

**SPONGE UMUM DI TERUMBU-TERUMBU KARANG PERAIRAN TAHUNA  
KAPULAUAN SANGIHE**

*Common Sponges of Coral Reefs in Tahuna Sangihe Islands*

Walter Balansa<sup>1)</sup>, Aprelia Martina Tomaso<sup>1)</sup>, Frets Jonas Rieuwpassa<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Teknologi Budidaya Ikan, Politeknik Negeri Nusa Utara

<sup>2)</sup>Teknologi Pengolahan Hasil Laut, Politeknik Negeri Nusa Utara

Email: walterbalansa@polnustar.ic.id

**Abstrak:** Sponge makin banyak menarik perhatian para ilmuwan di seluruh dunia bukan karena potensi bioekologisnya saja tetapi juga karena potensi kosmetik dan biomedis dari molekul-molekul bioaktif maupun biomaterial sponge. Sangat disayangkan, pengetahuan tentang diversitas sponge di wilayah dengan biodiversitas tertinggi di dunia seperti Sulawesi Utara dan Wallacea pun masih sangat miskin dengan sebagian informasi diversitas sponge wilayah-wilayah ini tersebar dalam literatur-literatur ilmiah yang sudah usang dan terfragmentasi. Studi ini bertujuan untuk meningkatkan pengetahuan taksonomi dasar sponge di Sulawesi Utara khususnya di perairan Tahuna Kepulauan Sangihe sekaligus memberikan gambaran umum tentang distribusi dan potensi farmakologis dari sponges yang umum ditemukan di perairan Tahuna. Menggunakan metode *acid digestion* dan kombinasi mikroskop cahaya dan *Corel Draw*, kami mengidentifikasi tujuh spesies umum di terumbu karang Tahuna yaitu *Agelas nakamurai*, *Clathria reinwardtii*, *Ircinia strobilina*, *Melophus sarasinorum*, *Speciospongia vagabunda* dan *Xestospongia testudinaria*. Selain menyentil tentang molekul-molekul bioaktif, tulisan ini juga secara singkat membahas tentang penyebaran ketujuh jenis sponge itu terutama di kawasan Asia Tenggara, selatan Jepang dan Australia untuk memperlihatkan sebaran sekaligus potensi kandungan bioaktif dan biomaterial dari sumberdaya laut amat berharga tetapi terabaikan dalam berbagai program monitoring dan konservasi terumbu karang di Indonesia ini. Sementara *M. sarasinorum*, *S. vagabunda*, *C. reinwardtii*, dan *X. testudinaria* terlihat memiliki distribusi sangat luas di wilayah Indo Pasifik, *Agelas nakamurai* dan *I. strobilina* sejauh ini baru dilaporkan di perairan Okinawa, Asia Tenggara dan Wallacea meskipun spesies serupa dari kedua genus itu terdistribusi hampir di seluruh Australia. Artikel ini mewakili laporan pertama tentang diversitas, kandungan molekul dan sebaran geografis sponge umum dari perairan Kabupaten Sangihe.

**Kata kunci:** *Senyawa bioaktif, biomaterial, agelasines A-F, agelas nakamurai*

**Abstract:** *Sponges have attracted considerable attention not only because of their bioecological but also due to cosmetic and medical potentials of bioactive compounds and biomaterials from sponges. Unfortunately, the basic knowledge of this impressive marine invertebrate, even in rich biodiversity region such as North Sulawesi, remains poorly known with such information scattered in old and fragmented literatures. This research aimed to increase the basic taxonomic knowledge and medical potential of seven sponges in Tahuna's coral reefs Sangihe Islands as a step to encourage monitoring and conservation of this key species in coral reef in Sangihe Islands. Using acid digestion method and combination of light microscope and Corel Draw, we identified seven common species in Tahuna's coral reefs namely reinwardtii, Ircinia strobilina, Melophus sarasinorum, Speciospongia vagabunda and Xestospongia testudinaria. In addition to providing a quick review on the distribution of these species especially in South East Asia, southern Japan and Australia, the authors also touched on bioactive compounds produced by these animal isolated by one of the authors either from Sangihe Island's sponges or sponges from other locations to give an overview of the bioactive potential and geographical distributions of the impressive but ignored marine resource in coral reefs' monitoring and conservation programs in Indonesia. While sepecies such as M. sarasinorum, S. vagabunda C. reinwardtii, and X. testudinaria seem to well distributed in Indopacific, A. nakamurai and I. strobilina are distributed only in south Japan and Wallacea regions although the sibling species of the two sponges have been well reported throughout Australia. This article represents the first report on biodiversity, distribution and bioactive molecules of sponges from Sangihe Islands.*

