

PENGELOLAAN KAWASAN LINDUNG DANAU PULAU BESAR DAN DANAU BAWAH-ZAMRUD KABUPATEN SIAK PROVINSI RIAU

HENDRIK¹⁾, THAMRIN²⁾, T.E.B.SOESILO³⁾ DAN ZULKARNAIN⁴⁾

Diterima : 25 Juni 2013 Disetujui : 25 Juli 2013

ABSTRACT

The Research on the management of protected areas Danau pulau Besar and Danau Bawah Zamrud Siak Regency Riau Province was conducted in January to December 2010. Aimed of this reseach was to created model of a sustainable management of Pulau Besar lake and Bawah lake of Zamrud. The results showed that sustainable management of the lake can be done with a variety of scenarios and policies. Scenarios and policies through the reduction of sediment concentration by 50% and a reduction gear by 5% every year. The result also increase in CPUE of 12.1%, and the catch fisherman increased by an average 78.02 kg per year and increased revenues percapita of Rp.1.123.569 per year, the catch and optimal revenue occurred in 2016.

Keywords : *Sediment, CPUE, Effort, Optimal Revenue*

PENDAHULUAN

Kawasan lindung Danau Pulau Besar/Danau Bawah merupakan kawasan suaka margasatwa yang ditetapkan oleh pemerintah pada tahun 1980 berdasarkan SK Menteri Pertanian No. 846/Kpts/Um/II/1980. Semenjak tahun 1975 sampai tahun 2002 kawasan ini merupakan konsensi areal pertambangan minyak yang dikelola oleh PT. Caltex Pacific Indonesia, sejak tahun 2002 sampai sekarang dikelola secara bersama oleh badan operasi bersama dengan nama BOB PT. Bumi Siak Pusako-Pertamina Hulu.

Penetapan kawasan ini sebagai kawasan lindung berdasarkan pertimbangan karena sebagian besar arealnya merupakan kubah gambut dengan keanekaragaman flora dan fauna yang tinggi. Pada kawasan ini terdapat dua buah danau yaitu Danau Pulau Besar dan Danau Bawah dengan luas 2.416 ha dan 360 ha. Selain itu kawasan ini merupakan Daerah Aliran Sungai (DAS) dan hutan hujan dataran rendah (BBKSDA, 2009). Pada Kawasan Lindung Danau Pulau Besar/Danau Bawah terdapat dua sungai yang airnya mengalir ke Danau Pulau Besar dan dua sungai lainnya airnya mengalir ke Danau Bawah bermuara ke danau tersebut. Selain itu di sepanjang konsesi pertambangan minyak terdapat kanal yang berfungsi untuk kelancaran operasi penambangan minyak. Kanal ini

¹⁾ Mahasiswa Program S3 Ilmu Lingkungan Universitas Riau Pekanbaru
²⁾ Staf Pengajar Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Riau Pekanbaru
³⁾ Staf Pengajar Pasca Sarjana Ilmu Lingkungan Universitas Indonesia
⁴⁾ Staf Pengajar Fakultas Ekonomi Universitas Riau Pekanbaru

mempengaruhi aliran tiga dari empat sungai yang masuk ke danau dalam bentuk material yang dapat meningkatkan sedimentasi dan pendangkalan di kedua danau.

Pada saat ini fungsi dan manfaat danau di rasakan semakin berkurang. Hal ini disebabkan oleh terjadinya pencemaran dan kerusakan lingkungan di sekitar lingkungan perairan danau serta lemahnya koordinasi antar sektor dalam pengelolaan (Sumarwoto *dkk*, 2004). Selanjutnya dikemukakan permasalahan lain yang dihadapi danau pada umumnya adalah sedimentasi yang menyebabkan kedalaman dan volume danau menjadi berkurang. Keadaan ini mengakibatkan berkurangnya populasi ikan bahkan beberapa jenis ikan endemik terancam punah.

Pencemaran yang terjadi di perairan danau merupakan masalah penting yang perlu mendapatkan perhatian dari berbagai pihak. Hal ini disebabkan beragamnya sumber bahan pencemar yang masuk dan terakumulasi di danau. Sumber pencemaran tersebut berasal dari kegiatan yang terdapat di sekitar perairan danau. Danau Pulau Besar dan Danau Bawah yang terletak di kawasan lindung bergambut dan merupakan areal pertambangan minyak. Menurut Budiyanta (2003), lahan gambut merupakan suatu ekosistem khas dari segi struktur fungsi kerentanan yang besar terhadap usikan (*disturbance*). Apabila terjadi gangguan dalam pemamfaatan lahan gambut akan berpengaruh pada ekosistem di sekitarnya. Adanya kanal dalam kegiatan pertambangan secara langsung ataupun tidak langsung akan mempengaruhi ekosistem sekitarnya. Pengaruh dapat dapat

berupa peningkatan sedimentasi yang terjadi di aliran sungai (DAS) maupun di perairan danau. Peningkatan konsentrasi sedimen di perairan akan menyebabkan kekeruhan dan pendangkalan, padahal Danau Pulau Besar dan Danau Bawah merupakan areal penangkapan ikan oleh nelayan yang telah berlangsung sejak tahun 1953 (PT. CPI dan Radiant Utama, 1985). Terjadi pendangkalan dan penambahan alat tangkap telah mengakibatkan keberlangsungan fungsi danau sebagai areal penangkapan ikan bagi nelayan menjadi terancam.

