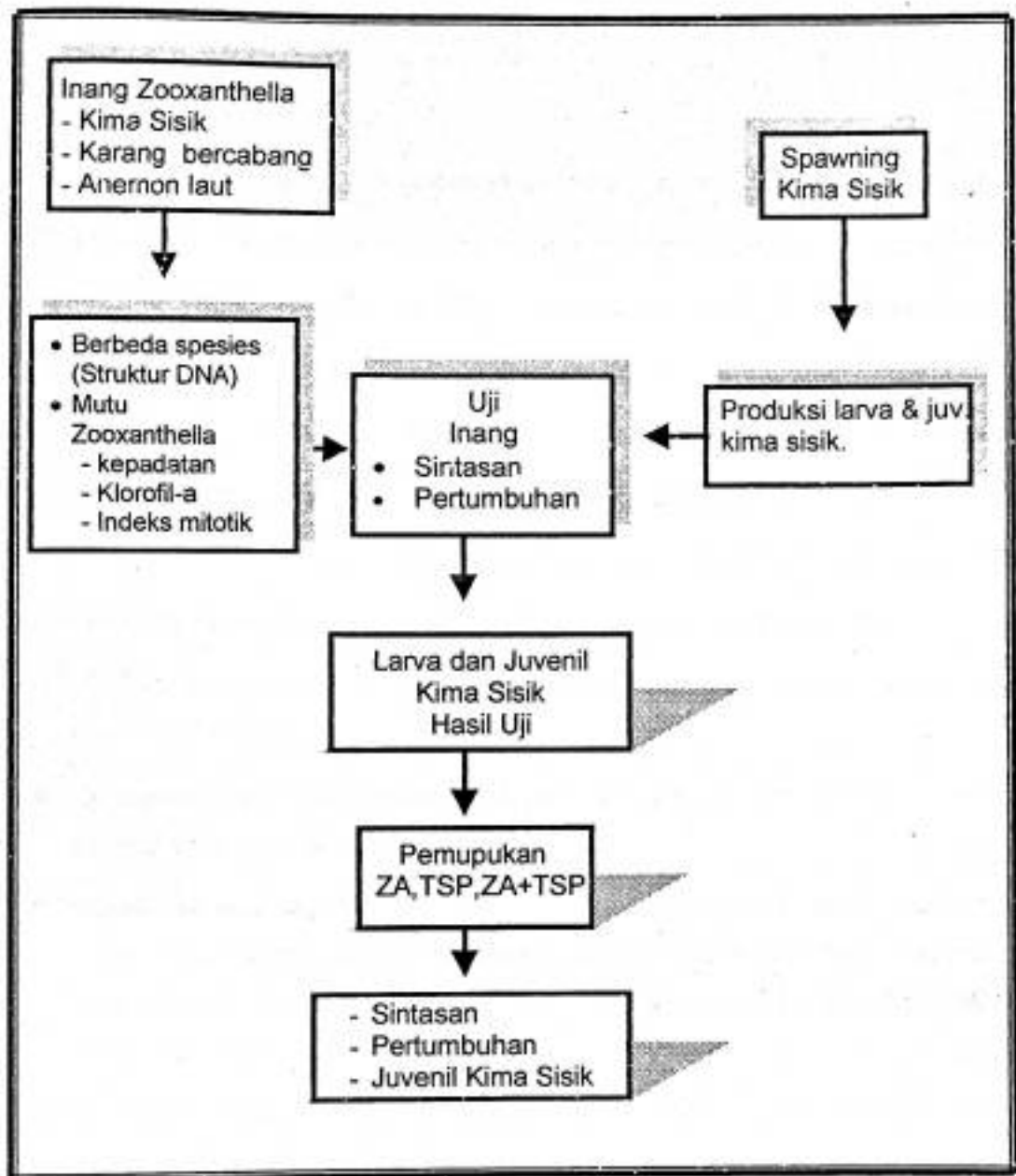
Pemberian pupuk ZA dan TSP ini diharapkan dapat meningkatkan laju fotosintesis. Peningkatan laju fotosintesis akan berpengaruh terhadap transfer hasil fotosintesis ke inangnya, dan hal ini diharapkan dapat meningkatkan sintasan dan pertumbuhan juvenil kima sisik.

Berdasarkan uraian tersebut di atas maka disusun kerangka pemikiran seperti terlihat pada Gambar 6.

B. Hipotesis

Berdasarkan kerangka pemikiran maka disusun hipotesis sebagai berikut :

1. Terdapat perbedaan spesies antara zooxanthella yang berasal dari kima sisik, karang bercabang, dan anemon laut.
2. Mutu zooxanthella (kepadatan, kandungan klorofil-a, dan indeks mitotik) dari kima sisik *T. squamosa* lebih tinggi dibanding dengan mutu zooxanthella dari karang bercabang *A. samoensis* dan anemon laut *S. gigantea*.
3. Zooxanthella yang berasal dari kima sisik, karang bercabang, dan anemon laut memberikan pengaruh yang berbeda terhadap sintasan dan laju pertumbuhan larva serta juvenil kima sisik.
4. Pemberian pupuk ZA, TSP dan kombinasi keduanya dapat meningkatkan sintasan dan laju pertumbuhan juvenil kima sisik.



Gambar 6. Kerangka Pemikiran Penelitian

IV. METODE PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu

Penelitian ini telah dilaksanakan di Hatchery Marine Station Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Unhas di Pulau Barrang Lompo. Pengukuran kandungan klorofil-a dilakukan di Laboratorium Kualitas Air, Jurusan Perikanan, FIKP Unhas. Uji coba pengembangbiakan zooxanthella di Laboratorium Mikrobiologi FIKP Unhas. Analisis mitokondria DNA zooxanthella dilakukan di Laboratorium Bioteknologi, Balai Besar Riset Perikanan Budidaya Laut, Gondol Singaraja, Bali. Penelitian berlangsung dari Tanggal 17 September 1999 sampai 21 Mei 2001, yang meliputi :

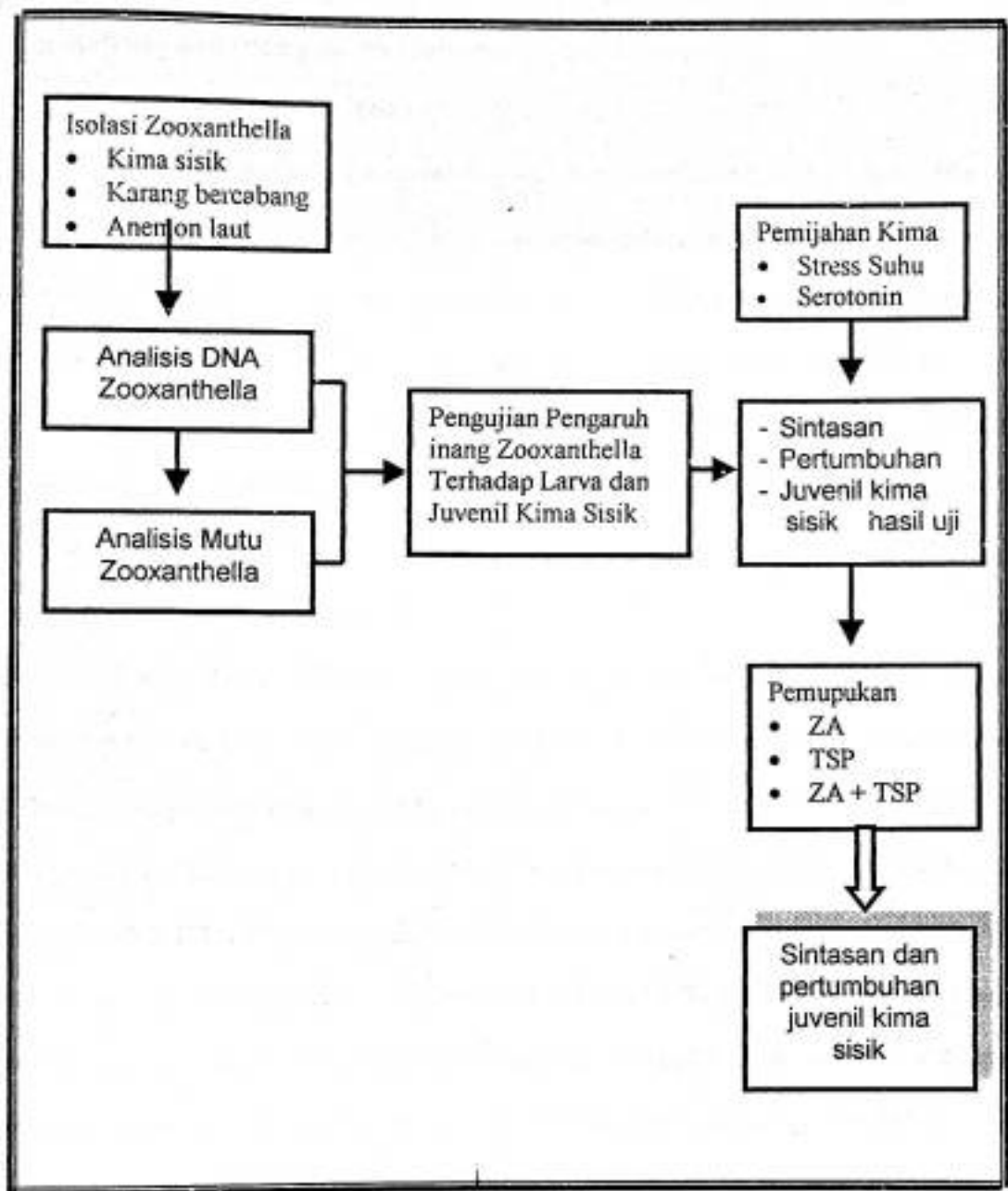
- Uji pendahuluan spawning kima dari tanggal 17 September sampai 2 Desember 1999
- Uji pendahuluan pengukuran kepadatan dan isolasi zooxanthella pada tanggal 3 sampai 25 Januari 2000.
- Analisis kepadatan, klorofil-a, indeks mitotik zooxanthella, spawning dan pemeliharaan larva dan juvenil kima yang diberi zooxanthella dari inang yang berbeda serta yang diberi pupuk pada tanggal 8 Februari 2000 sampai 2 Februari 2001.
- Uji pendahuluan pengembangbiakan zooxanthella pada tanggal 15 Februari sampai 2 April 2001.
- Pengembangbiakan dan analisis mt-DNA pada tanggal 3 sampai 21 Mei 2001.

B. Pelaksanaan Penelitian

Penelitian dimulai dengan mengisolasi zooxanthella dari masing-masing inangnya, yaitu dari kima sisik, karang bercabang dan anemon laut (Gambar 7). Selanjutnya dilakukan analisis mutu dan DNA zooxanthella. Untuk memproduksi larva dan juvenil kima dilakukan pemijahan induk (spawning) dan hasil pemijahan ini dipelihara sampai juvenil berumur 3 bulan. Juvenil kima yang memberi respon terbaik pada penelitian ini digunakan sebagai hewan uji dalam penelitian selanjutnya untuk perlakuan pemberian pupuk ZA dan TSP serta kombinasi keduanya, yang dapat menghasilkan juvenil berumur delapan bulan yang siap dipelihara di laut secara terlindungi (tahap *ocean nursery*).

a. Bahan dan Alat

Hewan uji yang digunakan sebagai sumber zooxanthella dalam penelitian ini adalah kima sisik *Tridacna squamosa* yang diperoleh dari beberapa pulau-pulau yang ada dikepulauan Spermonde, karang bercabang *Acropora samoensis* dan anemon laut *Stichodactyla gigantea* diperoleh dari perairan sekitar pulau Barrang Lompo. Induk kima sisik yang digunakan adalah yang sudah dewasa dan matang gonad yang diperoleh dari perairan sekitar Kepulauan Spermonde.



Gambar 7. Bagan Alir Tahap-Tahap Penelitian

b. Metode dan Prosedur Percobaan

1. Analisis Keragaan mt DNA

Untuk mengetahui keragaan spesies dari masing-masing zooxanthella yang diambil dari sumber yang berbeda dilakukan analisis mt-DNA (Macaranas, 1993). Metode yang digunakan mengikuti prosedur yang dilakukan di Balai Besar Riset Perikanan Budidaya Laut, Gondol, Bali. Analisis dilakukan melalui beberapa tahap, yaitu pembiakan zooxanthella, ekstraksi dan purifikasi mt-DNA, amplifikasi PCR dan Restriction Fragment Length Polymorphism.

Pengembangbiakan Zooxanthella

Zooxanthella diisolasi dari inangnya kemudian disaring dengan menggunakan kain saringan ukuran 10 μm dengan bantuan pompa vacuum. Hasil saringan kemudian disaring kembali sambil dibilas dengan air laut yang juga steril. Untuk membiakkan algae tersebut digunakan medium SWM-3 dan ASP 2-NTA (Komposisi dapat dilihat pada Lampiran 1). Media biakan disiapkan dengan sterilisasi basah pada suhu 115 $^{\circ}\text{C}$ selama 30 menit dan inokulasinya dilakukan secara aseptik di dalam "clean bench". Biakan algae tersebut dimulai dari volume 10 ml dalam tabung-tabung reaksi dan diperbesar hingga 100 ml. Pengembangbiakan dilakukan dengan skala laboratoris pada suhu 23 – 24 $^{\circ}\text{C}$ dan penyinaran 4500 iux tanpa diberi aerasi.

Apabila biakan telah mencapai fase stasioner (kepadatan sel tertinggi, yaitu antara 5,6 – 28,2 $\times 10^4$ sel/ml), masing-masing zooxanthella yang telah

b. Metode dan Prosedur Percobaan

1. Analisis Keragaan mt DNA

Untuk mengetahui keragaan spesies dari masing-masing zooxanthella yang diambil dari sumber yang berbeda dilakukan analisis mt-DNA (Macaranas, 1993). Metode yang digunakan mengikuti prosedur yang dilakukan di Balai Besar Riset Perikanan Budidaya Laut, Gondol, Bali. Analisis dilakukan melalui beberapa tahap, yaitu pembiakan zooxanthella, ekstraksi dan purifikasi mt-DNA, amplifikasi PCR dan Restriction Fragment Length Polymorphism.

Pengembangbiakan Zooxanthella

Zooxanthella diisolasi dari inangnya kemudian disaring dengan menggunakan kain saringan ukuran 10 μm dengan bantuan pompa vacuum. Hasil saringan kemudian disaring kembali sambil dibilas dengan air laut yang juga steril. Untuk membiakkan algae tersebut digunakan medium SWM-3 dan ASP 2-NTA (Komposisi dapat dilihat pada Lampiran 1). Media biakan disiapkan dengan sterilisasi basah pada suhu 115 $^{\circ}\text{C}$ selama 30 menit dan inokulasinya dilakukan secara aseptik di dalam "clean bench". Biakan algae tersebut dimulai dari volume 10 ml dalam tabung-tabung reaksi dan diperbesar hingga 100 ml. Pengembangbiakan dilakukan dengan skala laboratoris pada suhu 23 – 24 $^{\circ}\text{C}$ dan penyinaran 4500 iux tanpa diberi aerasi.

Apabila biakan telah mencapai fase stasioner (kepadatan sel tertinggi, yaitu antara 5,6 – 28,2 $\times 10^4$ sel/ml), masing-masing zooxanthella yang telah




tumbuh tersebut diambil dan disentrifuge dengan kecepatan 8.000 rpm selama 10 menit pada suhu 4⁰C. Endapan zooxanthella yang diperoleh kemudian diekstraksikan untuk mendapatkan genome DNA.

Eksraksi dan Purifikasi DNA

Untuk mendapatkan genome mt-DNA dilakukan ekstraksi dengan cara sebagai berikut : endapan zooxanthella yang telah disentrifuge diambil 1,5 µl dan dimasukkan ke dalam 3 eppendorf tube, kemudian ditambahkan 500 ml larutan 10% Chelex-100 dan 5 ml proteinase Kinase (20 mg/ml). Selanjutnya dipanaskan pada suhu 55⁰C dalam water bath selama 4 jam, kemudian dipanaskan lagi pada suhu 89⁰C selama 8 menit. Setelah itu didinginkan pada suhu kamar, kemudian ditambahkan 55 ml larutan TE (Tris-EDTA) buffer dengan pH 8,0. Endapan disentrifugasi kembali dengan kecepatan 13.000 rpm selama 5 menit, hingga akhirnya diperoleh genome mt-DNA dengan cara memindahkan larutan pada lapisan atas yang jernih ke dalam eppendorf tube yang baru. Genome mt-DNA ini kemudian dipurifikasi kembali agar diperoleh kualitas genome yang bersih dari protein.

Purifikasi genome mt-DNA dilakukan dengan cara hidrolisis enzimatik dengan RNase dan pemanasan 37 ⁰C selama 10 menit. Selanjutnya dilakukan penambahan larutan TE-Phenol, Chloroform Isoamyalkohol (24:1) untuk deproteinisasi melalui sentrifugasi selama 10 menit dengan kecepatan 14.000 rpm. Melalui pencucian dengan alkohol dingin 70% maka pellet genom mt-DNA dapat diperoleh, selanjutnya dikeringkan dan dilarutkan



dalam 300 ml TE (Tris-EDTA) buffer dan disimpan pada suhu -20°C untuk amplifikasi PCR.

Sebelum amplifikasi PCR, mt-DNA yang telah dihasilkan terlebih dahulu masing-masing dideteksi konsentrasi DNA-nya dengan menggunakan Gene Quant, agar memudahkan penentuan konsentrasi penggunaan mt-DNA dalam amplifikasi PCR.

Amplifikasi PCR (Polymerase Chain Reaction) Genome mt-DNA

Amplifikasi PCR terhadap genome mt-DNA ketiga zooxanthella yang diambil dari kima sisik, karang bercabang, dan anemon laut dimulai dengan mencampurkan beberapa larutan PCR kit (Takara Lab) yang terdiri dari 10x PCR buffer, 20 mM dNTP mix, primer 27f dan primer 1492 r (100 pico mol), 2 mM MgCl_2 0,5 U taq polymerase dan ddH₂O dalam mikrotube (200 ml) dan diinkubasi dalam mesin PCR (Polymerase Chain Reaction) merk Corbett Research PC 960 dengan 35 cycles.

Dalam amplifikasi ini diterapkan suhu denaturasi 94°C selama 1 menit, suhu annealing 60°C selama 1 menit dan suhu polimerase 72°C selama 3 menit. Universal primer 72 f dan primer 1492 r yang digunakan masing-masing mempunyai sequence 5' - AGAGTTTGA (AC) TGGCTCAG - 3' dan 5' ACGG (CT)TACCTT GTTACGACTT - 3'. Untuk mengetahui terjadinya pita tunggal amplifikasi dari template mt-DNA, maka pengamatan dilakukan dengan agarose gel elektroforesis 1,5 % dengan 1 x TAE (Tris Acetat EDTA) buffer selama 30 menit. Sebagai molekuler marker digunakan DNA ladder

100 bp, sedangkan untuk staining digunakan ethidium bromide dengan cara perendaman selama 20-30 menit. Hasil yang diperoleh diamati di bawah uv transiluminator dan didokumentasikan dengan gel kamera.

Restriction Fragment Length Polymorphism

Untuk mengetahui polymorphism, template mt-DNA produk amplifikasi PCR dipotong dengan beberapa enzim restriksi, yaitu Hha I (GCG'C), Hae III (GG'CC), dan Taq I (T'CGA). Pemotongan template diawali dengan menyiapkan larutan 10 x buffer, 100 x BSA, enzim rektriksi, ddH₂O serta template mt-DNA produk amplifikasi PCR dengan volume tertentu. Selanjutnya diinkubasi dalam water bath dengan suhu 37^oC selama 4 jam untuk enzim rektriksi Hha I dan Hae III, sedangkan untuk enzim rektriksi Taq I diinkubasi pada suhu 65^oC selama 1 jam.

Dengan menggunakan 2% agarose gel dalam 1 x TAE (Tris Acetat EDTA) buffer dan dielektroforesis selama 30 menit serta pewarnaan dengan ethidium bromide selama 25-30 menit, maka akan diperoleh panjang fragmen dari masing-masing template mt-DNA. Sebagai marker molekuler digunakan DNA ladder 100 bp dan λ Hind III, untuk kontrol digunakan template mt-DNA yang tidak mengalami pemotongan. Hasil yang diperoleh diamati di bawah UV transiluminator dan didokumentasikan dengan gel kamera.

2. Analisis Kepadatan Zooxanthella

Kepadatan zooxanthella dalam mantel kima dihitung berdasarkan petunjuk Griffiths dan Klumpp (1996) yaitu dengan cara mengambil contoh lapisan permukaan mantel kima sisik, kemudian dikeruk seluas 1 cm^2 dengan menggunakan skalpel, diulang sebanyak 3 kali. Selanjutnya hasil kerukan dikumpulkan dan disuspensikan dalam air laut yang telah disaring sampai mencapai volume 100 ml. Zooxanthella yang tersuspensi dihitung kepadatannya dengan menggunakan haemocytometer, diulang sebanyak lima kali. Untuk karang bercabang, zooxanthella diperoleh dengan mengikuti cara Suharsono dan Sukarno (1983) yaitu dengan mengambil contoh lapisan permukaan koralit kemudian dikeruk seluas 1 cm^2 dengan menggunakan skalpel sebanyak 3 kali, untuk selanjutnya diberi perlakuan sama dengan contoh kerukan pada mantel kima sisik. Sedangkan pada anemon laut pengambilan sampel dilakukan mengikuti cara yang dilakukan oleh Zamani (1995), yaitu dengan mengambil sampel pada lapisan endodermis, kemudian dikeruk seluas 1 cm^2 , diulang sebanyak 3 kali. Selanjutnya disuspensikan dalam air laut yang telah disaring sampai mencapai volume 100 ml. Suspensi zooxanthella diamati di bawah mikroskop dan dihitung.



3. Analisis Klorofil- a Zooxanthella

Pengukuran kandungan klorofil-a dilakukan dengan metode Trichromatik (APHA, 1992) sebagai berikut : zooxanthella yang telah diisolasi selanjutnya disaring dengan kertas saring milliphore yang berdiameter 47 mm dengan ukuran pori 0,45 μm yang diletakkan pada alat saringan filter holder. Pigmen dalam zooxanthella yang tertahan pada kertas saring diekstraksi dengan acetone 90% sebanyak 10 ml di dalam tissue grinder listrik Eberback pada 500 rpm selama 2 menit. Ekstrak disentrifuge pada 2500 rpm selama 30 menit. Absorban dari supernatan dibaca pada spektrofotometer mequeaturner Model 340 VIS pada panjang gelombang 750, 664, 647, dan 630 nm. Aseton 90% digunakan sebagai blanko. Selanjutnya untuk mengetahui apakah klorofil yang diamati sudah terdegradasi, maka dilakukan pula pengukuran phaeopigmen dengan menggunakan metode yang sama dengan di atas, yaitu setelah pengukuran klorofil-a dengan menggunakan sampel yang sama kemudian ditambahkan asam kuat (HCl) sebanyak 1 tetes, dan selanjutnya ditera kembali pada spektrofotometer.

4. Analisis Indeks Mitotik Zooxanthella

Pengambilan data indeks mitotik dilakukan mengikuti petunjuk Suharsono (1990); Brown dan Zamani (1992); Zamani (1995) dan Ambariyanto (1996), yaitu dengan menggunakan metode homogenisasi dimana zooxanthella dan inangnya dipisahkan dengan cara dikeruk dengan

scalpel, selanjutnya disuspensikan dengan air laut bersih. Untuk memisahkan zooxanthella dengan kotoran maka dilakukan penyaringan bertingkat mulai dari saringan ukuran 250, 175 sampai 50 μm . Hasil penyaringan ditempatkan dalam gelas ukur kemudian siap untuk dianalisis. Indeks mitotik dihitung dari zooxanthella yang sedang dalam proses sitokinesis atau pun karyokinesis yang terlihat sebagai sel kembar dengan mikroskop pada pembesaran 400 kali. Pengamatan sampel dilakukan pada jam 03.⁰⁰, 06.⁰⁰, 09.⁰⁰, 12.⁰⁰, 15.⁰⁰, 18.⁰⁰, 21.⁰⁰, dan 24.⁰⁰ WITA selama 24 jam dengan 5 kali pengulangan.

5. Pengaruh Zooxanthella dari Inang yang Berbeda Terhadap Sintasan dan Laju Pertumbuhan Larva serta Juvenil Kima Sisik

- **Hewan Uji**

Hewan uji yang digunakan dalam percobaan ini adalah larva kima sisik yang diperoleh melalui pemijahan, sedangkan zooxanthella yang diberikan pada larva berasal dari hasil isolasi dari masing-masing inangnya.

- **Wadah dan Air Percobaan**

Wadah yang digunakan untuk pemijahan induk berupa bak segi empat volume air 8 ton dan berupa akuarium ukuran 30 x 30 x 40 cm berbentuk segi empat untuk pemeliharaan larva. Wadah bak dan akuarium sebelum digunakan terlebih dahulu dibersihkan dengan cara

disikat dan diberi sabun, lalu dibilas sampai bersih. Selanjutnya dijemur selama kurang lebih 3 (tiga) hari.

Air media yang digunakan berasal dari perairan sekitar Pulau Barrang Lompo yang telah disaring dengan "filter bag" ukuran 1 μm , sebelum digunakan terlebih dahulu ditampung dalam bak "fibre glass" selama kurang lebih 3 hari. Selanjutnya diberi chlorin sebanyak 20 ppm kemudian diaduk dengan aerasi yang kuat selama satu jam. Setelah itu dinetralkan dengan Natrium tio sulfat sebanyak 10 ppm. Setiap akuarium diisi 20 l air laut dengan salinitas 29 – 30 ppt dan suhu antara 29 – 31^o C.

- **Aerasi**

Untuk mempertahankan kebutuhan oksigen yang optimum bagi zooxanthella dan larva kima, selama percobaan air media diaerasi secara terus menerus.

- **Metode dan Prosedur Percobaan**

Pemijahan induk dilakukan dengan mengikuti petunjuk Braley (1992) yaitu dengan menggunakan metode penggabungan antara kejutan suhu (35^oC) dengan injeksi zat kimia serotonin (5 – Hydroxytryptamine Creatinine Sulfate Complex). Caranya yaitu induk kima dibersihkan lebih dahulu dari kotoran dengan menyikat dan menghilangkan organisme penempel. Kemudian dibilas dengan kaporit untuk mematikan hama dan organisme yang masih menempel. Setelah

itu induk kima dijemur di bawah sinar matahari selama satu jam, kemudian dimasukkan dalam bak pemijahan. Injeksi dilakukan dengan menggunakan spuit dengan dosis 2 μ Mol larutan serotonin melalui excurrent siphon. Gonad yang masak akan mengeluarkan spermatozoa, dan beberapa menit kemudian akan melepas sel telur. Setelah terjadi fertilisasi, 24 jam kemudian telur akan menetas menjadi trocophore. Selanjutnya larva dipindahkan ke dalam akuarium percobaan dengan kepadatan mengikuti hasil penelitian Braley (1993) yaitu sebanyak 2 ekor/ml atau 40.000 ekor/akuarium.

Setelah larva berumur dua hari (diperkirakan persediaan kuning telur sudah habis), dilakukan pemberian makanan tambahan berupa ragi merk fermipan dengan dosis 0,1 ppm. Hal ini dilakukan terus setiap hari sekali sampai larva berumur satu bulan.

Pemberian zooxanthella mulai dilakukan pada umur 3, 5, 7 dan 9 hari setelah telur menetas menjadi larva trocophore (Ellis, 1995). Kepadatan zooxanthella yang diberikan sebanyak 200 sel/ml sesuai petunjuk Braley (1992); Braley dan Rachman (1996). Sejak pemberian zooxanthella, setiap hari dilakukan pula pengamatan larva di bawah mikroskop untuk melihat apakah sudah terjadi metamorfosis dan simbiosis. Biasanya hal ini juga ditandai dengan turunnya larva ke bagian dasar akuarium. Untuk mencegah timbulnya hama dan penyakit, ke dalam air media diberikan antibiotik streptomycin sulfat dengan dosis

5 ppm (Braley, 1992; Armand, 1999). Setiap minggu dilakukan pula pengamatan kualitas air meliputi oksigen terlarut, pH, salinitas, suhu, amoniak, nitrat, dan fosfat.

Pengamatan pertumbuhan yang dilakukan pada tahap ini adalah pertumbuhan mutlak dan perhitungan sintasan dilakukan setelah selesai masa larva dan juvenil berumur 3 (tiga) bulan.

