

**DAMPAK PENCEMARAN BORON
TERHADAP BIOTA PERAIRAN LAUT**

Heni Susiati, Yarianto SBS., Imam Hamzah, Fepriadi^{*)}

ABSTRAK

DAMPAK PENCEMARAN BORON TERHADAP BIOTA PERAIRAN LAUT. Pembangkit listrik termasuk PLTN dan fasilitas industri dapat melepaskan bahan-bahan kimia anorganik berbahaya, seperti boron melalui pelepasan langsung atau melalui sistem pendingin ke dalam ekosistem perairan di sekitar instalasi tersebut. Boron adalah salah satu *trace element* yang merupakan unsur esensial yang diperlukan dalam pertumbuhan biota laut, tetapi akan bersifat toksis bila berlebihan, sehingga dapat berpengaruh terhadap pertumbuhan, reproduksi atau kelangsungan hidup. Toksisitas terhadap organisme akuatik, termasuk vertebrata, invertebrata, dan tumbuhan sangat bervariasi tergantung tahap hidup organisme tersebut dan lingkungan. Konsentrasi maksimum boron total untuk proteksi bagi kehidupan ekosistem perairan direkomendasikan tidak lebih 1,2 mg B/L. Tahap awal daur hidup biota lebih sensitif terhadap boron daripada tahap selanjutnya dan penggunaan air untuk proses operasi sistem yang berulang menunjukkan toksisitas yang lebih tinggi dari pada air alam.

ABSTRACT

IMPACT OF BORON POLLUTION TO BIOTA IN MARINE AQUATIC. Power plants and industrial facilities can release potentially harmful chemicals, like boron through direct aqueous discharges or cycling of cooling water to aquatic ecosystems environmental at plant surrounding. Boron is an essential trace element for the growth of marine biota, but can be toxic in excessive amount. Therefore will adversely affect of growth, reproduction or survival. Toxicity to aquatic organism, including vertebrates, invertebrates and plants can vary depending on the organism's life stage and environment. It is recommended that the maximum concentration of total boron for the protection of marine aquatic life should not exceed 1,2 mg B/L. Early stages of life cycle are more sensitive to boron than later ones, and the use of reconstituted water shows higher toxicity in lower boron concentrations than natural waters.

^{*)} Staf Bidang Penerapan Sistem Energi - P2EN

I. PENDAHULUAN

Perairan laut merupakan kawasan yang akhir-akhir ini mendapat perhatian cukup besar dalam kebijaksanaan dan perencanaan pembangunan di Indonesia. Wilayah ini kaya dan memiliki beragam sumber daya alam yang telah dimanfaatkan sebagai sumber makanan utama, khususnya protein hewani[2]. Secara empiris wilayah pesisir merupakan tempat aktivitas ekonomi yang mencakup perikanan laut dan pesisir, transportasi dan pelabuhan, pertambangan, kawasan industri, agribisnis dan agroindustri, rekreasi dan pariwisata serta kawasan permukiman dan tempat pembuangan limbah.

Beragamnya aktifitas manusia di wilayah pesisir menyebabkan wilayah ini sangat rentan terkena dampak kegiatan manusia, yang akan menurunkan kualitas perairan, dengan bertambahnya limbah yang masuk ke badan air. Kualitas air sebagai penentu daya dukung potensi sumber daya hayati perairan sangat dipengaruhi oleh faktor daya tampung dari ekosistem perairan. Hubungan dinamik dari keseimbangan komposisi komponen hara, bahan organik dan biomassa (jasad) sangat penting bagi kemantapan ekosistem perairan. Hubungan kemantapan tersebut dapat terganggu bila terjadi masukan bahan bersifat racun, radioaktif ataupun energi panas. Pencemaran oleh bahan-bahan industri yang mengandung bahan berbahaya, misalnya pestisida, logam berat seperti merkuri (Hg), cadmium (Cd), plumbum (Pb) dan unsur anorganik non logam seperti boron (B) cenderung meningkatkan kasus keracunan dan gangguan masyarakat[3]

Mengingat di wilayah Semenanjung Muria telah dibangun PLTU Batubara dan tidak jauh dari lokasi tersebut juga akan direncanakan untuk lokasi tapak PLTN Muria, maka sangat bijaksana apabila sebelum pembangkit tersebut beroperasi dilakukan studi kelayakan untuk mengetahui dampak yang akan ditimbulkan. Dampak itu antara lain dapat disebabkan oleh buangan bekas air pendingin kondensor yang suhunya sering sangat tinggi dan dibuang ke perairan sekitar, sehingga akan menyebabkan *thermal shock* bagi biota laut yang terkena air panas. Selain itu, kemungkinan juga dilepaskan zat-zat kimia berbahaya, seperti terlepasnya boron kedalam badan air yang dapat mematikan sebagian besar biota dan tanaman bernilai ekonomis.

