

Perubahan Luas Terumbu Karang di Pulau Panjang, Jepara

Suryono^{1*}, Ambariyanto¹, Munasik¹, Raden Ario¹, Ibnu Pratikto¹, Nur Taufiq-SPJ¹, Syahrial Varrel Canavaro¹, Tiara Anggita², Prayogi³, Eny Supryhatun⁴

¹Departemen Ilmu Kelautan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro

²Departemen Oseanografi Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto, SH, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah 50275 Indonesia

³CV Pijar Mulya Wisesa

Permata Tembalang Cluster Dendronium No.29 Kel. Kramas, Kecamatan Tembalang, Semarang

⁴Dinas Perikanan Kabupaten Jepara

Jl. RMP. Sosrokartono No. 2 Jepara 59415 Indonesia

Email: suryono1960@gmail.com

Abstract

Coral reef changes in Panjang Island, Jepara

The coral reefs of Panjang Island, Jepara have been under pressure both by natural factors and by human (anthropogenic) activities, which have resulted in the degradation of coral reef area. Research on changes in coral reefs is needed, but the constraints are time, cost, and labor. Remote sensing interpretation of satellite image data is an alternative to determine changes in the area of coral reefs. The use of multitemporal image data can be applied to analyze changes that occur, in this study using four Landsat image data with the acquisition of 2001, 2005, 2010, and 2019. The purpose of this study was to determine changes in the area of coral reefs in Panjang Island for the period 2001-2019. The research material used is Landsat 7 and Landsat 8 imagery. The research method is a survey method with a multispectral classification of the maximum possibilities for extracting coral reef cover data from multitemporal images that have been corrected geometrically and radiometrically. A field survey (ground check) was conducted to determine the percentage mapping accuracy. Data on coral reef cover were overlaid to obtain the results of changes in the area of coral reefs for the period 2001-2019. The results showed that the coral reefs in Panjang Island had undergone extensive changes, namely: The area of living coral reefs decreased to 64,34%, with a change rate of 0.17 HaYear⁻¹ from 2001-2019. In 2001, the distribution of live coral reefs was seen on the northeast, east, south, and west sides of Panjang Island then reduced coral reefs area, finally left on the northeast and south sides of the island in 2019.

Keywords: Anthropogenic, Degradation, Remote Sensing, Landsat Imagery

Abstrak

Terumbu karang di Pulau Panjang, Jepara telah mengalami tekanan baik oleh peristiwa alam maupun oleh aktivitas manusia (antropogenik), yang menyebabkan terjadinya degradasi luasan areal. Penelitian tentang perubahan luas terumbu karang sangat diperlukan, namun kendalaanya adalah waktu lama, biaya serta tenaga yang banyak. Penginderaan jauh interpretasi data citra satelit adalah salah satu alternatif guna mengetahui perubahan luas terumbu karang. Pemanfaatan data citra multitemporal dapat diterapkan untuk menganalisis perubahan yang terjadi, dalam penelitian ini menggunakan empat data citra landsat dengan akuisisi tahun 2001, 2005, 2010 dan 2019. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui perubahan luas terumbu karang di perairan Pulau Panjang periode tahun 2001-2019. Materi Penelitian yang dipergunakan adalah citra Landsat 7 dan Landsat 8. Metode penelitian adalah metode survei dengan klasifikasi multispektral dari kemungkinan maksimum untuk ekstraksi data tutupan terumbu karang dari citra multitemporal yang telah dikoreksi secara geometris dan radiometrik. Survei lapangan (ground check) dilakukan untuk mengetahui persentase akurasi pemetaan. Data luas tutupan terumbu karang dioverlay guna mendapatkan hasil perubahan luas terumbu karang periode tahun 2001-2019. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Terumbu karang di Pulau Panjang telah mengalami perubahan luas yaitu 64,34% dengan laju penurunan sebesar 0,17 HaTh⁻¹ dari Tahun 2001-2019. Pada tahun 2001 sebaran terumbu karang hidup terlihat di sisi timur laut, timur, selatan dan barat dari Pulau Panjang, kemudian semakin mengecil areanya, hingga tersisa pada sebelah sisi timur laut dan selatan pulau saja pada tahun 2019.

Kata kunci : Antropogenik, Degradasi, Penginderaan Jauh, Citra Landsat,

PENDAHULUAN

Terumbu karang beserta biota lautnya memiliki nilai ekonomi potensial yang tinggi, namun ekosistem terumbu karang rentan terhadap degradasi (Pratchett *et al.*, 2013; Vo *et al.*, 2013).

