

KEBIJAKAN RISET DALAM PENANGGULANGAN PENCEMARAN PESISIR INDONESIA

Endang Sri Heruwati* J.T.Murtini*), dan W.Faried Ma'ruf**

*)Peneliti Pusat Riset Pengolahan Produk dan Sosial Ekonomi Kelautan dan Perikanan

***)Kepala Pusat Riset Pengolahan Produk dan Sosial Ekonomi Kelautan dan Perikanan

PENCEMARAN PESISIR

Pesisir merupakan daerah pertemuan antara darat dan laut; ke arah darat wilayah pesisir meliputi bagian daratan baik kering maupun terendam air yang masih dipengaruhi oleh sifat-sifat laut seperti pasang surut, angin laut, dan perembesan air asin, sedangkan ke arah laut, wilayah pesisir mencakup bagian laut yang masih dipengaruhi oleh proses alami yang terjadi di darat seperti sedimentasi atau pencemaran. Sesuai dengan batasan di atas, sangat jelas bahwa perairan wilayah pesisir merupakan tempat pembuangan terakhir dari berbagai jenis limbah dari daratan, oleh karena itu sangat rentan mengalami pencemaran.

Hampir setiap orang tahu bahwa pencemaran adalah suatu hal yang buruk. Akan tetapi Clark (1992) mengingatkan bahwa dari sudut pandang ilmiah seseorang tidak boleh sekedar menyatakan bahwa pencemaran adalah buruk, melainkan harus ada penjelasan lebih lanjut seperti: buruk dalam hal apa? Seberapa buruk? Buruk bagi siapa? Untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan di atas, Clark mengajukan 5 hal untuk dipertimbangkan, yaitu:

- (1) material apa yang dibuang sengaja atau tidak sengaja ke laut atau muara sebagai hasil kegiatan manusia
- (2) apakah material yang dibuang tersebut berpengaruh terhadap tanaman, binatang, atau makhluk hidup lain yang berada di laut atau muara
- (3) apakah implikasi dari pengaruh tersebut terhadap kesehatan manusia, sumber makanan, kegiatan komersial, konservasi hayati, dan ekosistem secara umum
- (4) apa yang sedang, dapat, dan harus dilakukan untuk mengurangi atau menghilangkan pengaruh buruk dari pencemaran lingkungan pesisir tersebut, dan
- (5) bila tidak membuang material tersebut ke laut, apa konsekuensinya? Apakah konsekuensi tersebut lebih baik atau lebih buruk dari kondisi bila material dibuang ke laut?

Dengan lima butir pertimbangan tersebut, diharapkan permasalahan dapat dikuantifikasi

agar dapat diperoleh solusi yang lebih menguntungkan bagi semua pihak.

Pencemaran di pesisir dapat bersifat fisik, kimiawi maupun biologis, dan secara garis besar dapat dikelompokkan sebagai berikut:

- (1) limbah yang memerlukan oksigen (*oxygen demanding wastes*)
- (2) pencemaran minyak bumi
- (3) logam berat
- (4) hidrokarbon terhalogenasi
- (5) material radioaktif
- (6)limbah padat dan suhu tinggi.

Adapun dampak dari pencemaran antara lain adalah terganggunya kelestarian sumberdaya ikan dan habitatnya termasuk terumbu karang, *mangrove*, dan padang lamun, serta tidak terjaminnya kesehatan dan keselamatannya manusia yang mengkonsumsi ikan dan biota lain yang berasal dari perairan yang tercemar. Mengingat luasnya dampak yang dapat ditimbulkan, masalah pencemaran pesisir sangat layak untuk mendapatkan perhatian yang lebih besar.

BEBERAPA KASUS PENCEMARAN PESISIR INDONESIA

Kasus terbaru yang hingga kini bahkan belum terselesaikan adalah kasus Teluk Buyat. Diawali dengan adanya pengaduan warga yang mengalami penyakit berupa benjol-benjol dan gatal-gatal, yang belakangan diketahui mengandung merkuri melebihi ambang batas (di atas 8 mikrogram/liter) dalam darahnya (Zam *et al.*, 2004), timbul dugaan bahwa merkuri dalam darah tersebut berasal dari ikan Teluk Buyat yang dikonsumsi mereka. Meski sudah terbukti bahwa kandungan logam berat pada sedimen dan ikan mencapai 0,116-13,87 ppm (C01 *et al.*, 2004), hingga kini perusahaan penambangan emas yang dituduh sebagai pihak yang bertanggung-jawab, belum mengakuinya. Pada proses penambangan emas, arsen atau merkuri digunakan sebagai bahan tambahan untuk mengikat emas. Purwana (*dalam Yun*, 2004) mengatakan bahwa di pertambangan emas, merkuri yang terbuang dapat mencapai 14,5% setiap kali proses, dari jumlah tersebut sebanyak 2,5% menguap menjadi gas. Merkuri digunakan

