

*Ulusan Ilmiah:*  
**MANFAAT BULU BABI (ECHINOIDEA),  
DARI SUMBER PANGAN SAMPAI ORGANISME HIAS**

(Function of Sea Urchin (Echinoidea), from Food to Decoration Animal)

**Abdul Hamid A. Toha<sup>1</sup>**

**ABSTRAK**

Bulu babi adalah hewan avertebrata laut. Para ahli mengelompokkan organisme ini dalam Filum Echinodermata. Menurut Aziz (1993) di Perairan Indonesia terdapat sekitar 84 jenis bulu babi. Organisme ini memiliki beragam fungsi. Sebagian dapat berfungsi sebagai bahan pangan, ada yang berguna dalam ekologi, ekonomi dan sifat racun. Sebagian lain berfungsi sebagai organisme model, untuk pengobatan penyakit pada manusia dan digunakan sebagai hewan hias.

**Kata kunci:** bulu babi, bahan pangan, manfaat ekologi, nilai ekonomis, sifat racun, hewan hias.

**ABSTRACT**

Sea urchin are marine invertebrate. Taxonomist grouped the sea urchin in the Filum Echinodermata. According to Aziz (1993) in Indonesia, there are about 84 sea urchin type. Sea urchin has a lot of function, such as food, ecological function, economic value and nature of poison. Sea urchin have been functioned as model organism, used as human medicine and decoration animal.

**Keywords:** sea urchin, food, ecological function, economic value, nature of poison, decoration animal.

**PENDAHULUAN**

Bulu babi atau landak laut (dalam Bahasa Inggris disebut *sea urchin* atau dalam Bahasa Jepang disebut *uni*) adalah hewan avertebrata laut. Para ahli mengelompokkan bulu babi dalam Kelas Echinoidea, Filum Echinodermata (*e-chinos* = landak; *derma* = kulit). Organisme ini sangat banyak, menurut Aziz (1999) in Dahuri (2003) dikenal sekitar 800 spesies di dunia. Sedangkan di Perairan Indonesia terdapat sekitar 84 jenis bulu babi (Aziz, 1993).

Tubuh bulu babi memiliki bentuk setengah bulat dan terlindung oleh suatu struktur berupa cangkang dan duri yang bervariasi. Di dalam cangkang terdapat beberapa organ termasuk organ reproduksi berupa gonad yang dapat dikonsumsi. Secara umum variasi tersebut dianggap sebagai respon tiap individu terhadap fluktuasi lingkungan lokal, ketersediaan makanan, dan faktor lingkungan perairan lainnya.

Bulu babi memiliki beragam manfaat. Sebagian memiliki manfaat sebagai bahan pangan, ekologi, ekonomi dan sifat racun. Sebagian

lain telah dimanfaatkan sebagai organisme model, hewan hias dan digunakan dalam bidang kesehatan terutama untuk pengobatan penyakit pada manusia. Bahkan beberapa ahli biologi, biokimia, biologi molekuler, lingkungan telah memanfaatkan bulu babi untuk berbagai kepentingan.

**KOMODITAS PANGAN**

Bulu babi memiliki gonad yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber pangan. Gonad tersebut terdapat dalam cangkang bulu babi jantan dan betina dengan ukuran panjang dapat mencapai 2 inci dan lebar satu inci. Di dalam gonad tersebut terdapat sel-sel makanan.

Bulu babi yang dapat dikonsumsi diantaranya adalah *Tripneustes gratilla*, *Strongylocentrotus franciscanus*, *S. droebrachiensis*, *S. purpuratus*, *Echinus esculatus*, *Mespilia globulus*, *Heliocidaris crassipina*, *H. tuberculata*, *H. erythogamma*, *Paracentrotus lividus*, *Diadema setosum*, *Echinometra mathaei*, *Echinothrix* sp, *Salmacis* sp (Lembaga Oseanologi Nasional, 1973; Aziz, 1993).