Pengukuran Sintasan dan Pertumbuhan Larva serta Juvenil Kima Sisik

Pengamatan pertumbuhan panjang cangkang pada masa larva dilakukan pada setiap fase yaitu mulai dari fase trocophore, veliger, dan pediveliger. Panjang cangkang diukur dari ujung anterior ke ujung posterior dengan menggunakan mistar geser. Sintasan juga dihitung pada setiap fase dengan menggunakan "counting chamber", sedangkan pada fase juvenil cara pengukuran pertumbuhan sama dengan pada masa larva, hanya pengukuran sintasan dilakukan dengan menghitung keseluruhan jumlah juvenil yang masih hidup.

• Perlakuan

Percobaan pada tahap ini dilaksanakan dalam bentuk Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 4 (empat) perlakuan sebagai berikut.

- A = Tanpa pemberian zooxanthella
- B = Zooxanthella dari kima sisik
- C = Zooxanthella dari karang bercabang
- D = Zooxanthella dari anemon laut

Masing-masing perlakuan diulang sebanyak 4 (empat) kali sehingga diperoleh 16 satuan percobaan.

6. Pengaruh Pemberian Pupuk ZA, TSP, ZA + TSP Terhadap Sintasan dan Laju Pertumbuhan Juvenil Kima Sisik (*T. squamosa*)

- Hewan Uji

Hewan uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah juvenil kima sisik yang telah digunakan pada penelitian sebelumnya yang memberi respon yang terbaik.

- Wadah dan Air Percobaan

Wadah yang digunakan dalam penelitian ini adalah akuarium berukuran 30 x 30 x 40 cm, yang juga telah digunakan pada penelitian sebelumnya dengan volume air yang sama dan jumlah wadah yang sama.

Air laut yang digunakan berasal dari perairan pantai Pulau Barrang Lompo yang telah disaring dengan menggunakan filter bag ukuran 1 μ m. Salinitas air yang digunakan berkisar antara 29-30 ppt. Untuk menjaga kondisi kualitas air supaya tetap stabil, setiap hari dilakukan penggantian air.

Wadah ditempatkan pada lokasi yang cukup mendapat sinar matahari agar proses fotosintesis bagi zooxanthella dapat berjalan dengan baik.

- **Aerasi**

Untuk mempertahankan kebutuhan oksigen yang optimum bagi *zoocoxanthella* dan juvenil kima, selama percobaan diberi aerasi secara terus menerus.

- **Metode dan Prosedur Percobaan.**

Pemberian Pupuk ZA dilakukan setiap hari sedangkan pemberian pupuk TSP dilakukan seminggu sekali.

Pengukuran Sintasan dan Pertumbuhan Juvenil Kima

Pengamatan pertumbuhan panjang cangkang dilakukan setiap dua minggu dengan menggunakan mistar geser.

- **Perlakuan**

Padat penebaran juvenil yang digunakan pada tahap ini adalah mengikuti hasil penelitian Nurhidayah (1995) yaitu 25 ekor/900 cm², sedangkan dosis pupuk yang digunakan mengikuti petunjuk Braley (1992; 1993) dan Su'uib (1995) yaitu pupuk ZA = 20 μ Mol/hari dan pupuk TSP = 2 μ Mol/minggu.

Percobaan tahap ini dilaksanakan dalam bentuk Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 4 (empat) perlakuan yaitu :

Perlakuan A = Tanpa diberi pupuk (kontrol)

Perlakuan B = Pupuk ZA

Perlakuan C = Pupuk TSP

Perlakuan D = Pupuk ZA + TSP

Masing-masing perlakuan diulang sebanyak 3 (tiga) kali sehingga diperoleh 12 satuan percobaan.

C. Peubah yang Diamati

■ Kepadatan Zooxanthella

Zooxanthella yang diambil dari jaringan yang dikehendaki dan telah disuspensikan dengan saringan ukuran 25 μm , selanjutnya dimasukkan ke dalam botol sampel yang bervolume 100 ml. Kepadatan zooxanthella dihitung dengan menggunakan rumus APHA (1992), sebagai berikut .

$$\text{Organisme Per mm}^2 = \frac{N \times A_t \times V_t}{A_c \times V_s \times A_s}$$

Dimana :

N = Jumlah organisme yang dihitung (sel/cm²)

A_t = Luas cover glass (mm²)

V_t = Volume total sampel awal (ml)

A_c = Luas sampel yang dikerik (cm²)

V_s = Volume sampel yang digunakan (ml)

A_s = Luas mikrometer (mm²)

■ Klorofil-a

Kandungan klorofil-a zooxanthella dihitung menurut persamaan APHA (1992) yang telah dimodifikasi sebagai berikut :

$$\text{Klorofil-a (mg/m}^3\text{)} = \frac{\{(11,85 \times E664)-(1,54 \times E647)-(0,08 \times 630)\} \times V_e}{V \times d}$$

dimana,

E 664 = Absorbansi 664 nm – absorbansi 750

E 647 = Absorbansi 647 nm – absorbansi 750

E 630 = Absorbansi 630 nm – absorbansi 750

V_e = Volume ekstrak aseton (ml)

V = Volume contoh air yang disaring (ml)

d = Lebar diameter cuvet (1 cm)

Untuk membedakan antara klorofil hidup dengan klorofil yang telah terdegradasi, maka dilakukan pula pengukuran phaeopigmen. HCl dengan

■ Indeks Mitotik

Indeks mitotik dihitung berdasarkan petunjuk Ambariyanto (1996) dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Indeks Mitotik} = \frac{\text{Jumlah Zooxanthella yang membelah}}{500} \times 100\%$$

■ Sintasan Larva dan Juvenil Kima Sisik

Sintasan larva dan juvenil kima dihitung pada akhir penelitian, yaitu dengan cara menghitung keseluruhan juvenil kima yang masih hidup pada

setiap unit percobaan, selanjutnya dibagi dengan jumlah larva dan juvenil pada awal penelitian kemudian dikali dengan 100%.

■ **Pertumbuhan Panjang Mutlak Larva Kima Sisik**

Pertumbuhan panjang mutlak dihitung pada akhir penelitian yaitu dengan mengurangi hasil pengukuran panjang pada akhir penelitian dengan panjang pada awal penelitian.

■ **Laju Pertumbuhan Panjang Harian Juvenil Kima Sisik**

Laju pertumbuhan panjang harian rata-rata dihitung menurut Hopkins (1992) sebagai berikut :

$$\text{SGR} = \frac{\ln L_t - \ln L_o}{t} \times 100 \%$$

Dimana :

SGR = Laju pertumbuhan rata-rata populasi harian (%)

L_t = Panjang rata-rata populasi pada waktu t (mm)

L_o = panjang rata-rata populasi pada awal penelitian (mm)

t = Periode pengamatan (hari)

D. Analisis Data

Data tentang mutu zooxanthella (kepadatan, klorofil-a, dan indeks mitotik), serta mt-DNA yang diperoleh dari masing-masing sumber zooxanthella (kima sisik, karang bercabang dan anemon laut) dianalisis

secara diskriptif dengan bantuan tabel, grafik, dan gambar. Untuk melihat apakah ada perbedaan kepadatan, klorofil-a dan phaeopigmen serta indeks mitotik ketiga jenis Zooxanthella, dilakukan uji t-Student (Walpole dan Myers, 1986).

Data pertumbuhan dan sintasan larva serta juvenil kima sisik yang diberi zooxanthella dari sumber yang berbeda dianalisis dengan model Rancangan Acak lengkap (RAL) (Gaspersz, 1991) sebagai berikut :

$$X_{ij} = \mu + \alpha_i + \epsilon_{ij}$$

dimana :

X_{ij} = angka pengamatan ke-j dan perlakuan ke-i

μ = nilai tengah dari seluruh perlakuan

α_i = perlakuan sumber zooxanthella (A,B,C,D) dan perlakuan pupuk (A,B,C,D)

ϵ_{ij} = galat acak

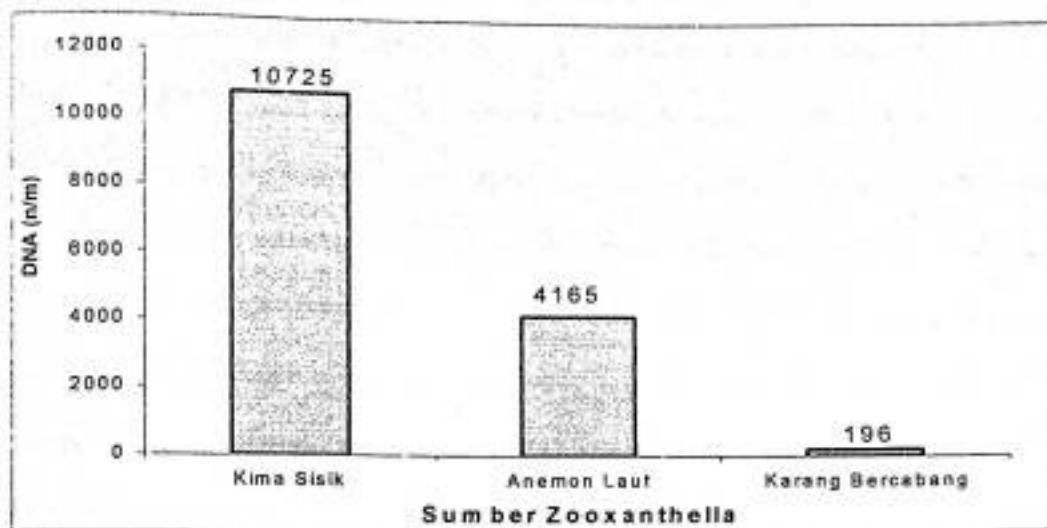
Karena perlakuan uji berpengaruh nyata terhadap peubah uji, maka dilanjutkan dengan uji BNT untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan dan menentukan perlakuan yang memberikan pengaruh terbaik.

V. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Identifikasi Spesies Berdasarkan Analisis mt DNA *Zooxanthella*

Hasil pengamatan perkembangbiakan sel *zooxanthella* yang akan dianalisis mt-DNA nya menunjukkan bahwa medium yang memberi pertumbuhan yang baik bagi *zooxanthella* adalah ASP2-NTA. Pada medium tersebut sel mulai berkembang dengan pesat sehari setelah inokulasi dan mempunyai kepadatan yang tinggi, terutama pada *zooxanthella* yang berasal dari kima sisik dan anemon laut. Sedangkan *zooxanthella* yang dibiakkan pada SWM-3 juga mengalami perkembangbiakan akan tetapi media budidaya banyak terkontaminasi oleh protozoa dan algae lain. Selain itu kepadatan populasi *zooxanthella* nya juga rendah, bahkan pada media budidaya *zooxanthella* dari karang bercabang tidak mengalami perkembangbiakan. Respon yang baik yang diperlihatkan oleh medium ASP2-NTA disebabkan karena komposisi zat kimianya hampir sama dengan medium ASP-8A yang telah berhasil digunakan oleh Fitt dan Trench (1981) dalam perkembangbiakan sel *zooxanthella*.

Hasil pengukuran konsentrasi DNA pada masing-masing *zooxanthella* yang berasal dari sumber kima sisik, karang bercabang dan anemon laut dapat dilihat pada Gambar 8.

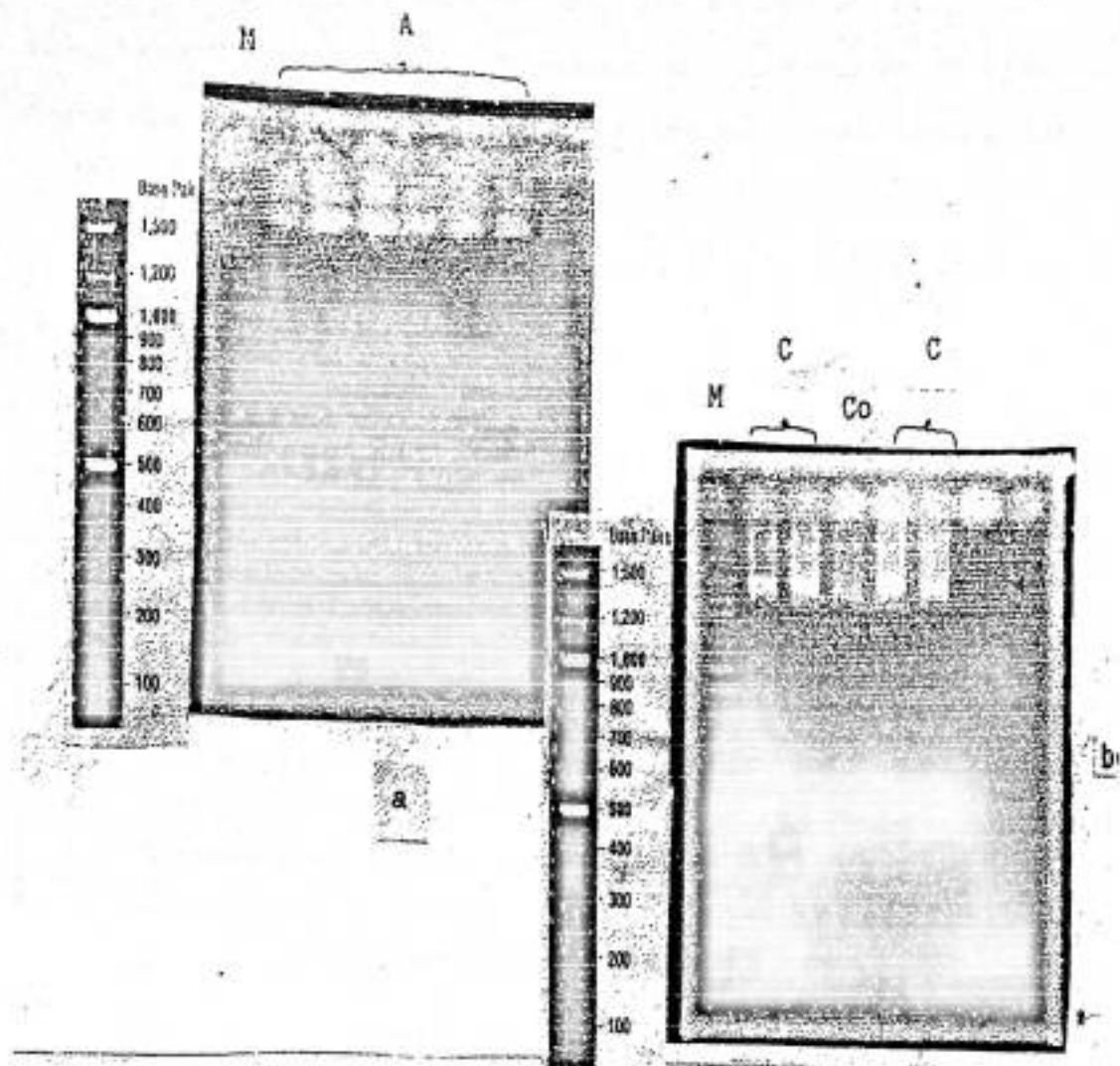


Gambar 8. Histogram Konsentrasi DNA Zooxanthella yang Berasal dari Kima sisik, Karang Bercabang, dan Anemon laut

Gambar 8 menunjukkan bahwa konsentrasi DNA zooxanthella yang berasal dari kima sisik, karang bercabang dan anemon laut berbeda-beda berdasarkan spesies inangnya. Zooxanthella yang berasal dari kima sisik mempunyai konsentrasi DNA yang lebih tinggi dibandingkan zooxanthella yang berasal dari karang bercabang dan anemon laut. Hal ini berkaitan dengan ukuran sel, dimana ukuran sel zooxanthella yang berasal dari kima sisik lebih besar, kemudian disusul oleh anemon laut dan yang terkecil adalah zooxanthella dari karang bercabang. Hal yang sama didapatkan oleh Hariyanti, dkk. (2001) dimana spesies *Dunaliella* sp yang berukuran 5-10 x 3-6 mm mempunyai konsentrasi DNA sebanyak 10.290/ml, dibandingkan dengan *Nannochloropsis oculata* yang berukuran 2-4 mm hanya mempunyai konsentrasi DNA 5.390/ml.

Hasil penelitian di atas menunjukkan bahwa konsentrasi DNA pada sel berhubungan dengan sifat dan karakteristik biologi, kemungkinan bahwa zooxanthella yang berasal dari kima sisik mempunyai kemampuan untuk beradaptasi dengan tekanan lingkungan (suhu, intensitas cahaya, pH, dan salinitas). Menurut Haryanti, dkk. (2001), tingginya kandungan DNA pada sel berhubungan dengan sifat dan karakteristik biologi, dan sifat ini yang digunakan untuk mengasumsikan kemampuan adaptasi terhadap guncangan lingkungan atau pengaturan metabolisme untuk pertumbuhan sel.

Hasil amplifikasi PCR genome DNA zooxanthella dari masing-masing sumber dengan suhu annealing 60 °C menunjukkan bahwa ketiga zooxanthella yang diambil dari kima sisik, karang bercabang, dan anemon laut mempunyai berat molekul yang sama yaitu sekitar 1500 bp (base pairs) (Gambar 9). Hasil ini lebih rendah dibanding dengan penemuan Maruyama dkk. (1998) yang menggunakan primer ss5 dan ss3 pada beberapa spesies *Tridacna* termasuk *T. squamosa* yaitu 1804 bp, tetapi lebih tinggi dari pada hasil penelitian Baillie, dkk. (2000) yang menggunakan primer zITSf dan ITS4 pada beberapa spesies *Tridacna* termasuk *T. squamosa* yaitu 750 bp. Sedangkan Aisyah, dkk. (2000) yang menggunakan primer D1/D2 dan didesain khusus untuk zooxanthella mendapatkan berat molekul karang *Acropora eongicyatus*, *Stylophora pistillata*, *Heliofungia actiniformes*, dan kima *Tridacna maxima* serta *Zoanthid*, *Palythoa caesia* sekitar 600 bp.



Gambar 9. Hasil Amplifikasi PCR mt- DNA Zooxanthella yang Berasal dari Inang yang Berbeda

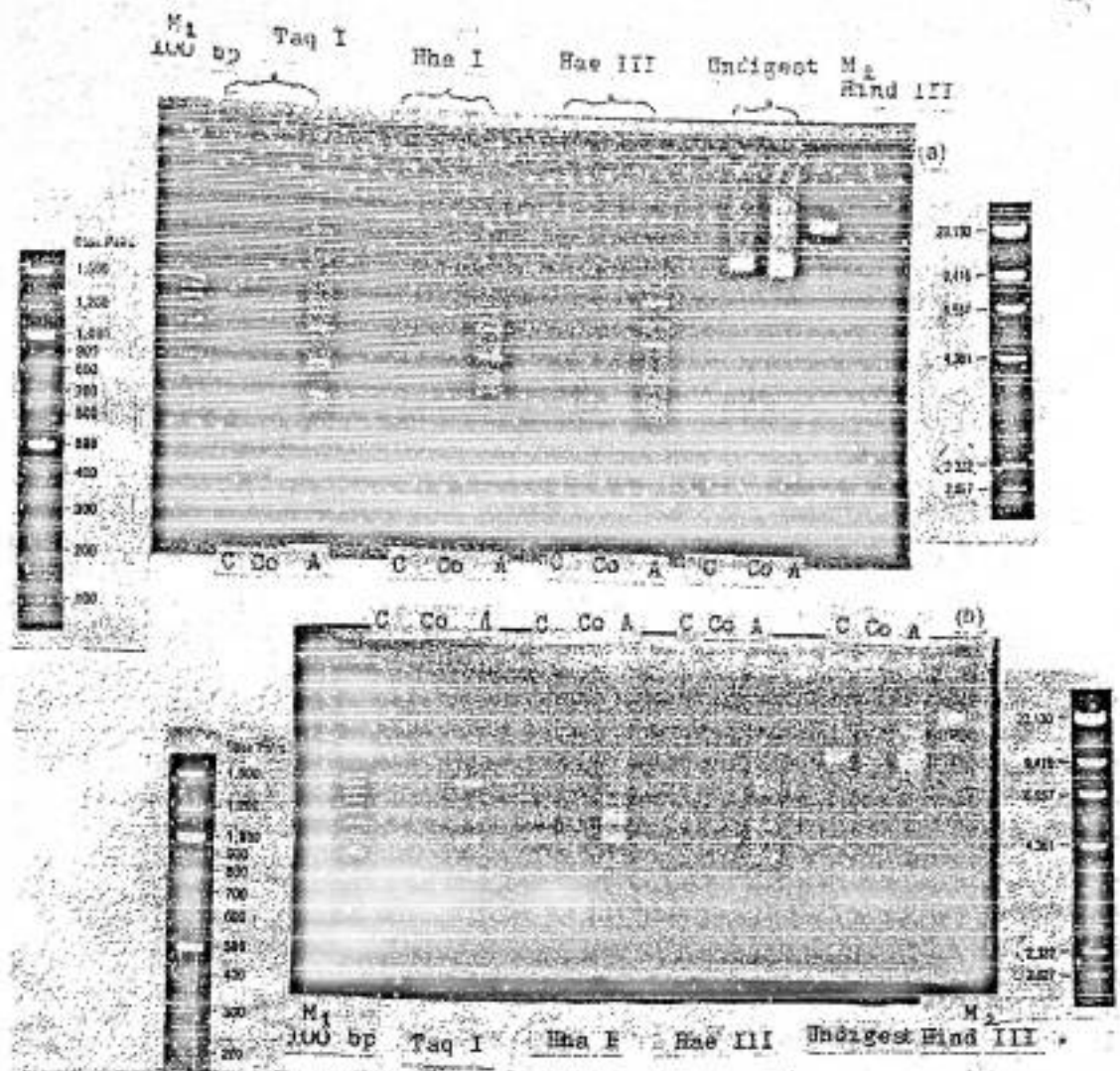
- a. Hasil amplifikasi PCR mt-DNA Zooxanthella anemon laut
- b. Hasil amplifikasi PCR mt-DNA Zooxanthella karang bercabang dan kima sisik
- C = Kima sisik (*T. squamosa*)
- Co = Karang bercabang (*A. samoensis*)
- A = Anemon laut (*S. gigantea*)
- M = Marker 100 bp

Template DNA yang dihasilkan dari produk amplifikasi PCR setelah dilakukan pemotongan dengan 3 (tiga) enzim restriksi yang diujikan yaitu Hha I, Hae III dan Taq I menghasilkan ukuran fragmen seperti pada Tabel 3 dan Gambar 10.

Tabel 3. Ukuran Fragmen (base pairs) mt DNA *Zooxanthella* dari Inang yang Berbeda dan Pemotongan dengan Enzim Restriksi

Enzim Restriksi	Inang <i>Zooxanthella</i>	Ukuran Fragmen (bp)					
		1	2	3	4	5	6
Taq I	Kima sisik <i>T. squamosa</i>	350	550	900	-	-	-
	Karang bercabang <i>A. samoensis</i>	450	600	-	-	-	-
	Anemon laut <i>S. gigantea</i>	200	400	500	500	600	900
Hha	Kima sisik <i>T. squamosa</i>	300	400	500	-	-	-
	Karang bercabang <i>A. samoensis</i>	400	1000	-	-	-	-
	Anemon laut <i>S. gigantea</i>	250	400	500	700	-	-
Hae III	Kima sisik <i>T. squamosa</i>	200	300	500	-	-	-
	Karang bercabang <i>A. samoensis</i>	-	-	-	-	-	-
	Anemon laut <i>S. gigantea</i>	250	300	400	450	700	800

Hasil pemotongan genome DNA *zooxanthella* yang berasal kima sisik, karang bercabang dan anemon laut menunjukkan bahwa universal primer yang digunakan yaitu 27f dan 1492 r dapat mengamplifikasi "target region" secara sempurna. Polimerfisme panjang fragmen restriksi yang diamati dengan ketiga enzim restriksi masing-masing dapat memotong 2,3,4 dan 6 pasangan basa.



Gambar 10. Pola Polimerfisme mt DNA *Zooxanthella* dengan Pemotongan Enzim Restriksi taq 1, Hha I dan Hae III

- Menggunakan 2 % agarose gel dalam TAE (Tris Acetat EDTA)
- Menggunakan 2 % agarose gel dalam TBE (Tris Buffer EDTA)

M₁ = marker 100 bp
 M₂ = marker λ Hind III
 C = Kima sisik *T. squamosa*
 Co = Karang bercabang *A. samoensis*
 A = Anemon laut *S. gigantea*

Amplifikasi dari fragmen gen tunggal yang digunakan untuk mengasumsikan banyaknya variasi pada masing-masing profil enzim restriksi menunjukkan bahwa zooxanthella dengan fragmen mempunyai banyak sisi restriksi dinyatakan lebih variatif secara genetis dibandingkan dengan yang tidak mempunyai sisi restriksi. Pada Tabel 3, tampak bahwa pemotongan dengan enzim restriksi Taq I dan Hae III ternyata dapat memberikan 6 pasangan basa pada anemon laut *S. gigantea*, sedangkan pada kima sisik *T. squamosa* hanya tiga pasangan basa dan pada karang bercabang *A. samoensis* hanya dua pasangan basa tetapi tidak ada pada Hae III. Akan tetapi pada pemotongan dengan menggunakan enzim restriksi Hha I, terdapat 4 pasangan basa pada anemon laut, 3 pasangan pada kima sisik dan 2 pasangan basa pada karang. Dari ketiga enzim restriksi yang digunakan, ternyata anemon laut memperlihatkan paling banyak pasangan basa. Hal ini menunjukkan bahwa anemon laut mempunyai banyak variasi gen dibandingkan dengan kima sisik dan karang bercabang.

Hasil yang diperoleh ini agak berbeda dengan yang didapatkan oleh La Jeunesse dan Trench (2000) dimana anemon laut *Anthopleura elegantissima* yang dipotong dengan menggunakan enzim restriksi Taq I hanya mendapatkan 3 pasangan basa. Perbedaan ini disebabkan oleh perbedaan spesies inang anemonnya sendiri, sehingga kemungkinan perbedaan spesies tersebut juga berbeda spesies zooxanthella yang hidup bersimbiosis dengannya. Menurut Rowan dan Powers (1991, 1992), McNally dkk. (1994), Maruyama, dkk. (1998)

dan Rowan (1998) dan Carlos, dkk. (1999), simbiotik dinoflagellata yang berasal dari inang yang berbeda juga bervariasi.

Tingginya variasi gen pada anemon laut ini kemungkinan bisa mensuplai banyak keuntungan bagi zooxanthella itu sendiri, terutama dalam kemampuannya untuk bertahan terhadap goncangan lingkungan atau stress fisiologi lainnya.

Hasil yang diperoleh ini memberi indikasi bahwa analisis variasi gen tingkat molekuler pada mt DNA dan analisis polimorfisme dengan metode RFLP (Restriction Fragment Length Polymorfism), selain membantu dalam memberikan informasi karakteristik biologi spesies zooxanthella, juga membantu dalam menentukan perbedaan dari masing-masing ketiga zooxanthella. Hasil penelitian Carlos, dkk. (2000), dengan menggunakan primer spesifik dan TGGE (Temperatur Gradient Gel Electrophoresis) mampu menganalisis variasi genetik komunitas zooxanthella pada beberapa spesies *Tridacna* dan *Cardiidae*.

Jadi meskipun ketiga zooxanthella yang berasal dari kima sisik, karang bercabang, dan anemon laut mempunyai berat molekul yang sama, tetapi tidak dapat diindikasikan bahwa ketiganya berasal dari spesies yang sama, karena hasil analisis lebih lanjut dengan menggunakan elektroforesis gel dan pematangan dengan menggunakan enzim restriksi, menunjukkan bahwa enzim restriksi yang sama memberikan tampilan yang berbeda pada setiap fragmennya untuk setiap zooxanthella dari inang yang berbeda. Hal ini

membuktikan bahwa spesies zooxanthella yang berasal dari kima sisik, karang bercabang, dan anemon laut tidak sama. Namun, untuk mengetahui spesies yang tepat dari masing-masing sumber zooxanthella tersebut perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan melakukan sequencing kemudian dihubungkan dengan daftar bank gen dan selanjutnya dapat direkonstruksi phylogenetiknya.

B. Kepadatan Zooxanthella

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa kepadatan zooxanthella pada setiap hewan uji berbeda berdasarkan speciesnya, anemon laut *S. gigantea* mempunyai kepadatan yang tertinggi sebesar $11,46 \times 10^6/\text{cm}^2$, disusul oleh kima sisik *T. squamosa* $4,04 \times 10^6/\text{cm}^2$, dan yang paling rendah adalah karang *A. samoensis* dengan kepadatan $2,74 \times 10^6/\text{cm}^2$ (Tabel 4 dan Lampiran 2).