**Keyword:** *Senyawa bioaktif, biomaterial, agelasines A-F, agelas nakamurai*

## PENDAHULUAN

Monitoring keanekaragaman spesies kunci terumbu karang seperti sponge amat bergantung pada pengetahuan dasar tentang jenis-jenis sponge (Bell & Smith 2004). Meskipun sponge termasuk salah satu spesies kunci pada ekosistem terumbu karang karena kelimpahan, dominasi dan keluasan interaksinya (Cerrano *et al.* 2006, Wulff 2012; Bell 2008) serta peranannya dalam memfungsikan berbagai ekosistem di laut (de Goeij *et al.* 2013), pengetahuan dasar tentang sponge, bahkan di wilayah kaya keragaman hayati seperti Sulawesi Utara pun, masih sangat minim (Tomascik *et al.* 1997; Calcinai *et al.*, 2017). Miskinnya informasi tentang sponge di wilayah ini telah turut menyebabkan terabaikannya sponge dalam berbagai program monitoring, survei dan konservasi terutama akibat keterbatasan pengetahuan tentang taksonomi sponge (Bell and Smith 2004, Bell 2008) padahal statusnya sebagai spesies kunci di terumbu karang.

Sejumlah penelitian tentang sponge Indonesia memang telah dipublikasikan pada laporan-laporan tua seperti pada ekspedisi Snellius II dan Siboga atau pada laporan terkini seperti pada revisi genus (Sim-Smith & Kelly, 2011; Becking, 2013), deskripsi spesies (Calcinai *et al.*, 2013; Muricy 2011) serta ekologi, distribusi dan simbiosis sponge (Calcinai *et al.*, 2004; Cerrano *et al.* 2006; de Voogd dan Cleary 2008; de Voogd *et al.* 2009; Powell *et al.*, 2014; Rossi *et al.* 2015). Meskipun begitu, studi invertebrata laut di wilayah Sulawesi Utara terutama perairan Nusa Utara masih sangat jauh dari optimal (de Voogd & van Soest, 2002; Calcinai *et al.*, 2017), bukti mendesaknya upaya identifikasi sponge dari perairan Tahuna Kabupaten Sangihe.

Artikel ini mendeskripsikan tujuh sponge yang umum ditemukan pada 4 terumbu karang di Tahuna (Enepahembang, Batulewehe, Towo'e dan Kolongan) yang dikoleksi selama bulan Juli dan Agustus 2020. Tulisan ini memberikan deksripsi morfologi seperti

bentuk, warna, tekstur beserta gambar bawah air, ukuran panjang dan lebar spikula dari ketujuh sponge itu selain distribusinya di kawasan Asia Tenggara, selatan Jepang dan Australia serta kandungan bahan aktif pada ketujuh jenis sponge ini. Penelitian ini bertujuan meningkatkan pengetahuan tentang diversitas, kandungan bioaktif dan distribusi sponge dari terumbu-terumbu karang di perairan Tahuna Kabupaten Sangihe sebagai sebuah upaya awal untuk mendorong kegiatan monitoring dan konservasi sumberdaya laut penting namun terabaikan seperti sponge di Kabupaten Kepulauan Sangihe.

## METODE PENELITIAN

### Sampling

Sponge diambil dari perairan Enepahembang, Batulewehe, Towo dan Kolongan pada bulan Juli dan Agustus 2020. Sponge diambil dari terumbu karang di Kolongan, Batulewehe, Towo dan Enepahembang pada kedalaman 3-12 m. Setelah pengambilan data morfologi (bentuk pertumbuhan, warna, tekstur) dan gambar bawah air, sampel-sampel sponge itu dimasukan ke dalam kantong plastik secara terpisah, ditampung dalam cool box, dibawa ke laboratorium Jurusan Perikanan dan Kebaharian Politeknik Negeri Nusa Utara dan disimpan dalam freezer (-18 °C) sampai semua sampel itu dianalisa struktur dan diukur spikulanya.

### Pemurnian Spikula.

Fragmen-fragmen akan diambil secara terpisah dari tiap sponge, dikeringkan dalam oven pada suhu 110 °C selama 15 menit jam sebelum spikulanya dimurnikan dengan *acid digestion method* (Hooper, 2002) dan diukur menggunakan kombinasi mikroskop cahaya dan Corel Draw (Rianti *et al.*, 2020a, Balansa & Rieuwpassa 2020).

