

Penentuan Prioritas Teknologi Pengendalian Pencemaran Minyak di Selat Rupat dengan Metode CPI

Syahril Nedi

Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Riau
Kampus Binawidya Km. 12,5 Simpang Baru, Pekanbaru 28293
Telp.0761-7047726, Fax: 0761-674717

Abstract

Marine conservation is an effort that could be conducted in marine region because it has correlation with natural resources sustainability for future generation. Marine pollution is caused mainly by oil disposal. Various technologies had been used to prevent oil pollution in marine region. CPI (comparative performance index) method had been used to find out the best technology that could be implemented to control oil pollution in marine area, especially Rupat Strait. The results of the research shown that the best technology to control oil pollution in marine area are dispersant technology, oilboom and bioremediation respectively. At present, dispersant and oilboom methods are still populer to prevent oil pollution in marine region based on timing and rehabilitation cost. Bioremediation method has not been used to control oil pollution up to now, but it has good prospective and secure to environment to control oil pollution in the future.

Key words: Oil pollution, control technology, dispersant

1. Pendahuluan

Laut memiliki peran strategis dalam bidang ekonomi dan ekologi bagi pengembangan jasa-jasa lingkungan. Secara ekonomi laut memiliki potensi besar sebagai penghasil komoditi karena memiliki sumberdaya alam yang dapat diperbaharui (ikan, rumput laut dan lain-lain) dan sumberdaya alam yang tidak dapat diperbaharui (bahan tambang, minyak bumi, gas dan lain-lain).

Secara ekologi wilayah laut merupakan bentang alam yang di tempati oleh berbagai macam ekosistem mangrove, terumbu karang dan padang lamun yang menjadi habitat bagi biota untuk hidup dan merupakan sumber nutrisi bagi organisme perairan termasuk ikan. Pelestarian wilayah laut merupakan upaya yang harus dilakukan, karena menyangkut kelestarian sumberdaya alam bagi generasi yang akan datang (Anwar & Gunawan 2007).

Pencemaran laut dapat membahayakan kehidupan biota dan sumberdaya laut, kesehatan manusia dan nilai guna lainnya (Clark 2003). Apabila laut tercemar maka sebagian dari biomasa juga akan turut tercemar. Minyak merupakan polutan yang memiliki potensi besar mencemari air laut. Pencemaran minyak merupakan penyebab utama pencemaran laut. Ekosistem dan biota perairan laut sangat rentan terhadap pencemaran minyak (Mukhtasor 2007).

Menurut IPIECA (2000), pencemaran minyak berpengaruh besar terhadap ekosistem laut, penetrasi

cahaya matahari akan menurun akibat tertutup lapisan minyak. Proses fotosintesis akan terhalang pada zona euphotik sehingga rantai makanan akan terputus. Lapisan minyak juga menghalangi pertukaran gas dari atmosfer dan mengurangi kelarutan oksigen yang akhirnya perairan tidak mampu lagi untuk mendukung kehidupan laut yang aerob.

Ancaman utama pencemaran minyak terhadap biota perairan adalah terjadinya penutupan fisik permukaan air sehingga hewan dan tumbuhan sangat beresiko kontak dan terkontaminasi oleh minyak. Kura-kura, reptil laut, dan burung yang hidupnya mencari makan dengan menyelam akan terkena dampak akibat pencemaran minyak di perairan, begitu juga halnya dengan biota laut lainnya termasuk ikan (Mukhtasor 2007).

Keberadaan komponen minyak di tubuh organisme ikan dapat mempengaruhi cita-rasa hewan tersebut saat dikonsumsi karena adanya rasa atau aroma minyak. Hal ini merupakan masalah penting yang berhubungan dengan kehidupan nelayan dan masyarakat konsumen yang mengkonsumsi hewan laut termasuk ikan hingga kembali ke kondisi normal.

Menurut Darmono (2001), komponen hidrokarbon aromatis dari minyak bumi seperti senyawa benzen dan toluen merupakan senyawa toksik yang mampu membunuh langsung biota perairan saat terjadinya pencemaran minyak di perairan. Efek sub-lethal dari minyak menyebabkan terganggunya kemampuan organisme laut

untuk bereproduksi, tumbuh dan mencari makan karena paparan konsentrasi minyak. Oleh karena itu diperlukan teknologi yang tepat untuk mengendalikan pencemaran minyak di perairan Selat Rupat untuk mencegah timbulnya resiko terhadap kerusakan ekosistem di sekitarnya.

