

## Kenaikan Suhu Perairan Mengakibatkan *Mastigias papua* Menghilang di Danau Laut Lenmakana Misool Kabupaten Raja Ampat, Papua Barat

Water Temperature Increasing Caused *Mastigias papua* Disappeared in Marine Lake Lenmakana Misool Raja Ampat Regency, West Papua

Gandi Y.S. Purba\*

Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, UNIPA, Manokwari, 98314, Indonesia

Korespondensi: g.purba@unipa.ac.id, gyspurba@gmail.com

### ABSTRAK

*Mastigias Papua* adalah ubur-ubur yang menjadi *trademark* danau laut. Danau Ongeim'l Tketau Palau, Danau Hang Du I Vietnam, Danau Kakaban di Kalimantan, dan Danau Lenmakana di Raja Ampat Papua menjadi tujuan wisata eksotis karena kehadiran biota ini di danau. Suhu perairan sangat berpengaruh terhadap kehidupan ubur-ubur karena simbiosis mutualismenya dengan alga coklat zooxanthellae. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui hubungan suhu dengan lenyapnya ubur-ubur di danau terutama pada Musim Barat 2017/2018 dan 2018/2019. Ketidakhadiran *Mastigias* di danau ini secara visual diperlihatkan dengan foto lapangan, sedangkan data suhu didapatkan dari rekaman *logger* yang dipasang di danau dan di laut. Data-data sekunder dari NOAA dan BMKG dipakai untuk menjelaskan kondisi sekitar saat hilangnya ubur-ubur ini. Hasil rekaman data suhu perairan danau memperlihatkan terjadi kenaikan 2,5°C saat *Mastigias* lenyap dari suhu di hari-hari sebelumnya. Kenaikan suhu terjadi karena siklus cuaca yang mengalami perubahan waktu, musim kemarau terjadi lebih cepat dan musim hujan lebih lambat. Musim panas yang menjadi lebih panas karena kenaikan suhu global, membuat air danau tidak dapat dihidupi ubur-ubur. Sebaliknya, pada Musim Barat 2019/2020, *Mastigias* tetap ditemukan di danau. Musim hujan yang lebih cepat 20 hari dari kondisi normal membantu mengurangi suhu panas di Musim Barat saat itu.

Kata kunci: *Mastigias papua*; danau laut; suhu permukaan; Misool; Raja Ampat Papua

### ABSTRACT

*Mastigias papua* is a jellyfish that is trademark of sea lake. Ongeim'l Tketau Lake in Palau, Hang Du I Lake in Vietnam, Kakaban Lake in Kalimantan, and Lenmakana Lake in Raja Ampat Papua are exotic tourist destinations because of presence of these biota in the lake. Water temperature is very influential on the life of a jellyfish because of its mutual symbiosis with zooxanthellae brown algae. The purpose of this study is want to determine the relationship of temperature with the disappearance of jellyfish in lakes, especially in the West Season 2017/2018 and 2018/2019. The absence of *Mastigias* in this lake are visually demonstrated by field photographs, while temperature data are obtained from logger records in the lake and at the sea. Secondary data from NOAA and BMKG are used to explain the conditions surrounding when jellyfish lost. The results of the lake water temperature data record showed an increase of 2.5°C from the previous days when the *Mastigias* disappeared. Temperature increases occurred due to weather cycles that change in time, the dry season occurred faster and the rainy season occurred

slower. Summer was hotter because of rising global temperature, making the lake water unusable for jellyfish. Conversely, in the West Season 2019/2020, *Mastigias* still found in the lake. The rainy season which is 20 days faster than normal conditions helped reduce the heat in the West Season at that time.

Keywords: *Mastigias Papua*; marine lake; surface temperature; Misool; Raja Ampat Papua

## PENDAHULUAN

*Mastigias papua* adalah biota yang menyebabkan daya tarik danau laut menjadi luar biasa. Walaupun demikian, tidak semua danau laut dapat ditemui ubur-ubur ini. *Mastigias sp.* hanya ditemukan di danau laut bertipe meromiktik, tetapi tidak semua danau meromiktik dihuni oleh *Mastigias* (Colin, 2009). Pertanyaan mengapa demikian, sampai sekarang masih merupakan tanda tanya. Tanda tanya menjadi lebih dalam dengan menemukan kelimpahan *Mastigias* yang berbeda di danau meromiktik, ada yang berlimpah, sedang, dan sedikit. Di Danau Misool ditemukan tiga danau yang dihuni melimpah dan sedang oleh ubur-ubur *Mastigias sp.*, yaitu Danau Lenmakana, Danau Karawapop, dan Danau Keramat (Becking et al., 2014; Purba et al., 2018).