Untuk mewujudkan pembangunan yang berkelanjutan semua faktor lingkungan yang mempengaruhi Danau Pulau Besar dan Danau Bawah sebaiknya di kelola secara optimal dan berkelanjutan dengan pendekatan sistem. Ekosistem danau merupakan suatu sistem, terdiri atas komponen biotik dan abiotik yang saling berinteraksi dengan lingkungannya.

Fenomena tentang sedimentasi dan penurunan hasil tangkapan nelayan di Danau Pulau Besar dan Danau Bawah, menunjukkan permasalahan yang kompleks dan sulit di pahami jika hanya menggunakan satu disiplin ilmu. Oleh karena itu, kajian tentang pengelolaan Danau Pulau Besar dan Danau Bawah dapat dilakukan dengan menggunakan pendekatan sistem dengan membangun model pengelolaan danau sebagai areal penangkapan ikan bagi nelayan dapat berkelanjutan.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan di kawasan lindung Danau Pulau Besar dan Danau Bawah-Zamrud

Kabupaten Siak Riau pada bulan Januari 2010 sampai Desember 2010.

Pengumpulan data sedimen dilakukan sebanyak enam kali yang pelaksanaannya setiap dua bulan sekali, dengan menggunakan sedimentrap dan botol sampel. Pengumpulan data potensi perikanan dan masyarakat nelayan dilakukan dengan mewawancarai nelayan dan kelompoknya. Selain itu juga dilakukan pengukuran dan pengamatan lapangan yang berhubungan dengan jumlah dan jenis ikan tertangkap, alat tangkap, armada penangkapan, serta data sosial ekonomi lainnya, data sekunder dikumpulkan dari berbagai instansi terkait.

Untuk menghitung besarnya sedimentasi di Danau Pulau Besar dan Danau Bawah dikumpulkan data konsentrasi sedimen, debit limpasan air sungai dan beban endapan layang di analisis menurut (Chow 1964, dan Chow 1959). Jenis dan jumlah fraksi sedimen yang masuk ke danau di analisis menurut (Rifardi, 2008). Potensi perikanan dihitung dengan menggunakan analisis regresi (Gulland, 1983, Aziz (1988), Schaefer (1957). Tingkat pendapatan dan pengeluaran nelayan di analisis dengan menggunakan analisis usaha tani (Sukartawi dkk, 1986). Berdasarkan analisis, data tersebut dapat dikelompokkan kedalam tiga submodel yaitu submodel sedimentasi, submodel potensi perikanan, dan submodel sosial ekonomi. Ketiga submodel ini dianalisis dengan pendekatan analisis sistem dinamis dengan menggunakan Powersim Version 2.5d (Muhammadi, Aminullah dan Soesilo, 2001). Dari hasil analisis sistem dinamis ini di dapatkan model pengelolaan kawasan lindung Danau

Pulau Besar dan Danau Bawah secara berkelanjutan dengan kriteria hasil tangkapan dan pendapatan nelayan tidak mengalami penurunan sebaiknya mengalami peningkatan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Karakteristik Lingkungan Kawasan Lindung

Karakteristik lingkungan kawasan lindung dalam penelitian ini terdiri atas DAS, sungai dan kanal, serta perairan danau. DAS di daerah ini dikelompokkan atas dua bagian yaitu DAS yang berhubungan dengan Danau Pulau Besar seluas ± 15.880 Ha dipengaruhi oleh Sungai Teluk Paku, Sungai Sejuk, dan kanal. DAS yang berhubungan dengan Danau Bawah seluas ± 11.280 Ha dipengaruhi oleh Sungai Air Sejuk, Sungai Rasau, dan kanal.

Danau Pulau Besar memiliki luas 2.416 ha dengan panjang ± 9 km, lebar ± 3 km dan kedalaman bervariasi 3-13 m dengan kedalaman rata-rata 6 m. Danau Bawah mempunyai luas 360 ha dengan Panjang ± 5 km, lebar ± 1 km dan kedalaman berkisar 3-9 m dengan kedalaman rata-rata 5 m (Amri, 2008). Hasil pengukuran kualitas air danau pada Kasry, (1993) hampir sama dengan pengukuran kualitas air yang dilakukan pada tahun 2010 kecuali untuk TSS yang lebih tinggi pada tahun 2010. Hal ini mungkin disebabkan oleh terjadinya perubahan lingkungan disekitarnya. Perubahan kondisi dan kualitas perairan dari tahun 1985 dan tahun 2010 memberikan pengaruh terhadap jumlah dan jenis ikan yang terdapat di danau dan sungai seperti terlihat pada Tabel 1.

