

Volume 5 Nomor 1 Tahun 2021
April 2021

JURNAL PENGELOLAAN LINGKUNGAN BERKELANJUTAN

(Journal of Environmental Sustainability Management)

Jurnal ini dikelola oleh :

Badan Kerjasama Pusat Studi Lingkungan (BKPSL) se-Indonesia

Sekretariat Jurnal Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan (JPLB)

Gedung Pusat Penelitian Lingkungan Hidup (PPLH-IPB) Lantai 4

Kampus IPB Dramaga Bogor 16680

Telp. 0251 – 8621262, 8621085; Fax. 0251 – 8622134

Homepage jurnal : <http://www.bkpsl.org/ojswp/index.php/jplb>

E-mail : jplb@bkpsl.org / jurnalbkpsl@gmail.com

JURNAL PENGELOLAAN LINGKUNGAN BERKELANJUTAN (JPLB)/ *Journal of Environmental Sustainability Management (JESM)*

Penanggung Jawab

Ketua Badan Kerjasama Pusat Studi Lingkungan (BKPSL) se-Indonesia

Dewan Editor

Lingkungan Geofisik dan Kimia

Prof. Tjandra Setiadi, Ph.D (ITB)

Dr. M. Pramono Hadi, M.Sc (UGM)

Lingkungan Sosial dan Humaniora

Prof. Dr.Ir. Emmy Sri Mahreda, M.P (ULM)

Andreas Pramudianto, S.H., M.Si (UI)

Lingkungan Biologi (Biodiversity)

Prof. Dr. Okid Parama Astirin, M.S (UNS)

Dr. Suwondo, M.Si (Unri)

Kesehatan Masyarakat dan Kesehatan Lingkungan

Dr. Drs. Suyud Warno Utomo, M.Si (UI)

Dr. Indang Dewata, M.Sc (UNP)

Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan

Dr. Ir. Agus Slamet, DiplSE, M.Sc (ITS)

Dr. Ir. Sri Utami, M.T (UB)

Ketua Editor Pelaksana

Prof. Dr. Ir. Hefni Effendi, M.Phil (IPB)

Asisten Editor

Dr. Melati Ferianita Fachrul, M.Si (Usakti)

Gatot Prayoga, S.Pi (IPB)

Sekretariat

Dra. Nastiti Karliansyah, M.Si (UI)

Alamat Redaksi

Jurnal Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan (JPLB)

Gedung Pusat Penelitian Lingkungan Hidup (PPLH-IPB) Lantai 4

Kampus IPB Darmaga Bogor 16680

Telp. 0251 – 8621262, 8621085; Fax. 0251 – 8622134

Homepage jurnal : <http://www.bkpsl.org/ojswp/index.php/jplb>

E-mail : jplb@bkpsl.org / jurnalbkpsl@gmail.com

Badan Kerjasama Pusat Studi Lingkungan (BKPSL) se-Indonesia bekerjasama dengan Pusat Penelitian Lingkungan Hidup – Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat, Institut Pertanian Bogor (PPLH-LPPM, IPB) mengelola bersama penerbitan JPLB sejak tahun 2017, dengan periode terbit tiga nomor per tahun. Jurnal Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan (JPLB) menyajikan artikel ilmiah mengenai pengelolaan lingkungan yang berkelanjutan dari segala aspek. Setiap naskah yang dikirimkan ke Jurnal Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan ditelaah oleh mitra bestari.

Resiliensi dan adaptasi petani garam akibat perubahan iklim di Desa Donggobolo, Kecamatan Wohu, Kabupaten Bima

Resilience and adaptation of salt farmers due to climate change in Donggobolo Village, Wohu District, Bima Regency

D. Aldi^{1*}, Nurhayati², E. I. K. Putri³

¹Program Studi Ilmu Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan, IPB University, Bogor, Indonesia

²Departemen Arsitektur Lanskap, IPB University, Bogor, Indonesia

³Departemen Ekonomi Sumberdaya dan Lingkungan, IPB University, Bogor, Indonesia

Abstrak.

Perubahan iklim memiliki dampak bagi produksi garam dan rumah tangga petani garam. Penelitian ini dilakukan di Desa Donggobolo Kecamatan Wohu, Kabupaten Bima pada bulan Agustus–September 2020 dengan melakukan penilaian terhadap penggunaan modal nafkah, tindakan resiliensi, serta adaptasi sebagai bentuk respons perubahan iklim. Hasil penelitian menunjukkan bahwa modal fisik merupakan modal utama yang digunakan oleh masyarakat pada sektor publik maupun *privat*. Keberadaan fasilitas dan lokasi desa yang dapat diakses dengan mudah menjadikan fasilitas fisik mudah dimanfaatkan dalam pemenuhan nafkah. Tindakan *self-organization* merupakan tindakan resiliensi dengan nilai tertinggi. Berbagai adaptasi juga dilakukan sesuai dengan fenomena iklim yang dihadapi seperti mengatur jumlah tenaga kerja di tambak garam, memberhentikan produksi, mencari alternatif nafkah, serta adaptasi teknologi. Jumlah petani garam menurun saat musim kemarau panjang dengan kemungkinan pemberhentian produksi dikarenakan musim kemarau panjang yang tidak diikuti musim hujan yang panjang sebelumnya akan menyebabkan kelimpahan stok garam dan penurunan harga. Alternatif nafkah menjadi prioritas apabila penghasilan pada saat musim garam yang tidak mencukupi. Pemanfaatan teknologi masih sedikit dilakukan karena sebagian besar pengadaannya bergantung pada pemerintah.

Abstract.

Climate change possesses an impact on salt production and salt farmer households. The research was conducted in Donggobolo Village, Wohu Sub-district, Bima in August-September 2020 by assessing the use of capital, resilience action and adaptation as a response of climate change. The results showed that physical capital is the main capital used by the public in the public and private sectors. The existence of facilities and village locations that can be accessed easily, make physical facilities easy to use in fulfilling a living. Self-organization action is an act of resilience with the highest value. Various adaptations are also carried out in accordance with the climatic phenomena faced, such as regulating the number of workers in salt ponds, stopping production, seeking alternative livelihoods and adapting technology. The number of salt farmers decreases during the long dry season with the possibility of stopping production due to the long dry season, which is not followed by the previous long rainy season causing the abundance of salt stocks and lower prices. Alternative income becomes a priority if the income during the salt season is not sufficient. The use of technology is still limited because most of them depend on the government.

Keywords: living capital, adaptation, resilience action

Kata kunci: modal nafkah, adaptasi, tindakan resiliensi

1. PENDAHULUAN

Perubahan iklim merupakan tantangan yang harus dihadapi berbagai komponen masyarakat. Dampak perubahan iklim memengaruhi berbagai sektor dalam skala luas (global, kontinen, negara) dan dalam skala lebih kecil seperti provinsi, kabupaten, satuan ekologis, satuan mata pencaharian dan rumah tangga (IPCC 2014). Perubahan iklim yang ditandai dengan pergeseran awal musim dan perubahan panjang periode musim (hujan maupun kemarau),

* Korespondensi Penulis
Email : foresterdavit@apps.ipb.ac.id

sebagian besar menyebabkan kerugian bagi masyarakat (Aldrian *et al.* 2011). Dalam skala rumah tangga, perubahan iklim sangat berpengaruh bagi mereka yang pekerjaannya bergantung pada kondisi iklim dan cuaca seperti petani garam (Kurniawan dan Azizi 2012; Adiraga dan Setiawan 2014).

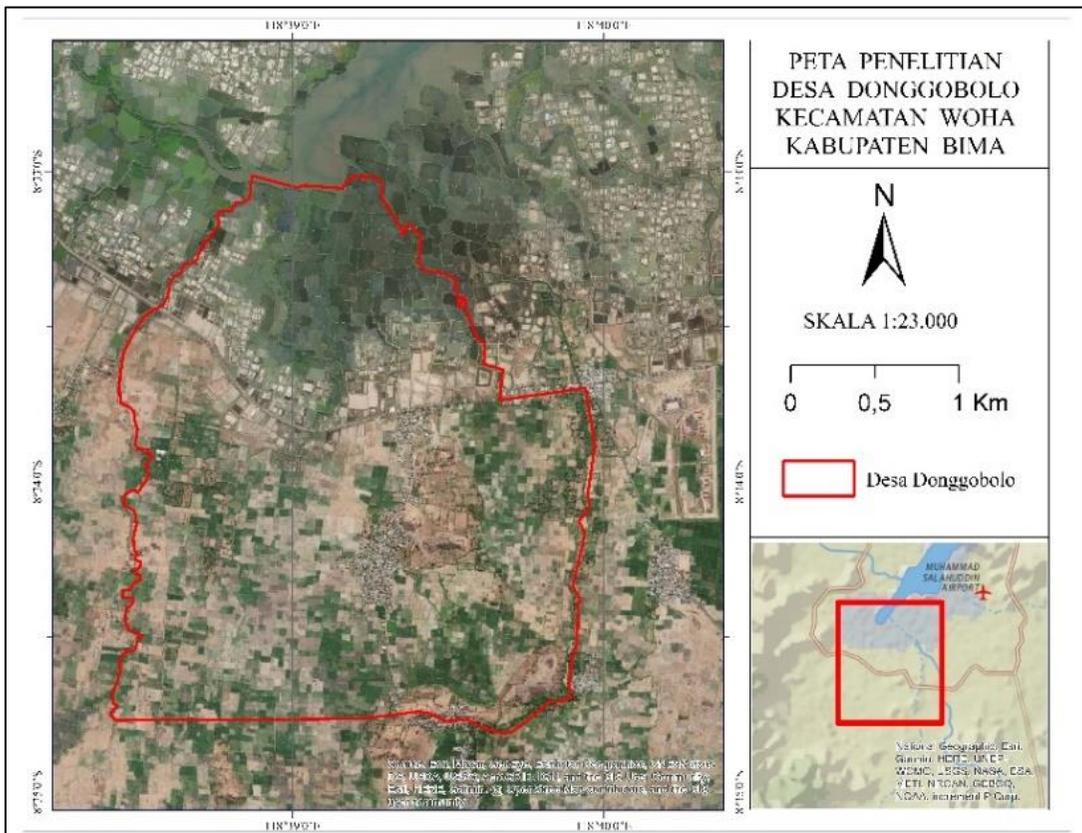
Desa Donggobolo merupakan salah satu desa di Kecamatan Woha Kabupaten Bima yang sebagian besar masyarakatnya secara turun-temurun menjadikan garam sebagai sumber mata pencaharian utama. Berdasarkan tipe karakteristik pengembangan usaha menurut Aunurrofiqi (2018), pembuatan garam di Desa Donggobolo menggunakan model pengembangan gotong royong. Produksi garam dilakukan menggunakan metode tradisional berupa pengeringan air laut di dalam meja garam dengan bantuan panas secara alami. Proses evaporasi menjadi faktor yang memengaruhi produksi, dimana semakin besar evaporasi terjadi maka proses pembuatan garam akan berjalan semakin cepat. Proses pembuatan garam umumnya dilakukan mulai awal bulan Juli dan berakhir pada akhir bulan November.

Dampak perubahan iklim menyebabkan ketidakpastian nafkah rumah tangga petani garam tradisional termasuk di Desa Donggobolo. Anomali iklim menyebabkan kondisi banjir atau kekeringan panjang yang menyebabkan ketidakstabilan harga garam yang memengaruhi pendapatan dan tingkat resiliensi rumah tangga petani garam. Dalam memenuhi nafkahnya, rumah tangga melakukan usaha dengan mengombinasikan modal yang dimiliki berupa modal alam (*natural capital*), modal fisik (*physical capital*), modal manusia (*human capital*), modal finansial (*financial capital*) dan modal sosial (*social capital*) sebagai upaya memaksimalkan sumber nafkah (Ellis 2000). Dalam menghadapi perubahan iklim, dilakukan serangkaian tindakan resiliensi agar nafkah rumah tangga dapat terus dipertahankan. Resiliensi mengacu pada serangkaian tindakan yang berkaitan dengan kapasitas individu, kelompok, atau sistem ekologi sosial masyarakat dalam menahan tekanan serta meningkatkan kapasitas dengan berbagai pendekatan sebagai respons adanya perubahan iklim (Speranza *et al.* 2014). Kondisi resiliensi berkaitan erat dengan perubahan iklim dan adaptasinya, dimana semakin tinggi resiliensi suatu komunitas maka semakin baik mereka dalam mencegah, menghadapi, maupun memanfaatkan dampak perubahan iklim yang terduga maupun tidak terduga (Blázquez *et al.* 2017). Selain itu, dilakukan berbagai tindakan adaptasi karena perubahan iklim tidak hanya memengaruhi kesehatan manusia dan lingkungan, tetapi juga pada cara berperilakunya (Zolnikov 2019). Berdasarkan hal tersebut, tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji tindakan resiliensi dan adaptasi rumah tangga petani garam terhadap pengaruh perubahan iklim.

2. METODOLOGI

2.1. Lokasi kajian dan waktu penelitian

Penelitian ini dilakukan di Desa Donggobolo, Kecamatan Woha, Kabupaten Bima (Gambar 1) pada Agustus-September 2020. Desa Donggobolo yang terletak di Kecamatan Woha, memiliki akses langsung jalan nasional lintas Sumbawa-Bima dan berjarak kurang lebih 2,2 Km dengan Kantor Bupati Bima (BPS Kabupaten Bima 2020). Luas tambak garam di Desa Donggobolo mencapai 148,2 ha. Lokasi tambak garam berada di sebelah utara desa menghadap kawasan Teluk Bima. Desa Donggobolo dipilih sebagai lokasi penelitian karena merupakan salah satu desa penghasil garam terbesar di Kabupaten Bima yang memiliki potensi mengalami perubahan tutupan lahan untuk pembangunan perumahan akibat pemindahan ibukota Kabupaten Bima yang baru.



Gambar 1. Lokasi pengambilan data penelitian.

2.2. Prosedur pengumpulan dan analisis data

Objek kajian adalah rumah tangga petani garam di Desa Donggobolo, baik rumah tangga asli Desa Donggobolo maupun yang tinggal di luar desa. Metode pengambilan data menggunakan sensus dengan jumlah responden sebanyak 81 rumah tangga. Pengambilan data dilakukan dengan wawancara terstruktur menggunakan kuesioner penelitian.

Analisis modal dan resiliensi rumah tangga menggunakan skala Likert dengan kriteria yang digunakan Speranza *et al.* (2014) dan Wahyuni (2016) untuk menentukan besaran nilai sub komponen *buffer capacity*, *self-organization* dan *capacity of learning*. Perhitungan total skor akhir setiap indikator menggunakan **Persamaan 1** yang mengacu kepada Puspitawati dan Herawati (2013).

$$Y = \left(\frac{X - \text{Nilai Minimum } n}{\text{Nilai maksimum} - \text{Nilai minimum}} \right) \times 100\% \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

Y = Nilai indeks dalam persen

X = Rata-rata skala Likert tindakan resiliensi rumah tangga

Hasil perhitungan nilai indeks (Y) dikategorikan dengan menggunakan *Bloom's cut-off* dimana nilai <60% digolongkan ke dalam kategori rendah, nilai yang berkisar antara 60-80% digolongkan ke dalam kategori sedang dan nilai >80% digolongkan ke dalam kategori tinggi. Instrumen pengukuran modal dan tindakan resiliensi tersaji pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Instrumen penelitian.

| Variabel | Indikator | Komponen penilaian |
|---------------------|--|--|
| Analisis modal | Ketersediaan akses, kemudahan mengakses dan memanfaatkan modal publik dan privat | 1. Modal fisik (jalan, bangunan, hasil pertanian, perikanan, peternakan) |
| | | 2. Modal sumber alam (kawasan pesisir pantai, kebun, sawah, tambak) |
| | | 3. Modal sosial (kelompok nafkah, relasi rumah tangga) |
| | | 4. Modal sumber daya manusia (Pelatihan, tingkat pendidikan) |
| | | 5. Modal finansial (akses kredit, tabungan, aset legal) |
| Tindakan resiliensi | Tindakan dan upaya meningkatkan ketahanan rumah tangga | 1. <i>Buffer capacity</i> (<i>natural capital, physical capital, social capital, human capital, skill</i>) 2. <i>Self-organization</i> (<i>reliance on own resources, cooperation and networks, reciprocity, trust</i>) 3. <i>Capacity of learning</i> (<i>commitment to learning, knowledge of threats and opportunitie, participation to access information, experimentation, knowledge transfer capability</i>) |

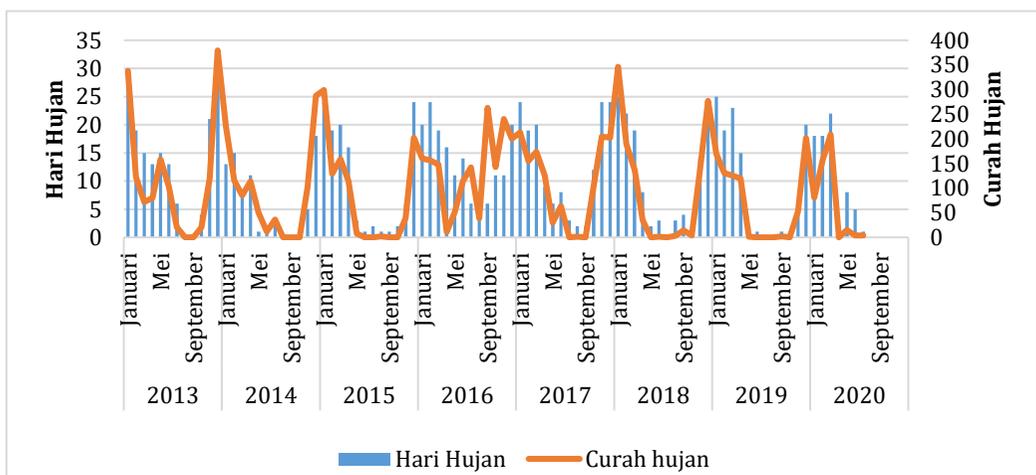
Adaptasi masyarakat dianalisis secara deskriptif kualitatif dengan menjabarkan dampak perubahan iklim yang dipahami dan adaptasi yang dilakukan. Selain itu, analisis deskriptif mengkaji faktor-faktor yang memengaruhi adaptasi masyarakat dan tujuannya melalui hasil wawancara.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Kondisi iklim dan pengaruhnya terhadap harga garam

Iklim merupakan faktor penting dalam proses produksi garam tradisional. Kondisi iklim dan cuaca memengaruhi waktu dalam produksi garam serta kualitas garam yang dihasilkan. Kondisi iklim pada musim kemarau di waktu produksi akan menghasilkan produktivitas garam yang optimal dengan hasil kualitas yang baik dibandingkan dengan kondisi musim hujan (Bhat *et al.* 2015). Faktor iklim juga memengaruhi kualitas tambak garam dan biaya yang dibutuhkan untuk persiapan. Biaya yang digunakan saat musim kemarau lebih kecil dari pada musim hujan. Akan tetapi, keberadaan pasokan garam yang melimpah karena produksi yang optimal pada musim kemarau berbanding terbalik dengan harga garam di pasaran, semakin melimpah produksi garam menyebabkan terjadinya penurunan harga.

Perubahan iklim yang menyebabkan ketidakpastian kondisi iklim dan cuaca menjadi salah satu penyebab terganggunya kestabilan produksi dan harga garam. Kawasan pesisir utara Kabupaten Bima mengalami peningkatan anomali iklim yang lebih besar dibandingkan kawasan selatan (Jamili *et al.* 2018). Kondisi anomali tersebut menyebabkan terjadinya perubahan durasi dan awal musim bagi petani garam. Informasi perubahan iklim di Kabupaten Bima tahun 2013–2020 dari data hasil pengamatan Stasiun Meteorologi Sultan Muhammad Salahuddin Bima tersaji pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Curah hujan dan hari hujan di Kabupaten Bima tahun 2013-2020.

Berdasarkan **Gambar 2**, Kabupaten Bima mengalami frekuensi kemarau yang tinggi pada tahun 2015, 2018 dan 2019, sedangkan musim hujan dengan frekuensi yang tinggi terjadi pada tahun 2016 dan 2017. Musim hujan panjang dan kemarau panjang memiliki korelasi dengan kecepatan angin, kelembaban udara, serta suhu udara dalam proses evaporasi untuk pengendapan kristal garam (Kartikasari 2007). Kejadian hujan pada tahun 2016 dan 2017 terjadi hampir di semua bulan termasuk pada bulan Juni–November yang merupakan waktu untuk produksi garam. Musim kemarau yang lebih awal dengan durasi yang lebih lama pada tahun 2015, 2018 dan 2019 menyebabkan lebih panjangnya waktu produksi garam.

Durasi musim hujan dan kemarau yang panjang memiliki pengaruh terhadap harga garam. Durasi musim hujan yang panjang menyebabkan hambatan pada proses produksi garam tradisional karena rendahnya evaporasi yang terjadi. Hal tersebut menyebabkan semakin besarnya kemungkinan gagal panen sehingga ketersediaan garam menjadi langka dan menyebabkan kenaikan harga. Pada musim kemarau panjang dan evaporasi tinggi, produksi garam dapat dilakukan secara optimal, sehingga produksi melimpah dan harga garam mengalami penurunan. Berdasarkan data Dinas Perikanan dan Kelautan Kabupaten Bima, informasi rata-rata harga garam di tingkat kabupaten dan total produksi garam Desa Donggobolo tahun 2015-2019 tersaji pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Harga garam Kabupaten Bima dan produksi garam Desa Donggobolo.

| Tahun | Harga garam | Produksi (ton) |
|-------|--------------|----------------|
| 2015 | Rp. 217/kg | 13.521,32 |
| 2016 | Rp. 1.217/kg | 1.283,81 |
| 2017 | Rp. 3.633/kg | 8.011,66 |
| 2018 | Rp. 550/kg | 13.772,02 |
| 2019 | Rp. 300/kg | 12.524,04 |

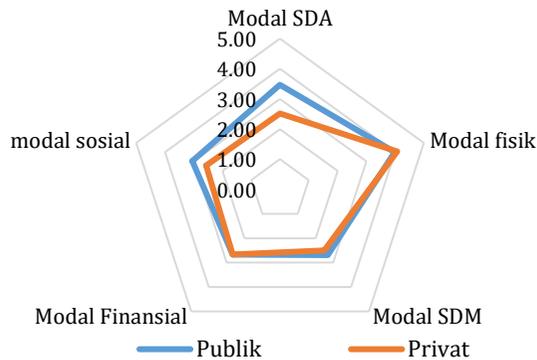
Berdasarkan **Tabel 2**, diketahui bahwa harga garam tertinggi berada pada tahun 2017. Faktor yang memengaruhi tingginya harga garam pada tahun 2017 adalah menurunnya jumlah produksi garam pada tahun 2016 akibat anomali iklim. Produksi garam hanya berlangsung dua bulan pada tahun tersebut, padahal normalnya selama empat bulan. Meskipun produksi turun pada tahun tersebut, tetapi simpanan garam di gudang dari produksi tahun 2015 masih mampu mencukupi kebutuhan pasar. Berbeda dengan tahun 2016, pada tahun 2017 terjadi kelangkaan garam akibat rendahnya produksi dan simpanan garam dari tahun sebelumnya dan keterlambatan waktu produksi yang harusnya dimulai bulan Juli menjadi bulan Agustus.

3.2. Modal nafkah dan resiliensi petani garam

Dalam memenuhi nafkah rumah tangga, terdapat beberapa modal atau aset baik bersifat publik maupun privat (Wahyuni 2016). Aset publik merupakan aset yang dapat digunakan secara optimal oleh seluruh masyarakat untuk kepentingan pribadi maupun kelompok, sedangkan aset privat memiliki akses terbatas untuk orang-orang tertentu. Modal nafkah berkaitan dengan resiliensi, semakin besar nilai modal maka semakin mudah jenis modal tersebut diakses dan dimanfaatkan untuk meningkatkan resiliensi terhadap perubahan iklim. Penilaian dalam modal meliputi kemudahan mengakses serta memanfaatkan modal tersebut. Berdasarkan penelitian Wahyuni (2016), penjabaran modal adalah sebagai berikut:

1. Modal fisik pada nafkah publik meliputi jalan, listrik dan gedung, sedangkan pada nafkah privat meliputi listrik dalam rumah tangga, hasil tambak bandeng, maupun hewan ternak petani garam.
2. Modal sumber daya alam pada nafkah publik meliputi pemanfaatan kawasan area pesisir laut maupun bentang alam lainnya, sedangkan pada nafkah privat meliputi kebun, sawah, tambak garam, maupun tambak bandeng.
3. Modal sosial pada nafkah publik meliputi keberadaan kelompok-kelompok mata pencaharian, sedangkan pada nafkah privat meliputi hubungan antar rumah tangga maupun afiliasinya dengan berbagai komponen.
4. Modal sumber daya manusia pada nafkah publik meliputi adanya pelatihan keterampilan, sedangkan pada nafkah privat meliputi pendidikan, kemampuan dan keterampilan yang dimiliki.
5. Modal finansial pada nafkah publik meliputi akses memanfaatkan koperasi, kredit atau pinjaman, sedangkan pada nafkah privat meliputi ketersediaan tabungan serta aset legal.