hingga lima kali sebelum akhirnya dibuang ke lingkungan. Sebagai pencemar, merkuri dapat berupa logam, senyawa anorganik maupun organik. Dalam bentuk senyawa organik, berupa metil merkuri, senyawa merkuri mudah larut dalam air dan lemak, sehingga dapat terakumulasi pada biota air, termasuk ikan. Bila ikan dikonsumsi oleh manusia, bahaya muncul karena tingginya daya serap metil merkuri di tubuh manusia, yang mencapai 95%. Senyawa metil merkuri akan tertimbun dalam ginjal, otak, janin, otot, dan hati, namun sebagian besar akan terakumulasi di otak.

Masalah pencemaran merkuri di kawasan pertambangan emas memang bukan hal baru. Di daerah Rawatotok, penambangan emas telah dimulai paling tidak sejak tahun 1887 oleh perusahaan pertambangan milik Belanda, yang kemudian pada tahun 1922 diambil alih oleh masyarakat lokal. Mereka membuang limbah ke Sungai Totok yang bermuara di Teluk Buyat. Diperkirakan sebanyak 40% merkuri yang digunakan dalam proses penambangan yang dilakukan oleh sekitar 4000 penambang di kawasan tersebut terbuang ke laut, dan menimbulkan masalah pencemaran. Tahun 1995 terdeteksi merkuri sebesar 9,1 mg/g pada hati ikan kerong-kerong (*Terapon jarbua*), atau 18 kali lebih tinggi dari ambang batas yang ditetapkan oleh WHO (Yun, 2004). Yun juga menyampaikan kondisi yang sama terjadi di Teluk Manado. Limbah dari kegiatan 700 kelompok penambang tanpa ijin masuk ke teluk itu melalui Sungai Demembe. Dampaknya, Sungai Demembe tercemar merkuri sampai 7 kali di atas ambang batas 0,001 ppm.

Sungai memang potensial sebagai pemasok cemaran bagi wilayah pesisir, oleh karena itu pengelolaan lingkungan wilayah pesisir harus dimulai dari hulu, yakni sungai-sungai yang bermuara ke laut. Pada kenyataannya, banyak sungai di Indonesia yang telah mengalami pencemaran oleh berbagai sebab. Dari pengamatan PDAM Kota Pontianak (dalam Yun, 2004), pada tahun 2002, pencemaran merkuri di Sungai Kapuas, Kalimantan Barat sudah mencapai 200 kali di atas ambang batas sebagai akibat dari pembuangan limbah oleh lebih dari 3000 mesin pencuci emas pada penambangan ilegal. Hal yang sama terjadi di Kalimantan Tengah. Menurut sumber yang sama, BPLHD Kalimantan Tengah telah melaporkan bahwa pada tahun 2002, 11 sungai besar di provinsi tersebut telah tercemar berat oleh limbah merkuri karena sekitar 10 ton merkuri telah dibuang ke sungai-sungai di sekitarnya oleh sekitar 2300 tromol emas yang dioperasikan oleh para penambang tradisional. Dari jumlah

tersebut, lebih dari 1500 mesin telah membuang sekitar 1,5 ton merkuri ke Sungai Kahayan dalam waktu 3 bulan. Akibatnya, baik air maupun ikan konsumsi di daerah tersebut telah mengandung merkuri hingga beberapa kali di atas ambang yang diperbolehkan. Meski pada kasus Minamata kadar metil merkuri pada ikan mencapai 100 ppm, namun menurut ISMUNANDAR (2004), kadar 1,9 ppm pada ikan sudah berbahaya bila dikonsumsi (Tabel 1).