Berdasarkan Tabel 1 diketahui pada tahun 1985 jumlah jenis ikan sebanyak 18 jenis sedangkan pada

tahun 2010 tinggal 14 jenis begitu juga dengan jumlah ikan yang bernilai ekonomis sebanyak 6 jenis tahun 1985 menjadi 5 jenis pada tahun 2010. Dimana jenis ikan yang bernilai ekonomis pada tahun 1985 pada tahun 2010 tidak bernilai

ekonomis lagi karena sudah jarang tertangkap seperti ikan selais, tapah, baung, toman, balido. Pada tahun 2010 ikan yang bernilai ekonomis karena banyak tertangkap oleh nelayan adalah lele, gabus, bujuk, sepat rawa dan pantau.

Tabel 1. Perkembangan jumlah dan jenis ikan yang terdapat di Danau Pulau Besar/Danau Bawah

No	Nama Ikan	Kelimpahan		Habitat	Keterangan
		1985	2010		
1	Nyenyulung (<i>Dermogenia pussilus</i>)	++	-	S	
2	Pantau (<i>Rasbora sp</i>)	+++	++	SD	E10
3	Buruk perut (<i>Puntius binotatus</i>)	+	-	S	
4	Sepat rawa (<i>Trichogaster sp</i>)	++	+++	SD	E10
5	Sepimping (<i>Parachela sp</i>)	+++	++	SD	
6	Selais (<i>Cryptoterus apogon</i>)	++	+	DS	E85
7	Kayangan (<i>Sclerophagus sp</i>)	+	-	D	E85
8	Tapah (<i>Wallago leeri</i>)	+++	+	DS	E85
9	Baung (<i>Macrones nemurus</i>)	+++	+	DS	E85
10	Toman (<i>Opichcephalus sp</i>)	+++	+	DS	E85
11	Balido (<i>Notopterus sp</i>)	++	-	D	E85
12	Sipaku (<i>Cychloceilichtys apogon</i>)	++	+	D	
13	Katung (<i>Pristolepis grootii</i>)	+++	++	SD	
14	Mengkait (<i>Barbus fasciatur</i>)	++	+	S	
15	Lelan (<i>Osteochilus pleur otaenia</i>)	+++	+	SD	
16	Lele (<i>Clarias sp</i>)	++	+++	SD	E10
17	Gabus (<i>Channa striata</i>)	++	+++	SD	E10
18	Bujuk (<i>Channa sp</i>)	++	+++	SD	E10

Sumber: - Sel Zamrud (PT. CPI dan PT. Radiant Utama, 1985)

- Hasil penelitian, 2010

Keterangan: S = Sungai, D = Danau, + = Jarang, ++ = Sedikit, +++ = Banyak

E85 = bernilai ekonomis pada tahun 1985,

E10 = bernilai ekonomis pada tahun 2010 - = tidak ditemukan

b. Usaha Perikanan

Usaha perikanan yang terdapat di Danau Pulau Besar dan Danau Bawah berupa usaha penangkapan

ikan yang dilakukan oleh masyarakat nelayan mulai dari tahun 1952. Jumlah nelayan yang melakukan penangkapan bervariasi tergantung

pada musim ikan dan tersedianya pekerjaan lain di luar sektor perikanan. Dari tahun 2001-2010 jumlah nelayan berkurang dari 42 orang menjadi 36 orang, armada penangkapan tetap yaitu sampan 40 unit dan perahu motor 18 unit. Jumlah alat tangkap meningkat dari 982 unit pada tahun 2001 menjadi 1176 unit pada tahun 2010 . Alat tangkap yang dioperasikan oleh nelayan terdiri dari Bubu 971 unit, Ambai 192 unit dan Ambat 13 unit.

Selama 10 tahun terakhir alat tangkap meningkat 50% sedangkan hasil tangkap menurun 7% setiap tahunnya, keadaan ini menyebabkan tingkat pendapatan dan kesejahteraan pendapatan nelayan juga mengalami penurunan. Menurut Hendrik (2010) tingkat pendapatan dan kesejahteraan masyarakat nelayan, nelayan Danau Besar dan Danau Bawah menurun setiap tahunnya dimana pada saat ini sebanyak 5 orang keluarga nelayan berada di garis kemiskinan. Pendapatan rata-rata nelayan dari sektor perikanan sebesar Rp.1.275.000/bulan sedangkan pengeluaran rata-ratanya sebesar Rp. 1.355.000/bulan. Untuk memenuhi kekurangan tersebut nelayan bekerja di sektor lain seperti usaha berkebun, membuka warung, jasa dan lainnya.