Tabel 4. Rata-rata Kepadatan Zooxanthella pada Kima Sisik, Karang, dan Anemon Laut (n =3)

Inang Zooxanthella	Kepadatan Zooxantella ($\times 10^6 \text{ Sel/cm}^2$) ($\bar{x} \pm \text{SD}$)
Anemon Laut <i>S. gigantea</i>	$11,46 \pm 0,77$
Kima Sisik <i>T. squamosa</i>	$4,04 \pm 0,15$
Karang bercabang <i>A. samoensis</i>	$2,74 \pm 0,19$

Kepadatan zooxanthella pada anemon laut lebih tinggi dibandingkan yang lainnya bahkan jauh lebih tinggi dari pada hasil penelitian Cook, dkk. (1988) pada anemon *Aiptasia pallida* sebanyak 2×10^6 sel/ml yang disimpan pada kondisi laboratorium. Hasil uji statistik t-Student (Lampiran 3) menunjukkan bahwa kepadatan zooxanthella antara anemon laut dan kima

sisik, antara anemon laut dan karang bercabang, serta antara kima sisik dan karang bercabang berbeda nyata ($P < 0,05$). Hal ini menunjukkan bahwa kepadatan zooxanthella pada anemon laut lebih tinggi dibanding kima sisik dan karang bercabang. Tingginya kepadatan zooxanthella pada anemon laut dibanding kima sisik dan karang bercabang kemungkinan disebabkan karena anemon laut ini tidak mempunyai lapisan pelindung seperti pada kima sisik dan karang bercabang yang menyebabkan anemon laut mempunyai sensitifitas yang tinggi terhadap perubahan lingkungan terutama suhu.

Perbedaan kepadatan zooxanthella pada *Tridacna* selain disebabkan oleh perbedaan species, juga karena perbedaan ukuran. Menurut Norton, dkk. (1992), konsentrasi zooxanthella lebih tinggi pada jaringan kima yang berukuran kecil (juvenil) dibandingkan dengan jaringan kima ukuran dewasa. Hal ini selain disebabkan oleh penetrasi cahaya matahari langsung melalui jaringan yang lebih tipis, juga karena adanya pewarnaan cangkang pada kima kecil. Sebaliknya pada kima besar, zooxanthella pada bagian permukaan mantel kemungkinan sudah jenuh cahaya, sedangkan pada bagian dalam mantel hanya memperoleh fraksi kecil dari cahaya (Fisher, dkk., 1985). Hal ini diperkuat lagi oleh Ambariyanto (1997) bahwa jumlah zooxanthella pada kima berkorelasi positif dengan ukuran. Pada penelitian ini ukuran kima sisik yang digunakan sebagai sumber zooxanthella adalah 20 cm.

Hasil yang diperoleh pada kima sisik kurang lebih sama dengan yang didapatkan oleh Griffith dan Klumpps (1996) pada spesies yang sama yaitu

T. squamosa dengan kepadatan = $3,4 \times 10^6$ sel/cm, namun lebih tinggi dari pada hasil yang diperoleh Niartiningasih (2000) pada species yang sama dengan ukuran cangkang 25 cm yaitu $1,13 \times 10^6$ sel/cm².

Lain halnya pada hewan karang, kepadatan zooxanthella yang didapatkan oleh Soeharsono dan Sukarno (1983) bervariasi menurut kedalaman perairan dimana karang tersebut hidup. Jumlah zooxanthella pada karang marga *Acropora* per cm³ relatif tetap pada berbagai kedalaman yaitu rata-rata $21,54 \times 10^6$ sel. Drew (1972), Muscatine, dkk. (1985), Harland dan Brown (1989) mendapatkan kepadatan zooxanthella pada karang rata-rata $0,5 - 8,5 \times 10^6$ sel/cm² tergantung pada species dan kedalaman habitat, dimana inang zooxanthella tersebut diambil. Demikian juga hasil penelitian Falkowsky dan Dubinsky (1981), Smith dan Muscatine (1986), mendapatkan kepadatan zooxanthella antara $1,6 - 3,6 \times 10^6$ /cm². Hasil ini kurang lebih sama dengan hasil penelitian Wilson (1989), pada karang *Porites lutea* sebesar $2,01 - 3,13 \times 10^6$ /cm².

Kepadatan populasi zooxanthella bervariasi antara koloni (Hoegh, Guldberg dan Smith, 1989) sesuai dengan kedalaman habitat inangnya. Pada hewan karang perbedaan kepadatan zooxanthella bervariasi berdasarkan lokasi jaringan yang berbeda (Brown dan Howard, 1985). Misalnya kepadatan zooxanthella yang rendah didapatkan pada puncak dinding coralit, dalam jaringan dasar dan filament mesenterial, sedangkan kepadatan zooxanthella yang tinggi ditemukan pada jaringan di atas dinding pertengahan coralit dan

pada bagian mulut serta oral cone. Oleh karena itu perbedaan kepadatan zooxanthella yang didapatkan pada penelitian ini dengan hasil yang diperoleh peneliti lain, selain disebabkan oleh perbedaan species mungkin juga oleh perbedaan lokasi organ sampel.

C. Kandungan Klorofil – a Zooxanthella

Hasil analisis kandungan klorofil – a dan phaeopigmen zooxanthella yang berasal dari anemon laut *S. gigantea*, kima sisik *T. squamosa*, dan karang bercabang *A. samoensis* dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 menunjukkan bahwa kandungan klorofil-a pada anemon laut lebih tinggi dibanding pada kima sisik dan karang bercabang. Hasil uji statistik t - Student (Lampiran 4) menunjukkan bahwa kandungan klorofil-a zooxanthella antara anemon laut dan kima sisik, serta antara kima sisik dan karang serta antara kima sisik dan karang bercabang berbeda nyata ($P < 0,05$).

Tabel 5. Rata-rata Kandungan Klorofil-a dan Phaeopigmen Zooxanthella yang Berasal dari Anemon Laut, Kima Sisik, dan Karang Bercabang

Inang Zooxanthella	Kandungan Klorofil-a (mg/m^3) ($\bar{X} \pm \text{SD}$)	Kandungan Phaeopigmen (mg/m^3) ($\bar{X} \pm \text{SD}$)
Anemon Laut <i>S. gigantea</i>	51,32 \pm 18,54	4,49 \pm 0,29
Kima Sisik <i>T. squamosa</i>	28,04 \pm 9,63	5,75 \pm 0,09
Karang bercabang <i>A. samoensis</i>	24,68 \pm 12,29	8,08 \pm 0,16

Tingginya kandungan klorofil-a zooxanthella pada anemon laut disebabkan karena anemon laut *S. gigantea* termasuk jenis yang mempunyai tentakel yang besar. Tentakel dapat melindungi zooxanthella selama kegiatan fotosintesis berlangsung, sekaligus dapat menyebabkan cahaya matahari tidak langsung mengenai zooxanthella, sehingga efisiensi fotosintesis zooxanthella tinggi. Hal lain yang kemungkinan menyebabkan tingginya rata-rata kandungan klorofil-a pada anemon laut yaitu adanya zoochlorella di dalam jaringannya yang menyebabkan laju fotosintesisnya tinggi. Kozloof (1990) mengatakan bahwa beberapa anemon laut memiliki zoochlorella (algae hijau bersel satu) pada sel gastrodermalnya, dan dapat berupa gabungan antara zooxanthella dan zoochlorella.

Faktor lain yang berperan dalam menentukan tingginya kandungan klorofil-a pada zooxanthella dari anemon laut ini ialah kepadatan zooxanthella yang tinggi seperti terlihat pada Tabel 5. Belda dkk. (1993_b) dan Fitt dkk., (1993) mengatakan bahwa apabila kepadatan zooxanthella meningkat, maka kandungan klorofil-a juga meningkat. Peningkatan ini disebabkan oleh besarnya jumlah pigmen per sel zooxanthella, karena dalam 1 sel zooxanthella bisa terdapat 2-3 pigmen klorofil-a (Fisher, dkk., 1985), namun faktor ini dipengaruhi oleh keberadaan cahaya. Cahaya berperan terhadap kandungan klorofil-a per sel karena akan memberikan peningkatan jumlah algae per unit jaringan, dimana tingginya perkembangan kandungan klorofil dalam sel akan menyebabkan tingginya kepadatan algae (Moosa dan Suharsono, 1995).

Rendahnya kandungan klorofil-a zooxanthella pada kima sisik jika dibandingkan dengan kandungan klorofil-a zooxanthella pada anemon laut mungkin disebabkan oleh adanya zooxanthella yang menutupi jaringan permukaan mantel kima. Keadaan ini menyebabkan kima kurang mampu untuk memanfaatkan energi cahaya yang mengenainya. Akibatnya, laju fotosintesis menjadi rendah. Hal ini sejalan dengan pendapat Fitt (1984) bahwa zooxanthella pada mantel kima sangat dipengaruhi oleh cahaya. Laju fotosintesis zooxanthella ditentukan pula oleh ukuran kima, dimana pada kima yang berukuran kecil laju fotosintesis zooxanthella tinggi, yaitu seperempat dari intensitas cahaya matahari maksimum, sedangkan pada kima yang berukuran besar laju fotosintesis tidak maksimal karena terhalang oleh adanya zooxanthella yang menutupi jaringannya. Menurut Fisher, dkk. (1985), zooxanthella pada permukaan mantel kima yang berukuran besar mungkin mengalami jenuh cahaya, sedangkan bagian dalam mantel hanya memperoleh fraksi kecil dari cahaya.

Kandungan klorofil-a zooxanthella pada karang bercabang lebih rendah dibandingkan dengan kima sisik dan anemon laut. Hal ini diduga disebabkan oleh kedalaman air yang dangkal, karena hewan karang yang hidup pada kedalaman yang lebih rendah (dangkal) lebih rentan terhadap adanya penetrasi cahaya yang kuat dan perubahan suhu. Akibatnya laju fotosintesis menjadi rendah. Menurut Muscatine (1980), zooxanthella pada karang yang hidup di perairan yang lebih dalam menunjukkan efisiensi fotosintesis yang

tinggi (Shade adapted) karena adanya irradians yang lemah, sebaliknya yang hidup pada daerah permukaan efisiensi fotosintesisnya rendah (Light adapted) karena adanya irradians yang kuat. Jenis karang bercabang *A. samoensis* adalah jenis karang yang hidup pada perairan dengan kedalaman 1-5 m, sehingga sangat rentan terhadap adanya penetrasi cahaya yang kuat dan perubahan suhu.

Tabel 5 juga memperlihatkan kandungan phaeopigmen zooxanthella yang terdapat pada kima sisik, karang bercabang dan anemon laut.

Hasil uji statistik t-Student (Lampiran 5) menunjukkan bahwa rata-rata kandungan phaeopigmen antara anemon laut dan kima sisik, anemon laut dan karang bercabang, serta kima sisik dan karang bercabang tidak berbeda nyata ($P > 0,05$).

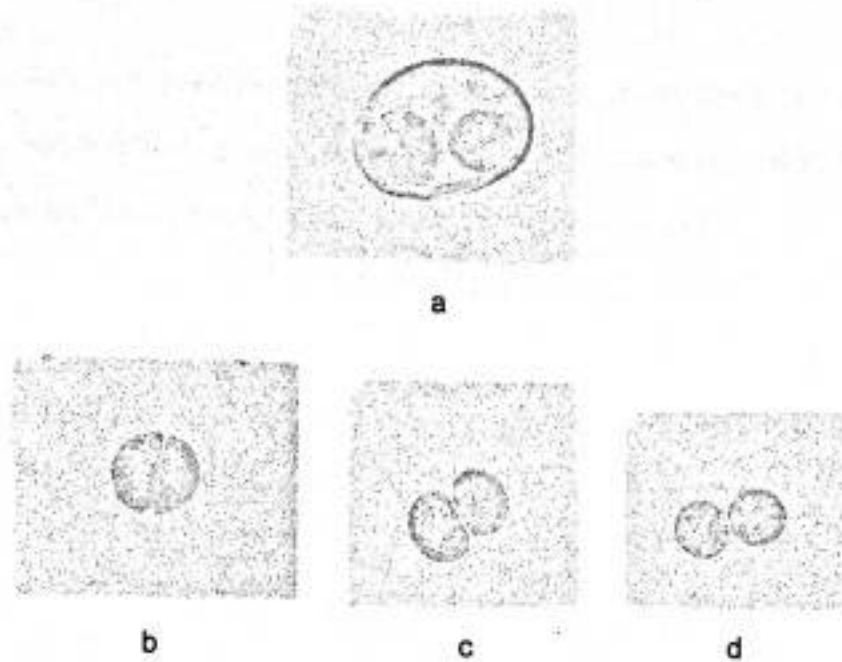
Keadaan ini mungkin disebabkan oleh kondisi lingkungan yang tidak normal. Lokasi pengambilan sampel karang bercabang, anemon laut, dan kima sisik adalah pada daerah terumbu karang sebelah barat Pulau Barrang Lompo yang sudah mengalami kerusakan akibat aktifitas masyarakat pulau seperti pemboman, pengambilan batu karang, dan lain-lainnya yang bersifat merusak dan menyebabkan koloni karang rusak dan menimbulkan stress pada hewan terumbu. Umumnya respon zooxanthella terhadap keadaan lingkungan seperti ini adalah terjadinya bleaching (warna karang menjadi pucat) dan berlendir. Gejala ini lama kelamaan akan diikuti oleh menurunnya jumlah zooxanthella (Suharsono, 1994).

D. Indeks Mitotik Zooxanthella

Perhitungan indeks mitotik didasarkan pada pemisahan sel, yaitu pada tahap mitosis maupun pada tahap pemisahan sitoplasma. Cara ini telah digunakan secara luas untuk menduga dan memonitor pertumbuhan hewan dan tumbuhan (Zamani, 1995). Pengamatan indeks mitotik dilakukan menurut metode Becker (1986 *dalam* Zamani, 1995) yaitu pemisahan sel terdiri atas dua tahap yang tumpang tindih. Tahap pertama adalah pemisahan nukleus (karyokinesis), dan tahap kedua adalah pemisahan sel (sitokinesis).

Pada pengamatan di bawah mikroskop tampak bahwa zooxanthella berwarna kuning kecoklatan. Zooxanthella yang sedang melakukan pembelahan maupun yang sudah membelah dapat dilihat pada Gambar 11.

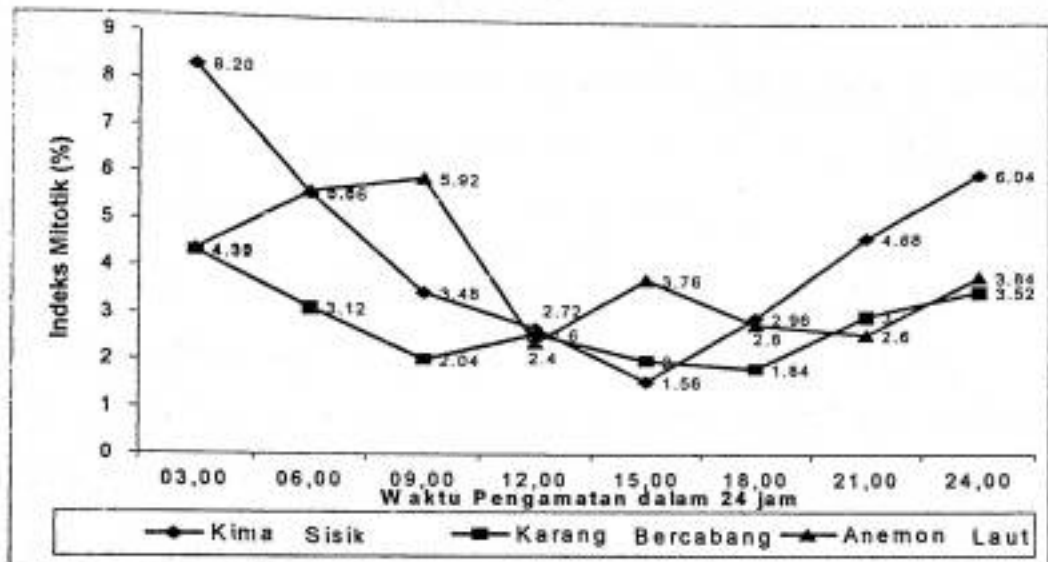
Waktu yang dibutuhkan untuk menghitung sel yang membelah hingga tercapainya jumlah 500 sel rata-rata sekitar 10 menit pada setiap pengamatan, sehingga untuk keseluruhan 5 kali ulangan dibutuhkan waktu sekitar 50 menit. Dari hasil pengamatan tampak bahwa pada kepadatan sel zooxanthella yang tinggi proses pembelahan sel yang terjadi lebih sedikit sehingga waktu pengamatan lebih singkat dibanding pada kepadatan sel zooxanthella yang rendah.



Gambar 11. Beberapa Tahap penampakan Sel Zooxanthella pada saat Melakukan Pembelahan. (a) Sebelum Membelah, (b) Sedang membelah, (c) Mulai Memisah, (d) Sudah Memisah

Waktu yang dibutuhkan untuk menghitung sel yang membelah hingga tercapainya jumlah 500 sel rata-rata sekitar 10 menit pada setiap pengamatan, sehingga untuk keseluruhan 5 kali ulangan dibutuhkan waktu sekitar 50 menit. Dari hasil pengamatan tampak bahwa pada kepadatan sel Zooxanthella yang tinggi proses pembelahan sel yang terjadi lebih sedikit sehingga waktu pengamatan lebih singkat dibanding pada kepadatan sel Zooxanthella yang rendah.

Rata-rata hasil pengamatan indeks mitotik zooxanthella yang berasal dari anemon laut *S. gigantea*, kima sisik *T. squamosa*, dan karang *A. samoensis*, dapat dilihat pada Gambar 12 dan Lampiran 6.



Gambar 12. Indeks Mitotik (Rasio antar Sel yang membelah dalam 500 Sel, $n = 5$) Zooxanthella yang Berasal dari Kima Sisik *T.squamosa*, Karang Bercabang *A. samoensis*, dan Anemon Laut *S. gigantea*

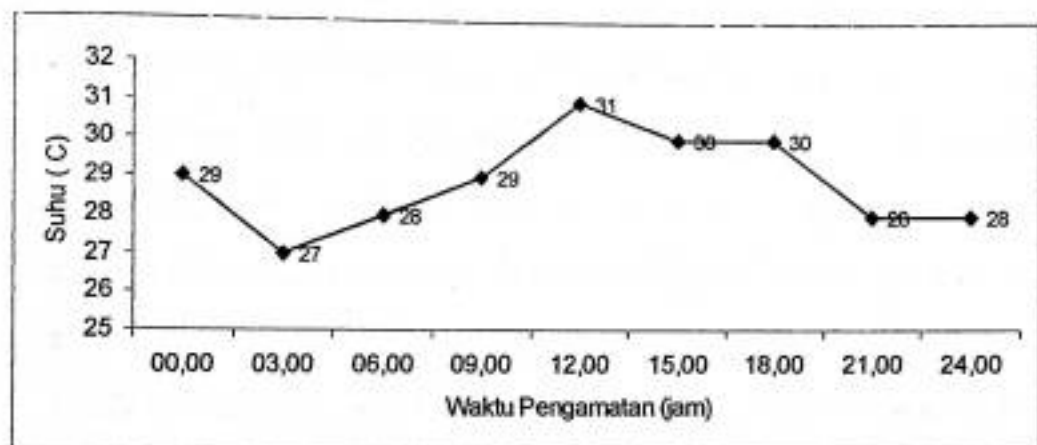
Gambar 12 memperlihatkan bahwa indeks mitotik pada ketiga hewan uji berbeda – beda. Indeks mitotik tertinggi diperoleh pada kima sisik (8,28%), yang terjadi pada jam 03⁰⁰ dan terendah (1,56 %) terjadi pada jam 15⁰⁰. Pada karang bercabang indeks mitotik tertinggi (4,36%) juga dicapai pada jam 03⁰⁰ dan yang terendah (2%) dicapai pada jam 15⁰⁰. Sedangkan pada anemon laut indeks mitotik tertinggi (5,92%) terjadi pada jam 09⁰⁰ dan terendah (2,4%) terjadi pada jam 12⁰⁰.

Hasil yang diperoleh ini sama dengan yang didapatkan oleh Ambariyanto (1996) pada kima *T. maxima*, dan Niartiningsih, dkk. (2001) pada kima lubang *T. crocea* dimana indeks mitotik tertinggi juga dicapai pada jam 03⁰⁰ dan terendah pada jam 15⁰⁰, tetapi nilai indeks mitotik tertinggi yang diperoleh lebih rendah (2,5%) pada *T. maxima* dan 2,48% pada kima lubang. Sedangkan pada karang bercabang mengikuti pola dari kima sisik. Hal serupa juga dilaporkan oleh Suharsono (1990) pada karang *A. cervicornis*, dimana puncak indeks mitotik terjadi pada tengah malam dan terendah pada sore hari. Wilkerson, dkk. (1983) mendapatkan nilai indeks mitotik tertinggi (6%) pada anemon laut *Anthopleura elegantissima* pada jam 22⁰⁰ dan terendah (2%) pada jam 16⁰⁰, sedangkan Suharsono (1990) mendapatkan nilai indeks mitotik pada anemon laut *Anemonia viridis* tertinggi pada periode jam 24⁰⁰ sampai dengan 05⁰⁰ dan terendah pada jam 16⁰⁰. Hal yang hampir sama juga dilaporkan oleh Zamani (1995) pada anemon laut *Heteractis malu* yaitu nilai indeks mitotik tertinggi (11,47%) terjadi pada jam 06⁰⁰ dan yang terendah (3,50%) pada siang hingga sore hari (12⁰⁰ – 18⁰⁰). Sedangkan pada karang *Goniastrea aspera*, nilai indeks mitotik tertinggi (7,13%) dicapai pada jam 08⁰⁰ dan yang terendah (3,58%) dicapai pada sore hari (jam 16⁰⁰).

Indeks mitotik zooxanthella pada ketiga hewan uji nampaknya mencapai puncak dari lewat tengah malam (jam 03⁰⁰) sampai pagi hari (jam 09⁰⁰). Hal ini kemungkinan besar berkaitan dengan suhu lingkungan dimana hewan uji tersebut berada. Menurut Suharsono dan Brown (1992), pengukuran indeks

mitotik alga yang berdasar pada pembelahan sel telah terbukti sangat sensitif terhadap berbagai tekanan lingkungan, dan peningkatan serta penurunan temperatur.

Tingginya indeks mitotik pada jam 03⁰⁰ kemungkinan disebabkan karena pada waktu tersebut suhu air media turun dari 29°C (jam 00.00) menjadi 27°C seperti terlihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Grafik Kisaran Suhu Air Media Hewan Uji pada Saat Pengamatan Indeks Mitotik

Suhu yang rendah (dingin) memaksa hewan inang untuk melakukan proses metabolisme (katabolisme) yang menghasilkan energi bebas berupa panas untuk menstabilkan suhu badannya. Panas yang dihasilkan oleh sel inang dimanfaatkan oleh sel zooxanthella untuk melakukan proses metabolisme guna merombak molekul-molekul kompleks hasil fotosintesis pada siang hari. Molekul kompleks ini disimpan pada cairan ekstra selnya untuk

kemudian menjadi energi yang pada gilirannya mempercepat proses mitotik atau pembelahan sel zooxanthella. Kimball, dkk. (1994) menyatakan bahwa ada beratus-ratus reaksi kimia yang berlangsung di dalam sel dan salah satunya adalah proses perombakan molekul-molekul kompleks menjadi lebih sederhana yang menghasilkan energi bebas berupa panas (katabolisme).

Rendahnya indeks mitotik zooxanthella pada siang hari disebabkan karena hampir seluruh aktivitas zooxanthella diarahkan pada proses fotosintesis (pengumpulan molekul untuk dipakai bersama) untuk menghasilkan makanan berupa glukosa, gliserol, oligosakarida, protein, dan lemak. Selanjutnya makanan tersebut akan diubah oleh sel zooxanthella menjadi energi untuk perkembang-biakannya dan produk tersebut juga dipakai oleh sel inang untuk pertumbuhannya (Harland dan Brown, 1989).

Nilai indeks mitotik yang tertinggi dari ketiga hewan uji didapatkan pada kima sisik (8,28%), disusul oleh anemon laut (5,92%), dan terendah pada karang bercabang (4,36%). Hal ini kemungkinan besar juga dipengaruhi oleh faktor lingkungan, dimana hewan inang kima sisik mempunyai cangkang yang dapat segera melindungi zooxanthella dengan cara menutupkan cangkangnya pada saat ada gangguan. Menurut Zamani (1995), pada karang bercabang interaksi sinergis antara faktor alami dan gangguan manusia memberikan pengaruh terhadap Coral bleaching. Misalnya, peningkatan insidensi cahaya (Jakill dan Coles, 1990), kejutan suhu (Jakill dan Coles, 1974 ;1977 ;Coles, 1975, Neudecker, 1983), penaungan (Rogers, 1974) dan transplantasi dari

tempat terbuka ketempat tertutup (Shinn, 1976). Jenis *Acropora* dan *Pocillopora* merupakan spesies yang sangat sensitif terhadap temperatur tinggi (Loya, 1972; Neudecker, 1983) Suhu tinggi menyebabkan bentuk membran lysosoma menjadi tidak beraturan (Suharsono, 1990). Hal yang sama juga dikatakan oleh Wyllie dkk. (1984) bahwa peningkatan suhu menyebabkan sel mati atau necrosis. Fase pertama necrosis meliputi perubahan pada membran plasma yang diikuti oleh hilangnya kalsium dan terjadi disfungsi membran mitokondria (Trump dkk., 1982). Fase kedua berupa gangguan selular yang meliputi pembengkakan lisosoma (Bowen, 1983). Lebih lanjut Douglas dan Smith, 1984) menyatakan bahwa inang yang terganggu proses fisiologisnya, tidak dapat lagi mengontrol populasi zooxanthella dalam jaringannya dan hal ini akan berpengaruh terhadap pembelahan sel dan pertumbuhan.

Nilai indeks mitotik pada anemon laut berfluktuasi, dimana peningkatan nilai indeks mitotik mulai terjadi pada waktu subuh dan mencapai puncaknya pada pagi hari (jam 09.00), kemudian menurun sangat drastis 3 jam kemudian (jam 12.00) dan merupakan indeks mitotik terendah. Apabila hal ini dihubungkan dengan suhu air media, maka terjadi peningkatan suhu 2^oC setelah mencapai puncak indeks mitotik, untuk kemudian menjadi yang terendah. Zamani (1995) memperkirakan fluktuasi pada indeks mitotik merupakan peringatan awal tentang terjadinya stress yang akan diterima oleh simbiosis coelenterata. Pertambahan pembelahan sel zooxanthella merupakan respon terhadap fluktuasi suhu (Gates dan Brown, 1985). Lebih lanjut

Suharsono (1990) menyatakan bahwa anemon laut tidak mempunyai lapisan pelindung seperti pada kima dan karang yang menyebabkan ia mempunyai sensitifitas tinggi terhadap perubahan lingkungan. Untuk mengatasi hal tersebut diperlukan adaptasi fisiologis sebagai usaha mempertahankan diri, yang mungkin membutuhkan waktu beberapa jam. Proses adaptasi fisiologis tentunya akan berpengaruh pada organisme yang menjadi simbiotnya yang pada akhirnya akan mempengaruhi metabolisme sel.

Apabila dihubungkan dengan hasil analisis keragaan mt-DNA-nya, zooxanthella yang berasal dari anemon laut mempunyai keragaan mt-DNA yang tinggi dibanding yang lainnya. Menurut Suharsono (komunikasi pribadi) nilai indeks mitotik zooxanthella pada anemon laut yang berfluktuasi ini bisa disebabkan oleh keragaan genetiknya yang tinggi. Namun untuk menjawab masalah ini dibutuhkan penelitian lebih lanjut yang berkaitan dengan faktor lingkungan, karena mekanisme yang berpengaruh terhadap pembelahan sel algae, terutama pada algae yang bersimbiosis belum diketahui dengan pasti (Zamani, 1995).

Hasil uji statistik t-Student pada jam 03⁰⁰ (Lampiran 7) menunjukkan bahwa indeks mitotik zooxanthella antara kima sisik dan anemon laut serta antara kima sisik dan karang bercabang berbeda sangat nyata ($P < 0,01$). Adanya perbedaan nilai indeks mitotik zooxanthella ini selain karena perbedaan spesies inangnya juga karena perbedaan spesies zooxanthella



yang menjadi simbiannya. Hal ini bisa terlihat pada hasil analisis keragaan mt-DNA melalui pemotongan dengan 3 enzim restriksi (Tabel 4 dan Gambar 9).

Hasil uji statistik t-Student pada jam yang sama menunjukkan bahwa zooxanthella dari karang bercabang dengan anemon laut tidak berbeda nyata ($P > 0,05$). Hal ini disebabkan karena pada jam tersebut nilai indeks mitotik pada kedua hewan uji hampir sama. Pada saat tersebut karang bercabang mencapai puncak indeks mitotiknya, namun anemon laut belum mencapai puncak indeks mitotik. Hal yang menarik dijumpai ialah bahwa pada saat karang bercabang mencapai nilai indeks mitotik terendah, pada saat itu pula anemon laut mencapai nilai indeks mitotik tertinggi. Kemungkinan hal ini berkaitan dengan adaptasi fisiologis masing-masing hewan uji.