Oleh karena itu untuk mempelajari potensi kerusakan dan resiko yang disebabkan oleh pembangunan maupun pengoperasian suatu PLT perlu dilakukan studi awal tentang pengaruh boron lepasan PLT terhadap ekosistem perairan laut. Boron juga dapat dihasilkan dari pemakaian pestisida yang berlebihan dan masuk ke badan air.

Dalam sistem PLTN, sumber boron utama berasal dari bahan penyerap neutron yang diinjeksikan kedalam sistem pendingin. Apabila terjadi kebocoran air pendingin primer, asam borat (H_3BO_3) sebagai senyawa pembersih air pendingin primer (*water make-up*), juga memungkinkan terlepasnya Boron ke perairan laut bersamaan dengan

efluen hasil pengolahan limbah cair. Keberadaan boron di perairan sangat penting untuk diperhatikan, sebab dengan peningkatan konsentrasi boron dalam ekosistem laut akan menyebabkan pengaruh yang serius pada kehidupan biologis dan penambahan dosis dapat menyebabkan kematian, disamping juga berpengaruh terhadap kelimpahan dan keanekaragaman makhluk hidup/organisme laut yang sangat penting dalam hal keseimbangan ekosistem perairan. Dengan demikian, senyawa boron dapat digolongkan sebagai bahan pencemar (polutan).

Akumulasi polutan dalam tubuh biota laut yang terpusat pada organ tubuh yang berfungsi untuk reproduksi, sehingga akan berpengaruh terhadap perkembangan kehidupan biota laut terutama di dalam mengembangkan keturunannya. Seperti diketahui pada tahap awal daur hidup biota mempunyai mortalitas yang tinggi karena kepekaan terhadap predator, ketersediaan makanan, dan juga perubahan lingkungan yang terjadi di alam. Dengan terganggunya tahap-tahap awal dari kehidupan biota, maka hal ini memberi dampak negative bagi populasi biota tersebut.

Awal daur hidup biota, seperti ikan, menurut Effendie (1978) dan Matarase dkk. (1989), meliputi stadia telur dan perkembangannya, yaitu stadia larva dan juvenil (ikan muda). Ikan-ikan pada stadia telur dan larva dapat digolongkan sebagai plankton, dimana sebagian dari siklus hidupnya merupakan plankton sementara atau meroplankton (Odum, 1993). Menurut Mantiri (1995), ikan-ikan yang masih berada pada stadia telur dan larva digolongkan dan diistilahkan sebagai ichthyoplankton[1].

Berbagai studi telah dilakukan mengenai boron dan pengaruhnya terhadap organisme ekosistem laut, diantaranya adalah Kobayashi dkk. (1971), Stockner, J.G. (1973), Thompson dkk. (1976), Taylor dkk. (1985), Hamilton, S.J. dan K.J. Buhl (1990), dan lain-lainnya. Secara umum dijelaskan bahwa boron dapat menyebabkan mortalitas, menghambat pertumbuhan dan reproduksi organisme invertebrata, vertebrata, maupun alga laut[15].

Dalam rangka pengelolaan sumberdaya hayati perairan laut, pemahaman terhadap faktor-faktor pencemaran dan pengaruhnya terhadap biota laut merupakan suatu kebutuhan yang perlu dikaji. Konsentrasi Boron maksimum direkomendasikan untuk proteksi kehidupan ekosistem perairan laut adalah 1,2 mg B/L[15]. Dalam Surat Keputusan Gubernur Jawa Tengah No. 660.1/26/1990 tentang Baku Mutu Air di propinsi daerah tingkat I Jawa Tengah, unsur boron yaitu ditetapkan tidak melebihi 1 mg B/L untuk semua kelas dalam kriteria mutu air[5].

Bertolak dari uraian di atas, maka dipandang perlu untuk menguraikan tentang dampak pencemaran boron terhadap biota perairan laut. Penulisan ini kiranya bermanfaat dalam memberikan informasi tentang pencemaran laut, serta dampak dan upaya penanggulangannya, terutama bagi pengguna lingkungan laut, lembaga-lembaga yang bertanggung jawab terhadap pengelolaan lingkungan laut serta pengambil kebijakan dan berbagai pihak yang membutuhkannya. Selain itu, uraian ini merupakan salah satu upaya

dalam melakukan evaluasi terhadap kandungan boron di dalam perairan laut Ujung Lemahabang sebagai lokasi calon tapak PLTN pertama di Indonesia, dengan mendapatkan data rona awal kualitas perairan laut di daerah tersebut.