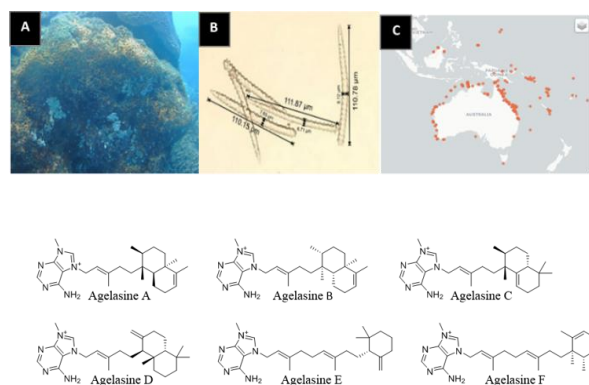
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebagai kelas sponge paling umum (menyusun kira-kira 80% total sponge di dunia), demospongiae memiliki kerangka struktur silika dalam bentuk tetrakson (bercabang empat) atau mono-axon atau bercabang tunggal (Ackers & Moss, 2007). Pengujian dan pengukuran spikula memperlihatkan sejumlah tipe spikula megasklera atau berukuran > 60  $\mu\text{m}$  sebagai kunci identifikasi ketujuh sponge umum di perairan Tahuna termasuk *oxea*, *acanthylostyle*, *tylostyle* dan *subtylostyle*. Berdasarkan analisis ini dan perbandingan dengan struktur morfologi termasuk spikula ketujuh jenis itu diidentifikasi sebagai *Agelas nakamurai*, *Melopus sarasiorum*, *Speciospongia vagabunda*, *Clathria reindwardti*, *Ircinia strobilina* dan *Aaptos suberitoides*.

### *Agelas nakamurai* (Hoshino 1985)

Dilaporkan pertama kali oleh Hoshino pada tahun 1985 dari salah satu sponge pulau Samami Okinawa, *Agelas nakamurai* ini masif, berwarna oranye hingga merah bata, dan memiliki spikula *acanthostyle* berukuran  $210 \times 10-15 \mu\text{m}$  (Gambar 1A dan 1B). Bertepatan saat ini kami sedang mengembangkan teknik pengukuran spikula baru (Balansa dan Rieuwpassa, 2020), kami juga memurnikan dan mengukur spikula dari sponge EP-15 yang awalnya diidentifikasi sebagai *Agelas* sp. melalui analisa *DNA barcoding* (Balansa *et al.*, 2020). Ternyata, EP-15 juga mengandung spikula *acanthostyle* salah satu ujung runcing dilengkapi dengan 18-23 tonjolan berukuran  $108.78-111.87 \times 6.71-7.80 \mu\text{m}$ , spikula tipikal dari *A. nakamurai* (Hoshino 1985; Eder *et al.*, 1999; Sarat *et al.*, 2016; Rianti *et al.* 2020). Oleh karena itu, spesimen *Agelas* sp. dari perairan Enepahembang ditetapkan menjadi *Agelas nakamurai*. Identifikasi jenis ini dipertegas secara kimia oleh isolasi sejumlah senyawa yang awalnya juga ditemukan pada *A. nakamurai* yaitu agelasines A dan D dari EP-15 (Balansa *et al.*, 2020) dan agelasines

A-F serta agelasidine D dari tiga sponge *A. nakamurai* perairan Tahuna lainnya (Rianti *et al.*, 2020b) (Gambar 2C). Agelasine A-F dan agelasidine A telah berulang kali dilaporkan sebagai antikanker dan antiinfeksi dengan agelasine B mampu menginduksi apoptosis pada sel kanker payudara secara *in vitro* (Pimentel *et al.*, 2013). Sejauh ini, *A. nakamurai* telah dilaporkan dari perairan Okinawa, Papua New Guinea dan wilayah Wallacea yakni Ambon (Eder *et al.*, 1999), Spermonde (Sapar *et al.*, 2014) dan Kepulauan Sangihe (Balansa *et al.*, 2020; Ryanti *et al.*, 2020b). Hasil cukup mengejutkan muncul saat pencarian pada basis data online *Atlas of Living Australia* yang memperlihatkan belum ada catatan spesies ini di Australia sampai sebagian besar Indo Pasifik meskipun spesies sangat mirip seperti *Agelas mochiatii* (Hoshino 1985) justru telah dilaporkan tersebar di sebagian besar Australia, wilayah Pasifik, Malaysia hingga Palau (Gambar 1C).

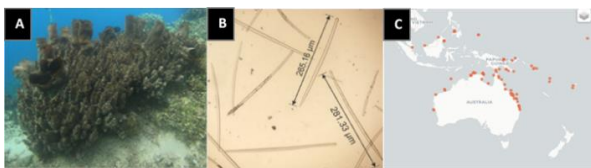


Gambar 1. *A. nakamurai* EP-15 (A), spikula *acanthostyle* dari EP-15 (B), sebaran *A. mochiatii* di Indo Pasifik dan Asia Tenggara dan molekul Agelasine A-F.

