

Edisi kali ini menyampaikan artikel tentang Genetika untuk Konservasi. Kabar tentang publikasi pada jurnal internasional dan kelulusan mahasiswa UNIPA juga disampaikan pada edisi ini. Tinjauan Invertebrata Raja Ampat dan Belajar DNA disajikan seperti edisi sebelumnya. Kali ini belajar DNA tentang mutasi. Selamat membaca!!!

Genetika untuk Konservasi

Salah satu tujuan utama konservasi seperti yang didefinisikan dalam Strategi Konservasi Dunia (1980) adalah pelestarian keanekaragaman genetik: yaitu, pelestarian berbagai macam spesies, keragaman genetik spesies-spesies, dan karakteristik setiap ekosistem. Ini pengakuan pentingnya memasukkan prinsip-prinsip genetik ke dalam teori dan praktek konservasi sesuai dengan konsep konservasi sebagai "retensi jangka panjang komunitas alami di bawah kondisi yang memberikan potensi untuk melanjutkan evolusi" (Frankel & Soule 1981).

Membicarakan konservasi dari sudut pandang Genetika melahirkan ilmu Genetika Konservasi. Genetika Konservasi adalah ilmu yang relatif baru dan penting dipelajari untuk menjaga kelestarian sumberdaya alam yang ada. Ilmu dan teknologinya dapat memberikan pemahaman tentang genetik dan perlindungannya. Konservasi genetik dapat menjadi pilihan dalam menyediakan teori penting bagi setiap program manajemen biologis, tetapi juga teknologi untuk memungkinkan informasi yang diperlukan untuk dikumpulkan.

Di luar negeri, prinsip dan data genetik telah dimasukkan dalam banyak rencana pengelolaan untuk perlindungan spesies (misalnya, burung hantu terlihat, Barrowclough dan Coats 1985: beruang grizzly, Shaffer 1983).

Genetika Konservasi adalah teori dan praktek genetik dalam konservasi spesies sebagai entitas yang dinamis, yang mampu berkembang untuk mengatasi perubahan lingkungan untuk meminimalkan risiko kepunahan (Frankham dkk. 2002). Genetika Konservasi dapat juga didefinisikan sebagai ilmu multidisiplin yang berasal dari berbagai latar belakang ilmu, teori dasar dan ilmu terapan, yang menggunakan pendekatan genetik untuk mengelola dan memanfaatkan keragaman hayati secara berkelanjutan. Genetika Konservasi penting untuk memahami dasar ilmiah peningkatan membahayakan dan kepunahan banyak spesies di seluruh dunia.

Meskipun faktor-faktor ekologi, ekonomi, dan politik menjadi perhatian utama untuk menghindari kepunahan spesies langka, genetika konservasi telah menjadi fokus dalam upaya konservasi. Hal ini terutama didukung oleh teknik molekuler yang memfasilitasi kajian genetika spesies yang terancam punah. Pengelolaan berdasarkan genetik ini bertujuan agar keragaman hayati tetap lestari sehingga nilai manfaat keragaman hayati dapat diraih dan berlangsung lama serta lestari.

Sebagai suatu ilmu, Genetika Konservasi dapat mengungkap ketidakpastian taksonomi dan penggambaran unit manajemen. Hal ini termasuk manajemen genetik populasi kecil untuk menjamin keragaman genetik dipertahankan sebanyak mungkin, serta penggunaan forensik dari analisis genetika molekuler untuk meningkatkan pemahaman kita tentang biologi spesies. Genetika Konservasi fokus pada proses dalam populasi kecil, terfragmentasi, dan menggunakan pendekatan praktis yang dirancang untuk meminimalkan kecenderungan yang berbahaya. Ukuran populasi kecil biasanya menjadi alasan utama hilangnya keanekaragaman genetik, sedangkan aliran gen terbatas dapat mencegah pertukaran alel antara populasi terfragmentasi (Frankham dkk. 2002).

Definisi Genetika Konservasi

Genetika Konservasi adalah ilmu dasar dan ilmu terapan campuran ekologi, biologi molekuler, genetika populasi, pemodelan matematika dan sistematika evolusi (pembangunan hubungan keluarga). Menurut Frankham dkk (2002) Genetika Konservasi adalah penggunaan genetika untuk melestarikan spesies sebagai entitas dinamis yang mampu mengatasi perubahan lingkungan. Genetika Konservasi adalah ilmu yang mempelajari pola atau proses genetik dalam konteks yang menginformasikan upaya konservasi (Avisé 2008).

Buletin KBR4 adalah bagian proyek *Marine Biodiversity of Raja Ampat Islands* yang didanai oleh program USAID PEER dan dikerjakan oleh Universitas Papua (sebelumnya Universitas Negeri Papua), Universitas Brawijaya, Conservation International, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Indonesian Biodiversity Research Center dengan partner US Paul H. Barber (University of California, Los Angeles), Christopher Meyer (Smithsonian Institution) dan Kent Carpenter (Old Dominion University).

Genetika untuk Konservasi: Lanjutan

Genetika Konservasi didefinisikan juga sebagai penerapan genetika untuk melestarikan spesies sebagai entitas yang dinamis yang mampu mengatasi perubahan lingkungan. Ini meliputi manajemen genetik populasi kecil, resolusi ketidakpastian taksonomi, mendefinisikan unit pengelolaan dalam spesies dan penggunaan analisis genetik molekular dalam forensik dan pemahaman biologi spesies. Genetika Konservasi berevolusi dari populasi genetika, genetika kuantitatif dan evolusi, sebagian sebagai akibat dari kontroversi yang sedang berlangsung antara ilmuwan dan pembuat kebijakan pada relevansi pertimbangan genetik untuk perencanaan konservasi bagi populasi alami dan budidaya.

Genetika Konservasi didefinisikan juga sebagai ilmu yang relatif baru dan penting dipelajari untuk menjaga kelestarian sumberdaya alam yang ada. Ilmu dan teknologinya dapat memberikan pemahaman tentang genetik dan perlindungannya. Konservasi genetika dapat menjadi pilihan dalam menyediakan teori penting bagi setiap program manajemen biologis, tetapi juga teknologi untuk memungkinkan informasi yang diperlukan untuk dikumpulkan. Di luar negeri, prinsip dan data genetik telah dimasukkan dalam banyak rencana pengelolaan untuk perlindungan spesies (misalnya, burung hantu terlihat, Barrowclough dan Coats 1985; beruang, Shaffer 1983).

Genetika Konservasi adalah teori dan praktek genetika dalam konservasi spesies sebagai entitas yang dinamis, yang mampu berkembang untuk mengatasi perubahan lingkungan untuk meminimalkan risiko kepunahan (Frankham dkk. 2002). Genetika Konservasi dapat juga didefinisikan sebagai ilmu multidisiplin yang berasal dari berbagai latar belakang ilmu, teori dasar dan ilmu terapan, yang menggunakan pendekatan genetik untuk mengelola dan memanfaatkan keragaman hayati secara berkelanjutan. Genetika Konservasi penting untuk memahami dasar ilmiah peningkatan membahayakan dan kepunahan banyak spesies di seluruh dunia.

Fungsi Genetika Konservasi

Fungsi Genetika Konservasi dikelompokkan dalam tiga kelompok, yaitu sebagai ilmu, alat dan pedoman. Genetika Konservasi dapat sebagai ilmu murni dan ilmu terapan. Sebagai ilmu murni Genetika Konservasi ditunjang oleh ilmu dasar lain, seperti kimia, fisika dan matematika, biologi, biologi sel, histologi, biokimia, fisiologi, anatomi, embriologi, taksonomi dan evolusi. Sebagai ilmu terapan Genetika Konservasi menunjang banyak bidang kegiatan ilmiah dan pelayanan masyarakat. Genetika Konservasi berfungsi sebagai alat untuk memantau dan menganalisis populasi serta sebagai pedoman untuk analisis, mempertahankan dan menentukan prioritas variasi genetik.

Tujuan Genetika Konservasi

Tujuan konservasi adalah menjaga penghalang bangunan evolusi untuk meningkatkan evolusi agar bisa meningkatkan peluang pemulihan; mempertahankan keturunan atau garis sejarah dalam pola sejarah, memperkuat "organisme yang tepat", dan mencapai kelangsungan populasi jangka panjang.

Genetika konservasi memiliki tujuan mempertahankan keragaman genetik suatu populasi spesies untuk melindungi keberadaannya di alam hingga masa yang akan datang. Mempertahankan keragaman genetik merupakan komponen penting dari konservasi. Ukuran populasi minimal beberapa ratus hingga beberapa ribu diperlukan untuk mempertahankan tingkat alami variasi genetik dan karenanya kelangsungan hidup dan kebugaran (kelangsungan hidup dan keberhasilan reproduksi) dan kemampuan beradaptasi terhadap perubahan lingkungan.