Penggunaan oilboom, dispersant dan bioremediasi merupakan teknologi alternatif dalam mengendalikan pencemaran minyak di laut hingga saat ini. Kondisi hidrooseanografi (arus, gelombang dan pasang-surut) perairan sangat menentukan dalam penentuan aspek peralatan yang digunakan sebagai teknologi pengendalian. Salah satu metode penentuan alternatif teknologi yang tepat digunakan dalam dalam pengendalian pencemaran minyak di perairan Selat Rupat adalah metode CPI. Teknik CPI merupakan teknik gabungan (composite index) yang sesuai digunakan untuk menentukan peringkat dari berbagai alternatif teknologi yang ada berdasarkan kriteria yang telah ditetapkan.

2. Bahan dan Metode

2.1. Metode Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan terdiri atas data primer dan sekunder. Data primer diperoleh dari survei pakar sedangkan data sekunder diperoleh melalui referensi terkait. Alternatif teknologi pengendalian pencemaran minyak yang digunakan di perairan meliputi teknologi mekanik menggunakan instrumen oilboom, kimia menggunakan dispersant dan biologi dengan bioremediasi.

Pemilihan responden disesuaikan dengan kondisi lingkungan di sekitarnya dan memahami permasalahan yang diteliti. Penentuan responden dilakukan dengan menggunakan metode survei pakar (expert survey). Responden pakar dipilih secara sengaja (purposive sampling) dengan kriteria memiliki kepakaran sesuai dengan bidang yang dikaji. Beberapa pertimbangan dalam menentukan pakar yang akan dijadikan responden adalah sebagai berikut:

- a. Mempunyai pengalaman yang kompeten sesuai dengan bidang yang dikaji.
- b. Memiliki reputasi dan kedudukan yang kompeten dengan bidang yang dikaji.
- c. Memiliki kredibilitas yang tinggi, bersedia, dan berada di lokasi yang dikaji.

Berdasarkan kriteria tersebut, maka dipilih pakar yang memiliki keahlian yang berkaitan dengan teknologi pengendalian pencemaran minyak, antara lain, kapten kapal, perminyakan dan ilmuwan. Data yang diperoleh dari survei pakar dibandingkan dengan referensi terkait.

2.2. Metode Analisis Data

Metode analisis data yang digunakan adalah analisis perbandingan indeks kinerja (*comparative performance index*, CPI) untuk memilih perioritas jenis teknologi yang digunakan untuk mengendalikan pencemaran minyak di Selat Rupat. Teknik CPI merupakan teknik gabungan

(*composite index*) yang dapat digunakan untuk menentukan penilaian atau peringkat dari berbagai alternatif ke-i berdasarkan beberapa kriteria j (Marimin, 2004). Formula yang dipergunakan dalam teknik CPI adalah sebagai berikut.

$$A_{ij} = X_{ij}(\text{min}) \times 100 / X_{ij}(\text{min})$$

$$A_{(i+1,j)} = (X_{(i+1,j)})/X_{ij}(\text{min}) \times 100$$

$$I_{ij} = A_{ij} \times P_j$$

$$I_i = \sum_{j=1}^n (I_{ij})$$

Keterangan:

- A_{ij} = nilai alternatif ke-i pada kriteria ke-j
- X_{ij} (min) = nilai alternatif ke-i pada kriteria awal minimum ke-j
- A_(i+1,j) = nilai alternatif ke-i +1 pada kriteria ke-j
- (X_(i+1,j)) = nilai alternatif ke-i +1 pada kriteria awal ke-j
- P_j = bobot kepentingan kriteria ke - j
- I_{ij} = indeks alternatif ke-I
- I_i = indeks gabungan kriteria pada alternatif ke-I
- i = 1,2,3,...,n dan j = 1,2,3,...,m

Bobot kepentingan setiap kriteria digunakan metode pembobotan *Eickenrode* (Marimin 2004), dengan langkah-langkah sebagai berikut.

