

Volume 6 Nomor 3 Tahun 2022
D e s e m b e r 2 0 2 2

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)

Prof. 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)

Fikri Sakti Firmansyah, S.Hut (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/>

<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.

Pengelolaan sempadan danau di kawasan pertanian: ulasan bandingan Polandia, Tiongkok dan Indonesia

Lakeshore management in agricultural areas: a comparative review of Poland, China and Indonesia

Prita Ayu Permatasari^{1,2*}, Raldi Hendro Toro Seputro Koestoer¹

¹Sekolah Ilmu Lingkungan, Universitas Indonesia, Jakarta, Indonesia

²Pusat Penelitian Lingkungan Hidup, IPB *University*, Bogor, Indonesia

Abstrak.

Aktivitas antropogenik yang tinggi berdampak terhadap alih fungsi lahan yang mengancam ekosistem danau di berbagai belahan dunia. Kondisi sosial ekonomi masyarakat setempat menjadi salah satu faktor utama yang mempengaruhi penggunaan lahan di tepi danau. Kebijakan pemerintah terkait upaya perlindungan danau memegang peranan penting dalam pengelolaan ekosistem danau khususnya penggunaan lahan di sempadan danau. Artikel ini bertujuan untuk melihat pengelolaan danau di kawasan pertanian pada berbagai negara seperti Polandia, Tiongkok dan Indonesia. Dengan melakukan perbandingan tersebut, dapat diketahui pengelolaan ekosistem danau termasuk penggunaan lahan di sekitarnya. Melalui analisis studi kasus beberapa danau dan analisis kebijakan yang dikeluarkan oleh pemerintah pusat, diketahui pengaruh positif dan negatif masing-masing kebijakan terkait upaya pengelolaan danau. Hasil menunjukkan bahwa pada beberapa negara Eropa, kecenderungan penggunaan danau menjadi kawasan wisata semakin meningkat. Tiongkok, sebagai negara yang mengalami pertumbuhan ekonomi pesat, mulai mengonversi lahan pertanian dan mengembalikan fungsinya sebagai ekosistem danau. Sementara itu, tingginya kebutuhan pangan di Indonesia membuat lahan pertanian di sekitar danau sulit untuk dikonversi.

Kata kunci: danau, penggunaan lahan, kebijakan, sempadan, pengelolaan

Abstract.

High anthropogenic activities have an impact on land use change that threatens lake ecosystems in various parts of the world. The socio-economic condition of the local community is one of the main factors affecting land use on the lakeshores. Government policies related to lake protection are important in the lake ecosystems management, especially land use in the lakeshore zones. This paper aimed to investigate lake management in agricultural areas in various countries such as Poland, China, and Indonesia. By conducting this comparison, management of the lake ecosystems including the land use of the surrounding area have been discovered. Through case study analysis and policy analysis issued by the central government, the positive and negative effects of each policy related to lake management could be obtained. The results showed that in several European countries, the trend of lakes utilization for tourism areas is increasing. China, a country with rapid economic growth, has begun to restore agricultural land into wetlands and lake ecosystem. Meanwhile, the high demand for food in Indonesia causes agricultural areas in the lakeshore zones difficult to convert.

Keywords: lakes, land use, policies, lakeshores, management

1. PENDAHULUAN

Danau merupakan salah satu ekosistem lahan basah yang memiliki peran penting bagi kehidupan manusia. Danau memiliki fungsi sebagai sumber air, sumber makanan, pengontrol banjir, dan penyedia jasa wisata bagi masyarakat (Ho and Goethals 2019). Berbagai penelitian bahkan menyebutkan bahwa danau di kawasan perkotaan memiliki fungsi sebagai pengatur iklim mikro dan penyedia habitat bagi berbagai spesies dan keanekaragaman hayati (Wondie 2018).

*Korespondensi Penulis
Email : pritaapermatasari@gmail.com

Pada wilayah perdesaan, lahan di sekeliling danau sering dimanfaatkan sebagai lahan pertanian. Fungsi ini sangat terkait dengan tingginya potensi sumber air untuk kebutuhan irigasi (Fluet-Chouinard *et al.* 2016). Namun demikian, penggunaan lahan basah menjadi area pertanian menjadi salah satu faktor yang mendorong degradasi danau (Xie *et al.* 2018).

Ekosistem danau di kawasan perdesaan memiliki perbedaan dengan kawasan perkotaan dari sejarah terbentuknya dan ukurannya (Schueler and Simpson 2001). Jika danau kawasan perkotaan cenderung berukuran kecil dan dangkal, danau di kawasan perdesaan atau pertanian kebanyakan memiliki ukuran luas dan sering dimanfaatkan sebagai kawasan wisata, sumber air bagi masyarakat sekitar, maupun sumber irigasi pertanian (Schmidt *et al.* 2021). Tingginya pemanfaatan lahan di sekitar danau sebagai kawasan pertanian membuat badan air berisiko menerima aliran unsur hara konsentrasi tinggi yang berasal dari penggunaan pupuk (Wei *et al.* 2020). Tingginya unsur hara di badan air disertai dengan kondisi iklim yang hangat dapat memicu berkembangnya alga (Spears *et al.* 2022) dan eceng gondok (Pin *et al.* 2021). Tanpa pengelolaan yang layak, akan terjadi penurunan terhadap kualitas air untuk konsumsi masyarakat, keindahan panorama tempat wisata, maupun produksi ikan akibat menurunnya oksigen (Jean-Philippe *et al.* 2020)

Berbagai peran pemangku kepentingan sangat dibutuhkan untuk menjaga kelestarian ekosistem danau. Masyarakat sebagai pengguna jasa wisata sekaligus penduduk yang bertempat tinggal di sekitar kawasan danau memiliki peran penting dalam fungsi pengawasan danau (Chen *et al.* 2017). Pemangku kepentingan lain seperti pemerintah memegang peranan penting dalam proses pengendalian kebijakan terkait tata guna lahan di sekitar danau. Pada kawasan pertanian, kebijakan terkait pengendalian pencemaran danau yang berasal dari aliran nutrisi sangat diperlukan. Beberapa wilayah memberlakukan sistem penggunaan pupuk pertanian secara efisien untuk mencegah eutrofikasi (Chen *et al.* 2017; Wondie 2018). Di sisi lain, pengelolaan aspek lingkungan harus dilakukan tanpa merugikan perekonomian masyarakat dan negara.

Peran pemerintah dalam mengeluarkan kebijakan terkait pemanfaatan sempadan danau di setiap negara dapat mempengaruhi keberlanjutan ekosistem tersebut (Wen *et al.* 2021). Jarak sempadan danau dapat menentukan potensi keanekaragaman hayati, fungsi pengaturan iklim mikro, serta potensi sedimentasi danau. Pengelolaan danau yang baik akan memperhatikan penggunaan lahan di sekitar danau khususnya yang berada di sekitar wilayah sempadan danau (Keppeler *et al.* 2018). Makalah ini bertujuan untuk membandingkan pengelolaan sempadan danau di kawasan pertanian pada berbagai negara termasuk Indonesia serta melihat pengaruh positif dan negatif dari peraturan tersebut.

2. METODOLOGI

2.1. Lokasi kajian dan waktu penelitian

Danau Mazurian (Polandia), Danau Dongting (Tiongkok) dan Danau Limboto (Indonesia) merupakan danau yang dipilih untuk studi kasus pada ketiga negara tersebut. Ketiga danau ini merupakan danau berukuran besar yang terletak pada kawasan pertanian dan terletak pada tiga negara dengan sistem pemerintahan yang berbeda-beda. Selain itu, ketiga negara tersebut memiliki sistem perekonomian yang berbeda-beda (industri dan agraris). Penelitian ini membandingkan penggunaan dan pengelolaan lahan di sekitar danau pada beberapa dekade terakhir dan melihat dampaknya terhadap ekosistem danau.

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif untuk mendeskripsikan pengelolaan sempadan danau pada beberapa negara yaitu Polandia, Tiongkok, dan Indonesia. Pengumpulan data dilakukan dengan studi kepustakaan, yaitu metode untuk mencari informasi tentang penggunaan lahan di sekitar danau khususnya danau yang berada di sekitar wilayah pertanian serta bagaimana dampak penggunaan lahan tersebut terhadap kondisi ekosistem danau.

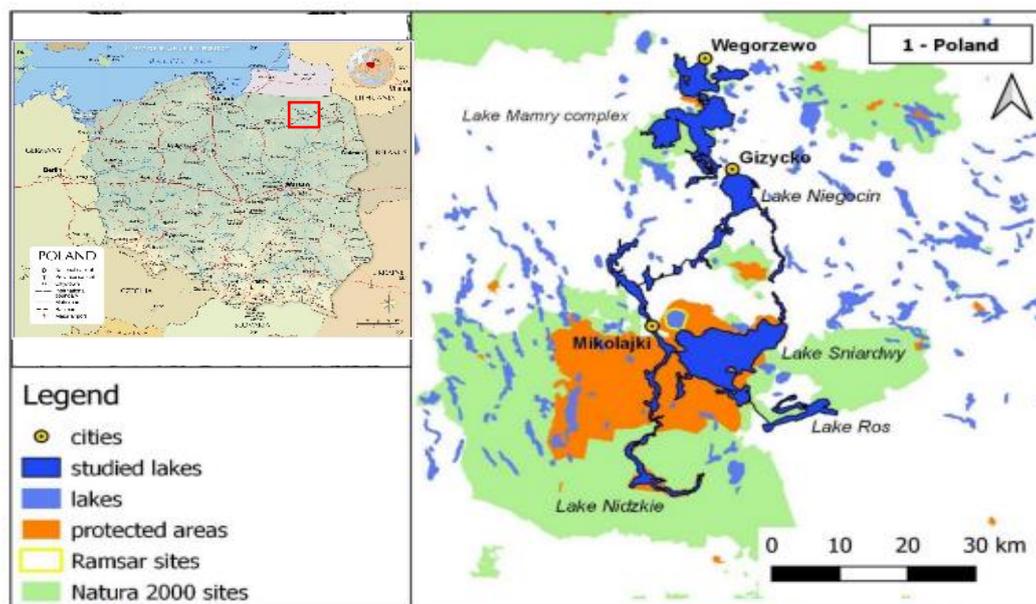
Data dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang berasal dari jurnal-jurnal ilmiah dan peraturan yang berlaku yang berasal instansi terkait. Beberapa data yang dikumpulkan dalam penelitian ini antara lain: penggunaan lahan dan dinamika perubahannya, pengaruh penggunaan lahan terhadap ekosistem danau, keterkaitan ekosistem danau dengan lingkungan alami, kondisi sosial ekonomi masyarakat sekitar danau, serta kebijakan pemerintah terkait dengan pengelolaan sempadan danau.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Danau Besar Mazurian (Polandia)

Kawasan Danau Besar Mazurian terletak di Utara Polandia dan berbatasan dengan Rusia (**Gambar 1**). Danau ini memiliki kawasan alami yang cukup tinggi dan 51% areanya termasuk ke dalam Natura 2000, yaitu jaringan kawasan alami yang dijadikan habitat berbagai spesies langka dan terancam punah yang dilindungi di Uni Eropa (UE). Pada periode 1989-2020, terdapat perubahan penggunaan lahan di sekitar Danau Besar Mazurian. Perubahan ini terjadi akibat meningkatnya kebutuhan lahan akan jasa pariwisata di sekitar danau (Furgała-Selezniow *et al.* 2022).

Polandia merupakan salah satu negara yang melakukan alih fungsi lahan pertanian menjadi kawasan alami. Selama 31 tahun (1989-2020), analisis perubahan lahan di sekitar Danau Besar Mazurian menunjukkan penurunan kawasan pertanian dan permukiman (masing-masing sebesar 42,6% dan 8,3%) menjadi peningkatan area pariwisata, hutan, dan kawasan semi alami (**Tabel 1**). Perubahan lahan tersebut terjadi akibat liberalisasi harga, internasionalisasi perdagangan, dan persaingan yang meningkat pada sektor pertanian (Furgała-Selezniow *et al.* 2020). Selain itu, penurunan sektor pertanian didorong oleh keinginan pemerintah untuk memaksimalkan keuntungan dengan menjadikan danau sebagai kawasan wisata sekaligus mengintensifkan program perlindungan lingkungan di sekitar danau.



Gambar 1. Lokasi Danau Mazurian.

Sumber: Furgała-Selezniow *et al.* (2022).

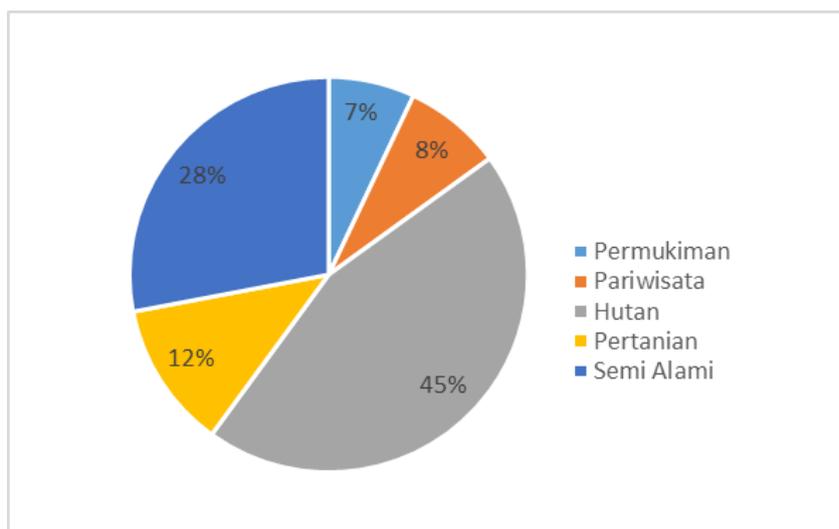
Tabel 1. Perubahan penggunaan lahan sekitar Danau Mazurian 1989-2020.

Penggunaan lahan	Luas perubahan (Ha)	Persentase perubahan
Permukiman	-39,3	-8,3
Pariwisata	285,5	152,9
Hutan	313,5	12,0
Pertanian	-626,7	-42,6
Kawasan semi alami	64,2	3,8

Sumber: Furgala-Selezniow *et al.* (2022).

Tingginya potensi wisata alam pada negara-negara di Eropa Tengah-Timur telah membuat kebutuhan jasa pariwisata di sekitar danau menjadi meningkat. Hal ini dapat memicu konflik antara penggunaan sempadan danau sebagai kawasan wisata dan perlindungan ekosistem. Konflik penggunaan lahan dan masalah lingkungan di zona tepi danau sebagian besar dapat diselesaikan dengan membuat peraturan yang sesuai yang mencakup batas spasial dan temporal pada kegiatan rekreasi yang diizinkan di sempadan danau. Polandia memiliki peraturan mengenai batas sempadan danau minimal 100 meter dari badan danau yang dimanfaatkan sebagai area penyangga (Furgala-Selezniow *et al.* 2020).

Meskipun memiliki potensi pariwisata yang cukup tinggi, kawasan permukiman di sekitar Danau Mazurian tidak mengalami peningkatan kawasan permukiman (**Gambar 2**). Danau Mazurian bukanlah satu-satunya lokasi wisata alam utama di Polandia. Oleh karena itu, jasa pariwisata di wilayah ini tidak memberikan dampak signifikan terhadap kebutuhan area permukiman. Selain itu, fasilitas pariwisata banyak berlokasi pada kawasan permukiman eksisting. Hal ini menunjukkan adanya kebijakan tata ruang yang baik di Polandia untuk mengonversi kawasan alami menjadi area terbangun khususnya permukiman (Furgala-Selezniow *et al.* 2021).



Gambar 2. Penggunaan lahan di sempadan Danau Mazurian tahun 2020.

Ekosistem danau di Polandia dikelola oleh administrasi pusat yang disebut sebagai “*Polish Waters*”. Tidak hanya sendiri, pemerintah melaksanakan pengelolaan danau dengan melibatkan banyak pemangku kepentingan seperti pengelola wisata, peneliti, masyarakat lokal, asosiasi pemancing, asosiasi transportasi danau, termasuk kementerian lain yang mengelola lingkungan dan kualitas air danau. Selain itu, pemerintah Polandia juga sudah menerapkan komunikasi 2 arah berupa konsultasi publik, pelibatan dan pemberdayaan masyarakat, serta kerja sama dengan berbagai pemangku kepentingan (Turkowski 2017).

Seperti negara-negara pasca-Komunis lainnya, Polandia mewarisi beban kebijakan terpusat yang tidak ramah lingkungan. Masuknya Polandia menjadi anggota *The Organisation for Economic Co-operation and Development* (OECD) dan UE memberikan suatu perubahan besar. Kedua organisasi tersebut bekerja sama dengan Polandia untuk mengembangkan politik ramah lingkungan dan menerima undang-undang hijau baru yang akan mengurangi dampak pertumbuhan ekonomi yang cepat setelah era komunisme. OECD dan UE juga telah memberikan Polandia berbagai instrumen dan dana untuk membuat pengelolaan lingkungan lebih mudah dan efektif (Waisová 2018).

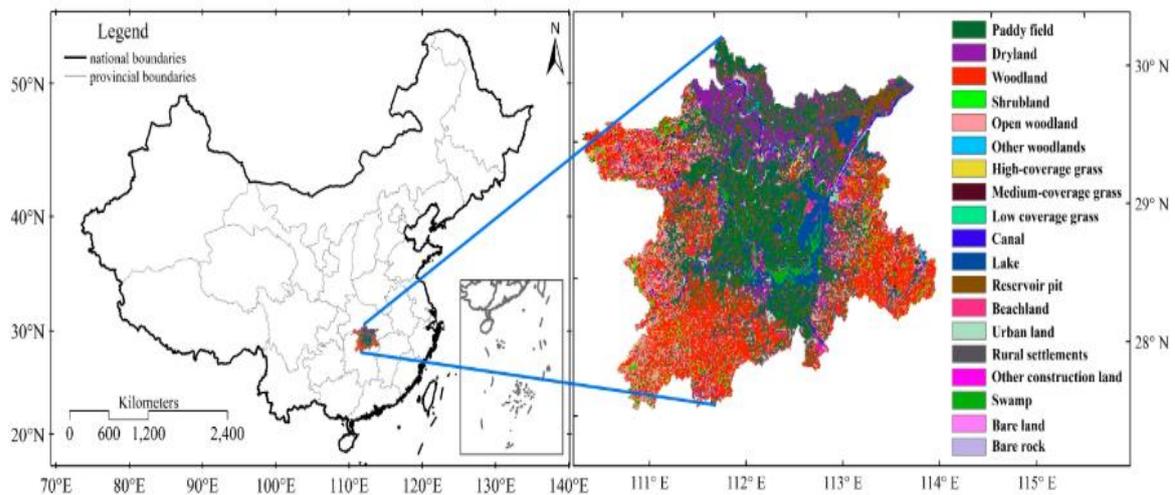
Sejalan dengan pola di masyarakat pasca-komunis lainnya di Eropa Tengah, nilai-nilai sosial telah berubah di Polandia seiring dengan meningkatnya minat terhadap kelestarian lingkungan. Berbeda dengan Hongaria yang memiliki masalah dengan demokrasi lingkungan, Polandia secara rutin melaporkan kondisi lingkungan sehingga informasi terkait lingkungan dapat diakses oleh masyarakat meskipun kondisi lingkungan di negara ini belum sepenuhnya baik. Polandia mengalami tantangan berupa efek limpahan polusi dari negara-negara tetangga akibat banyaknya jumlah sungai yang melintas dari negara tetangga. Inilah sebabnya mengapa kerja sama lingkungan dengan negara-negara tetangga dan negara-negara Eropa lainnya menjadi tujuan yang sangat penting (Waisová 2018).

Terlepas dari ideologi yang dianut oleh Polandia, saat ini pemerintah Polandia menjadi lebih terbuka terhadap sistem tata kelola pemerintahan. Hal ini dapat terlihat dari keterlibatan LSM yang semakin meningkat khususnya dalam pengelolaan lingkungan. Pemerintah memiliki prinsip bahwa ketika masyarakat, lembaga, maupun suatu individu membuat keputusan terkait pengelolaan maka akan berpengaruh terhadap ketersediaan air minum, kelestarian ekosistem, maupun potensi pariwisata. Hal ini sangat dibutuhkan khususnya ketika kawasan terbangun semakin meningkat dan pengelolaan ekosistem menjadi danau semakin krusial (Turkowski 2017).

3.2. Danau Dongting (Tiongkok)

Danau Dongting terletak di Provinsi Hunan dan Hubei yang merupakan danau air tawar terbesar kedua di Tiongkok (**Gambar 3**). Danau ini merupakan sumber utama komoditas pertanian dan perikanan (Li *et al.* 2022). Seiring dengan peningkatan ekonomi masyarakat, pemerintah Wuhan (Ibukota Provinsi Hubei) membuat program pengembalian area pertanian menjadi danau. Setelah tahun 2000, dengan peningkatan kesadaran perlindungan danau, serangkaian rencana dan peraturan perlindungan danau diimplementasikan, seperti Peraturan Perlindungan Danau Wuhan (diimplementasikan pada 2002), perlindungan garis pantai utama danau (diimplementasikan sejak 2014) (Wen *et al.* 2021).

Adanya rencana perlindungan terhadap 166 danau di Wuhan mengedepankan tindakan penanggulangan untuk perlindungan danau dari berbagai perspektif, seperti pengelolaan kawasan tepi danau, sumber daya danau dan perlindungan ekologi, dan pengendalian pencemaran danau. Pelaksanaan tindakan perlindungan tersebut menandai transformasi perlindungan danau dari perumusan sistem hukum ke tingkat implementasi perlindungan khusus. Delimitasi kawasan tepi danau yang ditentukan oleh Peraturan Provinsi Hubei tentang perlindungan, sempadan danau memiliki batasan lebar 500 m di setiap danau (Wen *et al.* 2021).



Gambar 3. Lokasi Danau Dongting.

Sumber: Li *et al.* (2022)

Danau Dongting merupakan habitat bagi lumba-lumba tanpa sirip yang secara status dilindungi oleh WWF. Tingginya keanekaragaman hayati di danau ini membuat pemerintah melakukan upaya perlindungan terhadap ekosistem di sekitar danau. Pada tahun 1994, Danau Dongting diidentifikasi sebagai cagar alam nasional oleh negara dan terdaftar sebagai cagar keanekaragaman hayati yang sangat penting di Tiongkok. Danau Dongting menjalankan fungsi penting, seperti menjaga keseimbangan ekologi regional, menjamin keamanan air dan ekologi di Daerah Aliran Sungai Yangtze, dan menjaga ketahanan pangan nasional (Li *et al.* 2022).

Pada **Tabel 2** dapat diketahui derajat dinamika perubahan lahan di sekitar Danau Dongting pada tahun 2000-2018. Nilai negatif menunjukkan penurunan sedangkan positif menunjukkan kenaikan. Dalam 18 tahun terakhir diketahui bahwa lahan pertanian dan padang rumput mengalami penurunan. Penurunan lahan pertanian ini salah satunya digunakan untuk meningkatkan luas area danau sebagai konservasi air. **Gambar 4** menunjukkan penggunaan lahan di sempadan Danau Dongting pada tahun 2018.

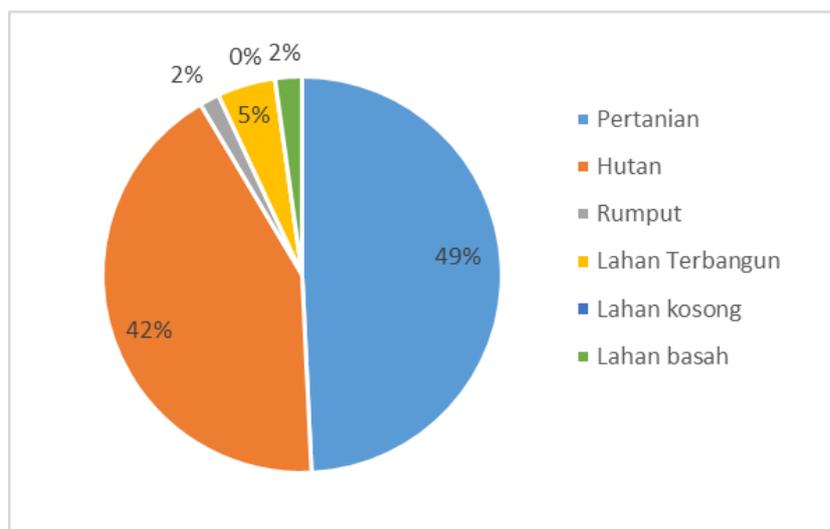
Tabel 2. Derajat dinamika perubahan penggunaan lahan Danau Dongting.

Penggunaan lahan	Derajat dinamika tahun 2000-2018
Pertanian	-0,33
Hutan	0,01
Padang rumput	-0,39
Badan air	0,26
Lahan terbangun	3,02
Lahan tidak digunakan	27,78
Lahan basah	1,58

Sumber: Li *et al.* (2022)

Pada musim dingin, beberapa danau di Provinsi Hubei menjadi lokasi penting yang dikunjungi oleh burung migran. Tingginya populasi burung migran di musim dingin ke area tersebut tidak terlepas dari beberapa faktor pendukung seperti kondisi vegetasi dan tinggi muka air yang ideal untuk habitat dan sumber makanan burung. Gangguan manusia menjadi faktor penghalang burung migran untuk mengunjungi lokasi. Semakin tinggi gangguan manusia maupun kedekatan lokasi dari jalan maka akan semakin sedikit populasi burung migran. Oleh karena itu, diperlukan pengelolaan yang baik dari pemerintah agar kegiatan wisata di danau pada musim dingin tidak mempengaruhi burung migran (Zou *et al.* 2019).

