

SISTEM DINAMIK PENGARUH BUDIDAYA RUMPUT LAUT DAN JUMLAH PENDUDUK TERHADAP DEGRADASI TERUMBU KARANG (STUDI KASUS PULAU POTERAN – MADURA)

oleh:

Agus Romadhon

Prodi Ilmu Kelautan Universitas Trunojoyo Madura

email: aromadhon46@gmail.com

PENDAHULUAN

Terumbu karang merupakan salah satu potensi sumberdaya yang dimiliki oleh ekosistem pulau kecil. Pada pulau Madura, terutama di kawasan pulau pulau kecil, budidaya rumput laut dilakukan dengan beberapa alasan yaitu (1) di beberapa tempat di perairan Pulau Madura sebelah timur mempunyai potensi yang sangat cocok untuk budidaya rumput laut, (2) usaha budidaya rumput laut tidak terlalu sulit pemeliharaannya dan dapat dilakukan oleh setiap nelayan, (3) usaha budidaya rumput laut memperluas kesempatan berusaha dan membuka lapangan kerja yang pada gilirannya meningkatkan pendapatan masyarakat, terutama masyarakat nelayan, (4) komoditi rumput laut mempunyai peluang pasar yang sangat bagus di pasar luar negeri sebagai bahan baku industri pengolahan, (5) sumbangan rumput laut cukup besar terhadap total pendapatan daerah Kabupaten Sumenep, sebagai wilayah administratif dari Pulau Poteran sehingga memberikan peran dalam meningkatkan Pendapatan Asli Daerah (PAD) dan (6) sebagai salah satu alternatif bagi masyarakat untuk memberikan kontribusi dalam upaya pengembangan Pulau Poteran, utamanya yang secara ekonomi termarjinalkan.

Dalam perkembangannya terjadi berbagai permasalahan karena Pulau Poteran yang luasnya sekitar 4.814,40 hektar merupakan kawasan yang alokasi peruntukannya oleh pemerintah pusat sebagai Kawasan pengembangan, yang berarti dominan diperuntukkan sebagai kawasan pengembangan rumput laut dan pariwisata yang harus dijaga keberlanjutannya. Akan tetapi Pulau Poteran sebagai pulau – pulau kecil memiliki sejumlah keterbatasan untuk mentoleri sejumlah kegiatan pengembangan yang akan dilakukan (*carrying capacity*). Selain itu, meningkatnya jumlah penduduk dan pembangunan di kawasan tersebut menyebabkan terjadinya tekanan terhadap sumberdaya yang ada semakin berat.

Salah satu dampak langsung yang ditimbulkan pada kawasan pengembangan Pulau Poteran adalah terjadinya degradasi tutupan terumbu karang yang merupakan obyek wisata utama. Berdasarkan klasifikasi tipe/formasi terumbu karang, formasi yang ditemukan di kawasan tersebut termasuk terumbu karang tepi (*fringing reefs*). Berdasarkan data pada Kecamatan Talango Dalam Angka (2004), luas potensi terumbu karang yang terdapat di Pulau Poteran kurang lebih 448,763 ha. Secara umum ditemukan bahwa nilai persen penutupan biota karang, kondisinya buruk sampai memuaskan (0-100%), yang terdistribusi pada sembilan stasiun pengamatan yang telah dilakukan. Secara vertikal kondisi persen tutupan biota karang di semua stasiun pengamatan memiliki pola yang sama, dimana kondisi yang baik rata-rata ditemukan pada kedalaman 20 hingga 40 feet. Menurut Dahuri *et al.* (2001), menyatakan bahwa terjadinya berbagai perubahan tutupan ekosistem terumbu karang serta perubahan biota yang berasosiasi dengan terumbu karang

tersebut dipengaruhi oleh berbagai hal seperti : aliran air tawar, beban sedimen, suhu ekstrim, polusi, dan berbagai aktivitas manusia.