Menurut Triggs (1988) tujuan utama genetika konservasi adalah pelestarian keanekaragaman genetik dalam komunitas ekologi, serta dalam spesies dan populasi. Genetika konservasi sangat peduli dengan spesies langka dan terancam punah: yaitu, spesies dengan distribusi terbatas dan jumlah rendah atau spesies dengan jumlah yang lebih tinggi tetapi dipisahkan menjadi beberapa bagian kecil, populasi terisolasi. Kekhawatiran ini muncul dari cepat hilangnya variasi genetik, dan dengan demikian meningkatkan kemungkinan kepunahan, pada populasi kecil dan terisolasi.

Genetika Konservasi terutama digunakan untuk dua tujuan; pertama untuk membantu para ilmuwan dengan mendefinisikan, menggambarkan dan memprioritaskan unit langka untuk konservasi dan kedua, untuk memberikan wawasan untuk memilih metode terbaik untuk mempertahankan unit-unit tersebut (Carty dkk. 2009).

Genetika Konservasi memiliki tujuan mempertahankan keragaman genetik pada suatu populasi spesies untuk mempertahankan keberadaannya di alam pada masa yang akan datang. Menurut Frankham (2002) aktivitas Genetika Konservasi meliputi: manajemen genetik populasi kecil hingga retensi maksimum keragaman genetik dan mengurangi inbreeding; resolusi ketidakpastian taksonomi dan deliniasi unit manajemen; serta menggunakan analisis genetik dalam forensik dan untuk memahami biologi spesies.

Publikasi Artikel

Pengelola MB-RAI mempublikasikan artikel berjudul "Color diversity and distribution of sea urchin *Tripneustes gratilla* in Cenderawasih Bay ecoregion of Papua, Indonesia" di the Egyptian Journal of Aquatic Research (*hosted by Elsevier*). Artikel ini dikirimkan dan diterima oleh dewan redaksi pada 2 Maret 2015 lalu direvisi hingga 20 April 2015 dan disetujui untuk diterbitkan pada 1 Mei 2015. Artikel tersedia secara online pada 21 Juli 2015.

Artikel membahas hasil penelitian variasi dan pola warna dari 107 individu *T. gratilla* yang dikoleksi dari lima perairan berbeda di ekoregion Teluk Cenderawasih yaitu Manokwari, Biak, Yapen, Wasior dan Nabire. Artikel lengkap dapat diakses di <http://www.journals.elsevier.com/egyptian-journal-of-aquatic-research/recent-articles/> atau melalui <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1687428515000424>.

Egyptian Journal of Aquatic Research (2015) 41, 273–278



FULL LENGTH ARTICLE

Color diversity and distribution of sea urchin *Tripneustes gratilla* in Cenderawasih Bay ecoregion of Papua, Indonesia



Abdul Hamid A. Toha ^{a,b}, Sutiman B. Sumitro ^b, Widodo ^{b,*}, Luchman Hakim ^b

^a Fishery Department of the State University of Papua, Manokwari, West Papua, Indonesia
^b Biology Department, Brawijaya University, Malang, East Java, Indonesia

Received 2 March 2015; revised 20 April 2015; accepted 1 May 2015
 Available online 21 July 2015

KEYWORDS

Color variation;
 Color distribution;
 Sea urchin;
Tripneustes gratilla;
 Cenderawasih Bay

Abstract *Tripneustes gratilla* is a sea urchin with a variety of colors, which is associated with adaptability to the environment. The color diversity of sea urchin in the Cenderawasih Bay ecoregion has not been studied yet. Therefore, we investigated the habitat influences on color pattern and distribution of *T. gratilla* at Cenderawasih Bay. One hundred and seven individuals of *T. gratilla* were randomly collected in 5 different locations in Cenderawasih Bay. There are 35, 30, 13, 20 and nine individuals from Manokwari, Wasior, Biak, Nabire, and Yapen, respectively. The result showed the test (skeleton), spine, and tube feet color of *T. gratilla* in Cenderawasih Bay have 31 different colors. Tangency analysis indicated that the color diversity was associated with location site of *T. gratilla* at Cenderawasih Bay. Black-white is dominant test color of *T. gratilla* and occurs in all populations, whereas dark purple-orange only occurs in Wasior population. Five spine colors of *T. gratilla* were not uniformly distributed in all populations. The white color spine is dominant and occurs at all locations while reddish orange occurs only in Wasior. Moreover, the color of tube feet is very influenced by the environment.

© 2015 National Institute of Oceanography and Fisheries. Hosting by Elsevier B.V. This is an open access

Lagi, Menyelesaikan Pendidikan

Dwi Wardiyanto adalah mahasiswa Jurusan Perikanan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan UNIPA yang menyelesaikan pendidikan strata satu pada bulan ini. Dwi melakukan penelitian dengan topik Bioekologi dan karakter DNA gen *control region Aplocheilu panchax* atas bimbingan Lutfi, S.Pi, M.Si, dan Ir. M. Takdir, MP.

Ayu Wulan Sari, mahasiswa Jurusan Biologi FMIPA UNIPA, juga menyelesaikan pendidikan strata satunya pada edisi kali ini. Judul tugas akhir Ayu adalah Keragaman genetik populasi udang galah dari sungai Ajkwa dan Kamora Kabupaten Mimika Papua. Ayu

dibimbing oleh Robi Binur, S.Si, M.Si dan Sabarita Sinuraya, S.Si, M.Si.

Dwi dan Ayu akan mengikuti wisuda pada 26 Agustus 2015 bersama dengan lulusan lain termasuk Fitri Basuki dan Hesti Pasangkunan yang telah mengikuti ujian akhir terlebih dahulu. Mereka telah menambah jumlah lulusan asal UB dan UNIPA yang bekerja di Lab Genetika UNIPA yang mendapat dukungan proyek MB-RAI.

Bulu babi *Tripneustes gratilla* Raja Ampat

Abdul Hamid A. Toha, Nashi Widodo, Luchman Hakim, Sutiman B. Sumitro

Abstrak

Tripneustes gratilla (Linnaeus 1758) adalah salah satu dari tiga spesies bulu babi dalam genus *Tripneustes* L. Agassiz 1841. Artikel ini mengulas *T. gratilla* dalam berbagai aspek diantaranya adalah aspek reproduksi, morfologi, distribusi dan habitat serta status konservasinya.

Pendahuluan

Perairan Raja Ampat memiliki berbagai jenis bulu babi baik bulu babi regular maupun non regular. Beberapa bulu babi regular yang umum ditemukan di perairan ini diantaranya adalah *Echinometra mathei*, *Diadema setosum*, *D. savinyi*, dan *Tripneustes gratilla*.

T. gratilla Raja Ampat memiliki morfologi dengan warna bervariasi dan terdistribusi pada berbagai habitat termasuk di lamun, karang, pasir, lumpur dan habitat lain. Spesies yang memiliki peran penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem ini diantaranya dimanfaatkan oleh masyarakat lokal sebagai sumber pangan alternatif.

Spesies dengan beragam nama lokal Papua seperti *Asarwae*, *Soroaki*, *Isarwae*, *Soroaku*, *Sarwake*, *Ansam* (Fakfak, Biak, Serui-Papua) ini status konservasinya belum dianalisis. Meskipun demikian, pada tingkat lokal, spesies dapat terancam karena berbagai sebab. Oleh karena itu, upaya konservasi *T. gratilla* perlu dipikirkan untuk mendapatkan manfaat organisme dalam jangka panjang. Artikel ini mengulas *T. gratilla* dari berbagai aspek termasuk diantaranya ekologi, genetik, biologi dan termasuk aspek konservasi.

Peran

Bulu babi tergolong organisme laut multi fungsi (Toha 2006). *T. gratilla* dapat dipertimbangkan sebagai agen kontrol biologi (Stimson dkk., 2007). Bulu babi juga sering digunakan sebagai organisme model untuk

mempelajari biologi reproduksi, embriologi, toksikologi, regulasi gen, dan biologi evolusi. Hewan ini dapat juga dijadikan sebagai bioindikator perairan laut. Pengujian zat beracun pada gamet, embrio dan larva bulu babi dapat digunakan untuk skrining cepat, murah dan dapat diandalkan untuk studi rinci tentang mekanisme aksi bulu babi.

T. gratilla memainkan peran penting secara ekologi dalam berbagai habitat dengan daur ulang nutrisi langsung maupun tidak langsung (Lawrence & Agatsuma 2007). Menurut Koike dkk. (1987) *T. gratilla* memberikan kontribusi signifikan pada siklus ulang nitrogen karena komunitas biologis terkait daun mati dan kotoran bulu babi cenderung membutuhkan sediaan eksternal nitrogen seperti amonium.

