

# KONSERVASI BIODIVERSITAS RAJA4

Lindungi Ragam, Lestari Indonesia

November 2015

Informasi Status, Kondisi dan Berita Biodiversitas Indonesia

Vol.4 No. 11 Tahun 2015

Buletin menginformasikan kegiatan pengelola MB-RAI dan tim pada bulan November 2015. Kegiatan MB-RAI adalah pelatihan analisis data genetika dan seminar nasional. Pengelola MB-RAI juga mengikuti kegiatan USAID di Jakarta. Tinjauan Invertebrata Raja Ampat dan Belajar DNA disajikan seperti edisi sebelumnya. Selamat membaca!!!

## CITES (<https://www.cites.org/>)

CITES (*Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora*) atau Konvensi Perdagangan Internasional Spesies Fauna dan Flora yang Terancam Punah adalah konvensi internasional mengenai perdagangan hidupan liar yang dibentuk dengan tujuan utama sebagai alat kontrol terhadap perdagangan hidupan liar pada tingkatan global. Konvensi ini merupakan perjanjian internasional antarnegara yang disusun berdasarkan resolusi siding anggota

World Conservation Union (IUCN) tahun 1963. Pelaksanaan konvensi CITES mulai berlaku pada 1 Juli 1975.

Sejak diberlakukan, Konvensi ini telah menjadi alat untuk mengontrol perdagangan hidupan liar, sehingga berfungsi sebagai pengendali terhadap kepunahan jenis. Jika CITES telah diterima pada suatu negara, maka polisi, bea cukai, petugas kehutanan, dan petugas pemerintah lainnya yang terkait diharapkan turut menegakkan peraturan CITES.

The screenshot shows the official website of CITES. The header includes the CITES logo and the full name of the convention. The navigation bar offers links to Home, Discover CITES, Programmes, Documents, Resources, and News. A search bar is positioned on the right. The main content area is divided into several sections: 'About CITES' with a list of links, 'CITES at work' featuring a carousel of images (shark, snake, lion, polar bear) with a caption about science experts, and a 'Countdown to CITES CoP17, Johannesburg, South Africa' with a digital timer. On the right, there are social media icons and a 'Highlights' section with images related to CITES CoP17 and Livelihoods.

Buletin KBR4 adalah bagian proyek *Marine Biodiversity of Raja Ampat Islands* yang didanai oleh program USAID PEER dan dikerjakan oleh 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).

## Lanjutan CITES (<https://www.cites.org/>)

Indonesia tergabung dalam CITES pada 28 Desember 1978. Pemerintah meratifikasi CITES dengan Keputusan Presiden No. 43 tahun 1978 tertanggal 15 Desember 1978. Konvensi ini secara resmi mulai diberlakukan sejak tanggal 28 Maret 1979. Indonesia merupakan negara ke-48 yang tergabung dalam CITES. Sampai saat ini, negara yang tergabung dalam CITES berjumlah 181 negara.

CITES mengatur spesies yang diperbolehkan atau dilarang diperdagangkan secara komersial dengan sistem yang disebut Apendiks.

Apendiks I adalah jenis tumbuhan dan satwa yang jumlahnya di alam sudah sangat sedikit dan dikhawatirkan akan punah. Perdagangan komersial untuk jenis-

jenis yang termasuk kedalam Apendiks I ini sama sekali tidak diperbolehkan.

Apendiks II adalah jenis tumbuhan dan satwa yang pada saat ini tidak termasuk kedalam kategori terancam punah, namun memiliki kemungkinan untuk terancam punah jika perdagangannya tidak diatur. Perdagangan terhadap jenis yang termasuk Apendiks II ini dapat diperbolehkan, selama Otoritas Pengelola (*Management Authority*) dari negara pengekspor mengeluarkan ijin ekspor.

Apendiks III adalah jenis tumbuhan dan satwa yang dilindungi di negara tertentu dalam batas-batas kawasan habitatnya, dan suatu saat peringkatnya bisa dinaikkan ke dalam Apendiks II atau Apendiks I.

|              | Apendiks I                                           | Apendiks II                                         | Apendiks III                     |
|--------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|----------------------------------|
| <b>FAUNA</b> |                                                      |                                                     |                                  |
| Mamalia      | 300 spp. (incl. 11 popns) + 23 sspp. (incl. 3 popns) | 501 spp. (incl. 16 popns) + 7 sspp. (incl. 2 popns) | 45 spp. + 10 sspp.               |
| Burung       | 154 spp. (incl. 2 popns) + 10 sspp.                  | 1278 spp. (incl. 1 popn) + 3 sspp.                  | 25 spp.                          |
| Reptil       | 80 spp. (incl. 8 popns) + 5 sspp.                    | 673 spp. (incl. 6 popns)                            | 40 spp.                          |
| Amfibi       | 17 spp.                                              | 126 spp.                                            | 3 spp.                           |
| Ikan         | 16 spp.                                              | 87 spp.                                             | -                                |
| Invertebrata | 63 spp. + 5 sspp.                                    | 2162 spp. + 1 sspp.                                 | 22 spp. + 3 sspp.                |
| Total FAUNA  | 630 spp. + 43 sspp.                                  | 4827 spp. + 11 sspp.                                | 135 spp. + 13 sspp.              |
| <b>FLORA</b> |                                                      |                                                     |                                  |
|              | 301 spp. + 4 sspp.                                   | 29592 spp. (incl. 162 popns)                        | 12 spp. (incl. 2 popns) + 1 var. |
| <b>TOTAL</b> | 931 spp. + 47 sspp.                                  | 34419 spp. + 11 sspp.                               | 147 spp. + 13 sspp. + 1 var.     |

## Mengikuti Seminar Nasional

Abdul Hamid A. Toha (Hamid Toha) mengikuti seminar Nasional dengan tema Perspektif Penelitian Biologi Terkini ke 1 yang diselenggarakan oleh Jurusan Biologi FMIPA Universitas Brawijaya. Seminar diadakan di Jurusan Biologi pada Sabtu 7 November 2015. Hamid Toha menyajikan materi dengan judul keragaman dan distribusi *T. gratilla* di ekoreion Teluk Cenderawasih.

Seminar nasional mempresentasikan topik-topik penelitian dan review terkait ilmu hayati terbaru. Peserta seminar adalah mahasiswa program doktor bimbingan Prof.

