

Air Balas (*Ballast Water*): Sumber Pencemar Ubur-ubur di Dalam Air Pendingin (*Cooling Water*) pada Industri Pengolahan Migas

Oleh:

R. Desrina, MS. Wibisono, dan M. Mulyono

I. PENDAHULUAN

Industri pengolahan minyak dan gas bumi (migas) pada umumnya terletak di tepi pantai. Di samping memudahkan dalam pengangkutan produk-produknya, industri migas ini memerlukan air pendingin (*cooling water*). Sumber air pendingin dalam jumlah besar yang mudah diperoleh adalah dari air laut. Akhir-akhir ini banyak diberitakan adanya serangan ubur-ubur (*jellyfish*) di perairan Kalimantan Timur yang dampaknya dapat mengakibatkan tersumbatnya sistem air pendingin.

Serangan ubur-ubur – dan juga biota laut lainnya – pada perairan yang dapat mengganggu sistem air pendingin tidak saja dialami oleh industri migas. Sebagai contoh serangan ubur-ubur pada sistem air pendingin suatu Pembangkit Listrik Tenaga Atom di Kalpakkam, Madras, India, telah menyebabkan terhentinya pembangkit listrik ini⁽¹⁾. Masuknya kerang (*Dreissena polymorpha* - merupakan spesies endemi dari Eropa) di perairan Amerika Serikat, telah menyebabkan permasalahan pada industri, termasuk permasalahan pada pipa-pipa air pendingin. Di Australia, Selandia Baru dan Perairan Mediterania, ganggang laut dari Asia (*Undaria pinnatifida*) berkembang biak dengan pesat dan menggantikan komunitas lokal. Invasi ubur-ubur Amerika (*North American jellyfish*, *Mnemiopsis leidyi*) di Laut Hitam mencapai kepadatan 1 kg biomassa per m² (2).

Masuknya ubur-ubur serta biota laut lainnya di suatu perairan dapat terjadi secara alami dan sebagai akibat aktivitas manusia. Penyebaran spesies-spesies secara alami dapat disebabkan oleh arus laut, angin, dan karena menempel pada benda-benda kecil yang terapung. Adanya penghalang alami, misalnya temperatur dan salinitas, dapat menghambat tersebarnya spesies-spesies ini ke daerah perairan tertentu. Hal demikian ini menghasilkan suatu pola biogeografi alami di laut.

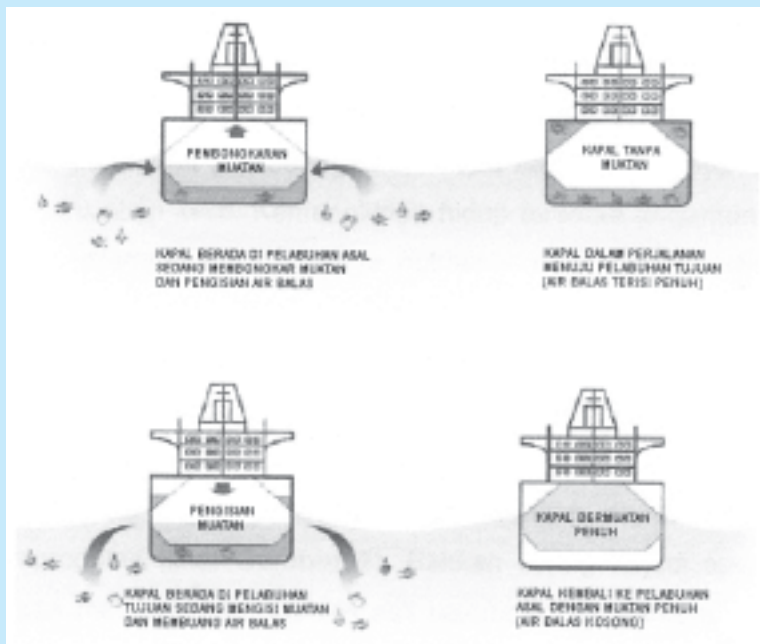
Aktivitas manusia tidak disangkal lagi dapat membantu penyebaran spesies-spesies laut ini. Mekanisme penyebaran spesies laut ini telah lama diketahui melalui proses penempelan pada lambung kapal. Seiring dengan waktu, aktivitas maritim yang menyebabkan penyebaran spesies ini terus berlangsung. Namun demikian penyebaran spesies laut saat ini tidak terbatas pada hal tersebut. Penyebaran spesies laut dapat terjadi dari berbagai aktivitas manusia antara lain: pembuatan kanal-kanal (contoh: Terusan Suez), pemindahan struktur-struktur besar, misalnya *drilling platform*, kesengajaan atau kecelakaan aktivitas perikanan dan akuakultur, serta aktivitas perkapalan atau pelayaran (*shipping*).