### *Speciospongia vagabunda* (Ridley 1884)

Spesies sponge ini memiliki fistula (semacam cerobong asap) berbentuk silindris atau subsilindris dengan bentuk menutup atau terbuka penuh, menempel di dasar perairan dan member substrat dengan tubuh bagian bawah sponge ini biasanya terbenam pada substrat dan memiliki permukaan tubuh licin, tidak rata dan rapuh. *S. vagabunda* dilaporkan berwarna coklat, hijau zaitun atau jingga saat hidup dan memiliki

spikula megasklera tylostyles (Atlas of Living Australia, 2020). Karakteristik-karakteristik morfologi ini sesuai dengan karakteristik spesimen dari perairan Enepahambang (Gambar 3A) yang memiliki bentuk fistula silindris kebanyakan terbuka, permukaan tubuh licin, agak tidak merata dan rapuh. Selain itu, spesimen sponge dari Enepahambang juga memiliki spikula tylostyle berukuran panjang 265.16 hingga 281.33  $\mu\text{m}$ . Meskipun ukuran spikula dari spesimen Enepahambang ini relatif lebih kecil (Gambar 3B), kemungkinan akibat perbedaan lingkungan perairan, ukuran itu masih berada pada kategori megasklera (>60 mm), karenanya mendukung penetapan spesimen Enepahambang sebagai *Speciospongia vagabunda*. Spesimen ini telah dilaporkan memiliki distribusi sangat luas dari New Caledonia hingga Pilipina, Sri Lanka, Mauritius (Beepat *et al.*, 2013), laut Jawa Indonesia (Hadi *et al.*, 2018) sampai Asia Tenggara dan wilayah Indo-Pasific (Gambar 2C).



Gambar 2. *Speciospongia vagabunda* (A), spikula tylostyle (B), distribusi di Indo Pasifik (C)

#### *Clathria reinwardti* (Vosmaer, 1880).

Menurut *Atlas of Living Australia*, *C. reinwardti* memiliki bentuk pertumbuhan menyerupai pohon atau arborescent, memperlihatkan percabangan silindris atau bentuk silindris padat dan membentuk sejumlah titik pelekatan pada substrat. Basis data online itu juga menjelaskan bahwa percabangan dan tangkai pada substrat dengan luasan dasar sempit biasanya berhubungan dengan pangkal batang membentuk struktur kompleks saling terpinil kebanyakan dengan cabang tunggal. Spesies ini juga dilaporkan memiliki warna yang relatif stabil dari pigmentasi sangat terang mulai dari oranye hingga oranye kecoklatan, oranye-merah-coklat hingga abu-abu putih dalam keadaan hidup dan orange coklat

hingga abu-abu putih jika direndam dalam alkohol. *C. reinwardti* dikenal memiliki spikula tipe style dengan salah satu ujung sangat tajam dan ujung lainnya tumpul. Deskripsi morfologi ini sejalan dengan karakteristik spesimen dari perairan Batulewehe (Figure 3A and 3B). Itulah sebabnya, sponge ini ditetapkan sebagai *C. reinwardti* atau dikenal juga dengan nama sponge tali coklat. Jenis sponge ini telah dilaporkan sebagai penyusun utama perairan dangkal wilayah Mikronesia, Australia bagian utara, Torrest Straits, Papua New Guinea dan Kepulauan Solomon (Figure 3C), Asia Tenggara dan India. Menurut Kelly & Bell (2016) kelimpahan spesis ini berhubungan erat dengan bentuk tubuhnya berupa fragmen yang mudah melekat kembali pada substrat. *C. Reinwardti* adalah sumber berbagai molekul seperti amida mengandung bromin, terpen, alkaloid dan berbagai molekul bioaktif lain selain memperlihatkan kemampuan menyerap logam berat (Melawaty *et al.*, 2014).

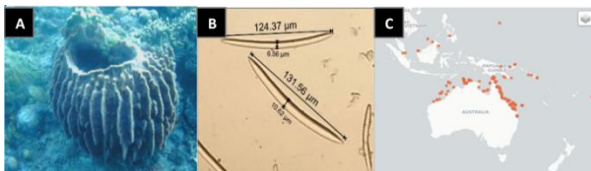


Gambar 3. *Clathria reinwardtii* (A), spikula megasklerea style (B) distribusinya di Asia Tenggara dan Indo Pasifik (C)

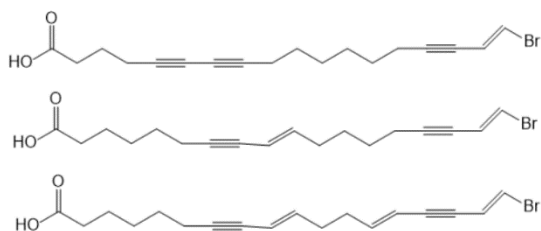
#### *Xestospongia testudinaria* (Lamark, 1815)