Perbandingan penggunaan modal nafkah pada sektor publik dan privat petani garam di Desa Donggobolo tersaji pada **Gambar 3**. Modal fisik merupakan modal utama yang dimiliki masyarakat baik dalam nafkah publik maupun nafkah privat. Modal fisik yang meliputi kemudahan mengakses sarana dan prasarana seperti jalan pada nafkah publik dan hasil pertanian, perikanan dan ternak pada nafkah privat memudahkan rumah tangga petani garam dalam memenuhi kebutuhannya. Secara menyeluruh, semua rumah tangga petani garam telah memiliki akses yang mudah untuk menuju berbagai tempat karena tersedia akses jalan yang dapat dilalui kendaraan dalam rangka menjual hasil produksi garam maupun hasil produksi dan usaha lainnya.



Gambar 3. Modal nafkah petani garam di Desa Donggobolo tahun 2020.

Tindakan resiliensi mengacu pada upaya mengurangi dampak dan meningkatkan ketahanan akan perubahan iklim. Speranza *et al.* (2014) membagi tindakan resiliensi kepada tiga komponen yaitu *buffer capacity*, *self-organization*, serta *capacity learning*. Penjelasan komponen-komponen resiliensi dijabarkan berdasarkan Speranza *et al.* (2014) dan Wahyuni (2016) sebagai berikut:

- 1) Kapasitas penyangga (*buffer capacity*) meliputi kemampuan rumah tangga menahan tekanan dan memanfaatkan peluang untuk keluar dari kemiskinan. Kapasitas penyangga meliputi *natural capital* (kemampuan dan kualitas sumber daya), *physical capital* (bangunan dan infrastruktur), *social capital* (peningkatan aset sebagai dampak keanggotaan dalam organisasi), *human capital* (tingkat pendidikan berkaitan dengan literasi) dan *skill* (kemampuan di luar bidang pertanian).
- 2) *Self-Organization* mengacu pada kemampuan internal mengontrol aksi dan kebebasan bertindak yang memengaruhi *output* nafkah. *Self-organization* meliputi *Reliance on Own Resources* (jarak atau waktu tempuh ke input sumberdaya), *Reciprocity* (jumlah pekerjaan di luar pertanian), *Cooperation and Networks* (jumlah bergabung dalam kelompok untuk meningkatkan pendapatan) dan *Trust* (kepercayaan warga dalam pinjam meminjam uang).
- 3) *Capacity of learning* mengacu pada kemampuan yang dibangun dari pembelajaran dan pengalaman sebagai upaya meningkatkan kapasitas dalam mencari nafkah. *Capacity of learning* meliputi *commitment to learning* (keikutsertaan, akses dan partisipasi dalam kegiatan bersama mengenai sumber nafkah), *knowledge of threats and opportunity* (kemampuan membaca peluang serta ancaman bagi sumber nafkah), *participation to access information* (kehadiran dalam penyuluhan dalam rentang waktu 12 bulan), *experimentation* (jumlah percobaan terhadap metode atau komoditi baru dalam 12 bulan terakhir) dan *knowledge transfer capability* (gagasan atau tindakan baru yang didapatkan dalam skala luas untuk bidang nafkah).

Nilai tindakan resiliensi *buffer capacity* petani garam di Desa Donggobolo kebanyakan memiliki nilai yang tergolong rendah (**Tabel 3**). Nilai tindakan *physical capital* merupakan komponen terbesar pada *buffer capacity*. Secara keseluruhan, akses yang mudah karena dilalui jalan lintas Sumbawa–Bima menjadikan akses kemudahan pada pemanfaatannya untuk berbagai keperluan. Nilai tindakan resiliensi *skill* menjadi yang terendah karena terdapat beberapa kepala rumah tangga yang hanya mengenyam pendidikan di tingkat SD dan SMP, serta ada juga yang tidak bersekolah.

Tabel 3. Nilai tindakan resiliensi *buffer capacity*.

| Jenis tindakan | Kategori | Nilai tindakan |
|-------------------------|----------|----------------|
| <i>Physical capital</i> | Sedang | 76,54% |
| <i>Natural capital</i> | Rendah | 51,85% |
| <i>Social capital</i> | Rendah | 47,33% |
| <i>Human capital</i> | Rendah | 41,23% |
| <i>Skills</i> | Rendah | 36,30% |

Nilai tindakan resiliensi *self-organization* merupakan tindakan resiliensi dengan nilai terbesar. Keempat komponen *self-organization* tidak ada yang tergolong dalam kategori rendah (**Tabel 4**). *Reliance on own resources* merupakan tindakan dengan nilai tertinggi. Kondisi akses dan jarak yang dekat dengan jalan menjadikan biaya yang dibutuhkan lebih sedikit dibandingkan mereka yang kesulitan akses dan memerlukan biaya yang lebih besar untuk memenuhi *input* usaha. Nilai *reciprocity* yang juga tergolong dalam kategori tinggi mengacu kepada beragamnya jenis usaha yang digeluti di luar pertanian dan usaha tani garam, seperti bertambak bandeng, berternak, serta berdagang.

Tabel 4. Nilai resiliensi tindakan *self-organization*.

| Jenis tindakan | Kategori | Nilai tindakan |
|----------------------------------|----------|----------------|
| <i>Reliance on own resources</i> | Tinggi | 87,65% |
| <i>Reciprocity</i> | Tinggi | 82,72% |
| <i>Cooperation and networks</i> | Sedang | 62,96% |
| <i>Trust</i> | Sedang | 61,11% |

Tindakan resiliensi *capacity of learning* menunjukkan kategori rendah untuk semua indikator (**Tabel 5**). Hal ini menunjukkan rendahnya partisipasi dan keaktifan petani garam dalam mengikuti kegiatan pelatihan, pencarian informasi dan kemauan menerapkan hal baru dalam usaha yang digeluti. Beberapa penyuluhan dilakukan dinas terkait seperti pelatihan peningkatan kualitas garam menggunakan geoisolator, akan tetapi jumlah petani garam yang hadir sangat sedikit. Hal tersebut menyebabkan kurang berkembangnya usaha yang dilakukan, karena minimnya inovasi dalam menjalankan peningkatan nafkah rumah tangga. Rendahnya nilai faktor ini terkait juga dengan

keterbatasan kegiatan dan minimnya perbedaan harga garam di pasaran, sehingga petani garam lebih memilih mempertahankan cara lama dalam memproduksi yang dianggap lebih efektif.

Tabel 5. Tindakan resiliensi *capacity of learning*.

| Jenis tindakan | Kategori | Nilai tindakan |
|--|----------|----------------|
| <i>Commitment to learning</i> | Rendah | 34,98% |
| <i>Knowledge of threats and opportunitie</i> | Rendah | 25,93% |
| <i>Participation to access information</i> | Rendah | 21,91% |
| <i>Experimentation</i> | Rendah | 20,99% |
| <i>Knowledge transfer capability</i> | Rendah | 7,41% |

3.3. Pola adaptasi petani garam

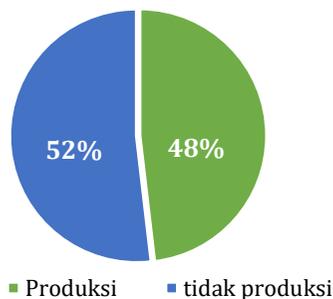
Pengaruh perubahan iklim yang dipahami masyarakat sangat terbatas. Petani garam di Desa Donggobolo hanya memahami perubahan iklim pada dua fenomena yaitu pergeseran waktu awal musim dan penambahan durasi musim (hujan maupun kemarau). Musim hujan mengacu pada kondisi hujan yang terus terjadi walaupun sudah seharusnya memasuki musim kemarau, sedangkan kemarau panjang meliputi kondisi kemarau yang sudah terjadi meskipun normalnya waktu tersebut masuk ke dalam musim (Kurniawan dan Azizi 2012). Petani garam umumnya tidak mengikuti perkembangan cuaca dan iklim, sehingga ketika terjadi musim pancaroba atau fenomena iklim tertentu, mereka hanya bisa menunggu sampai kondisi normal untuk menghindari kerugian.

Adaptasi merupakan bentuk respons dari perubahan dan kerentanan dimana semakin tinggi tingkat keberhasilan adaptasi maka semakin tidak rentan suatu sumber nafkah (Liantieme 2019). Petani garam melakukan beberapa adaptasi terhadap kegiatan produksi garam dalam rangka menekan pengeluaran maupun meningkatkan pendapatan akibat pengaruh ketidakpastian iklim. Model usaha pergaraman di Desa Donggobolo yang memakai sistem Portugis yang umumnya membutuhkan kondisi iklim yang stabil agar meja garam dapat dikeringkan secara optimal pada waktu produksi (Astutik 2019). Beberapa bentuk adaptasi berupa adaptasi iklim dan tenaga produksi, adaptasi dengan pemberhentian produksi, adaptasi strategi nafkah dan adaptasi teknologi.

Adaptasi iklim dan tenaga produksi merupakan bentuk penyesuaian akan kapasitas dan kemampuan produksi dengan target yang ingin dicapai. Target produksi biasanya bergantung dengan iklim dan harga garam di pasaran. Durasi hujan yang panjang akan disiasati petani garam dengan mengoptimalkan dan menambah tenaga kerja agar produksi yang dihasilkan dapat meningkat seiring dengan kenaikan harga garam dan kelangkaan stok di pasaran. Pada musim kemarau panjang, harga garam yang turun dengan stok yang melimpah menyebabkan ketiadaan pembeli. Beberapa petani garam di Desa Donggobolo

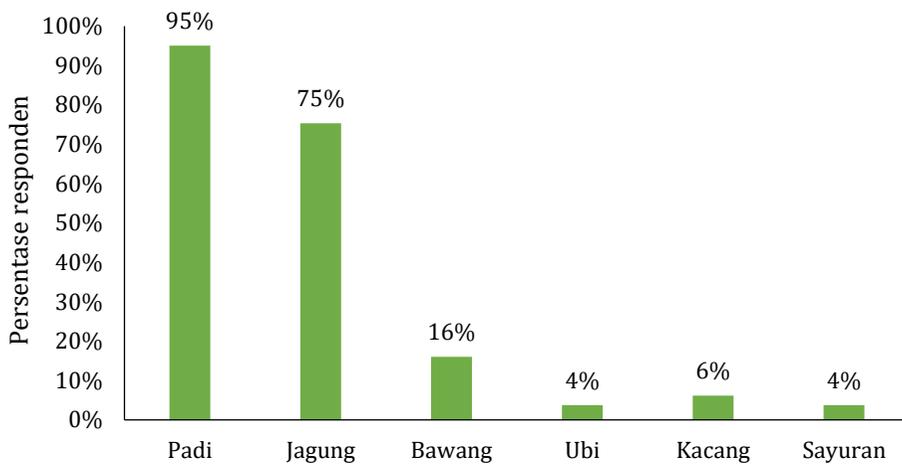
mengalami ketiadaan pembeli pada tahun 2019 dan tahun 2020, sehingga stok garam mereka menumpuk di gudang. Kemarau panjang biasanya disiasati rumah tangga dengan efisiensi tenaga kerja yakni hanya kepala keluarga saja yang bekerja di tambak garam.

Perubahan iklim dengan kondisi kemarau panjang menyebabkan beberapa petani garam melakukan adaptasi dengan menghentikan produksi. Pemberhentian produksi dilakukan oleh sebagian besar rumah tangga petani garam pada tahun 2020 (**Gambar 4**). Pemberhentian produksi oleh 52% rumah tangga petani garam berkaitan dengan ketersediaan gudang, harga dan biaya produksi. Petani garam yang berhenti produksi umumnya masih memiliki stok garam yang penuh di gudang hasil produksi tahun sebelumnya yang tidak laku terjual. Harga garam juga menjadi pertimbangan petani garam untuk melakukan produksi dimana pada saat penelitian dilakukan harga garam hanya berkisar Rp5.000–10.000 per karung dengan berat 60 kg. Harga garam tersebut dianggap petani tidak setimpal dengan modal dan waktu yang dibutuhkan dalam produksi garam. Selain produksi dalam negeri yang melimpah, keberadaan garam impor juga menghalangi daya serap petani garam untuk memasuki industri.



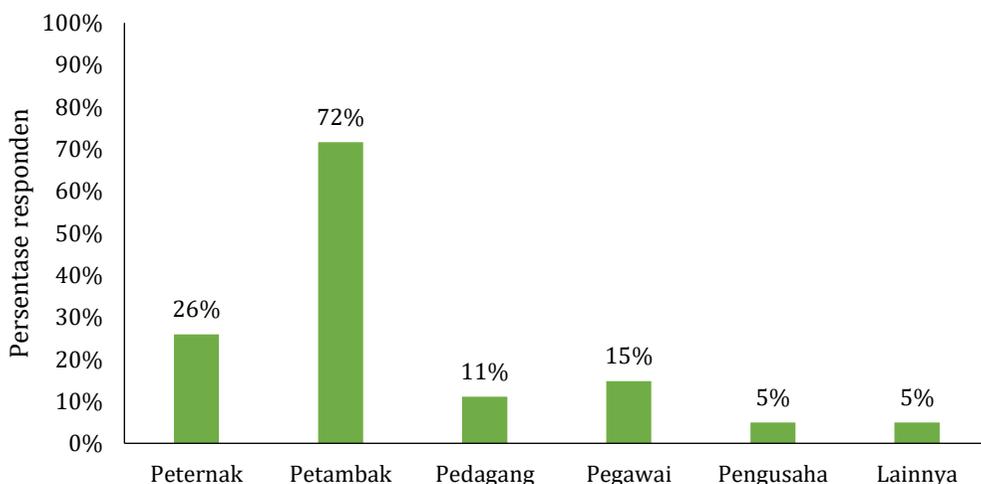
Gambar 4. Respons tindakan produksi petani garam tahun 2020.

Perubahan iklim yang memengaruhi produksi garam pada musim kemarau menyebabkan petani garam melakukan adaptasi lainnya dengan mencari alternatif nafkah. Bidang pertanian merupakan alternatif nafkah yang dijadikan tumpuan utama saat produksi garam tidak dilakukan. Beberapa jenis tanaman yang biasa ditanam tersaji pada **Gambar 5**. Komoditas utama yang biasa ditanam adalah padi dan jagung. Produksi padi di Desa Donggobolo normalnya hanya dapat dilakukan sekali setahun, tetapi usaha pertanian padi dapat dilaksanakan sebanyak dua kali setahun ketika musim hujan lebih panjang. Beberapa petani garam di kawasan timur desa mencoba menanam padi dengan bantuan mesin untuk pengairan. Jagung dapat ditanam pada saat musim kemarau panjang dikarenakan kualitas jagung dan batang akan lebih baik. Meskipun bertanam jagung pada saat musim kemarau yang panjang tetap memerlukan biaya untuk pengairan, tetapi harga jagung relatif lebih stabil dibandingkan garam.



Gambar 5. Jenis komoditi pertanian yang ditanam.

Beberapa pekerjaan lain dilakukan oleh petani garam di luar bidang pertanian seperti petambak, pegawai, peternak, pedagang dan pengusaha. Jumlah responden petani garam yang mengambil atau memiliki pekerjaan di luar pertanian garam maupun pertanian lainnya tersaji pada **Gambar 6**. Petani garam umumnya memiliki usaha tambak bandeng. Usaha tambak dilakukan di sekitar tambak garam maupun di utara mendekati Teluk Bima. Usaha bandeng biasanya dapat dilakukan sekaligus dengan usaha garam, karena dapat mengoptimalkan waktu kerja, dimana pada pagi hari petani garam dapat memberikan pakan bandeng terlebih dahulu sebelum kegiatan produksi. Selain itu, budidaya bandeng dipilih karena tidak terlalu terpengaruh oleh musim.



Gambar 6. Jenis usaha yang digeluti responden di luar pertanian.

Adaptasi teknologi termasuk yang jarang digunakan petani garam di Desa Donggobolo. Hal tersebut berkaitan dengan pengadaan teknologi untuk produksi garam sebagian besar mengandalkan bantuan oleh pemerintah. Penggunaan teknologi bantuan seperti geoisolator, pompa air dan alat ukur kadar garam, mampu meningkatkan produksi dan kualitas garam. Pemanfaatan pompa air pada usaha garam merupakan adaptasi teknologi yang paling umum dilakukan. Berdasarkan penelitian Baekhaki *et al.* (2018) di Indramayu, penggunaan teknologi seperti geoisolator menghasilkan garam lebih bersih dan lebih banyak serta meningkatkan pendapatan petani garam. Akan tetapi, hal tersebut tidak berlaku di Desa Donggobolo dikarenakan penggunaan geoisolator dianggap petani garam hanya mempersulit dan membuat rumit proses produksi, sedangkan harga garam yang dihasilkan antara model tradisional dan penggunaan geoisolator tidak memiliki perbedaan.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

Perubahan iklim tidak hanya berpengaruh pada proses produksi garam, tetapi juga memengaruhi harga garam dan kondisi sosial ekonomi rumah tangga petani garam. Berbagai upaya dilakukan dengan mengombinasikan modal nafkah yang didominasi oleh modal nafkah fisik baik sektor publik maupun privat dalam memenuhi kebutuhan rumah tangga. Tindakan resiliensi *self-organization* menjadi tindakan resiliensi yang paling mendominasi dalam rumah tangga petani garam. Adaptasi yang dilakukan petani garam dalam menghadapi perubahan iklim terdiri dari adaptasi jumlah tenaga kerja, adaptasi pemberhentian produksi, adaptasi nafkah alternatif dan adaptasi teknologi. Besarnya adaptasi dipengaruhi oleh harga garam serta bantuan pemerintah.

4.2. Saran

Petani garam perlu meningkatkan model resiliensi *capacity of learning* untuk memahami kondisi iklim dan mampu menghasilkan inovasi dalam produksi. Penerapan teknologi harus menjadi pertimbangan petani garam untuk dilakukan secara mandiri dengan mempersiapkan dana ketika harga jual garam tinggi. Bagi dinas terkait, diperlukan kerja sama dengan berbagai *stakeholder* untuk menyediakan data perkiraan cuaca dan iklim tiap tahunnya yang dapat disampaikan ke petani garam melalui penyuluh. Data tersebut akan berguna untuk meminimalisir dampak ancaman, kerugian dan meningkatkan potensi keuntungan nafkah rumah tangga akibat perubahan iklim.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Adiraga Y dan Setiawan AH. 2014. Analisis dampak perubahan curah hujan, luas tambak garam dan jumlah petani garam terhadap produksi usaha garam rakyat di Kecamatan Juwana Kabupaten Pati periode 2003-2012. *Diponegoro Journal of Economics* 3(1):1-13.
- Aldrian E, Karmini M dan Budiman. 2011. Adaptasi dan mitigasi perubahan iklim di Indonesia. Pusat Perubahan Iklim dan Kualitas Udara Kedeputian Bidang Klimatologi, BMKG. Jakarta.
- Astutik MA. 2019. Analisis status keberlanjutan pengusahaan garam di Pulau Madura [Tesis]. Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Aunurrofiqi I. 2018. Hubungan karakteristik kewirausahaan petani garam dengan keberhasilan usaha garam di Kabupaten Rembang [Skripsi]. Departemen Agribisnis, Fakultas Ekonomi dan Manajemen, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Baekhaki K, Kinseng RA dan Soetarto E. 2018. Korporatisasi garam rakyat: dinamika transisi sosial, ekonomi dan ekologi petambak garam. *Jurnal Sosiologi Pedesaan* 6(1):61-70.
- Bhat AH, Sharma KC and Banday UJ. 2015. Impact of climatic variability on salt production in Sambhar Lake, a Ramsar Wetland of Rajasthan, India. *Middle-East Journal of Scientific Research* 23(9):2060-2065.
- Blázquez MB, Mitchell CL, Burch SL and Wandel J. 2017. Understanding climate change and resilience: assessing strengths and opportunities for adaptation in the global south. *Climatic Change* 141:227-241.
- [BPS Kabupaten Bima] Badan Pusat Statistik Kabupaten Bima. 2020. Kecamatan Woha dalam angka 2020. BPS Kabupaten Bima. Bima.
- Ellis F. 2000. *Rural livelihoods and diversity in developing countries*. Oxford University Press. New York.
- [IPCC] Intergovernmental Panel on Climate Change. 2014. *Climate change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability part B: regional aspects*. Eds. Barros VR, Field CB, Dokken DJ, Mastrandrea MD, Mach KJ, Bilir TE, Chatterjee M, Ebi KL, Estrada YO, Genova RC, Girma B, Kissel ES, Levy AN, MacCracken S, Mastrandrea PR and White LL. Cambridge University Press. Cambridge and New York.
- Jamili S, Sudiarta IW dan Angraini LM. 2018. Analisis anomali suhu permukaan laut dan pengaruh fenomena El-Nino dan La-Nina terhadap perubahan nilai anomali suhu permukaan laut di perairan Nusa Tenggara Barat tahun 2008-2017. *Indonesian Physical Review* 1(1):17-31.
- Kartikasari K. 2007. Potensi pemanfaatan informasi prakiraan iklim untuk mendukung sistem usaha tambak udang dan garam di Kabupaten

- Indramayu [Skripsi]. Departemen Geofisika dan Meteorologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Kurniawan T dan Azizi A. 2012. Dampak perubahan iklim terhadap petani tambak garam di Kabupaten Sampang dan Sumenep. *Jurnal Masyarakat dan Budaya* 14(3):499-517.
- Liantieme. 2019. Analisis strategi adaptasi dan kerentanan nafkah rumah tangga petani di kawasan pasang surut (kasus rumah tangga petani di Desa Mulia Sari dan Desa Sungai Dua, Kabupaten Banyuasin, Provinsi Sumatera Selatan) [Skripsi]. Departemen Sains Komunikasi dan Pengembangan Masyarakat, Fakultas Ekologi Manusia, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Puspitawati H dan Herawati T. 2013. *Metode penelitian keluarga*. IPB Press. Bogor.
- Speranza CI, Wiesmann U and Rist S. 2014. An indicator framework for assessing livelihood resilience in the context of social-ecological dynamics. *Global Environmental Change* 28:109-119.
- Wahyuni KI. 2016. Penilaian ekonomi dan indeks kerentanan rumah tangga petani padi Di Kabupaten Timor Tengah Utara, Provinsi Nusa Tenggara Timur [Tesis]. Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Zolnikov TR. 2019. *Global adaptation and resilience to climate change*. Springer Nature Switzerland AG. Cham.

Pemeliharaan ramah lingkungan Hotel Mandalawangi Tasikmalaya berbasis ASEAN *green hotel standard*

Eco-friendly maintenance of Hotel Mandalawangi Tasikmalaya based on ASEAN green hotel standard

N. Fadjarwati¹, N. R. Nurzakiah^{1*}

¹Program Studi Manajemen Aset, Jurusan Administrasi Niaga, Politeknik Negeri Bandung, Bandung, Indonesia

Abstrak.

Perubahan iklim merupakan tantangan bagi operasional bisnis salah satunya yakni bisnis hotel. Untuk mengatasi perubahan iklim tersebut, pelaku bisnis mencari solusi yang dapat memberikan keberlanjutan dengan konsep *green hotel*. *Green hotel* memiliki konsep operasional dan pemeliharaan yang ramah lingkungan. Salah satu hotel yang menerapkan konsep *green hotel* adalah Hotel Mandalawangi yang berlokasi di Kota Tasikmalaya. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pemeliharaan di Hotel Mandalawangi dengan teknik metode pengumpulan data dengan wawancara dan observasi lalu membandingkan dengan kriteria standar *green hotel* ASEAN. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Hotel Mandalawangi telah melaksanakan 59,25% dari total kriteria persyaratan *green hotel* ASEAN, sehingga Hotel Mandalawangi perlu mengurangi penggunaan zat kimia, mengoptimalkan operasional dan pemeliharaan yang telah ada dan melaksanakan program pelatihan bagi sumber daya manusia.

Kata kunci: pemeliharaan, ramah lingkungan, standar *green hotel*

Abstract.

Climate change is a challenge for business operations like hotel business. To deal with climate change, businesses are looking for solutions that can give a sustainability with the green hotel concept. Green hotels have environmentally friendly operations and maintenance. One of the hotels that applies the green hotel concept is the Mandalawangi Hotel located in the Tasikmalaya City. The purposes of this study was to determine the maintenance at the Mandalawangi Hotel with the technique of data collection methods by interview and observation, then comparing with the ASEAN green hotel standard criteria for certification. The results showed that the Mandalawangi Hotel has implemented 59.25% of the total criteria for ASEAN green hotel requirements. Mandalawangi Hotel requires to reduce the use of chemicals, optimize the existing operations and maintenance also carry out training programs for hotel's human resources.

