

GONAD BULU BABI

oleh

Prapto Darsono ¹⁾

ABSTRACT

THE GONADS OF SEA URCHINS. *Knowledge of the gonad of sea urchin is not only important information on their life-history, but also an important part of the basic information on their fishery. The gonad of sea urchin consist of five lobi which are heaped up radially. They are suspended by folds of perivisceral epithelium from the interambulacral plates in the apical half of body cavity. Each of the lobus possesses a single gonoduct which open to the exterior through an aperature in the genital plates. Six stages of gametogenesis were categorized based on the predominating cell type within a follicle combined with the superficial appearance of the gonad. Usually, there is no sexual external dimorphisms among sea urchin. But, in few cases, the genital papillae of the two sexes can be differenciated. There are two types of the genital papillae sexual dimorphisms ie. Mespilia and Tripneustes type. Hermaphroditism is rare in these animals, but it can be found in certain species i.e. Strongylocentrotus franciscanus. Roe is common name of the sea urchin gonad which is harvested as fishery product. Gonad in advanced stage of gametogenesis is not excepted due to its soft texture. It's condition occurs shortly after post spawning recovery.*

PENDAHULUAN

Organ reproduksi pada makhluk hidup mempunyai arti penting sebagai alat yang menghasilkan sel-sel gamet, untuk menghasilkan individu baru dari jenisnya. Kelangsungan hidup suatu jenis bergantung pada berfungsinya organ ini secara baik dan sempurna.

Khusus pada bulu babi, pengetahuan tentang ihwal, organ reproduksi dan fungsi perkembangannya tidak saja merupakan informasi yang menarik bagi siklus hidupnya dari aspek biologi, tetapi juga merupakan informasi dasar bagi usaha perikanannya. Informasi yang dimaksud seperti siklus gametogenik, musim pemijahan dan ukuran cangkang matang pertama (size at first maturity) (FUJI 1960).

Organ reproduksi bulu babi atau gonad, dikenal sebagai "telur" dalam produk perikanannya. Kelestarian sumber itu sendiri perlu dijaga untuk kelangsungan produksi. Berpijak pada masalah ini, kita mencoba untuk mengetahui organ reproduksi tersebut lebih terperinci. Pengetahuan ini diharapkan bisa menambah informasi untuk tujuan baik kaitan produksi maupun kelestarian sumbernya itu sendiri. Dengan demikian perikanannya dapat diusahakan secara lestari.

Tulisan berikut mengetengahkan perkembangan organ reproduksi bulu babi. Perlu diketahui yang dimaksud bulu babi di sini adalah jenis-jenis yang termasuk ke dalam kelompok bulu babi beraturan (regular sea urchin).

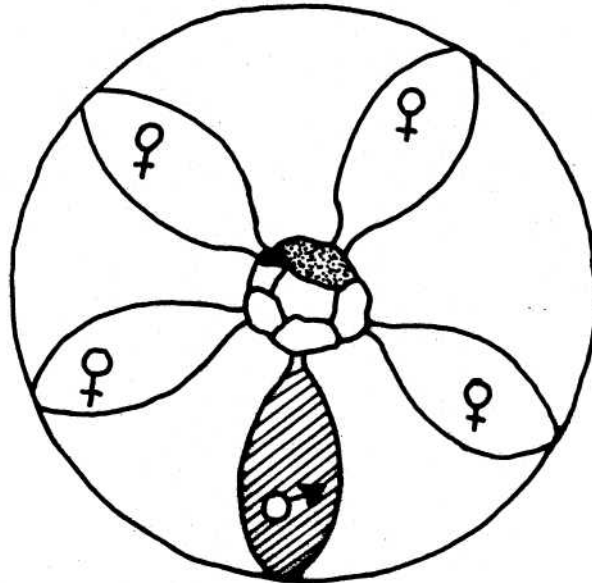
1). Balai Penelitian Biologi Laut, Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi-LIPI, Jakarta.

STRUKTUR GONAD

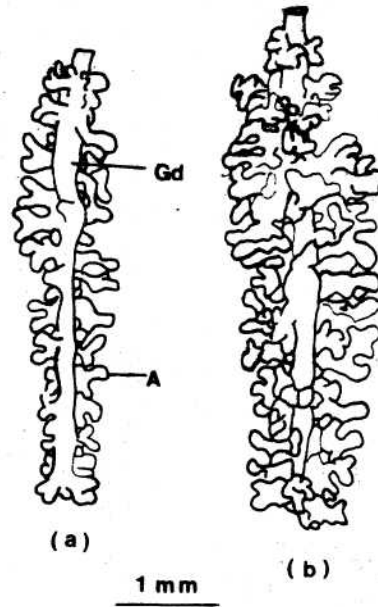
Gonad bulu babi (Echinoidea) menempel pada lapisan "perivisceral epithelium lempeng interambulakral" mengisi lebih dari separuh rongga badan (body cavity) pada sisi apikal. Gonad tersebut terdiri atas 5 (lima) lobi yang tersusun secara radial (Gambar 1). Tiap lobus gonad mempunyai sebuah saluran (gonoduct) bermuara ke arah luar pada lempeng genital (genital plates). Penampang melintang gonoduct berbentuk bulat, berdiameter $800 \mu - 1.000 \mu$. Bila diperhatikan, organ gonad terlihat 13 — 15 pasangan percabangan "racemose" pada sisi-sisi gonoduct. Percabangan tersebut disebut "acini", masing-masing berbentuk Y (Y-shaped). Pada hewan contoh dengan diameter cangkang 20 mm - 25 mm, struktur bentuk acini ini masih berkembang dalam ukuran dan dimensinya. Pada ukuran tersebut terlihat 3 atau 4 percabangan, dengan kenam-