Sponge berbentuk drum ini keras dan tidak bisa ditekan, memiliki lubang besar di bagian tengah dan berukuran sangat besar, bisa mencapai lebih dari 1 m. Sementara bagian luar bisa berwarna jingga atau merah coklat, bagian dalamnya berwarna krim. *X. testudinaria* dilaporkan memiliki spikula tipe oxea (Hadi *et al.*, 2018) dengan ujung bulat atau sedikit runcing berukuran 250-350x5-20  $\mu\text{m}$ . Deskripsi-deskripsi ini sangat konsisten dengan karakteristik dari spesimen sponge Batulewehe (Gambar 5A dan 5B) yang memungkinkan penetapan spesimen perairan Batulewehe sebagai *Xestospongia testudinaria*. Sponge ini juga diketahui memiliki distribusi sangat luas seperti perairan Tanzania (Setiawan *et al.*, 2016),

Thailand, Taiwan, Australia khususnya di *The Great Barrier Reef* (Gambar 4 C), perairan Probolinggo-Situbondo (Hadi *et al.* 2018), Guam and Mikronesia (Hooper and Van Soest, 2002). Ukurannya yang besar dan bentuknya yang menarik membuat sponge drum ini menjadi daya tarik wisata di seluruh wilayah Indo-Pasifik (Kelly & Bell, 2016). Pada pengujian antimikroba, ekstrak kasar dari *X. testudinaria* aktif terhadap bakteri Gram positif *Staphylococcus aureus* pemurnian ekstrak itu menghasilkan beberapa senyawa dari kelompok asetilenik terbrominasi seperti xestospongic acid (Gambar 4) (data belum dipublikasikan). Salah aktivitas biologis menarik dari senyawa kelompok asetilenik terbrominasi adalah antiobesitas (Liang *et al.*, 2014). Selain itu, tipe spikula dari *X. testudinaria* (oxea) sangat mirip dengan tipe spikula kecualri ukurannya dari sponge *Haliclona* sp. yang telah dilaporkan oleh Zhang *et al.* 2017; Zhang *et al.*, 2019 dan Liang *et al.*, 2020) sebagai spikula untuk *skin drug delivery system* yang penting untuk membantu pengobatan transdermal atau melalui kulit.



Gambar 4. *Xestospongia testudinaria* (A), spikula oxea megasklera (B), distribusinya di Indo Pasifik (C).



Xestospongic acids

*Melophus sarasinorum* Thiele (1899)

Sponge masif berbentuk bulat telur atau oval atau seperti nenas dengan warna coklat muda atau coklat gelap dan biasanya memiliki “semacam kaki” khususnya saat berukuran kecil sehingga terlihat seperti pesawat ruang angkasa alien. Tubuh sponge ini keras tapi bisa ditekan (compressible) dengan tipe spikula oxea megaskleres dengan beberapa bentuk berukuran besar dengan ujung runcing. Sponge perairan Enepahembang memperlihatkan karakteristik morfologi yang sama persis dengan *Melophus sarasinorum* sehingga ditetapkan sebagai *M. sarasinorum* (Gambar 5A dan 5B). Sejumlah molekul steroid sarasinoid telah dilaporkan sebagai antikanker dari *M. sarasinorum*. Seperti halnya *C. reinwardti*, *M. sarasinorum* juga dilaporkan memiliki kemampuan menyerap logam berat sehingga berpotensi juga untuk mengatasi masalah pencemaran lingkungan oleh logam berat. Kesamaan tipe spikula (oxea) tetapi dengan ukuran lebih besar daripada spikula *Haliclona* yang telah dipatenkan untuk *drug delivery system* memperlihatkan potensi spikula *M. sarasinorum* sebagai biomaterial untuk *skin drug delivery system*. Jenis sponge ini mewakili komunitas bentik paling umum ditemukan di Guam dan Mikronesia (Hooper and Van Soest, 2002), Asia Tenggara, Okinawa dan Australia bagian utara.

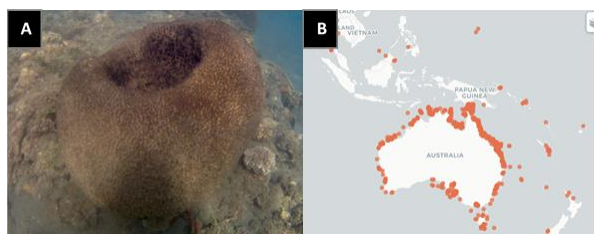


Gambar 5. *Melophus sarasinorum* (A) spikula oxea megasklera (B), distribusi di Indo Pasifik (C).