Sebagai bahan pangan, gonad memiliki kandungan gizi yang baik. Gonad mengandung protein, lipid dan glikogen, juga kalsium, fos-

<sup>1</sup> Jurusan Perikanan, Fakultas Peternakan, Perikanan dan Kelautan, Universitas Negeri Papua, Manokwari, Irian Jaya Barat. E-mail: afisindika@yahoo.com

for, vitamin A, B, B<sub>2</sub>, B<sub>12</sub>, asam nikotinic, asam pantotenik, asam folik dan karotin (Kato dan Schroeter, 1985).

**Tabel 1. Komposisi Kimia Gonad Bulu Babi *D. setosum* per 100 gram Contoh.**

	Komposisi Kimia	
	Gonad Segar	Gonad Kering Mentah
Air	78,10 gr	5,35 gr
Protein	9,70 gr	39,18 gr
Lemak	2,40 gr	8,70 gr
Hidrat arang total	7,90 gr	8,57 gr
Energi	93 kal	390 kal
Abu	1,80 gr	8,20 gr
Kalsium	116 mg	776 mg
Fosfor	278 mg	596 mg
Besi	4,10 mg	1250 mg
Karoten total	2608 mg	5716 mg
Vitamin A	865 SI	3349 SI
Vitamin B1	0,05 mg	0,08 mg
Vitamin C	0 mg	0 mg
Bdd	100 %	100 %

Sumber : Ismail *et al.*, (1981) in Darsono (1982)

Dalam gonad bulu babi *D. setosum* ditemukan 5 asam amino esensial bagi manusia dewasa (*lisin, metionin, fenilalanin, treonin, dan valin*) dua asam amino esensial bagi anak-anak (*arginin dan histidin*) serta terdapat asam amino semi esensial seperti *sistin*. Selain itu terdapat asam amino non esensial seperti asam aspartat, asam glutamat, *glisin* dan *serin* (Ismail *et al.*, 1981 in Darsono 1982).

Menurut Ishitsu *et al.* (1986) in Sumitro, *et al.* (1992), gonad bulu babi termasuk makanan bergizi dengan komposisi asam amino yang cukup lengkap. Lembaga Oseanologi Nasional (2003) menyebutkan bahwa gonad bulu babi mengandung 13 jenis asam amino, delapan di antaranya asam amino esensial (*lisin, metionin, treonin, valin, arginin, histidin, triptofan* dan *fenilalanin*), sisanya adalah asam amino non esensial (*serin, sistein, aspartat, glutamat* dan *glisin*).

Selain kaya asam amino, gonad bulu babi juga mengandung asam lemak. Gonad bulu babi *S. droebachiensis* mengandung asam-asam lemak dari jenis *5-olefinic* yang besarnya mencapai 10-21% dari total lemak. Golongan asam lemak *5-olefinic* adalah asam lemak yang mempunyai rantai ikatan 5-18 = 1; 5-20 = 1; 13-20 =

2; 1,5,11-20 = 3; 5,11,14-20 = 3 dan 5,11,12, 14-20 = 5 (Takagi *et al.*, 1986).

## MANFAAT EKOLOGI

Manfaat ekologi bulu babi beragam termasuk diantaranya adalah sebagai organisme tempat berlindung beberapa jenis ikan tertentu; makanan beberapa jenis ikan; organisme penentu struktur ganggang, rumput laut, dan kelp; serta berperan dalam berbagai interaksi dengan biota laut lain.

Menurut Timotius (2003) peran *Diadema antillarum* penting bagi penyeimbang terumbu karang. Jika populasi *D. antillarum* meningkat dapat berakibat kematian larva atau karang muda. Sebaliknya jika populasi turun (*absence grazing*) maka karang akan ditumbuhi oleh alga yang berakibat kematian karang dewasa dan tidak adanya tempat bagi larva karang. Dengan demikian kehadiran populasi *Diadema* penting bagi terumbu karang sebagai penyeimbang.