pakan superficial gonad yang semi transparan. Percabangan. (ramification) dari pada "acini" gonad pada individu dengan diameter cangkang kecil dari 25 mm meningkat dalam jumlahnya. Pada tingkat ini warna gonad berbeda dengan sebelumnya, warna menjadi coklat kekuningan (yellowish brown). Pada Gambar 2 disajikan contoh tipe gonad awal (primary gonad).

Tidak ada perbedaan penting struktur kasar antara gonad jantan dan betina pada spesimen dengan ukuran diameter cangkang sampai 40 mm. Ovary yang matang (mature) berwarna coklat kemerahan (reddish brown), testes matang berwarna putih kekuningan (white creamy). Dalam pada itu pada awal tingkat gametogenesis sangat sulit untuk membedakan kedua jenis kelamin, semuanya memberi kenampakan warna coklat kemerahan.



Gambar 1. Sketsa susunan lobi gonad bulu babi; dan pola hermaphroditisma pada bulu babi, contoh kasus pada *Strongylocentrotus franciscanus*. (BOOLOOTIAN & MOORE 1956; DARSONO 1982).



Gambar 2. Morfologi umum gonad primer pada *Strongylocentrotus intermedius* (a) dan *S. nudus* (b).

FUJI (1960).

Gd. = gonoduct

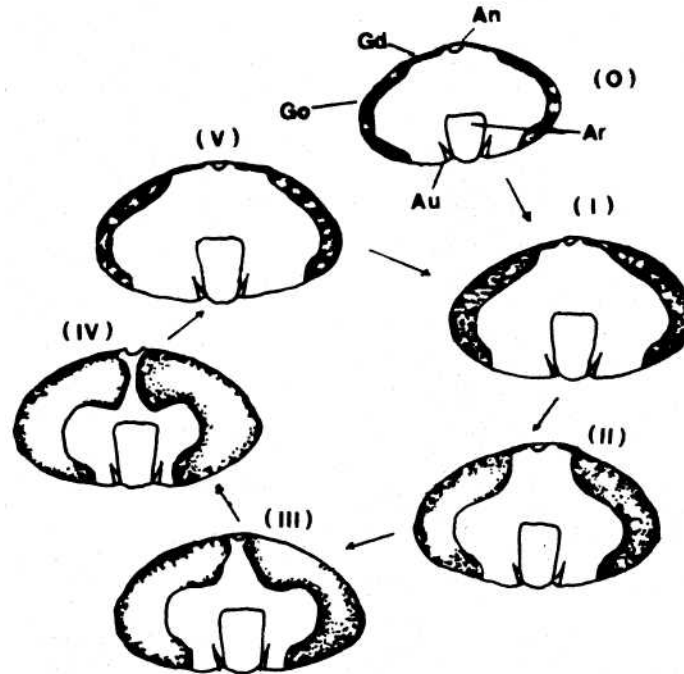
A = acinus

Secara histologis, dinding gonad dari kedua jenis kelamin terdiri atas lapisan epithelium di bagian luar yang tersusun atas sel-sel epithel mendatar, lapisan tengah berupa sel-sel otot yang lunak dan jaringan penunjang (connective tissue), dan lapisan dalam berupa sel-sel germinal yang terus berkembang.

Satuan terkecil dari struktur gonad disebut sebagai folikel. Pada folikel jantan umumnya selalu terlihat beberapa sel germ awal pada dindingnya, sedang lumennya berisi spermatozoa. Pada folikel betina didapatkan beberapa oocytes muda yang menempel pada dinding, sedang lumennya terisi ova. Diameter ova berkisar antara 80μ — 100μ .

FASE - FASE GAMETOGENESIS

Perkembangan sel-sel gamet baik jantan maupun betina mengalami suatu proses yang bertahap. Untuk memberikan batasan gametogenesis dibuat suatu seri rangkaian tingkat perkembangan dalam siklusnya secara arbitrer (arbitrary), tapi mudah dipahami. Secara umum diberikan 6 katagori tingkatan, termasuk fase awal (development) dan fase pemulihan (regression) gonad (FUJI 1960). Prinsip pengenalannya didasarkan pada predominasi tipe sel dalam folikel dan kenampakan superficial dari pada gonad. Gambar 3 berikut memberikan ilustrasi secara diagramatik siklus perubahan kenampakan superficial dari pada gonad.



