



PEMODELAN DINAMIKA SPASIAL BAGI PEMANFAATAN SUMBERDAYA ALAM PESISIR YANG BERKELANJUTAN

Studi Kasus: Konversi Lahan Mangrove Menjadi Pertambakan Udang Di Delta
Mahakam, Kalimantan Timur

OLEH:
TIENE RAHMA PRIHATINI



SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
2003

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

ABSTRACT

TIENE RAHMA PRIHATINI. Spatial Dynamic Modeling for Sustainable Coastal Resource Use, Case Study: Mangrove Conversion for Shrimp Ponds Development in Mahakam Delta, East Kalimantan. Under the direction of DIETRICH G. BENGEN, DEDI SOEDHARMA, JACUB RAIS, and IAN DUTTON.

Mahakam Delta in East Kalimantan is ecologically and economically unique with vast mangrove forest and its associated species, and with mixed economic activities of oil and gas and shrimp farming. In the last six years since 1997, the Mahakam Delta area has undergone a severe mangrove and nypa deforestation caused by conversion of the forest into shrimp ponds and for oil and gas extraction fields. For shrimp ponds development alone, more than 66,000 hectares mangrove and its associated species have disappeared since 1983. The rapid degradation of this geologically unique estuarine environment has rose serious concern over the long term sustainability of the Mahakam Delta ecosystem.

This research aims to model the dynamics of the spatial distribution of the shrimp ponds, and to develop a management tool to support land use management decision in Mahakam Delta. The research objectives included the assessment of ecosystem function and natural resources use pattern in Mahakam Delta and the representation of this functional system in the form of system analysis and spatial model. The research then developed an optimum land use scenario based on the ecosystem assessment and the spatial model, and translated the scenarios into a proposed spatial plan. The modeling component of this research serves multiple purposes of providing explanatory assessment on the shrimp ponds area explosion and dynamics, and of simulating the possible expansion of the shrimp pond areas.

There were three modules of modeling undertaken under this research focusing on the biophysical processes and dynamics. The first module was a system dynamic analysis aimed at establishing a causal linkage structure between ecological, geological and socio economic processes occurring in the Mahakam Delta area. This system analysis was supported by land cover change measurement using remotely sensed data to look at the magnitude and rate of mangrove conversion as well as spatial distribution of the shrimp ponds expansion and sediment dynamics.

The second module comprised of spatial dynamic modeling using Geographic Information Systems (GIS). This module included a multi-criteria analysis aimed at providing explanation on the location decision pattern in the shrimp ponds opening, and a spatial diffusion model aimed at predicting the spread of shrimp ponds in the area based on the salinity dynamics. This spatial dynamic modeling was supported by quantitative modeling of salinity dynamics based on the Fick I law of mass equilibrium using shallow water equation solution. This discrete model was translated into grid-cell computation to perform flow routing using GIS. The results were salinity spatial dispersion patterns where varying salinity values were depicted as grid-cell GIS layers. Two conditions of salinity were modeled; one for normal climatic condition, whereas the other for a predicted extreme condition. Based on this spatially distributed salinity models, areas with optimum salinity for shrimp pond development were then be identified by drawing buffered areas around grid-cells having optimum salinity values.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan artikel atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



The third module was scenario development which was performed through a second multi-criteria analysis and ecosystem integrity assessment. The second multi-criteria analysis was carried out to determine the spatial configurations of land cover under three different use scenario of shrimp production dominated, conservation dominated, and mixed use. This analysis produced three land cover configuration layers which were then individually assessed using entropy and juxtaposition ecosystem integrity measures.

The results of the three-module analysis above showed that salinity holds a critical role in the productivity of the shrimp ponds in Mahakam Delta. This is shown by the consistency of the results of the model predicted spatial distribution of new shrimp pond opening against the actual mangrove conversion detected by the remotely sensed imageries. The finding is further confirmed by the pattern of mangrove conversion into shrimp pond which was basically concentrated around delta external margin typically having higher salinity. Based on this result, further land use scenario analysis was performed using optimum salinity threshold for shrimp production as the main criteria.

