

Struktur Komunitas Bentik di Area Terumbu Karang Buatan Pulau Karya, Kepulauan Seribu.

An Nisa Nurul Suci^{1*}, Ahmad Taufik Ghozali², Firdha Iresta Wardani¹, Ana Ariasari¹, Nella Tri Agustini¹, Nur Lina Maratana Nabiu¹, Akbar Abdurrahman Mahfudz¹, Muamar Mujab³, Akhmad Adib⁴, Neni Meirawati⁴, dan Maretha Dwi Villany⁴

¹ Program Studi Ilmu Kelautan, Jurusan Peternakan, FP, Universitas Bengkulu. Jl. WR. Supratman, Kandang Limun, Bengkulu

² CV Hidroseano Indonesia Instrumentama, Ciampea, Kabupaten Bogor, Jawa Barat

³ LPSPL Serang Jalan Raya Carita Km 4.5 Desa Caringin, Kecamatan Labuan, Kabupaten Pandeglang, Banten

⁴ PT PHE OSES, Grha Pertamina, Jl. Medan Merdeka Timur No.11-13, Jakarta

*e-mail korespondensi: annisanurulsuci@unib.ac.id

INFORMASI ARTIKEL

Diterima : 04 Juni 2023
Disetujui : 15 Juni 2023
Terbit Online : 20 Juni 2023

Key Words:

Benthic
rehabilitation
Transplantation
Coral

ABSTRACT

*Coral reef conservation can be conducted by creating artificial coral reefs as was done on Karya Island. Monitoring and evaluation afterwards is needed. This study aims to determine the benthic community structure in the concrete module area, Karya Island artificial reef after 15 years of coral transplantation. Data collection was carried out using the photo transect method on line transects (50 m) in 3 stations. The transect images taken were then processed using CPCe. The condition of the coral reefs at the study site was in the bad category with a percentage of live hard coral cover of $13.39 \pm 4.62\%$. The highest to lowest percent cover respectively were DCA ($51.67 \pm 6.60\%$), SP ($15.50 \pm 7.93\%$), FS ($14.72 \pm 5.98\%$), HC ($13.39 \pm 4.62\%$), SC ($4.05 \pm 2.76\%$), and OT ($0.67 \pm 0.35\%$). Benthic community diversity in St. 1 ($H'=1.59$) and St. 3 ($H'=1.52$) is moderate, while St.2 has low diversity ($H'=0.84$). The benthic community at St.1 and St.3 is classified as stable with a uniformity value of 0.72 and 0.78 respectively. However, St.2 has an unstable community ($E=0.40$). Dominance appears in St. 2 ($C=0.66$) due to high abundance of *Padina* sp. is much higher than other species.*

PENDAHULUAN

Terumbu karang merupakan ekosistem laut tropis yang penting. Ekosistem ini memiliki produktivitas yang tinggi dengan nilai keanekaragaman yang tinggi ([Munasik and Siringoringo, 2011](#); [Muhsoni et al., 2011](#)). Terumbu karang juga memiliki peran penting seperti habitat berbagai macam biota, sumber makanan, tempat pemijahan biota laut, dan tempat tumbuhnya biota laut terutama ikan ([Nybakken, 1988](#)). Akan tetapi, ekosistem ini sangat rentan dengan berbagai ancaman salah satunya adalah peningkatan Suhu Permukaan Laut (SPL). Kenaikan SPL diketahui menyebabkan pemutihan karang di beberapa perairan ([Hoegh-Guldberg et al., 2007](#); [Hughes et al., 2018](#); [Thompson and van Woesik, 2009](#)). Hal ini merupakan alasan kuat untuk melakukan konservasi ekosistem terumbu karang.

Beberapa regulasi Pemerintah Republik Indonesia dibuat sebagai upaya konservasi terumbu karang melalui beberapa Undang-Undang Republik Indonesia (UU No. 31/2004 tentang Perikanan, No. 45/2009 tentang

Perubahan Undang-undang No. 31/2004, dan No. 27/2007 tentang Pengelolaan Wilayah Pesisir Dan Pulau-Pulau Kecil), Peraturan Pemerintah (PP No. 60/2007 tentang Konservasi Sumber Daya Ikan), dan Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan (KepMen KP Kep.38/Men/2004 Tentang Pedoman Umum Pengelolaan Terumbu Karang, Per.17/Men/2008 tentang Kawasan Konservasi Di Wilayah Pesisir Dan Pulau-Pulau Kecil, Per.02/Men/2009 tentang Tata Cara Penetapan Kawasan Konservasi Perairan, Per.03/Men/2010 tentang Tata Cara Penetapan Status Perlindungan Jenis ikan, dan Per.30/Men/2010 tentang Rencana Pengelolaan dan Zonasi Kawasan Konservasi Perairan).

