

MODEL PENGELOLAAN KEPITING BAKAU UNTUK KELESTARIAN HABITAT MANGROVE DI TAMAN NASIONAL KUTAI PROVINSI KALIMANTAN TIMUR
*(The Model of Mud Crab (*Scylla serrata*) Management for Habitat Preservations of Mangrove in Kutai National Park, East Kalimantan Province)*

Nirmalasari Idha Wijaya¹ dan Fredinan Yulianda²

¹Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan, Universitas Hang Tuah,
Jl. Arief Rahman Hakim No.150, Surabaya 60111.

²Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor,
Jl. Agathis, Darmaga, Bogor 16680.

*Penulis korespondensi. Tel: 031-5945894. Email: nirmalasari_idha@yahoo.com.

Diterima: 12 Desember 2016

Disetujui: 17 April 2017

Abstrak

Taman Nasional Kutai (TNK) memiliki ± 5.227 ha hutan mangrove di sepanjang pesisir pantainya. Hampir 23% luas hutan mangrove ini mengalami degradasi akibat konversi lahan dan pemanfaatan yang merusak. Kepiting bakau (*Scylla serrata*) merupakan salah satu sumberdaya yang terdapat dalam ekosistem mangrove, yang dapat dimanfaatkan untuk budidaya silvofishery. Pemanfaatan ini merupakan mata pencaharian alternatif bagi penduduk lokal dalam kawasan TNK agar dapat memenuhi kebutuhan hidupnya tanpa merusak hutan mangrove. Metode penelitian yang digunakan adalah analisis sistem dinamik dengan Powersim Studio 2005. Model pemanfaatan silvofishery kepiting bakau disusun dari 5 submodel, yaitu habitat mangrove, penangkapan kepiting, budidaya pembesaran kepiting, pasar, dan sosial. Hasil simulasi terhadap model dinamik, menunjukkan bahwa skenario optimistik memberikan kinerja model yang lebih berkelanjutan untuk pengelolaan hutan mangrove di TNK, bila dilakukan dengan pendekatan optimasi pemanfaatan sumberdaya *S. serrata*. Dengan silvofishery, diharapkan akan terjadi keseimbangan antara pemanfaatan dan kelestarian lingkungan hutan mangrove.

Kata kunci: hutan mangrove, kepiting bakau, model dinamik, pengelolaan, silvofishery.

Abstract

*The National Park Kutai (TNK) has ± 5,227 ha mangrove forest in along coastal beach. Therefore, almost 23% of mangrove forest was degraded caused by land conversion and utilization of damaged. Mud crab (*Scylla serrata*) is one of the resources in mangrove ecosystem, and it can be utilized for the cultivation silvofishery. The utilization of silvofishery was an alternative livelihood for the local resident in TNK areas that was not damaged their forest necessity. The method was performed using dynamic sistem analysis with Powersim Studio 2005 software. The model of silvofishery utilization mud crab prepared were 5 sub-models, such as mangrove habitat sub-model, catching mud crab sub-model, enlargement cultivation of mud crab sub-model, market sub-model and social sub-model. The simulation results showed that an optimistic of scenario performance model to sustainable for management of mangrove forest in TNK if it was conducted with optimization approached resources in utilization of *S. serrata*. With silvofishery, it was expected resulted a balance between utilization and conservation of mangrove ecosystems.*

Keywords: dynamic model, management, mangrove forest, mud crab, silvofishery.

PENDAHULUAN

Hutan mangrove merupakan habitat utama bagi kepiting (*Scylla serrata*). Populasi kepiting bakau secara khas berasosiasi dengan hutan mangrove yang masih baik, sehingga kehilangan habitat akan memberikan dampak yang serius pada populasi kepiting. Keberlanjutan pengembangan budidaya kepiting sangat memerlukan integrasi antara perikanan dengan pengelolaan mangrove. Status ekologi kepiting bakau yang berhubungan dengan biologi populasi dan pengelolaannya perlu dipahami untuk mendukung pengembangan dari perikanan dan budidaya kepiting bakau yang berkelanjutan (LeVay, 2001). Hasil penelitian

Muryani (2011) menyimpulkan bahwa penebangan liar dan alih fungsi hutan mangrove menjadi tambak merupakan faktor utama degradasi hutan mangrove di Pasuruan.

Untuk meminimalisasi kerusakan ekosistem mangrove diperlukan pengembangan model pengelolaan mangrove yang melibatkan masyarakat dalam kawasan tersebut, karena keberadaan masyarakat sekitar hutan mangrove sangat berpengaruh terhadap kelestarian ekosistem hutan mangrove. Peran serta masyarakat yang meluas dan tidak sekadar simbolik ternyata menunjukkan hasil yang baik yaitu produktivitas tercapai tanpa menyampingkan kepentingan kelestarian lingkungan dan eksistensi masyarakat lokal.

Kolaborasi dengan masyarakat lokal merupakan kebutuhan dan keharusan, karena tujuan produksi dan pelestarian dapat dicapai secara lebih efektif dan pada saat yang sama akan tercipta suatu mekanisme resolusi konflik yang interaktif dan dialogis (Anonim, 2002).

Model pengelolaan ekosistem mangrove di salah satu desa dalam kawasan Taman Nasional Kutai (TNK) sudah pernah diteliti oleh Gunawan dkk. (2005) yang melakukan penelitian tentang model pelestarian ekosistem mangrove di kawasan TNK oleh masyarakat dusun Teluk Lombok. Namun dalam penelitian tersebut model yang dihasilkan hanya berupa deskripsi tentang pelaksanaan pengelolaan mangrove yang telah rusak/dibuka di kawasan tersebut oleh masyarakat bersama dengan Lembaga Swadaya Masyarakat (LSM) Bikal.

Pada penelitian ini disusun model pengelolaan zona pemanfaatan hutan mangrove di kawasan TNK, yang berbasis pada pemanfaatan sumberdaya *S. serrata*, sebagai biota yang mempunyai keterkaitan habitat dengan hutan mangrove. Penelitian ini dilakukan secara komprehensif dengan pendekatan sistem dinamik yang didukung oleh data bioekologi kepiting bakau dan daya dukung lingkungan. Data bioekologi kepiting bakau dikumpulkan melalui pencatatan data hasil tangkapan selama 8 bulan. Data bioekologi ini digunakan secara menyeluruh melalui metode analisis sistem dinamik untuk menyusun rencana pengelolaan sumberdaya kepiting bakau. Hasil dari analisis sistem berupa model pengelolaan kepiting bakau, mempunyai karakter yang berbeda dengan kebijakan pengelolaan kepiting bakau di perairan

umum, karena memasukkan variabel aturan-aturan dalam pengelolaan kawasan konservasi.