For practical land use management purposes, this research is able to suggest micro zoning alternatives to reach a spatial configuration which accommodates the existing mixed use requirements at the same time possessing high ecological integrity. This practical result can be used as the basis for detailed zoning plan for more sustainable use of Mahakam Delta coastal resources.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

ABSTRAK

TIENE RAHMA PRIHATINI. Pemodelan Dinamika Spasial Bagi Pemanfaatan Sumberdaya Pesisir Yang Berkelanjutan – Studi Kasus: Konversi Tutupan Mangrove Menjadi Pertambakan Udang di Delta Mahakam, Kalimantan Timur. Dibimbing oleh DIETRIECH G. BENGEN, DEDI SOEDHARMA, JACUB RAIS, dan IAN DUTTON.

Delta Mahakam yang terletak di Kalimantan Timur secara ekologis dan ekonomis merupakan wilayah yang unik dengan hutan mangrove and spesies asosiasinya serta kegiatan ekonomi berupa produksi minyak dan gas bumi serta pertambakan udang. Selama enam tahun terakhir sejak 1997, Delta Mahakam mengalami deforestasi hutan mangrove dan nypa yang dipicu oleh konversi hutan mangrove dan nipah menjadi tambak udang dan lapangan eksploitasi minyak dan gas bumi. Untuk pengembangan tambak udang saja, lebih dari 66.000 hektar mangrove dan nypa hilang sejak 1983. Degradasi lingkungan estuarin yang secara geologis unik ini memicu keprihatinan terutama bila dikaitkan dengan keberlanjutan ekosistem Delta Mahakam dalam jangka panjang.

Sasaran penelitian ini adalah untuk memodelkan dinamika distribusi spasial tambak udang, dan untuk mengembangkan perangkat pengelolaan guna mendukung pengambilan keputusan yang berkaitan dengan tata guna lahan di Delta Mahakam. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji fungsi ekosistem dan pola pemanfaatan sumberdaya alam di Delta Mahakam serta representasi sistem yang fungsional ini dalam bentuk analisi sistem dan model spasial. Penelitian ini kemudian mengembangkan suatu skenario pemanfaatan lahan yang optimum yang berdasar pada pengkajian ekosistem di muka dan mengembangkan model spasial serta menterjemahkan skenario tersebut ke dalam usulan rencana tata ruang. Komponen pemodelan dalam penelitian ini bertujuan untuk pengkajian penjelasan (*explanatory*) bagi 'ledakan' dan dinamika pembukaan lahan bagi tambak udang, serta mensimulasikan kemungkinan perluasan wilayah tambak udang.

Ada tiga modul pemodelan yang dilaksanakan dalam penelitian ini dan berfokus pada proses dan dinamika biofisik. Modul yang pertama adalah suatu analisis dinamika sistem yang bertujuan untuk menetapkan struktur sebab akibat antara proses sistem ekologis, geologis dan sosio ekonomi yang terjadi di wilayah Delta Mahakam. Analisis sistem ini didukung oleh pengukuran perubahan tutupan lahan menggunakan data penginderaan jauh untuk melihat besar dan laju konversi mangrove di samping juga untuk melihat distribusi spasial perluasan tambak udang dan dinamika sediment.

Modul yang kedua mencakup dari pemodelan dinamika spasial menggunakan sistem informasi geografis (SIG). Modul ini terdiri dari analisis multikriteria yang bertujuan untuk melihat rasional dari pola pengambilan keputusan akan lokasi yang digunakan bagi tambak udang. Pemodelan dinamika spasial ini didukung oleh pemodelan dinamika salinitas yang berdasar pada hukum Fick I keseimbangan massa menggunakan solusi persamaan air dangkal (*shallow water equation*). Model diskret yang dihasilkan kemudian diterjemahkan ke dalam perhitungan sel-grid untuk melakukan *routing* aliran menggunakan SIG. Hasilnya merupakan pola persebaran spasial salinity yang nilainya beragam di gambarkan dalam layer (lapisan) SIG sel-

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang memurnikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



grid. Ada dua kondisi yang dimodelkan; yang pertama ditujukan untuk kondisi iklim normal sementara yang lain ditujukan untuk kondisi iklim ekstrim yang diprediksi. Berdasar pada model persebaran spasial salinitas ini, wilayah dengan kondisi salinitas optimum untuk pengembangan tambak udang dapat diidentifikasi dan digambarkan melalui wilayah buffer di sekeliling sel-grid yang memiliki nilai optimum.

