

**EFEKTIVITAS SISTEM ZONASI BAGI PERLINDUNGAN  
TERUMBU KARANG DARI STRESSOR ANTROPOGENIK DI  
TAMAN NASIONAL KEPULAUAN SERIBU**



**Tesis  
Untuk memenuhi sebagian persyaratan  
Mencapai derajat Sarjana S-2 pada  
Program Studi Ilmu Lingkungan**

**Hedi Indra Januar  
L4K009006**

**PROGRAM MAGISTER ILMU LINGKUNGAN  
PROGRAM PASCA SARJANA  
UNIVERSITAS DIPONEGORO  
SEMARANG  
2010**

**TESIS**  
**EFEKTIVITAS SISTEM ZONASI BAGI PERLINDUNGAN**  
**TERUMBU KARANG DARI STRESSOR ANTROPOGENIK DI**  
**TAMAN NASIONAL KEPULAUAN SERIBU**

Disusun Oleh:

**Hedi Indra Januar**  
**L4K009006**

Mengetahui,  
Komisi Pembimbing

Pembimbing Utama

Pembimbing Kedua

**Dr. Boedi Hendarto, MSc**  
**M.Sc**

**Dr. Ekowati Chasanah,**

Ketua Program Studi  
Ilmu Lingkungan

**Prof. Dr. Ir. Purwanto, DEA**

## LEMBAR PENGESAHAN

### EFEKTIVITAS SISTEM ZONASI BAGI PERLINDUNGAN TERUMBU KARANG DARI STRESSOR ANTROPOGENIK DI TAMAN NASIONAL KEPULAUAN SERIBU

Disusun Oleh  
**Hedi Indra Januar**  
**L4K009006**

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji  
Pada Tanggal 16 Juli 2010  
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk di terima

**Ketua  
Tangan**

**Tanda**

**Dr. Boedi Hendrarto, M.Sc**

.....

**Anggota**

**1. Dr. Ekowati Chasanah, M.Sc**

.....

**2. Dr. Munifatul Izzati, M.Sc**

.....

**3. Ir. Agus Hadiyanto, MT**

.....

## **PERNYATAAN**

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tesis yang saya susun sebagai syarat untuk memperoleh gelar Magister dari Program Magister Ilmu Lingkungan seluruhnya merupakan karya sendiri.

Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan tesis yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

Apabila dikemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian tesis ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiat dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya sandang dan sanksi-sanksi lainnya sesuai dengan peraturan perundangan yang berlaku.

Semarang, Juli 2010

Hedi Indra Januar

## RIWAYAT HIDUP



HEDI INDRA JANUAR. Penulis lahir Bogor, tanggal 22 Januari 1979. Setelah menamatkan SLTA di SMAN VI Pekanbaru pada tahun 1996, penulis menempuh pendidikan bidang Kimia Fakultas MIPA Universitas Sriwijaya Palembang dan memperoleh gelar S.Si pada tahun 2001. Penulis memulai karir sebagai Pegawai Negeri Sipil mulai tahun 2003 di Balai Besar Riset Pengolahan Produk dan Bioteknologi Slipi - Jakarta, di bawah Badan Riset Kelautan dan Perikanan – Kementerian Kelautan dan Perikanan. Semenjak tahun 2005, penulis berkerja di bidang fungsional peneliti, dengan bidang penelitian pengolahan produk dan bioteknologi kelautan dan perikanan.

Pada tahun 2009, penulis mendapatkan gelas beasiswa pascasarjana (S-2) melalui proram diklat gelar dalam negeri dari Pusat Pembinaan, Pendidikan, dan Pelatihan Perencana (PUSBINDIKLATREN) pada Program Magister Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro di Semarang.

## KATA PENGANTAR

Segala Puji dan Syukur kepada Allah SWT, hanya atas izin-Nya lah, tesis ini selesai disusun untuk dapat memenuhi persyaratan kelulusan di Program Magister Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro. Semenjak tahun 2005-2009, penulis tergabung dalam kegiatan instansi tempat berkerja untuk menelaah kondisi biopotensi terumbu karang di Kepulauan Seribu. Hasil kegiatan dalam kurun waktu tersebut menunjukkan dugaan bahwa penjagaan kandungan biopotensi belum optimal dan sesuai dengan sistem zonasi yang berjalan. Hal inilah yang mendasari pelaksanaan riset tesis penulis yang berjudul ***“EFEKTIVITAS SISTEM ZONASI TAMAN NASIONAL DALAM MELINDUNGI TERUMBU KARANG DARI STRESSOR ANTOPOGENIK DI KEPULAUAN SERIBU”***. Hasil dari penelitian diharapkan dapat menjadi pertimbangan dari pihak yang terkait, agar sistem perlindungan terumbu karang berbasis kondisi aktual lingkungan.