Ubur-ubur *Mastigias* hanya dijumpai di air hangat dan memiliki warna biru, kuning-oranye, coklat, beberapa bahkan memiliki sejumlah titik-titik putih dan hitam (Hale, 1999). Dari berbagai referensi diketahui ubur-ubur *Mastigias* hidup pada kisaran 27,50-31°C (Tabel 1). Spesies ini bersimbiosis mutualisme dengan alga coklat zooxanthellae hingga membutuhkan sinar matahari untuk melakukan fotosintesis. Namun demikian, kenaikan suhu sangat sensitif terhadap hubungan simbiosisnya dengan zooxanthellae. Cerrano et al. (2006) melaporkan di Danau Hang Du I Vietnam, *Mastigias* menghilang di bulan September 2003 dikarenakan suhu yang naik 3°C dari pada musim semi 2003 dan 2004. Kejadian yang sama pernah terjadi di danau laut Palau (Dawson et al., 2001). Kondisi suhu air danau di Palau saat itu yang bertepatan dengan El Nino

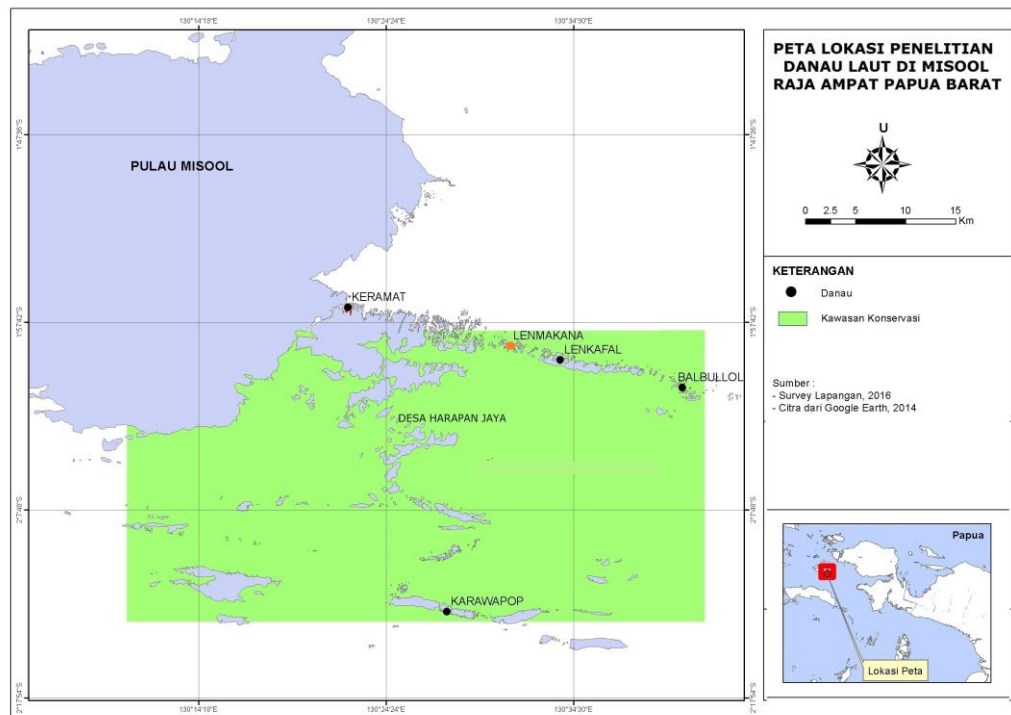
1998/1999 adalah 34°C (April 1999) yang sebelumnya 32°C (Desember 1998) di kedalaman 5 m.

Danau Lenkamana telah menjadi tujuan wisata utama untuk wilayah Raja Ampat bagian selatan. Beberapa tahun terakhir memang terjadi perkembangan yang sangat tinggi untuk industri pariwisata Raja Ampat. Sebelum tahun 2001, hanya ada satu *diving resort* dan satu *live-aboard dive vessel*, rata-rata 300 tamu/tahun, kemudian menjadi 8 *resort* dan lebih dari 40 *live-aboard boat* yang melayani 6.400 tamu per tahun di tahun 2011 (Mangubhai et al., 2012). Satu *resort* dan beberapa *homestay* telah berdiri di Pulau Misool. *Resort* ini berada dekat dengan Danau Karawapop, danau ubur-ubur lain di bagian selatan Pulau Misool yang dikelola oleh asing. *Homestay* tersebar di desa-desa yang berpenduduk “padat” dan berfasilitas memadai, terutama kesediaan listrik dan internet. Namun, ada satu *homestay* baru yang hanya berjarak 13 km dari Danau Lenmakana dengan kapasitas sampai 30 orang. Danau Lenmakana adalah danau yang terisolir dan jauh dari permukiman. Gairah pariwisata ini pernah terjadi di Danau Ongeim'l Tketau atau lebih dikenal dengan nama Jellyfish Lake di Palau. Usaha penyelaman menjadikan danau laut di Palau sebagai destinasi *snorkeling* utama di Pasifik Tropis. Jumlah turis mencapai 75.000 orang atau 500% kenaikan dari 1986 sampai 1997 setelah diangkat ke publik melalui majalah petualang, tiga perempat di antaranya mengunjungi Danau Ubur-ubur (Dawson et al., 2001).