Salah satu implementasi dari UU No. 27/2007 yang dilakukan oleh perusahaan adalah pembuatan terumbu karang buatan Pulau Karya. Rehabilitasi terumbu karang Pulau Karya merupakan suatu upaya yang dilakukan oleh CNOOC SES LTd. (saat ini dikelola oleh PT PHE OSES) pada tahun 2007. Kegiatan rehabilitasi yang dilakukan adalah transplantasi terumbu karang dan pembuatan rumpon. Transplantasi

karang dilakukan menggunakan dua media yang berbeda, yaitu beton dan PVC.

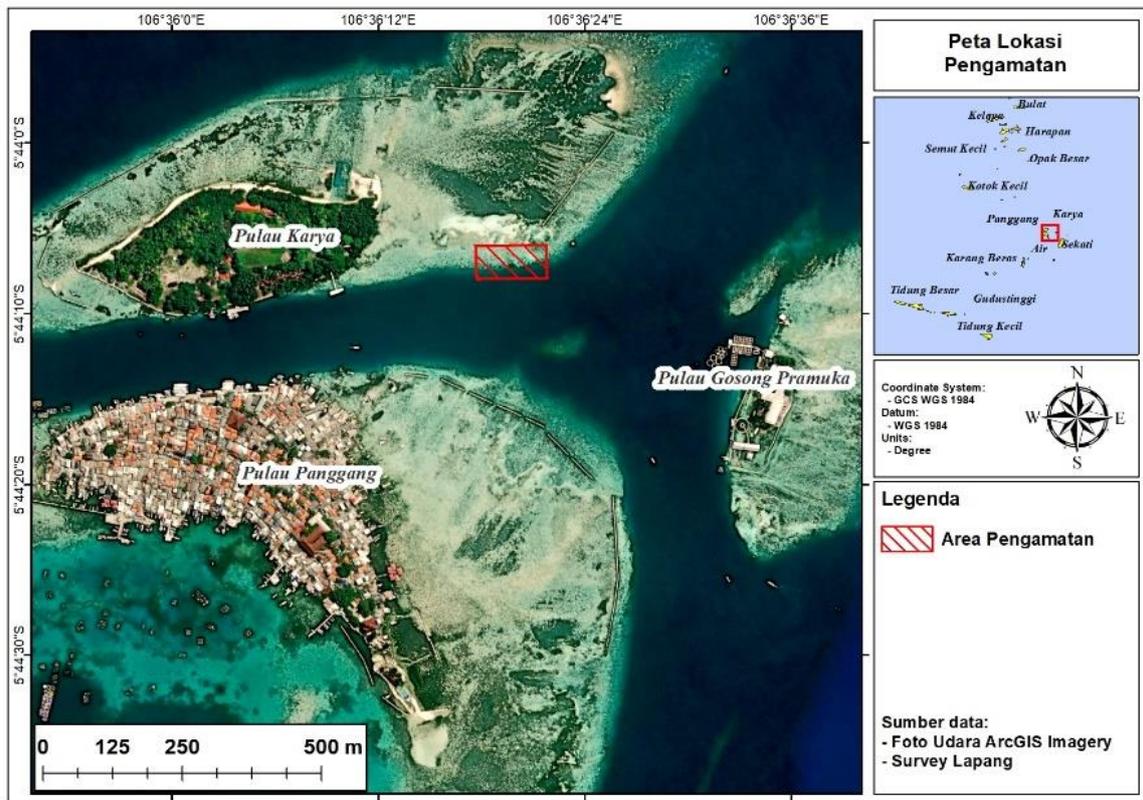
Penelitian kali ini bertujuan untuk mengetahui struktur komunitas bentik di area modul beton terumbu karang buatan Pulau Karya setelah 15 tahun penenggelaman modul dilakukan. Hal ini penting dilakukan sebagai bentuk monitoring dan evaluasi upaya rehabilitasi yang dilakukan. Penelitian terakhir yang dilakukan di lokasi ini dilaksanakan pada tahun 2013 (Kusnanto, 2015). Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa wilayah terumbu

karang buatan Pulau Karya memiliki potensi perikanan yang baik.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan April 2021 di Area Rehabilitasi Pulau Karya, Kepulauan Seribu, DKI Jakarta (Gambar 1). Penelitian ini dilaksanakan di area transplantasi karang modul beton.