Baik dalam penyelesaian tugas belajar maupun tesis, penulis mendapat bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

- Dr. Boedi Hendarto, M.Sc selaku pembimbing pertama, yang telah memberikan arahan, masukan, bimbingan, dan dorongan sehingga tesis ini dapat diselesaikan.
- Dr. Ekowati Chasanah, M.Sc selaku pembimbing kedua, yang telah memberikan arahan, masukan, bimbingan, dan dorongan sehingga tesis ini dapat diselesaikan.
- Dr. Munifatul Izzati, MSc dan Ir. Agus Hadiyanto, MT selaku penguji dalam sidang tesis, yang telah memberikan masukan agar tesis ini menjadi lebih baik.
- Prof. Dr. Ir. Purwanto, DEA, selaku Ketua dan Dra. Hartuti Purnaweni, MPA Selaku Sekretaris Program Magister Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro.
- PUSBINDIKLATREN-BAPPENAS, selaku pihak yang telah memberikan beasiswa untuk mengikuti program pendidikan pascasarjana di MIL UNDIP.

- Prof. Dr. Hari Eko Irianto, selaku Kepala Balai Besar Riset Pengolahan Produk dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan (BBRP2B), atas dukungan dan izinnya untuk pelaksanaan riset ini sebagai bagian dari program riset BBRP2B.
- Balai Taman Nasional Kepulauan Seribu, atas izin penelitian di lapangan.
- Bapak Satibi dan bapak Sahiran, serta “*capt*” Hamdan yang membantu dalam pelaksanaan penelitian di lapangan.
- Kolega di *College of Pharmacy – University of Hawaii* dan Laboratorium BAF1 *Australian Institute of Marine Science*, Anthony Wright, Cherie Motti, Dianne Tapiolas, dan Jonathon Nielson, atas bantuannya dalam analisis di laboratorium.
- Kolega di Laboratorium Instrumentasi dan Bioteknologi BBRP2B, Sri Iswani, Asri Pratitis, dan Gintung Patantis, atas bantuannya dalam pelaksanaan penelitian.
- Rekan-rekan MIL UNDIP Angkatan 24, Ucik, Retno, Tatik, Kristanto, Sri, Dina, Jidin, Anto, Nur, Febri, Bakdo, Agus, Bambang, Wenda, dan Yuniar, atas kebersamaan dalam menyelesaikan tugas belajar dan tesis ini.
- Pihak-pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Akan tetapi, disadari bahwa tesis ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan sarannya akan sangat diharapkan. Agar kedepan, penelitian serupa yang dilakukan penulis di lembaga penelitian tempat penulis berkerja akan memperoleh hasil yang lebih baik. Akhir kata semoga tesis ini dapat bermanfaat bagi pembaca sekalian.

Semarang, 15 Juli 2010

Penulis.

*The Opera ain't over until the fat lady sings*  
(Cook, 1978)

*Karya ini dipersembahkan pada:*

*Merissa Nur Asih & Andra Prayata Ramadhan: Istri dan Anakku  
tercinta,  
Untuk dukungan dan kesabarannya dalam menanti tugas belajar penulis.*

*Babeh, Ibu, Tete, Adik, Mbah, Nenek, dan keluarga besarku Tercinta,  
Untuk dukungannya agar penulis mampu menyelesaikan tugas  
belajar.*

*Bu Eko, Tony, Dianne, dan Cherie,  
Untuk bantuan dalam tesis dan kepercayaannya pada penulis.*