Gambar 3. Dustrasi diagramatik kenampakan superficial gonad pada siklus perubahannya/gametogenesis. FUJI (1960).

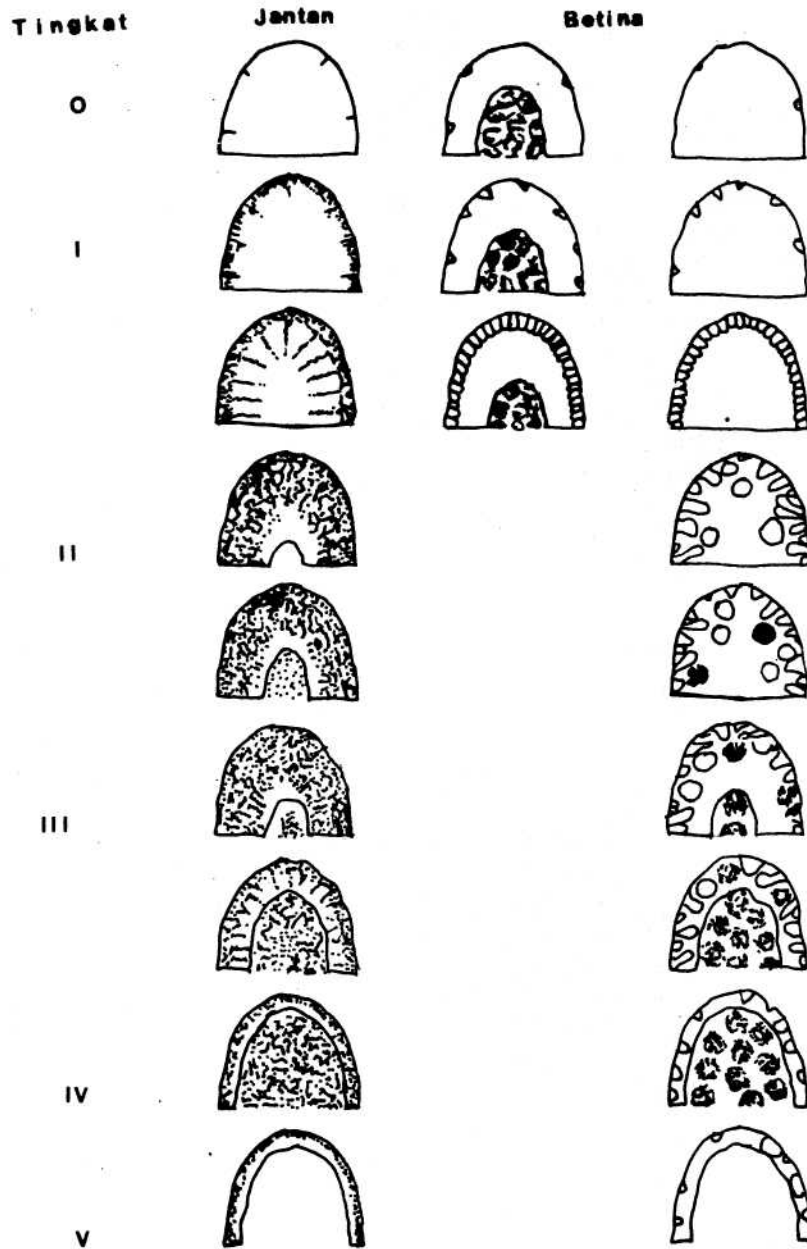
An = Anus; Ar = Aristotle's lantern; Au = Auricula; Gd = gonoduct; Go = gonad.

Tingkat perkembangan tersebut meliputi fase netral (0), fase awal (I) "developing virgin" dan atau "recovering spent", fase tumbuh (II), fase matang awal "pematuring" (III), fase matang "mature" (IV) dan fase pijah "spent" (V). Tingkat perkembangan ini digambarkan oleh YOSHIDA (1952) secara diagramatik seperti pada Gambar 4.

Fase netral (0), didapatkan pada individu-individu yang masih kecil/muda. Gonad netral adalah kecil, elongated, relatif tipis, semi transparan kenampakannya. Secara mikroskopis irisan melintangnya terlihat dinding lobus yang sangat tipis. Pada fase ini masih sulit dibedakan jenis kelaminnya.

Fase awal (I), (developing virgin atau re-

covering spent). Pada fase ini terjadi pertumbuhan sel-sel gamet sehingga jenis kelaminnya sudah bisa dilihat di bawah mikroskop. Kenampakan preparat pada "developing virgin" dan "recovering spent" adalah sama, hanya terlihat bahwa folikel pada hal yang belakangan lebih besar dari yang pertama. Pada pengamatan mikroskopis terlihat bahwa pada developing virgin dan recovering spent berbeda dimensinya. Yang pertama nampak lebih kecil dan warnanya masih keputih-putihan (whitish), sedang pada recovering spent gonad berwarna coklat kemerahan (reddish brown). Betina: irisan ovary pada tingkat ini mudah dikenal, karena dapat terlihat sejumlah oogonia dan oocytes muda yang menempel sepanjang lapisan germinal



Gambar 4. Gambaran skematik struktur testis dan ovary pada tingkat pematangan (maturation) yang berbeda. Kolom kanan dan kiri memperlihatkan proses yang biasa, kolom tengah proses yang tidak biasa. YOSHIDA (1952).

