

ANALISIS KERAGAMAN DAN KONDISI KESEHATAN TERUMBU KARANG DI PULAU KELAPA DUA, KEPULAUAN SERIBU

Febri Yohanes¹, Maserati¹, Agna Shollana¹, Muhammad Wicaksono¹, Adna Fathani¹, Adam Hasta Diwangkara¹, Alvin Rudy Luthfi¹

¹Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan,
Universitas Padjadjaran
Jl. Raya Bandung-Sumedang, KM 21 Jatinangor, Sumedang, Jawa Barat

Corresponding Author : maserati20001@mail.unpad.ac.id

ABSTRAK

Terumbu karang merupakan ekosistem yang memiliki produktivitas primer yang tinggi karena ekosistem ini berperan dalam *feed ground* (daerah mencari makan), *spawning ground* (daerah untuk berkembang biak), dan *nursery ground* (daerah asuhan) serta sebagai *shelter* (tempat berlindung) bagi beberapa jenis ikan sehingga terumbu karang memiliki nilai dalam fungsi penyedia sumber daya ikan. Namun, kondisi terumbu karang di beberapa perairan nyatanya kurang baik bahkan buruk. Pada ekosistem terumbu karang di wilayah Kepulauan Seribu tepatnya Pulau Panjang tergolong kedalam kondisi rusak sedang hingga rusak berat yang tercatat pada tahun 2020. Pulau Kelapa Dua merupakan pulau pemukiman terkecil di wilayah Kepulauan Seribu yang terhubung erat dengan perairan pulau-pulau seribu lainnya serta perairan dari DKI Jakarta. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui keragaman terumbu karang, mengetahui persentase tutupan terumbu karang dan kondisi kesehatan terumbu karang yang dikaitkan dengan kondisi fisika – kimia perairan di Pulau Kelapa Dua dengan harapan data yang diperoleh dapat menjadi bahan pertimbangan dalam pengelolaan yang berwawasan lingkungan dan berkelanjutan. Metode perolehan data dalam penelitian ini diperoleh secara primer yaitu data diambil secara langsung ke lapangan kemudian diolah menggunakan rumus yang telah ditetapkan. Diperoleh hasil kondisi terumbu karang di Pulau Kelapa Dua secara umum yaitu tergolong sehat dan baik karena memiliki nilai persentase tutupan sebesar 20.53 yang tergolong sedang pada stasiun 1 dan 36.43% pada stasiun 2 yang mana termasuk kategori tinggi. Pertumbuhan terumbu karang tersebut tidak terlepas dari kualitas perairan seperti suhu, ph, salinitas, dan kecerahan.

Kata Kunci : *terumbu karang, oseanografi kimia, kelapa dua.*

1. PENDAHULUAN

Ekosistem terumbu karang merupakan ekosistem perairan yang kompleks dan krusial, dengan luas $\pm 51.000 \text{ km}^2$ ekosistem terumbu karang yang terdapat di perairan Indonesia ini memiliki tingkat produktivitas dan keberagaman jenis yang tinggi (Arisandi et al., 2018). Keberagaman terumbu karang tersebut dibuktikan dengan jenis-jenis karang yang ditemukan di Indonesia diperkirakan kurang lebih sebanyak 590 jenis yang termasuk dalam marga karang (Veron, 2000). Menurut Wells (1954) dalam Suharsono (2008) ordo scleractinia yang ada di Indo-Pasifik dibagi menjadi 5 subordo

yang terdiri dari 16 suku dan 72 marga, sedangkan menurut Veron (1993) dalam Suharsono (2008) karang yang ada di Indo-Pasifik terdapat sekitar 84 marga. Jumlah marga karang yang tersebar di dunia sekitar 119 marga. Sebagai gambaran di pulau-pulau Raja Ampat berhasil diidentifikasi sebanyak 456 jenis yang termasuk dalam 77 marga (Veron, 2000). Namun, keberagaman terumbu karang sekarang mulai terancam karena adanya aktivitas manusia yang merusak lingkungan.

Pulau Kelapa Dua merupakan salah satu pulau yang memiliki ekosistem terumbu karang di Indonesia. Pulau Kelapa Dua ini

tergolong pulau yang padat penduduk dibandingkan pulau lain yang terletak pada Zona Pemukiman Taman Nasional Kepulauan Seribu. Terumbu karang merupakan daerah dengan potensi wisata bahari yang sangat tinggi serta merupakan daerah penangkapan ikan yang utama (Wilkinson, 2000). Disamping itu, terumbu karang merupakan ekosistem yang rentan terganggu, aktivitas manusia sebagai contohnya yaitu eksploitasi berlebihan oleh manusia seperti pembangunan wilayah pesisir yang tidak terintegrasi, sedimentasi, dan pencemaran perairan (Hughes et al., 2003). Kenaikan nutrisi di dalam air akibat aktivitas manusia juga dapat membuat alga melimpah yang dimana alga merupakan kompetitor karang dalam pertumbuhan (Jompa & McCook, 2003). Dengan banyaknya ancaman terhadap terumbu karang tersebut perlu dirasa untuk mengetahui kondisi kesehatan ekosistem terumbu karang di Pulau Kelapa Dua, Kepulauan Seribu.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui keragaman terumbu karang, mengetahui persentase tutupan terumbu karang dan kondisi kesehatan terumbu karang yang dikaitkan dengan kondisi fisika – kimia perairan di Pulau Kelapa Dua.

2. KAJIAN TEORI

2.1 Profil Umum Pulau Kelapa Dua

Kawasan Kepulauan Seribu merupakan bagian dari wilayah Daerah Khusus Ibukota Jakarta, terletak pada posisi geografis antara 106°25'-106°40' BT dan 05°24'-05°45' LS. Wilayah Kepulauan Seribu memiliki luas daratan sekitar 843,65 ha, luas perairan sekitar 7.000 km² dan terdiri atas 106 pulau (Burhanuddin et al., 2004). Namun, hanya 11 yang merupakan pulau berpenduduk, yaitu Pulau Untung Jawa, Pulau Pari, Pulau Lancang, Pulau Tidung, Pulau Tidung Kecil, Pulau Pramuka, Pulau Panggang, Pulau Karya, Pulau Kelapa, Pulau Harapan, dan Pulau Sebira. Kepulauan Seribu merupakan salah satu daerah konservasi laut yang terdiri atas 78 pulau karang besar maupun kecil yang terletak pada ketinggian tidak lebih

dari 3 m di atas permukaan laut (Nurrahman & Faizal, 2020).

Pulau Kelapa Dua termasuk Kawasan Taman Nasional Laut Kepulauan Seribu. Pulau Kelapa Dua merupakan pulau pemukiman terkecil di wilayah Kepulauan Seribu. Letaknya juga tidak berjauhan dengan Pulau Kelapa dan Pulau Harapan (Dinkominmas 2010). Pulau Kelapa dan Pulau Harapan dihubungkan oleh jalan yang terbuat dari beton yang mana merupakan hasil reklamasi. Secara geografis Pulau Kelapa Dua terletak diantara 05°39'14" LS dan 106°34'08" BT. Tepatnya pulau ini berada di wilayah Kelurahan Pulau Kelapa, Kecamatan Kepulauan Seribu Utara, Kabupaten Administratif Kepulauan Seribu, Provinsi DKI Jakarta. Pulau dengan luas 18,09 ha ini merupakan pulau berpenduduk yang dijadikan pusat pemerintahan Kelurahan Pulau Kelapa. Pulau yang menjadi pemukiman padat penduduk ini terletak pada Zona Pemukiman Taman Nasional Kepulauan Seribu (Kementerian Kelautan dan Perikanan, 2012).

