



Analisis Imposeks pada Keong Macan (*Babylonia spirata spirata*) Sebagai Bioindikator Cemar Tributyltin di Pelabuhan Tanjung Mas Semarang

Retno Kusumastuti^{*)}, Widianingsih dan Ria Azizah Tri Nuraini

Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro
Kampus Tembalang, Semarang 50275 Telp/Fax. 024-7474698

Email: widia2506@yahoo.com

ABSTRAK

Pendekatan bioindikator untuk mengetahui adanya pencemaran Tributyltin (TBT) di Pelabuhan Tanjung Mas telah dilakukan melalui analisis imposeks pada keong macan (*B. spirata spirata*). Selama kurun waktu dari bulan April-Mei 2013, sebanyak 127 ekor keong macan telah dikumpulkan dari lokasi kajian. Hasil analisis terhadap karakteristik organ seksual jantan di betina keong macan mengindikasikan terjadinya fenomena imposeks di wilayah studi dengan frekuensi imposeks pada populasi keong macan betina di Pelabuhan Tanjung Mas Semarang mencapai 50,84% dimana ukuran *pseudopenis* pada betina imposeks (\pm 3-10 mm) dengan nilai *Relative Penis Size Index* sekitar 93,172% dengan *sex ratio* antara keong macan jantan dan betina adalah 1:3.

Kata Kunci: *Babylonia spirata spirata*; Imposeks; Tributyltin; Pelabuhan Tanjung Mas Semarang.

ABSTRACT

A biondicator approach in knowing the possible contamination of Tributyltin in the water of the Port of Tanjung Mas Semarang study has been carried out analysis imposex the tiger snail (*B. spirata spirata*). During April-Mei 2013, a total of 127 of the tiger snail were collected from study areas. Analysis on male sexual organs characteristics in female of the tiger snail indicated the extensive imposex phenomonom in study areas with frequency of imposex in population of the tiger snail in the Port of Tanjung Mas Semarang up to 50,84% where size of pseudopenis in female imposex of the tiger snail (\pm 3-10 mm) with a value of Relative Penis Size Index 93,172% with sex ratio between male of the tiger snail and female is 1:3.

Keywords: *Babylonia spirata spirata*; Imposex; Tributyltin; Port of Tanjung Mas Semarang.

^{*)}Penulis penanggung jawab

Pendahuluan

Lautan dikenal sebagai salah satu ekosistem yang paling besar, paling kompleks dan paling dinamis di dunia. Interaksi antara faktor fisik, kimia dan biologi yang terjadi di perairan berlangsung cepat dan terus menerus sehingga menentukan kondisi ekosistem yang ada di lingkungan perairan tersebut. Salah satu kelompok organisme penyusun ekosistem laut adalah bentos. Kelompok ini umumnya hidup di dasar perairan dengan melekatkan diri pada substrat dan struktur bangunan laut atau kapal dan/atau membenamkan diri di dalam sedimen (Eko, 2012). Menurut Brady *et. al* (2006), biofouling atau penempelan biota tersebut juga dapat mempercepat terjadinya korosi pada lunas kapal yang

dapat meningkatkan resiko kebocoran dan mengurangi usia pemakaian kapal.

Sejak akhir tahun 1950an di Eropa telah digunakan cat kapal yang diberi senyawa antifouling khusus yang dikenal dengan nama tributyltin untuk mencegah terjadinya kebocoran pada kapal akibat penempelan biota atau biofouling. Senyawa ini efektif mencegah dan memperlambat penempelan biota pengotor pada struktur kapal maupun struktur bangunan laut. Oleh karena itu, pemakaian tributyltin meluas hingga di berbagai negara. Pada tahun 1985, diperkirakan sebanyak 20 hingga 30 % dari armada kapal maupun perahu yang menggunakan cat antifouling yang mengandung senyawa tributyltin tersebut (Clark *et al.*, 1988).

Namun demikian, dampak buruk akibat peluruhan zat tersebut mulai terungkap. Berbagai jenis organisme laut seperti kerang, gastropoda dan ikan mulai terkena dampak dari peluruhan cat antifouling tersebut. Studi tentang monitoring pencemaran laut dan toksisitas oleh senyawa organotin, khususnya tributyltin telah menjadi perhatian luas khususnya di banyak negara maju dimana tributyltin bertanggung jawab pada gangguan sistem endokrin di sejumlah siput laut betina yang mengakibatkan pada perkembangan karakteristik organ kelamin jantan dan tributyltin juga menyebabkan gangguan sistem imun pada organisme dan kerang laut yang membentuk perubahan formasi (anomali) cangkang setelah pelepasan tributyltin pada level yang begitu rendah (Sudaryanto, 2001).