Tabel 1. Batas atas konsumsi ikan bulanan pada konsentrasi metil merkuri pada ikan (untuk orang dengan bobot badan 70 kg)*

Konsentrasi metil merkuri pada ikan (ppm)	Batas konsumsi (kg/bulan)
0,03-0,06	3,63
0,06-0,08	2,72
0,08-0,12	1,82
0,12-0,24	0,91
0,24-0,32	0,68
0,32-0,48	0,45
0,48-0,97	0,23
0,97-1,9	0,11
> 1,9	0

* Ismunandar, 2004

Penelitian yang dilakukan oleh Pusat Riset Pengolahan Produk dan Sosial Ekonomi Kelautan dan Perikanan pada tahun 2003 (Murtini *et al.*, 2003) menunjukkan bahwa pesisir Banjarmasin dan Balikpapan (muara Sungai Barito dan Kapuas) telah mengalami pencemaran merkuri pada kadar 0,79-9,79 ppb pada kolom air dan 1,76-24,67 ppb, melebihi ambang batas yang diijinkan, yakni 3 ppb. Pada kerang (*Anadara granosa*) yang ditangkap di wilayah tersebut, kandungan merkuri ditemukan sebanyak 1,41-2,18 ppb, As 0,81-0,91, Cd 0,21-0,23, Cu 0,41-0,53, dan Pb 0,31-0,32 ppb di Banjarmasin, serta 0,22-1,25; 0,10-0,66; 0,01-0,42; 0,50-0,81; dan 0,20-0,66 ppb masing-masing untuk merkuri, As, Cd, Cu, dan Pb di Balikpapan. Penelitian tersebut juga menyebutkan bahwa tingkat pencemaran logam berat pada lokasi 1 mil dari pantai ternyata lebih tinggi dari lokasi 2 mil dari garis pantai. Hal ini menguatkan dugaan bahwa sumber bahan pencemar berasal dari sungai yang bermuara ke pesisir tersebut. Di pesisir sekitar Pasuruan, Jawa Timur, dan Gondol, Bali Utara, tidak hanya kandungan merkuri yang melebihi ambang batas, tetapi juga cemaran bakteri *E. coli* ditemukan cukup tinggi (Murtini *et al.*, 2001, 2002).

Pencemaran sungai tidak hanya terjadi di lokasi penambangan emas di Kalimantan, tetapi juga di tempat lain di Jawa. Di Bekasi, yang merupakan sentra industri, pencemaran zat kimia melebihi ambang batas telah terjadi di hampir semua sungai, antara lain Kali Bekasi, Sungai Sadang, Kali Jaeren, Kali Jambe, Sungai Menir, Kali Sasak Jarang, dan Kali Cikarang Bekasi Laut (ELN, 2004). Adapun di Provinsi Banten (Prabowo, 2004), ratusan meter kubik limbah cair dengan kandungan cemaran yang melebihi baku mutu telah dibuang ke Sungai Cisadane tanpa adanya perlakuan penapisan atau penetralan terlebih dahulu. Jenis cemaran yang kandungannya melebihi baku mutu tersebut antara lain adalah zat padat tersuspensi (TSS), sianida (CN), khromium total (Cr) khromium VI (Cr^{6+}), tembaga (Cu), seng (Zn), nikel (Ni), besi terlarut (Fe) dan mangan (Mn).

Selain arsen dan merkuri, pencemaran pesisir oleh timah (Sn) dalam bentuk senyawa organik, tributiltin (TBT), sering terjadi. Senyawa ini banyak digunakan sebagai campuran cat kapal atau bahan pengoles karamba jaring apung untuk mencegah organisme penempel (*biofouling*). Pencemaran oleh tributiltin dapat mengakibatkan perubahan bentuk (deformitas) beberapa jenis kerang di perairan yang tercemar. Dengan demikian terjadinya pencemaran dapat dideteksi dengan cara mengamati terjadinya abnormalitas cangkang atau dengan mengukur indeks ketebalan cangkang (*shell tickness index/STI*), yakni perbandingan antara kecembungan dengan panjang cangkang. Dalam penelitiannya, Yaqin (2004) menemukan bahwa kerang yang dibudidayakan di Teluk Jakarta, perairan yang telah tercemar, mempunyai STI yang jauh lebih besar dibandingkan dengan kerang yang dibudidayakan di Cirebon, perairan yang relatif masih bersih. Yaqin juga mengutip hasil penelitian Sudaryanto dan koleganya dari Ehime University, Jepang, yang menemukan kandungan tributiltin sebesar 13, 38, dan 37 ng/g daging kering kerang yang masing-masing berasal dari Muara Kamal, Cilincing, dan Ancol. Adapun beberapa peneliti dari Puslitbang Oseanologi LIPI menemukan kandungan tributiltin pada kolom air laut sebesar 2-15 ng/l, sedangkan sedimennya mengandung tributiltin sebesar 119-506 ng/l. Jumlah tersebut tentu sudah melebihi baku mutu yang ditetapkan oleh pemerintah Amerika yaitu kandungan tributiltin pada biota laut tidak boleh melebihi 10 ng/g daging kering. Dampak pencemaran tributiltin bersifat laten, dalam arti bahaya tidak langsung terjadi saat seseorang mengkonsumsi makanan yang mengandung tributiltin. Bahaya baru muncul setelah senyawa itu terakumulasi dalam