Sutiman B. Sumitro dari berbagai perguruan tinggi di Indonesia. Hadir dalam seminar peserta dari program doktor di Universitas Brawijaya, Universitas Negeri Malang, dan Universitas Diponegoro.

Pembicara utama seminar ini adalah Prof. Sutiman B. Sumitro yang menyajikan perspektif tentang ukuran.

## Lagi, Pelatihan Analisis Data Genetik

Pengelola MB-RAI kembali memberikan pelatihan analisis data genetik kepada mahasiswa program doktor asal Universitas Negeri Malang (UM) dan Universitas Brawijaya (UB). Pelatihan diadakan di Malang. Kegiatan dikemas dalam bentuk belajar bersama mulai mencari data dari genbank, mengunduh, dan menganalisis data sesuai dengan tujuan penelitian disertai.

Ada empat software program analisis genetik yang digunakan (seperti biasa) masing-masing MEGA5-6, Arlequin, DnaSP dan network. Untuk mendukung penggunaan keempat software Pengelola MB-RAI menyediakan Panduan Dasar Analisis Data Genetik untuk Publikasi. Panduan diantaranya menyampaikan prosedur penggunaan keempat software tersebut.

Peserta pelatihan merupakan mahasiswa yang bekerja dan staf dosen dari Universitas Sam Ratulangi (satu orang), Universitas Pattimura (dua orang), Universitas Papua (dua orang), Akademi Perikanan Bitung (satu orang). Instruktur pelatihan adalah Hamid Toha (Universitas Papua).

### PANDUAN DASAR ANALISIS DATA GENETIK UNTUK PUBLIKASI

Abdul Hamid A. Toha  
Universitas Papua  
Nashi Widodo  
Universitas Brawijaya



Marine Biodiversity of Raja Ampat Islands ([www.ibcraja4.org](http://www.ibcraja4.org))  
Kerjasama  
UNIVERSITAS PAPUA-UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
2015

## Menghadiri Acara USAID

Pengelola MB-RAI menghadiri acara diskusi dengan tema “Indonesia, the hotspot of marine biodiversity in Coral Triangle Area”. Acara diselenggarakan oleh U.S Embassy dan USAID Indonesia di @america (Jakarta) pada Selasa, 17 November 2015. Acara dikemas dalam bentuk diskusi interaktif. Tujuan diskusi adalah mendukung upaya kegiatan penelitian dan pelestarian keanekaragaman hayati laut di Indonesia.

Acara ini menghadirkan para peneliti dari Indonesia dan Amerika Serikat. Pembicara kunci adalah Prof. Paul H. Barber (University of California, Los Angeles), Ph.D, Christopher Meyer, Ph.D (Smithsonian Institute), dan Prof. Dr. IGK Mahardika (Universitas Udayana). Staf Kementerian Kelautan dan Perikanan juga turut

menyampaikan pandangannya tentang kondisi dan status biodiversitas Indonesia. Paul Barber dan Chris Meyer adalah mitra Amerika Serikat proyek MB-RAI.

Pengelola MB-RAI diundang dalam kapasitasnya sebagai salah seorang *founder Indonesian Biodiversity Research Center (IBRC)* -Bali. IBRC didirikan oleh Paul Barber, Christopher Meyer, IGK Mahardika, Ambariyanto (Universitas Diponegoro) dan Hamid Toha (UNIPA) atas dukungan dana dari USAID.

Hadir dalam acara selain mahasiswa dari berbagai perguruan tinggi, juga utusan dari LIPI, beberapa staf LSM, dan institusi lain.



Berfoto dengan Tim USAID, Tim IBRC, dan Pemateri

# Teripang *Holothuria rigida* Raja Ampat

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

## Abstrak

*H. rigida* atau *Cystipus rigida* adalah salah satu jenis teripang yang ditemukan di Perairan Raja Ampat. Beberapa kelompok masyarakat telah memanfaatkan sumberdaya ini untuk perikanan tradisional. *H. rigida* dapat ditemukan pada rata-rata terumbu di bawah batu. Artikel ini mengulas aspek biologi, ekologi, genetik dan konservasi teripang *H. rigida*.

Kata kunci: teripang, *Holothuria rigida*, Raja Ampat

## Pendahuluan

Teripang merupakan salah satu hewan laut yang mendiami berbagai habitat dan perairan Raja Ampat. Hewan laut ini hidup bentik saat dewasa dan planktonik saat larva. *H. rigida* mendiami habitat perairan laut dangkal, pesisir pantai, maupun daerah karang dan bebatuan yang dekat dengan pantai. Berdasarkan beberapa survey diketahui bahwa perairan Raja Ampat memiliki berbagai jenis teripang termasuk diantaranya jenis teripang yang memiliki arti penting secara ekonomi.

*H. rigida* adalah salah satu spesies teripang yang ditemukan di Perairan Raja Ampat. Spesies ini memiliki warna putih keabu-abuan, sering ditutupi dengan pasir, dengan dua baris bintik hitam di sepanjang permukaan atas. Deretan lateral papila tumpul berada pada setiap sisi tubuh. *H. rigida* memiliki tubuh gemuk, rata dan kaku dengan ukuran 75 mm serta memiliki 20 tentakel.



*H. rigida* (Selenka, 1867) Raja Ampat

*H. rigida* termasuk hewan dalam Filum Echinodermata, Kelas Holothuroidea, Ordo Aspidochirotida, Famili Holothuriidae, Genus

*Holothuria* (*Cystipus rigida*) (Selenka 1867). Secara lengkap *H. rigida* diklasifikasikan sebagai berikut: Kingdom Animalia, Filum Echinodermata, Kelas Holothuroidea, Ordo Aspidochirotida, Famili Holothuriidae, Genus *Holothuria*, subgenus *Cystipus* dan Species *Holothuria rigida*.

Spesies *H. rigida* dimanfaatkan oleh masyarakat lokal sebagai pangan alternatif selain ikan. Informasi tentang aspek biologi, ekologi, genetik dan konservasi spesies ini jarang ditemukan dalam literatur. Tulisan ini mereview teripang *H. rigida* terkait dengan aspek-aspek tersebut.