Pulau Kelapa Dua memiliki bentuk yang menyerupai ikan. Pada bagian depannya lebar sehingga bisa ditinggali tetapi di ujung Utara dan Selatannya mengerucut hingga pantai sebelah utara dan selatan hanya seluas dua tiga kali melangkah. Untuk menuju pulau ini pengunjung dapat menggunakan perahu kecil dari Pulau Kelapa ataupun dari Pulau Harapan. Pulau Kelapa Dua walaupun memiliki potensi ecotourism yang sangat baik, dengan adanya konservasi penyu laut, penanaman mangrove, dan terumbu karang, namun masih belum dikelola dengan baik, akibatnya belum banyak wisatawan yang mengenai Pulau Kelapa Dua, dan mau berkunjung ke Pulau Kelapa Dua (Indrajaya et al., 2017).

2.2 Definisi Ekosistem Terumbu Karang

Terumbu karang (coral reef) merupakan ekosistem dasar laut yang penghuni utamanya berupa karang batu. Berbagai spesies dan bentuk karang batu ini bersama-sama dengan makhluk hidup lainnya membentuk suatu ekosistem. Terumbu

karang merupakan hewan sesil yang menghasilkan endapan padat berupa kapur atau CaCO_3 dan bersimbiosis dengan zooxanthellae. Terumbu karang dibentuk oleh ribuan binatang kecil yang disebut dengan polip (NWJ, 2012). Dalam bentuk sederhananya karang dapat terdiri dari satu polip saja yang mempunyai bentuk tubuh seperti tabung dengan mulut yang terletak di bagian atas dan dikelilingi oleh tentakel. Dalam banyak spesies karang, individu polip berkembang menjadi banyak individu yang disebut dengan koloni. Terumbu karang termasuk dalam ke dalam jenis filum Cnidaria kelas Anthozoa. Terumbu karang dikenal sebagai suatu komponen yang memiliki fungsi penting dalam ekosistemnya.

Terumbu karang tidak terlepas dari peranan ekologisnya sebagai daerah pemijahan (*spawning ground*), tempat pengasuhan (*nursery ground*), tempat mencari makan (*feeding ground*), dan daerah pembesaran (*rearing ground*) bagi biota ekonomis penting. Selain itu, terumbu karang juga memiliki peran sebagai pemecah gelombang, pencegah abrasi pantai, dan ekosistem penghalang gelombang menuju ke pesisir pantai untuk menjaga stabilitas pantai (Rizal et al., 2016). Terumbu karang juga memiliki fungsi ekonomi sebagai tempat habitat dari ikan karang, udang karang, algae, teripang dan kerang mutiara; sebagai objek wisata; sebagai penghasil bahan konstruksi bangunan dan pembuatan kapur; sebagai penghasil bahan aktif untuk obat dan kosmetik serta sebagai laboratorium alam untuk penunjang pendidikan dan penelitian (Ramadhan et al., 2016).

Menurut Direktorat Pendayagunaan Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil, Kementerian Kelautan dan Perikanan Tahun 2012 menjelaskan bahwa terumbu karang dapat diklasifikasikan kedalam beberapa jenis, yaitu :

1. Berdasarkan kemampuan memproduksi kapur :
 - a. Karang hermatifik

Karang hermatifik adalah karang yang dapat membentuk bangunan karang yang dikenal menghasilkan terumbu dan penyebarannya hanya ditemukan di daerah tropis. Karang hermatifik bersimbiosis mutualisme dengan zooxanthellae

- b. Karang ahermatifik

Karang ahermatifik tidak menghasilkan terumbu dan ini merupakan kelompok yang tersebar luas di seluruh dunia

2. Berdasarkan bentuk dan tempat tumbuh

- a. Terumbu (*reef*)

Endapan masif batu kapur (*limestone*), terutama kalsium karbonat (CaCO_3), yang utamanya dihasilkan oleh hewan karang dan biota-biota lain, seperti alga berkapur, yang mensekresi kapur, dan moluska. Dalam dunia navigasi laut, terumbu adalah punggung laut yang terbentuk oleh batuan kapur (termasuk karang yang masih hidup) di laut dangkal.

- b. Karang (koral)

Merupakan hewan dari ordo Scleractinia, biasa disebut juga karang batu (*stony coral*) yang mampu mensekresi CaCO_3 . Karang adalah hewan klonal yang tersusun atas puluhan atau jutaan individu yang disebut polip. Menurut Pahlevi (2016) karang dapat dibedakan berdasarkan tipe jenisnya, yaitu karang batu (*hard coral*) dan karang lunak (*soft coral*). Karang batu merupakan endapan masif kalsium karbonat (CaCO_3) yang dihasilkan dari organisme karang pembentuk terumbu karang dari filum Cnidaria, Ordo Scleractinia yang hidup bersimbiosis dengan Zooxanthellae dan sedikit tambahan alga berkapur serta organisme lain yang mensekresikan kalsium karbonat (Romimohtarto & Juwana, 2009). Sedangkan *soft coral* atau karang lunak merupakan karang yang tidak

bersimbiosis dengan alga, bentuknya seperti tanaman. Karang lunak (Octocorallia atau Alcyonacea) merupakan hewan anggota Coelenterata yang hidup di perairan dangkal tropis dan subtropis (Manuputty, 2016). Karang ini merupakan salah satu jenis karang yang tidak memproduksi kerangka kalsium karbonat. *Soft Corals* dikenal dengan nama lain *sea fans* dan *sea whips*. Penamaan karang lunak sendiri didasari oleh bentuk tubuh dari ordo ini, dimana karang lunak memiliki tubuh lentur yang ketika terkena arus akan bergerak mengikuti arus.

c. Karang terumbu

Pembangun utama struktur terumbu, biasanya disebut juga sebagai karang hermatipik (hermatypic coral) atau karang yang menghasilkan kapur. Karang terumbu berbeda dari karang lunak yang tidak menghasilkan kapur.

d. Terumbu karang

Ekosistem di dasar laut tropis yang dibangun terutama oleh biota laut penghasil kapur (CaCO_3) khususnya jenis-jenis karang batu dan alga berkapur, bersama-sama dengan biota yang hidup di dasar lainnya seperti jenis-jenis moluska, Krustasea, Echinodermata, Polychaeta, Porifera, dan Tunikata serta biota-biota lain yang hidup bebas di perairan sekitarnya, termasuk jenis-jenis Plankton dan jenis-jenis nekton.

3. Berdasarkan letak

a. Terumbu karang tepi

Terumbu karang tepi atau karang penerus atau fringing reefs adalah jenis terumbu karang paling sederhana dan paling banyak ditemui di pinggir pantai yang terletak di daerah tropis. Terumbu ini berbentuk melingkar yang ditandai dengan adanya bentukan ban atau bagian

endapan karang mati yang mengelilingi pulau. Pada pantai yang curam, pertumbuhan terumbu jelas mengarah secara vertikal.

b. Terumbu karang penghalang

Terumbu karang penghalang atau barrier reefs menyerupai terumbu karang tepi, hanya saja jenis ini hidup lebih jauh dari pinggir pantai. Terumbu karang ini terletak sekitar 0.5-2 km ke arah laut lepas dengan dibatasi oleh perairan berkedalaman hingga 75 meter.

c. Terumbu karang cincin

Terumbu karang cincin merupakan terumbu karang yang berbentuk cincin dan berukuran sangat besar menyerupai pulau

d. Terumbu karang datar

Terumbu karang datar atau gosong terumbu (*patch reefs*), kadang-kadang disebut juga sebagai pulau datar (*flat island*). Terumbu ini tumbuh dari bawah ke atas sampai ke permukaan dan, dalam kurun waktu geologis, membantu pembentukan pulau datar.