O = Telur "immature"

o = Telur "mature".

dinding folikel. Oogonium berbentuk sebagai gelondong benang. Cytoplasmanya mengelilingi inti (nucleus) sebagai lapisan tipis yang homogen. Oocyte muda berbentuk bola yang tidak beraturan dan mempunyai inti relatif besar yang dikelilingi oleh lapisan tipis yang berupa akumulasi cytoplasma yang basofilik. Ukuran rata-rata diameter dari pada oocyte adalah sekitar 15μ , tapi kadang-kadang pada individu muda hanya berukuran sekitar 5μ . Jantan: Kenampakan karakteristik irisan testis pada fase awal ini adanya kandungan sejumlah spermatogonia dan spermatocytes sepanjang dinding folikel. Spermatocyte dengan spermatogonium cukup mudah dibedakan, yang pertama lebih kecil dalam ukuran dan kurang menyerap warna haematoxylin dari pada yang kedua. Pada tingkat ini aktifitas spermatogenesis masih rendah.

Fase tumbuh (II), (Growing). Gonad pada tingkat ini, secara visual tidak terlihat perbedaan antara testis dan ovary. Gonad berwarna sama yaitu coklat kemerahan (reddish brown). Betina: masih ditemukan oogonia kecil pada periphery folikel, tapi jumlahnya lebih sedikit dari pada tingkat I. Sejumlah oocyte muda yang berkait satu sama lain mengisi ke arah tengah folikel. Diameternya sekarang mencapai $40 \mu - 60 \mu$. Sejumlah kecil oocytes yang sudah lebih berkembang mengisi bagian tengah folikel. Ovary berkembang sejalan dengan pertumbuhan oocytes. Jantan: spermatogenesis terlihat lebih nyata, produksi spermatocytes dan spermatogonia berkembang cepat sepanjang periphery folikel. Dengan demikian irisan folikel jantan terlihat lapisan sejumlah gamet. Tidak ditemukan spermatozoa dalam lumen.

Fase matang awal (III), (Pre-mature). Baik pada gonad jantan maupun betina bertambah besar dimensinya dibanding pada fase II. Secara kasar pada fase ini dapat dibedakan antara gonad jantan dan betina dari perbedaan warna. Gonad jantan umumnya coklat kekuningan (yellowish brown) dan coklat

kemerahan (reddish brown), sedang gonad betina umumnya kuning muda (yellow whitish) atau putih krem (creamy white). Betina: oogenesis terjadi secara aktif, ditandai oleh perkembangan cepat dari ukuran oocyte secara individual. Sejumlah oocyte besar berbentuk oval mengisi lumen dari folikel, berdimensi sekitar $80 - 140 \mu \times 40 - 80 \mu$. Sejalan dengan terbebasnya telur (ova) dari dinding folikel, tumbuh mencapai ukuran sekarang $80 \mu - 100 \mu$. Folikel ovary pada tingkat ini mempunyai sejumlah oocytes dengan ukuran berkisar $10 \mu - 70 \mu$, dan sebagian telur matang (ova) yang mengisi lumen folkel. Secara umum boleh dikatakan bahwa folikel telah siap menampung oocytes primer yang akan mencapai ukuran maksimum. Jantan: proses spermatogenesis nampak makin aktif. Spermatocytes dan spermatid terlihat meningkat dalam jumlahnya. Beberapa spermatozoa mengisi bagian lumen folikel secara sentripetal. Pada beberapa folikel jantan yang lain mungkin sekelompok kecil spermatozoa telah mengisi pusat folikel. Kelompok ini diperkirakan terdiri sel-sel yang terbentuk paling awal.

Fase matang (IV), (Mature). Gonad jantan dan betina pada fase ini telah mencapai puncak perkembangan, dan memperlihatkan ukuran dan volume maksimum. Betina: seluruh ruang lumen dari pada folikel terisi penuh oleh ova dengan ukuran diameter sekitar $80 \mu - 100 \mu$, kadang-kadang pada dinding folikel juga sudah terlihat oocytes muda baru. Ukuran ova (oocytes yang telah matang) ini tidak jauh berbeda sebagai pada fase III, namun tampak ada perubahan kandungan cytoplasmanya, makin homogen dan lebih menyerap warna haematoxylin. Jantan: perkembangan spermatogenesis telah mencapai spermatozoa matang. Sementara itu pada dinding folikel tetap berlangsung proses awal spermatogenesis. Seluruh ruang lumen folikel terisi penuh oleh spermatozoa.