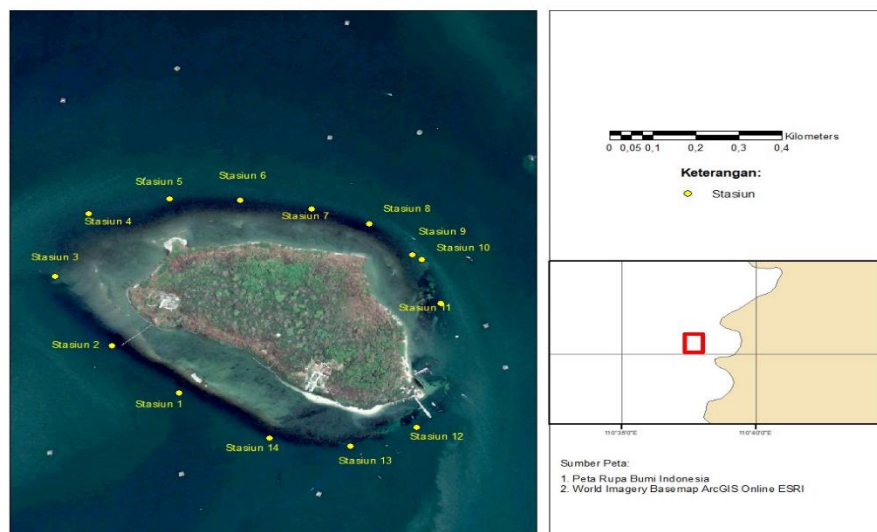
Degradasi terumbu karang terutama diakibatkan oleh sedimentasi, pencemaran perairan, penambangan karang, praktik penangkapan ikan yang merusak, badai, peningkatan populasi predator terumbu karang dan peningkatan suhu air laut akibat pemanasan global (Salim, 2012; Giyanto, 2017). Beberapa Penelitian telah menginformasikan bahwa degradasi terumbu Karang adalah diakibatkan oleh kombinasi faktor alam dan faktor aktivitas manusia (antropogenik), seperti perubahan iklim (Ateweberhan *et al.*, 2013; Bruno *et al.*, 2019), polusi (Riegl dan Purkis 2012; Ateweberhan *et al.*, 2013), sedimentasi (Risk dan Edinger 2011; Erftemeijer *et al.*, 2012; Jones *et al.*, 2019), penangkapan ikan yang merusak (Darling dan Stephanie, 2017), penambangan karang (Brown & Dunne 1988; Caras & Zohar, 2009; Flower *et al.*, 2017), wisata bahari, dan pengembangan kawasan pesisir (Vo *et al.*, 2013). Tekanan yang diterima Terumbu karang oleh aktivitas manusia (antropogenik) merupakan faktor yang paling berpengaruh terhadap degradasi terumbu karang (Manulang *et al.*, 2014). Pratchett *et al.* (2014) mengatakan bahwa ekosistem terumbu karang telah mengalami degradasi dalam kurun waktu yang sangat lama diakibatkan oleh aktivitas manusia. Muklis (2011) menambahkan bahwa Terumbu karang sangat sensitif terhadap pengaruh lingkungan, baik yang bersifat fisik (dinamika laut dan pantai), aktivitas manusia, pencemaran, maupun aktivitas biologi.

Pulau Panjang merupakan , pulau kecil terletak di Kabupaten Jepara, sekitar 1,5 mil laut atau 2,8 km dari pantai Jepara, dikenal sebagai daerah tujuan wisata yang dikelilingi terumbu karang (Suraji *et al.*, 2015; Munasik *et al.*, 2020). Meningkatnya aktivitas wisata, dikombinasikan dengan gangguan alam dan berbagai aktivitas antropogenik di sekitar pantai Jepara, membuat terumbu karang mengalami kondisi stres (Sabdono *et al.*, 2014). Banyaknya aliran sungai yang bermuara di perairan Jepara yang membawa *run off* daratan dan padatnya aktivitas manusia menimbulkan tekanan lingkungan terhadap ekosistem terumbu karang di Pulau Panjang yang ditandai oleh penurunan kondisi bioekologi terumbu karang (Suraji *et al.*, 2015; Suryono *et al.*, 2017, 2021^b). Penelitian tentang biologi dan ekologi terumbu karang di perairan Pulau Panjang telah banyak dilakukan (Edinger *et al.*, 2000; Edinger & Risk (2000); Holmes *et al.*, 2000; Indarjo *et al.*, 2004; Munasik *et al.*, 2006^a; 2006^b; 2008; 2012; 2020^a; 2020^b; 2020^c; 2021; Sabdono *et al.*, 2014; dan Suryono *et al.*, 2017, 2021^a; 2021^b). Namun penelitian yang telah dilakukan belum memberikan gambaran tentang perubahan luas terumbu karang yang terjadi, untuk dapat dipergunakan sebagai acuan dalam pengelolaan dan konservasi terumbu karang di Pulau Panjang.