II. METODOLOGI

Metoda yang digunakan adalah studi literatur dari beberapa bahan literatur baik dari perpustakaan maupun internet dan informasi lain yang diperoleh. Makalah ini merupakan rangkuman dari berbagai tulisan yang telah dipublikasikan. Evaluasi dampak boron terhadap biota yang hidup di ekosistem perairan dilakukan dengan melakukan suatu kajian kepustakaan dari beberapa literatur penelitian yang sudah dilakukan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Boron adalah salah satu *trace element* yang merupakan unsur esensial yang diperlukan dalam pertumbuhan biota laut, tetapi akan bersifat toksis bila berlebihan, sehingga dapat berpengaruh terhadap pertumbuhan, reproduksi atau kelangsungan hidup. Toksisitas terhadap organisme akuatik, termasuk vertebrata, invertebrata, dan tumbuhan sangat berbeda-beda tergantung tahap hidup organisme tersebut dan lingkungannya. Tahap awal kehidupan biota lebih sensitif terhadap boron daripada tahap selanjutnya dan penggunaan air untuk proses operasi sistem yang berulang menunjukkan toksisitas yang lebih tinggi dari pada air alam.

Sumber dari terjadinya boron tersebut dapat berasal dari alam maupun dari hasil kegiatan manusia yang kita kenal sebagai sumber-sumber antropogenik, pada umumnya berasal antara lain dari adanya kegiatan rumah tangga, pertanian, ataupun industri, seperti industri listrik yang berbahan bakar uranium, batubara, minyak, ataupun gas.

Proses masuknya bahan pencemar ke dalam perairan laut dan kemudian dialirkan melalui tingkat-tingkat tropik yang terdapat pada lingkungan tersebut dipicu oleh tiga faktor yaitu:

1. Disebarkan melalui adukan/turbulensi, dan arus laut.
2. Dipekatkan melalui proses biologi dengan cara diserap oleh ikan, plankton nabati atau ganggang, dan melalui proses fisik dan kimiawi dengan cara absorpsi, pengendapan dan pertukaran ion. Bahan pencemar ini akhirnya akan mengendap di dasar laut,
3. Terbawa langsung oleh arus dan biota laut (ikan).

Sebagian bahan pencemar yang masuk ke dalam ekosistem laut dapat diencerkan dan disebarakan ke seluruh wilayah laut melalui adukan turbulensi dan arus laut. Untuk wilayah-wilayah laut yang luas dan terbuka dengan pola arus dan turbulensi yang aktif, bahan-bahan pencemar akan terurai dan terbuang ke perairan laut yang lebih

luas sehingga dapat meminimalkan konsentrasi akumulasinya dalam suatu badan perairan. Akan tetapi pada wilayah-wilayah laut yang sempit dan tertutup, bahan pencemar akan mudah sekali terakumulasi di dalam suatu badan perairan.

Sebagian lagi dari bahan pencemar tersebut akan terbawa oleh arus laut atau biota yang sementara melakukan migrasi/ruaya ke wilayah laut lainnya. Dan akan lebih menguntungkan apabila terbawa ke perairan laut terbuka. Sedangkan sebagian lagi yang tidak diencerkan dan disebarkan serta terbawa ke wilayah-wilayah laut yang luas dan terbuka, akan dipekatkan melalui proses biologi, fisik dan kimiawi, dimana dalam proses biologi, bahan pencemar biasanya diserap oleh organisme laut seperti ikan, fitoplankton maupun tumbuhan laut kemudian diserap lagi oleh plankton nabati kemudian akan berpindah ke tingkat-tingkat tropik selanjutnya seperti avertebrata dan zooplankton dan kemudian ke ikan dan mamalia. Sedangkan dalam proses fisik dan kimiawi, bahan pencemar akan diabsorpsi, diendapkan dan proses pertukaran ion.

Dengan terdapatnya berbagai jenis kegiatan industri beserta produknya, seperti PLT maka limbah yang terbentukpun akan bervariasi sesuai dengan jenis industri dan bahan baku yang digunakan. Boron (B) dan limbah panas merupakan jenis bahan pencemar di laut, selain dapat menurunkan kualitas dan produktivitas perairan laut, juga dapat menimbulkan keracunan, karena boron merupakan unsur semi logam berbahaya yang dapat menimbulkan penyakit pada manusia apabila terakumulasi pada organisme perairan yang dimakan manusia.

Instalasi pembangkit listrik pada dasarnya telah dibangun dan dioperasikan berdasarkan standar keselamatan terhadap pekerja, masyarakat dan lingkungan. Walaupun demikian tidak dapat dihindari, sejumlah kecil zat-zat kimia seperti boron terlepas ke lingkungan yang keluar bersamaan dengan limbah panas air pendingin yang dibuang kembali ke ekosistem perairan laut. Limbah-limbah tersebut pada mulanya diduga menyebabkan kematian atau kerusakan struktur komunitas ekosistem perairan laut. Adanya limbah bahan kimia boron akan menimbulkan stres yang berperan penting dalam kematian biota laut dan dapat dianggap sebagai predator selektif yang tidak saja mengurangi kelimpahan organisme hidup tetapi juga struktur komunitas dengan membunuh jenis-jenis tidak toleran atau bahkan kematian yang berada di dalam air atau pelimbahan.