c. Sedimentasi

Sedimen merupakan hasil proses erosi, baik berupa erosi

permukaan, erosi parit atau jenis erosi tanah lain, karena adanya transpor sedimen dari tempat yang lebih tinggi (hulu) ke daerah hilir dapat menyebabkan pendangkalan danau, waduk dan sungai. Untuk mengetahui besarnya sedimen yang mengendap di Danau Pulau Besar dan Danau Bawah dihitung setiap dua bulan sekali selama setahun untuk dapat mewakili bulan basah, lembab dan kering. Proses sedimentasi dapat memberikan dampak yang merugikan karena aliran sedimen dapat menurunkan kualitas perairan dan pendangkalan badan perairan. Hasil sedimen pada penelitian ini di hitung dengan pengukuran sedimen layang yang masuk ke Danau Pulau Besar dan Danau Bawah. Hasil perhitungan sedimen mengendap dapat dilihat pada tabel 2.

Bagian sedimen yang mengendap dalam danau menunjukkan keefesienan danau dalam menangkap sedimen. Kemampuan danau untuk menahan dan mengendapkan sedimen disebut keefesienan perangkap atau *trap efficiency* yang dinyatakan dalam persen (Arsyad, 2000). Keefesienan perangkap Danau Pulau Besar adalah 76,73% sedangkan keefesienan perangkap Danau Bawah sebesar 26,59%.

Tabel 2. Hasil perhitungan muatan sedimen mengendap di Danau Pulau Besar dan Danau Bawah

No Uraian	Danau Pulau Besar			Danau Bawah		
	g/detik	ton/hari	ton/tahun	g/detik	ton/hari	ton/tahun
1 <i>Inlet</i>	291,52	25,19	9.193,37	259,85	22,45	8.194,63
2 <i>Outlet</i>	67,79	5,86	2.137,83	190,99	16,49	6.017,38
3 Sedimen mengendap	223,73	19,33	7.055,55	68,86	5,97	2.177,25

Sumber: Pengolahan data, 2010

d. Volume Danau

Apabila diasumsikan kelangsungan fungsi Danau sebagai daerah tangkapan air dan pengendali banjir, tidak akan berfungsi lagi pada kedalaman 2 m, Berdasarkan asumsi tersebut didapatkan volume Danau Pulau Besar sebesar 96.640.000 m³ dan Danau Bawah sebesar 10.800.000 m³. Hasil analisis laboratorium terhadap sedimen di Danau Pulau Besar didapatkan setiap satu gram sedimen volumenya sama dengan 3,1 ml. Untuk Danau Bawah setiap satu gram sedimen volumenya sebesar 2,99 ml. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh volume sedimen pada Danau Pulau Besar sebesar 27.340,26 m³/tahun dan volume sedimen pada Danau Bawah sebesar 8.137,46 m³/tahun. Berdasarkan hasil perhitungan terhadap luas volume danau kedalaman efektif rata-rata dan jumlah sedimen mengendap setiap tahunnya, maka didapatkan pendangkalan Danau Pulau Besar sebesar 1,13 mm/tahun dan pada Danau Bawah sebesar 2,26

mm/tahun. Apabila dirata-ratakan pendangkalan di kedua danau tersebut adalah 1,70 mm/tahun.

e. Potensi Sumberdaya Perikanan

Pengkajian potensi sumberdaya perikanan dilakukan dengan menghitung data hasil tangkapan nelayan Danau Pulau Besar dan Danau Bawah. Potensi perikanan dihitung berdasarkan data jumlah alat tangkap dengan hasil tangkapan dengan menggunakan rumus Gulland (1983). Analisis perhitungan *effort* dan CPUE digunakan untuk mendapatkan keadaan stok ikan pada awal (No) dan stok ikan pada waktu tertentu (Nt), nilai maksimal yang boleh dieksploitasi (MSY), jumlah tangkapan optimal (f-optimal) dan tingkat eksploitasi perairan dianalisis dengan model Schaefer (1957). Berdasarkan hasil pencatatan dan wawancara didapatkan jumlah produksi dan jumlah alat tangkap dari tahun 2001-2010 yang digunakan untuk analisis regresi berikut dapat di lihat pada tabel.

Tabel 3. Produksi perikanan, jumlah alat, *effort*, dan CPUE di Danau Pulau Besar dan Danau Bawah

No	Tahun	Produksi (C) (kg/tahun)	Jumlah Alat (f) (Unit)	F	C/f
1	2001	51.900	982	569,56	91,12
2	2002	49.000	990	574,20	85,34
3	2003	42.000	997	578,26	72,63
4	2004	41.350	1.005	582,90	70,94
5	2005	41.240	1.020	591,60	69,71
6	2006	40.025	1.062	615,96	64,98
7	2007	39.253	1.112	644,96	60,86
8	2008	38.750	1.140	661,20	58,61
9	2009	38.560	1.170	678,60	56,82
10	2010	38.300	1.176	682,08	56,15