Gangguan yang terjadi terhadap ekosistem terumbu karang dapat mengakibatkan perubahan luas terumbu karang hidup di perairan Pulau Panjang. Wisha *et al.* (2019) menyatakan bahwa terumbu karang memiliki sejarah panjang degradasi akibat aktivitas manusia. Dalam sebuah ekosistem terumbu karang yang kompleks, terdapat pula dinamika masyarakat pesisir dengan aktivitas sosial budaya serta sosial ekonomi yang mempengaruhi kondisi ekosistem terumbu karang (Utina *et al.*, 2018). Pemanfaatan penginderaan jauh dengan melakukan interpretasi data citra satelit adalah salah satu alternatif guna mengetahui perubahan luas terumbu karang (Manulang *et al.*, 2014). Monitoring sebaran terumbu karang dapat dilakukan dengan pemetaan terumbu karang guna mengetahui berkurangnya perubahan luasan terumbu karang. Salah satu cara untuk memetakan sebaran terumbu karang adalah dengan teknologi penginderaan jauh menggunakan algoritma *Lyzenga* guna mengetahui seberapa luas terumbu karang yang berkurang secara temporal dengan interval waktu dengan pola *time series*. Helmi *et al.* (2011) mengemukakan bahwa penginderaan jauh satelit dapat memberikan alternatif yang komprehensif untuk pemetaan ekosistem perairan dangkal, seperti terumbu karang. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui perubahan luasan Terumbu karang di Pulau Panjang periode tahun 2001-2019. Maka dari itu proses monitoring terumbu karang dengan menggunakan citra satelit menjadi satu langkah penting dalam konservasi sumber daya agar dapat diketahui dinamika kondisi ekosistem terumbu karang secara periodik. Penelitian ekosistem terumbu karang bertujuan mengetahui perubahan luas terumbu karang diperlukan waktu lama. Penelitian ini bertujuan menganalisis perubahan luas terumbu karang di Pulau Panjang dengan menggunakan citra satelit Landsat 7 dan 8.

MATERI DAN METODE

Peta dasar dibangun berdasarkan citra satelit Landsat 7 dan Landsat 8 tahun 2001, 2005, 2010, 2015 dan 2019. Metode SIG dilakukan dengan klasifikasi multispektral dari kemungkinan maksimum untuk ekstraksi data tutupan terumbu karang dari citra multi temporal yang telah dikoreksi secara geometris dan radiometrik.



Gambar 1. Lokasi Penelitian di Pulau Panjang, Jebara

Berdasarkan citra satelit tersebut, terumbu karang diidentifikasi menggunakan kombinasi band blue, green dan near-infrared, sedangkan terumbu karang mati dan terumbu karang hidup diidentifikasi menggunakan algoritma Lyzenga yang dikembangkan oleh Green *et al.* (2000), Arsjad *et al.* (2005) dan Siregar (2010). Kemudian, seluruh hasil diubah menjadi data vektor dan ditumpang susun (overlay) menggunakan perangkat lunak ArcGIS. Survei lapangan dilakukan pada 14 stasiun penelitian (Gambar 1). Pemantauan kondisi terumbu karang dilakukan dengan menggunakan metode manta tow untuk mengetahui distribusi terumbu karang hidup (Kenchington, 1978; Moran *et al.*, 1990; English *et al.*, 1997.). Selanjutnya peta luasan terumbu karang pada tahun pengamatan di-overlay menurut metode Adininggar *et al.* (2016); Aprilliyanti & Zainuddin (2017) untuk mengetahui penurunan luasan terumbu karang periode tahun 2001-2019. Pengukuran laju penurunan penutupan terumbu karang hasil pengolahan data tiap tahun pengamatan digunakan formula menurut (Siregar, 2010) sebagai berikut:

$$\Delta L = \left(\frac{Lt2 - Lt1}{Lt2} \right) \times 100 \%$$

Keterangan: ΔL = Laju perubahan (%); $Lt1$ = luas pada tahun pengamatan tahun pertama (ha); $Lt2$ = luas pada tahun pengamatan tahun selanjutnya (ha)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil intepretasi peta Citra Landsat 7 dan 8 dengan sistem informasi geografis (SIG) menunjukkan adanya perubahan luas terumbu karang di Pulau Panjang dari tahun 2001 hingga tahun 2019 seperti yang disajikan pada Tabel 1. Luas terumbu karang hidup mengalami penurunan luas dari tahun 2001 sampai dengan tahun 2019, sebaliknya luas terumbu karang mati mengalami peningkatan luas pada tahun pengamatan yang sama (Gambar 2.).