Reproduksi

T. gratilla adalah organisme gonotropik, meski sulit membedakan antara jantan dan betina. Sebagai organisme gonotropik, *T. gratilla* harus melakukan reproduksi seksual untuk menghasilkan keturunannya. Reproduksi terjadi melalui proses pemijahan dan fertilisasi eksternal.

Sistem reproduksi bulu babi terdiri atas lima gonad baik betina maupun jantan. *T. gratilla* jantan dan betina terpisah tetapi tidak dapat dibedakan dari tampilan eksternal kecuali gonad dalam kondisi matang. Warna gonad betina biasanya jingga terang dan semen jantan kuning terang. Gonad bukan hanya sumber telur atau sperma yang disebut sebagai *roe*, tetapi juga sebagai organ penyimpanan makanan utama (Bruce 1988).

Ukuran gonad maksimum *T. gratilla* dapat mencapai 10-15% dari berat badan bersih. Berat total individu *T. gratilla* skala laboratorium antara 25-89 gr terhadap persentase berat total gonad atau variasi ukuran berat gonad antara 0,203 -1,925 gr atau setara dengan 0,003-0,042% dari berat total tubuh.

Gonad *T. gratilla* berkembang pada diameter sekitar 50 mm saat usia kurang dari 1 tahun. Indeks gonad *T. gratilla* meningkat ketika ukurannya mencapai 70 mm dan tidak berkurang dengan peningkatan ukuran sampai 100 mm. Tingkat kematangan gonad (TKG) *T. gratilla* berturut-turut TKG 0 (netral), TKG 1 (awal), TKG 2 (tumbuh), TKG 3 (matang awal), TKG 4 (matang), dan TKG 5 (memijah) bervariasi menurut waktu pengamatan (Radjab 1997).

Musim pemijahan *T. gratilla* bervariasi, bisa saat musim gugur, musim semi, musim panas hingga berakhir musim gugur. Masa pemijahan diduga antara Agustus-September dan berlanjut hingga pertengahan Oktober atau dapat memijah sepanjang tahun. Aktivitas gametogenik dapat juga terjadi sepanjang tahun.

Fertilisasi gonad betina oleh gonad jantan terjadi di dalam kolom air (fertilisasi eksternal). Gamet yang terbentuk membelah pada tahap beberapa tahap. Larva *T. gratilla* mengalami metamorphosis sekitar 18 hari (Mortensen 1937) di laboratorium, dan sekitar 30 hari di laboratorium Taiwan (Chen & Run 1988).

Pertumbuhan *T. gratilla* cepat dengan tingkat sama selama awal tahun. Shimabukuro (1991) melaporkan pertumbuhan diameter *T. gratilla* antara 60-70 mm. Pertumbuhan spesies ini dapat mencapai 60 mm selama 5 bulan di Philipina (Bacolod & Dy 1986) dan di Teluk Aqaba (Dafni 1992). Pertumbuhan diameter cangkang *T. gratilla* di Tamedan, Maluku Tenggara, rata-rata 0,05 mm/hari, sedangkan pertumbuhan berat rata-rata 0,10 gram/hari (Radjab 1997).

Morfologi

T. gratilla adalah jenis bulu babi regular (bentuk bola) dengan karakter warna tubuh bervariasi. *T. gratilla* terbungkus oleh suatu struktur berupa cangkang yang terdiri atas lempeng-lempeng yang menyatu membentuk kotak tempat organisme melakukan aktivitas kehidupannya. Cangkang atau dikenal juga dengan sebutan *shell* atau *test* (kulit, rumah) merupakan bagian tubuh yang menentukan morfologi *T. gratilla* secara umum. Ukuran cangkang cukup besar dengan diameter rata-rata 16,5-120 mm. Saat dewasa dapat mencapai ukuran tertinggi yang

bervariasi antara 108-155 mm.



T. gratilla. *T. gratilla* (Linnaeus 1758) termasuk dalam kingdom Animalia, filum Echinodermata, subfilum Echinozoa, kelas Echinoidea, sub kelas Euechinoidea, infra kelas Carinacea, superordo Echinacea, ordo Camarodonta, infra ordo Echinidae, super famili Odontophora, famili Toxopneustidae dan genus *Tripneustes* (Linnaeus 1758) (Kroh 2015).

Cangkang terbagi atas kutub bagian atas dan bawah. Kedua kutub dipisahkan oleh ambitus (lingkaran horizontal dan mempunyai diameter besar). Setiap kutub berakhir dengan suatu bukaan melingkar yang tertutup suatu pelat. Kutub atas (sisi aboral) disebut pelat periproktal serta kutub bawah (sisi oral) disebut pelat peristom.

Permukaan tubuh memiliki duri pendek dan kaki tabung serta dapat digerakkan untuk membentuk semacam persendian pada permukaan tubuhnya. Duri *T. gratilla* terdiri atas duri-duri utama atau *primary spines* dan duri-duri kecil atau *secondary spines*. Duri utama terletak di keping interambulakral sedangkan duri-duri sekunder tersebar di pelat ambulakral dan interambulakral. Kedua jenis duri cukup aktif dan diikat oleh otot di tuberkel tabung atau cangkang.

Distribusi dan Habitat

T. gratilla ditemukan di perairan sangat dangkal hingga kedalaman 75 m. Spesies ini mendiami berbagai jenis habitat termasuk padang lamun, alga dan mikroalga, pasir dengan pecahan karang, dan rata-rata terumbu. *T. gratilla* juga menghuni terumbu karang datar sampai tepi yang biasanya terdapat goba berpasir putih yang banyak ditumbuhi lamun dan alga.

T. gratilla paling umum di zone intertidal dan litoral terumbu karang dengan kondisi habitat perairan *T. gratilla* berturut-turut: suhu 30- 31°C, salinitas 30 – 32‰ dan pH 7,3 - 8.

T. gratilla tersebar luas di perairan Indo-Pasifik. Selain di Raja Ampat, spesies ini tersebar di kawasan Indonesia bagian timur (Aziz 1993) kecuali Laut Arafura (Clark 1946). *T. gratilla* juga ditemukan di Perairan Indonesia lainnya (Supono & Arbi 2010, Susetiono 2004, Tuwo 1995, Yusron 2006, Syam dkk. 2002, Kasim 2009) termasuk Perairan Papua lain (Radjab 2004, Toha & Fadli 2008, Toha dkk. 2012).

Kebiasaan Makan

Bulu babi umumnya herbivora meskipun beberapa spesies mengkonsumsi materi hewan (Lawrence 1975). Menurut de Loma (dkk. 2002), bulu babi memakan lamun, materi detrital, juga mikro dan makroalga epifit dan epibentik. Makanan *T. gratilla* bervariasi sesuai dengan habitat (Lawrence & Agatsuma 2007) dan fase perkembangan.

Selama fase larva *T. gratilla* masih menggunakan makanan maternal yang dikandung dari kuning telur. Makanan maternal digunakan untuk bahan bakar pembangunan larva (Byrne dkk. 2008, 2008a). Setelah saluran pencernaan terbentuk, larva memasuki masa makan fakultatif. Selama periode ini, larva dapat makan tetapi tidak membutuhkan makanan untuk melanjutkan pertumbuhan karena beberapa nutrisi maternal masih tersedia. Periode makan fakultatif berakhir setelah cadangan energi telur habis (Reitzel dkk. 2005). Periode selanjutnya larva makan wajib tergantung pada nutrisi eksternal untuk pertumbuhan juvenil benthik. Embrio pra makan tidak dapat memakan fitoplankton dan akan memunculkan sel-sel epitel permukaan yang dapat mendeteksi kehadiran partikel-partikel makanan dan secara potensial menguraikan senyawa organik (Miner 2007).

T. gratilla berukuran sangat kecil memakan sesil diatom dan individu besar memakan makroalga (*Sargassum* spp., rumput laut, dan mikroflora). *T. gratilla* dewasa tergolong omnivora. *T. gratilla* memakan lamun *Cymodocea* spp., *E. acoroides*, *Halophila ovalis*, *S. isoetifolium*, *T. hemprichii*, *T.*

ciliatum, *C. rotundata*, *Halodule uninervis*. *T. gratilla* tergolong *nocturnal feeding* (makan saat malam) dan *diurnal grazing* dapat mengindikasikan tingkah laku pola makan predator.

Umumnya *T. gratilla* merumput dekat substrat serta memakan berbagai alga, peripiton, dan lamun serta krustasea dan moluska. Percobaan skala laboratorium menunjukkan *T. gratilla* menyukai alga coklat *Ecklonia radiata* segar dan tidak menyukai *E. radiata*, *Sargassum linearifolium* dan *U. lactuca* dalam keadaan kering.

