

## MIKROALGA BERBAHAYA DI PERAIRAN INDONESIA

oleh

NGURAH N. WIADNYANA<sup>1)</sup>

### ABSTRAK

Kelompok mikroalga berbahaya yang merupakan fitoplankton mikroskopik terdiri dari tiga kelompok yaitu "anoxious", beracun dan merusak alat pernafasan. Kelompok beracun dapat termakan oleh biota laut (ikan dan Avertebrata) dan selanjutnya berdampak negatif terhadap kesehatan manusia yang memakannya. Dua kelompok lainnya dapat membahayakan kehidupan biota laut akibat kekurangan oksigen terlarut dan tersumbatnya alat pernafasan. Kerugian pada sektor ekonomi seperti perikanan, gangguan kesehatan serta korban jiwa pada manusia yang ditimbulkan oleh mikroalga berbahaya terjadi hampir di seluruh belahan bumi, termasuk di Indonesia. Meskipun di Indonesia, kejadian demikian yang tercatat masih sedikit, namun pengembangan penelitian tentang mikroalga berbahaya yang telah dilakukan perlu terus ditingkatkan, karena peluang terjadinya ledakan populasi di perairan Indonesia semakin tinggi.

### ABSTRACT

**HARMFUL MICROALGAE OF THE INDONESIAN WATERS.** *Harmful microalgae belongs to microscopic plants and consists of three groups, i.e. anoxious species, toxic species and species that destroy the respiratory system. Toxic species may be eaten by marine animals (fishes and invertebrates), and the latter may affects human health when consumed. The two other groups when present in a very high density, can kill marine animals through oxygen depletion and by damaging or clogging the gills. Severe losses in economic sector such as fisheries, human health and death, occurred in almost all over the world, including Indonesia. Although in Indonesia recorded incidents are relatively few, the development of research on harmful microalgae should be continuously encouraged, in view of the increasing possibility of red tide occurrence in Indonesian waters.*

### PENDAHULUAN

Seperti diketahui, peranan plankton sangat vital di dalam ekosistem perairan sebagai dasar dari kehidupan. Beraneka ragam organisme mikroskopik nabati yang merupakan bagian terbesar dari organisme planktonik, mampu menghasilkan bahan-bahan organik. Melalui rantai makanan bahan-bahan

1) Balitbang Sumberdaya Laut, Puslitbang Oseanologi-LIPI, Poka Ambon 97233



organik dapat mencapai organisme konsumen dari tingkatan trofik yang lebih tinggi (ikan). Konsekuensinya, mutu dan banyaknya organisme konsumen dapat dipengaruhi secara langsung oleh plankton. NYBAKKEN (1992) menyebutkan bahwa daerah perikanan tangkap potensial terdapat di perairan yang mempunyai tingkat kesuburan tinggi seperti di daerah *upwelling*. Namun kesuburan plankton yang berlebihan akibat adanya pengkayaan unsur-unsur hara dapat menimbulkan kematian masal pada biota laut (SHUMWAY 1990; ADNAN 1993). Adanya mikroalga beracun yang muncul di dalam perairan dapat membahayakan kehidupan organisme konsumen seperti ikan dan Avertebrata, bahkan sampai pada manusia yang kebetulan memakan produk laut yang mengandung racun yang berasal dari mikroalga. Berbagai kasus kematian pada biota laut, keracunan, dan kematian pada manusia telah terjadi di beberapa negara seperti yang dipaparkan oleh SHUMWAY (1990) dan di beberapa tempat di Indonesia (ADNAN 1993). Secara menyeluruh di wilayah Asia-Pasifik sampai pertengahan tahun 1994 tercatat sekitar 3.164 korban keracunan dan 148 korban meninggal (CORALLES & MACLEAN 1995).

Pentingnya dampak yang ditimbulkan oleh mikroalga beracun terhadap kesehatan masyarakat Indonesia menyebabkan terjadinya peningkatan penelitian tentang masalah ini. Berbagai temuan spesies mikroalga berbahaya telah dilaporkan di beberapa tempat di Kawasan Timur Indonesia (WIADNYANA *et al.* 1994; WIADNYANA *et al.* 1995; SIDABUTAR *et al.* 1995), sementara penelitian terus berlanjut. Dengan maksud untuk memahami dan menginformasikan seluas-luasnya fenomena mikroalga beracun, tulisan ini disusun dengan menggabungkan hasil-hasil penelitian terbaru.

### JENIS MIKROALGA BERBAHAYA

Spesies fitoplankton dapat berbahaya dan merusak ekosistem perairan dalam kondisi sangat berlimpah dan menghasilkan racun. HALLEGRAEFF (1993) menguraikan tipe-tipe jenis berbahaya menjadi tiga bagian (Tabel 1)

Spesies dari tipe yang dapat membahayakan biota laut, akibat terjadinya penurunan oksigen terlarut atau disebut spesies "anoxic". Dari kelompok ini yang sering ditemukan di Indonesia adalah *Trichodesmium erythraeum*, salah satu spesies dari Cyanobacterium. (Gambar 1A). Cyanobacterium ini sewaktu-waktu dapat melimpah di perairan karena kondisi unsur hara yang berlebihan dan dapat mengikat unsur nitrogen secara langsung dari udara. Contoh kasus kematian ikan masal terjadi di tambak udang di Lampung (ADNAN 1993).