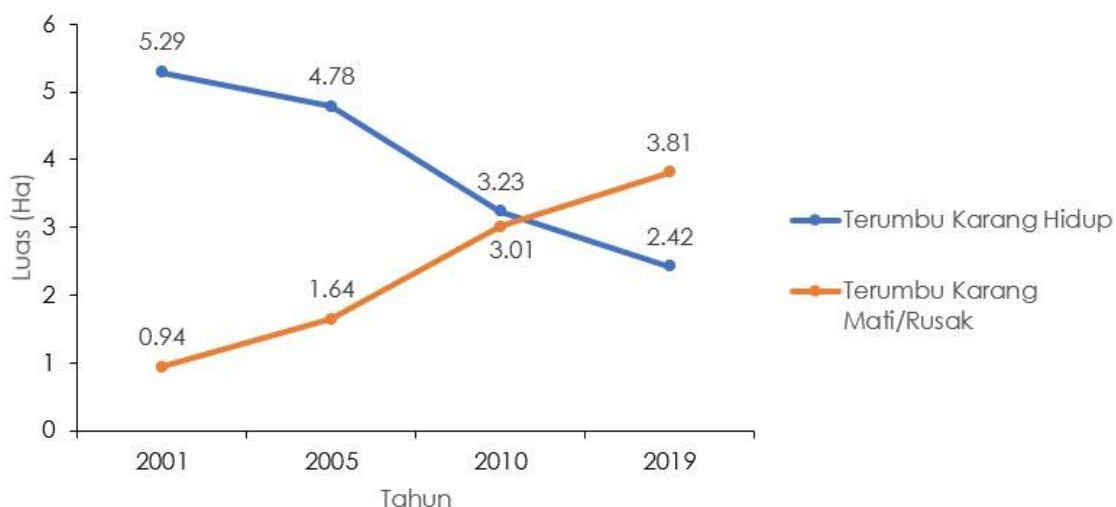
Dalam periode waktu 18 tahun (2001-2019) terumbu karang hidup mengalami perubahan luas rata-rata sebesar 0,95 Ha dengan total laju perubahan sebesar 64,34 %. Luas terumbu karang hidup yang semula pada tahun 2001 seluas 5,29 Ha berkurang menjadi 2,42 Ha pada tahun 2019. Sedangkan luasan terumbu karang rusak/mati meningkat sekitar 3 kali lipat dari semula pada tahun 2001 sebesar 0,94 Ha meningkat menjadi 3,81 Ha pada tahun 2019, dengan laju perubahan adalah sebesar 62,25. % (0,17 HaTh⁻¹). Terumbu karang hidup semula terlihat di sebelah sisi timur laut, timur,

selatan dan dan barat dari Pulau Panjang, selanjutnya semakin berkurang luasannya menjadi semakin mengecil luas areanya, hingga tersisa pada sebelah sisi timur laut dan selatan pulau saja (Lihat Gambar 3.) Sebaliknya sebaran area terumbu karang mati yang semula hanya berada di sisi timur laut dan barat laut Pulau Panjang pada tahun 2001, maka pada tahun 2019 tampak bertambah luas dan mengitari hampir semua sisi pulau. Berkurangnya luasan terumbu karang hidup yang diikuti dengan bertambahnya luas terumbu karang mati mengindikasikan bahwa terjadi kerusakan ekosistem terumbu karang di perairan Pulau Panjang.

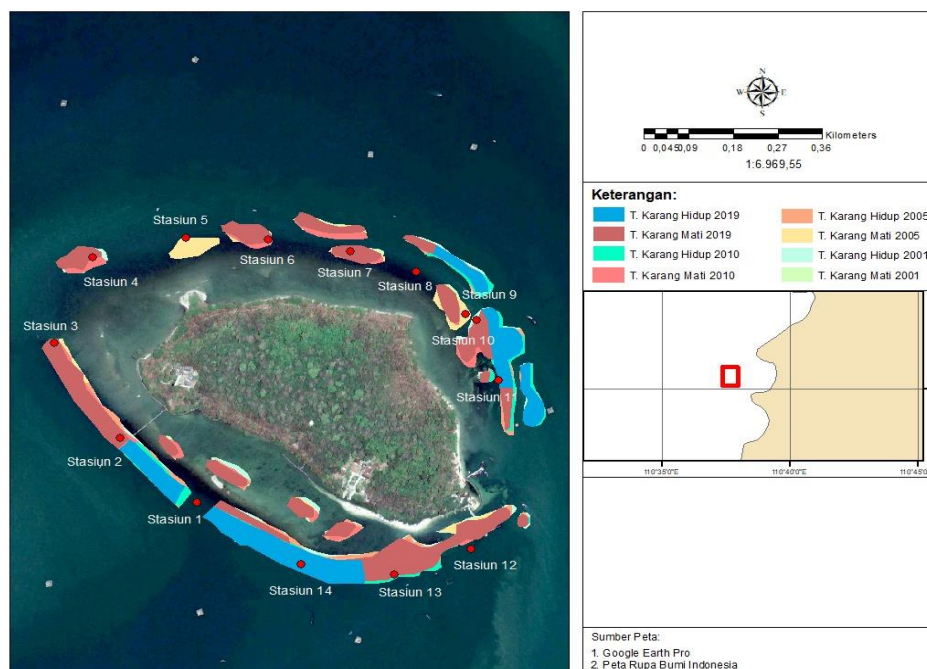
Hasil yang diperoleh pada penelitian ini lebih tinggi dari penelitian sebelumnya yang dilaporkan oleh Rachmawati *et al.* (2018). Terumbu karang di perairan Pulau Panjang telah mengalami perubahan luasan dikarenakan terjadinya perubahan kondisi ekologi, meningkatnya aktifitas manusia (Departemen Kelautan & Perikanan, 2006), meningkatnya kegiatan pariwisata (Badan Pusat Statistik Jepara, 2017; 2019). Kegiatan memancing yang dilakukan dengan cara masuk kedalam laut (*nyobok*), berjalan dan menginjak terumbu karang (*tramping dan gleaning*) pada terumbu karang (Suryono *et al.*, 2017, Rachmawati *et al.*, 2018), dan aktivitas penambangan karang untuk bahan bangunan yang sudah berlangsung hampir lebih dari 20 tahun (Bappeda, 2003;2011) menjadi faktor tambahan yang menyebabkan kerusakan terumbu karang di pulau Panjang.