Tingkah Laku

Pola sebaran individu bulu babi *T. gratilla* umumnya mengelompok (*clumped distribution*) (Syam dkk. 2002). Secara umum tingkah laku bergerombol dan kepadatan tinggi echinoid dilaporkan untuk meningkatkan keberhasilan fertilisasi (Levitan 2004). *T. gratilla* di Indonesia dan Philipina ditemukan tumpang tindih dengan *Toxopneustes pileolus*, *Mespilia globules*, *Temnotrema toreumaticus*, dan *Pseudoboletia maculata* meskipun cenderung hidup menyendiri (Aziz 1993).

Meskipun demikian *T. gratilla* dapat ditemukan hidup berjauhan antara individu satu dengan lainnya. Nojima & Mukai (1985) menemukan *T. gratilla* cenderung berpasangan. Sementara, Shimabukuro (1991) jarang menemukan *T. gratilla* bersentuhan satu dengan yang lain, bahkan pada kepadatan tinggi. Maharavo dkk. (1994) menemukan *T. gratilla* mempunyai distribusi acak di Madagascar.

Predator dan Sistem Pertahanan

T. gratilla adalah hewan laut yang menjadi mangsa beberapa predator. Umumnya gonad dan isi cangkang merupakan incaran predator *T. gratilla*. Beberapa jenis predator bulu babi saat dewasa adalah ikan karang seperti parrotfish, triggerfish dan puffers (Mahon & Parker 1999). Bulu babi di padang lamun juga menjadi predator jenis gastropoda (misalnya *Cassia* sp.) (Tertsching 1989). Predator bulu babi di terumbu karang adalah triggerfish (Balistidae) dan wrasse (Labridae) (McClanahan & Muthiga 1989, McClanahan & Obura 1995).

Manusia juga termasuk predator *T. gratilla* karena gonadnya dikonsumsi dan diperdagangkan oleh manusia. Predator utama *T. gratilla* di kawasan yang terlindung (MPA, *marine protected area*) dan memiliki daerah dasar kasar adalah bintang laut (terutama *Protoreaster linki*) (Shears & Babcock 2002, Bonaviri dkk. 2009, Eklöf dkk. 2009). McClanahan dkk (2006) dan Eklöf dkk. (2009) mengelompokkan predator *T. gratilla* di kawasan MPA dan non MPA terdiri atas asteroidea, gastropoda, balistidae, labridae.

Urutan Nukleotida

Penelusuran sekuen nukleotida di NCBI (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/nucleotide>) menemukan 138 sekuen nukleotida yang termasuk dalam 18 kelompok terkait dengan *T. gratilla*. Sekuen tersebut berasal dari nukleotida mtDNA dan nDNA. Sekuen nukleotida mtDNA diantaranya dari gen COI, gen 16S rRNA, ND1, dan gen ND2. Sekuen nukleotida DNA inti meliputi mikrosatelit klon Tgr-A11, mikrosatelit klon Tgr-B11, mikrosatelit klon Tgr-B119, mikrosatelit klon Tgr27, gen beta-catenin mRNA, gen pengkode protein 217g, gen aktin Cyl=Tg616, gen mRNA protein pengikat laminin, gen rantai berat dynein mRNA, gen rRNA 18S, gen mRNA toposom.

Sekuen nukleotida ada yang ditampilkan secara lengkap, dan sebagian lain merupakan urutan nukleotida parsial. Panjang nukleotida gen atau fragmen gen yang ditemukan berkisar dari 69 (mRNA parsial rantai berat beta dynein, kode akses AF254953.1) sampai 7542 (elemen seperti retrovirus, kode akses M75723.1). Sekuen yang memiliki banyak sampel berasal dari kelompok parsial COI (84 sekuen) dan paling sedikit berasal dari kelompok sekuen gen pengatur ektodermal, gen pengkode protein, elemen retrovirus, mRNA toposom, mRNA beta katenin, gen 16S rRNA mtDNA, protein pengikatan laminin mRNA, protein morfogenetik tulang, gen ND1, ND2, gen 18S rRNA, aktin Cyl, dan Protein homeodomain mRNA masing-masing memiliki 1 sekuen.

Hasil sekuensing *T. gratilla* asal perairan Raja Ampat belum ada di genbank. Hasil penelitian kami juga belum sampai ke tahap menentukan

urutan nukleotida *T. gratilla* asal perairan Raja Ampat.

Status Konservasi

Sampai saat ini status *T. gratilla* belum dianalisis untuk daftar merah IUCN, tetapi masuk dalam the Catalogue of Life: *Tripneustes gratilla* (The IUCN 2015).

Secara umum, bulu babi memiliki ciri biologis yang membuatnya rentan terhadap eksploitasi berlebihan termasuk siklus reproduksi yang kompleks (beberapa dengan waktu matang terlambat), kepadatan yang tergantung reproduksi, tahap larva kompleks dan tingkat sporadik perekrutan. Di samping itu, spesies bulu babi paling menyukai habitat tertentu dan bergerak lambat, yang membatasi distribusi bulu babi dan membuatnya rentan terhadap kepunahan lokal.

Oleh karena itu, perlu upaya konservasi untuk mempertahankan bulu babi umumnya dan *T. gratilla* secara khusus. Beberapa langkah dapat ditempuh untuk konservasi bulu babi seperti: Pembatasan masuk (moratorium) diikuti oleh program aktif untuk mengurangi usaha laten, survei sumberdaya pada berbagai tingkat kompleks, menggunakan tangkap izin total tahunan berdasarkan analisis sumberdaya, dan manajemen zona dan daerah yang dapat berkembang pada titik panen rotasi, menggunakan ukuran resmi minimum (Williams, 2002).

Pendekatan takson, habitat dan pendekatan ekosistem perlu juga diterapkan untuk melindungi dan menjaga kelestarian bulu babi terutama *T. gratilla*. Pendekatan takson adalah upaya konservasi dengan fokus pada *T. gratilla* sebagai spesies tunggal. Ponder dkk. (2002) menyebutkan keuntungan dan kerugian pendekatan takson ini. Keuntungan pendekatan diantaranya adalah lebih fokus, berperan pada identifikasi, proteksi, dan manajemen tepat habitat meskipun tidak dilindungi dan menguntungkan bagi spesies lain yang berkaitan. Sementara kerugian pendekatan terutama adalah kurangnya pengetahuan mengenai status *T. gratilla* dan dapat mendorong perdagangan gelap. Pendekatan ini juga tidak memperhitungkan interaksi ekologi dan cenderung reaktif daripada pencegahan.

Pendekatan habitat merupakan upaya konservasi dengan menitikberatkan pada habitat *T. gratilla*. Upaya ini tentu juga memiliki keuntungan dan kelemahan (Ponder dkk. 2002). Mekanisme konservasi yang ada harus digabungkan dan diterapkan secara konsisten pada skala global. Manajemen perikanan bulu babi membutuhkan pendekatan ekosistem dengan meningkatkan pembagian informasi antara lembaga pemerintah, lembaga swadaya masyarakat dan akademisi, dan dialog antara semua pengguna, termasuk bergantung pada industry dan masyarakat sumberdaya bulu babi.

Perkembangan dan integrasi dari beberapa usulan ukuran dan pertimbangan perbedaan skala spasial (lokal, regional dan global) akan mengijinkan keberlanjutan menggunakan spesies bulu babi sebagai sumberdaya. Ada kebutuhan jelas untuk meningkatkan pengetahuan biologi kita tentang spesies target untuk menjamin bahwa keragaman dari kelompok ajaib ini dari hewan laut dipertahankan (Micael dkk. 2009).

Untuk sitasi artikel ini:

Toha, AHA, Widodo N, Hakim L, Sumitro SB (2015) Bulu babi *Tripneustes gratilla* Raja Ampat. *Kons. Biod. Raja Ampat* (7): 4-8.