# DAFTAR ISI

## Halaman

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PERSETUJUAN .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
RIWAYAT HIDUP .....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
PERSEMBAHAN.....	viii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL .....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
ABSTRAK .....	xiv
<i>ABSTRACT</i> .....	xv
<b>I. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 LATAR BELAKANG .....	1
.....	1
2 FORMULASI MASALAH .....	4
.....	1
3 TUJUAN PENELITIAN .....	4
.....	1
4 MANFAAT PENELITIAN .....	4
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>6</b>
2.1 SISTEM ZONASI TAMAN NASIONAL .....	6
2.2 PENGELOLAAN TAMAN NASIONAL KEPULAUAN SERIBU.....	11
2.3 STRESSOR ANTROPOGENIK PADA TERUMBU KARANG .....	14
2.3.1 Faktor-Faktor Antropogenik Kematian Masal Terumbu Karang.....	16
2.3.2 Ancaman Stressor Antropogenik di Kepulauan Seribu .....	18
2.4 ASPEK SOSIAL EKONOMI DALAM KAWASAN KONSERVASI.....	22
2.4.1 Persepsi, Perilaku, dan Aspirasi .....	23
2.4.2 Produk Domestik Regional Bruto (PDRB).....	24
2.4.3 Perkembangan Ekonomi Masyarakat Kepulauan Seribu.....	26
2.5 METABOLOMIK LINGKUNGAN .....	28
2.5.1 Metabolomik Sidik Jari Bioindikator .....	28
2.5.2 Metabolomik <i>Biomarker</i> .....	29
2.6 <i>BIOMARKER</i> CEMBRANOID NEPHTHENOL <i>NEPHTHEA SP.</i> ....	31
2.7 HIPOTESIS PENELITIAN .....	32
2.8 KERANGKA PENELITIAN.....	32
.....	

<b>III. METODE PENELITIAN.....</b>	<b>34</b>
3.1 TIPE PENELITIAN .....	34
3.2 LOKASI DAN RUANG LINGKUP PENELITIAN .....	34
3.2.1 Lokasi.....	34
3.2.2 Ruang Lingkup .....	34
3.3 SAMPEL.....	35
3.4 JENIS DAN SUMBER DATA .....	36
3.4.1 Aspek Sosial Masyarakat Terhadap Program Konservasi .....	36
3.4.2 Aspek Fisika-Kimia Air .....	36
3.4.3 Aspek Biologis Terumbu Karang.....	36
.....	3
.5 TEKNIK PENGUMPULAN DATA.....	37
3.5.1 Aspek Sosial Masyarakat Terhadap Program Konservasi .....	37
3.5.2 Aspek Fisika-Kimia Air .....	37
3.5.3 Aspek Biologis Terumbu Karang.....	39
.....	3
.6 TEKNIK ANALISIS DATA .....	41
3.6.1 Aspek Sosial Masyarakat Terhadap Program Konservasi.....	41
3.6.2 Aspek Kimia-Fisika Air dan Biologis Terumbu Karang.....	41
3.6.3 Analisis SWOT .....	42
.....	3
.7 INTERPRETASI DAN PRESENTASI KELUARAN DATA.....	44
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>45</b>
.....	4
.1 RONA LINGKUNGAN KEPULAUAN SERIBU .....	45
.....	4
.2 ASPEK SOSIAL MASYARAKAT TERHADAP KONSERVASI .....	47
4.2.1 Persepsi Masyarakat.....	47
4.2.2 Perilaku Masyarakat .....	49
4.2.3 Aspirasi Masyarakat .....	50
.....	4
.3 FISIK-KIMIA AIR .....	51
.....	4
.4 BIOLOGI TERUMBU KARANG .....	62
4.4.1 Analisis Metabolomik .....	63
.....	4
.5 REKOMENDASI OPTIMALISASI PENGELOLAAN KONSERVASI.....	71
<b>V. KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>77</b>
.....	5
.1 KESIMPULAN .....	77
.....	5
.2 SARAN.....	78
<b>VI. RINGKASAN.....</b>	<b>79</b>