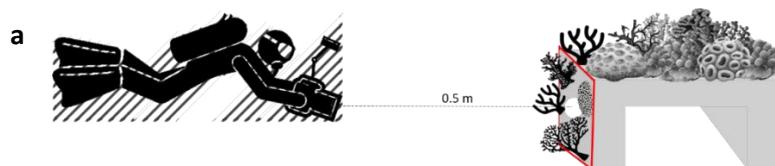


Gambar 1. Peta lokasi penelitian pengamatan bentik

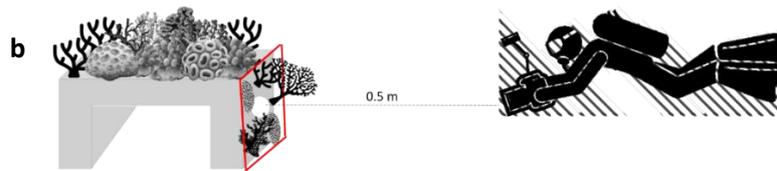
Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan menggunakan transek garis (*roll meter*) sepanjang 50 m yang direntangkan di antara modul beton di 3 stasiun. Pengambilan data bentik dilakukan dengan

metode *photo transect* yang dimodifikasi sesuai dengan kondisi modul. Gambar yang diambil adalah kondisi sisi kanan dan kiri modul. Gambar diambil secara tegak lurus dari sisi modul pada jarak ± 0.5 m (Gambar 2).



Gambar 2. Ilustrasi pengambilan foto di sisi kiri (a)



Gambar 2. Ilustrasi pengambilan foto di sisi kanan (b)

Gambar yang didapat kemudian diolah menggunakan CPCe untuk menghitung luasan area dan menentukan jumlah biota.

Analisis Data

Keanekaragaman (H')

Indeks keanekaragaman dihitung untuk mengetahui keberagaman biota dalam ekosistem terumbu buatan Pulau Karya. Rumus yang digunakan adalah:

$$H' = - \sum_{i=1}^s pi \ln pi$$

Keterangan :

- H' : Indeks keanekaragaman
- pi : Perbandingan jumlah individu spesies ke-i (n) dengan individu (N)

Keseragaman (E)

Indeks keseragaman dihitung untuk mengetahui sebaran biota dalam suatu ekosistem. Rumus yang digunakan adalah:

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

Keterangan:

- E : indeks keseragaman
- H' : indeks keanekaragaman
- S : jumlah spesies bentik yang ditemukan

Dominansi (C)

Indeks dominansi digunakan untuk mengetahui adanya dominansi dari satu spesies atau tidak. Indeks dominansi dihitung menggunakan rumus:

$$C = \sum_{i=1}^s \left(\frac{ni}{N}\right)^2$$

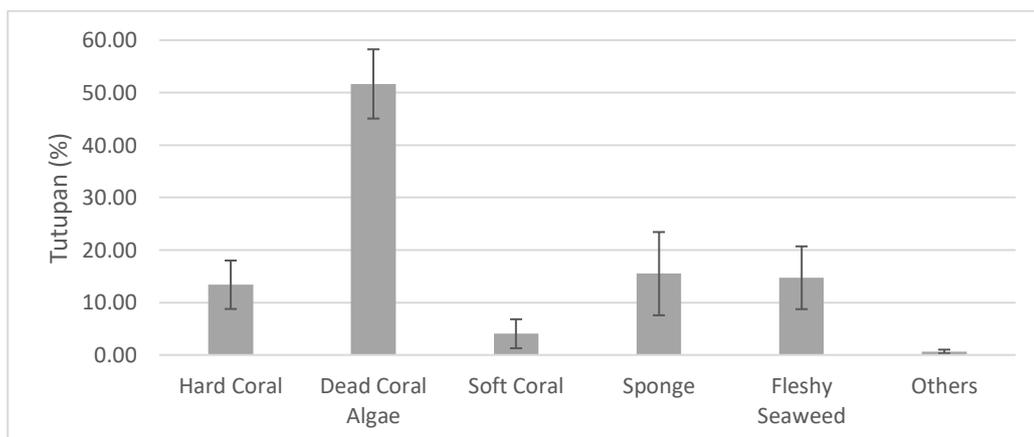
Keterangan:

- C : indeks dominansi
- pi : proporsi bentik ke-i

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tutupan Bentik

Bentik yang ditemukan pada penelitian ini terdiri dari 6 kelompok, yaitu Hard Coral (HD), Dead Coral Algae (DCA), Soft Coral (SC), Sponge (SP), Fleshy Seaweed (FS), dan Others Biota (OT). Hasil analisis menunjukkan bahwa kelompok DCA merupakan kelompok dengan tutupan tertinggi (mean ± SE = 51,67 ± 6,60%). Kelompok DCA merupakan kelompok karang mati yang sudah ditumbuhi oleh makro alga. Selanjutnya, persen tutupan dari yang terbesar (setelah DCA) ke yang terkecil secara berturut-turut adalah SP (15,50 ± 7,93%), FS (14,72 ± 5,98%), HC (13,39 ± 4,62%), SC (4,05 ± 2,76%), dan OT (0,67 ± 0,35%) (Gambar 3).