Rujukan

- Aziz A (1993) Beberapa Catatan tentang Perikanan Bulu Babi. Dalam Pusat Pengembangan Oseanologi; Indonesia Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. Jakarta. *Oseana*, 18 (2) : 65-75.
- Bacolod PT, Dy DT (1986) Growth, recruitment pattern and mortality rate of sea urchin, *Tripneustes gratilla* Linnaeus, in a seaweed farm at Danahon Reef, Central Philippines. *Philipp Sci* 23: 1-14.
- Bonaviri C, Vega FT, Badalamenti F, Gianzugga P, Di Lorenza M, Riggio S (2009) Fish versus starfish predation in controlling sea urchin populations in Mediterranean rocky shores. *Mar Ecol Prog Ser* 382: 129-138.
- Bruce CA (1988) Sea urchins. *Infodiv International*, 3: 32-34.
- Byrne M, Prowse TAA, Sewell MA, Dworjanyn S, Williamson JE, Vaitilingon D (2008) Maternal provisioning for larvae and larvae provisioning for juveniles in the toxopneustid sea urchin *Tripneustes gratilla*. *Marine Biology* 155: 473-482.
- Byrne M, Sewell MA, Prowse TAA (2008a) Nutritional ecology of sea urchin larvae: influence of endogenous and exogenous nutrition on echinopluteal growth and phenotypic plasticity in *Tripneustes gratilla*. *Functional Ecology* 22: 643-648.
- Chen C-P, Run J-Q (1988) Some aspects on rearing larvae and larval development of *Tripneustes gratilla* (L.) (Echinodermata: Echinoidea). *Bull. Inst. Zool., Academia Sinica*, 27(3): 151-157
- Clark HL (1946) The echinoderm fauna of Australia. The Carnegie Institution of Washington Publication 566: 1-567.
- Dafni J (1992) Growth rate of the sea urchin *Tripneustes gratilla elatensis*. *Isr J Zool* 38:25-33
- De Loma TL, Conand CL, Harmelin-Vivien M, Ballesteros E (2002) Food selectivity of *Tripneustes gratilla* (L.) (Echinodermata: Echinoidea) in Oligotrophic and nutrient-enriched coral reefs at La Reunion (Indian Ocean). *Bull. Mar. Sci.*, 70: 927-938.
- Eklöf JS, Fröcklin, S, Lindvall A, Stadlinger N, Kimathi A, Uku JN, McClanahan TR (2009) How effective are MPAs? Predation control and 'spill-in effect' in seagrass-coral reef lagoons under constant fishery management. *Mar Ecol Prog Ser* 384: 83-96.
- Kasim M (2009) Grazing activity of the sea urchin *Tripneustes gratilla* in tropical seagrass beds of Buton Island, Southeast Sulawesi, Indonesia. *Journal of Coastal Development*. 13: 19-27.
- Koike I, Mukai H, Nojima S (1987) The role of the sea urchin *Tripneustes gratilla* (Linnaeus), in decomposition and nutrient cycling in a tropical sea grass bed. *Ecol Res* 2: 19-29.
- Kroh A (2015) *Tripneustes gratilla* (Linnaeus 1758). In: Kroh, A. & Mooi, R. (2015) World Echinoidea Database. Accessed through: World Register of Marine Species at <http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=212453> on 2015-4-07.
- Lawrence JM (1975). On the relationships between marine plants and sea urchins. *Oceanography and Marine Biology Annual Review* 13: 213-286.
- Lawrence JM, Agatsuma Y (2007) Ecology of *Tripneustes*. In: Lawrence JM, editor. *The biology and ecology of edible urchins*. pp.499-520. Elsevier Science, Amsterdam.
- Levitan DR (2004) density-dependent sexual selection in external fertilizers: Variances in male and female fertilization success along the continuum from sperm limitation for sexual conflict in the sea urchin *Strongylocentrotus franciscanus*. *Am Nat.* 164, No. 3, September 2004.
- Maharavo J, Marie-Berthe R, Bernard AT (1994) Food preference of *Tripneustes gratilla* (L.) (Echinoidea) on fringing reef flats off the NW Coast of Madagascar (SW Indian Ocean). *Echinoderms through time: proceedings of the eighth International Echinoderm Conference*. CRC Press pp 760-770.
- Mahon R, Parker C (1999) Barbados sea eggs, past, present, future. Fisheries Management Plan, Public Information Document No. 1. Barbados, Fisheries Division, Ministry of Aquaculture and Rural Development. 15 pp.
- McClanahan TR, Marnane MJ, Cinner JE Kiene WE (2006) Report. A Comparison of Marine Protected Areas and Alternative Approaches to Coral-Reef Management. *Current Biology* 16, 1408-1413. DOI 10.1016/j.cub.2006.05.062
- McClanahan TR, Muthiga NA (1989) Patterns of predation on a sea urchin *Echinometra mathaei* (de Blainville), on Kenyan coral reefs. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 126:77-94.
- McClanahan TR, Obura D (1995) Status of Kenyan coral reefs. *Coastal Management* 23: 57-76.
- Micael J, Alves MJ, Costa AC, Jones MB (2009) Exploitation and Conservation of Echinoderms. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*: 47, 191-208.
- Miner BG (2007) Larval feeding structure plasticity during pre-feeding stages of echinoids: not all species respond to the same cues. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 343: 158-165.
- Nojima S, Mukai H (1985). A preliminary report on the distribution pattern, daily activity and moving pattern of a seagrass grazer, *Tripneustes gratilla* (L.) (Echinodermata: Echinoidea), in Papua New Guinean seagrass beds. *Spec Publ Mukaishima Mar Biol Sta* 1989. Pp. 173-183.
- Mortensen T (1928-1951) A monograph of the Echinoidea. C.A. Reitzel, Copenhagen.
- Ponder W, Hutchings P, Chapman R (2002) Overview of the Conservation of Australian Marine Invertebrates. A Report for Environment Australia. July 2002. Australian Museum.
- Radjab AW (1997) Pertumbuhan dan reproduksi bulubabi *Tripneustes gratilla* di perairan Tamedan, Maluku Tenggara. *Prosiding Seminar Kelautan LIPI - UNHAS ke 1*. Ambon, Maret. 149 - 156.
- Radjab AW (2004) Sebaran dan kepadatan bulu babi di perairan Kepulauan Padaido, Biak Irian Jaya. *Dalam: Setyawan, W.B., Y. Witasari, Z. Arifin, O.S.R. Ongkosongo, S. Biro (eds). Jakarta: Pros. Sem. Laut Nasional III*.
- Reitzel AM, Miles CM, Heyland A, Cowart JD, McEdward LR (2005) The contribution of the facultative feeding perio to echinoid larval development and size at metamorphosis: a comparative approach. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 317: 189-201.
- Shimabukuro S (1991). *Tripneustes gratilla* (sea urchin). In: Shokita S, Kakazu K, Tomori A, Toma T (eds), Yamaguchi M (English ed) *Aquaculture in tropical areas*. Midori Shobo Co, Ltd, Tokyo, pp. 313-328.
- Shears NT, Babcock RC (2002) Marine reserves demonstrate top-down control of community structure on temperate reefs. *Oecologia* 132: 131-142.
- Stimson J, Cunha T, Philippoff J (2007). Food preferences and related behavior of the browsing sea urchin *Tripneustes gratilla* (Linnaeus) and its potential for use as a biological control agent. *Mar Biol* 151: 1761-1772.
- Supono, Arbi UY (2010) Struktur komunitas ekhinodermata di padang lamun Perairan Kema, Sulawesi Utara. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia*. 36 (3): 329-342.
- Susetiono (2004) Fauna padang/lamun Tanjung Merah, Selat Lembeh. Pusat Penelitian Oseanografi-LIPI. Jakarta: 106 hal.
- Syam AR, Edrus IN, Andamari R (2002) Populasi dan Tingkat Pemanfaatan Bulu Babi (*Echinoidea*) di Padang Lamun Pulau Osi, Seram Barat, Maluku Tengah. *JPPi Edisi Sumber Daya dan Penangkapan* 8 (4): 31 - 37.
- Tertschnig WP (1989) Diel activity patterns and foraging dynamics of the sea urchin *Tripneustes ventriosus* in a tropical seagrass community and a reef environment (Virgin Islands). *Marine Ecology* 10 (1): 3-21.
- The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2015-3. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 08 October 2015.
- Toha AHA (2006) Manfaat Bulu Babi. Dari Bahan Pangan sampai Organisme Hias. *Jurnal Perikanan dan Ilmu Perairan* 13 (1) : 77 - 82.
- Toha AHA, Fadli Z (2008) Keragaman spesies bulu babi (Echinoidea) di Perairan Manokwari. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*. Berkala Ilmiah Penelitian Perikanan dan Kelautan 4 (1):13-30.
- Toha AHA, Sumitro SB, Hakim L, Widodo (2012) Kondisi Habitat Bulu Babi *Tripneustes gratilla* (Linnaeus, 1758) di Teluk Cenderawasih. *Berk. Penel. Hayati* 17: 139-145.
- Tuwo A (1995) Aspek biologi bulu babi jenis *Tripneustes gratilla* di Pulau Kapopos, Dati II Pangkep, Sulawesi Selatan, *OseanaXX* (1): 21-29.
- Yusron E (2006) Keanekaragaman Echinodermata di Perairan Morotai Bagian Selatan, Maluku. *Oseana* 41(3): 13 - 20.
- Williams H (2002) Sea Urchin Fisheries of the World: A Review of their status, management strategies and biology of the principal species. Department of Primary Industries, Water and Environment, Tasmania.