Sumber: Pengolahan data, 2010

Dari hasil analisis regresi didapatkan nilai $Y = 213,077219 - 0,23362x$, $R^2 = 0,775$, $r = 0,880341$, $N_0 = 218896,24$ kg, $N_t = 180596,24$ kg, $MSY = 48585,21$ kg, $f_{optimal} = 456,03$ unit. Dari data regresi diketahui alat tangkap (effort) optimal yang boleh dioperasikan sebanyak 486,03 unit, sedangkan alat yang dioperasikan oleh nelayan mencapai 682,08 unit, artinya terdapat kelebihan alat tangkap sebanyak 196,05 unit. Selanjutnya dapat dijelaskan dari nilai R sebesar 0,775 yang berarti hasil tangkapan nelayan sebesar 78% dipengaruhi oleh alat tangkap sedangkan 22% lagi dipengaruhi oleh sedimentasi dan faktor lainnya.

Untuk meningkatkan hasil tangkapan dapat dilakukan dengan jalan pengurangan alat tangkap dan pengurangan konsentrasi sedimen yang masuk ke Danau Pulau Besar dan Danau Bawah. Jumlah kelebihan *effort* dikalikan dengan CPUE sehingga didapatkan penurunan hasil tangkapan sebanyak 12.692,89 kg/tahun. Sedimentasi telah mengakibatkan pendangkalan rata-rata sebesar 1,70 mm di kedua danau. Dari hasil perhitungan diketahui pendangkalan yang terjadi menyebabkan hasil tangkapan per unit alat tangkap berkurang sebesar 3,97 kg/tahun. Secara keseluruhan pendangkalan dan faktor lainnya menyebabkan penurunan hasil tangkapan sebanyak 2.707,86 kg. Sedangkan kelebihan satu unit *effort* (alat tangkap) mengakibatkan penurunan CPUE sebesar 3.41 kg/tahun.

f. Pengelolaan Danau Berkelanjutan

Pengelolaan danau secara berkelanjutan disusun berdasarkan submodel sedimentasi, submodel potensi perikanan, dan submodel

sosial ekonomi yang diintegrasikan menjadi satu model pengelolaan danau. Untuk mengetahui kelayakan model dilakukan uji validasi terhadap struktur dan *output* model. Pengelolaan danau secara berkelanjutan dilakukan dengan menggunakan beberapa skenario dan kebijakan sesuai dengan kondisi dan karakteristik Danau Pulau Besar dan Danau Bawah dan dapat dilaksanakan dengan melibatkan berbagai pemangku kepentingan. Model yang dibangun untuk kajian sistem adalah model simbolik (model matematika). Pemodelan sistem dilakukan dengan menggunakan bantuan perangkat lunak program *Powersim Versi 2.5d*.

g. Submodel Sedimentasi

Submodel sedimentasi menggambarkan dinamika sedimen yang masuk ke dalam danau yang dihasilkan oleh erosi yang berasal dari erosi yang terjadi di kawasan lindung. Sedimen ini akan masuk ke dalam danau melalui sungai dan sebagian akan mengendap yang menyebabkan pendangkalan dan sebagian akan keluar melalui *outlet*. Besarnya sedimen yang masuk ke dalam danau dipengaruhi oleh nilai konsentrasi sedimen ($C_s = \text{mg/liter}$) dan debit limpasan air sungai ($Q = \text{m}^3/\text{detik}$). Besarnya debit sedimen melayang ($Q_s = \text{gr/detik}$) merupakan perkalian antara C_s dengan Q dimana semakin besar nilai C_s maka Q_s akan semakin besar atau sebaliknya. Selain Q_s , jumlah sedimen (*Sediment yield*) di dalam danau dipengaruhi oleh muatan dasar. Selisih antara sedimen yang masuk melalui *inlet* dan keluar melalui *outlet* akan mengendap di danau yang mengakibatkan pendangkalan. Pendangkalan ini akan menyebabkan penurunan hasil

tangkapan ikan yang ditandai dengan penurunan jumlah hasil tangkapan per unit alat tangkap ($CPUE = \text{kg}/\text{unit effort}$).

h. Submodel Potensi Perikanan

Submodel potensi perikanan menggambarkan dinamika potensi sumberdaya perikanan yang berhubungan dengan hasil tangkapan nelayan. Potensi perikanan dipengaruhi oleh stok ikan pada waktu awal (N_0) dan stok ikan pada waktu tertentu (N_t). Potensi perikanan digambarkan dengan jumlah hasil tangkapan per unit alat tangkap ($CPUE$) dimana semakin besar $CPUE$ maka diperkirakan potensi perikananannya besar. Pada Danau Pulau Besar dan Danau Bawah setiap tahunnya terjadi penambahan alat tangkap (*effort*) yang dioperasikan oleh nelayan. Peningkatan *effort* akan mengakibatkan penurunan terhadap $CPUE$ dan pada akhirnya menyebabkan berkurangnya hasil tangkapan nelayan dari tahun ke tahun seperti dilihat pada diagram alir.