Kerugian ekonomi tahunan Tiongkok karena pencemaran lingkungan dan perusakan ekologi mencapai sekitar 6% dari produk domestik bruto (PDB). Sadar akan keseriusan ini, pemerintah Tiongkok semakin mementingkan tata kelola lingkungan. Kondisi perekonomian Tiongkok yang semakin meningkat membuat kesadaran masyarakat untuk melestarikan lingkungan semakin tinggi. Hal ini sesuai dengan teori pada kurva lingkungan Kuznets yang berasumsi bahwa ketika perekonomian wilayah semakin maju, maka kerusakan lingkungan akan berhenti dan menurun (Wen *et al.* 2021).

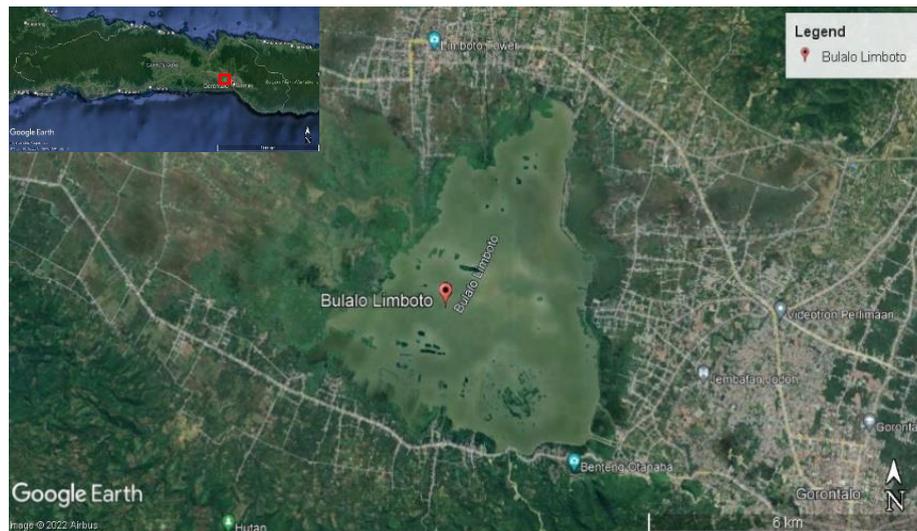


Gambar 4. Penggunaan lahan di sempadan Danau Dongting tahun 2018.

Sistem pemerintahan Tiongkok yang mempertahankan sentralisasi politik membuat tata kelola lingkungan menjadi semakin terpusat. Pemerintah provinsi diberi insentif baik secara politik maupun ekonomi oleh pemerintah pusat yang dicapai melalui kombinasi sentralisasi kekuasaan dan desentralisasi pembangunan ekonomi dan fiskal (Luo *et al.* 2019). Sentralisasi politik ini mengakibatkan adanya pengaruh yang tinggi dari pemerintah. Oleh karena itu, kinerja pemerintah provinsi dalam pengelolaan lingkungan sangat bergantung dari peningkatan dan penurunan kemauan politik pemerintah pusat dalam pengelolaan lingkungan.

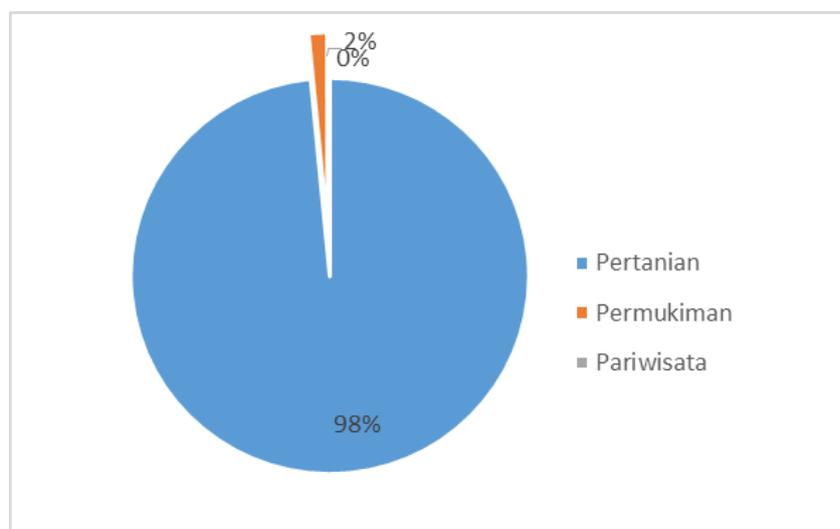
3.3. Danau Limboto (Indonesia)

Danau Limboto merupakan salah satu danau penting di Indonesia yang terletak di Provinsi Gorontalo (**Gambar 5**). Danau Limboto memperoleh air yang berasal dari 23 sungai. Potensi aliran air yang cukup tinggi membuat masyarakat memanfaatkan kawasan di sekitar danau sebagai lahan pertanian. Terlebih lagi, sebagai negara agraris, masyarakat Indonesia di kawasan perdesaan memiliki mata pencaharian utama sebagai petani. Tingginya penggunaan lahan pertanian membuat Danau Limboto mengalami ancaman tinggi terhadap penyusutan. Penggunaan lahan pada sempadan Danau Limboto dapat dilihat pada **Gambar 6**.



Gambar 5. Lokasi Danau Limboto.

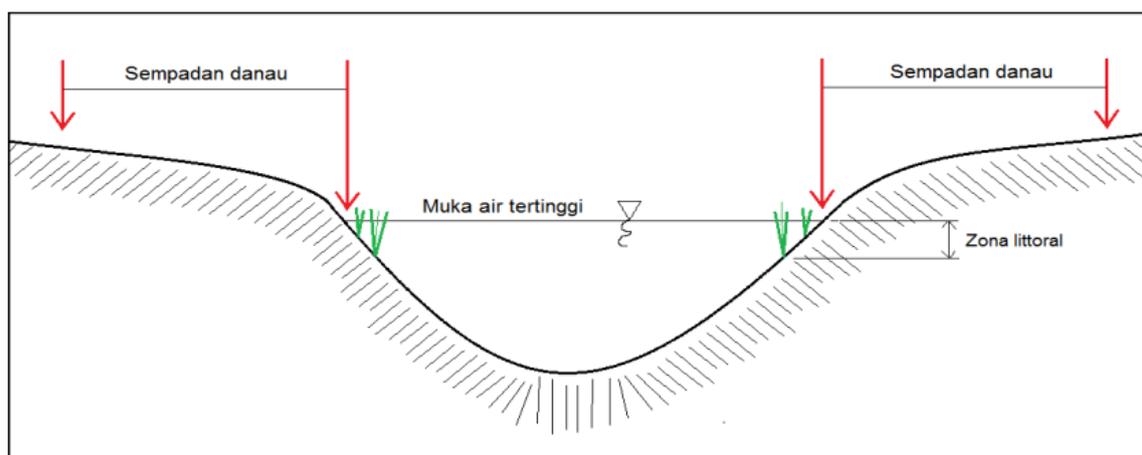
Aliran unsur hara yang berasal dari lahan pertanian membuat status trofik danau termasuk ke dalam eutrofikasi. Akibatnya, pertumbuhan eceng gondok cukup tinggi di badan air. Tingginya curah hujan di wilayah tropis pun berakibat terhadap tingginya risiko erosi (Morlock *et al.* 2019). Sedimentasi yang mengalir ke danau membuat badan air terancam mengalami pendangkalan. Adanya kebijakan pertanian sejak awal tahun 2000-an membuat aktivitas pertanian di wilayah ini meningkat. Hal ini berimbas terhadap peningkatan penggunaan irigasi sehingga aliran air sungai ke danau menjadi menurun. Terbatasnya air yang mengalir ke danau turut mendukung penyusutan danau. Terlebih lagi, perluasan area pertanian menurunkan kawasan hutan di sekitar danau (Kimijima *et al.* 2020).



Gambar 6. Penggunaan lahan di sempadan Danau Limboto tahun 2017.

Lemahnya tata kelola pada ekosistem Danau Limboto membuat masyarakat tidak mengetahui peraturan yang berlaku mengenai pengelolaan danau. Hal ini membuat masyarakat bersikap apatis terhadap pengelolaan danau. Selain itu, terdapat dua kepemimpinan terkait pengelolaan danau baik dari sisi pemerintah lokal maupun ketua adat. Masyarakat mengakui bahwa ketua adat memiliki peranan penting terhadap pengelolaan danau dan lebih dipatuhi dibandingkan pemerintah setempat (Rizal *et al.* 2019). Hal ini menunjukkan bahwa pemerintah setempat perlu berupaya keras untuk mewujudkan tata kelola yang baik serta melakukan pendekatan yang baik kepada masyarakat setempat.

Pemerintah Indonesia melalui PerMenPUPR Nomor 28/PRT/M/2015 Tahun 2015 tentang Penetapan Garis Sempadan Sungai dan Garis Sempadan Danau, telah menetapkan definisi sempadan danau sebagai luasan lahan yang mengelilingi dan berjarak tertentu dari tepi badan danau yang berfungsi sebagai kawasan pelindung danau. Penetapan garis sempadan danau ini bertujuan untuk membatasi aktivitas manusia khususnya yang terkait dengan pembangunan, untuk menjaga kelestarian danau, serta untuk melindungi ekosistem danau dari kerusakan. Garis sempadan danau ditetapkan paling sedikit berjarak 50 (lima puluh) meter dari tepi muka air tertinggi yang pernah terjadi (**Gambar 7**). Tepi muka air tertinggi yang pernah terjadi menjadi batas badan danau.



Gambar 7. Penetapan sempadan danau.

Sumber: PerMenPUPR (2015)

Fungsi sempadan danau sendiri terbagi menjadi 4 yaitu sebagai tempat penelitian dan pengembangan ilmu pengetahuan, pariwisata, olahraga, dan aktivitas budaya dan keagamaan. Beberapa bangunan yang memiliki keterkaitan erat dengan fungsi danau masih diperbolehkan untuk diletakkan pada sempadan danau seperti prasarana sumber daya air; jalan akses, jembatan, dan dermaga; jalur pipa gas dan air minum; rentangan kabel listrik dan telekomunikasi; prasarana pariwisata, olahraga, dan keagamaan; prasarana dan sanitasi; serta bangunan ketenagalistrikan. Di luar bangunan-bangunan tersebut maka secara bertahap seluruh bangunan harus ditertibkan untuk mengembalikan fungsi sempadan danau.

Pada beberapa danau besar di Indonesia, khususnya yang terletak di kawasan non-perkotaan, kawasan sekitar danau cenderung dimanfaatkan sebagai kawasan pertanian (Yani *et al.* 2019). Adanya aliran sungai yang terhubung ke danau membuat area di sekitar danau memiliki akses yang tinggi terhadap penyediaan air. Aliran air dari sungai di sekitar danau sering dimanfaatkan sebagai sumber air untuk irigasi pertanian. Terlebih lagi, faktor sosial ekonomi di sekitar kawasan danau sering menjadi penentu penggunaan lahan (Furgała-Selezniow *et al.* 2020).

3.4. Pengaruh kebijakan penggunaan lahan di ketiga negara

Penurunan lahan pertanian pada kawasan danau di Polandia memberikan dampak positif berupa penurunan unsur hara yang mengalir ke ekosistem danau, Hal ini menurunkan risiko terjadinya eutrofikasi dan perkembangan alga di badan air. Di Indonesia, eutrofikasi sering terjadi akibat penggunaan pupuk berlebihan pada kawasan pertanian yang kemudian menjadi sumber pencemar nirtitik pada ekosistem perairan tawar seperti sungai, danau, dan waduk. Jika tidak dikelola dengan baik, tidak hanya berisiko menaikkan perkembangan alga tetapi juga pertumbuhan eceng gondok secara masif. Hal ini akan berdampak terhadap penurunan oksigen di badan air sehingga spesies ikan menurun (Fluet-Chouinard *et al.* 2016). Perubahan ekosistem tersebut akan menimbulkan ketidakseimbangan pada rantai makanan.

Isu ini tidak hanya terjadi di negara berkembang. Pada beberapa negara maju yang masih memanfaatkan lahan sekitar danau sebagai kawasan pertanian seperti Jepang, penggunaan pupuk, herbisida, dan pestisida mendapat pengawasan ketat agar tidak digunakan secara berlebihan dan menjadi pencemar nirtitik (*non point source*) pada ekosistem danau (Chen *et al.* 2017). Oleh karena itu, lahan pertanian sebaiknya tidak berbatasan langsung dengan badan air danau. Keberadaan hutan sebagai area penyangga di sempadan danau dapat memberikan manfaat penting untuk mencegah aliran limpasan dari lahan pertanian tidak langsung masuk ke badan air. Akar tanaman pada kawasan alami di sempadan danau juga memiliki kemampuan dalam menyerap nitrogen, fosfor, dan unsur hara lainnya yang berasal dari lahan pertanian sehingga badan air terlindung dari ancaman eutrofikasi (Wei *et al.* 2020)

Pengembangan kawasan danau menjadi kawasan pariwisata dapat memberikan dampak buruk jika tidak disertai dengan pengelolaan yang ketat. Kawasan pariwisata dapat memicu meningkatnya kebutuhan lahan terbangun untuk kawasan permukiman dan perdagangan yang dapat mengancam ekosistem di sekitar danau (Schmidt *et al.* 2021). Pengembangan ekosistem danau sebagai lokasi ekowisata berpotensi meningkatkan jumlah wisma tamu, restoran, dan hotel di dalam daerah tangkapan air, yang kemungkinan akan meningkatkan beban unsur hara ke danau (Spears *et al.* 2022). Fasilitas pariwisata berupa bangunan tempat tinggal memberikan dampak lain berupa timbunan sampah dari permukiman hingga aliran sanitasi yang mengalir ke badan air yang menimbulkan pencemaran *coliform* (Abdusalam *et al.* 2019).

Untuk mengatasi pencemaran limbah domestik diperlukan aturan yang ketat bagi jasa pariwisata dan perdagangan terkait pengolahan limbah yang memadai serta pengaturan jarak lokasi dengan area danau (Jiang *et al.* 2018). Adanya peraturan batas sempadan danau selebar 500 meter seperti yang diterapkan di Provinsi Hubei, Tiongkok dapat memberikan dampak positif terhadap kelestarian ekosistem danau. Sempadan danau yang luas dapat dimanfaatkan sebagai kawasan alami seperti hutan konservasi. Dengan adanya ekosistem alami di sekitar danau maka keanekaragaman hayati baik pada ekosistem terestrial maupun akuatik dapat meningkat (Nikolaus *et al.* 2021). Selain itu, kawasan vegetasi di sekitar danau dapat mencegah air limpasan yang berasal dari area terbangun untuk masuk langsung ke dalam badan air dan menimbulkan sedimentasi.

Konversi lahan pertanian di sekitar danau yang dimanfaatkan untuk perluasan area hutan atau kawasan semi-alami dapat menurunkan risiko sedimentasi dan kandungan unsur hara seperti nitrogen dan fosfor yang dapat mengganggu kualitas air (Wei *et al.* 2020). Selain itu, penggunaan lahan untuk kawasan hutan di sekitar ekosistem air tawar mampu menjaga habitat satwa dan keanekaragaman hayati di sekitar ekosistem sungai maupun danau (Jean-Philippe *et al.* 2020). Hal ini dapat menjaga konektivitas dan keberlanjutan ekosistem biotik dan abiotik di sekitar danau. Kawasan alami di sekitar danau bahkan dapat menjadi daya tarik tambahan bagi pengunjung wisata. Adanya kegiatan berkemah, interpretasi alam, *tracking*, fotografi satwa dan *birdwatching* dapat menjadi alternatif wisata bagi danau-danau di negara 4 musim saat danau membeku (Aneseyee *et al.* 2022). Hal ini memungkinkan kawasan danau untuk mendapatkan kunjungan wisatawan sepanjang tahun.

Danau-danau di kawasan pertanian Indonesia memiliki jarak yang sangat dekat dengan badan air seperti halnya di Danau Limboto. Apabila tidak disertai dengan jalur vegetasi sebagai penyangga, risiko eutrofikasi pada badan air semakin meningkat. Terlebih lagi, eceng gondok merupakan tanaman invasif yang tumbuh subur di ekosistem air tawar Indonesia (Prasetyo *et al.* 2022). Konversi lahan pertanian menjadi kawasan alami seperti halnya di Polandia dan Tiongkok sulit dilakukan di Indonesia mengingat kebutuhan masyarakat akan pangan masih cukup tinggi. Pemanenan eceng gondok untuk digunakan sebagai pupuk merupakan salah satu upaya untuk mengurangi risiko degradasi danau di Indonesia (Pin *et al.* 2021). Pemanfaatan biomassa ini diharapkan juga dapat meningkatkan perekonomian penduduk sekitar. Selain itu, pemanfaatan batas minimal sempadan danau seluas 50 meter diharapkan dapat digunakan sebagai jalur vegetasi yang dapat mengurangi *input* polutan ke badan air.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Danau di kawasan pertanian menghadapi ancaman berupa penurunan kualitas air akibat aliran nutrisi yang berasal dari penggunaan pupuk. Alih fungsi lahan dan sedimentasi juga meningkatkan risiko terhadap penyusutan danau. Berdasarkan ulasan perbandingan beberapa negara mengenai kebijakan terkait perlindungan sempadan danau, Polandia mulai berfokus terhadap pengembangan sempadan danau menjadi jasa wisata dibandingkan dengan pemanfaatan kawasan pertanian.

Adanya pertimbangan ekonomi membuat masyarakat melakukan alih fungsi lahan pertanian menjadi wisata dan kawasan alami yang dianggap lebih menguntungkan. Kebijakan alih fungsi lahan ini memberikan dampak positif terhadap keberlanjutan ekosistem danau selama kawasan alami tidak mengalami konversi lahan. Pertumbuhan ekonomi di Tiongkok yang semakin meningkat dan disertai dengan degradasi lingkungan mendorong pemerintah untuk membuat program pengembalian ekosistem danau yang sempat mengalami penyusutan. Kebijakan ini bermanfaat untuk mengembalikan kelestarian ekosistem dan mendukung perbaikan lingkungan.

Di Indonesia, kebijakan terkait penggunaan lahan sempadan danau sudah tersedia. Namun, kebijakan tersebut belum sepenuhnya direalisasikan terutama di kawasan pertanian. Pada kasus Danau Limboto, lahan pertanian semakin meningkat sebagai imbas dari kebutuhan pangan. Oleh karena itu, dibutuhkan implementasi yang baik dari pemangku kepentingan agar lahan di sempadan danau dapat digunakan sesuai dengan kebijakan. Selain itu, diperlukan strategi khusus agar peningkatan lahan pertanian tidak menimbulkan degradasi danau.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Abdusalam YH, Sujaul IM, Karim MD, Salah MG, Ali MI and Ramli NI. 2019. Assessment of water quality in the Vicinity of Chini Lake, Malaysia. *Bangladesh Journal of Botany* 48(4):1037–46. doi: 10.3329/bjb.v48i4.49052.
- Aneseyee AB, Abebaw A and Haile BT. 2022. Identification of suitable sites for the community-based ecotourism developments in Abijiata-Shalla Lakes National Park, Ethiopia. *Remote Sensing Applications: Society and Environment* 26:100750. doi: 10.1016/j.rsase.2022.100750.
- Chen X, Chen Y, Shimizu T, Niu J, Nakagami K, Qian X, Jia B, Nakajima J, Han J and Li J. 2017. Water resources management in the urban agglomeration of the Lake Biwa Region, Japan: an ecosystem services-based sustainability assessment. *Science of the Total Environment* 586(1):174–187. doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.01.197.
- Fluet-Chouinard E, Messenger ML, Lehner B and Finlayson M. 2016. *Freshwater lakes and reservoirs*. Springer. Dordrecht.

- Furgała-Selezniow G, Jankun-Woźnicka M and Mika M. 2020. Lake regions under human pressure in the context of socio-economic transition in Central-Eastern Europe: the case study of Olsztyn Lakeland, Poland. *Land Use Policy* 90:104350. doi: 10.1016/j.landusepol.2019.104350.
- Furgała-Selezniow G, Jankun-Woźnicka M, Kruk M and Omelan A. 2021. Land use and land cover pattern as a measure of tourism impact on a lakeshore zone. *Land* 10(8):787. doi: 10.3390/land10080787.
- Furgała-Selezniow G, Jankun-Woźnicka M, Woźnicki P, Cai X, Erdei T and Boromisza Z. 2022. Trends in lakeshore zone development: a comparison of polish and Hungarian Lakes over 30-year period. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 19(4):2141. doi: 10.3390/ijerph19042141.
- Ho L and Goethals P. 2019. Opportunities and challenges for the sustainability of lakes and reservoirs in relation to the sustainable development goals (SDGs). *Water* 11(7):1–19. doi: 10.3390/w11071462.
- Jean-Philippe J, Anneville O, Arnaud F, Baulaz B, Bouffard D, Domaizon I, Bocaniov SA, Chèvre N, Dittrich M, Dorioz JM, Dunlop ES, Dur G, Guillard J, Guinaldo T, Jacquet S, Jamoneau A, Jawed Z, Jeppesen E, Krantzberg G, Lenters J, Leoni B, Meybeck M, Nava V, Nöges T, Nöges P, Patelli M, Pebbles V, Perga ME, Rasconi S, Ruetz CR, Rudstam L, Salmaso N, Sapna S, Straile D, Tammeorg O, Twiss MR, Uzarski D, Ventelä AM, Vincent WF, Wilhelm SW, Wängberg SA and Weyhenmeyer G. 2020. Scientists' warning to humanity: rapid degradation of the world's large lakes. *Journal of Great Lakes Research* 46(4):686–702. doi: 10.1016/j.jglr.2020.05.006.
- Jiang Y, Dinar and Hellegers P. 2018. Economics of social trade-off: balancing wastewater treatment cost and ecosystem damage. *Journal of Environmental Management* 211:42–52. doi: 10.1016/j.jenvman.2018.01.047.
- Keppeler FW, Souza AC, Hallwass G, Begossi A, Almeida MC, Isaac VJ and Silvano RAM. 2018. Ecological influences of human population size and distance to urban centres on fish communities in tropical lakes. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 28(5):1030–43. doi: 10.1002/aqc.2910.

- Kimijima S, Sakakibara M, Amin AKM, Nagai M and Arifin YI. 2020. Mechanism of the rapid shrinkage of Limboto Lake in Gorontalo, Indonesia. *Sustainability* 12(22):1–14. doi: 10.3390/su12229598.
- Li G, Chen W, Zhang X, Yang Z, Bi P and Wang Z. 2022. Ecosystem service values in the dongting lake eco-economic zone and the synergistic impact of its driving factors. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 19(5):3121. doi: 10.3390/ijerph19053121.
- Luo Z, Hu X, Li M, Yang J and Wen C. 2019. Centralization or decentralization of environmental governance-evidence from China. *Sustainability* 11(24):1–20. doi: 10.3390/SU11246938.
- Morlock MA, Vogel H, Nigg V, Ordoñez L, Hasberg A, Melles M, Russell JM and Bijaksana S. 2019. Climatic and tectonic controls on source-to-sink processes in the tropical, ultramafic catchment of Lake Towuti, Indonesia. *Journal of Paleolimnology* 61(3):279–95. doi: 10.1007/s10933-018-0059-3.
- Nikolaus R, Schafft M, Maday A, Klefoth T, Wolter C and Arlinghaus R. 2021. Status of aquatic and riparian biodiversity in artificial lake ecosystems with and without management for recreational fisheries: implications for conservation. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 31(1):153–72. doi: 10.1002/aqc.3481.
- PerMenPUPR (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat) Nomor 28/PRT/M/2015 tahun 2015 tentang penetapan garis sempadan sungai dan garis sempadan danau Republik Indonesia.
- Pin LA, Pennink BJW, Balsters H and Sianipar CPM. 2021. Technological appropriateness of biomass production in rural settings: addressing water hyacinths (*E. crassipes*) problem in Lake Tondano, Indonesia. *Technology in Society* 66:101658. doi: 10.1016/j.techsoc.2021.101658.
- Prasetyo S, Anggoro S and Soeprbowati TR. 2022. Water hyacinth *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms management in Rawapening Lake, Central Java. *Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation - International Journal of the Bioflux Society* 15(1).

- Rizal A, Subiyanto, Juahir H and Lananan F. 2019. Freshwater governance on Limboto Lake in Gorontalo Province of Indonesia. *Indian Journal of Public Health Research and Development* 10(4):782. doi: 10.5958/0976-5506.2019.00798.8.
- Schmidt M, Gonda R and Transiskus S. 2021. Environmental degradation at Lake Urmia (Iran): exploring the causes and their impacts on rural livelihoods. *GeoJournal* 86(5):2149–2163. doi: 10.1007/s10708-020-10180-w.
- Schueler T and Simpson J. 2001. Why urban lakes are different. *Watershed Protection Techniques* 3(4):747–750.
- Spears BM, Hamilton DP, Pan Y, Zhaosheng C and May L. 2022. Lake management: is prevention better than cure?. *Inland Waters* 12(1):173–186. doi: 10.1080/20442041.2021.1895646.
- Turkowski K. 2017. Governance of publicly owned lakes in poland - the current state and underlying conditions. *Economics and Environment* 1(60):92–102.
- Waisová Š. 2018. The environmental situation in the Visegrad Region: neglect and insufficient cooperation in the face of serious environmental threats. *Politics in Central Europe* 14(2):57–73. doi: 10.2478/pce-2018-0009.
- Wei W, Gao Y, Huang J and Gao J. 2020. Exploring the effect of basin land degradation on lake and reservoir water quality in China. *Journal of Cleaner Production* 268:122249. doi: 10.1016/j.jclepro.2020.122249.
- Wen C, Zhan Q, Zhan D, Zhao H and Yang C. 2021. Spatiotemporal evolution of lakes under rapid urbanization: a case study in Wuhan, China. *Water* 13(9):1171. doi: 10.3390/w13091171.
- Wondie a. 2018. Ecological conditions and ecosystem services of wetlands in the Lake Tana Area, Ethiopia. *Ecohydrology and Hydrobiology* 18(2):231–44. doi: 10.1016/j.ecohyd.2018.02.002.
- Xie C, Huang X, Wang L, Fang X and Liao W. 2018. Spatiotemporal change patterns of urban lakes in China's major cities between 1990 and 2015. *International Journal of Digital Earth* 11(11):1085–1102. doi: 10.1080/17538947.2017.1374476.
- Yani A, Amin M, Rohman F, Suarsini E and Haerunnisa. 2019. Water quality and pollution index of Lake Tempe in South Sulawesi, Indonesia. *Pollution Research* 38(3):568–574.