E. Pemeliharaan Larva dan Juvenil Kima Sisik

Salah satu faktor yang menentukan sintasan larva kima adalah keberhasilan pemijahan, untuk menghasilkan larva yang sehat dengan kemampuan hidup yang tinggi. Pemijahan kima harus menghasilkan telur dan sperma dalam keadaan matang. Hal ini berarti bahwa spermatozoa yang sangat aktif dan mampu melakukan pembuahan dengan telur telah berkembang dengan sempurna, dan persediaan kuning telur yang cukup untuk kebutuhan energi selama perkembangan embrional kima. Telur yang besar dengan persediaan kuning telur yang cukup banyak, menghasilkan larva dengan sintasan yang cukup tinggi (Fitt, dkk., 1984). Pada penelitian ini telur-

telur yang dihasilkan berukuran besar yaitu antara 80 dan 100 μm , sedangkan jumlah telur yang diperoleh dari 17 ekor induk sebanyak 225.000.000 butir atau rata-rata 13.235.294 butir/ekor dan menghasilkan larva 135 juta ekor (tingkat penetasan $\pm 60\%$).

Faktor lain yang dapat meningkatkan sintasan larva kima ialah pemberian pakan sejak dini. Pakan dapat berupa ganggang satu sel dan juga termasuk dalam kelompok Diatomae, seperti *Isochrysis galbana* atau *Pavlova salina*. Dalam penelitian ini, larva kima sisik diberi pakan berupa ragi fermifan sebagai pengganti pakan alami karena jenis pakan alami tidak tersedia di hatchery. Pemberian pakan sejak dini terbukti dapat meningkatkan sintasan hingga 80% sesudah metamorfosis menjadi spat (Braley, dkk., 1988). Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Southgate (1992) bahwa pemberian pakan tambahan menyebabkan sintasan yang lebih tinggi dalam melalui metamorfosis dan pada fase awal pertumbuhan spat. Sebaliknya larva yang tidak diberi pakan harus menggunakan porsi yang lebih besar cadangan makanannya untuk digunakan dalam pertumbuhan. Namun, ini tergantung pada banyaknya energi cadangan yang dikandung oleh larva tersebut dan kualitas telur. Lannan dkk. (1980) menyatakan bahwa selama siklus gametogenesis, terdapat periode dimana telur yang diproduksi mempunyai kualitas yang optimal.

Kendala lain yang sering mengganggu dalam usaha budidaya kima antara lain kontaminasi oleh bakteri, kompetitor dan predator (Panggabean,

1992). Hal ini terjadi sesudah pembuahan dan pemberian pakan yang kurang diperhatikan. Sisa-sisa telur, sperma dan pakan adalah media/nutrien yang baik untuk pertumbuhan bakteri sehingga cepat membusuk dan dapat menyebabkan kematian larva kima.

Ganggang laut terutama dari jenis algae filamen juga ditemukan pada media budidaya penelitian ini yang merupakan kompetitor utama dalam pemeliharaan larva kima. Spora-spora algae dapat terbawa melalui air mengalir dan tumbuh sangat cepat hingga menutupi spat kima di dasar dan dinding akuarium. Jenis ganggang ini menempel sangat kuat sehingga sangat sulit dibersihkan dengan cara sifonisasi. Untuk menanggulangi hal tersebut dilakukan pemberian tirai peneduh berupa jaring yang dapat mengurangi intensitas cahaya. Cara ini juga telah dilakukan oleh Braley, dkk (1988) dan telah terbukti dapat mengurangi intensitas cahaya hingga $400 \mu\text{E}/\text{m}^2/\text{dtk}$. Pada intensitas cahaya rendah, pertumbuhan alga benang dapat dibatasi, sedangkan pertumbuhan larva kima tidak terganggu karena cangkangnya masih transparan, akibatnya zooxanthella cukup memperoleh sinar untuk fotosintesis (Fisher dkk., 1985).

Hal yang perlu diperhatikan dalam pemeliharaan larva kima ialah bahwa masa kritis yang harus dilalui terjadi pada fase pediveliger, yaitu merupakan masa peralihan dari kehidupan planktonik menuju kehidupan bentik menjadi spat. Menurut Panggabean (1991), metamorfosis dari pediveliger menjadi spat adalah masa kritis dalam perkembangan larva kima.

Pada masa tersebut ada 3 hal yang harus diperhatikan, yaitu : (1) Pediveliger berpuasa selama metamorfosis, jadi harus cukup menyimpan cadangan lemak untuk kebutuhan energinya yang besar, (2) Harus tersedia substrat yang cocok untuk menempelkan diri, dan (3) Tersedia ganggang simbiosis zooxanthella di jaringan mantelnya yang diperlukan untuk kehidupan selanjutnya secara simbiosis.

Pada fase juvenil, sintasan kima banyak dipengaruhi oleh kehadiran organisme pengganggu dan kompetitor berupa algae filamen, copepoda dan juga cacing. Kehadiran alga filamen telah diantisipasi dengan pemasangan tirai yang terbuat dari jaring pada dinding tempat pemeliharaan yang dapat mengurangi intensitas cahaya matahari. Sedangkan untuk penanggulangan serangan copepoda diantisipasi sebelum pemijahan yaitu dengan memberikan antibiotik streptomycin sulfat pada media air yang berisi telur dan sperma, dan pemberian antibiotik ini dilakukan setiap hari sampai juvenil berumur 1 bulan.

Hal yang perlu ditekankan pula pada penelitian ini adalah terserangnya juvenil kima dalam media pemeliharaan oleh parasit berupa cacing yang mulai ditemukan pada pemeliharaan minggu ke-5 (37 hari) setelah fertilisasi. Cacing ini ditemukan pada air media pemeliharaan dan di dalam cangkang kima, yang tingkat serangannya semakin hari semakin tinggi dan terjadi pada hampir seluruh perlakuan.

Cacing yang ditemukan dalam media pemeliharaan selain bersaing dalam memperoleh nutrisi, juga menggerogoti jaringan mantel dan organ

dalam kima sehingga menyebabkan kima menjadi stress dan akhirnya mati. Hal ini sejalan dengan pendapat Braley (1988) bahwa faktor penyebab mortalitas larva kima secara umum adalah toxin, predator, kondisi lingkungan yang ekstrim, parasit, dan umur. Penentuan secara pasti terhadap penyebab mortalitas kima sangat sulit apalagi pada fase juvenil karena sulitnya menemukan isi cangkang kima setelah mati, sebab biasanya isi cangkang kima dikonsumsi oleh predator. Gangguan predator ini menyebabkan kima menjadi stress dengan indikasi hilangnya zooxanthella sehingga mantel menjadi pucat.

Salah satu faktor yang kemungkinan menjadi sumber penularan cacing ini adalah kualitas air yang jelek. Air media yang digunakan diambil dengan pipa yang panjangnya kira-kira 100 m ke luar ke laut yang merupakan tempat pembuangan limbah rumah tangga dan buangan oli dari perahu motor yang ditambatkan, bahkan tempat tersebut juga dijadikan sebagai tempat buang tinja oleh penduduk di sekitar lokasi hatchery. Keadaan tersebut jelas akan menurunkan kualitas air media. Untuk menanggulangi hal tersebut, maka pada saat penelitian ini diulang, seluruh air yang digunakan dalam kegiatan penelitian ditreatmen terlebih dahulu dengan menggunakan kaporit, kemudian disaring dengan filter bag ukuran 1 μm dan selanjutnya disinari dengan lampu ultra violet. Namun memasuki hari ke-20 setelah fertilisasi kembali juvenil kima mulai terserang oleh jenis cacing yang sama dan ternyata serangan ini terjadi pada semua perlakuan dan ulangan.

dalam kima sehingga menyebabkan kima menjadi stress dan akhirnya mati. Hal ini sejalan dengan pendapat Braley (1988) bahwa faktor penyebab mortalitas larva kima secara umum adalah toxin, predator, kondisi lingkungan yang ekstrim, parasit, dan umur. Penentuan secara pasti terhadap penyebab mortalitas kima sangat sulit apalagi pada fase juvenil karena sulitnya menemukan isi cangkang kima setelah mati, sebab biasanya isi cangkang kima dikonsumsi oleh predator. Gangguan predator ini menyebabkan kima menjadi stress dengan indikasi hilangnya zooxanthella sehingga mantel menjadi pucat.

Salah satu faktor yang kemungkinan menjadi sumber penularan cacing ini adalah kualitas air yang jelek. Air media yang digunakan diambil dengan pipa yang panjangnya kira-kira 100 m ke luar ke laut yang merupakan tempat pembuangan limbah rumah tangga dan buangan oli dari perahu motor yang ditambatkan, bahkan tempat tersebut juga dijadikan sebagai tempat buang tinja oleh penduduk di sekitar lokasi hatchery. Keadaan tersebut jelas akan menurunkan kualitas air media. Untuk menanggulangi hal tersebut, maka pada saat penelitian ini diulang, seluruh air yang digunakan dalam kegiatan penelitian ditreatmen terlebih dahulu dengan menggunakan kaporit, kemudian disaring dengan filter bag ukuran 1 μ m dan selanjutnya disinari dengan lampu ultra violet. Namun memasuki hari ke-20 setelah fertilisasi kembali juvenil kima mulai terserang oleh jenis cacing yang sama dan ternyata serangan ini terjadi pada semua perlakuan dan ulangan.

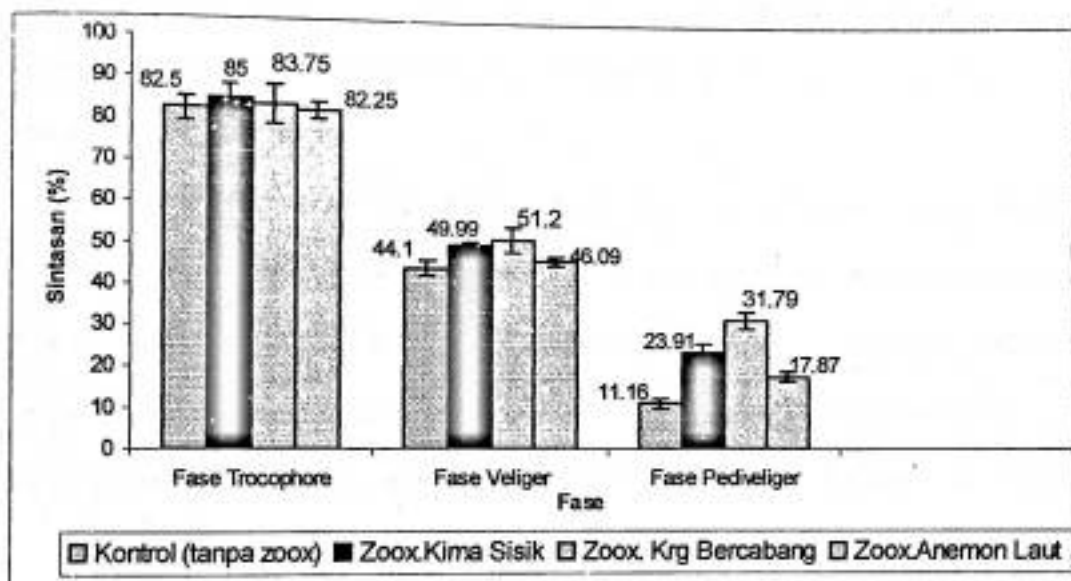
Berdasarkan hasil identifikasi dari Balai Penyelidikan Penyakit Hewan (BPPH) Maros disimpulkan bahwa jenis cacing yang menyerang pada juvenil kima sisik adalah larva cacing *Hysterothylacium aduncum* (*Thynnascaris* sp.). Untuk mengatasi masalah cacing ini, telah dilakukan uji coba pemberian obat cacing Mebendazole pada media pemeliharaan juvenil kima sisik yang terserang cacing. Hasil yang diperoleh ternyata memberikan pengaruh yang berbeda terhadap pertumbuhan dan sintasan juvenil kima sisik (Niarthiningsih, dkk., inpress). Namun untuk memastikan keefektifan obat ini, maka perlu dipelajari lebih lanjut sifat biologi dari cacing tersebut untuk kemudian diberikan treatment obat yang paling cocok untuk menekan pertumbuhannya, tetapi aman bagi pertumbuhan dan sintasan juvenil kima sisik.

Hal lain yang perlu diperhatikan pula dalam penelitian ini adalah berkaitan dengan sumber air yang digunakan untuk kegiatan hatchery, sebab dengan kondisi air yang sekarang ini nampaknya kurang mendukung kegiatan budidaya. Oleh karena itu, perlu diantisipasi dengan memasang pipa sumber air yang lebih panjang keluar (kira-kira ± 500 m) agar tidak terkontaminasi oleh buangan aktivitas manusia di sekitar lokasi sumber air. Selain itu, perlu dilakukan penelitian untuk memastikan kondisi kualitas air, antara lain mengenai kandungan bakteri, logam berat, dan lain-lain.

F. Pengaruh Pemberian *Zooxanthella* dari Inang yang Berbeda Terhadap Sintasan Larva Kima Sisik

Hasil perhitungan rata-rata sintasan larva kima sisik (*T. squamosa*) pada setiap fase pada semua perlakuan dapat dilihat pada Gambar 14, Tabel 8 dan Lampiran 8, 10, 12.

Gambar 14 memperlihatkan sintasan tertinggi didapatkan pada fase trocophore yang merupakan fase awal setelah menetas menjadi larva.



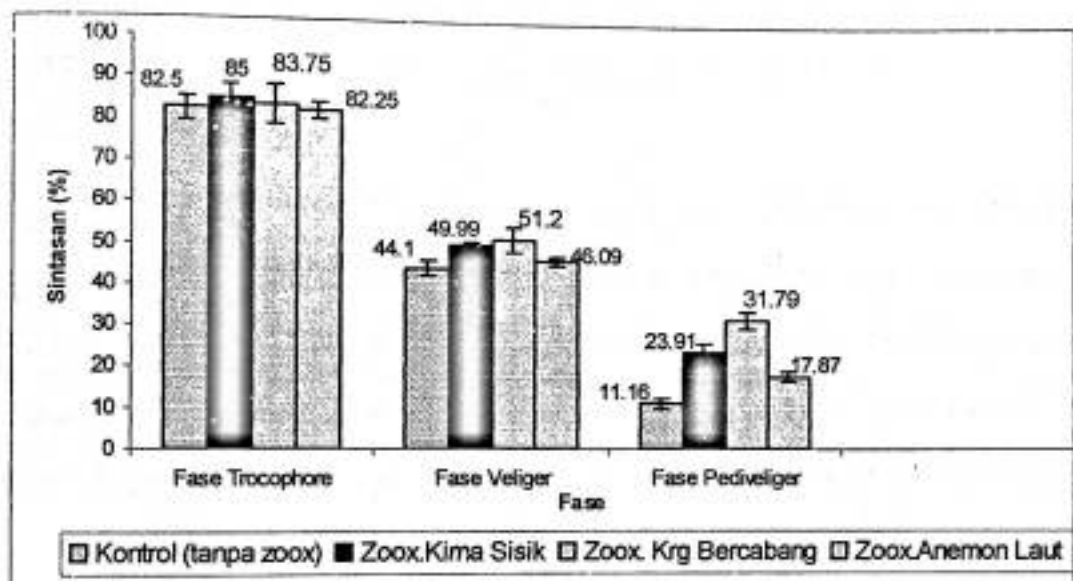
Gambar 14. Histogram Rata-Rata Sintasan Larva Kima Sisik (%) pada setiap Perlakuan

Tingginya sintasan pada fase Trocophore dibanding dengan fase Veliger dan Pediveliger, karena pada fase ini larva kima masih mempunyai cadangan makanan berupa kuning telur yang mempunyai kandungan lemak yang tinggi. Sintasan larva makin rendah setelah mencapai fase Pediveliger. Penurunan

F. Pengaruh Pemberian Zooxanthella dari Inang yang Berbeda Terhadap Sintasan Larva Kima Sisik

Hasil perhitungan rata-rata sintasan larva kima sisik (*T. squamosa*) pada setiap fase pada semua perlakuan dapat dilihat pada Gambar 14, Tabel 8 dan Lampiran 8, 10, 12.

Gambar 14 memperlihatkan sintasan tertinggi didapatkan pada fase trocophore yang merupakan fase awal setelah menetas menjadi larva.



Gambar 14. Histogram Rata-Rata Sintasan Larva Kima Sisik (%) pada setiap Perlakuan

Tingginya sintasan pada fase Trocophore dibanding dengan fase Veliger dan Pediveliger, karena pada fase ini larva kima masih mempunyai cadangan makanan berupa kuning telur yang mempunyai kandungan lemak yang tinggi. Sintasan larva makin rendah setelah mencapai fase Pediveliger. Penurunan

sintasan selain terjadi karena kematian secara alami, juga karena persediaan kuning telur sudah hampir habis.

Pada Gambar 14 terlihat pula bahwa sintasan larva kima sisik pada fase trocophore untuk semua perlakuan relatif sama, namun sintasan tertinggi diperlihatkan oleh perlakuan B dan terendah pada perlakuan A dan D, sedangkan pada fase veliger dan pediveliger sintasan tertinggi diperlihatkan oleh perlakuan C yaitu larva kima yang diberi perlakuan zooxanthella dari karang bercabang dan terendah pada perlakuan A yang tidak mendapatkan zooxanthella.

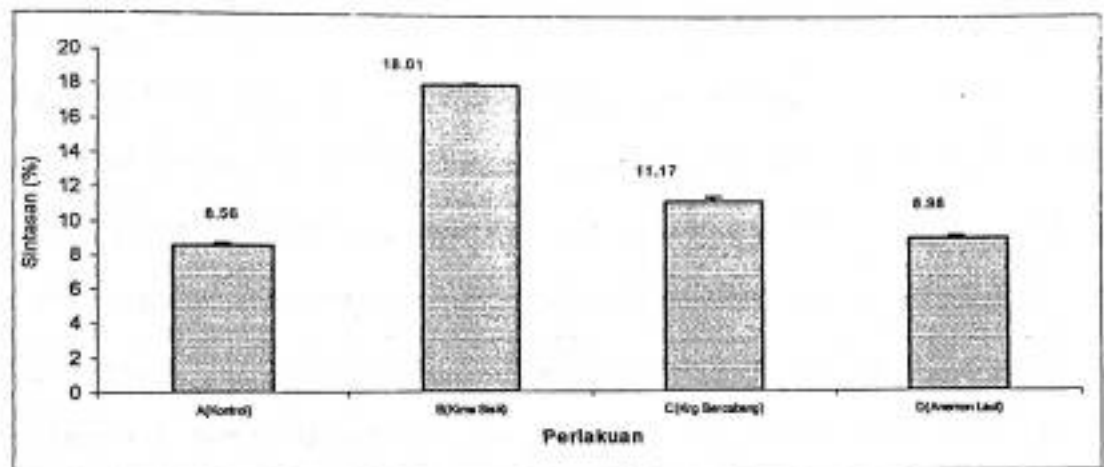
Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan pemberian zooxanthella dari inang yang berbeda tidak berpengaruh nyata terhadap sintasan larva kima sisik pada fase trocophore (Lampiran 9,11, 13), tetapi berpengaruh nyata terhadap fase pediveliger ($P < 0,05$). Selanjutnya hasil uji BNT (Lampiran 13) memperlihatkan bahwa pada fase pediveliger, sintasan pada perlakuan C lebih tinggi dari ketiga perlakuan lainnya. Perbedaan nilai rata-rata sintasan antara perlakuan C dan perlakuan B, C dan D, C dan A, B dan D, B dan A serta D dan A berbeda sangat nyata ($P < 0,01$).

G. Pengaruh Pemberiaan Zooxanthella dari Inang yang Berbeda Terhadap Sintasan Juvenil Kima Sisik

Pada penelitian ini pemeliharaan juvenil kima dimulai pada umur 14 hari, saat mana seluruh larva sudah bermetamorfosis dan sudah berada di dasar akuarium. Pada pengamatan di bawah mikroskop, hal ini dapat ditandai

dengan menghilangnya velum dan mulai berkembang ctenidia (insang). Hal ini sejalan dengan pendapat Braley (1992) bahwa fase juvenil kima dimulai pada saat sesudah metamorfosis yang ditandai dengan turunnya larva ke bagian dasar akuarium. Kira-kira 10 hari setelah fertilisasi diperkirakan larva kima sudah bermetamorfosis menjadi juvenil kima.

Persentase sintasan juvenil kima sisik pada setiap perlakuan dan ulangan dapat dilihat pada Gambar 15 dan Lampiran 7.



Gambar 15. Histogram Sintasan (%) Juvenil Kima Sisik (*T. squamosa*) yang Diberi Perlakuan *Zooxanthella* dari Inang yang Berbeda

Gambar 15 memperlihatkan bahwa sintasan juvenil kima sisik yang diberi perlakuan *zooxanthella* menunjukkan nilai yang lebih baik dibanding dengan yang tidak diberi *zooxanthella*. Sintasan juvenil kima sisik pada perlakuan B (*zooxanthella* asal kima sisik) lebih tinggi (18,01%) dibanding dengan perlakuan C (11,17%), perlakuan D (8,98%) dan perlakuan A (8,56%).

Tingginya sintasan pada perlakuan B yaitu juvenil kima sisik yang diberi zooxanthella dari kima sisik, disebabkan karena indeks mitotik zooxanthella dari kima sisik lebih tinggi dibanding yang lainnya, meskipun kepadatan dan klorofil-a nya lebih rendah dari anemon laut, akan tetapi dengan pembelahan sel yang lebih tinggi maka kemampuan untuk bertahan hidup juga lebih tinggi.

Rendahnya sintasan juvenil kima pada perlakuan A (tanpa zooxanthella) karena energinya kurang cukup untuk mempertahankan diri. Sumber energinya hanya diperoleh dari bahan organik terlarut yang ada dalam air media dan suplai pakan tambahan berupa ragi fermipan. Analisis ragam pengaruh perlakuan terhadap sintasan juvenil kima sisik (Lampiran 18) menunjukkan hasil yang berpengaruh sangat nyata ($P < 0,01$).

Hasil uji BNT memperlihatkan bahwa pertumbuhan pada perlakuan B lebih tinggi dari ketiga perlakuan lainnya. Nilai rata-rata pertumbuhan antara perlakuan B dan C, B dan D, B dan A, C dan D, C dan A, serta D dan A berbeda sangat nyata ($P < 0,01$).

Hasil analisis mutu zooxanthella yang dihubungkan dengan sintasan larva serta juvenil kima sisik (*T. squamosa*) dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6 memperlihatkan bahwa sintasan tertinggi pada fase larva diperlihatkan oleh larva kima sisik yang diberi zooxanthella asal karang bercabang. Namun, apabila dihubungkan dengan mutu zooxanthella ternyata bahwa kepadatan, klorofil-a dan indeks mitotiknya lebih rendah dibanding kima sisik dan anemon laut. Nampaknya ketiga kriteria mutu zooxanthella ini tidak

berkorelasi positif terhadap sintasan larva kima sisik, tetapi kemungkinan ada kriteria mutu zooxanthella yang lain yang lebih berpengaruh.

Tabel 6. Hubungan Hasil Analisis Mutu Zooxanthella dengan Sintasan Larva Juvenil Kima Sisik (*T. squamosa*)

Fase/Hewan Inang	Sintasan (%)	Mutu Zooxanthella		
		Kepadatan	Klorofil-a	Indeks Mitotik
Fase Larva (pediveliger)				
• Kima Sisik	23,91 ^b	4,04 ^a	28,04 ^a	8,28 ^a
• Karang Bercabang	31,79 ^c	2,74 ^b	24,68 ^b	4,36 ^b
• Anemon Laut	17,87 ^d	11,46 ^c	51,32 ^c	5,92 ^{bc}
Fase Juvenil				
• Kima Sisik	18,01 ^b	4,04 ^a	28,04 ^a	8,28 ^a
• Karang Bercabang	11,17 ^c	2,74 ^b	24,68 ^b	4,36 ^b
• Anemon Laut	8,08 ^d	11,46 ^c	51,32 ^c	5,92 ^{bc}

Pada fase juvenil, sintasan tertinggi diperlihatkan oleh juvenil kima sisik yang diberi zooxanthella asal kima sisik juga. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun kepadatan dan klorofil-a zooxanthella asal kima sisik lebih rendah dari anemon laut, namun karena indeks mitotiknya yang paling tinggi sehingga kecepatan pembelahan selnya juga lebih tinggi. Kemungkinan hal inilah yang memberi pengaruh besar terhadap pertumbuhan larva.

H. Pengaruh Pemberian Zooxanthella dari Inang yang Berbeda Terhadap Pertumbuhan Panjang Larva Kima Sisik (*T. Squamosa*)

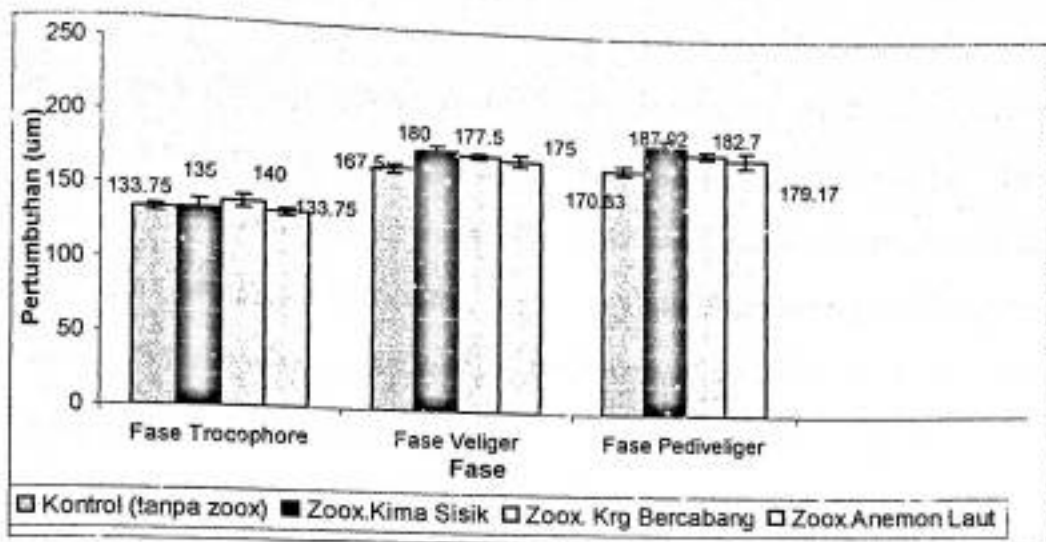
Kima tergolong ke dalam hewan laut yang mempunyai pertumbuhan yang lambat, namun pertumbuhan pada kima muda lebih cepat dibanding dengan kima dewasa. Sumber energi yang digunakan untuk pertumbuhan

panjang cangkang kima terutama diperoleh dari transfer hasil fotosintesis zooxanthella yang ada pada jaringan mantelnya. Selain itu juga dapat diperoleh melalui makanan yang diberikan dari bahan organik terlarut yang ada dalam air.

Larva Pada fase saat dimana kima belum bersimbiosis dengan zooxanthella, aka sumber utama energi untuk pertumbuhan diperoleh dari makanan yang diberikan, sedangkan zooxanthella yang diintroduksi pada fase ini belum banyak memberi kontribusi. Pemberian pakan tambahan pada periode ini menurut Southgate (1992) dapat menyebabkan terjadinya percepatan dalam proses metamorfosis.

Pertumbuhan larva kima sisik pada setiap fase untuk semua perlakuan dapat dilihat pada Gambar 16. Gambar 16 memperlihatkan bahwa pertumbuhan panjang kima semakin meningkat dari fase Trocophore sampai fase Pediveliger. Pada fase Trocophore, perlakuan C memperlihatkan pertumbuhan panjang yang lebih baik, namun setelah fase Veliger sampai Pediveliger perlakuan B memperlihatkan pertumbuhan panjang cangkang yang lebih tinggi dibanding yang lainnya.

Pada fase Trocophore terlihat bahwa pertumbuhan larva kima sisik untuk semua perlakuan hampir sama. Hal ini disebabkan karena fase ini merupakan fase awal larva kima yang terbentuk setelah 12 jam terjadinya fertilisasi sel telur, dimana sumber makanannya masih memanfaatkan kuning telur yang tersisa dan belum ada pemberian pakan tambahan serta zooxanthella.



Gambar 16. Histogram Pertumbuhan Larva Kima Sisik pada Setiap Fase Selama Penelitian

Pada fase veliger pertumbuhan tertinggi diperlihatkan oleh perlakuan B yaitu larva kima yang diberi zooxanthella dari kima sisik. Hal ini disebabkan karena perlakuan pemberian zooxanthella telah memperlihatkan pengaruhnya dimana pemberian zooxanthella telah diberikan sebanyak 3 kali (sampai hari ke- 9). Selain itu ada pemberian pakan tambahan berupa ragi fermipan. Hasil pengamatan larva di bawah mikroskop memperlihatkan sudah adanya zooxanthella pada saluran pencernaan. Hal ini sesuai dengan pernyataan Braley (1992) bahwa sehari setelah pemberian zooxanthella sudah nampak di bawah mikroskop adanya zooxanthella yang berwarna kuning coklat di dalam usus larva yang selanjutnya akan bergerak ke arah mantel.