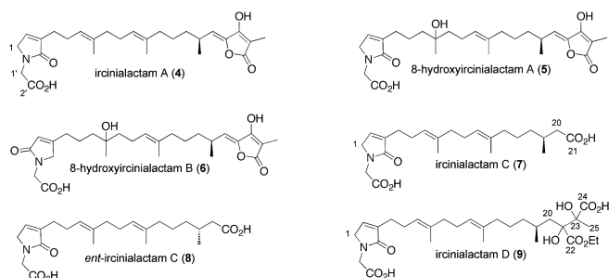
*Ircinia strobilina* (Lamarck, 1816)

Sponge berbentuk bola berwarna abu-abu, coklat maroon sampai hitam ini biasanya memiliki bagian tengah berlubang besar dengan tinggi dan diameter mencapai ~26 cm and ~22 cm. Spesimen ini

tidak mengandung spikula dan sangat susah disobek mengandung kolagen dan serabut filamen tersusun dari serat-serat organik (Hardoim & Costa 2014). Spesimen Towo'e memperlihatkan karakteristik morfologi serupa termasuk ketiadaan spikula dari sponge ini sehingga spesimen ini juga diidentifikasi sebagai *I. strobilina*. Meskipun hingga sekarang tidak ada catatan mengenai keberadaan spesies ini di Australia, sebagian besar anggota dari genus ini terutama *Ircinia Nardo* justru dilaporkan tersebar luas di seluruh Australia dan Indo Pasifik (Gambar 6B). Bahkan penulis korespondensi dari artikel ini berkesempatan meneliti 7 sponge Australia dari genus *Ircinidae*. Penelitian-penelitian itu menghasilkan senyawa-senyawa terpena tetronik acid dan derivatnya termasuk molekul-molekul seperti ircinialactam (Balansa *et al.*, 2010) dan ircinianin (Balansa *et al.* 2013) yang merupakan molekul penanda dari sponge pada genus ini. Molekul-molekul ini memperlihatkan aktivitas modulasi terhadap reseptor glisin yaitu reseptor target untuk pengobatan rasa nyeri dan epilepsi (Balansa *et al.*, 2010; Balansa *et al.*, 2013).



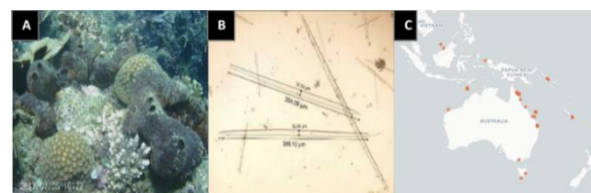
Gambar 6. *Ircinia strobilina* (A) dan distribusi genus *Ircinia* (B).



#### *Aaptos suberitoides* (Schmidt, 1864)

Menurut Calcinaï *et al.* (2017) yang mengidentifikasi sejumlah sponge dari perairan Sulawesi Utara, *Aaptos suberitoides* tergolong sponge

dengan bentuk subspherical (agak bulat) dengan warna eksterior bervariasi dari kuning ke coklat muda sampai oranye tergantung tingkat keterdedahan terhadap cahaya matahari tetapi warna interior selalu kuning. Spesies ini dilaporkan memiliki spikula strongyles. Spesimen dari Batulewehe memperlihatkan bentuk agak bulat dengan warna eksterior gelap cenderung hitam tetapi interior berwarna kuning dan spikula strongyles berukuran panjang 265.-352  $\mu\text{m}$ . Berbagai kesamaan morfologi spesimen dari Batulewehe dan *A. suberitoides* dari Manado menunjukkan bahwa spesimen dari Batulewehe adalah *A. suberitoides*. Jenis sponge ini telah dilaporkan dari wilayah Wallacea termasuk Ambon (Pham *et al.*, 2013), Manado (Calcinaï *et al.* 2017) dan Okinawa meskipun hanya anggota genus *Agelas* lainnya seperti *Aaptos aaptos* yang telah dilaporkan dari Australia khususnya di the *Great Barrier Reef* dan sebagian wilayah Indo Pasifik (Gambar 7C).



Gambar 7. *Aaptos suberitoides* (A), spikula strangles (B) dan distribusi genus *Aaptos* di Indo Pasifik (C)

#### KESIMPULAN

Sponge dari perairan Sangihe belum terekplorasi dengan baik dan mewakili objek yang sangat baik untuk kajian-kajian taksonomi, ekologi, pencarian berbagai bahan aktif dan biomaterial dengan beragam potensi kosmetik maupun medis yang relatif belum terungkap. Teknik permunian spikula dan pengukurannya yang relatif sederhana membuka peluang upaya untuk mendapatkan informasi taksonomi dasar yang sangat krusial untuk identifikasi spesies yang pada gilirannya berperan penting untuk monitoring dan perlindungan sumberdaya laut, apalagi dua spesies memperlihatkan potensi bioakumulator logam berat yang berpotensi mengatasi masalah

pencemaran logam berat di lingkungan laut. Terlebih penting lagi, kandungan bahan-bahan aktif dan biomaterial sponge, terutama dari wilayah yang relatif belum terungkap seperti di Kab. Sangihe, membuka peluang penemuan-penemuan baru yang amat penting untuk kemajuan di bidang ilmu pengetahuan, kecantikan dan medis.

