

ANALISIS SENSITIVITAS LINGKUNGAN OSCP (OIL SPILL CONTINGENCY PLAN) DI PESISIR SELATAN DELTA MAHAKAM, PROVINSI KALIMANTAN TIMUR

Analyze of Environmental Sensitivity for OSCP (Oil Spill Contingency Plan) at Southern Coast of Mahakam Delta, East Kalimantan Province

Mursalin^{a,d}, I Wayan Nurjaya^b and Hefni Effendi^{c,d}

^a Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan-Sekolah Pasca Sarjana, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680 —mursalin_1000island@yahoo.co.id

^b Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan-Institut Pertanian Bogor

^c Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan-Institut Pertanian Bogor

^d Pusat Penelitian Lingkungan Hidup-Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680

Abstract. The research was one part of oil spill contingency plan (OSCP) developed for Delta Mahakam area, where oil & gas exploration and exploitation linked with rich biodiversity supporting coastal community livelihood. Environmental sensitivity analysis for OSCP only do two early stages of OSCP scope, which integrated with the dangers of coastal vulnerability. This analysis mapped environmental component from oil pollution become sensitivity ranking as an effort to support response development strategies and priorities for the coastal resources protection. The aims of this research were (1) to establish environment sensitivity rank and (2) to identify primary factor supporting the environmental sensitivity for OSCP in south Delta Mahakam area. The result of analysis showed environmental sensitivity was 62.37% (517.52 km), its mean very high sensitivity. Then the high sensitivity criteria was 11.31% (94 km). The criteria of medium sensitivity was 11.92% (99 km). While for low sensitivity and very low sensitivity respectively were 1.78% (15 km) and 12.64% (105 km). Based on Principal Component Analysis (PCA), 36.01% variability was explained by axis of factor 1. The others variability 18.53% and 13.93% were explained by axis of the factor 2 and factor 3. Axis of factor 1 for coastal exposure (EK), oil residence index (OR), coastal type (TP), and biological resources (SH) had a quite large linear combinations coefficient, amounted to 0.94 (EK&OR), 0.83 (TP) and 0.75 (SH). This indicated a very high contribution for environmental sensitivity OSCP level drafting. On axis of factor 2, the linear coefficient combinations for the resource utilization of port (PL) was 0.83 and settlement (PM) was 0.85. Axis of factor 3 contributed 0.75 and 0.66 on migas platform (PO) and placement of passive fishing gear/catchment area (AT). However, the utilization of coastal resources for PL, PM, PO and AT were on axis of factor 2 and factor 3 had a considerable distance with its SI variable. This possible caused by each variable percentage distribution which the value was very minor ranged 0.001-0.52%, so its not represented coastal resources elements closeness with SI variable in the study area.

Keywords: Environmental Sensitivity, Oil Spill Contingency Plan, Mahakam Delta

(Diterima: 05-06-2014; Disetujui: 05-07-2014)

1. Pendahuluan

Pesatnya perkembangan industri perminyakan di daerah pantai/pesisir (coastal zone) maupun lepas pantai (offshore) dapat memberikan konsekuensi yang positif bagi manusia dan lingkungannya. Selain itu, kegiatan tersebut juga dapat memberikan konsekuensi yang negatif jika dalam hal perencanaan, pengoperasian dan pengelolannya tidak dilakukan dengan baik. Konsekuensi negatif yang sering terjadi adalah kasus pencemaran perairan, seperti terjadinya tumpahan minyak yang dapat memberikan dampak yang cukup signifikan terhadap sumberdaya perairan dan lingkungannya. Pesisir selatan Delta Mahakam merupakan bagian dari wilayah Delta Mahakam yang dicirikan oleh adanya endapan material sedimen yang terbawa lewat aliran air dari muara Sungai Mahakam sepanjang 770 km dan dari Selat Makassar (Sidik 2008). Selain memiliki keanekaragaman hayati yang tinggi, pesisir Delta Mahakam juga kaya akan sumber daya alam berupa minyak dan gas bumi. Adanya kegiatan eksplorasi dan eksploitasi serta proses

produksi minyak (aktifitas pengeboran, penempatan kilang penampungan minyak/oil storage dan pendistribusian minyak) dapat menjadikan Delta Mahakam menjadi pusat perhatian terhadap peluang resiko pada kemungkinan terjadinya pencemaran minyak.

Menurut Majalah Migas Indonesia (2004) bahwa kecelakaan dalam kegiatan pertambangan minyak dan gas hampir dipastikan selalu menyertai kegiatan pengembangan pertambangan baik di area pesisir maupun di lepas pantai dan menjadi salah satu sumber pencemar lingkungan dalam setiap tahapan proses produksinya. OSCP merupakan sebuah tindakan yang disiapkan untuk mengantisipasi kemungkinan terjadinya pencemaran perairan oleh tumpahan minyak di suatu area (IPIECA 2000). Sejak tahun 1979, OSCP telah terintegrasi dengan indeks sensitivitas lingkungan ketika sehari sebelum terjadinya tumpahan minyak akibat ledakan sumur IXTOC 1 di Teluk Meksiko (NOAA 2002). Menurut US EPA (1999), 2 (dua) elemen utama dalam OSCP harus diidentifikasi sebelum memasuki tahapan penilaian risiko, yaitu identifikasi bahaya dan identifikasi kerentanan kom-

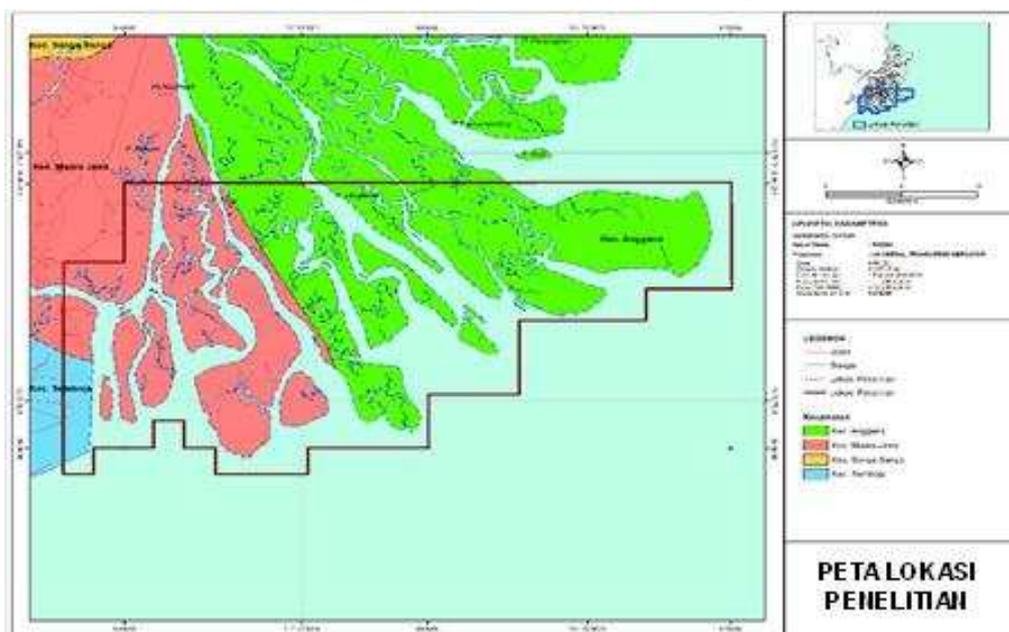
ponen lingkungan. Kajian analisis sensitivitas lingkungan OSCP dalam penelitian ini hanya 2 (dua) tahapan awal dari OSCP yang mengintegrasikan kondisi bahaya dengan kerentanan sumberdaya pesisir di suatu area. Identifikasi bahaya hanya berupa informasi umum perihal kegiatan eksplorasi dan eksploitasi minyak dan gas di area pesisir.

Analisis sensitivitas lingkungan OSCP akan memetakan komponen lingkungan dalam bentuk peringkat sensitivitas dari kemungkinan pencemaran minyak sebagai upaya dalam mendukung pengembangan strategi respon dan prioritas perlindungan terhadap sumberdaya pesisir. Berdasarkan hal tersebut maka tujuan dari penelitian ini adalah menetapkan peringkat sensitivitas lingkungan dan mengidentifikasi faktor-faktor utama yang mendukung sensitivitas lingkungan OSCP di pesisir selatan Delta Mahakam.

2. Metode

2.1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di pesisir selatan Delta Mahakam, Provinsi Kalimantan Timur yang berlangsung pada bulan Desember 2013-Januari 2014. Penelitian berlangsung pada bulan Desember 2013 - Januari 2014. Secara administrasi lokasi penelitian masuk dalam Kecamatan Anggana, Muara Jawa dan Kecamatan Samboja, Kabupaten Kutai Kartanegara (Gambar 1).