Bulu babi secara ekologi merupakan faktor penentu kelimpahan dan sebaran tumbuhan laut perairan dangkal. Organisme ini menjadi spesies utama yang mengontrol struktur komunitas ganggang laut dan atas rusaknya komunitas lamun di beberapa daerah pantai tropika dan subtropika (Valentine dan Heck, 1991).

Beberapa bulu babi cenderung menyebabkan karang depresi dan beberapa spesies biasanya mampu mempertinggi depresi dengan melubangi batu karang serta materi kokoh lain. Menurut Birkeland (1989) beberapa jenis bulu babi yang bersifat mengebor, merupakan salah satu agen bioerosi yang merusak terumbu karang.

Salah satu contoh bulu babi pelubang utama adalah *E. mathei* (Lumingas, 1996). Tingkah laku melubangi ini berkaitan dengan adaptasi untuk melawan aktivitas gelombang besar. Populasi *E. mathaei* dimangsa oleh predator seperti lobster, bintang laut dan lain-lain. Penangkapan berlebih terhadap predator berakibat meningkatnya populasi *E. mathaei*. Sebagai bioeroder, *E. mathaei* dapat meningkatkan terjadinya bioerosi pada terumbu karang. Fenomena tersebut memberi dampak turunan ke lingkungan, termasuk penurunan tutupan karang hidup, alga berkapur, keragaman substrat dan topografi serta substrat didominasi oleh *turf* alga dan penurunan produksi perikanan.

Selain akibat langsung tersebut, menurut Timotius (2003), bila populasi *E. mathaei* meningkat 2-3 kali dari keadaan normal menjadi 13 *individu/m<sup>2</sup>* maka akan terjadi akibat lanjutan berupa tutupan spon meningkat, populasi ikan herbivora menurun, *E. mathaei* mampu berkompetisi dengan herbivora lain, mulai menghuni area terumbu karang yang terbuka, perilaku yang cenderung menghindari kompetitor berkurang, memakan alga tidak lagi hanya di sekitar lubang tetapi dengan cakupan yang meluas di area terumbu karang.

Bulu babi sering digunakan sebagai hewan uji dalam penelitian lingkungan. Bulu babi digunakan untuk penentuan pencemaran air (Angka dan Suhartono, 2000). Embrio bulu babi menurut Dinnel *et al.* (1987) adalah bahan yang telah sering digunakan dalam uji biologis untuk mengukur toksisitas suatu bahan atau substansi di perairan laut karena mempunyai prosedur yang cepat, sensitif dan biaya yang relatif mudah.

Menurut Lasut *et al.* (2002), dipilihnya bulu babi sebagai hewan uji lingkungan karena ketersediaannya di alam, mudah untuk diambil dan pembentukan membran fertilisasinya terlihat dengan jelas. Ada beberapa alasan memilih uji fertilisasi bulu babi sebagai suatu model penilaian toksisitas subletal. Secara umum uji tersebut cepat, peka, dan relatif sederhana. Beberapa keuntungan yang diperoleh dari uji menggunakan bulu babi adalah: (a) biologi dan sejarah hidup spesies utama telah banyak didokumentasikan; (b) bulu babi dewasa mudah dikumpulkan di perairan dangkal; (c) bulu babi dewasa mudah ditangani di laboratorium dan kondisi dapat dimanipulasi untuk memperpanjang musim pemijahannya; (d) gamet dengan kualitas dan kepekaan yang konsisten dapat dihasilkan; (e) keberhasilan fertilisasi merupakan suatu efek subletal yang peka dan utama sebagai ukuran; (f) uji fertilisasi berlangsung cepat dan ekonomis karena berskala kecil, mudah dilakukan, dan menggunakan fasilitas dan peralatan sederhana; (g) telur bulu babi telah haploid ketika dikeluarkan, berbeda dengan fertilisasi sebagian hewan; (h) uji fertilisasi memiliki titik akhir yang relatif sederhana dan obyektif; (i) bulu babi tersebar di seluruh dunia dan seringkali sesuai digunakan sebagai spesies laut standar untuk kepentingan peraturan dan penelitian. Bulu babi dapat ditemukan dengan mudah dan

digunakan di laboratorium darat (NRC, 1981; Dinnel and Stober, 1985; Esposito *et al.*, 1986; dan Dinnel *et al.*, 1987)