Fase pijah (V), (Spent). Gonad yang telah memijah memberi kenampakan menge-

cil. Baik gonad jantan maupun betina sering berwarna coklat keputihan (whitish brown). Tidak jelas tanda-tanda visual yang membedakannya. Betina: secara mikroskopis tergantung lamanya waktu setelah memijah, irisan memperlihatkan berbagai kenampakan. Namun secara umum biasanya ditandai dengan kosongnya lumen dan beberapa sisa ova yang tertinggal. Pada dinding folikel nampak suatu lapisan yang merupakan perkembangan serabut-serabut jaringan penunjang (connective tissue). Sisa-sisa ova dalam folikel secara bertahap diserap kembali oleh sel-sel phagocytes, dan lumen (ruang folikel) secara berangsur diisi jaringan penunjang, berupa sel-sel nutritif. Kemudian oogonia dan oocytes muda tumbuh kembali dan tanda-tanda kenampakan berulang seperti pada tingkat I. Jantan: perubahan histologis yang jelas adalah berkurangnya spermatozoa sehingga lumen nampak kosong, kadang-kadang terlihat sisa-sisa sperma pada lumen. Keadaan yang terjadi berikutnya adalah identik dengan pada folikel betina.

DIMORPHISMA

Tanda kelamin sekunder penting artinya untuk mengetahui jenis kelamin suatu individu. Hal ini perlu untuk beberapa tujuan, misalnya untuk mencari induk guna keperluan budidaya dan lain-lain.

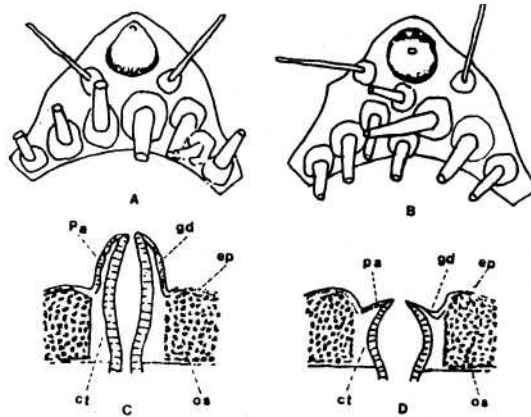
Telah sering dikemukakan bahwa bulu babi adalah berkelamin terpisah. Ada individu jantan dengan gonad jantan (testis), ada individu betina dengan gonad betina (ovary). Kedua jenis kelamin ini tidak memberikan kenampakan morfologi luar yang berbeda nyata. Beberapa jenis bulu-babi mungkin menampakkan perbedaan dalam bentuk dan ukuran, bahkan warnanya, namun hal ini tidak bisa menjadi pegangan secara umum (HARVEY 1956). Beberapa

cara mekanis telah dicobakan oleh HARVEY (1956), untuk mengidentifikasi jenis kelamin bulu babi, namun hasilnya tidak memuaskan.

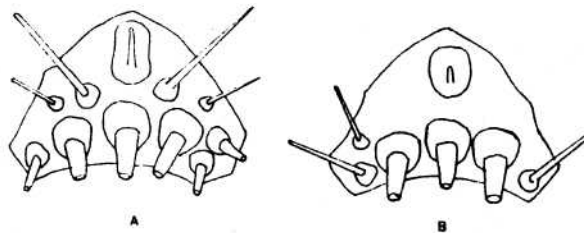
Tanda kelamin sekunder yang lebih memberi petunjuk akan jenis kelaminnya adalah bentuk papila genitalia. Hal ini menjadi perhatian para peneliti sejak HAMMANN dalam TAHARA *et al.* (1958) melaporkan hasil pengamatannya terhadap bulu babi *Echinocardium mediterraneum* pada tahun 1887. Konfirmasi tentang hal ini dilakukan oleh TAHARA *et al.* (1958) terhadap enam jenis bulu babi di Jepang, yaitu *Mespilia globulus*, *Toxoneustes pileolus*, *Tripneustes gratilla*, *Echinostrephus aciculatus*, *Diadema setosum*, dan *Echinometra mathaei*. Kemudian TAHARA *et al.* (1960) melanjutkan pengamatannya terhadap bulu babi *Temnopleurus toreumaticus*, *Hemicentrotus pulcherrimus*, *Pseudocentrotus depressus*, dan *Echinocardium cordatum*. Dari beberapa jenis bulu babi yang diamati tersebut, perbedaan kelamin oleh bentuk papila genitalia memberikan dua tipe golongan yaitu :

- a. Tipe *Mespilia*: papila genitalia pada hewan jantan adalah pendek sedikit menonjol berbentuk krucut (conical protuberances), sedang pada betina adalah rata/mendatar atau masuk tenggelam di bawah permukaan dinding cangkang. Jenis-jenis yang termasuk tipe ini ialah *Mespilia globulus*, *Toxoneustes pileolus*, *Temnopleurus toreumaticus*, *Hemicentrotus pulcherrimus*, *Pseudocentrotus depressus*.
- b. Tipe *Tripneustes*: papila genitalia pada hewan jantan ditandai dengan bentuk tabung memanjang, sedang pada yang betina berbentuk tonjolan tumpul (stumpy protuberances). Jenis-jenis yang termasuk tipe ini ialah *Tripneustes gratilla*, *Echinometra mathaei*, *Echinostrephus aciculatus*, *Diadema setosum*, dan *Echinocardium cordatum*. Gambar 5 & 6 menyajikan beberapa bentuk papila genitalia hasil pengamatan tersebut.