Gambar 1. Peta lokasi penelitian di pesisir selatan Delta Mahakam

2.2. Jenis dan Sumber Data

Data yang digunakan bersumber dari data sekunder maupun data primer dalam bentuk spasial ataupun non spasial. Data spasial seperti tutupan lahan, tipe dan garis pantai diidentifikasi dengan foto udara. Kemiringan pantai dan kontur dasar perairan

diidentifikasi dengan analisis DEM (*Digital Elevation Model*) dan peta batimetri (Bakosurtanal 1:50.000). Sedangkan data-data non spasial yang digunakan adalah (1) geofisik pantai/pesisir: substrat, arus dan pasang surut (Gastaldo 2010; TEPI 2012a; TEPI 2012b; TEPI 2013a; dan TEPI 2013b), dan data angin (ECMWF: *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts* www.ecmwf.int), (2) sumberdaya hayati: mangrove, biota perairan dan kelompok burung (Sidik 2008; Creocan 2012; dan TEPI 2013b), (3) tipe pemanfaatan sumberdaya pesisir: pelabuhan, platform migas, pemukiman, tambak dan area tangkap.

2.3. Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan mengelaborasi data hasil penelitian sebelumnya dari berbagai sumber, observasi lapang dan identifikasi foto udara melalui analisis spasial dengan sistem informasi geografis (SIG). Hasil identifikasi dan elaborasi komponen lingkungan selanjutnya diaplikasikan kedalam metode zonal dengan menerapkan nilai kerentanan daerah pesisir berdasarkan distribusi variasi lingkungan. Modifikasi metode zonal pada penelitian ini adalah memetakan distribusi variasi lingkungan dengan segmen garis (Gundlach dan Hayes 1978; Stjernholm *et al.* 2011). Kemudian area *buffer* dalam penerapan modifikasi metode zonal dengan segmen garis adalah sejauh 200 m dengan grid area 2 km x 2 km baik kearah darat maupun kearah perairan dari garis pantai.

2.4. Analisis Data

a. Arus dan Pasang Surut

Kondisi umum arah dan kecepatan arus dianalisis secara deskriptif dari hasil data model (TEPI 2013a). Kemudian untuk kondisi pasang surut dianalisis konstanta harmoniknya dengan metode Admiralty. Kon-

stanta harmonik digunakan sebagai masukan data dalam formula Formzahl (F).

$$F = \frac{(K_1 + O_1)}{(M_2 + S_2)} \tag{1}$$

dengan F= bilangan Formzahl; K₁ dan O₁= konstanta harmonik (amplitudo) pasut diurnal; M₂ dan S₂= Konstanta harmonik (amplitudo) pasut semidiurnal. Penentuan pasang surut dapat ditentukan dengan kriteria sebagai berikut: F ≤ 0,25 = tipe pasut semidiurnal; 0.26 < F < 1.50 = tipe pasut campuran cenderung semidiurnal; 1.51 < F ≤ 3.0 = tipe pasut campuran cenderung diurnal; dan F > 3.0 = tipe pasut diurnal.

b. Arah dan Kecepatan Angin

Data angin yang diperoleh berupa komponen u (angin zonal) dan komponen v (angin meridional) dalam format .nc (www.ecmwf.int) diekspor kedalam bentuk .txt dengan ODV 3.4.3. Hasil ekspor data kedalam bentuk .txt dimasukkan kedalam *spread sheet* dengan *Microsoft Office Excel* untuk dikonversi kedalam komponen arah dan kecepatan. Selanjutnya divisualisasikan kedalam bentuk *wind rose* dengan WRPLOT 4.8.5.

c. Kemiringan Pantai dan Kontur Dasar Perairan

Kemiringan pantai diukur berdasarkan DEM (*Digital Elevation Model*) yang dianalisis dengan ERDAS *Imagine* 9.1. Kontur dasar perairan dipetakan menggunakan data peta Batimetri skala 1: 50.000 yang dianalisis dengan ArcGis 9.3.

d. Eksposur Tidal Flat

Eksposur tidal flat dianalisis dengan menggunakan formula indeks eksposur (exposure index/EI) (Hayes 1996):

$$EI = [(EFP \times WD_{10-20 \text{ mph}}) + (EFP \times (WD > 20 \text{ mph})^2)] + [(EF 45L \times WD_{10-20 \text{ mph}}) + (EF 45L \times (WD > 20 \text{ mph})^2)] + [(EF 45R \times WD_{10-20 \text{ mph}}) + (EF 45R \times (WD > 20 \text{ mph})^2)]. \tag{2}$$

dengan EFP = efektif *fetch* tegak lurus garis pantai, EF 45° L (*left*) = efektif *fetch* 45° (kiri) tegak lurus garis pantai, EF 45° R (*right*) = efektif *fetch* 45° (*right*) tegak lurus garis pantai, WD_{10-20 mph} = jumlah hari (24 jam) angin bertiup 10-20 mph, WD > 20 mph = jumlah hari (24 jam) angin bertiup > 20 mph.

e. Pemetaan Sumberdaya Pesisir

Karakteristik sumberdaya pesisir di pesisir selatan Delta Mahakam dipetakan menggunakan perangkat lunak *ArcView GIS 3.3* dan *ArcGis 9.3/10.1* sebagai *tools* analisis.

f. Indeks Sensitivitas Lingkungan OSCP

Nilai sensitivitas lingkungan diperoleh dari nilai kumulatif indeks prioritas lingkungan pada tiap

elemen sumberdaya pesisir (Musbech *et al.* 2000, diacu dalam Stjernholm *et al.* 2011):

$$PI = AV \times WF ; \text{ dengan } S = \sum_{i=1}^n PI \tag{3}$$

dengan PI = indeks prioritas; AV = nilai kerentanan (Tabel 1); WF = kategori faktor bobot; dan S = sensitivitas (indeks sensitivitas). Untuk kategori faktor bobot ditentukan dengan menggunakan *rank order centroid* (ROC) (Chang 2004, diacu dalam Ghavamifar 2009). Untuk sumberdaya hayati nilai kerentanannya didasarkan pada formula berikut (Musbech *et al.* 2000, diacu dalam Stjernholm *et al.* 2011):

$$AV = \frac{(RS \times RA \times TM \times ORI)}{C} \tag{4}$$

dengan RS = kerentanan relatif; RA = kelimpahan relatif; TM = *temporal modifier*; ORI= indeks residensi minyak, C = konstanta (sumberdaya pesisir: 62,5). Nilai kerentanan relatif (RS) mengacu pada *Marine Life Information Network*. Sedangkan nilai ORI (*Oil Residence Index*) ditentukan berdasarkan substrat dan eksposur pantai (Tabel 2). Penggunaan peringkat sensitivitas lingkungan akan menerima nilai numerik tunggal, yang mewakili sensitivitas relatif untuk tumpahan minyak. Kisaran nilai dalam peringkat kategori sensitivitas didasarkan pada nilai selang kelas (Modifikasi Musbech *et al.* 2000, diacu dalam Stjernholm *et al.* 2011).

$$K = \frac{(\sum AV \times WF)_{\text{mak}} - (\sum AV \times WF)_{\text{min}}}{n} \tag{5}$$

dengan K = selang kelas; AV= nilai kerentanan pada tiap elemen sumberdaya pesisir; WF = faktor pembobotan; n = jumlah kelas. Dari rumus yang digunakan di atas, diperoleh nilai selang kelas sebesar 3.2 dengan nilai maksimum dan minimum sebesar 4.49 dan 20.45 sehingga nilai tiap kategori peringkat sensitivitasnya adalah sebagai berikut: sangat rendah (4.49-7.68), rendah (7.69-10.88), sedang (10.89-14.08), tinggi (14.09-17.28) dan sangat tinggi (17.29-20.48).

g. Analisis Komponen Utama

Analisis komponen utama digunakan untuk mereduksi data multivarian yang mentransformasikan matriks data menjadi suatu set kombinasi linier yang lebih sedikit akan tetapi menyerap sebagian besar jumlah varian dari data awal. Dalam hal ini, tujuannya penggunaan analisis komponen utama adalah untuk mengetahui elemen sumberdaya pesisir yang memiliki keterkaitan yang cukup kuat terhadap penyusunan sensitivitas lingkungan OSCP di pesisir selatan Delta Mahakam. Analisis komponen utama dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *software statistica 7*.

Tabel 1. Elemen sumberdaya pesisir penyusun sensitivitas lingkungan OSCP di pesisir selatan Delta Mahakam.