Keywords: maintenance, eco-friendly, green hotel standard

1. PENDAHULUAN

Seiring berjalannya waktu, lingkungan mengalami perubahan. Fenomena perubahan iklim pada awalnya berasal dari pemanasan global yang membuat suhu bumi semakin meningkat. Menurut BMKG (2019), perubahan iklim disebabkan oleh faktor seperti kegiatan manusia dan pemanasan global yang diakibatkan oleh CO₂ dan emisi gas lainnya serta adanya kerusakan fungsi hutan. Adanya perubahan iklim merupakan tantangan bagi operasional bisnis. Oleh karena itu, dibutuhkan operasional dan pemeliharaan yang dapat memberikan keberlanjutan bagi bisnis tanpa harus mengganggu keseimbangan dan keberlanjutan lingkungan sekitar.

* Korespondensi Penulis
Email : nonon.rofi@gmail.com

Salah satu bisnis dalam sektor pariwisata yang diminati oleh masyarakat adalah bisnis hotel. Widanaputra (2009) mendefinisikan hotel adalah suatu jenis akomodasi komersial untuk menyediakan fasilitas pelayanan jasa seperti penginapan, makanan dan minuman serta jasa lainnya yang disediakan untuk para tamu dan masyarakat umum yang ingin menginap. *Green hotel* merupakan salah satu *green product*. Oleh karena operasional *green hotel* dan hotel pada umumnya memiliki perbedaan, maka aktivitas untuk memelihara *green hotel* dengan hotel biasa memiliki perbedaan pula. Pelaksanaan *green hotel* masih sangat jarang diimplementasikan. Sebagai bentuk komitmen terhadap tujuan pembangunan berkelanjutan (SDGs), Kementerian Pariwisata melaksanakan apresiasi pada hotel yang menerapkan prinsip berwawasan lingkungan atau *green hotel award* yang dilaksanakan rutin setiap dua tahun sekali.

Widanaputra (2009) mendefinisikan hotel adalah suatu jenis akomodasi komersial untuk menyediakan fasilitas pelayanan jasa seperti penginapan, makanan dan minuman, serta jasa lainnya yang disediakan untuk para tamu dan masyarakat umum yang ingin menginap. Hotel memiliki banyak jenis seperti hotel kapsul dan *green hotel* yang merupakan salah satu jenis dari *green product*. Produk hijau didefinisikan ketika produk tersebut memberikan manfaat yang lebih besar kepada lingkungan dan biaya lingkungan yang lebih kecil. Sustain Ever (2000), mengklasifikasikan *green product* menjadi beberapa jenis, yaitu *green restaurant, green bank, green IT, green university, green hotel, green office, green hospitals* dan *green building*. Menurut Sustain Ever (2000), *green hotel* adalah hotel yang menekankan pada nilai-nilai lingkungan dan pelestarian lahan di kegiatan sehari-hari serta berfokus pada pemberian layanan berkualitas tinggi dengan mengoptimalkan energi, air dan sumber daya lain serta mengurangi produksi limbah dan polutan. Salah satu kunci dalam keberlangsungan dan keberlanjutan hotel tersebut dengan cara pelaksanaan pemeliharaan hotel.

Pemeliharaan menurut Chan *et al.* (2001) merupakan suatu usaha antara hubungan teknis dan administrasi untuk menjaga aset fisik atau mengembalikannya ke kondisi yang dapat difungsikan. Ghazi (2016) mendefinisikan pemeliharaan sebagai kunci untuk menyediakan lingkungan bangunan yang lebih baik bagi pengguna bangunan. Pemeliharaan adalah usaha mempertahankan kondisi bangunan agar tetap berfungsi sesuai tupoksi dan sebagai usaha meningkatkan wujud bangunan, serta menjaga dari kemungkinan kerusakan yang dapat terjadi (Kristiana *et al.* 2017). Berdasarkan pengertian tersebut dapat disimpulkan bahwa pemeliharaan adalah usaha menjaga aset fisik, mengembalikan ke kondisi yang difungsikan dan membuat lingkungan bangunan lebih baik sehingga terhindar dari kerusakan. Pemeliharaan dalam ruang lingkup hotel menurut Ghazi (2016) memiliki beberapa tujuan yaitu untuk meningkatkan keamanan tamu dan pegawai hotel dengan cara memastikan

bangunan, pelayanan dan fasilitas yang aman dan pas digunakan, meningkatkan stabilitas dan efisiensi operasional fasilitas dan sistem, serta untuk menyesuaikan terhadap kecenderungan baru dan teknologi seperti gerakan penghijauan. Oleh karena itu, pemeliharaan hotel diharapkan dapat memenuhi tujuan pemeliharaan, agar hotel dapat beroperasi secara optimal. Namun kenyataannya, pemeliharaan masih belum dilakukan secara efektif dan efisien.

Beberapa permasalahan dalam pemeliharaan hotel diantaranya personel yang melakukan pemeliharaan terlalu berfokus pada tanggung jawab teknis, kinerja pemeliharaan sulit diukur, kurangnya tujuan pemeliharaan bangunan, sedikitnya penelitian terhadap hotel dan kurangnya catatan terhadap kegiatan pemeliharaan hotel (Ghazi 2016). Faktor-faktor tersebut menjadi alasan mengapa pemeliharaan hotel belum dilakukan secara efektif dan efisien.

Menurut Chan *et al.* (2003), pemeliharaan hotel diklasifikasikan menjadi empat kategori utama yaitu rutin, korektif, preventif dan emergensi. Pemeliharaan rutin dilakukan dalam periode waktu yang teratur, misalnya harian, bulanan atau sesuai jadwal pemeliharaan. Pemeliharaan korektif dilakukan saat adanya kerusakan pada aset. Pemeliharaan preventif dilakukan sebelum terjadinya kerusakan, sedangkan pemeliharaan emergensi atau darurat dilaksanakan segera setelah terjadinya kerusakan dengan tujuan menghindari kerusakan yang lebih besar. *Green hotel* dalam pemeliharaannya diwajibkan memakai bahan yang ramah lingkungan dan dapat berkontribusi terhadap peningkatan kualitas lingkungan dan efisiensi energi (Pitt 2016). Dalam operasional dan pemeliharaannya, *green hotel* memerlukan sertifikasi dan terdapat penghargaan untuk hotel di Indonesia yang sukses melaksanakan *green hotel* (Rahmafritria 2014). Sejak tahun 2009, sudah dilaksanakan penghargaan bagi 10 *green hotel* terbaik di Indonesia dan 5 terbaik diajukan ke tingkat ASEAN.

Pada *guidelines* sertifikasi *green hotel standard* ASEAN, terdapat beberapa kriteria dan indikator keberhasilan yang ditetapkan meliputi kebijakan lingkungan dan aksi operasional hotel, penggunaan *green product*, kolaborasi dengan komunitas dan organisasi lokal, pengembangan sumber daya manusia, manajemen limbah padat, efisiensi energi, efisiensi dan kualitas air, manajemen kualitas udara (*indoor* dan *outdoor*), kontrol polusi suara, pengelolaan dan perawatan air limbah, racun dan pengelolaan pembuangan substansi kimia. Kebijakan lingkungan dan aksi operasional hotel membutuhkan promosi gerakan ramah lingkungan agar klien dan *supplier* bersama dengan staf hotel sebagai pemeran utama dapat turut berpartisipasi dalam pengelolaan lingkungan. Pelatihan bagi staf juga dibutuhkan agar dapat meningkatkan kesadaran staf tentang pentingnya lingkungan. Pengoperasian hotel juga memerlukan perencanaan pengelolaan lingkungan dan program *monitoring*.

Dalam kriteria penggunaan produk hijau, diperlukan dukungan penggunaan produk lokal dalam operasi hotel seperti makanan yang sehat serta kerajinan. Produk yang digunakan dalam operasional hotel juga harus produk yang ramah lingkungan. Hotel harus melakukan kolaborasi dengan komunitas atau organisasi lokal, aktivitas tersebut akan meningkatkan kualitas hidup dari komunitas serta meningkatkan kesadaran komunitas lokal dalam melindungi lingkungan. Dalam memelihara lingkungan dan hotel, dibutuhkan program pelatihan khusus bagi staf operasi dan pengelolaan lingkungan selama satu atau dua tahun. Pelatihan ini sangat penting bagi semua staf hotel (Ivancevich 2001).

Salah satu kriteria lainnya adalah pengelolaan limbah. Staf hotel perlu dikenalkan dengan teknik mengelola limbah seperti *reduce*, *reuse* dan *recycle*, serta pemisahan sampah dan kompos. Hal tersebut akan meningkatkan aktivitas yang berkaitan dengan pengelolaan sampah dan tamu yang datang diharapkan ikut berpartisipasi seperti membuang sampah pada tempatnya.

Efisiensi energi merupakan salah satu tujuan pemeliharaan. Sebelum dapat melakukan efisiensi energi, staf hotel diharapkan dapat mengikuti pelatihan mengenai teknik menghemat energi, teknologi penghematan energi, atau peralatan hotel yang meminimisasi penggunaan energi. Alat-alat yang dipasang juga harus dapat dipantau sehingga penggunaan energi dapat terkontrol. Tamu hotel juga dapat dilibatkan dalam penghematan energi, seperti mematikan lampu atau AC ketika kamar hotel tidak digunakan (Chen and Peng 2012).

Efisiensi air dan kualitas air adalah kriteria selanjutnya. Dalam praktiknya, hotel perlu menggunakan teknologi yang mengefisienkan konsumsi air. Adanya pemeliharaan rutin untuk peralatan yang menghemat penggunaan air ditunjukkan dengan laporan pemeliharaan dari teknisi serta dukungan atas keterlibatan tamu dalam menghemat air seperti selalu mematikan air jika tidak digunakan atau menggunakan air secukupnya. Staf hotel juga harus memastikan kualitas air di hotel dengan melakukan uji coba kualitas air.

Adanya pengelolaan kualitas udara hotel seperti menyediakan *smoking area* dan *non-smoking area*. Hal ini diperlukan agar baik staf atau tamu tidak merokok di sembarang tempat. Adanya *monitoring* dan pemeliharaan rutin bagi peralatan dan fasilitas hotel juga dapat memastikan kualitas udara. Contohnya adalah ventilasi yang baik atau penggunaan AC yang tidak berlebihan membuat kualitas udara hotel membaik. Kriteria selanjutnya adalah kontrol polusi suara. Hotel harus melaksanakan program yang diimplementasikan di hotel untuk memastikan bahwa ada kontrol suara saat pengoperasian hotel.

Kriteria selanjutnya adalah pengelolaan dan perawatan air limbah. Hal ini dilakukan untuk mencegah air terkontaminasi serta mengurangi adanya air limbah. Hotel juga dapat mempromosikan penggunaan air yang dapat didaur ulang (*recycle*) dalam pengoperasiannya, contohnya seperti menyiram tanaman

dan pohon menggunakan air yang telah didaur ulang. Implementasi tersebut perlu didukung sebagai perawatan dan penggunaan air limbah sehingga air dapat digunakan sebagaimana mestinya. Kriteria yang terakhir adalah racun dan pengelolaan pembuangan substansi kimia. Zat kimia merupakan salah satu zat yang berbahaya dan dapat berdampak negatif bagi lingkungan. Harus ada tanda atau rambu-rambu yang tepat bagi penggunaan substansi kimia, baik itu di tempat penyimpanan atau penggunaan bahan kimia di hotel. Pembuangan zat kimia juga harus dilakukan dengan benar agar tidak membahayakan, maka perlu dilakukan pelatihan staf hotel terkait cara-cara untuk menangani bahan kimia.

Salah satu hotel yang menerapkan *green hotel* adalah Hotel Mandalawangi di Kota Tasikmalaya. Oleh karena itu, diperlukan standarisasi operasi dan pemeliharaan untuk tujuan sertifikasi ASEAN *green hotel standard*. Penelitian ini diharapkan dapat mengidentifikasi pemeliharaan yang telah dilakukan oleh Hotel Mandalawangi saat ini, menganalisis kesesuaian implementasi pada objek dengan standar *green hotel*, serta mengevaluasi aspek mana yang perlu dipertahankan, ditingkatkan dan diperbaiki.

2. METODOLOGI

2.1. Lokasi kajian dan waktu penelitian

Penelitian dilakukan di Hotel Mandalawangi sejak bulan November 2020 hingga Januari 2021. Hotel Mandalawangi didirikan pada tanggal 24 Agustus 1988. Hotel ini berlokasi di Jalan R.E. Martadinata No. 177, Panyingkiran, Kecamatan Indihiang, Kota Tasikmalaya. Hotel ini memiliki konsep pembangunan horizontal dan menerapkan konsep *green hotel*. Hotel ini dipilih karena sedang berada di tahap pengembangan dan satu-satunya yang menggunakan konsep ramah lingkungan di Kota Tasikmalaya. Gambaran fisik bangunan Hotel Mandalawangi ditampilkan pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Hotel Mandalawangi.

Menurut Yusuf (2014), terdapat empat teknik pengumpulan data, yaitu dengan cara wawancara yaitu kegiatan atau komunikasi secara langsung dengan narasumber, angket merupakan pertanyaan yang ditanyakan kepada responden, observasi merupakan pengumpulan data melalui pancaindra dan pemeriksaan yaitu dilakukan peneliti untuk kegiatan laboratorium. Berdasarkan empat metode tersebut, teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode wawancara kepada *General Manager* sekaligus *Operating Manager*, observasi lapangan, angket yang ditujukan pada staf hotel sebagai data primer dan kajian pustaka dilakukan dengan *desk research* sebagai data sekunder. Untuk membandingkan kondisi pemeliharaan di Hotel Mandalawangi, peneliti menggunakan standar ASEAN mengenai *green hotel*.

2.2. Prosedur analisis data

Pembobotan dalam penilaian standar ASEAN disusun dalam tabel untuk melihat apakah Hotel Mandalawangi sudah menerapkan kriteria standar *green hotel* atau belum. Nilai 0 berarti hotel belum melaksanakan persyaratan, sedangkan 1 berarti hotel telah melaksanakan persyaratan. Dalam menghitung pembobotan, dilakukan perhitungan dengan menggunakan **Persamaan 1**.

$$\text{Nilai} = \left[\frac{\text{Jumlah bobot}}{\text{total score}} \right] \times 100 \dots\dots\dots(1)$$

Nilai tersebut disimpulkan untuk menilai apakah hotel telah memenuhi standar berdasarkan ASEAN *Green Hotel Standard*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hotel Mandalawangi telah menerapkan empat jenis pemeliharaan dengan baik dengan membuat perencanaan pemeliharaan yang teratur. Namun, Hotel Mandalawangi belum menerapkan semua konsep ASEAN *Green Hotel Standard*.

3.1. Pemeliharaan Hotel Mandalawangi saat ini

Pemeliharaan di Hotel Mandalawangi terbagi menjadi empat yakni rutin, preventif, korektif dan emergensi. Kegiatan pemeliharaan yang meliputi empat jenis pemeliharaan tersebut secara lengkap dijelaskan dalam **Tabel 1**.

Tabel 1. Kegiatan pemeliharaan Hotel Mandalawangi.

| No | Kegiatan | Jenis pemeliharaan | Waktu |
|----|------------------------------|--------------------|------------------------------------|
| 1 | Membersihkan peralatan dapur | Rutin | Setiap hari |
| 2 | Membersihkan ruangan kamar | Rutin | Sebelum dan sesudah ditempati tamu |
| 3 | Menyirami tanaman | Rutin | Setiap hari |
| 4 | Membersihkan kolam renang | Rutin | Setiap dua hari sekali |

| No | Kegiatan | Jenis pemeliharaan | Waktu |
|----|---|--------------------|--|
| 5 | Pengecatan dinding gedung hotel | Rutin | Setiap enam bulan atau satu tahun sekali |
| 6 | Pengangkutan dan <i>recycle</i> oleh petugas sampah | Rutin | Setiap dua atau tiga hari sekali |
| 7 | Penangkal petir | Preventif | - |
| 8 | Menyebarkan kaporit pada kolam renang | Preventif | Setiap dua hari sekali |
| 9 | Genset | Preventif | Saat mati listrik |
| 10 | IPAL | Preventif | Setiap hari |
| 11 | Area khusus merokok | Preventif | Setiap hari |
| 12 | Perbaikan alat <i>fitness</i> yang rusak | Korektif | Saat mengalami kerusakan |
| 13 | Pengecoran ulang jalan | Korektif | Saat mengalami kerusakan |
| 14 | Atap yang bocor | Emergensi | Saat mengalami kerusakan |

3.1.1. Rutin

Pemeliharaan yang dilakukan secara preventif dilakukan secara rutin. Staf *food and beverages* membersihkan peralatan dapur secara berkala untuk menghindari terjadinya perkaratan atau rusaknya peralatan. Staf *housekeeping* membersihkan ruangan sebelum dan sesudah tamu menggunakan ruangnya dengan waktu normal 15 menit untuk menghindari terjadinya *back-up* (tamu belum *check out*, namun sudah ada tamu yang menunggu untuk *check in*). Staf *garden* menyirami tanaman dengan air bersih setiap harinya, memotong dahan agar tidak tumbuh terlalu tinggi, serta membersihkan kolam renang setiap dua hari sekali untuk menghindari lumut dan membuat air tidak kotor terlalu cepat. Dalam pemeliharaan rutin bangunan, dilakukan pengecatan secara periodik yaitu satu kali setiap enam bulan sampai satu tahun.

Hal yang dilakukan hotel selanjutnya adalah menerapkan *reduce, reuse* dan *recycle*. Sampah-sampah anorganik disimpan dalam satu tempat di lahan kosong dan menunggu untuk diangkat oleh petugas sampah secara rutin dalam interval dua sampai tiga hari. Oleh karena konsep *green hotel* bertujuan untuk melakukan pemeliharaan yang efektif dan efisien, hotel ini melakukan efisiensi air dan listrik yang diharapkan dapat menekan biaya pemeliharaan dan operasional bangunan.

3.1.2. Preventif

Hotel ini disewa oleh PT Telkom agar dapat dibangun *tower* jaringan dalam lingkungan hotel. Tower jaringan sangat berpotensi untuk menarik petir, sehingga untuk memelihara dari kejadian tersambar petir, setiap gedung hotel dilengkapi oleh penangkal petir. Tindakan preventif yang lainnya juga adalah memberikan zat kimia seperti kaporit kepada kolam renang agar airnya tidak cepat menguning sebelum pemeliharaan rutin dilakukan. Gambaran kondisi kolam renang yang terdapat di Hotel Mandalawangi dapat dilihat melalui **Gambar 2**. Selain itu, terdapat genset sebagai langkah pencegahan terhentinya

operasional jika sewaktu-waktu listrik padam. Di hotel ini terdapat instalasi pengelolaan air limbah (IPAL) dan pengolahan sampah. Hal ini membuktikan bahwa hotel telah melaksanakan pemeliharaan terhadap air bersih dan air limbah. Hotel juga menerapkan kawasan bebas rokok untuk memelihara kesehatan lingkungan.



Gambar 2. Kolam renang.

3.1.3. Korektif

Pemeliharaan secara korektif dilakukan pada fasilitas yang rusak seperti peralatan olahraga yang rusak, pengecoran ulang, dll. (**Gambar 3**). Semua kegiatan pemeliharaan dilakukan oleh staf hotel sendiri (bukan *outsourcing*).



Gambar 3. Perbaikan taman.

3.1.4. Emergensi

Pemeliharaan emergensi yang dilakukan adalah ketika atap hotel mengalami kebocoran, sehingga perlu dilakukan perbaikan yang segera. Pemeliharaan emergensi ini dilakukan oleh staf *engineering* yang sudah ahli dalam hal teknis dan perbaikan.

3.2. Penerapan standar *green hotel*

Hotel Mandalawangi menerapkan konsep *green hotel* maka harus dibandingkan pemeliharaan mana saja yang telah dan belum menerapkan konsep *green hotel*. Untuk memelihara lingkungan yang bebas dari polusi, hotel telah menerapkan kawasan bebas rokok. Hotel juga telah menerapkan *reuse*, *reduce* dan *recycle* sebagai pemeliharaan rutin terhadap sampah yang dihasilkan dari proses operasional. Dalam efisiensi pemeliharaan juga telah menerapkan efisiensi energi listrik, seperti mematikan listrik yang tidak terpakai dan hanya menyalakan listrik saat dibutuhkan serta efisiensi penggunaan air karena air yang digunakan adalah air tanah dan tidak bersumber dari PDAM.

Air limbah yang telah digunakan juga telah dikelola dengan adanya IPAL atau instalasi pengolahan air kotor, sehingga air yang telah digunakan atau air kotor bekas penggunaan tidak akan mencemari lingkungan. Namun, kegiatan seperti memelihara kolam renang masih menggunakan zat kimia, sehingga tidak mengikuti konsep *green hotel*. Jika dilihat dari kondisi eksisting pemeliharaan yang telah dilakukan oleh Hotel Mandalawangi, maka dasar-dasar operasional *green hotel* dan pemeliharaannya telah dilakukan dengan baik. **Tabel 2** merupakan hasil pembobotan standar *green hotel* terhadap kondisi yang dimiliki oleh Hotel Mandalawangi.

Tabel 2. Audit persyaratan *green hotel standard*.

| No | Kriteria | Persyaratan | Bobot |
|----|---|--|-------|
| 1 | Kebijakan lingkungan dan aksi untuk operasi hotel | Promosi kegiatan lingkungan untuk mendorong keterlibatan staf hotel, klien dan pemasok untuk berpartisipasi di kegiatan pengelolaan ramah lingkungan | 0 |
| | | Adanya perencanaan untuk meningkatkan staf agar lebih sadar terhadap lingkungan | 0 |
| | | Adanya perencanaan pengelolaan lingkungan untuk operasi hotel | 1 |
| | | Adanya program <i>monitoring</i> untuk pengelolaan lingkungan hotel | 1 |
| 2 | Penggunaan produk hijau | Mendorong penggunaan produk lokal untuk operasional hotel | 0 |
| | | Mendorong penggunaan produk yang ramah lingkungan | 0 |

| No | Kriteria | Persyaratan | Bobot |
|-----------------------------------|--|---|--------|
| 3 | Kolaborasi dengan komunitas dan organisasi lokal | Adanya perencanaan atau aktivitas untuk membantu meningkatkan kualitas hidup dari komunitas | 0 |
| | | Adanya program meningkatkan kesadaran untuk komunitas lokal dalam melindungi lingkungan | 0 |
| 4 | Pengembangan Sumber Daya Manusia | Menyediakan program pelatihan untuk staf operasional dan staf manajemen dalam pengelolaan lingkungan | 0 |
| 5 | Pengelolaan limbah padat | Pengenalan teknik pengelolaan limbah seperti <i>reduce, reuse, recycle</i> , pemisahan sampah dan pengomposan | 0 |
| | | Mendukung keterlibatan staf hotel dalam <i>reduce, reuse, recycle</i> , pemisahan sampah dan pengomposan | 1 |
| | | Mendukung keterlibatan tamu hotel dalam <i>reuse, recycle</i> dan pemisahan sampah | 1 |
| 6 | Efisiensi energi | Pengenalan teknik menghemat energi dan/atau teknologi penghemat energi dan peralatan hotel untuk mengurangi konsumsi energi | 1 |
| | | Instalasi meteran atau peralatan untuk memonitor konsumsi energi | 1 |
| | | Mendukung keterlibatan tamu hotel dalam menghemat energi | 1 |
| 7 | Efisiensi air dan kualitas air. | Pengenalan teknik menghemat air dan/atau teknologi penghematan air dan peralatan untuk mengurangi konsumsi air | 1 |
| | | Pemeliharaan rutin untuk peralatan penghemat air | 1 |
| | | Mendukung keterlibatan tamu hotel dalam menghemat air | 1 |
| | | Memastikan kualitas air yang digunakan di hotel | 1 |
| 8 | Manajemen kualitas udara (dalam dan luar lingkungan) | Mendesain area khusus merokok dan area dilarang merokok | 1 |
| | | <i>Monitoring</i> dan pemeliharaan rutin untuk peralatan dan fasilitas hotel untuk memastikan kualitas udara | 1 |
| 9 | Kontrol polusi suara | Adanya program pengontrolan suara dari operasional hotel | 0 |
| 10 | Pengontrolan dan pengelolaan air limbah (kualitas air) | Penggunaan mekanisme untuk mencegah kontaminasi air dan mengurangi timbulnya air limbah | 1 |
| | | Promosi menggunakan air yang dapat di- <i>recycle</i> dalam operasional seperti menyiram pohon | 0 |
| | | Mendukung kesesuaian penggunaan air limbah yang telah dikelola | 0 |
| 11 | Pengelolaan pembuangan racun dan substansi kimia | Menyediakan rambu yang jelas untuk substansi racun | 1 |
| | | Pengelolaan sampah berbahaya yang sesuai | 1 |
| Jumlah persyaratan yang terpenuhi | | | 16 |
| Total persyaratan | | | 27 |
| Nilai | | | 59,25% |

Dari 27 persyaratan, terdapat 16 persyaratan yang telah dilaksanakan oleh Hotel Mandalawangi. Hotel Mandalawangi telah melaksanakan sebesar 59,25% kriteria standar ASEAN *green hotel*, artinya hotel telah menerapkan setidaknya setengah dari persyaratan umum yang diperlukan. Persyaratan yang belum dilaksanakan adalah pelatihan staf hotel, padahal hal tersebut merupakan faktor penting suksesnya pelaksanaan pemeliharaan hotel. Selain pelatihan, persyaratan umum lain yang belum dilaksanakan adalah kerja sama dengan komunitas lokal, penggunaan produk hijau, dan perlunya pengoptimalan operasional dan pemeliharaan *green hotel* agar menjadi efektif, efisien dan berkelanjutan. Hal-hal tersebut perlu dilaksanakan agar pemeliharaan ramah lingkungan yang dilakukan saat ini dapat memenuhi kriteria standar *green hotel*.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Green hotel belum banyak diterapkan di Indonesia, sehingga diharapkan Hotel Mandalawangi akan terus mengembangkan konsep *green hotel* agar dapat mendukung keberlanjutan, menjaga, dan memperbaiki kualitas lingkungan. Disimpulkan bahwa Hotel Mandalawangi baru menerapkan konsep *green hotel* sebesar 59,25% dari total standar *green hotel*, sehingga masih terdapat beberapa persyaratan yang perlu diterapkan seperti mengurangi penggunaan zat kimia saat pemeliharaan kolam renang dan pelatihan yang belum dilaksanakan. Pemeliharaan yang perlu dipertahankan oleh Hotel Mandalawangi adalah efisiensi energi, air, kualitas air, dan kualitas udara. Pemeliharaan yang perlu ditingkatkan yaitu penyimpanan sementara sampah yang akan diangkut oleh petugas sampah, sedangkan yang perlu diperbaiki adalah pelatihan terhadap sumber daya manusia khususnya staf hotel dan mengurangi penggunaan zat kimia dalam operasional dan pemeliharaan hotel.