Sekilas tentang Mutasi

Abdul Hamid A. Toha, Nashi Widodo, Luchman Hakim, Sutiman B. Sumitro

Abstrak

Mutasi adalah perubahan materi genetik (DNA atau RNA) pada tingkat gen atau pada kromosom. Mutasi merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi keanekaragaman makhluk hidup. Berbagai faktor menyebabkan terjadinya mutasi. Mutasi sendiri dapat dipelajari dalam tiga tingkatan berbeda, yaitu tingkat molekular, kromosom dan genom. Tulisan ini memberikan tinjauan singkat mengenai mutasi dalam arti umum.

Kata kunci: Mutasi, Tingkat Mutasi, Mutasi molekuler

Pendahuluan

Variasi genetik disebabkan oleh mutasi. Teori mutasi pertama kali dirumuskan oleh de Vries pada 1901. De Vries mendalilkan bahwa variasi genetik disebabkan oleh beberapa faktor yang tidak diketahui dan mengarah ke spesies baru. Meskipun asal usul spesies baru oleh mutasi tunggal terbukti salah, asal spontan variasi genetik baru didukung oleh banyak karya berikutnya. Sekarang, kita tahu bahwa berbagai faktor yang menyebabkan perubahan genetik fenotip. Hal ini dapat dipelajari melalui mutasi pada tiga tingkat yang berbeda, yaitu molekul, kromosom, dan tingkat genom.

Secara umum mutasi merupakan munculnya jenis sifat pewarisan baru pada makhluk hidup atau perubahan pada materi genetik. Mutasi dalam arti sempit merupakan perubahan dalam gen (intragenik). Mutasi dalam gen merupakan faktor penentu timbulnya keanekaragaman genetik yang berakibat pada timbulnya keanekaragaman dalam kehidupan. Mutasi dalam arti luas dapat disebabkan oleh tiga hal, yaitu mutasi noktah yang meliputi perubahan-perubahan pada kodon-kodon tunggal; aberasi kromosom yang menyebabkan perubahan bagian besar kromosom seperti inversi, translokasi dan duplikasi; dan perubahan dalam jumlah

kromosom. Sementara dalam arti sempit, mutasi terdiri atas dua kelompok besar, yaitu penggantian basa dan mutasi pergeseran kerangka.

Mutasi dapat menguntungkan dan merugikan. Klasifikasi mutasi dan keuntungannya disajikan untuk memberikan informasi singkat tentang mutasi materi genetik.

Keuntungan dan Kerugian

Umumnya mutasi menyebabkan gangguan pada kebugaran (*fitness*) individu, bahkan kematian. Meskipun demikian, mutasi dapat juga menguntungkan. Penelitian telah menunjukkan bahwa hanya 7% dari mutasi titik dalam DNA noncoding ragi yang merusak dan 12% di coding DNA yang merusak. Sisa mutasi baik, netral atau sedikit menguntungkan (Doniger dkk. 2008).

Mutasi DNA dapat menyebabkan kesalahan dalam urutan protein, menciptakan sebagian atau seluruh protein non-fungsional. Ketika mutasi mengubah protein, kondisi medis dapat terjadi. Kondisi yang disebabkan oleh mutasi satu atau lebih gen disebut kelainan genetik. Beberapa mutasi mengubah urutan basa DNA gen, mungkin berbahaya, dengan perkiraan 70 persen asam amino polimorfism memiliki efek merusak, dan sisanya netral ataupun sedikit menguntungkan (Sawyer dkk. 2007).

Mutasi merupakan salah satu kunci bagi kemampuan beradaptasi makhluk hidup terhadap lingkungan baru atau lingkungan yang berubah. Mutasi juga merupakan faktor penting evolusi, munculnya keseragaman dan keanekaragaman makhluk hidup di muka bumi. Mutan organisme dapat digunakan untuk identifikasi tahap-tahap antara di dalam metabolisme. Manusia juga sengaja melakukan percobaan untuk menciptakan mutan (individu yang mengalami mutasi, mengalami perubahan sifat) untuk menghasilkan organisme unggul, tahan terhadap penyakit, dan hal lain yang menguntungkan untuk manusia. Sisi positif ini dimanfaatkan oleh sejumlah bidang biologi terapan dan bidang-bidang lain.

Penerapan radiasi sinar mengion (dikenal sebagai radioterapi, seperti penyinaran dengan sinar-X) dan kemoterapi untuk menghambat perkembangan sel-sel tumor dan kanker pada dasarnya adalah menginduksi mutasi pada sel-sel kanker sebagai targetnya. Mutagen menyebabkan sel-sel target berhenti tumbuh karena tidak mampu lagi memperbanyak diri. Pada tanaman, radiasi sinar mengion (sinar gamma dan lain-lain) dalam waktu dan kadar tertentu, dapat digunakan untuk menginduksi mutasi. Mutasi ini tidak ditujukan untuk mematikan sel, tetapi untuk mengubah susunan basa nitrogen DNA atau untuk menyebabkan mutasi segmental. Harapannya ada sel mengalami mutasi yang menguntungkan.

Klasifikasi

Mutasi dapat dikelompokkan atas berbagai dasar yaitu berdasarkan ukuran, efek, asal, arah dan tipe sel. Mutasi dapat juga dikelompokkan berdasarkan tipe perubahan DNA. Berdasarkan hal terakhir, ada empat jenis mutasi dasar pada DNA yaitu penggantian nukleotida, penghilangan nukleotida, penambahan nukleotida, dan inversi nukleotida. Dasar klasifikasi berbeda bisa menghasilkan jenis mutasi sama dan sebaliknya.

Berdasarkan ukuran, mutasi terdiri atas mutasi titik (*point mutation*) dan mutasi besar (*gross mutation*). Mutasi titik adalah perubahan segmen DNA yang sangat kecil, biasanya dianggap melibatkan satu nukleotida tunggal atau pasangan nukleotida. Mutasi besar adalah perubahan yang melibatkan lebih dari satu atau beberapa nukleotida DNA (dapat megabasa DNA, keseluruhan gen, keseluruhan kromosom, atau set kromosom (poliploidi)).

Berdasarkan efeknya, mutasi dapat mempengaruhi protein, gen, DNA, dan fenotipik. Mutasi berdasarkan efek pada protein (kodon) terdiri atas mutasi bisu/diam (*silent mutation*), mutasi nonsense (*nonsense mutation*), mutasi salah makna (*missense mutation*), mutasi netral (*netral mutation*), dan mutasi pergeseran kerangka (*frameshift mutation*). Mutasi diam adalah perubahan pada sebuah kodon (biasanya pada posisi nukleotida ketiga) yang tidak mempengaruhi asam amino yang dikodekan. Mutasi nonsense adalah perubahan pada

sebuah kodon dari pengkode asam amino menjadi kodon stop; mengandung terminasi prematur rantai asam amino saat translasi. Mutasi salah makna adalah perubahan sebuah kodon yang mengubah spesifitasnya menjadi asam amino yang berbeda; mengubah sekuens primer rantai polipeptida dan mengubah fungsi protein.

Mutasi netral adalah perubahan kodon sedemikian rupa sehingga dispesifikasikan sebuah asam amino yang berbeda tetapi asam amino yang baru berlaku seperti asam amino asli (misalnya, memiliki gugus fungsi yang mirip) dan tidak mengubah fungsi protein. Mutasi pergeseran kerangka (***frameshift mutations***) menghasilkan banyak kodon *missense* dan *nonsense* ke arah hilir peristiwa mutasi. Mutasi pergeseran kerangka terjadi apabila satu pasang basa atau lebih ditambahkan atau terhapus dari molekul DNA. Mutasi yang mempengaruhi hanya satu pasang basa tunggal disebut mutasi titik (***point mutations***). Mutasi ini berasal dari gabungan dari nukleotida yang tidak benar selama replikasi DNA. Mutasi titik dapat terjadi karena (jarang) kesalahan dalam proses replikasinya sendiri atau jika nukleotida residen mengalami transformasi kimia ke dalam nukleotida lain yang kemudian langsung bergabung dengan nukleotida komplemennya pada proses replikasi berikut.

Tambahan (mutasi insersi = *insertions*) atau pengurangan basa (delesi = *deletions*) dalam urutan DNA, menyebabkan pembacaan triplet nukleotida menjadi bergeser. Akibatnya asam amino yang disandi juga mengalami perubahan di sebelah distal mutasi. Kedua jenis mutasi dapat terjadi melalui jenis rekombinasi dan transposisi genetik tertentu atau sesudah perlakuan senyawa kimia. Pergeseran kerangka biasanya menghasilkan kodon nonsense dalam kerangka baca baru, yang menyebabkan translasi berhenti secara prematur.