Pada pertengahan tahun 1980an (Evans *et al.*, 1995a), salah satu indikasi pencemaran tributyltin yang fenomenal dan spesifik adalah gejala imposeks pada gastropoda, yaitu berupa munculnya organ seksual jantan (penis dan/atau *vas deferens*) pada betina akibat terganggunya sistem hormonal (Gibbs and Bryan, 1986; Bryan *et al.*, 1987; Gibbs *et al.*, 1987; Oehlmann *et al.*, 2007). Dalam skala populasi, menggejalanya imposeks pada berbagai gastropoda dapat mengakibatkan penurunan kelimpahan spesies dari gastropoda secara drastis (Bryan *et al.*, 1986).

Studi imposeks ini dilakukan di daerah Pelabuhan Tanjung Mas Semarang karena kawasan Pelabuhan tersebut merupakan kawasan penting untuk mendukung sektor transportasi, perekonomian dan perdagangan di wilayah studi, dimana keberadaan Pelabuhan tersebut diikuti oleh beberapa aktivitas pelabuhan seperti pengerukan pasir bawah laut, keluar-masuk kapal besar maupun kecil dan lain sebagainya termasuk kegiatan di dalamnya seperti tempat bersandar kapal, docking kapal yang biasa digunakan untuk pengecatan badan kapal (Anonim, 2013).

Berdasarkan latar belakang ini, tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui fenomena imposeks pada gastropoda *Babylonia spirata spirata* di Pelabuhan Tanjung Mas Semarang sebagai bioindikator terjadinya cemaran tributyltin

di wilayah yang memiliki aktivitas perkapalan.

Materi dan Metode

Analisis Kualitas Air Laut

Kualitas air laut di perairan Pelabuhan Tanjung Mas Semarang diukur dengan menggunakan alat-alat seperti DO meter, pH meter, termometer dan refraktometer. Data kualitas air laut di lokasi penelitian selanjutnya akan dibandingkan dengan baku mutu air laut yang diatur dalam Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Laut untuk biota laut.

Analisis Imposeks pada Keong Macan

a. Preparasi Sampel

Sampel keong macan yang telah dikumpulkan di laboratorium, kemudian diukur panjang cangkangnya dengan menggunakan kaliper (jangka sorong) yang memiliki ketelitian 0,1mm.

Cangkang keong macan dipecahkan menggunakan martil secara hati-hati untuk diamati imposeks yang terjadi pada tubuhnya. Kemudian tubuhnya dikeluarkan dari cangkang menggunakan pinset. Sampel berupa tubuh siput disimpan di dalam *freezer* agar pada saat penentuan imposeks masih dalam keadaan baik dan siap untuk diamati.

b. Pengamatan Imposeks pada Keong Macan

Pengamatan imposeks pada keong macan dilakukan menggunakan mikroskop, jenis kelamin betina dapat ditentukan berdasarkan keberadaan *capsule gland* (cg) yang berwarna krem ataupun putih, *albumen gland* (ag) yang berwarna coklat tua atau hitam, *sperm ingesting gland* (sig) yang berwarna putih dan *ovary* yang berwarna kuning muda. Sedangkan jenis kelamin jantan dapat dipastikan berdasarkan keberadaan *prostate gland* (pg) yang berwarna kuning atau orange kecoklatan dan testis yang

berwarna kuning tua atau orange. Pada jantan dapat ditemui *seminalis vesicle* (sv) berupa saluran menyerupai tabung berkelok yang berwarna putih (Tan, 1997).

Individu yang mengalami imposeks dari betina, dapat disimpulkan memiliki *pseudopenis* dan atau *vas deferens* (Widianwari, 2010). Sedangkan individu yang mengalami imposeks dari jantan dapat disimpulkan melalui prostate gland mereka yang kecil dan penambahan besar penis pada *seminalis vesicle* (Yusuff *et al.*, 2011).

Relative Penis Size Index (RPSI) digunakan untuk setiap populasi yang didefinisikan sebagai sebagian besar rata-rata penis betina yang dinyatakan sebagai persentase dari sebagian besar rata-rata penis jantan (Blackmore, 1999).