DAFTAR PUSTAKA.....	87
---------------------	----

LAMPIRAN .....	88
----------------	----

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
1. Zona permukiman, pemanfaatan wisata, <i>buffer/penyangga</i> , dan inti di wilayah Taman Nasional Kepulauan Seribu.....	12
2. Rencana tata ruang wilayah DKI Jakarta 2010-2030 di Kepulauan Seribu .....	14
3. Stressor lingkungan ke Kepulauan Seribu dan arah arus .....	20
4. Diversitas dan kelimpahan biota Kepulauan Seribu .....	21
5. Foto udara DKI Jakarta dan Kepulauan Seribu .....	22
6. Alur hubungan antara persepsi, perilaku, dan aspirasi.....	24
7. Plot <i>Principal Component Scores</i> dari ekstrak otot (a), kelenjar pencernaan (b), darah (c), dan kumulatif ketiganya (d) dari <i>Flatfish</i> sehat ( <i>healty</i> ), pertumbuhan terhambat ( <i>stunted</i> ), dan Sakit ( <i>disseased</i> ).....	29
8. Kromatogram HPLC dari ekstrak <i>Sinularia polydactyla</i> yang diberi predasi artifisial (b) dan ekstrak kontrol (a) .....	30
9. Senyawa golongan cembranoid nephthenol dari <i>Nephthea sp.</i> perairan Kepulauan Seribu, 3,4 epoksi nephthenol (1), dekariol (2), 15-hidroksi cembranoid (3), 2-hidroksi nephthenol (4), dan Nephthenol (5).....	31
10. Kerangka pikir penelitian .....	33
11. Lokasi pengambilan sampel di Taman Nasional Kepulauan Seribu .....	35
12. Lokasi TNKpS di perairan Indonesia (a) dan Laut Jawa (b).....	45
13. Diagram kluster <i>ecudian squered</i> dari tiap lokasi pengambilan sampel berdasarkan variabel fisika-kimia air .....	55
14. Kluster wilayah Kepulauan Seribu berdasarkan kemiripan variabel fisika-kimia air .....	56
15. Kluster lokasi pengambilan sampel berdasarkan variabel fisika-kimia air pada peta Kepulauan Seribu .....	58
16. Peta klorofil a pada musim angin barat di wilayah perairan Jawa, Bali, dan Nusa Tenggara.....	59
17. Tutupan karang di tiap lokasi pengambilan sampel Kepulauan Seribu .....	62
18. Diagram kluster <i>ecudian squered</i> dari tiap lokasi pengambilan sampel berdasarkan tutupan karang, kadar cembranoid nephthenol, dan sitotoksitas <i>Nephthea Sp.</i> .....	65
19. Kluster wilayah Kepulauan Seribu berdasarkan similaritas kondisi variabel tutupan karang, kadar senyawa cembranoid nephthenol, dan sitotoksitas <i>Nephthea sp.</i> .....	66
20. Kluster lokasi pengambilan sampel berdasarkan tingkat tutupan karang,	

kadar senyawa cembranoid nephthenol, dan sitotoksitas <i>Nephthea sp.</i> pada peta Kepulauan Seribu .....	68
21. Matrik <i>space</i> analisis SWOT kondisi TNKpS.....	71

## DAFTAR TABEL

<b>Halaman</b>	
1. Variabel fisika-kimia air optimum untuk terumbu karang .....	15
2. Variabel fisika-kimia air dan kondisi umum perairan Kepulauan Seribu tahun 2001 .....	19
3. Penduduk usia kerja dan penyerapan tenaga kerja Kabupaten Kepulauan Seribu .....	26
4. Rumah Tangga Sasaran (RTS) penduduk miskin Kabupaten Kepulauan Seribu 2005-2008.....	26
5. Pendidikan dan status berkerja RTS Kabupaten Kepulauan Seribu 2008 .....	27
6. Rona lingkungan wilayah Administrasi Kepulauan Seribu.....	46
7. Persepsi, prilaku, dan aspirasi masyarakat terhadap terumbu karang dan sistem zonasi taman nasional.....	48
8. Variabel DO, suhu, salinitas, arus, dan pH dari lokasi pengambilan sampel di perairan Kepulauan Seribu .....	52
9. Variabel fosfat, nitrat, nitrit, amonia, dan total nitrogen inorganik dari lokasi pengambilan sampel di perairan Kepulauan Seribu.....	53
10. Kumulatif variasi komponen utama di lokasi pengambilan sampel Kepulauan Seribu.....	54
11. Korelasi variabel fisika-kimia air terhadap komponen utama.....	54
12. Tingkat kombinasi dan koefisien jarak dari kluster lokasi pengambilan sampel berdasarkan variabel fisika-kimia air .....	55
13. Ciri kluster berdasarkan variabel fisika-kimia air.....	56
14. Rata-rata variabel air Kepulauan Seribu di dua musim angin berbeda.....	60
15. Analisis Wilcoxon variabel air Kepulauan Seribu di dua musim Angin berbeda .....	61
16. Kadar senyawa cembranoid nephthenol dan daya inhibisi 30 ppm ekstrak metanol <i>Nephthea sp.</i> terhadap sel T47D (dalam %).....	63
17. Korelasi antara tutupan karang, kadar senyawa cembranoid nephthenol dan dan sitoksitas <i>Nephthea sp.</i> (signifikan pada 0,05 dan n = 36) .....	64
18. Tingkat kombinasi dan koefisien jarak kluster berdasarkan tutupan karang kadar senyawa cembranoid nephthenol, dan sitotoksitas <i>Nephthea sp.</i> .....	65
19. Ciri kluster lokasi pengambilan sampel berdasarkan tingkat tutupan karang karang, kadar senyawa cembranoid nephthenol, dan daya hambat terhadap sel T47D (dalam %) .....	67
20. Korelasi <i>Spearman</i> antara variabel fisika-kimia air dan biologi .....	69
21. Matrik IFAS kondisi Kepulauan Seribu berdasarkan hasil FGD bersama <i>key informan</i> .....	72
22. Matrik EFAS kondisi Kepulauan Seribu berdasarkan hasil FGD bersama <i>key informan</i> .....	73