Tujuan penelitian ini adalah merancang suatu skenario model pengelolaan sumberdaya *S. serrata* untuk pengelolaan hutan mangrove di TNK yang lebih berkelanjutan.

METODE PENELITIAN

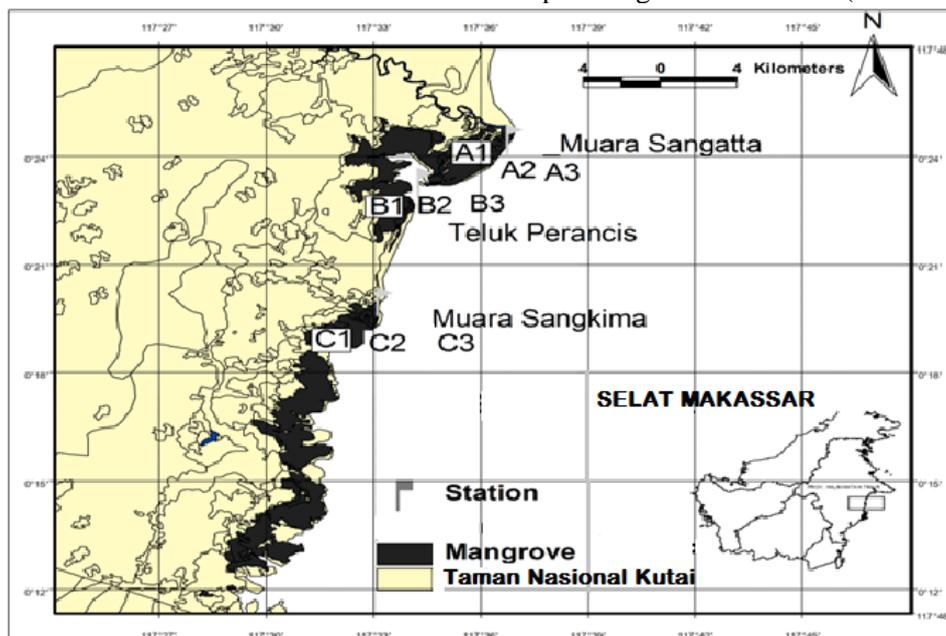
Waktu dan Lokasi

Penelitian dilakukan di kawasan mangrove di Taman Nasional Kutai (TNK) seluas 5 277.79 ha (Gambar 1). Waktu pengambilan data antara bulan Oktober 2009- Juni 2010.

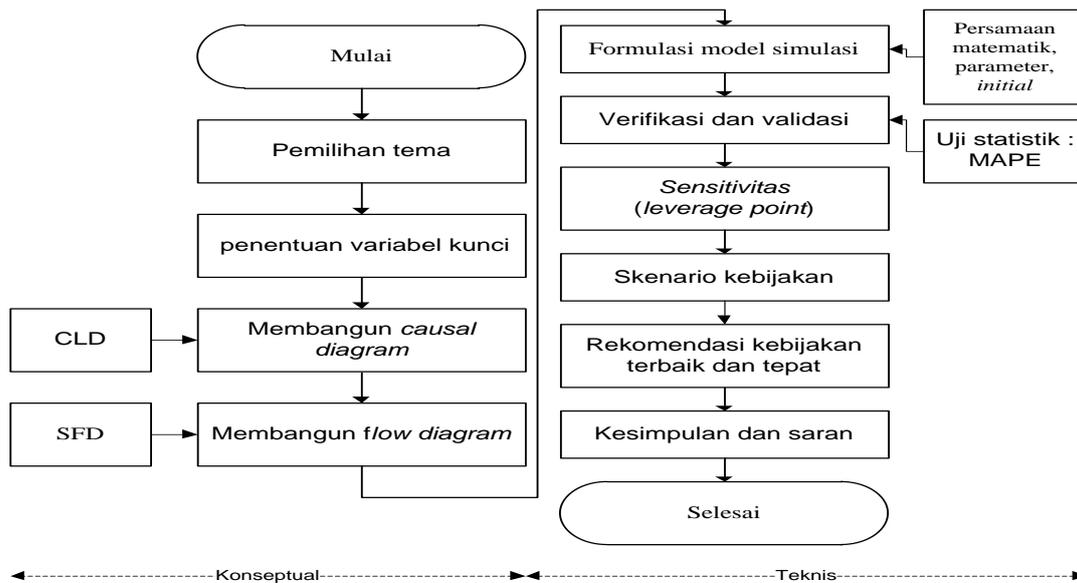
Prosedur

Penelitian diawali dengan menyusun model dinamik untuk pengelolaan *S. serrata*. Tahapan pemodelan diuraikan ke dalam dua bagian, yaitu aspek konseptual dan aspek teknis. Bagian konseptual merupakan masukan dari strukturisasi sistem yang telah difiltrasi. Alur pemodelan digambarkan pada Gambar 2.

Membangun struktur model untuk memudahkan secara visual bagi pengguna model dalam memahami dan menangkap hipotesis dinamis yang dimaksud dengan menggunakan diagram sebab akibat (*Causal Loop Diagram, CLD*). Secara konseptual, pada bagian awal bab ini telah dibangun CLD sistem pengelolaan kepiting bakau di TNK. Kemudian, struktur model dilanjutkan dengan membangun diagram alir dengan alat SFD untuk mengantarkan pada tahap simulasi. Sebelum membangun diagram alir, harus dipahami dahulu variabel atau parameter yang akan dijadikan *stock* (akumulasi) dan *flow* (aliran) yang dapat mengubah nilai *stock* (Ford 1999).



Gambar 1. Peta lokasi penelitian.



Gambar 2. Alur tahapan pemodelan pengelolaan *S. serrata*. (modifikasi Rohmatullah, 2008).

Tahap selanjutnya setelah pembuatan diagram *stock flow* (SFD) adalah memformulasikan diagram tersebut. Tahap formulasi model simulasi menggunakan alat bantu program komputer Powersim Studio 2005. Model simulasi harus sudah dilengkapi dengan persamaan matematis yang benar, parameter dan penentuan kondisi nilai awal (*initial*) agar dapat dijalankan (*run*). Powersim pertama kali menghitung nilai awal untuk mengukur *stock* dan aliran sebuah *flow*. Kemudian *flow* digunakan untuk memperbaharui *stock* tersebut. Nilai baru *stock* digunakan kembali untuk menghitung dan seterusnya seiring dengan perubahan waktu secara berulang.