Penentuan imposeks dapat ditentukan dengan menghitung *Relative Penis Size Index* (RPSI) berdasarkan cara yang dilakukan oleh Bryan *et al.* (1987) dan Tan (1997) tersebut dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$RPSI = \frac{[(\text{rerata panjang pseudopenis betina})^3]}{(\text{rerata panjang penis jantan})^3} \times 100\%$$

Sedangkan rerata panjang *pseudopenis* merupakan total panjang *pseudopenis* (mm) dibagi jumlah pengukuran (Widianwari, 2010).

c. Analisis Data Sampel

Berdasarkan kompilasi seluruh data jumlah jantan, betina normal maupun betina imposeks ditentukan nisbah kelamin jantan terhadap betina dan frekuensi kejadian imposeks yang identik dengan proporsi jumlah betina dalam persen (Fi).

Data diolah dengan bantuan program *excel* untuk menganalisis data panjang cangkang dengan mempertimbangkan faktor jenis kelamin. Selanjutnya cara yang

sama juga dilakukan terhadap data jumlah jantan dan betina.

Sedangkan untuk menguji signifikansi variasi imposeks diterapkan analisis dengan analisis *chi square* dan dibantu dengan program *excel*. *Chi square* adalah metode yang digunakan untuk menguji hubungan atau pengaruh dua buah variabel nominal dan mengukur kuatnya hubungan antara variabel yang satu dengan variabel nominal lainnya (Fowler, 1998).

Hasil dan Pembahasan

Hasil Penelitian

Deskriptif Kondisi Lapangan

Pelabuhan Tanjung Mas yang berada di Semarang merupakan pelabuhan tersibuk yang berada di Jawa Tengah. Pelabuhan tersebut merupakan pelabuhan yang memiliki luas area sekitar 500 ha dengan ukuran pelabuhan sekitar 400 ha (Anonim, 2013).

Berdasarkan pengamatan secara langsung, Pelabuhan Tanjung Mas tersebut memiliki kegiatan yang cukup banyak dan besar antara lain terdapatnya pengerukan pasir bawah laut, jalur masuk-keluarnya kapal-kapal besar ataupun kapal-kapal kecil, bongkar muat peti kemas yang berasal dari kapal besar, aktivitas nelayan dan warga sekitar serta bersandarnya dan pengecatan pada kapal-kapal yang sudah rusak ataupun tidak serta masih banyak lagi kegiatan yang terdapat di Pelabuhan Tanjung Mas.

Banyaknya kegiatan yang ada di Pelabuhan tersebut menyebabkan rusaknya ekosistem yang berada di wilayah tersebut. Salah satu dampak yang ditimbulkan adalah terjadinya fenomena imposeks pada gastropoda yang diakibatkan pada kegiatan pengecatan badan kapal dengan cat antifouling yang mengandung senyawa tributyltin (Bryan *et al.*, 1986).

Kualitas Perairan

Berdasarkan pengukuran parameter fisika kimia perairan di lokasi penelitian (insitu) rata-rata kadar oksigen terlarut, pH, suhu dan salinitas sebagai berikut :

Tabel 1. Nilai Rerata Lapangan untuk kadar oksigen, suhu, pH dan salinitas di Pelabuhan Tanjung Mas Semarang

No	Keterangan	Nilai Rerata ± SD
1	Kadar Oksigen Terlarut	3,16 ± 0,14 mg/l
2	pH	7,98 ± 0,14
3	Suhu	32 ± 1,52°C
4	Salinitas	25,6 ± 0,23 ‰

Kondisi Biota Keong Macan (*Babylonia spirata spirata*)

Berdasarkan hasil penelitian, terlihat banyaknya gastropoda yang mengalami imposeks, dari 127 individu *B. spirata spirata* yang diambil di Pelabuhan Tanjung Mas Semarang, terdiri dari 9 jantan, 58 betina normal dan 60 betina yang terbukti imposeks.

a. Perbandingan Antara Keong Betina Imposeks dan Keong Betina Normal *Babylonia spirata spirata*

Rasio panjang cangkang antara betina imposeks dengan betina normal menunjukkan terjadinya perbedaan yang signifikan (Tabel 2).

b. Perbandingan Jumlah dan Rata-Rata Panjang Cangkang Keong Betina Imposeks dan

Keong Jantan *Babylonia spirata spirata*

Rata-rata panjang cangkang keong jantan dan betina (Tabel 3) menunjukkan perbedaan yang relatif kecil, tidak terdapat perbedaan yang nyata ($P > 0,05$).

c. Perbandingan Rata-Rata Panjang Penis, Frekuensi Imposeks dan RPSI Keong Jantan dan Keong Betina Imposeks *Babylonia spirata spirata*

Hasil rata-rata panjang penis jantan dan betina *B. spirata spirata* yang ditunjukkan pada Tabel 4 adalah $4,75 \pm 0,886$ mm dan $4,639 \pm 1,304$ mm.