Pada fase pediveliger, pertumbuhan panjang tertinggi juga diperlihatkan oleh perlakuan B. Tingginya pertumbuhan larva pada perlakuan B yang diberikan zooxanthella dari kima sisik menunjukkan bahwa kepadatan, dan klorofil-a zooxanthella pada kima sisik meskipun lebih rendah dibanding anemon laut namun karena indeks mitotiknya paling tinggi sehingga kecepatan pembelahan selnya juga lebih tinggi dan hal ini yang memberi pengaruh besar terhadap pertumbuhan larva. Mutu zooxanthella ini berkaitan dengan kontribusi zooxanthella berupa produk hasil fotosintesis seperti glukosa, oligosakarida, aspartat, alanin, glicerol, protein dan lemak yang digunakan secara maksimal oleh larva kima sisik untuk pertumbuhan. Hal ini sesuai dengan pernyataan Ambariyanto (1996;1997) bahwa kontribusi zooxanthella terhadap inangnya berbeda-beda, dimana species yang berbeda akan memberikan kontribusi yang berbeda pula. Misalnya pada hewan karang (*Pocillophora damicornis*) dan kima lubang (*T. crocea*) zooxanthella mampu mentransfer hasil fotosintesis ke inangnya lebih dari 40% (Muscatine, 1967), sedangkan juvenil *T. gigas* lebih dari 30%, dan anemon laut (*A. sulcata*) lebih dari 60% (Taylor, 1967).

Hasil analisis ragam (Lampiran 14) memperlihatkan bahwa perlakuan tidak berpengaruh nyata ($P > 0.05$) terhadap larva kima sisik fase Trocophore, sedangkan pada fase veliger (Lampiran 15) sumber zooxanthella memberi pengaruh nyata ($P < 0.05$) dan pada fase pediveliger (Lampiran 16) memberi pengaruh yang sangat nyata ($P < 0.01$) terhadap pertumbuhan panjang larva kima sisik ($P < 0.05$).



Hasil uji BNT pada fase veliger (Tabel 10 dan Lampiran 15) memperlihatkan pertumbuhan panajng pada perlakuan B lebih tinggi dari ketiga perlakuan lainnya. Nilai rata-rata pertumbuhan panjang antara perlakuan B dan A, C dan A, serta D dan A berbeda sangat nyata ($P < 0,01$), sedangkan antara B dan D berbeda nyata ($P < 0,05$), tetapi antara B dan C serta C dan D tidak berbeda nyata ($P > 0,05$). Hasil uji BNT (Tabel 10 dan Lampiran 16) juga memperlihatkan pertumbuhan pada perlakuan B lebih tinggi dari ketiga perlakuan lainnya. Nilai rata-rata pertumbuhan antara perlakuan A dan B, A dan C, serta A dan D berbeda sangat nyata ($P < 0,01$), sedangkan antara B dan D berbeda nyata ($P < 0,05$) tetapi antara B dan C serta C dan D tidak berbeda nyata ($P > 0,05$).

I. Pengaruh Pemberian Zooxanthella dari Inang yang Berbeda Terhadap Laju Pertumbuhan Panjang Harian (mm) Juvenil Kima Sisik

Seperti telah dijelaskan sebelumnya bahwa pertumbuhan sangat dipengaruhi oleh makanan yang diberikan. Pada kima, meskipun sumber utama energinya dapat diperoleh dari simbiotiknya, tetapi pemberian pakan tambahan yang sesuai terbukti dapat meningkatkan pertumbuhan dibandingkan dengan yang tidak diberi pakan (Southgate, 1992). Lebih lanjut dikatakan bahwa larva yang diberi pakan mempunyai energi cadangan yang lebih besar untuk digunakan pada pertumbuhan post metamorfosis. Pada penelitian ini, terdapat kombinasi antara pemberian pakan dengan introduksi

zooxanthella sehingga kombinasi antara keduanya dapat memberikan pertumbuhan yang lebih baik.

Laju pertumbuhan panjang harian rata-rata juvenil kima sisik pada setiap perlakuan selama penelitian dapat dilihat pada Lampiran 14,15 dan Lampiran 19 dan 20. Persamaan garis dan grafiknya disajikan pada Gambar 16.

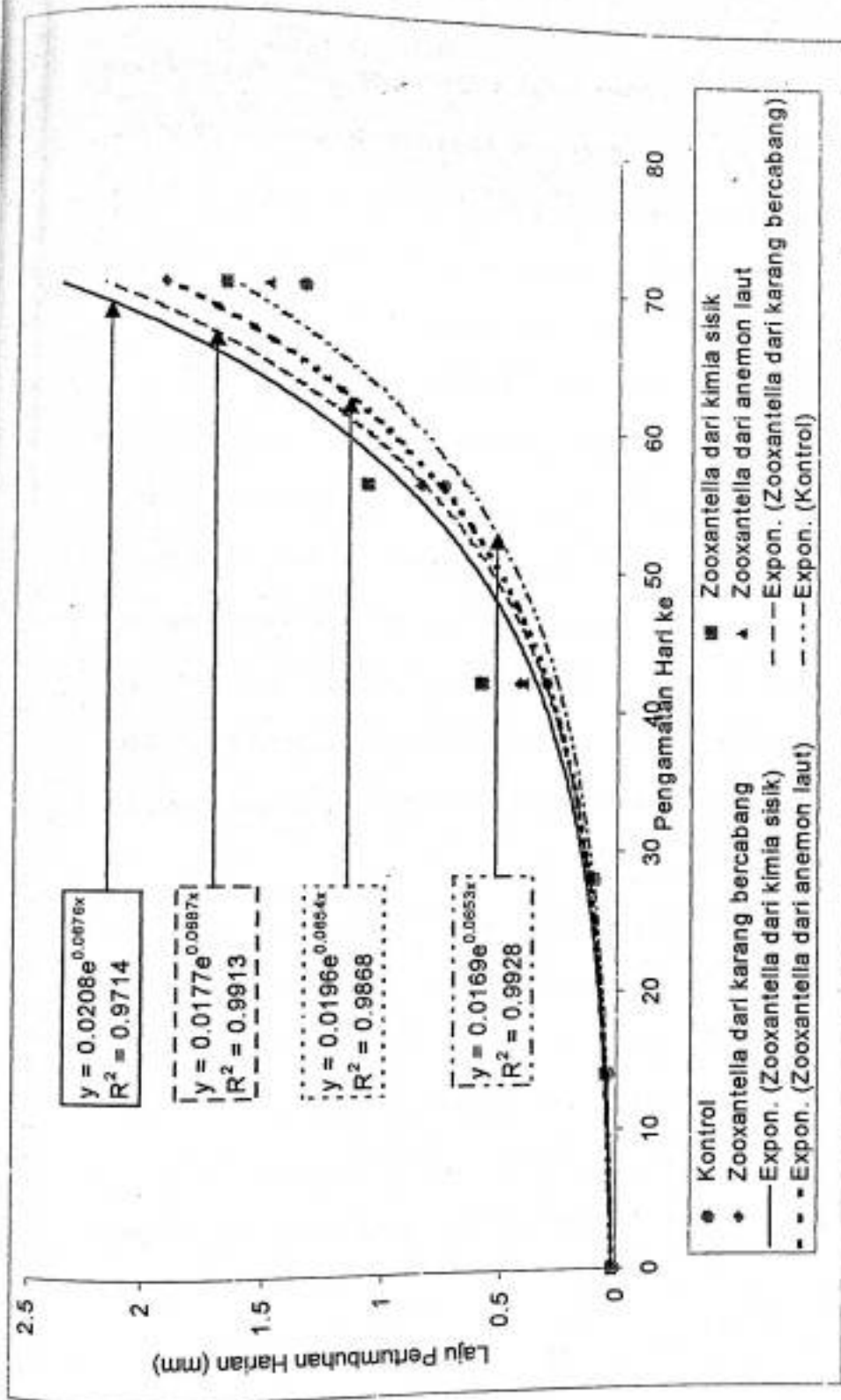
Gambar 16 memperlihatkan bahwa laju pertumbuhan panjang harian juvenil kima sisik yang diberi zooxanthella lebih tinggi dari pada yang tidak diberi zooxanthella. Selain itu, terlihat bahwa laju pertumbuhan juvenil kima sisik yang diberi zooxanthella dari karang bercabang lebih tinggi dari pada yang lainnya.

Laju pertumbuhan panjang harian mulai meningkat dengan cepat pada hari ke 28 atau 42 hari setelah fertilisasi. Hal ini berkaitan dengan keberadaan zooxanthella pada jaringan mantel kima yang sudah bersimbiosis dengan mantap, sehingga zooxanthella sudah bisa memberikan kontribusi kepada inangnya untuk digunakan dalam pertumbuhan. Rosewater dan La Barberra (1982) mengatakan bahwa zooxanthella belum memasuki jaringan mantel kima sampai terjadinya penempelan dan metamorfosis menjadi spat kima, zooxanthella baru mulai berada di jaringan mantel spat kima yang berumur 19 – 40 hari. Peranan zooxanthella ini sangat besar dalam mensuplai makanan kima karena seluruh kebutuhan energi dapat diperoleh dari senyawa karbon yang dihasilkan oleh zooxanthella selama proses fotosintesis (Fisher, dkk., 1985).

Tingginya laju pertumbuhan panjang harian pada juvenil kima sisik yang diberi zooxanthella dari karang bercabang (Perlakuan C) disebabkan oleh tingginya kemampuan zooxanthella dari karang bercabang untuk memenuhi kebutuhan makanan dari juvenil kima sisik sehingga dapat bertumbuh lebih baik dibanding yang lainnya. Hasil penelitian Davies (1984) menunjukkan bahwa sebanyak 98% dari total kebutuhan makanan karang diperoleh dari aktivitas zooxanthella. Hal ini diperjelas oleh Sorokin (1993) yang mengatakan bahwa pada hewan karang, zooxanthella dapat mentransfer 98% dari hasil produksi bersihnya ke inangnya.

Berdasarkan fakta di atas, maka untuk mengetahui kontribusi langsung yang diberikan oleh zooxanthella asal karang bercabang yang diberikan kepada larva kima sisik, maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut secara *in vivo* yaitu dalam keadaan asosiasi utuh antara larva kima sisik dengan zooxanthellanya sehingga dapat dihitung sumbangan zooxanthella terhadap respirasi hewan inangnya (Muscatine, dan Potter, 1977).

Berdasarkan analisis mt-DNA ternyata bahwa zooxanthella asal karang bercabang juga memiliki variasi gen yang lebih rendah dibanding dengan zooxanthella kima sisik dan anemon laut. Rendahnya variasi gen zooxanthella asal karang bercabang apabila dikaitkan dengan sifat dan karakteristik biologinya, dapat diartikan bahwa zooxanthella tersebut mempunyai kemampuan yang rendah untuk beradaptasi dengan tekanan lingkungan.



Gambar 17. Grafik Laju Pertumbuhan Panjang Harian (mm) Juvenil Kima Sisik yang Diberi Zooxanthella dari inang yang Berbeda

Akan tetapi adaptasi tersebut hanya berpengaruh pada zooxanthella itu sendiri bukan pada hewan inang (kima sisik) dimana dia bersimbiosis. Oleh karena itu kemampuan adaptasi yang rendah ini tidak memberikan pengaruh negatif terhadap pertumbuhan kima sisik, karena yang berpengaruh adalah sumbangan hasil fotosintesisnya yang diberikan kepada inangnya sehingga juvenil kima sisik dapat tumbuh dengan baik.

Analisis ragam (Lampiran 20) menunjukkan bahwa inang zooxanthella memberi pengaruh yang sangat berbeda terhadap laju pertumbuhan kima sisik ($P < 0,01$). Hasil uji BNT selanjutnya menunjukkan bahwa perlakuan C berbeda sangat nyata ($P < 0,01$) dengan perlakuan B, D dan A, sedangkan perlakuan B berbeda nyata dengan A ($P < 0,05$), tetapi tidak berbeda dengan perlakuan D, demikian juga perlakuan D dan A ($P > 0,05$). Dengan demikian perlakuan C atau juvenil kima sisik yang diberi zooxanthella dari karang bercabang mempunyai laju pertumbuhan panjang harian yang lebih tinggi dibanding dengan yang lainnya.

Melalui persamaan regresi didapatkan model laju pertumbuhan panjang juvenil kima sisik yang diberi zooxanthella dari kima sisik, karang bercabang dan anemon laut dan yang tidak diberi zooxanthella memperlihatkan model pertumbuhan regresi eksponensial.

Hasil analisis mutu zooxanthella yang dihubungkan dengan pertumbuhan larva serta juvenil kima sisik (*T. squamosa*) dapat dilihat pada Tabel 7.

Pertumbuhan tertinggi pada fase larva diperlihatkan oleh larva kima sisik yang diberi zooxanthella asal kima sisik juga. Tingginya pertumbuhan larva kima sisik pada fase larva juga berkaitan dengan nilai indeks mitotiknya yang tinggi.

Tabel 7. Hubungan Hasil Analisis Mutu Zooxanthella dengan Pertumbuhan Larva Juvenil Kima Sisik (*T. squamosa*)

Fase/Hewan Inang	Pertumbuh-an (μm)	Mutu Zooxanthella		
		Kepadatan	Klorofil-a	Indeks Mitotik
Fase Larva (pediveliger)				
• Kima Sisik	187,92 ^b	4,04 ^a	28,04 ^a	8,28 ^a
• Karang Bercabang	182,70 ^{bc}	2,74 ^b	24,68 ^b	4,36 ^b
• Anemon Laut	179,17 ^c	11,46 ^c	51,32 ^c	5,92 ^{bc}
Fase Juvenil				
• Kima Sisik	6,38 ^b	4,04 ^a	28,04 ^a	8,28 ^a
• Karang Bercabang	6,64 ^c	2,74 ^b	24,68 ^b	4,36 ^b
• Anemon Laut	6,32 ^{bd}	11,46 ^c	51,32 ^c	5,92 ^{bc}

Pada fase juvenil, pertumbuhan tertinggi kembali diperlihatkan oleh juvenil kima sisik yang diberi zooxanthella asal karang bercabang, dimana mutu zooxanthella asal karang bercabang justru lebih rendah dibanding yang lainnya. Nampaknya ada kriteria mutu yang lain dari zooxanthella yang berpengaruh besar terhadap pertumbuhan juvenil kima sisik.

J. Pengaruh Pemberian Pupuk ZA dan TSP Serta Kombinasi Keduanya Terhadap Sintasan Juvenil Kima Sisik (*Tridacna squamosa*)

Setelah masa pemeliharaan \pm 3 bulan assosiasi antara juvenil kima sisik dan zooxanthella simbiannya betul-betul sudah saling menguntungkan, maka perlu dilakukan pemberian nutrisi tambahan dari luar. Tujuannya ialah

agar kebutuhan nitrogen dan fosfat yang akan digunakan dalam proses fotosintesis oleh zooxanthella dapat terpenuhi, sehingga hasil fotosintesis dapat diberikan kepada inangnya.

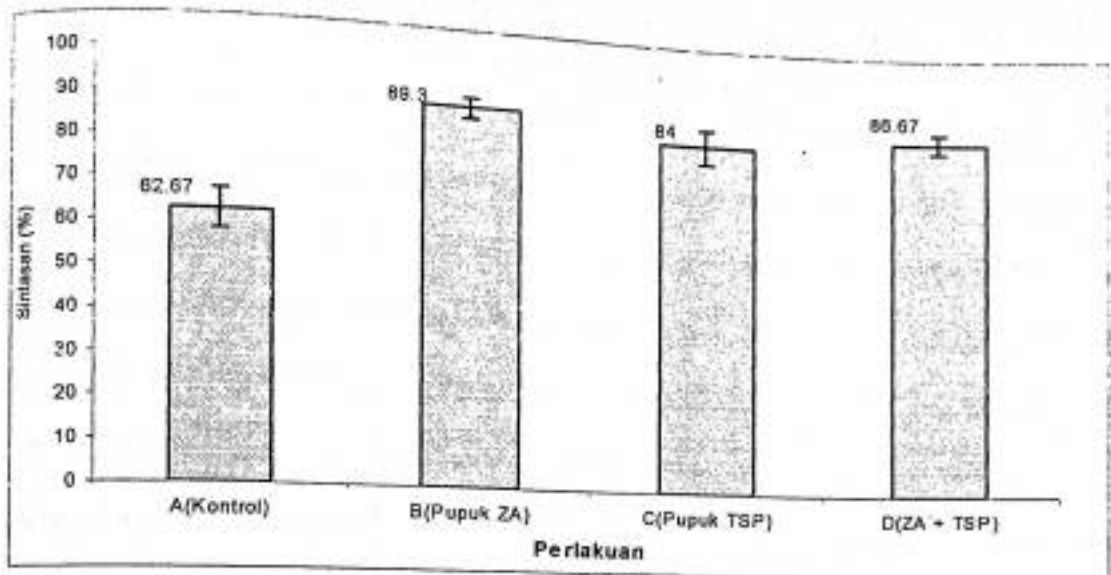
Pada penelitian ini, media budidaya juvenil kima yang diberi pupuk ZA, TSP, ZA + TSP banyak ditumbuhi oleh alga filamen, sedang media budidaya yang diberi pupuk TSP juga banyak ditumbuhi oleh alga namun warnanya agak gelap. Alga ini dapat bersifat kompetitor bagi zooxanthella dalam memperoleh nutrien, dan menutupi cangkang sehingga mengurangi intensitas cahaya. Hal ini telah diperingatkan oleh Braley (1992) bahwa penambahan nutrien dalam bentuk pupuk ZA dan TSP perlu dilakukan dengan hati-hati karena akan menyebabkan tumbuhnya alga pengganggu dalam media budidaya.

Hasil pengamatan sintasan juvenil kima sisik sampai akhir penelitian dapat dilihat pada Gambar 18 dan Lampiran 21.

Gambar 18 memperlihatkan bahwa sintasan juvenil kima sisik tertinggi didapatkan pada perlakuan B (89,30%) disusul perlakuan D (86,67%) dan perlakuan C (84,00) dan yang terendah pada kontrol atau tanpa pemberian pupuk (62,67%).

Tingginya sintasan pada perlakuan B disebabkan karena kandungan nitrogen yang terdapat dalam pupuk ZA merupakan salah satu unsur hara yang dibutuhkan untuk mensintesis klorofil, sehingga tersedianya unsur

tersebut sintesis klorofil berjalan dengan baik dan hal ini akan menyebabkan



Gambar 18. Sintasan Juvenil Kima Sisik yang Diberi Pupuk yang Berbeda Selama Penelitian

kepadatan zooxanthella meningkat. Peningkatan zooxanthella ini juga menyebabkan meningkatnya klorofil-a karena zooxanthella termasuk kedalam tipe "Self Shading". Apabila fotosintesis maksimum tercapai maka transfer hasil fotosintesis juga lancar, hal ini menyebabkan juvenil kima mampu bertahan hidup lebih tinggi.

Rendahnya sintasan pada perlakuan C dibanding dengan B dan D disebabkan karena selain unsur fosfor sangat lambat larut dalam air, juga diikat oleh garam-garam karbonat yang ada dalam air laut sehingga unsur P tidak cukup tersedia untuk digunakan oleh zooxanthella dalam proses fotosintesis.

Rendahnya sintasan pada perlakuan A yang tidak diberi pupuk menunjukkan bahwa peranan nutrisi tambahan untuk mempertahankan kelangsungan hidup bagi juvenil kima sangat tinggi.

Hasil analisis ragam (Tabel 15 dan Lampiran 22) sintasan juvenil kima sisik yang diberi pupuk yang berbeda memberikan hasil yang berpengaruh sangat nyata ($P < 0,01$). Hasil uji lanjutan Beda Nyata Terkecil (BNT) memperlihatkan bahwa perlakuan A berbeda sangat nyata dengan perlakuan B, C, dan D, sedangkan antara perlakuan B dan C, B dan D, serta C dan D tidak berbeda nyata. Artinya bahwa perlakuan pupuk memberi hasil yang berbeda sangat nyata akan tetapi antara pupuk ZA + TSP memberikan hasil yang tidak berbeda nyata terhadap sintasan juvenil kima sisik. Hal ini menunjukkan bahwa ada perbedaan antara pemberian pupuk dengan yang tidak diberi pupuk terhadap sintasan juvenil kima sisik, akan tetapi antara pupuk ZA, TSP, dan kombinasi keduanya memberikan sintasan yang tidak berbeda terhadap juvenil kima sisik.

Perbedaan sintasan antara juvenil kima sisik yang diberi pupuk dengan yang tidak diberi pupuk disebabkan karena terpenuhinya kebutuhan nutrisi dari juvenil kima tersebut, sehingga juvenil kima mampu beradaptasi dengan kondisi lingkungan tersebut. Meskipun pada media budidaya selalu tumbuh ganggang pengganggu akibat dari pengkayaan nutrisi tersebut, tetapi hal ini bisa diatasi dengan melakukan pembersihan setiap hari sebelum dilakukan pemberian

pupuk. Hasil yang dicapai ini lebih rendah dari yang diperoleh Suaib (1995) yang memberikan pupuk ZA pada juvenil kima air *T. derasa* sebanyak 20 μmol menghasilkan sintasan 98,67%. Sedangkan Tahir (1996) yang memupuk juvenil kima raksasa *T. gigas* 10 μmol , menghasilkan sintasan sebesar 93,33%. Perbedaan ini disebabkan oleh perbedaan jenis kima, dimana kima raksasa *T. gigas* dan kima air *T. derasa* tergolong kima yang berukuran besar pertama dan kedua sehingga responnya terhadap lingkungan lebih besar.

K. Pengaruh Pemberian Pupuk ZA dan TSP serta Kombinasi Keduanya Terhadap Laju Pertumbuhan Panjang Harian Juvenil Kima Sisik

Berdasarkan hasil pengamatan selama ± 4 bulan, didapatkan laju pertumbuhan harian juvenil kima sisik seperti tampak pada Gambar 19 dan Lampiran 23.

Gambar 19 memperlihatkan bahwa pemberian pupuk memberikan laju pertumbuhan yang lebih baik dibanding dengan yang tidak diberi pupuk. Laju pertumbuhan panjang harian yang tertinggi diperoleh pada perlakuan D (8,26 mm) yaitu juvenil kima sisik yang diberi kombinasi ZA + TSP, menyusul perlakuan C (7,77 mm) yaitu perlakuan dengan pupuk TSP, kemudian perlakuan B (7,75 mm) perlakuan dengan pupuk ZA dan terendah pada kontrol (6,35 mm) yaitu juvenil kima sisik yang tidak diberi pupuk.

Peningkatan laju pertumbuhan kima yang diberi Nitrogen dan Fosfat dapat disebabkan karena Nitrogen ini merupakan salah satu unsur utama penyusun klorofil (Dwidjoseputro, 1988), dan P sebagai sumber energi (Harris,

pupuk. Hasil yang dicapai ini lebih rendah dari yang diperoleh Suaib (1995) yang memberikan pupuk ZA pada juvenil kima air *T. derasa* sebanyak 20 μmol menghasilkan sintasan 98,67%. Sedangkan Tahir (1996) yang memupuk juvenil kima raksasa *T.gigas* 10 μmol , menghasilkan sintasan sebesar 93,33%. Perbedaan ini disebabkan oleh perbedaan jenis kima, dimana kima raksasa *T.gigas* dan kima air *T. derasa* tergolong kima yang berukuran besar pertama dan kedua sehingga responnya terhadap lingkungan lebih besar.

K. Pengaruh Pemberian Pupuk ZA dan TSP serta Kombinasi Keduanya Terhadap Laju Pertumbuhan Panjang Harian Juvenil Kima Sisik

Berdasarkan hasil pengamatan selama ± 4 bulan, didapatkan laju pertumbuhan harian juvenil kima sisik seperti tampak pada Gambar 19 dan Lampiran 23.

Gambar 19 memperlihatkan bahwa pemberian pupuk memberikan laju pertumbuhan yang lebih baik dibanding dengan yang tidak diberi pupuk. Laju pertumbuhan panjang harian yang tertinggi diperoleh pada perlakuan D (8,26 mm) yaitu juvenil kima sisik yang diberi kombinasi ZA + TSP, menyusul perlakuan C (7,77 mm) yaitu perlakuan dengan pupuk TSP, kemudian perlakuan B (7,75 mm) perlakuan dengan pupuk ZA dan terendah pada kontrol (6,35 mm) yaitu juvenil kima sisik yang tidak diberi pupuk.

Peningkatan laju pertumbuhan kima yang diberi Nitrogen dan Fosfat dapat disebabkan karena Nitrogen ini merupakan salah satu unsur utama penyusun klorofil (Dwidjoseputro, 1988), dan P sebagai sumber energi (Harris,

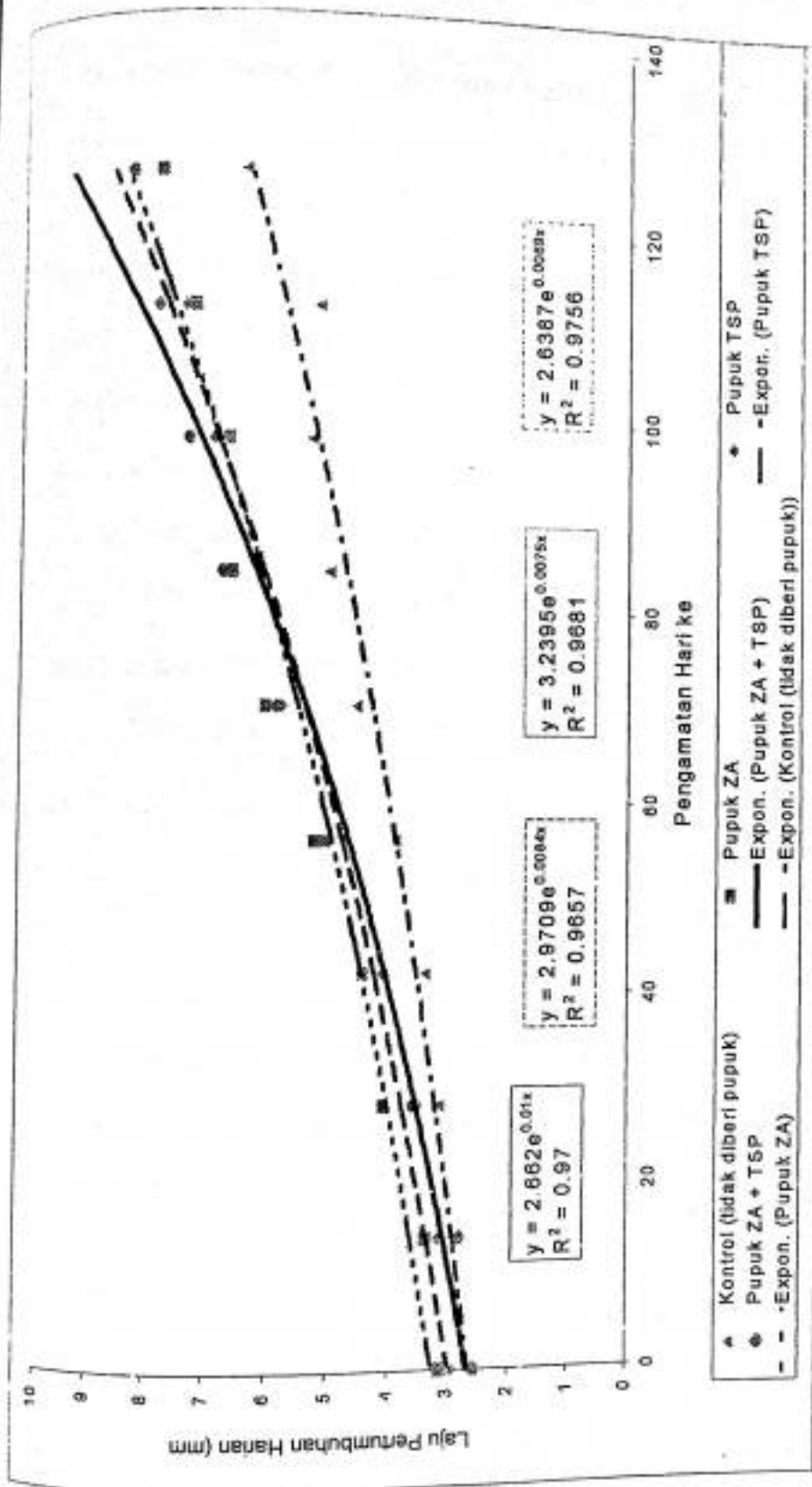
1986). Zooxanthella sebagai alga simbion yang hidup pada jaringan mantel kima juga mengandung klorofil, sehingga keterbatasan kedua unsur tersebut dapat mempengaruhi sintesis, kandungan klorofil dan laju fotosintesis. Apabila laju fotosintesis rendah, maka transfer produk hasil fotosintesis zooxanthella berupa senyawa gula sederhana, protein dan lemak sebagai sumber makanan yang akan dirubah oleh sel zooxanthella menjadi energi juga menjadi rendah. Padahal energi tersebut akan digunakan dalam pembelahan sel untuk perkembangbiakannya dan juga digunakan oleh sel inang untuk pertumbuhannya.