Gambar 3. Tutupan komunitas bentik di terumbu karang rehabilitasi Pulau Karya

Tingginya persen tutupan kelompok DCA mengindikasikan bahwa karang di area tersebut rentan terhadap kematian. Penyebab kematian karang di area ini masih belum diketahui dengan

pasti. Kematian karang pada umumnya dapat disebabkan oleh faktor alami seperti fenomena perubahan iklim dan faktor antropogenik seperti penangkapan yang tidak ramah lingkungan,

pertambangan, sedimentasi dan overfishing. Kedua faktor tersebut menyebabkan penurunan persen tutupan karang secara global ([Paddack et al., 2009](#))

Kenaikan suhu permukaan dan asidifikasi air laut dapat mengganggu struktur dan fungsi terumbu karang secara global ([Hoey et al., 2016](#)). Kenaikan suhu 0,5 °C menyebabkan karang kehilangan mekanisme perlindungannya terhadap pemutihan karang (coral bleaching) ([Ainsworth et al., 2016](#)), sehingga kenaikan suhu mengakibatkan pemutihan karang. Sebagai contoh, pemutihan karang jenis *Plesiastrea versipora* di Sydney pada tahun 2015-2016 disebabkan oleh heatwave ([Goyen et al., 2019](#)). Sensitivitas karang terhadap suhu mengakibatkan terumbu karang di area beriklim tropis lebih rentan akan pemutihan karang pada dua dekade ini dibandingkan iklim lain ([Sully et al., 2019](#)).

Faktor alami lain yang disebabkan oleh perubahan iklim adalah adanya peristiwa asidifikasi air laut. Asidifikasi air laut merupakan peristiwa turunnya pH air laut menjadi lebih asam. Hal ini menghambat proses kalsifikasi organisme laut ([Kroeker et al., 2013](#)) dan meningkatkan penguraian struktur kalsium karbonat ([Eyre et al., 2018](#)). Asidifikasi laut menjadi ancaman besar bagi terumbu karang karena ekosistem ini terbentuk karena keberadaan karang yang merupakan calcareous species ([Comeau et al., 2019](#)). Penelitian [Comeau et al \(2019\)](#) menunjukkan bahwa aklimatisasi kimia calcifying fluid pada karang tidak terjadi dalam satu tahun, sehingga menegaskan ancaman asidifikasi laut bagi terumbu karang.

Kelompok komunitas yang tertinggi kedua pada penelitian ini adalah sponge (SP). SP termasuk ke dalam filum Porifera. SP dalam terumbu karang merupakan salah satu kompetitor bagi karang ([Lopez-Victoria et al., 2006](#)). Sponge merupakan kompetitor ruang bagi karang terutama di area yang memiliki pertumbuhan sponge berlebih ([Aerts, 1998](#)). Di perairan laut tropis, factor-faktor yang menekan Kesehatan dan pertumbuhan karang seperti suhu tinggi, sedimentasi, serta polusi bahan organik, ternyata memberikan pengaruh positif bagi sponge ([Rützler, 2002](#)). Penelitian tersebut menjelaskan bahwa kondisi lingkungan yang tidak baik bagi karang, akan menguntungkan sponge. Sponge akan tumbuh dengan baik dan mengurangi ruang tumbuh karang. Dampak lanjutan dari hal ini adalah kerusakan terumbu karang.

Kompetitor lain dari karang yang perlu diperhatikan adalah makroalga. Kelompok DCA dan FS secara umum merupakan kelompok yang

terdapat makroalga di dalamnya. Beberapa penelitian menyatakan bahwa makroalga mempengaruhi dinamika kehidupan karang. Makroalga dengan kelimpahan sedang berpengaruh positif pada ekosistem, yang berfungsi sebagai penyedia makanan ([Streit et al., 2015](#)), habitat bagi invertebrate ([Radulovich et al., 2015](#)), dan tempat bagi larva ikan ([Evans et al., 2014](#)). Makroalga akan berdampak buruk bagi terumbu karang, jika laju pertumbuhannya terlalu cepat. Penelitian [Box and Mumby \(2007\)](#) menunjukkan bahwa alga coklat *Lobophora variegata* dapat tumbuh sangat cepat dan mematikan karang ([Box and Mumby 2007](#)). Makroalga juga diperkirakan dapat menghambat rekrutmen dan potensi perbaikan terumbu karang ([Hughes et al., 2007](#)). [Ferarri et al. \(2012\)](#) menyatakan bahwa kompetisi antara makroalga dan karang dipengaruhi oleh ukuran populasi sehingga blooming algae akan menekan dinamika populasi karang. Blooming algae akan terjadi apabila perairan tercemar limbah organik. Contoh limbah organik yang merugikan karang adalah fosfor. Fosfor dapat menekan proses pembentukan kalsium pada karang ([Kinsey, 1979](#)), sehingga dapat menghambat pertumbuhan karang.