No	Sumberdaya pesisir	Komponen	Keterangan	Sumber	AVi	WFi
1	Fitur pesisir/pantai (<i>coastal fitur</i>)	Kemiringan pantai	>45°		1	0,61
			20.1°- 45°		2	
			10.1° – 20°	Abuodha dan Woodrofee (2010)	3	
			6.1° – 10°		4	
			0° – 6°		5	
		Eksposur Garis Pantai	Terpapar	Modifikasi kriteria	1	
			Cukup Terpapar	indeks eksposur (Hayes 1996)	2	
			Cukup Terlindung		3	
			Terlindung		4	
			Sangat Terlindung		5	
		Tipe pantai	Indeks 1 dan 2	Modifikasi Gundlach dan Hayes (1978) dan NOAA (2002) diacu	1	
			Indeks 3;4;5;6		2	
			Indeks 7		3	
			Indeks 8	dalam IPIE-	4	
			Indeks 9;10	CA/IMO/OGP (2011)	5	
2	Sumberdaya hayati (<i>biological resource</i>)					0,28
3	Pemanfaatan sumber daya (<i>human-use resource</i>)	Pelabuhan Platform Oil & Gas Pemukiman Tambak Area Tangkapan		(Modifikasi Sloan 1993; Ng T.F <i>et al.</i> 2008)	1	0,11
					2	
					3	
					4	
					5	

Tabel 2. Indeks residensi minyak (ORI) di pesisir selatan Delta Mahakam (Modifikasi Dempsey *et al.* 1995)

No	Substrat/Kelas Paparan	ST	TL	CTL	CTP	TP
1	Dam (bendungan pantai)	4	3	2	1	1
2	Endapan pasir	5	4	2	1	1
3	Endapan liat/lempung	5	4	2	1	1
4	Endapan lumpur	5	4	3	2	1

Keterangan: ST=Sangat Terlindung, TL = Terlindung, CTL = Cukup Terlindung, CTP = Cukup Terpapar, TP = Terpapar. Klasifikasi paparan dilakukan dengan analisis indeks eksposur (Hayes, 1996); 1 & 2 = pendek (hari-minggu), 3 & 4 = sedang (minggu-bulan), 5 = lama (bulan-tahun).

Tabel 3. Kecepatan arus di pesisir selatan Delta Mahakam

No.	Musim	Kecepatan Arus (m/s)							
		MP	Arah	MS	Arah	P	Arah	S	Arah
1	Barat	0.08-0.18	-	0.08-0.32	TL	0.07-0.15	TL	0.007-0.09	BD
2	Timur	0.08-0.21	-	0.18-0.31	TL	0.11-0.29	TL	0.01-0.19	U&BD

Sumber : Data Model (TEPI, 2013a)

Keterangan: MP = kondisi menjelang pasang; P = kondisi pasang; MS = kondisi menjelang surut; S = kondisi surut; TL= Timur Laut; BD=Barat Daya; U=Utara; - = mendekati pantai

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Kondisi Lingkungan Pesisir Selatan Delta Mahakam

Secara geomorfologi, area penelitian masuk kedalam 2 bagian penting dari 3 bentuk geomorfologi umum Delta Mahakam modern, yaitu delta front (perenggan delta) dan prodelta (luar delta). Delta front merupakan sub lingkungan delta dengan energi cukup tinggi dan sering terjadi proses sedimentasi yang konstan, yang dipengaruhi oleh pasang surut, arus laut serta aksi gelombang (kedalaman ≤ 10 m). Sedangkan Prodelt adalah bagian terluar dari delta yang berhadapan langsung dengan paparan laut dalam. Substrat dasar di pesisir selatan Delta Mahakam terdiri dari pasir halus dan lumpur yang tersebar sampai ke mulut delta. Pasir halus atau lebih dominan lumpur disebabkan oleh adanya aliran sedimen dari muara sungai

mahakam yang terbawa dari bagian hulu dan terendapkan sampai ke mulut-mulut delta. Allen dan Chamber (1998), diacu dalam Gastaldo (2010) menyatakan bahwa penyebaran sedimen dengan substrat pasir halus dan lumpur atau lebih didominasi oleh lumpur terdapat di sekitar delta front. Sedangkan pada prodelta sedimen lebih ber substrat lanau/lempung/tanah liat dan terkadang lapisan pasir tipis (Allen dan Chamber 1998, diacu dalam Gastaldo 2010).

Pantai dengan substrat berpasir halus dan berlumpur cukup mampu menahan air setelah terjadinya air pasang. Pasir halus dan lumpur tidak cepat meniriskan air yang terperangkap sehingga memungkinkan organisme yang tinggal lebih lama tercemari minyak. Bedanya dengan pantai ber substrat kasar dan berkerikil. Menurut IPIECA (2006), air laut yang terperangkap pada substrat kasar dan berkerikil biasanya tidak stabil dan mampu meniriskan air yang terperangkap dengan cepat. Kemudian minyak yang menempel pada sub-

strat kasar cukup mudah untuk dibersihkan sehingga minyak yang tinggal berada dalam waktu yang singkat.

a. Kemiringan Pantai dan Kontur Dasar Perairan

Kemiringan garis pantai merupakan ukuran kecukupan zona intertidal antara pasang surut (pasut) maksimal (NOAA, 2002). Hasil analisis data DEM SRTM 30 m bahwa pesisir selatan Delta Mahakam memiliki rata-rata derajat kemiringan sangat rendah ($0-6^\circ$) sebesar 27.71%, derajat kemiringan rendah ($6.1-10^\circ$) sebesar 22.02%, derajat kemiringan sedang ($10.1-20^\circ$) sebesar 25.23%, derajat kemiringan tinggi ($20.1-40^\circ$) sebesar 18.74% dan derajat kemiringan sangat tinggi ($>40^\circ$) sebesar 6.29%. Jika dilihat dari akumulasinya bahwa kemiringan pantai di area penelitian cenderung datar (kecuraman rendah). Hal tersebut teridentifikasi hanya $\pm 25\%$ dari area penelitian memiliki derajat kemiringan yang tinggi (tinggi-sangat tinggi) (Gambar 2). Derajat kemiringan pantai yang tinggi akan mengurangi luasan area yang tercemari oleh minyak ke daratan. Selain itu, refleksi dari dinamika air permukaan cukup kuat sehingga dapat mempersingkat lamanya minyak tinggal dan peluang pembersihan pantai secara alami cukup besar. Begitu halnya sebaliknya, pada pantai/pesisir yang memiliki derajat kemiringan pantai yang rendah/landai memungkinkan minyak lebih luas tercemari minyak dan pembersihan alami cukup sulit sehingga minyak lebih lama tinggal di pantai. Kontur dasar perairan di area penelitian memiliki kisaran kedalaman 1-10 m. Kedalaman perairan yang relatif dangkal memungkinkan terjadinya deformasi gelombang saat mendekati pesisir pantai.

b. Pasang Surut, Arus, Arah dan Kecepatan Angin

Hasil perhitungan bilangan Formzhal dengan konstanta harmonik pasang surut didapatkan nilai sebesar 0.37-0.40, yang mengindikasikan tipe pasang surut di pesisir selatan Delta Mahakam adalah campuran cenderung semidiurnal/harian ganda ($0.26 < F < 1.5$). Menurut Laporan Internal TOTAL (1986), diacu dalam Gastaldo (2010) bahwa pasang surut di sisi timur Pulau Kalimantan adalah pasang semidiurnal dengan rata-rata pasang berkisar 0.5 m – 1.7 m selama siklus perbani dan 1.2 m - 2.9 m selama siklus purnama. Energi gelombang yang dihasilkan oleh pola musiman dengan tinggi gelombang tidak melebihi 80 cm atau rata-rata tinggi gelombang ~ 60 cm (Allen dan Chambers 1998, diacu dalam Gastaldo 2010). Tipe pasut campuran cenderung semidiurnal (cenderung campuran ganda), memungkinkan zat pencemar sulit terbawa keluar area dalam pembersihan. Dalam waktu 24 jam, zat pencemar yang telah terbawa menjauhi pantai pada saat surut akan terbawa kembali mendekati pantai atau masuk kedalam muara-muara sungai pada saat air bergerak pasang. Hal serupa juga dijelaskan dalam Surinati (2007) bahwa dalam studi lingkungan, pencemaran yang terjadi pada area dengan karakteristik pasut harian tunggal (diurnal) atau cenderung harian tunggal zat pencemar dapat tersapu bersih dari lokasi. Akan tetapi zat pencemar dapat bergerak

ke area yang lain jika tidak segera dilakukan kegiatan pembersihan. Beda halnya dengan area yang memiliki tipe pasut harian ganda (semidiurnal) atau campuran cenderung harian ganda maka zat pencemar dimungkinkan akan sulit tergelontorkan keluar dari area untuk dibersihkan.