Limbah PLT lainnya yang umumnya terbuang ke badan sungai dan dialirkan ke laut atau yang langsung terbuang ke laut akan terakumulasi. Dalam jumlah tertentu yang melebihi kapasitas daya asimilatif perairan, bahan pencemar ini akan menjadi lumpur (*sludge*) yang menimbulkan bau busuk. Kandungan kimia *sludge* dapat menurunkan DO dan BOD serta meningkatkan COD. Disamping itu *sludge* mengeluarkan pula bahan beracun berbahaya seperti sulfida, fenol, Cr (Heksavalen), boron yang dapat terakumulasi dalam organisme perairan tertentu dan secara tidak langsung merupakan

acaman bagi kehidupan manusia. Untuk itu limbah industri harus diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke laut melalui badan sungai.

Kontaminasi Boron di lingkungan ekosistem perairan merupakan masalah besar apabila tidak ada penanganan lebih lanjut. Persoalan spesifik pencemaran logam tersebut di lingkungan terutama karena akumulasinya sampai pada rantai makanan dan keberadaannya di alam, serta meningkatnya zat pencemar tersebut akan menyebabkan keracunan terhadap ekosistem perairan meningkat. Kadar boron yang tinggi pada perairan umumnya diakibatkan oleh buangan PLT, seperti PLTU Batubara ataupun PLTGas, juga dapat diakibatkan oleh adanya kegiatan industri seperti pabrik cat, kertas, ataupun akibat dari kegiatan alam seperti proses pelapukan batuan dan peletusan gunung berapi. Disamping juga disebabkan oleh akibat sampingan dari penggunaan senyawa boron di bidang pertanian dengan adanya penggunaan pupuk.

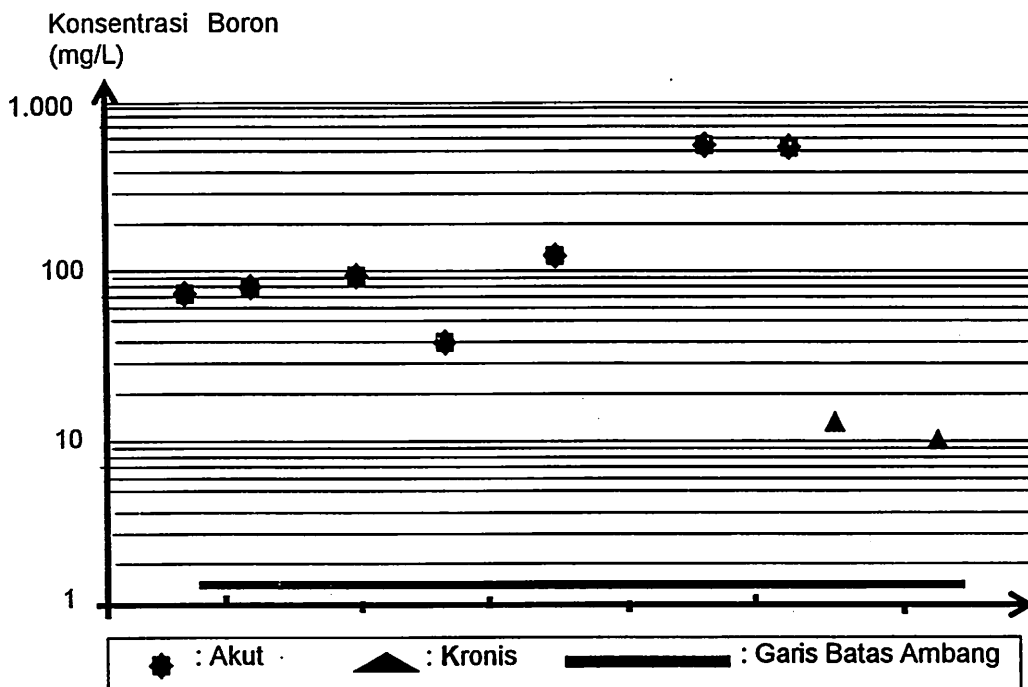
Pengaruh boron sebagai polutan terhadap kehidupan biota laut dapat bersifat langsung maupun tidak langsung, misalnya dengan melalui penurunan kualitas air. Adanya kemampuan mengakumulasi boron di dalam tubuh biota laut dapat membahayakan kehidupan biota yang bersangkutan maupun biota lainnya misalnya melalui rantai makanan atau *food chain*. Pengaruh langsung polutan terhadap biota biasa dinyatakan sebagai *lethal* (akut), yaitu akibat-akibat yang timbul pada waktu kurang dari 96 jam atau *sublethal* (kronis), yaitu akibat-akibat yang timbul pada waktu lebih dari 96 jam (empat hari). Sifat toksis yang *lethal* dan *sublethal* dapat menimbulkan efek genetik maupun teratogenik terhadap biota yang bersangkutan. Pengaruh *lethal* disebabkan gangguan pada saraf pusat sehingga ikan tidak bergerak atau bernafas akibatnya cepat mati. Pengaruh *sub lethal* terjadi pada organ-organ tubuh, menyebabkan kerusakan pada hati, mengurangi potensi untuk berkembangbiakan, pertumbuhan dan sebagainya[6]. Sungguhpun terdapat bermacam variasi dalam konsentrasinya untuk kematian biota, tetapi sebagian besar spesies umumnya sudah dipengaruhi pada konsentrasi boron rendah. Di dalam *Ambient Water Quality Guidelines for Boron*[15], diperoleh data toksisitas senyawa boron terhadap kehidupan biota laut yang disajikan pada Tabel 1. Perbedaan derajat toksisitas senyawa boron terhadap berbagai jenis biota laut dapat ditunjukkan oleh percobaan yang dilakukan oleh Kobayashi dkk. (1971), Stockner, J.G. (1973), Thompson dkk. (1976), Taylor dkk. (1985), Hamilton, S.J. dan K.J. Buhl (1990), dan lain-lainnya. Terhadap berbagai jenis ikan laut yang ternyata memeperlihatkan tingkat sensitifitas yang berbeda-beda dari masing-masing jenis ikan tersebut. Derajat toksisitas juga ada hubungannya dengan *respiratory flow* dari masing-masing organisme, yakni semakin tinggi *respiratory flow*, meningkat pula toksisitas dari unsur tersebut. Demikian pula secara tidak langsung kadar oksigen terlarut yang rendah mengharuskan ikan untuk lebih banyak memompa air melalui insangnya, dengan demikian *respiratory flow* meningkat, sehingga lebih banyak racun yang terserap masuk ke dalam tubuh melalui insang[2].