## MANFAAT EKONOMI

Bulu babi adalah sumberdaya perikanan yang bernilai tinggi secara ekonomi. Telur bulu babi atau gonad telah menjadi komoditi penting di beberapa negara tertentu seperti Jepang, Kanada (British Columbia), USA, dan lain-lain (Kato dan Schroeter, 1985).

Jepang membelanjakan devisanya untuk mengimpor bulu babi sebesar 309 juta dolar tahun 1993. Amerika Serikat adalah negara yang meraup devisa terbesar (149 juta dolar) dari impor bulu babi Jepang tersebut, disusul kemudian negara Republik Korea (63 juta dolar), Canada (23 juta dolar), Chili (23 juta dolar), Cina (20 juta dolar), Rusia (11 juta dolar), Korea Utara (10 juta dolar), dan kelompok negara lainnya, termasuk Indonesia, (10 juta dolar).

Industri di California mengekspor 75% dari panennya ke Jepang. Nilai pasar bulu babi di Jepang berkisar dari \$2.20 hingga \$43.00 per baki atau talam. Tahun 1994, Jepang mengimpor 6 130 *ton* metrik bulu babi dengan nilai total 251 juta dolar. Usaha bulu babi merupakan usaha perikanan bernilai tinggi, di California misalnya, bulu babi merupakan komoditi ekspor terbesar dari laut yang bernilai lebih 75 juta dolar per tahun. Di Maine memanen 30 sampai 40 juta dolar dalam tahun 1993 (Sea Urchin Harvesters Association, 2000).

Dalam lima belas tahun terakhir, industri bulu babi hijau, *S. droebachiensis*, telah menjadi industri terbesar ketujuh di Amerika Serikat bagian utara dan terbesar ketiga di Maine setelah industri lobster dan budidaya Salmon Atlantik (NOAA NR96-11, September, 17, 1996). Produknya terutama dipasarkan ke negara-negara Jepang, Perancis, Belgia, Yunani, Itali dan Turki.

Selain devisa, industri bulu babi juga telah membuka berbagai lapangan kerja bagi penduduk. Jumlah pekerja industri bulu babi di California dan Maine tercatat lebih dari 12.000 orang. Diperkirakan ada lebih dari 10.000 orang di negara bagian California yang memberikan pendapatan untuk keluarganya baik secara langsung maupun tidak langsung. Penyelam bulu babi di negara bagian California ada sekitar 500

orang dan negara bagian Maine (AS), ada sekitar 2 000 orang. Keuntungan ekonomis ini tentu berkaitan juga dengan lapangan kerja pada usaha pengolahan, perdagangan dan lain-lain pada setiap negara yang mengusahakannya (Kato and Schroeter, 1985).

## ORGANISME MODEL

Bulu babi sering dijadikan sebagai organisme model untuk mempelajari berbagai kepentingan. Di antaranya dimanfaatkan untuk mempelajari perkembangan awal organisme, menjadi model kunci dalam mengungkap berbagai masalah perkembangan klasik, termasuk mekanisme fertilisasi dan aktivasi telur, pembelahan, gastrulasi, dan regulasi diferensiasi dalam embrio awal. Selanjutnya studi awal berdasarkan molekuler dari perkembangan awal dilakukan dalam sistem ini.

