

Efek Lokasi Rumah Ikan yang memanfaatkan Cangkang Kerang Mutiara Terhadap Keberadaan Ikan karang

Effect of Location of Fish Apartment that Use Pearl Shells on the Presence of Reef Fish

Jacomina Tahapary*¹, Domu Simbolon², Zulkarnain², Budy Wiryawan²

¹Program Studi Teknologi Perikanan Laut, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB, Bogor, 16680, Indonesia

²Departemen Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB, Bogor, 16680, Indonesia

*Korespondensi: jacomina.tahapary@polikant.ac.id

Disubmit: 3 Juli 2023, Direvisi: 5 Oktober 2023, Diterima: 16 Februari 2024

ABSTRAK

Rumah ikan merupakan konsep habitat buatan di dasar laut yang desain dan konstruksinya dibuat menyerupai kondisi terumbu karang alami. Rumah ikan didesain dengan material beton yang dipadukan dengan limbah cangkang mutiara dengan konstruksi yang sama namun berbeda dalam penerapan penggunaan cangkang. Penelitian ini berlangsung selama 6 bulan dengan 12 kali pengamatan, yang bertujuan untuk mengkaji preferensi perlakuan terhadap rumah ikan yang berdampak pada keberadaan ikan di sekitarnya. Rumah ikan ditempatkan di dua lokasi berbeda untuk melihat ketertarikan ikan pada rumah ikan. Pengumpulan data menggunakan metode sensus visual untuk mengetahui pengaruh rumah ikan terhadap keberadaan ikan menggunakan data *analysis of variance* (ANOVA) dengan metode eksperimen rancangan acak kelompok faktorial (RAK). Penilaian pengaruh rumah ikan terhadap keberadaan ikan dilakukan dengan perlakuan konstruksi rumah ikan itu sendiri, dan perlakuan lain yang juga diuji adalah waktu sampling, posisi penempatan, dan pengulangan (kelompok). Hasil pengujian menunjukkan bahwa faktor bangunan rumah ikan, waktu pengamatan, dan kelompok (pengulangan pengambilan data) berpengaruh nyata terhadap keberadaan ikan, sedangkan faktor posisi peletakan tidak berpengaruh nyata terhadap keberadaan ikan. Jenis ikan yang diamati di apartemen ikan dan sekitarnya adalah 19 famili pada lokasi terumbu karang baik, dan 15 famili pada lokasi terumbu karang rusak. Jumlah ikan yang diamati lebih banyak pada rumah ikan tanpa cangkang mutiara.

Kata kunci: Cangkang kerang mutiara; ikan karang; rumah ikan

ABSTRACT

The fish apartment is one of the concepts of artificial structures on the seabed where the design and construction are created to resemble the conditions of natural reefs. The fish apartment is designed with concrete material which is combined by utilizing waste pearl shells with the same construction but different in the application of the use of shells. This study was carried out for 6 months with 12 observations, which aimed to examine the treatment preferences of the fish apartment that have an impact on the presence of fish in the vicinity. The fish apartment is placed in two different locations to see the preference of the fish in the fish apartment. Data was collected using the visual census method to determine the effect of the fish apartment on the presence of fish using data analysis of variance (ANOVA) with the factorial randomized block design experimental method. The

assessment of the effect of fish apartment on the presence of fish was carried out by treating the fish apartment construction itself, and other treatments that were also tested were sampling time, placement position, and repetition (groups). The types of fish observed in the fish apartment and its surroundings were 19 families on good coral reef locations, and 15 families on damaged coral reef locations. The number of fish observed was more in a fish apartment without pearl shells.