Kondisi arus di pesisir selatan Delta Mahakam secara umum pergerakannya dipengaruhi oleh aliran dari perairan Selat Makassar. Selain itu, dipengaruhi juga oleh adanya arus lintas Indonesia (ARLINDO), dimana pergerakan arus dari Samudera Pasifik mengalir ke Samudera Hindia yang salah satunya melewati Selat Makassar akibat perbedaan tinggi permukaan laut di kedua samudera (Hasanudin 1998). Berdasarkan hasil model simulasi, bahwa kecepatan arus yang cukup kuat di sekitar pesisir selatan Delta Mahakam terjadi saat menjelang surut, baik pada musim barat (0.08-0.32 m/s) maupun pada saat musim timur (0.18-0.31 m/s). Sedangkan kecepatan arus cukup lemah terjadi saat kondisi surut (TEPI 2013a) (Tabel 3). Secara umum pola pergerakan arus di pesisir selatan Delta Mahakam lebih dipengaruhi oleh pasang surut. Dinamika pergerakan air permukaan secara vertikal (pasut) akan diikuti oleh pergerakan air permukaan secara horizontal (arus pasut). Bila air laut menjelang surut maka akan terlihat adanya gerakan arus dari mulut-mulut delta mengalir keluar menjauhi pantai dan bergerak ke laut lepas. Begitu halnya sebaliknya, akan terlihat gerakan arus dari laut lepas masuk ke mulut-mulut delta pada saat menjelang pasang.

Arah dan kecepatan angin di pesisir selatan Delta Mahakam lebih dominan bertiup dari arah tenggara, timur dan selatan, dengan resultan arah tenggara dan kecepatan rata-rata sebesar 9.07 m/s. Angin merupakan udara yang bergerak akibat adanya perputaran bumi dan perbedaan tekanan udara. Angin bergerak dari tempat bertekanan tinggi ke tempat bertekanan rendah. Resultan arah angin tenggara di area penelitian dimungkinkan oleh kedekatannya dengan ekuator. Pada daerah equator angin pasat tenggara berhembus secara normal sepanjang tahun. Angin pasat tenggara yang muncul terus menerus sepanjang tahun mengakibatkan permukaan laut sepanjang pantai di Samudera Pasifik bagian Barat lebih tinggi dari pada permukaan laut sepanjang pantai di Samudera Hindia bagian Timur. Angin yang berhembus di atas permukaan air akan memindahkan energinya ke air dan kecepatan angin yang bertiup dapat menimbulkan tegangan pada permukaan laut sehingga permukaan air yang tenang dapat menimbulkan riak gelombang di atas permukaan air. Semakin besar kecepatan angin yang bertiup menyebabkan riak gelombang di atas permukaan air akan semakin besar, begitu halnya sebaliknya.

c. Eksposur Tidal Flat

Berdasarkan hasil analisis indeks eksposur (EI) dengan menggunakan pendekatan data angin bahwa area penelitian di pesisir selatan Delta Mahakam memiliki kategori eksposur yang sangat terlindung dengan nilai EI (exposure index) berkisar antara 0-

3.14 ($EI \leq 10$). Panjang segmen garis pantai dalam kategori ini sebesar 431.96 km atau sekitar 52.05% dari total panjang segmen garis pantai di area penelitian (829.82 km). Sedangkan ekposur dengan kategori terpapar memiliki panjang segmen garis pantai sebesar 99.26 km dengan EI sebesar 201.41-975.88 ($EI > 200$) (Gambar 3).

Kecenderungan ekposur yang sangat terlindung di pesisir selatan Delta Mahakam disebabkan oleh bentuk umum Delta Mahakam yang didalamnya memiliki aliran-aliran sungai yang berkeluk-likuk dan panjang fetch tegak lurus pantai dimana angin bertiup dengan arah dan kecepatan yang konstan sangat rendah. Semakin terlindung suatu area maka sangat rendah area tersebut dalam hal aksi gelombang sehingga estimasi waktu tinggal minyak sangat lama dan memungkinkan terjadi pencemaran lingkungan dengan jangka waktu yang panjang. Oleh sebab itu semakin terlindung suatu area, maka semakin tinggi nilai kerentanan yang diberikan pada area tersebut, begitu halnya sebaliknya (NOAA 2002). Selengkapnya peta ekposur pantai pada tiap kategori di pesisir selatan Delta Mahakam disajikan dalam Gambar 4.

d. Kondisi Sumberdaya Pesisir: Mangrove, Biota Perairan dan Burung (Avifauna)

Secara umum vegetasi mangrove di pesisir selatan Delta Mahakam banyak dijumpai jenis *Nypa fruticans*, Pedada (*Sonneratia* sp), Api-api (*Avicennia* sp), Bakau (*Rhizophora* sp), Tancang (*Bruguiera* sp) dan Nyirih (*Xylocarpus* sp). Sehubungan dengan masih terpengaruhnya lokasi studi oleh adanya pencampuran air tawar dan air laut maka terdapat beberapa zona vegetasi yang tersebar berdasarkan bentuk geomorfologinya. Jenis *Avicennia* sp dan *Sonneratia* sp lebih banyak dijumpai pada area yang memiliki sub lingkungan dengan energi yang cukup tinggi, area lebih terbuka dan terpengaruhi oleh proses sedimentasi secara konstan. Jenis *Rhizophora* sp sering dijumpai disepanjang tepi delta yang lebih rendah dan cukup terlindung. Jenis *Nypa fruticans* dijumpai pada daerah pusat delta atau area yang lebih mendapat pengaruh aliran air tawar secara konstan dan berada pada area yang sangat terlindung. Selain itu, terdapat juga vegetasi campuran antara api-api (*Avicennia* sp.), pedada (*Sonneratia caseolaris*), bakau (*Rhizophora* sp), Tancang (*Bruguiera* sp.), Nyirih (*Xylocarpus granatum*), dan *Nypa fruticans* tumbuh bersamaan (Gambar 5). Menurut studi literatur bahwa secara umum hutan mangrove di area studi didominasi oleh zona pedada, zona bakau, zona transisi, zona Nipa dan zona Nibung dan terdapat ± 20 jenis mangrove dari tujuh famili teridentifikasi (Sidik 2008).

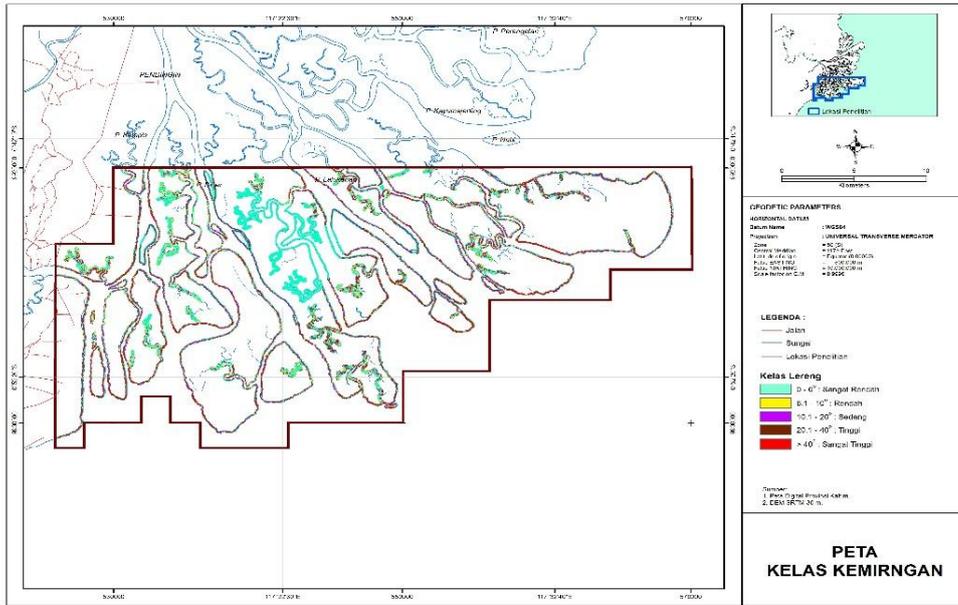
Habitat mangrove merupakan tempat untuk mencari makan (*feeding ground*), tempat mengasuh dan membesarkan (*nursery ground*), tempat bertelur dan memijah (*spawning ground*) serta tempat berlindung yang aman bagi berbagai jenis biota perairan. Biota perairan yang menjadi tangkapan nelayan di pesisir selatan Delta Mahakam umumnya adalah jenis crustacea, yaitu *Penaeus monodon* (Udang Windu), *Penaeus*

merguensis (Udang Putih), *Metapenaeus brevicornis*, *Scylla serrata* (kepiting lumpur), dan beberapa jenis ikan dari famili Scieanidae, Leiognathidae, Apogonidae, Engraulidae, Mullidae, dan Polynemidae (Gambar 5). Suyatna (2006), diacu dalam Sidik (2008) telah melaporkan bahwa terdapat ± 125 spesies ikan dan kerang dari 44 famili di perairan muara di sekitar perairan Delta Mahakam. Berdasarkan hasil pengamatan visual terdapat enam famili burung yang memiliki jumlah individu terbanyak dari ± 33 famili (± 186 individu) yang dijumpai, yaitu: Ardeidae sebesar 10.75% (20 individu), Accipitridae sebesar 9.68% (18 individu), Alcedinidae, Columbidae, Scolopacidae masing-masing sebesar 8.60 % (16 individu) dan Laridae sebesar 8.06% (15 individu). Enam famili burung yang dijumpai umumnya berada di area vegetasi mangrove, tambak dan pantai yang terpapar pada saat kondisi surut. Hutan mangrove, area tambak dan pantai yang terpapar merupakan tempat strategis bagi burung dalam mencari makan karena sering dijumpai udang, kepiting dan ikan sebagai bahan makanan. Tumpahan minyak dapat membahayakan burung. Ketika burung terkontak dengan minyak maka akan menghilangkan sifat isolasinya karena struktur yang kompleks pada bulu burung telah rusak sehingga akan terjadi hilangnya keseimbangan untuk terbang dan hewan tersebut dapat berisiko mati kedinginan.