Modul yang ketiga adalah pengembangan skenario yang dilakukan dengan analisis multi-kriteria yang kedua dan pengkajian integritas ekosistem. Analisis multi-kriteria yang kedua dilakukan untuk menentukan konfigurasi tutupan lahan dalam tiga skenario yang berbeda: dengan pembobotan lebih untuk produksi udang, pembobotan untuk konservasi, serta pembobotan yang seimbang. Analisis ini menghasilkan tiga layers konfigurasi tata guna lahan yang secara individual dikaji dengan menggunakan ukuran integritas ekosistem: entropy and juxtaposisi.

Hasil dari ketiga modul analisis di atas menunjukkan bahwa salinitas memegang peran yang sangat penting dalam produktivitas tambak udang di Delta Mahakam. Hal ini ditunjukkan dengan hasil yang konsisten dari model distribusi spasial tambak udang yang baru dibandingkan dengan luas konversi mangrove yang sebenarnya yang dilihat dengan citra penginderaan jauh. Hasil pemodelan lebih lanjut dikonfirmasi dengan pola konversi mangrove menjadi tambak yang terkonsentrasi di sekitar tepian semenanjung delta yang biasanya memiliki salinitas yang lebih tinggi. Berdasarkan pada hasil ini, analisis skenario pemanfaatan lahan kemudian dilakukan dengan menggunakan ambang optimum nilai salinitas untuk produksi udang sebagai kriteria utama.

Untuk tujuan praktis pengelolaan pemanfaatan lahan, penelitian ini berhasil mengajukan alternatif usulan zonasi mikro demi mencapai konfigurasi spasial yang mengakomodasikan persyaratan pemanfaatan ganda yang ada serta pada saat yang bersamaan memiliki integritas ekologi yang tinggi. Hasil secara praktis ini dapat digunakan sebagai dasar dari rencana tata ruang dan zonasi yang lebih rinci bagi pemanfaatan sumberdaya pesisir Delta Mahakam yang berkelanjutan.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Kalacita Mikropub (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

1. Diizinkan mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa disertasi saya yang berjudul:

PEMODELAN DINAMIKA SPASIAL BAGI PEMANFAATAN SUMBERDAYA PESISIR YANG BERKELANJUTAN – Studi Kasus: Konversi Lahan Mangrove Menjadi Pertambakan Udang di Delta Mahakam, Kalimantan Timur

adalah benar merupakan hasil karya sendiri dan belum pernah dipublikasikan. Semua sumber data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan dengan jelas dan dapat diperiksa kebenarannya.

Bogor, 30 Oktober 2003

Tiene Rahma Prihatini

SPL 995211

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan artikel atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



**PEMODELAN DINAMIKA SPASIAL BAGI PEMANFAATAN SUMBERDAYA
ALAM PESISIR YANG BERKELANJUTAN**
**Studi Kasus: Konversi Lahan Mangrove Menjadi Pertambakan Udang
Di Delta Mahakam, Kalimantan Timur**

**OLEH:
TIENE RAHMA PRIHATINI**

Disertasi
Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Doktor
pada
Program Studi Ilmu Pengelolaan Sumberdaya Pesisir dan Laut

**SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
2003**

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan artikel atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Judul Disertasi : **Pemodelan Dinamika Spasial Bagi Pemanfaatan Sumberdaya Pesisir Yang Berkelanjutan**
Studi kasus Konversi Lahan Mangrove di Delta Mahakam, Kalimantan Timur

Nama Mahasiswa : Tiene Rahma Prihatini

Nomor Pokok : 995211

Program Studi : Ilmu Pengelolaan Sumberdaya Pesisir dan Lautan

Menyetujui:

Komisi Pembimbing:

Prof. Dr. Ir. Dietriech G. Bengen, DEA
Ketua

Prof. Dr. Ir. Dedi Soedharma, DEA
Anggota

Prof. Dr. Ir. Jacob Rais, M.Sc.
Anggota

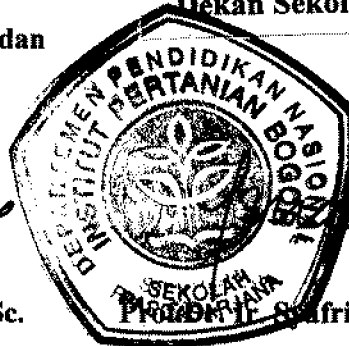
Dr. Ian M. Dutton, M.Sc.
Anggota

Mengetahui:

Ketua Program Studi Ilmu
Pengelolaan Sumberdaya Pesisir dan
Lautan

Prof. Dr. Ir. Rokhmin Dahuri, M.Sc.