Keywords: Pearl shell, coral fish, fish apartment

PENDAHULUAN

Rumah ikan merupakan salah satu konsep bangunan buatan di dasar laut yang desain dan konstruksinya dibuat menyerupai kondisi terumbu karang alami. Seperti halnya habitat buatan, fungsi rumah ikan antara lain untuk memberikan perlindungan bagi ikan dan organisme lainnya (Granneman dan Steele, 2015; Frimanozi *et al.*, 2019), menambah stok ikan (lima *et al.*, 2017; Macusi *et al.*, 2017; Jiang *et al.*, 2020), daerah penangkapan ikan (Soleman *et al.*, 2014; Lemoine *et al.*, 2019), dan memulihkan sumberdaya pesisir (Lalamentik *et al.*, 2017; Becker *et al.*, 2018; Tran *et al.*, 2019). Diketahui bahwa ikan karang merupakan ikan soliter (Nybbaken, 1998), hidup di kawasan terumbu karang mulai dari juvenil hingga dewasa, berasosiasi dengan terumbu karang karena ketersediaan makanan dan tempat berlindung (Menembu *et al.*, 2014; Chapman *et al.*, 2017; Vivier *et al.*, 2021; Ii *et al.*, 2022). Dengan konsep seperti itu, maka rekayasa diciptakan untuk meningkatkan kinerja rumah ikan sebagai habitat agar menarik bagi ikan karang dan organisme yang terkait dengannya.

Rumah ikan dirancang menggunakan material beton yang dipadukan dengan limbah cangkang kerang mutiara. Cangkang kerang mutiara mudah diperoleh karena adanya industri budidaya mutiara yang letaknya dekat dengan lokasi penelitian. Limbah tersebut berada dalam jumlah yang banyak dan karena sudah tidak terpakai, biasanya dibuang dengan cara ditanam di dalam pasir dekat pantai. Pemanfaatan cangkang

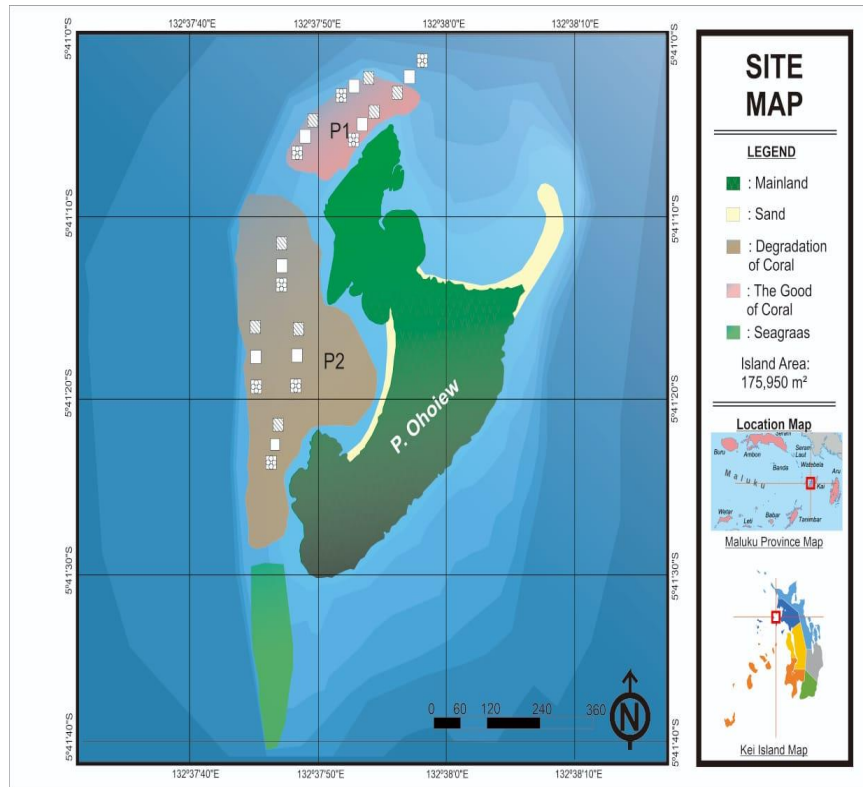
kerang untuk terumbu karang buatan di Indonesia sudah pernah dilakukan (Akhwady *et al.*, 2018) dan hasilnya dari penelitian ini dilaporkan bahwa terumbu buatan yang terbuat dari cangkang kerang dapat menjadi tempat biota laut melakukan aktivitas mencari makan, berlindung dan bertelur.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengkaji preferensi perlakuan terhadap rumah ikan yang berdampak pada keberadaan ikan di sekitarnya.