4. Berdasarkan zonasi

a. Terumbu yang menghadap angin

Terumbu yang menghadap angin (dalam bahasa Inggris: Windward reef) Windward merupakan sisi yang menghadap arah datangnya angin. Zona windward diakhiri oleh rataan terumbu yang sangat dangkal.

b. Terumbu yang membelakangi angin

Terumbu yang membelakangi angin (Leeward reef) merupakan sisi yang membelakangi arah datangnya angin. Zona ini umumnya memiliki hamparan terumbu karang yang lebih sempit daripada windward reef dan memiliki bentangan goba (lagoon) yang cukup lebar. Namun, kondisinya kurang ideal untuk pertumbuhan karang karena kombinasi faktor gelombang dan

sirkulasi air yang lemah serta sedimentasi yang lebih besar.

2.3 Ekologi Terumbu Karang

Karang terdiri dari satu atau beberapa polip yang mempunyai bentuk tubuh seperti tabung dengan mulut yang terletak di bagian atas dan dikelilingi oleh tentakel. Terumbu karang (*coral reef*) merupakan ekosistem laut tropis yang terdapat di perairan laut dangkal yang jernih, hangat ($>220^{\circ}\text{C}$) memiliki kadar kalsium karbonat (CaCO_3) tinggi, dan komunitasnya didominasi oleh berbagai jenis hewan karang keras (Guilcher, 1988 dalam Asriningrum, 2010). Terumbu karang merupakan suatu ekosistem yang sangat rentan terhadap perubahan yang terjadi di lingkungan sekitarnya termasuk gangguan yang berasal dari kegiatan manusia dan pemulihannya memerlukan waktu yang lama (Dahuri, 2003). Ekosistem terumbu karang sangat sensitif terhadap perubahan lingkungan hidup terutama suhu, salinitas, sedimentasi, eutrofikasi dan memerlukan kualitas perairan alami (pristine) (Barus et al., 2018). Secara geografi, suhu dapat membatasi sebaran karang. Sedangkan salinitas merupakan faktor penting bagi penyebaran organisme perairan laut. Menurut Nyabakken (1992) dijelaskan bahwa pertumbuhan karang berada pada temperatur (25°C - 29°C) dan salinitas (32-35 ppt). pH berpengaruh terhadap daya tahan organisme di mana pada pH yang rendah akan mengganggu penyerapan oksigen terlarut oleh organisme tersebut (Boyd, 1979) dan oksigen merupakan faktor pembatas dalam penentuan kehadiran makhluk hidup di dalam air. Perubahan suhu, rendahnya salinitas, pH dan menurunnya kadar oksigen terlarut pada kisaran tertentu dapat menyebabkan rusaknya terumbu karang dan akan mempengaruhi kehidupan organisme perairan, diantaranya kematian, menghambat proses pertumbuhan, mengganggu proses respirasi dan lain-lain (Patty & Akbar, 2018).

Bentuk pertumbuhan karang dipengaruhi oleh kondisi lingkungan.

Karang akan merespon terhadap bentuk-bentuk tekanan lingkungan diterimanya (Daniel & Santosa, 2014). Menurut Chappell (1980) terdapat 4 faktor yang mempengaruhi bentuk pertumbuhan terumbu karang. Pengaruh tersebut adalah faktor cahaya, faktor hidrodinamik, faktor sedimentasi, dan faktor pasang surut (*subaerial exposure*). Faktor cahaya berperan dalam mengakibatkan tendensi luas permukaan dan volume karang sehingga semakin tinggi cahaya maka karang akan mengarah kepada bentuk luas permukaan yang lebih melebar namun volume menurun. Beberapa macam bentuk umum pertumbuhan karang, diantaranya bundar (*globose*), bercabang (*branching*), lempeng digitate (*digitate plate*), piringan senyawa (*compound plate*), bercabang rapuh/tipis (*fragile branching*), merayap (*encrusting*), lempeng (*plate*), lembaran (*foliate*) dan *micro atoll* (Barus et al., 2018). Faktor selanjutnya menurut Chappell (1980) adalah faktor hidrodinamis seperti gelombang dan arus. Faktor ini akan menyebabkan perubahan secara horizontal. Semakin kuat arus dan gelombang maka karang akan tumbuh memendek, kuat dan merayap, sementara pada wilayah yang terlindung cenderung lebih ramping dan memanjang. Kemudian Faktor sedimen yang tinggi menyebabkan karang berbentuk lebih foliate, branching dan ramosa sedangkan yang sedimentasinya rendah pertumbuhannya lebih plate atau tabulate. Faktor pengaruh pasang surut menyebabkan karang yang tumbuh di daerah yang terkena pasang surut adalah karang yang tahan terhadap paparan udara luar air laut seperti karang tipe massive dan encrusting. Pertumbuhan karang dan distribusinya yang banyak dipengaruhi oleh karakteristik lingkungan laut menyebabkan suatu bentuk hubungan keterkaitan antara lingkungan perairan laut yang dicerminkan dengan karakteristik oseanografis.

Berdasarkan bentuk pertumbuhan karang, bentuk pertumbuhan karang bercabang merupakan jenis yang diketahui cenderung sensitif terhadap perubahan suhu lingkungan, dibandingkan dengan bentuk

pertumbuhan lainnya. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Gleason and Wellington (1993) karang masif (*Porites* sp.) relatif tahan terhadap tekanan suhu dan jika mengalami pemutihan cenderung pulih dengan sedikit atau tanpa peningkatan kematian. Berbeda dengan *Acropora* (karang bercabang) yang terlihat lebih peka oleh peningkatan suhu perairan. Furby et al. (2014) menyimpulkan bahwa peningkatan suhu muka air laut dapat meningkatkan patogen virus dan dapat menyebabkan ketahanan (kekebalan) organisme karang menjadi berkurang. Selain itu terumbu karang hidup di beberapa tipe substrat seperti substrat pasir (*sand*), patahan karang (*rubble*), dan lumpur (*silt*).

2.4 Kondisi Kesehatan Terumbu Karang

Indonesia merupakan salah satu negara maritim dengan luas perairan 3.257.483 km², dimana di sepanjang garis pantainya terdapat ekosistem terumbu karang yang diperkirakan memiliki luas 2,5 juta hektar (Pratama, 2020). Dengan ditemukannya 362 spesies scleractinia (karang batu) yang termasuk dalam 76 genera, Indonesia merupakan episenter dari sebaran karang batu dunia (LIPI, 2016). Di samping peranannya yang penting, ekosistem terumbu karang Indonesia terlihat sedang mengalami tekanan berat dari kegiatan penangkapan ikan dengan mempergunakan racun dan bahan peledak. Selain itu penangkapan berlebihan sedimentasi dan pencemaran juga merupakan ancaman yang tak kalah beratnya. Belakangan ini diperkirakan hampir 25 persen dari kehidupan di ekosistem terumbu karang telah mati, antara lain akibat dari peningkatan suhu mencapai sebesar 4°C. Pada tahun 1994 LIPI mengadakan survei pada 371 buah station transek nasional dengan menggunakan prosedur standar pemantauan internasional. Hasilnya menunjukkan bahwa kondisi ekosistem terumbu karang Indonesia telah mengalami kerusakan yang sangat serius. Kerusakan

beberapa ekosistem terumbu karang di Indonesia membawa dampak yang buruk bagi kehidupan perairan laut. Penyebab alami rusaknya terumbu karang di Indonesia salah satunya dapat dipengaruhi oleh perubahan iklim, dimana naiknya suhu permukaan air laut dan pengasaman laut, selain itu, sering terjadinya bencana seperti gempa dan tsunami juga menjadi faktor rusaknya beberapa ekosistem terumbu karang di Indonesia (LIPI, 2016).