#### DAFTAR RUJUKAN

- Ackers, R. G & Moss, D. Sponges of the British Isles ("Sponge V"). A Coloud Guide and Working Document 1992 Edition, reset with modifications, 2007. Bernard E. Picton, Ulster Museum, Botanic Gardens, Belfast BT9 5AB.
- Atlas of Living Australia. <https://www.ala.org.au/> (diakses awal November 2020).
- Balansa, W.; Wodi, S. I. M.; Rieuwpassa, F. J.; Ijong, F. G. Agelasines B, D and antimicrobial extract of a marine sponge *Agelas* sp from Tahuna Bay, Sangihe Islands, Indonesia. 2020, 21, 699-706.
- Balansa, W & Rieuwpassa, F. J. Teknik Pengukuran Sponge Menggunakan Kombinasi Mikroskop Cahaya dan Corel Draw. 2019. Surat Pencatatan Ciptaan No. 0002209216. Kementerian Hukum dan Hak Asasi Manusia.
- Bell, J. J & Smith, D. Ecology of sponge assemblages (Porifera) in the Wakatobi region, southeast Sulawesi, Indonesia: richness and abundance. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 2004, 84: 581–591. <https://doi.org/10.1017/S0025315404009580h>.
- Bell, J.J. The Functional Roles of Marine Sponges. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 2008, 79: 341–353. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2008.05.002>.
- Beepat, S. S.; Appadoo, C.; Marie, D. E. P.; Paula, J.; Sivakumar, K. Distribution and Abundance of the Sponge *Speciospongia vagabunda* (Ridley, 1884) (Phylum: Porifera, Class: Demospongiae) in a Shallow Mauritiaon Lagoon. *Western Indian Ocean J. Mar. Sci.*, 2013, 12, 15-23.
- Becking, L. E. Revision of the genus *Placospongia* (Porifera, Demospongiae, Hadromerida, Placospongiidae) in the Indo-West Pacific. 2013, *ZooKeys* 298: 39–76. <https://doi.org/10.3897/zookeys.298.1913>.
- Calcinai, B.; Bavestrello, G.; Bertolino, M.; Pica, D.; Wagner, D.; Cerrano, C. Sponges associated with octocorals in the Indo-Pacific, with the description of four new species. *Zootaxa*, 2013, 3617: 1–61. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3617.1.1>.
- Calcinai, B.; Bastari, A.; Bavestrello, G.; Bertoloni, M.; Horcajads, S. B.; Pansini, M.; Makapedua, D. M.; Cerrano, C. *ZooKeys*, 2017, 680, 105-150.
- Cerrano C.; Calcinai, B.; Pinca, S; Bavestrello, G. Reef sponges as hosts of biodiversity: cases from North Sulawesi. In: Suzuki Y, Nakamori T, Hidaka M, Kayanne H, Casareto BE, Nadao K, Yamano H, Tsuchiya M (Eds) Xth Coral Reef Symposium, Okinawa, 2006, 208–213.
- Eder, C.; Proksch, P.; Wray, V.; van Soest, R. W. M.; Ferdinandus, E.; Pattisina, L. A.; Sudarsono. New Bromopyrrole Alkaloids from the Indopacific Sponge *Agelas nakamurai*. *J. Nat. Prod.* 1999, 62, 1295-1297.
- Hadi, T. A.; Hafizt, M.; Hadiyanto, Budiyanto, A.; Siringoringo, R. M. Shallow Water Sponges along the South Coast of Java, Indonesia. *Biodiversitas*, 2018, 19 535-543.
- Hardoim, C. C. P & Costa, R. Microbial Communities and Biocvtive Compounds in Marine Sponges of the Family Irciniidae-A Review. *Mar. Drugs* 2014, 12, 5089-5122.
- Hoshino, Takaharo 1985. Deskripsi dua spesies baru dari genus *Agelas* (Demospongia) dari Pulau Zamari, Ryukyus, Jepang. *Prosiding Masyarakat Zoologi Jepang*. 30 : 1-10.
- Kelly, M & Bell, L. J. *Splendid Sponges of Palau*. NIWA by TC Media Ltd. 70 pp.
- Liang, L. F.; Wang, T.; He, W. F.; Cai, Y. S. Brominated polyunsaturated lipids from the Chinese sponge *Xestospongia testudinari* as a new class of pancreatic lipase inhibitor. *European Journal of Medicines*. 2014, 79C:290-297.
- Liang, X. J.; Zhang, J. L.; Ou, H. L.; Chen, J.; Mitragotri, S.; Chen, M. Skin Delivery of siRNA Using Sponge Spicules in Combination with Cationic Flexible Liposomes. *Molecular Therapy Nucleic Acids*, 2020, 20, 639-648.
- Melawaty, L.; Noor, A.; Harlim, T.; de Voogd, N. The potential of *Clathria reinwardtii* as Bioaccumulator of Heavy Metal Cu. *Marina Chimica Acta*, 2014, 15, 1-3.
- Muricy G (2011) Diversity of Indo-Australian Plakortis (Demospongiae: Plakinidae), with description of four new species. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 91(2): 303–319. <https://doi.org/10.1017/S0025315410000743>.
- Pimentel, A.A., Feliberto, P., Sojo, F. *et al.* The marine sponge toxin agelasine B increases the intracellular Ca<sup>2+</sup> concentration and induces apoptosis in human breast cancer cells (MCF-7). *Cancer Chemother Pharmacol* **69**, 71–83 (2012). <https://doi.org/10.1007/s00280-011-1677-x>.
- Powell A, Smith DJ, Hepburn LH, Jones T, Berman J, Jompa J, Bell JJ (2014) Reduced Diversity and