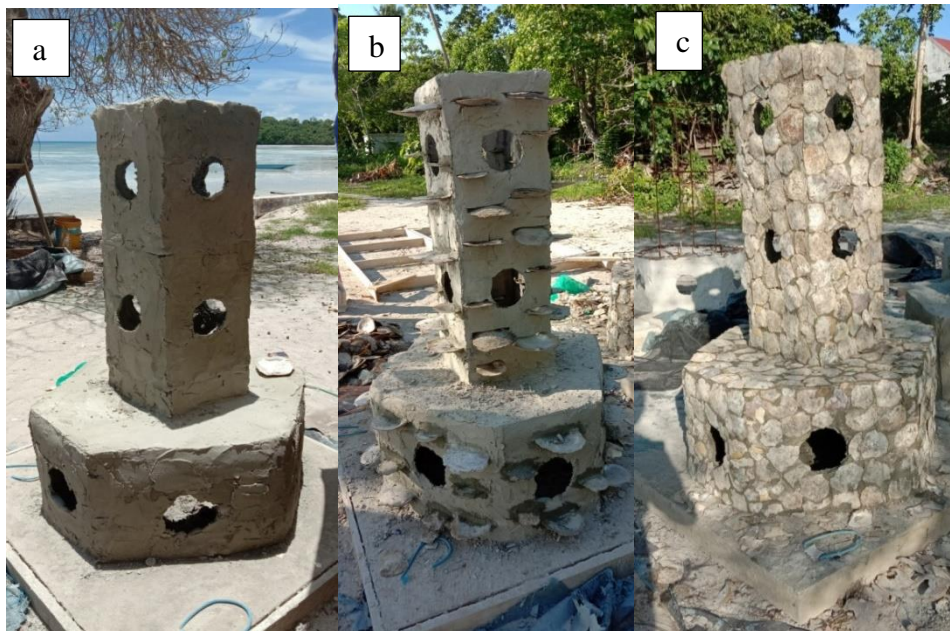
METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan pada bulan Mei hingga Oktober 2020 di perairan Pulau Ohoieuw, Kecamatan Manyeuw Kei Kecil, Maluku Tenggara. Lokasi peletakan rumah ikan terdapat pada 2 lokasi yaitu di bagian utara yang terletak di teluk dengan kondisi terumbu karang yang baik (P1). Lokasi kedua berada di bagian barat dan di lokasi ini kondisi terumbu karangnya sudah terdegradasi (P2). Setiap lokasi ditempatkan 12 unit rumah ikan. Setiap lokasi terdapat 4 *point*, dan pada setiap *point* ditempatkan 3 unit rumah ikan dengan konfigurasi rumah ikan tanpa kerang (R1), rumah ikan dengan kerang ditancapkan (R2), dan rumah ikan dengan kerang yang direkatkan (R3).

Rumah ikan dirancang dengan material beton yang dipadukan dengan limbah cangkang kerang mutiara dengan desain konstruksi yang sama, berjumlah 24 unit. Perbedaannya pada 3 perlakuan. Jumlah masing-masing perlakuan adalah 8 unit.



Gambar 1. Peta lokasi peletakan rumah ikan di Pulau Ohoiew (Sumber: Survey lapangan)



Gambar 2. Perlakuan Rumah Ikan

- (a) Rumah ikan tanpa cangkang kerang (R1)
- (b) Rumah ikan dengan cangkang kerang yang ditancapkan bagian sisinya (R2)
- (c) Rumah ikan dengan cangkang kerang yang direkatkan (R3)

Bahan

Bahan yang digunakan untuk membangun struktur rumah ikan adalah bahan-bahan pembuat beton seperti semen, pasir, batu, dan air. Bahan lainnya adalah cangkang kerang mutiara.

Alat

Peralatan yang digunakan untuk mengamati kehadiran ikan pada rumah ikan adalah alat dasar selam (ADS) dan *underwater camera*.