jumlah yang cukup untuk menyebabkan penyakit seperti kanker atau kerusakan organ reproduksi, karena tributiltin termasuk senyawa perusak DNA dan pengganggu kerja endokrin.

Kejadian pencemaran lain terjadi pada bulan Mei 2004, saat puluhan ribu ikan mati di Pantai Timur Ancol, Jakarta. Kali ini kematian diduga karena terjadinya *blooming* plankton di kawasan tersebut (IVV, 2004). Sehubungan dengan kemungkinan bahaya yang ditimbulkan karena *blooming* plankton, Pusat Riset Pengolahan Produk dan Sosial Ekonomi Kelautan dan Perikanan telah melakukan penelitian pada tahun 2003 (Murtini *et al.*, 2003) yang menunjukkan bahwa terdapat *dynophysis* dan *protoperidinium*, plankton penghasil saxitoxin, di perairan Banjarmasin, Balikpapan, Pontianak, dan Makasar, walaupun kelimpahannya masih rendah. Kerang yang hidup di perairan tersebut pun diketahui mengandung saxitoxin, walaupun masih dalam jumlah yang rendah pula. Meski demikian, hal ini perlu diwaspadai, karena bila terjadi *blooming*, dampaknya tidak hanya kepada sumberdaya ikan tetapi juga kepada masyarakat yang mengkonsumsi ikan yang ditangkap di perairan tersebut.

Kematian massal ikan berikutnya di Teluk Jakarta terjadi pada akhir tahun 2004, dan diduga penyebabnya adalah pencemaran minyak akibat adanya tumpahan minyak di Kepulauan Seribu (c22, 2004). Dugaan ini dikuatkan oleh adanya temuan kematian massal ikan di Kep. Seribu dan pantai Cilincing pada waktu yang bersamaan. Cemaran minyak mentah di pesisir Indramayu yang disebabkan oleh kebocoran pipa pasokan minyak mentah dan kelalaian pengelolaan limbah pengolahan minyak Balongan juga telah membuat gusar para petani tambak udang di Indramayu. Para petani tambak menuduh bahwa pencemaran minyak telah mematikan usaha pertambakan mereka karena tingginya angka mortalitas udang, sementara pihak pengolahan minyak menolak tuduhan bahwa merekalah yang menyebabkan kematian udang (DHF & EVY, 2004; Fitrianto & Rachmawati, 2004).

LANGKAH YANG HARUS DITEMPUH

Apapun penyebabnya, apakah itu logam berat, *blooming* algae, ataupun tumpahan minyak, pencemaran di pesisir sungguh memberikan dampak yang merugikan baik dilihat dari bisnis perdagangan ikan maupun dari pasok gizi bagi masyarakat sebagai akibat dari timbulnya keengganan masyarakat untuk mengkonsumsi ikan. Pada gilirannya, keadaan ini tentu berdampak pula pada perekonomian,

dan bukan tidak mungkin menimbulkan gejolak sosial.