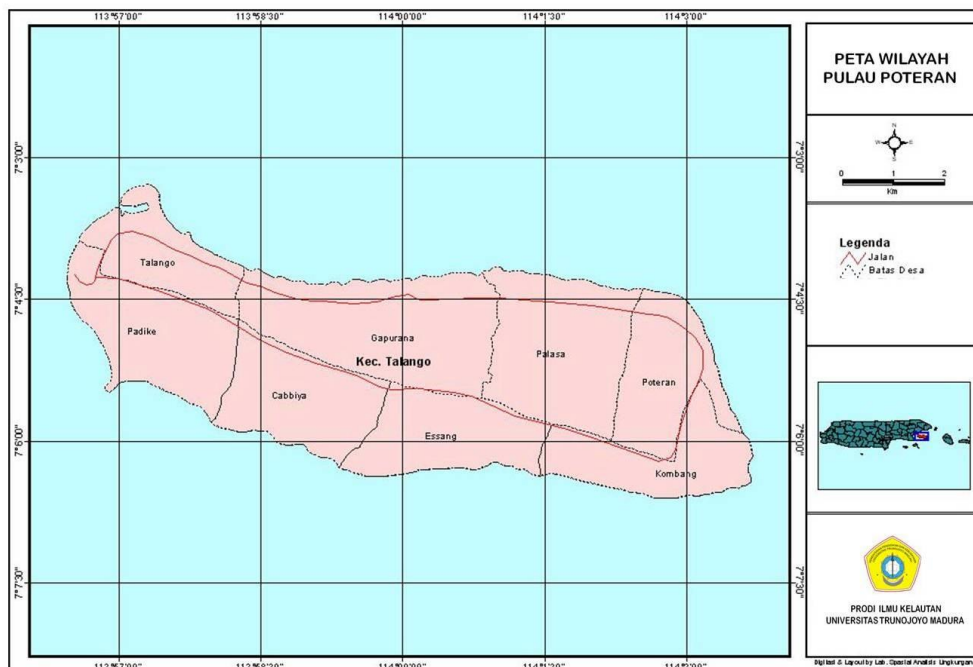
Berdasarkan pada uraian di atas, maka untuk mengetahui keterkaitan antara beberapa komponen yang terlibat dalam kaitannya dengan pengembangan budidaya rumput laut dan pengembangan kegiatan pariwisata bahari di Pulau Poteran terhadap degradasi tutupan terumbu karang, maka diperlukan suatu metode analisis untuk mengetahui seberapa besar pengaruh kegiatan yang ada melalui analisis sistem dan pemodelan dengan melakukan simulasi.

Adapun tujuan dalam penyusunan dan pemodelan sistem simulasi ini adalah sebagai berikut :

1. Melakukan pemodelan simulasi dalam suatu sistem, serta komponen-komponen yang terkait dalam sistem yang memberikan dampak terhadap persentase dinamika tutupan terumbu karang.
2. Sebagai variabel keputusan (*Decision Variable*) dengan kegiatan pengembangan rumput laut dan perkembangan jumlah penduduk serta pengembangan pariwisata sebagai variabel indikator.

METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan di Pulau Poteran, Kecamatan Talango mulai bulan Agustus sampai Oktober 2014. Secara administratif lokasi penelitian berada dalam Kecamatan Talango, Kabupaten Sumenep, Propinsi Jawa Timur. terletak pada perairan Selat Madura pada garis bujur antara $7,04^{\circ}$ – $7,12^{\circ}$ BT dan $113,92^{\circ}$ – $114,08^{\circ}$ LS.



Untuk dapat membuat suatu pemodelan tentang hubungan antar terumbu karang, budidaya rumput laut dan perkembangan jumlah penduduk, diperlukan sejumlah data pendukung baik, berupa data primer ataupun data sekunder. Adapun data dan informasi yang diperlukan ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data dan informasi yang diperlukan

Data	Informasi
Kondisi fisik wilayah yang meliputi letak topografi, tata guna lahan dan kesesuaian lahan	Keragaan sosial ekonomi dan demografi masyarakat yang ada di Pulau Poteran
Pemasaran komoditas rumput laut yang meliputi berbagai produk yang dihasilkan, sarana produksi, kegiatan pengolahan, kegiatan pemasaran, pelaku pemasaran dan struktur permintaan pasar produk.	Kebijakan dan peraturan perundangan yang terkait dengan pengembangan wilayah pulau Poteran.
Jumlah dan jenis serta kondisi fasilitas sarana dan prasarana.	
Tingkat perkembangan jumlah penduduk	

Teknik dan Metode

Teknik yang digunakan

Berupa teknik simulasi hubungan keterkaitan antara pengembangan rumput laut dan bertambahnya jumlah penduduk terhadap persentase tutupan terumbu karang di kawasan Pulau Poteran digunakan *software I Think* serta berbagai literatur lainnya.