Selanjutnya dibangun suatu diagram kausal dan diagram alir untuk model pengelolaan *S. serrata*. Model pengelolaan *S. serrata* disusun dari 5 submodel, yaitu submodel habitat mangrove, submodel penangkapan kepiting, submodel budidaya pembesaran kepiting, submodel pasar, dan submodel sosial.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Model Pengelolaan *S. serrata*

Model pengelolaan sumberdaya *S. serrata* dikembangkan melalui dinamika interkoneksi antar parameter kunci seiring dengan perubahan waktu dari sistem ekologi-ekonomi-sosial yang dikaji dalam penelitian ini. Konsep dasar perumusan model mengacu pada efek berantai, dimana terjadinya perubahan dalam parameter pengelolaan dapat mempengaruhi sistem keberlanjutan pengelolaan sumberdaya *S. serrata*.

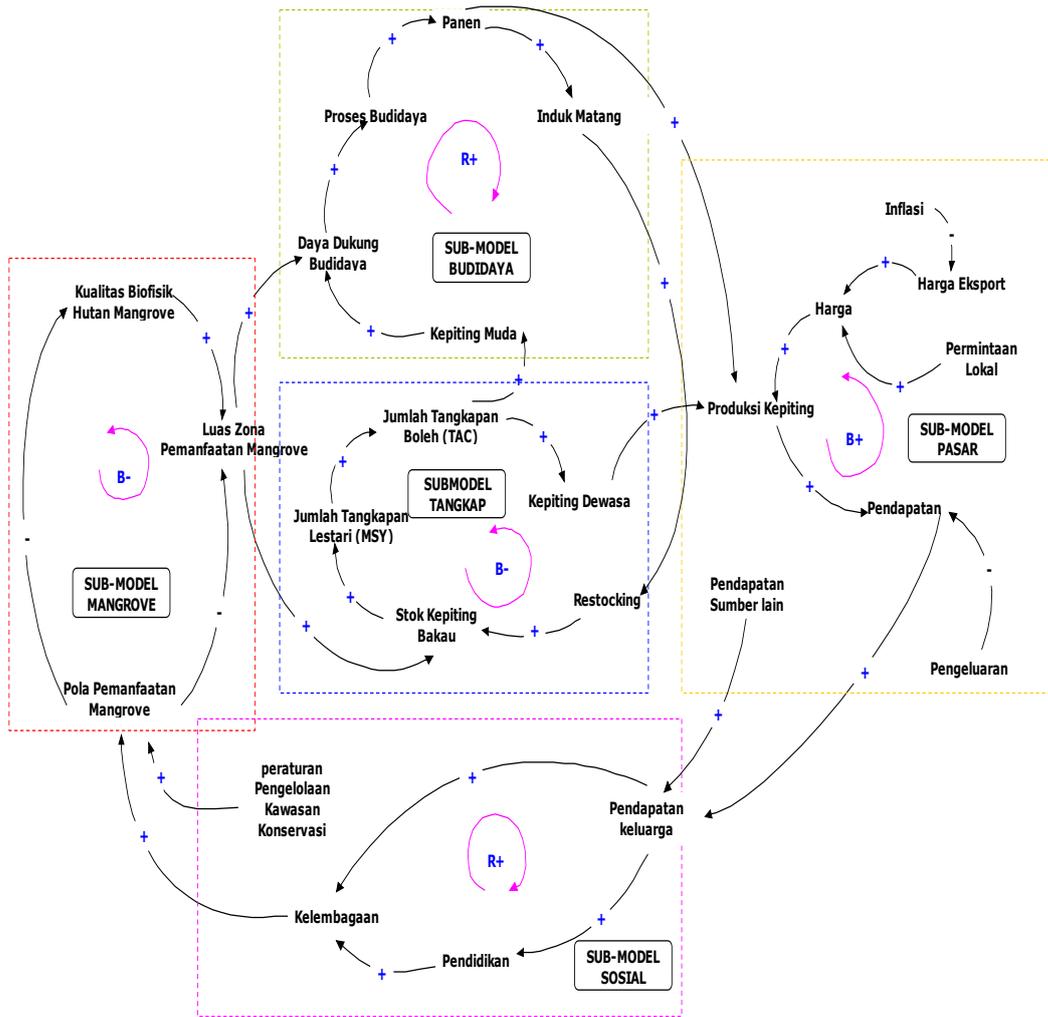
Perumusan dalam model yang dibangun didasarkan pada model matematika sederhana.

Perangkat lunak yang digunakan untuk merumuskan model yang dibangun dalam penelitian ini yakni Powersim Studio 2005. Selanjutnya model pengelolaan sumberdaya *S. serrata* ini disebut dengan model Crasyman (*Crab Silvofishery Management*).

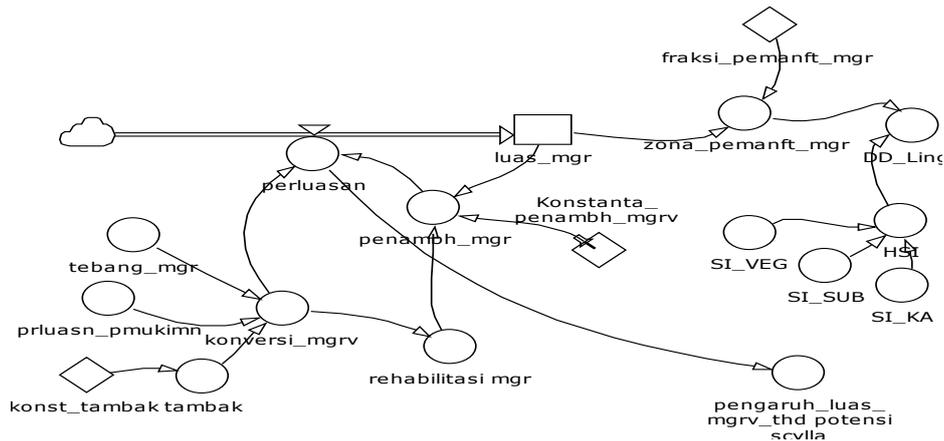
Langkah awal pengembangan model pengelolaan sumberdaya *S. serrata* di habitat mangrove TNK adalah merumuskan model secara matematis, lalu memasukkan nilai-nilai parameter yang diperoleh pada analisis sebelumnya ke dalam model yang dibangun dan terakhir dilakukan analisis model. Nilai-nilai atribut yang digunakan untuk membangun dan menganalisis model keberlanjutan pengelolaan sumberdaya *S. serrata* di habitat mangrove TNK disajikan pada Lampiran 1 dan diagram kausal model konseptual disajikan pada Gambar 3.

Submodel mangrove

Submodel mangrove menggambarkan dinamika meningkat/menurunnya luasan dan kualitas hutan mangrove di TNK. Submodel dibangun dari elemen luas mangrove, zona pemanfaatan mangrove, laju perluasan mangrove yang dipengaruhi oleh laju konversi dan laju penambahan luas mangrove, kondisi habitat yang mempengaruhi indeks kesesuaian lingkungannya (*Habitat Suitability Index*, HSI), dan pengaruh tingkat kesadaran lingkungan terhadap konversi mangrove. Semua peubah-peubah ini diformulasikan secara numerik menghasilkan diagram alir stok submodel mangrove seperti diperlihatkan pada Gambar 4.