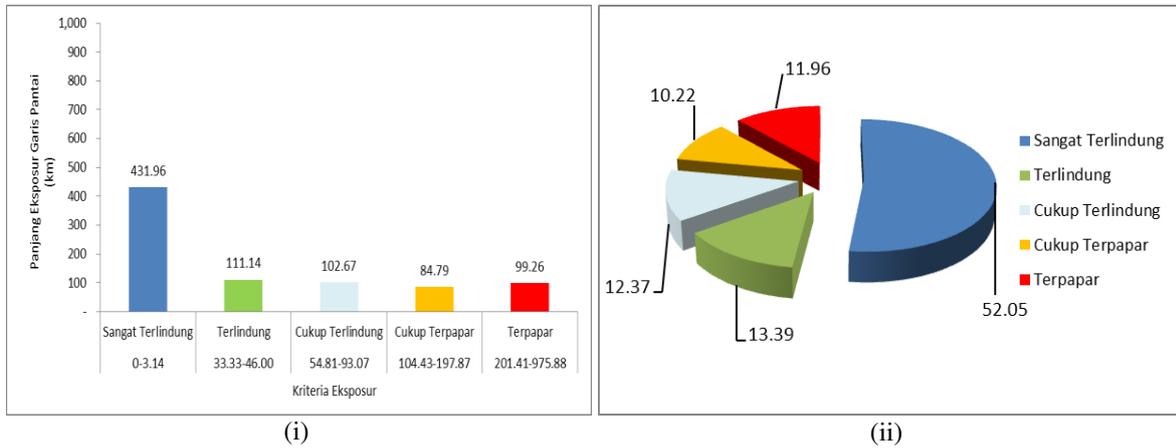
e. Pemanfaatan Sumberdaya Pesisir

Total luasan area bervegetasi hasil identifikasi tutupan lahan di pesisir selatan Delta Mahakam dengan *buffer* sebesar 200 m adalah $\pm 65,585,045$ m². Vegetasi tersebut terdiri dari mangrove non Nipa sebesar $\pm 16,950,770$ m², Nipa sebesar $\pm 48,225,223$ m², semak belukar sebesar $\pm 188,438$ m² dan rumput sebesar $\pm 220,614$ m². Kemudian lahan bervegetasi yang telah terkonversi menjadi tambak udang dan ikan sebesar $\pm 38,805,364$ m². Untuk lahan lainnya terdapat area pemukiman sebesar $\pm 551,643$ m²), *platfom* migas sebesar $\pm 287,010$ m², lahan terbuka sebesar $\pm 427,641$ m² dan penggunaan untuk penempatan alat tangkap pasif oleh masyarakat lokal sebesar ± 482 m². Jika dilihat dari area *buffer* 200 m ke darat sepanjang pantai maka sekitar 62.05 % area penelitian masih bervegetasi (Gambar 6). Tipikal pemanfaatan sumberdaya pesisir dan sebarannya secara umum divisualisasikan dalam Gambar 7.

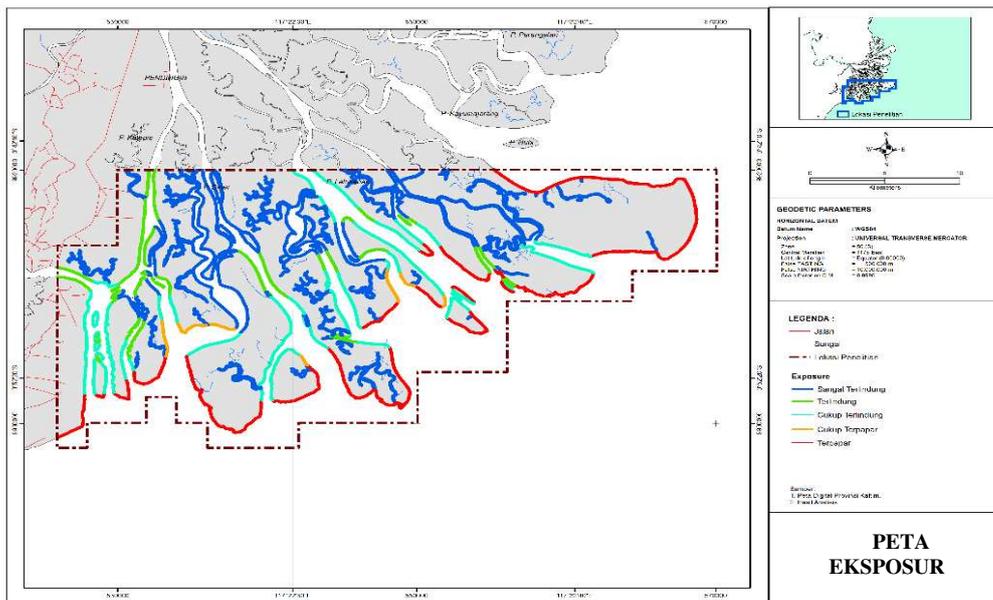
Selama lebih dari 20 tahun Delta Mahakam mengalami perubahan besar secara struktural. Namun demikian perubahan tersebut tidak selalu linier (Creocean, 2012). Antara tahun 1990 sampai 2000, sebagian besar vegetasi atau sebesar 70% vegetasi di permukaan Delta Mahakam rusak dan hanya sebagian kecil dibiarkan disepanjang sungai atau pantai. Kemudian antara tahun 2000-2011, air permukaan telah menggenangi permukaan lahan delta (Creocean 2012). Hal ini disebabkan oleh banyaknya lahan yang telah terkonversi menjadi tambak di tepi sungai atau pantai.



Gambar 2. Distribusi kelas kemiringan di lokasi penelitian



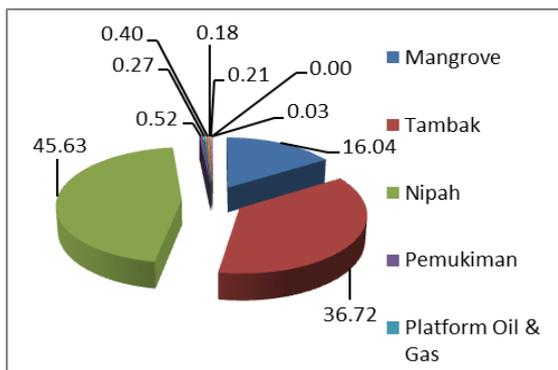
Gambar 3. Kategori eksposur pantai di pesisir selatan Delta Mahakam (i. panjang eksposur pantai; ii. proporsi eksposur pantai).



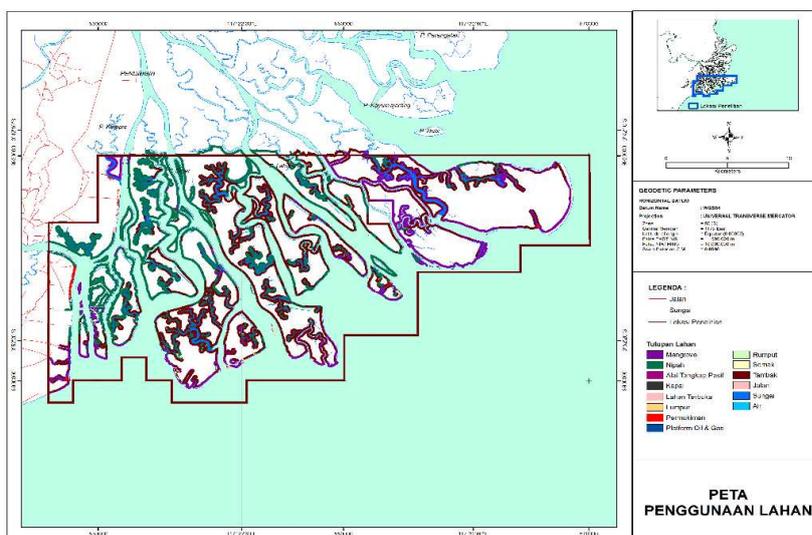
Gambar 4. Eksposur pantai/pesisir di area penelitian



Gambar 5. Kondisi umum vegetasi di pesisir selatan Delta Mahakam



Gambar 6. Persentase pemanfaatan lahan di pesisir selatan Delta Mahakam.