Menyimak kasus-kasus pencemaran pesisir seperti yang telah diuraikan di atas, tampaknya beberapa hal berikut perlu dipertimbangkan oleh pemerintah sebagai lembaga yang bertanggung jawab dalam pengelolaan lingkungan pesisir:

- (1) menegaskan kepada siapapun yang melakukan kegiatan yang potensial untuk mencemari pesisir agar mendisiplinkan diri untuk tidak membuang limbah yang belum diolah terlebih dahulu (*pre-treatment*) ke sungai atau laut
- (2) menyiapkan perangkat legal, baik pidana maupun perdata, untuk mencegah dan atau menyelesaikan masalah pencemaran pesisir dengan prinsip *win-win solution*, artinya masyarakat tetap mendapat manfaat dan keuntungan dari kegiatan yang dilakukannya, dengan meminimalkan resiko yang mungkin terjadi, agar tidak ada anggota masyarakat lain yang dirugikan.
- (3) menentukan baku mutu setiap jenis cemaran yang diijinkan berada pada kolom air, sedimen, atau biota perairan sebagai landasan pengelolaan lingkungan
- (4) melakukan monitoring terhadap kemungkinan terjadinya pencemaran secara berkala
- (6) melakukan remediasi lingkungan bila diperlukan
- (7) terus mengembangkan riset yang berkaitan dengan proses terjadinya pencemaran, bahayanya, kemungkinan mengantisipasi, serta teknologi untuk menanggulangi bila terjadi bahaya maupun kerusakan.

Kampanye bahwa mencemari lingkungan, termasuk pesisir, selain dapat membunuh orang lain, dapat membahayakan diri sendiri berikut anak cucu atau keturunannya, harus terus menerus digalakkan, dan diajarkan pada masyarakat sejak dini.

Kemajuan teknologi, tidak dapat dipungkiri, memang bermanfaat bagi kemasayarakatan manusia, akan tetapi, bak kata pepatah Jawa: *'Jer basuki mawa bea'*, manfaat itu tidak dapat diperoleh dengan cuma-cuma, artinya, pasti ada resiko yang harus dihadapi. Wibisana (2005) yang mengutip Ulrich Beck (1992) mengatakan bahwa masyarakat telah beranjak dari masyarakat industri menuju masyarakat resiko (*risk society*). Pada kondisi normal, resiko dapat diatasi dengan pertanggung jawaban perdata atau asuransi. Akan tetapi pada banyak kasus pencemaran, karena sangat kompleksnya permasalahan, hubungan sebab akibat atas kerusakan atau kerugian sulit dibuktikan,

sehingga kedua jenis pertanggung jawaban tersebut di atas tidak dapat diberlakukan. Lebih jauh Wibisana (2005) mengatakan, bahkan ketika pengadilan ternyata mampu menentukan pihak yang bertanggung jawab, tidak ada satupun pihak yang secara ekonomis mampu mengganti kerusakan atau memulihkan kondisi lingkungan seperti semula.

Penetapan mutu perairan, sedimen, maupun produk yang berasal dari suatu kawasan pesisir harus dilakukan dengan mempertimbangkan pengaruh faktor fisika kimia, dan biologi yang selalu berinteraksi. Pada kasus cemaran logam berat, Bramono (2004) menyatakan, secara fisika, kecepatan dan arah arus serta suhu air akan mempengaruhi arah penyebaran dan konsentrasi logam-logam yang berada di air. Begitu pula secara kimiawi, pH, salinitas, kekuatan ionik, asiditas, alkalinitas akan mempengaruhi kompleksasi logam berat. Adapun secara biologis, adanya biota, baik flora, fauna, plankton, maupun mikroorganisme di perairan yang cenderung menyerap senyawa yang mengandung logam berat, harus menjadi bahan pertimbangan pula. Harus diperhitungkan pula kemungkinan keberadaan mikroorganisme yang mampu melarutkan logam berat. Semua ini dapat disimulasikan dengan komputer, walaupun cukup sulit, untuk dapat memberikan gambaran tentang kemungkinan terjadinya imobilisasi logam berat, atau arah pergerakannya serta distribusinya setelah terimobilisasi.

Salah satu cara untuk mengetahui terjadinya pencemaran di kawasan pesisir adalah dengan melakukan monitoring di lokasi yang diamati. Monitoring ini memerlukan biaya cukup besar, karena harus dilakukan secara berkala, untuk mengantisipasi pengaruh musim terhadap intensitas cemaran serta untuk mengetahui fluktuasi dari waktu ke waktu; juga harus dilakukan pada beberapa tempat (*sampling point*) yang tepat dengan mempertimbangkan arah dan kecepatan arus, kemiringan (*slope*) dasar perairan, dan banyak faktor lain. Monitoring juga memerlukan biaya untuk tenaga, peralatan, dan bahan-bahan kimia yang digunakan.