Metode

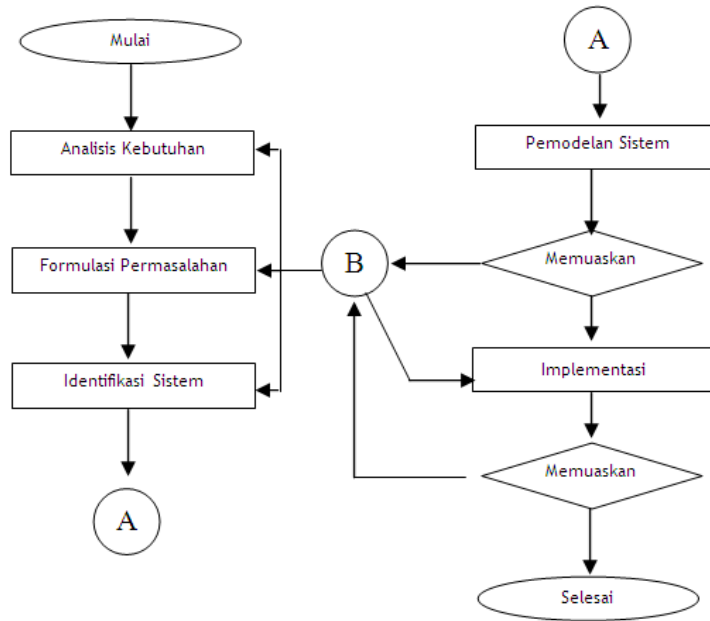
Berdasarkan pada sistem dan pemodelan yang akan dibangun, maka perlu dilakukan identifikasi terhadap komponen-komponen yang terlibat. Sebuah model merupakan suatu ABSTRAKsi dari realitas. Ini merupakan deskripsi formal dari elemen-elemen penting pada suatu masalah. Suatu perencanaan merupakan sebuah realita permasalahan dan oleh karena itu dapat dimodelkan. Lebih lanjut, elemen-elemen penting dari suatu masalah tersebut merupakan hal yang melalui model maka sistem dapat dipelajari atau diperkirakan dari waktu ke waktu dalam suatu proses yang disebut simulasi.

Berbagai komponen yang sudah teridentifikasi kemudian dimasukkan ke dalam model yang mempresentasikan sistem yang sebenarnya yang sedang diamati. Selain itu juga diidentifikasi keterkaitan dari tiap komponen tersebut kemudian dipresentasikan dalam bentuk diagram.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa sistem didasarkan pada penentuan informasi yang terperinci yang dihasilkan selama tahap demi tahap proses. Bila mungkin hal ini dikembangkan mejadi suatu pernyataan tentang bagaimana system harus bekerja agar memenuhi kebutuhan yang telah ditentukan dimana jumlah output yang spesifik dapat ditentukan serta kriteria jalannya system yang spesifik agar mencapai suatu optimasi. (Hall and Day, 1977; Jeffers, 1978)

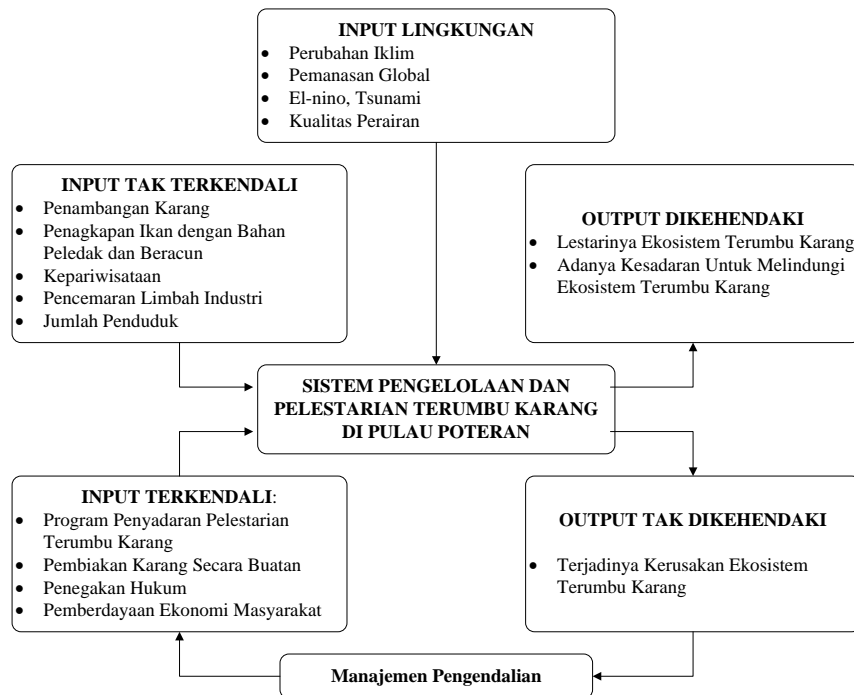
Tahapan Analisa Sistem meliputi : kebutuhan dasar, analisa kebutuhan, persyaratan kebutuhan, formulasi kebutuhan, identifikasi system, input output serta rekayasa awal model dan diagram alir diskriptif