Terdapat beberapa aspek yang dapat menyebabkan kematian hewan karang yaitu aspek biologis, fisik, dan kimia. Secara biologis kematian karang dapat terjadi karena pemangsaan oleh beberapa spesies, serta adanya proses bioerosi yang dilakukan oleh beberapa jenis organisme yang hidup dalam ekosistem. Hewan yang memangsa hewan karang adalah *Acanthaster planci* dan *Drupela* sp. Sedangkan yang melakukan bioerosi adalah dari kelompok tumbuhan rendah seperti bakteri, filamentous algae yang masuk kedalam jaringan karang, selain itu juga dari kelompok fungi, sponge, polychaeta, crustacea, sipuncula dan mollusca. Dari aspek fisik, kerusakan terjadi karena beberapa hal, seperti adanya gelombang yang besar yang dapat berakibat mporak poranda terumbu karang, adanya peningkatan suhu yang menyebabkan bleaching. Selanjutnya dari aspek kimia, kematian hewan karang disebabkan oleh adanya polutan yang masuk dari aktivitas manusia di daratan yang menyebabkan eutrofikasi, sedimentasi, polusi serta masuknya air tawar yang berlebihan dari darat karena terjadi erosi melalui proses runoff (Ruswahyuni & Purnomo, 2009).

Kepulauan Seribu merupakan gugusan pulau dengan kondisi perairan yang memungkinkan untuk tumbuhnya terumbu karang. Namun seiring dengan berkembangnya Kota Jakarta yang berdampak pula terhadap perkembangan aktivitas di Kepulauan Seribu menyebabkan

pengaruh secara langsung maupun tidak langsung terhadap terumbu karang. Pengaruh tidak langsung dapat terjadi akibat adanya pengaruh tempat hidup karang yaitu kondisi perairan laut itu sendiri (Daniel & Santosa, 2014). Kepulauan Seribu pada umumnya mempunyai penutupan karang di sepanjang garis pantainya. Dalam proses pertumbuhan dan perkembangannya, kawasan ini mengalami pengaruh yang sangat kuat dari aktivitas Pulau Jawa khususnya di daerah Jakarta melalui run off. Run off ini pada umumnya membawa berbagai material terlarut ke dalam lingkungan perairan yang dapat menyebabkan penyuburan berlebihan (eutrofikasi). Nutrien adalah salah satu aspek krusial dalam pertumbuhan semua makhluk hidup. Terumbu karang memerlukan nutrien lingkungan dengan konsentrasi rendah. Kondisi nutrien yang kaya di perairan akan membahayakan karang karena kekuatan kompetisinya dalam memanfaatkan ruang yang diperkirakan lebih lemah dibandingkan dengan perkembangan makroalgae (Ruswahyuni & Purnomo, 2009).

2.5 Hubungan Kondisi Terumbu Karang dengan Keanekaragaman Hayati Lingkungan

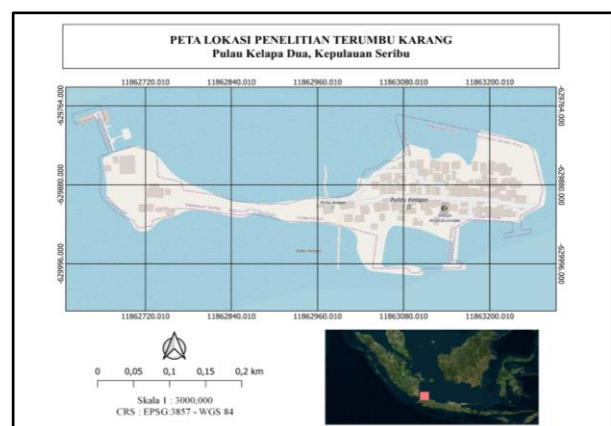
Keanekaragaman hayati merupakan suatu istilah yang mencakup semua bentuk kehidupan yang mencakup gen, spesies tumbuhan, hewan, dan mikroorganisme serta ekosistem dan proses-proses ekologi. Menurut Endarwati (2005), pada saat ini, proses penyeragaman sudah terjadi pada semua aspek, sehingga terjadi penekanan pada perkembangan keragaman genetik. Keanekaragaman hayati mencakup interaksi berbagai bentuk kehidupan dengan lingkungannya, sehingga bumi dapat menjadi tempat yang layak huni dan mampu menyediakan jumlah besar barang dan jasa bagi kehidupan manusia. Keanekaragaman kehidupan di laut sedang mengalami perubahan yang cepat dan meningkat serta

bertambahnya populasi manusia akan mengakibatkan keanekaragaman menurun (Wilson, 1986).

Karang dan terumbu karang sangat sensitif bahkan dikatakan sebagai ekosistem yang rentan (fragile/robust). Perubahan yang kecil saja pada lingkungan terumbu karang mungkin dapat menyebabkan kerusakan atau gangguan kesehatan bagi seluruh koloni koral. Gangguan ini dapat disebabkan oleh banyak faktor namun secara umum terdapat dua kategori yaitu gangguan alami dan gangguan antropogenik. (Sunarto, 2006). Gangguan terhadap ekosistem terumbu karang dapat berakibat berkurangnya luas terumbu karang. Rusaknya terumbu karang akan mengancam kondisi sosial dan ekonomi bagi masyarakat yang ada pada daerah yang bermata pencaharian dari hasil terumbu karang tersebut karena hewan laut menjadi tidak memiliki tempat untuk berkembang biak sehingga kelestariannya terancam. Selain itu terumbu karang merupakan aset sekaligus benteng alami yang mampu melindungi pantai dari gempuran ombak sekaligus sebagai sumber makanan dan obat-obatan (Hermansyah; Fania Febriani, 2020).

3. METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian



Gambar 1. Peta lokasi penelitian

Lokasi pengambilan data dilakukan di Pulau Kelapa Dua. Pulau Kelapa Dua merupakan salah satu pulau yang termasuk ke dalam wilayah Kabupaten Administrasi Kepulauan Seribu, Provinsi DKI Jakarta,

dengan titik koordinat 05°39'14" LS dan 106°34'08" BT. Waktu pengambilan data dimulai pada tanggal 13 Agustus 2022 hingga 14 Agustus 2022.