Dekan Sekolah Pascasarjana



Prof. Dr. Ir. Safrida Manuwoto, M.Sc.

Tanggal lulus: **30 OCT 2003**

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan pada tanggal 27 Februari 1962 di Malang dari keluarga Bapak Drs. Ahmad Darmawan Adi (Alm.) dan Ibu Sri Suryati Adi. Penulis tamat Sekolah Menengah Atas Negeri II Bogor pada tahun 1980, melanjutkan pendidikan jenjang Strata 1 pada tahun 1982 di Universitas Katolik Parahyangan Bandung, dan menyelesaikan pendidikan sarjana Strata 1 pada bulan Januari tahun 1988. Penulis melanjutkan pendidikan jenjang Strata 2, jurusan Geografi di Texas A&M University, College Station, USA, pada bulan Agustus tahun 1993 dan meraih gelar M.Sc. pada tahun 1995 dengan judul tesis: *Analyzing Spatial Development Processes using Urban Models and Geographic Information Systems: Bandung, Indonesia*.

Sekembali ke Indonesia pada tahun 1995 penulis bekerja di Wetlands International Indonesia Programme sebagai Head of Information and Training. Pada tahun 1997 bekerja sebagai Environmental Services Manager pada Woodward –Clyde International hingga bulan Desember tahun 1999. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan jenjang S3 pada tahun 2000 pada Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Pesisir dan Lautan dan bekerja paruh waktu di Proyek Pesisir (*Coastal Resource Management Project*). Pada tahun 2001 hingga kini penulis bekerja di The Nature Conservancy Indonesia Program sebagai *Ecoregional Planning Associate*.

Bidang yang menjadi minatnya adalah perencanaan dan pengelolaan sumberdaya alam, terutama sumberdaya alam pesisir, dengan mengembangkan berbagai model dinamika sistem dan Sistem Informasi Geografis yang menjadi topik penelitian ini. Di samping itu, komunikasi dan outreach bagi perencanaan dan pengelolaan sumberdaya alam melalui konservasi yang ditekuni dalam pekerjaannya hingga kini, menjadi kekuatan penulis dalam menjembatani konsep ilmiah yang mendasari pengelolaan sumberdaya alam dan pelayanan publik pemanfaat sumberdaya alam secara umum.

Penulis menikah dengan Dr. Ir. Iwan Gunawan M.Sc. pada tahun 1988, seorang ahli di bidang Regional Development, bekerja sebagai Assitant Resident Representative – United Nations Development Programme (UNDP) Indonesia, dan dikaruniai dua orang putri: Afinna Paramita Gunawan (14 tahun) dan Imana Farahiya Gunawan (9 tahun).

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang meminumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

PRAKATA

Disertasi berjudul “Pemodelan Dinamika Spasial Bagi Pemanfaatan Sumberdaya Pesisir yang Berkelanjutan” dengan studi kasus: Konversi Mangrove menjadi Pertambakan Udang di Delta Mahakam, Kalimantan Timur, disusun untuk memenuhi persyaratan untuk memperoleh gelar Doktor pada Program Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Wilayah penelitian adalah Delta Mahakam yang dicirikan oleh kondisi biofisik yang geofisik unik yang sangat kondusif bagi tumbuh kembangnya spesies mangrove dan asosiasinya. Proses oseanografi fisik yang didominasi oleh arus pasang surut memberikan dinamika yang khusus yang berpengaruh pada keberadaan ekosistem yang ada di Delta Mahakam. Delta Mahakam tidak terlepas dari aspek kepentingan ekonomi di tingkat lokal, nasional, dan international. Penelitian ini dipicu oleh kenyataan bahwa dimensi keruangan merupakan titik temu dari berbagai faktor yang ada dalam suatu wilayah pesisir. Melalui pemodelan dinamika spasial yang menjadi pokok pikiran penelitian dan disertasi ini, diharapkan dinamika sistem keruangan dapat dikedepankan dan dapat memberikan kontribusi dalam pengelolaan sumberdaya pesisir.