Tabel 2. Deskripsi statistik rata-rata panjang cangkang (mm ± SD), jumlah yang di dapat pada spesies *B. spirata spirata* betina imposeks dan betina normal di Pelabuhan Tanjung Mas Semarang

Jenis Betina	Spesies yang di dapat	Rata-rata panjang cangkang ± SD	Bi : Bn
Betina Imposeks	60	40,783 ± 5,082	1,03
Betina Normal	58	41,137 ± 6,342	

Tabel 3. Deskripsi statistik rata-rata panjang cangkang (mm ± SD) spesies *B. spirata spirata* pada analisis imposeks di Pelabuhan Tanjung Mas Semarang

Jenis Kelamin	Specimen yang di dapat	Rata-rata panjang cangkang ± SD
Male	9	42,333 ± 3,5
Female	60	40,783 ± 5,082

Tabel 4. Perbandingan nisbah kelamin, Frekuensi imposeks (Fi %), Rerata panjang penis pada jantan dan *pseudopenis* pada betina (mm ± SD) serta RPSI di Pelabuhan Tanjung Mas Semarang

Jenis Kelamin	Frekuensi Imposeks %	Panjang penis ± SD	Jantan : Betina	RPSI %
Male	50,84%	4,75 ± 0,886	0,15	93,172 %
Female		4,639 ± 1,304		

Pembahasan

Berdasarkan hasil studi ini menunjukkan bahwa kasus perubahan kelamin (imposeks) pada populasi keong macan betina di Pelabuhan Tanjung Mas Semarang mencapai 50,84% dengan perubahan

morfologi munculnya pseudopenis betina keong macan yang terkena imposeks dengan nisbah kelamin secara signifikan pada betina ($X^2 0,876$; $P > 0,05$). Nilai ini relatif lebih kecil dibandingkan dengan yang ditemukan Afsar *et al.* (2012) pada populasi keong macan yang juga menderita imposeks di Laut Utara Arab Pakistan yang mempunyai nilai F_i mencapai 73,7% dengan nisbah kelamin ($X^2 0,45$; $P > 0,05$).

Kualitas Perairan

Hasil yang didapat pada perairan Pelabuhan Tanjung Mas Semarang seperti kadar oksigen terlarut, pH, salinitas dan suhu memperlihatkan hasil yang cukup baik bagi organisme yang hidup di perairan tersebut, khususnya organisme gastropoda.

Kadar oksigen terlarut di perairan pelabuhan tanjung mas sebesar 3,16 mg/l. Hal tersebut menunjukkan nilai kadar oksigen terlarut yang sangat rendah dimana menurut

Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Laut untuk biota laut, batas dari kadar oksigen terlarut sebesar >5 mg/l. Hal tersebut dikarenakan banyaknya senyawa dan limbah yang masuk ke dalam perairan Pelabuhan Tanjung Mas (Stefany, 2012).

Nilai yang tertera pada pH meter menunjukkan nilai sebesar 7,98, nilai tersebut mempengaruhi jumlah derajat keasaman yang ada di perairan tersebut. pH mempengaruhi toksisitas suatu senyawa kimia. Pada suasana alkalis tinggi (pH tinggi) lebih banyak ditemukan amonia yang tak terionisasi dan bersifat toksik. Amonia yang tak terionisasi tersebut lebih mudah terserap ke dalam tubuh organisme akuatik (Effendi, 2003). Nilai pH tersebut masih di batasan baku mutu yaitu berkisar antara 7–8,5.

Suhu yang berada di perairan Pelabuhan Tanjung Mas mempunyai suhu sebesar 32°C dimana menurut baku mutu tidak ada batas sesuai dengan alat yang digunakan dan dalam keadaan normal suatu lingkungan dan bervariasi setiap saat (pagi, siang, malam), tetapi menurut Astuti (1990), suhu tersebut cukup tinggi untuk kehidupan gastropoda di perairan yang berkisar antara $25\text{--}31^\circ\text{C}$. Kondisi tersebut sangat mempengaruhi ekosistem gastropoda dalam pertumbuhan dan habitat gastropoda itu sendiri. Peningkatan suhu mengakibatkan peningkatan reaksi kimia (Effendi, 2003). Peningkatan suhu juga menyebabkan penurunan kelarutan gas dalam air, misalnya oksigen, karbondioksida dan lain sebagainya. (Effendi, 2003).