Pemeliharaan kurang baik yang dilakukan oleh Hotel Mandalawangi yaitu pemeliharaan kolam renang dengan menggunakan zat kimia dapat diminimalisir dengan penggunaan filter air yang dapat menyaring bakteri atau lumut, sehingga dapat menerapkan konsep *natural swimming pool* yang sangat cocok dengan konsep *green hotel* di Hotel Mandalawangi. Penerapan *natural swimming pool* juga membuktikan bahwa pemeliharaan kolam renang tidak perlu dilakukan secara terus menerus, sehingga dapat menekan biaya pemeliharaan. Untuk meningkatkan kemampuan sumber daya manusia, perlu dilaksanakan pelatihan, sosialisasi dan pemahaman kepada staf hotel dan klien mengenai *green hotel* setidaknya satu tahun sekali, sehingga pemeliharaan dapat terus ditingkatkan. Hotel Mandalawangi juga harus memenuhi persyaratan umum yang belum dilaksanakan, sehingga diharapkan hotel dapat diikutsertakan dalam program sertifikasi *green hotel* yang memberikan dampak kepada peningkatan nilai aset.

5. UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih kepada Hotel Mandalawangi yang bersedia untuk dijadikan objek penelitian khususnya kepada *General Manager* Hotel Mandalawangi yang telah membantu dan bekerja sama sejak pengajuan sebagai objek penelitian hingga artikel ini selesai disusun.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [BMKG] Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika. 2019. Hari meteorologi dunia, BMKG ajak masyarakat mitigasi perubahan iklim [internet]. Tersedia di: <https://www.bmkg.go.id/berita/?p=hari-meteorologi-dunia-bmkg-ajak-masyarakat-mitigasi-perubahan-iklim&lang=ID&tag=press-release>.
- Chan KT, Lee RHK and Burnett J. 2001. Maintenance performance: a case study of hospitality engineering systems. *Facilities* 19(13):494-504.
- Chan KT, Lee RHK and Burnett J. 2003. Maintenance practices and energy performance of hotel buildings, strategic planning for energy and the environment. *Strategic Planning for Energy and the Environment* 23(1):6-28.
- Chen A and Peng A. 2012. Green hotel knowledge and tourists' staying behavior. *Annals of Tourism Research* 39(4): 2211-2216.
- Ghazi K. 2016. Hotel maintenance management practice. *Journal of Hotel and Business Management* 5(1):1-13.
- Ivancevich JM. 2001. Human resource management. McGraw Hill. New York.
- Kristiana W, Waluyo N dan Desy A. 2017. Manajemen Perawatan dan pemeliharaan bangunan gedung pada kantor Sekretariat Daerah Provinsi Kalimantan Tengah. *Jurnal Teoritis dan Terapan Bidang Keteknikan* 1(1):20-25.
- Pitt M. 2016. Hotel maintenance management in Sanya, China. *Journal of Facilities Management* 14(4):304-314.
- Rahmafritria F. 2014. Eco-resort dan green hotel di indonesia: model sarana akomodasi yang berkelanjutan. *Jurnal Manajemen Resort & Leisure* 11(2).
- Sustain Ever. 2000. Green models [internet]. Tersedia di: <https://sustainevery.com/green-models/>.
- Widanaputra A. 2009. Akuntansi perhotelan pendekatan sistem informasi. Graha Ilmu. Jakarta.
- Yusuf AM. 2014. Metode penelitian: kuantitatif, kualitatif & penelitian gabungan. Prenadamedia Group. Jakarta.

Uji toksisitas akut limbah pengeboran minyak (serbuk bor) terhadap *Artemia salina*

Acute toxicity test of oil drilling waste (drill cuttings) on Artemia salina

E. Sriwahyuni^{1*}, M. Krisanti¹

¹Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB University, Bogor, Indonesia

Abstrak.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui toksisitas akut limbah pengeboran eksplorasi minyak dan gas bumi berupa serbuk bor (*cutting*) pada *brine shrimp* (*Artemia salina*) dan pengaruhnya terhadap morfologi biota uji. Konsentrasi yang digunakan dalam uji toksisitas akut yaitu 22.000, 39.000, 70.000, 126.000 dan 226.000 ppm. Nilai konsentrasi akut (LC50) diperkirakan dengan menggunakan metode probit. Estimasi konsentrasi akut limbah serbuk bor (*drill cutting*) berupa LC50 96 jam adalah 34.260 ppm. Biota uji *Artemia salina* memberikan respons terhadap paparan limbah *cutting*, berupa perubahan pada posisi berenang, keaktifan biota uji, tingkat stres, serta kerusakan pada morfologi dan anatomi tubuh biota uji.

Abstract.

This study aimed to determine acute toxicity of cutting as drilling waste of oil and gas exploration on brine shrimp (Artemia salina) and its influence on the morphology of the test biota. The concentration used in the acute toxicity test namely 22,000, 39,000, 70,000, 126,000 and 226,000 ppm. Acute concentration value (LC50) was estimated by probit methods. The concentration of acute toxicity (LC50) 96 hours of drilling cutting was 34,260 ppm. The test biota responded to exposure of cutting waste, in the form of changes in swimming position, activity, stress level and damage in the morphology and anatomy of the body.

Keywords: Artemia salina, cutting, LC50

Kata kunci: *Artemia salina*, limbah, LC50

1. PENDAHULUAN

Kegiatan pertambangan minyak dan gas mencakup beberapa tahap, yakni eksplorasi, eksploitasi, pemurnian dan pemasaran. Kegiatan ini juga menghasilkan limbah seperti *produced water* (air yang dipisahkan selama proses produksi minyak dan gas), lumpur bor bekas, serbuk bor (*drill cutting*), air panas dari proses pendinginan, minyak, asap pembakaran, sampah dan jenis limbah lainnya. Serbuk bor (*drill cutting*) merupakan hasil operasi pengeboran dari potongan lapisan bebatuan ketika mata bor menekan dan berputar di dalam perut bumi. Serbuk bor harus segera dikeluarkan dari sumur bor agar tidak mengganggu proses pengeboran. Pada prosesnya terjadi pencampuran antara material hasil pengeboran (serbuk bor, lumpur, pasir) dengan lumpur bor. Lumpur bor merupakan campuran air, lumpur khusus, beberapa mineral dan bahan kimia (EPA 1993). Hasil sampingan tersebut berpotensi toksik apabila tidak dilakukan pengolahan terlebih dahulu, sehingga dapat mencemari perairan sekitar anjungan di laut dan lokasi pemboran di darat (Mukhtasor 2007).

* Korespondensi Penulis
Email : endangsriwahy@gmail.com

Dampak toksisitas limbah terhadap biota dapat timbul secara langsung dan tidak langsung. Dampak secara tidak langsung adalah terjadinya penurunan kualitas perairan (Kumar *et al.* 2013) yang dapat mengganggu kehidupan biota perairan. Biota perairan yang terganggu dapat berpengaruh terhadap keseimbangan ekosistem perairan. Oleh sebab itu, untuk mengetahui apakah limbah tersebut dapat mengganggu perairan maka diperlukan uji toksisitas akut.

Uji toksisitas merupakan uji yang digunakan untuk mengetahui efek negatif suatu zat terhadap biota. LC50 yaitu nilai konsentrasi pemaparan zat toksik yang menyebabkan 50% biota uji mati (Moe *et al.* 2001). Uji toksisitas menggunakan makhluk hidup sebagai biota uji. Pemilihan biota uji didasarkan dengan kriteria biota uji yang harus dipenuhi berdasarkan *Organization for Economic Cooperation and Development* (OECD) dan *US Environmental Protection Agency* (US-EPA). Biota uji yang digunakan merupakan biota uji yang dapat mewakili kondisi lingkungan dari suatu perairan (APHA 2005 dalam DWMS 2007).

Biota uji pada penelitian ini adalah nauplius *Artemia salina*. Penggunaan *Artemia salina* sebagai biota uji laut bertujuan untuk mengetahui toksisitas akut serbuk bor (*drill cutting*) sebelum diperkenankan dibuang ke perairan laut. *Artemia salina* sangat baik digunakan sebagai organisme uji dalam uji toksisitas akut perairan laut karena sederhana dan akurat untuk semua jenis toksikan (Shaala *et al.* 2015). Organisme sederhana ini mudah dikultur dan dikembangbiakkan dalam kondisi laboratorium (Kanwar 2007). Berdasarkan hal tersebut, maka penelitian ini bertujuan menentukan nilai toksisitas akut limbah pengeboran minyak dan gas berupa serbuk bor terhadap *Artemia salina*, serta pengaruhnya terhadap morfologi biota uji.

2. METODOLOGI

2.1. Lokasi kajian dan waktu penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Februari hingga April 2016 di Laboratorium Riset Plankton, Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB University.

2.2. Prosedur penelitian

Nauplius merupakan anak *Artemia* yang baru menetas. Stadia ini merupakan stadia yang paling optimum untuk digunakan sebagai biota uji. Penelitian menggunakan 10 ekor *Artemia salina* terhadap 10 mL media uji di setiap konsentrasi percobaan. Air laut sebagai media diaerasi terlebih dahulu selama satu jam. Kista *Artemia salina* sebanyak 1 g dimasukkan ke dalam wadah penetasan yang berisi 1 L air laut. Kista menetas setelah sekitar 24 jam. Setelah kista menetas, dilakukan pemisahan cangkang kosong dengan nauplius. Setengah bagian atas wadah penetasan ditutup dengan plastik hitam agar tidak

ada cahaya yang masuk, sedangkan setengah bagian bawah dibiarkan terbuka. Aerator dikeluarkan dari wadah penetasan. Nauplius berenang ke arah dengan intensitas cahaya lebih tinggi yakni ke bagian bawah wadah tetas, sehingga Nauplius dapat dengan mudah dialirkan keluar wadah melalui pipa konektor.

Limbah pengeboran yang dijadikan toksikan berupa serbuk bor (*drill cutting*) dalam bentuk supernatan. Supernatan merupakan bagian atas hasil pencampuran antara serbuk bor dengan akuades. Perbandingan antara bobot *cutting* (kg) dengan volume akuades (L) yakni 1:1. Proses pencampuran diasumsikan dapat melarutkan bahan toksik dari serbuk bor.

2.3. Prosedur analisis data

2.3.1. Penentuan nilai ambang atas dan ambang bawah

Uji pendahuluan dilakukan untuk mendapatkan selang konsentrasi serbuk bor yang digunakan pada uji toksisitas akut. *Artemia salina* yang digunakan berjumlah 10 ekor nauplius yang dipaparkan pada media toksikan bervolume 10 mL. Pada uji pendahuluan ditentukan konsentrasi ambang atas (N) dan konsentrasi ambang bawah (n). Nilai ambang atas dan ambang bawah digunakan untuk menentukan selang konsentrasi dalam uji toksisitas akut.

Konsentrasi ambang atas (N) merupakan konsentrasi terendah toksikan yang menyebabkan seluruh hewan uji mati pada pemaparan 24 jam. Konsentrasi ambang bawah (n) merupakan konsentrasi tertinggi toksikan yang tidak menyebabkan kematian hewan uji pada pemaparan 24 jam. Penentuan selang konsentrasi ditentukan dengan menggunakan **Persamaan 1** dan **Persamaan 2** (Koesoemadinata 1983).

$$\text{Log } \frac{N}{n} = k \log \frac{a}{n} \dots\dots\dots(1)$$

$$\frac{a}{n} = \frac{b}{a} = \frac{c}{b} = \frac{d}{c} = \frac{N}{e} \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan :

N : Konsentrasi tertinggi

n : Konsentrasi terendah

K : Jumlah konsentrasi yang diuji

a, b, c, d dan e : Konsentrasi antara konsentrasi terendah dan konsentrasi tertinggi, a adalah konsentrasi terendah

2.3.2. Uji toksisitas akut

Artemia salina yang dijadikan biota uji pada uji utama diusahakan memiliki ukuran yang seragam. *Artemia salina* dimasukkan ke dalam wadah uji yang berisi kontaminan sebanyak 10 mL. Jumlah *Artemia salina* yang dipaparkan pada setiap perlakuan adalah 10 ekor. Perlakuan kontaminasi sebanyak lima buah dan satu buah perlakuan kontrol.

Pada uji toksisitas diamati respons tingkah laku biota uji, kerusakan tubuh dan mortalitas. Pengamatan tingkah laku dilakukan berdasarkan geometrik seri yaitu pada pemaparan 0, 3, 6, 12, 24, 48, 72 dan 96 jam (Franson 1995). Pengamatan respons tingkah laku biota dilakukan dengan membandingkan tingkah laku biota pada kontrol dan perlakuan. Selama pemaparan juga dilakukan pengamatan kerusakan morfologi tubuh dan tingkat mortalitas. Kerusakan tubuh biota uji divisualisasi dengan mikroskop binokuler. Pengamatan mortalitas biota uji dilakukan secara visual dengan bantuan kaca pembesar.

Pendugaan nilai konsentrasi akut (LC50) menggunakan metode probit. Metode probit merupakan prosedur statistik parametrik pada selang kepercayaan 95%. Analisis data dilakukan dengan *software* EPA *Probit Analysis Program* versi 1.5.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Uji pendahuluan dan uji toksisitas akut

Uji pendahuluan dilakukan untuk menemukan nilai konsentrasi ambang atas dan ambang bawah. **Tabel 1** merupakan beberapa hasil uji pendahuluan pada tiga kelompok konsentrasi yang berdekatan dengan kelompok konsentrasi ambang atas dan ambang bawah. Berdasarkan beberapa uji pendahuluan, didapatkan nilai ambang (N) atas dan ambang bawah (n) masing-masing sebesar 200.000 ppm dan 12.500 ppm.

Tabel 1. Hasil uji pendahuluan.

| Konsentrasi serbuk bor | | Mortalitas <i>Artemia salina</i> (%) |
|------------------------|---------|--------------------------------------|
| (%) | (ppm) | |
| 20,00 | 200.000 | 100 |
| 10,00 | 100.000 | 80 |
| 5,00 | 50.000 | 70 |
| 2,50 | 25.000 | 50 |
| 1,25 | 12.500 | 0 |

Uji toksisitas akut dilakukan dengan pemaparan lima konsentrasi dan satu kontrol sebagai perlakuan terhadap 10 ekor nauplius *Artemia salina*. Konsentrasi yang digunakan dalam uji toksisitas akut ditentukan berdasarkan konsentrasi ambang atas dan ambang bawah. Lima konsentrasi tersebut adalah 22.000, 39.000, 70.000, 126.000 dan 226.000 ppm. Kematian biota uji pada uji utama terus meningkat dengan semakin tingginya konsentrasi dan lama pemaparan. Estimasi konsentrasi akut limbah diperoleh melalui analisis probit. **Tabel 2** menunjukkan estimasi konsentrasi akut (LC50) *cutting*.

Tabel 2. Estimasi nilai toksisitas akut (LC50) *cutting*.

| <i>Exposure</i> | EPA probit | Selang kepercayaan 95% |
|-----------------|------------|------------------------|
| 24 | 110.152 | 81.745 – 155.393 |
| 48 | 88.493 | 60.850 – 137.572 |
| 72 | 51.664 | 26.650 – 82.104 |
| 96 | 34.260 | 14.655 – 51.992 |

Nilai LC50 merupakan nilai yang menunjukkan besarnya konsentrasi suatu bahan uji yang dapat menyebabkan kematian 50% hewan uji setelah 24 jam pemaparan. *Brine Shrimp Test* (BST) dianggap sebagai cara yang berguna untuk penilaian awal terhadap toksisitas karena sangat sederhana, murah dan sensitif (Jegathambigai *et al.* 2014). Konsentrasi akut yang mematikan 50% hewan uji pada studi ini sebesar 34.260 ppm. Menurut PerMenESDM Nomor 45 Tahun 2006 tentang Pengelolaan Lumpur Bor dan Serbuk Bor pada Kegiatan Pengeboran Minyak dan Gas Bumi, nilai batas LC50-96 jam limbah yang dapat dibuang ke laut adalah ≥ 30.000 ppm. Berdasarkan peraturan tersebut, limbah yang diamati pada studi ini dapat dibuang langsung ke laut, namun harus memperhatikan lingkungan sensitif di sekitarnya dan harus mengantongi izin pembuangan dari pemerintah.

3.2. Tingkah laku dan kerusakan morfologi nauplius

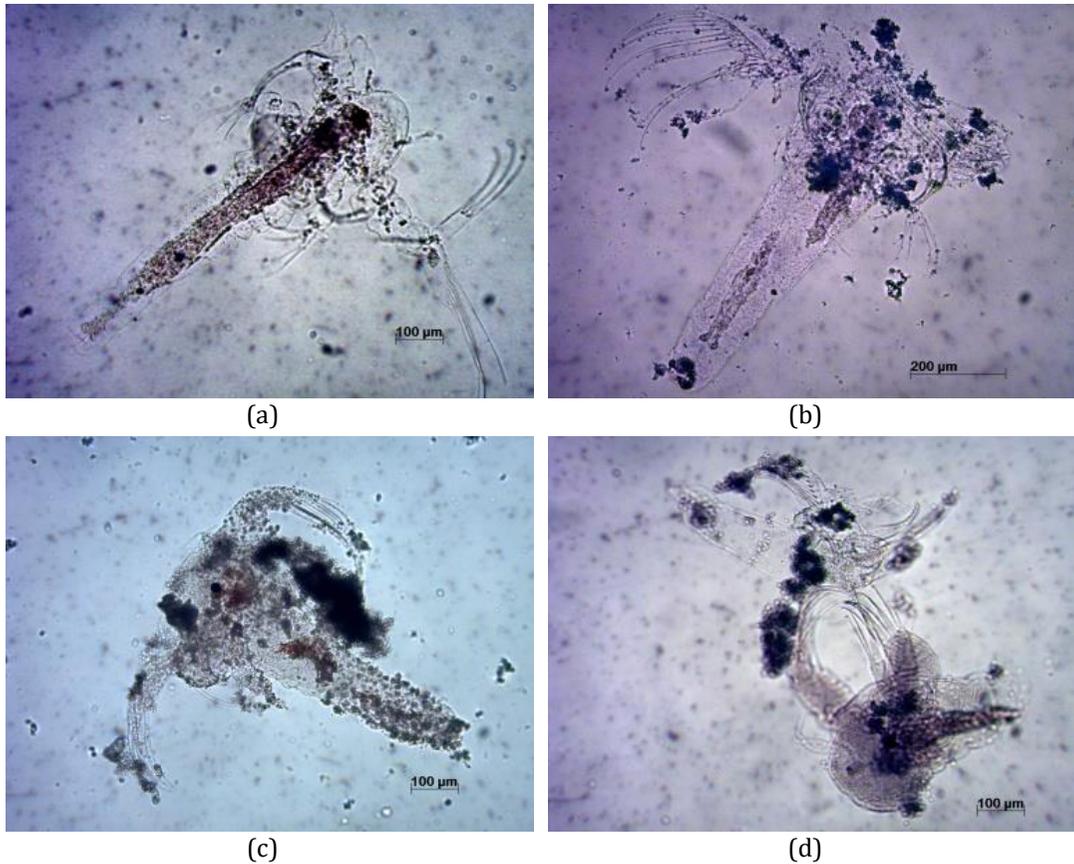
Nauplius *Artemia* sering digunakan untuk evaluasi toksisitas bahan pencemar dan studi ekotoksikologi (Manzanares *et al.* 2015). Biota uji menunjukkan respons terhadap limbah berupa tingkah laku selama uji toksisitas. Tingkah laku yang ditunjukkan meliputi keaktifan pergerakan, posisi berenang, tingkat stres dan perubahan tingkah laku lainnya. Tingkah laku biota uji sangat beragam berdasarkan tingkat konsentrasi yang dipaparkan. Semakin tinggi konsentrasi dan lama pemaparan, maka biota uji semakin stres hingga terjadi kematian. Data kematian pada toksisitas *Artemia* dapat dikaitkan dengan sifat toksik dari bahan uji (Hartl and Humpf 2000). Respons yang ditunjukkan biota sudah terlihat pada awal waktu pemaparan. Respons tingkah laku biota uji sangat terlihat pada konsentrasi tertinggi perlakuan yakni 226.000 ppm. Respons biota uji secara keseluruhan adalah berupa stres yang terlihat dari cara berenang yang sangat cepat tak beraturan di kolom air. Hari kedua dan selanjutnya terlihat pergerakan biota uji sangat lemah. Hal ini diduga karena energi yang sudah banyak dipakai pada hari pertama pemaparan. Posisi berenang biota uji pada hari-hari selanjutnya cenderung ke arah dasar atau permukaan air. Pada jam ke 72 dan ke 96, terlihat banyak biota uji yang pingsan. Biota uji dikatakan pingsan karena biota uji terlihat mati tidak bergerak, namun biota uji kembali bergerak setelah diberi suatu aksi sentuhan.

Biota uji yang terpapar serbuk bor tidak hanya merespons dengan perubahan tingkah laku, namun juga dengan timbulnya kerusakan bentuk morfologi tubuh berdasarkan lama pemaparan sebelum akhirnya mati. Kerusakan bentuk morfologi dapat diketahui dengan perbandingan morfologi tubuh *Artemia salina* kontrol dengan perlakuan serbuk bor. Ilustrasi kerusakan morfologi tubuh nauplius hanya dilakukan pada konsentrasi 39.000 ppm karena kerusakannya terlihat paling mencolok dan konsentrasi tersebut mendekati konsentrasi akut LC50. Hasil dokumentasi pada konsentrasi lain tidak memberikan gambaran yang cukup jelas.

Artemia salina mengalami kerusakan secara bertahap mulai dari bagian dalam tubuh hingga ke bagian luar (**Gambar 1**). Biota uji yang mati akibat pemaparan selama 24 jam memperlihatkan bentuk kerusakan pada bagian kepala, sedangkan pemaparan selama 48 jam menyebabkan kecenderungan rusak pada bagian dalam tubuh, khususnya bagian pencernaan. Pemaparan selama 72 jam menyebabkan kerusakan pada bagian dalam tubuh biota uji, sedangkan kerusakan total dalam dan luar tubuh biota uji terjadi pada pemaparan 96 jam. Kerusakan bagian dalam dan luar tubuh, serta kematian pada *Artemia salina* yang terkena paparan limbah yang memiliki kandungan logam berat dapat menyebabkan penghambatan pada pertumbuhan dan perkembangannya (Shaojie and Wenli 2012). Pada penelitian dengan biota uji *post larva Penaeus monodon*, kematian biota uji yang terpapar *drilling muds* disebabkan oleh kerusakan bentuk *gill filamen* berupa reduksi atau hilangnya bagian tubuh (Soegianto *et al.* 2008).