Tutupan komunitas tertinggi di area rehabilitasi terumbu karang Pulau Karya merupakan komunitas yang tidak diharapkan terjadi. Tutupan HC tiga kali lebih rendah dibandingkan dengan tutupan DCA. Berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No.4 Tahun 2001 tentang Kriteria Baku Kerusakan Terumbu Karang, terumbu karang di lokasi penelitian ini dikategorikan buruk (Tabel 1). Hal ini dapat terjadi kemungkinan karena faktor-faktor yang telah disebutkan sebelumnya. Rehabilitasi terumbu karang bertujuan untuk memperbaiki kondisi ekosistem sehingga dapat menyediakan jasa lingkungan khususnya bagi manusia.

Tabel 1. Kriteria baku kerusakan terumbu karang, Kepmen LH No.04 tahun 2001.

| | Kategori | Persentase Karang |
|-------|-------------|-------------------|
| | | Hidup (%) |
| Rusak | Buruk | 0-24,9 |
| | Sedang | 25-49,9 |
| Baik | Baik | 50-74,9 |
| | Baik sekali | 75-100 |

Terumbu karang yang baik dapat menjadi habitat berbagai macam biota, termasuk ikan ekonomi penting. Kusnanto (2015) menyebutkan ikan terumbu yang teramat saat

penyelaman di area terumbu karang rehabilitasi Pulau Karya terdiri dari 25 famili dengan total 68 spesies yang didominasi oleh famili Pomacentridae (532 Ind/500 m²), famili Labridae (210 Ind/500 m²) dan Caesionidae (69 ind/500 m²). Penelitian Kusnanto (2015) menunjukkan potensi ikan pada ekosistem ini. Oleh karena itu, monitoring dan evaluasi harus dilakukan, sehingga dapat dijadikan dasar perbaikan dari terumbu karang ini.

Keanekaragaman, Keseragaman, dan Dominansi Komunitas Bentik

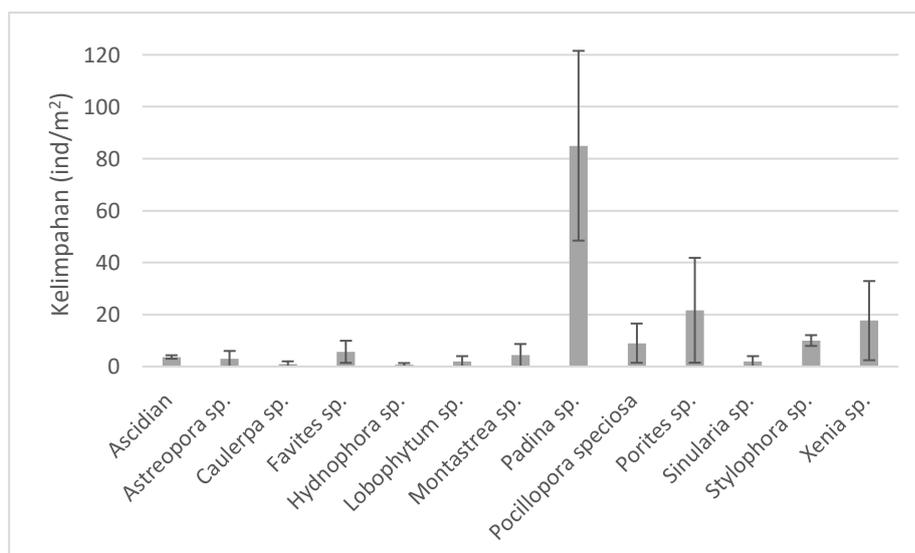
Indeks keanekaragaman (H') bentik pada area modul beton terumbu karang rehabilitasi Pulau Karya bernilai 1,37. Berdasarkan Ludwig dan Reynold (1988), nilai keanekaragaman yang bernilai $1 < H' < 3$ memiliki keanekaragaman yang cukup, sedangkan komunitas dengan nilai $H' > 3$ memiliki keanekaragaman tinggi. Keanekaragaman bentik di modul beton pada setiap stasiun memiliki kategori yang berbeda pada setiap stasiun (Tabel 2). Nilai indeks keanekaragaman tertinggi ada pada stasiun 1 ($H'=1,59$), diikuti oleh nilai dari stasiun 3 dan 2 (1,52 dan 0,84). Nilai indeks keanekaragaman bentik di site modul beton menunjukkan bahwa keanekaragaman di site ini tidak ada yang tergolong pada kategori keanekaragaman tinggi ($H' < 3$). Keanekaragaman di stasiun 1 dan 3 tergolong cukup, sedangkan keanekaragaman stasiun 2 tergolong rendah. Hasil dari nilai ini

menunjukkan bahwa keanekaragaman komunitas bentik di site modul beton tidak cukup beragam. Hal ini dapat dilihat dari banyaknya jenis bentos yang ditemukan di site ini.