Submodel potensi perikanan menggambarkan kondisi potensi perikanan ditinjau dari variabel alat tangkap, tingkat eksploitasi dan variabel lainnya. Besar kecilnya potensi perikanan akan berpengaruh terhadap hasil tangkapan dan sebaliknya. Untuk mewujudkan pengelolaan danau yang berkelanjutan variabel yang dapat dikelola adalah jumlah alat tangkap. Dengan mengelola jumlah alat tangkap akan berpengaruh terhadap $CPUE$, *effort*, hasil tangkapan dan tingkat eksploitasi.

i. Submodel Sosial Ekonomi

Submodel sosial ekonomi menggambarkan pendapatan yang

diterima oleh nelayan dari usaha penangkapan serta pendapatan di luar sektor penangkapan. Pendapatan yang diperoleh akan didistribusikan untuk biaya operasional penangkapan dan penambahan *effort*. Selain itu akan dikeluarkan untuk memenuhi kebutuhan pokok dan kebutuhan lainnya. Variabel yang mempengaruhi pendapatan bersih nelayan adalah jumlah hasil tangkapan dan biaya operasional penangkapan. Semakin besar hasil tangkapan akan meningkatkan pendapatan dan sebaliknya. Sedangkan besar kecilnya hasil tangkapan dipengaruhi oleh variabel potensi sumberdaya ikan serta jumlah alat yang dioperasikan.

j. Pengelolaan Danau Berkelanjutan

Berdasarkan submodel sedimentasi, sub model potensi perikanan, submodel sosial ekonomi diketahui saling mempengaruhi Danau Besar pendangkalan di Danau Pulau Besar dan Danau Bawah rata-rata 1,7 mm/tahun yang mengakibatkan penurunan hasil tangkapan. Penurunan hasil tangkapan menyebabkan berkurangnya pendapatan yang diterima oleh nelayan setiap tahunnya. Untuk meningkatkan hasil tangkapan nelayan berusaha dengan cara menambah alat tangkap, sehingga jumlah alat tangkap yang dioperasikan setiap tahun mengalami peningkatan dan telah melebihi daya dukung perairan. Keadaan ini pada akhirnya menyebabkan penurunan hasil tangkapan dan pendapatan nelayan. Untuk meningkatkan pendapatan nelayan dapat dilakukan dengan berbagai skenario yaitu yang pertama dengan melakukan restocking, yang kedua pengurangan konsentrasi sedimen yang masuk ke Danau Pulau Besar dan Danau

Bawah, yang ketiga pengurangan jumlah alat tangkap dan yang keempat dengan skenario pengurangan konsentrasi sedimen dan alat tangkap.

k. Skenario dengan Restocking

Sebagaimana telah dijelaskan sebelumnya Pengelolaan danau berkelanjutan dicirikan dengan hasil tangkapan nelayan tidak mengalami penurunan. Hal ini dapat dilakukan dengan memasukkan jumlah ikan sebanyak penurunan hasil tangkapan yang terjadi setiap tahun misalnya melalui restocking. Dari hasil simulasi diketahui penurunan hasil tangkapan setiap nelayan sebanyak 54,87 kg ikan per tahun, dengan demikian untuk 36 nelayan yang terdapat di Danau Pulau Besar dan Danau Bawah diperlukan restocking paling kurang 1.976 kg/tahun. Apabila satu kilogram ikan rata-rata harganya Rp. 14.400 maka dibutuhkan dana sebanyak Rp. 28.454.400 per tahun.

l. Skenario Pengurangan Konsentrasi Sedimen

Berdasarkan hasil simulasi dengan pengurang konsentrasi sedimen diketahui hasil tangkapan setiap nelayan berkurang sebanyak 14,1 kg/tahun, sehingga hasil tangkapan seluruh nelayan berkurang sebanyak 507,6 kg/tahun. Skenario ini membutuhkan dana sebanyak Rp.7.300.000 per tahun untuk restocking.

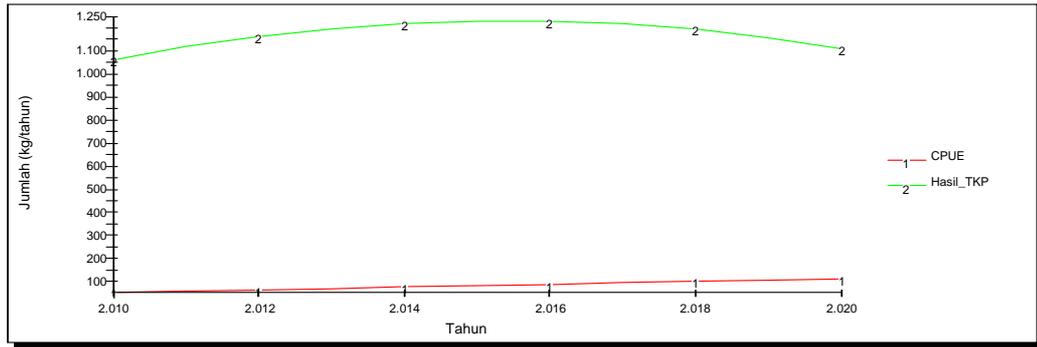
m. Skenario dengan Pengurangan Jumlah Alat Tangkap

Dalam skenario ini alat tangkap dikurangi sebesar 5% dengan pertimbangan pengurangan tersebut tidak berpengaruh nyata terhadap hasil tangkapan. Pada saat ini jumlah alat tangkap setiap nelayan rata-rata sebanyak 19 unit. Berarti dengan pengurangan sebesar 5% maka alat tangkap dioperasikan menjadi sekitar 18 unit.