**Tabel 1.** Suhu perairan danau laut yang didiami ubur-ubur di Palau, Vietnam, dan Indonesia

| Nama Danau                              | Suhu (°C)   | Jenis Ubur-ubur                                                                  |
|-----------------------------------------|-------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| Danau Ubur-ubur, Mecherchar, Palau      | 28-31       | <i>Mastigias, Aurelia</i>                                                        |
| Danau Clear, Mecherchar, Palau          | 29,5-30,5   | <i>Mastigias</i>                                                                 |
| Danau Big Jellyfish, Koror, Palau       | 30-31       | <i>Mastigias, Aurelia</i>                                                        |
| Danau Goby-Koror, Palau                 | 29-31       | <i>Mastigias</i>                                                                 |
| Hang Du I-Halong Bay, Vietnam           | 29,1        | <i>Mastigias</i>                                                                 |
| Berau01, Kakaban, Indonesia             | 29-31,5     | <i>Mastigias, Aurelia, Cassiopea</i>                                             |
| Berau03- Haji Buang- Maratua, Indonesia | 29-30       | <i>Mastigias</i>                                                                 |
| Danau Lenmakana-Misool                  | 28,90-29,30 | <i>Mastigias, Aurelia</i> sp.                                                    |
| Danau Karawapop-Misool                  | 28,30-29,00 | <i>Mastigias</i>                                                                 |
| Danau Keramat-Misool                    | 27,50-27,90 | <i>Mastigias, Aurelia</i> sp.,<br><i>Cassiopea ornate</i> ,<br><i>Ctenophore</i> |

Sumber: Becking et al. (2011); Colin (2009); Dawson & Hamner (2003); Hamner & Hamner (1998); Santodomingo (2009); Purba et al. (2018)



**Gambar 1.** Danau Lenmakana di Daerah Perlindungan Laut Misool, Raja Ampat (Purba et al., 2018)

Danau Lenmakana pernah beberapa kali mengalami kehilangan *Mastigias* sp. karena peningkatan suhu perairan. Ubur-ubur yang menghilang diketahui hanya jika bertepatan melakukan kunjungan penelitian ke danau atau informasi dari pemandu wisata. Itulah mengapa, mulai kapan ubur-ubur menghilang dan lama waktu pemulihannya tidak memungkinkan diketahui

secara pasti. Tulisan ini bertujuan mengetahui hubungan peristiwa menghilangnya *Mastigias papua* dengan kenaikan suhu di Danau Lenmakana melalui data rekaman suhu.

## METODE PENELITIAN

### Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Danau Lenmakana-Misool Tenggara Raja Ampat. Nama ini bukanlah nama resmi, nama yang diberikan karena terletak di wilayah Pulau Lenmakana. Misool Tenggara masuk ke dalam tujuh jejaring Kawasan Konservasi Laut Daerah (KKLD) di Raja Ampat dengan danau laut sebagai salah satu nilai konservasinya. Lokasi Danau Lenmakana diperlihatkan pada Gambar 1.

### Kondisi umum

Pada bulan Juni sampai dengan Agustus merupakan waktu cuaca yang sangat buruk di Raja Ampat, yang secara lokal disebut dengan Musim Selatan. Kondisi ini disebut dengan Musim Timur dan angin yang bertiup berasal dari Tenggara (angin Moonsun Tenggara) untuk Belahan Bumi Selatan. Selain kecepatan angin yang tinggi dari selatan, lama penyinaran juga sedikit karena curah hujan yang meningkat dan terjadi sepanjang hari. Curah hujan bulanan tertinggi tercatat sebesar 443,2 mm terjadi di bulan Juli (Purba, 2018). Di Perairan Raja Ampat, Musim Timur identik dengan musim *upwelling*, suatu fenomena dimana masa air dari kolom perairan yang lebih dalam akan naik di permukaan dan mendinginkan suhu air di atasnya. *Upwelling* ini disebabkan oleh tiupan Angin Tenggara di atas permukaan perairan. Massa air permukaan yang bergeser ke arah barat akan diganti oleh air yang terangkat dari bagian bawah. Keadaan ini dominan terjadi pada sebelah timur dan selatan perairan Misool (Ulath, 2012). Sebaliknya pada musim barat (Desember-Februari), suhu permukaan menjadi lebih hangat karena hembusan angin lemah, hanya 2,5 knot (Desember) dibandingkan Agustus sebesar 4,3 knot, hingga transfer bahang dari badan air ke udara menjadi berkurang. Curah hujan terendah pun ada di bulan Januari sehingga tidak

membantu untuk menurunkan suhu permukaan laut (Purba, 2018).

### Kehadiran Ubur-ubur

Kunjungan ke danau biasanya akan menyesuaikan jadwal penelitian dan patroli dari lembaga-lembaga mitra. Waktu untuk sampai ke danau dari batas pinggir pantai tidak lama. Pengunjung harus menaklukkan tanjakan batuan karst, kemudian turun untuk mencapai pinggiran danau. Dari posisi tertinggi dapat mendokumentasikan seluruh permukaan danau termasuk mengetahui kelimpahan ubur-ubur. Jika ubur-ubur tidak tampak di permukaan danau, maka akan dilakukan penyelaman dengan menggunakan *snorkeling* dan *fins*. Hal ini dilakukan untuk memastikan keberadaan ubur-ubur. Apakah memang benar tidak ada atau ubur-ubur turun ke kolom perairan yang lebih dalam. Bila ubur-ubur lenyap, maka situasi ini akan dijelaskan dengan data suhu.