*Dampak Pencemaran Boron Terhadap Biota Ekosistem Perairan Laut
(Heni Susiati dkk)*

Tabel 1. Dampak Boron di Kehidupan Ekosistem Perairan Laut

Spesies	Tahap Kehidupan	Jenis data	Kimia	Sumber Air	pH	Oksigen Terlarut	Suhu (°C)	Salinitas (‰)	Konsentrasi (mg B/L)	Efek	Acuan	Kronik atau Akut?
Invertebrates												
<i>Anthocidaris crassispina</i> (Sea urchin)	Embryo								37 75	Normal development fatal conc.	Kobayashi (1971) in Butterwick, L. et al (1989)	K
<i>Eohaustorius washingtonianus</i>			boric acid	Sea-water	7.8	8.3	15+/-1	25	847.7	4d-LC ₅₀	MELP (unpubl)	K
Marine Phytoplankton			Sodium metabolate	Sea-water					>1 above backgmd >10 above backgmd	Production inhibited Negligible growth	Stockner, J.G. (1973)	K
Marine Phytoplankton (10 species)	Unialgal cultures		boric acid	Sea-water					30	Reduction in photosynthesis for 50% of species after 5 days	Subba Rao (1981) in Butterwick, L. et al (1989)	K
Marine Phytoplankton (19 species)	Axenic cultures		boric acid	Sea-water	7.6 - 8.0				50 10	Reduction in growth rate for 26% of species No effect on growth	Antia and Cheng (1975) in Butterwick, L. et al (1989)	K
Purple Sea Urchin			boric acid	Sea-water	7.7 - 8	8.6	15	27	503.3	EC ₅₀	MELP (unpubl)	K
Vertebrates												
<i>Limanda limanda</i> (Dab)			Sodium metabolate	Sea-water				34.8	88.3 75.7 74.0	24 hr LC ₅₀ 72 hr LC ₅₀ 96 hr LC ₅₀	Taylor et al (1985) in Butterwick, L. et al (1989) and Eisler (1990)	A
<i>Oncorhynchus kisutch</i> (Coho salmon)	Under yearlings, 1.8-3.8 g	Static renewal (daily)	Sodium metabolate	Sea-water			8	28	40.0	96 hr LC ₅₀	Thompson et al (1976) in Butterwick, L. et al (1989)	A
<i>Oncorhynchus kisutch</i> (Coho salmon)			boric acid	Sea-water	7.7		15+/-1	27	122.6	96 hr LC ₅₀	MELP (unpubl)	A
<i>Oncorhynchus kisutch</i> (Coho salmon)	Advanced fry (1.7 g mean weight)	Static acute toxicity	boric acid	Brackish water	7.7 - 9				>1000 600	24 hr LC ₅₀ 96 hr LC ₅₀	Hamilton, S.J. and K.J. Buhl (1990)	A
<i>Oncorhynchus kisutch</i> (Coho salmon)	Under yearlings, 1.8-3.8 g	Static renewal (daily)	Sodium metabolate	Sea-water			8	28	12.2	283 hr LC ₅₀	Thompson et al (1976) in Butterwick, L. et al (1989)	K
<i>Oncorhynchus nerka</i> (Sockeye salmon)		Exposure in seawater for 3 weeks		Sea-water					10	Maximum residues, in mg/kg FW, were 17 in bone, 12 in kidney, 10 in gill, 9 in liver, 8 in muscle	Thompson et al (1976) in Eisler (1990)	K
<i>Oncorhynchus tshawytscha</i> (Chinook salmon)	Advanced fry (1.6 g mean weight)	Static acute toxicity	boric acid	Brackish water	7.7 - 9				>1000 600	24 hr LC ₅₀ 96 hr LC ₅₀	Hamilton, S.J. and K.J. Buhl (1990)	A