Tubuh *Artemia salina* terdiri dari kepala, toraks dan perut (Dumitrascu 2011). Kerusakan tubuh biota uji secara bertahap terjadi berdasarkan lama pemaparan. Tahapan kerusakan terjadi pada bagian kepala (mulut, mata, dsb.), saluran pencernaan, kerusakan total seluruh bagian dalam tubuh biota, lalu kerusakan total bentuk tubuh biota uji. Tahapan kerusakan tubuh ini menunjukkan bahwa kerusakan terjadi berdasarkan tingkat interaksi terendah hingga tertinggi antara organ tubuh biota dengan bahan toksik. *Artemia sp.* memiliki cara makan non selektif filter yang membuatnya rentan terhadap bahan pencemar yang masuk dalam badan perairan. Hal tersebut menyebabkan bagian kepala mengalami kerusakan terlebih dahulu.

Toksitas merupakan kemampuan suatu molekul atau senyawa kimia untuk menimbulkan kerusakan pada bagian yang sensitif di dalam maupun di luar tubuh makhluk hidup. Suatu senyawa kimia dapat dikatakan sebagai racun apabila ketika senyawa tersebut bereaksi dengan satu objek dapat menimbulkan efek yang merusak (Durham 1975). Efek toksik yang dihasilkan memberikan indikasi terganggunya proses morfologi maupun fisiologis biota uji (Anderson *et al.* 1991), dalam hal ini bentuk morfologi tubuh *Artemia* sebagai biota uji.



Gambar 1. Kerusakan morfologi biota uji pada pemaparan serbuk bor 39.000 ppm.
(a) jam ke-24, (b) jam ke-48, (c) jam ke-72, (d) jam ke-96

Kecenderungan kerusakan bagian kepala (antena dan antenula) terlebih dahulu pada jam ke 24 diduga karena antena banyak menyaring limbah. Antena berfungsi sebagai *filter feeder*, sehingga kondisi lingkungan yang terpapar limbah menyebabkan *Artemia* sangat intensif berinteraksi dalam menyaring limbah. Berdasarkan **Gambar 1**, kerusakan biota uji yang terpapar limbah selama 48 jam mengalami kerusakan pada saluran pencernaan. Hal ini diduga karena serbuk bor yang masuk mulai bereaksi toksik pada bagian dalam tubuh biota, khususnya saluran pencernaan. Hal ini didukung dengan pernyataan Shaojie and Wenli (2012) yang menyatakan bahwa *Artemia* sp. dianggap sebagai organisme yang paling baik untuk uji toksisitas karena *Artemia* memiliki cara makan non selektif filter yang membuat mereka rentan terhadap bahan pencemar yang masuk dalam badan perairan. Kerusakan biota uji yang terpapar limbah selama 72 hingga 96 jam mengalami kerusakan total pada bagian dalam tubuh hingga bentuk luar tubuh biota uji.

Tingkah laku biota uji yang bertahan hidup dalam paparan limbah memberikan respons yang sinergis dengan tingkat konsentrasi. Sesuai dengan pernyataan Loomis (1978), efek yang ditimbulkan oleh senyawa beracun sangat bergantung pada kadar racun yang diberikan. Dengan demikian, kematian biota uji terhadap paparan serbuk bor diduga diakibatkan oleh bahan kimia yang terkandung dalam limbah pengeboran. Meskipun menurut PerMenESDM Nomor 45 Tahun 2006 tingkat toksisitas serbuk bor masih memenuhi baku mutu, namun kerusakan tubuh hingga kematian pada biota uji selama pengamatan perlu menjadi pertimbangan dan perlu dilakukan pengkajian lanjutan mengenai volume limbah yang aman terhadap suatu luasan badan tampung limbah.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Konsentrasi toksisitas akut (LC50) serbuk bor adalah 34.260 ppm. Pengaruh limbah pengeboran migas berupa serbuk bor terhadap *brine shrimp* (*Artemia salina*) yakni terjadinya kerusakan pada seluruh morfologi dan anatomi tubuh biota uji secara bertahap berdasarkan lamanya paparan. Berdasarkan kerusakan tubuh yang mulai terjadi pada konsentrasi terendah uji utama, maka perlu dilakukan uji toksisitas kronik limbah pengeboran. Diperlukan uji toksisitas menggunakan organisme bentik perairan dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh limbah terhadap organisme dasar dan sedimen perairan.

5. UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini didukung oleh Pusat Penelitian Lingkungan Hidup (PPLH) IPB University.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Anderson JE, Goetz CM and McLaughlin JL. 1991. A blind comparison of simple bench-top bioassay and human tumor cell cytotoxicities as antitumor prescreens. *Phytochemical Analysis Journal* 2(1):107-111.
- Dumitrascu M. 2011. *Artemia salina*. *Balneo-Research Journal* 2(4):119-122.
- Durham WF. 1975. Toxicity. In: Sax NI. 1975. *Dangerous properties of industrial materials*, 4th ed. Van Nostrand Reinhold Co. New York.
- [DWMS] Drilling Waste Management System. 2007. Drilling waste management information system [internet]. Tersedia di: <http://web.ead.anl.gov/dwm/techdesc/index.cfm>.
- [EPA] Environmental Protection Agency. 1993. Development document for effluent limitation guidelines and new source performance standards for offshore subcategory of the oil and gas extraction point source category. EPA. Washington DC.

- Franson MAH. 1995. Standard methods: for the examination of water and wastewater, 19th ed. APHA. Washington DC.
- Hartl M and Humpf HU. 2000. Toxicity assessment of fumonisins using the brine shrimp (*Artemia salina*) bioassay. Food and Chemical Toxicology 28(2000):1097-1102.
- Jegathambigai R, Rusli I and Sreenivasan S. 2014. Acute oral toxicity and brine shrimp lethality of methanol extract of *Mentha spicata* L (*Lamiaceae*). Tropical Journal of Pharmaceutical Research 13(1):101-107.
- Kanwar AS. 2007. Brine shrimp as a marine animal for simple and rapid biological assays. Journal of Chinese Clinical Medicine 2(4):236-240.
- Koesoemadinata S. 1983. Pedoman umum pengujian laboratorium toksisitas lethal pestisida pada ikan untuk keperluan pendaftaran komisi pestisida. Departemen Pertanian. Jakarta.
- Kumar RT, Sampson AL, Dorathy E, Wokoma I and Ablorh MA. 2013. Study on environmental impact on oil and gas activities in Ghana - analysis by graphical approaches using matlab. International Journal of Engineering Trends and Technology 4(3):344-348.
- Loomis TA. 1978. Toksikologi dasar, edisi III. Ed. Donatus IA. Semarang Pr. Semarang.
- Manzanares DL, Morilla LJG, Malawani AD, Lagare NJS and Abrenica-Adamant LR. 2015. Effects of oregano (*Origanum vulgare*) leaf extract on early life stages of *Artemia salina*. International Journal of the Bioflux Society 7(3):468-474.
- Moe J, Stenseth NC and Smith R. 2001. Effects of a toxicant on population growth rates: sublethal and delayed responses in blowfly populations. International Journal of Functional Ecology 15:712-721.
- Mukhtasor. 2007. Pencemaran pesisir dan laut. Paradya Paramita. Jakarta.
- PerMenESDM (Peraturan Menteri Energi dan Sumberdaya Mineral) Nomor 45 Tahun 2006 tentang pengelolaan lumpur bor dan serbuk bor pada kegiatan pengeboran minyak dan gas bumi.
- Shaala NMA, Zulkifli SZ, Ismail A, Azmai MNA and Mohamat-Yusuff F. 2015. Selected morphological changes in nauplii of brine shrimp (*Artemia salina*) after tributyltin chloride (TBTCL) exposure. World Applied Sciences Journal 33(8):1334-1340.
- Shaojie DZ and Wenli. 2012. Responses of growth and development of *Artemia salina* to four kinds of heavy metals stress. Procedia Environmental Sciences 12(2012):1164-1171.
- Soegianto A, Irawan B and Affandi M. 2008. Toxicity of drilling waste and its impact on gill structure of post larvae of tiger prawn (*Penaeus monodon*). Global Journal of Environmental Research 2(1):36-41.

Model konseptual IMTA dan RIMTA pada budidaya lobster di karamba jaring apung (KJA)

IMTA and RIMTA conceptual model on lobster cultivation in floating net cages

R. M. Rofiq¹, M. Rifqi^{1*}

¹Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya, Kementerian Kelautan dan Perikanan, Jakarta, Indonesia

Abstrak.

Untuk mengoptimalkan manfaat ekonomi keberadaan sumberdaya benih lobster di perairan Indonesia, maka pengembangan budidaya lobster oleh pembudidaya dan pelaku usaha dalam negeri perlu segera dilakukan. Mempertimbangkan perkembangan adopsi teknologi budidaya lobster saat ini, maka segmen usaha pendederan perlu dilaksanakan pada fasilitas unit pelaksana teknis (UPT) Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya, segmen usaha selanjutnya yaitu pembesaran lobster di Karamba Jaring Apung (KJA) laut dapat melibatkan masyarakat/pembudidaya dan pelaku usaha. Implementasi *Integrated Multi Tropic Aquaculture* (IMTA) pada budidaya lobster baik pada skala unit maupun kawasan dapat mewujudkan prinsip keberlanjutan, mengoptimalkan pemanfaatan sumberdaya, meningkatkan penerimaan pembudidaya dan pelibatan masyarakat lebih banyak, menyediakan jasa lingkungan (*environmental service*) dari komoditas ekstraktif serta sekaligus sebagai kontribusi perikanan budidaya dalam mitigasi emisi gas rumah kaca. Beberapa komoditas ekstraktif yang berpotensi dibudidayakan bersama lobster adalah rumput laut, kekerangan, teripang dan beberapa jenis ikan bertropik level rendah. Dibutuhkan penelitian terkait pakan yang efektif untuk benih dan pembesaran serta manajemennya, parameter lingkungan yang optimal, metode budidaya, jenis hama dan penyakit lobster serta penanggulangannya.

Kata kunci: *lobster, ecosystem approach, environmental services*

Abstract.

In order to optimize the economic value of tropical lobster resources in Indonesian waters, it is important to immediately develop lobster culture, both of domestic farmers and businesses. Based on existing adoption of tropical lobster culture technology, the business segment on tropical lobster culture can be divided into two types, those are rearing stages should be implemented at the technical implementation unit (UPT) facilities of the Directorate General of Aquaculture Fisheries, while the next stages is the grow up of lobsters in the floating net cages can involve the local coastal community or farmers and businesses. Integrated Multi Tropic Aquaculture (IMTA) implementation on lobster cultivation both on unit and regional scale can realize the principle of sustainability, optimize resource utilization, increase the acceptance of farmers and community involvement, provide environmental services of extractive commodities and at the same time as the contribution of aquaculture fisheries in the mitigation of greenhouse gas emissions. Some extractive commodities that are potentially cultured with lobster are seaweed, shellfish, sea cucumbers and some types of low-level tropical fish. It takes research related to effective feed for seed and grow up and its management, optimal environmental parameters, cultivation methods, types of pests and diseases of lobsters and their treatment.

Keywords: lobster, ecosystem approach, environmental services

1. PENDAHULUAN

Sejalan dengan perubahan kebijakan penanganan sumberdaya benih lobster di perairan wilayah Republik Indonesia, perlu dioptimalkan kegiatan pembudidayaan lobster dalam negeri diantaranya metode Karamba Jaring Apung (KJA). Kebijakan Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) yang baru mengoptimalkan manfaat untuk perekonomian dalam negeri dengan pelarangan ekspor benih lobster dan mengembangkan kegiatan pembudidayaannya. Melalui kebijakan ini, ke depan Indonesia mengeksport lobster hidup pada ukuran

* Korespondensi Penulis
Email : rifqi_muhammad1975@apps.ipb.ac.id

konsumsi (KKP 2021a). Dengan demikian, sumberdaya lobster dapat meningkatkan penerimaan negara dari pajak dan devisa, menyediakan lapangan usaha dan investasi bagi pelaku usaha, menyediakan lapangan pekerjaan bagi masyarakat, serta memberikan efek pengganda bagi perekonomian daerah.

Keberlanjutan jangka panjang usaha budidaya lobster di KJA dapat dilakukan dengan mengimplementasikan model kawasan budidaya *multispecies* dan *multitropic* (Alexander *et al.* 2015; Park *et al.* 2018) menggunakan *ecosystem-based approach to aquaculture* (Salin and Ataguba 2018). Pendekatan tersebut juga dapat mewujudkan manfaat total (lingkungan, ekonomi dan sosial) (Yu *et al.* 2017). Kajian yang ada menyimpulkan bahwa kawasan budidaya yang dikembangkan secara *monospecies* atau *monoculture* berpotensi menyebabkan akumulasi nutrien (Park *et al.* 2018) dan dampak negatif lainnya (Yu *et al.* 2017), sehingga pada akhirnya menimbulkan eutrofikasi dan permasalahan lingkungan. *Monoculture* memberikan keuntungan yang lebih besar bagi individu pembudidaya dan pelaku usaha, namun *Integrated Multi Tropic Aquaculture* (IMTA) memiliki eksternalitas lingkungan yang positif dan manfaat sosial yang lebih besar (Yu *et al.* 2017). Sesuai dengan karakteristik masing-masing lokasi pengembangan budidaya lobster, dapat dilakukan pendekatan IMTA dan RIMTA supaya memberikan manfaat seluas-luasnya bagi masyarakat.

2. METODOLOGI

Model konseptual ini disusun berdasarkan analisis terhadap hasil studi literatur yang terdiri atas 35 jurnal, 1 buku dan 4 dokumen lainnya (sebagaimana disebutkan pada Daftar Pustaka). Hasil analisis yang dilakukan selanjutnya diuraikan secara deskriptif pada hasil dan pembahasan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Budidaya Lobster

Beberapa sentra budidaya lobster di KJA yang mulai berkembang saat ini adalah di Teluk Gerubuk, Provinsi NTB dan beberapa lokasi Unit Pelaksana Teknis (UPT) Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya yang menangani komoditas laut. Berdasarkan penelitian dan informasi yang diperoleh, pendederan benih lobster berukuran sekitar 0,1 gram sampai 5-8 gram selama 70 hari, kelangsungan hidupnya berkisar 45-50% (KKP 2021b). Pembesaran lobster yang dilakukan pada KJA dengan jaring tenggelam di kedalaman 6-8 m, tebar 20 ekor per m³, ukuran benih 50-60 gram dan dipelihara selama 6-7 bulan menghasilkan lobster dengan berat rata-rata 250 gram dengan kelangsungan hidup mencapai 90% (KKP 2021b). Pembesaran lobster metode kompartemen dasar berbentuk silinder (volume 200 liter dan diameter 3 cm) sesuai untuk kontur dasar perairan Pantai Sepanjang Yogyakarta (Anissah *et al.* 2015).

Untuk itu teknologi pembudidayaan lobster dan segmentasi usahanya perlu terus dikembangkan, supaya kelangsungan hidup tinggi dan pertumbuhan cepat, sehingga usaha pembudidayaan lobster semakin efisien dan paket teknologinya dapat diadopsi pembudidaya. Jangka pendek, UPT Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya dioptimalkan sebagai lokasi proses pendederan untuk menyiapkan benih ukuran siap tebar. Pembesaran lobster di KJA dapat dilakukan oleh pembudidaya dan masyarakat.

3.2. Budidaya ikan metode KJA yang berkelanjutan

Memperhatikan perkembangan kawasan budidaya ikan di KJA baik di perairan umum darat maupun laut, dapat disimpulkan bahwa penentuan daya dukung dan daya tampung lingkungan serta pengaturan tata letak sesuai peruntukan ruang atau muka air perlu dilakukan sejak awal. Selanjutnya untuk keberlanjutan kawasan budidaya tersebut perlu diminimalisir pelepasan *effluent* dan cemaran terhadap perairan. Daya dukung dan daya tampung suatu perairan bersifat dinamis, dengan rekayasa teknologi keduanya dapat ditingkatkan. Pengurangan akumulasi bahan organik dan nutrien ke badan air dapat dikendalikan dengan metode bioremediasi (Lamprianidou *et al.* 2015).

FAO mencanangkan *blue growth initiative* untuk produksi bahan pangan kawasan Asia Pasifik untuk meningkatkan keberlanjutan penggunaan sumberdaya alam dan menjamin kelangsungan kehidupan masyarakat, melalui pengurangan dampak lingkungan dan sosial intensifikasi perikanan budidaya dan menginisiasi inovasi teknologi dan manajemen praktis budidaya. Keberlanjutan lingkungan budidaya merupakan *issue* yang kompleks, mencakup dampak lokal atau setempat seperti perubahan struktur dan komposisi bentos, wilayah (*regional*) seperti eutrofikasi dan global seperti penangkapan ikan sebagai sumber protein pakan ikan serta dari operasional budidaya seperti emisi limbah dan proses industri sepanjang rantai nilai (Chary *et al.* 2020).

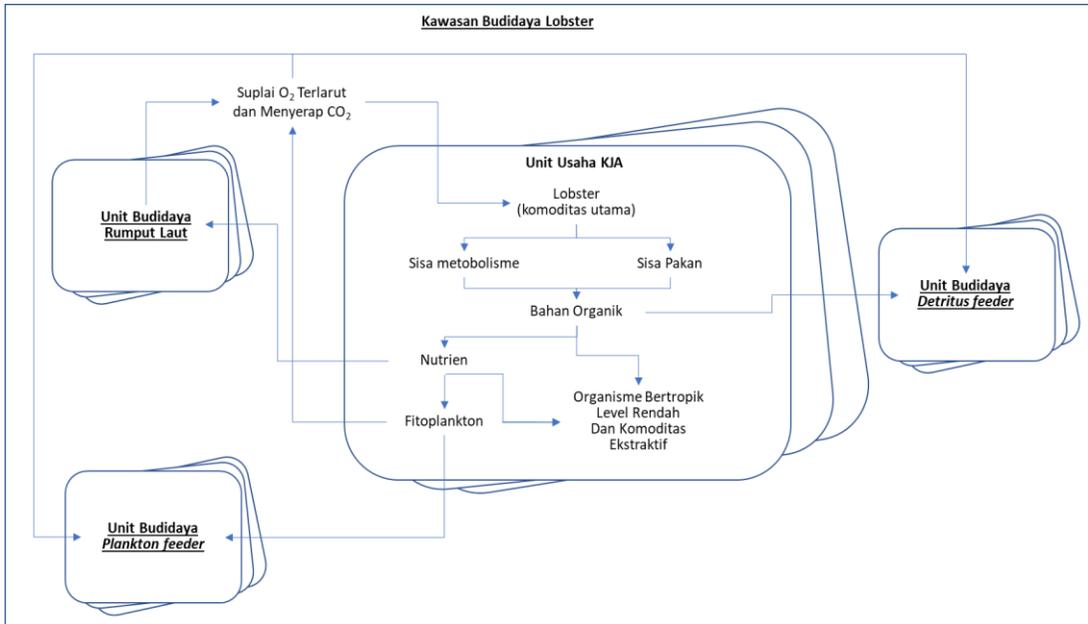
Untuk keberlanjutan pertumbuhan usaha pembudidayaan ikan maka dampak lingkungan yang ditimbulkan perlu diminimalisir (Ahmed *et al.* 2018). Valenti *et al.* (2018) mengembangkan indikator kuantitatif yang komprehensif untuk mengukur keberlanjutan usaha budidaya yaitu indikator ekologi, ekonomi dan sosial. Indikator ekologi berkaitan dengan efisiensi penggunaan sumberdaya, pelepasan polutan dan produk sampingan yang tidak digunakan, serta risiko tekanan terhadap biodiversitas perairan. Indikator ekonomi berkaitan dengan efisiensi penggunaan sumberdaya keuangan, kelayakan ekonomi, serta ketahanan dan kapasitas dalam menyerap biaya eksternal negatif dan menghasilkan dana untuk reinvestasi. Indikator sosial berkaitan dengan manfaat bagi masyarakat setempat seperti penyediaan lapangan pekerjaan dan keamanan pangan, pemerataan pendapatan, serta kesetaraan peluang & inklusif.

Integrated Multi Tropic Aquaculture (IMTA) adalah budidaya terintegrasi beberapa komoditas (spesies) dari tingkat tropik yang berbeda (Kleitou *et al.* 2018) yang mengoptimalkan penggunaan nutrisi dan energi (Galasso *et al.* 2020), sehingga bermanfaat untuk penyelesaian masalah akumulasi nutrisi di lokasi budidaya laut yang intensif (Lamprianidou *et al.* 2015), menjadi salah satu cara untuk keberlanjutan perikanan budidaya jangka panjang (*long-term*) (Alexander *et al.* 2015) sekaligus mitigasi perubahan iklim (Raul *et al.* 2020), sebagai *balanced ecosystem management approach* pada model pengembangan perikanan budidaya (Troell *et al.* 2009) dan mewujudkan keberlanjutan lingkungan dan ekonomi (Park *et al.* 2018). IMTA telah lama diimplementasi di Asia, terbukti dapat mewujudkan keberlanjutan perikanan budidaya karena berpotensi mendorong efisiensi ekologi, diterima lingkungan, diversifikasi produk, keuntungan dan manfaat sosial (Kleitou *et al.* 2018).

Diskusi keberlanjutan usaha pembudidayaan ikan selama ini pada umumnya luput dalam mempertimbangkan potensi dampak negatif dari perubahan iklim. Perubahan iklim dan segala dampak yang ditimbulkan akan menentukan kelangsungan dan keberlanjutan usaha pembudidayaan ikan (Ahmed *et al.* 2018), termasuk komoditas laut dengan metode KJA. Diantara dampak perubahan iklim di Indonesia adalah potensi gelombang ekstrem dapat mengalami peningkatan 1,0-1,5 m dan rata-rata kenaikan muka laut (*sea level rise*) 0,9 cm per tahun (Bappenas 2021), intrusi air laut, asidifikasi serta bencana alam (Hossain *et al.* 2021). Untuk keberlanjutan jangka panjang maka perikanan budidaya berkepentingan dan perlu mempertimbangkan permasalahan perubahan iklim.

3.3. Implementasi IMTA dan RIMTA pada Budidaya Lobster

Implementasi *Integrated Multi Tropic Aquaculture* (IMTA) pada unit budidaya dan *Regional Integrated Multi Tropic Aquaculture* (RIMTA) pada kawasan budidaya memungkinkan komoditas ekstraktif (seperti rumput laut dan kekerangan) mengekstrak nutrisi dari buangan (*effluent*) komoditas utama (seperti lobster) (Neori *et al.* 2012), atau daur ulang limbah nutrisi dari komoditas tingkat tropik tinggi ke komoditas tingkat tropik lebih rendah yang bernilai ekonomis (Troell *et al.* 2009). Skema konsep implementasi IMTA pada kawasan budidaya lobster diilustrasikan melalui **Gambar 1**. Penggunaan bulu babi dan teripang sebagai komoditas ekstraktif IMTA juga cukup efektif memanfaatkan energi dan nutrisi dari komoditas utama (Israel *et al.* 2019). Dua komoditas tersebut juga terbukti sebagai suatu IMTA yang efektif, dengan bulu babi sebagai komoditas utamanya (Grosso *et al.* 2021).



Gambar 1. Skema konsep implementasi IMTA pada kawasan budidaya lobster.

IMTA dan RIMTA salah satu cara untuk memitigasi pelepasan limbah budidaya, mengurangi jejak ekologi (*ecological footprint*), diversifikasi nilai ekonomi dan meningkatkan keberterimaan sosial sistem budidaya ikan (Troell *et al.* 2009), mengontrol *biofouling* (Sterling *et al.* 2016) dan pengelolaan endapan (Shpigel *et al.* 2016) di perairan lokasi budidaya, serta sebagai cara biomitigasi limbah budidaya dan mengurangi serangan penyakit (Granada *et al.* 2018). Dengan model IMTA dan RIMTA, penerapan pendekatan remediasi berpotensi memberikan tambahan penerimaan (*revenue*) dari nilai hasil panen komoditas ekstraktif (Grosso *et al.* 2021). Disamping itu, dari perspektif sosial terdapat nilai manfaat jasa lingkungan (*environmental services*) dari komoditas ekstraktif yang dapat dinilai menggunakan pendekatan ekonomi lingkungan.

Sebagian besar kajian fokus implementasi IMTA adalah pada budidaya ikan di daratan, hanya sebagian kecil saja yang mengkaji peluang IMTA dan RIMTA di perairan umum seperti lautan (Troell *et al.* 2009). Komoditas ekstraktif yang berpotensi dikombinasikan pemeliharaannya pada kawasan budidaya laut adalah kekerangan, ganggang dan rumput laut, serta teripang (Nelson *et al.* 2012). Teripang yang dibudidayakan di kolom air di bawah KJA sebagai komoditas IMTA potensial memiliki kelangsungan hidup dan pertumbuhan yang lebih baik (Yokohama 2012). Pemilihan beberapa komoditas budidaya laut yang toleran terhadap perubahan salinitas dapat menjadi salah satu strategi adaptasi perikanan budidaya terhadap dampak perubahan iklim (Hossain *et al.* 2021).