### Data Suhu

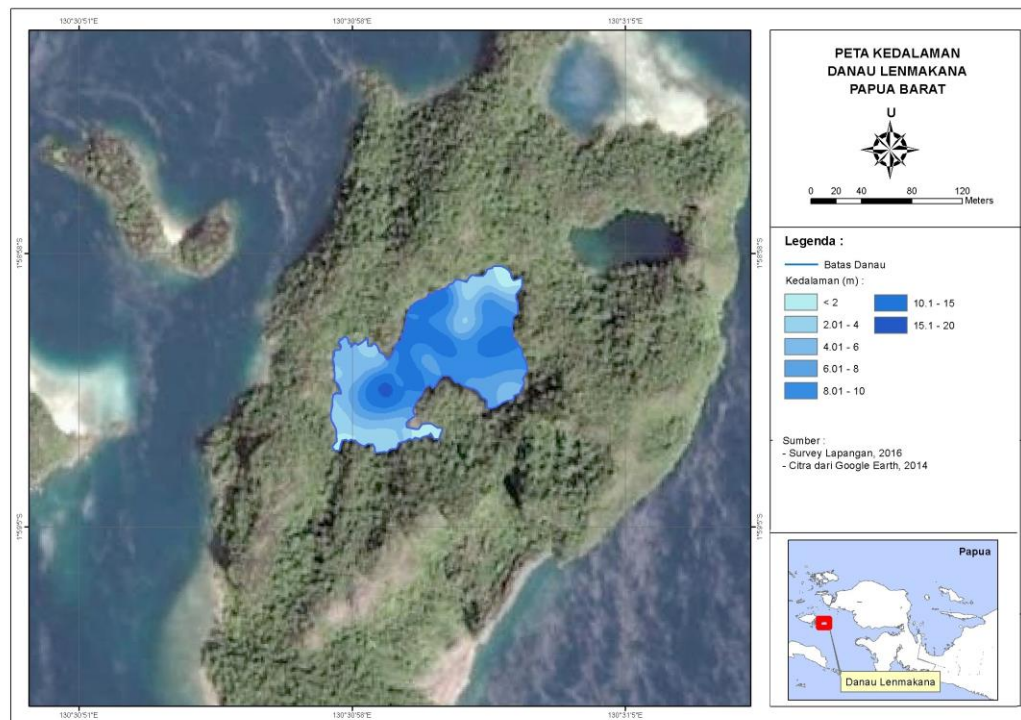
Data suhu didapatkan dari hasil rekaman *logger* yang pasang dari tanggal 11 Mei 2017 sampai 16 Oktober 2017 di Danau Lenmakana dan Laut Harapan Jaya. Selanjutnya data 19 Januari 2018 sampai 22 Januari 2019 hanya dari danau saja. Suhu Laut Harapan Jaya merupakan suhu yang memperlihatkan pengaruh langsung atmosfer terhadap perairan terbuka, sehingga dijadikan rujukan untuk suhu danau. *Logger* yang digunakan untuk merekam adalah HOBO U20L. *Logger* memiliki memori sebesar 64 Kbyte atau mampu merekam 21.700 sampel. Selain suhu, *logger* ini juga mengukur *water level*. Data *logger* akan di konfirmasi dengan data dari 50 km *bleaching alert area* dari web [www.coralreefwatch.com](http://www.coralreefwatch.com) dan prakiraan musim oleh Badan Meteorologi dan Geofisika Indonesia.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Danau Lenmakana adalah danau yang tidak luas jika dibandingkan dengan danau ubur-ubur di Palau ataupun Danau Kakaban di Kalimantan. Luas danau ini hanya 1,25 ha, kedalaman maksimum mencapai 18,30 m, dan jarak terdekat dengan laut sejauh 55,78 m. Suhu air danau berkisar 28,90-29,30 °C dan salinitas 26-29 ppt. Tertundanya pasut terhadap laut terjadi 1-2 jam, amplitudo pasut adalah 0,98 m, dan amplitudo relatif terhadap laut adalah 1/1,6 m (Purba et al., 2018). Koneksi dengan laut terjadi dengan sistem porositas karst dan gua di sebelah utara danau. Danau yang lebih kecil juga ditemukan berbatasan dengan Danau Lenmakana di sebelah utara (Gambar 2).