Aktivitas perkapalan dan pelayaran di era modern ini telah memberikan andil pada masuknya spesies asing ke suatu perairan tujuan. Dari berbagai sumber di kapal yang dapat menyebabkan perpindahan spesies tersebut (air balas, kotoran, sediment dan bio-film), maka air balas (*ballast water*) merupakan sumber terbesar. Tulisan ini mengupas tentang air balas sebagai penyebab invasi ubur-ubur di suatu perairan, regulasi internasional yang perlu diikuti serta cara-cara penanggulangannya.

II. DAMPAK AIR BALAS

Kapal-kapal pengangkut barang (*cargo*) yang modern tidak dapat dioperasikan tanpa penggunaan air balas yang diperlukan sebagai penyeimbang dan penstabil kapal saat kapal dalam keadaan tidak bermuatan. Air balas ini dibuang pada saat kapal akan mengisi muatan (lihat Gambar 1).

Dampak lingkungan yang potensial akan timbul bilamana air balas tersebut mengandung biota laut. Terdapat ribuan biota laut yang mungkin terbawa ke dalam air balas ini, terutama biota yang cukup kecil yang dapat melewati sistem pemompaan air balas di pelabuhan. Biota-biota laut ini meliputi bakteri dan



Gambar 1
Proses pengisian dan pembuangan air balas

nitrat, fosfat, silikat dan sulfat) dan juga faktor ketersediaan substrat sebagai tempat penempel bagi stadium muda, arus yang lemah, suhu yang hangat, serta adanya kompetisi dengan spesies setempat. Akan tetapi bila semua faktor ini tidak tersedia, dan sebaliknya faktor pembatas (kompetisi) nyaris tidak terjadi, maka spesies-spesies yang masuk ke dalam perairan tujuan ini akan dapat membentuk populasi yang reproduktif (lihat Gambar 2). Bahkan sering terjadi spesies ini menjadi invasif dan mengalahkan spesies asli setempat dan berkembang biak dengan pesatnya. Dampak air balas akibat adanya spesies-spesies ini akan terjadi terhadap lingkungan hidup, ekonomi dan kesehatan.

A. Dampak Lingkungan

Dampak lingkungan yang terjadi akibat adanya spesies baru ini dapat meliputi berbagai aspek. Dampak lingkungan yang ditimbulkan antara lain: kompetisi dengan spesies asli untuk makanan dan habitat, sebagai pemangsa terhadap spesies asli, perubahan habitat, perubahan kondisi lingkungan (misalnya kecerahan air menurun), perubahan rantai makanan, dan pengurangan biodiversitas dan bahkan pemunahan spesies lokal.