Gambar 3. Diagram kausal model konseptual pemanfaatan kepiting bakau di kawasan mangrove TNK.



Gambar 4. Diagram alir stok (SFD) submodel habitat mangrove

Initial (luas awal) habitat mangrove ditentukan berdasarkan hasil analisis Citra Terra Aster Tahun 2005, yaitu seluas 5.277,779 ha. Adanya pemanfaatan mangrove untuk penggunaan lain, yaitu menjadi tambak, perluasan pemukiman, dan penebangan pohon mangrove, telah menyebabkan terjadi konversi mangrove. Untuk itu perlu adanya perbaikan pola pemanfaatan mangrove yang merusak (mengkonversi mangrove) agar laju

konversi ini dapat diturunkan, bahkan bila perlu tidak terjadi konversi mangrove lagi.

Kesadaran lingkungan dalam bentuk pengelolaan berbasis ekosistem yang diasumsikan semakin meningkat dengan adanya peningkatan pengetahuan melalui pendidikan formal, akan mempengaruhi pola pemanfaatan mangrove oleh masyarakat pembudidaya. Bila semula menggunakan mangrove untuk membuka tambak,

maka selanjutnya akan menggunakan mangrove sebagai lahan budidaya kepiting bakau, sehingga tidak perlu membuka mangrove lagi. Olsen dalam Anonim (2006) menyatakan pengelolaan berbasis ekosistem diharapkan terjadi perubahan perilaku, meliputi: perubahan perilaku pada kelembagaan dan kelompok stakeholder, perubahan perilaku sehubungan dengan efektivitas pemanfaatan sumberdaya, dan perubahan dalam strategi investasi.

Luas zona pemanfaatan mangrove merupakan implikasi dari kebijakan yang mengizinkan adanya pemanfaatan terbatas di kawasan Taman Nasional Kutai. Kebijakan ini dapat berupa persentase kawasan TN yang akan dialokasikan untuk pemanfaatan. Interfensi kebijakan ini sangat besar pengaruhnya dalam pola pemanfaatan mangrove, karena akan mempengaruhi besarnya daya dukung kawasan, pada penelitian ini daya dukung kawasan adalah untuk pemanfaatan budidaya *silvofishery*. *Silvofishery* menyediakan alternatif aktivitas ekonomi bagi rakyat pedesaan yang miskin dan hal itu mungkin dapat mengurangi tekanan ekologi terhadap hutan mangrove (Arifin, 2006).

Selain luasnya zona pemanfaatan, daya dukung budidaya *silvofishery* juga sangat dipengaruhi oleh kualitas lingkungan, yang digambarkan dengan HSI. HSI terdiri atas komponen-komponen: kualitas perairan, kualitas tekstur substrat, dan kualitas vegetasi. Bila kondisi lingkungan baik, maka HSI juga akan meningkat. Model HSI digunakan secara meluas sebagai alat dalam pengelolaan spesies, penilaian dampak ekologis, dan penelitian pemulihan ekologi (Van der Lee *dkk.* 2006).

Submodel Penangkapan *S. serrata*

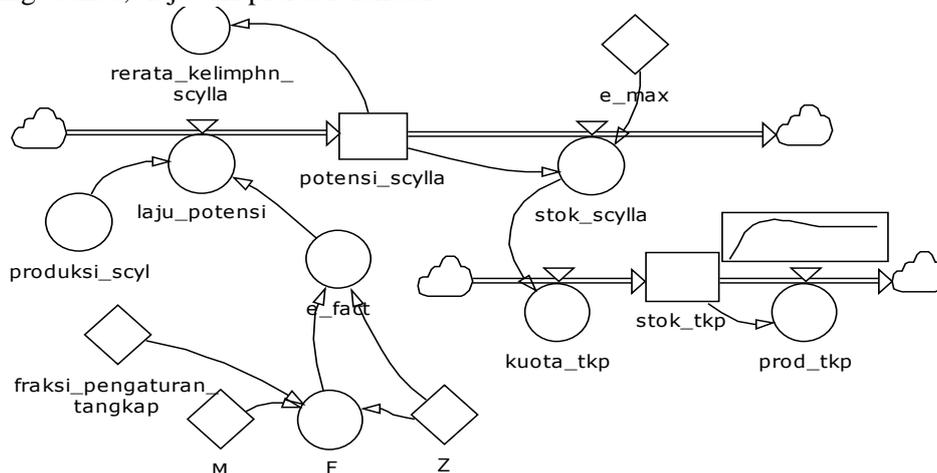
Submodel penangkapan *S. serrata* menggambarkan dinamika potensi stok *S. serrata* yang dapat dimanfaatkan untuk perikanan tangkap. Submodel dibangun oleh parameter potensi produksi kepiting bakau, laju eksploitasi faktual

dan laju eksploitasi maksimal, laju kematian alami, laju kematian karena penangkapan, stok *S. serrata* total, kuota tangkapan *S. serrata*, ukuran restok induk betina, pengaruh luas mangrove terhadap stok *S. serrata*. Informasi tentang parameter pertumbuhan merupakan hal yang mendasar dalam upaya pengelolaan sumberdaya perikanan. Alasannya adalah karena parameter tersebut dapat memberikan kontribusi dalam menduga produksi, ukuran stok rekrutmen, dan laju kematian (mortalitas) dari suatu populasi.

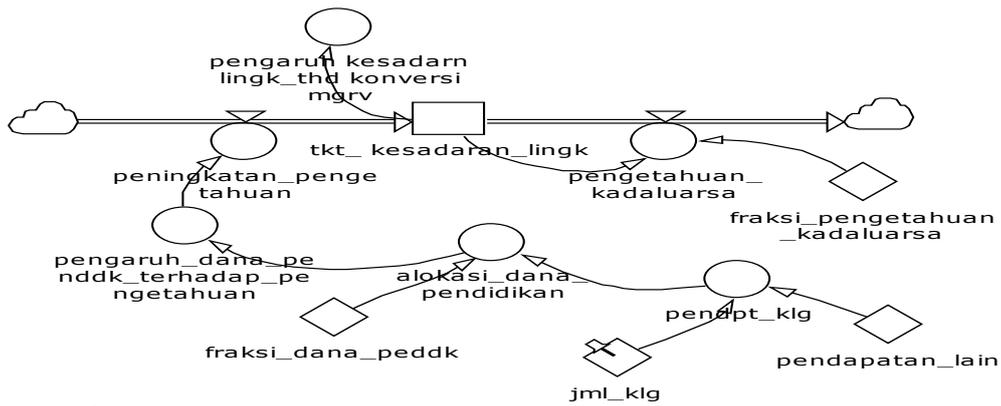
Analisis pertumbuhan, plot Ford-Walford untuk menduga parameter pertumbuhan L_{∞} dan K dari persamaan von Bertalanffy. Pendugaan laju eksploitasi *S. serrata* dilakukan dengan pendugaan laju mortalitas alami (Z) berdasarkan persamaan Beverton dan Holt. Nilai Z dan pendugaan laju mortalitas alami (M) digunakan untuk menduga kematian kepiting bakau akibat penangkapan (F) = $Z - M$. Selanjutnya laju eksploitasi kepiting bakau (E) dapat diduga dengan menggunakan persamaan: $E = F : Z$, nilai Yield per Rekrut (Y/R) untuk menentukan laju eksploitasi maksimal yang diijinkan (Sparre dan Venema, 1999). Diagram alir stok submodel penangkapan *S. serrata* disajikan pada Gambar 5.