Jadi meskipun kima bisa memperoleh nutrien terlarut dari dalam air laut tetapi telah diketahui bahwa kunci utama sumber makanan kima adalah berasal dari transfer hasil fotosintesis yang diberikan oleh hewan simbiotnya yaitu zooxanthella. Zooxanthella ini apabila diberi tambahan nutrien berupa fosfat, nitrogen, dan sulfur dapat menyebabkan peningkatan fotosintesis, jumlah zooxanthella atau kedua-duanya (Wilkerson dan Trench, 1986). Peningkatan laju fotosintesis akan menyebabkan meningkatnya hasil fotosintesis yang akan diberikan pada inang untuk bertumbuh. Menurut Belda, dkk (1993_b) bahwa pemberian kombinasi pupuk N + P dapat meningkatkan jumlah zooxanthella, indeks mitotik dan laju pertumbuhan spesifik pada kima.

Beberapa hasil penelitian seperti yang dilakukan oleh Solis, dkk. (1988) menunjukkan penambahan nitrogen anorganik dalam bentuk ammonium dan nitrat akan meningkatkan laju pertumbuhan kima *Hippopus hippopus* 3 kali

lebih besar dibanding dengan yang tidak diberi nutrisi, sedangkan Hastie, dkk. (1992) yang memberikan penambahan ammonium dan nitrat setiap hari pada konsentrasi 50 μmol selama 60 hari menyebabkan peningkatan 17 – 21 % panjang cangkang dan berat 288 – 375 % dibanding kontrol. Pemberian amonium dan nitrat juga dilakukan oleh Fitt, dkk. (1993) kepada juvenil *T. derasa* dengan panjang cangkang 2 –3 mm menyebabkan laju pertumbuhan (75%) lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol, sedangkan Belda dan Yellowlees (1995) berhasil meningkatkan laju pertumbuhan kima yang diberi pupuk amonium dan fosfat.

Analisis ragam (Lampiran 24) pengaruh perlakuan terhadap laju pertumbuhan panjang harian juvenil kima sisik menunjukkan hasil yang berpengaruh nyata ($P < 0,05$). Hasil uji lanjut Beda Nyata Terkecil (BNT) menunjukkan bahwa perlakuan A tidak berbeda dengan perlakuan B dan C tetapi berbeda sangat nyata dengan perlakuan D. Demikian juga dengan perlakuan B tidak berbeda nyata dengan perlakuan C tetapi berbeda sangat nyata dengan perlakuan D, sedangkan perlakuan C berbeda nyata dengan perlakuan D. Dengan demikian perlakuan D yaitu pemberian pupuk ZA dan TSP memberikan laju pertumbuhan panjang harian yang lebih baik dibanding dengan yang lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa pemberian nutrisi pada media budidaya juvenil kima mempunyai dampak yang positif terhadap laju pertumbuhan panjang harian juvenil kima sisik. Hal ini sejalan dengan pendapat



Gambar 19. Grafik Laju Pertumbuhan Panjang Harian Rata-Rata Juvenil Kima Sisik yang Diberi Pupuk yang Berbeda

Belda dan Yellowlees (1995) dan Ambariyanto (1996) bahwa kombinasi antara ammonium dan fosfat dapat meningkatkan indeks mitotik zooxanthella, apabila indeks mitotik meningkat maka pembelahan sel juga akan meningkat, dengan demikian laju pertumbuhan juga akan meningkat.

Melalui persamaan regresi didapatkan model laju pertumbuhan panjang juvenil kima sisik yang diberi pupuk ZA, TSP dan kombinasi ZA + TSP serta yang tidak diberi pupuk memperlihatkan model pertumbuhan regresi ekponensial.

L. Kualitas Air

Hasil pengukuran kualitas air pada fase larva maupun pada fase juvenil dalam media budidaya kima sisik yang diberi zooxanthella dari berbagai inang dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Pengukuran Kualitas Air pada Fase Larva dan Juvenil Kima Sisik yang Diberi Zooxanthella dari Berbagai Inang

Parameter	Kisaran		Kriteria yang sesuai dan sumber
	Fase Larva	Fase Juvenil	
Suhu ($^{\circ}\text{C}$)	29-30,1	28-32	25-30 (Ellis, 1995)
Salinitas (ppt)	29-30	26-32	32-35 (Ellis, 1995)
PH	7,6-7,9	7,5-8,1	8,1-8,5 (Ellis, 1995)
O ₂ (ppm)	4-7,68	2,36-7,68	2,0-6,5 (Idrus, 1992)

Berdasarkan Tabel 8, terlihat bahwa secara umum kondisi kualitas air media budidaya masih mendukung untuk pemeliharaan larva dan juvenil kima sisik.

Hasil pengukuran kualitas air media budidaya juvenil kima sisik yang diberi pupuk ZA dan TSP dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil Pengukuran Kualitas Air Media Pemeliharaan Juvenil Kima Sisik yang Diberi Pupuk ZA dan TSP

Parameter	Kisaran pada Perlakuan				Kriteria yang sesuai	Sumber
	A	B	C	D		
Suhu (°C)	27-31	28-33	28-31	28-32	25-32	Ellis (1995)
Salinitas (ppt)	32-33	32-34	32-34	32-35		
PH	7,5-8,0	7,5-8,5	7,5-8,5	7,0-8,1	32-35	Ellis (1995)
DO (ppm)	3,32-7,05	3,32-7,68	3,32-7,65	3,32-7,55	7,5-8,1	Ellis (1995)
PO ₄ (ppm)	0,038-0,076	0,038-0,078	0,038-0,076	0,0076	2,0-6,5	Idrus
NH ₃ (ppm)	0,0017-	0,0015-	0,0015-0,0019	0,0017-	0,02-0,20	Liaw (1969)
NO ₃ (ppm)	0,0019	0,0021	0,66-1,23	0,0021	0,9-3,5	Chu (1943 dalam Andarias, 1991)
	0,26-0,95	1,02-1,45		0,94-2,43		

Berdasarkan Tabel 9 dapat dilihat bahwa kondisi kualitas air media budidaya cukup mendukung untuk pemeliharaan juvenil kima.

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Berdasarkan analisis keragaan mt-DNA terdapat perbedaan spesies zooxanthella yang hidup bersimbiosis dengan anemon laut *S. gigantea*, kima sisik *T. squamosa* dan karang bercabang *A. samoensis*.
2. Mutu zooxanthella kima sisik ditinjau dari analisis indeks mitotik lebih tinggi dibanding dengan yang lain, tetapi kepadatan dan klorofil-a kima sisik lebih rendah dari anemon laut.
3. Pada fase awal larva (trocophore dan veliger) tidak terdapat pengaruh d zooxanthella terhadap sintasan, tetapi pada fase akhir larva (pediveliger) jenis inang zooxanthella memberi pengaruh yang nyata dimana sintasan tertinggi pada larva kima sisik yang diberi zooxanthella karang bercabang dan terendah pada larva yang diberi zooxanthella anemon laut. Pada fase juvenil terdapat pengaruh inang zooxanthella terhadap sintasan, dimana sintasan tertinggi pada juvenil kima sisik yang diberi zooxanthella kima sisik.
4. Pada fase awal larva (trocophore) tidak terdapat pengaruh inang zooxanthella terhadap pertumbuhan, tetapi pada veliger dan pediveliger jenis inang zooxanthella memberikan pengaruh yang nyata, dimana pertumbuhan tertinggi pada larva kima yang diberi zooxanthella kima sisik. Pada fase juvenil terdapat pengaruh inang zooxanthella terhadap

pertumbuhan, dimana pertumbuhan tertinggi pada juvenil kima sisik yang diberi zooxanthella karang bercabang.

5. Dampak pemberian pupuk dalam bentuk kombinasi lebih baik dibanding dalam bentuk tunggal, tetapi tidak terdapat perbedaan sintasan antara pemberian dalam bentuk tunggal dengan kombinasi, namun terdapat perbedaan dalam pertumbuhan dan pertumbuhan tertinggi didapatkan pada juvenil kima sisik yang diberi pupuk kombinasi.

B. Saran

Sehubungan dengan hasil penelitian ini disarankan untuk :

1. Melakukan penelitian lanjutan untuk menentukan species zooxanthella yang berasal dari anemon laut *S. gigantea*, kima sisik *T. squamosa*, dan karang bercabang *A. samoensis*, yaitu melalui sequencing dan dilanjutkan dengan penyusunan phylogenetiknya.
2. Melakukan penelitian jenis obat-obatan yang efektif untuk menekan pertumbuhan cacing yang menjadi predator pada media budidaya juvenil kima sisik, dan mengalihkan sumber air yang digunakan untuk kegiatan hatchery ke tempat atau lokasi dimana kualitas airnya prima.

DAFTAR PUSTAKA

- Aisyah, E.N. and Ambariyanto, 1998. Dinoflagellates and Marine Invertebrate Symbiosis : Acquisition, Recognition and Specificity. *Tropical Marine Journal*, 1 (3): 65 – 70.
- Aisyah, E.N, O. Hoegh-Guldberg, R. Hinde and W. Loh, 2000. Zooxanthellae from Temperate Australian Reefs : Genetic Variation and Morphology. Paper Presented on International Coral Reef Symposium, Denpasar, Bali.
- Ambariyanto, 1996. Effect of Nutrient Enrichment in the Field on the Giant Clam, *Tridacna maxima*. PhD Thesis. School of Biological Science and Marine Studies Centre the University of Sidney, Australia. 269 pp.
- Ambariyanto dan Hoegh-Guldberg, 1996. Nutrient Enrichment and the Ultrastructure of Zooxanthellae from the Giant Clam *Tridacna maxima*. *Mar. Biol.*, 125 : 359-363.
- Ambariyanto, 1997. The Role of Symbiotic Zooxanthellae on Giant Clam Nutrition. *J. Coast. Dev.*, 1 (1) : 43 – 48.
- Ambariyanto, 1999. Enrichment of inorganic Nutrients : Biological Consequences of Giant Clams (Tridacnidae). *Jour. of Coast. Dev.* 2 (3) : 435-441.
- Ambariyanto, C.Kokarkin dan A. Erlina, 2000. Effect of Introducing Zooxanthellae Isolated from Different Hosts on the Survival and Growth of Giant Clam Larvae : A Preliminary Study. In Hardjito, L (ed.). *Proceedings of International Symposium on Marine Biotechnology ISMB 2000*. 177-181.
- Andarias, I., 1991. Pengaruh Pupuk Urea dan TSP Terhadap Produksi Klekap. Disertasi Program Pascasarjana Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- A.P.H.A., 1992. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 18 th Ed. A Public Health Association. Washington.
- Armand, 1999. Pengaruh Penggunaan Antibiotik Streptomycin Sulfat dengan Dosis yang Berbeda Terhadap Sintasan Larva Kima Air (*Tridacna derasa*). Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin Ujung Pandang.

- Baillie, B.K., C.A.B. Baillie and T. Maruyama, 2000. Conspecificity and Indopacific Distribution of Symbiodinium Genotypes (Dinophyceae) from Giant Clams. *J. Phycol.*, (36) : 1153 – 1161.
- Baker, A.C., 1999. The Symbiosis Ecology of Reef-Building Corals. PhD. Dissertation, University of Miami, Miami, Fl. 120 pp.
- Baker, A.C. and R. Rowan, 1996. Diversity of Symbiotic Dinoflagellates (Zooxanthellae) in Scleractinian Corals of the Caribbean and Eastern Pacific. *Proc. 8th int Coral reef Symp 2*: 1301 – 1306.
- Belda, C.A. and D. Yellowlees, 1995. Phosphate Acquisition in the Giant Clam *Zooxanthella* Symbiosis. *Mar. Biol.* 124 : 261-266.
- Belda, C.A., C. Cuff, and D. Yellowlees, 1993_a. Modification of Shell Formation in the Giant Clam *Tridacna gigas* at Elevated Nutrient Level in Sea Water. *Mar. Biol.* 117 : 251-257.
- Belda, C.A., A. Cuff, J.S. Lucas, and D. Yellowlees, 1993_b. Some Responses of the Giant Clam to Elevated Nutrient Levels in Sea Water. *In* Fitt W.K. (ed). *Biology and Mariculture of Giant Clams*. ACIAR Proceeding.
- Belda, C.A., J.S. Lucas, and D. Yellowlees, 1993_c. Nutrient Limitation in the Giant Clam-Zooxanthella Symbiosis : Effect of Nutrient Supplements on Growth of the Symbiotic Partners. *Mar. Biol.*, 117 : 655-664.
- Belda, C.A., W. Leggat, dan D. Yellowlees, 1998. Growth and Metabolic Responses of the Giant Clam *Zooxanthella* Symbiosis in a Reef Fertilisation Experiment. *Mar. Biol. Prog. Ser.*, 170 : 131-141.
- Blank, R.J. and V.A.R. Huss. 1989. DNA Divergency and Speciation in *Symbiodinium* (Dinophyceae). *J. Syst. Evol.* 163:153 – 163.
- Blank, R.J. and R.K. Trench, 1985. *Symbiodinium microadriaticum* : a Single Species. *Proc. 5th .int. Coral Reef Congr.* 56 : 113 – 117.
- Bowen, I.D., 1983. Laboratory Techniques for Demonstrating Cell Death *In* : Davies I, Sigee, D.C. (Ed) *Cell Ageing and Cell Death*. Davies Cambridge Univ. Press. Pp 5 – 40.

- Braley, R.D., 1988. Recruitment of the Giant Clams *Tridacna gigas* and *T. derasa* at Four Sites on the Great Barrier Reef. In : Copland, J.W. Lucas, J.S. (eds). Giant Clams in Asia and The Pasific. ACIAR Monograph. No. 9. Canberra. P. 73 - 77.
- Braley, R.D., 1992. The Giant Clam : Hatchery and Nursery Culture Manual. ACIAR, Camberra. 144 p.
- Braley, R.D., 1993. Pros and Cone of Methodologies Used in the Hatchery and Land-Based Nursery Phase of Giant Clam Culture. In : Fitt, W.K. (ed). Biology and Mariculture of Giant Clams. ACIAR Proceeding No : 47, p 87 - 93.
- Braley, R.D., 1994. Berbagai Alternatif Pemasaran Kerang Raksasa. Seminar Konsultan MSEP-LPIU Marine Science Universitas Hasanuddin, Ujung Pandang.
- Braley, R.D. and A. Rachman, 1996. Technical Note ; A Succesfull Protocol for the Hatchery and Land Nursery Culture of Giant Clam (Fam. Tridacnidae). Perairan Maluku dan Sekitarnya Vol. 10;81-85.
- Braley, R.D., W.J. Nash, J.S. Lucas and C.M. Crawford, 1988. Comparison of Different Hatchery and Nursery Culture Methods for the Giant Clam *Tridacna gigas*. In : Giant Clams in Asia and the Pasific (J.W. Copland and J.S. Lucas eds). ACIAR Monograph. No.6: 110-114.
- Braley, R.D., D. Sutton, S.S.M. Mingoa and P. S. Soutgate, 1992. Passive Greenhouse Heating, Recyrculation and Nutrien Addition in Nursery Phase *Tridacna gigas* : Growth Boost During Winter months. Aquaculture, 108:29-50
- Brown, B.E., and L.S. Howard, 1985. Assessing the effect of "stress" on Reef Corals. Adu. Mar. Bio. 22 : 1 - 63.
- Brown, B.E. and N.P. Zamani, 1992. Mitotic Indices of Zooxanthellae : A Comparison of Technique Based on Nuclear and Cell Division Frequencies. Mar. Ecol. : 89 : 99-102.
- Calumpong, H.P., 1992. The Giant Clam : An Ocean Culture Manual. Australian Centre for International Agricultural Research (ACIAR), Canberra. 64 p.

- Carlos, A.A., B.K. Baillie, and T. Maruyama, 2000. Diversity of Dinoflagellate Symbionts (Zooxanthellae) in a Host Individual. *Mar. Ecol. Prog. Series* (195) : 93 – 100.
- Carlos, A.A., B.K. Baillie, M. Kawachi and T. Maruyama, 1999. Phylogenetic Position of *Symbiodinium* (Dinophyceae) Isolates from Tridacnids (Bivalvia), Cardiids (Bivalvia), a Sponge (porifera), a soft Coral (Anthozoa), and Free living Strain. *J. Phycol* (35) : 1054 – 1062.
- Coles, S. L., 1975. A Comparison of Effects of Temperature Versus Temperature Fluctuations on Reef Corals at Kahe Point Oahu. *Pac. Sci.* 29 : 15 -18.
- Cook, C.B. C. F. D'Elia, and G. M. Parker, 1988. Host Feeding and Nutrient Sufficiency for Zooxanthellae in the Sea Anemone *Aiptasia pallida*. *Mar. Biol.* 48 : 253 – 262.
- Copland, J.W., and J.S. Lucas, 1988. Giant Clam in Asia and the Pacific, ACIAR, Canberra. 274 p.
- Dakin, N., J.M., 1992. The Book of Marine Aquarium. Salamander Books Limited. London. New York. 400 p.
- Davis, P.S., 1984. The Role of Zooxanthella in the the Nutritional Energy Requirements of *Pocillophora cydouxii*. *Coral Reefs.* 2 : 181 – 186.
- Douglas, A.E. and D.C. Smith, 1984. The Green Hydra Symbiosis, VII. Mechanism in Symbiont Regulation. *Proc. R. Soc. Lond. Ser. B.* 221: 291-319.
- Drew, E.A., 1972. The Biology and Physiology of Algal Invertebrate Symbiosis II. The Density of Symbiotic Algal Cells in a Number of Hermatypic Hard Corals and Alcyonarians from Various Depths. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 9 : 21 – 25.
- Dudler, N. and D. J. Miller, 1988. Characterization of Two Glutamate Dehydrogenases from the Symbiotic Microalgae *Symbiodinium microadriaticum* Isolated from the Coral *Acropora formosa*. *Mar. Biol.*, 97: 427-430.
- Dwidjoseputro, D., 1988. Pengantar Fisiologi Tumbuhan. PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta 232 p.

- Ellis, S. 1995. Spawning and Larval Rearing of Giant Clams (Bivalvia: Tridacnidae). CTSA, Publication No. 130 Wamanalu, Hawaii, USA. 52 p.
- Falkowsky, P.G. and Z. Dubinsky, 1981. Light - Shade Adaptation of *Stylophora pistilla* a Hermatypic Coral from the Gulf of Eilat. Nature 204: 172 - 174.
- Fisher, C.R., W.K. Fitt, and R.K. Trench, 1985. Photosynthesis and Respiration in *Tridacna gigas* as a Function of Irradiance and Size. Biol. Bull. 169 : 230-245.
- Fitt, W.K., C.R. Fisher, and R.K. Trench, 1984. Larval Biology of Tridacnid Clams. Aquaculture, 39 : 181-195.
- Fitt, W.K., 1984. The Role of Chemosensory Behaviour of *Symbiodinium microadriaticum* in the Infection of Coelenterates and Mollusca with Zooxanthellae. Mar. Biol. 81 : 9-17.
- Fitt, W.K. 1985. Chemosensory Response of the Symbiotic Dinoflagellata *Symbiodinium microadriaticum*. J. Phycol. 21 : 62-67.
- Fitt, W. K., 1992. Nutrition of Giant Clams. in Fitt, W.K. (Ed) ACIAR Proceeding No. 47 : 31-40.
- Fitt, W. K. and R. K. Trench, 1981. Spawning, Development, and Acquisition of Zooxanthellae by *Tridacna squamosa* (Mollusca, Bivalvia). Biol. Bull. 161: 213-235.
- Fitt, W. K., C.R. Fisher and R.K. Trench, 1986. Contribution of the Symbiotic Dinoflagellate *Symbiodinium microadriaticum* to the Nutrition, Growth and Survival of Larval and Juvenile Tridacnid Clam. Aquaculture, 55 : 5-22.
- Fitt, W.K., G.A. Heslinga, and T.C. Watson, 1993. Utilization of Dissolved Inorganic Nutrients in Growth and Mariculture of the Tridacnid Clam *Tridacna derasa*. Aquaculture, 109 : 27-38.
- Freudenthal, H.D., 1962. *Symbiodinium* Gen. Nov. and *Symbiodinium microadriaticum* sp.nov., Zooxanthellae; Taxonomy, Life Cycle and Morphology. J. Protozoa. 9 : 45 - 52.
- Gaspersz, V., 1991. Metode Perancangan Percobaan. Armico, Bandung.

- Gates, R.D. and B.E. Brown, 1985. The "Loss" of Zooxanthella in the Sea Anemone *Anemonia viridis* (Forsk.) Under Stress. Proc. 5th. Int. Coral Reef Congr. 2 : 143.
- Gomez, E.D. and C. A. Belda, 1988. Growth of Giant Clams in Bolinao, Philippines in Copland and Lucas (ed). ACIAR, Camberra. 6 : 178-182.
- Griffiths, C.L. and D.W. Klumpp, 1996. Relationship Between Size, Mantle Area Zooxanthellae Numbers in Five Species of Giant Clam (*Tridacnidae*). Mar. Ecol. Prog. Series. 137 : 139 - 147.
- Hariyanti, K. Sugama, S.B. Maria dan I.G.N. Permana, 2001. Keragaan Mitokondria DNA Beberapa Mikroalga Sebagai Pakan Alami Larva Ikan Bandeng dan Kerapu. Teknologi Budidaya Laut dan Pengembangan Sea Farming di Indonesia. Departemen Kelautan dan Perikanan Bekerjasama dengan Japan International Corperation agency, ISBN 979 - 8186 - 82 - 6 : 264 - 270.
- Harland, A.D. and B.E. Brown, 1989. Metal Tolerances in the Scleractinian Coral *Parites lutea*. Mar. Pollut. Bull. 20 : 353-357.
- Harris, G. P., 1986. Phytoplankton Ecology : Structure, Function and Fluctuation. Chapman and Hull, London, New York.
- Hastie, L., T.C. Wetson, T. Isamu, and G.A. Heslinga, 1992. Effect of Nutrien Enrichment on *Tridacna derasa* Seed : Dissolved Inorganic Nitrogen Increases Growth Rate. Aquaculture, 106 : 41-49.
- Heslinga, G.A., dan T.C. Watson, 1985. Recent Advances in Giant Clam Mariculture. Proc. Int. Congres Coral Reefs, 5 : 531-537.
- Heslinga, G.A. and W.K. Fitt, 1987. The Domestication of Tridacnid Clams. Bioscience, 37 : 332-339.
- Heslinga, G.A., F.E. Perron and O. Orak, 1984. Mass Culture of Giant Clams (Family Tridacnidae) in Palau. Aquaculture ;39: 197 - 215.
- Hoegh - Guildberg, O. and J.S. Smith, 1989. Influence of the Population Density of Zooxanthellae and Supply of Ammonium on the Biomass and Metabolic Characteristics of the Reef Coral *Seriatophora hystrix* and *Stylophora pistillata*. Mar. Ecol. Prog. Ser. 57 : 173 -186.

- Hopkins, K.D., 1992. Reporting Fish Growth A Review of The Basics, in J. World. Agua. Soc.
- Jakiel, P.L. and S.L. Coles, 1974. Effect of Heated Effluent on Hermatypic Corals at Kahe Point Oahu. *Pac. Sci.* 28 : 1 - 18.
- Jakiel, P. L. and S.L. Coles, 1977. Effect of Temperature on the Mortality and Growth of Hawaiian Reef Corals. *Mar. Biol.* 43 : 201 - 208.
- Kimbal, J.W., 1987. *Biology Jilid I.* Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Kimball, J. W., S.S. Tjitrosomo, dan N. Sugiri, 1994. *Biologi. Jilid I. Edisi Kelima.* Erlangga, Jakarta . Hal. 120 - 145.
- Klumpp, D.W., B.I. Bayne and A.J.S. Hawkins, 1992. Nutrition of the Giant Clam *Tridacna gigas* (L.). Contribution of Filter Feeding on Photosynthates to Respiration and Growth *Exp. Mar. Biol. Ecol.* 155: 105-122.
- Knop, D., 1996. *Giant Clam A Comprehensive guide to the Identification and Care of Tridacnid Clams.* Darne verlag Ettlingen. 225 p.
- Kozloff. E.N., 1990. *Invertebrates.* Saunders College, New York.
- Lajeunesse, T.C. and R.K. Trench, 2000. Biogeography of Two Species of Symbiodium (Freudenthal) Inhabiting the Intertidal Sea Anemone *Anthopleura elegantissima* (Brandt). *Biol. Bull.* 199 : 126 - 134.
- Lannan, J.E., A. Robinson and W.P. Breese, 1980. Broodstock Management of *Crassostrea gigas*. Broodstock Conditioning to Maximise Larval Survival. *Aquaculture.* 21 : 337-345.
- Latosa, M., and E. Berdalet, 1994. Effect of Nitrogen or Phosphorus Starvation on Pigment Composition of Cultured *Heterocapsa* sp. *J. Plankton Research.* 16 83-94.
- Liau, W.K., 1969. *Chimical and Biological Studies for Fish Pond and Reservoirs in Taiwan.* Reprinted From Chines-American Joint Commission of Rural Recontruction Fish. Series 7.
- Loya, Y., 1972. Community Structure and Diversity of a Hermatypic Ciral at Eilat, Red Sea. *Mar. Biol.* 13 : 100 - 123.



- Lucas, J.S., 1994. The Biology, Exploitation, and Mariculture of Giant Clams (Tridacnidae). Reviews in Fisheries Science. C.R.C. Press.
- Ludvianto, B., 1993. Budidaya Kima (*Tridacna sp* dan *Hippopus sp*) Di Indonesia Marine Science Education Project. Universitas Diponegoro. LPIU Semarang.
- Macaranas, J.M., 1993. Means to Identify Stocks and Strains. In P. Munro (Ed) Genetic Aspects of Conservation and Cultivation of Giant Clams. ICLARM Conf. Proc. 39 : 25 - 29.
- Mansour, K., 1946. The Zooxanthellae, Morphological Peculiarities and Food and Feeding Habits of the Tridacnidae with Reference to Other Lamellibranches. Proceeding of the Egyptian Academy Science, 1:1-11.
- Maruyama, T., M. Ishikura, S. Yamazaki and S. Kanai, 1998. Molecular Phylogeny of Zooxanthellae Bivalves. Biol. Bull. 195 : 70 - 77.
- Mc Auley, P.J. and C.B. Cook, 1994. Effect of Host Feeding and Dissolved Ammonium on Cell Division and Nitrogen Status of Zooxanthellae in the Hydroid *Myrionema amboinense*. Mar. Biol. 121 : 343 - 348.
- Mc Laughlin, J.J.A. and P.A. Zahl, 1957. Studies in Marine Biology II in Vitro ultrastructure of Zooxanthellae. Proc. Soc. Exp. Biol. Med. 95 : 115-120.
- Michel, W. C. and W.K. Fitt, 1984. Effect of Water Soluble Fraction of a Crude Oil on the Coral Reef Hydroid *Myrionema hargitii* : Feeding, Growth, and Algal Symbionts. Mar. Biol. 84 : 143 - 154.
- McNally, K.S., N.S. Gorind, P.E. Thome, and R.K. Trench, 1994. Small-Sub Unit Ribosomal DNA Sequence Analyses and a Reconstruction of the Inferred Phylogeny Among. Symbiotic Dinoflagellates (Pyrrophyta). J. Phycol. 30 : 316 - 329.
- Moosa, M.K. dan Suharsono, 1995. Rehabilitasi dan Pengelolaan Terumbu Karang : Suatu Usaha Menuju ke Arah Pemanfaatan Sumberdaya Terumbu Karang Secara Lestari, Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Terumbu Karang. Puslitbang Oseonologi LIPI, Jakarta.
- Munro, J.L. and J. Gwyther, 1981. Growth Rates and Mariculture Potential of Tridacnid Clams. Proceedings of the Fourth International Coral reef Symposium 2 : 633-636.