Zou YA, Zhang PY, Zhang SQ, Chen CS, Li F, Deng ZM, Yang S, Zhang H, Li FY and Xie YH. 2019. Crucial sites and environmental variables for wintering migratory waterbird population distributions in the natural wetlands in East Dongting Lake, China. *Science of the Total Environment* 655:147–157. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.11.185.

Penilaian daya dukung daratan permukiman sensitif gempa Panjangrejo, Pundong, Bantul, DIY

Evaluation of the carrying capacity of residential land prone to earthquake Panjangrejo, Pundong, Bantul, DIY

Fairus Jelita Regita Putri¹, Johan Danu Prasetya^{1*}, Dian Hudawan Santoso¹

¹Jurusan Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran", Yogyakarta, Indonesia

Abstrak.

Kecamatan Pundong merupakan pusat gempa bumi bermagnitudo 6,3 SR dengan kedalaman dangkal sekitar 10 kilometer yang terjadi pada tahun 2006. Menurut statistik korban gempa tektonik di Kecamatan Pundong, 152 orang tewas di Desa Panjangrejo, 696 jiwa luka parah, dan 1.220 jiwa luka ringan. Sebanyak 2.704 rumah hancur, dan 2.293 rusak berat. Penelitian bertujuan menelaah daya dukung lahan di daerah rawan gempa. Jika properti hunian dikembangkan melebihi daya dukung lahan, maka akan berdampak negatif terhadap kualitas lingkungan bahkan dapat menyebabkan bencana alam. Beberapa data fisik digabungkan menggunakan teknik *overlay*. Berdasarkan kategorisasi tingkat daya dukung lahan untuk kawasan permukiman, diperoleh hasil bahwa daya dukung kawasan permukiman di Desa Panjangrejo yang terkena gempa, Kecamatan Pundong, Kabupaten Bantul terbagi dalam dua kelas yaitu sesuai dan kurang sesuai. Lahan perumahan kelas I (sesuai) seluas 2.897.050 m² dengan daya dukung 54%, sedangkan lahan perumahan kelas II (kurang sesuai) seluas 2.498.076 m² dengan daya dukung 46%.

Kata kunci: daya dukung, permukiman, rawan bencana, gempa

Abstract.

The Pundong District was the epicenter of a magnitude 6.3 SR earthquake with a shallow depth of around 10 kilometers that occurred in 2006. According to statistics on tectonic earthquake casualties in the Pundong sub-district, 152 people were killed in the village of Panjangrejo, 696 people were badly injured, and 1,220 people sustained minor injuries. There were a total of 2,704 homes destroyed, and 2,293 were severely damaged. The aim of the research was to assess the carrying capacity of the land in earthquake-prone populated areas. If residential property is developed in excess of the land's carrying capacity, it will have a negative influence on environmental quality and may even cause natural disasters. Multiple physical data were combined using the overlay technique. On the basis of the categorization of the level land carrying for settlement area, the results indicate that the carrying capacity for settlement area in the earthquake affected Panjangrejo Village, Pundong District, Bantul Regency falls into two classes: appropriate and less suitable. Class I (appropriate) residential land is 2,897,050 m² with a 54% carrying capacity, whereas class II (less suitable) residential land is 2,498,076 m² with a 46% carrying capacity.

Keywords: carrying capacity, settlement, disaster, earthquake

1. PENDAHULUAN

Peningkatan perkembangan penduduk pada Kelurahan Panjangrejo terus meningkat setiap tahunnya (BPS 2020). Padatnya penduduk suatu wilayah hampir selalu berpengaruh pada kota-kota tersebut. Karena peningkatan populasi, terdapat kebutuhan yang signifikan untuk rumah baru. Sekalipun jumlah lahan yang tersedia terbatas, perubahan penggunaan lahan, seperti penggunaan lahan, tidak dapat dihindari selama proses pembangunan (Septiono dan Mussadun 2016). Jika pembangunan rumah melebihi daya dukung lahan yang ada, maka dapat menimbulkan komplikasi. Oleh karena itu, keadaan tanah harus dinilai secara cermat sehingga tidak menimbulkan kerugian bagi banyak pihak seperti rusaknya lingkungan (Syam 2018).

*Korespondensi Penulis
Email : johan.danu@upnyk.ac.id

Kelurahan Panjangrejo merupakan kelurahan yang terdapat di dalam wilayah administrasi Kapanewon Pundong. Pada tahun 2006 pernah terjadi gempa bumi dengan kekuatan gempa 6,3 SR dengan episentrum yang memiliki kedalaman dangkal kurang lebih 10 km yang berada di wilayah Kapanewon Pundong (Marsell 2016). Menurut informasi yang dihimpun dari korban gempa tektonik Kapanewon Pundong tahun dua ribu enam di Desa Panjangrejo, tercatat 152 warga wafat, 696 terluka parah, dan 1.288 terluka ringan. Terdapat 2.704 bangunan runtuh dan 2.293 bangunan rusak berat.

Berdasarkan rincian rencana tata ruang Pundong Kapanewon tahun 2010-2030 yang disusun oleh Dinas Pekerjaan Umum atas nama Pemerintah Kabupaten Bantul, kawasan Pundong Kapanewon memiliki tipologi tipikal E yang apabila diterjemahkan sebagai kawasan dengan intensitas gempa tinggi, dengan bebatuan dan lereng yang rentan terhadap guncangan gempa. Gempa tersebut menyebabkan kerusakan yang luas di seluruh wilayah. Jika daya dukung tanah dianggap tidak cocok untuk tempat tinggal, orang-orang di sekitarnya mungkin dalam bahaya (Okta *et al.* 2021).

Berdasarkan permasalahan tersebut, diperlukan penelitian dengan tujuan untuk menentukan daya dukung lahan di daerah rawan gempa, seperti Desa Panjangrejo, Pundong, Bantul, dan Daerah Istimewa Yogyakarta. Apabila suatu lahan pemukiman sedang dalam pengembangan dan tidak sesuai dengan daya dukung lahan, maka kualitas lingkungan sekitar menjadi buruk dan memicu terjadinya bencana alam (Umar *et al.* 2017). Studi ini menghitung daya dukung permukiman berdasarkan kriteria yang berhubungan langsung dengan aktivitas permukiman, seperti curah hujan di wilayah studi, jenis tanah yang mudah tererosi, kelerengan, pemanfaatan lahan, dan jenis batuan (Tumanken *et al.* 2018), faktor kegempaan dan juga jauhnya dari sesar (PerMenPU Nomor 21 Tahun 2007).

Diharapkan temuan studi ini akan memastikan bahwa pengembangan lahan perumahan tetap sesuai dengan peruntukan dan daya dukung lingkungan (DDL). Hal ini agar jika terjadi sebuah bencana tidak ada korban dan kerusakan yang fatal. Diharapkan pula dapat memberikan informasi kepada masyarakat dan pemerintah tentang daya dukung lahan pemukiman.

2. METODOLOGI

2.1. Lokasi kajian dan waktu penelitian

Tempat riset dilakukan di daerah Kelurahan Panjangrejo, Kapanewon Pundong, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta yang dilaksanakan di bulan Agustus-Desember 2021.

2.2. Sumber data

Data sekunder dan data primer dikumpulkan pada riset ini. Data sekunder dipakai untuk mendukung pelaksanaan riset. Data sekunder digunakan untuk melengkapi data primer, yang kemudian di-*cross check* dengan mengamati, mengukur, mencatat, dan memetakan data untuk memastikan bahwa data yang ada secara akurat mencerminkan keadaan di lapangan (Santoso *et al.* 2020) (**Tabel 1**).

Tabel 1. Data yang digunakan.

No	Parameter	Sumber data sekunder	Sumber data primer
1	Curah hujan (CH)	BBWS Serayu Opak	Analisis curah hujan
2	Jenis tanah yang mudah tererosi	Peta jenis tanah, BPN Provinsi	Memeriksa kembali hasil dari analisis tekstur, peta citra, topografi, dan pemetaan
3	Kelerengan	Analisis peta RBI Pundong skala 1:25.000 dan topografi	Memeriksa kembali hasil dari analisis peta citra, topografi, dan pemetaan
4	Penggunaan Lahan	Analisis peta RBI Pundong skala 1 : 25.000 dan citra satelit	Memeriksa kembali hasil dari analisis peta citra, pemanfaatan lahan, dan pemetaan
5	Jenis Batuan	Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi untuk Peta geologi DIY skala 1 :100.000	Memeriksa kembali hasil dari analisis peta citra, topografi, dan pemetaan
6	Bencana gempa bumi	BMKG dan literatur jurnal	Menganalisis citra satelit dengan BMKG dan literatur jurnal

2.3. Metode

Penelitian ini menggunakan metodologi kuantitatif yang menggabungkan teknik survei dan pemetaan lapangan, serta metode evaluasi daya dukung dan *overlay*. Metode seperti pemetaan dan survei lapangan digunakan untuk memperoleh data primer, yang kemudian direferensikan silang dengan data sekunder yang telah dihasilkan pada tahap sebelumnya. Keadaan terkini di wilayah penelitian diamati, diukur, diperiksa dan dicatat selama kunjungan lapangan (Husin *et al.* 2017).

Setelah itu, data ditampilkan sebagai peta dasar yang memungkinkan inspeksi langsung dilakukan. Data seperti penggunaan lahan, topografi, jenis tanah, satuan batuan, dan kelerengan merupakan contoh informasi yang dapat diperoleh melalui prosedur survei dan pemetaan lapangan. Pembuatan satuan kemampuan lahan, yang kemudian di-*overlay* pada berbagai peta dan variabel berpengaruh terhadap daya dukung lahan. Hal ini dilakukan dengan menggunakan metode evaluasi daya dukung (Wirawan *et al.* 2019). Metode evaluasi menggunakan teknik *overlay*, yaitu suatu jenis analisis spasial yang melibatkan pelapisan beberapa peta terkait variabel-variabel yang mempengaruhi evaluasi daya dukung kawasan permukiman rawan gempa pada Kelurahan Panjangrejo. Perangkat analisis yang digunakan dalam penelitian yaitu perangkat lunak GIS (*Geographic Information System*).

Tabel 2. Harkat untuk DDL di pemukiman.

No	Parameter fisik	Nilai minimum	Nilai maksimum
1	Curah hujan (CH)	1	5
2	Jenis tanah terhadap erosi	1	5
3	Kemiringan lereng	1	5
4	Penggunaan lahan	1	5
5	Jenis batuan	1	5
6	Faktor kegempaan	1	4
7	Jarak terhadap sesar	1	4
Jumlah		7	33

Selisih skor tertinggi dan terendah dihitung, kemudian kedua angka dijumlahkan. Cara ini adalah untuk mendapatkan interval untuk kategori daya dukung tertentu. Setelah itu, temuan yang diperoleh dibagi dengan jumlah kelas yang diperiksa seperti pada **Persamaan 1**. Berpatokan pada daya dukung ditinjau dari interval kelas, selanjutnya kelas daya dukung tanah di permukiman ditentukan pada **Tabel 3**.

$$\begin{aligned} \text{Interval kelas daya dukung} &= \frac{\Sigma \text{Nilai Skor Maksimum} - \Sigma \text{Nilai Skor Minimum}}{\text{Jumlah Kelas}} \\ &= \frac{33-7}{3} = 8,6 \sim 8 \text{ (Husin et al. 2017).....(1)} \end{aligned}$$

Tabel 3. Tingkat kelas DDL di pemukiman.

No	Interval total harkat	Kriteria daya dukung	Kelas
1	Sesuai	7-15	I
2	Kurang sesuai	16-24	II
3	Tidak Sesuai	25-33	III

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penilaian daya dukung lahan masyarakat menggunakan 7 (tujuh) karakteristik, antara lain: curah hujan (CH), jenis tanah yang mudah tererosi, kelerengan, penggunaan lahan, jenis batuan, faktor seismik, dan jarak dari patahan. Atas dasar temuan tumpang tindih ketujuh faktor tersebut, **Tabel 4** menampilkan sejumlah disparitas dalam kriteria skor keseluruhan. Wilayah penelitian Desa Panjanglejo memiliki curah hujan (CH) sebesar 2.136 mm/tahun antara tahun 2010 sampai dengan tahun 2019, menempatkannya pada kategori tinggi untuk fitur lahan dan menempatkannya pada kategori nilai 5.

Jenis tanah latosol dan aluvial merupakan jenis tanah daerah penelitian yang termasuk dalam kategori yang kurang rentan terhadap masalah erosi. Tanah jenis latosol memiliki permeabilitas yang relatif tinggi karena konsistensinya yang gembur dan teksturnya yang mirip pasir. Hal ini dapat dijelaskan dengan fakta bahwa tanah aluvial diberi peringkat 1, termasuk dalam kategori kelas dua karena kemampuannya untuk melewatkan air dengan cukup bebas, sehingga kemungkinan terjadinya erosi cukup kecil. Kombinasi bahan yang mengandung banyak nutrisi bermanfaat bagi tanaman inilah yang menyebabkan tanah aluvial mendominasi di dekat aliran besar (Rehulina 2014).

Kemiringan daerah penelitian berkisar dari dataran hingga landai termasuk dalam kategori baik dan memiliki persentase 0-5%. Lereng ini diberi peringkat 1 yang menunjukkan sangat baik hingga peringkat 2 yang menunjukkan kategori baik. Karena topografi daerah penelitian sebagian besar datar, maka kemampuan mengangkat butiran tanah cukup efektif karena kecepatan aliran permukaan cenderung menjadi minimal di tempat datar (Saputri 2010).

Magnitudo gempa tahun 2006 yang terjadi di wilayah studi adalah 6,3 Skala Richter. Jika dicermati pada skala MMI (*Modified Mercalli Intensity*) tergolong dalam skala IX (sembilan) yang menunjukkan apabila struktur dengan fondasi yang kurang baik akan mengalami keruntuhan, sedangkan bangunan dengan fondasi yang kokoh akan mengalami kerusakan yang sangat parah, sehingga menghasilkan *rating score* sebesar 4.

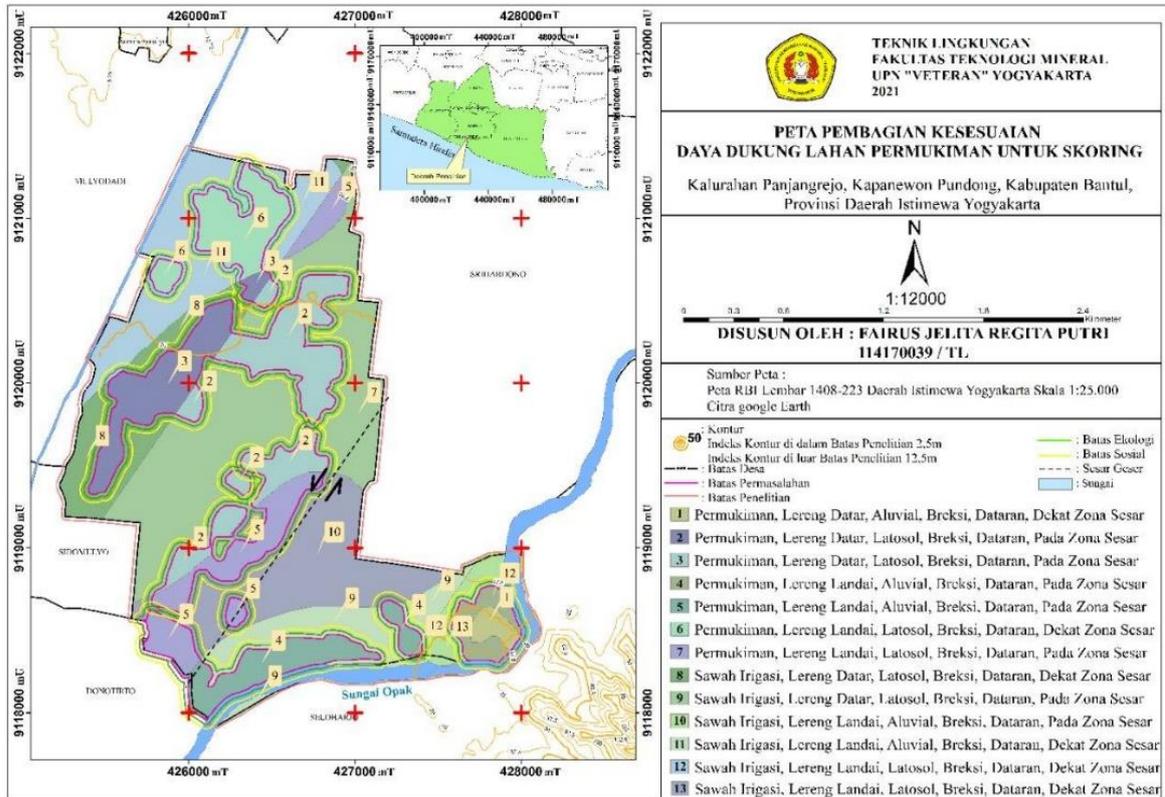
Tabel 4. Pengharkatan DDL permukiman.

No	Curah hujan	Nilai	Jenis tanah	Nilai	Kemiringan	Nilai	Penggunaan lahan	Nilai	Jenis batuan	Nilai	Faktor kegempaan	Nilai	Jarak sesar	Nilai	Total Nilai	Ket
1	2.136	5	Aluvial	1	Dataran	1	Permukiman	2	Breksi	1	Skala MMI (IX)	4	Pada	4	15	Sesuai
2	2.136	5	Latosol	2	Dataran	1	Permukiman	2	Breksi	1	Skala MMI (IX)	4	Pada	4	16	Kurang Sesuai
3	2.136	5	Latosol	2	Dataran	1	Permukiman	2	Breksi	1	Skala MMI (IX)	4	Dekat	2	14	Sesuai
4	2.136	5	Aluvial	1	Landai	2	Permukiman	2	Breksi	1	Skala MMI (IX)	4	Pada	4	16	Kurang Sesuai
5	2.136	5	Aluvial	1	Landai	2	Permukiman	2	Breksi	1	Skala MMI (IX)	4	Pada	4	16	Kurang Sesuai
6	2.136	5	Latosol	2	Landai	2	Permukiman	2	Breksi	1	Skala MMI (IX)	4	Dekat	2	15	Sesuai
7	2.136	5	Latosol	2	Landai	2	Permukiman	2	Breksi	1	Skala MMI (IX)	4	Pada	4	17	Kurang Sesuai
8	2.136	5	Latosol	2	Dataran	1	Sawah	1	Breksi	1	Skala MMI (IX)	4	Dekat	2	13	Sesuai
9	2.136	5	Latosol	2	Dataran	1	Sawah	1	Breksi	1	Skala MMI (IX)	4	Pada	4	15	Sesuai
10	2.136	5	Aluvial	1	Landai	2	Sawah	1	Breksi	1	Skala MMI (IX)	4	Pada	4	15	Sesuai
11	2.136	5	Aluvial	1	Landai	2	Sawah	1	Breksi	1	Skala MMI (IX)	4	Dekat	2	13	Sesuai
12	2.136	5	Latosol	2	Landai	2	Sawah	1	Breksi	1	Skala MMI (IX)	4	Pada	4	16	Kurang Sesuai
13	2.136	5	Latosol	2	Landai	2	Sawah	1	Breksi	1	Skala MMI (IX)	4	Pada	4	16	Kurang Sesuai

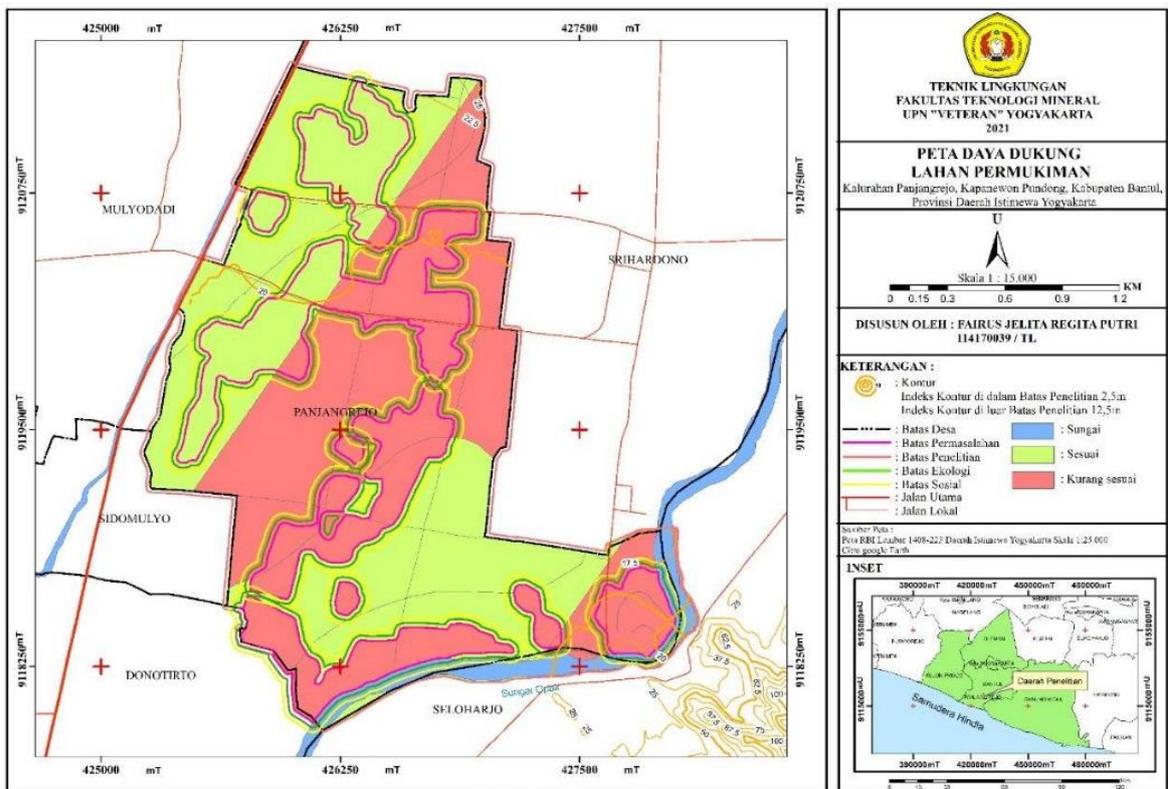
Jarak ke patahan di daerah yang diteliti dibagi menjadi dua kategori: daerah yang tidak stabil adalah yang lebih dekat dengan sesar, dengan jarak ≤ 1 km dan daerah yang stabil adalah yang lebih jauh, sekitar 1 – 10 km dari zona patahan. Kedua kategori ini termasuk dalam zona patahan. Dimungkinkan untuk memberi label area ini sebagai area yang kurang stabil. **Gambar 1** menunjukkan bahwa wilayah 1, 12, dan 13 termasuk dalam jarak 1 kilometer. Namun demikian, nilai skor 4 menunjukkan bahwa jaraknya kurang dari 1 kilometer. Menurut tata ruang Kapanewon Pundong secara menyeluruh, wilayah tersebut merupakan lokasi yang paling rawan gempa karena berdekatan langsung dengan Sesar Kali Opak.

Wilayah 1 tidak hanya merupakan kawasan seismik gempa yang tinggi, tetapi juga merupakan dataran banjir, sehingga klasifikasinya dianggap tidak sesuai terhadap daya dukung lahan untuk permukiman. Oleh karena itu, kualitas lahan yang layak huni dapat terkena dampak negatif dari kemungkinan terjadinya bencana alam seperti banjir. Berdasarkan **Gambar 2**, daya dukung tanah kelas I (satu) untuk permukiman sudah sesuai, namun daya dukung tanah kelas II (dua) untuk permukiman tidak sesuai untuk peruntukan lahan permukiman. Daya dukung lahan pemukiman kelas I (satu) adalah 2.897.050 m² dengan persentase 54%, sedangkan kelas II (dua) daya dukung lahan pemukiman adalah 2.498.076 m² dengan persentase 46%.

Mengingat persentase lahan pemukiman yang rentan terhadap bencana cukup besar, kesadaran dan pemahaman masyarakat akan potensi terjadinya bencana serta pengelolaan dalam mitigasi bencana menjadi penting. Menurut Morib (2013), upaya mitigasi bencana gempa dalam bentuk peraturan yang diterapkan berdasarkan proses *lesson learn* dari kejadian gempa sebelumnya perlu dilakukan oleh kolaborasi pemerintah, para ahli dan masyarakat. Peraturan tersebut menjadi sebuah pedoman bagi para pelaku bidang konstruksi untuk membangun struktur bangunan yang tahan gempa. Tidak sedikit ahli struktur menggunakan peta zonasi nasional yang bersifat global karena keterbatasan data dan informasi peta zonasi pada level lokal. Ketersediaan data dan informasi zonasi kerentanan gempa pada level lokal akan mengoptimalkan perencanaan pembebanan gempa yang dirancang sedemikian rupa sesuai kondisi pada masing-masing wilayah agar tidak terjadi kerusakan struktur atau kerusakan arsitektural setiap kali terjadi gempa (Prihatmaji *et al.* 2013).



Gambar 1. Peta overlay daya dukung lahan permukiman.