MIKROALGA BERBAHAYA DI PERAIRAN INDONESIA

Tabel 1 Kelompok, sifat dan jenis mikroalga berbahaya

Kelompok	Sifat	Contoh spesies
Anoxious	Kurang berbahaya, ledakan terjadi pada kondisi tertentu; dapat berkembang sangat padat menyebabkan penurunan kadar oksigen yang drastis dan kematian masal ikan dan Vertebrata	<b>Dinoflagellata</b> - <i>Gonyaulax polygramma</i> - <i>Noctiluca scintillans</i> - <i>Scrippsiella trochoidea</i> <b>Cyanobacterium</b> - <i>Trichodesmium erythraeum.</i>
<i>Beracun</i>	Beracun berat; menyebabkan berbagai macam penyakit perut dan sistem saraf : - <i>Paralytic Shellfish Poisoning (PSP)</i>  - <i>Diarrhetic Shellfish Poisoning (DSP)</i>  - <i>Amnesic Shellfish Poisoning (ASP)</i>  - <i>Ciguatera Fisfood Poisoning (CFP)</i>  - <i>Neurotoxic Shellfish Poisoning (NSP)</i>	<b>Dinoflagellata</b> <i>Alexandrium acatenella</i> <i>A. catenella</i> <i>A. cohorticula</i> <i>A. fundyense</i> <i>A. fraterculus</i> <i>A. minutum</i> <i>A. tamarense</i> <i>Gymnodinium catenatum</i> <i>Pyrodinium bahamense var compressum</i> <b>Dinoflagellata</b> <i>Dinophysis acuta</i> <i>D. acuminata</i> <i>D. fortii</i> <i>D. norvegica</i> <i>D. mitra</i> <i>D. rotundata</i> <i>Prorocentrum lima</i> <b>Diatomae</b> <i>Nitzschia pungens f. multiseries</i> <i>N. pseudodelicatissima</i> <i>N. pseudoseriata</i> <b>Dinoflagellata</b> - <i>Gambierdiscus toxicus</i> - ? <i>Ostreopsis</i> spp. - ? <i>Prorocentrum</i> spp. <b>Dinoflagellata</b> <i>Gymnodinium breve</i>



Tabel 1 Lanjutan

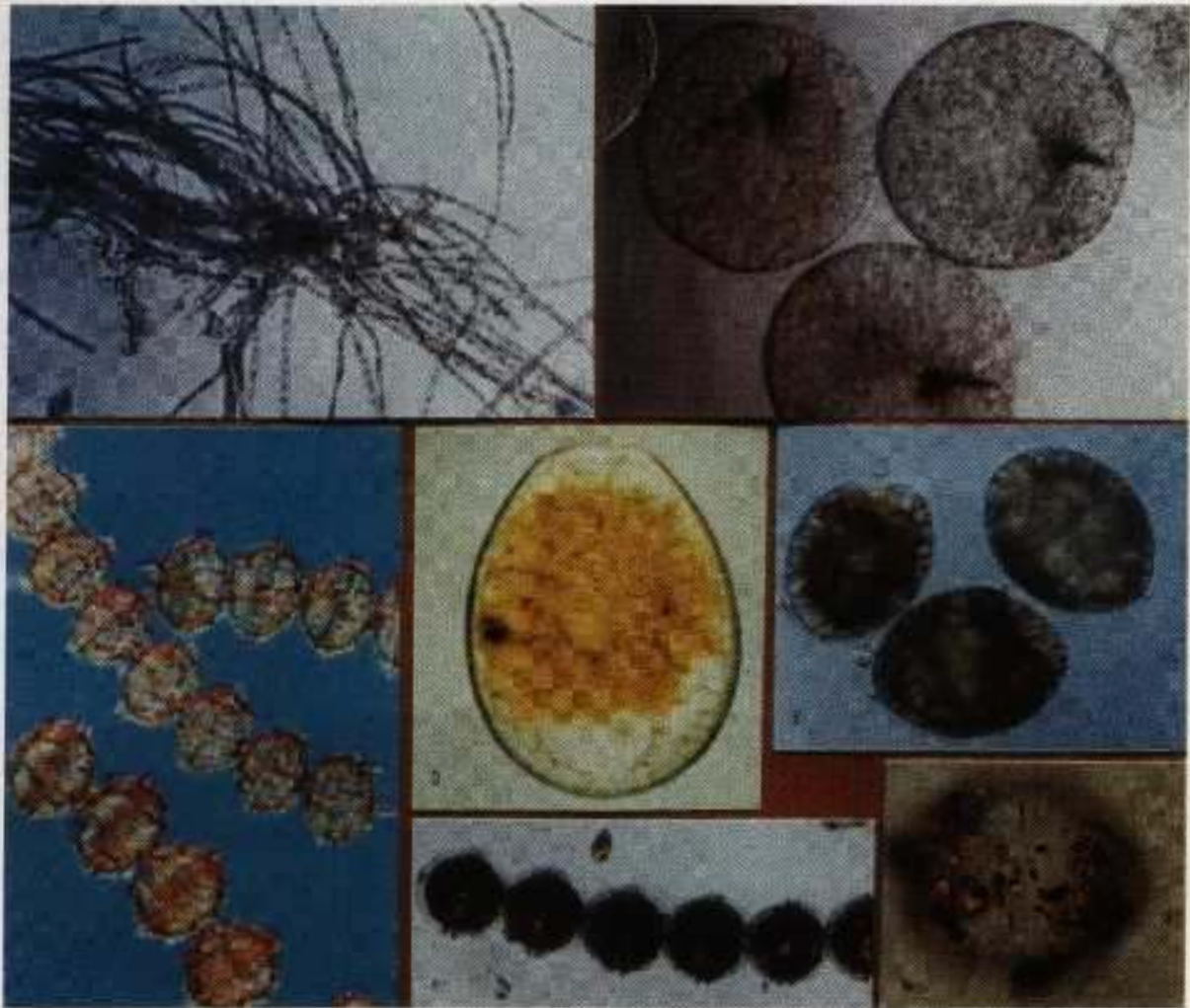
Kelompok	Sifat	Contoh Jenis - jenis
	- <i>Racun Cyanobacterium</i>	<b>Cyanobacterium</b> - <i>Anabaena flos-aquae</i> - <i>Microcystis aeruginosa</i> - <i>Nodularia spumigena</i>
<i>Perusak sistem pernafasan</i>	Tidak beracun, secara fisik mengganggu sistem pernafasan Avertebrata dan ikan karena penyumbatan, terutama di waktu kepadatan tinggi	<b>Diatomae</b> <i>Chaetoceros convolutus</i> <b>Dinoflagellata</b> - <i>Gymnodinium mikimotoi</i> <b>Prymnesiophyta</b> - <i>Chrysocromulina polylepis</i> - <i>C. leadbeateri</i> - <i>Prymaesium parvum</i> - <i>P. patelliferum</i> <b>Raphidophyta</b> - <i>Heterosigma akashiwo</i> - <i>Chattonella antiqua</i>