Untuk mengurangi pencemaran, perlu dicari teknologi alternatif yang lebih ramah lingkungan. Sebagai contoh, untuk penambangan emas, teknologi pengikatan dengan merkuri dapat digantikan dengan cara bioteknologi, misalnya menggunakan bakteri *Thiobacillus ferrooxidans* yang dapat mengoksidasi batuan. Bila lingkungan telah terlanjur terpolusi, upaya yang dapat dilakukan adalah dengan remediasi secara biologis, misalnya

menggunakan tanaman atau bakteri yang dapat menyerap metil merkuri.

PELUANG DAN KEBIJAKAN RISET

Pembuangan limbah diyakini merupakan penyebab utama dari pencemaran kawasan pesisir, namun demikian, bagaimanapun, limbah memang harus dibuang. Masalahnya sekarang adalah ke mana dan bagaimana cara membuang limbah tersebut agar tidak mencemari lingkungan? Untuk itu diperlukan pengendalian pencemaran. Dalam mendukung kebijakan pengendalian pencemaran, diperlukan riset yang dapat menjawab bagaimana, seberapa jauh, dan berapa lama telah terjadi perubahan kualitas lingkungan akibat pembuangan limbah, serta mengidentifikasi agen penyebabnya, proses pembentukan senyawa berbahaya, dan kemungkinan cara pemulihan yang dapat dilakukan. Sejauh ini banyak peneliti telah memfokuskan diri pada:

- (1) mengukur kadar kontaminan di kolom air, sedimen, dan biota yang berada di perairan.
- (2) mempelajari sifat-sifat, degradasi, dan modifikasi dari kontaminan tersebut saat mencapai perairan
- (3) mempelajari transmisinya melalui rantai makanan
- (4) mengukur pengaruhnya melalui uji toksisitas dan mempelajari respon fisiologis, perkembangan, serta tingkah laku dari organisme yang terpapar kontaminan;

Meskipun demikian, banyak hasil penelitian, yang karena kompleksnya permasalahan, tidak dapat diaplikasikan pada kondisi yang sesungguhnya di lapangan.

Secara lebih mendasar, riset untuk menanggulangi pencemaran kawasan pesisir hendaknya mencakup beberapa aspek berikut:

1. Menerapkan prinsip kewaspadaan (*precautionary principle*). Menurut Clark (1992), prinsip ini diajukan oleh Jerman pada tahun 1986, yang menyatakan bahwa karena kita tidak dapat memprediksi pengaruh adanya tambahan input ke suatu area yang telah banyak menerima limbah sebelumnya, maka tidak diijinkan untuk membuang limbah ke area tersebut sebelum dipastikan bahwa limbah tersebut benar-benar tidak berbahaya. Prinsip ini memang terlalu sulit untuk diterapkan mengingat sangat sedikitnya limbah yang benar-benar aman untuk dibuang. Akan tetapi sekurangnya dengan prinsip ini maka riset tentang pengolahan limbah (*pre-treatment*) sebelum dibuang menjadi sangat penting. Untuk ini baku mutu limbah sebelum

dibuang dan baku mutu lingkungan sesuai peruntukannya harus ditetapkan pula.

2. Asesmen dampak lingkungan (*environmental impact assessment*). Program ini sebenarnya menjadi kewenangan lembaga pengatur, dalam hal ini pemerintah, karena terkait dengan pemberian lisensi, ijin, atau perlunya dilakukan modifikasi dalam pembuangan limbah. Namun demikian, karena metode sampling, metode analisis, dan interpretasi hasil sangat menentukan kesimpulan asesmen, pihak riset sebaiknya dilibatkan dalam asesmen semacam ini.
3. Mencari teknologi alternatif terbaik (*best available technology*), dalam arti teknologi yang menghasilkan sedikit senyawa yang merusak, teknologi yang menghasilkan sedikit limbah (*low waste*), atau bahkan yang tidak menghasilkan limbah (*no waste*). Teknologi remediasi diperlukan untuk mengatasi masalah di kawasan yang sudah tercemar.
4. Perhitungan biaya pencegahan pencemaran (*pollution abatement costs*). Di beberapa negara, diterapkan prinsip siapa yang mencemari, dialah yang membayar biayanya (*the polluter pays*). Riset tekno ekonomi perlu dilakukan menyangkut teknologi terbaik dengan biaya yang terendah.
5. Asesmen bahaya pencemaran. Pengelolaan lingkungan memerlukan asesmen bahaya yang mungkin terjadi. Bahaya yang timbul dari suatu limbah sangat tergantung pada toksisitas dan potensi bioakumulasinya, termasuk sifat-sifat limbah tersebut, apakah ia akan tetap larut di kolom air atau mengendap di sedimen, atau apakah ia tetap berada di suatu tempat atau terdistribusi secara luas di perairan.