23. Matrik SWOT alternatif strategi optimalisasi konservasi TNKpS .....	74
---	----

## DAFTAR LAMPIRAN

### Halaman

1. Variabel fisika-kimia air di perairan Kepulauan Seribu.....	88
2. Tabulasi perhitungan KMO dan Bartlett.....	90
3. Perhitungan kadar 15-hidroksi cembranoid dan 3,4 epoksi nephthenol dalam sampel .....	91
4. Perhitungan sitotoksitas ekstrak <i>Nephthea sp.</i> terhadap Sel T47D .....	95
5. Dokumentasi foto pengambilan dan penggunaan karang oleh masyarakat ..	96
6. Dokumentasi foto wilayah terumbu karang di zona inti TNKpS .....	97
7. Dokumentasi foto terumbu karang di zona <i>buffer</i> dan wisata TNKpS .....	98
8. Peta kontur arus perairan Kepulauan Seribu .....	99
9. Peta kontur kadar nitrogen inorganik di perairan Kepulauan Seribu.....	100
10. Peta kontur kadar fosfat aktif di perairan Kepulauan Seribu.....	101
11. Peta kontur kadar pH di perairan Kepulauan Seribu.....	102
12. Peta kontur tutupan karang di perairan Kepulauan Seribu.....	103
13. Peta kontur sitotoksitas <i>Nephthea sp.</i> dari Kepulauan Seribu .....	104
14. Peta kontur kadar 3,4 epoksi nephthenol asetat dari <i>Nephthea sp.</i> di Perairan Kepulauan Seribu .....	105
15. Peta kontur kadar 15-hidroksi cembranoid dari <i>Nephthea sp.</i> di Perairan Kepulauan Seribu .....	106

## EFEKTIVITAS SISTEM ZONASI BAGI PERLINDUNGAN TERUMBU KARANG DARI STRESSOR ANTROPOGENIK DI TAMAN NASIONAL KEPULAUAN SERIBU

### ABSTRAK

Stressor antropogenik dari berbagai *non-point source* dapat menjadi ancaman terhadap kawasan konservasi terumbu karang di Taman Nasional Kepulauan Seribu (TNKpS). Berdasarkan hal tersebut, maka riset bertujuan untuk mengkaji efektivitas sistem zonasi bagi perlindungan terumbu karang dari stressor antropogenik di TNKpS. Evaluasi efektivitas meliputi indikator pada fisika-kimia air (stressor nutrifikasi yaitu fosfat, nitrat, nitrit, dan amonia, serta salinitas pH, DO, suhu, dan arus), biologis terumbu karang, dan aspek sosial masyarakat lokal (persepsi, perilaku, dan aspirasi masyarakat lokal). Pendekatan analisis terumbu karang dilakukan dengan metabolomik lingkungan menggunakan *biomarker Nephthea sp.* Penggunaan *biomarker* yang merupakan senyawa bioaktif tersebut diduga akan memberikan gambaran kondisi terumbu karang serta keterlindungan kekayaan biopotensi produksi *plasma nutfah* biota terumbu karang dalam kawasan konservasi. Analisis fisika-kimia air dilakukan secara *in situ* menggunakan instrumentasi *portable*. Analisis biologi tutupan karang dilakukan menggunakan transek garis sepanjang 30 m, sedangkan kadar *biomarker Nephthea sp.* dikuantifikasi berdasarkan metode *High Performance Liquid Chromatography* dan MTT. Analisis kualitatif aspek sosial masyarakat dilakukan dengan wawancara dalam *community forum approach* bersama *key informan*. Hasil dari penelitian ini menemukan bahwa diduga sistem zonasi di TNKpS belum efektif. Lingkungan perairan dan biologi TNKpS tidak berasosiasi dengan zonasi namun terdegradasi dari wilayah tengah (zona inti III dan wisata) hingga memburuk ke arah sisi terluar TNKpS. Selain itu, penelaahan terhadap aspek sosial menunjukkan bahwa masyarakat lokal tidak secara optimal berperan serta dalam pengelolaan dan pemanfaatan area konservasi. Fisibilitas aplikasi metabolomik lingkungan menggunakan *Biomarker Nephthea sp.* sebagai variabel indikator biologi terumbu karang diperlihatkan dengan adanya korelasi yang signifikan antara *biomarker* dan kuantitas tutupan karang dan pola peta kontur tiap variabel pada analisis metabolomik. Berdasarkan hasil uji efektivitas, analisis SWOT merumuskan bahwa prioritas strategi dalam mengoptimasi keterlindungan terumbu karang TNKpS adalah revisi sistem zonasi sehingga sesuai dengan kondisi biofisik lingkungan TNKpS dan berbasis pemberdayaan masyarakat lokal dalam pengelolaan. Selain itu, optimasi keterlindungan dapat juga dilakukan dengan pencegahan stressor agar tidak mencemari wilayah TNKpS, yaitu melalui penerapan UU LH No. 32/2009 dan pengelolaan limbah lokal.