Submodel Budidaya *Silvofishery S. serrata*

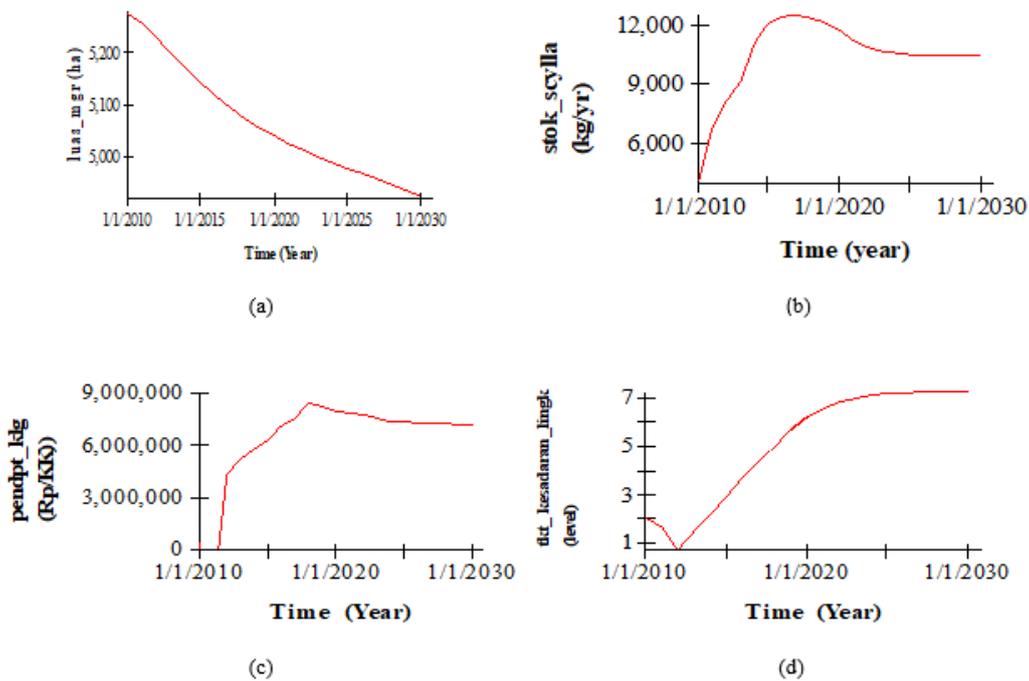
Submodel *silvofishery* terdiri atas elemen daya dukung lingkungan, jumlah unit karamba yang dapat dibangun, berlangsungnya proses budidaya yang dipengaruhi oleh biomassa dan *Survival Rate* (SR), elemen panen budidaya, restok induk yang dipengaruhi oleh besarnya fraksi restok, parameter-parameter input produksi yang meliputi biaya benih, tenaga kerja, dan pakan. Semua peubah-peubah ini berhubungan baik secara langsung maupun tidak langsung dan diformulasikan secara numerik menghasilkan diagram alir stok submodel budidaya *silvofishery S. serrata* (Gambar 6).



Gambar 5. Diagram alir stok submodel penangkapan *S. serrata*.



Gambar 8. Diagram alir stok submodel sosial pada pemanfaatan *S. serrata*.



Gambar 9. Hasil simulasi skenario dasar pengelolaan *S. serrata* di TNK berdasarkan skenario dasar untuk (a) luas mangrove, (b) stok *S. serrata*, (c) pendapatan keluarga dan (d) kesadaran lingkungan.

Analisis skenario dasar

Analisis skenario dasar (*base case scenario*) menguraikan perilaku sumberdaya yang digambarkan oleh parameter luas mangrove, stok *S. serrata*, panen budidaya *silvofishery*, peningkatan pendapatan dari *S. serrata*, berdasarkan kondisi nyata pada saat ini, hasil analisis terhadap skenario dasar dan simulasi kondisi sampai 20 tahun mendatang (tahun 2010-2030) disajikan pada Gambar 9.

Gambar 9 menunjukkan bahwa berdasarkan data riil yang disimulasikan hingga 20 tahun ke depan, luasan mangrove cenderung terus menurun. Sementara itu, stok *S. serrata* masih ada kemungkinan untuk meningkat hingga sekitar tahun 2018, namun setelah itu akan cenderung menurun. Data statistik Dinas Kelautan Kabupaten Kutai Timur menunjukkan hasil tangkapan kepiting bakau secara umum (4 spesies) masih terus meningkat, yaitu pada tahun 2006 sebesar 11,4 ton hingga

tahun 2008 menjadi 12,1 ton. Namun demikian penurunan luasan mangrove dan penangkapan kepiting bakau yang tidak terkendali diperkirakan dapat menurunkan stok *S. serrata* setelah tahun 2018 ke depan. Penurunan stok *S. serrata* ini berpengaruh secara langsung terhadap peningkatan pendapatan masyarakat nelayan, yang juga ikut menurun karena hasil tangkapan menurun. Dengan demikian dapat dikatakan bila menggunakan skenario dasar, maka pengelolaan sumberdaya di hutan mangrove TNK tidak akan berkelanjutan, baik bagi sumberdaya vegetasi hutan maupun bagi sumberdaya kepiting bakau (*S. serrata*).

Luas awal habitat mangrove ditentukan dari hasil analisis Citra Terra Aster Tahun 2005, yaitu seluas 5 277 ha, Hasil simulasi menggunakan skenario dasar menunjukkan pada tahun 2030 diperkirakan luas mangrove tersebut tersisa 4 926.28 ha.