Gambar 2. Tahapan analisa sistem

Identifikasi Sistem

Identifikasi sistem bertujuan untuk memberikan gambaran terhadap sistem yang dikaji dalam bentuk diagram antara komponen masukan (input) dengan sistem lingkungan dimana sistem ini menghasilkan suatu keluaran (output) baik yang diharapkan maupun yang tidak diharapkan. Keterkaitan antar komponen dalam sistem perlu dibuat untuk mengarahkan pada pembentukan model kuantitatif dalam bentuk diagram sebab akibat. (Marimin, 2004)



Gambar 3. Simplifikasi diagram kotak gelap sistem pelestarian terumbu karang

Pemodelan Sistem

Model yang akan dikembangkan terdiri dari tiga sub model yaitu, budidaya rumput laut, tutupan terumbu karang dan populasi penduduk.

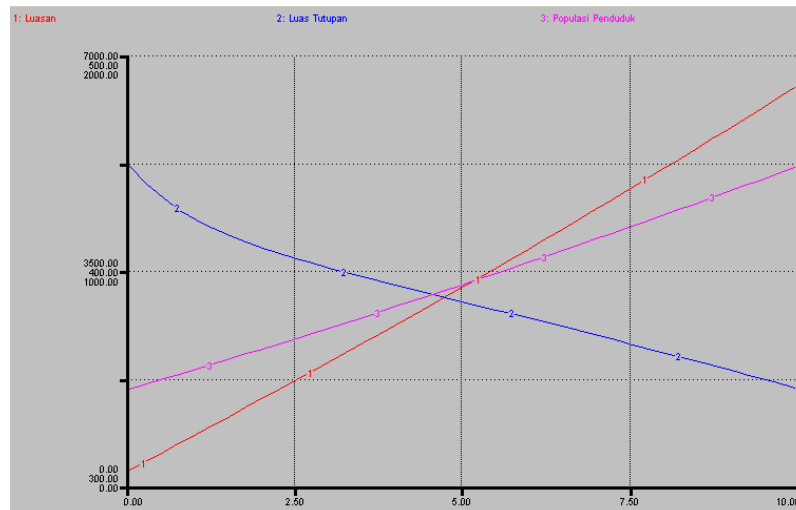
Tabel 2. Sub model yang digunakan dalam pemodelan

Sub Model Budidaya rumput laut	Sub Model Tutupan Terumbu Karang	Sub Model Populasi Penduduk
Pertumbuhan rumput laut	Artifisial	Laju pertumbuhan
Kesesuaian habitat/perairan	Kejernihan air	Imigrasi
Kejernihan Perairan	Konservasi Terumbu karang	Natalitas
Pencemaran lingkungan dan bencana alam	Penambangan karang	Emigrasi
Mati alami	Pencemaran	Laju mortalitas
Gelombang	Sedimentasi	Mortalitas
Arus dan Pasut	Reklamasi	
Kompetitor		
Penyakit		

Berdasarkan pada deskripsi model di atas, maka terjadinya degradasi persentase tutupan terumbu karang merupakan variabel keputusan, dimana setiap adanya perubahan akan diidentifikasi melalui variabel indikator yaitu berupa kegiatan pengembangan rumput laut serta perubahan jumlah penduduk dan komponen lainnya yang terkait.

Model Simulasi skenario I (Kondisi Awal, *Existing*)

Berdasarkan pada hasil simulasi 10 tahun tentang kondisi awal (*existing*) periode 2004 – 2013 yang menggambarkan hubungan antara sub sistem pengembangan rumput laut, sub sistem penambahan penduduk, dan sub sistem degradasi tutupan terumbu karang di kawasan Pulau Poteran, maka secara grafis dan trend perkembangannya dapat di lihat masing-masing pada Gambar 4. dan pada Tabel 3 berikut ini.