## Peran

Spesies *H. rigida* dieksploitasi secara komersial di Indonesia dan Filipina. Di Filipina, digunakan untuk konsumsi lokal (Choo 2008). Di Madagaskar, spesies ini dipanen secara terbatas (Rasolofonirina 2007). Teripang juga merupakan komoditas perikanan yang diperdagangkan secara internasional (Akamine 2000). Lebih lanjut Rasolofonirina (2007) memasukkan *H. rigida* dalam kategori tiga harga penjualan teripang.

Meskipun bukan salah satu spesies yang paling penting untuk keperluan perikanan, spesies ini dapat menjadi lebih populer setelah spesies lain berkurang atau mengalami penurunan. Spesies dapat memiliki nilai komersial dan manfaat lain. Menurut Kuwati dkk. (2014), teripang merupakan komponen penting dalam rantai makanan (*food chain*) di terumbu karang, berperan penting sebagai pemakan deposit (*deposit feeder*) dan pemakan suspensi (*suspensi feeder*). Individu teripang bisa memproses sedimen sebanyak 80 g berat kering per hari. Penurunan populasi secara cepat menimbulkan konsekuensi serius bagi kehidupan jenis-jenis lain bagian jaring makanan (*food web*) yang sama. Seperti diketahui telur-telur, larva, dan juvenil teripang merupakan sumber pangan yang penting bagi beberapa jenis biota laut seperti udang-udangan (krustasea), ikan, dan moluska.

Manfaat lain hewan ini adalah bahan obat untuk menyembuhkan berbagai penyakit. Hal ini terkait dengan kadungan protein tinggi dan rendah lemak. Dalam buku medis tradisional China, teripang termasuk hewan laut yang mengandung tonik dan khasiat obat tradisional untuk memelihara kesehatan darah, penyembuh penyakit ginjal dan sistem reproduksi.

### Kebiasaan Makan

Sumber utama makanan teripang di alam yaitu zat organik dalam lumpur, detritus, dan plankton. Makanan lain adalah organisme-organisme kecil, bakteri, protozoa, nematode, kopepoda, rumput laut, dan masih banyak lagi. *H. rigida* termasuk hewan laut *detritus feeder* dan *deposit feeder*.

### Predator dan Sistem Pertahanan

Predator *H. rigida* seperti teripang jenis lain umumnya adalah ikan, krustasea, dan banyak jenis bintang laut (Francour 1997).

Teripang memiliki mekanisme atau sistem pertahanan diri dalam menghadapi tekanan predasi. Mekanisme pertahanan teripang adalah sekresi toksik, menebalkan dinding tubuh, mengeluarkan isi tubuh, tingkah laku kriptik otonomi, berenang atau penghindaran aktif lain dari predator (Bingham 1986).

### Urutan Nukleotida

Pada boldsystems, *H. rigida* memiliki 10 sekuens dengan jumlah 11 specimen dan specimen dengan barcode >500 pb ada sembilan.

Penelusuran nukleotida di NCBI tidak menemukan data dan informasi terkait dengan *H. rigida*. Penelitian menentukan urutan nukleotida melalui sekuensing terhadap *H. rigida* masih jarang dilakukan oleh para ahli. Hal ini merupakan peluang bagi kita untuk melakukan pertama kali.

### Status Konservasi

Spesies *H. rigida* tidak ditangkap secara luas dan tidak ada ancaman lain yang dikenal. Spesies terdaster sebagai *least concern* (kurang perhatian) dalam daftar merah IUCN (Conand dkk. 2013).



The IUCN Red List of Threatened Species™  
ISSN 2307-8235 (online)  
IUCN 2008: T180443A1631412

### *Holothuria rigida*

Assessment by: Conand, C., Gamboa, R. & Purcell, S.



Meskipun demikian, pada 1990-2000 teripang berkurang drastis dan bahkan hilang di Kampung Folley-Raja Ampat. Ini terjadi akibat penangkapan berlebihan tanpa adanya aturan ukuran yang boleh diambil.

Tidak ada pengukuran konservasi spesifik spesies ini yang diketahui secara global. Meskipun demikian, di Raja Ampat ada kearifan lokal untuk melindungi berbagai jenis organisme laut (termasuk teripang) dengan adat *sasi*.

Sasi luas dikenal di daerah timur Indonesia (Maluku dan Papua). Sasi adalah larangan. Sasi merupakan hukum adat berupa larangan mengambil sesuatu dengan ukuran, lokasi dan waktu tertentu, yang bertujuan untuk menjaga kelestarian dan populasi sumberdaya hayati. Sasi termasuk dalam salah satu model atau zona pemanfaatan tradisional dan bahkan memiliki zona tersendiri yang disebut zona sasi.

Umumnya sasi yang dikenal adalah sasi adat atau sasi gereja dan sasi musiman. Adat sasi selalu didahului oleh ritual dan doa-doa tertentu, baik oleh pemangku adat, pendeta di gereja ataupun imam di mesjid. Salah satu lokasi sasi di Raja Ampat adalah Tanjung Vagita, di wilayah pesisir Kampung Folley, Distrik Misool Timur. Lokasi sasi lain adalah lima di Misool dan empat di Kofiau.