- Responden diminta untuk meranking setiap kriteria.
- Membuat tabulasi seperti disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Tabulasi untuk pembobotan setiap kriteria

Kriteria	Jumlah Ranking	Nilai	Bobot				
	R1	R2	R3	.....	Rn		
K1	Jr11	Jr12	Jr13	.....	Jr1n	N1	B1
K2	Jr21	Jr22	Jr23	.....	Jr2n	N2	B2
K3	Jr31	Jr33	Jr33	.....	Jr3n	N3	B3
.....
Km	Jrm1	Jrm2	Jrm3	.....	Jrmn.....	Ni	Bi
Faktor Pengali	Rn-1	Rn-2	Rn-3	.....	Rn-n	Total Nilai	1.00

Perhitungan bobot (B1Bn) menggunakan rumus sebagai berikut.

$$Total\ Nilai\ (TNi) = \sum_{j=1}^n (I_{ij}) * Rn - 1$$

$$Total\ Nilai = \sum_{j=1}^n (I_{ij}) * Rn - 1$$

- B_i = Ni/Total Nilai
- N_i = Nilai untuk kriteria ke i
- J_{rij} = Jumlah yang memilih ranking ke j, untuk kriteria ke i
- Rn-1 = Faktor Pengali

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Penilaian Kriteria Teknologi Pengendalian Pencemaran Minyak

Kajian teknologi ini bertujuan untuk menentukan urutan prioritas teknologi yang layak digunakan dalam pengendalian pencemaran minyak di perairan laut, khususnya Selat Rupat Riau. Ada tiga teknik yang digunakan untuk pengendalian pencemaran minyak di perairan, yaitu secara fisik menggunakan *oilboom*, secara kimia menggunakan *dispersant* dan secara biologi menggunakan mikroba (bioremediasi). Ketiga teknologi ini memiliki kriteria yang berbeda dalam hal penilaian waktu pemulihan, biaya yang dibutuhkan, jumlah tenaga profesional yang terlibat, efektivitas dalam pengendalian pencemaran minyak dan ramah terhadap lingkungan. Penilaian terhadap kriteria ketiga parameter teknologi ini dilakukan melalui survei pakar dan referensi terkait seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Penilaian kriteria teknologi pengendalian pencemaran minyak di laut.

Alternatif teknologi	Kriteria				
	Waktu Pemulihan (hari)	Biaya (US \$/Ton)	Σ profesional yang terlibat (Orang)	Efektivitas (%)	Ramah bagi lingkungan (%)
<i>Oilboom</i>	3 *)	12,500	20 *)	30 *)	65 *)
<i>Dispersant</i>	1 *)	14,900	5 *)	80 *)	30 *)
bioremediasi	30 *)	75.000 *)	10 *)	55 *)	95 *)

Sumber : Etkin (1999), *)survei pakar

3.2. Penilaian kriteria teknologi tersebut dapat diuraikan sebagai berikut:

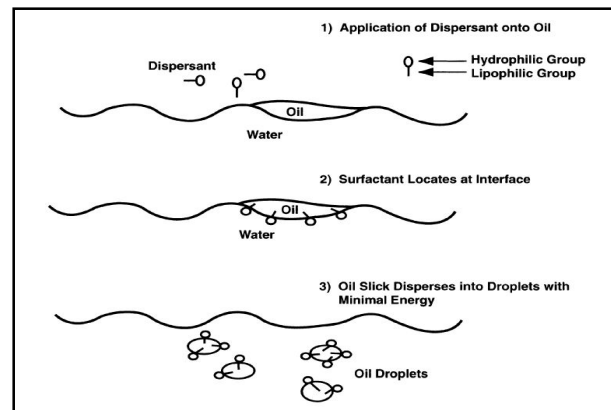
Waktu pemulihan

Dispersant memiliki kelebihan dibandingkan dengan *oilboom* dan bioremediasi berdasarkan waktu pemulihan. Waktu pemulihan yang diperlukan untuk membersihkan pencemaran minyak di perairan menggunakan *dispersant* adalah 1 hari, *oilboom* 3 hari dan bioremediasi 30 hari. *Dispersant* merupakan bahan kimia yang mempunyai *agent* permukaan yang aktif yang dikenal dengan nama *surfactant*. Penggunaan *dispersant* untuk pengendalian pencemaran minyak dapat dilakukan dengan bantuan pesawat helikopter dan kapal cepat (*speed boat*). Penyemprotan *dispersant* untuk pengendalian pencemaran minyak dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Penyemprotan *dispersant* untuk pengendalian pencemaran minyak (NOAA 2001)

Menurut Lessard dan Demarco (2000), penggunaan *dispersant* mampu memecah minyak yang menutupi permukaan air menjadi butiran-butiran kecil (*droplets*) yang terdiri atas molekul *hydrophilic* dan *oleophilic* yang mampu terdispersi ke badan air. Hasil dispersi ini menyebabkan semakin besarnya *droplet* minyak yang lepas ke badan air sehingga mempercepat terlepasnya hidrokarbon yang mudah menguap ke atmosfer. Masuknya *droplet* ke badan air menyebabkan minyak lebih mudah terdegradasi menjadi lebih kecil (Gambar 2).