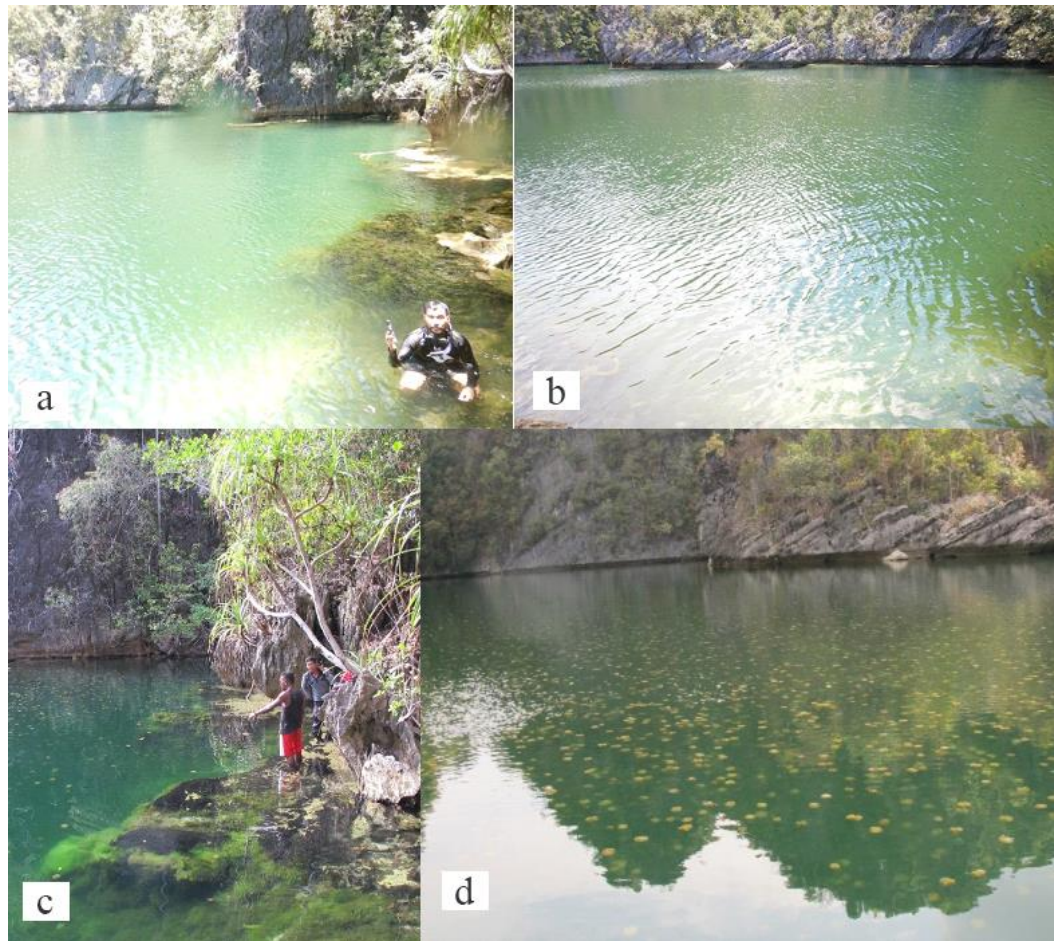
Pada kondisi normal, *Mastigias sp.* memenuhi seluruh permukaan danau. Gambar 3 memperlihatkan perbedaan kondisi danau bulan Oktober 2015 dan

Oktober 2017. *Mastigias* yang melimpah ditemukan di Oktober 2015, sebaliknya Oktober 2017 tidak tampak satupun *Mastigias* di danau. Grafik suhu pada Gambar 4 sangat jelas memperlihatkan suhu di danau yang terus meningkat sampai 35 °C di bulan Oktober dari rata-rata 31,38 °C. Normalnya, pola suhu di danau lebih tinggi daripada di laut. Danau yang berbentuk basin kecil akan lebih cepat panas daripada perairan terbuka. Kenaikan suhu di bulan Oktober 2017 ini tidak tercatat sebagai suatu fenomena alam global layaknya El Nino 1998. Namun demikian, tampilan deret waktu dari laman coralreefwatch NOAA memperlihatkan kenaikan suhu telah merubah kriteria status menjadi *bleaching warning* bahkan berkembang menjadi Alert 1 di pertengahan November 2017 ([https://coralreefwatch.noaa.gov/vs/timeseries/coral\\_triangle.php#west\\_papua](https://coralreefwatch.noaa.gov/vs/timeseries/coral_triangle.php#west_papua)).

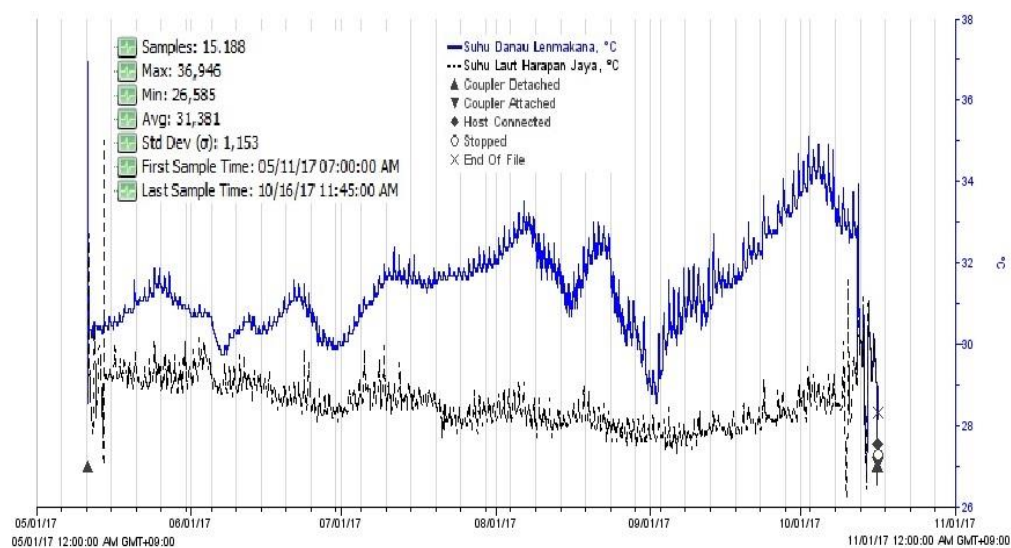


Gambar 2. Peta kedalaman Danau Lenmakana (Purba et al., 2018)