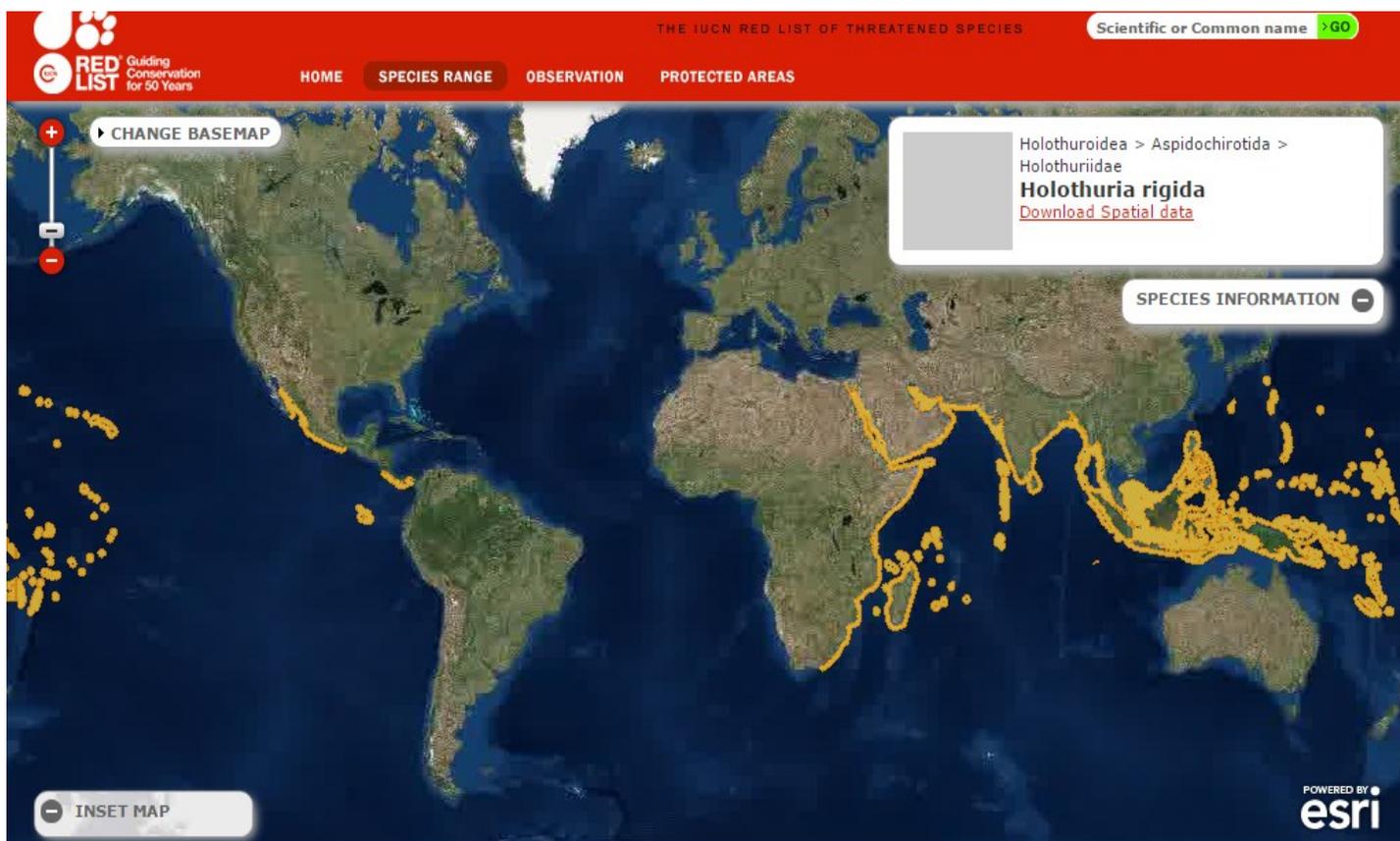
Sasi tahap pertama di Kampung Folley dilakukan tahun tahun 2009 dan pembukaan sasi tahun 2011. Sasi tahap kedua dilakukan pada 2011-2013. Sasi tahap berikut adalah 2013-2015. Waktu pembukaan sasi dan diperbolehkan mengambil teripang dapat seminggu hingga sembilan hari.

## Distribusi dan Habitat

Hewan seperti ketimun ini dapat ditemukan di hampir semua perairan pantai, mulai dari daerah pasang surut yang dangkal sampai perairan yang lebih dalam. Spesies tergolong organisme bentik. *H. rigida* dapat ditemukan pada rata-rata terumbu di bawah batu. Umumnya teripang ditemukan di perairan jernih dan airnya relatif tenang dengan kedalaman dari 1,5m hingga 13m. Spesies ini mendiami perairan dengan suhu perairan 24.64-26.8°C pada zona midlittoral, salinitas antara 34.9-35.5 pps, DO 4.6-4.8 ml/l (James 1982).

Selain di Raja Ampat, *H. rigida* tersebar di perairan Indonesia lain dan perairan kawasan Indo-Pasifik seperti Aldabra, Kenya, Madagascar, Laut Merah, Mauritius, Tanzania, Afrika bagian Timur, Filipina, Australia, Kepulauan Pasifik Selatan, Hawaii, Amerika Utara (Meksiko), daerah Panama, Galapagos.

Secara lengkap kejadian menemukan *H. rigida* adalah Samoa Amerika (American Samoa); Australia, Bangladesh; Teritori Lautan Hindia British, Kepulauan Cocos (Keeling), Comoros; Kepulauan Cook, Kosta Rica, Djibouti, Ekuador (Galápagos), Mesir, Eritrea; Fiji; Polinesia Perancis, Guam, India, Indonesia, Iran, Iraq, Israel, Japan, Jordan, Kenya, Kuwait, Madagascar, Malaysia, Maldives, Kepulauan Marshall, Mauritius, Mayotte, Meksiko, Mikronesia, Mozambique, Myanmar, Nauru, Kaledonia Baru, Niue, Kepulauan Mariana bagian utara, Oman, Pakistan, Palau, Panama, PNG, Philipina, Réunion, Samoa, Saudi Arabia, Seychelles, Singapore, Kepulauan Solomon, Somalia, Afrika Selatan, Sri Lanka, Sudan, Tanzania, Thailand, Tokelau, Tonga, Tuvalu, Uni Emirat Arab, Kepulauan Hawaii, Kepulauan Johnston, Vanuatu, Vietnam, Wallis dan Futuna, Yaman (Conand dkk. 2013).



Gambar peta distribusi *H. rigida* secara global. Sumber: <http://maps.iucnredlist.org/map.html?id=180443>

## Reproduksi

*H. rigida* sebagai anggota Holothuroidea merupakan gonochoric dan hanya memiliki satu gonad. Pemijahan dan fertilisasi terjadi eksternal dan beberapa mengerami telurnya.

Siklus hidup: Embrio berkembang menjadi larva planktotrofik (auricularia) kemudian menjadi doliolaria (tahap berbentuk tong) lalu bermetamorfosis menjadi teripang remaja (Ruppert dkk. 2004).

## Morfologi

*H. rigida* adalah spesies teripang berwarna putih hingga abu-abu. *H. rigida* memiliki dua baris bintik-bintik gelap sepanjang permukaan atas, dan deretan lateral papila tumpul di setiap sisi. Tubuh spesies gemuk, datar atau pipih dan kaku dengan 20 tentakel.

Tubuh *H. rigida* memiliki ukuran maksimum 18 cm. Seperti semua jenis teripang, *H. rigida* sendiri tidak memiliki kaki dan memiliki bentuk seperti ketimun. Karena bentuknya mirip ketimun dan hidup di laut, maka semua jenis teripang, termasuk *H. rigida* disebut ketimun laut (*sea cucumber*).