3.2 Alat dan Bahan

Tabel 1. Alat dan Bahan

No	Alat	Fungsi
1	SCUBA (<i>Self Contained Underwater Breathing Apparatus</i>)	Sebagai alat untuk menyelam
2	Roll meter	Untuk mengukur terumbu karang
3	<i>Underwater paper</i> dan pensil	Untuk mencatat dalam air
4	<i>Lifeform</i> Terumbu Karang	Untuk melihat data terumbu karang
5	GPS (<i>Global Positioning System</i>)	Untuk mengetahui arah lokasi penelitian
6	Termometer	Untuk mengukur besar suhu perairan
7	Refraktometer	Untuk mengukur nilai salinitas perairan
8	DO meter	Untuk mengukur kandungan oksigen perairan
9	<i>Secchi disk</i>	Untuk mengukur kecerahan perairan

3.3 Metode Pengambilan Data

Metode yang digunakan untuk penentuan kondisi komunitas karang adalah metode Line Intercept Transect (LIT) dengan menentukan bentuk pertumbuhan (*lifeform*) karang dan persentase luasan penutupan karang dengan melihat nilai kategori. Teknis pelaksanaan dilapangan yaitu dengan menyelam lalu meletakkan

meteran sepanjang rataan terumbu (*reef flat*) sejajar garis pantai sampai daerah tubir (*reef crest*). Kemudian dilakukan pencatatan karang yang berada tepat di garis meteran yang dilewati dengan ketelitian hingga sentimeter, pengamatan biota pengisi habitat dasar didasarkan pada bentuk pertumbuhan (*lifeform*) yang memiliki kode-kode tertentu.

3.3.1 Tutupan Terumbu Karang

Kondisi terumbu karang dapat diketahui melalui pendekatan persentase tutupan terumbu karang, yaitu dengan rumus :

Keterangan :

L = Persentase tutupan karang (%)

L_i = Panjang *lifeform* jenis ke- i

n = Panjang transek (cm)

Tabel 2. Klasifikasi kondisi terumbu karang berdasarkan persentase tutupannya.

Persentase Tutupan Karang Hidup	Kategori Status Kondisi Terumbu Karang
< 19%	Rendah
19% - 35%	Sedang
≥ 35%	Tinggi

Sumber : (Giyanto et al., 2017)

3.3.2 Keanekaragaman

Data yang didapatkan dari penentuan bentuk pertumbuhan (*lifeform*) akan dikalkulasikan dengan perhitungan indeks keragaman (H') dari Shannon dan Wiener pada tahun 1949, dengan rumus :

Indeks Keragaman Jenis (H') (Shannon-Wiener) :

$$H' = - \sum (P_i \ln P_i)$$

$$P_i = \frac{N_i}{N}$$

Keterangan:

H' = Indeks keanekaragaman jenis

N_i = Panjang *lifeform* ke- i

N = Total jumlah panjang *lifeform* karang keras hidup

$$L = \frac{L_i}{n} \times 100\%$$

Tabel 3.Indeks keanekaragaman karang shanon-weiner

Nilai Keanekaragaman	Kategori Keanekaragaman
$H' < 1$	Keanekaragaman kecil
$H' 1-3$	Keanekaragaman sedang
$H' > 3$	Keanekaragaman tinggi

3.3.3 Kemerataan

Indeks Kemerataan (E)

$$E = \frac{H'}{\ln S}$$

Keterangan:

E = Indeks kemerataan (Nilai antara 0-1)

H' = Keanekaragaman genus karang

ln = Logaritma natural

S = Jumlah genus

Tabel 4. Kriteria Kemerataan (Odum, 1996)

Nilai Indeks (E)	Kriteria
0 – 0.5	Rendah, tertekan
0.5 – 0.75	Sedang, labil
0.75 - 1	Tinggi, stabil

3.3.4 Pengukuran parameter oseanografi fisika-kimia

Parameter oseanografi fisika kimia yang diukur diantaranya adalah suhu menggunakan thermometer dengan cara mencelupkan thermometer ke dalam wadah yang berisi perairan sampel. Kemudian parameter salinitas diukur menggunakan refraktrometer dengan prinsip kaca prisma yang diarahkan ke suatu cahaya. Selanjutnya terdapat DO (*dissolve oxygen*) yang diukur menggunakan DO meter, dengan cara mencelupkan pen ke dalam air uji sampel.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Tutupan Terumbu Karang

Tutupan terumbu karang atau percent cover merupakan nilai panjang life form jenis ke-i dibagi dengan panjang transek dalam satuan centimeter. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan pada tanggal 13 Agustus 2022 di Perairan Pulau Kelapa Dua

diperoleh persentase (%) dari Hard Coral (HC), Sponge (Sp), Soft Coral (SC), Turf Algae (TT), Dead Coral with Algae (DCA), dan Rubble (Rb). Pengukuran dilakukan pada 2 stasiun dengan titik koordinat stasiun 1 berada di 5.6510 S - 106.5585 SE dan stasiun 2 berada di 5.3903 S – 106.3330 E.

Tabel 5. Data Hasil Pengukuran Terumbu Karang Stasiun 1

Kode Lifeform	Panjang (cm)	Total Panjang	Persentase (%)
RB	50	ACB 30	2.22
CB	10	ACD 120	8.89
CB	10	ACE 61	4.52
CM	15	CB 20	1.48
RB	95	CE 39	2.89
CS	30	CS 110	8.15
RB	340	CM 235	17.41
ACE	61	RB 685	50.74
DCA	50	DCA 50	3.70
CE	39		
CS	80		
CM	220		
RB	200		
ACB	30		
ACD	120		
TOTAL	1350	1350	100.00

Tabel 6. Data Hasil Pengukuran Terumbu Karang Stasiun 2

Kode Lifeform	Panjang (cm)	Total Panjang	Persentase (%)
ACB	10	ACB 190	6.33
ACD	110	ACD 472	15.73
DCA	270	CB 27	0.90
CM	163	CM 233	7.77
CB	27	CTU 160	5.33
ACD	260	CME 11	0.37
DCA	200	DCA 510	17.00
TA	80	SP 200	6.67
CTU	160	TA 578	19.27
SP	60	RB 609	20.30
TA	240	SC 10	0.33
DCA	40		
ACB	180		
RB	271		
CME	11		
RB	38		
TA	208		
ACD	102		
RB	90		
SP	10		

TA	50		
RB	120		
CM	70		
SC	10		
SP	130		
RB	90		
TOTAL	3000	3000	100.00

Dari data tersebut dapat diketahui nilai persentase tutupan terumbu karang hidup, indeks keanekaragaman (H'), dan indeks kemerataan (E).

4.1.1 Persentase Tutupan Terumbu Karang

Tabel 7. Persentase Tutupan Terumbu Karang

St	ACB	ACD	ACE	CB	CE	CS	CM	CTU	CME	Total
1	1.01	4.02	2.03	0.67	1.30	3.67	7.83	0.00	0.00	20.53
2	6.33	15.73	0.00	0.90	0.00	0.00	7.77	5.33	0.37	36.43

Pada stasiun 1 pengambilan data karang dilakukan dengan menggunakan metode LIT (*line intercept transect*) dengan transek yang digunakan sepanjang 30 meter, namun peneliti hanya dapat memperoleh data terumbu karang sepanjang 13.5 meter karena terjadinya beberapa kendala yang memakan waktu cukup lama. Data tutupan terumbu karang yang diperoleh bentuk *life form* untuk karang keras berjumlah 7 (tujuh) buah yaitu terdiri dari, ACB (*Acropora Branching*), ACD (*Acropora Digitate*), ACE (*Acropora Encrusting*), CB (*Coral Branching*), CE (*Coral Encrusting*), CS (*Coral Submassive*), dan CM (*Coral Massive*) dengan nilai rata-rata persentase tutupan terumbu karang stasiun 1 tersebut adalah 20.53%. Nilai tersebut tergolong kedalam klasifikasi kondisi terumbu karang sedang karena berada pada *range* 19% - 35%. Dari ketujuh jenis *lifeform* pada **tabel 5** stasiun 1 menunjukkan CM (*Coral Massive*) merupakan jenis *life form* yang paling sering muncul dengan persentase tutupan (*percent cover*) 7.83%, sedangkan untuk jenis *life form* yang paling rendah adalah CB (*Coral Branching*) yang memiliki persentase tutupan atau *percent cover* sebesar 0.67%.