Kobayasi (1971) di dalam Butterwick, L. dkk. (1989) mengemukakan bahwa kadar Boron sebesar 37 dan 75 mg/L dapat mengakibatkan kefatalan pada perkembangan normal embrio invertebrata jenis sea urchin. Sedangkan toksisitas boron terhadap hewan maupun tumbuhan yang ada dalam ekosistem laut disajikan pada Gambar 1 dan Gambar 2. Boron tersebut diduga berdampak terhadap abnormalitas dalam pertumbuhan dan reproduksi serta pengaruh sub-lethal terhadap biota tersebut. Sejauh ini di Indonesia masih relatif sedikit penelitian mengenai pengaruh boron terhadap biota perairan laut Indonesia.

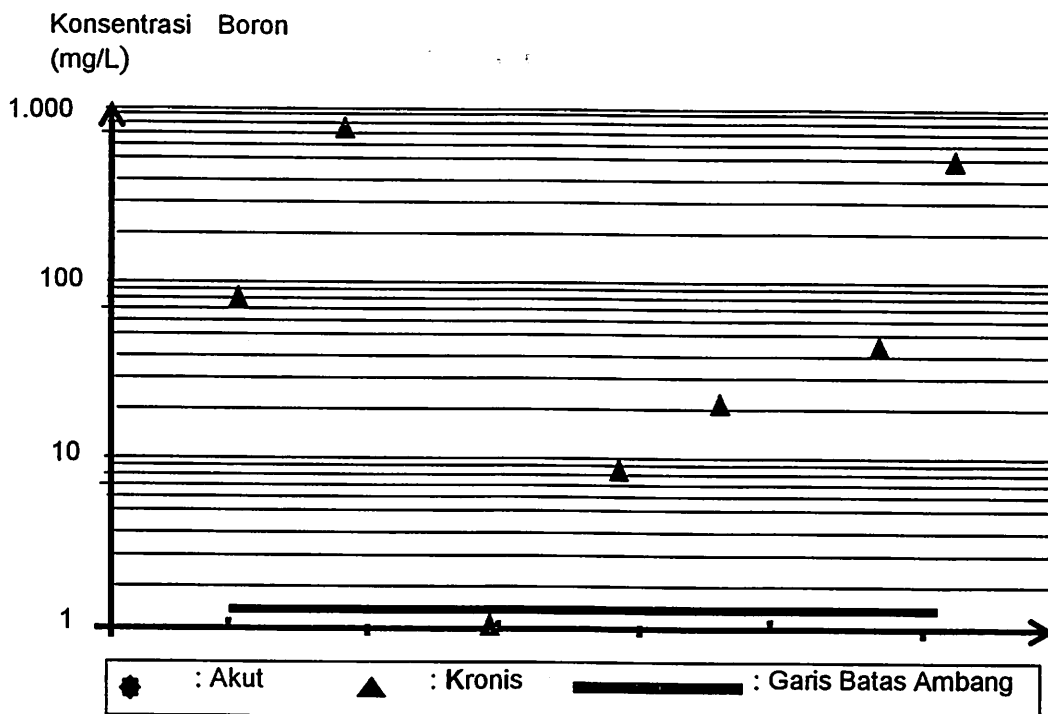


Gambar 1. Toksisitas Boron terhadap Sejumlah Vertebrata Laut

Sumber: Ambient Water Quality Guidelines for Boron

Mengacu Gambar 1, Taylor dan kawan-kawan (1985) telah mempelajari toksisitas boron terhadap ikan uji, dimana dalam penelitian tersebut diambil ikan spesies *Limanda limanda (Dab)* dan menemukan bahwa efek toksisitas boron pada konsentrasi 88,3 mg B/L telah mengakibatkan dampak terhadap ikan dengan waktu 24 jam mempunyai konsentrasi letal yang mematikan 50 % dari biota uji (LC_{50}). Thomson dkk. (1976) telah melakukan penelitian terhadap ikan dengan spesies *coho salmon (Oncorhynchus kisutch)* dan menemukan bahwa toksisitas boron telah berdampak pada ikan laut dengan konsentrasi 40 mg B/L dengan waktu 96 jam akan mematikan 50 % dari biota uji- LC_{50} dan waktu 283 jam- LC_{50} pada konsentrasi 12,2 mg/L. Hamilton dan Buhl (1990) menemukan dampak boron terhadap ikan laut dengan spesies *coho salmon* dan *chinook salmon (O. tshawytscha)* dengan konsentrasi lebih besar dari 1.000 mg B/L akan

berakibat pada waktu 24 jam - LC₅₀ dan berakibat 96 jam - LC₅₀ pada konsentrasi 600 mg/L. Sedangkan MELP (1996) menemukan dampak terhadap ikan jenis spesies *coho salmon* dengan akibat 96jam-LC₅₀ pada konsentrasi 122,6 mg/L.