Tabel 1. Luas (Ha), Penurunan luas (Ha) dan Laju penurunan Luas terumbu Karang (HaTh⁻¹) di Pulau Panjang Kabupaten Jepara Periode Tahun 2001 – 2019.

Tahun	Luas Terumbu Karang (Ha)		Perubahan (Ha)		Perubahan (HaTh ⁻¹)		Total Laju perubahan (%)	
	Hidup	Mati	Hidup	Mati	Hidup	Mati	Hidup	Mati
2001	5,29	0,94	-	-	-	-	-	-
2005	4,78	1,64	0,51	0,7	0,12	0,17	10,66	42,68
2010	3,23	3,01	1,55	1,37	0,31	0,27	63,77	68,77
2019	2,42	3,81	0,81	0,80	0,09	0,08	118,59	75,32
Rerata			0,95	0,95	0,17	0,17	64,34	62,25



Gambar 2. Grafik Perubahan Luas Terumbu Karang di Pulau Panjang Periode tahun 2001–2019.



Gambar 3. Peta perubahan luas Terumbu Karang di Pulau Panjang periode Tahun 2001-2019

Rachmawati *et al.* (2018) melaporkan bahwa Terumbu karang di Pulau Panjang mengalami penurunan sebesar 39.300 m² pada tahun 2015 hingga 2017. Tetapi penelitian dilakukan dengan menggunakan menggunakan citra sentinel 2, dan hasil yang diperoleh tentang penurunan Luasan terumbu karang at adalah luas total terumbu karang (terumbu karang hidup dan terumbu karang mati).Kerusakan terumbu karang ditandai dengan terjadinya perubahan luasan terumbu karang hidup tidak hanya terjadi pada ekosistem terumbu karang di Pulau Panjang saja, tetapi sudah hampir menjadi fenomena umum pada ekosistem terumbu karang di Indonesia. Manulang *et al.* (2014), melaporkan terjadinya perubahan luasan terumbu karang di Pulau Pramuka Kepulauan Seribu. Luasan terumbu karang hidup tahun 2001 sebesar 28,105 ha berkurang menjadi 17,190 ha pada tahun 2011 sedangkan luasan terumbu karang mati pada tahun 2001 sebesar 16,001 ha bertambah menjadi 18,630 ha pada tahun 2011. Faris *et al.* (2019) melaporkan terumbu karang di Pulau Tegal Lampung mengalami penurunan luasan sebesar 11,22 ha pada periode tahun 1998-2018. Thenu dan Marvin (2017), melaporkan kerusakan ekosistem terumbu karang dan telah mengalami penurunan luasan sebesar 992.16 ha (33.89%) di Kecamatan Dullah Utara kota Tual dari Tahun 2009 sampai dengan Tahun 2014. Farid, *et al.* (2017), melaporkan perubahan luasan tutupan terumbu karang di Tanjung Gelam Karimunjawa berkurang sebesar 4,22 Ha dari tahun 2015- 2017. Perubahan luas terumbu karang, menunjukkan terjadinya penurunan luas terumbu karang hidup pada ekosistem terumbu karang yang ada dikarenakan terjadinya degradasi terumbu karang, yang disebabkan oleh faktor alam dan faktor manusia (antropogenik).Perubahan luas terumbu karang disebabkan oleh kondisi perairan dan aktifitas manusia yang terjadi di Pulau Panjang maupun didaratan. Kondisi perairan yang baik akan memberikan kesempatan terumbu karang untuk tumbuh dan berkembang, sementara disisi lain aktifitas manusia yang terjadi di Pulau Panjang dapat mengganggu pertumbuhan bahkan mengakibatkan kerusakan sehingga luasan terumbu karang mengalami perubahan luas.

KESIMPULAN

Luas terumbu karang hidup menurun hingga 64,34% dengan laju penurunan sebesar 0,17 HaTh⁻¹ dari Tahun 2001-2019, yang semula pada tahun 2001 seluas 5,29 ha berkurang menjadi 2,42 ha pada tahun 2019. Sedangkan luasan terumbu karang rusak/mati meningkat sekitar 3 kali lipat dari semula

pada tahun 2001 sebesar 0,94 ha meningkat menjadi 3,81 ha pada tahun 2019. Sebaran terumbu karang hidup awalnya terlihat di sebelah sisi timur laut, timur, selatan dan dan barat dari Pulau Panjang kemudian semakin mengecil areanya, hingga tersisa pada sebelah sisi timur laut dan selatan pulau saja. Sebaran terumbu karang mati yang semula hanya berada di sisi timur laut dan barat laut Pulau Panjang, pada tahun 2019 tampak bertambah luas dan mengitari hampir semua sisi pulau.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan yang telah memberi dukungan pendanaan terhadap penelitian ini dengan nomor kontrak penelitian 028/UN7.5.10.2/PP/2020.