Gambar 2. Dispersi dapat mendegradasi minyak menjadi *droplet* (Lessard dan Demarco 2000)

Hasil dispersi ini menyebabkan semakin besarnya *droplet* minyak yang lepas ke badan air sehingga mempercepat terlepasnya hidrokarbon yang mudah menguap ke atmosfer. Masuknya *droplet* ke badan air menyebabkan minyak lebih mudah terbiodegradasi karena luas permukaannya menjadi lebih kecil. Hal ini mencegah minyak untuk tidak terbawa oleh angin hingga ke pantai sehingga dapat mengurangi daya toksisitasnya terhadap biota perairan dan mencegah kematian ikan dan burung.

Biaya

Biaya pengendalian pencemaran minyak di perairan bervariasi tergantung pada teknologi yang digunakan. Penggunaan *oilboom* merupakan teknologi pengendalian pencemaran minyak termurah. Biaya untuk pengendalian pencemaran 1 ton minyak dengan menggunakan *oilboom*

adalah US \$ 12500, *dispersant* US\$ 14500 dan bioremediasi US\$ 75000.

Oilboom yang telah digunakan dalam pengendalian pencemaran minyak dapat dimanfaatkan kembali (*re-use*) melalui pembersihan (Violeau *et al* 2007). Berdasarkan hal itu, biaya yang dibutuhkan lebih rendah dibandingkan dengan *dispersant* dan bioremediasi. Penggunaan *oilboom* dalam mengendalikan pencemaran minyak diperairan dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Penggunaan *oilboom* dalam pengendalian pencemaran minyak (Violeau *et al* 2007)

Menurut Etkin (1999), beberapa faktor yang mempengaruhi biaya pengendalian pencemaran minyak di perairan adalah lokasi pencemaran minyak, jumlah konsentrasi minyak yang mencemari perairan, tipe minyak yang mencemari, kepekaan sumberdaya alam terhadap minyak dan teknologi yang digunakan untuk pengendalian (mekanik, kimia dan biologi).

Lokasi pencemaran minyak sangat menentukan biaya pengendaliannya. Kawasan perairan yang peka memiliki biaya pemulihan yang lebih tinggi dibandingkan dengan kawasan yang tidak peka. Selanjutnya semakin tinggi konsentrasi minyak yang mencemari perairan maka biaya yang diperlukan untuk mengendalikannya juga semakin tinggi.

Biaya pengendalian pencemaran minyak di perairan dipengaruhi oleh tipe minyak. *Heavy fuels* merupakan tipe minyak yang tertinggi biaya pemulihannya, kemudian diikuti oleh *crude oil*. *Fuel gasoline* dan *light crude* merupakan tipe minyak yang termurah biaya pemulihannya di perairan. Biaya pemulihan tipe minyak *lighter fuels* menggunakan *dispersant* di perairan adalah US\$ 14.934. *Gasoline (lighter fuels)* merupakan tipe minyak yang umumnya banyak digunakan bagi aktivitas transportasi kapal dan industri di Kota Dumai.

Biaya pemulihan pencemaran minyak di perairan dengan teknologi bioremediasi sangat mahal, karena besarnya biaya pembelian peralatan utama untuk kultur organisme dan nutrisi pembiakannya. Menurut Syakti (2004), biaya yang dibutuhkan untuk memulihkan pencemaran 1 ton minyak di perairan adalah \pm US\$ 75000. Apabila dibandingkan dengan *oilboom* dan *dispersant* teknologi bioremediasi memiliki biaya yang lebih tinggi.

Jumlah tenaga profesional yang terlibat

Pengendalian pencemaran minyak di perairan selalu melibatkan personel yang profesional. Dari hasil survei, jumlah tenaga manusia yang dibutuhkan dengan menggunakan teknologi *dispersant* lebih kecil dibandingkan dengan *oilboom* dan bioremediasi. Jumlah tenaga yang terlibat apabila menggunakan teknologi *dispersant* adalah 5 orang, bioremediasi 10 orang dan *oilboom* 20 orang.