Tabel 2. Nilai indeks keanekaragaman, keseragaman, dan dominansi komunitas bentik Pulau Karya

| Stasiun | H' | E | C |
|---------|------|------|------|
| St. 1 | 1,59 | 0,72 | 0,27 |
| St. 2 | 0,84 | 0,40 | 0,66 |
| St. 3 | 1,52 | 0,78 | 0,26 |

Hasil analisis penelitian ini menunjukkan bahwa 13 spesies bentos ditemukan di site modul beton (Gambar 4). Kelimpahan rata-rata tertinggi dan mendominasi pada site ini adalah *Padina* sp. ($85 \pm 36,53$ ind/m²) yang merupakan spesies dari makroalga. Spesies *hard coral* yang ada di site ini adalah *Astreopora* sp. ($3 \pm 3,00$ ind/m²), *Favites* sp. ($6 \pm 4,26$ ind/m²), *Hydnophora* sp. ($1 \pm 0,67$ ind/m²), *Lobophytum* sp. ($2 \pm 2,00$ ind/m²), *Montastrea* sp. ($4 \pm 4,33$ ind/m²), *Pocillopora speciosa* ($9 \pm 7,55$ ind/m²), *Porites* sp. ($22 \pm 20,19$ ind/m²), dan *Stylophora* sp. Dengan kelimpahan *hard coral* terbanyak adalah *Porites* sp. Selain itu, hasil pemantau menemukan adanya *soft coral*, yaitu *Sinularia* sp. ($2 \pm 2,00$ ind/m²) dan *Xenia* sp. ($18 \pm 15,24$ ind/m²). Biota lain yang dapat ditemukan adalah *Ascidian* ($4 \pm 0,67$ ind/m²).



Gambar 4. Rata-rata kelimpahan bentik di modul beton

Hasil ini menunjukkan lebih jelas bahwa ekosistem terumbu karang rehabilitasi Pulau Karya didominasi oleh makroalga (*Padina* sp.). Makroalga menjadi salah satu kompetitor utama

karang di lokasi penelitian ini. Tingginya pertumbuhan makroalga diduga akibat dari perubahan iklim (Ceccarelli et al., 2018). Salah satu cara untuk meningkatkan keberhasilan

rehabilitasi di area ini adalah dengan memanen makroalga. Laporan mengenai keberhasilan metode ini masih sedikit terdokumentasi ([Ceccarelli et al., 2018](#)), namun hal ini sudah dilakukan di beberapa daerah dengan tujuan untuk meningkatkan tingkat keberhasilan transplantasi karang ([Shaish et al., 2010](#); [Forester et al., 2012](#); [Frias-Torres and van de Geer 2015](#)).

Kelimpahan HC tertinggi di area penelitian ini adalah *Porites* sp. yang umumnya memiliki massive lifeform. Hasil ini sesuai dengan hasil penelitian [Fahlevy et al. \(2017\)](#) yang dilakukan di Pulau Pramuka yang merupakan pulau terdekat dari Pulau Karya. Hal ini mengindikasikan bahwa kualitas perairan di lokasi penelitian dan area sekitarnya mendukung untuk pertumbuhan karang massive ([Saptarini et al., 2017](#)).

Nilai indeks lain yang didapat dari hasil analisis data komunitas bentik kali ini adalah indeks keseragaman (E) dan indeks dominansi (C) (Tabel 2). Indeks keseragaman akan menunjukkan keseragaman dari kelimpahan individu tiap spesies dalam satu komunitas. Nilai indeks keseragaman di modul beton berkisar antara 0,40 – 0,78. Nilai indeks keseragaman pada Stasiun 1 dan 3 (0,72 dan 0,78) relatif sama, yaitu mendekati 1 yang artinya jumlah individu tiap spesies di komunitas bentik modul beton relatif sama atau merata. Nilai indeks keseragaman pada Stasiun 2 (0,40) lebih mendekati nilai 0 yang artinya kelimpahan individu tiap spesies dalam komunitas ini cukup beragam. Berdasarkan [Krebs \(1989\)](#), ketika nilai indeks keseragaman $0,6 < E < 1$, maka komunitas tersebut dikatakan memiliki keseragaman tinggi dan komunitas yang stabil. Stasiun 1 dan 3 memiliki keseragaman tinggi dan komunitas stabil, sedangkan stasiun 2 komunitasnya tidak stabil.

Indeks yang terakhir adalah indeks dominansi yang menunjukkan ada atau tidaknya dominansi yang terjadi di suatu komunitas. Indeks dominansi ini pada umumnya akan berkebalikan dari nilai indeks keanekaragaman. Ketika nilai indeks keanekaragaman tinggi maka indeks dominansi rendah dan sebaliknya. Hal ini dapat terjadi karena keanekaragaman yang tinggi akan terbentuk ketika tidak adanya satu spesies yang mendominasi. Dominansi dari suatu spesies umumnya akan mengganggu dinamika interaksi antar individu dalam suatu komunitas. Nilai indeks dominansi $0 < C < 0,5$ menunjukkan rendahnya dominansi, sedangkan nilai $C > 0,5$ menunjukkan adanya dominansi ([Odum, 1971](#)). Hasil analisis komunitas bentik di modul beton menunjukkan bahwa terdapat dominansi pada stasiun 2 ($C = 0,66$), sedangkan pada stasiun 1