## Tingkah Laku

Umumnya teripang, termasuk *H. rigida*, ditemukan hidup berkelompok. Kebanyakan terdiri atas 2–30 ekor tergantung jenisnya. Spesies ini memiliki kebiasaan membenamkan diri di pasir dan puing-puing karang (Kerr dkk. 2006).

*H. rigida* sering menutupi diri dengan pasir. Teripang juga mengeluarkan tubulus Cuvier yang sangat mengganggu karena bergetah. Bila gangguan berlanjut, organ dalam teripang didorong keluar tubuh (*evisceration*). Pengeluaran getah teripang diantaranya untuk pertahanan diri dari predator.

## Untuk sitasi artikel ini:

Toha, AHA, Widodo N, Hakim L, Sumitro SB (2015) Teripang *Holothuria rigida* Raja Ampat. *Kons.Biod.Raja Ampat* 4 (10): 5-8.

## Rujukan

- Akamine, J. 2000. Sea Cucumbers from the Coral Reef to the World Market. In *Bisayan Knowledge, Movement and Identity*. VMAS III 1996-1999 (I. Ushijima & C. N. Zayas eds.). Quezon city, University of the Philippines.
- Bingham BL, Braithwaite LF (1986) Defense adaptations of the dendrochirote holothurian. *Psolus chitonoides* Clark. *Journal of experimental marine biology and ecology* 98:311-322.
- Conand C, Gamboa R, Purcell S (2013) *Holothuria rigida*. The IUCN Red List of Threatened Species 2013: e.T180443A1631412. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2013-1.RLTS.T180443A1631412.en>. Downloaded on 26 November 2015.
- Francour P (1997) Predation on Halothurians: A literature review. *Invertebrate Biology* 116:52-60.
- Hambuako R (2014) Struktur Komunitas Teripang (*Holothuroidea*) di Kampung Kapisawar Distrik Meos Mansar Kabupaten Raja Ampat. Skripsi. Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan UNIPA. Tidak diterbitkan.
- James DB (1982) Ecology of Intertidal Echinoderms of the Indian Seas. *Journal of the Marine Biological Association of India* 24(1&2): 124-129.
- Kerr AM, Netchy K, Gawel AM (2006) Survey of the shallow water sea cucumbers of the Central Philippines. University of Guam Marine Laboratory.
- Kuwati, Martanto M, Jubhar C. Mangimbulude (2014) Peran Sasi dalam melindungi sumberdaya teripang di Kampung Folley, Kabupaten Raja Ampat. Prosiding Seminar Nasional Raja Ampat. Waisai – 12 – 13 Agustus 2014.
- Paulay, G. (2015). *Holothuria (Cystipus) rigida* Selenka, 1867. Accessed through: World Register of Marine Species at <http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=210880> on 2015-11-26
- Rasolofonirina R (2007) Sea cucumbers in Madagascar. p. 31–40. In: Conand C. and Muthiga N. (eds). *Commercial sea cucumbers: A review for the western Indian Ocean*. WIOMSA Book Series No. 5. Nairobi, Kul Graphics Ltd.
- Ruppert EE, Fox RS, Barnes RD (2004) *Invertebrate Zoology. A functional evolutionary approach*. 7th Ed. Brooks/Cole, Thomson Learning learning, Inc. 990 p.
- Samyn Y, Appeltans W, Kerr AM (2005) Phyogeny of Labidodemas and the Holothuriidae (Holothuroidea: Aspidochirotida) as inferred from morphology. *Zoological Journal of the Linnean Society* 144: 103–120. With 6 figures.

# Rekombinasi Genetik

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

## Abstrak

Variasi genetik terjadi karena dua proses utama, yaitu mutasi dan rekombinasi. Rekombinasi adalah pertukaran atau penyisipan urutan DNA antara molekul-molekul yang berbeda. Rekombinasi terjadi secara alami maupun secara manipulasi melalui rekayasa genetika. Dikenal berbagai tipe rekombinasi genetik. Rekombinasi ini penting dan dapat berguna bagi makhluk hidup untuk berbagai keperluan. Edisi kali ini mengulas aspek-aspek rekombinasi genetik.

Kata kunci: Rekombinasi, materi genetik, variasi genetik

## Pendahuluan

Rekombinasi merupakan salah satu dasar terjadinya variabilitas genetik makhluk hidup. Rekombinasi pada tingkat genetik adalah proses pertukaran dan penyisipan elemen genetik yang dapat terjadi antara rantai DNA (atau materi genetik RNA) yang berlainan, atau antara bagian-bagian gen yang terletak dalam satu rantai DNA atau RNA.

Rekombinasi genetik didefinisikan sebagai penggabungan gen dari satu atau lebih sel ke sel target. Rekombinasi genetik juga merupakan penggabungan gen, serangkaian gen atau bagian dari gen ke dalam kombinasi baru, baik secara biologis atau melalui manipulasi laboratorium. Penyusunan kembali informasi genetik dalam dan antara molekul materi genetik meliputi berbagai macam proses.

Rekombinasi genetik alami adalah proses pertukaran atau penyisipan elemen genetik yang dapat terjadi antara untaian materi genetik yang berlainan (*interstrand*), atau antara bagian-bagian gen yang terletak dalam satu untaian materi genetik (*intrastrand*). Pada eukariot, rekombinasi biasanya terjadi selama meiosis sebagai pindah silang kromosom antara kromosom yang berpasangan.

Proses ini menyebabkan keturunan suatu makhluk hidup memiliki kombinasi gen yang berbeda dari induknya, dan dapat menghasilkan alel kimerik yang baru.

Rekombinasi genetik melalui manipulasi terdiri atas proses pemutusan rantai materi genetik (biasanya DNA, namun juga bisa RNA), diikuti oleh penggabungan dengan molekul DNA atau RNA lainnya. Proses penggabungan ini menghasilkan DNA rekombinan. Proses menghasilkan DNA rekombinan disebut DNA atau RNA rekombinasi. Proses selanjutnya adalah menyisipkan DNA/RNA rekombinan ke sel target. Sel yang disisipi atau dimasuki gen dari luar disebut sel kompeten. Sel ini dapat tumbuh dan berkembang biak secara alami.