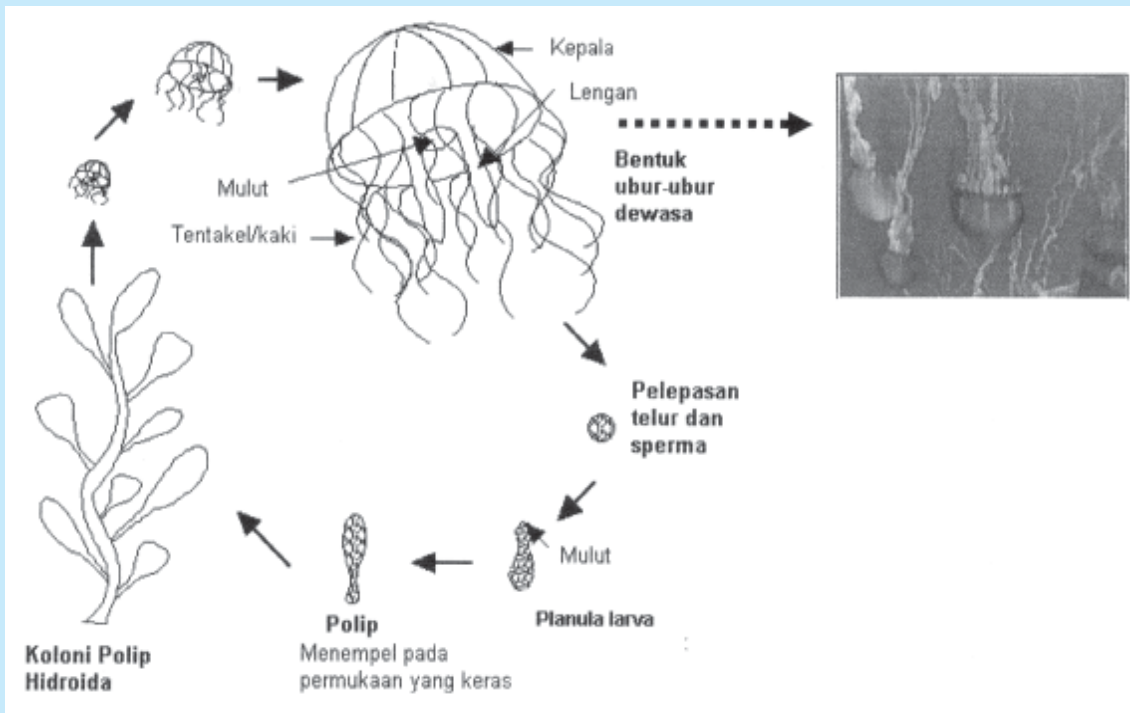
Hal terpenting dari dampak lingkungan oleh air balas yang mengandung spesies laut ini adalah bahwa bio-invasi ini terjadi secara *irreversible* dan pada umumnya bertambah besar seiring dengan waktu. Perlu dicatat bahwa bio-invasi ini lebih “dahsyat” dampaknya bila dibanding misalnya dengan dampak lingkungan yang diakibatkan oleh tumpahan minyak. Pada kasus tumpahan minyak misalnya karena kecelakaan, dampak lingkungan yang terjadi sangat cepat, katastrofik dan akut, serta mudah terlihat. Akan tetapi dampak dari tumpahan minyak ini akan menurun seiring dengan waktu karena minyak dapat terdegradasi serta adanya usaha-usaha pembersihan dan rehabilitasi. Pada bio-invasi dampak lingkungan yang terjadi pada permulaan bisa tidak nampak atau

mikroorganisme lainnya, mikro-alga, invertebrata kecil-kecil serta telur-telur, spora, kista, dan larva dari berbagai jenis spesies.

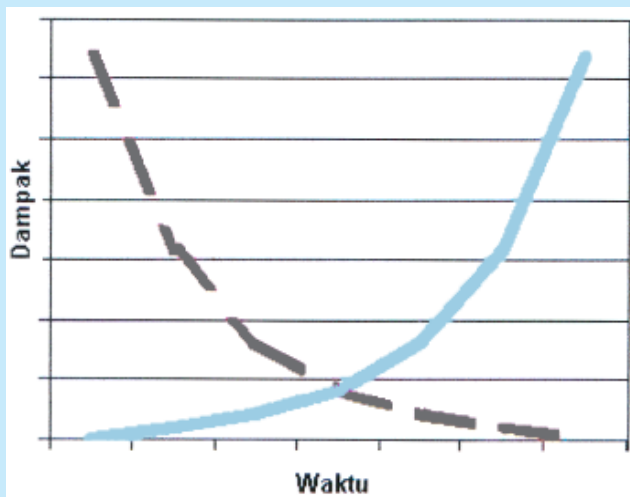
Spesies dari invertebrata laut akhir-akhir ini menjadi persoalan karena sebagian besar mempunyai siklus kehidupan dalam fase planktonik. Bahkan walaupun nampaknya spesies dewasa tidak terbawa ke dalam air balas, misalnya karena spesies ini cukup besar atau terdapat di dasar laut, spesies akan tetap terangkut dalam fase planktoniknya. Sebagai akibatnya, sedikitnya 7.000 spesies bahkan mungkin lebih dari 10.000 jenis spesies dapat terangkut ke dalam air balas di dunia ini setiap harinya⁽³⁾.