PENUTUP

Kawasan pesisir merupakan kawasan yang sangat rawan pencemaran, karena merupakan terminal akhir dari pembuangan limbah baik secara langsung melalui sungai-sungai yang bermuara ke laut, atau melalui perembesan limbah yang dibuang ke darat, yang akhirnya juga mengalir ke laut, maupun limbah yang berada bersama partikel gas di udara, yang tercuci oleh air hujan, akhirnya jatuh langsung ke laut atau ke sungai-sungai. Memang tidak semua substansi yang mengkontaminasi kawasan pesisir ini menimbulkan bahaya bagi lingkungan maupun masyarakat yang mengkonsumsi ikan yang berasal dari kawasan tersebut, oleh karena itu asesmen perlu dilakukan untuk mengetahui

potensi bahaya dan dampaknya terhadap lingkungan. Demikian pula riset perlu dilakukan untuk mengetahui penyebab, proses, intensitas pencemaran, berikut mencari teknologi alternatif yang lebih baik. Namun lebih dari itu, riset mendukung prinsip *precautionary approach* termasuk penetapan baku mutu limbah sebelum dibuang dan baku mutu lingkungan sangat diperlukan.

PUSTAKA

BRAMONO, S.E., 2004. Merkuri dan arsen di Teluk Buyat. *Republika*, Jumat, 30 Juli c01, has, dan san, 2004. Pernyataan Meneg LH soal Buyat kontroversial, *Republika*, Rabu, 28 Juli c22, 2004. Kematian ikan diduga karena tercemar limbah minyak. *Republika*, Kamis 2 Desember

CLARK, R.B., 1992. *Marine Pollution*, 3rd ed. Oxford University Press. 172 p.

DHF & EVY, 2004. Tarik ulur soal pencemaran Pesisir Indramayu. *Kompas*, Sabtu, 15 Mei

ELN, 2004. Pencemaran sungai di Bekasi semakin memprihatinkan. *Kompas*, Senin, 24 Mei

FITRIANTO, D, dan E. Rachmawati, 2004. Pencemaran di Indramayu tanggung jawab siapa? *Kompas*, Sabtu, 15 Mei

ISMUNANDAR, 2004. Merkuri dan pencemaran di Buyat. *Kompas*, Rabu, 28 Juli

IVV, 2004. Kematian ikan sebenarnya bisa dicegah. *Kompas*, Kamis, 27 Mei

MURTINI, J.T., F. ARIYANI, I.S. WAHYUNI, N. HAK, M. SUHERMAN, N. DOLARIA, dan NURWIYANTO, 2001. Penelitian inventarisasi dan identifikasi pencemaran logam berat pada perairan dan ikan. *Laporan Teknis PRPPSE*

MURTINI, J .T., Y. YENNI, Y. HIKMAYANI, M. SUHERMAN, SABARUDIN, dan N. DOLARIA, 2002. Penelitian inventarisasi dan identifikasi pencemaran logam berat pada perairan dan ikan. *Laporan Teknis PRPPSE*

MURTINI, J.T., ABDULSARI, R. PERANGIN-ANGIN, N. AJI, Y. YENNI, H.I. YANUAR, SABARUDIN, N. DOLARIA, dan CARKIPAN. Riset biotoksin dan logam berat pada produk perikanan untuk keamanan pangan. *Laporan Teknis PRPPSE*

WIBISANA, A.G., 2005. Batas-batas pertanggung jawaaaaban perdata. *Kompas*, Sabtu 9 April

YAQIN, KHUSNUL, 2004. Ada kerang abnormal di Teluk Jakarta. *Kompas*, Rabu, 8 September

PRABOWO, 2004. Ketika Sungai Cisadane tercemar. *Kompas*, Rabu, 19 Mei

YUN 2004. Pencemaran merkuri dari darat ke laut. *Kompas*, Kamis, 2 Desember

ZAM, erd, dan irf, 2004. Misteri merkuri darah warga Buyat. *Republika*, Jumat, 30 Juli.