Salinitas di lokasi kajian didapatkan nilai sebesar 25,6‰. Nilai tersebut menunjukkan jumlah kadar atau kandungan garam yang alami yaitu kondisi normal suatu lingkungan dan bervariasi setiap saat (pagi, siang, malam) dan diperbolehkan terjadi perubahan sampai dengan $<10\%$ kedalaman euphotic menurut baku mutu. Salinitas tersebut sangat berpengaruh pada berbagai ion terlarut yang masuk kedalam perairan tersebut, seperti natrium, kalium, kalsium dan lainnya (Effendi, 2003).

Kondisi Biota Keong Macan (*Babylonia spirata spirata*)

Hasil penelitian ini terlihat perbedaan jumlah yang di dapat yang tidak terlalu signifikan pada keong macan betina normal dan betina imposeks. Perbandingan jumlah yang didapatkan sebesar 1,03 dengan perbandingan panjang cangkang pada betina normal sebesar $41,137 \pm 6,342$ dan betina imposeks sebesar $40,783 \pm 5,082$.

Perbandingan rata-rata panjang cangkang antara keong jantan dan betina imposeks memperlihatkan hasil yang relatif tidak beda jauh yaitu $42,333 \pm 3,5$ pada keong jantan dan $40,783 \pm 5,082$ pada keong betina dimana ($P > 0,05$). Tabel 8 menyiratkan bahwa ukuran spesies yang diperoleh dari

wilayah studi lebih kecil dari spesies yang diperoleh Afsar *et al.* (2012) di Pakistan yang panjang rata-rata jantan berkisar $47,0 \pm 6,2$ mm dan betina berkisar $48,7 \pm 8,6$ dan lebih besar dari spesies yang diperoleh oleh Bech (2002) di Thailand.

Hasil analisis nisbah kelamin, frekuensi imposeks serta ukuran panjang penis pada keong jantan dan keong betina imposeks memperlihatkan bahwa wilayah tersebut mempunyai nilai *Fi* yang mencapai 50,84 %. Nilai tersebut memperlihatkan bahwa frekuensi imposeks di Pelabuhan Tanjung Mas Semarang memiliki nilai yang secara signifikan lebih rendah dari Teluk Jakarta di Muara Baru sebesar 92,3 % (Widianwari, 2010). Presentasi kejadian imposeks pada *B. spirata spirata* di Pelabuhan Tanjung Mas Semarang ini masih jauh lebih rendah dari temuan Afsar *et al.* (2012) pada populasi *B. spirata spirata* di Pakistan yang mencapai 73,7 % maupun Evans *et al.* (1995) pada populasi *Thais kieneri* di Ambon yang mencapai 63,2 %. Walau secara umum diketahui perbedaan ukuran keong memiliki sensitivitas yang berbeda terhadap kadar pencemaran tributyltin (Bech, 1999 and 2001).

Analisis *chi square* menemukan adanya perbedaan pada nisbah kelamin jantan terhadap betina ($P > 0,05$). Rasio keong betina selalu lebih besar dibandingkan rasio keong jantan. Rasio kelamin jantan dan betina pada saat pengamatan adalah 1:3. Hasil rasio kelamin diduga dipengaruhi oleh perbedaan kecepatan pertumbuhan antara keong jantan dan betina yaitu pertumbuhan rata-rata keong betina lebih cepat dibandingkan pertumbuhan rata-rata jantan pada ukuran diatas 25 mm (Martanti, 2001). Dari nisbah kelamin di Pelabuhan Tanjung Mas Semarang diduga memberikan gambaran adanya proporsi jumlah populasi jantan yang terlihat lebih sedikit 0,15 dari jumlah betina. Hal ini berbeda dengan yang terdapat di Teluk Jakarta, dimana proporsi jumlah jantan lebih besar 0,71 dari jumlah betina (Widianwari, 2010). Banyaknya populasi betina yang ditemukan dibandingkan dengan jantan yang terkena imposeks,

kemungkinan memperlihatkan tingkat kontaminasi tributyltin yang masuk ke dalam jaringan tubuh betina lebih banyak dibanding jantan. Ketika fenomena imposeks menjadi besar karena terkontaminasinya tributyltin ke dalam jaringan tubuh gastropoda betina, otomatis genital pore yang terdapat di tubuh betina akan tertutup untuk melepaskan telur (Bryan *et al.*, 1986; Mensink *et al.*, 1996; Davies *et al.*, 1997). Telur-telur yang gugur didalamnya menyebabkan kematian dan tanpa adanya reproduksi menyebabkan turunnya populasi keong dan mengancam populasi dari keong macan.