Pada stasiun 2 klasifikasi kondisi terumbu karang menggunakan metode dan

panjang transek yang sama yaitu metode LIT (*line intercept transect*) dan panjang transek 30 meter. Stasiun 2 yang dapat dilihat pada **tabel 5** memiliki kategori tutupan karang hidup 36.43% yang mana nilai ini tergolong kedalam kategori tinggi karena tutupan karang hidup lebih dari 35%. Bentuk *life form* yang diperoleh terdiri dari 6 buah yaitu ACB (*Acropora Branching*), ACD (*Acropora Digitate*), CB (*Coral Branching*), CM (*Coral Massive*), CTU (*Coral Tubipora*), dan CME (*Coral Millepora*). Nilai persentase tutupan karang tertinggi dari keenam *life form* stasiun 2 adalah ACD (*Acropora Digitate*) dengan *percent coverage* sebesar 15.73% sedangkan untuk nilai persentase tutupan karang terendah dimiliki oleh CME (*Coral Millepora*) sebesar 0.37%.

Dari kedua stasiun tersebut dapat disimpulkan bahwa kondisi terumbu karang setiap stasiunnya berbeda yang mana stasiun 2 memiliki tingkat tutupan karang hidup tinggi sedangkan stasiun 1 memiliki tingkat tutupan karang hidup sedang. Hal ini dapat disebabkan karena peneliti hanya mengukur panjang terumbu karang hingga 13.5 meter saja sedangkan transek yang digunakan sepanjang 30 meter. Ukuran panjang tersebut sangat mempengaruhi terhadap perhitungan karena nilai tutupan terumbu karang diperoleh dari total panjang *life form* dibagi dengan panjang transek. Namun pada setiap stasiun memiliki karang hidup jenis *acropora* maupun *non-acropora*. Berbeda dengan *sponge* (SP), *soft coral* (SC), *turf algae* (TA), dan *rubble* (Rb) yang hanya ditemukan pada stasiun 2 saja.

4.1.2 Keragaman Terumbu Karang

1. Indeks keragaman jenis (H')

Keragaman jenis karang dapat ditentukan melalui persamaan shanon - wiener. Keragaman jenis ini dipengaruhi oleh panjang *life form* ke- i dan total jumlah panjang *life form* karang keras hidup. Pada stasiun 1 diperoleh nilai indeks keragaman sebesar 1.6572 yang mana nilai ini termasuk kedalam kategori sedang karena berada diantara nilai 1-3. Begitupun pada stasiun 2

yang termasuk kedalam kategori yang sama yaitu keanekaragaman sedang dengan nilai yang diperoleh adalah 1.4152. Dari nilai tersebut dapat dikatakan bahwa nilai indeks keragaman yang relatif sedang ini menunjukkan jumlah individu masing-masing jenis karang berada dalam suatu komunitas dengan kondisi relatif baik (Krebs, 1972).

2. Indeks keseragaman (E)

Nilai dari indeks keseragaman ini dipengaruhi oleh indeks keanekaragaman (H'), H maksimal, dan jumlah jenis. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh nilai indeks pemerataan pada stasiun 1 adalah 0.8516 yang termasuk kedalam kategori tinggi, stabil dan pada stasiun 2 diperoleh nilai indeks pemerataan sebesar 0.7898 yang tergolong kategori yang sama dengan stasiun 1 yaitu tinggi, stabil. Nilai indeks keseragaman ini dapat menggambarkan seberapa banyak penyebarannya individu antar spesies dalam suatu komunitas. Jika dalam suatu komunitas penyebarannya merata, maka keseimbangan ekosistemnya akan meningkat (Mutahari et al., 2019). Odum (1996) dalam Suhendra (2002) menyatakan, ekosistem yang cenderung stabil umumnya memiliki nilai indeks keanekaragaman yang tinggi, keseragamannya mendekati nilai satu, dan dominansi mendekati nol. Krebs (1972) dalam Anggara (2016) juga menyatakan, apabila indeks keseragaman mendekati 0, maka hal ini menunjukkan bahwa ekosistem terumbu karang dalam kondisi adanya bentuk pertumbuhan karang yang mendominasi.

4.2 Analisis Parameter Kualitas Perairan

Kualitas perairan merupakan parameter yang mempengaruhi pertumbuhan terumbu karang sehingga pada penelitian ini dilakukan pengambilan data parameter kualitas perairan yang ditunjukkan pada **tabel 8**.

Tabel 8. Data parameter kualitas perairan

St.	Suhu (C°)	Ph	Salinitas (ppm)	Kecerahan (%) & Kedalaman (m)
1	30	8,4	30	100% & 3 m - 10 m
2	29	8,4	30	100% & 3 m - 10 m

Menurut Nybakken tahun 1992, kelangsungan hidup terumbu karang dibatasi oleh beberapa parameter fisika-kimia perairan diantaranya yaitu suhu, kedalaman, cahaya, dan salinitas. Pada pengambilan data, kami turut mengambil data parameter fisika-kimia di lokasi penelitian yaitu, suhu, pH, salinitas, kecerahan, dan kedalaman.

1. Suhu

Suhu air pada pengukuran 2 stasiun menunjukkan nilai yang hampir sama yaitu 30° C pada stasiun 1 dan 29° C pada stasiun 2, suhu ini sesuai dengan kisaran suhu yang umum dijumpai pada perairan laut Indonesia yaitu 27- 32 ° C. Parameter suhu air laut memiliki toleransi terhadap pertumbuhan karang, yaitu suhu optimum di atas 20-30° C (Sukarno et al., 1981). Apabila kenaikan suhu air laut di atas suhu normalnya, akan menyebabkan pemutihan karang (*coral bleaching*).

2. Derajat keasaman (pH)

Menurut Salm (1984), pH di suatu perairan yang normal berkisar antara 8,0-8,3. Berdasarkan data pH yang kami dapatkan yaitu di 8,4 di kedua stasiun. Baku mutu yang telah ditetapkan Menteri Lingkungan Hidup pada tahun 2004 berada di angka 7,0-8,5 (untuk daerah yang berpotensi sebagai tempat budidaya), sedangkan menurut Edward dan Tarigan (2003), untuk kepentingan terumbu karang nilai pH normal berada di kisaran 6-9. Apabila dilihat dari Sebagian besar pernyataan para peneliti, Nilai data pH pada kedua stasiun masih di dalam batas yang ditentukan, namun termasuk cukup tinggi dan hampir menyentuh angka maksimal. Nilai pH dalam suatu perairan dipengaruhi oleh berbagai faktor diantaranya curah hujan dan pengaruh dari daratan maupun proses oksidasi yang dapat mengakibatkan rendahnya nilai pH (Edward dan Tarigan, 2003).

3. Salinitas

Tinggi rendahnya nilai salinitas di laut dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti pola sirkulasi air, penguapan, curah hujan dan aliran sungai (Nontji, 2002).

Banjarnahor (2000) menegaskan, bahwa perbedaan nilai salinitas air laut dapat disebabkan oleh terjadinya pengacauan (mixing) akibat gelombang laut ataupun gerakan massa air yang ditimbulkan oleh tiupan angin. Nilai salinitas wilayah laut Indonesia umumnya berkisar antara 28-33 ppm (Nontji, 2002). Pada hasil pengukuran salinitas yang telah dilakukan, didapatkan nilai salinitas pada kedua stasiun yaitu sebesar 30 ppm, dimana nilai tersebut masih berada di batas normal.