Di Teluk Kao spesies ini sering mendominasi perairan (WIADNYANA *et al.* 1994). Kepadatan tertinggi yang tercatat dapat mencapai nilai sebesar 3,9 ribu sel/l (90 % dari jumlah total fitoplankton). Kelimpahan ini nampaknya belum dikatakan membahayakan kehidupan biota laut seperti ditunjukkan dengan tidak adanya laporan kematian masal pada ikan yang diakibatkan oleh spesies fitoplankton ini. Selain itu, juga ditemukan satu spesies dari Dinoflagellata, *Noctiluca scintillans*, yang berwarna hijau (Gambar 1B). Dinoflagellata ini mempunyai ukuran relatif besar (150 - 2000  $\mu\text{m}$ ) dan pada saat populasinya cukup padat dapat merubah warna perairan menjadi kehijauan.

Fitoplankton yang dapat menghasilkan racun pada umumnya berasal dari kelompok Dinoflagellata. Di perairan Indonesia baru tercatat beberapa spesies beracun, di antaranya, *Pyrodinium bahamense* var. *compressum* (Gambar 1C bentuk sel vegetatif dan Gambar 1G untuk bentuk kista (cyst)) dan *Prorocentrum lima* (Gambar 1D). Di samping itu ditemukan juga *Alexandrium* sp. dan *Ostreopsis* sp. (Gambar 1E dan 1F), namun belum diketahui apakah spesies-spesies ini merupakan Dinoflagellata beracun.

Kasus kematian masal pada ikan dan Avertebrata yang disebabkan oleh jenis fitoplankton perusak dan penyumbat sistem pernafasan (rusaknya insang) sampai saat ini belum ditemukan di perairan Indonesia. Spesies-spesies dari *Chaetoceros* yang ditemukan di beberapa lokasi masih dalam jumlah yang wajar.





Gambar 1. Jenis mikroalga berbahaya yang ditemukan di beberapa lokasi di perairan Indonesia : A-*Trichodesmium erythraeum*, B-*Noctiluca scintillans* (tipe berwarna hijau), C-*Pyrodinium bahamense* var. *compressum*, D-*Prorocentrum lima*, E-*Ostreopsis* sp., F-*Alexandrium* sp., G-Kista ("Cyst") *P. bahamense* var. *compressum*.

Spesies-spesies dari kelompok penyumbat sistem pernafasan dapat membahayakan kehidupan biota laut pada konsentrasi yang sangat padat, sehingga menimbulkan "red tide". Sebagai contoh dampak negatif yang pernah terjadi yaitu akuakultur di Seto, Jepang, pada tahun 1972 yang mengalami kerugian mencapai lebih dari satu triliun rupiah akibat ledakan populasi *Chatonella antiqua* (OKAICHI 1989).



## KASUS - KASUS KERACUNAN

Kasus-kasus yang paling banyak tercatat adalah yang disebut '*paralytic shellfish poisoning*' (PSP) (Tabel 1) dan telah tercatat di hampir seluruh belahan bumi (Gambar 2). Kematian masal pada berbagai jenis kerang budidaya merupakan kasus yang paling banyak tercatat, umumnya disebabkan oleh spesies-spesies dari ordo Dinophysiales. Gangguan kesehatan dan korban kematian pada manusia sering ditimbulkan oleh spesies-spesies dari marga *Gonyaulax*, *Alexandrium* dan *Pyrodinium*. SHUMWAY (1990) menyebutkan bahwa Dinoflagellata beracun, *Pyrodinium*, merupakan penyebab terbesar korban pada manusia, seperti yang terjadi di Guatemala (26 orang meninggal dan sekitar 185 orang di rawat di rumah sakit). Sebelum itu kasus besar lain telah terjadi di Filipina, dimana 21 orang meninggal dan sekitar 278 orang di rawat di rumah sakit. Setelah di determinasi secara lebih rinci, penyebabnya adalah *Pyrodinium bahamense* var. *compressum*.