Gambar 7. Peta pemanfaatan sumberdaya pesisir di pesisir selatan Delta Mahakam

3.2. Analisis Sensitivitas Lingkungan OSCP

Analisis sensitivitas lingkungan OSCP merupakan gambaran kerentanan dari elemen lingkungan pada wilayah pesisir terhadap kemungkinan pencemaran minyak. Gambaran umum ini dapat mendukung dalam strategi pengembangan untuk merespon kemungkinan kejadian tumpahan minyak di perairan pantai ataupun lepas pantai. Berdasarkan hasil identifikasi elemen sumberdaya pesisir dan analisis indeks sensitivitas lingkungan bahwa nilai indeks sensitivitas lingkungan OSCP (SI) di pesisir selatan Delta Mahakam berkisar 17.29-20.48 dengan kriteria sangat tinggi. Tingkat sensitivitas OSCP dengan kriteria tinggi berkisar 14.09-17.28, kriteria sedang berkisar 10.89-14.08, kriteria rendah berkisar 7.69-10.88 dan kriteria sangat rendah berkisar 4.49-7.68 (Gambar 8).

Gambar 8 menunjukkan bahwa sensitivitas lingkungan OSCP di pesisir selatan Delta Mahakam secara umum sangat tinggi dengan proporsi persentase sebesar 62.37% dari 829.82 km total segmen garis pantai. Tingginya tingkat sensitivitas lingkungan OSCP dimungkinkan oleh kondisi lingkungan yang dominan memiliki substrat bertekstur pasir halus dan berlumpur, ekposur pantai yang sangat terlindung, pasang surut campuran condong semidiurnal serta memiliki sumberdaya hayati yang rentan jika terjadi pencemaran minyak. Dalam kondisi lingkungan tersebut, pencemaran minyak yang terjadi membutuhkan waktu yang cukup lama dalam hal pembersihan dan pemulihannya.

Berdasarkan hasil analisis komponen utama, sebesar 36.01% keragaman dijelaskan oleh sumbu faktor 1 (Gambar 9i). Sedangkan lainnya sebesar 18.53% dan 13.93% dijelaskan oleh sumbu faktor 2 (Gambar 9i) dan sumbu faktor 3 (Gambar 9ii). Secara bersamaan baik, pada sumbu faktor 1, sumbu faktor 2 dan sumbu faktor 3 telah menjelaskan sebesar 68.48% keragaman elemen sumberdaya pesisir penyusun sensitivitas lingkungan OSCP dari keragaman totalnya. Persentase keragaman ini menjelaskan besaran muatan informasi yang terdapat pada masing-masing sumbu faktor. Pada sumbu faktor 1 telah memaksimalkan keragaman pada tiap elemen sumberdaya pesisir yang diproyeksikan secara horizontal. Sedangkan sumbu faktor 2 merupakan sumbu tegak lurus dengan sumbu faktor 1 dimana keragaman maksimum pada pada tiap elemen sumberdaya pesisirnya juga diproyeksikan. Begitu halnya dengan sumbu faktor 3 yang tegak lurus dengan sumbu faktor 1 dan faktor 2.

Pada tiap sumbu faktor, koefisien-koefisien dari tiap elemen sumberdaya pesisir akan membentuk kombinasi linier. Sumbu faktor 1 untuk ekposur *tidal flat* (EK), *oil residence index* (ORI/OR), tipe pantai (TP) dan sumberdaya hayati (SH) memiliki koefisien kombinasi linier yang cukup besar, yaitu masing-masing sebesar 0.94 (EK & OR), 0.83 (TP) dan 0.75 (SH). Hal ini menunjukkan adanya kontribusi yang sangat tinggi dari tingkat ekposur *tidal flat*, *oil residence index*, tipe pantai dan keberadaan

sumberdaya hayati di pesisir selatan Delta Mahakam dalam tingkat sensitivitas lingkungan OSCP. Kemudian pada sumbu faktor 2, koefisien kombinasi linier yang memiliki kontribusi cukup besar terdapat pada pemanfaatan sumberdaya untuk pelabuhan (PL) dan pemukiman (PM) dengan masing-masing sebesar 0.83 dan 0.85. Sedangkan pada sumbu faktor 3, memiliki kontribusi yang cukup besar terdapat pada *platform* migas (PO) dan area tangkapan (AT) dengan koefisien kombinasi linier sebesar 0.75 dan 0.66. Walaupun pada sumbu faktor 2 dan sumbu faktor 3 pemanfaatan sumberdaya pesisir untuk PL, PM, PO dan AT memiliki koefisien kombinasi linier yang dimungkinkan cukup berkontribusi akan tetapi jika dilihat dari sudut pandang antar variabel kedekatannya dengan variabel SI memiliki jarak yang cukup jauh. Hal ini menunjukkan belum adanya representasi dari keamatan elemen sumberdaya tersebut pada tingkat sensitivitas lingkungan OSCP di area penelitian. Hal tersebut dimungkinkan oleh presentase distribusi penyebaran PL, PM, PO dan AT yang cukup kecil. Dari presentase pemanfaatan sumberdaya pesisir, hanya sekitar 0.001-0.52% terdapat PL, PM, PO dan AT di area penelitian.

Pada Gambar 26, ekposur *tidal flat* (EK), *oil residence index* (ORI/OR), tipe pantai (TP) dan sumberdaya hayati (SH) memiliki koefisien kombinasi linier yang cukup besar. Kemudian elemen sumberdaya tersebut berada pada sumbu faktor utama dengan keragaman yang cukup besar dari sumbu lainnya yaitu sebesar 36.01%. Selain itu, proyeksi antar variabel dengan SI membentuk sudut yang sangat kecil (mendekati sudut $\cos 0^\circ$) dengan nilai korelasi mendekati 1 (korelasi ≈ 1). Ekposur *tidal flat* menggambarkan paparan pantai di pesisir selatan Delta Mahakam terhadap zat pencemar. Tingkat ekposur *tidal flat* terhadap pencemaran oleh tumpahan minyak berpengaruh terhadap lamanya zat pencemar yang terperangkap. Minyak yang terperangkap di pesisir pantai sangat terkait juga dengan indeks kediamannya (ORI). Rata-rata nilai ORI berada pada kisaran estimasi waktu tinggal minyak dari periode bulan sampai tahun. Hal ini disebabkan oleh sedimen dengan substrat pasir halus dan cenderung dominan lumpur, serta berada pada ekposur pantai yang sangat terlindung atau sekitar 52.05% (431.96 km) dari 829.82 km total panjang segmen garis pantai di area penelitian. Kemudian tipe pantai (TP) dan sumberdaya hayati pesisir (SH) yang dominan masuk dalam klasifikasi tipe pantai mangrove (Gundlach dan Hayes, 1978; Bishop, 1983 diacu dalam Mukthasor, 2007; dan NOAA, 2002).

Hayes *et al.* (1980), diacu dalam Hayes (1996) menyatakan bahwa pantai yang terpapar/sangat terpapar diproyeksikan mengalami tingkat ketekunan atau lamanya minyak di pantai sangat rendah dan pantai yang sangat terlindung atau terlindung diproyeksikan memiliki tingkat dan potensi jangka panjang terhadap lamanya minyak terperangkap. Lokasi yang terlindung sangat kecil adanya aksi

gelombang sehingga pembersihan secara alami sulit terjadi, walaupun demikian pembersihan tetap harus dilakukan dengan teknik manual jika tidak minyak dapat tetap terperangkap di pantai dalam waktu yang cukup lama. Beda halnya dengan pantai yang sangat terpapar akan sangat terpengaruhi oleh kecenderungan aksi gelombang yang dapat mendorong dispersi alami sehingga pembersihan minyak dapat dilakukan secara alami. Tipe pantai dan sumberdaya hayati di pesisir selatan Delta Mahakam cenderung didominasi oleh mangrove. Minyak yang mencemari mangrove akan masuk kedalam perakaran melalui pergerakan pasang surut dan lapisan minyak dapat tersimpan dalam akar serta sedimen. Mangrove dapat mengalami kematian akibat tertutupnya pori-pori pernapasan oleh minyak. Vegetasi mangrove yang mati akan mengalami pembusukan dengan cepat dan menyebabkan hilangnya habitat mangrove. Berdasarkan analisis komponen utama dan uraian di atas bahwa eksposur tidal flat (EK), *oil residence index* (ORI/OR), tipe pantai (TP) dan sumberdaya hayati (SH) merupakan elemen sumberdaya pesisir yang dapat merepresentasikan area penelitian memiliki tingkat sensitivitas OSCP yang sangat tinggi. Selengkapannya visualisasi dari tiap kriteria sensitivitas lingkungan OSCP di pesisir selatan Delta Mahakam secara umum disajikan dalam Gambar 10 dan Gambar 11.