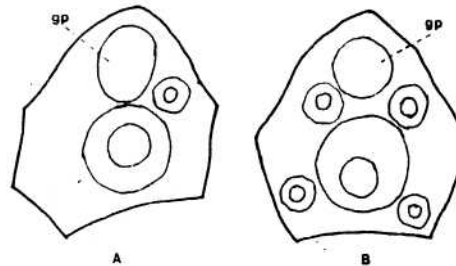
I. *Mespilia globulus*



II. *Temnopleurus toreumaticus*



III. *Hemicentrotus pulcherimus* (hanya genital pore-nya)



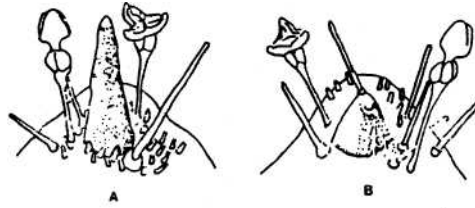
Gambar 5. Papila genitalia tipe "Mespilia" pada beberapa jenis bulu babi.

A = Jantan; B = Betina

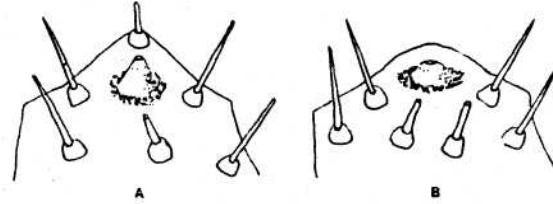
TAHARA *et al.* (1958, 1960)

Pada *Mespilia globulus* diperlihatkan diagram penampang melintangnya, jantan (C) dan betina (D), ct jaringan penyambung, ep epidermis, gd dinding genital duct, os ossicle lempeng genital, pa dinding papila genital.

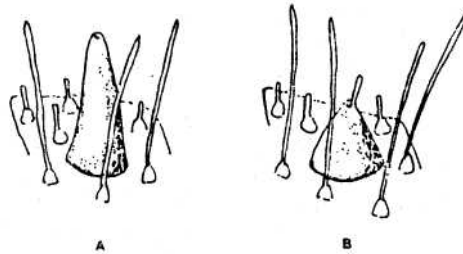
I. *Tripneustes gratilla*



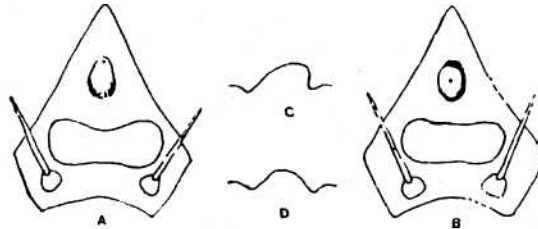
II. *Echinostrephus aciculatus*



III. *Echinocardium cordatum*



IV. *Diadema setosum*



Gambar 6. Papila genitalia tipe "Tripneustes" pada beberapa jenis bulu babi.

A = Jantan; B = Betina.

TAHARA *et. al.* (1958, 1960)

Pada *Diadema setosum* diperlihatkan profil papila genital jantan (C) dan betina (D).

Meskipun dengan bentuk papila genitalia telah dimungkinkan untuk mengidentifikasi jenis kelamin beberapa jenis bulu-babi namun secara teknis tidak sederhana. Pengamatan dilakukan di bawah mikroskop binokuler dengan perbesaran sekitar 10 kali, dan memerlukan pengalaman. Pada perbedaan papila genitalia tersebut, terlihat pula secara umum bahwa lubang genital (genital pore) pada individu betina relatif lebih besar dari yang jantan.

Bentuk papila genitalia bisa digunakan sebagai tanda kelamin sekunder, telah dibuktikan oleh beberapa peneliti pada berbagai jenis bulu babi. Timbul pertanyaan kapan dan bagaimana tanda kelamin sekunder tersebut mulai terbentuk. TAHARA & OKADA (1968) mencari jawab pada jenis bulu babi *Echinometra mathaei* (dengan tipe *Tripneustes*). Proses terbentuknya papila genitalia dan perkembangan tanda kelamin sekundernya diikuti sejak metamorfosa lanjut sampai menjadi individu dewasa muda. Hasil pengamatan tersebut memperlihatkan bahwa proses pembentukan kelamin sekunder terbagi dalam empat tahapan. Pertama, tahap perforasi (perforation stage); Kedua, tahap pembentukan lubang genital (genital pore formation); Ketiga, tahap terbentuknya saluran kelamin (genital papila formation); Keempat, terbentuknya saluran tipe *Tripneustes* (type papila).