Keunggulan pemanfaatan bulu babi untuk keperluan di atas adalah gametnya dapat diperoleh dengan mudah, sterilisasi tidak diperlukan dan telur serta embrio awal umumnya kelihatan secara jelas. Selanjutnya perkembangan awal dari embrio bulu babi sinkron (serempak), yaitu ketika sejumlah telur dibuahi, semuanya menghasilkan embrio khas yang berkembang pada waktu yang sama. Ini membuat kajian biokimia dan molekuler dari embrio awal memungkinkan dilakukan dalam sistem ini dan berperan penting dalam sejumlah penemuan besar.

Menurut Davidson and Cameron (2003) bulu babi digunakan sebagai model penelitian dalam bidang biologi, biologi sel, biologi molekuler regulasi gen, biologi evolusi, biokimia metabolit dan biologi kelautan karena beberapa alasan, yaitu: embrio bulu babi menawarkan keuntungan tak ada bandingnya untuk mempelajari struktur dan fungsi sistem *cis*-regulatori (regulator satu sisi), untuk isolasi faktor transkripsi dan untuk eksplorasi jaringan kerja gen

Ada empat kemajuan teknologi yang menempatkan embrio bulu babi pada garis terdepan dalam genomik regulatori perkembangan. Keempat teknologi tersebut adalah: (a) sistem transfer gen. Ratusan telur dapat disuntik dengan bangun ekspresi dalam beberapa jam, dan pembacaan transkripsi diperoleh dalam jumlah spasial dan atau kuantitas dalam satu atau dua hari; (b) Teknologi untuk mendapatkan ekstrak

inti stabil. Sejumlah besar embrio bulu babi tersedia (triliunan inti embrio diekstraksi setiap tahun). Ekstrak ini digunakan untuk purifikasi dan pengurutan mikro faktor transkripsi, cenderung hanya sisi target DNA genomik yang diketahui; (c) Menggunakan oligonukleotida antisense pengganti morfolino, dan gabungan domain pengkodean mRNA. Reagen gangguan ini menyebabkan matinya beberapa proses regulatori transkripsi yang akan terjadi; (d) Metode bertenaga dan sensitif untuk susunan keseluruhan hibridisasi *in situ* dan imunositologi. Tentu saja pola normal dan gangguan dari ekspresi gen dapat divisualisasi pada resolusi sel tunggal embrio bulu babi.

Beberapa aspek kajian dalam biologi sel dan biokimia terungkap melalui pemanfaatan bulu babi. Sebagai contoh pengamatan pertama siklin dilakukan pada telur bulu babi; peranan adhesi sel dalam embriogenesis pertama dianalisis dalam bulu babi; sitonem ditemukan pada embrio bulu babi. Setiap bidang memecahkan kajian fungsi produk gen yang sama.

Menurut Wells (2000), bulu babi populer dalam penelitian biologi perkembangan untuk menentukan embriologi, kemudahan transfer gen ke dalam telur, dan kelimpahan telur untuk pekerjaan biokimia.

Ada tiga alasan yang menempatkan bulu babi sangat penting dalam biologi evolusi. Pertama adalah bulu babi memiliki hubungan sintenik dengan mamalia. Kedua, yang dipelajari dari bulu babi akan menjelaskan aspek biologi laut serta perbedaan dan spesiasi organisma. Ketiga, ada hubungan langsung dan relevan antara pemahaman bagaimana genom bulu babi dan manusia bekerja.

Ketiga hal tersebut dijadikan alasan melaksanakan proyek Sea Urchin (Sea Urchin Project) dengan membandingkan proses regulator perkembangan *S. purpuratus*; membandingkan dengan ekinodermata jauh, starfish; dan membandingkan dengan hemichordata.

Bulu babi merupakan satu dari dua kelas dalam filum ekinodermata yang memiliki spesies berbisa. Dua bulu babi paling berbahaya yang dikenal adalah *D. setosum* dan *T. pileolus* (Exton, 1989). *Diadema* sp. dapat mengakibatkan luka menyakitkan jika diinjak. *Toxopneustes pileolus* merupakan spesies bulu babi dengan pediselaria, organ berbisa, yang dianggap paling berbisa dari semua bulu babi.