Pada biologi evolusioner, perombakan gen ini diperkirakan memiliki banyak keuntungan yang memungkinkan organisme yang bereproduksi secara seksual menghindari *Ratchet Muller* (kecenderungan mutasi merusak). Dalam biologi molekuler, rekombinasi genetik dapat menghasilkan produk yang diinginkan misalnya gen target tahan penyakit, gen target sesuai jenis penyakit tertentu dan lain-lain.

## Tipe

Ada tiga tipe rekombinasi genetik yaitu 1) rekombinasi homolog atau rekombinasi umum, 2) rekombinasi khusus, dan 3) rekombinasi transposisi atau rekombinasi replikatif.

**Rekombinasi umum** atau rekombinasi homolog memiliki ciri khusus yaitu DNA homolog dibentangkan dengan mekanisme umum lalu salah satu rantai dirusak dan digabung dengan yang lain untuk membentuk struktur pindah silang (*cross over*)-*Holliday intermediate*; kemudian daerah rantai molekul DNA yang berbeda diperbaiki-hetero duplex DNA, diperluas oleh cabang migrasi dan terakhir dua rantai *Holliday intermediate* dibelah dan yang rusak diperbaiki untuk membentuk produk rekombinan.

Proses rekombinasi homolog dapat terjadi pada setiap titik di daerah homolog. Tahapan rekombinasi ini mulai dari pemotongan rantai DNA kemudian diikuti proses penggabungan kembali. Rekombinasi antarkromosom melibatkan proses pertukaran secara fisik antara bagian-bagian kromosom. Proses terjadi secara akurat sehingga tidak ada satupun pasangan nukleotida yang hilang atau ditambahkan ke dalam kromosom rekombinan. Proses pertukaran menyebabkan terbentuknya struktur yang dapat terlihat sebagai kiasma (chiasma) pada waktu meiosis.

Rekombinasi homolog dimulai ketika dua kromosom homolog terletak berdekatan satu sama lain sehingga urutan nukleotida yang homolog dapat dipertukarkan. Kontak antara dua pasang kromosom tersebut, disebut sebagai proses sinapsis, terjadi pada awal meiosis yaitu pada profase.

Rekombinasi genetik homolog melibatkan pertukaran genetik antara dua molekul DNA (atau segmen molekul yang sama) yang mendiami wilayah yang luas dengan susunan homolog. Susunan basa yang sebenarnya pada DNA tidak sesuai sepanjang susunan dua DNA yang sama. Daerah rekombinasi khusus berbeda dalam hal pertukaran yang hanya terjadi pada susunan DNA yang terdefinisi. Perubahan DNA adalah berbeda dalam hal perubahan ini melibatkan bagian pendek DNA dengan kapasitas yang luar biasa untuk berpindah dari satu lokasi kromosom ke lokasi yang lain.

Pada rekombinasi genetik homolog, dua molekul DNA berinteraksi dan meluruskan susunannya yang sama pada beberapa tahapan reaksi. Proses pelurusan dapat melibatkan formasi DNA menengah baru dimana tiga atau bahkan empat rantai dilepaskan. Cabang struktur DNA juga ditemukan sebagai rekombinan menengah. Pertukaran informasi antara dua makromolekul heliks besar sering melibatkan jalinan rantai kompleks.

Rekombinasi homolog dikendalikan oleh enzim –enzim RecA, B, dan RecC yang mempertukarkan semua bagian materi genetik yang homolog. Mula-

mula enzim RecBC membuat potongan *nick* dan menghasilkan rantai tunggal. Kemudian enzim RecA mempertukarkan pasangan rantai tunggal hasil pemotongan enzim RecBC dengan rantai DNA homolognya.

**Rekombinasi transposisi** atau replikatif berlangsung karena proses transposisi. Transposisi adalah proses perpindahan elemen genetik dari satu lokus dalam suatu kromosom, plasmid, atau genom virus, ke bagian lain kromosom yang sama, atau bahkan ke suatu lokus dalam kromosom lain (Yuwono 2011).

Rekombinasi ini tidak memerlukan kehomologan antara sisi yang berekombinasi. Akibat rekombinasi ini terjadi perpindahan lokasi fragmen pada DNA. Rekombinasi transposisi dikendalikan oleh enzim transposase dengan mengenali sisi-sisi elemen dan sisi sasaran perpindahan elemen.

Dalam beberapa hal, proses transposisi mirip dengan proses rekombinasi khusus, yaitu melibatkan proses pemotongan untai DNA baik pada molekul DNA donor maupun DNA target pada tempat khusus. Proses tersebut kemudian diikuti dengan penggabungan ujung-ujung transposon ke molekul DNA target yang sudah terpotong. Walaupun demikian, ada perbedaan mendasar antara proses transposisi dengan proses rekombinasi khusus. Ciri penting transposisi adalah proses transposisi tidak tergantung pada ada atau tidaknya hubungan antara urutan nukleotida pada DNA donor dengan DNA target, baik hubungan fungsional maupun, misalnya, hubungan asal-usul. Proses transposisi melibatkan sintesis molekul DNA baru yang dikendalikan oleh sistem reparasi atau replikasi. Selain itu, selama transposisi, molekul DNA donor tidak disusun kembali seperti bentuk tipe alami pra-transposisi (Yuwono, 2011)

**Rekombinasi khusus** adalah rekombinasi yang terjadi bukan antara kromosom homolog. Rekombinasi khusus hanya terjadi pada tempat khusus di dalam segmen molekul DNA. Rekombinasi masih memerlukan sisi khusus yang homolog misalnya integrasi dan disintegrasi fag  $\lambda$ , integrasi plasmid F ke dalam kromosom *Escherichia coli*, serta delesi dan insersi.

Pertukaran materi genetik dilakukan oleh protein khusus yang mengkatalisis pemotongan dan penggabungan molekul DNA secara tepat pada tempat terjadinya rekombinasi. Ciri jenis rekombinasi ini adalah: proses rekombinasi terjadi di tempat khusus pada kedua fragmen DNA, rekombinasi berlangsung timbal-balik (kedua hasil pertukaran genetik dapat diperoleh kembali), rekombinasi terjadi secara konservatif (proses pertukaran genetik dilakukan melalui pemotongan dan penyambungan kembali bagian DNA yang berekombinasi tanpa ada sintesis nukleotida baru), dan bagian yang mengalami rekombinasi tersebut mempunyai homologi dalam hal urutan nukleotida.