dan 3 (0,27 dan 0,26) tidak terjadi dominansi. Dominansi pada stasiun 2 terjadi karena kelimpahan *Padina* sp. ($158 \pm 36,53$ ind/m²) jauh lebih tinggi dibandingkan dengan kelimpahan spesies lain di stasiun ini. Banyaknya *Padina* sp. ini mengakibatkan kurangnya pertumbuhan hard coral yang terjadi pada stasiun ini. Hal ini terjadi karena *Padina* sp. atau makroalga lain merupakan kompetitor bagi *hard coral* ([Hughes et al., 2007](#)).

KESIMPULAN

Kondisi terumbu karang rehabilitasi Pulau Karya dikategorikan buruk dengan persen tutupan karang hidup yang rendah. Rata-rata keanekaragaman pada penelitian ini tergolong sedang, tidak ada dominansi dan memiliki komunitas yang stabil. Secara keseluruhan, makroalga merupakan kelompok dengan kelimpahan tertinggi. *Hard coral* hidup yang memiliki kelimpahan tertinggi adalah *Porites* sp. Hasil penelitian ini menunjukkan komunitas yang kurang baik, sehingga kami menyarankan untuk diadakan monitoring dan evaluasi berkala, serta aksi rehabilitasi lanjutan agar area ini tetap terjaga kelestariannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Aerts, L. 1998. Sponge/coral interactions in Caribbean reefs: Analysis of overgrowth patterns in relation to species identity and cover. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 175: 241-249.
- Ainsworth, T.D., S. F. Heron, J. C. Ortiz, P. J. Mumby, A. Grech, D. Ogawa, C. M. Eakin, W. Leggat. 2016. Climate change disables coral bleaching protection on the Great Barrier Reef. *Science*. 352(6283): 338-342.
- Box, S.J. and P.J. Mumby. 2007. Effect of macroalgal competition on growth and survival of juvenile Caribbean corals. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 342: 139-149.
- Ceccarelli, D.M., Z. Löffler, D. G. Bourne, G. S. Al Moajil-Cole, L. Boström-Einarsson, E. Evans-Illidge, K. Fabricius, B. Glasl, P. Marshall, I. McLeod. et al. 2019. Rehabilitation of coral reefs through removal of macroalgae: state of knowledge and considerations for management and implementation. *Restor. Ecol.* 26(5): 827-838.
- Comeau, S., C. E. Cornwall, T. M. DeCarlo, S. S. Doo, R. C. Carpenter and M. T. McCulloch. 2019. Resistance to ocean acidification in coral reef taxa is not gained by acclimatization. *Nat. Clim. Change*. 19: 477-483.
- Evans, R.D., S.K. Wilson, S.N. Field and J. Moore. 2014. Importance of macroalgal fields as coral reef fish nursery habitat in north-west Australia. *Mar. Biol.* 161:599-607.