- High Sponge Abundance on a Sedimented Indo-Pacific Reef System: Implications for Future Changes in Environmental Quality. *PLoS ONE* 9(1): e85253. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0085253>
- Riyanti,; Balansa, W.; Liu, Y.; Sharma, A.; Mihajlovic, S.; Hartwig, C.; Leis, B.; Rieuwpassa, F. J.; Ijong FG.; Wagele, H.; Konig, G. M.; Schaeberle, T. F. Selection of sponge-associated bacteria with high potential for the production of antibacterial compounds. *Sci. Rep.* (2020, Accepted).
- Riyanti,; Marner, M.; Hartwig, C.; Patras, M.; Wodi, S. I. M.; Rieuwpassa F. J, Ijong, F. G.; Balansa, W.; Schaeberle, T. F. 2020, Samples by Semi-automated Prioritization of Extracts for Natural Product Research (SeaPEPR). Submitted to *Marine Drugs*.
- Rossi G, Montori S, Cerrano C, Calcinai B (2015) The coral killing sponge *Chalinula nematifera* (Porifera: Haplosclerida) along the eastern coast of Sulawesi Island (Indonesia) 82: 143–148
- Sapar, A.; Noor, A.; Soekamto, N. H.; Ahmad, A.; Hadi, T. H. A Preliminar Study of Bioactivity and Idnetification of Secondary Metabolites Functional Groups in Extracts of *Agelas nakamurai* Hoshino Sponge from Spermonde Archipelago, Indonesia. *Marina Chimica Acta*, 2013, 2, 5 pp.
- Setiawan, E.; De Voogd, N. J.; Swierts, T.; Hooper, J. N. A.; WRoheide, G.; Erpenbeck, D. MtDNA Diversity of Indonesian barrel sponge *Xestospongia testudinaria* (Porifera: Haplosclerida)-Implications from Partial Cytochrome Oxidase 1 Sequences. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 2016, 96, 323-332.
- Sim-Smith C, Kelly M (2011) Two new genera in the family Podospongiidae (Demospongiae: Poecilosclerida) with eight new Western Pacific species. *Zootaxa* 2976: 32–54
- Tomascik T.; Mah, A.J.; Nontji, A.; Moosa, M. K. *The Ecology of the Indonesian Seas*. Dalhousie University/Periplus Editions, Singapore, 1997, 1388 pp.
- de Voogd NJ, Cleary DFR (2008) An analysis of sponge diversity and distribution at three taxonomic levels in the Thousand Islands/Jakarta Bay reef complex, West-Java, Indonesia. *Marine ecology-an evolutionary perspective* 29: 205–215. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0485.2008.00238>.
- de Voogd NJ, Becking LE, Cleary DFR (2009) Sponge community composition in the Derawan Islands, NE Kalimantan, Indonesia. *Marine ecology progress series* 396: 169–180. <https://doi.org/10.3354/meps08349>.
- Wulff, J.L. Ecological interactions and the distribution, abundance, and diversity of sponges. In: Becerro MA (Ed) *Advances in Sponge Science: Phylogeny, Systematics, Ecology*. *Advances in Marine Biology*, 2012, 61: 273–344. <https://doi.org/10.1016/>.
- Zhang, X.; Ou, H.; Liu, C.; Zhang, Y.; Mitragotri, S.; Wang, D.; Chen, M. Skin Delivery of Hydrophilic Biomacromolecules Using Marine Sponge Spicules. *Mol. Pharmaceutics*, 2017, 9, 3188-3200.
- Zhang, C.; Zhang, K.; Zhang, J.; Ou, H.; Duan, J.; Zhang, S.; Wang, D.; Mitragotri, S.; Chen, M. Skin Delivery of Hyaluronic Acid by the Combined Use of Sponge Spicules and Flexible Liposomes. *Biomater. Sci.*, 2019, DOI: 10.1039/C8BM01555Ddst