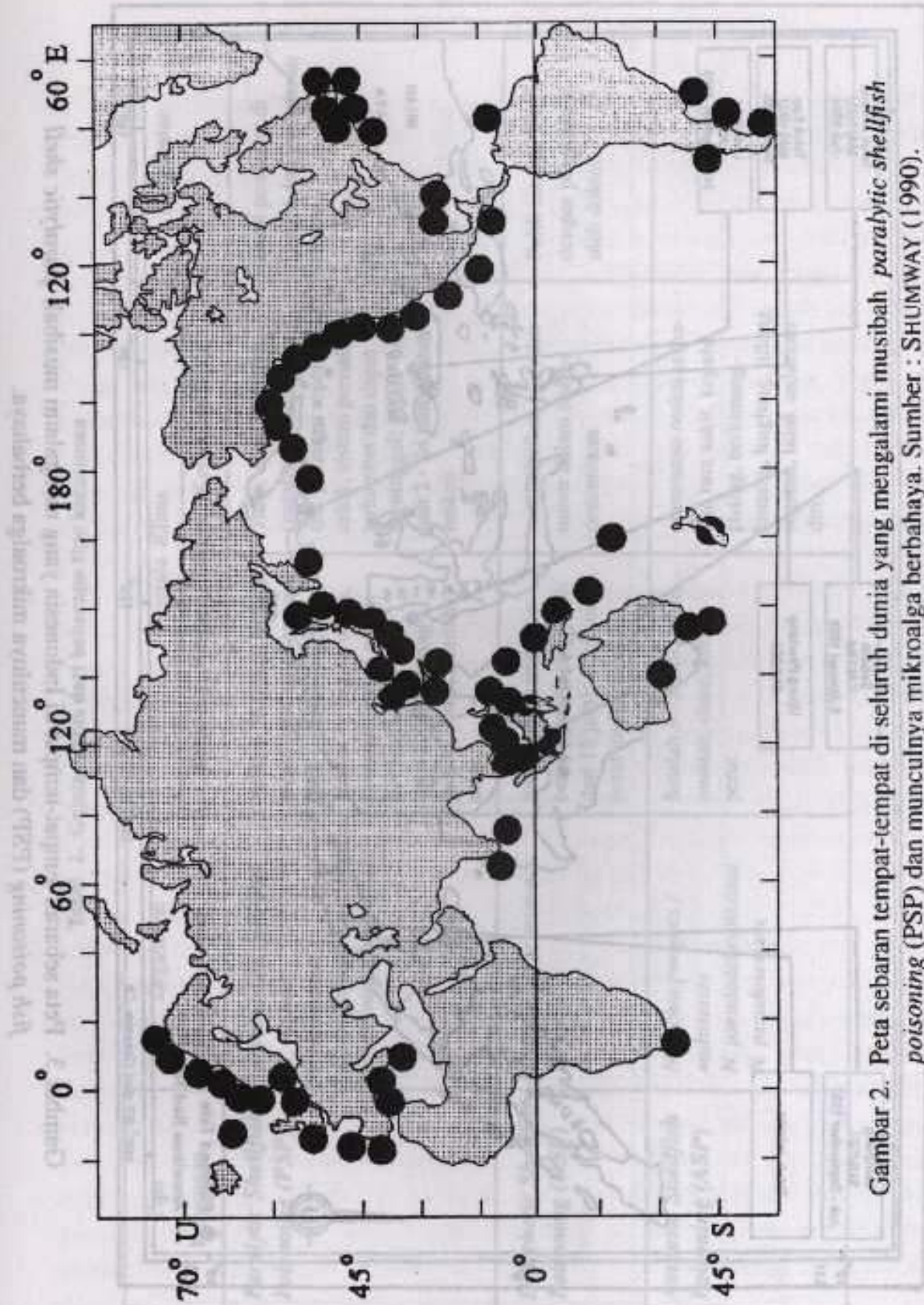
Di Indonesia, kasus serupa telah terjadi misalnya di Teluk Kao dan di Teluk Ambon. Di desa Latta terjadi keracunan yang membawa korban 33 orang masuk rumah sakit dan delapan anak kecil meninggal. Gambar 3 memperlihatkan daerah-daerah yang mengalami kerugian ekonomi akibat kematian masal ikan dan keracunan PSP.

HALLEGRAEFF (1993) menguraikan gejala klinis keracunan (Tabel 2), yang pada dasarnya terbagi menjadi dua bagian yaitu racun yang menyerang sistem syaraf dan racun yang menyerang pencernaan.