- Eyre, B. D., T. Cyronak, P. Drupp, E. H. De Carlo, J. P. Sachs and A. J. Andersson. 2018. Coral reefs will transition to net dissolving before end of century. *Science*. 359: 908–911.
- Fahlevy, K., S. Khodijah, I.A. Nasrullah, R. Fathihatunnisa, B. Subhan, and H. H. Madduppa. 2017. Site and depth influence on reef structure and composition in Seribu Islands, Jakarta. *Aceh J. Animal Sci.* 2(1): 28–38.
- Ferrari, R., M. Gonzalez-Rivero, and P. J. Mumby. 2012. Size matters in competition between corals and macroalgae. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 467: 77–88.
- Forrester, G.E., K. Taylor, S. Schofield and A. Maynard. 2012. Colony growth of corals transplanted for restoration depends on their site of origin and environmental factors. *Mar. Ecol.* 34:186–192.
- Frias-Torres, S. and C. van de Geer. 2015. Testing animal-assisted cleaning prior to transplantation in coral reef restoration. *PeerJ*. 3:e1287.
- Goyen, S., E.F. Camp, L. Fujise, A. Lloyd, M. R. Nitschke, T. LaJeunensse, T. Kahlke, P. J. Ralph, and D. Suggett. 2019. Mass coral bleaching of *P. versipora* in Sydney Harbour driven by the 2015–2016 heatwave. *Coral Reefs*. 38: 815–830.
- Hoegh-Guldberg, O., P. J. Mumby, A. J. Hooten, R. S. Steneck, P. Greenfield, E. Gomez, C. D. Harvell, P. F. Sale, A. J. Edwards, K. Caldeira, N. Knowlton, C. M. Eakin, R. Iglesias-Prieto, N. Muthiga, R. H. Bradbury, et al. 2007. Coral reefs under rapid climate change and ocean acidification. *Science*. 318: 1737–1742.
- Hoey, A.S., E. Howells, J.L. Johansen, J. A. Hobbs, V. Messmer, D. M. McCowan, S. K. Wilson and M. S. Pratchett. 2016. Recent advances in understanding the effects of climate change on coral reefs. *Diversity*. 8(12): doi:10.3390/d8020012.
- Hughes, T.P., M.J. Rodrigues, D.R. Bellwood, D. Ceccerelli, O. Hoegh-Guldberg, et al. 2007. Phase shifts, herbivory and the resilience of coral reefs to climate change. *Curr. Biol.* 17: 360–365.
- Hughes, T. P., K.D. Anderson, S. R. Connolly, S. F. Heron, J. T. Kerry, J. M. Lough, A. H. Baird, J. K. Baum, M. L. Berumen, T. C. Bridge, et al. 2018. Spatial and temporal patterns of mass bleaching of corals in the Anthropocene. *Science* 359: 80–83.
- Saptarini, D., Mukhtasar and I.F.M. Rumengan. 2017. Short Communication: Coral reef lifeform variation around power plant activity: Case study on coastal area of Paiton Power Plant, East Java, Indonesia. *Biodiversitas*. 18(1): 116–120.
- Thompson, D. M. and R. van Woesik. 2009. Corals escape bleaching in regions that recently and historically experienced frequent thermal stress. *Proc. Biol. Sci.* 276: 2893–2901.
- Kinsey, D.W. 1979. Effects of elevated nitrogen and phosphorus on coral reef growth. *Limnol.Oceanogr.* 24(5): 935–940.
- Krebs, C.J. 1989. *Ecological methodology*. Wm. C. Brown Publisher. Dubuque.
- Kroeker, K. J., R. L. Kordas, R. Crim, I. E. Hendriks, L. Ramajo, G. S. Singh, C. M. Duarte, and J. Gattuso. 2013. Impacts of ocean acidification on marine organisms: quantifying sensitivities and interaction with warming. *Glob. Change Biol.* 19: 1884–1896.
- Kusnanto. 2015. *Struktur komunitas ikan pada ekosistem terumbu buatan di perairan Pulau Karya dan Pulau Harapan, Kabupaten Administrasi Kepulauan Seribu, DKI Jakarta*. [Skripsi]. Institut Pertanian Bogor (IPB). Bogor.
- López-Victoria, M., S. Zea and E. Weil. 2006. Competition for space between encrusting excavating Caribbean sponges and other coral reef organisms. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 312, 113–121
- Ludwig, J.A. and J.F. Reynold. 1988. *Statistical ecology, a primer on methods and computing*. Jhon Wiley & Son. Toronto.
- Muhsoni, F.F., M. Syarif, and M. Effendi. 2011. Inventarisasi data potensi sumberdaya wilayah pesisir Kabupaten Sumenep. *Jurnal Kelautan*. 4(1): 96–101.
- Munasik and R.M. Siringoringo. 2011. Struktur komunitas Scleractinia di Perairan Marabatuan dan Matasirih, Kalimantan Selatan. *IJMS*. 16(1): 49–58.
- Nybakken, J.W. 1988. *Marine biology and ecological approach*. PT Gramedia. Jakarta.
- Odum, E.P. 1971. *Fundamental of ecology*. W.B. Saunders Co. London.
- Paddack, M.J., J.D. Reynolds, C. Aguilar, R. S. Appeldoorn, J. Beets, E. W. Burkett, P. M. Chittaro, K. Clarke, R. Esteves, A. C. Fonseca, G. E. Forrester, A. M. Friedlander, et al. 2009. Recent region-wide declines in Caribbean reef fish abundance. *Curr. Biol.* 19(7): 590–595.
- Radulovich, R., S. Umanzor, R. Cabrera and R. Mata. 2015. Tropical seaweed for human food, their cultivation and its effect on biodiversity enrichment. *Aquaculture*. 436:40–46.

-
- Rützler, K. 2002. Impact of crustose clionid sponges on Caribbean reef corals. *ActaGeol. Hisp.* 37: 61-72.
- Shaish, L., G. Levy, G. Katzir and B. Rinkevich. 2010. Coral reef restoration (Bolinao, Philippines) in the face of frequent natural catastrophes. *Restor. Ecol.* 18:285-299.
- Streit R.P., A.S. Hoey and D.R. Bellwood. 2015. Feeding characteristics reveal functional distinctions among browsing herbivorous fishes on coral reefs. *Coral Reefs.* 34:1037-1047.
- Sully, S., D.E. Burkepile, M.K. Donovan, G. Hodgson, and R. van Woesik. 2019. A global analysis of coral bleaching over the past two decades. *Nat. Commun.* 10 (1264): <https://doi.org/10.1038/s41467-019-09238-2>