Gambar 4 Hasil simulasi 10 tahun yang mempresentasikan (1) pengembangan luas areal rumput laut, (2) persentase luas tutupan terumbu karang, dan (3) jumlah penduduk di kawasan Pulau Poteran

Tabel 4. Hasil simulasi 10 tahun sub sistem pengembangan luas areal rumput laut, jumlah penduduk, dan persentase tutupan terumbu karang di kawasan Pulau Poteran

Tahun	Luas areal Rumput Laut	Luas Tutupan Terumbu Karang	Penduduk
2004	252.46	448.76	2,527.00
2005	350.33	462.83	2,669.93
2006	449.45	462.59	2,816.32
2007	549.83	453.76	2,966.25
2008	651.46	439.69	3,119.82
2009	754.36	422.32	3,277.10
2010	858.54	402.81	3,438.19
2011	963.99	381.81	3,603.19
2012	1,070.74	359.71	3,772.18
2013	1,178.77	336.72	3,945.26

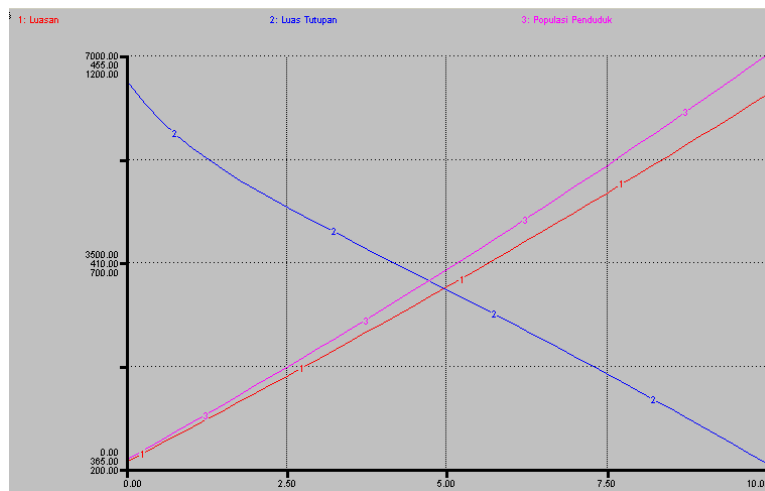
Hasil simulasi antara sub sistem pengembangan luas areal rumput laut, jumlah penduduk, dan persentase luas tutupan terumbu karang pada kondisi awal (*existing*) menunjukkan keragaan hasil yang diperoleh selama 10 tahun yaitu, bahwa luas areal rumput laut pada tahun pertama (2004) mencapai 252.46 hektar, dengan jumlah penduduk sebanyak 2,527 orang dan diikuti dengan kondisi terumbu karang yang beranekaragam dengan persentase tutupannya antara 0 sampai 100 persen yang tersebar mencapai 448.76 hektar.

Akibat adanya tekanan dari jumlah penduduk dan budidaya rumput laut, maka perairan jernih (kualitas) tidak sesuai lagi dengan persyaratan tumbuh terumbu karang. Utamanya terumbu karang amat membutuhkan perairan yang bersih dan tidak tercemar dengan sirkulasi perairan yang cukup tinggi (Leanne *et al.* 2011; Leanne *et al.* 2014). Adanya rumput laut, jelas akan menghambat pertukaran (sirkulasi) air. Ditambah lagi adanya rumput laut jelas akan memicu kondisi perairan yang *over fertile*. Kondisi ini jelas akan memicu perkembangan *achanaster planci* (bulu babi) yang merupakan musuh alami terumbu karang (Grant *et al.* 1997; Gaspar *et al.* 2012)

Demikian pula dengan adanya penduduk, akan memicu pencemaran yang tinggi di perairan tersebut, baik berasal dari limbah rumah tangga ataupun dari bentuk – bentuk kegiatan pemanfaatan terumbu karang, misal untuk bahan bangunan ataupun lainnya.

Model Simulasi Skenario II (Dilakukan Penambahan dan Pengurangan Luas Areal Rumput Laut dan Jumlah Penduduk Sebanyak 50 Persen dari Keadaan Awalnya).