Produksi yang diperoleh pada tahun 2008 pada tingkat eksploitasi faktual 0.556 adalah sebesar 6 800 kg/th. Sehingga potensi *S. serrata* di habitat mangrove TNK pada tahun 2030 diduga sebesar 22 192.43 kg/th. Potensi *S. serrata* ini merupakan penurunan dari potensi yang semula sebesar 27 374.13 kg/th. Namun, potensi ini dapat berubah dengan adanya masukan induk dari restocking budidaya *silvofishery*, sehingga dalam perhitungan potensi dimasukkan juga input restok induk betina dan pengaruh dari penambahan luas area mangrove.

Identifikasi parameter kunci

Hasil simulasi kinerja model sistem menunjukkan bahwa sistem saat ini memberikan ancaman bagi kelestarian habitat mangrove dan keberlanjutan sumberdaya *S. serrata* yang ada di dalamnya. Oleh karena itu perlu dirumuskan suatu skenario strategi yang dapat mengendalikan pola pemanfaatan yang merusak habitat mangrove di TNK.

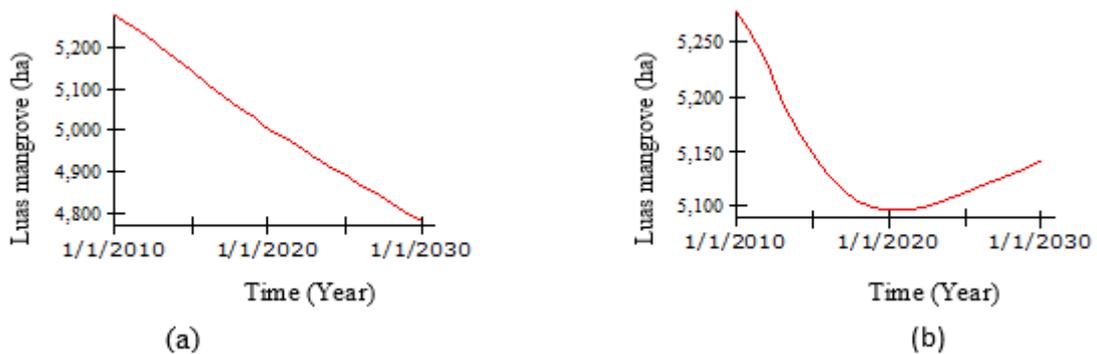
Uji sensitivitas dilakukan untuk memilih parameter kunci, yang berpengaruh besar terhadap berbagai kemungkinan yang akan terjadi di masa yang akan datang. Uji sensitivitas model pada penelitian ini menggunakan parameter yang berpengaruh tinggi terhadap kinerja sistem, yaitu fraksi zona pemanfaatan mangrove (submodel mangrove), fraksi stok untuk benih budidaya (submodel penangkapan), fraksi alokasi dana pendidikan (submodel sosial), dan harga *S. serrata* (submodel ekonomi).

Metode yang dipakai untuk melihat kepekaan parameter tersebut dengan *best-worst case scenario* (Serman, 2000). Setiap perubahan parameter, dalam hal ini dinaikkan (diturunkan) sebesar 10% dari nilai parameter skenario dasar, akan dilihat responnya terhadap perubahan parameter utama. Bila terbukti perubahan pada parameter tersebut mengakibatkan perubahan yang nyata pada parameter lain, maka parameter-parameter tersebut akan dianggap sebagai parameter kunci (*key variable*). Gambar 10 merupakan grafik hasil uji sensitivitas dari simulasi Powersim. Yuniarsih (2014) pada penelitiannya juga melakukan simulasi pada rentang sepuluh tahun (2011-2021) sesuai kondisi saat ini dari masing-masing variabel kunci.

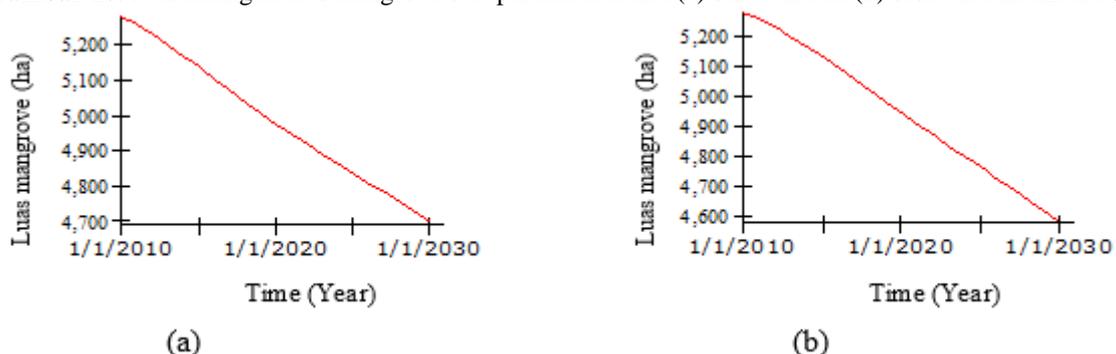
Peningkatan luas mangrove pada tahun 2020 saat variabel kunci dinaikkan 10%. Ditampilkam dalam Gambar 10. Untuk Gambar 11 menunjukkan bila variabel kunci diturunkan 10% maka luas mangrove yang tersisa pada tahun 2030 tinggal 4 580.75 ha, menurun dari skenario dasar semula seluas 4 926.28 ha.

Berdasarkan hasil uji sensitivitas tersebut, maka parameter fraksi zona pemanfaatan mangrove, fraksi stok untuk benih budidaya, fraksi alokasi dana pendidikan, dan harga *S. serrata*, digunakan sebagai parameter yang akan diintervensi sebagai faktor yang berpengaruh pada kondisi yang akan terjadi di masa depan.

Deskripsi dari masing-masing parameter kunci dan hubungan interkoneksinya dengan parameter yang lain adalah sebagai berikut:



Gambar 10. Perbandingan luas mangrove saat parameter kunci (a) sebelum dan (b) sesudah dinaikkan 10%



Gambar 11. Perbandingan luas mangrove saat parameter kunci (a) sebelum dan (b) sesudah diturunkan 10%.