III. DAMPAK BIOTA LAUT

Sebagian besar dari spesies laut yang terangkut ke dalam air balas ini tidak akan mampu hidup selama dalam perjalanan, karena siklus pengisian dan pembuangan air balas serta kondisi lingkungan di dalam tangki balas yang tidak memungkinkan. Bahkan bagi spesies yang dapat bertahan hidup sekalipun selama perjalanan, pada saat pembuangan air balas kemungkinannya hidup di lingkungan yang baru akan kecil. Kemungkinan hidup tersebut tergantung pada kondisi lingkungan setempat (ada tidaknya nutrien –



Gambar 2
 Siklus kehidupan ubur-ubur



Gambar 3
 Perbandingan dampak lingkungan antara tumpahan minyak dan bio-invasi seiring waktu.
 Keterangan: - - - tumpahan minyak, — bio-invasi

sangat kecil. Akan tetapi, bila populasinya semakin meningkat, maka dampaknya akan nampak seiring dengan waktu, secara perlahan, kronik dan *irreversible*. Dampak tersebut diperkirakan mempunyai siklus enam bulanan, sesuai dengan umur rata-rata ubur-ubur.

Berbeda dengan tumpahan minyak di mana telah banyak peralatan dan cara-cara pembersihan yang dikembangkan, sekali bio-invasi telah terjadi dan populasinya telah berkembang biak, maka hampir tidak mungkin untuk dihilangkan (lihat Gambar 3). Tidak ada catatan yang menunjukkan keberhasilan dalam mengontrol dan membasmi spesies ini di dalam perairan terbuka. Di perairan yang tertutup (misalnya marina atau teluk kecil) tercatat pembasmian spesies dalam fasa awal pernah dilakukan dengan biosida⁽⁴⁾. Namun demikian penggunaan biosida di perairan pantai perlu kehati-hatian dan mempertimbangkan keberadaan biota lain, misalnya

larva-larva ikan, gastropoda, moluska lainnya dan zooplankton.

B. Dampak Ekonomi

Dampak ekonomi dari bio-invasi meliputi: penurunan produksi perikanan, dampak terhadap akua-kultur, dampak terhadap infrastruktur, fasilitas dan industri di pantai, penurunan aktivitas perkapalan, dampak terhadap pariwisata, dampak ekonomi turunan karena adanya spesies patogen dan beracun, dampak ekonomi turunan karena dampak lingkungan dan menurunnya bio-diversitas, pengeluaran biaya tambahan untuk penanggulangan, termasuk riset, monitoring, pelatihan, regulasi, dan mitigasi.

Dampak ekonomi terbesar dapat terlihat misalnya pada penyumbatan pipa penyalur air pendingin pada industri. Diperkirakan biaya penanggulangan karena dampak *Zebra Mussels* terhadap fasilitas industri di Amerika Serikat antara tahun 1989 hingga tahun 2000 mencapai 750 juta hingga 1 miliar dolar⁽⁵⁾.

C. Dampak terhadap Kesehatan

Selama enam ratus tahun, para peneliti masalah kesehatan pada industri maritim telah menyadari adanya ancaman kesehatan karena penularan penyakit melalui transportasi laut⁽⁶⁾. Sejak abad ke empat belas telah diketahui bahwa wabah penyakit menyebar melalui rute maritim. Konsep karantina bermula di Venesia, Italia. Kapal-kapal diharuskan buang jangkar di lepas pantai selama empat belas hari (*quarisma*) dan tidak diperbolehkan memasuki pelabuhan hingga dinyatakan bebas dari penyakit.