Gambar 2. Toksisitas Boron terhadap Hewan Invertebrata Air Laut

Sumber: Ambient Water Quality Guidelines for Boron

Hasil penelitian sehubungan dengan dampak boron terhadap hewan invertebrata masih sangat terbatas. Gambar 2 menampilkan data hasil penelitian yang telah dilakukan. Kobayashi (1971) menemukan jenis invertebrata *sea urchin (Anthocidaris crassispina)* dengan konsentrasi boron sebesar 37 mg B/L masih berkembang normal, tetapi akan berdampak fatal pada konsentrasi 75 mg B/L. Thompson dkk. (1976) menemukan pada spesies *Pasific oysters (Anthocidaris crassispina)* cepat lambat setelah 8 hari terkontaminasi boron dengan konsentrasi 10mg B/L akan mengakibatkan peningkatan dampak. Sedangkan MELP (1996) menemukan dampak boron dengan konsentrasi sebesar 503,3 mg/L berakibat EC₅₀ terhadap purple *sea urchins (Strongylocentrus droebachiensis)*, sedangkan pada konsentrasi sebesar 847,7 mg/L berakibat LC₅₀ pada *sand dollars (Eohaustorius washingtonianus)*.

Penelitian dampak boron terhadap jenis Alga dan Makrophite yang dilakukan oleh Subba Rao (1981) menunjukkan bahwa dampak boron dengan konsentrasi sebesar 30 mg B/L terhadap 10 (sepuluh) spesies phytoplankton perairan laut akan menyebabkan pengurangan fotosintesis terhadap setengah dari jenis spesies yang ada setelah 5 (lima) hari terkontaminasi. Antia dan Cheng (1975) mendapatkan hasil bahwa toksisitas boron

dengan konsentrasi di bawah 10 mg B/L untuk 19 spesies alga di perairan laut belum menunjukkan adanya dampak, tetapi dengan konsentrasi antara 10 sampai dengan 50 mg B/L akan menyebabkan perubahan komposisi populasinya. Disamping itu juga ditemukan pengurangan laju pertumbuhan sampai 26 % dari 19 spesies phytoplankton laut (*axenic cultures*) apabila terkontaminasi boron dengan konsentrasi 50 mg B/L.

Daerah Ujung Lemahabang sebagai lokasi terpilih untuk rencana pembangunan PLTN I di Indonesia, juga telah dilakukan pengukuran terhadap unsur boron di ekosistem akuatik untuk mengetahui rona awal unsur boron di daerah tersebut, yaitu sebagai berikut:

Tabel 2. Hasil Analisis Unsur Boron di Perairan Ujung Lemahabang

Lokasi	Titik	Kandungan Boron (mg/L)
Air Permukaan	Lokasi I	2,57
	Lokasi II	5,08
Air Sungai	Lokasi I	2,35
	Lokasi II	1,24
Air Sumur	Lokasi I	4,25
	Lokasi II	5,33
Air Laut	Lokasi I	12,20
	Lokasi II	14,85
Keputusan Gubernur Jawa Tengah No.660.1/26/1990		1,00

Sumber: Topical Report on Land and Marine Use, 1996.

Mengacu hasil pengukuran boron yang dilakukan konsultan Newjec dalam Studi Tapak dan Studi Kelayakan (STSK) PLTN Pertama di Ujung Lemahabang, Jepara, didapatkan bahwa hasil analisis kandungan unsur boron baik di air permukaan, air sumur, maupun air laut menunjukkan hasil di atas batas ambang yang diijinkan, data hasil analisis kandungan boron dalam air dibandingkan dengan Baku Mutu Air untuk keperluan Biota (Golongan C) dan Rekreasi kecuali renang bagi Propinsi Jawa Tengah Nomor: 660.1/26/1990 menunjukkan hasil daerah perairan laut Ujung Lemahabang yang diambil sampelnya telah melebihi batas ambang yang diijinkan. Diantara perairan yang ada, perairan laut terlihat mempunyai kandungan boron yang lebih tinggi dibandingkan dengan air permukaan, air sungai, ataupun air sumur. Kandungan unsur boron air laut di lokasi II (14,85 mg/L) mempunyai kandungan boron lebih tinggi dibandingkan dengan lokasi I (12,20 mg/L), hal ini diduga unsur boron yang terdapat di lokasi II berasal dari