Penelitian dan penulisan disertasi dilaksanakan dengan bimbingan dari Prof. Dr. Ir. Dietrich G. Bengen, DEA sebagai ketua, Prof Dr. Ir. Jacub Rais, MSc., Prof Dr. Ir. Dedi Soedharma, DEA, serta Dr. Ian M. Dutton sebagai anggota komisi pembimbing. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Komisi Pembimbing yang sangat tajam dalam memberikan kritik, saran, serta dukungan yang tanpanya disertasi ini tidak akan terwujud. Kepada Bapak Dr. Ir. Ismudi Muchsin dan Bapak Dr. Ir. Mulia Purba M.Sc. dari Fakultas Perikanan Institut Pertanian Bogor serta Bapak Dr. Ir. Dedi Masykur Riadi M.Sc. dari Deputi Bidang Sumberdaya Alam dan Lingkungan Hidup Badan Perencanaan Pembangunan Nasional sebagai Penguji Luar Komisi pada sidang tertutup dan sidang terbuka, penulis mengucapkan terima kasih dan apresiasi yang tinggi atas kesediaannya menguji dan memberikan masukan yang sangat berharga bagi penelitian ini.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Ibu Rini B. Sayekti, Bapedalda Kabupaten Kutai Kartanegara; Bapak Suripno, Bapak Das'at, dan Ibu Y. S. Wulandari dari

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang memurnikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

TOTAL; atas dukungan dan bantuannya dalam kegiatan survey. Kepada Pak Helmi dan Bapak G. Anto dari Waindo Spectera; Dr. Robin Bourgeois dari CIRAD; Sulaiman, Ir. Heri Sadmono MSc. dan Dr. Awal Subandar, dari TISDA –BPP Teknologi; Ir. Gegar Prasetya M.Sc. dari DKP; Pasus Legowo dari CRMP; Prof. Dr. Ir. Tridoyo Kusumastanto, dari PKSPL; Dr. Ir. Fedi Sondita M.Sc, Dr. Nevi Zamani, Dr. Ir. Ario Damar M.Si., dari FPIK - IPB; Bapak Titayanto Pieter dari The Nature Conservancy; Nana Anggraini dan Frida Nursanti; Rekan – rekan TNC Kalimantan Timur; Dr. Ir. Iwan Gunawan MSc. dari UNDP Indonesia; Donald Bason, Paul Hartman Marcy Summers, dari The Nature Conservancy Indonesia; Rekan – rekan kuliah: Rachmansyah, Erna Triwibowo, Isman Tumiwa, Masyhuddulhak, dan Dewayani; serta pihak lain yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, terima kasih atas waktu yang disediakan untuk diskusi, kritik, saran, penyediaan data, kepercayaan, persahabatan, serta segala dukungan lain yang penulis dapatkan selama penelitian dan penulisan.

Akhirnya, disertasi ini didedikasikan bagi Iwan Gunawan, Atinna Gunawan dan Imana Gunawan; tanpa dukungan, pengertian, pengorbanan, kesabaran, serta kasih sayangnya, penulis tidak akan dapat menyelesaikan studi ini. Semoga disertasi ini dapat memberikan kontribusi bagi semua pihak yang memerlukan dan pada Pengelolaan Sumberdaya Pesisir pada umumnya.

Bogor, Oktober 2003

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRACT.....	i
ABSTRAK.....	iii
RIWAYAT HIDUP.....	v
PRAKATA.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
I. PENDAHULUAN.....	1
I.1 Identifikasi Masalah.....	2
I.2 Perumusan Masalah.....	5
I.3 Tujuan Penelitian.....	8
I.4 Hipotesis Kerja.....	9
I.5 Sistematika Disertasi.....	10
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	11
II.1 Sumberdaya Alam.....	11
II.2 Sumberdaya Wilayah Pesisir.....	14
II.3 Dinamika Wilayah Pesisir.....	15
II.3.1 Jenis – jenis garis pantai.....	15
II.3.2 Arus Pasang Surut.....	18
II.4 Dinamika Biofisik.....	19
II.4.1 Strukur dan Fungsi Estuarin.....	19
II.4.2 Aspek Oseanografi Fisik di Estuarin.....	24
II.4.3 Sistem Ekologi Estuarin.....	24
II.4.4 Kawasan Estuarin di Indonesia.....	30
II.4.5 Mangrove.....	30
II.5 Konsep Daya Dukung Dalam Pemanfaatan Sumberdaya Pesisir yang Berkelanjutan.....	42
II.6 Ekologi Bentang Alam Sebagai Dasar Analisis Spasial Pengelolaan Sumberdaya Alam.....	43