Dispersant dapat disemprotkan pada polutan minyak yang mencemari perairan dengan menggunakan helikopter ataupun boat, oleh sebab itu jumlah tenaga manusia yang dibutuhkan relatif kecil (\pm 5 orang). Penggunaan teknologi *oilboom* melibatkan tenaga yang relatif banyak yang bertugas untuk membentangkan *oilboom* agar minyak terperangkap dan tidak menyebar di perairan. Jumlah tenaga profesional yang terlibat dalam operasional *oilboom* ini dapat mencapai 20 orang. Jumlah tenaga profesional yang terlibat dalam pengendalian pencemaran minyak dengan bioremediasi diperkirakan mencapai 10 orang.

Efektifitas teknologi pengendalian pencemaran minyak

Berdasarkan efektivitasnya, *dispersant* lebih efektif dalam pengendalian pencemaran minyak di perairan dibandingkan *oilboom* dan bioremediasi. Pengendalian pencemaran minyak menggunakan *oilboom* di perairan laut kurang efektif karena adanya angin, gelombang dan arus yang kuat. Penggunaan *boom* efektif pada kondisi perairan yang tenang. Apabila kecepatan arus lebih dari 0,75 knot maka lapisan minyak akan pecah menjadi butiran-butiran (*droplet*). Menurut Lessard and Demarco (2000), respon mekanis biasanya terbatas pada ketersediaan peralatan dan kondisi hidrooseanografi di laut. Efektivitas *oilboom* di perairan laut pada umumnya tidak melebihi tiga puluh persen. Sebaliknya, penggunaan *dispersant* tidak akan efektif pada air yang tenang karena membutuhkan gerakan gelombang agar *dispersant* dapat tercampur sempurna dengan minyak.

Efektivitas bioremediasi terhadap pengendalian pencemaran minyak lebih baik dibandingkan dengan *oilboom*, namun metode ini membutuhkan waktu yang relatif lama. Bioremediasi adalah suatu cara penanggulangan pencemaran minyak dengan memanfaatkan mikroorganisme tertentu yang dapat mendegradasi minyak. Mikroorganisme pengurai minyak yang biasa digunakan adalah sianobakteria dan alga biru. Komponen minyak bumi yang mudah didegradasi oleh bakteri merupakan komponen terbesar dalam minyak bumi yaitu alkana yang mudah larut dalam air dan terdifusi ke dalam membran sel bakteri. Pertumbuhan sel mikroorganisme untuk menguraikan minyak bergantung pada suplai oksigen yang mencukupi dan ketersediaan nitrogen sebagai sumber nutrisi. Seiring dengan berkurangnya konsentrasi minyak dan substrat maka populasi bakteri pengurai minyak jumlahnya akan berkurang hingga hilang (Sin *et al* 2001).

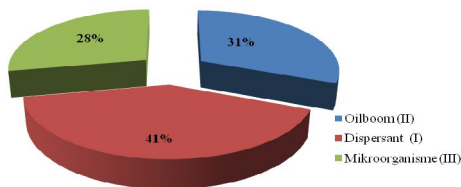
Ramah Lingkungan

Pengendalian pencemaran minyak dengan teknologi bioremediasi lebih ramah terhadap lingkungan dibandingkan *oilboom* dan *dispersant*. Wilayah rawa dan pantai dengan vegetasi hutan *mangrove* secara ekonomis memerlukan prioritas utama untuk dilindungi namun berdasarkan pertimbangan ekologi penggunaan *dispersant* dapat menyebabkan kerusakan ekosistem (IPIECA 2001).

Menurut OSIR *International Oil Spill Data base*, pada tahun 1960 an, 90% dari penanganan pencemaran minyak di perairan laut menggunakan dispersant, dan terus mengalami penurunan. Pada tahun 1970 penggunaan dispersant menjadi 52.2 %, tahun 1980 38 % dan pada tahun 1990 menjadi 28.4 % (Etkin. 1999). Penurunan pemakaian ini disebabkan karena *dispersant* bersifat toksik dan persisten terhadap lingkungan. Oleh sebab itu strategi pembersihan pencemaran minyak menggunakan cara mekanik (*oilboom* dan *skimmer*) telah banyak digunakan tergantung pada kondisi hidrooseanografi perairan. Pada saat ini teknologi pembersihan minyak dengan menggunakan cara biologi (bioremediasi) mulai dikembangkan untuk mencegah dampak negatif penggunaan dispersant terhadap lingkungan.