Proses tersebut diterangkan sebagai berikut, pada awal tahap ketiga saluran nampak relatif mendatar pada permukaan kulit menutup lubang kelamin. Pada akhir tahap ketiga, saluran berelevasi mencembung atau "art like protuberance" pada kedua jenis kelamin. Dalam pada itu gonad berkembang ke arah sempurna sebagai ovary atau testis, juga dalam kematangannya (maturation). Pada yang jantan saluran mencembung tersebut tumbuh terus sehingga berbentuk panjang membulat (slender, tubuler protrusion), sedang pada yang betina tidak mengalami perubahan yang berarti. Proses tersebut secara diagramatis ditunjukkan dalam Gambar 7.

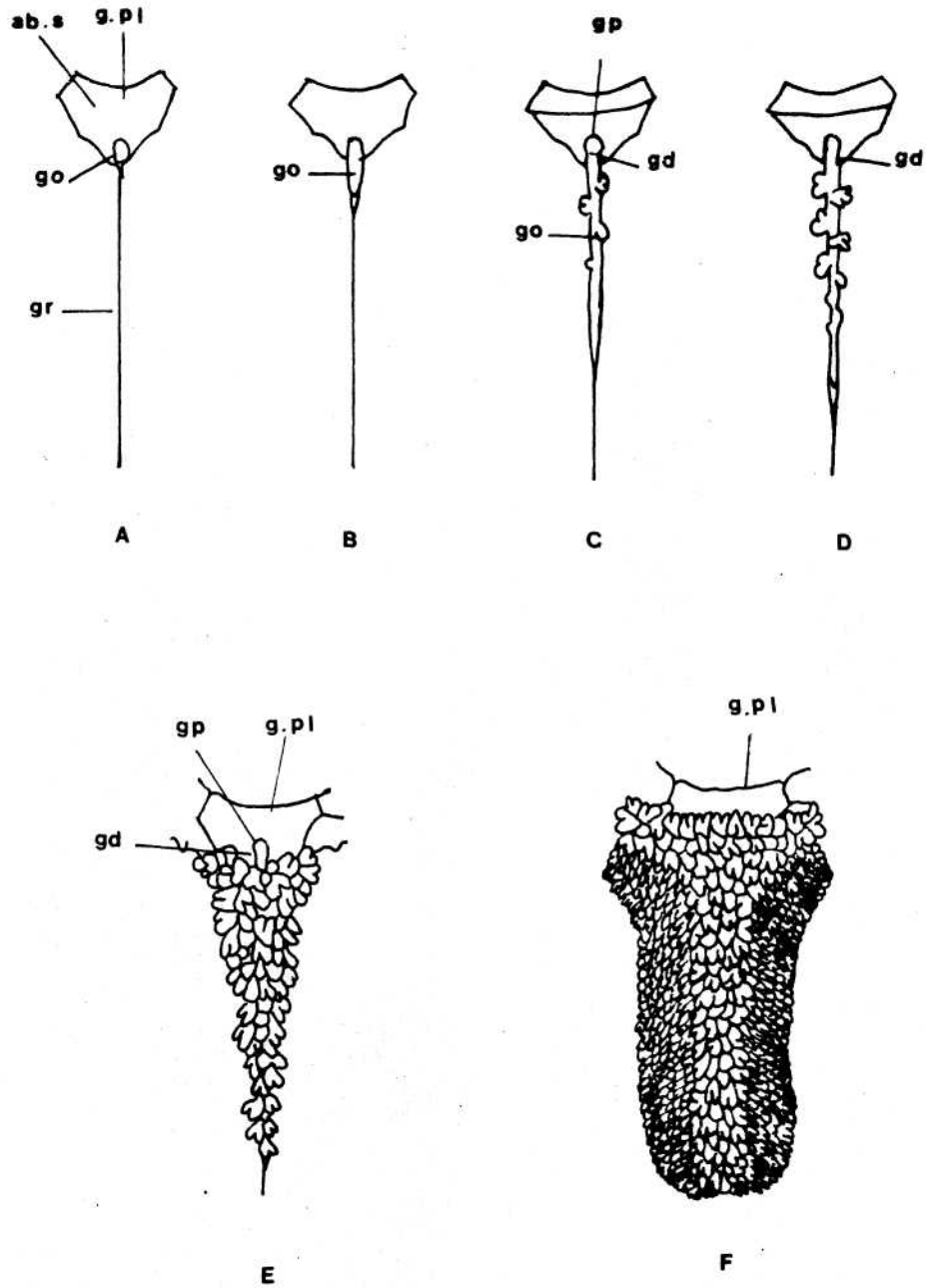
HERMAPTODITISMA

Pada umumnya bulu babi adalah berkelemin terpisah, hewan jantan dan betina merupakan individu-individu tersendiri. Beberapa kasus terjadi dalam satu individu ditemukan lobi gonad jantan dan lobi gonad betina. Perbedaan kelamin itu bahkan terjadi pada bagian lobus gonad, merupakan ovotestis. Namun yang terakhir ini sulit diamati dan umumnya telur yang dihasilkan tidak fertil HARVEY (1956). Kasus yang umum adalah seperti pada yang pertama, terjadinya testis dan ovary pada satu individu dalam lobus yang berbeda (Gambar 1). Masing-masing berkembang dengan baik dan normal. Perkembangan telur yang dibuahi oleh sperma sendiri (dari individu hermaphrodit) masih diragukan. Tapi hal ini bisa terjadi karena pembuahan bersifat eksternal di dalam air laut. Sperma baru bersifat motile setelah dikeluarkan dalam laut.