Analisa Data

Lokasi peletakkan rumah ikan ditentukan sebelum disebarkan ke perairan dan pengambilan data selama penelitian dilakukan dengan menggunakan metode visual sensus (Yulianto *et al.*, 2015) yang bertujuan untuk mengamati kondisi terumbu karang dan kondisi oseanografi bawah laut. Data yang dikumpulkan adalah keberadaan ikan di R1, R2, dan R3. Lama pengambilan data pada setiap titik di satu stasiun membutuhkan waktu antara 20-30 menit. Ikan yang berada di sekitar rumah ikan diamati dari jarak 3-4 meter, dan keberadaan ikan yang terekam adalah yang berada dalam radius 1 m dari rumah ikan hingga yang berada di dalam rumah ikan. Waktu pengamatan bervariasi pada pagi, siang, dan sore hari.

Pengumpulan data dilakukan secara periodik setiap 14 hari sekali selama 6 bulan dan pengamatan dilakukan sebanyak 12 kali. Penilaian pengaruh rumah ikan terhadap keberadaan ikan dilakukan dengan perlakuan konstruksi rumah ikan itu sendiri, dan perlakuan lain yang juga diuji adalah posisi peletakkan, waktu sampling, dan pengulangan (kelompok).

Analisis statistik memakai analisis ragam data (ANOVA) dengan metode percobaan rancangan acak kelompok faktorial (RAK faktorial) untuk mengetahui pengaruh rumah ikan terhadap kehadiran ikan dan biota karang lainnya. RAK faktorial menurut Sastrosupadi (2000), bentuk umum dari model liniernya adalah sebagai berikut:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \rho_k + \epsilon_{ij}$$

Keterangan:

Y_{ijk} : berkumpulnya ikan pada rumah ikan pada konstruksi ke-*i*, posisi ke-*j* dan waktu pengamatan ke-*k*

μ : nilai tengah umum

α_i : pengaruh taraf ke-*i* dari konstruksi

β_j : pengaruh taraf ke-*j* dari kelompok rumah ikan

$(\alpha\beta)_{ij}$: pengaruh taraf ke-*i* dari perlakuan konstruksi dan taraf ke-*j* dari posisi rumah ikan

ρ_k : pengaruh taraf ke-*k* dari faktor pengamatan ikan

ϵ_{ij} : galat sisa

HASIL DAN PEMBAHASAN

Ikan yang menghuni rumah ikan memiliki keanekaragaman yang cukup tinggi. Keanekaragaman itu bersifat ekologis dan biologis. Ikan karang yang diamati pada lokasi terumbu karang yang baik (P1) berjumlah 19 famili, sedangkan lokasi terdegradasi (P2) berjumlah 15 famili.

Tabel 1. Famili dan individu ikan karang yang teramati pada P1 dan P2

Famili	P1	P2
<i>Chaetodontidae</i>	72	82
<i>Pomacentridae</i>	794	622
<i>Labridae</i>	51	50
<i>Scaridae</i>	63	138
<i>Acanthuridae</i>	391	453
<i>Nemipteridae</i>	26	46
<i>Mullidae</i>	55	32
<i>Siganidae</i>	19	10
<i>Apogonidae</i>	160	0
<i>Balistidae</i>	2	3
<i>Serranidae</i>	3	1
<i>Syngnathidae</i>	11	0
<i>Caesionidae</i>	57	0
<i>Blenniidae</i>	3	14
<i>Lutjanidae</i>	14	18
<i>Zanclidae</i>	14	46

<i>Platycephalidae</i>	2	1
<i>Carangidae</i>	1	0
<i>Haemulidae</i>	1	0
<i>Scorpaenidae</i>	0	1
Jumlah	1739	1517

Ikan umumnya tertarik pada habitat yang sesuai dengan karakteristik biologisnya sehingga ikan akan selalu berada di habitat tersebut. Jumlah ikan lebih banyak di lokasi P1 karena adanya ekosistem terumbu karang yang dalam kondisi baik. Penempatan rumah ikan pada terumbu karang yang baik secara tidak langsung memberikan pengaruh yang signifikan karena keberadaan terumbu alami pada lokasi tersebut. Seperti habitat buatan yang memodifikasi ekosistem yang sudah ada sebelumnya sehingga berdampak pada lingkungan sekitarnya dengan menarik ikan (Kambey *et al.*, 2017; Vivier *et al.*, 2021).