**KATA KUNCI:** Zonasi Taman Nasional, Terumbu Karang, Stressor Antropogenik, Kepulauan Seribu, metabolomik, *biomarker*, antipredator, *Nephthea sp.*

## **ZONATION SYSTEM EFFECTIVENESS TO PROTECT CORAL REEFS FROM ANTHROPOGENIC STRESSORS IN SERIBU ISLANDS NATIONAL PARK**

### **ABSTRACT**

*Non-point sources anthropogenic stressors could be a threat to coral reefs conservation area in Seribu Islands National Parks / Taman Nasional Kepulauan Seribu (TNKpS). Based on that, than this research aimed to assess the TNKpS's zonation system effectiveness to protect coral reefs from anthropogenic stressors. Effectiveness evaluation been based on physical-chemical waters (nutrification stressors, which were phosphate, nitrate, nitrite, and ammonia, and also salinity, pH, DO, temperature, and current), biological coral reefs, and social aspects of local communities (perception, behavior, and aspiration of local communities trough coral reefs natural resources and zonation system in TNKpS). Biological coral reefs analysis had been done using environmental metabolomics approach, using biomarker from *Nephthea* sp. The approach of using bioactive compounds as biomarker was likely going to gave a view of coral reefs condition and the biopotency protectiveness that being produced by coral reefs germ-plasm in conservation area. Analysis of physical-chemical waters had been done by in situ analysis using portable instrumentation. Biological analysis of live coral cover had been done by 30 m line transect. Meanwhile, biomarker content from *Nephthea* sp. had been analyzed in the lab using high performance liquid chromatography and MTT methods. On the other hands, qualitative analysis aspects of local communities had been done by interview of key informan in community forum approach. Results of the study showed that zonation system in this area was not effective. The waters and biological environments of TNKpS were likely not associated to zonation system but degradated from center area (nucleus III and recreation zone) trough the outside area of national park. This might be a problem as there are nucleus zone I and II in northern side that had low quality of environment. On the other hand, social economy aspect analysis showed that local communities had not been optimally empowered at utilization and management of the conservation area. Application visibility of environmental metabolomic approach using biomarker from *Nephthea* sp. as coral reefs biological indicator showed by significant corelation between biomarker and live coral cover quantity and contour pattern maps of each metabolomic variables. Based on efectiveness assessments, than SWOT analysis concluded the recommendation to optimize the coral reefs protection in TNKpS would be zonation system revision which synchronize the biophysical environment of TNKpS and being based by local community empowerment in TNKpS management. Beside of that, stressors prevention to contaminate TNKpS area also could be done using implementation of environmental law 32/2009 and local effluent management.*

**KEYWORDS:** *Zonation of National Park, Coral Reefs, Anthropogenic Stressor, Seribu Islands, metabolomic, biomarker, *Nephthea* sp.*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 LATAR BELAKANG

Taman Nasional Kepulauan Seribu (TNKpS) merupakan suatu kawasan konservasi yang ditetapkan oleh Kementerian Kehutanan untuk melestarikan ekosistem dan menjamin penggunaan berkelanjutan sumberdaya alam di perairan utara provinsi DKI Jakarta. Agar tujuannya tercapai, TNKpS dibentuk dalam sistem zonasi yang terbagi atas zona inti, *buffer*/penyangga (pendukung zona inti), pemanfaatan wisata, dan pemukiman. Sebagai area utama perlindungan, maka zona inti tidak memperbolehkan adanya stressor antropogenik (akibat aktivitas manusia) mengganggu ekosistem secara *in situ*. Namun di wilayah perairan, stressor secara *ex situ* dapat juga terbawa bersama arus ke zona inti, terlebih dengan posisi geografisnya yang dekat area polutan tinggi daratan DKI Jakarta, sebagai *non-point source* stressor antropogenik seperti nutrifikasi limpasan pertanian, domestik, maupun industri. Hal inilah yang menimbulkan pertanyaan, apakah sistem zonasi telah efektif dalam menjaga kelestarian terumbu karang sebagai komponen dasar ekosistem di laut.