Gambar 2. Peta daya dukung lahan permukiman.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan pada klasifikasi kelas untuk tingkat daya dukung lahan untuk permukiman, daerah penelitian tergolong pada kelas kesesuaian I (sesuai) dengan parameter pendukung penggunaan lahan dan kemiringan lereng yang stabil mempengaruhi kestabilan dalam konstruksi bangunan, menempati luas wilayah 54%. Kelas II (kurang sesuai) dengan parameter pendukung jarak terhadap sesar menempati luas wilayah 46%. Disarankan agar kawasan permukiman yang rawan gempa dibangun dengan fondasi tahan gempa. Jika kawasan tersebut sudah berkembang, disarankan untuk mengupayakan mitigasi bencana gempa bumi yang dilaksanakan sebelum, pada saat gempa bumi dan setelah bencana gempa.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [BPS] Badan Pusat Statistik Kabupaten Bantul. 2020. Kecamatan Pundong dalam angka 2020. Badan Pusat Statistik Kabupaten Bantul. Kabupaten Bantul.
- Husin P, Sela R dan Tilaar S. 2017. Pengembangan kawasan permukiman perkotaan di Kecamatan Kaidipang. *SPASIAL: Perencanaan Wilayah dan Kota* 4:173–184.
- Marsell R. 2016. Zonasi daerah rawan gempa bumi di Kecamatan Pundong, Bantul berdasarkan pendekatan geomorfologi. *Majalah Geografi Indonesia* 27(1):11–25.
- Morib MA. 2013. Mitigasi bencana dan analisis resiko gempa pada bangunan gedung di Yogyakarta. *Jurnal Fakultas Teknik UKRIM* 1:63-72.
- Okta R, Wicaksono AP dan Lukito H. 2021. Analisis kesesuaian lahan untuk kawasan permukiman di Dusun Gorangan Lor, Desa Kalisalak, Kecamatan Salaman, Kabupaten Magelang, Provinsi Jawa Tengah [Prosiding]. Seminar Nasional Teknik Lingkungan Kebumihan Ke-III. Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta. Yogyakarta.
- PerMenPU (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum) Nomor 21 Tahun 2007 tentang pedoman penataan ruang kawasan rawan letusan gunung berapi dan kawasan rawan gempa bumi.
- Prihatmaji YP, Pramono WB dan Nugroho CA. Penyuluhan bangunan rumah tahan gempa sebagai optimalisasi mitigasi gempa bumi. *Jurnal Inovasi dan Kewirusahaan* 2(3):233-239.

- Rehulina EJ. 2014. Pengaruh jenis tanah terhadap pertumbuhan tanaman anggur (*Vitis vinifera*) varietas Jestro AG 86 di dalam pot [Skripsi]. Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sanata Dharma. Yogyakarta.
- Santoso DH, Prasetya JD dan Rahman D. 2020. Analisis daya dukung lingkungan hidup berbasis jasa ekosistem penyediaan air bersih di Pulau Karimunjawa. *Jurnal Ilmu Lingkungan* 18(2):290–296.
- Saputri DE. 2010. Analisis kemampuan lahan dengan menggunakan penginderaan jauh dan sistem informasi geografi di DAS Grindulu Pacitan, Provinsi Jawa Timur [Skripsi]. Program Studi Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Septiono DS dan Mussadun M. 2016. Model perubahan penggunaan lahan untuk mendukung rencana pengelolaan kesatuan pengelolaan hutan (studi kasus KPH Yogyakarta). *Jurnal Pembangunan Wilayah dan Kota* 12(3):277.
- Syam AL. 2018. Kesesuaian lahan permukiman di wilayah pesisir Kecamatan Galesong Utara Kabupaten Takalar [Skripsi]. Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Gowa.
- Tumanken F, Papija FJC dan Moniaga IL. 2018. Analisis peruntukan lahan permukiman berdasarkan kesesuaian lahan di Kecamatan Airmadidi. *SPASIAL: Perencanaan Wilayah dan Kota* 5(2):162–170.
- Umar I, Widiatmaka W, Pramudya B dan Barus B. 2017. Evaluasi kesesuaian lahan untuk kawasan permukiman dengan metode multi criteria evaluation di Kota Padang. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan* 7(2):148–154.
- Wirawan RR, Kumurur VA dan Warouw F. 2019. Daya dukung lingkungan berbasis kemampuan lahan di Kota Palu. *SPASIAL: Perencanaan Wilayah dan Kota* 6(1):137–148.

Kajian laju timbunan sampah di Yogyakarta selama pandemi *Covid-19* *Study of waste generation rates in Yogyakarta during the Covid-19 pandemic*

Sapta Suhardono¹, Iva Yenis Septiariva², Mega Mutiara Sari³, I Wayan Koko Suryawan^{3*}

¹Fakultas MIPA, Universitas Sebelas Maret, Surakarta, Indonesia

²Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Surakarta, Indonesia

³Fakultas Perencanaan Infrastruktur, Universitas Pertamina, Jakarta, Indonesia

Abstrak.

Pandemi *Covid-19* mengakibatkan pembatasan kegiatan masyarakat selama sehari-hari. Termasuk wilayah Yogyakarta yang terkenal akan wisata dan pusat pendidikan. Pembatasan kegiatan ini secara tidak langsung memungkinkan perubahan laju timbunan sampah. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui perubahan timbunan sampah yang dihasilkan di Yogyakarta selama pandemi dan sebelumnya. Penelitian ini menggunakan data sekunder untuk data timbunan sampah dan jumlah penduduk di Kota Yogyakarta, Kabupaten Sleman, dan Kabupaten Gunungkidul. Analisa menggunakan ANOVA dengan perangkat lunak. Timbunan sampah di wilayah kabupaten cenderung menurun dibandingkan dengan wilayah perkotaan. Tetapi dari laju timbunan sampah Kota Yogyakarta cenderung mengalami penurunan, sedangkan di wilayah kabupaten mengalami peningkatan. Hasil uji ANOVA tidak terjadi perubahan signifikan terhadap timbunan sampah selama pandemi *Covid-19*. Hal ini perlu menjadi perhatian bahwa penurunan timbunan sampah tidak selalu diikuti dengan penurunan laju timbunan sampah.

Kata kunci: timbunan sampah, laju timbunan sampah, *Covid-19*, Yogyakarta

Abstract.

The *Covid-19* pandemic has resulted in restrictions on people's daily activities. Including the Yogyakarta area which is famous for its tourism and education center. Changes indirectly allow changes in the rate of waste generation. The purpose of this study was to determine changes in the generation of waste generated in Yogyakarta during the pandemic and before. This study uses secondary data for data on waste generation and population in Yogyakarta City, Sleman Regency, and Gunung Kidul Regency. Analysis was performed using analysis of variance (ANOVA) with software. Waste generation in district areas tends to decrease compared to urban areas. However, judging from the rate of waste generation, the Yogyakarta City tends to decrease, while in the district it is increasing. When viewed from the ANOVA test, there was no significant change in waste generation during the *Covid-19* pandemic. This also needs to be a concern where a decrease in waste generation is not always followed by a decrease in the rate of waste generation.

Keywords: waste generation, waste generation rate, *Covid-19*, Yogyakarta

1. PENDAHULUAN

Sejak awal pandemi mengakibatkan penutupan bisnis dan sekolah, banyak dari kita bertanya-tanya bagaimana pandemi *Covid-19* dapat mengubah timbunan dan komposisi sampah (Naughton 2020; Suryawan *et al.* 2021; Vanapalli *et al.* 2021; Sari *et al.* 2022a; Sari *et al.* 2022b; Septiariva *et al.* 2022). Beberapa penelitian mungkin berhipotesis bahwa pandemi akan menambah atau mengurangi timbunan sampah dan itu mungkin tergantung pada lokasi (Naughton 2020). Di satu sisi, bisnis besar dan sekolah ditutup yang biasanya menghasilkan volume sampah yang besar. Di sisi lain, tidak semua bisnis tutup total, dan timbunan limbah rumah tangga, medis, dan pertanian di beberapa daerah meningkat (Sarbatly and Sariau 2022).

*Korespondensi Penulis
Email : i.suryawan@universitaspertamina.ac.id

Tujuan dari perspektif ini adalah untuk memberikan perhatian pada kebutuhan akan data dan pemikiran sistem pengelolaan sampah secara *real-time* yang lebih baik dalam konteks pandemi *Covid-19* dan seterusnya. Sampah perkotaan menjadi permasalahan di beberapa kota di Indonesia termasuk Provinsi Yogyakarta. Di Yogyakarta, TPA Piyungan memiliki daya dukung yang terbatas (Jayadi *et al.* 2021). Di sisi lain, berdasarkan peta tata guna lahan kota Yogyakarta yang ada, Yogyakarta tidak memiliki kawasan untuk TPA (Utami *et al.* 2018). Pemisahan dan daur ulang sampah secara legal telah dihentikan sepenuhnya setelah wabah *Covid-19*, sementara pemisahan dan daur ulang sampah secara ilegal masih berlangsung. Penangguhan program pemisahan dan daur ulang sampah di Yogyakarta karena risiko penyebaran virus *Covid-19* baru di stasiun pemindahan sampah padat dan fasilitas daur ulang.

Covid-19 dapat menimbulkan efek langsung dan tidak langsung yang berbeda terhadap lingkungan (Zambrano-Monserrate *et al.* 2020). Di antara berbagai masalah lingkungan, pengelolaan limbah padat perkotaan adalah masalah lingkungan yang paling menantang di Yogyakarta selama pandemi *Covid-19*. Penanganan sampah yang tidak berkelanjutan di banyak negara berkembang dapat membuat lebih rentan terhadap kemungkinan penyebaran virus *Covid-19* melalui praktik pengelolaan sampah (Kulkarni & Anantharama 2020; Ganguly & Chakraborty 2021; Sarkodie and Owusu 2021). Tujuan dari studi ini adalah untuk melihat apakah terdapat perbedaan timbulan sampah selama pandemi dan sebelum pandemi di Yogyakarta.

2. METODOLOGI

2.1. Lokasi kajian dan waktu penelitian

Yogyakarta secara geografis terletak antara 07°33'-08°12' LS dan 110°00'-110°50' BT. Terletak di selatan-tengah Pulau Jawa serta berbatasan dengan Samudera Hindia di selatan dan Provinsi Jawa Tengah di sisi lain. Memiliki luas wilayah 3.185,8 km² dan terdiri dari lima kabupaten/kota, yaitu Kabupaten Sleman, Kabupaten Bantul, Kabupaten Gunungkidul, Kabupaten Kulonprogo dan Kota Yogyakarta (**Gambar 1**). Terbagi menjadi 78 kecamatan dan 438 desa.



Gambar 1. Lokasi wilayah studi Yogyakarta.

Sumber: KemenPUPR (2022).

Penelitian ini menggunakan data yang telah dipublikasi pada Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional dari tahun 2019 sampai tahun 2020. Data jumlah penduduk didapatkan dari BPS Provinsi DI Yogyakarta (2021) yang disajikan pada **Tabel 1**. Data timbulan sampah yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder, timbulan sampah sebelum pandemi diwakili pada tahun 2019, sedangkan data saat pandemi menggunakan data timbulan sampah pada tahun 2020 dan 2021.

Tabel 1. Data jumlah penduduk dan timbulan sampah beberapa wilayah di Yogyakarta.

Tahun	Lokasi	Jumlah penduduk ¹	Timbulan sampah (ton/hari) ²
2019	Kabupaten Gunungkidul	387.990	360,74
2020	Kabupaten Gunungkidul	392.871	360,74
2021	Kabupaten Gunungkidul	397.792	43,9
2019	Kabupaten Sleman	610.455	699,12
2020	Kabupaten Sleman	619.192	701,95
2021	Kabupaten Sleman	628.023	703,79
2019	Kota Yogyakarta	222.483	361,96
2020	Kota Yogyakarta	225.406	360,79
2021	Kota Yogyakarta	228.355	325,02

Sumber: ¹BPS Provinsi Yogyakarta (2021); ²KLHK (2021).

Timbulan sampah per kapita adalah aspek terpenting bagi pengambil keputusan dalam pengelolaan. Informasi ini membantu mengidentifikasi komponen limbah yang menjadi target program pengurangan sumber dan daur ulang. Perhitungan *rate* timbulan sampah dapat dilakukan dengan **Persamaan 1** (Tchobanoglous *et al.* 1993).

$$\frac{\text{Total Waste Generation (kg/day)}}{\text{Total Population (Cap)}} \dots\dots\dots (1)$$

2.2. Prosedur analisis data

Analisis statistik univariat ANOVA dilakukan pada variabel tahun dan jenis wilayah terhadap timbulan sampah di Yogyakarta. Uji ANOVA dapat menunjukkan jika ada perbedaan yang signifikan antara rata-rata kelompok secara statistik tetapi tidak menunjukkan dimana letak perbedaannya. Analisis ini dilakukan dengan tingkat signifikansi 5%.

Pada uji ANOVA, hipotesis nol menyatakan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antara *mean* kelompok. Hal ini dilakukan untuk menentukan apakah uji ANOVA dapat dilakukan lebih lanjut, karena pelanggaran uji menunjukkan bahwa ada kemungkinan salah menolak hipotesis nol.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Selama bertahun-tahun dan dengan urbanisasi yang cepat ditambah dengan perubahan gaya hidup dan kebiasaan makan, jumlah limbah padat perkotaan yang dihasilkan telah meningkat dengan cepat. Sejak merebaknya secara global *Corona virus disease (Covid-19)* pada November 2019, komposisi sampah perkotaan skala rumah tangga mengalami perubahan sejalan dengan ketentuan dan kepatuhan terhadap protokol virus. Terjadi peningkatan komposisi sampah terkait rumah sakit dengan sampah yang dihasilkan di tingkat rumah tangga (Mihai 2020). Hal ini berimplikasi pada pengumpulan, pengangkutan, dan pembuangan sampah rumah tangga terhadap kesehatan masyarakat, khususnya bagi petugas pengelola sampah kota, masyarakat umum dan lingkungan (Abidah *et al.* 2021; Fereja and Chemedha 2021; Sari *et al.* 2022a). Perubahan konfigurasi sampah dapat menimbulkan potensi ancaman paparan *Covid-19* oleh penanganan sampah dengan implikasi yang signifikan bagi masyarakat.

Sampah plastik yang dihasilkan sejak wabah *Covid-19* diperkirakan mencapai 1,6 juta ton/hari secara global (Yousefi et al. 2021). Hampir 3,4 miliar masker dan pelindung wajah sekali pakai dibuang setiap hari (Benson et al. 2021). Peningkatan yang signifikan dalam bahan limbah padat kota berbasis plastik dan serat terbukti karena meluasnya penggunaan masker wajah dan sarung tangan sekali pakai serta alat pelindung diri (APD) lainnya selama pandemi *Covid-19* (Klemeš et al. 2020). Hal ini tentu saja akan menyebabkan melekatnya virus pada benda termasuk sampah yang ditimbulkan masyarakat. Oleh karena itu, penggunaan disinfektan sebelum memilah sampah, serta menyimpan sampah selama 9 hari, dapat membantu menonaktifkan virus *Covid-19*, memastikan tingkat keamanan yang sesuai untuk pengelolaan sampah (Das et al. 2021). Beberapa tempat umum yang menghasilkan sampah APD perlu dikelola dengan baik agar tidak menimbulkan penyebaran virus *Covid-19* (Atthar et al. 2022; Sari et al. 2022a; Sari et al. 2022c) terutama ke petugas.

Berdasarkan jenis wilayahnya rerata timbulan sampah di wilayah kabupaten memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan wilayah perkotaan (**Tabel 2**). Dapat dilihat rata-rata tersebut juga menurun dari tahun 2019 ke tahun 2021. Akan tetapi pada daerah perkotaan tidak terjadi penurunan yang signifikan pada tahun 2020 dan turun lebih rendah lagi pada tahun 2021 menjadi rata-rata timbulan sampah sebesar 357,53 ton/hari.

Tabel 2. Perhitungan data timbulan sampah deskriptif berdasarkan jenis wilayah.

Tahun	Jenis wilayah	Mean timbulan sampah (ton/hari)	Std. Deviation
2019	Kabupaten	529,93	239,27
	Kota	361,96	
	Kota dan Kabupaten	473,94	195,01
2020	Kabupaten	531,35	241,27
	Kota	360,79	
	Kota dan Kabupaten	474,49	196,98
2021	Kabupaten	373,79	466,69
	Kota	325,02	
	Kota dan Kabupaten	357,53	331,2
Total	Kabupaten	478,36	270,58
	Kota	349,26	20,2
	Kota dan Kabupaten	435,32	223,69

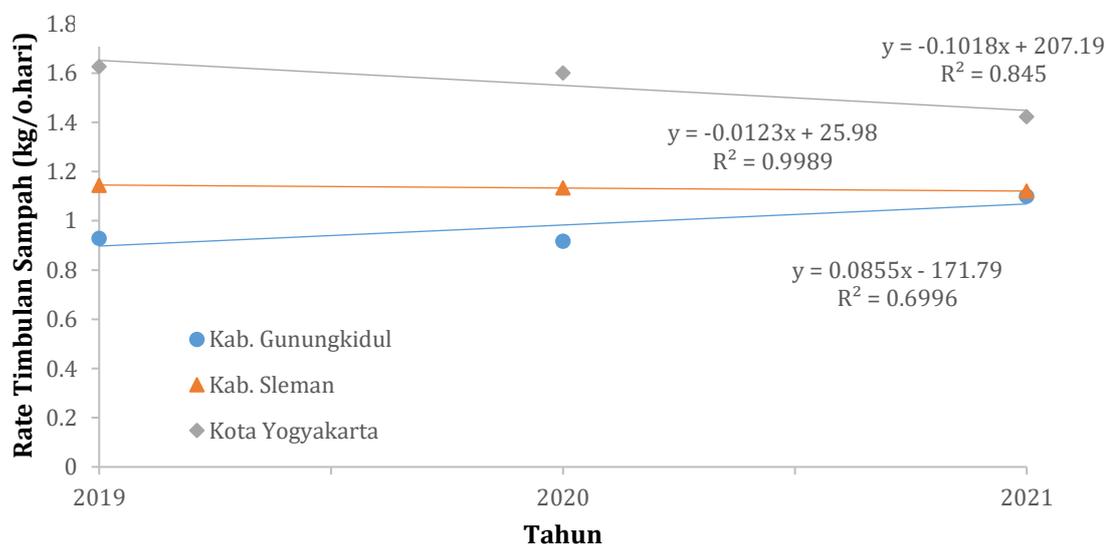
Dalam studi ini dilakukan asumsi bahwa kota dan kabupaten sebagai wilayah administrasi bukan berdasarkan pemukiman urban atau *rural* area. Pemerintahan kota dan kabupaten merupakan suatu daerah otonomi. Struktur pemerintahan kabupaten terdiri dari kecamatan dan desa, sedangkan kota terdiri dari kecamatan dan kelurahan.

Berbagai faktor yang mempengaruhi timbulan sampah antara lain parameter sosial ekonomi seperti pendidikan, pekerjaan, pendapatan keluarga, jumlah anggota keluarga dan lain-lain (Kumar & Samadder 2017; Qu *et al.* 2009). Selain itu terdapat korelasi yang kuat antara timbulan sampah dan ukuran keluarga suatu rumah tangga (Thanh *et al.* 2010). Pola konsumsi rumah tangga berhubungan langsung dengan pendapatan keluarga yang mengakibatkan komposisi dan jumlah sampah rumah tangga (Khan *et al.* 2016). Adanya data timbulan sampah di Yogyakarta dan secara lebih spesifik untuk mengetahui kecenderungan timbulan sampah yang dihasilkan dan mengkaji kemungkinan strategi pengelolaan sampah terpadu.

Gambar 2 menunjukkan kecenderungan perubahan *rate* timbulan sampah di setiap wilayah kajian. Dapat terlihat bahwa nilai tersebut berbeda, pada wilayah perkotaan *rate* timbulan sampah cenderung menurun. Pada keluarga dengan tingkat sosial ekonomi tinggi, timbulan sampah harian umumnya lebih tinggi dibandingkan keluarga dengan sosial ekonomi rendah. Pertumbuhan penduduk yang pesat mempengaruhi laju timbulan sampah meningkat rata-rata sebesar 4% per tahun dari 0,8 kg/hari menjadi 1,12 kg/hari (Moh and Manaf 2017). Rendahnya pertumbuhan ekonomi masyarakat Kota Yogyakarta turut berpengaruh pada laju timbulan sampah. Laporan penelitian sebelumnya juga mendukung, yakni Produk Domestik Regional Bruto mengalami penurunan selama pandemi (Zahara 2021).

Pendapatan merupakan faktor yang efektif dalam menghasilkan sampah (Starodubova *et al.* 2020). Lebih khusus lagi, timbulan sampah secara langsung tergantung pada tingkat pendapatan; individu yang tinggi dan rendah cenderung mengonsumsi lebih banyak produk yang mereka simpan lebih banyak dari bahan-bahan yang dapat dihasilkan daripada yang rendah.

Tabel 3 menunjukkan timbulan sampah selama tahun 2019 sampai dengan tahun 2021 tidak berubah secara signifikan ($\text{sig} > 0.05$). Begitu pula jika ditinjau dari segi jenis wilayah yang tidak berubah secara signifikan ($\text{sig} > 0.05$). Seperti yang dilaporkan beberapa penelitian, limbah akibat pandemi *Covid-19* menjadi ancaman serius bagi kehidupan manusia dan lingkungan. Penanganan yang tidak tepat dari limbah ini meningkatkan kemungkinan penularan pada masa depan. Oleh karena itu, tindakan segera diperlukan dari otoritas lokal dan internasional untuk mengurangi jumlah timbulan limbah dan memastikan pembuangan limbah ini dengan benar, terutama untuk negara-negara berpenghasilan rendah dan berkembang, pengelolaan limbah padat menjadi tantangan. Dalam penelitian ini dilakukan upaya untuk mengestimasi sampah yang dihasilkan selama pandemi *Covid-19* di Yogyakarta.



Gambar 2. Perubahan laju timbulan sampah di wilayah studi.

Tabel 3. Hasil uji Anova perbedaan timbulan sampah berdasarkan kelompok tahun dan jenis wilayah di Yogyakarta.

Source	Type III Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Corrected model	67018.088	5	13403.62	0.121	0.978
Intercept	1369882	1	1369882	12.332	0.039
Tahun	16589.89	2	8294.945	0.075	0.93
Jenis wilayah	33332.76	1	33332.76	0.3	0.622
Tahun * jenis wilayah	6454.869	2	3227.434	0.029	0.972
Error	333262.6	3	111087.5		
Total	2105830	9			
Corrected total	400280.7	8			

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Timbulan sampah di daerah kabupaten cenderung menurun dibandingkan daerah perkotaan. Namun jika dilihat dari laju timbulan sampah, Kota Yogyakarta cenderung menurun, sedangkan di kabupaten justru meningkat. Jika dilihat dari uji ANOVA, tidak ada perubahan timbulan sampah yang signifikan selama masa pandemi *Covid-19*. Hal ini juga perlu menjadi perhatian bahwa penurunan timbulan sampah tidak selalu diikuti dengan penurunan laju timbulan sampah.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Abidah HN, Ismah HA, Irmayanti S, Nurika G dan Wikurendra EA. 2021. The effectivity of solid medical waste management in pandemic era. *Journal of Public Health for Tropical and Coastal Region* 4(3):98-107.
- Atthar ADR, Sari MM, Koko SIW, Septiariva IY, Suhardono S dan Sianipar IMJ. 2022. Repercussions of the COVID-19 pandemic on medical waste management. *International Journal of Public Health Science* 11(3):949-956.
- [BPS] Badan Pusat Statistik Provinsi Yogyakarta. 2021. Yogyakarta dalam angka 2021. BPS Provinsi Yogyakarta. Yogyakarta.
- Benson NU, Basse DE and Palanisami T. 2021. Covid pollution: impact of covid-19 pandemic on global plastic waste footprint. *Heliyon* 7(2):1-9.
- Das AK, Islam MN, Billah MM dan Sarker A. 2021. Covid-19 and municipal solid waste (MSW) management: a review. *Environmental Science and Pollution Research* 28(23):28993–29008.
- Fereja WM and Chemedda DD. 2021. Status, characterization, and quantification of municipal solid waste as a measure towards effective solid waste management: The case of Dilla Town, Southern Ethiopia. *Journal of the Air & Waste Management Association* 72(3):187–201.
- Ganguly RK and Chakraborty SK. 2021. Integrated approach in municipal solid waste management in *covid-19* pandemic: perspectives of a developing country like India in a global scenario. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering* 3(2021):1-8.

- Jayadi H, Muin MR, Sabhan and Meidji IU. 2021. Geoelectrical method for detecting the limit of liquid waste flowing below the surface at Piyungan Landfill [Proceeding]. *Journal of Physics: Conference Series* 1763(1):012040.
- [KemenPUPR] Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. 2022. Peta Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta [internet]. Tersedia di: http://103.12.84.58/webgis/admin/map/provinsi_diy
- Khan D, Kumar A and Samadder SR. 2016. Impact of socioeconomic status on municipal solid waste generation rate. *Waste Management* 49:15–25.
- Klemeš JJ, Fan YV, Tan RR and Jiang P. 2020. Minimising the present and future plastic waste, energy and environmental footprints related to covid-19. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 127:109883.
- [KLHK] Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. 2021. Sistem informasi pengelolaan sampah nasional [internet]. Tersedia di: <http://sipsn.menlhk.go.id>
- Kulkarni BN and Anantharama V. 2020. Repercussions of covid-19 pandemic on municipal solid waste management: Challenges and opportunities. *Science of The Total Environment* 743:140693.
- Kumar A and Samadder SR. 2017. An empirical model for prediction of household solid waste generation rate – a case study of Dhanbad, India. *Waste Management*, 68(1):3–15.
- Mihai FC. 2020. Assessment of *Covid-19* waste flows during the emergency state in romania and related public health and environmental concerns. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 17(15):1–18.
- Moh YC and Manaf AL. 2017. Solid waste management transformation and future challenges of source separation and recycling practice in Malaysia. *Resources, Conservation and Recycling* 116:1–14.
- Naughton CC. 2020. Will the covid-19 pandemic change waste generation and composition?: The need for more real-time waste management data and systems thinking. *Resources, Conservation, and Recycling* 162:105050.
- Qu X, Li Z, Xie X, Sui Y, Yang L and Chen Y. 2009. Survey of composition and generation rate of household wastes in Beijing, China. *Waste Management* 29(10):2618–2624.