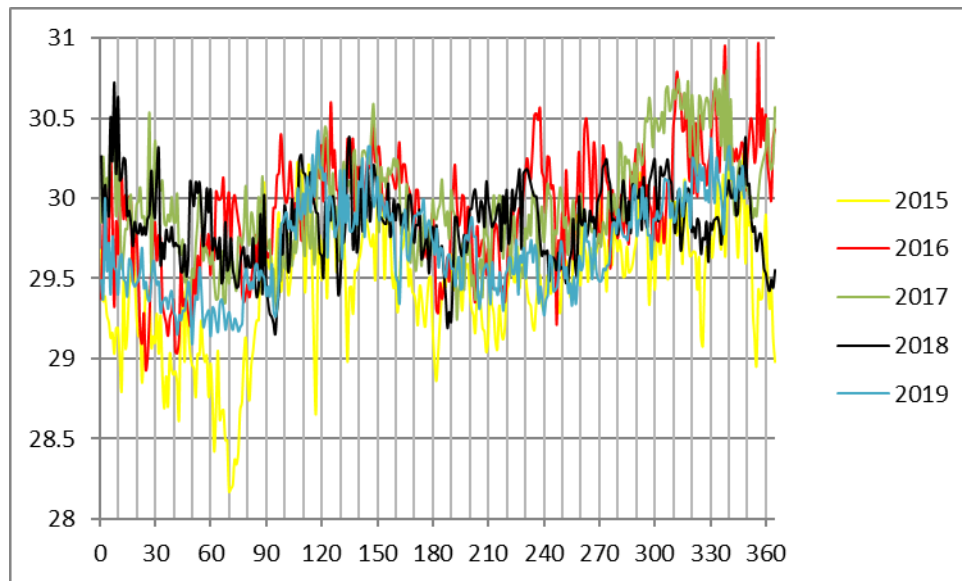




Gambar 3. Pemandangan Danau Lenmakana (a,b) Oktober 2017 dan (c,d) Oktober 2015



Gambar 4. Perbandingan Suhu Danau Lenmakana dan Laut Harapan Jaya 11 Mei 2017 (07:00 AM) sampai 16 Oktober 2017 (12:00 PM)



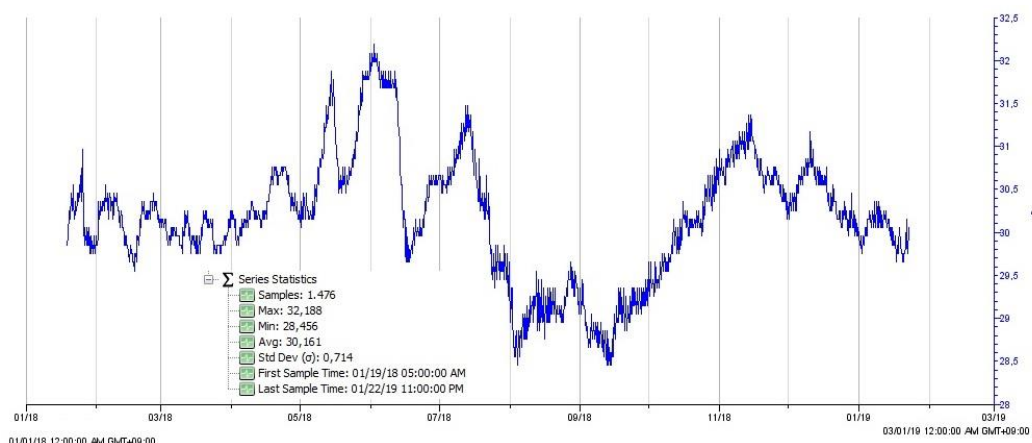
Gambar 5. Suhu Permukaan Laut di Pulau Misool tahun 2015-2019 Sumber : [https://coralreefwatch.noaa.gov/vs/data/west\\_papua.txt](https://coralreefwatch.noaa.gov/vs/data/west_papua.txt)

Walaupun status menjadi Alert 1, cuplikan piksel citra satelit dari *coral reef watch* menunjukkan di akhir 2017 kondisi suhu permukaan laut meningkat tidak melebihi 30,8°C (Gambar 5). Derajat suhu ini terkesan normal, namun perbedaan suhu satelit NOAA dapat lebih dingin sampai 5°C dari *logger* (Purba et al., 2012). Sebaliknya, di sepanjang tahun 2015 pola suhu lebih rendah dari tahun-tahun sebelum dan sesudahnya. Tidak heran, *Mastigias* tetap melimpah di Musim Barat dengan kondisi suhu yang lebih rendah dari rata-rata.

Papua, termasuk Pulau Misool adalah Non Zona Musim, yaitu tidak memiliki perbedaan yang jelas antara musim kemarau dan musim hujan. Di wilayah Indonesia lainnya periode April-September adalah musim kemarau sedangkan periode Oktober-Maret tahun berikutnya adalah musim hujan. Prakiraan curah hujan kumulatif Pulau Misool pada periode April-September 2017 adalah 1001-1500 mm dan prakiraan sifat hujan kumulatif musim kemarau adalah di bawah normal, yakni curah hujan kurang dari 85% dari rata-ratanya (BMKG, 2017a). Pada periode Oktober 2017-Maret 2018, prakiraan curah hujan kumulatif sebesar 501-1000 mm, namun sifat hujannya masif

tergolong normal (BMKG, 2017b). Lebih lanjut untuk mengungkapkan kondisi suhu saat Oktober 2017 dari lingkungan terdekat Pulau Misool, yakni Pulau Seram bagian utara yang mengalami awal kemarau maju 10 hari. Sebaliknya, prakiraan musim hujan mundur 20 hari (BMKG 2017b). Cuaca sepanjang tahun 2017 memang tergolong panas dibandingkan biasanya. Cuaca panas ini yang menyebabkan *Mastigias* menghilang dari permukaan danau.