Di saat ini, walaupun telah dilakukan prosedur karantina untuk mencegah wabah penyakit, aktivitas perkapalan masih merupakan vektor bagi organisme patogen dan beracun melalui air balasnya. Suatu riset membuktikan bahwa organisme patogen ditularkan melalui air balas dari kapal⁽⁷⁾.

Para ahli kesehatan masyarakat dibuat heran saat mengetahui bahwa *Vibrio cholera* dapat menginvasi beberapa jenis alga, kemudian berada dalam masa tidak aktif menunggu kondisi yang memungkinkan untuk hidup kembali menjadi bahan infeksi⁽⁸⁾. Beberapa wabah kolera dapat diakibatkan secara langsung oleh air balas. Salah satu contoh adalah wabah yang terjadi di pelabuhan Peru tahun 1991 yang mengakibatkan kematian lebih dari 10.000 orang di tahun 1994.

Di samping bakteri dan virus, air balas juga dapat mengandung berbagai spesies mikro-alga termasuk

spesies yang toksik yang dapat menghasilkan *algae blooms*. Dampak kesehatan dari alga yang toksik ini adalah keracunan pada ikan, yang kemudian dapat mengakibatkan sakit atau bahkan kematian pada manusia yang memakannya.

IV. PENGHAMBAT AIR PENDINGIN

Ada dua sistem air pendingin yang umum digunakan pada industri, yaitu sistem "sekali lewat" (*once-through cooling system*) dan sistem pendingin sirkulasi (*recirculating cooling system*). Pada sistem sekali lewat, air disedot dari sumber air kemudian dialirkan ke pipa-pipa pendingin yang akan menyerap panas dari *boiler*, selanjutnya air dibuang kembali pada badan air. Karena sistem pendinginan semacam ini tidak mensirkulasikan air yang digunakan, maka sistem ini sangat banyak menggunakan air dari sumber air.

Pada sistem pendingin sirkulasi, air pendingin dari pipa-pipa pendingin dialirkan ke menara-menara pendingin (*cooling towers*) dimana terjadi pelepasan panas karena penguapan. Air dari menara pendingin kemudian dapat dialirkan kembali ke pipa-pipa pendingin. Dibandingkan dengan sistem pendingin sekali lewat, sistem pendingin sirkulasi ini dapat mengurangi pemakaian air hingga 95%.

Pada sistem pendingin sekali lewat, karena sangat banyak menyedot air dari sumber air, maka regulasi yang mengatur penggunaan sistem ini sangatlah ketat. Sebagai contoh Badan Proteksi Lingkungan Amerika Serikat (USEPA) mensyaratkan bahwa sistem pendingin sekali lewat ini harus dapat mencegah terjadinya dampak terhadap biota perairan (*impingement impacts* atau *entrainment impacts*). *Impingement impacts* terjadi apabila organisme terlalu besar untuk dapat melewati saringan 9.5 mm sehingga organisme ini terperangkap pada sampah/kotoran dan saringan karena daya hisap dari pompa. Sementara *Entrainment Impacts* terjadi bila ukuran organisme lebih kecil sehingga dapat melewati saringan 9.5 mm dan masuk ke dalam sistem pendingin. Dampak lain dapat juga terjadi pada organisme perairan karena panas yang dilepaskan dari air pendingin ke dalam kanal serta penggunaan klorin sebagai disinfektan pencegah tumbuhnya ganggang.

Regulasi yang mengatur struktur air pendingin ditujukan untuk mencegah terjadinya dampak lingkungan terhadap biota perairan. Namun kejadian yang sebaliknya dapat pula terjadi, yaitu bilamana populasi biota laut sangat besar sehingga sebagian

dapat masuk ke dalam sistem pendingin dan mengakibatkan rusaknya sistem pendingin tersebut. Beberapa jenis ubur-ubur dalam jumlah besar pernah diketahui menyumbat sistem pendingin dan menyebabkan terjadinya *head-loss* setinggi 3,8 m dan terhentinya instalasi⁽⁹⁾.