- Sarbatly R and Sariau J. 2022. Assessment and a case study of small-scale incinerators for municipal and agriculture waste disposal in rural regions. Springer Singapore. Singapore.
- Sari MM, Inoue T, Septiariva IY, Suryawan IWK, Kato S, Harryes RK, Yokota K, Notodarmojo S, Suhardono S and Ramadan BS. 2022a. Identification of face mask waste generation and processing in tourist areas with thermo-chemical process. *Archives of Environmental Protection* 48(2):79-85.
- Sari MM, Septiariva IY and Suryawan IWK. 2022b. Correlation of changes in waste generation in the year before and during the pandemic in Surakarta City. *Journal of Environmental Management and Tourism* 13(3):674-680.
- Sari MM, Yosafaat M, Nastiti AK, Septiariva IY, Aryanto RTB, Priutama YE, Suryawan IWK and Suhardono S. 2022c. Planning of single-used mask waste containers as personal protective equipment: a case study of Jakarta City Station. *International Journal of Public Health Science* 11(3):927-934.
- Sarkodie SA and Owusu PA. 2021. Impact of covid-19 pandemic on waste management. *Environment, Development and Sustainability* 23(5):7951–7960.
- Septiariva IY, Suryawan IWK, Sarwono A and Ramadan BS. 2022. Municipal infectious waste during covid-19 pandemic: trends, impacts, and management. *International Journal of Public Health Science* 11(2):552-557.
- Starodubova A, Sultanova D and Karimov A. 2020. The concept of balanced development of waste management [Proceeding]. *E3S Web of Conferences* 161:01053.
- Suryawan IWK, Rahman A, Septiariva IY, Suhardono S and Wijaya IMW. 2021. Life cycle assessment of solid waste generation during and before pandemic of covid-19 in Bali Province. *Journal of Sustainability Science and Management* 16(1):11–21.
- Tchobanoglous G, Hilary T, Morris JM and Vigil SA. 1993. *Integrated solid waste management engineering principles and management*. McGraw-Hill. New York.
- Thanh NP, Matsui Y dan Fujiwara T. 2010. Household solid waste generation and characteristic in a Mekong Delta City, Vietnam. *Journal of Environmental Management* 91(11):2307–2321.

- Utami A, Widiarti IW, Asrifah RRD, Astuti FA, Santosa DH, Gomareuzzaman M and Sungkowo A. 2018. Indonesian waste management: municipal biowaste inventory at Yogyakarta City in 2017 [Proceeding]. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 212:12011.
- Vanapalli KR, Sharma HB, Ranjan VP, Samal B, Bhattacharya J, Dubey BK and Goel S. 2021. Challenges and strategies for effective plastic waste management during and post covid-19 pandemic. *Science of The Total Environment* 750:141514.
- Yousefi M, Oskoei V, Jafari JA., Farzadkia M, Firooz MH, Abdollahinejad B and Torkashvand J. 2021. Municipal solid waste management during covid-19 pandemic: effects and repercussions. *Environmental Science and Pollution Research* 28(25):32200–32209.
- Zahara I. 2022. Dampak coronavirus (*Covid-19*) terhadap kondisi ekonomi Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. *Jurnal Al-Amar* 2(1):33–39.
- Zambrano-Monserrate MA, Ruano MA and Sanchez-Alcalde L. 2020. Indirect effects of covid-19 on the environment. *The Science of the Total Environment* 728:138813.

Penentuan status mutu air sungai di kegiatan konstruksi PLTU Kotabaru dengan STORET dan Indeks Pencemaran

Assessment of river water quality status in PLTU Kotabaru construction activities using STORET and Pollution Index

Ragil Naga Lanang^{1*}, Moh. Rangga Sururi¹

¹Jurusan Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Nasional, Bandung, Indonesia

Abstrak.

PLTU Kotabaru (2 x 7 MW) merupakan salah satu pembangkit listrik yang memiliki 2 turbin, masing-masing kapasitasnya 7 MW, berlokasi di Desa Sigam, Kabupaten Kota Baru, Provinsi Kalimantan Selatan. Pemantauan air permukaan dilakukan untuk menilai dampak yang ditimbulkan akibat pembangunan PLTU Kotabaru terhadap kualitas air permukaan dan ditentukan status mutunya. Parameter-parameter yang melebihi baku mutu yaitu TSS, TDS, BOD, COD, DO, *total coliform* dan *fecal coliform*. Metode STORET mengidentifikasi bahwa klasifikasi kualitas air permukaan termasuk tercemar berat. Metode Indeks Pencemaran mengidentifikasi bahwa klasifikasi dari kualitas air permukaan termasuk kategori tercemar ringan. Terlampaunya baku mutu beberapa parameter bukan disebabkan oleh aktivitas pembangunan PLTU Kotabaru (2 x 7 MW) melainkan dari aktivitas domestik berupa pembuangan limbah kotor maupun aktivitas industri di sekitar Sungai Kemuning.

Kata kunci: PLTU Kotabaru, kualitas air, STORET, Indeks Pencemaran

Abstract.

PLTU Kotabaru (2 x 7 MW) is a power plant that has 2 turbines with a capacity of 7 MW each and is located in Sigam Village, Kota Baru Regency, South Kalimantan Province. Surface water monitoring was carried out to see the impact caused by the construction of the Kotabaru PLTU in affecting the quality of surface water by determining its quality status. Parameters that exceed the quality standard are TSS, TDS, BOD, COD, DO, total coliform and fecal coliform. The STORET method identified that the classification of surface water quality was classified as heavily polluted. While the pollution index method identified that the classification of surface water quality was included in the lightly polluted category. The high quality standards in several parameters were not caused by the construction activities of the PLTU Kotabaru (2 x 7 MW) but from domestic activities in the form of sewage disposal and industrial activities around the Kemuning River.

Keywords: PLTU Kotabaru, water quality, STORET, Pollution Index

1. PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik Tenaga Uap Kotabaru atau yang disingkat PLTU Kotabaru merupakan salah satu pembangkit listrik yang memiliki 2 turbin dengan masing-masing turbin berkapasitas 7 MW yang berlokasi di Desa Sigam, Kabupaten Kotabaru, Provinsi Kalimantan Selatan. PLTU Kotabaru adalah pembangkit listrik dengan bahan batu bara, yang berguna untuk pemenuhan kebutuhan listrik bagi masyarakat, pemerintah, wiraswasta, industri, serta fasilitas lainnya di Kabupaten Kotabaru. Pembangunan PLTU Kotabaru (2 x 7 MW) memberikan banyak keuntungan untuk setiap sektor perekonomian di Kabupaten Kotabaru, akan tetapi tidak dapat dipungkiri bahwa dibalik kenaikan perekonomian tersebut terjadi pula penurunan kondisi lingkungan yang mengakibatkan ketimpangan ekosistem (Pramanik *et al.* 2020).

*Korespondensi Penulis
Email : yragiln17@gmail.com

Dampak yang berpotensi timbul selama proses pembangunan PLTU Kotabaru (2 x 7 MW) salah satunya yaitu penurunan mutu air permukaan. Berpatokan PP Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup menjelaskan bahwa Upaya Pengelolaan Lingkungan Hidup dan Upaya Pemantauan Lingkungan Hidup (UKL-UPL) merupakan langkah pengelolaan dan pemantauan lingkungan hidup yang dijadikan sebagai persyaratan penentuan keputusan dan tercantum dalam perizinan berusaha atau persetujuan pemerintah pusat/daerah. Merujuk hal tersebut, pemantauan kualitas air permukaan diperlukan untuk memperoleh izin berusaha yang diperlukan karena menurut Sari *et al.* (2014) tanpa memperoleh izin lingkungan, rencana kegiatan dan/atau usaha yang memiliki potensi berdampak bagi lingkungan tidak bisa dijalankan.

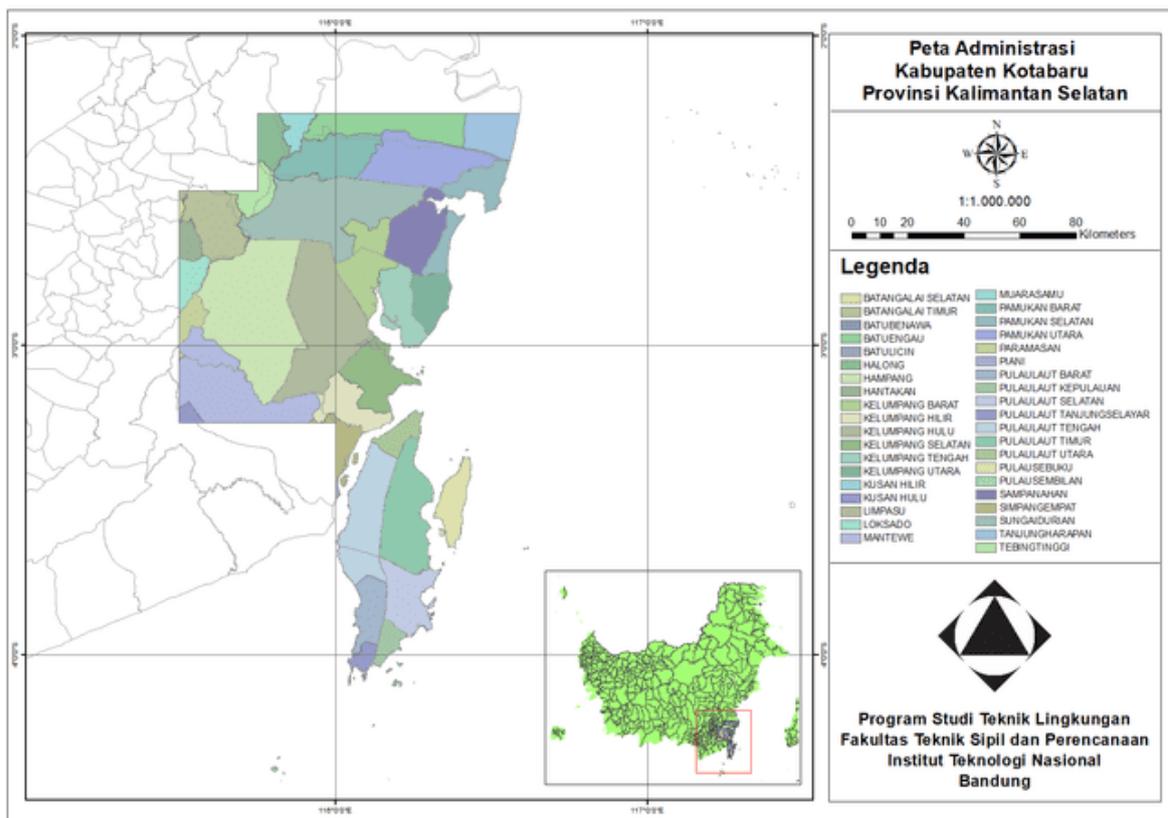
Pemantauan kualitas air permukaan dilakukan terhadap parameter fisika, kimia, dan biologi. Pemantauan air permukaan dilakukan untuk menilai dampak yang ditimbulkan akibat pembangunan PLTU Kotabaru dalam mempengaruhi kualitas air permukaan dengan ditentukan status mutunya. Air permukaan yang dipantau adalah Sungai Kemuning. Air Sungai Kemuning ditetapkan sebagai lokasi sampling dengan tujuan untuk mengetahui kualitas air Sungai Kemuning secara menyeluruh karena berlokasi di muara sungai dan menjadi salah satu sungai yang mengalir di sekitar PLTU Kotabaru (PLN 2010).

Status mutu air adalah tingkatan mutu air yang menggambarkan tercemar atau tidaknya suatu badan air pada kurun waktu tertentu melalui perbandingan dengan baku mutu. Melalui langkah ini, kualitas air permukaan bisa dikategorikan apakah tercemar ringan, sedang, atau berat (Arnop *et al.* 2019). Berdasarkan KepMenLH Nomor 115 Tahun 2003 tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air, status mutu air dapat ditentukan melalui dua metode yaitu Metode STORET dan Indeks Pencemaran yang dikembangkan oleh Sumitomo dan Nemerow (Arnop *et al.* 2019).

2. METODOLOGI

2.1. Lokasi kajian dan waktu penelitian

Kabupaten Kotabaru termasuk ke dalam wilayah Provinsi Kalimantan Selatan yang memiliki luas wilayah sebesar 9.442,46 km². Kabupaten Kotabaru terletak antara 2°20' sampai dengan 4°21' LS dan 115°15' sampai dengan 116°30' BT. Secara geografis Kabupaten Kotabaru berada di ujung tenggara Provinsi Kalimantan Selatan dan berbatasan dengan Provinsi Kalimantan Timur (utara), Laut Jawa di (selatan), Kabupaten Tanah Bumbu (barat), dan Selat Makassar (timur) (**Gambar 1**).



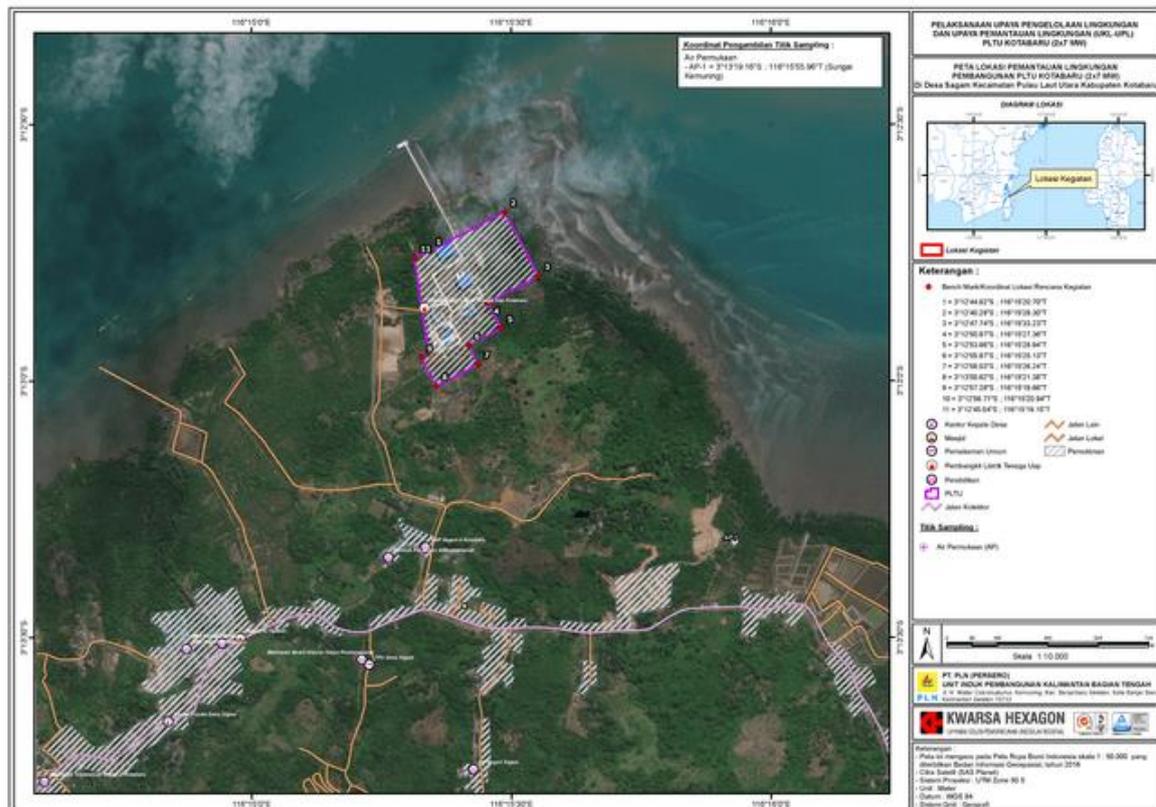
Gambar 1. Peta administrasi Kabupaten Kotabaru, Provinsi Kalimantan Selatan.

PLTU Kotabaru (2 x 7 MW) pembangkit listrik yang memiliki 2 turbin dengan masing-masing tegangan 7 MW. PLTU Kotabaru berlokasi di wilayah administrasi Desa Sigam, Kecamatan Pulau Laut Utara, Kabupaten Kotabaru, Provinsi Kalimantan Selatan dengan luas total ±10 Ha. Titik koordinat PLTU Kotabaru disajikan dalam **Tabel 1**.

Tabel 1. Koordinat lokasi pembangunan PLTU Kotabaru (2 x 7 MW).

No	Koordinat	
1	3° 12' 44,82" LS	116° 15' 20,70" BT
2	3° 12' 40,28" LS	116° 15' 29,30" BT
3	3° 12' 47,74" LS	116° 15' 33,23" BT
4	3° 12' 50,87" LS	116° 15' 27,36" BT
5	3° 12' 53,86" LS	116° 15' 28,94" BT
6	3° 12' 55,87" LS	116° 15' 25,13" BT
7	3° 12' 58,03" LS	116° 15' 26,24" BT
8	3° 13' 00,62" LS	116° 15' 21,38" BT
9	3° 12' 57,28" LS	116° 15' 19,66" BT
10	3° 12' 54,14" LS	116° 15' 25,60" BT
11	3° 12' 44,82" LS	116° 15' 20,70" BT

Berkaitan dengan lokasi pembangunan PLTU Kotabaru, dilakukan juga pemantauan kualitas air permukaan selama 3 triwulan sepanjang tahun 2021 di sekitar lokasi pembangunan (Sungai Kemuning) dengan koordinat 3°13'19,16"LS dan 116°15'55,96"BT yang secara rinci disajikan ke dalam **Gambar 2**.



Gambar 2. Lokasi pembangunan PLTU Kotabaru dan titik sampling pemantauan.

2.2. Prosedur analisa data

2.2.1. Pelaksanaan pemantauan kualitas air Sungai Kemuning

Kualitas air Sungai Kemuning yang dipantau meliputi parameter fisika, kimia dan biologi. Pemantauan dilakukan dengan mengambil sampel air sungai sekitar 2 liter dengan menggunakan metode *grab sampling* yang kemudian dianalisis di laboratorium, sedangkan untuk parameter yang mudah berubah seperti temperatur dan pH diukur secara langsung di titik pemantauan (*insitu*). Hasil pemantauan selanjutnya dibandingkan dengan baku mutu kelas II air sungai yang tertera dalam Lampiran VI PP Nomor 22 Tahun 2022. Metode pengukuran parameter yang dipantau tersaji pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Metode pengukuran kualitas air Sungai Kemuning.

No	Parameter uji	Satuan	Metode pengukuran
A FISIKA			
1	TSS	mg/l	SNI 6989.3-2019
2	Suhu (<i>insitu</i>)	°C	SNI 06-6989.23-2005
3	TDS	mg/l	IKM.KHT-27 (Elektrometri)
B KIMIA			
1	pH	-	SNI 6989.11-2019
2	Amonia (NH ₃ -N)	mg/l	IKM.KHT-108 (FIA Spektrofotometri)
3	Nitrit (NO ₂ -N)	mg/l	SNI 06-6989.9-2004
4	Nitrat (NO ₃ -N)	mg/l	IKM.KHT-22(Spektrofotometri)
5	Minyak & lemak	mg/l	IKM.KHT-68
6	Merkuri (Hg)	mg/l	IKM.KHT-92 (<i>Mercury Analyzer</i>)
7	Timbal (Pb)	mg/l	SM Ed. 23nd 3120.B.3030.B-2017
8	BOD ₅	mg/l	SNI 6989.72-2009
9	COD	mg/l	SNI 6989.2-2019
10	DO	mg/l	SNI 06-6989.14-2004
11	Mangan (Mn)	mg/l	SM Ed. 23nd 3120.B.3030.B-2017
12	Besi (Fe)	mg/l	SM Ed. 23nd 3120 B.3030.B-2017
C BIOLOGI			
1	<i>Coliform total</i>	<i>Colony/100 ml</i>	SM Ed. 22nd 9221 F.9221.C-2012
2	<i>Coliform fecal</i>	<i>Colony/100 ml</i>	SM Ed. 22nd 9221 B.9221.C-2012

2.2.2. Penetapan status mutu air sungai dengan metode STORET

Metode yang diterapkan dalam penentuan status mutu air Sungai Kemuning adalah metode STORET. Data kualitas air sungai dibandingkan dengan baku mutu yang sudah disesuaikan dengan peruntukannya. Parameter melebihi baku mutu air kemudian diberikan skor minus sesuai aturan pada metode ini. Penilaian status mutu air mengikuti kategori yang telah ditetapkan oleh US-EPA dengan mengelompokkannya ke dalam empat kelas, antara lain (Amin 2014):

- a) Kelas A (sangat baik) : skor = 0 (memenuhi baku mutu)
- b) Kelas B (baik) : skor = -1 hingga -10 (tercemar ringan)
- c) Kelas C (sedang) : skor = -11 hingga -30 (tercemar sedang)
- d) Kelas D (buruk) : skor \geq -31 (tercemar berat)

Urutan penentuan status mutu air dengan menggunakan metode STORET menurut KepMenLH Nomor 115 tahun 2003 adalah:

1. Mengumpulkan data pengukuran parameter kualitas air secara berkala untuk mendapatkan data *time series*.
2. Melakukan perbandingan data pengukuran parameter kualitas air terhadap baku mutunya.
3. Apabila data pengukuran sesuai baku mutu atau data pengukurannya \leq baku mutu, maka diberikan skor 0.
4. Apabila data pengukuran tidak memenuhi baku mutu atau data pengukurannya $>$ baku mutu, maka diberikan skor sesuai kriteria pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Kriteria status mutu air.

Jumlah contoh	Nilai	Parameter		
		Fisika	Kimia	Biologi
<10	Maksimum	-1	-2	-3
	Minimum	-1	-2	-3
	Rata-rata	-3	-6	-9
\geq 10	Maksimum	-2	-4	-6
	Minimum	-2	-4	-6
	Rata-rata	-6	-12	-18

Sumber: KepMenLH Nomor 115 Tahun 2003

5. Jumlah nilai negatif semua parameter dijumlahkan, kemudian status mutu dapat ditetapkan berdasarkan jumlah skor yang diperoleh.

2.2.3. Penetapan status mutu air sungai dengan Indeks Pencemaran

Indeks Pencemaran adalah metode berbasis indeks yang diaplikasikan dalam menetapkan status mutu air Sungai Kemuning. Indeks Pencemaran dibangun berdasarkan indeks rata-rata dan indeks maksimum. Penggunaan metode serupa diterapkan oleh Oktavia *et al.* (2018). Persamaan yang dipakai untuk menghitung Indeks Pencemaran disajikan ke dalam **Persamaan 1**. Status mutu air sungai menurut hasil perhitungan tersebut disajikan pada **Tabel 4**.

$$IP_j = \sqrt{\frac{\left(\frac{Ci}{Lij}\right)_M^2 + \left(\frac{Ci}{Lij}\right)_R^2}{2}} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

- IP_j : Indeks Pencemaran bagi peruntukan j
 Ci : Kadar parameter kualitas air
 Lij : Kadar parameter memenuhi baku mutu sesuai peruntukan air j
 (Ci/Lij)_M : nilai Ci/Lij maksimum
 (Ci/Lij)_R : nilai Ci/Lij rata-rata

Tabel 4. Kriteria status mutu air sungai metode IP.

Skor IP	Deskripsi
0 - 1,0	Baik
1,1 - 5,0	Cemar ringan
5,1 - 10	Cemar sedang
>10	Cemar berat

Sumber: KepMenLH Nomor 115 Tahun 2003

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Kualitas air permukaan

Parameter mutu air permukaan di Sungai Kemuning diukur selama triwulan I, triwulan II dan triwulan IV disajikan ke dalam **Tabel 5**. Pada periode pengukuran triwulan III tidak dilakukan pengukuran kualitas air sungai akibat keterlambatan kontrak pemrakarsa yang menyebabkan pengukuran tertunda. Terdapat 17 parameter kualitas air Sungai Kemuning yang dianalisis dan dibandingkan dengan baku mutu kelas II menurut Lampiran VI PP Nomor 22 Tahun 2021.

Tabel 5. Mutu air Sungai Kemuning.

No	Parameter uji	Satuan	Periode pengukuran			Baku mutu*
			Triwulan I	Triwulan II	Triwulan IV	
A FISIKA						
1	TSS	mg/L	208	10	12	50
2	Suhu	°C	24,3	28,8	29,8	Udara ±3°C
3	TDS	mg/l	1.480	16.600	2.870	1.000
B KIMIA						
1	pH	-	6,24	7,68	6,89	6-9
2	Amonia (NH ₃ -N)	mg/L	0,05	0,02	0,01	0,2
3	Nitrit (NO ₃ -N)	mg/L	0,005	0,006	0,006	0,06
4	Nitrat (NO ₃ -N)	mg/L	0,76	0,1	0,01	10
5	Minyak & lemak	mg/L	0,9	0,2	0,2	1
6	Merkuri (Hg)	mg/L	0,0006	0,0002	0,0002	0,002
7	Timbal (Pb)	mg/L	0,02	0,006	0,006	0,03
8	BOD ₅	mg/L	15,03	2	2,1	3
9	COD	mg/L	45,74	17	17	25
10	DO	mg/L	2,7	4,6	3,9	4
11	Mangan (Mn)	mg/L	0,05	0,001	0,001	0,4
12	Besi (Fe)	mg/L	0,03	0,001	0,2	-
C BIOLOGI						
1	<i>Total coliform</i>	MPN/100 ml	25.900	170	1.200	5.000
2	<i>Fecal coliform</i>	MPN/100 ml	6.200	49	330	1.000

Keterangan: *) PP Nomor 22 Tahun 2021 lampiran VI (kelas II)

Parameter TSS selama periode pengukuran memiliki konsentrasi rata-rata sebesar 76,67 mg/l, yang mana telah melebihi baku mutu. Menurut (Wahab *et al.* 2018) padatan di dalam air yang dapat terjebak dengan filter merupakan TSS. Material seperti lumpur, bahan tanaman dan hewan yang membusuk, limbah industri serta limbah domestik termasuk ke dalam material TSS. Banyaknya permasalahan pada kesehatan sungai dan kehidupan akuatik dapat disebabkan oleh konsentrasi TSS yang berlebihan. Penyebab utama kehadiran TSS di perairan yaitu terkikisnya tanah atau erosi ke badan air penerima. Apabila konsentrasi TSS terlalu tinggi, maka dapat menghambat penetrasi cahaya ke dalam air dan mengganggu aktivitas fotosintesis (Tarigan 2010).