DAFTAR PUSTAKA

- Adininggar, F. W., Suprayogi, A., & Wijaya, A. P. (2016). Pembuatan peta potensi lahan berdasarkan kondisi fisik lahan menggunakan metode weighted overlay. *Jurnal Geodesi Undip*, 5(2), 136-146.
- Aprilliyanti, T., & Zainuddin, M. (2017). Pemetaan Potensi Kekeringan Lahan se-pulau Batam menggunakan Teknik Sistem Informasi Geografis (SIG) dan Penginderaan Jauh. *Majalah Geografi Indonesia*, 31(1), 91-94. doi: 10.22146/mgi.24251
- Arsjad, A.B.S.M., Siswantoro, Y., Saputro, G.B., Hartini, S., & Yuwono, D.M. (2005). Pedoman survei dan pemetaan terumbu karang. Bogor (ID): Pusat Survei Sumberdaya Alam Laut-Badan Koordinasi Survei dan Pemetaan Nasional (PSSDAL-BAKOSURTANAL).
- Atweberhan, M., Feary, D.A., Kreshavmurthy, S. & Chen, A. (2013). Climate change impacts on coral reefs: Synergies with local effects, possibilities for acclimation, and management implications. *Marine Pollution Bulletin*, 74 (2), 526-539, doi: 10.1016/j.marpolbul.2013.06.011.
- Badan Pusat Statistik. (2017) Jepara Dalam Angka. Kabupaten Jepara
- Badan Pusat Statistik. (2019). Jepara Dalam Angka. Kabupaten Jepara
- Bappeda Kabupaten Jepara. (2003). Potensi Kelautan Kabupaten Jepara.
- Bappeda Kabupaten Jepara. (2011). Rencana Induk Pembangunan Pariwisata Daerah Kabupaten Jepara.
- Brown, B., & Dunne, R. (1988). The Environmental Impact of Coral Mining on Coral Reefs in the Maldives. *Environmental Conservation*, 15(2), 159-165. doi: 10.1017/S0376892900028976.
- Bruno, John F. Isabelle M. Cot[^]e, & Lauren T. Toth. (2019). Annual Review of Marine Science Climate Change, Coral Loss, and the Curious Case of the Parrotfish Paradigm: Why Don't Marine Protected Areas Improve Reef Resilience. *Annual Review of Marine Science*, 11, 307-3. doi: 10.1146/annurev-marine-010318-095300.
- Caras T, & Zohar. Pasternak. (2009). Long-term environmental impact of coral mining at the Wakatobi Marine Park, Indonesia. *Ocean & Coastal Management*, 52, 539-544. doi: 10.1016/j.ocecoaman.2009.08.006.
- Darling Emily S. and Stephanie D'agata. (2017). Coral Reefs: Fishing for Sustainability. *Current Biology*, 27, R57-R76. doi: 10.1016/j.cub.2016.12.005
- Departemen Kelautan dan Perikanan. (2006). Identifikasi Calon Suaka Perikanan (Fish Sanctuary) di Jepara. Jakarta.
- Edinger, E.N., & Risk, M.J. (2000). Effect of land-based pollution on Central Java Coral Reefs. *Journal of Coastal Development*, 3(2), 593-613.
- Edinger, E.N., Limmon, G.V., Jompa, J., Widjatmoko, W., Heikoop, J.M., & Risk, M.J. (2000). Normal coral growth rates on dying reefs: Are coral growth rates good indicators of reef health. *Marine Pollution Bulletin*, 40(5), 404- 425. doi: 10.1016/S0025-326X(99)00237-4
- English S., C. Wilkinson & V. Baker, (1997). Survey Manual For Tropical Marine Resources. Australian Institute of Marine Science, 390 p.
- Erftemeijer, P.L., Riegl, B., Hoeksema, B.W., & Todd, P.A. (2012). Environmental impacts of dredging and other sediment disturbances on corals: A review. *Marine Pollution Bulletin*, 64(9), 1737-1765. doi: 10.1016/j.marpolbul.2012.05.008.