Namun demikian dengan skenario ini belum bisa mewujudkan pengelolaan danau berkelanjutan karena hasil tangkapan masih mengalami penurunan. Untuk mempertahankan hasil tangkapan agar tidak mengalami penurunan diperlukan *restocking* sebanyak 509,4 kg setiap tahun. Skenario ini membutuhkan dana sebanyak Rp 7.353.360 per tahun untuk *restocking*.

n. Skenario dengan Pengurangan Konsentrasi Sedimen dan Pengurangan Jumlah Alat Tangkap

Skenario ini merupakan penggabungan dari skenario pengurangan konsentrasi sedimen sebesar 50% dan pengurangan jumlah alat tangkap sebesar 5%. Penggunaan skenario ini dengan pertimbangan penurunan hasil tangkapan disebabkan oleh penambahan alat tangkap dan pendangkalan yang terus meningkat setiap tahunnya. Hasil pelaksanaan dengan skenario tersebut dapat dilihat pada gambar dan tabel di berikut.



Gambar 4. Pengelolaan berkelanjutan dengan skenario pengurangan konsentrasi sedimen dan pengurangan alat tangkap

Berdasarkan skenario ini didapatkan hasil tangkapan dan pendapatan nelayan meningkat dari tahun 2010 sampai 2016. Hasil tangkapan maximum terjadi pada tahun 2016 dengan scenario pendangkalan meningkat 5,09 mm, CPUE sebesar 99,83 , effort sebesar 478,08, dan hasil tangkapan sebesar 1.325,74 dan pendapatan nelayan

meningkat dari Rp.15.319.516 menjadi Rp.19.090.690.

Skenario pengelolaan danau dapat berkelanjutan apabila seluruh pemangku kepentingan yang terlibat dalam pengelolaan kawasan lindung Danau Pulau Besar dan Danau Bawah melaksanakan tugas dan fungsi secara optimal.

Tabel 4. Prediksi CPUE, effort, hasil tangkapan, dan penerimaan nelayan dari sektor perikanan dengan pengurangan konsentrasi sedimen dan pengurangan alat tangkap

Tahun	Pendangkalan	CPUE	Effort	Hasil_TKP	Penerimaan_Sektor_Perikanan
2.010	0,00	56,15	682,08	1.063,86	15.319.516,80
2.011	0,85	63,43	648,08	1.141,88	16.443.085,76
2.012	1,70	70,71	614,08	1.206,16	17.368.638,72
2.013	2,54	77,99	580,08	1.256,68	18.096.175,68
2.014	3,39	85,27	546,08	1.293,45	18.625.696,64
2.015	4,24	92,55	512,08	1.316,47	18.957.201,60
2.016	5,09	99,83	478,08	1.325,74	19.090.690,56
2.017	5,94	107,11	444,08	1.321,26	19.026.163,52
2.018	6,78	114,39	410,08	1.303,03	18.763.620,48
2.019	7,63	121,67	376,08	1.271,05	18.303.061,44
2.020	8,48	128,95	342,08	1.225,31	17.644.486,40

Sumber: Pengolahan data, 2010

KESIMPULAN

1. Sedimentasi yang terjadi menyebabkan pendangkalan rata-rata 1,7 mm pertahun mengakibatkan penurunan hasil tangkapan sebesar

2.707,86 kg, sedangkan kelebihan alat tangkap menyebabkan penurunan hasil tangkapan sebesar 12.692,89 kg/tahun

2. Pengelolaan danau secara berkelanjutan dapat dilakukan dengan berbagai skenario dan kebijakan dari berbagai skenario dan kebijakan tersebut maka pengurangan konsentrasi sedimen sebesar 50% dan pengurangan alat tangkap sebesar 5% setiap tahun. Akan mengakibatkan peningkatan CPUE sebesar 12,1%, dan hasil tangkapan setiap nelayan meningkat rata-rata 78,02 kg pertahun dan pendapatan meningkat rata-rata sebesar Rp.1.123.569 pertahun, dan hasil tangkapan serta pendapatan optimal terjadi pada tahun 2016.