Berdasarkan hasil pengamatan, tingginya kadar TSS diduga karena kondisi substrat dasar sungai yang berupa lumpur, sehingga proses aliran sungai juga menyebabkan substrat di dasar air terangkat dan menyebabkan tingginya kandungan zat padat tersuspensi dalam air. Tingginya nilai TSS pada air sungai yang berlokasi di dekat laut (muara sungai) dipengaruhi juga oleh aktivitas di sekitar aliran (ekonomi, jasa dan industri) yang menyumbang bahan padatan ke badan air.

Parameter TDS (*Total Dissolved Solid*) memiliki konsentrasi rata-rata selama periode pengukuran sebesar 6.983,3 mg/l, melampaui baku mutu. Menurut (Rusydi 2018) komponen yang menggambarkan kehadiran garam anorganik dan sedikit bahan organik di badan air yang bersumber dari alam (kondisi geologi, air laut, aktivitas domestik, limbah industri dan agrikultur) adalah parameter TDS. Umumnya TDS dalam badan air diakibatkan oleh limpahan pertanian, industri dan limbah rumah tangga, akan tetapi berdasarkan lokasi titik sampling, konsentrasi TDS yang melebihi baku mutu disebabkan lokasi sungai yang dekat dengan laut (muara) sehingga air sungai bercampur dengan air laut yang memiliki kandungan TDS tinggi akibat jumlah ion Na^+ dan Cl^- yang tinggi. Menurut Firdaus dan Aryawati (2015) selain dipengaruhi oleh lokasi sampling, TDS yang tinggi dipengaruhi juga oleh pasang surut air laut yang memungkinkan terjadinya pencampuran padatan terlarut dari daratan.

Parameter BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) memiliki konsentrasi rata-rata sebesar 6,38 mg/l, melebihi baku mutu air permukaan yang sudah ditetapkan. BOD yang tinggi diduga karena terdapatnya pemukiman di sepanjang aliran sungai yang masih gemar membuang limbah domestik dan membuang kotoran langsung ke badan air sungai. Hal inilah yang menyebabkan konsentrasi BOD tinggi karena aktivitas penguraian komponen organik tersebut membutuhkan oksigen. Kapasitas dari oksigen yang diperlukan dalam penguraian bahan organik secara biologis pada suasana aerob disebut dengan BOD (Lee and Nikraz 2015). Konsentrasi BOD di suatu badan air dapat diidentifikasi sebagai parameter pencemaran air, semakin tinggi konsentrasinya maka perairan tersebut teridentifikasi semakin tercemar (Sara *et al.* 2018).

Parameter COD (*Chemical Oxygen Demand*) memiliki konsentrasi rata-rata sebesar 26,58 mg/l, telah melebihi baku mutu air permukaan yang sudah ditetapkan. Limbah domestik berupa senyawa organik yang dibuang oleh pemukiman diduga kuat menyebabkan tingginya konsentrasi COD (Sururi *et al.* 2021). Menurut Lee and Nikraz (2015), kuantitas oksigen yang diperlukan dalam pengoksidasian semua senyawa organik yang hadir secara biologis dan *inert* menjadi karbon dioksida dan air disebut dengan COD. Besaran nilai COD biasanya lebih besar dari BOD, karena BOD merupakan bagian dari COD. Labilitas organik ditunjukkan oleh BOD dan COD karena keduanya memperlihatkan bagian dari senyawa organik yang dapat didegradasi oleh mikroorganisme maupun bahan kimia (Sururi *et al.* 2018). Tingginya nilai COD tidak diinginkan untuk peruntukan perikanan maupun pertanian (Wardhana 2004).

Parameter *Dissolved Oxygen* (DO) memiliki konsentrasi rata-rata sebesar 3,73 mg/l yang berarti melebihi baku mutu. DO merupakan parameter yang menentukan keberlangsungan hidup biota perairan, perubahan sifat kelarutan pada beberapa unsur kimia di perairan seperti BOD dan COD dapat diakibatkan oleh konsentrasi oksigen terlarut yang mendekati 0 (Effendi 2003; Effendi 2016). Menurut Tai *et al.* (2011) sumber utama dari DO adalah ketika atmosfer yang masuk ke badan air dalam kondisi tidak jenuh, sedangkan proses fotosintesis dari tanaman air merupakan sumber lainnya. Perubahan suhu, tekanan dan perubahan salinitas air dapat mempengaruhi konsentrasi oksigen terlarut di badan air. Berdasarkan hasil pengamatan, rendahnya konsentrasi di badan air bukan disebabkan oleh kegiatan konstruksi PLTU Kotabaru melainkan akibat aktivitas domestik yang langsung membuang limbahnya ke sungai dan terurai oleh mikroorganisme dengan memanfaatkan oksigen terlarut yang menyebabkan turunnya kadar oksigen terlarut. Hal ini juga diperkuat dengan melihat konsentrasi rata-rata dari BOD dan COD yang tinggi pada badan air.

Parameter *total coliform* memiliki konsentrasi rata-rata sebesar 9.090 MPN/100 ml, telah melampaui baku mutu air permukaan yang sudah ditetapkan. Menurut Sumampouw (2019), *total coliform* merupakan bakteri yang dapat bertahan di air dengan suhu 35-38°C dan digunakan sebagai indikator keefektifitasan perawatan serta penilaian kebersihan sistem distribusi dan keadaan potensial biofilm. Tingginya parameter *total coliform* disebabkan oleh buangan limbah dan kotoran rumah tangga serta aktivitas industri yang membuang limbah ke badan air. Hayat dan Kurniatillah (2021) menyebutkan bahwa masalah serius pada kesehatan dapat disebabkan oleh parameter *total coliform* karena sebagian besar bakteri patogen dapat menular melalui kotoran manusia dan hewan. Jika dibandingkan dengan kondisi serupa dari penelitian (Safitri *et al.* 2018), limbah domestik rumah tangga adalah sumber pencemar biologis tertinggi yang disebabkan oleh penanganan limbah rumah tangga yang tak dikelola dengan baik, seperti saluran pembuangan yang langsung ke sungai tanpa pengolahan.

Parameter *fecal coliform* memiliki konsentrasi rata-rata sebesar 6.200 MPN/100 ml, artinya telah melampaui baku mutu yang ditetapkan. Menurut Sumampouw (2019), *fecal coliform* merupakan bakteri golongan *coliform* yang dapat memfermentasi laktosa pada suhu 44,5 °C. Tingginya konsentrasi parameter ini disebabkan oleh buangan limbah domestik, kotoran dan aktivitas industri yang membuang limbahnya ke badan air. Tingginya parameter *fecal coliform* dapat mengakibatkan kontaminasi pada biota air yang apabila biota tersebut dikonsumsi oleh manusia dapat menyebabkan berbagai penyakit bawaan secara tidak langsung.

3.2. Penetapan status mutu air permukaan

Perhitungan status mutu air permukaan dengan metode STORET menunjukkan skor sebesar -116 untuk periode pemantauan tahun 2021. Berdasarkan dari nilai tersebut, kondisi kualitas air permukaan dikategorikan sebagai tercemar berat. Status mutu air berdasarkan Indeks Pencemaran menghasilkan skor sebesar 3,30 untuk triwulan I, sedangkan untuk triwulan II sebesar 5,00 dan untuk triwulan IV sebesar 2,30. Dari ketiga periode pengukuran ini dapat dideskripsikan bahwa selama tahun 2021 status mutu dengan metode IP dikategorikan ke dalam tercemar ringan.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan kualitas air permukaan di Sungai Kemuning, terdapat 7 parameter yang melebihi baku mutu yaitu TDS, TSS, BOD, COD, DO, *total coliform* dan *fecal coliform*. Metode STORET mengidentifikasi bahwa klasifikasi dari kualitas air permukaan termasuk ke dalam tercemar berat. Metode Indeks Pencemaran mengidentifikasi bahwa klasifikasi dari kualitas air permukaan termasuk ke dalam kategori tercemar ringan. Terlampauinya baku mutu dari beberapa parameter tersebut bukan disebabkan oleh aktivitas pembangunan PLTU Kotabaru (2 x 7 MW) melainkan karena aktivitas domestik berupa pembuangan limbah kotoran dan kegiatan industri di sekitar Sungai Kemuning. Seyogyanya perlu dilakukan pengawasan pada setiap kegiatan yang berpotensi menjadi sumber pencemar air sungai dan menerapkan program peningkatan sanitasi terutama pada sumber pencemar domestik sebagai penyumbang limbah terbesar.

5. UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Drs. Moh. Rangga Sururi S.T, M.T sebagai dosen yang telah membimbing penulis pada penelitian ini dan PT. Kwarsa Hexagon yang telah memfasilitasi penelitian ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Amin S. 2014. Kajian penentuan status mutu air di Kali Kloang Kabupaten Pamekasan (Metode STORET, Metode Indeks Pencemaran, Metode Ccme WQI, dan Metode OWQI) [Skripsi]. Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya. Malang.
- Arnop O, Budiyanto dan Rustama. 2019. Kajian evaluasi mutu Sungai Nelas dengan metode STORET dan Indeks Pencemaran. *Jurnal Penelitian Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan* 8(1):15-24.
- Effendi H. 2003. Telaah kualitas air bagi pengelolaan sumberdaya dan lingkungan perairan. Kanisius. Yogyakarta.
- Effendi H. 2016. Evaluation of water quality status of Ciliwung River based on Pollution Index [Proceeding]. A paper presented at 36th Annual Conference of the International Association for Impact Assessment (IAIA 16), Aichi-Nagoya, Japan, 11-14 May 2016.

- Firdaus A dan Aryawati R. 2015. Distribusi total suspended solid dan total dissolved solid di muara Sungai Banyuasin Kabupaten Banyuasin Provinsi Sumatera Selatan. *Maspari Journal: Marine Science Research* 7(1):49-62.
- Hayat F and Kurniatillah N. 2021. Microbiological and water quality status of Cibanten River [Proceeding]. *First International Conference on Social Science, Humanity, and Public Health (ICOSHIP 2020)*:198-200.
- KepMenLH (Keputusan Menteri Lingkungan Hidup) Nomor 115 Tahun 2003 tentang pedoman penentuan status mutu air.
- Lee AH and Nikraz H. 2015. BOD: COD ratio as an indicator for river pollution [Proceeding]. *International Proceedings of Chemical, Biological and Environmental Engineering* 88(15):89-94.
- Oktavia SR, Effendi H dan Hariyadi S. 2018. Status mutu air Kali Angke di Bogor, Tangerang, dan Jakarta. *Jurnal Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan* 2(3):220-234.
- PP (Peraturan Pemerintah) Nomor 22 Tahun 2021 tentang penyelenggaraan perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup.
- Pramanik RA, Purnomo EP dan Kasiwi AN. 2020. Dampak perizinan pembangunan PLTU Batang bagi kemajuan perekonomian masyarakat serta pada kerusakan lingkungan. *Kinerja* 17(2):248-256.
- [PT.PLN] Perseroan Terbatas Pembangkit Listrik Negara. 2010. Dokumen upaya pengelolaan lingkungan hidup (UKL) dan upaya pemantauan lingkungan (UPL). PT PLN. Jakarta.
- Rusydi AF. 2018. Correlation between conductivity and total dissolved solid in various type of water: A review. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 118(1): 012019.
- Safitri LF, Widyorini N dan Jati OE. 2018. Analisis kelimpahan total bakteri coliform di perairan muara Sungai Payung, Morosari, Demak. *Jurnal Saintek Perikanan* 14(1):30-35.
- Sara PS, Astono W dan Hendrawan DI. 2018. Kajian kualitas air di Sungai Ciliwung dengan parameter BOD dan COD [Prosiding]. *Seminar Nasional Cendekiawan* 4:591-597.

- Sari TFP, Makmur M dan Rozikin M. 2014. Efektivitas implementasi UKL-UPL dalam mengurangi kerusakan lingkungan (studi pada badan lingkungan hidup Kabupaten Malang dan masyarakat sekitar PT Tri Surya Plastik Kecamatan Lawang). *Jurnal Administrasi Publik* 2(1):161-168.
- Sumampouw OJ. 2019. Kandungan bakteri penyebab diare (coliform) pada air minum (studi kasus pada air minum dari depot air minum isi ulang di Kabupaten Minahasa). *Journal Public Health Without Border* 1(2):8-13.
- Sururi MR, Roosmini D and Notodarmojo S. 2018. Chromophoric and liability quantification of organic matters in the polluted rivers of Bandung watershed, Indonesia. In *MATEC Web of Conferences EDP Sciences* 154: 02002.
- Sururi MR, Dirgawati M, Roosmini D and Notodarmodjo S. 2021. Characterization of fluorescent dissolved organic matter in an affected pollution raw water source using an excitation-emission matrix and parafac. *Environment and Natural Resources Journal* 19(6):459-467.
- Tai H, Yang Y, Liu S and Li D. 2011. A review of measurement methods of dissolved oxygen in water [Proceeding]. *Computer and Computing Technologies in Agriculture V - 5th IFIP*:569-576.
- Tarigan M. 2010. Kandungan total zat padat tersuspensi (*total suspended solid*) di perairan Raha, Sulawesi Tenggara. *Makara Journal of Science* 14(3):109-119.
- Wahab NA, Kamarudin MKA, Toriman ME, Ata FM, Juahir H, Ghazali A and Anuar ANA. 2018. The evaluation of dissolved oxygen (DO), total suspended solids (TSS) and suspended sediment concentration (SSC) in Terengganu River. Malaysia. *International Journal of Engineering & Technology* 7(3):44-48
- Wardhana WA. 2004. *Dampak pencemaran lingkungan (Edisi Revisi)*. Penerbit Andi. Yogyakarta.

Hubungan pengetahuan lingkungan dan sikap konservasi terhadap perilaku lingkungan santri di Pondok Pesantren Darut Tafsir

The relationship between environmental knowledge and conservation attitudes towards the environmental behavior of students at Darut Tafsir Islamic Boarding School

Fauziyah Hasanah¹, Syartinilia², Akhmad Arif Amin³

¹Program Studi Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan, IPB University, Bogor, Indonesia

²Departemen Arsitektur Lanskap, Fakultas Pertanian, IPB University, Bogor, Indonesia

³Departemen Ilmu Penyakit Hewan dan Kasmavet, IPB University, Bogor, Indonesia

Abstrak.

Pesantren merupakan lembaga Islam yang dapat memberikan kontribusi penting dalam perawatan lingkungan. Pesantren menjadi unsur esensial dan dapat membentuk agen pengantar perubahan perilaku dan sikap masyarakat terhadap lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji tingkat pengetahuan santri terhadap lingkungan, sikap santri terhadap konservasi, dan perilaku santri Pondok Pesantren Darut Tafsir terhadap lingkungan, serta menganalisis hubungan antar ketiganya. Penelitian ini dilakukan di Pondok Pesantren Darut Tafsir, Ciampea, Bogor pada bulan Februari hingga April 2022. Penelitian ini menggunakan analisis regresi berganda untuk menganalisis hubungan antar pengetahuan dan sikap konservasi santri dengan perilaku lingkungan santri. Analisis deskripsi digunakan untuk melihat tingkat pengetahuan lingkungan, sikap konservasi dan perilaku lingkungan santri. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat pengetahuan lingkungan pada santri rata-rata adalah 73,5%, dan sikap konservasi 60,5%. Perilaku lingkungan santri rata-rata 65,3%. Nilai koefisien determinasi R^2 pada persamaan regresi sebesar 0,639 yang artinya kontribusi variabel pengetahuan lingkungan dan sikap konservasi terhadap perilaku lingkungan hanya 63,9%. Untuk meningkatkan perilaku lingkungan santri, maka pembelajaran pendidikan terhadap lingkungan di lingkungan pesantren perlu diperbaiki.

Kata kunci: pengetahuan, pesantren, sikap konservasi, perilaku lingkungan

Abstract.

Islamic boarding schools are Islamic institutions that can make an important contribution to environmental care. Islamic boarding schools are an essential element and can form agents of change in people's behavior and attitudes towards the environment. This study aims to examine the level of students' knowledge, the attitudes and the behavior of students at Darut Tafsir Islamic Boarding School towards the environment. and to analyze the relationship among the three. This research was conducted at Darut Tafsir Islamic Boarding School, Ciampea, Bogor from February to April 2022. This study used multiple regression analysis to analyze the relationship between students' knowledge and conservation attitudes and students' environmental behavior. Descriptive analysis is used to see the level of environmental knowledge, conservation attitudes and environmental behavior of students. The results of the study showed that the average level of environmental knowledge among students was 73.5%, and the attitude towards conservation was 60.5%. Students' environmental behavior averaged 65.3%. The coefficient of determination R^2 in the regression is 0.639, meaning that the contribution of environmental knowledge and conservation attitudes to environmental behavior is only 63.9%. To improve students' environmental behavior, it is necessary to improve environmental education in the boarding schools.

Keywords: knowledge, boarding school, conservation attitudes, environmental behavior

1. PENDAHULUAN

Perbincangan mengenai banyaknya masalah lingkungan semakin hari semakin rumit sehingga diperlukan perhatian yang serius. *Millenium Ecosystem Assasement* pada tahun 2005 menyebutkan bahwa terjadi degradasi kualitas dan kuantitas ekosistem serta keanekaragaman hayati sebagai penunjang kehidupan, bahkan diperkirakan bahwa dalam 50 tahun ke depan kerusakan ekosistem akan semakin

*Korespondensi Penulis
Email : fauziyahhasanah@yahoo.co.id

meningkat. Konvensi Keanekaragaman Hayati atau *Convention on Biological Diversity* (CBD) pada tahun 2002 menyimpulkan pandangan yang memprihatinkan, bahwa pemerintah di dunia tidak mampu menurunkan dan mencegah punahnya keanekaragaman hayati pada tahun 2010 secara signifikan (Butchart et al. 2010). Kondisi lingkungan yang terbebani oleh pencemaran akibat eksploitasi dan limbah produksi, serta pemanasan global yang saat ini terjadi adalah salah satu dampak dari perilaku manusia menurut IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) pada tahun 2007.

Kompleksitas masalah lingkungan menjadi pemicu banyak pihak untuk berupaya memberikan kesadaran kepada masyarakat tentang urgensi pelestarian keanekaragaman hayati, melakukan mitigasi dan adaptasi terhadap perubahan iklim melalui berbagai pendekatan (Mangunjaya 2012). Pendekatan agama dalam upaya pelestarian keanekaragaman hayati perlu dilakukan, terutama pada lembaga pendidikan Islam seperti pondok pesantren yang lebih dahulu ada sebelum munculnya sistem pendidikan modern. Pendekatan tersebut dalam rangka upaya pengelolaan sumber daya alam dan edukasi peduli lingkungan secara tepat dan efektif (Abdillah 2002). Pesantren yang telah menerapkan hal tersebut berarti sudah mampu berperan sebagai institusi penting di dalam masyarakat di lingkungan sekitar pesantren.

Pesantren adalah lembaga pendidikan Islam mandiri yang berperan dan berkontribusi di dalam menjaga lingkungan, karena pesantren merupakan tempat mendidik siswa atau santri yang diharapkan mampu menjawab tantangan baik dalam bidang agama maupun sains, termasuk lingkungan. Selain itu, pesantren menjadi perhatian bagi masyarakat dunia karena diakui sebagai jembatan budaya dan pialang budaya (*cultural broker*) bagi mengalirnya ide-ide modern (Abdurrahman 2006). Pesantren juga telah diakui sebagai institusi yang dapat menjadi *agent of change* dalam berperilaku masyarakat dalam memelihara sumber daya alam dan lingkungan.

Pesantren juga dianggap sebagai lembaga sosial yang mampu membuat masyarakat lebih memahami aturan-aturan yang berlaku dengan mengedukasi perilaku untuk menjaga lingkungan sekitarnya (Ghazali 2002). Hal tersebut menjadi penting untuk dipelajari bahwa sejauh mana pesantren mampu menjadi teladan dalam upaya keterlibatan konservasi lingkungan dan manajemen sumber daya alam. Namun di sisi lain, pondok pesantren konvensional umumnya masih terbatas dalam perkembangan ilmu pengetahuan, termasuk tentang konservasi lingkungan. Tidak

sedikit pesantren yang kondisinya masih terbilang jauh sebagai *role model* untuk penerapan ajaran Agama Islam dalam mencintai dan memelihara lingkungan. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa masih ada beberapa tuntunan Agama Islam untuk mencintai dan memelihara lingkungan yang masih belum diterapkan dalam kehidupan sehari-hari.

Berdasarkan pertimbangan di atas, pesantren diharapkan mampu menjadi sebuah lembaga atau institusi yang berperan penting untuk mengedukasi masyarakat agar mencapai pembangunan yang berkelanjutan. Menurut Raharjo (1988) dalam Ghazali (2002), pesantren dapat dikategorikan sebagai lembaga sosial karena dapat menjawab persoalan dinamika sosial yang terjadi di lingkungan masyarakat. Proses edukasi pada sistem pendidikan pesantren dapat menjadikan masyarakat semakin berwawasan dan semakin sadar akan urgensi pelestarian lingkungan.

Menurut Pike (2009), salah satu tolok ukur keberhasilan dalam implementasi kegiatan lingkungan adalah adanya perubahan perilaku seseorang maupun masyarakat. Penentuan perubahan perilaku ini, mempunyai makna penting dalam melihat keberhasilan suatu kegiatan maupun sebuah proyek. Masalah yang terjadi adalah ketika suatu kegiatan diadakan, kerap sangat sulit untuk melihat keberhasilan atau standar perubahan yang dapat terjadi di tingkat individu maupun kelompok masyarakat. Berdasarkan uraian tersebut peneliti tertarik untuk mengetahui tingkat pengetahuan lingkungan santri, sikap konservasi dan perilaku lingkungan santri. Juga menganalisis pengaruh tingkat pengetahuan lingkungan santri dan sikap konservasi terhadap perilaku lingkungannya.

2. METODOLOGI

2.1. Lokasi kajian dan waktu penelitian

Pengambilan data dilakukan pada Februari-April 2022 di Pondok Pesantren Darut Tafsir, Kampung Pabuaran Kaum RT 03 RW 02, Cibanteng, Ciampea, Bogor.

2.2. Metode pengambilan sampel

Pengambilan sampel dilakukan menggunakan metode wawancara secara *random sampling* pada 110 orang santri tingkat SMA di Pondok Pesantren Darut Tafsir.

2.3. Pengumpulan data

Data yang dikumpulkan pada variabel pengetahuan lingkungan menggunakan tes dengan Skala Likert, yakni benar atau salah. Pernyataan benar bernilai 1, sedangkan pernyataan yang salah bernilai 0. Indikator pengetahuan lingkungan santri dapat dilihat pada **Tabel 1**, sedangkan untuk klasifikasi variabel dibagi menjadi 3 kelompok yaitu baik, cukup dan kurang (Mulyaningsih 2015).

Tabel 1. Indikator pengetahuan lingkungan santri.

Indikator	Jumlah pertanyaan
Mengetahui	3
Memahami	2
Mengaplikasikan	7
Menganalisis	4
Menyintesis	3
Mengevaluasi	2
Total	21

Variabel sikap konservasi dan perilaku lingkungan menggunakan Skala Likert yang terdiri dari empat kelompok, yaitu: selalu (SL) yang bernilai 4, sering (SR) bernilai 3, kadang-kadang (KK) bernilai 2 dan tidak pernah (TP) bernilai 1. Indikator sikap konservasi dijelaskan pada **Tabel 2** dan perilaku lingkungan pada **Tabel 3**.

Tabel 2. Indikator sikap konservasi.

Indikator	Jumlah pertanyaan
Sikap perlindungan lingkungan	6
Sikap pengawetan lingkungan	8
Sikap pemanfaatan lingkungan	4
Total	18

Tabel 3. Indikator perilaku lingkungan.