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
 © Hak Cipta Milik IPB (Institut Pertanian Bogor)
 Bogor Agricultural University

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



II.7	Analisis Sistem dalam Pengelolaan Sumberdaya Pesisir.....	46
II.8	Pemodelan Spasial.....	48
III	METODE PENELITIAN.....	55
III.1	Ruang Lingkup dan Wilayah Penelitian.....	55
III.1.1	Lingkup Penelitian.....	55
III.1.2	Wilayah Penelitian.....	57
III.2	Kerangka Penelitian.....	61
III.3	Metode Penelitian.....	62
III.3.1	Formulasi pemodelan simulasi sistem.....	62
III.3.2	Telaah dinamika salinitas dalam kawasan.....	72
III.3.3	Pemodelan spasial difusi tambak udang dengan SIG.....	77
III.3.4	Pembandingan hasil pemodelan.....	78
III.3.5	Pengembangan skenario bagi pengelolaan kawasan Delta Mahakam.....	80
III.4	Data dan Peralatan.....	81
III.4.1	Data yang digunakan.....	81
III.4.2	Penyiapan data.....	83
III.4.3	Perangkat yang digunakan.....	83
IV	SISTEM ANALISIS DAN PEMODELAN.....	84
IV.1	Analisis Dinamika Sistem.....	84
IV.1.1	Tinjauan umum Delta Mahakam.....	84
IV.1.2	Analisis citra multi temporal.....	100
IV.2	Pemodelan Dinamika Sistem.....	107
IV.4	Pemodelan Spasial.....	111
IV.4.1	Analisis multi kriteria.....	111
IV.4.2	Pemodelan difusi spasial penyebaran tambak.....	112
IV.4.3	Pengembangan Skenario Pengelolaan.....	117
V.	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	119
V.1	Analisis Dinamika Sistem.....	120
V.1.1	Tinjauan wilayah Delta Mahakam.....	123
V.1.2	Analisis dinamika sistem.....	125
V.1.3	Analisis dinamika salinitas.....	128
V.2	Pemodelan Spasial.....	128

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Model difusi spasial.....	128
Analisis multi-kriteria.....	143
Pengembangan skenario pengelolaan.....	146
Implikasi Pengelolaan.....	158
KESIMPULAN DAN SARAN.....	166
DAFTAR PUSTAKA.....	171

V.2.1

V.2.2

V.2.3

V.3

VI

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan berita atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

DAFTAR TABEL

		Halaman
Tabel 1.	Produksi Minyak dan Gas Bumi	4
Tabel 2.	Komponen Masukan dan Keluaran dalam dinamika sistem mangrove.....	67
Tabel 3.	Data yang Digunakan	82
Tabel 4.	Simbol periode sistem pasang surut semi – diurnal dan diurnal	97
Tabel 5.	Satuan dan sumber data bagi nilai yang digunakan dalam analisis dinamika sistem	108
Tabel 6.	Komponen sistem dan perumusannya dalam STELLA® versi 4.02.....	110
Tabel 7.	Kriteria keputusan pembukaan tambak	111
Tabel 8.	Matriks kriteria dan tujuan	117
Tabel 9.	Arus pasang surut pada titik – titik tertentu di kanal Delta Mahakam	126
Tabel 10.	Nilai salinitas hasil pemodelan	127
Tabel 11.	Tinggi pasang surut pada bulan Juni 1997	139