Tabel 1. Keterkaitan antar parameter dan kondisi (*state*) untuk skenario kebijakan.

| No | Faktor | Kondisi di masa mendatang | | |
|----|--|---------------------------|--|---|
| 1 | Fraksi zona pemanfaatan | 1A 0% | 1B 20 % | 1C 40% |
| | Tidak ada zona pemanfaatan, seperti kondisi saat ini | | Sesuai teori yang berlaku di kalangan akademisi saat ini | Terjadi peningkatan karena kebutuhan SDA lebih besar, sehingga ada kebijakan peningkatan luas zona pemanfaatan mangrove |
| 2 | Fraksi stok untuk benih budidaya | 2A 0 % | 2B 40% | 2C 60% |
| | Tidak ada stok untuk silvofishery | | Peningkatan fraksi untuk budidaya | Lebih diutamakan stok untuk benih budidaya, karena lebih menguntungkan |
| 3 | Fraksi alokasi dana pendidikan | 3A 10% | 3B 15% | 3C 20% |
| | Alokasi menurun karena pendapatan berkurang | | Tetap seperti saat ini | Pendapatan yang diperoleh dari pemanfaatan <i>S. serrata</i> meningkat |
| 4 | Harga <i>S. serrata</i> | 4A Menurun | 4B tetap | 4C Meningkat |
| | Preferensi konsumen menurun | | Tetap seperti kondisi saat ini | Peningkatan permintaan konsumen |

- a) Fraksi zona pemanfaatan mangrove adalah kebijakan yang mengatur berapa bagian dari luas mangrove seluruhnya yang dapat digunakan untuk zona pemanfaatan. Dahuri (2003) mengusulkan 20% dari kawasan yang dilindungi dapat digunakan untuk pemanfaatan yang berkelanjutan. Kebijakan ini dapat dilakukan melalui peraturan perundangan.
- b) Fraksi stok untuk benih budidaya adalah pembagian dari stok *S. serrata* total yang digunakan untuk keperluan budidaya. Bagian yang lain adalah stok *S. serrata* yang dimanfaatkan untuk perikanan tangkap konsumsi (langsung jual). Fraksi stok ini dapat diatur pembagiannya dalam kebijakan kuota perikanan tangkap.
- c) Fraksi alokasi dana pendidikan adalah bagian dari pendapatan keluarga yang dialokasikan untuk biaya pendidikan. Umumnya pada keluarga nelayan bagian ini rendah sekali, tidak mencapai 10% dari pendapatan.
- d) Harga *S. serrata* yang digunakan disini adalah harga *S. serrata* untuk pasar ekspor.

Skenario kebijakan pemanfaatan sumberdaya *S. serrata* disusun berdasarkan perkiraan kondisi yang akan terjadi di masa depan. Tabel 1 menyajikan keterkaitan antara parameter kebijakan dengan perkiraan kondisi yang akan terjadi di masa depan. Selanjutnya dari masing-masing kondisi tersebut dilakukan kombinasi yang mungkin terjadi antar berbagai kondisi tersebut. Kombinasi-kombinasi tersebut disusun untuk memperoleh tiga bentuk skenario, yaitu: skenario optimistik, skenario moderat, dan skenario pesimistik (Tabel 2).

Tabel 2. Skenario dan kombinasi antar faktor dan kondisi.

| No. | Skenario | Kombinasi kondisi parameter |
|-----|------------|-----------------------------|
| 1 | Pesimistik | 1A, 2A, 3B, 4A |
| 2 | Moderat | 1B, 2B, 3B, 4C |
| 3 | Optimistik | 1C, 2C, 3C, 4C |

Jenis skenario untuk kebijakan pemanfaatan kepiting bakau *S. serrata* di habitat mangrove TNK yang dapat disusun lebih dari tiga kombinasi. Namun untuk mencari kondisi yang optimal dari berbagai kondisi, ketiga kombinasi tersebut dipilih sebagai kemungkinan yang paling besar terjadi di masa depan.

Skenario Pesimistik

Penerapan skenario pesimistis akan memberikan implikasi terhadap sumberdaya sebagai berikut:

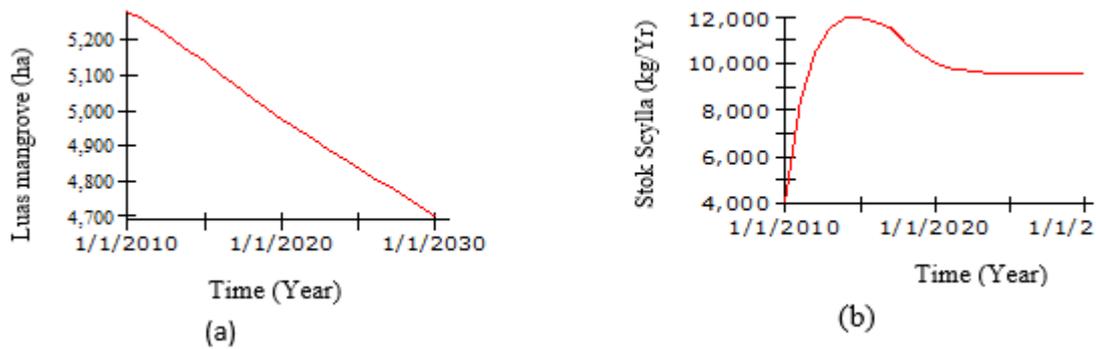
- 1) Terjadi penurunan luas mangrove, hingga tahun 2030 mangrove yang tersisa seluas 4 554 ha;
- 2) Terjadi penurunan stok *S. serrata* menjadi 9 519,93 kg/th pada tahun 2030.

Grafik hasil simulasi skenario pesimistik disajikan pada Gambar 12.

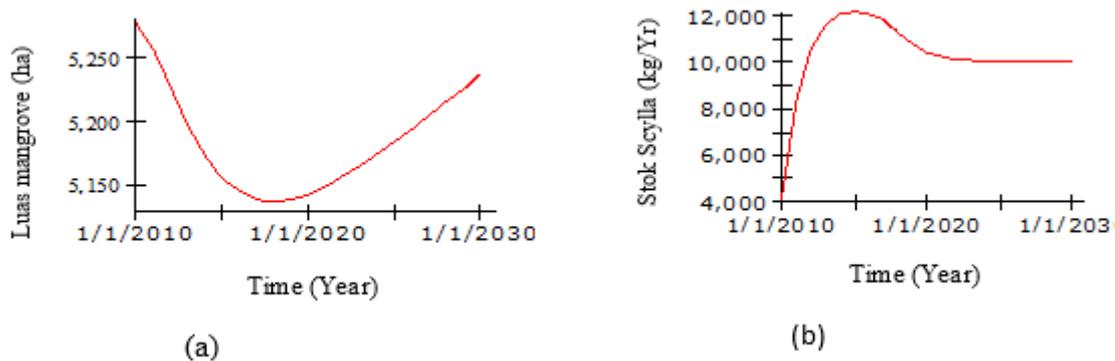
Skenario Moderat

Penerapan skenario moderat akan memberikan implikasi terhadap sumberdaya sebagai berikut:

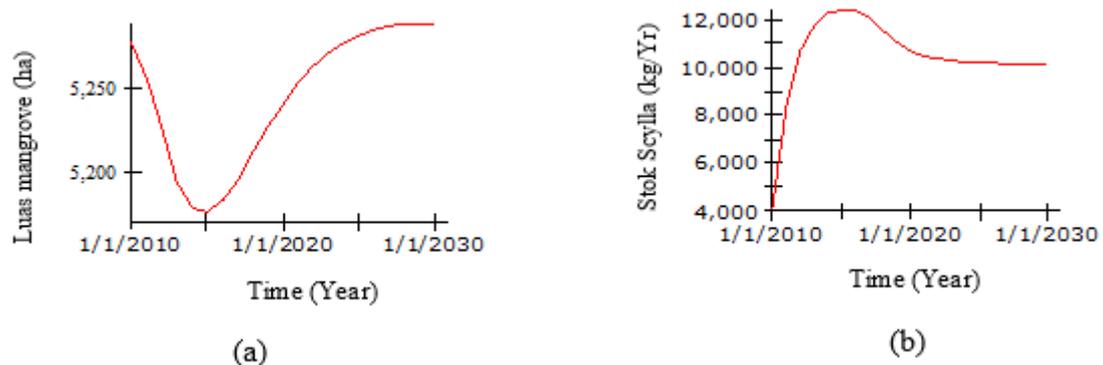
- 1) Mangrove yang awalnya seluas 5 277.79 ha tahun 2010, mengalami penurunan luas hingga 5 134.56 ha pada tahun 2018, namun setelah itu terjadi peningkatan lagi hingga menjadi seluas 5 236.33 ha tahun 2030;



Gambar 12. Grafik hasil simulasi skenario pesimistik terkait (a) luas mangrove dan (b) stok Scylla



Gambar 13. Grafik hasil simulasi skenario moderat terkait (a) luas mangrove dan (b) stok Scylla



Gambar 14. Grafik hasil simulasi skenario optimistik terkait (a) luas mangrove dan (b) stok Scylla

- 2) Terjadi penurunan stok *S. serrata* menjadi 10 030,98 kg/th pada tahun 2030, namun penurunan ini masih lebih lambat dibanding pada skenario pesimistik. Grafik hasil simulasi skenario moderat disajikan pada Gambar 13.

Skenario Optimistik

Penerapan skenario optimistik akan memberikan implikasi terhadap sumberdaya sebagai berikut:

- 1) Mangrove mengalami penurunan luas hingga 5 175.42 ha pada tahun 2018, namun setelah itu terjadi peningkatan lagi hingga menjadi seluas 5 288.05 ha tahun 2030, dan menjadi stagnan;
- 2) Terjadi penurunan stok *S. serrata* menjadi 10 124.32 kg/th pada tahun 2030, penurunan ini lebih lambat dibanding penurunan pada skenario moderat.

Grafik hasil simulasi skenario optimistik disajikan pada Gambar 14.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi model pengelolaan sumberdaya *S. serrata* dengan tiga skenario pesimistik, moderat, dan optimistik, implikasi menunjukkan bahwa skenario optimistik menunjukkan kinerja model yang lebih berkelanjutan untuk pengelolaan hutan mangrove di TNK bila dilakukan dengan pendekatan optimasi pemanfaatan sumberdaya *S. serrata*.

Model pengelolaan ini dibangun dengan keterbatasan data, terutama yang berkaitan dengan budidaya *silvofishery*. Adanya data series yang cukup banyak diharapkan dapat memperbaiki validasi dan kinerja model pengelolaan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2002. *Membangun Kembali Upaya Mengelola Kawasan Konservasi di Indonesia Melalui Manajemen Kolaboratif: Prinsip, Kerangka Kerja dan Panduan Implementasi*. Naskah kerja teknis. PHKA-Dephut, NRM/EPIQ, WWF, Wallacea, TNC. NRM/EPIQ. Jakarta.
- Anonim, 2006. *Ecosystem-Based Management: Markers for Assessing Progress*. United Nations Environment Programme (UNEP), Global Programme of Action for the Protection of the Marine Environment from Land-based Activities (GPA). The Hague.
- Arifin, Z., 2006. *Carrying Capacity Assessment on Mangrove Forest with Special Emphasize on Mud Crab Silvofishery System: A Case Studi in Tanjung Jabung Timur District Jambi Province*. [Thesis]. Post Graduate School. Bogor Agricultural University, Bogor.
- Dahuri, R., Rais, J., Ginting, S.P., dan Sitepu, M.J., 2001. *Pengelolaan Sumberdaya Pesisir dan Lautan Secara Terpadu*, cetakan kedua. Pradnya Paramita. Jakarta. 326 p.
- Ford, A., 1999. *Modeling the Environment, An Introduction to System Dynamics Models of Environmental Systems*. Island Press. Washington DC.
- Gunawan, W., Adinugroho, W.C., dan Noorcahyati, 2005. *Model Pelestarian Ekosistem Mangrove Di Kawasan Taman Nasional Kutai oleh Masyarakat Dusun Teluk Lombok*. Loka Litbang Satwa Primata, Badan Litbang Kehutanan, Departemen Kehutanan.
- Le Vay, L., 2001. Ecology and Management of Mud Crab *Scylla* spp. *Asian Fisheries Science*, 14:101-111.
- Muryani, C., Ahmad, Nugraha, S., dan Utami, T., 2011. Model Pemberdayaan Masyarakat dalam Pengelolaan dan Pelestarian Hutan Mangrove di Pantai Pasuruan Jawa Timur. *J. Manusia & Lingkungan*, 18(2):75-84
- Rohmatulloh, 2008. *Studi Dinamika Sistem Penilaian Kinerja Pabrik Gula : Kasus PT PG Rajawali II Unit PG Subang Jawa Barat*. [Tesis]. Sekolah Pascasarjana IPB. Bogor.
- Sparre, P., dan Venema, S.C., 1999. *Introduksi Pengkajian Stok Ikan Tropis*. Organisasi Pangan dan Pertanian (FAO), PBB. Puslitbangkan. Indonesia.
- Sterman, J.D., 2000. *Business Dynamics : System Thinking and Modeling for A Complex World*. Irwin McGraw-Hill, Boston.
- Trinõo AT, EM Rodriguez. 2002. Pen Culture of Mud Crab *Scylla serrata* in Tidal Flats Reforested with Mangrove Trees. Elsevier, *Journal Aquaculture*, 211:125–134.
- Van der Lee GEM., DT Van der Molen, HFP Van den Boogaard, H Van der Klis. 2006. Uncertainty Analysis of A Spatial Habitat Suitability Model and Implications for Ecological Management of Water Bodies. *Landscape Ecology* 21:1019–1032
- Warner, G.F., 1977. *The Biologi of Carbs*. Eleck Science, London.
- Yuniarsih, A., Marsono, D., Pudyatmoko, S., dan Sadono, R., 2014. Pemodelan Sistem Pengusahaan Wisata Alam di Taman Nasional Gunung Ciremai, Jawa Barat. *J. Manusia & Lingkungan*, 21(2):220-231.