Spesies lain adalah *Asthenosoma*, menghasilkan duri-duri beracun khusus pada permukaan aboral. Ujung dari setiap duri dikelilingi oleh kantung biru besar yang mengandung racun yang dikeluarkan melalui lapisan epitel. Racun tersebut menyakitkan manusia. Bulu babi berbisa dikelompokkan dalam kategori yang sesuai sebagai berikut: Spesies berduri panjang dapat menyuntik bisa selama tusukan dengan memutuskan integumen lapisan atas (spesies *Diadema*) atau dengan mematahkan atau melepaskan bisa dari duri lumen cekungnya (spesies *Echinothrix*).

Kedua spesies mampu menyebabkan luka tusukan dalam. Peracunan awalnya menghasilkan rasa sakit pada tempat tusukan hingga beberapa jam, muncul lagi dengan beberapa tekanan pada sisi luka. Edema lokal, eritema, dan pendarahan bisa mengikuti. Simptom muak sistemik, parestesias, paralisis berotot dan kesulitan pernafasan terjadi dalam kebanyakan kasus.

Para penyelam atau perenang yang tertusuk duri beracun bulu babi biasa menetralkan racun bulu babi dengan mengencinginya atau dengan memukulkan benda keras pada tempat yang tertusuk duri. Duri beracun yang masuk ke dalam kulit manusia saat terinjak dapat larut melalui aliran darah karena tersusun dari bahan kapur. Tusukan duri bulu babi, *Diadema*, yang terserap dalam tubuh manusia dapat juga diluruhkan dengan perlakuan asam ringan seperti jeruk lemon atau cuka. Kulit dapat kelihatan "bertato" dari pigmen duri panjang setelah duri tersebut terserap (Ogden dan Carpenter, 1987).

Efek sistemik dan lokal mungkin mengikuti bulu babi berbisa. Meskipun demikian hubungan antara keracunan atau sengatan berbisa dan kematian tidak ditemukan dalam literatur. Racun organisme ini dianggap tidak mematikan, hanya menyebabkan efek serius (Williamson, *et al.*, 1989). Kalaupun beberapa anekdot melaporkannya fatal (mematikan), dokumentasi terinci mengenai hal tersebut masih kurang karena kematian sangat jarang.

## KAJIAN RELEVANSI DENGAN PENYAKIT MANUSIA

Bulu babi juga terkait dengan kesehatan manusia. Sebagai contoh adalah reseptor guanylat siklase terikat pada membran yang berimpli-

fikasi pada penyakit manusia, disentri enterotoksin stabil panas, pertama diisolasi dari sperma bulu babi. Penemuan dalam bulu babi ini selanjutnya digunakan untuk mempelajari kesehatan manusia. Masih banyak lagi studi yang relevan dengan penyakit manusia yang menggunakan bulu babi sebagai organisme model (Davidson dan Cameron, 2003).

Angka dan Suhartono (2000), menyatakan bahwa terdapat efek penghambat pada fase mitosis perkembangan embrio bulu babi *Arbacia puctula* yang berimplikasi pada kemungkinannya sebagai senyawa anti kanker. Bulu babi juga mengandung asam lemak tak jenuh omega 3 yang berkhasiat untuk menurunkan kandungan kolesterol yang bersarang dalam tubuh manusia (Lembaga Oseanologi Nasional, 1973).

## ORGANISME HIAS

Beberapa bulu babi memiliki warna dan tampilan yang menarik. Daya tarik ini dapat dimanfaatkan sebagai organisme hias terutama dalam akuarium. Meskipun manfaat ini belum begitu banyak dikelola, beberapa organisme bulu babi telah digunakan untuk keperluan tersebut.