Ukuran rerata pseudopenis pada betina imposeks dari perairan Pelabuhan Tanjung Mas Semarang berkisar $4,639 \pm 1,304$ mm, memiliki ukuran lebih besar dengan pseudopenis betina dari Teluk Jakarta ($1,33 \pm 0,60$ mm; Widianwari, 2010) dengan ukuran panjang *pseudopenis* berukuran $\pm 3-10$ mm, temuan ukuran *pseudopenis* tersebut lebih kecil dibandingkan dengan rerata penis pada jantan yang berkisar $4,75 \pm 0,886$ mm. Pada umumnya ukuran rerata *pseudopenis* dari sampel yang dikumpulkan dalam studi ini berbentuk tonjolan kecil dibelakang tentakel sebelah kanan dan sulit untuk ditentukan ukurannya secara tepat. Nilai RPSI yang berkisar 93,172 % hasil tersebut cukup tinggi dibanding nilai RPSI yang diperoleh Widianwari (2010) di Teluk Jakarta yang berkisar 0,8 % dan yang diperoleh oleh Afsar *et al.* (2012) di Pakistan yang berkisar 0,3 %. Nilai RPSI yang diperoleh di Pelabuhan Tanjung Mas Semarang mungkin menyiratkan gambaran mengenai tingkat keparahan imposeks yang ada di Pelabuhan tersebut.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa fenomena imposeks sudah menyebar cukup tinggi di wilayah studi dengan frekuensi imposeks mencapai 50,84 %. Spesies-spesies betina yang terkena imposeks yang memiliki panjang *pseudopenis* berukuran ($\pm 3-10$ mm) dengan nilai *Relative Penis Size Index* (RPSI) sekitar 93.172 %.



Berdasarkan hasil penelitian didapatkan hasil rasio keong betina lebih besar dibandingkan rasio keong jantan. Rasio kelamin jantan dan betina pada saat pengamatan adalah 1:3 dimana betina yang mengalami imposeks diidentifikasi mempunyai *pseudopenis* berupa tonjolan yang terdapat di atas tentakel sebelah kanan.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih disampaikan kepada Pimpinan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Diponegoro yang telah memberikan izin penelitian ini hingga akhir. Dosen beserta seluruh staff dan karyawan Jurusan Ilmu Kelautan dan FPIK Universitas Diponegoro.

Daftar Pustaka

- Anonim. 2012. https://www.google.co.id/imghp/Cat_antifouling. Diakses pada tanggal 13 September 2012 pada pukul 14.40 wib
- _____. 2012. <http://en.wikipedia.org/wiki/Imposex>. Diakses pada tanggal 13 September 2012 pada pukul 13.20 wib.
- _____. 2012. <http://en.wikipedia.org/wiki/Tributyltin>. Diakses pada tanggal 13 September 2012 pada pukul 14.00 wib.
- _____. 2013. <http://en.wikipedia.org/wiki/Pelabuhan/Tanjung/Mas/Semarang>. Diakses pada tanggal 22 Mei 2013 pada pukul 14.00 wib.
- Afsar, N., G. Siddiqui, and Z. Ayub. 2012. Imposex in *Babylonia spirata* (Gastropoda: Babyloniidae) from Pakistan (Northern Arabian Sea). *Indian Journal of Geo-Marine Sciences*. Vol. 41(5): 418-424.
- Alzieu, C. 1998. Tributyltin: Case Study of a Chronic Contamination in the Coastal Environment. *Ocean and Coastal Management*. Elsevier. 40: 23-36.
- Astuti. 1990. Keanekaragaman Benthos Sebagai Bioindikator Pencemaran Logam Pb, Hg, dan Cd di Pantai Utara Jawa Tengah. Program Studi Biologi Fakultas MIPA. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Bech, M. 1999. Increasing Levels of Tributyltin (TBT) Induced Imposex in Muricid Gastropods at Phuket Island, Thailand. *Journal of Applied Organometallic Chemistry*, 13 : 799-804.
- Bech, M. 2002. Imposex and Tributyltin Contamination As a Consequence of The Establishment of a Marina and Increasing Yachting Activities at Phuket Island, Thailand. *Environmental International*, 117: 421-429.
- Blackmore, G. 1999. Imposex in *Thais clavigera* (Neogastropoda) as an indicator of TBT (Tributyltin) Bioavailability in Coastal Waters of Hongkong. *Journal of the Malacological Society of London*, 66: 1-8.
- Brady, N. C. 1990. *The Nature and Properties of Soils*. 10 edition. Macmylian Publishing Co. New York.
- _____, Bruce. 2006. Imposex Frequency. Marine and Freshwater Resources Institute (MAFRI), Victoria.
- Brusca, R. C. 2002. *The Invertebrates* 2nd Edition. Chapter 20 Mollusca. John Willey dan Sons. New York. USA. 890 p + XXIV.
- Clark, E. A., R. M. Sterritt, and J. N. Lester. 1988. The Fate of Tributyltin in the Aquatic Environment. *Environmental Science and Tehcnology*. 22:600-604.
- Davies, I. M., M. J. C. Harding, S. K. Bailey, A. M. Shanks, and R. Lange. 1997. Sublethal Effects of Tributyltin Oxide on the dogwhelk *Nucella lapillus*. *Marine Ecology Progress Series*, 158: 191-204.
- Dharma, Bunjamin. 2005. *Receny and Fossil Indonesian Shell*. Jakarta; Indonesia.
- Dobson, S. dan Cabridance, R. 1990. Tributyltin Compounds. *Environment Healt Criteria* 116. International Programme on Chemical Safety (IPCS). UNDP-ILO-WHO. 179 pages.
- Edward dan F. Ahmad. 2003. Pemantuan Kadar Polutan Tributyltin (TBT) Dalam Air Laut dan Sedimen Di