Walaupun terumbu karang dapat beradaptasi secara perlahan jika terdapat introduksi periodik dari polutan nutrien, namun masukan dalam jumlah besar dapat berdampak terhadap kesehatan koloninya (Timotius, 2003), bahkan mampu menyebabkan pemutihan karang (Karuppanapandian *et al.* 2007). Kerugian akibat kerusakan terumbu karang akan sangat besar, karena fungsi ekologisnya sebagai wilayah pemijahan, *nursery ground*, maupun *feeding ground* bagi hewan-hewan biota laut lainnya. Coll (1992) mengemukakan adanya korelasi yang erat antara tutupan karang yang tinggi dan kuantitas ikan yang terdapat di dalamnya. Sehingga penurunan kualitas dan kuantitas tutupan karang dapat berdampak terhadap diversitas dan kuantitas hewan-hewan lainnya.



Selain itu, terumbu karang yang lestari juga merupakan sumber *plasma nutfah* yang mampu memproduksi senyawa-senyawa bioaktif karena keterkaitan dengan lingkungannya. Widjhati *et al.* (2004) menerangkan bahwa sebagai hewan *sessile*, biota terumbu karang dapat memproduksi berbagai senyawa bioaktif untuk mempertahankan diri dari predator atau memenangkan persaingan wilayah pertumbuhan. Senyawa bioaktif tersebut potensial secara ekonomis karena dapat dikembangkan sebagai model struktur bahan farmakologis. Kerjasama antara pengelola perlindungan alam dan perusahaan farmasi kerap dilakukan untuk mengoptimalkan keuntungan keberadaan senyawa bioaktif produk *plasma nutfah* dari biota-biota dalam kawasan konservasi. *European Molecular Biology Organization* (2001 dalam Dewi *et al.*, 2008) menerangkan bahwa perusahaan Merck telah memberikan investasi dana ke Taman Nasional di Costa Rica sebesar satu juta USD semenjak tahun 1991 dan menghasilkan paten bersama senyawa-senyawa farmakologis yang bernilai lebih dari tiga setengah juta USD di tahun 1999.

Oleh karena itulah, sistem zonasi taman nasional laut harus dibuat secara efektif untuk melindungi fungsi ekologis dan juga biopotensinya. Indikator dari efektivitas sistem zonasi taman nasional meliputi parameter lingkungan secara komprehensif di bidang biofisik lingkungan dan juga dukungan masyarakat lokal. Secara biofisik lingkungan, zonasi akan efektif jika *live cover* terumbu karang dan produksi senyawa biopotensial dari *plasma nutfah* biota terumbu terjaga dengan baik karena stressor antropogenik tidak mengintroduksi wilayah inti dalam jumlah besar. Selain itu secara sosial, sistem zonasi juga harus berperan dalam pembangunan dan membuka ruang partisipasi bagi masyarakat lokal dalam pengelolaan konservasi.

Namun berdasarkan studi pustaka, hingga saat ini belum pernah dilakukan penelitian lingkungan yang komprehensif di tiap zona TNKpS sebagai dasar penilaian efektivitas sistem zonasi. Riset yang dilakukan oleh Mihardja & Pranowo (2001), Sulma *et al.* (2005), Estradivari *et al.* (2007), Napitupulu *et al.* (2004), dan Chasanah *et al.* (2007) dilakukan secara parsial untuk mengamati kondisi lingkungan perairan, telaah biologis biodiversitas

terumbu karangnya, atau studi sosial peran serta masyarakat dalam menunjang konservasi. Wilkinson & Hill (2004) menerangkan bahwa proses penilaian efektivitas sistem zonasi pada konservasi terumbu karang harus meliputi analisis terhadap kualitas air dan komponen biologis karang. Akan tetapi, untuk melakukan penelitian lingkungan yang menyeluruh tersebut membutuhkan dana yang besar, sehingga sulit dilakukan secara bersamaan (Estradivari *et al*, 2007).