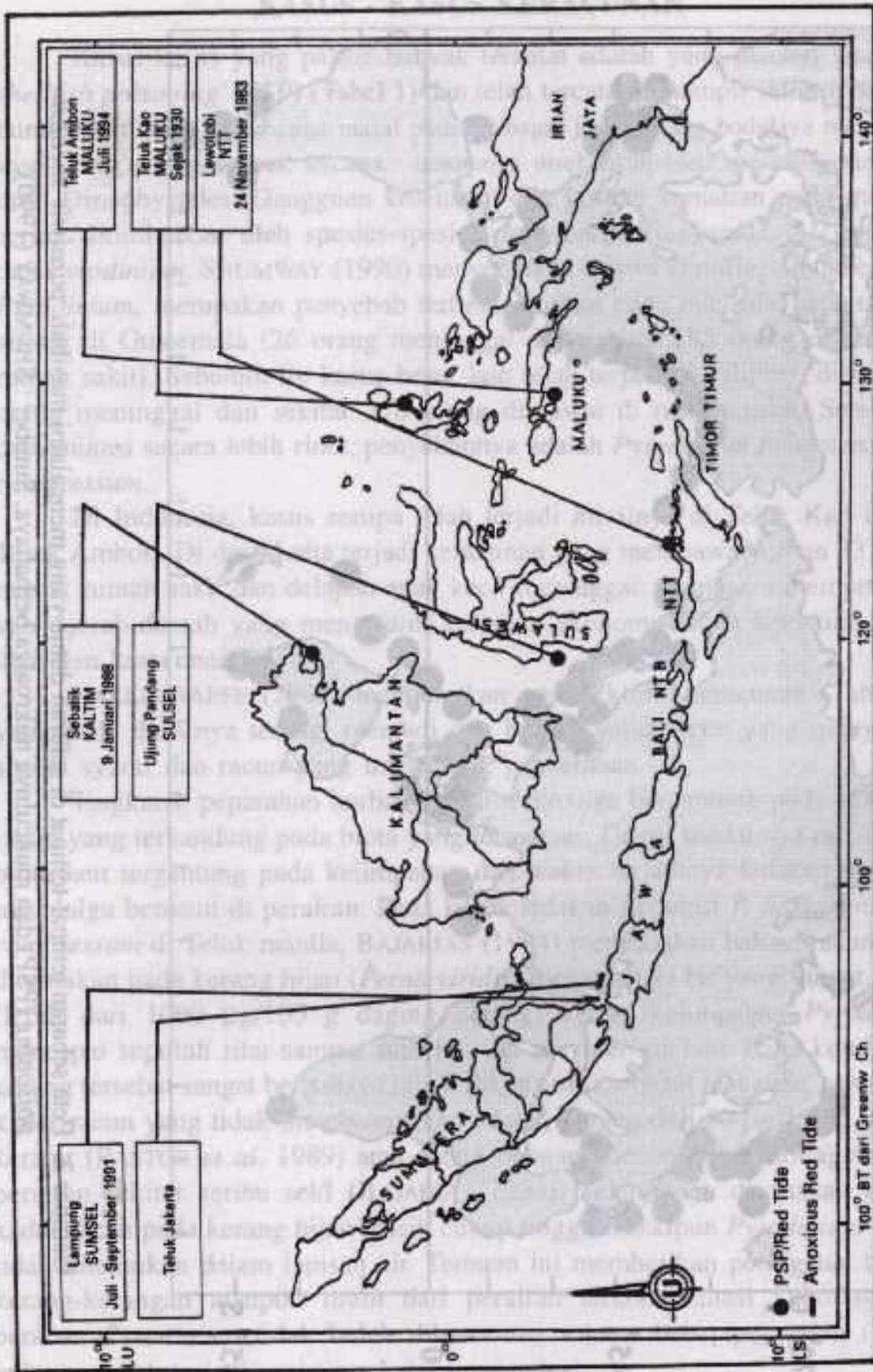
Tingkatan peparahan korban akibat mikroalga bergantung pada kekuatan racun yang terkandung pada biota yang termakan. Tinggi rendahnya racun pada biota laut tergantung pada kelimpahan dan waktu terjadinya ledakan populasi mikroalga beracun di perairan. Pada kasus ledakan populasi *P. bahamense* var. *compressum* di Teluk Manila, BAJARIAS (1994) menjelaskan bahwa racun yang ditemukan pada kerang hijau (*Perna viridis*) mencapai kadar yang sangat tinggi (lebih dari 1000 µg/100 g daging kerang) ketika kelimpahan *Pyrodinium* mencapai sepuluh ribu sampai satu juta sel per liter air laut. Pada kondisi ini kerang tersebut sangat berbahaya untuk dikonsumsi sebagai makanan, sementara kadar racun yang tidak membahayakan adalah kurang dari 80 µg/100 g daging kerang (PASTOR *et al.* 1989) atau setara dengan konsentrasi Dinoflagellata di perairan sekitar seribu sel/l (BAJARIAS 1994). Selanjutnya dijelaskan bahwa kadar racun pada kerang hijau masih cukup tinggi, meskipun *Pyrodinium* sudah tidak ditemukan dalam lapisan air. Temuan ini memberikan peringatan bahwa kerang-kerang ataupun tiram dari perairan terkontaminasi Dinoflagellata beracun *Pyrodinium* tidak boleh dikonsumsi selama beberapa waktu (2 - 3 bulan) setelah terjadi peristiwa ledakan populasi.



# MIKROALGA BERBAHAYA DI PERAIRAN INDONESIA



Gambar 2. Peta sebaran tempat-tempat di seluruh dunia yang mengalami musibah *paralytic shellfish poisoning* (PSP) dan munculnya mikroalga berbahaya. Sumber : SHUMWAY (1990).



Gambar 3. Peta sebaran tempat-tempat di Indonesia yang mengalami musibah *paralytic shell fish poisoning* (PSP) dan munculnya mikroalga berbahaya.