Integrasi pengembangan budidaya lobster dengan rumput laut, kekerangan dan beberapa jenis ikan bertropik level rendah pada satu unit atau kawasan budidaya dapat meningkatkan manfaat ekonomi (nilai produksi komoditas ekstraktif), pengendalian pelepasan limbah budidaya ke perairan, manfaat berupa jasa lingkungan (*environmental services*) serta meningkatkan simpanan karbon berupa biomassa dan serapan karbon pada komoditas rumput laut. Rumput laut terbukti efektif sebagai filter alami untuk nitrat dan amonia, tetapi tidak efektif terhadap nitrit dan fosfat (Largo *et al.* 2016). Budidaya rumput laut juga terbukti signifikan sebagai habitat bagi fauna yang aktif bergerak (*mobile faunal*) (Visch *et al.* 2020).

Bahan organik dan nutrien yang terbentuk dari sisa metabolisme dan pakan yang tidak dimanfaatkan oleh lobster yang seharusnya terakumulasi dalam perairan, dimanfaatkan oleh komoditas ekstraktif untuk pertumbuhannya dan organisme akuatik lainnya yang berasosiasi. Oleh karena itu, diharapkan keberadaan budidaya lobster yang menerapkan IMTA dan RIMTA tidak menyebabkan eutrofikasi. Kandungan bahan organik yang tinggi pada suatu perairan akan menurunkan kandungan oksigen terlarut karena akibat proses penguraian oleh mikroorganisme, disamping itu berpotensi pula terbentuk gas rumah kaca yang diemisikan ke atmosfer (Rifqi *et al.* 2020a; Rifqi *et al.* 2020b). Manfaat lain budidaya rumput laut dan beberapa jenis ganggang lainnya sebagai komoditas ekstraktif pada pendekatan IMTA adalah sebagai penyedia oksigen terlarut dari aktivitas fotosintesis (Reid *et al.* 2013; Visch *et al.* 2020).

Pada implementasinya, masing-masing pembudidaya menerapkan IMTA pada unit budidaya atau memelihara komoditas ekstraktif pada suatu kawasan terbatas sesuai dengan kemampuan adopsi teknologi dan permodalan. Shpigel *et al.* (2018) merekomendasikan perbandingan luas permukaan perairan untuk tiga kelompok komoditas sistem IMTA adalah 1:3:4 secara berurutan untuk ikan, *Ulva lactuca* dan bulu babi. Rasio komoditas utama dengan komoditas ekstraktif pada IMTA tergantung pada komposisi spesies, teknologi yang diaplikasikan dan kondisi lingkungan budidaya (Lamprianidou *et al.* 2015). Pendekatan *dynamic energy budget* (DEB) adalah model yang dapat digunakan untuk mengestimasi kapasitas bioremediasi pada suatu IMTA (Galasso *et al.* 2020).

IMTA terbukti sebagai pendekatan budidaya laut berkelanjutan yang penerapannya terbuka luas di perairan umum China (Shi *et al.* 2013). Dengan karakteristik biofisik dan kimia perairan tropis Indonesia, implementasi IMTA dan RIMTA seharusnya berpeluang lebih besar dengan pilihan komoditas yang lebih beragam. Dibutuhkan dukungan penelitian terkait pakan yang efektif untuk benih dan pembesaran serta manajemennya, parameter lingkungan yang optimal, metode budidaya, serta jenis hama & penyakit dan penanggulangannya.

Farm Aquaculture Resource Management (FARM) adalah model kerangka berpikir untuk menganalisis potensi ekologi dan ekonomi IMTA pada skala unit budidaya dan kawasan perairan (Cubillo *et al.* 2016). IMTA yang dirancang pada suatu kawasan perairan yang luas seperti teluk dan laguna disebut Sans-Lazaro and Sanches-Jerez (2020) sebagai RIMTA. RIMTA disimpulkan (Sans-Lazaro and Sanches-Jerez 2020) berkelanjutan jangka waktu lebih panjang karena memasukkan aspek spasial dan faktor eksternal seperti aktivitas lain yang berkontribusi menurunkan kualitas lingkungan lokasi budidaya dalam penyusunan konsep pengembangannya. Untuk mendorong pengembangan IMTA dan RIMTA diperlukan dukungan kebijakan ekonomi seperti perpajakan atau skema perdagangan kuota nutrisi (Sans-Lazaro and Sanches-Jerez 2020).

Penerapan model IMTA pada kawasan budidaya perairan umum telah berhasil dikembangkan secara komersial skala industri di China dan tahap komersialisasi di Chili, Kanada dan USA (Troell *et al.* 2009) serta Siprus, Irlandia, Italia dan Skotlandia (Alexander and Hughes 2017). IMTA juga telah diimplementasikan oleh produsen marikultur utama dunia seperti Kanada (Nelson *et al.* 2012), Norwegia (Handa *et al.* 2012), Jepang (Yokohama 2012), Israel (Ben-Ari *et al.* 2014), serta Filipina (Largo *et al.* 2016). Model IMTA sejalan dengan fokus kebijakan Uni Eropa terkait keberlanjutan lingkungan dan inovasi teknologi, akan tetapi terdapat hambatan terkait kerangka peraturan yang kompleks dan luas (Alexander *et al.* 2015).

Terdapat 3 (tiga) kunci sukses penerapan IMTA dalam suatu konsep pengembangan perikanan budidaya, yaitu: lebih baik memilih komoditas ekstraktif yang endemis setempat, identifikasi sistem yang tepat menggunakan metode uji coba (*trial and error*) serta penyederhanaan model dan proses penyempurnaan sambil berjalan atau *learning by doing* (Alexander and Hughes 2017). Untuk mendorong IMTA dari skala percontohan menjadi skala industri dibutuhkan serangkaian kajian, edukasi dan penyesuaian aturan untuk meyakinkan pelaku usaha dan pembudidaya terhadap risiko usaha yang dihadapi (Alexander *et al.* 2016). Sebagai salah satu penyedia bahan yang akan dikonsumsi manusia maka isu keamanan pangan juga diintegrasikan dalam pengembangan suatu IMTA (Rosa *et al.* 2020).

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan perkembangan dan tingkat adopsi teknologi budidaya lobster di kalangan pembudidaya dan pelaku usaha, maka perlu dibuat segmentasi usaha. Usaha pendederan dengan risiko yang masih relatif besar perlu dilaksanakan oleh unit pelaksana teknis (UPT) Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya, sedangkan segmen usaha pembesaran lobster di KJA laut dengan risiko yang lebih kecil melibatkan masyarakat atau pembudidaya dan pelaku

usaha. Pengembangan budidaya lobster berbasis multi tropik dapat dilaksanakan pada skala unit atau kawasan budidaya yang relatif kecil (kategori IMTA) dan skala kawasan budidaya yang lebih luas (kategori RIMTA). Hal ini untuk mewujudkan keberlanjutan pengembangan jangka panjang, mengoptimalkan pemanfaatan sumberdaya, meningkatkan penerimaan pembudidaya dan pelibatan masyarakat, sekaligus sebagai kontribusi perikanan budidaya dalam mitigasi emisi gas rumah kaca. Beberapa komoditas ekstraktif yang dapat dibudidayakan bersama lobster adalah rumput laut, kekerangan, teripang dan beberapa jenis ikan bertropik level rendah.

Untuk pengembangan budidaya lobster dibutuhkan penelitian terkait pakan yang efektif untuk benih dan pembesaran serta manajemennya, parameter lingkungan yang optimal, metode budidaya, jenis hama dan penyakit lobster serta penanggulangannya. Dalam rangka penerapan IMTA pada unit dan RIMTA pada kawasan budidaya lobster, dibutuhkan penelitian untuk mendapatkan komposisi (jenis dan volume/luasan) komoditas ekstraktif yang efektif dan bernilai ekonomis serta pengelola kawasan khusus RIMTA.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed N, Thompson S and Glaser M. 2018. Global aquaculture productivity, environmental sustainability, and climate change adaptability. *Environmental Management* 63:159-172. <https://doi.org/10.1007/s00267-018-1117-3>.
- Alexander KA, Potts TP, Freeman S, Israel D, Johansen J, Kletou S, Meland M, Pecorino D, Rebours C, Shorten M and Angel DL. 2015. The implications of aquaculture policy and regulation for the development of integrated multi-trophic aquaculture in Europe. *Aquaculture* 443:16-23. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.03.005>.
- Alexander KA, Angel D, Freeman S, Israel D, Johansen J, Kletou D, Meland M, Pecorino D, Rebours C, Rousou M, Shorten M and Potts T. 2016. Improving sustainability of aquaculture in Europe: stakeholder dialogues on integrated multi-trophic aquaculture (IMTA). *Environmental Science & Policy* 55:96-106. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2015.09.006>.
- Alexander KA and Hughes AD. 2017. A problem shared: technology transfer and development in European integrated multi-trophic aquaculture (IMTA). *Aquaculture* 473:13-19. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.01.029>.
- Anissah U, Pamungkas A, Waryanto dan Sukoraharjo SS. 2015. Uji efektivitas kompartemen dasar untuk pembesaran lobster pasir (*Panulirus homarus*) di Pantai Sepanjang, Kabupaten Gunung Kidul. *Jurnal Kelautan Nasional* 10(2):91-102.

- [Bappenas] Badan Perencanaan dan Pembangunan Nasional. 2021. Penilaian kegiatan pembangunan ketahanan iklim sektor kelautan dan pesisir: subsektor pesisir. Bappenas. Jakarta.
- Ben-Ari T, Neori A, Ben-Ezra D, Shauli L, Odintsov V and Shpigel M. 2014. Management of *Ulva lactuca* as a biofilter of mariculture effluents in IMTA system. *Aquaculture* 434:493-498. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.08.034>.
- Chary K, Aubin J, Sadoul B, Fiandrino A, Coves D and Callier MD. 2020. Integrated multi-trophic aquaculture of red drum (*Sciaenops ocellatus*) and sea cucumber (*Holothuria scabra*): assessing bioremediation and life-cycle impacts. *Aquaculture* 516(734621):1-17. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734621>.
- Cubillo AM, Ferreira JG, Robinson SMC, Pearce CM, Corner RA and Johansen J. 2016. Role of deposit feeders in integrated multi-trophic aquaculture—a model analysis. *Aquaculture* 453:54-66. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.11.031>.
- Galasso HL, Lefebvre S, Aliaume S, Sadoul B and Callier MD. 2020. Using the dynamic energy budget theory to evaluate the bioremediation potential of the polychaete *Hediste diversicolor* in an integrated multi-trophic aquaculture system. *Ecological Modelling* 437(109296):1-10. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2020.109296>.
- Granada L, Lopes S, Novais SC and Lemos MFL. 2018. Modelling integrated multi-trophic aquaculture: optimizing a three trophic level system. *Aquaculture* 495:90-97. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.05.029>.
- Grosso L, Rakaj A, Fianchini A, Morroni L, Cataudella S and Scardi M. 2021. Integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) system combining the sea urchin *Paracentrotus lividus*, as primary species, and the sea cucumber *Holothuria tubulosa* as extractive species. *Aquaculture* 534(736268):1-11. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.736268>.
- Handa A, Min H, Wang X, Broch OJ, Reitan KI, Reinertsen H and Olsen Y. 2012. Incorporation of fish feed and growth of blue mussels (*Mytilus edulis*) in close proximity to salmon (*Salmo salar*) aquaculture: implications for integrated multi-trophic aquaculture in Norwegian coastal waters. *Aquaculture* 356-357:328-341. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.04.048>.
- Hossain M, Mostafiz, Ahamed S, Hassan M, Ariful I, Abdul N, Enamul H and Akter T. 2021. Assessing cage culture potentiality of long whiskers catfish, *Mystus gulio* (Hamilton, 1822) in relation to climate change adaptation in Bangladesh coast. *Journal of Applied Aquaculture* 1-16. <https://doi.org/10.1080/10454438.2021.1881683>.

- Israel D, Lupatsch I and Angel DL. 2019. Testing the digestibility of seabream wastes in three candidates for integrated multi-trophic aquaculture: Grey mullet, sea urchin and sea cucumber. *Aquaculture* 510:364-370. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.06.003>.
- [KKP] Kementerian Kelautan dan Perikanan. 2021a. BKIPM siapkan rencana kerja ekspor lobster ukuran konsumsi [internet]. Tersedia di: <https://kkp.go.id/bkipm/artikel/>.
- [KKP] Kementerian Kelautan dan Perikanan. 2021b. KKP terus optimalkan potensi marikultur [internet]. Tersedia di: <https://kkp.go.id/djpb/artikel/>.
- Kleitou P, Kletou D and David J. 2018. Is Europe ready for integrated multi-trophic aquaculture? A survey on the perspectives of European farmers and scientists with IMTA experience. *Aquaculture* 490:136-148. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.02.035>.
- Lamprianidou F, Telfer T and Ross LG. 2015. A model for optimization of the productivity and bioremediation efficiency of marine integrated multitrophic aquaculture. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 164:253-264. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2015.07.045>.
- Largo DB, Diola AG and Marababol MS. 2016. Development of an integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) system for tropical marine species in southern cebu, Central Philippines. *Aquaculture Report* 3:67-76. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2015.12.006>.
- Nelson EJ, MacDonald BA and Robinson SMC. 2012. The absorption efficiency of the suspension-feeding sea cucumber, *Cucumaria frondosa*, and its potential as an extractive integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) species. *Aquaculture* 370-371:19-25. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.09.029>.
- Neori A, Troell M, Chopin T, Yarish C, Crichley A and Buschmann AH. 2012. The need for a balance ecosystem approach to blue revolution aquaculture. *Environment: Science and Policy for Sustainable Development* 49(3):36-43. <https://doi.org/10.3200/ENVT.49.3.36-43>.
- Park M, Shin SK, Do YH, Yarish C and Kim JK. 2018. Application of open water integrated multi-trophic aquaculture to intensive monoculture: A review of the current status and challenges in Korea. *Aquaculture* 497:174-183. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.07.051>.
- Raul C, Pattanaik SS, Prakash S, Vidya SK and Bharti S. 2020. Greenhouse gas emissions from aquaculture systems [internet]. Tersedia di: <https://www.was.org/>.
- Reid GK, Chopin T, Robinson SMC, Azevedo P, Quinton M and Belyea E. 2013. Weight ratios of the kelps, *Alaria esculenta* and *Saccharina latissima*, required to sequester dissolved inorganic nutrients and supply oxygen for

- Atlantic salmon, *Salmo salar*, in integrated multi-trophic aquaculture systems. *Aquaculture* 408-409:34-46. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.05.004>.
- Rifqi M, Widigdo B, Wardiatno Y, Mashar A and Adianto W. 2020a. The daily variance of CO₂ and CH₄ emission from shrimp ponds. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 420 (2020) 012026. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/420/1/012026>.
- Rifqi M, Widigdo B, Wardiatno Y and Mashar A. 2020b. CO₂ and CH₄ flux from the water-air interface of three shrimp culture technologies. *AACL Bioflux* 13(2):605-617.
- Rosa J, Lemos MFL, Crespo D, Nunes M, Freitas A, Ramos F, Pardal MA and Leston S. 2020. Integrated multitrophic aquaculture systems – potential risks for food safety. *Trends in Food Science & Technology* 96:79-90. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.12.008>.
- Salin KR and Ataguba GA. 2018. Aquaculture and the environment: towards sustainability. In: Hai FI, Visvanathan C and Boopathy R. 2018. *Sustainable Aquaculture*. Springer Nature. Switzerland.
- Sans-Lazaro C and Sanches-Jerez P. 2020. Regional integrated multi-trophic aquaculture (RIMTA): spatially separated, ecologically linked. *Journal of Environmental Management* 271(110921):1-6. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110921>.
- Shi H, Zheng W, Zhang X, Zhu M and Ding D. 2013. Ecological-economic assessment of monoculture and integrated multi-trophic aquaculture in Sanggou Bay of China. *Aquaculture* 410-411:172-178. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.06.033>.
- Shpigel M, Ben-Ari T, Shauli L, Odintsov V and Ben-Ezra D. 2016. Nutrient recovery and sludge management in seabream and grey mullet co-culture in integrated multi-trophic aquaculture (IMTA). *Aquaculture* 464:316-322. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.07.007>.
- Shpigel M, Shauli L, Odintsov V, Ben-Ezra D, Neori A and Guttman L. 2018. The sea urchin, *Paracentrotus lividus*, in an integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) system with fish (*Sparus aurata*) and seaweed (*Ulva lactuca*): nitrogen partitioning and proportional configurations. *Aquaculture* 490:260-269. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.02.051>.
- Sterling AM, Cross SF and Pearce CM. 2016. Co-culturing green sea urchins (*Strongylocentrotus droebachiensis*) with mussels (*Mytilus spp.*) to control biofouling at an integrated multi-trophic aquaculture site. *Aquaculture* 464:253-261. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.06.010>.

- Troell M, Joyce A, Chopin T, Noeri A, Buschmann AH and Fang JG. 2009. Ecological engineering in aquaculture – potential for integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) in marine offshore systems. *Aquaculture* 297(1-4):1-9. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2009.09.010>.
- Valenti WC, Kimpara JM, Preto B de L and Moraes-Valenti P. 2018. Indicators of sustainability to assess aquaculture systems. *Ecological Indicators* 88:402-413. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.12.068>.
- Visch W, Kononets M, Hall POJ, Nylund GM and Pavia H. 2020. Environmental impact of kelp (*Saccharina latissimi*) aquaculture. *Marine Pollution Bulletin* 155(110962):1-12. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.110962>.
- Yokohama H. 2012. Growth and food source of the sea cucumber *Apostichopus japonicus* cultured below fish cages — potential for integrated multi-trophic aquaculture. *Aquaculture* 372-375:28-38. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.10.022>.
- Yu LQJ, Mu Y, Zhao Z, Lam VWY and Sumaila UR. 2017. Economic challenges to the generalization of integrated multi-trophic aquaculture: An empirical comparative study on kelp monoculture and kelp-mollusk polyculture in Weihai, China. *Aquaculture* 471:130-139. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.01.015>.

Blooming* fitoplankton di perairan Kepulauan Seribu** ***Phytoplankton blooming in waters of the Thousand Islands

Mursalin^{1*}, R. Zulmi², M. D. Putra¹, L. D. W. Handayani¹, I. A. Nur¹

¹Pusat Penelitian Lingkungan Hidup, IPB University, Bogor, Indonesia

²Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB University, Bogor, Indonesia

Abstrak.

Fenomena terjadinya *blooming* fitoplankton sering terjadi di perairan Kepulauan Seribu (Teluk Jakarta). Pada tanggal 15 Oktober 2020, terjadi kembali *blooming* tersebut. Oleh karena itu, dilakukan kajian ini untuk mengetahui jenis fitoplankton yang mengalami *blooming* di Teluk Jakarta. *Real time* sampling terhadap fitoplankton yang mengalami *blooming* dilakukan. Selanjutnya sampel langsung dianalisis di Laboratorium Produktivitas dan Lingkungan Perairan, IPB University. Parameter yang dianalisis adalah komposisi jenis fitoplankton dan kualitas air. Fitoplankton yang *blooming* adalah *Trichodesmium*. *Blooming* telah terjadi sejak lama dan berulang di perairan Kepulauan Seribu. Hal ini berkaitan erat dengan perubahan musim dan peningkatan kandungan unsur hara di perairan, khususnya nitrat dan ortofosfat, yang mendukung terjadinya pertumbuhan fitoplankton secara pesat (*blooming*).

Kata kunci: *blooming*, ortofosfat, nitrat, *Trichodesmium*

Abstract.

The phenomenon of phytoplankton blooms often occurs in the waters of the Thousand Islands (Jakarta Bay). On October 15, 2020, the blooming occurred again. Therefore, this study was conducted to determine the types of phytoplankton that were blooming in Jakarta Bay. Real time sampling of the blooming phytoplankton was carried out. Furthermore, the samples were directly analysed at the Laboratory of Productivity and Aquatic Environment, IPB University. The parameters analysed were the composition of phytoplankton species and water quality. Phytoplankton underwent blooming was Trichodesmium. Blooming frequently occurred in the waters of the Thousand Islands. This is closely related to seasonal changes and increased nutrient content in the waters, especially nitrate and orthophosphate, which support the rapid growth of phytoplankton (blooming).

Key words: blooming, orthophosphate, nitrate, Trichodesmium

1. PENDAHULUAN

Perairan pesisir merupakan salah satu perairan yang produktif sebagai daerah asuhan dan daerah berkembang biak dari berbagai jenis nekton, plankton, bentos, dan flora (tumbuhan), baik berupa ikan, krustasea, moluska, gastropoda, mikroorganisme, dsb. Di sisi lain, perairan pesisir juga rawan mengalami pencemaran yang bersumber dari aktivitas daratan (*land based pollution*), serta aktivitas perairan pesisir dan *offshore* (*sea based pollution*).

Salah satu sumber pencemar yang banyak masuk ke perairan pesisir, khususnya di negara berkembang adalah *runoff* dari aktivitas domestik, perkotaan, dan pertanian yang membawa bahan pencemar. Di negara berkembang seperti Indonesia, limbah dari aktivitas-aktivitas tersebut pada umumnya belum diolah sebagaimana mestinya. Jika limbah tersebut masuk ke sungai dan perairan pesisir, maka bisa menimbulkan efek berupa pencemaran atau pengayaan unsur hara yang berlebihan di badan air (Al-Azri *et al.* 2015; Damar *et al.* 2021; Nasution *et al.* 2021).

* Korespondensi Penulis
Email : mursalin26@yahoo.com

Pengayaan unsur hara berupa nitrogen (N) dan fosfor (P) mengakibatkan terjadinya eutrofikasi (penyuburan), bahkan menjadi terlalu subur. Eutrofikasi ini biasanya diikuti dengan pertumbuhan yang sangat pesat dari satu jenis fitoplankton yang dikenal dengan istilah *blooming* yang menyebabkan perairan menjadi berwarna karena terdapat jutaan sel fitoplankton yang tumbuh pesat. *Blooming* fitoplankton ini selain dipicu oleh adanya eutrofikasi juga distimulir oleh pergantian musim di laut yang merubah pola arus laut (Al-Azri *et al.* 2015; Sidabutar *et al.* 2016; Damar *et al.* 2021; Nasution *et al.* 2021).

Fenomena terjadinya *blooming* fitoplankton ini sering terjadi di Teluk Jakarta. Pada tanggal 15 Oktober 2020, Tim PT Pertamina Hulu Energi *Offshore Northwest Java* (PHE ONWJ) yang sedang berpatroli di sekitar Sumur Zulu sekitar Kepulauan Seribu menjumpai adanya kondisi perairan yang tidak normal berupa adanya garis atau lapisan berwarna kecokelatan di permukaan perairan (**Gambar 1**). Ketika kapal mendekati ke lapisan tersebut, tampak adanya gradasi warna dari coklat ke merah pada bagian lapisan bawah dari permukaan dan tercium aroma busuk seperti tanaman mati. Dengan latar belakang tersebut, dilakukanlah kajian ini untuk mengetahui jenis fitoplankton yang mengalami *blooming* di perairan Kepulauan Seribu, Teluk Jakarta.



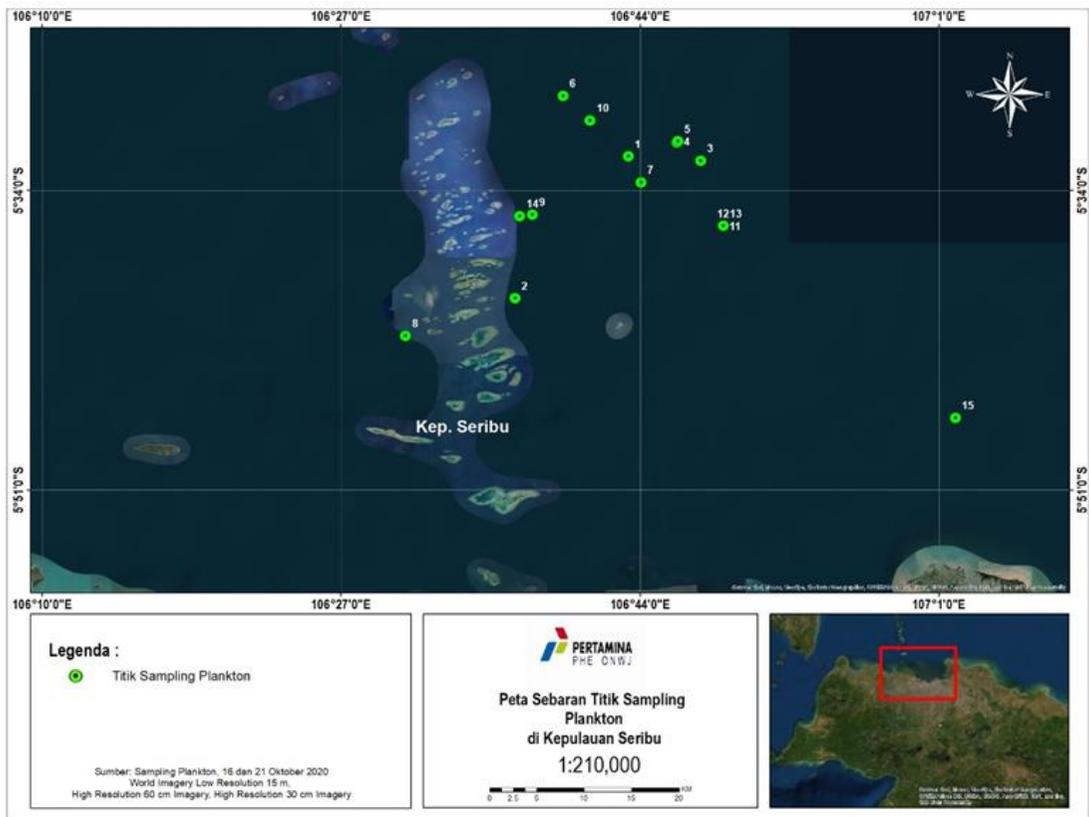
Gambar 1. Kondisi perairan laut di sekitar Sumur Zulu, sekitar Kepulauan Seribu.