Hal inilah yang mendasari dilaksanakannya penelitian, yaitu melakukan evaluasi efektivitas sistem zonasi terhadap perlindungan terumbu karang dari stressor antropogenik di TNKpS berdasarkan indikator fisika-kimia air, biologi terumbu karang, dan sosial-ekonomi masyarakat dalam kawasan konservasi. Agar kendala dana dapat diatasi, maka parameter biologi tidak dilakukan dengan kuantifikasi tiap-tiap komponen dalam ekosistem seperti ikan karang, dan lainnya, namun dilakukan melalui pendekatan metabolomik lingkungan. Metode metabolomik lingkungan merupakan suatu pendekatan untuk mengkaji kondisi habitat bioindikator melalui fluktuasi kadar senyawa *marker* (Viant, 2007). Pada penelitian ini, *biomarker* metabolomik yang dipilih merupakan senyawa bioaktif cembranoid nephthenol *Nephthea sp.*, yaitu 15-hidroksi-cembranoid dan 3,4-epoksi nephthenol asetat. Pemilihan senyawa tersebut sebagai *biomarker* disebabkan dugaan fungsinya sebagai senjata kimia antipredator dan fluktuasi kadarnya akan berkorelasi komponen biologi lain, terutama ikan karang predator dan kerapatan ruang hidup wilayah terumbu karang (Januar *et al*, 2009).

Penerapan metabolomik lingkungan menggunakan *biomarker Nephthea sp.* belum pernah dilakukan untuk mengkaji kondisi lingkungan terumbu karang. Namun, berdasarkan korelasi antara kadar senyawa antipredator karang lunak dan kuantitas ikan predator (Hoover *et al*, 2008), kuantitas ikan predator dengan kondisi terumbu karang yang baik (Bell & Galzin, 1984), serta kuantitas terumbu karang dengan stressor perairan yang rendah (Jameson & Kelty, 2004), maka secara teoritis penerapan metabolomik lingkungan dapat diterapkan sebagai variabel alternatif dalam indikator lingkungan

biologi. Hal inilah yang juga akan dikaji didalam penelitian. Untuk mengetahui stressor yang terdapat pada perairan Kepulauan Seribu, maka parameter fisika-kimia air juga akan dianalisis. Selain itu, kondisi sosial ekonomi masyarakat lokal juga ditelaah, sehingga penelitian mampu mengetahui efektivitas sistem zonasi secara menyeluruh dan lebih lanjut dapat merekomendasikan sistem zonasi yang lebih optimal.

## 1.2 FORMULASI MASALAH

Berdasarkan penjabaran pada latar belakang, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah *belum adanya pengujian efektivitas sistem zonasi terhadap perlindungan terumbu karang dari stressor antropogenik di TNKpS, sementara secara ex situ stressor antropogenik dapat memasuki kawasan inti perlindungan*. Sehingga, pertanyaan penelitian yang akan dibahas adalah *bagaimanakah efektivitas sistem zonasi terhadap perlindungan terumbu karang dari stressor antropogenik di Taman Nasional Kepulauan Seribu?*

## 1.3 TUJUAN PENELITIAN

Tujuan dari penelitian adalah mengkaji efektivitas zonasi sistem TNKpS terhadap perlindungan terumbu karang dari stressor antropogenik berdasarkan indikator lingkungan fisik, biologi, dan sosial ekonomi masyarakat lokal di Taman Nasional Kepulauan Seribu. Selain itu, penelitian juga dilakukan untuk mengkaji aplikasi metabolomik lingkungan menggunakan *biomarker Nephthea sp.* dalam menelaah kondisi lingkungan perairan terumbu karang.

## 1.4 MANFAAT PENELITIAN

Manfaat dari penelitian yang dilakukan ini adalah sebagai berikut:

- **Bagi pengembangan ilmu lingkungan.** Metabolomik lingkungan menggunakan *biomarker* antipredator dan sitotoksik *Nephthea sp.* merupakan hal yang baru sehingga hasil penelitian ini akan menunjang

pengembangan metode pengkajian kondisi lingkungan terumbu karang secara *high throughput screening*.

- **Bagi peneliti.** Riset yang dilakukan akan dapat menambah wawasan tentang aspek-aspek lingkungan di wilayah konservasi ataupun daerah perlindungan laut, terutama bagi terumbu karang, sehingga mampu dijadikan sebagai modal dasar untuk melakukan penelitian di bidang serupa yang lebih lanjut.
- **Bagi Stakeholder Balai Taman Nasional Kepulauan Seribu.** Hasil pengkajian yang dilakukan dapat bermanfaat bagi Balai TKNpS dalam mengetahui kondisi terkini mengenai efektivitas kebijakan sistem zonasi. Jika efektivitas ditemukan belum optimal, rekomendasi penelitian yang disusun menggunakan analisis SWOT (*Strength-Weakness-Opportunity-Threat*) dapat dijadikan sebagai bahan dasar teknis dalam perencanaan sistem zonasi yang lebih optimal di Taman Nasional Kepulauan Seribu.