Informasi tentang cara-cara penanggulangan terhadap ubur-ubur yang masuk ke dalam sistem pendingin ini sangat kurang. Di Jepang, misalnya, digunakan tabir gelembung udara (*bubble curtain*) yang dihasilkan melalui kompresor udara di sekitar mulut pipa masukan (*intake point*). Ubur-ubur yang melintas pada tabir udara ini akan terangkat ke atas sehingga tidak akan masuk ke dalam saringan (*intake screen*). Cara ini diberitakan berhasil bilamana jumlah ubur-ubur tidak terlalu besar. Untuk ini perlu dilakukan pengurangan ubur-ubur dalam jumlah besar terlebih dulu dengan menempatkan jaring atau jala di sekitar daerah masukan air. Teknologi lain yang dapat digunakan untuk menanggulangi ubur-ubur ini adalah dengan menggunakan penginderaan jauh (*remote sensing*) untuk melacak datangnya ubur-ubur dalam jumlah besar dan mengantisipasi cara-cara pencegahan selanjutnya.

V. REGULASI

Secara internasional, pencegahan masuknya organisme asing ke dalam suatu perairan diatur di dalam regulasi yang diterbitkan oleh IMO (*International Maritime Organization*) dengan suatu pedoman tentang pencegahan masuknya organisme asing melalui pembuangan air balas dan sedimen⁽¹⁰⁾. Regulasi ini diterbitkan untuk pertama kali dalam bulan Juni 1991. Pada tanggal 4 Nopember 1993, suatu resolusi A.774(18) telah diadopsikan pada pertemuan IMO ke 18. Resolusi ini mengharuskan kepada semua anggota untuk menerapkan pedoman bagi pencegahan masuknya organisme asing dan patogen pada saat pembuangan air balas dan sedimen.

Penanggulangan dan pencegahan masuknya organisme asing ke dalam suatu perairan ini dapat dilakukan dengan cara pengolahan (*treatment*) dan monitoring air balas. Pengolahan air balas dapat dilakukan pada saat pengisian air balas (*ballasting*) di pelabuhan asal, pada saat perjalanan antar pelabuhan, atau pada saat pembuangan air balas (*deballasting*) di pelabuhan tujuan (*loading port*). Sedikitnya ada sepuluh teknologi yang diusulkan oleh komite, yaitu: filtrasi, biosida, termal, plasma, sinar

ultraviolet, akustik, medan magnet, deoksigenasi, cara biologi (*predator*), dan pelapisan *anti-fouling*.

Untuk mengetahui ada tidaknya spesies yang berbahaya serta mengetahui hasil pengolahan air balas, maka kegiatan monitoring perlu dilakukan. Ada tiga tingkatan monitoring bagi tujuan ini. Monitoring tingkat I adalah yang paling sederhana dan paling murah. Monitoring tingkat I dan II dirancang untuk dapat dilakukan di atas kapal, baik dengan peralatan otomatis maupun manual. Sedang monitoring tingkat III dilakukan di darat dengan peralatan laboratorium yang lebih kompleks.

Monitoring tingkat I dilakukan untuk mengetahui tentang riwayat air balas (dari mana, berapa jumlahnya, dan kapan air balas itu diganti) serta sifat dasar air balas, yaitu: turbiditas, salinitas, temperatur, konsentrasi oksigen terlarut, dan pH. Turbiditas merupakan indikasi dari konsentrasi plankton dan partikel tersuspensi. Salinitas menunjukkan banyaknya penggantian air dari pelabuhan dengan air laut. Oksigen terlarut dapat menunjukkan kemampuan air balas dalam menunjang kehidupan organisme. Sementara pH dapat digunakan sebagai pembeda antara air estuarin dan air laut.

Monitoring tingkat II dilakukan untuk mengetahui kondisi kehidupan di dalam air balas. Misalnya, pigmen fotosintesa yang dapat menunjukkan adanya biomassa dari fitoplankton. Kemudian uji ATP, *adenosin triphosphat*, yang menunjukkan adanya sel-sel makluk hidup, dan terakhir adalah nutrien (nitrat dan fosfat) yang dapat menunjang kehidupan fitoplankton.