3.3. Prioritas Teknologi Pengendalian Pencemaran Minyak di Selat Rupat

Berdasarkan analisis menggunakan metode CPI (*comparative performance Index*), alternatif penggunaan teknologi pengendalian pencemaran minyak di Selat Rupat dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Prioritas pemilihan teknologi pengendalian pencemaran minyak di Selat Rupat

Berdasarkan Gambar 4, alternatif penggunaan *dispersant* untuk pengendalian pencemaran minyak di Selat Rupat merupakan pilihan utama (peringkat I), kemudian diikuti oleh *oilboom* (peringkat II) dan bioremediasi (peringkat III). Pertimbangan ekonomi dan ekologi berperan penting sebagai skenario penggunaan *dispersant*. Prioritas penyemprotan *dispersant* pada area pantai wisata atau dermaga dapat menjadi pertimbangan secara ekonomi. Wilayah perairan yang peka terhadap minyak seperti pantai yang memiliki vegetasi *mangrove* secara ekonomis memerlukan perlindungan prioritas namun berdasarkan pertimbangan ekologi penggunaan *dispersant* dapat menyebabkan kerusakan ekosistem (IPIECA 2001). *Dispersant* merupakan zat pengemulsi dari campuran hidrokarbon aromatik fenol, dan senyawa lain dengan konsentrasi tinggi yang toksik terhadap kehidupan laut. Oleh sebab itu alternatif pengendalian secara fisik menggunakan *oilboom* perlu dipertimbangkan.

Oilboom berfungsi sebagai perangkap melingkar polutan minyak di perairan agar tetap pada lokasi tertentu sehingga minyak di perairan tidak menyebar kemudian dilakukan penyedotan dengan menggunakan *skimmer*. *Oil skimmer* berfungsi mengambil minyak dari permukaan air berdasarkan berat jenis, tegangan permukaan dan medium Bergeraknya. Penggunaan *oilboom* dan *skimmer* akan efektif pada kondisi perairan yang tenang. Apabila kecepatan arus melebihi 0,75 knot maka lapisan minyak akan pecah menjadi butiran-butiran (*droplet*) sehingga tidak lagi efektif. Selain itu, kecepatan arus dan gelombang yang tinggi dapat menyebabkan posisinya *oilboom* menjadi miring yang menyebabkan minyak lepas dari perangkap *boom* dan menyebar ke sekitarnya.

Bioremediasi merupakan cara penanggulangan minyak yang paling aman bagi lingkungan (Munawar *et al.* 2007). Bioremediasi menggunakan mikroorganisme pengurai minyak banyak terdapat di lingkungan seperti sianobakteria dan alga biru. Pertumbuhan sel mikroorganisme untuk mendegradasi minyak tergantung pada suplai oksigen yang mencukupi dan nitrogen sebagai sumber nutrisi. Seiring dengan berkurangnya konsentrasi minyak dan berkurangnya substrat maka populasi bakteri pengurai minyak ini jumlahnya berkurang hingga hilang (Sin *et al.* 2001).

Penggunaan bioremediasi merupakan alternatif ke tiga, karena teknik ini memerlukan waktu yang lebih lama dan biaya yang lebih besar dalam pengendalian pencemaran minyak di perairan hingga saat ini. Pada umumnya penggunaan *dispersant* dan *oilboom* dalam pengendalian pencemaran minyak di perairan laut masih populer karena pertimbangan waktu dan biaya dalam pemulihan lingkungan perairan terhadap pencemaran minyak. Komponen waktu merupakan hal penting, karena waktu yang lama dalam pengendalian pencemaran minyak dapat membentuk opini yang merugikan *stakeholders* terkait. Pertimbangan biaya (*cost*) juga merupakan hal penting dari sisi ekonomis agar pengendalian pencemaran minyak dapat dilakukan secara efisien dan efektif.

Berhubungan dengan perlengkapan kapal, Peraturan Presiden Nomor 109 Tahun 2006 juga menjelaskan tentang perlengkapan kapal baik dalam operasi maupun penanggulangan pencemaran minyak. Berkaitan dengan sanksi, Undang-undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup akan memberikan sanksi pidana yang berat bagi setiap orang yang dengan sengaja merusak lingkungan.