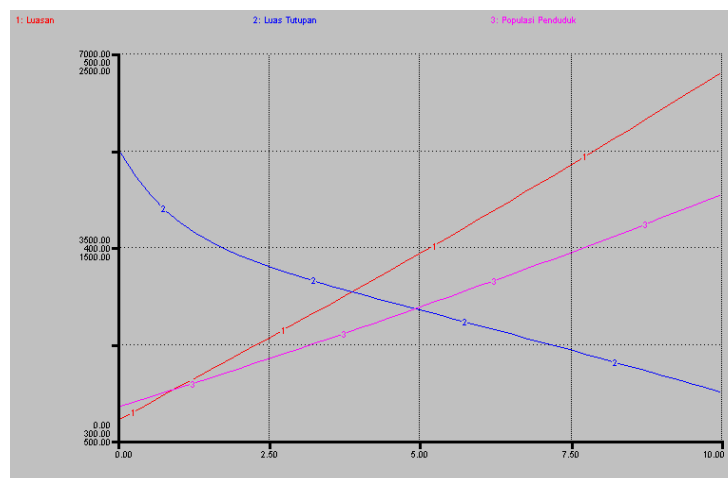
Untuk melihat pengaruh dari adanya pengembangan luas areal rumput laut dan jumlah penduduk di Pulau Poteran terhadap terjadinya degradasi tutupan terumbu karang, maka dilakukan simulasi terhadap alternatif pengurangan dan penambahan jumlah luas areal rumput laut dan jumlah penduduk dari kondisi awal yang telah ada. Hasil simulasi antara penambahan dan pengurangan jumlah luas areal rumput laut dan jumlah penduduk terhadap luas tutupan terumbu karang dapat dilihat pada Gambar 5 dan Gambar 6 serta trend dari perkembangannya tertera pada Tabel 4 dan Tabel 5 berikut ini.



Gambar 5. Hasil simulasi 10 tahun yang memperlihatkan sensitivitas terjadinya degradasi terumbu karang Vs pengurangan jumlah luas areal rumput laut dan jumlah penduduk sebanyak 50%.

Tabel 4. Hasil simulasi 10 tahun pengurangan luas areal rumput laut dan jumlah penduduk (50%) Vs degradasi tutupan terumbu karang

Tahun	Luas areal Rumput Laut	Luas Tutupan Terumbu Karang	Penduduk
2004	126.23	448.76	1,263.00
2005	227.99	537.85	1,375.32
2006	331.22	583.40	1,490.36
2007	435.95	603.28	1,608.18
2008	542.19	607.94	1,728.86
2009	649.96	603.51	1,852.46
2010	759.28	593.57	1,979.05
2011	870.15	580.23	2,108.71
2012	982.60	564.72	2,241.50
2013	1,096.64	547.75	2,377.52



Gambar 6. Hasil simulasi 10 tahun yang memperlihatkan sensitivitas terjadinya degradasi terumbu karang Vs penambahan jumlah luas areal rumput laut dan jumlah penduduk 50%

Tabel 5. Hasil simulasi 10 tahun penambahan luas areal rumput laut dan jumlah penduduk (50%) Vs perubahan tutupan terumbu karang di Pulau Poteran.

Tahun	Luas areal Rumput Laut	Luas Tutupan Terumbu Karang	Penduduk
2004	378.69	448.76	3,790.00
2005	472.69	387.87	3,963.51
2006	567.70	341.87	4,141.23
2007	663.72	304.36	4,323.25
2008	760.75	271.57	4,509.68
2009	858.79	241.29	4,700.62
2010	957.84	212.20	4,896.18
2011	1,057.88	183.54	5,096.49
2012	1,158.93	154.86	5,301.64
2013	1,260.96	125.87	5,511.76

Tingginya pengurangan tutupan terumbu karang tersebut merupakan akibat langsung dari pengembangan luas areal rumput laut tersebut, karena tidak jarang areal habitat terumbu karang dikonversi menjadi areal untuk penanaman rumput laut. Selain itu juga semakin luasnya areal pengembangan rumput laut tersebut maka akan berpeluang terjadinya sedimentasi yang semakin tinggi. Tingginya sedimentasi akan membawa beberapa konsekuensi diantaranya (Melbourne *et al* 2011); *pertama*, bahan sedimen menutupi tubuh biota laut, terutama yang hidup di dasar perairan seperti hewan karang, yang menyelimuti sistem pernafasan. *kedua*, sedimentasi menyebabkan peningkatan kekeruhan air sehingga menghalangi penetrasi cahaya matahari yang masuk ke dalam air dan mengganggu organisme seperti terumbu karang yang sangat tergantung pada cahaya matahari tersebut untuk kelangsungan hidupnya.