Meskipun beberapa kasus pernah dilaporkan, hermaphroditisme pada bulu babi adalah suatu hal yang jarang terjadi dan merupakan kelainan (BOOLOOTIAN & MOORE 1956). Beberapa jenis bulu babi dilaporkan ditemukan kasus hermaphrodit, yaitu *Arbacia punctulata*, *A. lixula*, *A. pustulosa*, *Dendraster excentricus*, *Echinocardium cordatum*, *Echinus esculentus*, *Paracentrotus lividus*, *Psammechinus tuberculatus*, *Strongylocentrotus franciscanus*, *S. purpuratus*, *S. pulcherimus*, *S. droebachiensis*, *Sphaerechinus granularis*.

GONAD SEBAGAI PRODUK TELUR

Dalam dunia perikanan gonad bulu babi disebut sebagai "telur" atau "roe". Sebagai organ reproduksi maka gonad merupakan "pabrik" benih yang dipastikan merupakan timbunan protein berkualitas tinggi. Dengan demikian tidak mengherankan kalau diburu sebagai bahan pangan (sumber protein hewani) (DARSONO 1982).



Gambar 7. Kenampakan perkembangan gonad dilihat dari sisi oral, kasus pada *Echinometra mathaei* (TAHARA & OKADA 1968).
A dan B, tahap 1; C dan D, tahap 2; E, tahap 3; F tahap 4.
ab.s = aboral sinus; gd = genital duct; go = gonad; gp = genital pore;
g.pl = genital plate; gr = genital ridge.

Sejalan dengan perkembangan (maturation/gonadogenesis) gonad, maka tekstur gonad mengalami perubahan. Gonad pada tingkat matang (mature) bertekstur lunak dan berlendir. Pada keadaan ini sebagai produk perikanan bukanlah bentuk yang diinginkan. Sebagai produk perikanan maka telur yang dikehendaki adalah yang bertekstur padat dan kompak. Kondisi ini terjadi pada saat setelah fase pijah lanjut (post spawning/recovery), dan menurun sepanjang pematangan gonad (BERNARD 1977). Keadaan ini tidak bertentangan dengan usaha pelestariannya. Secara teoritis telur sebaiknya dipanen setelah musim pemijahan terjadi, sehingga kesempatan pembuahan di alam tidak terputus yang memungkinkan terjadinya larva-larva baru. Dengan demikian timbulnya penambahan (recruitment) anggota populasi baru tetap terjaga.

Kualitas telur tidak bergantung pada tingkat perkembangan gametogenesis (BERNARD 1977). Kualitas telur bulu babi merupakan hasil akumulasi nutrient. Berat telur bisa mencapai lebih 25% berat individu tergantung kepadatan populasi dan tersedianya cukup makanan di alam.

DAFTAR PUSTAKA

- BERNARD, F.R. 1977. Fishery and reproductive cycle of the red sea urchin, *Strongylocentrotus franciscanus*, in British Columbia. *J. Fish. Res. Board Can.* 34 : 604-610.
- BOULLOTIAN, R.A. and A.R. MOORE. 1956. Hermaphroditism in Echinoids. *Biol. Bull.* 111 : 328-335.
- DARSONO, P. 1982. "Bulu babi" sebagai sumber protein hewani. *Pewarta Oseana* VIII (5) : 1-7.
- FUJI, A. 1960. Studies on the biology of the sea urchin. I. Superficial and histological changes in gametogenic process of two sea urchin, *Strongylocentrotus nudus* and *S. intermedius*. *Bul. Fac. Fish. Hokkaido Univ.* 11 (1) : 1-14.
- HARVEY, E.B. 1956. Sex in sea urchin. *Publ. Staz. Zool. Napoli* 28 : 127 - 135.
- TAHARA, Y. and M. OKADA 1968. Normal development of secondary sexual characters in the sea urchin, *Echinometra mathaei*. *Publ. Seto. Mar. Biol. Lab.* XVI (1) : 41-50.
- TAHARA, Y., M. OKADA and N. KOBAYASHI 1958. Secondary sexual characters in Japanese sea urchins. *Publ. Seto Mar. Biol. Lab.* VII (1) : 165 - 174.
- TAHARA, Y., M. OKADA and N. KOBAYASHI 1960. Further notes on the sexual dimorphisms in Japanese sea urchins. *Publ. Seto Mar. Biol. Lab.* VIII (1) : 183-189.
- YOSHIDA, M. 1952. Some observations on the maturation of the sea urchin, *Diadema setosum*. *Annot. Zool Japan.* 25 (1&2) : 265-271.