Penempatan rumah ikan pada lokasi terumbu karang yang baik tidak menutup kemungkinan untuk menambah habitat ikan dan memberikan ruang yang lebih luas bagi ikan untuk hidup. Ikan karang sendiri merupakan organisme karang yang menjadi penanda kesuburan lingkungan ekosistem karang. Pola sebaran ikan di terumbu karang dipengaruhi oleh kondisi ekosistem itu sendiri yaitu pada ruang terbuka atau terlindung, kedalaman, dan jenis substrat (Arifin *et al.*, 2017).

Lokasi P2 mengalami penurunan akibat seringnya terjadi penangkapan ikan dengan menggunakan bom ikan. Lokasi ini berada di bagian barat Pulau Ohoieuw dan tidak terlihat dari pesisir Pulau Kei Kecil yang merupakan pemukiman masyarakat, sehingga aktivitas di kawasan tersebut tidak terpantau. Hal ini menyebabkan sering terjadinya aktivitas yang merusak lingkungan. Berbeda halnya dengan lokasi P1 dimana lokasi tersebut dapat dipantau sehingga ekosistem terumbu karang di lokasi tersebut terjaga dengan baik. Penempatan rumah ikan harus memperhatikan beberapa hal, antara lain habitat perairan yang terdegradasi, mempertimbangkan

pemasangan di daerah penangkapan ikan yang padat, serta menghindari daerah yang rawan sedimentasi dan dasar perairan yang landai (Bambang *et al.*, 2013).

Rumah ikan setelah berada di dalam air akan cepat menjadi perhatian ikan yang berada di sekitarnya. Ikan berada di suatu habitat karena habitat tersebut sesuai dengan sifat hidupnya, dan jika cocok maka ikan tidak hanya memanfaatkannya untuk mencari makan tetapi juga untuk menetap. Ikan-ikan yang diamati berada di sekitar rumah ikan baik bergerak secara soliter maupun berkelompok, berkoloni dengan keragaman yang cukup tinggi. Keanekaragaman ini bersifat ekologis, yaitu keanekaragaman dan kelimpahan, dan biologis, seperti mencari makan, berlindung, dan bereproduksi. Pola penyebaran ikan pada suatu habitat bervariasi karena setiap jenis ikan memiliki kebiasaan yang berbeda sehingga dalam membangun rumah ikan sebagai perekayasa habitat diperlukan beberapa perlakuan untuk melihat minat ikan tersebut.

Perlakuan dilakukan terhadap kinerja struktur rumah ikan, selain itu perlakuan lain juga diuji untuk mendukung kinerja rumah ikan yaitu posisi peletakan, waktu sampling, interaksi faktor rumah ikan dan posisi peletakan, dan ulangan (kelompok). Hasil pengujian secara simultan menunjukkan bahwa pembangunan rumah ikan mempengaruhi keberadaan ikan di sekitar lokasi peletakan dengan nilai kepercayaan 95% atau 0,036 dengan $t\text{-hit } 2,143 > t\text{-tab } 1,96$. Selanjutnya variabel posisi penempatan menunjukkan nilai negatif yang berarti tidak mempengaruhi keberadaan ikan. Hal ini diperkuat dengan nilai $t\text{-hit}$ sebesar -3,740 pada tingkat kepercayaan 0,000.

Pembangunan rumah ikan sebagai struktur bawah air mempengaruhi keberadaan ikan di dalam struktur tersebut karena ikan dapat memanfaatkannya sebagai *shelter* atau tempat berlindung. Jika membandingkan variabel dari terumbu buatan dengan jumlah total

individu, mereka saling berhubungan dan mempengaruhi keberadaan spesies (Yanuar dan Aunurohim, 2015).

Keberadaan spesies di dalam rumah ikan diamati dengan sensus visual, dan waktu pengamatan dilakukan pada pagi hingga siang hari. Kali ini memberikan pandangan yang lebih jelas kepada penyelam dalam mengamati keberadaan ikan di dalam struktur rumah ikan. Meski begitu, ada juga ikan yang kemudian menjauh karena keberadaan penyelam namun hal ini tidak mengurangi keberadaan ikan lain di rumah ikan tersebut.