Keadaan sebaliknya akan terjadi pada skenario 2 ini apabila dilakukan pengurangan terhadap variabel indikator yaitu pengurangan luas areal rumput laut dan jumlah penduduk. Berdasarkan simulasi yang telah dilakukan dengan melakukan pengurangan terhadap variabel indikator tersebut yang mencapai 50%, maka terlihat adanya penambahan luas tutupan terumbu karang. Pada tahun 2004 tutupannya yang baru mencapai 448.76 hektar akan bertambah menjadi 547.75 hektar pada tahun 2013.

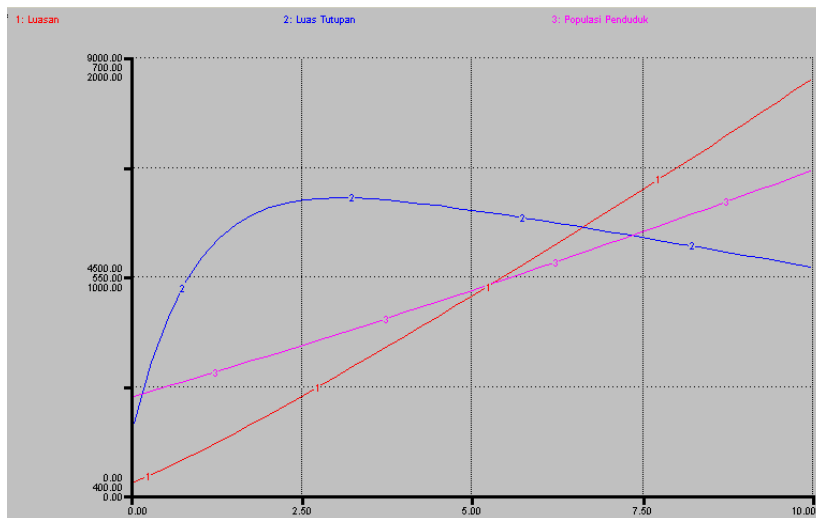
Model Simulasi Skenario III (Luas Areal rumput laut dan Jumlah Penduduk Dipertahankan saat ini dan Diadakan Konservasi terhadap Tutupan Terumbu Karang seluas 200 ha)

Model simulasi skenario 3, yaitu dengan melakukan konservasi terhadap tutupan terumbu karang yang mencapai 200 hektar dengan asumsi yaitu tidak dilakukan penambahan terhadap variabel indikator, baik penambahan luas areal rumput laut maupun jumlah penduduk yang ada di kawasan Pulau Poteran memperlihatkan adanya perbaikan tutupan terumbu karang tersebut dan cenderung mampu bertahan dan bahkan secara keseluruhan kondisinya lebih baik jika dibandingkan dengan kondisi awalnya selama kurun waktu 10 tahun (2004 -2013).

Sebagai gambarannya, jika pada tahun 2004 kondisi awal tutupan terumbu karangnya mencapai 448.76 hektar, maka pada tahun yang sama apabila dilakukan konservasi terhadap terumbu karang seluas 200 hektar memberikan luasan tutupan terumbu karang mencapai 648.76 hektar. Sedangkan hasil prediksi dari simulasi yang dilakukan untuk jangka waktu 10

tahun tersebut, maka pada akhir tahun simulasi yaitu tahun 2013 luas tutupan terumbu karang pada saat kondisi awalnya yang mencapai luasan 336.72 hektar, maka pada tahun yang sama setelah dilakukan konservasi memberikan luasan sebesar 338.36 hektar.

Berdasarkan uraian skenario 3 di atas memberikan gambaran kepada kita bahwa upaya untuk mempertahankan luasan tutupan terumbu karang memerlukan langkah-langkah penyelamatan. Salah satu upaya tersebut adalah melakukan kegiatan konservasi yaitu upaya-upaya yang dilakukan untuk menyelamatkan keberadaan terumbu karang sehingga manfaat ekologis dan manfaat ekonomisnya dapat dinikmati untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat banyak (Barbier *et al.* 2013; Butler *et al.* 2014)



Gambar 7. Hasil simulasi 10 tahun yang mempresentasikan sensitivitas luas areal rumput laut dan jumlah penduduk Vs konservasi tutupan terumbu karang seluas 200 ha.