- Muscatine, L., 1967. Glycerol Excretion by Symbiotic Algae from Corals, *Tridacna* and it's Control by the Host. *Science* 156 : 516-519.
- Muscatine, L., 1980. Uptake Retention and Release of Dissolved Inorganic Nutrients by Marine Algae Invertebrate Association I. Cellular Interaction. In :Cook, C.B., Papas, P.W., Rudolph, E.D. C (eds.) *Symbiosis and Parasitism*. Ohio State Univ. Press. Pp 299 – 244.
- Muscatine, L. and J.W. Porter, 1977. Reef Corals : Mutualistic Symbioses Adaptated to Nutrient - Poor Environment. *Bioscience*. 27 : 454 – 460.
- Muscatine, L., L.R. Mc Closkey, and Y. Loya, 1985. A Comparison of the Growth Rate of Zooxanthellae and Animal Tissue in the Red Sea Coral *Stylophora pistillata* Proc. 5th Int. Coral Reef Symp. 5 : 119 – 123.
- Muscatine, L., P.G. Falkowsky, Z. Dubinsky, P.A. Cook and L.R. McCloskey, 1989. The Effect of External Nutrient Resouces on the Population Dynamics of Zooxanthellae in a Reef Coral. Proc. R. Soc. Land. B. 236 : 311 – 324.
- Neudecker, S. 1983. Growth and Survival of Scleractinian Corals Exposed to Thermal Effluents at Guam. Proc. 4th Int. Coral Reef Symp. 1: 173 – 180.
- Niartiningsih, A., G. Latama, M.N. Nessa dan Q.Ishak, (Inpress). Pengaruh Pemberian Obat Cacing Mebendazole dengan Dosis yang Berbeda Terhadap Pertumbuhan dan Sintasan Juvenil Kima Sisik (*Tridacna squamosa*) yang Terinfeksi Cacing. J. Sci. and Tech. Program Pascasarjana Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Niartiningsih, A., 2000. Studi Tentang Kepadatan Zooxanthella pada beberapa Species Kima (*Tridacnidae*). Lembaga Penelitian Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Niartiningsih, A., D.Thana dan R. Syamsuddin, 2001. Analisis Indeks Mitotik Zooxanthella pada Kima Lubang (*Tridacna crocea*). Lembaga Penelitian Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Nontji, A., 1984. Peranan Zooxanthella dalam Ekosistem Terumbu Karang. *Oceana* No : 3. LON – LIPI, Jakarta.
- Norton, J. H., M.A. Shepherd, H. Long and W.K. fitt, 1992. Zooxanthellae Tubular System in the Giant Clam. *Biol. Bull.* 183 : 503-506.

- Norton, J.H. and G.W. Jones, 1992. The Giant Clam : An Anatomical and Histological Atlas. ACIAR, Canberra.
- Nurhidayah, 1995. Pengaruh Padat Penebaran Terhadap Laju Pertumbuhan Kima Air (*Tridacna derasa*) di Hatchery Pulau Barrang Lompo Kotamadya Ujung pandang. Skripsi PS ITK Universitas Hasanuddin, Ujung Pandang.
- Nybakken, Y.W., 1988. Marine Biology an Ecological Approach Herper and Row Publishers, New York.
- Panggabean, L.M.G., 1990. Rahasi kehidupan Kima I. Swasembada Pangan. Oseana, 15 (4) : 157-163.
- Panggabean, L.G.M. 1991_a. Rahasia Kehidupan Kima II. Evolusi Oseana, 16 (1): 35-44.
- Panggabean, L.G.M., 1991_b. Rahasia Kehidupan Kima III Kelangsungan Hidup. Oseana, 16 (2) : 35-45.
- Panggabean, L.G.M. 1992. Budidaya Kima. Oseana, 17 (3) : 123-134.
- Pasaribu, B.P., 1988. Status of Giant Clams in Indonesia. In Copland, J.W., and J.S., Lucas (Eds). Giant Clams in Asia and Pasific. Manograph 9. ACIAR Manograph Series, Canberra.
- Rees, T.A.V., W.K. Fitt, and D. Yellowlees, 1993. The Haemolymph and It's Temporal Relationship with Zooxanthellae Metabolism in the Giant Clam Symbiosis. In : Fitt., W.K., (ed). Biology and Mariculture of Giant Clam. ACIAR Proc. 47 : 41-45.
- Ricker, W., 1975. Growth Rates and Models. In W.S. Hoar *et al.*, (eds) Fish Physiology . Vol VIII. Bioenergetic and Growth. Academic Press.
- Rogers, C.S., 1974. The Effect of Shading on Coral Reef Structure and Function. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 41 : 269 - 286.
- Rosewater, J. and La Barberra, 1982. A New Species of *Hippopus hippopus* (Bivalvia; Tridacnidae). Nautilus 96 : 3-6.
- Rowan, R., 1998. Diversity and Ecology of Zooxanthella on Coral Reefs. J. Phycol. 34 : 407 - 417.

- Rowan, R. and N. Knowlton, 1995. Intraspecific Diversity and Ecological Zonation in Coral-Alga Symbiotic. Proc. Nat. Acad. Ser. 92 : 2850 - 2853.
- Rowan, R. and D. A. Powers, 1991. Molecular Genetic Identification of Symbiotic Dinoflagellates (Zooxanthellae). Mar Ecol. Prog. Ser. 71: 65-73.
- Rowan, R. and D.A. Powers, 1992. Ribosomal RNA Sequences and the Diversity of Symbiotic Dinoflagellates (Zooxanthellae). Proc. Nat. Acad. Sci USA. 89 : 3639 - 3643.
- Rowan, R.N. Knowlton, A. Baker, and J. Jara, 1997. Landscape Ecology of Algal Symbiont Creates Variation in Episodes of Coral Bleaching. Nature. 388 : 265-269.
- Sarwono, B., 1994. Konservasi Keanekaragaman Sumberdaya Alam Hayati Laut. Buletin trubus 302. Th XXV.
- Schoenberg, D.A. and R.K. Trench, 1980. Genetic Variation in *Symbiodinium* (*Gymnodinium*) *microadriaticum* Freudenthal, and Specificity in Its Symbiosis With Marine Invertebrates I. Isoenzyme and Soluble Protein Pattern of Axenic Cultures of *Symbiodinium microadriaticum*. Proc. R. soc. Lond. Ser. B. 207 : 405 - 427.
- Shinn, E.A., 1976. Coral Reef Recovery in Florida and the Persian Gulf. Environ. Contam. Toxicol. 29:525-530.
- Smith, G.J. and L. Muscatine, 1986. Carbon Budget and Regulation of the Population Density of Symbiotic Algae. Endocytobiosis Cell Res 3 : 213 - 238.
- Smith, D.C. and A.E. Douglas, 1987. The Biology of Sybiosis. Edward Arnold. 302 p.
- Solis, E.P., J.A. Onate, and M.R.A. Naguit, 1988. Growth of Laboratory Reared Giant Clams Under Natural Conditions. In Copland, J.W., Lucas, J.S., (eds). Giant Clams in Asia and the Pasific. ACIAR Manograph No. 9. P : 201-206.
- Sorokin, Y.I., 1993. Coral Reef Ecology. Ecological Studies 102. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris, Tokyo, Homgkong, Barcelona, Budapest.

- Southgate, P.C., 1992. Growth and Survival of *Tridacna gigas* Larvae: the Role of Exogenous Nutrition in : Fitt, W.K. (ed). Biology and Mariculture of Giant Clam ACIAR Proc. : 47 : 46-49.
- Suaib, M., 1995. Pengaruh Pemberian Pupuk Zuewerzur Amoniak (ZA) dengan Dosis yang Berbeda Terhadap Pertumbuhan Juvenil Kima Air (*Tridacna derasa*) di Hatchery Pulau Barrang Lompo Kotamadya Ujung Pandang. Skripsi PS ITK Universitas Hasanuddin Ijung Pandang.
- Sudjana, M.A., 1989. Desain dan Analisis Eksprimen. Tarsito. Bandung.
- Suharsono, 1990. Ecological and Physiological Implication of Coral Bleaching at Pari Island, Thousand Islands, Indonesia. A Dissertation Submitted for the Degree of Doctor of Philosophy to the University of New Castle Upon Tyne.
- Suharsono and B.E. Brown, 1992. Cellular and Ultrastructure Changes in the Endoderm of the Temprate Sea Anemone *Anemonia viridis* as a Result of Increased Temperature. Mar. Biol. 116 : 311 – 318.
- Suharsono, 1994. Pertumbuhan Karang. Oseana, 14 (1) : 41 – 48.
- Suharsono, dan Sukarno, 1983. Kandungan Zooxanthella pada Karang Batu di Terumbu Karang Pulau Pari. Pewarta Oseana, 16 : 1-7.
- Syamsuddin, R., M. Syamsuddin, F. Thana dan S. A. Badjid, 1993. Pengaruh Injeksi H₂O₂ (Hidrogen Peroksida) pada Dosis yang Berbeda Terhadap Pemijahan Kima (*Hippopus hippopus*). PS ITK UNHAS, Ujung Pandang.
- Tahir, Y., 1996. Pengaruh Pemberian Pupuk ZA dengan dosis yang Berbeda Terhadap Pertumbuhan Kima Raksasa (*Tridacna gigas*) di Hatchery Pulau Barrang Lompo Kotamadya Ujung Pandang. Skripsi PS ITK Universitas Hasanuddin, Ujung Pandang.
- Taylor, D.L., 1969. The Nutritional Relationship of *Anemonia sulcata* (Pennant) and It's Dinoflagellata Symbiont. J.Cell. Scinece, 4 : 751-762.
- Tisdell, C., 1992. Giant Clams in the Sustainable Development of the South Pasific. ACIAR, Canberra.

- Tisdell, C., and Y. Kuronuma, 1994. Trial of Giant Clam Meat by Japanese Restaurant in Australia and the Use of Giant Clams for Food in Okinawa, Japan. In C. Tisdell, et.al. (Ed). Economic of Commercial Giant Clam Mariculture ACIAR, Canberra Australia.
- Tisdell, C. and C.M. Chen, 1995. Notes on the Giant Clam Meat for Food in Taiwan. In C. Tisdell, et.al (ed). Economic of Commercial Giant Clam Mariculture ACIAR, Canberra Australia.
- Trench, R. K., D.S. Wethey and J. W. Porter, 1981. Some Observation on the Symbiosis with Zooxanthella Among the Tridacnidae (Mollusca; Bivalvia). Biol. Bull., 161 : 180-198.
- Trench, R.K. and R.J. Blank, 1987. *Symbiodinium microadriaticum* Fruedenthal, *S.goreanii*, sp. Nov. *S.kawagutii* sp. Nov. and *S. pilosum* sp. Nov. Gymnodinoid Dinoflagellate Symbionts of Marine Invertebrates. J.Phycol, 23 : 469-481.
- Trench, R.K., D.S. Wethey and J.W. Porter, 1981. Some Observation on the Symbiosis with Zooxanthella Among the Tridacnidae (Mollusca :Bivalvia). Biol. Bull. 161 : 180-198.
- Trump, B.F., I. K. Berezsky, and A.P. Osornio - Vargas, 1982. Cell Death and Disease Process. The Role of Calcium. In : Bowen, I. D., Lockshin. R. A. (eda) Cell Death in Biology and Pathology. Chapman and Hall, London pp 209 - 242.
- Usher, G.F. and J.L. Munro. 1988. ICLARM Coastal Aquaculture Center : Current Facilities and Progress. In J.W. Copland and J.S. Lucas (ed). Giant Clams in Asia and the Pasific. ACIAR Camberra.
- Wada, S.K., 1954. Spawning in the Tridacnid Clams. Jep. J. Zool. II : 273 - 285.
- Wallace, C.C and C. Feng Dai, 1997. Zoology Study : Sceleractinia of Taiwan (W) : Review of the Coral Genus *Acropora* from Taiwan, Institute of Oceanography National taiwan University, Taiwan.
- Walpole, R.E. dan R. H. Myers, 1986. Ilmu Peluang dan Statistika untuk Insinyur dan Ilmuwan. Penerbit ITB, Bandung.

- Wilkerson, F.P. and R.K. Trench, 1986. Uptake of Dissolved Inorganic Nitrogen by the Symbiotic Clam *Tridacna gigas* and the Coral *Acropora* sp. *Mar. Biol.* 93 : 237-246.
- Wilkerson, F.P., G.M. Parker, and L. Muscatine, 1983. Temporal Pattern of Cell Division in Natural Population of Endosymbiotic Algae. *Limnol. Oceanogr.* 28 : 1009 - 1014.
- Wilson, N., 1989. Zooxanthellae Abundances in the Scleratinian Coral *Porites lutea* as a Function of Environmental Parameters. MSc. Thesis. Univ. of Newcastle Upon Tyne. U.K. 47 p.
- Wyllie, A.H., E. Duvall, and J.J. Blow, 1984. Intracellular Mechanisms in Cell Death in Normal and Pathological Tissue. In Davies I, Sigeo, D.C. (eds). *Cell Ageing and Cell Death*. Cambridge Univ. Press. 269 - 294.
- Yonge, C. M., 1936. Modes of Life, Feeding, Digestion and Symbiosis with *Zooxanthella* in the Tridacnidae. Scientific Report of the Great Barrier Reef Expedition (British Museum of natural History), 1 : 283-321.
- Yonge, C.M., 1980. Functional Morphology and Evolution in the Tridacnidae (Mollusca; Bivalvia; Cardiacea). *Records of the Australian Museum*, 33: 735 - 777.
- Zamani, N.P., 1995. Effect of Environmental Stress on Cell Division and Other Cellular Parameters of Zooxanthellae in the Tropical Symbiotic Anemone *Heteractis malu*, Haddon and Shackleton. A Dissertation Submitted for the Degree of Doctor of Philosophy Marine Science and Coastal Management Departement, University of New Castle Upon Tyne, United Kingdom. 261 p.

Lampiran 1. Komposisi Medium Budidaya Zooxanthella (1000 ml)

Bahan	ASP ₂ NTA	SWM-3
- Destillated water	1000 ml	1000 ml
- NaCl	18 gram	
- MgSO ₄ 7H ₂ O	5 gram	
- KCL		
- CaCL	0,6 gram	
- NaNO ₃	0,1 gram	
- K ₂ H ₂ PO ₄	50 mg	
- Na ₂ SiF ₆	5 mg	170 mg
- Na ₂ CO ₃	99 mg	
- Vit. B ₁₂	30 mg	
- Vit-mix	0,2 mg	
- FeCL ₃	10 ml	
- TRIS	30 ml	
- NaH ₂ PO ₄ 2H ₂ O	0,5 mg	0,32 mg
- Nitrirotriactic acid	1 gram	500 mg
- PH	0,1	16 mg
- Na ₂ SiO ₃	7,8	7,5
- Na ₂ SeO ₃		56 mg
- FeCl ₃		1,7 ug
- Na ₂ EDTA		0,32 mg
- P-1 metal		11 mg
- S ₃ Vitamin		10 ml
		2 ml

Lampiran 2. Rata-rata Kepadatan Zooxanthella Anemon Laut *Stichodactyla gigantea*, kima *Tridacna squamosa*, dan Karang *Acropora samoensis* (ind/cm²)

Sumber Zooxanthella	Ulangan	Kepadatan Zooxantella (x 10 ⁶ /cm ²)	
		N	(x ± SD)
<i>Anemon Laut S. gigantea</i>	1	10,64	
	2	11,56	11,46 ± 0,77
	3	12,18	
1	4,21		
<i>Kima Sisik T. squamosa</i>	2	3,95	4,04 ± 0,15
	3	3,96	
	1	2,82	
<i>Karang A. samoensis</i>	2	2,52	2,74 ± 0,19
	3	2,87	

Lampiran 3. Analisis distribusi t-Student Kepadatan Zooxanthella

t-Test : Two-Sample Assuming Unequal Variances

Kima

Anemon

	Variabel 1	Variabel 2		
Mean	11,46	4,04	10,64	4,21
Variance	19,0804	1,0117	17,56	3,95
Observations	3	3	12,18	3,96
Hypothesized Mean Difference	0			
Df	2			
T Stat	2,8671596			
P(T<=t)one-tail	0,0515814			
T Critical one-tail	2,9199873			
P(T<=t) two-tail	0,1031629			
T critical two-tai	4,3026557			

t-Test : Two-Sample Assuming Unequal Variances

Anemon

Karang

	Variabel 1	Variabel 2		
Mean	11,46	2,7366667	10,64	3,82
Variance	19,0804	0,4358333	11,56	2,52
Observations	3	3	12,18	2,87
Hypothesized Mean Difference	0			
Df	2			
T Stat	3,4201495			
P(T<=t)one-tail	0,0379429			
T Critical one-tail	2,9199873			
P(T<=t) two-tail	0,0758858			
T critical two-tai	4,3026557			

t-Test : Two-Sample Assuming Unequal Variances

Kima

Karang

	Variabel 1	Variabel 2		
Mean	4,04	2,7366667	4,21	2,82
Variance	1,0117	0,4358333	3,95	2,52
Observations	3	3	3,96	2,87
Hypothesized Mean Difference	0			
Df	3			
T Stat	1,8762981			
P(T<=t)one-tail	0,0786349			
T Critical one-tail	2,353363			
P(T<=t) two-tail	0,1572699			
T critical two-tai	3,1824493			

Lampiran 4. Analisis Distribusi t-Student Klorofil -a Zooxanthella

t-Test : Two-Sample Assuming Unequal Variances

Kima

Anemon

	Variabel 1	Variabel 2		
Mean	51,316	28,36	57,03	22,03
Variance	343,61993	92,68145	58,40	54,41
Observations	5		49,49	24,00
Hypothesized Mean Difference	0		45,32	25,78
Df	6		46,34	24,58
T Stat	2,457468303			
P(T<=t)one-tail	0,024644256			
T Critical one-tail	1,943180905			
P(T<=t) two-tail	0,049288513			
T critical two-tai	2,446913641			

t-Test : Two-Sample Assuming Unequal Variances

Anemon Karang

	Variabel 1	Variabel 2		
Mean	51,316	24,68	57,03	23,91
Variance	343,61993	151,06765	58,40	26,98
Observations	5	5	49,49	24,45
Hypothesized Mean Difference	0		45,32	22,96
Df	7		46,34	25,10
T Stat	2,67786393			
P(T<=t)one-tail	0,01581851			
T Critical one-tail	1,89457751			
P(T<=t) two-tail	0,03163703			
T critical two-tai	2,36462256			

t-Test : Two-Sample Assuming Unequal Variances

Kima Karang

	Variabel 1	Variabel 2		
Mean	51,316	24,68	22,03	23,91
Variance	343,61993	151,06765	45,41	26,98
Observations	5	5	24,00	24,45
Hypothesized Mean Difference	0		25,78	22,96
Df	7		24,58	25,10
T Stat	2,67786393			
P(T<=t)one-tail	0,01581851			
T Critical one-tail	1,89457751			
P(T<=t) two-tail	0,03163703			
critical two-tail	2,36462256			

Lampiran 5. Analisis distribusi t-Student Kandungan Phaeopigmen

t-Test : Two-Sample Assuming Unequal Variances

Kima

Anemon

	Variabel 1	Variabel 2		
Mean	4,49	5,70	4,50	4,61
Variance	30,6141	22,1771	4,50	4,70
Observations	5		4,04	4,84
Hypothesized Mean Difference	0		4,53	4,74
Df	8		4,88	4,66
T Stat	-0,387770329			
P(T<=t)one-tail	0,354149835			
T Critical one-tail	1,85954832			
P(T<=t) two-tail	0,708299669			
T critical two-tai	2,306005626			

t-Test : Two-Sample Assuming Unequal Variances

Anemon Karang

	Variabel 1	Variabel 2		
Mean	4,496	8,08	4,50	6,58
Variance	30,6141	40,4833	4,50	6,19
Observations	5		4,04	6,23
Hypothesized Mean Difference	0		4,53	6,36
Df	8		4,88	6,44
T Stat	-0,9530948552			
P(T<=t)one-tail	0,184223881			
T Critical one-tail	1,85954832			
P(T<=t) two-tail	0,368447761			
T critical two-tai	2,306005626			

t-Test : Two-Sample Assuming Unequal Variances

Kima Karang

	Variabel 1	Variabel 2		
Mean	5,75	8,08	4,61	6,58
Variance	22,17715	40,4833	4,70	6,19
Observations	5		4,84	6,23
Hypothesized Mean Difference	0		4,74	6,36
Df	7		4,66	6,44
T Stat	-0,659308986			
P(T<=t)one-tail	0,265390563			
T Critical one-tail	1,894577508			
P(T<=t) two-tail	0,530781126			
critical two-tail	2,36462256			

Lampiran 6. Indeks Mitotiks Zooxanthella yang Berasal dari Kima, Karang dan Anemon Laut

Jam (WITA)	Ulangan	Indeks Mitotik (%)			Indeks Mitotik (%) ($\bar{x} \pm SD$)		
		Kima	Karang	Anemon laut	Kima	Karang	Anemon laut
03.00	1	8,2	4,6	4	8,28±4,58	4,36±1,08	4,32±1,16
	2	8,0	3,8	3,6			
	3	8,4	4,4	6			
	4	9,4	4,6	2,8			
	5	7,4	4,4	5,2			
06.00	1	6,0	3,8	6	5,56±3,69	3,12±0,61	5,80±1,41
	2	5,0	3,6	8,2			
	3	5,4	2,4	4,4			
	4	5,4	2,6	5,2			
	5	6,0	3,2	5,2			
09.00	1	3,2	2,8	5,6	3,48±3,22	2,04±0,80	5,92±1,68
	2	3,4	2,2	7,2			
	3	3,0	1,2	7,4			
	4	4,2	1,8	4,4			
	5	3,6	2,2	5			
12.00	1	4,2	3,8	2	2,72±2,97	2,60±9,83	2,40±1,67
	2	2,0	3,2	4,4			
	3	1,8	2,8	1,8			
	4	2,6	1,8	1,8			
	5	3,0	1,4	2			
15.00	1	1,6	3,0	5,8	1,56±2,83	2,0±0,88	3,76±1,64
	2	2,0	2,2	4			
	3	1,2	2,8	3,4			
	4	1,0	0,8	2,4			
	5	2,0	1,2	3,2			
18.00	1	3,4	1,6	3,4	2,96±2,63	1,84±0,84	2,80±1,61
	2	3,0	1,8	2,2			
	3	2,4	2,6	3			
	4	3,4	1,4	2,6			
	5	2,6	1,8	2,8			
21.00	1	5,0	3,4	2,6	4,68±2,47	3,0±0,82	2,60±1,58
	2	4,6	3,0	2			
	3	5,4	3,2	2			
	4	4,0	2,8	3,2			
	5	4,4	2,6	3,2			
24.00	1	5,6	3,0	4,2	6,04±2,46	3,52±0,88	3,84±1,54
	2	6,4	4,2	2			
	3	6,2	4,2	3,2			
	4	6,2	3,4	3,8			
	5	5,8	2,8	4			

Lampiran 7. Uji t-Student Indeks Mitotik Zooxanthella antara Hewan Uji dan Jam Pengamatan

a)

Jam Pengamatan	Hewan Uji	Hasil Uji t-Student
03. ⁰⁰	Kima Sisik-Anemon Laut Kima Sisik-Karang Bercabang Anemon Laut-Karang Bercabang	Berbeda sangat nyata Berbeda sangat nyata Tidak berbeda nyata
15. ⁰⁰	Kima Sisik-Anemon Laut Kima Sisik-Karang Bercabang Anemon Laut-Karang Bercabang	Berbeda nyata Tidak berbeda nyata Berbeda nyata

b)

Hewan Uji	Jam Pengamatan	Hasil Uji t-Student
Anemon Laut	06. ⁰⁰ dengan 09. ⁰⁰ 12. ⁰⁰ dengan 15. ⁰⁰	Tidak berbeda nyata Tidak berbeda nyata
Kima Sisik	06. ⁰⁰ dengan 09. ⁰⁰ 12. ⁰⁰ dengan 15. ⁰⁰	Berbeda nyata Berbeda nyata
Karang Bercabang	12. ⁰⁰ dengan 15. ⁰⁰ 06. ⁰⁰ dengan 09. ⁰⁰ 12. ⁰⁰ dengan 15. ⁰⁰	Berbeda nyata Tidak berbeda nyata Tidak berbeda nyata

Lampiran 8. Sintasan Larva Kima Sisik Fase Trocophore

Perlakuan	Ulangan	Sintasan (%)
A	1	80
	2	85
	3	85
	4	80
Rataan		82,50
B	1	85
	2	85
	3	80
	4	80
Rataan		85,00
C	1	85
	2	80
	3	90
	4	80
Rataan		83,75
D	1	82,5
	2	80
	3	82,5
	4	85
Rataan		82,50

Lampiran 9. Analisis Ragam Sintasan Larva Kima Sisik sampai Fase Trocophore

Ulangan	Perlakuan				Total
	A	B	C	D	
1	80,00	90,00	85,00	82,56	
2	85,00	85,00	80,00	80,00	
3	85,00	80,00	90,00	82,00	
4	80,00	85,00	80,00	85,00	
Total	330,88	340,00	335,00	330,00	
Rata-rata	82,50	85,0	83,75	82,50	1335,00

$$\bullet \text{ FK} = \frac{(1335)^2}{16} = 111389,06$$

$$\bullet \text{ JK Total} = (80,00^2 + \dots + 85,00^2) - 111389,06 = 173,44$$

$$\bullet \text{ JK Perlakuan} = \frac{(330,00^2 + \dots + 330,00^2)}{4} - 111389,06 = 17,19$$

$$\text{JK Galat} = 173,44 - 17,19 = 156,25$$

$$\bullet \text{ KT Perlakuan} = \frac{17,19}{3} = 5,73$$

$$\bullet \text{ KT Galat} = \frac{156,25}{12} = 13,02$$

$$\bullet \text{ F Hitung} = \frac{5,73}{13,02} = 0,44$$

Daftar Sidik Ragam Sintasan Larva Kima Sisik Fase Trocophore

Sumber Keragaman	DB	JK	KT	F Hitung	F Tabel	
					5%	1%
Perlakuan	3	17,19	5,73	0,44 ^{ns}	3,49	5,95
Galat	12	156,25	13,02			
Total	15	173,44				

Ket : ns = Tidak berpengaruh nyata

Karena $F_{hitung} < F_{tabel}$, berarti perlakuan tidak memberi pengaruh yang berbeda terhadap sintasan larva kima sisik fase trocophore.