Tabel 2. Gejala klinis dari beberapa tipe keracunan

Tipe Keracunan	Organisme Penyebab	Gejala Klinis		Pengobatan
		Keracunan Ringan	Keracunan Berat	
<b>Paralytic Shellfish Poisoning (PSP)</b>	<i>Alexandrium catenella</i> <i>A. minutum</i> <i>A. tamarense</i> <i>Gymnodinium catenatum</i> <i>Pyrodinium bahamense</i>	Selama 30 menit; badan terasa gatal-gatal/panas bibir terasa tebal, merambat ke bagian muka, kesemutan pada ujung jari tangan dan kaki, sakit kepala, pusing-pusing, mual, muntah, diare.	Tidak dapat bergerak (paralisis). Susah bernafas, perasaan seperti dicekik, sistem pernafasan terhambat dan dapat meninggal; gejala terjadi 2 - 24 jam setelah makan	Perut penderita di pompa dan pernafasan buatan.
<b>Diarrhetic Shellfish Poisoning (DSP)</b>	<i>Dynophysis acuminata</i> <i>D. fortii</i>	Setelah 0,5 sampai beberapa jam (jarang lebih dari 12 jam); diare, mual perut mulas, muntah	menimbulkan penyakit tumor dalam sistem pencernaan.	Pulih setelah 3 hari dengan pengobatan oleh dokter.
<b>Annesic Shellfish Poisoning (ASP)</b>	<i>Nitzschia pungens f. multiseries</i> <i>N. pseudodelicatissima</i> <i>N. pseudoseriata</i>	Setelah 3 - 5 jam; mual, muntah, diare, keram perut.	penurunan reaksi terhadap rasa sakit, kepala pusing, berkunang-kunang, linglung, hilang ingatan, tidak sadarkan diri.	



Tabel 2. ( Lanjutan )

Tipe Keracunan	Organisme Penyebab	Gejala Klinis		Pengobatan
		Keracunan Ringan	Keracunan Berat	
<b>Ciguatera</b>	<i>Gambierdiscus toxicus</i> ? <i>Ostreopsis siamensis</i> ? <i>Prorocentrum lima</i>	Gejala terasa setelah 12 - 24 jam makan ikan, sakit perut, diare, mual, muntah.	Gejala terasa pada sistem saraf: terasa tebal dan kesemutan pada tangan dan kaki, benda dingin disentuh terasa panas dan sebaliknya, hilang keseimbangan, detak jantung dan tekanan darah menjadi lemah, pingsan. Dapat mati karena kerusakan sistem pernafasan.	Belum ditemukan antitoksin atau pengobatan spesifik. Calcium dan manitol dapat menolong menghilangkan gejala.

Gambar 3. Peta sebaran terapan serapan di Indonesia yang mengalami masalah ciguatera saat ini. Peta ini menunjukkan (F5P) dan menunjukkan mikroskopis berbalas.