4. Kesimpulan dan Saran

4.1. Kesimpulan

Secara umum tingkat sensitivitas lingkungan OSCP di pesisir selatan Delta Mahakam sangat tinggi. Proporsi tingkat sensitivitas tersebut sebesar 62.37% dengan panjang segmen garis pantai sebesar 517.52 km dari 829.82 km total segmen garis pantai. Eksposur pantai (EK), waktu tinggal minyak (ORI), tipe pantai (TP) dan sumberdaya hayati (SH) merupakan elemen dari faktor utama yang dapat merepresentasikan tingginya tingkat sensitivitas lingkungan OSCP di pesisir selatan Delta Mahakam dan sekitar \pm 85.6% proporsi sensitivitas lingkungan dari kriteria sedang sampai sangat tinggi memerlukan perhatian dan upaya perlindungan yang cepat apabila terjadi tumpahan minyak.

4.2. Saran

Perlu dilakukannya kajian yang menghubungkan analisis sensitivitas lingkungan OSCP dengan analisis risiko OSCP menggunakan model oil trajectory sebagai kelengkapan OSCP di pesisir selatan Delta Mahakam.

Daftar Pustaka

[1] Abuodha PAO dan Woodroffe CD. 2010. Assessing Vulnerability to Sea Level Rise Using a Coastal Sensitivity Index : a

Case Study from Southeast Australia. *J Coast Conserv.* 14: 189-205. DOI 10.1007/s11852-010-0097-0.

[2] Creoccean. 2012. Mahakam Delta Mangrove Biodiversity and restoration. Preliminary Cartographic Report. Final Report to Total E&P Indonesia. Creoccean, Montpellier.

[3] Dempsey J, Simms A, Harper J, Lambert E dan Hooper R. 1995. West Coast Newfoundland Oil Spill Sensitivity Atlas. Environmental Studies Research Funds Report No. 127. Calgary. 62 pp.

[4] ECMWF] European Centre for Medium-Range Weather Forecasts. 2014. <http://www.ecmwf.int>. [16 Februari 2014].

[5] Gastaldo RA. 2010. Peat or no peat: Why do the Rajang dan Mahakam Deltas differ?. *International Journal of Coal Geology.* 83:162–172. doi:10.1016/j.coal.2010.01.005.

[6] Ghavamifar K. 2009. A Decision Support System for Project Delivery Method Selection in The Transit Industry. Civil Engineering Dissertations. Departement of Civil and Environmental Engineering. Northeastern University.

[7] Gundlach ER dan Hayes MO. 1978. Vulnerability of Coastal Environments to Oil Spill impacts. *Marine Technology Society Journal.* 12 (4).

[8] Hasanudin M. 1998. Arus Lintas Indonesia. Oseana. XXIII (2): 1-9. www.oseanografi.lipi.go.id [22 Juli 2014].

[9] Hayes MO. 1996. An Exposure Index for Oiled Shorelines. *Spill Science and Technology Bulletin.* 3(3): 139-147.

[10] IPIECA. 2000. A Guide to Contingency Planning for Oil Spill on Water. IPIECA Report Series. Vol 2.

[11] IPIECA. 2006. Oil Spill Preparedness and Response. Biological Impacts of Oil Pollution: Sedimentary Shores. IPIECA Report Series 1990-2005. Vol 9.

[12] IPIECA/IMO/OGP. 2011. Sensitivity Mapping for Oil Spill Response. Joint IPIECA/IMO/OGP Report.

[13] [MI] Migas Indonesia. 2004. Potensi Kecelakaan di Pertambangan Migas Lepas Pantai. Jogja Pustaka Mandiri. Yogyakarta.

[14] Mukhtasor. 2007. Pencemaran Pesisir dan Laut. PT Pradnya Paramita. Jakarta.

[15] NG TF, Vijayan VR, Chow WS dan Sulaiman A. 2008. Assessment of Oil Spill Vulnerability of Southwest Pulau Pinang Shoreline. *Bulletin of the Geological Society of Malaysia.* 54:123-131. doi: 10.7186/bgs2008019.

[16] [NOAA] National Oceanic and Atmospheric Administration. 2002. Environmental Sensitivity Index Guidelines. Version 3.0. NOAA Technical Memorandum NOS OR&R 11.

[17] Sidik AS. 2008. The Changes of Mangrove Ecosystem in Mahakam Delta, Indonesia: A Complex Social-Environmental Pattern of Linkages in Resources Utilization. The South China Sea Conference. 2008 November 25-29. Faculty of Fisheries and Marine Science. Mulawarman University. Samarinda.

[18] Stjernholm M, Boertman D, Mosbech A, Nymand J, Merkel F, Myrup M, Siegstad H, Clausen D, dan Potter S. 2011. Environmental Oil Spill Sensitivity Atlas for The Northern West Greenland (72o-75o N) Coastal Zone. NERI Technical Report No. 828.

[19] Surinati D. 2007. Pasang Surut dan Energinya. Oseana. XXXII (1): 15-22. www.oseanografi.lipi.go.id [17 Maret 2014].

[20] [TEPI] Total E&P Indonesia. 2012a. Mahakam Delta Fish and Invertebrates Biodiversity. Field Survey Report.

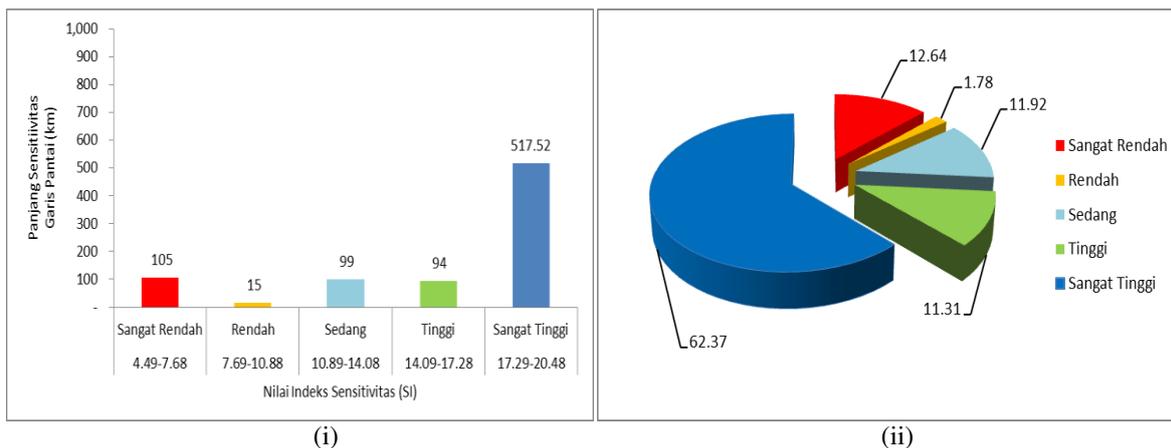
[21] [TEPI] Total E&P Indonesia. 2012b. Laporan Pelaksanaan Pengelolaan dan Pemantauan Lingkungan Pengembangan Kegiatan Eksploitasi Minyak dan Gas Bumi di Wilayah Kontrak Mahakam (Tambahan RKL-RPL Tahun 2001, 2005, 2007, 2010 & 2011).

[22] [TEPI] Total E&P Indonesia. 2013a. Adendum ANDAL, RKL dan RPL Pengembangan Kegiatan Eksploitasi Minyak dan Gas Bumi di Wilayah Kontrak Mahakam, South Mahakam dan Balikpapan Base, Provinsi Kalimantan Timur.