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University



- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 1	Mulut Delta Mahakam dengan berbagai kegiatan Ekonomi (Teknologi_Inventarisasi_Sumberdaya_Alam_(TISDA) 1998)..... 2
Gambar 2	Ekspor udang dalam berat dan nilai tahun 1999 hingga 2000. Dari (Bourgeois <i>et al.</i> 2002) 3
Gambar 3	Urutan masalah pengelolaan sumberdaya pesisir. 6
Gambar 4	Struktur masalah (<i>problem tree</i>) yang diidentifikasi di Delta Mahakam..... 7
Gambar 5	Tambak yang ditinggalkan karena penurunan produksi 8
Gambar 6	Fungsionalitas Sistem Ekologi (Holling <i>et al.</i> 1997)..... 13
Gambar 7	Jenis – jenis garis pantai (Strahler and Strahler 1998)..... 18
Gambar 8	Estuarin Baji Garam dari (Haslett 2000) 22
Gambar 9	Estuarin yang tercampur/Parsial (Haslett 2000) 22
Gambar 10	Sirkulasi salinitas di wilayah estuarin (Haslett 2000)..... 22
Gambar 11	Jumlah spesies fauna estuaria dan penyebarannya berdasarkan salinitas (Nybakken, 1993 dalam (Bengen 2000). 29
Gambar 12	Beberapa jenis mangrove (diadaptasi dari (Bengen 1999) 35
Gambar 13	Makrofauna hutan mangrove yang memperlihatkan penyebaran vertikal dan hubungan ekologisnya (dari Bengen 2000) 36
Gambar 14	Skematik aliran energi dalam rantai makanan di habitat mangrove (Strahler and Strahler 1998)..... 37
Gambar 15	Jenis – jenis komunitas hutan mangrove 38
Gambar 16	Salah satu zonasi hutan mangrove di Indonesia 40
Gambar 17	Keterkaitan antara proses fisik, kimiawi, dan biologis dalam wilayah mangrove (dari (Wolanski <i>et al.</i> 1992). 42
Gambar 18	Jenis – jenis model (Thomas and Hugget 1980)..... 47
Gambar 19	Tahapan Penelitian..... 56
Gambar 20	Wilayah Delta Mahakam 58

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 2. Dilarang mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Gambar 21	Hubungan Sebab – akibat antara Ekosistem Mangrove, Konversi Lahan menjadi Tambak Udang dan Konversi Lahan menjadi Infrastruktur Produksi Migas	59
Gambar 22	Modul pemodelan	61
Gambar 23	Metode Penelitian	62
Gambar 24	Hubungan <i>one –to –many</i> dalam sel grid.....	73
Gambar 25	Grid yang digunakan sebagai dasar solusi numerik.....	75
Gambar 26	Pengukuran indeks dalam format raster (Gustafson and Parker 1992).	80
Gambar 27	Peta Wilayah Delta Mahakam	86
Gambar 28	Indeks Kepekaan Lingkungan (Teknologi_ Inventarisasi_ Sumberdaya_ Alam_ (TISDA) 1998).....	89
Gambar 29	Konversi Kawasan Mangrove Delta Mahakam Menjadi Tambak.....	91
Gambar 30	Peta Kondisi Pemanfaatan Lahan di Delta Mahakam pada tahun 2002. (Bourgeois <i>et al.</i> 2002)	92
Gambar 31	Grafik peningkatan luas tambak sejalan dengan waktu dari tahun 1980 hingga 1999 (Dutrieux 2001).....	93
Gambar 32	Peta infrastruktur pemipaan TFE di wilayah Delta Mahakam.....	95
Gambar 33	Konversi ekosistem mangrove menjadi tambak	96
Gambar 34	Pasang surut pada bulan Juni 2003 di stasiun Kutai	97
Gambar 35	Perhitungan demodulasi pasut empat komponen.....	98
Gambar 36	Arus pasang surut dengan 4 komponen pada bulan Desember 2003.	99
Gambar 37	Demodulasi prediksi arus pasut empat komponen pada bulan Desember 2003	99
Gambar 38	Citra dengan data fusion menunjukkan beban sedimen tersuspensi yang tinggi pada semenanjung delta	101
Gambar 39	Citra Landsat TM Delta Mahakam dengan beban sedimen akibat perubahan tutupan lahan karena kebakaran hutan di tahun 1997	102
Gambar 40	Tutupan mangrove pada tahun 1983 (Data Fusion).....	103
Gambar 41	Tutupan mangrove pada tahun 1997 (Data Fusion Citra).....	104
Gambar 42	Tutupan mangrove pada tahun 2001 (Data Fusion Citra).....	105
Gambar 43	Overlay hasil analisis citra temporal dengan peta pemanfaatan tambak untuk tahun 2001.....	106