Indikator	Jumlah pertanyaan
Mengetahui	4
Memahami	3
Mengaplikasikan	5
Menganalisis	4
Menyintesis	4
Mengevaluasi	4
Total	24

2.4. Prosedur analisis data

Analisis data menggunakan metode deskriptif kuantitatif dan analisis regresi linier berganda. Regresi linier berganda yaitu sebuah model regresi yang terdiri dari lebih dari satu variabel independen (Widarjono 2017). Variabel bebas (X) adalah pengetahuan lingkungan (X1) dan sikap konservasi (X2), sedangkan variabel terikat (Y) adalah perilaku lingkungan. Langkah-langkah analisis yang dilakukan adalah:

1. Uji prasyarat
 - a. Uji normalitas, mengkaji apakah data terdistribusi normal dengan Metode Liliefors dengan tingkat signifikansi $\alpha = 0,05$.
 - b. Uji homogenitas untuk menentukan keputusan uji statistik, dilakukan terhadap nilai sebelum dan sesudah tes dengan Uji Bartlett (Riduwan 2008).
2. Uji hipotesis
 - a. Uji signifikansi / keberartian regresi digunakan untuk mengaitkan yang terjadi pada variabel bebas (x) dengan variabel terikat (y).
 - b. Uji linieritas regresi.
 - c. Uji korelasi, untuk mengkaji hubungan pada variabel bebas (x) dan variabel terikat (y), menggunakan *Pearson Product Moment* (Arikunto 2011).
 - d. Uji t, digunakan untuk mengkaji keberartian.
 - e. Uji koefisien determinasi, digunakan untuk mengkaji besaran kontribusi variabel bebas (x) terhadap variabel terikat (y).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Tingkat pengetahuan lingkungan santri

Secara keseluruhan, pengetahuan lingkungan santri Pondok Pesantren Darut Tafsir memiliki nilai rata-rata sebesar 73,5% (**Tabel 4**) termasuk dalam kelompok baik. Dapat dilihat bahwa nilai pengetahuan lingkungan santri sudah baik. Santri dapat menyebutkan, memberikan contoh, menggunakan pengetahuan yang telah didapat dalam kesehariannya, dapat mengemukakan pendapat terhadap suatu masalah lingkungan yang ada dan dapat memberi sebuah solusi terhadap masalah sekitar.

Tabel 4. Rata-rata persentase skor nilai indikator pengetahuan santri.

No	Indikator	Σ Skor	Skor ideal	Persentase
1	Mengetahui	233	330	70,6%
2	Memahami	196	220	89,0%
3	Mengaplikasikan	561	770	72,8%
4	Menganalisis	321	440	58,3%
5	Menyintesis	226	330	69,3%
6	Mengevaluasi	163	220	74,0%
Jumlah		1.700	2.310	73,5%

Pada ranah kognitif, indikator “memahami” memiliki persentase terbesar, yakni bernilai 89%. Hal ini karena santri paham dengan materi yang telah disampaikan baik materi yang sederhana maupun yang rumit. Pemahaman tersebut ditunjukkan dengan para santri mampu menyampaikan unsur-unsur lingkungan hidup dan unsur sosial budaya di dalam kesehariannya. Nilai untuk indikator pengetahuan yang paling kecil adalah “menganalisis”, yakni bernilai 58,3% yang termasuk dalam kategori cukup. Hal ini dikarenakan santri atau siswa mengalami kesulitan dalam menentukan bagian permasalahan lingkungan dan menunjukkan hubungannya antar bagian lingkungan dengan penyebabnya (Fathulullah *et al.* 2019).

Tahapan pengetahuan yang besar didapat dari pembelajaran lingkungan yang didapat santri di pesantren juga cukup banyak baik dari pelajaran formal maupun *diniyah* dan juga penerimaan informasi yang didapat, artinya bisa diperoleh dari pesantren maupun di luar pesantren. Pengetahuan tinggi diperoleh melalui pengalaman (Hendra *et al.* 2016), yang dilakukan dengan pengulangan pengalaman yang didapat dalam pemecahan masalah yang ada. Pengetahuan didapat melewati pikiran dengan perkembangan kebudayaan manusia, cara berpikir santri atau siswa pun mengikuti perkembangan. Seluruh santri atau siswa dapat menggunakan pikirannya dalam mendapatkan pengetahuan. Pada masing-masing kategori pengetahuan, santri memiliki pengetahuan yang berbeda, hal ini yang membuat santri mendapatkan nilai yang berbeda pada masing-masing kategori pengetahuan.

3.2. Tingkat sikap konservasi santri

Rata-rata hasil perhitungan skor nilai sikap konservasi santri berdasarkan kuesioner yang telah diberikan dapat dilihat pada **Tabel 5**.

Tabel 5. Rata-rata persentase skor nilai indikator sikap konservasi santri.

No	Indikator	Σ Skor	Skor ideal	Persentase
1	Perlindungan	1.682	2.640	63,7%
2	Pengawetan	2.100	3.520	59,6%
3	Pemanfaatan	1.010	1.760	57,3%
Jumlah		4.792	7.920	60,5%

Sebagian santri sebesar 60,5% telah memiliki sikap yang terkait dengan konservasi, artinya sebagian besar santri memberikan respons yang baik terhadap konservasi. Sebagaimana yang dijelaskan oleh Anton (2015), bahwa upaya melestarikan atau melindungi alam untuk menjamin pemanfaatannya secara bijak itu disebut dengan konservasi. Santri cenderung tidak memiliki kemampuan terkait kebiasaan penanganan sampah dalam aktivitas hariannya. Berdasarkan kategori pernyataan di atas, sebagian besar santri tidak memiliki kompetensi terkait pengawetan dan pemanfaatan lingkungan. Hal ini dikarenakan sistem pendidikan di pesantren cenderung fokus kepada pelajaran yang tekstual dan bersifat teoritis. Selain itu, faktor jumlah mata pelajaran yang diberikan, jam pelajaran yang terbatas dan keterampilan guru / pengajar yang kurang mumpuni juga turut mempengaruhi.

Kompetensi santri adalah kecakapan santri atau siswa terkait penanaman, pengelolaan sumber daya alam, pemanfaatan sampah dan limbah. Kemampuan mengelola sumber daya yang dimiliki oleh santri adalah sejauh mana santri mampu mengelola sumber daya alam menjadi produk baru. Kemampuan yang berkaitan dengan pemanfaatan sampah dan limbah ditunjukkan dalam pemanfaatan sampah organik atau anorganik menjadi barang baru. Sedangkan kemampuan pemanfaatan limbah dapat dilihat dari kreativitas pembuatan produk yang berasal dari limbah melalui proses 4R (*reduce, reuse, recycle, dan replanting*).

Sebagian besar santri mampu memilah sampah organik dan non organik. Namun pada praktiknya, hanya terdapat 1 tempat sampah di setiap masing-masing tempat yang membuat prinsip pemilahan jenis sampah tidak dapat dipraktikkan. Beberapa produk berbahan dasar sampah organik yang dapat dibuat oleh santri adalah pupuk kompos dari daun atau ranting pohon, pupuk kompos dari kotoran hewan serta

kerajinan tangan berupa tas dan anyaman dari bambu atau daun. Sedangkan produk yang terbuat dari sampah non organik hanya mampu dilakukan oleh sedikit santri saja, beberapa contoh produk tersebut berupa tempat alat tulis, vas bunga, tas, tikar, lampion, mainan anak-anak, bunga dan lain-lain. Penyebab kurang terampilnya santri pada pemanfaatan sampah dan limbah disebabkan pengetahuan santri yang belum cukup, selain itu juga karena fasilitas yang kurang mendukung dan tidak adanya pembimbing untuk mengembangkan keterampilan.

3.3. Perilaku lingkungan santri

Perilaku lingkungan santri Pondok Pesantren Darut Tafsir memiliki nilai persentase rata-rata sebesar 71,1% yang termasuk ke dalam kelompok baik (**Tabel 6**). Hal ini memperlihatkan bahwa perilaku lingkungan santri sudah baik.

Tabel 6. Rata-rata persentase skor nilai indikator perilaku lingkungan santri.

No	Indikator	Σ Skor	Skor ideal	Persentase
1	Mengetahui	1.213	1.760	68,9%
2	Memahami	917	1.320	69,4%
3	Mengaplikasikan	1.604	2.200	72,9%
4	Menganalisis	978	1.760	72,7%
5	Menyintesis	1.210	1.760	68,7%
6	Mengevaluasi	1.293	1.760	73,4%
Jumlah		7.215	8.800	71,1%

Indikator perilaku lingkungan yang memiliki nilai persentase paling besar yaitu “mengevaluasi”, yakni bernilai 73,4%. Hal tersebut dicerminkan dalam perilaku menghemat air dan penggunaan listrik demi menjaga sumber daya di masa yang akan datang. Pada hal tersebut, diketahui santri telah memiliki kesadaran untuk menjaga lingkungan demi terjaganya sumber daya di masa depan.

Nilai persentase indikator perilaku lingkungan yang paling kecil yaitu “menyintesis”, yakni sebesar 68,7% yang termasuk dalam kategori cukup. Perilaku “menyintesis” ditunjukkan dalam menjaga pelestarian lingkungan hidup buatan dan lingkungan hidup alami di sekitar pesantren. Selain itu, perilaku menjaga tanaman yang ada di pesantren juga sudah ditunjukkan oleh para santri dengan baik. Kecilnya nilai persentase indikator perilaku tersebut diakibatkan oleh kurang optimalnya pemanfaatan taman di dalam pesantren sebagai lingkungan hidup buatan.

3.4. Pengaruh variabel pengetahuan (X1) dan sikap konservasi (X2) terhadap perilaku lingkungan (Y)

Pembuktian hipotesis mengenai keberadaan pengaruh variabel pengetahuan (X1) dan sikap konservasi (X2) secara parsial maupun secara simultan terhadap perilaku lingkungan (Y) menggunakan analisis regresi linier berganda. Berdasarkan hasil perhitungan, maka diperoleh persamaan regresi linier berganda pada **Persamaan 1**. Persamaan regresi linear ini ditunjukkan bahwa variabel pengetahuan (X1) dengan koefisien regresi 0,846 memiliki pengaruh terhadap perilaku lingkungan, sedangkan sikap konservasi (X2) dengan koefisien regresi 0,067 (**Tabel 7**) tidak memiliki pengaruh terhadap perilaku lingkungan (Y). Tetapi jika pengetahuan dan sikap konservasi tidak ada maka perilaku lingkungan akan mengalami penurunan.

$$Y = 52.156 + 0.846X1 + 0.067X2 \dots\dots\dots(1)$$

Tabel 7. Regresi linier berganda *coefficients*.

<i>Coefficients*</i>					
Model	<i>Unstandardized coefficients</i>		<i>Standardized coefficients</i>	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	52,156	3,016		17,292	0,000
1 Pengetahuan	0,846	0,117	0,742	7,244	0,000
Sikap konservasi	0,067	0,099	0,069	0,670	0,504

Keterangan: **dependent variable*: perilaku (Y)

Pada **Tabel 8** menunjukkan koefisien determinasi (R^2) pada variabel pengetahuan (X1), sikap konservasi (X2) dan perilaku lingkungan (Y). Berdasarkan tabel tersebut dapat dilihat bahwa nilai R^2 yaitu 0,639 yang dapat diartikan bahwa pengaruh variabel X1 dan X2 secara simultan (bersama-sama) memiliki pengaruh terhadap variabel Y senilai 63,9% dan yang lainnya dipengaruhi oleh variabel lain yang tidak terdapat pada penelitian ini.

Tabel 8. Koefisien determinasi (R^2) *model summary*.

<i>Model Summary</i>				
Model	R	R square	Adjusted R square	Std. error of the estimate
1	0,799*	0,639	0,632	2,90711

Keterangan: **predictors*: (constant), sikap konservasi (X2) , pengetahuan (X1)

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Santri memiliki tingkat pengetahuan lingkungan sebesar 73,5% (baik), sikap konservasi sebesar 60,5% (cukup), dan tingkat perilaku lingkungan santri sebesar 65,3% masuk ke dalam kategori cukup. Santri sudah cukup baik dalam menjaga lingkungan. Persamaan regresi menunjukkan bahwa variabel *independent* pengetahuan (X1) memiliki pengaruh terhadap perilaku lingkungan sedangkan sikap konservasi (X2) tidak memiliki pengaruh terhadap perilaku lingkungan (Y). Tetapi jika pengetahuan dan sikap konservasi tidak ada maka perilaku lingkungan akan mengalami penurunan.

Berikut merupakan beberapa saran atau masukan terkait pengetahuan, sikap konservasi dan perilaku lingkungan santri:

a. Untuk Kementerian Pendidikan

Materi pada pelajaran Pendidikan Lingkungan Hidup harus lengkap dengan ditambah dari referensi lain yang lebih relevan sebagai tambahan sumber belajar siswa dalam meningkatkan pengetahuan santri atau siswa dalam menjaga lingkungan.

b. Untuk Pesantren

Dalam rangka untuk memupuk pengetahuan, sikap konservasi dan perilaku lingkungan santri, perlu dilakukan penyusunan program lingkungan yang baik di npesantren. Kebijakan pemimpin pesantren dan kepala sekolah yang mendukung terciptanya pendidikan lingkungan serta memiliki tanah yang lapang dan fasilitas yang memadai agar dapat digunakan untuk melaksanakan program konservasi.

c. Untuk Santri

Pengembangan berbagai kegiatan ekstrakurikuler di bawah Organisasi Santri Darut Tafsir.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah M. 2002. Status pendidikan pesantren dalam pendidikan nasional. Dalam: Kapita Selekta Pondok Pesantren. Rijal R (ED). departemen Agama Jakarta.
- Abdurrahman M. 2006. Terbukanya jendela pesantren [Harian Kompas]. 7 Juli 2006.
- Anton S. 2015. Potensi dan strategi pengelolaan hutan lindung Wosi Rendani. Deepublish. Yogyakarta.
- Arikunto S. 2011. Prosedur penelitian suatu pendekatan praktik. Rineka Cipta. Jakarta.

- Butchart SHM, Walpole M, Collen B and Strien AJV. 2010. Global biodiversity: indicators of recent declines. *Science* 328(5982):1164 –1168.
- Fathulullah MN, Rahma H dan Indrayati A. 2019. Tingkat pengetahuan dan perilaku ramah lingkungan penambang pasir di Sungai Krasak. *Indonesian Journal Of Conservation* 8(2):103-113.
- Ghazali MB. 2002. Pesantren berwawasan lingkungan. Penerbit CV Parasasti. Jakarta.
- Hendra P, Hariyanto D dan Banowati E. 2016. Pengaruh pengetahuan petani kentang terhadap pertanian berkelanjutan di Desa Kepakisan Kecamatan Batur. *Jurnal Edu Geography* 4(3):42-49.
- [IPCC] Intergovernmental Panel on Climate Change. 2007. *Climate change 2007: the physical science basis*. Cambridge University Press. New York.
- Mangunjaya FM. 2012. Desain ekopesantren dalam kerangka pembangunan berkelanjutan [Disertasi]. Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan, Sekolah Pascasarjana, IPB University. Bogor.
- [MEA] Millennium Ecosystem Assessment. 2005. *Ecosystem and human well-being: synthesis*. Island Press. Washington DC.
- Mulyaningsih IE. 2015. Pengaruh interaksi sosial keluarga, motivasi belajar, dan kemandirian belajar terhadap prestasi belajar. *Jurnal Pendidikan dan Kebudayaan* 20(4):441-451.
- Pike C, Doppelt B and Herr M. 2010. *Climate communications and behavior change: a guide for practitioners*. The Climate Leadership Initiative. Eugene.
- Riduwan. 2008. *Skala pengukuran variabel-variabel penelitian*. Penerbit Alfabeta. Bandung.
- Widarjono A. 2017. *Ekonometrika: pengantar dan aplikasinya disertai panduan e-views*. UPP STIM YKPN. Yogyakarta.

Tingkat kesehatan karang berdasarkan *coral health chart* di tiga daerah penyelaman di Taman Nasional Bunaken

Coral health level based on coral health chart in three diving areas in Bunaken National Park

Jongky Wuner Alfius Kamagi^{1*}, Radjab Djamali¹, Robert Daniel Towoliu¹, Andritsu Polii²

¹Jurusan Pariwisata, Politeknik Negeri Manado, Manado, Indonesia

²Jurusan Elektro, Politeknik Negeri Manado, Manado, Indonesia

Abstrak.

Taman Nasional Bunaken merupakan salah satu tujuan wisata minat khusus dengan aktivitas menyelam sebagai daya tarik utamanya. Tidak hanya terkenal dengan keanekaragaman biota laut seperti ikan, mamalia dan reptil laut, Taman Nasional Bunaken juga terkenal dengan lanskap bawah lautnya yang unik berupa dinding terumbu karang yang menjadi daya tarik para fotografer bawah laut. Bertambahnya kunjungan wisatawan telah membuat kerusakan pada terumbu karang di Pulau Bunaken. Kerusakan lainnya dapat disebabkan oleh alam seperti badai, penyakit karang, kelimpahan bintang laut, mahkota duri dan pemutihan karang. Berdasarkan permasalahan tersebut penelitian ini menetapkan tujuan sebagai berikut: untuk mengukur tingkat kesehatan karang di Pulau Bunaken, Taman Nasional Bunaken, Provinsi Sulawesi Utara. Metode yang digunakan untuk pengumpulan data dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan tabel *coralwatch* dan metode *random sampling*. Hasil yang diperoleh adalah daerah penyelaman Pangalisang dan Fukui berada pada skala 4 sedangkan area Muka Kampung pada skala 3.

Kata kunci: daerah penyelaman, penyakit karang, *coral bleaching*

Abstract.

Bunaken National Park is a special interest tourism destination with diving as the main attraction. Bunaken National Park is not only famous for the diversity of marine life such as fish, mammals, and marine reptiles, but also famous for its unique underwater landscape in the form of coral reef walls which are the main attraction for underwater photographers. The increase in tourist visits has caused damage to the coral reefs on Bunaken Island. Other damages can be caused by nature such as storms, coral disease, starfish abundance, crown of thorn and coral bleaching. Based on these problems, this study set the following objectives: to measure the health level of corals in the Bunaken Island area, Bunaken National Park, North Sulawesi Province. The method used for data collection in this study was to use a coralwatch table with a random sampling method. The results denoted that the Pangalisang and Fukui dive areas were on a scale of 4 while the Muka Kampung area was on a scale of 3.

Keywords: diving area, coral disease, coral bleaching

1. PENDAHULUAN

Menyelam dan *snorkeling* adalah jenis kegiatan rekreasi yang populer dalam wisata bahari (Arena 2011; Zhang and Chung 2015). Jenis kegiatan ini ada yang berdampak positif dan negatif terhadap lingkungan dan masyarakat (Elias *et al.* 2016). Beberapa daerah penyelaman di Pulau Bunaken yang sering dikunjungi telah terjadi kerusakan karang akibat jangkar perahu yang ditambatkan pada terumbu karang, perahu yang menabrak karang serta penyelam yang dengan sengaja atau tidak sengaja memegang atau menginjak karang. Berdasarkan penelitian dari Yulianda (2018) daya dukung untuk *snorkeling* adalah 1988 orang per hari dan selam adalah 1983 orang.

*Korespondensi Penulis
Email: jongkykamagi409@gmail.com

Menurut Zhang *et al.* (2016) pengelolaan pariwisata yang berbasis terumbu karang sudah sangat penting dan mendesak untuk meminimalkan dampak kerusakan terumbu karang agar bisa terus berkelanjutan. Tidak adanya pengelolaan pengunjung (*visitor management*) membuat kunjungan pada situs penyelaman yang berada dekat dengan pondok wisata (*cottage*) menjadi lebih banyak dari situs penyelaman lainnya. Hal ini dilakukan oleh pelaku industri untuk mengurangi biaya bahan bakar yang digunakan untuk mengunjungi situs penyelaman.

Kerusakan karang lainnya yang disebabkan oleh alam seperti melimpahnya *pumparade* atau *crown of thorn starfish* (COTS) dan pemutihan karang (*coral bleaching*). Permasalahan lainnya yaitu permasalahan sampah yang terbawa oleh arus laut dan sering kali mengotori kawasan wisata. Kawasan wisata yang berhasil tergantung pada kualitas lingkungan kawasan secara fisik (Mill 2000). Sarana penunjang untuk penyelaman *scuba* seperti pondok wisata dapat juga mengakibatkan kontaminasi bahan kimia dan kerusakan karang (Mota 2016).

Kegiatan penyelaman merupakan salah satu penyumbang terbesar terhadap kerusakan terumbu karang (Chung *et al.* 2013; Giglio *et al.* 2016). Terumbu karang selain mempunyai keanekaragaman yang tinggi juga merupakan suatu ekosistem yang rapuh (Prior *et al.* 1995). Jika tidak dilakukan pengelolaan dan pengawasan pengunjung situs penyelaman, dikhawatirkan pada suatu saat nanti sumber daya alam yang menjadi daya tarik wisata selam ini akan hilang seiring dengan makin parahnyanya kerusakan sumber daya alam yang ada. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengukur tingkat kesehatan karang dengan menggunakan *coralwatch coral health chart*.

2. METODOLOGI

2.1. Lokasi kajian dan waktu penelitian

Lokasi penelitian pada Pulau Bunaken, Taman Nasional Bunaken Sulawesi Utara. Penelitian dimulai pada Desember 2021 sampai Maret 2022. Stasiun penelitian pada 3 daerah penyelaman yaitu: Muka Kampung, Pangalisang dan Fukui yang ditampilkan pada **Gambar 1** dan **Tabel 1**. Pemilihan daerah penyelaman Muka Kampung karena mewakili daerah penyelaman yang berada dekat dengan pemukiman masyarakat, daerah penyelaman Pangalisang karena berada pada jalur lintasan pelayaran kapal penumpang yang menuju ke daerah Sanger, Siau dan Talaud, sedangkan Fukui karena merupakan daerah penyelaman yang mendapat pengaruh langsung dari laut terbuka.



Gambar 1. Lokasi penelitian di Pulau Bunaken.

Berdasarkan panduan *Coral Watch* (2018), teknik pengambilan data bisa berupa acak, transek dan permanen transek. Teknik pengambilan data acak adalah pengambilan sampel melalui penetapan sampel awal secara acak, tetapi untuk sampel selanjutnya sampel dipilih setiap beberapa detik melakukan *kick*. Pengambilan data dilakukan dengan cara *snorkeling*, ukuran *kick cycle* adalah 1 kali ayunan kaki kiri dan 1 kali ayunan kaki kanan. Pola umum dari pengambilan sampel teknik ini adalah dengan ukuran 5 *kick cycle*.

Pada setiap stasiun yang ditentukan koordinatnya dengan GPS dilakukan 2 kali *sampling* yaitu pada terumbu karang yang berada di bagian dalam yakni dekat daratan dan yang berada di bagian terluar ke arah laut. Pada bagian terumbu karang yang dekat dengan daratan diambil 10 titik *sampling* dan pada bagian ke arah laut diambil 10 titik *sampling*.

Tabel 1. Letak geografis daerah penyelaman serta parameter.

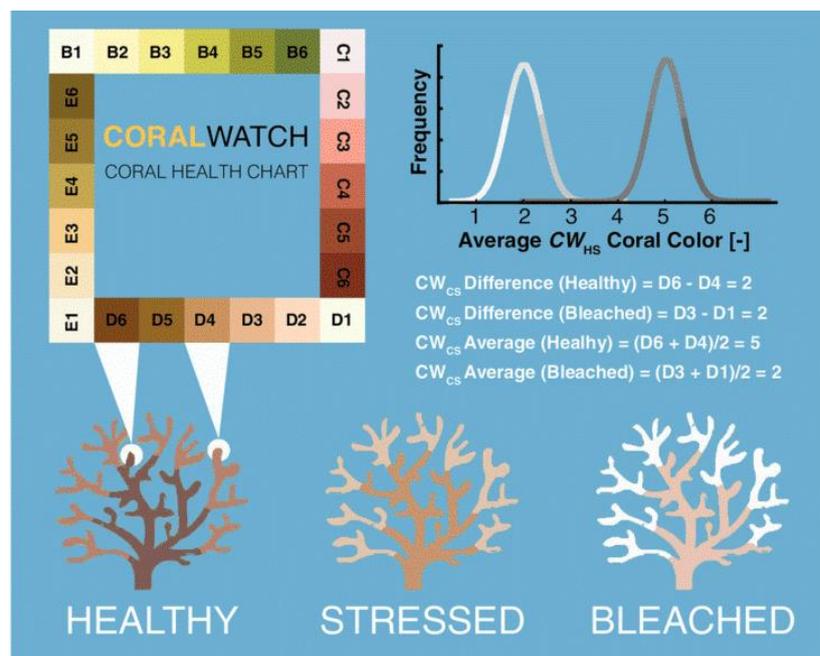
No	Lokasi	Lintang utara	Bujur timur	Suhu (°C)	Salinitas (psu/‰)
1	Pangalisang	1° 36' 36"	124° 46' 58"	29,07	34,03
2	Muka Kampung	1° 36' 38"	124° 46' 58"	28,27	33,34
3	Fukui	1° 36' 44"	124° 44' 20"	28,41	33,87

2.2. Prosedur analisis data

Urutan kegiatan pengambilan data adalah sebagai berikut:

1. Pilih karang yang akan di nilai secara acak, pilih daerah yang paling terang.
2. Cocokkan warna yang paling terang dengan *coral chart*.
3. Catat huruf dan angka yang tertera pada *coral chart*.
4. Pilih daerah yang berwarna gelap catat huruf dan angka yang cocok.
5. Catat tipe karang (bentuk pertumbuhan).
6. Lanjutkan survei dengan karang yang lain dengan menghitung 5 *kick cycle* sampai pada karang berikutnya.
7. Catat sampai mendapatkan 20 karang.
8. Data yang didapat di *upload* ke *coralwatch.org*

Bentuk pertumbuhan yang dicatat dalam penelitian ini berdasarkan *coralwatch.org* terdiri atas *branching*, *boulder*, *plate* dan *soft coral*. Hasil pengolahan data pada *coralwatch.org* bersifat kumulatif, penentuan skala adalah kondisi karang yang berada pada skala 3 atau lebih besar digolongkan sehat dan yang berada di bawah digolongkan sebagai pemutihan. Taufiqurohman et al. (2021) menggunakan kriteria skala 1-2 tidak sehat atau mengalami pemutihan, skala 3-4 mengindikasikan mengalami stres dan skala 5-6 tergolong sehat. Dalam penelitian ini kategori yang digunakan adalah berdasarkan *coralwatch.org* (**Gambar 2**).