- Farid, M., Pujiono, W.P., & Supriharyono. (2018). Perubahan tutupan terumbu karang ditinjau dari banyaknya wisatawan di tanjung gelam kepulauan karimunjawa menggunakan citra satelit landsat 8 oli. *Journal of Maquares*, 7(1), 18-27. doi: 10.14710/marj.v7i1.22521.
- Flower, J., Ortiz, J.C., Chollett, I., Abdullah, S., Castro-Sanguino, C., Hock, K., Lam, V., & Mumby, P.J. (2017). Interpreting coral reef monitoring data: A guide for improved management decisions. *Ecological indicators*, 72, 848-869. doi: 10.1016/j.ecolind.2016.09.003.
- Giyanto. (2017). Evaluation Of COREMAP Phase2 In Eastern Indonesia based on the changes in coral Reef coverage. *Marine Research in Indonesia*, 42(1), 47-55 doi: 10.14203/mri.v42i1.112.
- Green, E.P., Mumby, P.J., Edwards, A.J., & Clark, C.D. (2000). *Remote sensing handbook for tropical coastal management*. In: Edwards, A.J. (ed.). Coastal Management Sourcebooks 3. UNESCO. x + 316 pp. Paris (FR).
- Helmi, M., Hartoko, A., Herkiki, S., Munasik, M., & Wouthuyzen, S. (2011). Analisis Respon Spektral dan Ekstraksi Nilai Spektral Terumbu Karang pada Citra Digital Multispektral Satelit ALOS-AVNIR di Perairan Gugus Pulau Pari, Kepulauan Seribu, Jakarta. *Buletin Oseanografi Marina*. 1(1), 120-36. doi: 10.14710/buloma.v1i1.2989.
- Holmes, K.E., Edinger, E.N., Hariyadi, Limmon, G.V. & Risk, M.J. (2000). Bioerosion of Live Massive Corals and Branching Coral Rubble on Indonesian Coral Reefs. *Marine Pollution Bulletin*, 40(7), 606-617. doi: 10.1016/S0025-326X(00)00067-9.
- Indarjo, A., Widyatmoko, W., & Munasik, M. (2004). Kondisi terumbu karang di perairan Pulau Panjang Jepara. *Ilmu Kelautan: Indonesian Journal of Marine Sciences*, 9(4), 217-224. doi: 10.14710/ik.ijms.9.4.217-224.
- Jones, R., Fisher, R., & Bessell-Browne, P. (2019) Sediment deposition and coral smothering. *PLoS ONE* 14(6), e0216248. doi: 10.1371/journal.pone.0216248.
- Kenchington R.A. (1978). Visual surveys of large areas of coral reefs, in D.R. Stoddart and R.F. Johannes (eds), *Coral Reefs: research method*, Paris, Unesco, pp. 149-162.
- Manullang, J.C., Hartoni, H., & Surbakti, H. (2014). Analisis Perubahan Luasan Terumbu Karang dengan Menggunakan Data Penginderaan Jauh di Perairan Pulau Pramuka Kabupaten Administratif Kepulauan Seribu. *Maspuri Journal*, 6,(2), 124-132.
- Moran, P.J., Johnson, D.B., Miller-Smith, B.A., Mundy, C.N., Bass, D.K., Davison, J., Miller, I.J., & Thompson, A.A. (1990). A guide to the AIMS manta towing technique. Australian Institute of Marine Science, Townsville.
- Muhtar, F., Armijon, A., Murdapa, F., & Fadly, R. (2019). Analisa Luasan Terumbu Karang di Perairan Pulau Tegal Lampung Dengan Teknologi Penginderaan Jauh. *Jurnal Geofisika Eksplorasi*, 5(2), 55-67. doi: 10.23960/jge.v5i2.29.
- Muklis. (2011). Ekosistem Terumbu Karang dan Kondisi Oseanografi Perairan Kawasan Wisata Bahari Lombok. *Berkala Penelitian Hayati*, 16, 111-118. doi: 10.23869/bphjbr.16.2.20112
- Munasik, M., Ambariyanto, A., Sabdono, A., Permata, D.P., Radjasa, K.R. & Pribadi, R. (2012). Sebaran spasial karang keras (*Scleractinia*) di Pulau Panjang, Jawa Tengah. *Buletin Oseanografi Marina*, 1(3), 16-24. doi: 10.14710/buloma.v1i3.6906.
- Munasik, M., Nugroho, A.A., Hartati, R., Sabdono, A., Sugiyanto, S., & Sugianto, D.N. (2020). Struktur komunitas ikan karang dan tutupan karang pada terumbu buatan Artificial Patch Reef (APR). *Jurnal Kelautan Tropis*, 23(3), 333-340. doi: 10.14710/jkt.v23i3.9171.
- Munasik, M., Sabdono, A., Assyfa, A.N., Wijayanti, D.P., Sugiyanto, Irwani, & Pribadhi, R. (2020). Coral transplantation on a multilevel substrate of Artificial Patch Reefs: effect of fixing methods on the growth rate of two *Acropora* species. *Biodiversitas*. 21(5), 1816-1822. doi: 10.13057/biodiv/d210507.
- Munasik, M., Sabdono, A., Hutapea, E.D., Sugiyanto, S., & Sugianto, D.N. (2021). Coral recruitment on artificial patch reefs deployed in the marginal reefs: effect of multilevel substrate on density of coral recruit. *Jurnal Segara*, 17, 2461-1166. doi: 10.15578/segara.v17i1.10064.
- Munasik, Sugianto, D.N., Pranowo, W.S., Suharsono, Situmorang, J., & Kamiso, H.N. (2006). Pola arus dan kelimpahan karang *Pocillopora damicornis* di Pulau Panjang, Jawa Tengah. *Ilmu Kelautan: Indonesian Journal of Marine Sciences*, 11(1), 11-18. doi: 10.14710/ik.ijms.11.1.11-18.
- Munasik, Suharsono, Situmorang, J., & Kamiso, H.N. (2008). Timing of larval release by reef coral *pocillopora damicornis* at Panjang Island, Central Java. *Marine Research in Indonesia*, 33(1), 33-39. doi: 10.14203/mri.v33i1.458.