Gambar 44	Dinamika sistem di Delta Mahakam.....	107
Gambar 45	Titik – titik sampel batimetri (kedalaman).....	113
Gambar 46	Struktur Aliran (Akumulasi dan Arah Aliran).....	114
Gambar 47	Tahapan analisis kesesuaian pemanfaatan bagi pengembangan skenario zonasi di kawasan Delta Mahakam	118
Gambar 48	Perubahan luas tutupan mangrove dan asosiasinya di Delta Mahakam pada tahun 1983, 1997, dan 2001.	121
Gambar 49	Grafik hasil pemodelan analisis dinamika sistem.....	124
Gambar 50	Akumulasi aliran dengan kedalaman –40 m di bawah permukaan laut	129
Gambar 51	Akumulasi aliran dengan kedalaman –30 m di bawah permukaan laut	129
Gambar 52	Akumulasi aliran dengan kedalaman –20 m di bawah permukaan laut	130
Gambar 53	Akumulasi aliran dengan kedalaman –10 m permukaan laut	130
Gambar 54	Akumulasi aliran dengan kedalaman –5 m permukaan laut	131
Gambar 55	Akumulasi aliran dengan kedalaman –4 m di bawah permukaan laut	131
Gambar 56	Akumulasi aliran dengan kedalaman –3 m di bawah permukaan laut	132
Gambar 57	Akumulasi aliran dengan kedalaman –2 m di bawah permukaan laut	132
Gambar 58	Akumulasi aliran dengan kedalaman –1 m di bawah permukaan laut	133
Gambar 59	Akumulasi aliran dengan kedalaman sama dengan permukaan laut.	133
Gambar 60	Salinitas pada x_j , dan u_n , dimana $j = 0$, dan $n = 12.4, 24.01, 12$ dan 25.82	135
Gambar 61	Salinitas pada x_j , dan u_n , dimana $j = 0$, dan $n = 12.4, 24.01, 12$ dan 25.82	136
Gambar 62	Salinitas pada x_j , dan u_n , dimana $j = 0$, dan $n = 12.4, 24.01, 12$ dan 25.82	137

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Gambar 63	Salinitas pada x_j , dan u_n , dimana $j = 0$, dan $n = 12.4, 24.01, 12$ dan 25.82	138
Gambar 64.	Wilayah – wilayah dengan kondisi salinitas optimum bagi pertambakan udang (antara 15 hingga 23 ppm).....	141
Gambar 65.	Salinitas dalam kondisi iklim ekstrim antara 14 ppm hingga 57 ppm berdasarkan pada kondisi pasut ekstrim (terendah $-0.5m$; tertinggi $3.3m$ dan kecepatan arus pasut = $16 m/detik$).....	142
Gambar 66	Wilayah dengan kemungkinan pembukaan tambak	144
Gambar 67	Overlay hasil multikriteria dengan coverage vegetasi pada tahun 2001	145
Gambar 68	Kontribusi Delta Mahakam dalam ekspor udang dari Kalimantan Timur.....	147
Gambar 69	Skenario 1 yang bertumpu pada pemanfaatan lahan bagi pertambakan udang.....	151
Gambar 70	Hasil perhitungan pengukuran fungsi lansekap skenario 1.....	152
Gambar 71	Skenario yang bertumpu pada rehabilitasi dan konservasi tutupan mangrove.....	154
Gambar 72	Pengukuran fungsionalitas lansekap skenario 2	155
Gambar 73	Skenario 3 yang mengakomodasikan berbagai pemanfaatan sumberdaya alam Delta Mahakam.....	156
Gambar 74	Pengukuran fungsionalitas lansekap skenario 3	157
Gambar 75	Zonasi mikro hasil pemodelan.....	160
Gambar 76	Usulan tata ruang pengelolaan kawasan Delta Mahakam.....	161
Gambar 77	Solusi struktur masalah yang diidentifikasi	167

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

DAFTAR LAMPIRAN

		Halaman
LAMPIRAN I	Perhitungan demodulasi pasang surut dengan program MatLab® versi 6.1.....	181
LAMPIRAN II	Penurunan Persamaan Klasik Perairan Dangkal.....	187
LAMPIRAN III	Formulasi Dinamika sistem dalam STELLA 4.0.....	191
LAMPIRAN IV	Program QBasic Pemodelan Dinamika Salinitas.....	193
LAMPIRAN V	Program Pemodelan Spasial Difusi Salinitas (dengan Arc Macro Language – AML™).....	195
LAMPIRAN VI	Hasil pemodelan dinamika sistem dengan STELLA® versi 4.0.....	198
LAMPIRAN VII	Coverage yang digunakan dalam analisis multikriteria spasial.....	200

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

© Hak Cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