Lampiran 10. Sintasan Larva Kima Sisik Fase Veliger

Perlakuan	Ulangan	Sintasan (%)
A	1	42,50
	2	42,50
	3	45,00
	4	46,39
Rataan		44,10
B	1	50,55
	2	49,44
	3	50,00
	4	50,00
Rataan		49,99
C	1	50,00
	2	57,14
	3	55,55
	4	49,12
Rataan		51,20
D	1	43,49
	2	32,92
	3	41,78
	4	41,78
Rataan		42,74

Lampiran 11. Analisis Ragam Sintasan Larva Kima Sisik Fase Veliger



Ulangan	Perlakuan				Total
	A	B	C	D	
1	42,00	50,55	50,00	43,49	
2	42,00	49,44	50,14	43,92	
3	45,00	50,00	55,55	41,78	
4	46,39	50,00	49,12	41,78	
Total	176,35	199,99	204,81	170,97	
Rata-rata	41,10	49,99	51,20	42,74	699,32

- $FK = \frac{(699,32)^2}{16} = 30565,53,22$
- $JK \text{ Total} = (45,00^2 + \dots + 41,78^2) - 30565,53 = 243,14$
- $JK \text{ Perlakuan} = \frac{(166,35^2 + \dots + 170,97^2)}{4} - 30565,53 = 110,54$
- $JK \text{ Galat} = 243,14 - 110,54 = 132,6$
- $KT \text{ Perlakuan} = \frac{110,54}{3} = 36,85$
- $KT \text{ Galat} = \frac{132,6}{12} = 11,05$
- $F \text{ Hitung} = \frac{36,85}{11,05} = 3,33$

Daftar Sidik Ragam Sintasan Larva Kima Sisik Fase Veliger

Sumber Keragaman	DB	JK	KT	F Hitung	F Tabel	
					5%	1%
Perlakuan	3	110,54	36,85	3,33 ^{ns}	3,49	5,95
Galat	12	132,60	11,05			
Total	15	243,14				

Ket : ns = Tidak berpengaruh nyata

Karena Fhitung < F tabel, berarti perlakuan tidak memberi pengaruh yang berbeda terhadap sintasan larva kima sisik sampai fase veliger

Lampiran 12. Persentase Larva Kima Sisik Sampai Fase Pediveliger

Perlakuan	Ulangan	Sintasan (%)
A	1	11,25
	2	10,69
	3	10,00
	4	12,71
Rataan		11,16
B	1	21,00
	2	25,88
	3	24,38
	4	24,38
Rataan		23,91
C	1	33,38
	2	33,13
	3	28,50
	4	32,13
Rataan		31,79
D	1	18,10
	2	19,00
	3	16,25
	4	18,13
Rataan		17,85

Lampiran 13. Analisis Ragam Sintasan Larva Kima Sisik Sampai Fase Pediveliger

Ulangan	Perlakuan				Total
	A	B	C	D	
1	11,25	21,00	33,38	18,10	
2	10,69	25,88	33,13	19,00	
3	10,00	24,38	28,50	16,25	
4	12,71	24,38	32,13	18,13	
Total	44,65	95,64	127,14	71,38	
Rata-rata	11,16	23,91	31,79	17,85	338,91

- $FK = \frac{(338,91)^2}{16} = 7178,75$
- $JK \text{ Total} = (11,25^2 + \dots + 18,13^2) - 7178,75 = 960,95$
- $JK \text{ Perlakuan} = \frac{(77,63^2 + \dots + 97,52^2)}{4} - 7178,75 = 912,33$
- $JK \text{ Galat} = 960,95 - 912,33 = 48,62$
- $KT \text{ Perlakuan} = \frac{912,33}{3} = 304,11$
- $KT \text{ Galat} = \frac{48,62}{12} = 4,05$
- $F \text{ Hitung} = \frac{304,11}{4,05} = 75,09$

Daftar Sidik Ragam Sintasan Larva Kima Sisik Fase Pediveliger

Sumber Keragaman	DB	JK	KT	F Hitung	F Tabel	
					5%	1%
Perlakuan	3	912,33	304,11	75,09**	3,49	5,95
Galat	12	48,62	4,05			
Total	15	960,95				

Keterangan : ** Berbeda sangat nyata

Fhitung < Ftabel, berarti perlakuan memberi pengaruh yang berbeda sehingga dilanjutkan dengan Uji Beda Nyata Terkecil

UJI BNT

$$SD = \frac{\sqrt{2 \text{ KTS}}}{4} = \frac{\sqrt{2 \times 4,05}}{4}$$

$$= 3,93$$

- BNT_(5%) = 2,18 x 1,42 = 3,09
- BNT_(1%) = 3,06 x 1,42 = 4,34

Perbedaan Tingkat Sintasan Fase Pediveliger Kima Sisik (*T. squamosa*) Antar Perlakuan

Perlakuan	Rata-Rata	Selisih				BNT	
		C	B	D	A	5%	1%
C	31,79	-					
B	23,91	7,88**	-			3,09	4,34
D	17,85	13,94**	6,06**	-			
A	11,16	20,63**	12,75**	6,69**			

Ket : ** = Berbeda sangat nyata

Lampiran 14. Analisis Ragam Pertumbuhan Larva Kima Sisik (μm) Fase Trocophore

Ulangan	Perlakuan				Total
	A	B	C	D	
1	135	130	140	135	
2	130	130	135	135	
3	135	140	140	135	
4	135	140	145	130	
Total	535	540	560	535	
Rata-rata	133,75	135	140	133,75	2170

- db Total = $16 - 1 = 15$
- db perlakuan = $4 - 1 = 3$
- db galat = $15 - 3 = 12$
- Faktor Koreksi (FK) = $\frac{(2170)^2}{16} = \frac{4708900}{16} = 294306,25$
- JK Total = $(150^2 + \dots + 130^2) - \text{FK} = 2946000 - 294306,25 = 293,75$
- JK Perlakuan = $\frac{(535^2 + \dots + 535^2)}{4} - \text{FK} = \frac{(1177650)}{4} - \text{FK}$
 $= 294412,5 - 294306,25 = 106,25$
- JK Galat = $293,75 - 106,25 = 187,5$
- KT Perlakuan = $\frac{106,25}{3} = 35,4167$

$$\bullet \text{ KT Galat} = \frac{187,5}{12} = 46,875$$

$$\bullet \text{ FHitung} = \frac{35,42}{46,87} = 0,76$$

Daftar Sidik Ragam Pertumbuhan Larva Kima pada Fase Trocophore

Sumber Keragaman	dB	JK	KT	F Hitung	F Tabel	
					5%	1%
Perlakuan	3	106,25	35,4167	0,76 ^{ns}	3,49	5,95
Galat	12	4187,5	348,9583			
Total	15	4293,75				

Ket : ns = tidak berpengaruh nyata

Karena F hitung < F tabel berarti perlakuan tidak memberi pengaruh yang berbeda terhadap pertumbuhan larva kima sisik pada fase Trocophore

Lampiran 15. Analisis Ragam Pertumbuhan Larva Kima Sisik (μm) Pada Fase Veliger



Ulangan	Perlakuan				Total
	A	B	C	D	
1	165	182,5	175	170	
2	170	170	177,5	180	
3	165	180	177,5	175	
4	170	182,5	180	175	
Total	670	720	710	700	
Rata-rata	167,5	180	177,5	175	2800

$$\bullet \text{ FK} = \frac{(2800)^2}{16} = 490000$$

$$\bullet \text{ JK Total} = (165^2 + \dots + 175^2) - \text{FK} = 475$$

$$\bullet \text{ JK Perlakuan} = \frac{(670^2 + \dots + 700^2)}{4} - \text{FK} = 490350 - 490000 = 350$$

$$\bullet \text{ JK Galat} = 475 - 350 = 125$$

$$\bullet \text{ KT Perlakuan} = \frac{350}{4} = 87,5$$

$$\bullet \text{ KT Galat} = \frac{125}{12} = 10,42$$

$$\bullet \text{ F Hitung} = \frac{87,5}{10,42} = 8,39$$

Daftar Sidik Ragam Pertumbuhan Larva Kima Sisik pada Fase Veliger

Sumber Keragaman	DB	JK	KT	F Hitung	F Tabel	
					5%	1%
Perlakuan	3	350	41,67	3,99*	3,49	5,95
Galat	12	125	10,425			
Total	15	475				

Ket. : ns = tidak berpengaruh nyata

Karena $F_{hitung} < F_{tabel}$ berarti perlakuan memberi pengaruh yang berbeda terhadap pertumbuhan larva kima sisik pada fase veliger sehingga dilanjutkan dengan uji BNT

UJI BNT

$$SD = \sqrt{\frac{2 KTS}{5}} = \sqrt{\frac{2 \times 10,42,05}{4}} = 2,28$$

- $BNT_{(5\%)} = 2,18 \times 2,28 = 4,97$
- $BNT_{(1\%)} = 3,06 \times 2,28 = 6,98$

Perbedaan Tingkat Sintasan Fase Pediveliger Kima Sisik (*T. squamosa*) Antar Perlakuan

Perlakuan	Rata-Rata	Selisih				BNT	
		B	C	D	A	5%	1%
B	180,00	-					
C	177,50	2,50 ^{ns}	-			4,97	6,98
D	175,00	5,00*	2,5 ^{ns}	-			
A	167,50	12,5 **	10,00**	7,5**			

Ket : ns = Tidak berbeda nyata * = Berbeda nyata
 ** = Berbeda sangat nyata

Lampiran 16. Analisis Ragam Pertumbuhan Larva Kima Sisik (μm) Fase Pedivelliger

Ulangan	Perlakuan				Total
	A	B	C	D	
1	175,00	180,00	185,00	165,00	
2	170,00	190,00	183,33	185,00	
3	167,50	191,67	175,00	175,00	
4	170,00	190,00	182,50	181,67	
Total	682,50	751,67	730,83	716,67	
Rata-rata	170,63	187,92	182,70	179,167	2881,67

$$\bullet \text{ FK} = \frac{(2881,67)^2}{16} = 519001,37$$

$$\bullet \text{ JK Total} = (175,00^2 + \dots + 181,67^2) - 519001,37 = 987,39$$

$$\bullet \text{ JK Perlakuan} = \frac{(682,50^2 + \dots + 716,67^2)}{4} - 519001,37 = 634,24$$

$$\bullet \text{ JK Galat} = \frac{1741,63 - 1021,73}{634,24} = 71,99$$

$$\bullet \text{ KT Perlakuan} = \frac{634,24}{3} = 211,41$$

$$\bullet \text{ KT Galat} = \frac{353,15}{12} = 29,43$$

$$\bullet \text{ F Hitung} = \frac{211,41}{29,43} = 7,18$$

Daftar Sidik Ragam Pertumbuhan Larva Kima Sisik pada Fase Pediveliger

Sumber Keragaman	DB	JK	KT	F Hitung	F Tabel	
					5%	1%
Perlakuan	3	634,24	211,41	7,18**	3,49	5,95
Galat	12	353,15	29,43			
Total	15	987,39				

Ket : ** = Berpengaruh sangat nyata

Karena $F_{hitung} > F_{tabel}$, berarti perlakuan memberi pengaruh yang sangat berbeda sehingga dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Terkecil

Uji Beda Nyata Terkecil

$$SD = \sqrt{\frac{2 \text{KTG}}{4}} = \sqrt{\frac{2 \times 29,43}{4}}$$

$$= 3,84$$

- BNT 5% = 2,179 x 3,84 = 8,37
- BNT 1% = 3,055 x 3,84 = 11,73

Perbedaan Pertumbuhan Larva Kima Sisik Sampai Fase Pediveliger Antar Perlakuan

Perlakuan	Rata-Rata	Selisih				BNT	
		B	C	D	A	5%	1%
B	187,92	-					
C	182,70	5,22 ^{ns}	-			8,37	11,73
D	179,17	8,75**	3,53 ^{ns}	-			
A	170,63	17,29**	12,07**	8,54*			

Ket : ns = Tidak berbeda nyata * = Berbeda nyata
 ** = Berbeda sangat nyata

Lampiran 17. Sintasan Juvenil Kima Sisik yang Diberi Zooxanthella dari Beberapa Inang

Perlakuan	Ulangan	Jumlah Juvenil (ekor)		Sintasan (%)
		Awal	Akhir	
A	1	6000	512	8.53
	2	6000	515	
	3	6000	502	
	4	6000	525	
	Rataan	6000	513,6	
B	1	6000	1077	17.95
	2	6000	1080	
	3	6000	1085	
	4	6000	1080	
	Rataan	6000	1080,50	
C	1	6000	679	11.32
	2	6000	650	
	3	6000	667	
	4	6000	685	
	Rataan	6000	670,25	
D	1	6000	550	9.17
	2	6000	539	
	3	6000	534	
	4	6000	533	
	Rataan	6000	539	

Lampiran 18. Analisis Ragam Sintasan Juvenil Kima Sisik yang Diberi Zooxanthella dari Beberapa Inang

Ulangan	Perlakuan				Total
	A	B	C	D	
1	8,53	17,95	11,32	9,17	
2	8,58	18,00	10,83	8,98	
3	8,37	18,08	11,12	8,90	
4	8,75	18,00	11,42	8,88	
Total	34,23	97,95	44,69	35,93	186,88
Rata-Rata	8,56	24,49	11,17	8,98	

$$\bullet \text{ FK} = \frac{(186,88)^2}{16} = 2182,76$$

$$\bullet \text{ JK Total} = (8,53^2 + \dots + 8,88^2) - 2182,76 = 229,62$$

$$\bullet \text{ JK Perlakuan} = \frac{(34,23^2 + \dots + 35,93^2)}{4} - 2182,76 = 29,28$$

$$\bullet \text{ JK Galat} = 229,62 - 229,28 = 0,34$$

$$\bullet \text{ KT Perlakuan} = \frac{229,28}{3} = 76,43$$

$$\bullet \text{ KT Galat} = \frac{0,34}{12} = 0,03$$

$$\bullet \text{ F Hitung} = \frac{76,43}{0,03} = 2547,67$$

Daftar Sidik Ragam Sintasan Juvenil Kima Sisik Selama Penelitian

Sumber Keragaman	DB	JK	KT	F Hitung	F Tabel	
					5%	1%
Perlakuan	3	229,28	76,43	2547,67**		
Galat	12	0,34	0,03		3,49	5,95
Total	15					

Ket. ** = Berpengaruh Sangat nyata karena Hitung > F Tabel berarti perlakuan tidak memberi pengaruh yang berbeda terhadap sintasan juvenil kima sisik.

UJI BNT

$$SD = \frac{\sqrt{2 \text{ KTS}}}{6} = \frac{\sqrt{2 \times 10,42,05}}{4} = 2,28$$

• $BNT_{(5\%)} = 2,18 \times 0,12 = 0,26$

• $BNT_{(1\%)} = 3,06 \times 0,12 = 0,37$

Perbedaan Tingkat Sintasan Fase Pediveliger Kima Sisik (*T. squamosa*) Antar Perlakuan

Perlakuan	Rata-Rata	Selisih				BNT	
		B	C	D	A	5%	1%
B	72,03	-					
C	44,69	27,34**	-			0,26	0,37
D	35,93	36,10**	8,76**	-			
A	34,23	37,80**	10,46**	1,7**			

Ket: ** = Berbeda sangat nyata

Daftar Sidik Ragam Sintasan Juvenil Kima Sisik Selama Penelitian

Sumber Keragaman	DB	JK	KT	F Hitung	F Tabel	
					5%	1%
Perlakuan	3	229,28	76,43	2547,67**	3,49	5,95
Galat	12	0,34	0,03			
Total	15					

Ket. ** = Berpengaruh Sangat nyata karena Hitung < F Tabel berarti perlakuan tidak memberi pengaruh yang berbeda terhadap sintasan juvenil kima sisik.

UJI BNT

$$SD = \frac{\sqrt{2 KTS}}{6} = \frac{\sqrt{2 \times 10,42,05}}{4} = 2,28$$

- $BNT_{(5\%)} = 2,18 \times 0,12 = 0,26$
- $BNT_{(1\%)} = 3,06 \times 0,12 = 0,37$

Perbedaan Tingkat Sintasan Fase Pediveliger Kima Sisik (*T. squamosa*) Antar Perlakuan

Perlakuan	Rata-Rata	Selisih				BNT	
		B	C	D	A	5%	1%
B	72,03	-				0,26	0,37
C	44,69	27,34**	-				
D	35,93	36,10**	8,76**	-			
A	34,23	37,80**	10,46**	1,7**			

Ket : ** = Berbeda sangat nyata

Lampiran 19. Laju Pertumbuhan Panjang Harian (mm) Juvenil Kima Sisik pada Setiap Perlakuan Selama Penelitian

Perlakuan	Ulangan	Pengamatan Hari ke						LPPS (%)
		0	14	28	42	56	70	
A	1	0.0165	0.0360	0.100	0.300	0.780	1.450	6.3941
	2	0.0175	0.0380	0.100	0.430	0.740	1.240	6.0353
	3	0.0162	0.0340	0.100	0.200	0.710	1.260	6.2301
	4	0.0180	0.0400	0.110	0.32	0.790	1.430	6.2500
Rataan		0.0171	0.0370	0.1025	0.3125	0.755	1.345	6.2274
B	1	0.0140	0.049	0.100	0.550	1.210	1.640	6.3686
	2	0.0195	0.053	0.110	0.640	1.130	1.680	6.3658
	3	0.0192	0.043	0.1125	0.61	1.190	1.720	6.4216
	4	0.0195	0.054	0.110	0.58	0.800	1.640	6.3314
Rataan		0.0193	0.051	0.1125	0.595	1.0825	1.670	6.3718
C	1	0.0185	0.045	0.110	0.400	0.750	1.880	6.6017
	2	0.0183	0.039	0.100	0.460	0.710	1.900	6.6323
	3	0.0175	0.041	0.110	0.460	0.470	1.700	6.5373
	4	0.0187	0.043	0.100	0.410	1.100	2.160	6.7847
Rataan		0.0183	0.042	0.105	0.4325	0.845	1.920	6.6390
D	1	0.0165	0.049	0.120	0.340	0.870	1.450	6.3943
	2	0.0185	0.050	0.110	0.390	0.930	1.500	6.2791
	3	0.0175	0.053	0.100	0.590	0.860	1.500	6.3680
	4	0.0192	0.048	0.100	0.350	1.790	1.530	6.2544
Rataan		0.0179	0.0500	0.1075	0.4175	0.8625	1.4975	6.3239

Lampiran 20. Analisis Ragam Laju Pertumbuhan Panjang Harian Juvenil Kima Sisik Selama Penelitian

Ulangan	Perlakuan				Total
	A	B	C	D	
1	6.3941	6.3686	6.6017	6.3943	
2	6.0353	6.3658	6.6323	6.2791	
3	6.2301	6.4216	6.5373	6.3680	
4	6.2500	6.3314	6.7847	6.2544	
Total	24.9095	25.4874	26.5560	25.2958	
Rata-rata	6.2274	6.3718	6.6390	6.3239	102.2487

- dB total = $16 - 1 = 15$
- db pertumbuhan = $4 - 1 = 3$
- db galat = $15 - 3 = 12$
- Faktor Koreksi = $\left(\frac{102.2487}{16}\right)^2 = 653.42475$
- JK total = $(24.905^2 + \dots + 6.2544^2) - 653.42475$
 $= 40.8845 + \dots + 39.1175^2 - 635,42475$
 $= 654,0715 - 653,42475$
 $= 0,4542$
- JK Perlakuan = $\frac{(24,9095^2 + \dots + 25,2958^2)}{4}$
 $= 653,7973 - 653,42475$
 $= 0,3726$
- JK Galat = $0,4542 - 0,3726$
 $= 0,0816$
 $(24.905^2 + \dots + 6.2544^2) - 653.42475$

- KT Perlakuan = $\frac{0,3726}{3}$
= 0,1242
- KT Galat = $\frac{0,816}{12}$
= 0,0068
- F Hitung = $\frac{0,1242}{0,0068}$
= 18,2647

Daftar Sidik Ragam Laju Pertumbuhan Panjang Harian Juvenil Kima Sisik

Sumber Keragaman	dB	JK	KT	F Hitung	F Tabel	
					5%	1%
Perlakuan	3	0,3726	0,1242	18,2647*	3,49	5,95
Galat	12	0,0816	0,0068			
Total	15	0,4542				

** = Berpengaruh sangat nyata

karena F Hitung > F Total berarti perlakuan memberi pengaruh yang berbeda, sehingga dilanjutkan dengan Uji Beda Nyata Terkecil

Uji Beda Nyata Terkecil (BNT)

$$SD = \sqrt{\frac{2KTG}{4}} = \sqrt{\frac{2 \times 0,0068}{4}} = 0,06$$

$$BNT \ 5\% = 2,179 \times 0,06 = 0,13$$

$$BNT \ 1\% = 3,055 \times 0,06 = 0,18$$

Perbedaan Laju Pertumbuhan Panjang Harian Juvenil Kima Sisik Antar Perlakuan

Perlakuan	Rata-Rata	Selisih				BNT	
		C	B	D	A	5%	1%
C	6,6390	-					
B	6,3718	0,27 **	-			0,13	0,18
D	6,3239	0,32**	0,05 ^{ns}	-			
A	6,2274	0,41**	0,14 *	0,09 ^{ns}			

Ket * = Berbeda nyata
 ** = Berbeda sangat nyata
 ns = Tidak berbeda nyata

Lampiran 21. Sintasan Juvenil Kima Sisik yang Diberi Pupuk yang Berbeda

Perlakuan	Ulangan	SR (%)
A	1	60
	2	68
	3	60
Rataan		62,67
B	1	88
	2	88
	3	92
Rataan		89,3
C	1	88
	2	80
	3	84
Rataan		84
D	1	88
	2	88
	3	84
Rataan		86,67

Keterangan :

A = Kontrol

B = Pupuk ZA

C = Pupuk TSP

D = Pupuk ZA + TSP

Lampiran 22. Analisis Ragam Sintasan Juvenil Kima Sisik yang Diberi Pupuk yang Berbeda

Ulangan	Perlakuan				Total
	A	B	C	D	
1	60	88	88	88	
2	68	88	80	88	
3	60	92	84	84	
Total	188	268	252	260	
Rata-Rata	62,67	89,33	84	86,67	968

- $FK = \frac{(968)^2}{12} = 78085,33$
- $JK \text{ Total} = (60^2 + \dots + 84^2) - 78085,33 = 1434,67$
- $JK \text{ Perlakuan} = \frac{(188^2 + \dots + 260^2)}{3} - 78085,33 = 1338,67$
- $JK \text{ Galat} = 1434,67 - 1338,67 = 96$
- $KT \text{ Perlakuan} = \frac{1338,67}{3} = 446,22$
- $KT \text{ Galat} = \frac{96}{8} = 12$
- $F_{hitung} = \frac{446,22}{12} = 37,19$

Daftar Sidik Ragam Sintasan Juvenil Kima Sisik yang Diberi Perlakuan yang Berbeda

Sumber Keragaman	dB	JK	KT	F Hitung	F Tabel	
					5%	1%
Perlakuan	3	1338,67	446,22	37,19**	4,07	7,59
Galat	8	96	12			
Total	11					

Ket ** = Berpengaruh sangat nyata.

Karena F Hitung > F Tabel, berarti perlakuan memberikan pengaruh yang berbeda sehingga dilanjutkan dengan Uji Beda Nyata Terkecil (BNT)

Uji Beda Nyata Terkecil

$$SD = \sqrt{\frac{2 \text{KTG}}{3}} = \sqrt{\frac{2 \times 12}{3}} = 2,83$$

- BNT 5% = 2,306 x 2,83 = 6,53
- BNT 1% = 3,355 x 2,83 = 9,49

Perbedaan Antar Perlakuan Sintasan Juvenil Kima Sisik

Perlakuan	Rata-Rata	Selisih				BNT	
		B	D	C	A	5%	1%
B	89,33	-					
D	86,67	2,66 ^{ns}	-			4,82	7,01
C	84,00	5,33*	2,67 ^{ns}	-			
A	62,67	26,66**	24**	21,33**	-		

Ket : ns = Tidak berbeda nyata * = Berbeda nyata
 ** = Berbeda sangat nyata

Lampiran 23. Laju Pertumbuhan Panjang Harian Juvenil Kima Sisik (mm) yang Diberi Pupuk yang Berbeda Selama Penelitian

Perlakuan	Ulangan	Pengamatan Hari Ke												(%)
		0	14	28	42	56	70	84	98	112	126			
A (Kontrol)	1	2,70	2,92	3,23	4,15	4,15	4,87	5,15	5,42	5,93	6,43	0,69		
	2	2,62	2,90	3,08	3,39	3,66	4,34	4,76	5,05	5,53	6,15	0,67		
	3	2,66	2,85	3,08	3,34	3,81	4,39	5,05	5,36	5,87	6,46	0,70		
Rataan		2,66	2,89	3,13	3,38	3,87	4,53	4,99	5,28	5,78	6,35	0,69		
B (ZA)	1	3,36	3,24	4,21	4,41	5,14	5,86	6,52	6,72	7,23	7,77	0,67		
	2	2,98	3,58	4,46	4,96	5,87	6,86	7,32	7,39	7,89	8,34	0,82		
	3	3,00	3,28	3,54	3,88	4,62	5,28	5,38	5,76	6,84	7,15	0,70		
Rataan		3,11	3,37	4,07	4,42	5,21	6,00	6,54	6,63	7,20	7,77	0,73		
C (TSP)	1	3,04	3,19	3,46	4,26	4,89	5,50	6,36	6,84	7,39	7,75	0,72		
	2	2,82	3,20	3,60	4,80	5,46	6,28	7,15	7,35	7,75	8,20	0,79		
	3	2,90	3,02	3,32	4,25	4,96	5,50	6,14	6,42	6,90	7,36	0,74		
Rataan		2,92	3,14	3,49	4,44	5,10	5,76	6,55	6,87	7,34	7,77	0,75		
D (ZA + TSP)	1	2,76	2,90	3,70	4,16	4,88	5,66	5,96	6,45	7,00	7,57	0,80		
	2	2,46	2,76	3,56	4,06	5,19	6,73	7,71	8,50	8,98	9,20	1,05		
	3	2,36	2,74	3,48	3,98	4,98	5,83	6,46	6,89	7,38	8,00	0,97		
Rataan		2,53	2,80	3,58	4,07	5,02	5,83	6,71	7,28	7,79	8,26	0,94		

Ket. Perlakuan A = Kontrol (tidak diberi pupuk)

B = Pupuk ZA

C = Pupuk TSP

D = Pupuk ZA + TSP

Lampiran 24. Analisis Ragam Laju Pertumbuhan Panjang Harian Juvenil Kima Sisik yang Diberi Pupuk yang Berbeda

Ulangan	Perlakuan				Total
	A	B	C	D	
1	0,69	0,67	0,72	0,80	
2	0,67	0,82	0,79	1,05	
3	0,70	0,70	0,74	0,97	
Total	2,06	2,18	2,25	2,82	9,31
Rara-rata	0,69	0,73	0,75	0,94	0,78

- Faktor Koreksi $= \frac{(9,31)^2}{12} = 7,22$
- JK Total $= (0,67^2 + \dots + 0,70^2) - FK$
 $= 7,3859 - 7,22 = 0,17$
- JK Perhitungan $= \frac{(2,18^2 + \dots + 2,06^2)}{3} - 7,22$
 $= 7,34 - 7,22 = 0,12$
- JK Galat $= 0,17 - 0,12 = 0,05$
- KT Perlakuan $= \frac{0,12}{3} = 0,04$
- KT Galat $= \frac{0,05}{8} = 0,00625$
- F Hitung $= \frac{0,04}{0,00625} = 6,4$

Daftar Sidik Ragam

Sumber keragaman	dB	JK	KT	F Hitung	F Tabel	
					5%	1%
Perlakuan	3	0,12	0,04	6,6*	4,07	7,59
Galat	8	0,05	0,00625			
Total	11	0,17				

Ket. * = Berpengaruh sangat nyata

Karena $F \text{ Hitung} > F \text{ Tabel}$, berarti perlakuan memberi pengaruh yang berbeda, sehingga dilanjutkan dengan uji beda nyata terkecil.

Uji Beda Nyata Terkecil (BNT)

$$SD = \sqrt{\frac{2KTG}{3}} = \sqrt{\frac{2 \times 0,00625}{3}} = 0,0645$$

$$BNT \ 5\% = 2,306 \times 0,00625 = 0,1487$$

$$BNT \ 1\% = 3,355 \times 0,00625 = 0,2164$$

Perbedaan Antar Perlakuan

Perlakuan	Rata-rata	Selisih				BNT	
		D	C	B	A	5%	1%
D	0,94	-					
C	0,75	0,19*	-			0,15	0,20
B	0,73	0,21**	0,02 ^{ns}	-			
A	0,69	0,25**	0,06 ^{ns}	0,04 ^{ns}	-		

Ket. * = Berbeda nyata
 ** = Berbeda sangat nyata
 ns = Tidak berbeda nyata

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Sinjai, Sulawesi Selatan pada tanggal 1 Desember 1961, sebagai anak ketiga dari dua belas bersaudara (2 orang almarhum) dari pasangan orang tua Ibu Hj. Andi Nilma dan Bapak Andi Abd. Rahman Mappiare.

Pada tahun 1971 lulus Sekolah Dasar No. 29 Sinjai, Tahun 1975 lulus SMP Negeri Sinjai dan pada tahun 1979 lulus SMA Neg. Sungguminasa, dan pada tahun yang sama memperoleh gelar Siswa Teladan II SMA Se-Sulawesi Selatan. Pada tahun 1979 menjadi Mahasiswa Fakultas Ilmu-Ilmu Pertanian Jurusan Perikanan, dan memperoleh gelar Sarjana Muda pada tahun 1982, kemudian lulus Sarjana Perikanan pada tahun 1984. Mengikuti pendidikan Pascasarjana (S2) di Universitas Hasanuddin pada Program Studi Sistem-Sistem Pertanian pada tahun 1993 dan lulus pada tahun 1996.

Pada tahun 1985-1987 mengikuti pendidikan calon tenaga pengajar Politeknik Pertanian di Institut Pertanian Bogor. Pada tanggal 1 Maret 1987 diangkat menjadi dosen pada politeknik Pertanian Universitas Hasanuddin. Pada tahun 1990 diangkat menjadi Ketua Jurusan Perikanan Budidaya pada Politeknik Pertanian. Pada tahun 1993 pindah tugas ke Jurusan Ilmu Kelautan FIKP Universitas Hasanuddin sampai sekarang dengan golongan IV-a.

Bulan September 1997 mengikuti pendidikan Pascasarjana Universitas Hasanuddin (S3) di Program Studi Sistem-Sistem Pertanian, bidang kajian Perikanan.

Pada tahun 1989-1990 mengikuti training Pengolahan Hasil Perikanan di Jesi Ancona, Italia dan pada tahun 1996 mengikuti workshop on Island Sustainability Livelihood and Equity (ISLE) di Ilo-Ilo city, Filipina. Pada tahun yang sama juga mengikuti workshop on ISLE di Halifax, Canada.

Penulis menikah dengan Dr. Ir. Sjamsuddin Garantjang, M.Sc. pada tahun 1985 dan telah dikarunia 3 orang anak, yaitu Yayah Inayah (15 tahun), Muh Zakiy Ubaid (12 tahun) dan Muhammad Fauzan (8 tahun).