*Mastigias* kembali tidak terlihat pada kunjungan ke danau Januari 2019. Hasil rekaman suhu tidak menunjukan suatu kenaikan suhu yang signifikan dibandingkan dengan bulan-bulan di akhir tahun 2017 (Gambar 7). Informasi prakiraan musim kemarau dan musim hujan di Indonesia dari BMKG (BMKG, 2018a; 2018b) berada dalam kondisi normal dengan prakiraan curah hujan kumulatifnya > 2000 mm (2018a). Sedikit berbeda, prakiraan curah hujan kumulatif periode Oktober 2018-Maret 2019 adalah 1001-1500 mm dan sifat curah hujannya masuk pada kriteria bawah normal. Curah hujan yang terbatas ini tidak mampu menurunkan suhu air laut di Perairan Misool.



Gambar 6. Suhu Danau Lenmakana dari 19 Januari 2018 sampai 22 Januari 2019

Informasi terbaru dari pemandu lokal di Misool, *Mastigias* memenuhi seluruh permukaan Danau Lenmakana di tahun 2020. Ubur-ubur mulai terlihat di bulan Oktober 2019 dan bertambah banyak setiap waktunya sampai kunjungan Januari 2020. Prakiraan musim hujan periode Oktober 2019-Maret 2020 di Pulau Misool memang tidak menunjukkan perbedaan curah hujan dan sifat hujan dengan tahun sebelumnya (BMKG, 2019), namun di wilayah Seram Utara, prakiraan musim hujan waktunya maju 20 hari, yakni awal Oktober. Kondisi ini membantu untuk mendinginkan perairan di Musim Barat sehingga memungkinkan *Mastigias* tetap dapat ditemukan.

Dua kali kejadian *Mastigias* tidak ditemukan di Danau Lenmakana terkait dengan suhu maksimum di bulan-bulan akhir tahun 2018, maka diperkirakan suhu sensitif *Mastigias* paling tidak ada di 31,4°C (Gambar 6). Dengan demikian di tahun 2017, *Mastigias* mulai menghilang pada pertengahan September ketika suhu telah sepanas suhu maksimum tahun 2018. Perkiraan ini dikuatkan oleh kemampuan hidup ubur-ubur di atas derajat suhu rata-rata Danau Lenmakana, yakni 28,90-29,30°C (Tabel 1). Kenaikan 2,5°C (35°C) dari suhu sebelumnya jauh lebih panas dari kisaran rata-ratanya dan tidak lagi menjadi lingkungan yang memungkinkan ubur-ubur untuk hidup.

Menghilangnya *Mastigias* pernah terjadi di Palau yang menyebabkan waktu kematian menjadi cepat dan kepadatan zooxanthellae di ubur-ubur menjadi rendah. Suhu yang tinggi juga menjadi penyebab individu ephyrae dan medusa kecil tidak dapat bertahan hidup (Dawson et al., 2001). Informasi *Mastigias* yang hilang terkait hibernasi ke kedalaman tertentu untuk menghindari suhu permukaan air yang panas belum pernah dilaporkan. Distribusi vertikal hanya dalam bentuk berkumpul dekat permukaan sepanjang hari dan di kolom perairan sepanjang malam atau mendung. *Mastigias* terdistribusi sampai pada kedalaman 12 m (Dawson dan Hamner, 2003).

Laporan dari Dawson et al. (2001), *Mastigias* mulai terlihat semenjak menghilang pada April 1999 pada Januari 2000 di Danau Ongeim'l Tketau (Danau Ubur-ubur) Palau. Peristiwa strobilasi mulai terjadi ketika suhu danau mulai dingin pada Desember 1999, yang merupakan suhu terdingin (32°C) semenjak Januari 1999. *Medusae* ini berhasil bertumbuh sampai dengan diameter bel 19 cm. Selanjutnya disusul oleh tiga peristiwa strobilasi lainnya dan memenuhi populasi di danau tersebut sampai menjadi *Medusae* dewasa sebesar 23 cm. Jadi, populasi setelah El Nino bukan berasal dari populasi yang lama tapi hasil dari strobilasi segelintir individu yang masih tersisa di danau.



Setelah suhu perairan yang panas berakhir diperlukan waktu pemulihan untuk mengembalikan populasi ubur-ubur ke kelimpahan sebelumnya. Waktu pemulihan akan lebih lama jika danau tetap dibuka dan mendapatkan gangguan dari para pengunjung. Tekanan dari aktivitas pariwisata harus diminimalisir demi mengurangi dampak ekologis terhadap danau. Salah satu cara untuk tetap mempertahankan ekosistem danau laut adalah memberlakukan sistem buka tutup atau bergilir. Kapan danau dapat dibuka untuk menerima kunjungan wisatawan dan kapan harus ditutup untuk pemulihan. Petugas lapangan harus hadir di danau dan mengontrol perilaku pengunjung. Tidak kalah penting adalah sosialisasi mengenai ekosistem ini lewat media, pendidikan, pusat informasi wisata, dan lain sebagainya. Hal ini mendesak dilakukan untuk menjamin keberlanjutan kelestarian Danau Laut Lenmakana.