DAFTAR PUSTAKA

- Amri, A.T., 2008. Karakteristik Taman Nasional Zamrud Ditinjau dari Aspek Biogeofisik. Makalah pada Workshoop Pengembangan dan Pengelolaan Taman Nasional Zamrud. Pemda Siak, Pekanbaru.
- Aminullah, E., 2003. Berpikir Sistem dan Permodelan Dinamika Sistem. Makalah Disampaikan pada Kuliah Umum Program Studi Pengelolaan SDA dan Lingkungan, 5 Juni 2003, PPs IPB, Bogor. 16 hal..
- Arsyad, S. 2000. Konservasi Tanah dan Air. IPB Press, Bogor
- Aziz, K.A., B. Wahyudi, M.H. Amrullah dan M. Boer, 1998. Basis Data Pengkajian Stock. Dalam Potensi dan Penyebaran Sumberdaya Ikan Laut di Perairan Indonesia. Komisi Nasional Pengkajian Stock Sumberdaya Ikan Laut LIPI, Jakarta. Hal 11-29.
- Badan Operasi Bersama PT. Bumi Siak Pusako-Pertamina Hulu, 2003. Rencana Pengelolaan dan Pemantauan Lingkungan Pengembangan Lapangan Minyak Zamrud. Zamrud.
- Balai Besar Konservasi Sumberdaya Alam (BKSDA) Provinsi Riau, 2009. Gambaran Umum KSM Danau Pulau Besar/Danau Bawah. Pekanbaru
- Budiyanta, D., 2003. Strategi Pemanfaatan Hutan Gambut yang Berwawasan Lingkungan. Makalah pada Lokakarya Pengelolaan Lahan Gambut Secara Bijaksana dan Berkelanjutan di Indonesia. Asian Wetland Bureau. Bogor.
- Chow, V.T., 1959. Open Channel Hydraulics. Mc Graw-Hill, New York.
- , 1964. Hand Book of Applied Hydrology. Mc Graw-Hill, New York.

- Gulland, J.A., 1983. Fish Stock Assessment: A Manual of Basic Methods. FAO/Wiley Series on Food and Agriculture. Vol. I. Jhon Wiley & Sons, Chichester. 233pp.
- Hendrik, 2010. Analisis Tingkat Pendapatan dan Kesejahteraan Masyarakat Nelayan Danau Pulau Besar dan Danau Bawah-Zamrud Kabupaten Siak. Lembaga Penelitian. Unri, Pekanbaru. 46 hal
- Kantor Camat Dayun, 2009. Monografi Kecamatan Dayun Tahun 2009. Dayun
- Kantor Kepala Desa Dayun, 2009. Monografi Desa Dayun Tahun 2009. Dayun
- Kasry, A., 1993. Manajemen Sumberdaya Perairan dalam Kawasan Suaka Margasatwa Danau Pulau Besar dan Danau Bawah, Kabupaten Bengkalis, Provinsi Riau. Pusat Penelitian Universitas Riau, Pekanbaru.
- Muhammadi, E., Aminullah dan B. Soesilo, 2001. Analisis Sistem Dinamis. Lingkungan Hidup, Sosial, Ekonomi, Manajemen. UMJ Press. Jakarta.
- Sumarwoto, O., D. Silalahi, dan S. Sukimin. 2004. Menanganinya Harus Ada Langkah Nyata: Waduk & Danau Kini Terancam Punah. <http://www.kompas.com>, diakses 20 Maret 2010, 12:11:30.
- Presiden RI, 1990. Undang-undang No. 5 tentang Konservasi Sumberdaya Alam Hayati dan Ekosistemnya. Sekneg, Jakarta.
- _____, 1998. Peraturan Pemerintah No 68 Tahun 1998 tentang Kawasan Suaka Alam dan Kawasan Pelestarian Alam. Departemen Kehutanan, Jakarta.
- _____, 2009. Undang-undang No. 32 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Sekneg, Jakarta.
- PT. CPI dan PT. Radiant Utama, 1985. Studi Evaluasi Lingkungan Proyek Pengembangan Zamrud-Sumatera, Indonesia. Jakarta.
- PT. Caltex Pacific Indonesia, 1999. Rencana Pengelolaan dan Pemantauan Lingkungan Pengembangan Lapangan Minyak Zamrud. Pekanbaru.
- Rifardi, 2008. Ekologi Sedimen Laut Modern. Unri Press, Pekanbaru.
- Schaefer, M.B., 1954. Some Aspects of the Dynamics of

Population Important to
The Management of
Marine Fisheries. Bull. I-
ATTC, 1: 25-26

Sukartawi, A. Soeharjo, J.L. Dillon
dan J.B. Hardaker, 1986.
Ilmu Usahatani dan
Penelitian untuk
Pengembangan Petani
Kecil. UI Press, Jakarta.

Zainuddin, M., dan B.A. Kironoto,
2003. Distribusi Sedimen
Suspensi pada Aliran
Seragam dengan dan
Tanpa Angkutan
Sedimen Dasar, Journal
Teknosains, XVI (1):