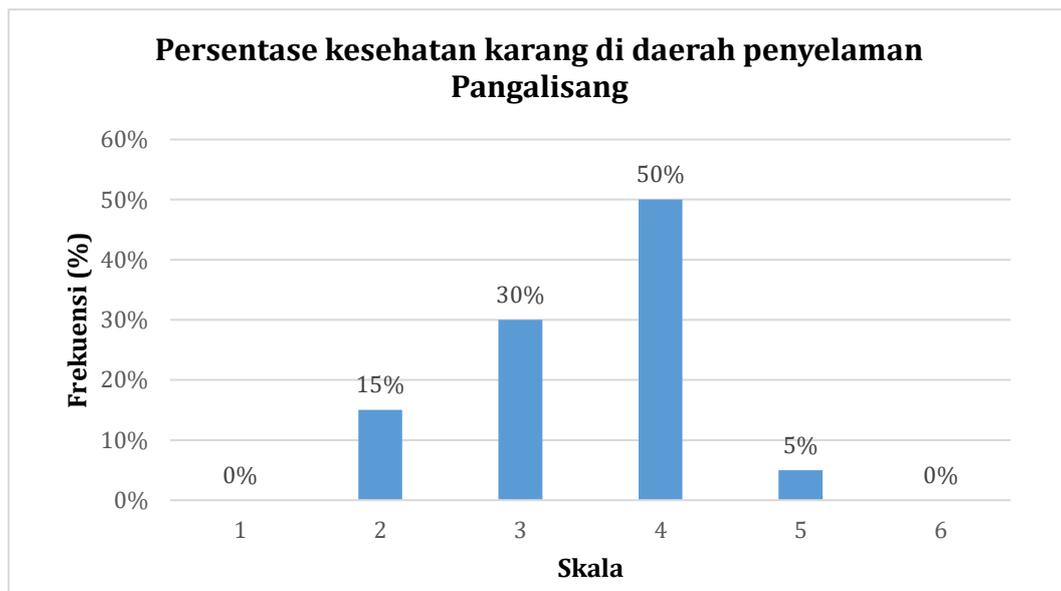


Gambar 2. Metodologi sampling menggunakan *coralwatch coral health chart* (Knipp 2020).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Daerah penyelaman Pangalisang

Skala yang terbanyak pada daerah penyelaman ini adalah skala 4 sebesar 50% kemudian skala 3 sebesar 30%, skala 2 sebesar 15% dan skala 5 sebesar 5%. Data bentuk pertumbuhan dari karang yang diamati pada daerah penyelaman Pangalisang adalah jenis *branching* atau bercabang adalah 8 koloni, jenis *boulder* atau bongkahan 10 koloni dan karang jenis *plate* adalah 2 koloni (**Gambar 3**).

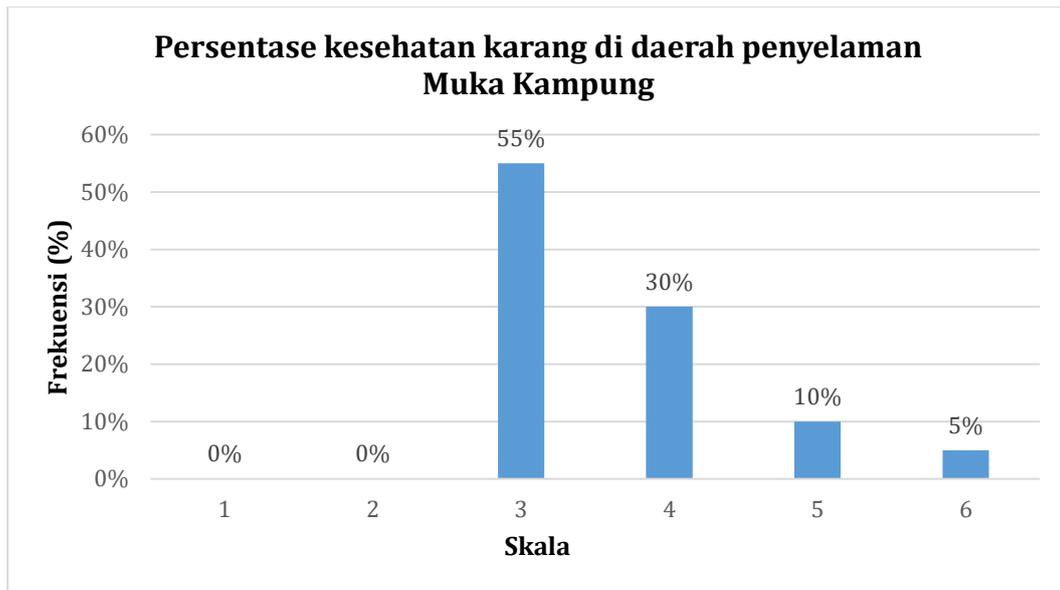


Gambar 3. Persentase kesehatan karang berdasarkan skala pada daerah penyelaman Pangalisang.

Daerah penyelaman Pangalisang berada pada bagian timur dari Pulau Bunaken berseberangan dengan Tongkeina, daerah ini merupakan daerah favorit untuk *snorkeling*. Pada bagian ke arah darat daerah ini banyak ditumbuhi mangrove. Di sekitar daerah ini terdapat banyak *dive resort* dan berada tidak jauh dari desa atau Kampung Bunaken.

3.2. Daerah penyelaman Muka Kampung

Skala yang terbanyak pada daerah penyelaman ini adalah skala 3 sebanyak 55%, skala 4 sebesar 30%, skala 5 sebesar 10% dan yang paling sedikit adalah skala 6 sebesar 5%. (**Gambar 4**).



Gambar 4. Persentase kesehatan karang berdasarkan skala pada daerah penyelaman Muka Kampung.

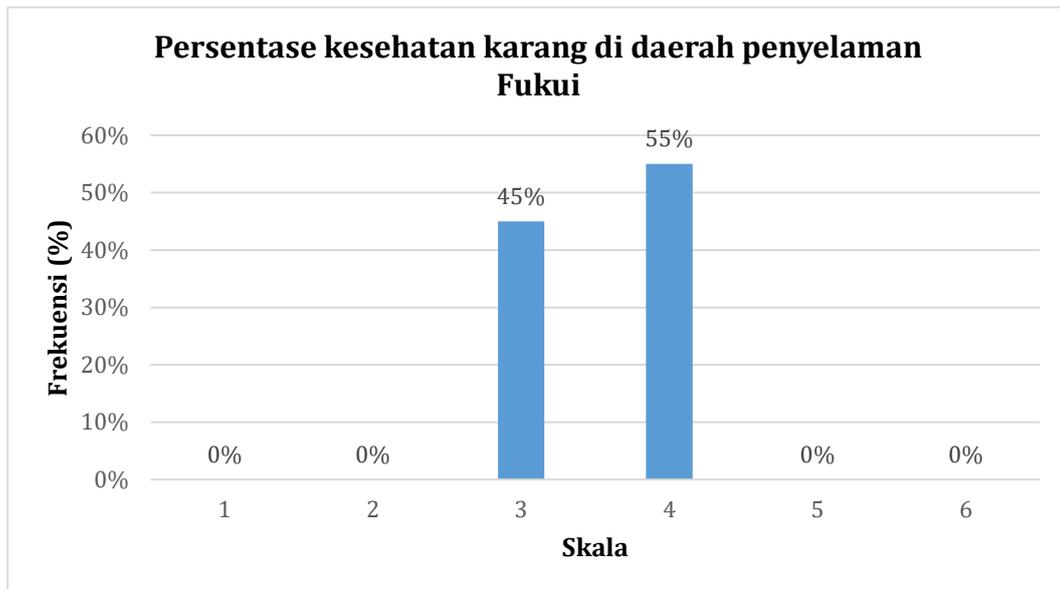
Data bentuk pertumbuhan dari karang yang diamati pada daerah penyelaman Muka Kampung adalah jenis *branching* atau bercabang sebanyak 11 koloni dan jenis *boulder* sebanyak 9 koloni. Daerah penyelaman Muka Kampung selain berkaitan dengan aktivitas wisata selam juga dipengaruhi oleh kegiatan yang bersifat antropogenik karena berada dekat dengan pemukiman masyarakat. Daerah ini menjadi tempat lalu lalang perahu milik masyarakat dan perahu wisata (**Gambar 5**).



Gambar 5. Pengukuran kesehatan karang pada karang bercabang *Acropora* di daerah penyelaman Muka Kampung.

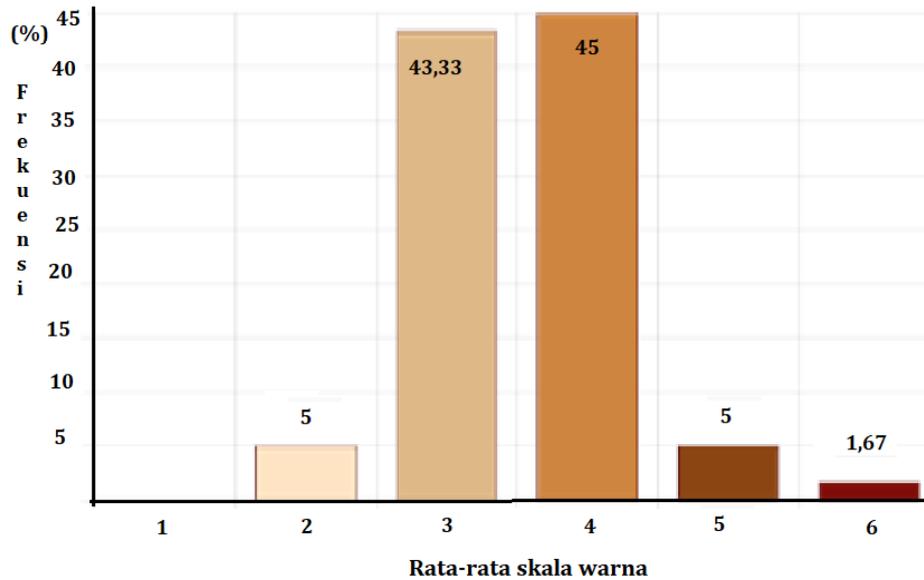
3.3. Daerah penyelaman Fukui

Skala yang terbanyak pada daerah penyelaman ini adalah skala 4 sebanyak 55% dan skala 3 sebesar 45% (**Gambar 6**). Bentuk pertumbuhan dari karang yang diamati pada daerah penyelaman Fukui adalah jenis *branching* ada 6 koloni, jenis *boulder* 12 koloni dan karang jenis *plate* adalah 2 koloni.

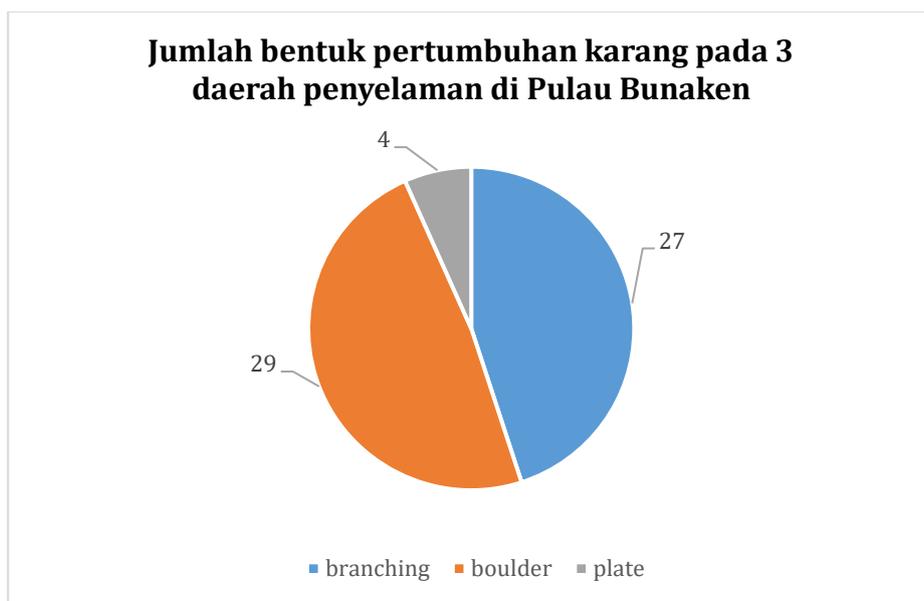


Gambar 6. Persentase kesehatan karang berdasarkan skala pada daerah penyelaman Fukui.

Total pengamatan jumlah koloni karang pada ketiga daerah penyelaman di Pulau Bunaken adalah 60. Secara keseluruhan pengamatan kesehatan karang dengan menggunakan *coralwatch coral health chart* pada tiga daerah penyelaman di Pulau Bunaken yaitu Pangalisang dan Fukui berada pada skala 4 (45%), sedangkan Muka Kampung pada skala 3 (43,33%). Secara akumulatif tingkat kesehatan karang berada pada skala 4 (45%) (**Gambar 7**). Hal ini menunjukkan bahwa secara umum tingkat kesehatan karang terkategori sehat berdasarkan kategori dari *coralwatch.org*. Bentuk pertumbuhan yang terbanyak pada ketiga daerah penyelaman di Pulau Bunaken adalah jenis *boulder* dengan total sebanyak 29 koloni (**Gambar 8**).



Gambar 7. Total persentase rata-rata kesehatan karang pada 3 daerah penyelaman di Pulau Bunaken.

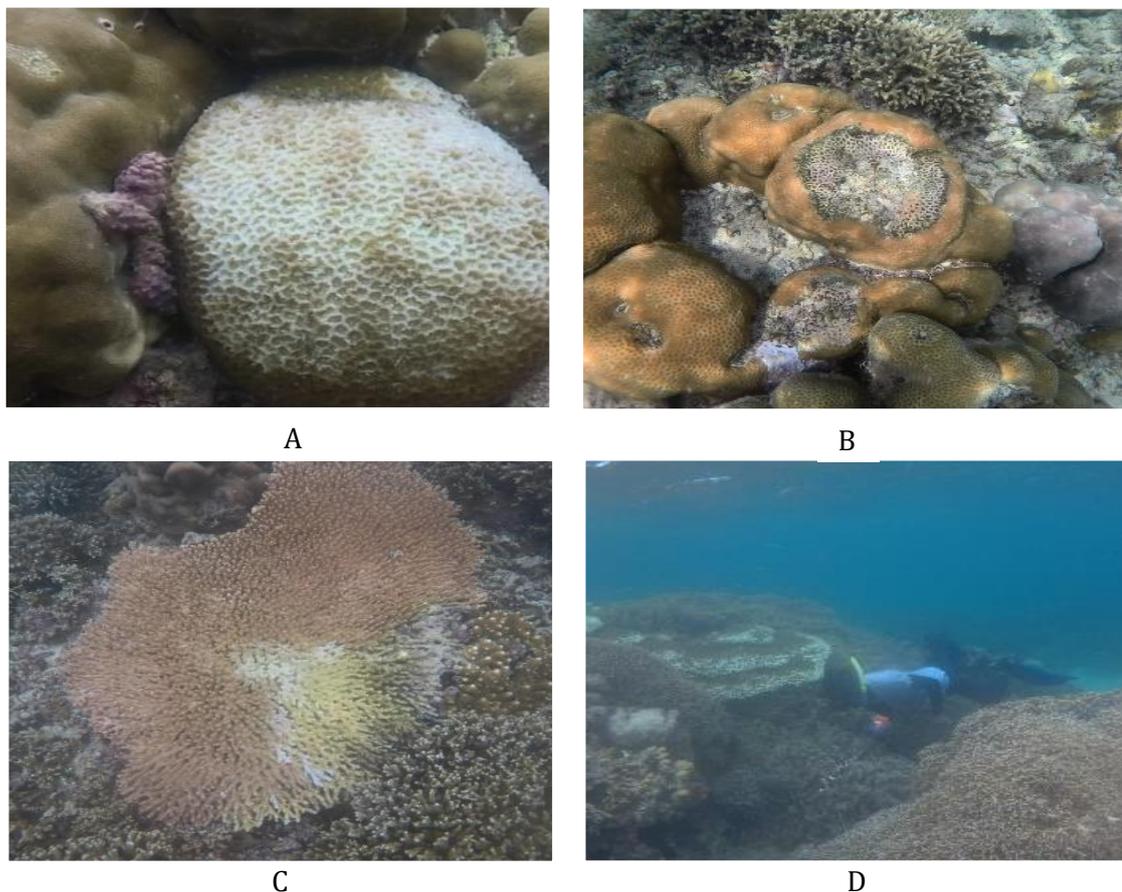


Gambar 8. Diagram lingkaran total bentuk pertumbuhan pada 3 daerah penyelaman di Pulau Bunaken.

Meskipun daerah penyelaman Muka Kampung berada pada skala 3 atau kondisi sehat namun perlu mendapatkan perhatian karena berada dekat dengan pemukiman penduduk yaitu Desa Bunaken, selain itu juga daerah penyelaman ini berada dekat dengan mulut Sungai Tondano. Meskipun hubungan antara faktor antropogenik dan penyakit karang belum banyak dipelajari, namun faktor-faktor yang diperkirakan memfasilitasinya adalah eutrofikasi (Johan 2010).

Menurut Sjafrie (2014), faktor yang mempengaruhi terjadinya pemutihan atau *bleaching* yaitu terjadinya perubahan suhu yang ekstrem, intensitas cahaya, salinitas, polutan serta arus perairan yang kecil. Selain *bleaching*, penyakit karang seperti *white syndrome* dapat menyebabkan pemutihan pada karang. Penyakit yang disebabkan oleh infeksi pada jaringan karang yang mengakibatkan terjadinya perbedaan warna serta hilangnya jaringan pada karang disebabkan oleh bakteri, virus, protozoa atau jamur (Johan 2010).

Faktor lain yang menyebabkan pemutihan pada karang ialah predasi atau pemangsaan. Predator karang yang menyebabkan kerusakan yang signifikan (pemutihan) pada karang adalah organisme *Drupella* sp dan *Acanthaster planci* (*crown of thorn starfish*) seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 9**. Dalam penelitian ini pengamatan keberadaan *Acanthaster* yaitu pada bagian timur pulau Bunaken sekitar daerah penyelaman Pangalisang.



Gambar 9. (A) Pemangsaan *Drupella* sp.;(B) *Black band disease*; (C) *White syndrome*; (D) *Coral bleaching* pada daerah penyelaman Fukui.

Daerah penyelaman Fukui meskipun kategori berada pada skala 4 yaitu sehat, namun pemutihan karang atau *coral bleaching* dipengaruhi oleh perubahan gejala alam seperti La Nina pada tahun 2011. Berkaitan dengan penyakit pada karang, Ampou *et al.* (2012) dalam penelitiannya menyatakan bahwa dalam perubahan gejala alam maka keberadaan bakteri gram positif akan lebih dominan. Menurut Luasunaung *et al.* (2015) aktivitas penyelaman pada daerah penyelaman Fukui lebih banyak berkontribusi terhadap kerusakan karang, di mana daerah Fukui merupakan tempat yang sering dikunjungi oleh penyelam pemula karena kondisi arus yang tidak kencang.

Untuk menghindari terumbu karang pada daerah penyelaman dari penyakit karang dan pemutihan karang adalah tidak mungkin karena semua ini terjadi oleh karena alam. Monitoring secara berkelanjutan diperlukan untuk menghindari terjadinya kerusakan terumbu karang yang lebih parah. Menurut Johan (2010) manajemen penyakit pada terumbu karang dapat dilakukan secara tradisional seperti karantina, seleksi, vaksinasi dan pendidikan. Daerah terumbu karang yang terserang penyakit serta *bleaching* dapat ditutup terhadap aktivitas manusia dengan melarang kegiatan penyelaman dan *snorkeling* untuk jangka waktu tertentu. Selain itu juga dapat dilakukan pembatasan jumlah pengunjung pada daerah penyelaman yang dianggap sudah mengalami banyak tekanan lingkungan yang mengakibatkan pemutihan dan penyakit karang. Untuk pemutihan karang yang disebabkan oleh predasi dapat dilakukan dengan pembersihan predator karang.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kondisi kesehatan terumbu karang di Pulau Bunaken masih dalam kondisi sehat yaitu pada skala 3 dan 4 *coral watch coral health chart*. Tipe atau bentuk pertumbuhan karang yang paling banyak mengalami pemutihan karang pada 3 daerah penyelaman di Pulau Bunaken adalah tipe *branching* atau bercabang. Kegiatan survei dengan menggunakan transek disarankan agar bisa mengetahui prevalensi atau presentasi jumlah karang yang mengalami penyakit karang atau *bleaching*.

5. UCAPAN TERIMAKASIH

Kepada program UK Skills for Prosperity (UKS4P) Mary Kent (Chief Technical Advisor) yang telah mendanai penelitian ini dan Irfan Affandi (ILO Officer). Direktur Politeknik Negeri Manado Dra. Maryke Alelo, MBA. Dianne Rondonuwu sebagai PIC penelitian ILO Polimdo, Manajer ILO Polimdo Ivoletti Walukow, Tim Penelitian Coastal Environment Bapak Robert Towoliu, Andritsu Polii, Radjab Djamali; serta rekan PIC ILO Polimdo. Dihaturkan terimakasih

6. DAFTAR PUSTAKA

- Ampou EE, Triyulianti I dan Nugroho SC. 2012. Analisa bakteri pada karang scleractinia berkaitan dengan fenomena La Nina di Kawasan Taman Nasional Bunaken. *Ecotropica* 7(2):126-130.
- Arena P. 2011. Protecting fish assemblages on sunken vessels to enhance diving ecotourism and local natural resources. In: Micallef, A. (ed), MCCR3-2010 Conference Proceedings. *Journal of Coastal Research* 61:375-377.
- Chung SS, Au A and Qiu JW. 2013. Understanding the underwater behaviour of scuba divers in Hongkong. *Environmental Management* 51:824-837.
- Coral Watch. 2018. Teacher guide, measuring coral health using random surveys. The University of Queensland. Australia.
- Elias W, Kasem A and Khairy N. 2016. Application of environmental practices of diving/snorkeling in Hurghada Egypt. *International Journal of Arts & Sciences* 09(02):435-444.
- Giglio VJ, Luiz OJ and Schiavetti A. 2016. Recreational diver behavior and contacts with benthic organisms in the Abrolhos National Marine Park, Brazil. *Journal Environmental Management* 57:637-648.
- Johan O. 2010. Penyebab, dampak, dan manajemen penyakit karang di ekosistem terumbu karang. *Media Akuakultur* 5(2):144-152.
- Knipp AL, Pettijohn JC, Jadot C and Hertler H. 2020. Contrasting color loss and restoration in survivors of the 2014-2017 coral bleaching event in the Turks and Caicos Islands. *SN Applied Sciences* 2:331.

- Luasunaung A, Manoppo V dan Schaduw JNW. 2015. Monitoring dan evaluasi lokasi penyelaman Taman Nasional Bunaken Kota Manado Provinsi Sulawesi Utara. *Jurnal SPATIAL - Wahana Komunikasi dan Informasi Geografi* 14(2):1-7.
- Mill RE. 2000. *Tourism: the international business* (edisi Bahasa Indonesia). Raja Grafindo Persada. Jakarta.
- Mota L. 2016. Using of natural spaces for tourism activity scuba diving and impacts on aquatic animals. *International Journal of Tropical Veterinary Biomedical Research* 1(1):9-20.
- Prior M, Ormond R, Hitchen R and Wormald C. 1995. The impact on natural resources of activity tourism: A case study of diving in Egypt. *International Journal Environmental Studies* 48: 201-209.
- Sjafrie NDM. 2014. Coral bleaching: mekanisme pertahanan karang terhadap stress. *Jurnal Oseana* 39(4):1-13.
- Taufiqurohman A, Faizal I dan Rizkia KA. 2021. Identifikasi kondisi kesehatan ekosistem terumbu karang di Pulau Sepa Kepulauan Seribu. *Oseanografi Marina* 10(1):23-32.
- Yulianda F. 2018. Daya dukung ekowisata snorkeling dan selam Taman Nasional Bunaken. Balai Taman Nasional Bunaken. Manado.
- Zhang LY and Chung SS. 2015. Assessing the social carrying capacity of diving site in Mabul Island Malaysia. *Journal of Environmental Management* 56:1467-1477.
- Zhang LY, Chung SS and Qiu JW. 2016. Ecological carrying capacity assessment of diving site: A case study Mabul Island Malaysia. *Journal of Environmental Management* 183:253-259.

JURNAL PENGELOLAAN LINGKUNGAN BERKELANJUTAN
JOURNAL OF ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY MANAGEMENT
ISSN 2598-0017 | E-ISSN 2598-0025

Vol. 6 No. 3, Desember 2022

Pengelolaan sempadan danau di kawasan pertanian: ulasan bandingan Polandia, Tiongkok dan Indonesia (Prita Ayu Permatasari, Raldi Hendro Toro Seputro Koestoer)	139-158
Penilaian daya dukung daratan permukiman sensitif gempa Panjangrejo, Pundong, Bantul, DIY (Fairus Jelita Regita Putri, Johan Danu Prasetya, Dian Hudawan Santoso)	159-168
Kajian laju timbunan sampah di Yogyakarta selama pandemi <i>Covid-19</i> (Sapta Suhardono, Iva Yenis Septiariva, Mega Mutiara Sari, I Wayan Koko Suryawan)	169-179
Penentuan status mutu air sungai di kegiatan konstruksi PLTU Kotabaru dengan STORET dan Indeks Pencemaran (Ragil Naga Lanang, Moh. Rangga Sururi)	180-193
Hubungan pengetahuan lingkungan dan sikap konservasi terhadap perilaku lingkungan santri di Pondok Pesantren Darut Tafsir (Fauziah Hasanah, Syartinilia, Akhmad Arif Amin)	194-204
Tingkat kesehatan karang berdasarkan <i>coral health chart</i> di tiga daerah penyelaman di Taman Nasional Bunaken (Jongky Wuner Alfius Kamagi, Radjab Djamali, Robert Daniel Towoliu, Andritsu Polii)	205-216

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 / jurnalbkpsl@gmail.com



9 772598 002001



9 772598 001004