### KESIMPULAN

Kenaikan suhu global sangat menentukan kelimpahan *Mastigias* di Danau Lenmakana. Kenaikan suhu di musim panas akan lebih menghangatkan air danau daripada di musim hujan. Pemanasan basin danau berkali-kali dalam waktu yang sama ini tidak dapat ditolerir oleh ubur-ubur, sehingga mati dan lenyap dari danau.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dapat dilakukan atas bantuan dari berbagai pihak. Penulis mengucapkan terimakasih kepada The Nature Conservancy (TNC) dan Badan Layanan Umum Daerah (BLUD). Ucapan terimakasih juga disampaikan kepada Wawan Mangile, Purwanto, dan Muhammad Ali Ahoheren yang mengunduh data suhu dari danau.

### DAFTAR PUSTAKA

Becking, L. E., de Leeuw, C., & Vogler, C., 2014. Newly Discovered "Jellyfish Lakes" in Misool, Raja

Ampat, Papua, Indonesia *Marine Biodiversity*, 45(4), 597–598. <https://doi.org/10.1007/s12526-014-0268-6>

Becking, L. E., Renema, W., Santodomingo, N., Hoeksema, B. W., Tuti, J., & Voogd de, N. J., 2011. Recently Discovered Landlocked Basins in Indonesia Reveal High Habitat Diversity in Anchialine Systems. *Hydrobiologia*. <https://doi.org/10.1007/s10750-011-0742-0>

BMKG., 2017a. *Prakiraan Musim Hujan 2017/2018 di Indonesia*. BMKG. <http://www.bmkg.go.id/>

BMKG., 2017b. *Prakiraan Musim Kemarau 2017 di Indonesia*. BMKG. <http://www.bmkg.go.id>

BMKG., 2018a. *Prakiraan Musim Hujan 2018/2019 di Indonesia*. BMKG. <http://www.bmkg.go.id>

BMKG., 2018b. *Prakiraan Musim Kemarau 2018 di Indonesia*. BMKG. <http://www.bmkg.go.id>

BMKG., 2019. *Prakiraan Musim Hujan 2019/2020 di Indonesia*. BMKG. <http://www.bmkg.go.id>

Cerrano, C., Azzini, F., Bavestrello, G., Calcinai, B., Pansini, M., Sarti, M., & Thung, D., 2006. Marine lakes of karst islands in Ha Long Bay (Vietnam). *Chemistry and Ecology*, 22(6), 489–500. <https://doi.org/10.1080/02757540601024835>

Colin, P. L., 2009. *Marine Environments of Palau*. Indo-Pacific Press.

Dawson, M.N., Martin, L. E., & Penland, L. K., 2001. Jellyfish Swarms, Tourists, and the Christ-child. *Hydrobiologia*, 451, 131–144.

Dawson, Michael N., & Hamner, W. M., 2003. Geographic variation and behavioral evolution in marine plankton: The case of *Mastigias* (Scyphozoa, Rhizostomeae). *Marine Biology*, 143(6), 1161–1174. <https://doi.org/10.1007/s00227-003-1155-z>

- Hale, G., 1999. *The Classification and Distribution of the Class Scyphozoa*. University of Oregon. <http://gladstone.uoregon.edu/~ghale/pdf/scyphozoa.pdf>.
- Hamner, W. M., & Hamner, P. P., 1998. Stratified Meromictic Lakes of Palau (Western Caroline Island). *Physical Geography*, 175–220.
- Mangubhai, S., Erdmann, M. V, Wilson, J. R., Huffard, C. L., Ballamu, F., Hidayat, N. I., Hitipeuw, C., Lazuardi, M. ., Muhajir, Pada, D., Purba, G., Rotinsulu, C., Rumetna, L., Sumolang, K., & Wen, W., 2012. Papuan Bird's Head Seascape: Emerging Threats and Challenges in the Global Center of Marine Biodiversity. *Marine Pollution Bulletin*, 64(11), 2279–2295. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2012.07.024>
- Purba, G. Y. S., 2018. *Genesis dan Karakteristik Danau Laut di Misool Kabupaten Raja Ampat Papua Barat*. Universitas Gadjah Mada.
- Purba, G. Y. S., Haryono, E., Sunarto, Manan, J., Rumenta, L., Purwanto, & Becking, L. E., 2018. Jellyfish Lakes at Misool Islands, Raja Ampat, West Papua, Indonesia. *Biodiversitas*, 19(1), 172–182. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d190124>
- Purba, G. Y. S., Thomas, P. F., Mansawan, A., Erdmann, M., Rotinsulu, C., Marwoto, & Ampou, E. E., 2012. Perbandingan Suhu Permukaan Laut antara AVHRR-NOAA, HOBO PRO, dan BUOY TAO di Teluk Cenderawasih Papua. In B. dkk Nababan (Ed.), *Pertemuan Ilmiah Nasional Tahunan VIII ISOI 25-27 September 2011*. Ikatan Sarjana Oseanologi Indonesia.
- Santodomingo, N., 2009. *Unravelling the Moon Sponges: On the Ecology and Phylogeni of Cinchyrella spp. and Paratetilla spp. (Spirophorida: Tetillidae) in Indonesian Anchialine Lakes* (Master Pro). Laiden University-Naturalis.
- Ulath, M. A., 2012. Suhu Permukaan Perairan Raja Ampat Propinsi Papua Barat (Hasil Citra 2006-2008). *Jurnal Airaha*, 01.