Monitoring tingkat III adalah monitoring tingkat lanjut yang dilakukan di darat untuk identifikasi taksonomi dari tingkatan spesies. Identifikasi dapat dilakukan dengan metode *cytometry*, *immuno-fluorescence*, atau *molecular probes*. Monitoring tingkat III ini agak sulit dilakukan oleh kebanyakan laboratorium. Monitoring tingkat III hanya dilakukan bilamana ada indikasi adanya risiko yang sangat besar akan masuknya spesies asing.

VI. KESIMPULAN

Ubur-ubur dapat menjadi ancaman bagi industri migas yang berada di tepi pantai yang menggunakan air laut sebagai air pendingin. Dalam jumlah yang cukup banyak ubur-ubur dapat memblokir sistem pendingin sehingga menghambat unjuk kerja dan berdampak ekonomis bagi industri. Walaupun ubur-

ubur dapat berasal dari perpindahan secara alami, peristiwa di berbagai tempat di dunia menunjukkan bahwa ubur-ubur dapat berasal dari air balas. Pencemaran ubur-ubur, dan spesies laut lainnya, akan jauh lebih berbahaya dibanding misalnya pencemaran yang berasal dari tumpahan minyak. Bila pencemaran minyak akan menurun seiring dengan waktu, maka invasi ubur-ubur akan terjadi sebaliknya dan bersifat *irreversible* dan dampaknya diperkirakan mempunyai siklus enam bulanan, sesuai dengan umur rata-rata ubur-ubur.

Pengawasan melalui monitoring yang ketat terhadap air balas dari kargo yang akan memuat minyak atau gas alam akan membantu dalam pencegahan masuknya spesies asing ke dalam perairan lokal. Pengawasan ini dilakukan dengan mengacu pada regulasi yang telah dikeluarkan oleh IMO, *International Maritim Organization*. Bila diketahui adanya organisme yang dapat membahayakan perairan lokal, maka langkah-langkah pencegahan dengan cara pengolahan (*treatment*) air balas harus dilakukan.

KEPUSTAKAAN

1. Masilanomi, G., *et.al.*, 2000, Jellyfish ingress: A threat to the smooth operation of coastal power plants, *Current Science*, Vol. 5, 567-569.
2. Raaymakers, S., 2002, The Ballast Water Problem: Global Ecological, Economic and Human Health Impacts, RECSO/IMO Joint Seminar on Tanker Ballast Water Management & Technologies, Dubai, UAE, 16-18 December 2002.
3. Carlton, J.T., 1999, The scale and ecological consequences of biological invasions in the world's oceans, In: Odd Terje Sandlund et al. (editors), *Invasive Species and Biodiversity management*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 195-212.
4. Pyne, R., 1999, The Black Stripped Mussel infestation in Darwin: a clean-up strategy, In: Hillman, S.P. (ed.), *The Ballast Water Problem-Where do from here? Proceeding of a workshop held 5-6 may 1999, Brisbane, Australia, EcoPorts Monograph Series No. 19, Port Corporation of Queensland, Brisbane.*
5. O'Neil, C.R., 2000, Cited in: Carlton, J.T., 2001, Introduced species in US coastal waters – environmental impacts and management priorities, Pew Oceans Commission, Arlington VA.
6. Casale, G.A., 2002, Ballast water – a public health issue?, *Ballast Water News*, Issue 8: Jan – March 2002, GioBallast Programme, IMO London.
7. Ruiz, G.M., *et al*, 2000, Global spread of microorganisms by ships, *Nature*, 408 (Nov): 49.
8. Monroe, P.M., and R.R. Colwell, 1966, Fate of *Vibrio cholera* 01 in sea water microorganisms, *Water Research*, 30:47-50.
9. Nair, K. V. K., *Adv. Aqua. Biol. Fish.*, 1987, 257.
10. Anonimous, 1996, *Stemming the Tide: Controlling Introductions of Nonindigenous Species by Ships' Ballast Water*, Committee on Ships' Ballast Operations, National Research Council, ISBN: 0-309-58932-0, 160 pages, Washington, D.C. •