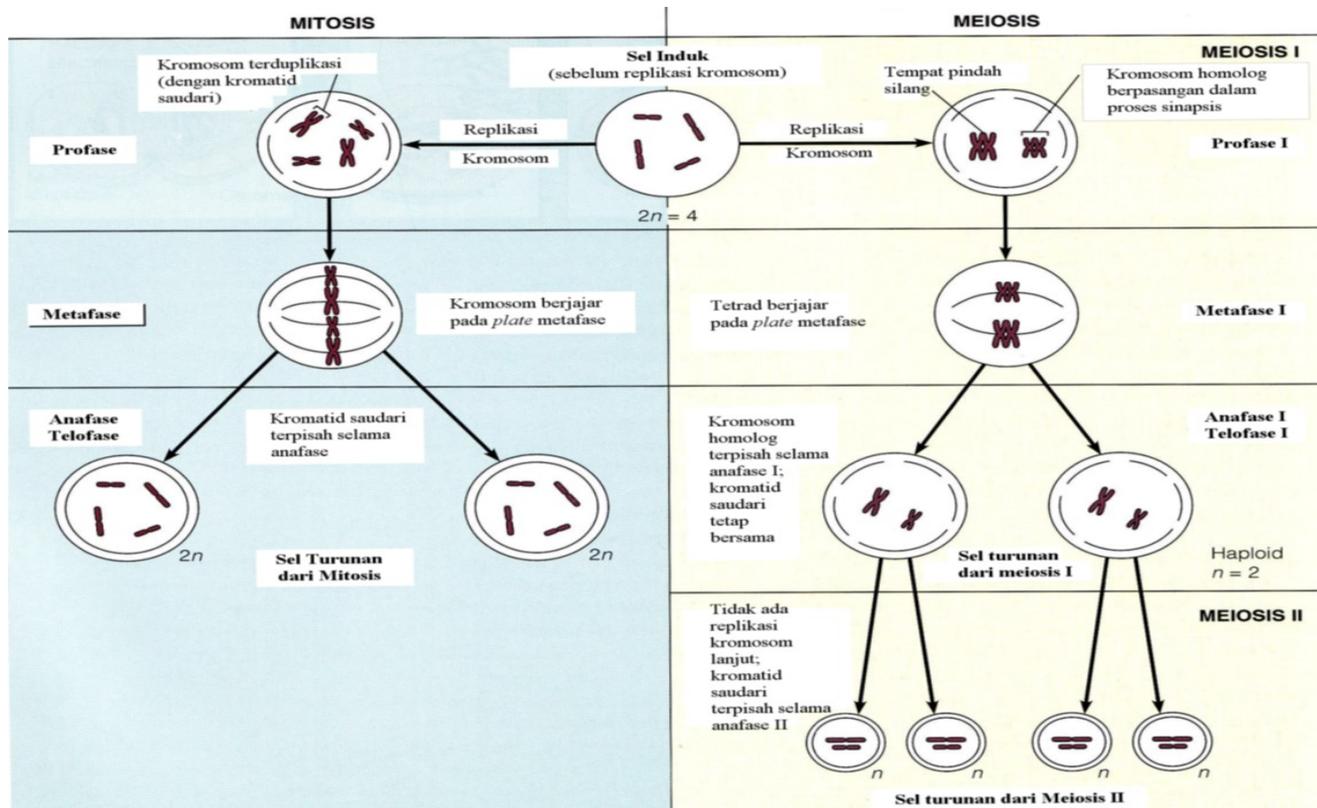
Rekombinasi khusus mulai dengan pemotongan bagian DNA yang akan berekombinasi pada daerah yang mempunyai homologi sehingga dihasilkan ujung lekat (*sticky end*). Kedua ujung lekat pada kedua fragmen DNA yang berekombinasi tersebut kemudian mengalami pertukaran rantai DNA sehingga akan terbentuk konfigurasi rekombinan.

### Rekombinasi pada sel

Rekombinasi terjadi pada sel somatik (non-reproduksi) dan sel reproduksi. Pada sel somatik, proses rekombinasi terjadi melalui mitosis. Sedangkan pada sel reproduksi (kelamin), rekombinasi terjadi melalui meiosis.

Kebanyakan individu memulai hidup sebagai sel tunggal, kemudian sel ini tumbuh menjadi banyak sel, jaringan, dan organ serta terus berkembang menjadi organisme. Pada organisme sel tunggal hanya terjadi pertumbuhan sel. Jenis replikasi ini dikenal sebagai mitosis, dan melibatkan duplikasi seluruh komplemen individu kromosom - dengan kata lain sel anak mengandung jumlah dan jenis kromosom sama seperti sel orangtua.

Replikasi sel yang hanya ditemukan pada sel benih atau *germ* adalah meiosis. Dalam spesies diploid, meiosis berperan pada gamet yang hanya satu set kromosom ( $n$ ) dan bila keduanya bergabung membentuk sebuah embrio diploid ( $2n$ ). Selama meiosis, rekombinasi terjadi bila kromosom homolog mempertukarkan materi genetik.



Sumber: Cambell NA, Lawrence GM, Jane BR (1997) Biology. Concepts & Connections. Second Edition. Benjamin Cummings. Menlo Park, etc.

Hal ini berperan pada kombinasi gen baru sepanjang kromosom tunggal dan menjadi contributor penting untuk keragaman genetik dalam taksa yang melakukan reproduksi secara seksual.

### Meiosis

Meiosis adalah suatu jenis pembelahan sel yang menghasilkan sel anakan dengan jumlah kromosom separuh dari jumlah kromosom sel induk. Pembelahan meiosis hanya dilakukan oleh sel-sel gamet atau sel kelamin. Meiosis dapat dipandang sebagai dua siklus sel yang amat termodifikasi dan berlangsung secara berurutan.

Rekombinasi meiosis adalah proses rekombinasi yang terjadi pada sel eukariot saat terjadi proses meiosis. Dalam beberapa hal mekanisme rekombinasi meiosis menunjukkan kemiripan dengan proses rekombinasi homolog pada bakteri meskipun beberapa tahapan awalnya berbeda. Proses rekombinasi meiosis pada eukariot dimulai dengan adanya pemotongan dua rantai DNA (*double-strand break*) yang ada pada salah satu kromosom.