aktivitas manusia dari daratan yang masuk ke perairan laut melalui aliran sungai. Aktivitas manusia yang banyak menggunakan bahan yang mengandung boron diduga berasal dari pertanian yang banyak menggunakan pestisida untuk membasmi hama, khususnya jenis pupuk hara mikro maupun hara makro campuran, yaitu pupuk yang mempunyai kandungan hara utama N, P, dan K yang dilengkapi unsur-unsur hara mikro seperti Zn, B, Cu, Co, Mn, dan Mo yang dapat berbentuk padat dan cair. Masuknya unsur boron ke perairan yang disebabkan oleh limbah industri ataupun pertanian akan terakumulasi di perairan muara dan pantai, sehingga dimungkinkan lokasi II diperkirakan berdekatan dengan muara sungai sehingga pengaruh sumber limbah yang telah terakumulasi tersebut lebih besar. Sumber boron di daerah tersebut kemungkinan juga dapat berasal dari industri-industri furniture yang cukup besar di daerah tersebut, sehingga banyak memakai bahan untuk pengawet kayu dan pengecatan.

V. KESIMPULAN

Dari uraian mengenai dampak boron terhadap perairan laut dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Terdapatnya boron di lingkungan perairan laut disebabkan kegiatan perindustrian dan kegiatan alam. Boron meracuni kebanyakan biota bila konsentrasinya sedikit lebih besar dari jumlah yang dibutuhkan untuk pertumbuhan normal.
2. Keberadaan boron di perairan sangat penting untuk diperhatikan, sebab dengan peningkatan konsentrasi boron dalam ekosistem akuatik akan berpengaruh terhadap kelimpahan dan keanekaragaman makhluk hidup/organisme laut yang sangat penting dalam hal keseimbangan ekosistem perairan.
3. Pengaruh boron sebagai polutan terhadap kehidupan biota laut dapat bersifat langsung maupun tidak langsung, misalnya melalui penurunan kualitas air, dan melalui rantai makanan (food chain).
4. Pengaruh toksisitas boron terhadap ikan dapat bersifat lethal dan sublethal.
5. Kandungan unsur boron di perairan laut Ujung Lemahabang, Jepara dari hasil STSK PLTN Ujung Lemahabang (Newjec) menunjukkan bahwa di daerah perairan tersebut telah melebihi ambang batas yang diijinkan.

VI. DAFTAR PUSTAKA

1. ABDUL HAFIDZ OLII, Kajian Faktor Fisik yang mempengaruhi Distribusi Ichthoplankton (Awal Daur Hidup Ikan), Program Pasca Sarjana/S3, IPB, Oktober, 2003.
2. ACHMAD BUDIONO, Pengaruh Pencemaran Merkuri terhadap Biota Air, Makalah Pengantar Falsafah Sains (PPS702), program Pasca Sarjana/ S3, IPB, 2002.
3. Chemistry and the Aquarium
[Http://www.advancedaquarist.com/issues/dec2002/chem.htm](http://www.advancedaquarist.com/issues/dec2002/chem.htm).
4. Environmental Health Criteria 204 for Boron
<http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/enc204.htm>.
5. Gubernur Kepala Daerah Tingkat I Jawa Tengah, Surat Keputusan No.: 660.1/26/1990 tentang Baku Mutu Air di Propinsi Daerah Tingkat I Jawa Tengah, 1990.
6. http://rudycr.tripod.com/sem2_012/ardi.htm
7. HENNY PAGORAY, Kandungan Merkuri dan Kadmium sepanjang Kali Donan Kawasan Industri Cilacap, FRONTIR Nomor 33, Maret 2001.
8. JULI SOEMIRAT, Toksikologi Lingkungan, Gadjah Mada University Press, 2003.
9. NEWJEC Inc., Topical Report on Land and Marine Use, 1996.
10. MALIKUSWORO HUTOMO DAN OH. ARINARDI, Dampak Pembangkit Tenaga Listrik (Terutama Limbah Thermal) Terhadap Ekosistem Akuatik, Majalah Oseana, Volume XVII, Nomor 4, ISSN 0216.
11. Menteri Pertanian, Surat Keputusan No.: 238/Kpts/OT.210/4/2003.
12. OTTO, K., Marine Ecology, John Willey & Sons, New York, 1984.
13. Peraturan Pemerintah RI. No.82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, 2001.
14. Protocol for the Derivation of Canadian Tissue Residue Guidelines for the Protection of Wildlife that Consume Aquatic Biota.
http://www.ec.gc.ca/ceqg-rcqe/english/html/tissue_protocol.cfm.
15. S.A. MOSS, Ambient Water Guidelines for Boron, Water Protection Section, Ministry of Water, Land and Air Protection, 1981.
16. WHO and UNEP, Waste Discharge into Marine Environment, Pergamon Press, 1984.