Para produsen minyak dan gas harus memiliki protap (prosedur tetap) dan fasilitas penanggulangan pencemaran minyak yang cukup memadai untuk digunakan dalam pengendalian pencemaran minyak dan penanggulangan bencana pencemaran minyak yang terjadi diluar lingkungan pelabuhan (ADPEL 2008).

4. Kesimpulan

Pencemaran minyak merupakan penyebab utama pencemaran laut di Selat Rupat. Pengendalian pencemaran minyak di perairan dapat dilakukan dengan teknologi

mekanik menggunakan oilboom, kimia menggunakan dispersant dan biologi menggunakan bioremediasi. Berdasarkan kriteria penilaian waktu pemulihan, biaya yang dibutuhkan, jumlah tenaga profesional yang terlibat, efektivitas dan ramah lingkungan penggunaan dispersant merupakan prioritas utama dalam mengendalikan pencemaran minyak di laut, kemudian diikuti oleh oilboom dan bioremediasi.

Dispersant dan oilboom masih populer digunakan di perairan laut hingga saat ini karena pertimbangan waktu dan biaya pemulihan lingkungan perairan terhadap pencemaran minyak. Penerapan bioremediasi perlu dipertimbangkan di masa yang akan datang karena lebih ramah terhadap lingkungan.

Daftar Pustaka

- [ADPEL]. Administrator Pelayaran Dumai. 2008. Prosedur Tetap Penanggulangan Tumpahan Minyak di Perairan Dumai dan Sekitarnya. Dumai. ADPEL Pelabuhan Kelas I Dumai.
- Anwar C dan Gunawan H. 2007. Peranan Ekologis dan Sosial Ekonomis Hutan Mangrove dalam Mendukung Pembangunan Wilayah Pesisir. Prosiding Ekspose Hasil-Hasil Penelitian 20 September 2006. Padang. Konservasi dan Rehabilitasi Sumberdaya Hutan.
- Clark RB. 2003. Marine Pollution. New York. Oxford University Press.
- Darmono. 2001. Lingkungan Hidup dan Pencemaran. Jakarta. UI Press.
- Etkin DS. 1999. Estimating Cleanup Costs for Oil Spills. Oil Spill Intelligence Report. Massachusetts. International Oil Spill Conference.
- [IPIECA] International Petroleum Industry Environmental Conservation Association. 2000. Biological Impacts of Oil Pollution: Fisheries. London. Report Series Vol.VIII).
- [IPIECA] International Petroleum Industry Environmental Conservation Association. 2001. Dispersants and Their Role in Oil Spill Response. London. 2nd edition, November 2001.
- Lessard R.R & Demarco G. 2000. The Significance of Oil Spill Dispersants. Spill Science & Technology Bulletin, Vol. 6, No. 1, pp. 59-68, Elsevier Science
- Marimin. 2004. Pengambilan Keputusan Kreteria Majemuk. Teknik dan Aplikasi. Jakarta. Gramedia Widiasarana Indonesia.
- Mukhtasor. 2007. Pencemaran Pesisir dan Laut. Edisi I. Jakarta. Pradnya Paramita. 231 hal.
- Munawar, Mukhtasor, dan Tini S. 2007. Bioremediasi Tumpahan Minyak Mentah dengan Metode Biostimulasi Nutrien Organik di Lingkungan Pantai Surabaya Timur. Surabaya. Berk. Penel. Hayati: 13 (91-96).
- Shin SW, Pardue HJ, Jackson AW and Choi JS. 2001. Nutrient Enhanced Biodegradation of Crude Oil in Tropical Salt Marshes. wshin@knu.ac.kr. Water, Air, and Soil Pollution 131: 135-152, 2001. Netherlands. Kluwer Academic Publishers.
- Syakti AD. 2004. Hidrokarbon Minyak Bumi di Perairan Laut. Bogor. Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan *Institut Pertanian Bogor*
- Undang-undang Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2009 Tentang Pengelolaan Kawasan Lindung. Jakarta. Sekretariat Negara.
- Violeau D, C. Buvat, K. Abed M and Nanteuil. 2007. Numerical modelling of boom and oil spill with SPH. Coastal Engineering 54 (2007) 895-913. Science Direct. www.elsevier.com/locate/coastaleng.