Berdasarkan nilai parameter yang didapat dengan baku mutu dan batas normal yang ada, hasil semua parameter fisika-kimia masih di batas yang normal, hal ini menunjukkan bahwa kualitas perairan pada wilayah perairan pulau kelapa dua, masih terbilang cukup bagus. Diiringi dengan indeks keragaman yang menunjukkan kategori 'sedang', akan tetapi kategori 'sedang' artinya bukan hal yang sangat bagus, melainkan kualitas perairan pada wilayah perairan kelapa dua masih perlu dipertahankan karena beberapa parameter menunjukkan nilai yang hampir menyentuh nilai maksimal sebuah perairan normal untuk pertumbuhan terumbu karang. Perlu adanya penelitian lebih lanjut agar parameter kualitas perairan di pulau kelapa dua tidak mengalami penurunan.

4.3 Kondisi Kesehatan Terumbu Karang

Beberapa indikator untuk menganalisis kesehatan habitat seperti persen tutupan karang dan indeks indeks ekologi sumber daya (ikan karang) telah ditetapkan secara baku sebagai indikator untuk pengelolaan di tingkat monitoring yang telah direkomendasikan untuk mengkualifikasi derajat kesehatan terumbu karang di Asia Pasifik (English et al., 1994). Namun dengan mengetahui nilai tutupan karang keraspun dapat diperoleh status kesehatan karang tersebut. Luasan tutupan karang keras merupakan indikator yang selalu dinisbahkan pada status kesehatan terumbu karang. Tingginya persen tutupan karang keras di suatu lokasi menunjukan bahwa lokasi tersebut memiliki kesehatan sangat

baik atau baik. Karang keras pada umumnya digolongkan dalam beragam 11 bentuk kehidupan (benthic lifeform), di mana antara lain yang ditemukan pada lokasi pencuplikan data adalah acropora branching, acropora tubulate, coral branching, coral encrusting, coral millepora, coral foliose, coral massive, dan coral mashroom. Pada wilayah yang terbuka dan selalu menerima pukulan fisik ombak yang kuat, coral massive atau coral sub massive dan acropora sub massive mampu berkembang dengan baik, sebaliknya karang dengan bentuk percabangan seperti acropora branching, coral branching, dan coral millepora berkembang dengan baik di wilayah perairan tenang dan tertutup (Edrus et al., 2010). Dengan demikian dapat diperoleh status kesehatan terumbu karang pada stasiun 1 yaitu sedang karena bernilai 20.53%, sedangkan pada stasiun 2 status kesehatan terumbu karang berada pada status tinggi dengan nilai 36.43%.

5. KESIMPULAN

Terumbu karang merupakan hewan sesil yang menghasilkan endapan padat berupa kapur atau CaCO_3 dan bersimbiosis dengan zooxanthellae. Indonesia memiliki ekosistem terumbu karang yang cukup banyak dan tersebar, salah satunya di Pulau Kelapa Dua. Pulau Kelapa Dua merupakan pulau yang termasuk kedalam Kawasan Taman Nasional Laut Kepulauan Seribu. Kondisi terumbu karang di Pulau Kelapa Dua secara umum tergolong sehat dan baik karena memiliki nilai persentase tutupan sebesar 20.53 yang tergolong sedang pada stasiun 1 dan 36.43% pada stasiun 2 yang mana termasuk kategori tinggi. Pertumbuhan terumbu karang tersebut tidak terlepas dari kualitas perairan seperti suhu, pH, salinitas, dan kecerahan. Suhu pada stasiun 1 sebesar 30°C dan 29°C pada stasiun 2. Besar suhu tersebut tergolong baik terhadap pertumbuhan karang karena berada diantara suhu optimumnya yaitu $20-30^\circ\text{C}$. Parameter perairan selanjutnya adalah derajat keasaman (pH) dengan nilai yang diperoleh pada stasiun 1 dan 2 sebesar 8.4.

Nilai pH tersebut termasuk tinggi karena mendekati batas optimal. Kemudian terdapat nilai salinitas dengan nilai yang diperoleh pada kedua stasiun adalah 30 ppm yang termasuk berada di batas normal

DAFTAR PUSTAKA

- Arisandi, A., Tamam, B., & Fauzan, A. (2018). Profil Terumbu Karang Pulau Kangean, Kabupaten Sumenep, Indonesia
<i>[Coral Reef Profile of Kangean Island, Sumenep District, Indonesia]</i>. *Jurnal Ilmiah Perikanan Dan Kelautan*, 10(2), 76. <https://doi.org/10.20473/jipk.v10i2.10516>
- Barus, B. S., Prartono, T., & Soedarma, D. (2018). Pengaruh Lingkungan Terhadap Bentuk Pertumbuhan Terumbu Karang Di Perairan Teluk Lampung. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*, 10(3), 699–709. <https://doi.org/10.29244/jitkt.v10i3.21516>
- Boyd, C E. 1979. Water Quality in WarmWater Fish Pound Fish Culture. Agriculture Experiment Station. Auburn University. Auburn.
- Burhanuddin, S., B. Sulistiyo, A. Supangat, & I. M. Nasution (ed). Ekspedisi Wallacea Indonesia. 2004. Pusat Riset Wilayah Laut dan Sumber Daya Non Hayati. Badan Riset Kelautan dan Perikanan. Departemen Kelautan dan Perikanan. Jakarta.
- Chappell, J. (1980). Coral morphology, diversity and reef growth. *Nature*, 286(5770), 249–252.
- Dahuri , Rokhmin, 2003, Keanekaragaman hayati laut, Aset Pembangunan Berkelanjutan Indonesia, Gramedia pustaka, Jakarta.
- Daniel, D., & Santosa, L. W. (2014). Karakteristik Oseanografis dan Pengaruhnya Terhadap Distribusi dan Tutupan Terumbu Karang di Wilayah Gugusan Pulau Pari, Kabupaten Kep. Seribu, DKI Jakarta. *Jurnal Bumi Indonesia*, 3(2). <http://lib.geo.ugm.ac.id/ojs/index.php/jbi/article/view/594/567>
- Dinkominmas [Dinas Komunikasi Informasi dan Kehumasan]. 2010. Pulau Kelapa Dua. <http://www.jakarta.go.id>. [11 Juli 2022].
- Edrus, I. N., Arief, S., & Setyawan, E. (2010). Kondisi Kesehatan Terumbu Karang Teluk Saleh, Sumbawa. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*, 16(2), 147–161.
- Endarwati. 2005. Keanekaragaman Hayati dan Konservasinya di Indonesia
- English, S., C. Wilkinson, & V. Baker.1994. Survei Manual for Tropical Marine Resources. Australian Institute of Marine Science. Townsville. Australia.
- Furby, K.A., A. Apprill, J.M. Cervino, J.E. Ossolinski, K.A. Huguen. 2014. Incidence of lesions on Fungiidae corals in the eastern Red Sea is related to water temperature and coastal pollution. *Marine Environ. Research*, 98:29-38. <https://dx.doi.org/10.1016/j.marenvres.2014.04.002>
- Giyanto, Abrar, M, M., A.E.W., S., R.M., Tuti, Y., & Zulfianita, D. (2017). Panduan Pemantauan Kesehatan Terumbu Karang. *Jakarta : Coremap CTI Pusat Penelitian Oseanografi, LIPI*.
- Gleason, F.D. and G. M. Wellington. 1993. Differential effects of ultraviolet radiation on green and brown morphs of the Caribbean coral *Porites astreoides*. *Nature*, 365:836–838. <https://dx.doi.org/10.1038/365836a0>
- Guilcher, Andre,1988, Coral Reef Geomorphology, John Wiley & Sons Ltd, New York.
- Hermansyah; Fania Febriani. (2020). Dampak kerusakan lingkungan ekosistem terumbu karang. *Jurnal Kependudukan Dan Pembangunan*