- Munasik, Suharsono, Situmorang, J., & Nitimulyo, K.H. (2006). Struktur populasi karang *Pocillopora damicornis* di Pulau Panjang, Jawa Tengah. *Journal of Fisheries Science*, 8(2), 299-305.
- Pratchett, M., Hoey, A.S. & Wilson, S.K. (2014). Reef degradation and the loss of critical ecosystem goods and services provided by coral reef fishes. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 7, 37-43. doi: 10.1016/j.cosust.2013.11.022.
- Pratchett, M.S., McCowan, D., Maynard, J.A., & Heron, S.F. (2013). Changes in Bleaching Susceptibility among Corals Subject to Ocean Warming and Recurrent Bleaching in Moorea, French Polynesia. *PLoS ONE*, 8(7), 1-10. doi: 10.1371/journal.pone.0070443.
- Rachmawati, D.N., Sasmito, B., & Sukmono, A. (2018). Studi Perkembangan Terumbu Karang di Perairan Pulau Panjang Jepara Menggunakan Citra Sentinel-2 Dengan Metode Algoritma lyzeng. *Jurnal Geodesi Undip*, 7(4), 233-243.
- Riegl, B.M. & Purkis, S.J., (2012). Dynamics of Gulf Coral Communities Observations and Models from the World's Hottest Coral Sea. In B.M. Riegl and S.J. Purkis (eds.), *Coral Reefs of the Gulf: Adaptation to Climatic Extremes, Coral Reefs of the World 3*, doi: 10.1007/978-94-007-3008-3_2.
- Risk M.J., & Edinger E. (2011). Impacts of Sediment on Coral Reefs. In: Hopley D. (eds) *Encyclopedia of Modern Coral Reefs*. Encyclopedia of Earth Sciences Series. Springer, Dordrecht. doi: 10.1007/978-90-481-2639-2_25.
- Sabdono, A., Karna Radjasa, O., Ambariyanto, A., Trianto, A., Permata Wijayanti, D., Pringgenies, D., & Munasik, M. (2014). An Early Evaluation of Coral Disease Prevalence on Panjang Island, Java Sea, Indonesia. *International Journal of Zoological Research*, 10(2), 20-29 doi: 10.3923/ijzr.2014.20.29.
- Salim, D. (2012). Pengelolaan ekosistem terumbu karang akibat pemutihan (bleaching) dan rusak. *Jurnal Kelautan*. 5(2), 142-155. doi: 10.15578/jksekp.v2i2.9282
- Siregar, V. (2010). Pemetaan substrat dasar perairan dangkal karang cangkak dan lebar Kepulauan Seribu menggunakan citra satelit quick bird. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 2(1), 19-30. doi: 10.29244/jitkt.v2i1.7860.
- Suraji, Rasyid, N., Kenyo, A.S., Jannah, A.R., Wulandari, D.R., Saefudin, M., Ashari, M., Widiastutik, R., Kuhaja, T., Juliyanto, E., Afandi, Y.A., Wiyono, B., Syafrie, H., Handayani, S.N., & Soemodinoto, A. (2015). Profil Kawasan Konservasi Provinsi Jawa Tengah. Jakarta: Kementerian Kelautan dan Perikanan.
- Suryono, Ambariyanto, A., Wijayanti, D.P., Ario, R., Pratikto, I., Taufiq-Spj, N., Canavaro, S.V., Anggita, T., Sumarto, B.K.A. & Cullen, J. (2021). Bioecology of coral reef in Panjang Island of Central Java Indonesia. *Ilmu Kelautan: Indonesian Journal of Marine Sciences*, 26(2), 125-134. doi: 10.14710/ik.ijms.26.2.125-134.
- Suryono, S., Ambariyanto, A., Munasik, Wijayanti, D.P., Ario, R., Pratikto, I., Taufiq-Spj, N., Lukman, E.L., Canavaro, S.V., Anggita, T., Sumarto, B.K.A & Cullen. J. (2021). Coral reef condition and distribution of reef fish in the coral reef of Panjang Island, Java Sea, Indonesia. *Ecology, Environment and Conservation*, 27(Suppl. Issue), S99-S108.
- Suryono, S., Munasik, M., Ario, R., & Handoyo, G. (2017). Inventarisasi Bio-Ekologi Terumbu Karang Di Pulau Panjang, Kabupaten Jepara, Jawa Tengah. *Jurnal Kelautan Tropis*. 20(1), 60-64 doi: 10.14710/jkt.v20i1.1363.
- Theny, I.M., & Makailipessy, M.M. (2017). Pemetaan Perubahan Ekosistem Wilayah Pesisir Kecamatan Dullah Utara Kota Tual. *Jurnal Teknologi Perikanan dan Kelautan*. 8(1), 39-48. doi: 10.24319/jtpk.8.39-48.
- Vo, S.T., Pernetta, J.C. & Paterson, C.J. (2013). Status and trends in coastal habitats of the South China Sea. *Ocean and Coastal Management*, 85, 153-163. doi: 10.1016/j.ocecoaman.2013.02.018