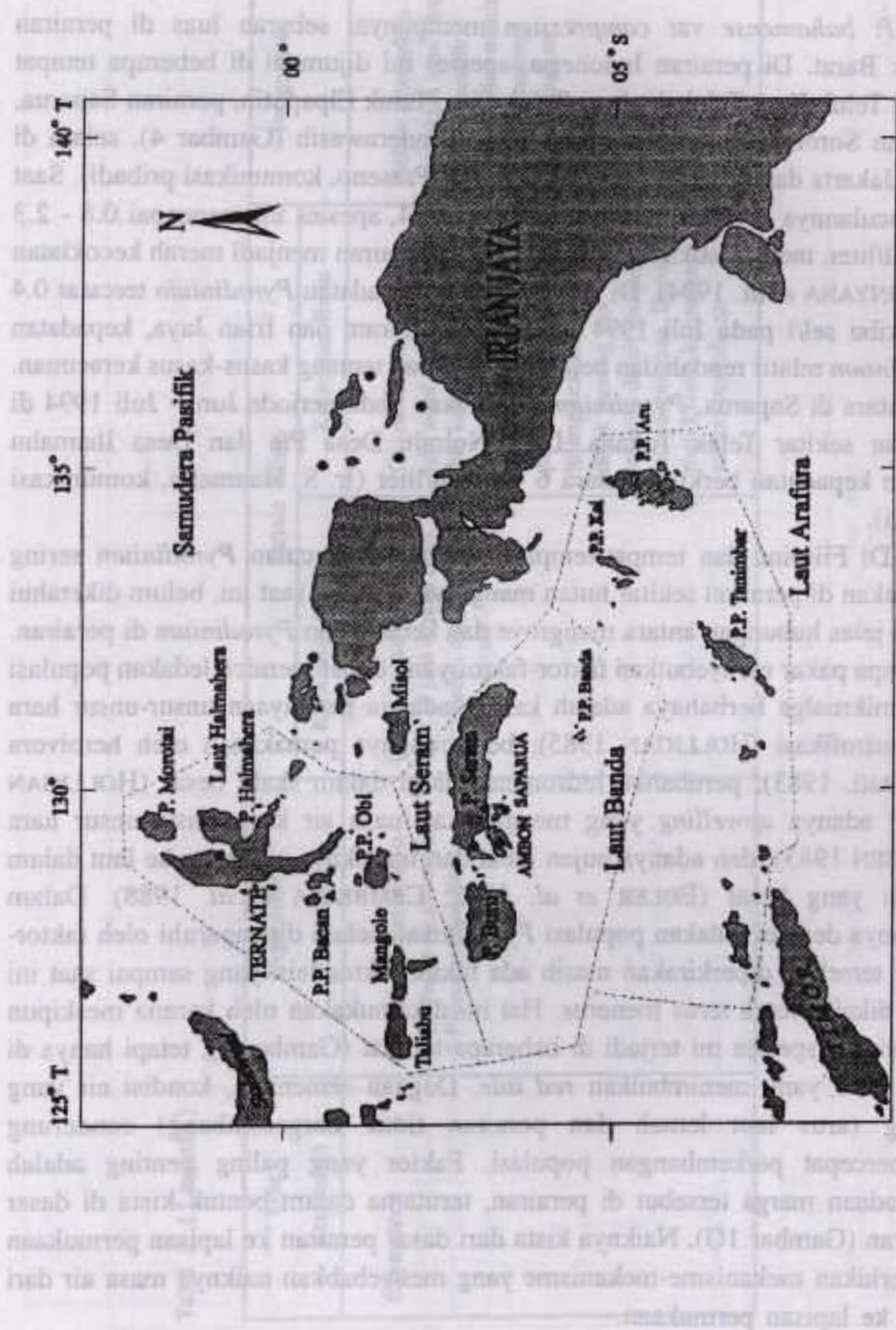
ANCAMAN JENIS *PYRODINIUM* BERACUN

PENGUJIAN STUDI MIKROALGA BERBAHAYA

*P. bahamense* var *compressum* mempunyai sebaran luas di perairan Pasifik Barat. Di perairan Indonesia, spesies ini dijumpai di beberapa tempat seperti Teluk Kao, Teluk Ambon, Teluk Piru, Teluk Elpaputih, perairan Saparua, perairan Sorong, sekitar Biak dan Teluk Cenderawasih (Gambar 4), selain di Teluk Jakarta dan perairan Bangka (Djoko P. Praseno, komunikasi pribadi). Saat kemunculannya di Teluk Kao pada Maret 1994, spesies ini mencapai 0.8 - 2.3 juta sel/liter, menyebabkan perubahan warna perairan menjadi merah kecoklatan (WIADNYANA *et al.* 1994). Di Teluk Ambon, kepadatan *Pyrodinium* tercatat 0.4 - 1.6 ribu sel/l pada Juli 1994. Di perairan Seram dan Irian Jaya, kepadatan *Pyrodinium* relatif rendah dan belum ada laporan tentang kasus-kasus keracunan. Sementara di Saparua, *Pyrodinium* ditemukan pada periode Juni - Juli 1994 di perairan sekitar Teluk Tuhaha, Desa Noloth, Desa Pia dan Desa Ihamahu dengan kepadatan berkisar antara 6 - 95 sel/liter (Ir. S. Haumahu, komunikasi pribadi).

Di Filipina dan tempat-tempat lainnya, kemunculan *Pyrodinium* sering ditemukan di perairan sekitar hutan mangrove. Sampai saat ini, belum diketahui secara jelas hubungan antara mangrove dan keberadaan *Pyrodinium* di perairan. Beberapa pakar menyebutkan faktor-faktor yang dapat memicu ledakan populasi jenis mikroalga berbahaya adalah karena adanya pengayaan unsur-unsur hara atau eutrofikasi (HOLLIGAN 1985); berkurangnya pemakanan oleh herbivora (LINDAHL 1983); perubahan hidrometeorologi dalam skala besar (HOLLIGAN 1985); adanya *upwelling* yang mengangkat masa air kaya unsur-unsur hara (TANGEN 1983); dan adanya hujan lebat dan masuknya air tawar ke laut dalam jumlah yang besar (EDLER *et al.* 1982; CEBELLA *et al.* 1988). Dalam kaitannya dengan ledakan populasi *Pyrodinium*, selain dipengaruhi oleh faktor-faktor tersebut, diperkirakan masih ada faktor-faktor lain yang sampai saat ini perlu dikaji secara terus menerus. Hal ini dikemukakan oleh karena meskipun penyebaran spesies ini terjadi di beberapa tempat (Gambar 4), tetapi hanya di Teluk Kao yang menimbulkan *red tide*. Dugaan sementara, kondisi air yang tenang (arus laut lemah dan perairan tidak bergelombang) cenderung mempercepat perkembangan populasi. Faktor yang paling penting adalah keberadaan marga tersebut di perairan, terutama dalam bentuk kista di dasar perairan (Gambar 1G). Naiknya kista dari dasar perairan ke lapisan permukaan memerlukan mekanisme-mekanisme yang menyebabkan naiknya masa air dari dasar ke lapisan permukaan.





Gambar 4. Peta sebaran *Pyrodinium bahamense* var. *compressum* di Kawasan Timur Indonesia.



**PENGEMBANGAN STUDI MIKROALGA BERBAHAYA**

Seperti diuraikan di atas, mikroalga berbahaya telah menimbulkan dampak negatif yang cukup besar bagi biota laut, kesehatan manusia dan perikanan. Kerugian ekonomi dan korban manusia yang terjadi di Indonesia tampaknya relatif cukup rendah bila dibandingkan dengan di negara-negara lain. Tetapi ini tidak berarti studi mikroalga berbahaya tidak perlu dikembangkan.