Tabel 6. Hasil simulasi 10 tahun yang mempresentasikan sensitivitas luas areal rumput laut dan jumlah penduduk Vs konservasi tutupan terumbu karang seluas 200 ha.

Tahun	Luas areal Rumput Laut	Luas Tutupan Terumbu Karang	Penduduk
2004	252.46	648.76	2,527.00
2005	350.33	580.06	2,669.93
2006	449.45	531.31	2,816.32
2007	549.83	494.05	2,966.25
2008	651.46	463.30	3,119.82
2009	754.36	436.17	3,277.10
2010	858.54	410.92	3,438.19
2011	963.99	386.57	3,603.19
2012	1,070.74	362.50	3,772.18
2013	1,178.77	338.36	3,945.26

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi dan skenario yang dilakukan untuk jangka waktu selama 10 tahun (2004 - 2013) terhadap masalah pengembangan luas areal rumput laut dan jumlah penduduk yang terus bertambah yang ternyata memberikan pengaruh terhadap luasan tutupan terumbu karang di kawasan Pulau Poteran, maka dapat diambil kesimpulan serta rekomendasi yaitu :

Luasan areal pengembangan rumput laut dan penambahan jumlah penduduk di Pulau Poteran sangat berpengaruh terhadap luasan areal tutupan terumbu karang, dimana peningkatan terhadap luas areal pengembangan rumput laut dan penambahan jumlah penduduk akan berpengaruh, baik secara langsung maupun tidak langsung terhadap eksistensi luasan tutupan terumbu karang.

Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mempertahankan keberadaan dari tutupan terumbu karang tersebut adalah dengan melakukan konservasi. Lebih lanjut, hasil simulasi memberikan gambaran yang sangat signifikan terhadap upaya pelestarian luasan tutupan terumbu karang dengan asumsi bahwa upaya penambahan luasan areal pengembangan rumput laut dan jumlah penduduk yang mempunyai akses secara langsung maupun tidak langsung terhadap pemanfaatan keberadaan terumbu karang dapat dikendalikan secara tepat dan terpadu.

DAFTAR PUSTAKA

- Barbier EB. Hacker SD. Koch EW. Stier AC. Silliman BR. 2013. Estuarine and Coastal Ecosystems and Their Services. *Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences*, from *Treatise on Estuarine and Coastal Science*, 12. 109-127
- Butler JRA. Skewes T. Mitchell D, Pontio M, Hill T. 2014. Stakeholder perceptions of ecosystem service declines in Milne Bay, Papua New Guinea: Is human population a more critical driver than climate change? *Marine Policy*, 46. 1-13
- Dahuri R. Rais J. Ginting SP. Sitepu MJ. 2001. *Pengelolaan Sumber daya Wilayah Pesisir dan Lautan Secara Terpadu*. PT Pradnya Paramita. Jakarta, Indonesia.
- Gaspar MB. Carvalho S. Cúrdia J. dos Santos MN. Vasconcelos P. 2012. Restoring Coastal Ecosystems from Fisheries and Aquaculture Impacts *Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences*, from *Treatise on Estuarine and Coastal Science*. 10, 165-187
- Grant WE. Ellen KP. Sandra LM. 1997. *Ecology and Natural Resource Management (Systems Analysis And Simulation)*. John Wiley and Sons Inc. New York.
- Hall and Day, 1977. *Ecosystem Modeling in Theory and Practice: An Introduction With Case Histories*. John Wiley and Sons Inc. New York.
- Jeffers JNR. 1978. *An Introduction to System Analysis With Ecological Applications*. Edward Arnold. Bedford Square, London.
- Leanne C. Cullen-Unsworth, Jules P. David JS. 2011. Developing community-derived indicators of economic status in the coral triangle: A management support tool. *Ocean & Coastal Management*, 54. 446-454

- Leanne C. Cullen-Unsworth, Lina MtN, Jessica P, Susan B, Len J. McKenzie, Richard K.F. Unsworth. 2014. Seagrass meadows globally as a coupled social-ecological system: Implications for human wellbeing. *Marine Pollution Bulletin*. 83, 387-397
- Marimin. 2004. Teknik dan Aplikasi Pengambilan Keputusan Kriteria Majemuk. Grasindo
- Melbourne-Thomas J. Johnson CR. Fulton EA. 2011. Regional-scale scenario analysis for the Meso-American Reef system: Modelling coral reef futures under multiple stressors. *Ecological Modelling*, 222. 1756-1770