- Perairan Teluk Jakarta. Balai Binamika Laut P2O – LIPI Jakarta.
- Effendi, H. 2003. Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya Lingkungan Perairan. Kanisius. Yogyakarta. 258 hlm.
- Environmental Protecting Agency (EPA). 2002. Ambient Aquatic Life Water Quality Criteria for Tributyltin (TBT)-Draft. EPA-822-B-02-001.
- Eko Efendi. 2012. <http://www.docstoc.com/docs/10958246/efek-bioakumulasi-tbt-thd-makrozoobentos>. Efek Bioakumulasi TBT terhadap Makrozoobentos. Diakses pada tanggal 13 September 2012 pada pukul 15.00 wib.
- Evans, S. M., M. Dawson, J. Day, C. L. J. Frid, M. E. Gill, L. A. Pattisina, and J. Porter. 1995. Domestic Wastle and TBT Pollution in Coastal Areas of Ambon Island (Eastern Indonesia). *Marine Pollution Bulletin*. 30: 109-115.
- Fent, K. 1996. Ecotoxicology of Organotin Compounds. *Critical Review and Toxicology*. 26:1-117.
- Flower, J., L. Cohen, P. Jarvis. 1998. *Practical Statistics for Field Biology*. Second Edition. England.
- Ghiselin. M. T. 2005. *Anatomy of Gastropods*. Microsoft® Encarta® 2006. © 1993 – 2005 Microsoft Corporation. All rights reserved.
- Gibbs, P. E. and G. W. Bryan. 1986. Reproductive Failure in Populations of the dog-whelk, *Nucella lapillus* Caused by Imposed Induced by Tributyltin from Antifouling Paints. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 66: 767 – 777.
- _____, Burt, G. R. and Hummerstone L. G. 1987. The Effects of Tributyltin (TBT) Contamination on Adult dog-whelks, *Nucella lapillus* : Long Term Field and Laboratory Experiments. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 67: 525 – 544.
- _____, P. L. Pascoe, and G. R. Burt. 1987. The Use of the dog-whelk, *Nucella lapillus*, As an Indicator of Tributyltin (TBT) Contamination. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 67: 507 – 523.
- Hagger, J. A., Michael H. D., J. Oehlmann, S. Jobling, and Tamaran S. G. 2006. Is There a Casual Association between Genotoxicity and the Imposed Effect. *Monograph. Journal of Environmental Health Perspectives*. Volume : 114 (Supplement 1 : 20 – 26) April 2006.
- Hawkes, H. A. 1978. *Invertebrata as Indicator of River Water Quality in A. James and L. Evisions (1978)*. *Biological of Water Quality*. John Willey and Sons. New York.
- Hindras D.B.D. 2001. *Studi Biofometrik dan Pertumbuhan Keong Macan (Babylonia spirata) di Teluk Pelabuhan Ratu*. Fakultas Perikanan dan Ilmu kelautan, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Holmes, N. A. And McIntyre, A. D. (*eds.). 1984. *Methods for Study of Marine Benthos*. Blackwell Scientific Publications. London. 41 – 65 Pp.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004 Tentang Baku Mutu Air Laut Untuk Biota Laut.
- Linnaeus, 1758. *Babylonia spirata*. <http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=456742>. Retrieved through: World Register of Marine Species on 17 December 2010.
- Maesaroh, E. 2002. *Studi Morfologi Dan Anatomi Keong Macan Babylonia spirata spirata (Linnaeus, 1758)*. Fakultas Perikanan dan Ilmu kelautan, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Marcillo, Y and C. Porte. 1998. Monitoring of Organotin Compounds and Their Effect in Marine Molluscs. *Trends in Analytical Chemistry*. 17:109-116.
- Mierelles, C. A. O. Italo B. Castro dan J. C. L. Pinheiro. 2007. A First Record of *Biphallia* in Imposed Female of *Leucozonia nassa*