2. METODOLOGI

Menindaklanjuti adanya permukaan air laut yang berwarna, dilakukanlah *real time* sampling air laut untuk analisis lebih lanjut di laboratorium dengan parameter uji berupa fitoplankton dan kualitas air. Lokasi pengambilan sampel sebanyak 15 titik, secara umum berada di sekitar Sumur Zulu (lokasi 1) yang terletak 15-25 Km arah timur laut dari Pulau Tondan Timur, lokasi 2 berada di 4 Km arah tenggara Pulau Harapan, lokasi 8 berada pada jarak 2 Km arah barat daya dari Pulau Kotok Besar. Koordinat lokasi sampling disajikan pada **Tabel 1**, sedangkan peta sebaran lokasinya disampaikan melalui **Gambar 2**.

Tabel 1. Lokasi dan waktu pengambilan sampel.

| Lokasi | Kapal pengambil sampel | Koordinat | | Tanggal sampling |
|--------|-----------------------------|------------|-------------|------------------|
| | | South | East | |
| 1 | Royal King Ali, area Zulu | 05°32,050' | 106°43,350' | 16 Oktober 2020 |
| 2 | Royal King Ali | 05°40,125' | 106°36,899' | 15 Oktober 2020 |
| 3 | CB Pannarine1 | 05°32,290' | 106°47,460' | 16 Oktober 2020 |
| 4 | U SV. FulMar | 05°31,266' | 106°46,121' | 16 Oktober 2020 |
| 5 | Sv. Stella 28 (Area poin J) | 05°31'193" | 106°46'169" | 16 Oktober 2020 |
| 6 | Sv. Stella 28 (oil area 1) | 05°28'604" | 106°39'629" | 16 Oktober 2020 |
| 7 | Sv. Stella 28 | 05°33'523" | 106°44'064" | 16 Oktober 2020 |
| 8 | SV. Fulmar | 05°42'250" | 106°30'680" | 16 Oktober 2020 |
| 9 | PM-1 | 05°48,563' | 106°37,894' | 21 Oktober 2020 |
| 10 | AL-10 | 05°30,005' | 106°41,172' | 21 Oktober 2020 |
| 11 | PM-1 | 05°36,001' | 106°48,740' | 21 Oktober 2020 |
| 12 | PM-1 | 05°36.001' | 106°48,740' | 21 Oktober 2020 |
| 13 | PM-1 | 05°36.001' | 106°48,740' | 21 Oktober 2020 |
| 14 | PB Tumenggung | 05°35'451" | 106°37'176" | 21 Oktober 2020 |
| 15 | Anis Pateka 5401 | 05°46'920" | 107°01'943" | 21 Oktober 2020 |



Gambar 2. Sebaran lokasi pengambilan sampel.

Sampel langsung dianalisis di Laboratorium Produktivitas dan Lingkungan Perairan, IPB University. Parameter yang dianalisis adalah komposisi jenis fitoplankton dan kualitas air. Untuk fitoplankton dianalisis kelimpahan, keragaman, keseragaman, dan dominansi. Sementara untuk kualitas air, baku mutu kualitas air yang diacu adalah KepMenLH Nomor 51 Tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Laut untuk Biota Laut, karena kejadiannya terjadi sebelum munculnya PP Nomor 22 tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sampel yang semula secara visual terlihat berwarna kecokelatan, setelah dimasukkan ke dalam wadah memiliki warna dan kondisi fisik yang beragam, mulai dari hijau, coklat, hingga merah dengan kondisi fisik seperti lumpur dan berlendir (**Gambar 3**).



1. Area Zulu



2. Royal King Ali



3. CB. Pannarine 1



4. U SV. FulMar



5. Sv. Stella 28
(Area poin J)



6. Sv. Stella 28
(oil area 1)



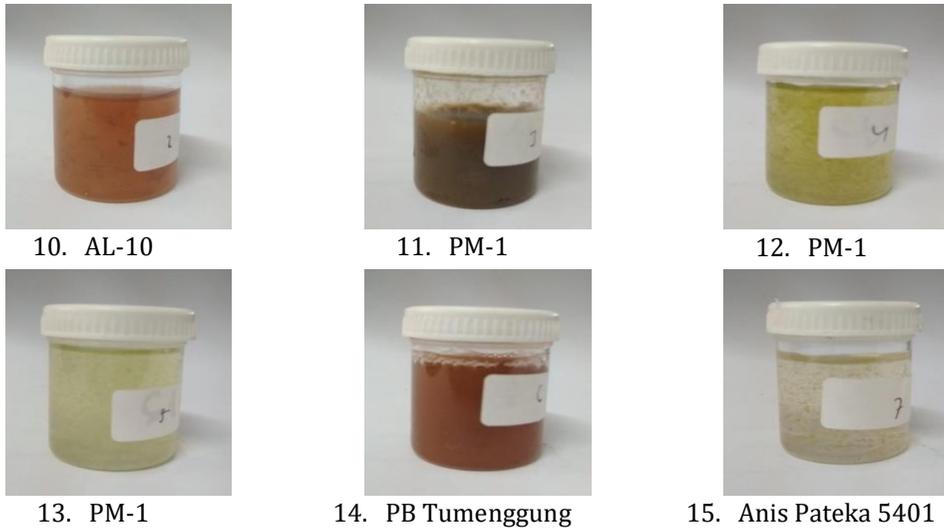
7. Sv. Stella 28



8. Kapal FulMar



9. PM-1



Gambar 3. Kondisi sampel yang diambil dari setiap lokasi sampling.

Berdasarkan hasil analisis laboratorium terhadap fitoplankton (**Tabel 2**), diketahui bahwa seluruh lokasi sampling memiliki kelimpahan fitoplankton yang sangat tinggi dari genus *Trichodesmium* sp. (anggota Kelas Cyanophyceae) yaitu sejumlah 49.920.000 hingga 58.464.000.000 sel/liter. Genus *Chaetoceros* sp. (anggota Kelas Bacillariophyceae) dengan kelimpahan yang jauh lebih sedikit sebanyak 120.000 sel/liter hanya dijumpai pada lokasi 3 (lokasi sampling paling timur). Hasil pengamatan *Trichodesmium* menggunakan mikroskop dengan berbagai perbesaran disajikan pada **Gambar 4**.

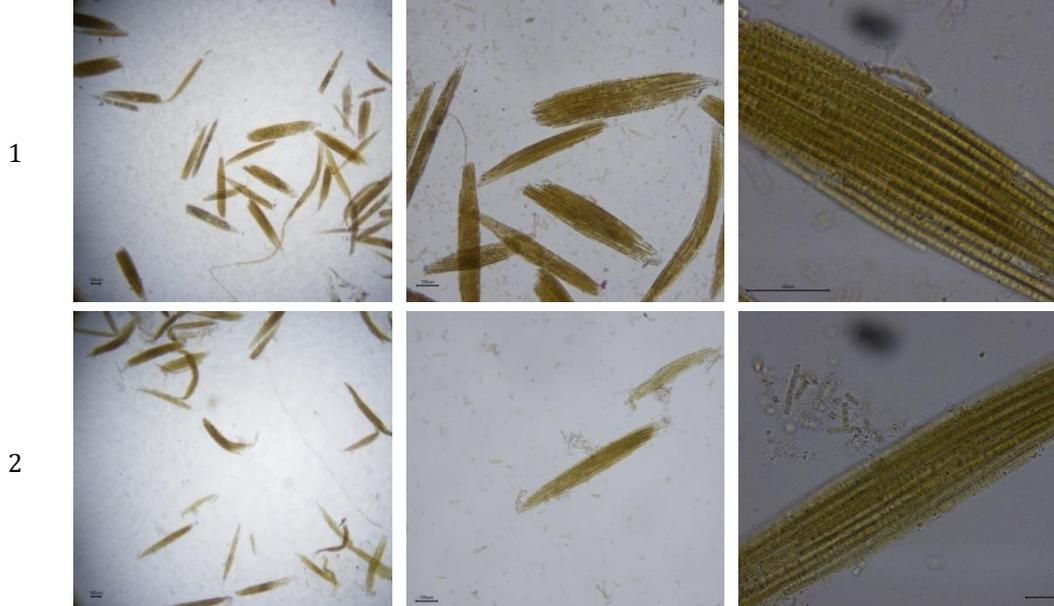
Tabel 2. Kelimpahan fitoplankton di lokasi sampling.

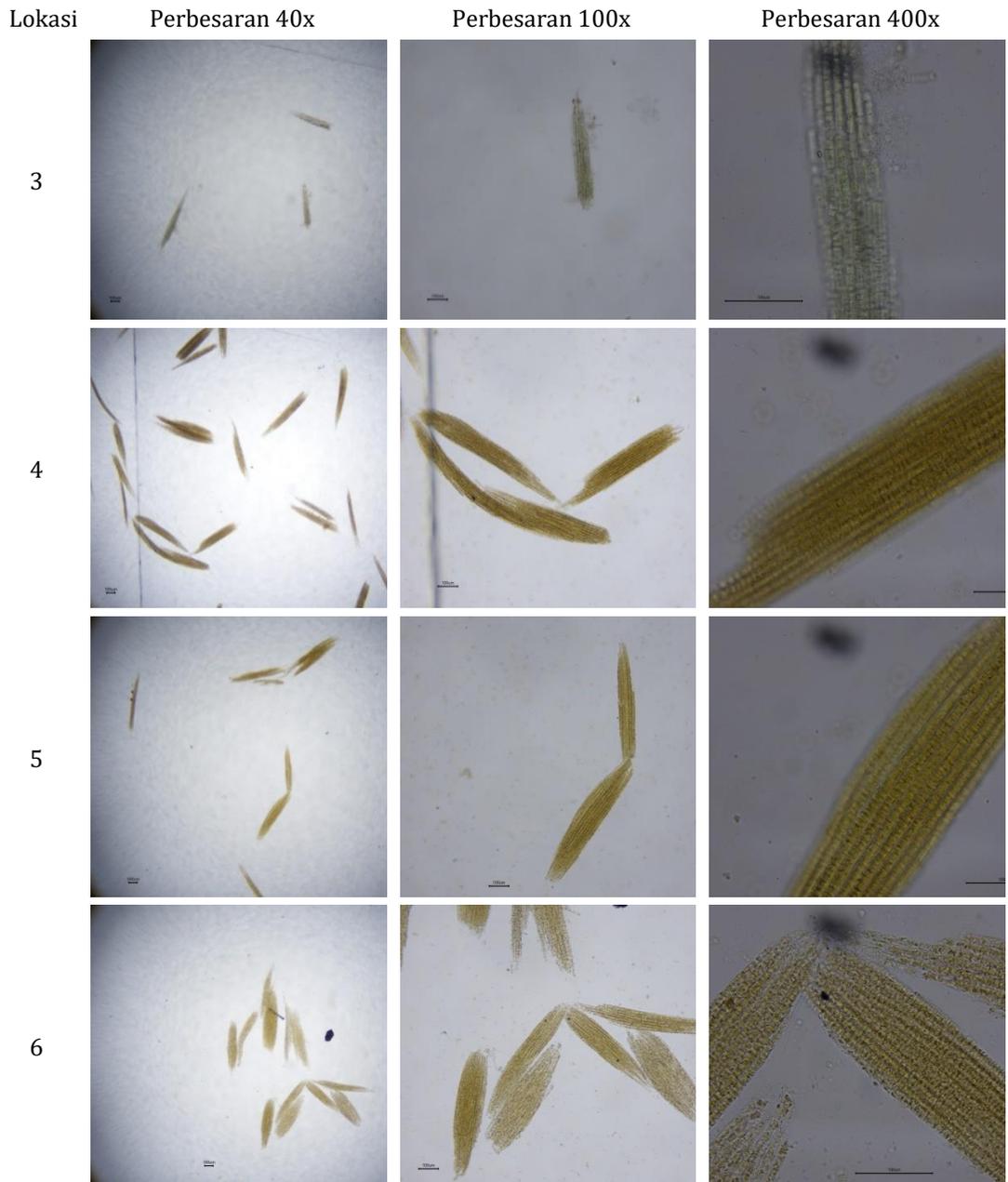
| Organisme | Lokasi sampling | | | | |
|--------------------------|-----------------|-------------|------------|----------------|---------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| CYANOPHYCEAE | | | | | |
| <i>Trichodesmium</i> sp. | 558.480.000 | 464.880.000 | 49.920.000 | 12.292.800.000 | 4.118.400.000 |
| BACILLARIOPHYCEAE | | | | | |
| <i>Chaetoceros</i> sp. | 0 | 0 | 120 | 0 | 0 |
| Jumlah Taksa | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 |
| Kelimpahan (sel/L) | 558.480.000 | 464.880.000 | 50.040.000 | 12.292.800.000 | 4.118.400.000 |
| Indeks Keragaman | - | - | 0,02 | - | - |
| Indeks Keseragaman | - | - | 0,02 | - | - |
| Indeks Dominansi | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

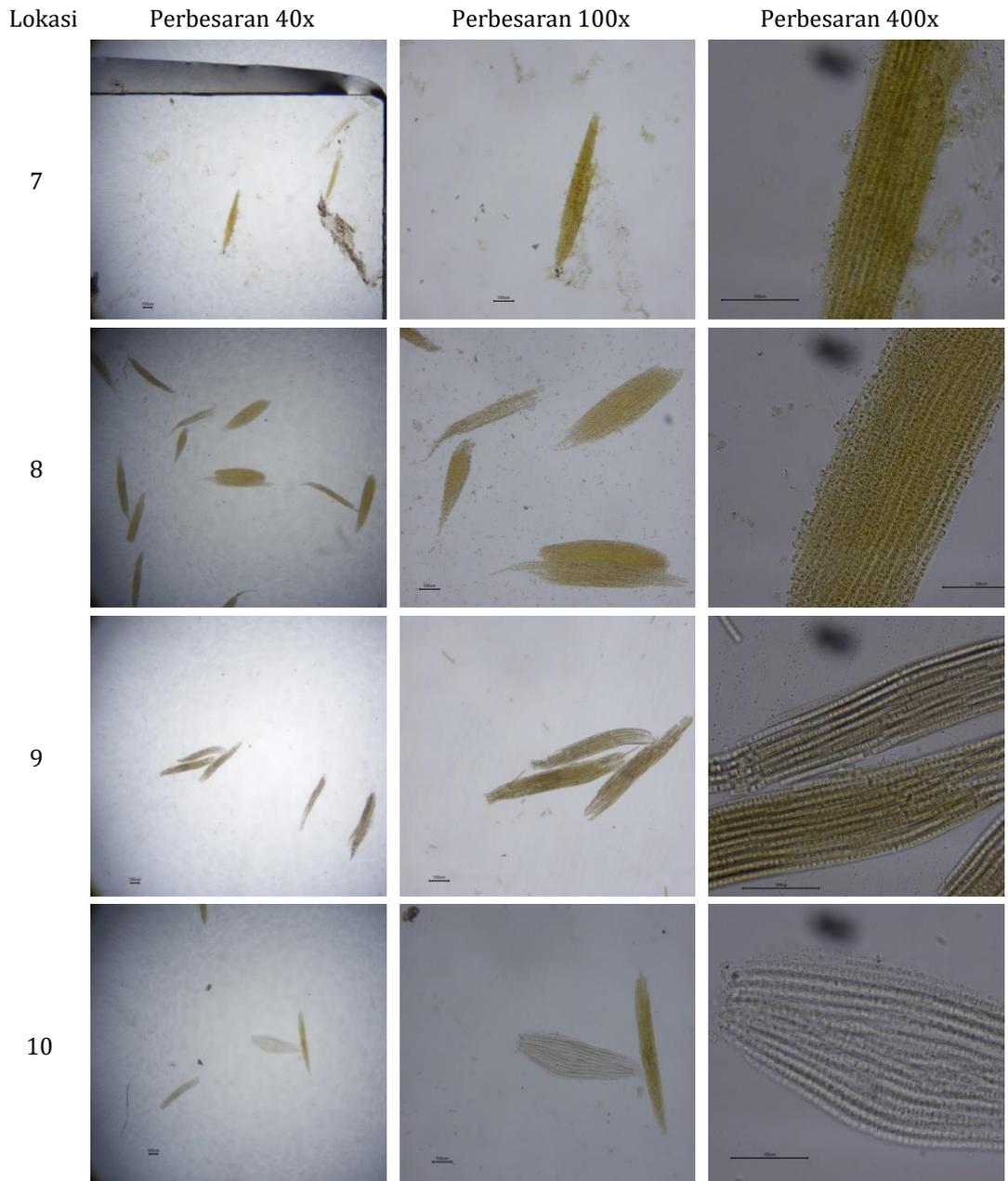
| Organisme | Lokasi sampling | | | | |
|--------------------------|-----------------|-------------|---------------|---------------|-------------|
| | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| CYANOPHYCEAE | | | | | |
| <i>Trichodesmium</i> sp. | 11.169.600.000 | 670.800.000 | 9.734.400.000 | 1.332.800.000 | 921.200.000 |
| BACILLARIOPHYCEAE | | | | | |
| <i>Chaetoceros</i> sp. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Jumlah Taksa | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Kelimpahan (sel/L) | 11.169.600.000 | 670.800.000 | 9.734.400.000 | 1.332.800.000 | 921.200.000 |
| Indeks Keragaman | - | - | - | - | - |
| Indeks Keseragaman | - | - | - | - | - |
| Indeks Dominansi | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

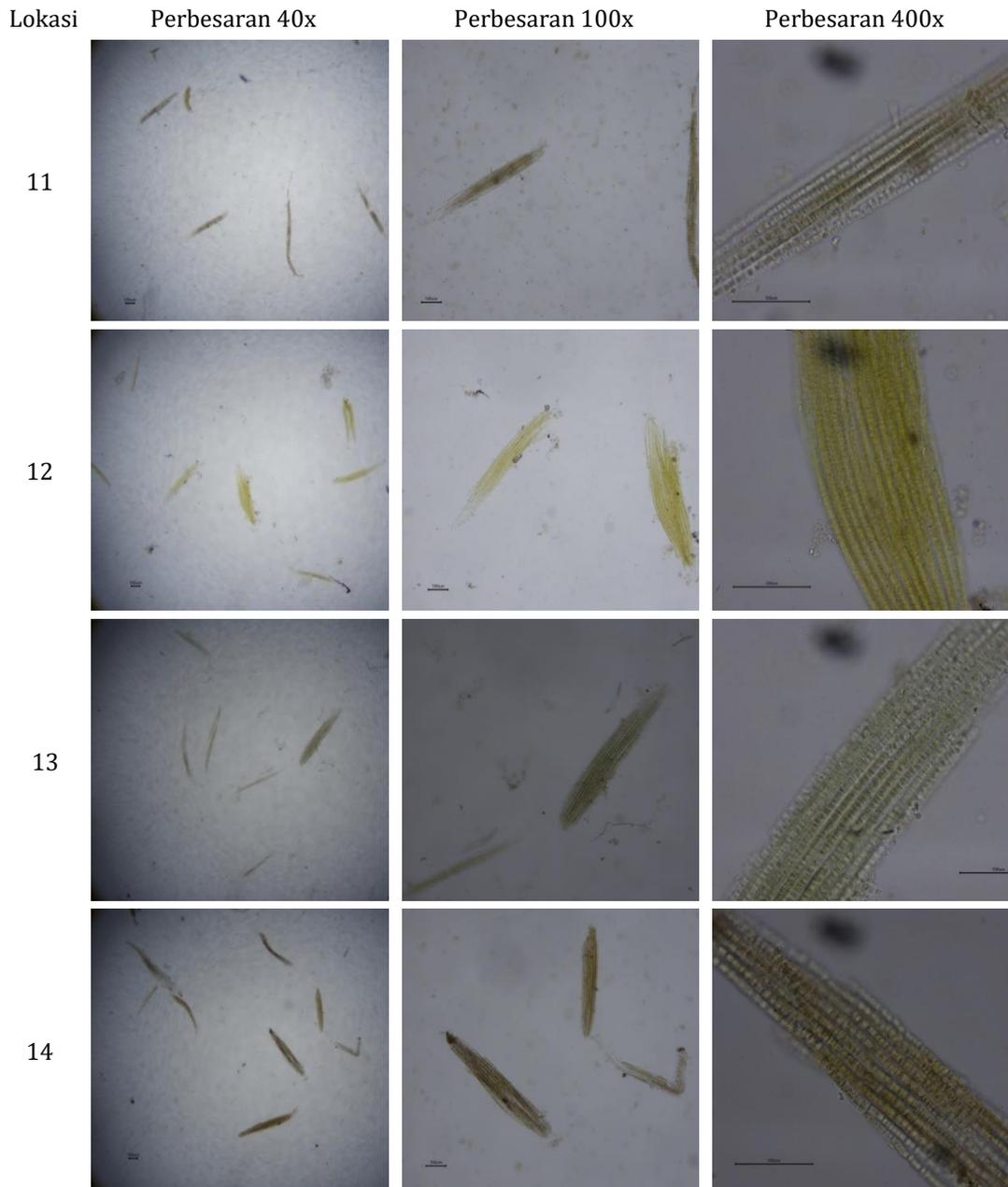
| Organisme | Lokasi sampling | | | | |
|--------------------------|-----------------|-------------|-------------|---------------|------------|
| | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| CYANOPHYCEAE | | | | | |
| <i>Trichodesmium</i> sp. | 58.464.000.000 | 188.160.000 | 403.760.000 | 2.175.600.000 | 70.560.000 |
| BACILLARIOPHYCEAE | | | | | |
| <i>Chaetoceros</i> sp. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Jumlah Taksa | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Kelimpahan (sel/L) | 58.464.000.000 | 188.160.000 | 403.760.000 | 2.175.600.000 | 70.560.000 |
| Indeks Keragaman | - | - | - | - | - |
| Indeks Keseragaman | - | - | - | - | - |
| Indeks Dominansi | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

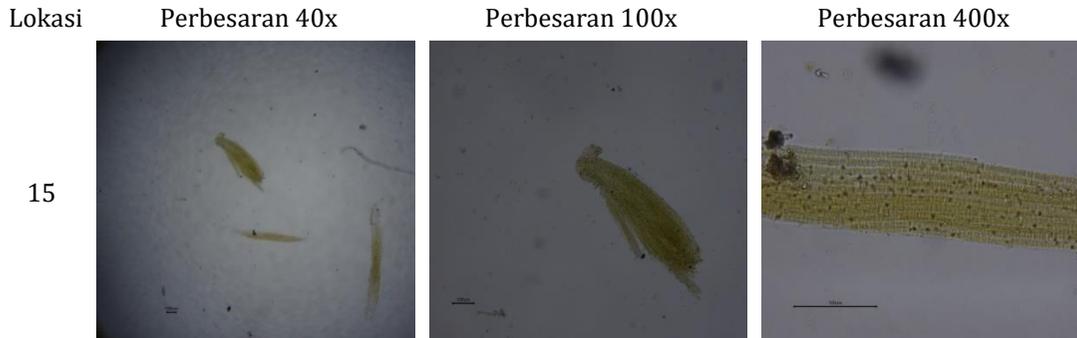
Lokasi Perbesaran 40x Perbesaran 100x Perbesaran 400x











Gambar 4. *Trichodesmium* pada mikroskop dengan berbagai perbesaran.