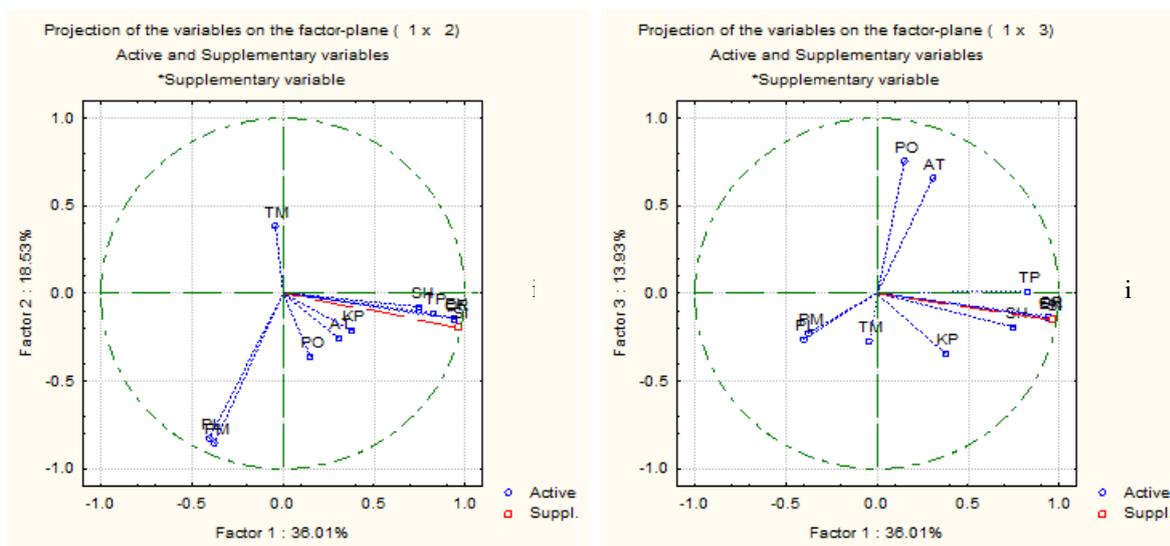
[23] [TEPI] Total E&P Indonesia. 2013b. Laporan Pelaksanaan Pengelolaan dan Pemantauan Lingkungan Pengembangan

Kegiatan Eksploitasi Minyak dan Gas Bumi di Wilayah Kontrak Mahakam (Tambahan RKL-RPL Tahun 2001, 2005, 2007, 2010, 2011 & 2013).

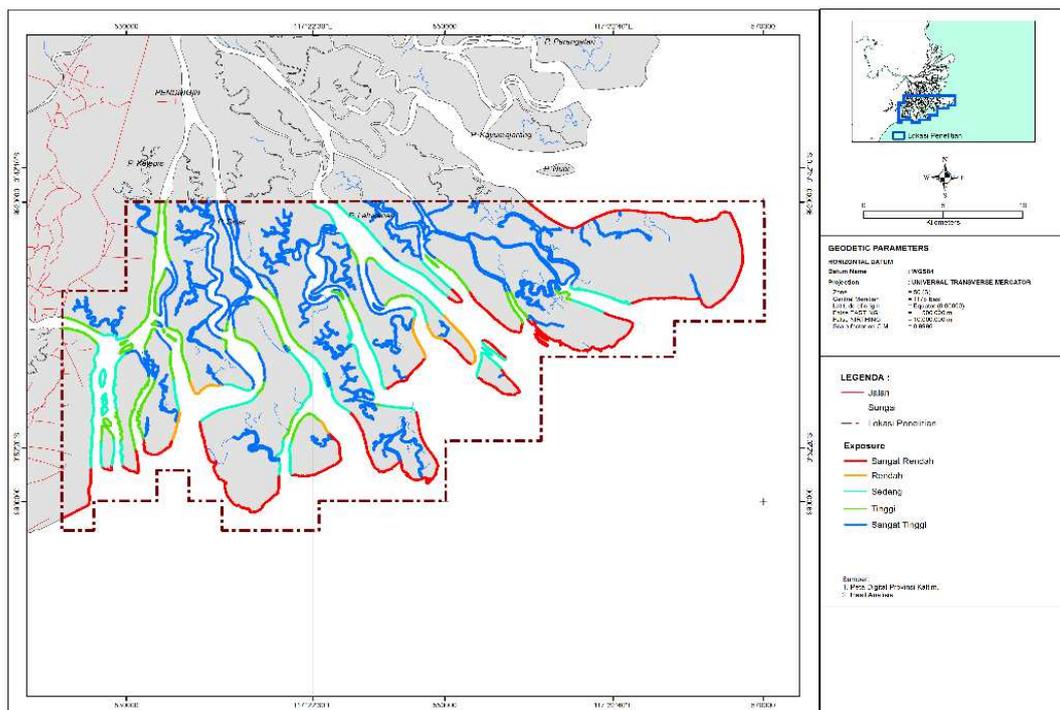
- [24] Tyler-Walters H, Hiscock K, Lear D & Jackson A. 2001. Identifying Species and Ecosystem Sensitivities. Report to The Departmen for Environment, Food and Rural Affairs from Marine Life Information Network (MarLIN), Marine Biological Association of the United Kingdom, Plymouth.Contract CW0826. [Final Report].
- [25] [US EPA] United States Environmental Protection Agency. 1999. Understanding Oil Spills and Oil Spill Response. Oil Program Center. EPA 540-K-99-007. www.epa.gov [01 Juni 2014].



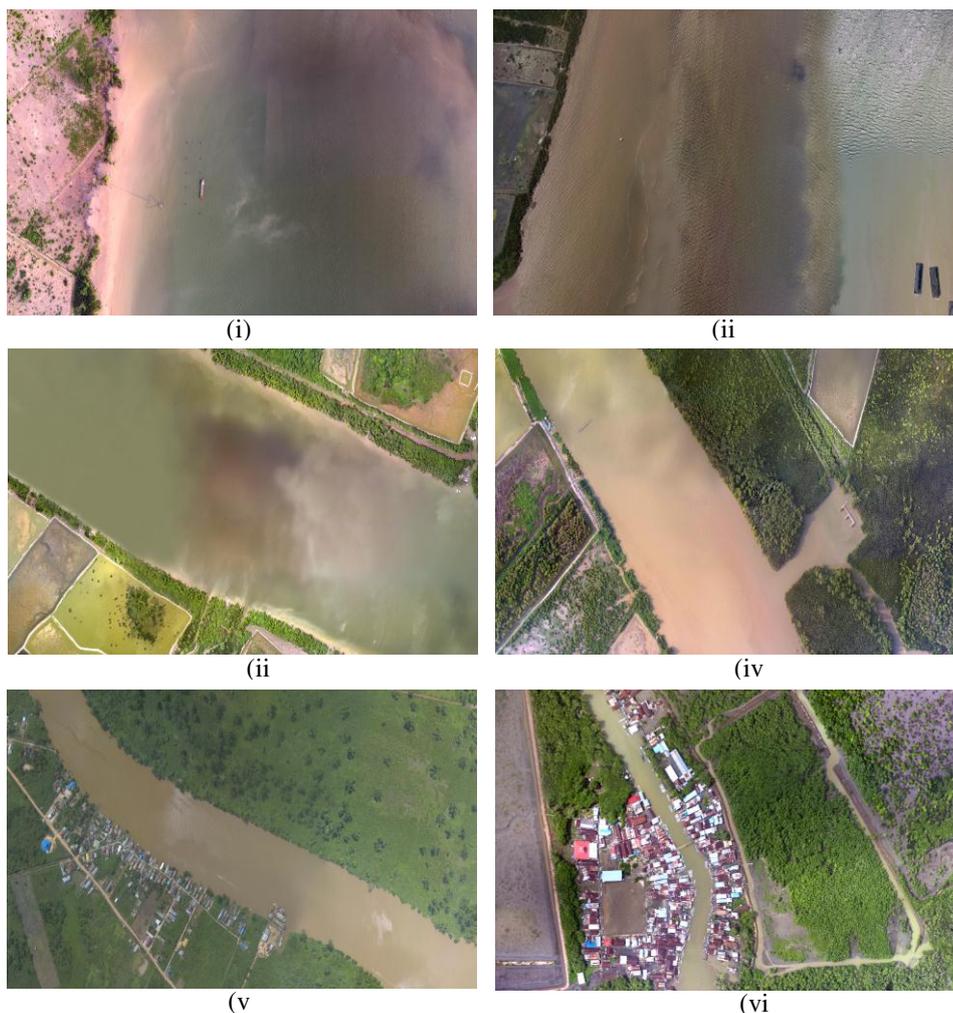
Gambar 8. Kriteria sensitivitas lingkungan OSCP di pesisir selatan Delta Mahakam (i. panjang sensitivitas garis pantai; ii. proporsi sensitivitas)



Gambar 9. Grafik analisis komponen utama penyusun sensitivitas lingkungan OSCP di pesisir selatan Delta Mahakam (i. faktor 1 vs faktor 2; ii. faktor 1 vs faktor 3).



Gambar 10. Peta sensitivitas lingkungan OSCP di pesisir selatan Delta Mahakam



Gambar 11. Gambaran umum kriteria sensitivitas lingkungan OSCP di pesisir selatan Delta Mahakam (i. sangat rendah; ii. rendah; iii. sedang; iv. tinggi; v-vi. sangat tinggi).