- (Caenogastropoda: Fasciolaridae). Published on-line: July 2nd, 2007. Journal of the Marine Biological Association (JMBA 2) of the United Kingdom.
- Nazir. 2005. Metode Penelitian. Ghalia Indonesia. Jakarta.
- Nybakken, J. W. 1992. Biologi Laut, Suatu pendekatan Ekologis. PT. Gramedia Pustaka. Jakarta. 459 hlm.
- Oehlmann, J. B. Bauer, D. Minchin, U. Schulte – Oehlmann, P. Fioroni, & B. Markert. 1998. Imposex in *Nucella lapillus* and Intersex in *Littorina littorea*: Interspecific Comparison of Two TBT – Induced Effects and Their Geographical Uniformity. *Hydrobiologia*, 378: 199 – 213.
- Rangan, J. K. 1996. Struktur dan Tipologi Komunitas Gastropoda pada Zona Hutan Mangrove Perairan Hulu, Kab. Minahasa, Sulawesi Utara. Thesis. Program Pasca Sarjana. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Reynold, S. C. 1971. A Manual of Introductor Soil Science and Sample Soil Analisa Methods. North Pacific Comission. 147 hlm.
- Sudaryanto, A. 2001. Contamination by Butyltin Compounds in Mussels, Fishes and Sediments from Coastal Waters of Asian Developing Countries. Master Thesis. Ehime University. Japan.
- _____. 2001. Pencemaran Laut Oleh Senyawa Organotin. *Jurnal Teknologi Lingkungan* Volume 2 No. 3 September: 241 – 246.
- _____, Muswerry, M., Hamidah, R., dan Shinsuke, T. 2001. Pencemaran Senyawa Butyltin Di Sedimen dari Perairan Indonesia. *Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia* Volume 3 No. 5 Agustus: 64 – 69.
- Stefany M. M. 2012. Profil Sebaran Konsentrasi Logam Berat Pb serta Nilai Indeks Kualitas Perairan Pelabuhan Tanjung Mas Semarang. Tugas Akhir. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Suwignyo S, Widagdo B, Wardiatno Y, Krisanti M. 2005. Averteberata Air Jilid 1. Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Tan, K. S. 1997. Imposex in Three Species of *Thais* from Singapore with Additional Observations on *T. Clavigera* (Kutser) from Japan. *Marine Pollution Bulletin*. 34:577-581.
- Teknisi Organo Science Laboratory. Organo Science Laboratory. Bogor.
- Widianwari, P. 2010. Prevelensi Imposeks pada Siput Batu (*Thais bitubercularis*) Sebagai Indikasi Pencemaran Tributyltin (TBT) di Teluk Jakarta. *Jurnal Ilmu Kelautan* Volume 2 Edisi Khusus: 399 – 414.
- Widiastuti, E. 1983. Kualitas Air Cakung Ditinjau dari Kelimpahan Hewan Makrozoobentos. Thesis. Fakultas Pasca Sarjana. Institut Pertanian Bogor. (Tidak dipublikasikan). 106 hlm.
- Wilson, S. P. M. Ahsanullah & G. B. Thompson 1993. Imposeks Neogastropods: As an Indicator in Eastern Australia. *Marine Pollution Bulletin*, 26: 44-48.
- Yulianda, F. 2003. Beberapa Aspek Biologi Reproduksi Keong Macan (*Babylonia spirata*, L). Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Yusuff, M. F., Zulkifli, S. Z., Ismail, A. 2011. Imposex Study on *Thais tuberosa* from Port and Non – Port Areas along the West Coast of Peninsular Malaysia. *Journal of Tropical Marine Ecosystem*, 2: 1-9.