

**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**

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.

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.

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-

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 tataguna lahan yang secara individual dikaji dengan menggunakan ukuran integritas ekosistem: entropy and juxtaposisi.

Hasil dari ketiga modul analisis di atas menunjukkan bahwa salinitas memengaruhi 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.


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

**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**

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

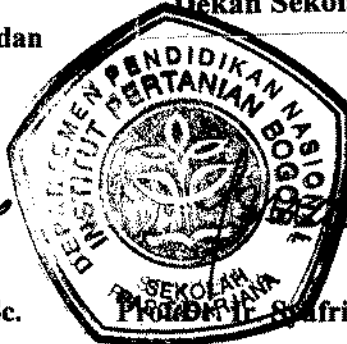
Mengetahui:

Ketua Program Studi Ilmu
Pengelolaan Sumberdaya Pesisir dan
Lautan

Dekan Sekolah Pascasarjana



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




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

Tanggal lulus: 30 OCT 2003

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 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: Atinna Paramita Gunawan (14 tahun) dan Imana Farahiya Gunawan (9 tahun).

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 internasional. 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. Jacob 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