Bulu babi yang dimanfaatkan untuk keperluan ini umumnya tanpa racun, terutama bulu babi dengan duri pendek, seperti *Tripeneustes* sp., *Salmacis bicolor*, *Echinometra* sp., dan lain-lainnya. Menurut Syam *et al.* (2002), *E. mathaei* belum dieksploitasi untuk bahan makanan dan lebih berperan sebagai bahan hiasan akuarium karena secara umum terlihat cantik.

Meskipun demikian organisme bulu babi dengan duri panjang juga menarik sebagai organisme hias. Pergerakan yang lambat, bentuk yang khas, serta gerakan kaki tabung seperti sedang menari merupakan sedikit perilaku menarik dari keseluruhan bulu babi.

## PENUTUP

Begitu banyak manfaat organisme laut ini. Tapi sudahkah bangsa kita menggali dan memanfaatkannya? Dengan garis pantai terpanjang di dunia sesudah Kanada, dengan sekitar 84 jenis bulu babi di perairan kita, dan dengan melihat manfaat potensi yang dimilikinya, seharusnya telah mendorong bangsa kita untuk mengelola dan memanfaatkan organisme ini.

## PUSTAKA

- Aziz, A. 1993. **Beberapa Catatan tentang Perikanan Bulu Babi**. Dalam Oseana Vol. 18 No. 2. Pusat Pengembangan Oseanologi; Indonesia Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. Jakarta Hal: 65-75.
- Angka, S. L. dan M. T. Suhartono. 2000. **Bioteknologi Hasil Laut**. Penerbit Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Birkeland, C. 1989. **The Influence of Echinoderms on Coral Reef Communities**. In : Echinoderm Studies 3 (Jangoux, M. and J.M. Lawrence, eds.). Balkema, Rotterdam: 1-79.
- Darsono, P. 1982. **Bulu Babi sebagai Sumber Protein Hewani**. Dalam Pewarta Oseana Vol. VIII. No. 5. Lembaga Oseanologi Nasional-LIPI. Jakarta. Hal 1-7.
- Davidson, E. H. dan R. A. Cameron. 2003. **Argument for Sequencing the Genome of the Sea Urchin *Strongylocentrotus purpuratus***.
- Dinnel, P. A. and Q. J. Stober. 1985. **Methodology and Analysis of Sea Urchin Embryo Bioassays**. Uni. Of Washington, School of Fisheries, Cir. No. 85-3
- Dinnel, P. A., J. M. Link dan Q. J. Stober. 1987. **Improved Methodology for Sea Urchin Sperm Cell Bioassay for Marine Waters**. Archives of Environmental Contamination and Toxicology 16:288-295.17-24, April 2002.
- Eposito, A., M. Cipollara, G. Corsale, E. Ragucci, G. G. Gordiana dan G. Pagano, 1986. **The Sea Urchin Bioassay in Testing Pollutants**. In Strategies and Advanced Techniques for Marine Pollution Studies. Mediterranean Sea. NATO AS, Series, Vol. 69. Springer-Verlag. Berlin. p. 447-455.
- Exton, D. 1989. **Echinoderms**. Dalam Covacevich, J., Davie, P., Pearn, J. (Editors). Toxic Plants & Animals. A Guide for Australia. William Brooks Queensland, Brisbane. <http://saltaquarium.about.com/gi/dynamic/offsite.htm?site=http%3A%2F%2Fwww.emedicine.com%2Femerg%2Ftopic158.htm>
- Kato, S. dan S. C. Schroeter, 1985. **Biology of the red Sea Urchin, *Strongylocentrotus franciscanus*, and its fishery**. in California Marine Fisheries Review.
- Lasut, M. T., D. A. Sumilat, dan D. T. Arbie, D.T. 2002. **Pengaruh Konsentrasi Sublethal Diazinon 60 EC terhadap Perkembangan Awal Embrio Bulu Babi *Echinometra mathaei***. Ekoton Vol.2, No. 1:17-24.