- Lingkungan*, 1(3), 42–51.
<http://jkpl.ppj.unp.ac.id/index.php/JKPL/article/view/92>
- Hughes TP, Baird AH, Bellwood DR, Card M, Connolly SR, Folke C, Grosberg R, Hoegh-Guldberg O, Jackson JBC, Kleypas J, Lough JM, Marshall P, Nystrom M, Palumbi SR, Pandolfi JM, Rosen B & Roughgarden J. (2003). Climate Change, Human Impacts, And The Resilience of Coral Reefs. *Science*, 301, (5635), 929-933.
- Jompa J & McCook LJ. (2003). Coral-alga Competition: Macroalga with Different Properties have Different Effect on Corals. *Marine Ecology Progress Series*, 258, 87-95
- Indrajaya, A. N., Daryanto, W. M., Sukmawati, E., & Perrin, C. (2017). Upaya Peningkatan Pariwisata Di Pulau Kelapa Dua Kepulauan Seribu Melalui Model Ecotourism dengan Mengoptimasi Aktivitas Marketing Melalui Social Media. *Prosiding Seminar Hasil Pengabdian Kepada*.
- Kasim, F. (2011). *Pelestarian Terumbu Karang untuk Pembangunan Kelautan Daerah Berkelanjutan*. November, 1–7.
- Krebs, C. J. (1972). *Ecology, The Experimental Annals of Distribution and Abundance*. Harper and Row Publication. New York.
- LIPI. (2016). *Tentang Terumbu Karang. Coremap Oseanografi LIPI. Kelompok Kerja Nasional Informasi Geospasial Tematik Pesisir Dan Laut, Program Onemap Policy*.
- Luthfi, O. M., Rahmadita, V. L., & Setyohadi, D. (2018). Melihat Kondisi Keseimbangan Ekologi Terumbu Karang di Pulau Sempu, Malang Menggunakan Pendekatan Luasan Koloni Karang Keras (Scleractinia). *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 16(1), 1–8.
<https://doi.org/10.14710/jil.16.1.1-8>
- Manuputty, A. E. W. (1996). PENGENALAN BEBERAPA KARANG LUNAK (OCTOCORALLIA, ALCYONACEA), DI LAPANGAN. *Oseana*, XXI(4), 1–11.
- Manuputty A.E.W, 2016. Karang Lunak (Octocorallia: Alcyonacea) di Perairan Biak Timur. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia – LIPI*. Volume 1 (2): 47-59.
- Mutahari, A., Riyantini, I., Yuliadi, L. P. S., & Pamungkas, W. (2019). Analisis Kondisi Terumbu Karang Kawasan Pariwisata dan Non Pariwisata di Perairan Gugus Pulau Kelapa Kecamatan Kepulauan Seribu Utara. *Jurnal Perikanan Dan Kelautan*, 10(2), 43–49.
- Ningsie, M. N., Wewengkang, D. S., & Wullur, A. C. (2015). AKTIVITAS ANTIBAKTERI EKSTRAK KARANG LUNAK *Xenia* sp. YANG DIPEROLEH DARI TELUK MANADO. *Jurnal Ilmiah Farmasi*, 4(3), 80–87.
- Nurrahman, Y. A., & Faizal, I. (2020). Kondisi Tutupan Terumbu Karang di Pulau Panjang Taman Nasional Kepulauan Seribu, DKI Jakarta. *Akuatika Indonesia*, 5(1), 27.
<https://doi.org/10.24198/jaki.v5i1.26964>
- NWJ, R. U. (2012). SIMBIOSIS ZOOXANTHELLAE DAN KARANG SEBAGAI INDIKATOR KUALITAS EKOSISTEM TERUMBU KARANG. *Jurnal Ilmiah Platax*, I(1), 37–44.
- Nybakken, J.W, 1988, *Biologi Laut Suatu Pendekatan Ekologis*, Gramedia, Jakarta.
- Odum, E. P. 1971. *Dasar-Dasar Ekologi*. Alih Bahasa: Samigan, T. dan B. Srigandono. Fundamental of Ekologi. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta
- Patty, S. I., & Akbar, N. (2018). Kondisi Suhu, Salinitas, pH dan Oksigen

- Terlarut di Perairan Terumbu Karang Ternate, Tidore dan Sekitarnya. *Jurnal Ilmu Kelautan Kepulauan*, 2(1), 1–10. <https://doi.org/10.33387/jikk.v1i2.891>
- Pemen KP No. 24 Tahun 2016 tentang Tata Cara Rehabilitasi Wilayah Pesisir dan Pulau-pulau Kecil yang mengatur tata cara rehabilitasi untuk masing-masing ekosistem pesisir dan pulau-pulau kecil
- Pratama, O. (2020). Konservasi Perairan Sebagai Upaya menjaga Potensi Kelautan dan Perikanan Indonesia. *Direktorat Jenderal Pengelolaan Ruang Laut. Kementerian Kelautan Dan Perikanan*.
- Ramadhan, A., Lindawati, & Kurniasari, N. (2016). NILAI EKONOMI EKOSISTEM TERUMBU KARANG DI KABUPATEN WAKATOBI. *Jurnal Sosek*, 11(2), 133–146.
- Rahayu, E. M. Della, & Yusri, S. (2015). Mengenal alam pesisir Kepulauan Seribu. *Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI)*.
- Ramadhan, A., Lindawati, & Kurniasari, N. (2016). Economic Value of Coral Reef Ecosystem in the Wakatobi District. *Jurnal Sosek KP*, 11(2), 133–146.
- Rizal, S., Pratomo, A., & Irawan, H. (2016). COVER LEVEL OF THE CORAL REEF ECOSYSTEM IN TERKULAI ISLAND DISTRICT OF THE TANJUNGPINANG CITY, RIAU ACHIPELAGO PROVINCE. *Repository UMRAH*, 2–9.
- Romimohtarto, K., & Juwana, S. (2009). Biologi Laut Ilmu Pengetahuan tentang Biota Laut. *Jakarta : Djambatan*.
- Ruswahyuni, & Purnomo, P. W. (2009). Kondisi Terumbu Karang Di Kepulauan Seribu Dalam Kaitan Dengan Gradasi Kualitas Perairan. *Jurnal Ilmiah Perikanan Dan Kelautan*, 1(1), 93.
- Suharsono, 1999. Kondisi Umum Terumbu Karang di Indonesia, LIPI. Jakarta
- Suharsono. 2008. Jenis-jenis Karang di indonesia. Coremap Program. Indonesia Institute of Science. Jakarta.
- Sunarto. (2006). *Keanekaragaman hayati dan degradasi ekosistem terumbu karang*. 1–31.
- Veron, J. E. N. 1995. Coral in space and time. Australian Institute of Marine Science Cape Ferguson, Townsville, Queensland.
- Veron, J. E. N. 2000. Coral of The World Volume 1. Australian Institute of Marine Science. Australian
- Wilkinson CE. (2000). Status of Coral Reefs Of The World. Townsville, Queensland: Australian Institute of Marine Science (AIMS) and Global Coral Reef Monitoring Network (GCRMN).
- Wilson, E. O. (1986). Biodiversity. National Academy Press Washington, D.C.