Adanya perubahan-perubahan secara global, baik yang menyangkut perubahan iklim, pengkayaan zat hara di perairan pesisir, maupun peningkatan hubungan perdagangan yang mengakibatkan meningkatnya keluar dan masuknya kapal-kapal niaga dari dan ke wilayah Indonesia, maka dampak yang dapat ditimbulkan dari aktivitas ini adalah meningkatnya peluang meluasnya penyebaran spesies-spesies mikroalga berbahaya dari satu perairan ke perairan lainnya. HALLEGRAEFF (1993) mengemukakan meluasnya sebaran Dinoflagellata dapat disebabkan oleh transportasi kista yang terbawa oleh kapal dalam air balas (*ballast water*). Melalui mekanisme ini perairan yang pada awalnya bebas dari mikroalga beracun dapat terkontaminasi dan berlangsung secara terus menerus dari satu tempat ke tempat lainnya. Semakin tingginya bahan detergen, buangan limbah organik dan anorganik lainnya yang masuk ke perairan dapat berdampak penyuburan perairan yang berlebihan. Semua ini merupakan faktor-faktor yang berhubungan dengan keberadaan dan terjadinya ledakan populasi mikroalga berbahaya di perairan Indonesia. Meskipun demikian, permasalahan yang paling penting yang sejauh ini masih belum diketahui adalah cara untuk meramalkan terjadinya ledakan populasi mikroalga berbahaya. Berdasarkan pada informasi tersebut, pengembangan studi mikroalga berbahaya perlu mendapat perhatian dan terus dikembangkan.

**DAFTAR REFERENS**

ADNAN, Q. 1993. PSP and red tide status in Indonesia. In: Toxic Phytoplankton Blooms in the Sea ( T.J. Maeda and Y. Shimizu, Eds.). Elsevier Science Publisher B. V., Amsterdam : 199-202.

BAJARIAS, FE F. A 1994. *Survey of paralytic shellfish poison (PSP) in green mussels (Perna viridis) in Manila Bay, Philippines*. Paper presented in the Third International Scientific Symposium. IOC-UNESCO - WESTPAC, Bali - Indonesia, 22 - 26 November 1994.



- CEMBELLA, A. D.; J. TURGEON; J. C. THERRIAULT and P. BELAND 1988. Spatial distribution of *Protogonyaulax tumarensis* resting cysts in nearshore sediments along the north coast of the lower St. Lawrence estuary. *J. Shell. Res.* 7: 597-609.
- CORRALES, R. A. and J. L. MACLEAN 1995. Impacts of harmful algae on seafarming in the Asia-Pacific areas. *J. Applied Phycology* 7: 151-162.
- EDLER, L.; G. AERTEBJERG and E. GRANALI 1982. Exceptional plankton blooms in the entrance to the Baltic Sea-the Kattegat and Belt Sea area. *ICESL* 20:1-6
- HELLEGRAEFF, G.M. 1993. A review of harmful algal blooms and their apparent global increase. *Phycologia* 32 (2): 79-99.
- HOLLIGAN, P. M. 1985. Marine dinoflagellate blooms - growth strategies and environmental exploitation. In: Toxic Dinoflagellates (D.M. Anderson; A. W. White and D. G. Baden, Eds.). Elsevier, New York, USA. : 133-139.
- LINDAHL, O. 1983. On the development of a *Gyrodinium aurelium* occurrence on the Swedish west coast. *Mar. Biol.* 77: 143-150.
- NYBAKKEN, J.W. 1992. *Biologi Laut: Suatu pendekatan ekologis*. Gramedia, Jakarta: 459 hal.
- OKAICHI, T. 1989. Red tide problems in the Seto Island, Japan. In: Red Tides: Biology, Environmental Science and Technology (T. Okaichi; D. M. Anderson and T. Nemoto, Eds.). Elsevier Science Publishing Co., New York : 137-142.
- PASTOR, N. I. S.; I. GOPEZ; M. A.C. QUIZON; N. BAUTISTA; M. WHITE and DAYRIT 1989. Epidemic of paralytic shellfish poisoning in the Philippines, 1988-1989. In: Biology, Epidemiology and Management of *Pyrodinium* Red Tides (G. M. Hallegraeff and J. L. Maclean, Eds.). ICLARM Conference Proceeding 21. Fisheries Department, Ministry of Development, Brunei Darussalam and International Centre for Living Resources Management, Manila, Philippines : 165-171.
- SHUMWAY, S. E. 1990. A review of the effects of algal blooms on shellfish aquaculture *J. World Aquacul. Soc.* 21: 65-103.
- SIDABUTAR, T.; N. N. WIADNYANA dan S. A. YUSUF 1995. Spesies "red tide" di perairan Kawasan Timur Indonesia. Kertas Kerja disajikan dalam bentuk poster pada Seminar Peringatan Lustrum VIII Fakultas Biologi UGM - Yogyakarta, 18 - 20 September 1995. hal. 12.
- TANGEN, K. 1983. Shellfish poisoning and the occurrence of potentially toxic dinoflagellates in Norwegian waters. *Sarsia*: 1-7.
- WIADNYANA, N. N.; A. SEDIADI; T. SIDABUTAR and S. A. YUSUF 1994. Bloom of the dinoflagellate, *Pyrodinium bahamense* var *compressum* in Kao Bay, North Moluccas. Paper presented in IOC-WESTPAC Symposium, Bali, 22 - 26 November 1994.
- WIADNYANA, N. N.; T. SIDABUTAR; K. MATSUOKA; T. OCHI; M. KODAMA and Y. FUKUYO. 1995. Note on the occurrence of *Pyrodinium* in eastern Indonesian waters. Paper for 7th International Conference on Toxic Phytoplankton, Sendai Jepang, 12 - 16 Juli 1995: 16 pp.