- Lembaga Oseanologi Nasional. 1973. **Bahan Makanan dari Laut**. Lembaga Oseanologi Nasional-LIPI. Jakarta. 113 hal.
- Leung, M. 1997. **Analisis Komposisi Kimia Gonad beberapa Spesies Bulu Babi (*Diadema savignyi*, *Echinometra mathaei*, *Tripneustes gratilla* dan *Salpacia belli*)**. Skripsi. Universitas Sam Ratulangi Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Tidak diterbitkan.
- Lumingas, L. J. L., F. B. Boneka, D. A. Sumilat, M. Ompi, dan G. J. F. Kaligis. 1996. **Distribusi, Kelimpahan dan Struktur Ukuran Bulu Babi, *Diadema savignyi*, *Echinometra mathaei*, *Tripneustes gratilla* (Echinodermata : Echinoidea) di Semanjung Minahasa**. Disampaikan pada Seminar Hasil-Hasil Penelitian Ilmu Kelautan yang diselenggarakan oleh Bagian Proyek Pengembangan Pendidikan Ilmu Kelautan, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi. Pada tanggal 26-28 Juni 1996 di Manado.
- Murniyati dan E. Setiabudi. 1998. **Bulu Babi, Berbahaya Namun Indah dan Bermanfaat**. Dalam Warta Penelitian Perikanan Indonesia. Vol. 4. No. 2. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perikanan. Jakarta.
- NRC. 1981. **Laboratory Annual Management Marine Invertebrates**. U.S. National Research Council, Inst. Lab. Animal Resources, Committee on Marine Invertebrates. National Academy Press. Washington, D.C.
- Ogden, J. C. dan R. C. Carpenter. 1987. **Species Profiles: Life Histories and Environmental Requirement of Coastal Fishes and Invertebrates (South Florida)**. Long Spined Black Sea Urchin. U.S. Fish Wildl. Serv. Biological Report 82 (11.77). August 1987.
- Roslita, L. 2000. **Pengaruh Garam, Gula dan Lama Fermentasi terhadap Mutu Pasta Fermentasi Gonad Bulu Babi *Echinothrix calamaris***. Skripsi Program Studi Teknologi Hasil Perikanan. FPIK IPB. Tidak diterbitkan.
- Sumitro, S. B., U. Wijarni, A. Pramana, A. Soewondo, dan S. Samino. 1992. **Inventarisasi Jenis, Habitat dan Tingkah Laku Hewan Bulu Babi (*Sea Urchin*) di Jawa Timur serta Usaha Pemijahan dan Pengembangan Teknik Kultur Embrio**. Jurnal Universitas Brawijaya Volume 4 No. 2 Agustus 1992.
- Syam, A. R., I. N. Edrus, dan R. Andamari. 2002. **Populasi dan Tingkat Pemanfaatan Bulu Babi (*Echinoidea*) di Padang Lamun Pulau Osi, Seram Barat, Maluku Tengah**. Dalam JPPI Edisi Sumber Daya dan Penangkapan Vol. 8 No. 4. hal 31 – 37.
- Timotius, S. 2003. **Karakteristik Biologi Karang**. Makalah Training Centre 7 – 12 Juli 2003. Yayasan Terumbu Karang Indonesia (Terangi).
- Valentine, J. F. dan K. L. Heck. 1991. **The Role of Sea Urchin Grazing in Regulating Subtropical Seagrass Meadows: Evidence from Field Manipulations in Northern Gulf of Mexico**. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 154:215-230.
- Wells, W. 2000. **The sea urchin genome project is off to a start with sequence from the ends of 76,020 BAC recombinants**. August 17, 2000. <http://www.biomed-central.com/news/20000817/11>
- Williamson, J., P. Fenner, dan C. Acott. 1989. **Medical Aspects of Marine Envenomation and Poisoning**. Dalam Covacevich, J., Davie, P., Pearn, J. (Editors). Toxic Plants & Animals. A Guide for Australia. William Brooks Queensland, Brisbane.