Mutasi yang berpengaruh pada fungsi gen dapat dikelompokkan menjadi mutasi yang menghilangkan fungsi dan mutasi yang memberikan fungsi. Mutasi pertama mengakibatkan hilangnya fungsi gen; hal ini dapat terjadi akibat sejumlah tipe mutasi berbeda dan bersifat resesif. Mutasi kedua mengakibatkan gen memiliki fungsi baru atau berbeda; hal ini dapat terjadi akibat sejumlah tipe mutasi berbeda dan bersifat dominan.

Mutasi yang mempengaruhi DNA terdiri atas mutasi struktural dan mutasi penyusunan ulang kromosom. Mutasi struktural adalah perubahan pada kandungan nukleotida gen. Mutasi ini terdiri atas mutasi substitusi basa yaitu substitusi sebuah nukleotida dengan nukleotida lainnya. Misalnya mutasi transisi yang menggantikan satu purin atau pirimidin dengan purin atau pirimidin lainnya dan mutasi transversasi yang menggantikan satu purin dengan satu pirimidin atau sebaliknya. Mutasi struktural lain adalah mutasi delesi yaitu mutasi karena hilangnya sebagian DNA, dan mutasi insersi yaitu penambahan satu atau lebih nukleotida.

Mutasi penyusunan ulang kromosom adalah perubahan lokasi sepotong DNA di dalam genom dapat menyebabkan perubahan struktural besar (translokasi atau inversi) pada gen atau dapat mengubah ekspresi sebuah gen dengan cara menempatkannya di bawah kendali sebuah promotor berbeda (disebut efek posisi). Translokasi sendiri merupakan pergerakan DNA ke sebuah kromosom nonhomolog; biasanya terjadi pertukaran antara dua kromosom non homolog. Sedangkan inversi adalah pergerakan DNA di dalam kromosom yang sama; rotasi 180 derajat atau jungkir balik (flip). Kromosom melakukan translokasi (*translocations*) dan transversasi (*transversions*) tampak, dalam penguraian dan penggabungan rantai pada kromosom berbeda, atau inversi (*inversions*) dimana rantai jadi disisipkan dalam posisi atau orientasi berbeda dalam kromosom yang sama. Dalam banyak kasus, ini berperan untuk mengubah ekspresi gen, dengan gen yang diam secara normal menjadi aktif atau gen yang aktif secara normal menjadi tidak aktif.

Berdasarkan asal (penyebab), mutasi diklasifikasikan sebagai mutasi spontan dan mutasi terinduksi. Mutasi spontan adalah mutasi yang terjadi saat aktivitas selular normal. Mutasi spontan disebabkan oleh kondisi alami selama replikasi, perbaikan dan rekombinasi DNA. Mutasi dapat terjadi secara spontan, karena hasil kesalahan jarang dalam replikasi dan rekombinasi DNA normal. Perubahan gen yang terjadi setelah waktu evolusi tidak hanya melibatkan substitusi nukleotida sederhana, delesi atau insersi, tetapi juga duplikasi dan perubahan gen ekstensif dari DNA antara gen-gen yang berbeda.

Sedangkan mutasi terinduksi adalah mutasi yang terjadi sebagai akibat perlakuan dengan agen mutagenik atau lingkungan. Laju mutasi biasanya lebih tinggi daripada mutasi spontan. Mutasi terinduksi diklasifikasikan atas radiasi pengionisasi yaitu sinar-sinar α , β atau X yang biasanya mengakibatkan delesi atau insersi DNA. Radiasi nonpengionisasi-sinar UV menyebabkan timin-timin yang bersebelahan pada seuntai DNA membentuk ikatan (dimer timin) yang mengakibatkan sebuah struktur yang harus diperbaiki agar replikasi DNA dapat terus berlangsung; perbaikan yang tidak efisien dapat menyebabkan mutasi titik. Zat-zat kimia yaitu zat-zat yang berinteraksi dengan DNA sehingga mengakibatkan perubahan basa seperti analog basa, zat-zat kimia yang mirip secara struktural dengan basa-basa DNA, tapi kemungkinan memiliki sifat-sifat berpasangan basa yang berbeda. Misalnya Bromourasil (BrdU) mirip secara struktural dengan timin sehingga akan diinkorporasikan ke dalam rantai DNA yang sedang tumbuh sebagai ganti T, tapi akibat sifat-sifatnya, bromourasil lebih sering berpasangan basa dengan G daripada A. Pengaruh mutageniknya sebagian besar disebabkan oleh perpasangan basa secara salah dengan G, mengarahkan pada transisi GC-AT.

Pemodifikasi basa adalah zat-zat kimia yang menyebabkan perubahan pada sebuah nukleotida spesifik sehingga tak mampu membentuk pasangan nukleotida (basa) dengan benar; misalnya, deaminasi sitosin menghasilkan nukleotida urasil yang akan berpasangan dengan A, bukannya G yang sesuai dengan C yang awal, atau agen-agen alkilasi yang menambahkan gugus metil yang menyebabkan guanine berpasangan secara salah dengan timin. Agen interkalasi adalah mutagen lain yaitu zat-zat kimia yang menyebabkan dirinya sendiri ke dalam heliks DNA dan menyebabkan masalah-masalah replikasi serta transkripsi DNA; biasanya mengakibatkan delesi atau insersi.

Mutasi mutator adalah mutasi-mutasi yang mempengaruhi mutabilitas gen lainnya. Mutasi mutator terdiri atas mutator spesifik dan non spesifik. Mutator spesifik terbatas pada satu lokus. Mutator nonspesifik efeknya tidak spesifik pada satu lokus, mutasi umumnya terjadi pada gen-gen yang mengontrol perbaikan DNA.

Berdasarkan efek fenotip, mutasi diklasifikasikan pada perubahan laju mutasi, isoalel, dan mutan-mutan yang mempengaruhi viabilitas. Perubahan laju mutasi adalah alel-alel bermutasi pada laju yang berbeda, beberapa di antaranya dapat dibedakan berdasarkan laju mutasinya. Isoalel menghasilkan fenotip-fenotip identic pada kombinasi homozigot maupun heterozigot dengan satu sama lain, tapi dapat dibedakan jika berkombinasi dengan alel-alel lain. Mutan-mutan yang mempengaruhi viabilitas terdiri atas subvital yaitu viabilitas relatif lebih dari 10% tapi kurang dari 100% jika dibandingkan dengan *wild type*. Semiletal menyebabkan mortalitas lebih dari 90% tapi kurang dari 100%. Letal membunuh semua individu sebelum mencapai tahap dewasa.

Mutasi berdasarkan arah terdiri atas mutasi maju (*forward*) yaitu menciptakan perbuahan dari *wild type* menjadi fenotip abnormal. Mutasi balik (*reverse mutation*) atau mutasi mundur (*back mutation*) merupakan perubahan sekuens nukleotida kembali menjadi sekuens awal. Mutasi supresor adalah mutasi yang menghasilkan perubahan dari fenotip abnormal (atau dengan kata lain, termutasi) kembali menjadi *wild type*. Jenis mutasi supresor terdiri atas supresor intragenic dan supresor intergenik. Supresor intragenic adalah sebuah mutasi pada gen yang sama dengan yang termutasi pada awalnya, tapi pada sisi berbeda. Hal ini mengembalikan fungsi *wild type* (sebagai contoh, jika sebuah kodon arginine CGU awalnya termutasi menjadi kodon serin AGU, supresi menyebabkan perubahan kembali menjadi sebuah kodon arginine, AGA) juga mengembalikan bingkai pembacaan melalui adisi atau delesi. Supresor intergenik merupakan sebuah mutasi pada gen lain yang mengembalikan fungsi *wild type* (misalnya mutasi nonsense bisa disupresi oleh mutasi pada tRNA bagi kodon tersebut, sehingga kodon itu menyisipkan asam amino). Kadangkala supresor intergenik disebut gen-gen supresor ataupun supresor ekstragenik.

Mutasi berdasarkan tipe sel, terdiri atas mutasi sel somatik dan mutasi lini nutfah (germ line, gametik). Mutasi sel somatic terjadi pada semua sel tubuh, kecuali sel-sel kelamin, seringkali menghasilkan fenotipe mutan hanya pada satu sector

organisme (mosaic atau kimera); bukan perubahan yang diwariskan. Mutasi lini nutfah (germ line, gametik) terjadi pada sel-sel kelamin, menghasilkan perubahan yang diwariskan.

Ringkasan Istilah

Mutasi Balik (*Back-mutation*). Mutasi yang menyebabkan gen mutan memperoleh kembali deret basa normalnya.

Mutasi Diam (*Silent Mutation*). Mutasi yang menyebabkan protein masih mempunyai fungsi seperti asli karena urutan asam amino tidak berubah; Suatu mutasi gen yang menyebabkan perubahan yang tidak terdeteksidalam sifat-sifat biologis dari produk gennya.