Dua siklus meiosis disebut sebagai meiosis I dan meiosis II. Meiosis I merupakan pembelahan reduksi karena terjadi pengurangan jumlah kromosom, sedangkan meiosis II merupakan pembelahan penyamaan. Masing-masing siklus memiliki fase profase, metafase, anafase, dan telofase. Dalam satu siklus meiosis terjadi dua kali replikasi DNA dan dua kali pembelahan sitoplasma sehingga akan dihasilkan empat produk haploid yang tak satupun identik secara genetik.

Tahapan awal meiosis mirip dengan tahapan awal mitosis yaitu tiap kromosom membuat salinan dirinya sendiri, membran inti menghilang, dan benang-benang spindle (gelendong) terbentuk di dalam sel. Meskipun demikian secara keseluruhan tahapan meiosis lebih panjang dan lama dibandingkan dengan mitosis. Secara lengkap pembelahan sel dalam meiosis memerlukan waktu berhari-hari atau berminggu-minggu, sedangkan dalam mitosis hanya berlangsung dalam hitungan jam.

Selama profase I meiosis, kromosom homolog akan berpasangan dalam proses sinapsis.

Satu pasang kromosom yang telah bersinapsis terdiri atas empat kromatid. Tiap kromosom biasanya mempunyai satu daerah atau lebih tempat berpisah dan bersatunya kembali kromatid tersebut dinamakan pindah silang, yang dapat menyebabkan variasi genetik. Pada anafase I, kromosom-kromosom homolog akan berpisah dan menghasilkan dua sel haploid pada akhir tahap pertama meiosis. Pada anafase II, kromatid-kromatid saudara (sister chromatids) akan berpisah, seperti pada anafase pembelahan mitosis. Hasil akhirnya adalah empat sel haploid yang berbeda secara genetik.

### Mitosis

Mitosis adalah penggandaan kromosom sel eukariot dalam sel somatiknya. Mitosis juga didefinisikan sebagai suatu jenis pembelahan sel yang menghasilkan dua sel anakan, masing-masing membawa set kromosom yang identik satu sama lain dengan sel induknya. Pembelahan ini terjadi pada sel somatik atau sel tubuh yaitu semua sel di tubuh selain sel gamet atau sel kelamin.

Beberapa ahli mengelompokkan proses mitosis ke dalam empat tahap yaitu profase, metafase, anafase, dan telofase. Bahkan keempat tahapan ini diperinci lagi seperti yang ditampilkan dalam gambar. Selama profase, tiap kromosom akan memendek dan menebal melalui supercoiling secara berulang-ulang. Membran inti menghilang dan terbentuk gelendong mikrotubulus dari satu kutub sel ke kutub lainnya. Selama metaphase, kromosom akan berjajar di bagian tengah gelendong mikrotubulus.

Ketika anaphase, dua kromatid setiap kromosom yang telah direplikasi akan ditarik ke kutub-kutub sel yang berbeda akibat adanya depolimerisasi mikrotubulus pada apparatus gelendong yang menempel di sentromer. Selanjutnya kromatid anakan ini akan menjadi kromosom-kromosom baru. Pada tahap telofase, terjadi pembelahan sitoplasma, yaitu pada saat kromosom melepaskan lilitannya dan terbentuk membran inti baru mengelilingi kromosom pada setiap kutub sel. Setelah proses mitosis selesai, dua sel anakan yang terbentuk mempunyai kromosom yang identik.

Ahli lain menyebut bahwa tahapan pembagian ini tidak perlu karena mitosis terjadi sebagai suatu proses yang bersinambung.

## Pemanfaatan

Fungsi rekombinasi genetik bervariasi tergantung mekanismenya. Beberapa fungsi rekombinasi genetik adalah memelihara perbedaan genetik, sistem perbaikan DNA khusus, regulasi ekspresi gen tertentu, dan penyusunan kembali genetik yang diprogram selama perkembangan.

Pada biologi evolusioner, perombakan gen ini diperkirakan memiliki banyak keuntungan yang memungkinkan organisme yang bereproduksi secara seksual menghindari kecenderungan mutasi merusak (*Ratchet Muller*) untuk menumpuk tanpa dapat berkurang pada populasi yang tidak memiliki rekombinasi genetik. Dalam biologi molekuler, rekombinasi genetik dapat menghasilkan produk yang diinginkan misalnya gen target tahan penyakit, gen target sesuai jenis penyakit tertentu dan lain-lain.

## Untuk sitasi artikel ini:

Toha, AHA, Widodo N, Hakim L, Sumitro SB (2015) Rekombinasi Genetik. Kons. Biod. Raja Ampat 4 (11): 9-13.

## Rujukan

- Cambell NA, Lawrence GM, Jane BR (1997) Biology. Concepts & Connections. Second Edition. Benjamin Cummings. Menlo Park, etc.
- Goodenough U (1984) Genetics. Third Edition. CBS. College Publishing.
- Yuwono T (2011) Biologi Molekuler. Penerbit Erlangga, 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 (ODU) 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

Program The Partnerships for Enhanced Engagement in Research (PEER) kembali menerima proposal dari para peneliti negara berkembang yang tertarik kerjasama dengan mitra Amerika Serikat. Program ini didanai oleh lembaga yang didukung oleh pemerintah Amerika Serikat. Lembaga mitra yang baru bergabung adalah National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) dan dua perusahaan swasta ditambahkan sebagai peserta yang dapat menjadi mitra dalam pengusulan proposal ini. Mitra potensial secara lengkap adalah the National Science Foundation (NSF); the National Institutes of Health (NIH); NOAA; the U.S. Geological Survey (USGS); the U.S. Department of Agriculture (USDA), including the National Institute of Food and Agriculture (NIFA), the Agricultural Research Service (ARS), and the United States Forest Service (USFS); the National Aeronautics and Space Administration (NASA), and the Smithsonian Institution.

Untuk mengikuti program kompetisi ini para peneliti negara berkembang termasuk peneliti Indonesia harus mengirimkan pra proposal (dua halaman) yang batas akhir pengiriman 15 Januari 2016.

Bidang kajian program ini diantaranya keanekaragaman, lingkungan, perubahan iklim, mitigasi bencana, keamanan pangan, air/sanitasi, urbanisasi, dan lain-lain.

Informasi rincian topik, petunjuk, daftar negara yang memenuhi syarat dan lain-lain yang terkait dengan program PEER ini dapat dilihat di <http://www.nationalacademies.org/peer>.

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.