Indikasi kejadian *blooming* ditentukan oleh kelimpahan fitoplankton yang mencapai jutaan sel. Kelimpahan total fitoplankton berkisar $5,8-7,8 \times 10^6$ sel/l selama *blooming* yang didominasi oleh Cryptomonads and *G. Instriatum*, pada perairan estuari berturut-turut sebanyak 91,6% dan 99,0% (Egerton *et al.* 2014). Berdasarkan hasil analisis laboratorium, diketahui bahwa telah terjadi peningkatan populasi plankton secara berlebihan atau sering dikenal dengan istilah *algae bloom*. Fenomena ledakan populasi plankton dari Genus *Trichodesmium* pada perairan laut terutama di Indonesia telah teridentifikasi sejak lama. Laporan Rahav and Zeev (2017) menyebutkan bahwa di sebelah tenggara Laut Mediterrania juga terjadi pertumbuhan pesat *Trichodesmium* yang dipicu oleh peningkatan nitrogen dan fosfor di perairan dengan rasio 12:1. Selanjutnya, kejadian *blooming Trichodesmium* juga dilaporkan di Great Barrier Reef Australia, distimulir oleh peningkatan nutrisi dari *runoff* daratan yang masuk ke laut (Blondeau-Patissier *et al.* 2018). *Trichodesmium* adalah salah satu jenis cyanobacterium yang sering mengalami pertumbuhan pesat di perairan pesisir India (Rajaneesh *et al.* 2020).

Toha (1991) mengemukakan bahwa ledakan populasi *Trichodesmium* tercatat beberapa kali terjadi di Indonesia sejak tahun 1939-1991. *Blooming* pertama kali tercatat pada tahun 1939 di Selat Sunda dan Laut Jawa berdasarkan hasil penelitian Delsman, seorang pakar berkebangsaan Belanda. Delsman menjelaskan bahwa ledakan populasi *Trichodesmium* terjadi pada musim tertentu dan pada saat terjadinya *blooming* dapat dicirikan secara visual seperti kumpulan serbuk gergaji yang melayang di permukaan air. Beberapa kejadian *blooming Trichodesmium* yang pernah terjadi di sekitar perairan Pulau Seribu (Toha 1991) dipaparkan sebagai berikut:

1. Puslitbang Oseanologi LIPI mengamati adanya *blooming Trichodesmium* pada 25-30 September 1991 di perairan Kepulauan Seribu, tepatnya di sebelah barat Pulau Pari. Kejadian berawal ketika air laut pasang sekitar pukul 07.00 WIB dan angin berhembus dari selatan ke utara. Perairan laut

berwarna coklat muda dan setelah beberapa saat berubah menjadi semacam lendir, berbau busuk menyengat, dan menyebabkan perih di mata. Selama *blooming*, terjadi kematian ikan-ikan kecil, bintang laut, dan cacing laut.

2. Puslitbang Osenologi LIPI melaporkan *blooming Trichodesmium* pada 3 Oktober 1991 di antara Pulau Pari dan Pulau Panggang. Luas perairan yang mengalami ledakan populasi sekitar 15 mil laut, penampakan permukaan laut seperti serbuk gergaji berwarna hijau.
3. Pada 29 Oktober 2015 UPT Loka Pengembangan Kompetensi Sumber Daya Manusia Osenografi (UPT LPKSDMO) Pulau Pari menyampaikan informasi bahwa terjadi kondisi tidak normal pada perairan sisi selatan Pulau Pari, tampak seperti berminyak dan berwarna coklat keruh, berbau busuk, dan mengakibatkan kepala pusing. Pada 30 Oktober 2015 ditemukan sejumlah ikan mati, terapung, dan terdampar di pantai. Masyarakat dihimbau tidak mengambil dan mengkonsumsi ikan mati tersebut.

Peningkatan populasi plankton secara berlebihan dapat terjadi karena kondisi lingkungan perairan yang mendukung. Peningkatan populasi atau ledakan pertumbuhan plankton diakibatkan kandungan nutrisi yang tinggi, khususnya nitrat dan ortofosfat. Ledakan populasi plankton dapat membahayakan kehidupan organisme lain di perairan karena mengakibatkan penurunan kandungan oksigen terlarut secara drastis di perairan.

Pada dasarnya fitoplankton memanfaatkan nutrisi berupa nitrat sebagai bahan dasar asimilasi bahan organik yang menjadi sumber makanan primer bagi rantai makanan di laut. Konsentrasi nitrat yang dibutuhkan fitoplankton memiliki batas konsentrasi, jika nitrat di perairan melebihi kebutuhan fitoplankton maka dapat memicu terjadinya eutrofikasi, yang kemudian dapat memacu pertumbuhan mikroalga secara cepat (*blooming*). Salah satu jenis fitoplankton yang sensitif terhadap perubahan konsentrasi nitrat dan ortofosfat adalah *Trichodesmium* sp. *Trichodesmium* memiliki kemampuan memfiksasi nitrogen dalam bentuk ammonium (Tungka *et al.* 2016). Hasil analisis kualitas air laut (BOD, COD, ammonia, nitrit, nitrat, ortofosfat, pada lokasi terjadinya fenomena perairan coklat disajikan pada **Tabel 3**.

Kadar ammonia, nitrat, dan ortofosfat yang merupakan sumber nutrisi bagi mikroalga (fitoplankton) terukur cukup tinggi berkisar 0,551-361,344 mg/l (ammonia), 0,423-25,556 mg/l (nitrat) dan 0,113-12,442 mg/l (ortofosfat). Kadar ketiga parameter ini tergolong sangat tinggi (**Tabel 3**). Menurut Rizqina *et al.* (2018), di Pulau Pari kadar nitrat berkisar 0,069-0,088 mg/l yang tergolong cukup optimal bagi pertumbuhan fitoplankton, sedangkan kandungan fosfat berkisar 0,004-0,006 mg/l. Hasil tersebut menunjukkan konsentrasi nitrat dan ortofosfat yang jauh lebih rendah dibandingkan penelitian ini.

Tabel 3. Kualitas air laut di lokasi terjadinya *blooming* fitoplankton.

| No | Parameter | Satuan | Baku mutu | Lokasi sampling | | | | |
|----|---------------------------------|--------|-----------|-----------------|----------|-----------|------------|-----------|
| | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | BOD5 | mg/l | 20 | 1.100 | 1.300 | 16.000 | 20.000 | 19.000 |
| 2 | COD | mg/l | - | 5.215,19 | 6.544,30 | 85.063,29 | 10.2151,90 | 94.556,96 |
| 3 | Ammonia (NH ₃ -N) | mg/l | 0,3 | 79,546 | 74,897 | 154,153 | 207,720 | 361,344 |
| 4 | Nitrat (NO ₃ -N) | mg/l | 0,008 | 1,438 | 16,091 | 16,58 | 7,474 | 4,904 |
| 5 | Ortofosfat (PO ₄ -P) | mg/l | 0,015 | 2,538 | 0,438 | 0,239 | 11,199 | 6,290 |
| 6 | Nitrit (NO ₂ -N) | mg/l | - | 0,466 | 0,409 | 0,514 | 4,569 | 2,684 |

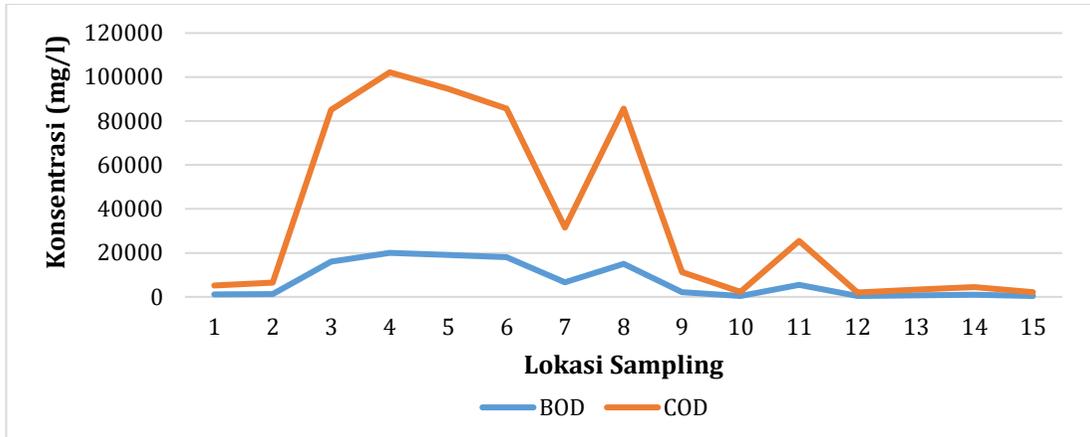
| No | Parameter | Satuan | Baku mutu | Lokasi sampling | | | | |
|----|---------------------------------|--------|-----------|-----------------|-----------|-----------|-----------|----------|
| | | | | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1 | BOD5 | mg/l | 20 | 18.000 | 6.600 | 15.000 | 2200,00 | 440,00 |
| 2 | COD | mg/l | - | 85.696,20 | 31.455,70 | 85.696,20 | 11.202,53 | 2.240,51 |
| 3 | Ammonia (NH ₃ -N) | mg/l | 0,3 | 266,339 | 284,532 | 237,030 | 3,250 | 22,086 |
| 4 | Nitrat (NO ₃ -N) | mg/l | 0,008 | 2,733 | 25,556 | 24,453 | 2,865 | 0,469 |
| 5 | Ortofosfat (PO ₄ -P) | mg/l | 0,015 | 11,510 | 2,063 | 4,549 | 12,442 | 0,126 |
| 6 | Nitrit (NO ₂ -N) | mg/l | - | 1,439 | 2,826 | 3,929 | 0,404 | 0,112 |

| No | Parameter | Satuan | Baku mutu | Lokasi sampling | | | | |
|----|---------------------------------|--------|-----------|-----------------|----------|----------|----------|----------|
| | | | | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 1 | BOD5 | mg/l | 20 | 5.500 | 400 | 650 | 900 | 440 |
| 2 | COD | mg/l | - | 25.443,04 | 1.987,34 | 3.240,51 | 4.392,41 | 2.101,27 |
| 3 | Ammonia (NH ₃ -N) | mg/l | 0,3 | 0,551 | 160,964 | 34,214 | 23,879 | 15,894 |
| 4 | Nitrat (NO ₃ -N) | mg/l | 0,008 | 2,009 | 0,423 | 0,546 | 0,776 | 1,953 |
| 5 | Ortofosfat (PO ₄ -P) | mg/l | 0,015 | 0,902 | 0,324 | 0,051 | 0,822 | 0,113 |
| 6 | Nitrit (NO ₂ -N) | mg/l | - | 0,695 | 0,128 | 0,050 | 0,428 | 0,039 |

Keterangan : Baku Mutu berdasarkan KepMenLH Nomor 51 Tahun 2004 (Baku Mutu Air Laut untuk Biota Laut). Tanda (-) artinya parameter tidak memiliki baku mutu.

Tingginya kadar ammonia, nitrat, dan ortofosfat juga diperkuat oleh tingginya nilai BOD dan COD yang menggambarkan tingginya keberadaan bahan organik di perairan yang diamati. Tingginya nilai BOD dan COD ini menggambarkan keberadaan bahan organik yang merupakan biomassa dari fitoplankton yang mengalami *blooming*. COD jauh lebih tinggi nilainya dibandingkan BOD, karena COD menggambarkan tidak hanya bahan organik yang bisa didegradasi secara biologis, tetapi juga bahan organik yang sukar didegradasi secara biologis (**Gambar 5**).

Terlihat tendensi semakin tinggi kadar ortofosfat diikuti dengan tingginya kelimpahan fitoplankton (**Tabel 4** dan **Gambar 6**). Namun demikian hubungan antara nitrat dengan kelimpahan fitoplankton tak memperlihatkan pola yang selaras (**Tabel 5** dan **Gambar 7**). Penelitian Cunha and Calijuri (2011), Wu *et al.* (2019) menyebutkan bahwa fosfat adalah salah satu faktor pembatas pertumbuhan fitoplankton.

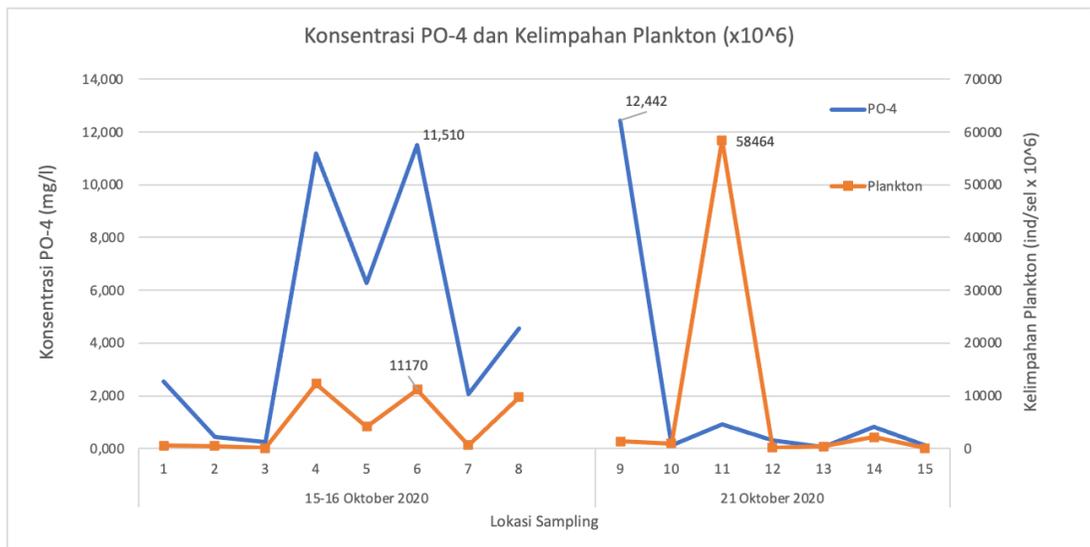


Gambar 5. Perbandingan nilai BOD dan COD.

Tabel 4. Perbandingan konsentrasi ortofosfat dan kelimpahan plankton.

| Parameter | Lokasi | | | | | | | |
|------------------------------------|--------|--------|-------|-----------|----------|-----------|--------|----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| PO ₄ -P (mg/l) | 2,538 | 0,438 | 0,239 | 11,199 | 6,290 | 11,510 | 2,063 | 4,549 |
| Plankton (sel/l x10 ⁶) | 558,48 | 464,88 | 49,92 | 12.292,80 | 4.118,40 | 11.169,60 | 670,80 | 9.734,40 |

| Parameter | Lokasi | | | | | | | |
|------------------------------------|----------|--------|-----------|--------|--------|----------|-------|--|
| | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | |
| PO ₄ -P (mg/l) | 12,442 | 0,126 | 0,902 | 0,324 | 0,051 | 0,822 | 0,113 | |
| Plankton (sel/l x10 ⁶) | 1.322,80 | 921,20 | 58.464,00 | 188,16 | 403,76 | 2.175,60 | 70,56 | |

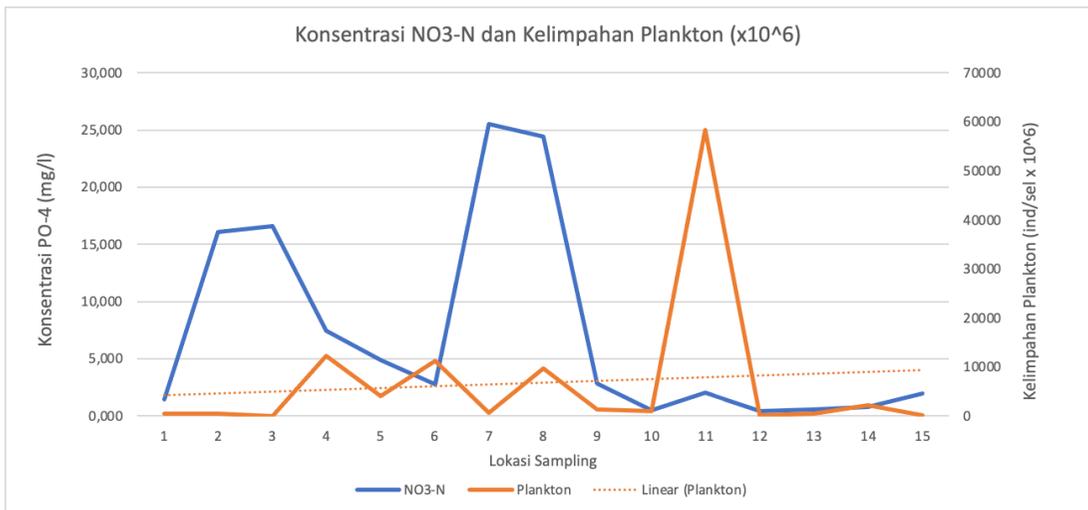


Gambar 6. Grafik perbandingan konsentrasi ortofosfat dan kelimpahan plankton.

Tabel 5. Perbandingan konsentrasi nitrat dan kelimpahan plankton.

| Parameter | Lokasi | | | | | | | |
|------------------------------------|--------|---------|--------|------------|-----------|------------|---------|-----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| NO ₃ -N (mg/l) | 1,438 | 16,091 | 16,580 | 7,474 | 4,904 | 2,733 | 25,556 | 24,453 |
| Plankton (sel/l x10 ⁶) | 558,48 | 464,880 | 49,920 | 12.292,800 | 4.118.400 | 11.169,600 | 670,800 | 9.734,400 |

| Parameter | Lokasi | | | | | | |
|------------------------------------|-----------|---------|------------|---------|---------|-----------|--------|
| | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| NO ₃ -N (mg/l) | 2,865 | 0,469 | 2,009 | 0,423 | 0,546 | 0,776 | 1,953 |
| Plankton (sel/l x10 ⁶) | 1.322,800 | 921,200 | 58.464,000 | 188,160 | 403,760 | 2.175,600 | 70,560 |

**Gambar 7.** Grafik perbandingan konsentrasi nitrat dan kelimpahan plankton.

Penelitian pada 2014, 2015, dan 2016 di Teluk Jakarta menyebutkan bahwa jenis fitoplankton yang dominan pada kejadian *blooming* adalah *Skeletonema costatum*, *Pseudonitzschia* spp, and *Noctiluca scintillans* (Damar *et al.* 2021). Laporan lain di lokasi yang sama menyebutkan bahwa kelimpahan fitoplankton saat *blooming* berkisar 40,0-1699,1x10⁶ sel/m³. Jenis yang dominan adalah *Skeletonema*, *Chaetoceros* dan *Thalassiosira* (Sidabutar *et al.* 2016).

Sementara itu, pada kejadian *blooming* lainnya di Teluk Jakarta, justru Dinoflagellata yang mendominasi dengan urutan kelimpahan adalah *Noctiluca* > *Ceratium* > *Gonyaulax* > *Gymnodinium* > *Dinophysis*. Rentang kelimpahan Dinoflagellata terendah sebesar 353.857 sel/m³ (*Dinophysis*) dan tertinggi sebesar 85.279.547 sel/m³ (*Noctiluca*) (Nasution *et al.* 2021). Penelitian lain di perairan pesisir Demak menemukan dua kelas fitoplankton sebagai penyebab *Harmful Algal Bloom* (HAB) yaitu *Bacillariophyceae* dan *Dinophyceae* dengan jumlah sebanyak 9 genus (Gurning *et al.* 2020).

4. KESIMPULAN

Fenomena yang terjadi di sekitar Sumur Zulu merupakan kejadian ledakan populasi (*algae bloom*) fitoplankton *Trichodesmium*. Fenomena tersebut telah terjadi sejak lama dan berulang di perairan Kepulauan Seribu. Hal ini berkaitan erat dengan perubahan musim dan peningkatan kandungan unsur hara di perairan, khususnya nitrat dan ortofosfat, yang mendukung terjadinya pertumbuhan fitoplankton secara pesat (*blooming*).

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Dihaturkan terima kasih kepada PHE ONWJ yang telah memfasilitasi penelitian ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Al-Azri AR, Al-Hashmi KA, Al-Habsi H, Al-Azri N and Al-Khusaibi S. 2015. Abundance of harmful algal blooms in the coastal waters of Oman: 2006–2011. *Aquatic Ecosystem Health & Management* 18(3):269-281.
- Cunha DGF and Calijuri MDC. 2011. Limiting factors for phytoplankton growth in subtropical reservoirs: the effect of light and nutrient availability in different longitudinal compartments. *Lake and Reservoir Management* 27(2):162-172.
- Damar A, Prismayanti AD, Rudianto BY, Ramli A and Kurniawan F. 2021. Algae bloom phenomenon in Jakarta Bay as symptoms of severe eutrophication: monitoring results of 2014-2016. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 744 (2021) 012009.
- Egerton TA, Morse RE, Marshall HG and Mulholland MR. 2014. Emergence of algal blooms: the effects of short-term variability in water quality on phytoplankton abundance, diversity, and community composition in a tidal estuary. *Microorganisms* 2(1):33-57.
- Gurning LFP, Nuraini RAT dan Suryono. 2020. Kelimpahan fitoplankton penyebab harmful algal bloom di perairan Desa Bedono, Demak. *Journal of Marine Research* 9(3):251-260.
- KepMenLH (Keputusan Menteri Lingkungan Hidup) Nomor 51 Tahun 2004 tentang baku mutu air laut.
- Nasution AK, Takarina ND and Thoha H. 2021. The presence and abundance of harmful dinoflagellate algae related to water quality in Jakarta Bay, Indonesia. *Biodiversitas* 22:2909-2917.
- Blondeau-Patissier D, Brando VE, Lønborg C, Leahy SM and Dekker AG. 2018. Phenology of *Trichodesmium* spp. blooms in the Great Barrier Reef lagoon,

- Australia, from the ESA-MERIS 10-year mission. PLoS ONE 13(12) e0208010. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0208010>.
- Rahav E and Bar-Zeev E. 2017. Sewage outburst triggers *Trichodesmium* bloom and enhance N₂ fixation rates. Scientific Reports 7(4367). <https://doi.org/10.1038/s41598-017-04622-8>.
- Rajaneesh KM, Naik RK, Roy R and D'Costa PM. 2020. Chapter 3 - cyanobacteria in tropical and subtropical marine environments: bloom formation and ecological role. In: Singh PK, Kumar A, Singh VK, Kumar AK. 2020. *Advances in Cyanobacterial Biology*. Academic Press. London.
- Rizqina C, Sulardiono B dan Djunaedi A. 2018. Hubungan antara kandungan nitrat dan fosfat dengan kelimpahan fitoplankton di perairan Pulau Pari, Kepulauan Seribu. *Management of Aquatic Resources Journal* 6(1):43-50.
- Sidabutar T, Bengen, DG, Wouthuyzen S and Prartono T. 2016. The abundance of phytoplankton and its relationship to the N/P ratio in Jakarta Bay, Indonesia. *Biodiversitas* 17:673-678.
- Thoha H. 1991. Ledakan populasi *Trichodesmium erythraeum*. *Oseana* XVI(3):9-15.
- Tungka AW, Haeruddin dan Ain C. 2016. Konsentrasi nitrat dan ortofosfat di muara sungai banjir kanal barat dan kaitannya dengan kelimpahan fitoplankton harmful alga blooms (HABs). *Saintek Perikanan : Indonesian Journal of Fisheries Science and Technology* 12(1):40-46. <https://doi.org/10.14710/ijfst.12.1.40-46>.
- Wu Z, Liu J, Huang J, Cai Y, Chen Y and Li K. 2019. Do the key factors determining phytoplankton growth change with water level in China's largest freshwater lake?. *Ecological Indicators* 107 (2019) 105675.

JURNAL PENGELOLAAN LINGKUNGAN BERKELANJUTAN

JOURNAL OF ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY MANAGEMENT

ISSN 2598-0017 | E-ISSN 2598-0025

Vol. 5 No. 1, April 2021

Resiliensi dan adaptasi petani garam akibat perubahan iklim di 604-618
Desa Donggobolo, Kecamatan Woha, Kabupaten Bima
(D. Aldi, Nurhayati, E. I. K. Putri)

Pemeliharaan ramah lingkungan Hotel Mandalawangi 619-630
Tasikmalaya berbasis ASEAN *green hotel standard*
(N. Fadjarwati, N. R. Nurzakiah)

Uji toksisitas akut limbah pengeboran minyak (serbuk bor) 631-639
terhadap *Artemia salina*
(E. Sriwahyuni, M. Krisanti)

Model konseptual IMTA dan RIMTA pada budidaya lobster di 640-651
karamba jaring apung (KJA)
(R. M. Rofiq, M. Rifqi)

Blooming fitoplankton di perairan Kepulauan Seribu 652-667
(Mursalin, R. Zulmi, M. D. Putra, L. D. W. Handayani, I. A. Nur)

Tersedia secara *online* di www.bkpsl.org/ojswp/index.php/jplb

Sekretariat Jurnal Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan (JPLB)

Gedung Pusat Penelitian Lingkungan Hidup (PPLH) Lantai 4

Kampus IPB Dramaga Bogor 16680

Telp. 0251 – 8621262; Fax. 0251 – 8622134

e-mail : jplb@bkpsl.org / jurnalbkspl@gmail.com



9 772598 002001



9 772598 001004