Mutasi Gen (*Gene Mutation*). Perubahan materi genetik, biasanya dari satu bentuk alel ke bentuk lain.

Mutasi Letal (*Lethal Mutation*). Mutasi gen untuk menghasilkan produk gen yang sama sekali rusak (berubah) yang tak dapat menunjang kehidupan organisme yang bersangkutan.

Mutasi Penekan (*Suppressor Mutation*). Mutasi yang keseluruhan atau sebagiannya mengembalikan suatu fungsi yang hilang oleh mutasi primer, terletak pada sisi gen yang berbeda dengan sisimutasi primernya.

Mutasi Penghilangan (*Deletion Mutation*). Mutasi yang dihasilkan oleh penghilangan satu atau lebih nukleotida dari suatu gen.

Mutasi Sisipan (*Insertion Mutation*). Mutasi yang disebabkan oleh suatu penyisipan basa ekstra atau mutagen antara dua basa berturut-turut dalam DNA.

Mutasi Substitusi (*Substitution Mutation*). Suatu mutasi yang disebabkan oleh penggantian satu basa oleh basa yang lain.

Mutasi Titik (*Point Mutation*). Perubahan satu atau sejumlah kecil basa yang berdekatan.

Mutasi *Missence*. Mutasi gen dimana perubahan pasang basa DNA menyebabkan perubahan kodon mRNA sehingga satu asam amino diinsersi ke dalam polipeptida tersebut yang menyebabkan perbedaan kodon dengan jenis yang asli.

Mutasi Nonsense (Nonsense Mutation). Mutasi gen dimana perubahan pasang basa di dalam DNA dan menyebabkan perubahan di dalam kodon mRNA dari kodon pengkode asam amino sampai kodon terminasi (nonsense). Akibatnya sintesis rantai polipeptida berhenti dini dan produknya tidak berfungsi atau berfungsi sebagian; Mutasi yang menghasilkan terminasi premature rantai polipeptida.

Untuk sitasi artikel ini:

Toha, AHA, Widodo N, Hakim L, Sumitro SB (2015) Sekilas tentang Mutasi. *Kons. Biod. Raja Ampat*(7): 9-13.

Rujukan

- Doniger SW, Kim HS; Swain D, Corcuera D, Williams M, Yang S-P, Fay JC (2008). Pritchard, Jonathan K., ed. A Catalog of Neutral and Deleterious Polymorphism in Yeast. *PLOS Genetics* (San Francisco, CA: Public Library of Science) 4 (8): e1000183.doi:10.1371/journal.pgen.1000183.
- Elrod S, Stansfield W (2007) *Schaum's Outlines Teori dan soal-soal Genetika*. Edisi Keempat. Alih Bahasa: Damaring Tyas. Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Lawrence E (1989) *A Guide to Modern Biology. Genetic, Cells & Systems*. Longman Scientific & Technical. Copublished in the US with John Willey & Sons, Inc., New York.
- Sawyer SA, Parsch J, Zhang Z, Hartl DL (2007) Prevalence of positive selection among nearly neutral amino acid replacements in *Drosophila*. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* (Washington, D.C.: National Academy of Sciences) 104 (16): 6504–6510. Bibcode:2007PNAS..104.6504S.doi:10.1073/pnas.0701572104
- Toha AHA (2011) *Ensiklopedia Biokimia dan Biologi Molekuler*. Penerbit EGC, Jakarta.



**Partnerships for Enhanced
Engagement in Research
(PEER)**

Marine Biodiversity of Raja Ampat Islands (MB-RAI)

adalah proyek pendidikan, penelitian dan publikasi konservasi dan biodiversitas laut Kepulauan Raja Ampat yang didanai oleh program PEER-USAID tahun 2012-2016. Proyek dikerjakan bersama perguruan tinggi dan lembaga penelitian Indonesia seperti Universitas Papua (UNIPA, Manokwari), Universitas Brawijaya (UB, Malang), Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI, Jakarta), Indonesian Biodiversity Research Center (IBRC-Bali), Conservation International-Indonesia (CI-I), dan didukung oleh Paul H. Barber, University of California Los Angeles (UCLA), Christopher Meyer-Smithsonian Institution (SI), dan Kent Carpenter, Old Dominion University sebagai partner proyek dari US. Proyek MB-RAI dipimpin oleh Abdul Hamid A. Toha dari UNIPA.

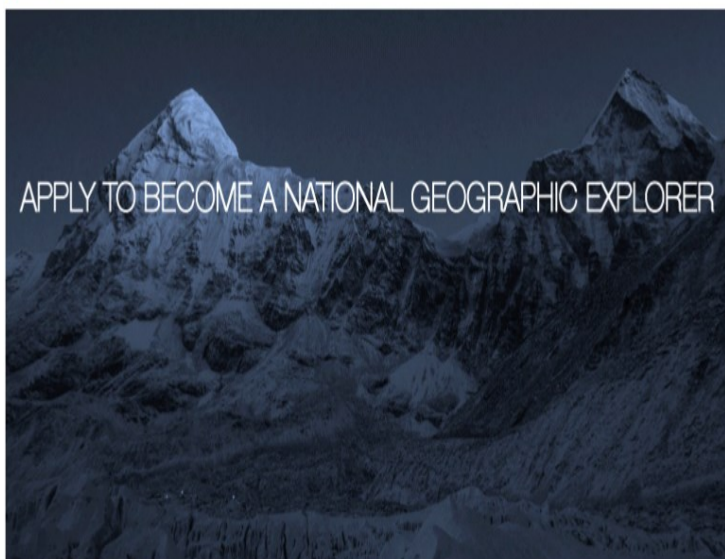
Buletin Konservasi Biodiversitas Raja4 (Buletin KBR4)

adalah salah satu kegiatan MB-RAI bidang publikasi dan menginformasikan pengetahuan serta praktek cerdas terkait konservasi dan biodiversitas untuk mendukung pembangunan berkelanjutan di Indonesia umumnya dan di Raja Ampat khususnya. Buletin berisi kolom-kolom: Konservasi (aktivitas konservasi, lembaga konservasi, praktek konservasi, teori konservasi, penelitian dan pendidikan konservasi), Raja Ampat, Biodiversitas (Satwa, Fauna, Penelitian Biodiversitas), Info Alat dan Metode, serta Berita Proyek Raja Ampat. Buletin terbit secara berkala pada setiap akhir bulan.

Info



Science and Exploration in Asia



National Geographic Science and Exploration in Asia will support residents of Brunei, Cambodia, Indonesia, Japan, Korea, Laos, Malaysia, Myanmar, the Philippines, Singapore, Taiwan, Thailand, and Vietnam working in the natural, social and physical sciences, as well as photography, journalism and exploration. We especially encourage multi-disciplinary and international collaboration to arrive at cross-cutting, multi-perspective, and regional solutions.

The program will award grants to professionals for up to USD 30,000 and for aspiring professionals ages 18-25 (www.nationalgeographic.com/explorers/grants-programs/yeg-application/) for up to USD 5,000 for field research, conservation, and exploration projects, including those that investigate unproven approaches. A committee comprised of experts from around the region will evaluate grant proposals twice a year.

Please note the deadline for pre-application submission this year is July 24, 2015. Additional information about National Geographic Science and Exploration in Asia and how to apply for a grant is available at nationalgeographic.org/asia.

Redaksi menerima tulisan menurut kolom info dari penulis dan pemerhati biodiversitas dan atau konservasi serta bisa disampaikan ke alamat Buletin KBR4 d/a Laboratorium Perikanan. Jurusan Perikanan. Fakultas Peternakan Perikanan dan Ilmu Kelautan. Universitas Papua. Jl Gunung Salju Amban Manokwari. Papua Barat 98314. Atau Jurusan Biologi FMIPA Universitas Brawijaya Jl. Veteran 16 Malang 65145. Telepon (0341) 554403, Fax (0431) 554403. Email: buletinkbr4@gmail.com, Online: www.ibcraja4.org atau <http://ibc.ub.ac.id>

Penerbit: FPPK UNIPA

ISSN: 2338-5421

e-ISSN: 2338-5561



Konsultan: Prof. Sutiman B. Sumitro, SU, D.Sc. **Koordinator:** Abdul Hamid A. Toha. **Dewan Redaksi:** Widodo, S.Si, M.Si., PhD. Med.Sc, Luchman Hakim, S.Si, M.AgrSc, Ph.D. **Staf Redaksi:** Muhammad Dailami, Robi Binur, Jehan Haryati, Qomaruddin Mohammed, Jeni, Nurhani W. **Koresponden:** M. Takdir, Juliana Leuwakabesy, Irma Arlyza, Hemawaty Abubakar, Lutfi. **Distributor:** Andre Kuncoro, Andika.