Waktu pengamatan dari pagi, siang, dan sore hari juga mempengaruhi pendataan keberadaan ikan, terutama untuk jenis ikan target. Ikan target lebih sering muncul pada malam hari (Ilyas *et al.*, 2017) karena merupakan ikan nokturnal yang aktif pada malam hari. Pengamatan ikan dilakukan dengan mengamati keberadaan ikan di setiap struktur, dimana penyelam berhenti sejenak dan mengamati struktur rumah ikan ikan selama diperlukan (Schmitt *et al.*, 2000).

Keberadaan dan penyebaran ikan di lingkungan tempat rumah ikan ditempatkan merupakan faktor kunci dalam efektifitas struktur, sehingga data ikan yang berasosiasi dengan struktur merupakan faktor penting untuk dilakukan. Pengumpulan data dilakukan sebanyak 12 kali yang kemudian disebut sebagai kelompok (pengulangan), artinya terdapat 12 kali pengulangan jenis ikan yang diamati di sekitar struktur. Sejak pengamatan pertama terlihat adanya spesies ikan di sekitar struktur, dan pada pengamatan selanjutnya hingga tanggal 12 jumlahnya berfluktuasi. Beberapa penelitian di Indonesia terkait dengan habitat buatan juga melakukan pengamatan berulang untuk mendapatkan hasil yang signifikan pada struktur habitat buatan, seperti tiga pengamatan selama 3 bulan pada tiga model terumbu buatan di Perairan Pasir Putih Situbondo (Yanuar dan Aunurohim, 2015), kemudian pengamatan selama 4 bulan di Perairan Kareko Sulawesi Utara (Awuy *et al.*,

2017), dan salah satu pengamatan jangka panjang keberadaan ikan di terumbu karang buatan di Perairan Raratotok, Sulawesi Utara (Manembu *et al.*, 2014).

Faktor yang dianggap tidak mempengaruhi keberadaan ikan adalah posisi rumah ikan. Hal itu karena posisi rumah ikan di P1 dan P2 sama-sama berdampak positif terhadap keberadaan ikan. Di lokasi P2 kondisi terumbu karang sudah rusak, terlihat adanya penyebaran ikan pada struktur rumah ikan di lokasi tersebut. Interaksi faktor-faktor yang berhubungan dengan struktur rumah ikan terhadap keberadaan ikan telah diuji dengan uji regresi dengan hasil yang signifikan.

Struktur rumah ikan sendiri seperti yang telah dijelaskan sebelumnya dibuat dalam 3 (tiga) kali perlakuan. Perlakuan ini dimaksudkan untuk melihat struktur yang lebih baik dan diminati oleh ikan, dan untuk menguji perlakuan ini dilakukan pengujian lebih lanjut dengan menggunakan uji Tukey. Hasil uji Tukey menunjukkan bahwa hasil pengujian antara R1, R2, dan R3 berbeda nyata satu sama lain, dengan rata-rata jumlah ikan tertinggi yaitu perlakuan tanpa cangkang (R1) dengan nilai uji 0,5833, kemudian perlakuan cangkang yang ditancapkan (R2) dengan uji 44,8333 dan perlakuan cangkang yang direkatkan (R3) dengan nilai uji 34,8333. maka hipotesis H1 diterima yaitu struktur R1 memiliki kepentingan ikan yang lebih besar dibandingkan dengan R2 dan R3, hal ini dikarenakan rumah ikan berada di dasar laut dalam waktu yang singkat sehingga ikan tersebar merata di semua struktur rumah ikan. Perbandingan perlakuan antar bangunan rumah ikan yang signifikan menunjukkan adanya korelasi antara bangunan rumah ikan yang memberikan pengaruh variasi habitat sehingga ikan cenderung ada atau tersebar di semua bangunan. Perlakuan yang berbeda terhadap struktur rumah ikan juga mempengaruhi ketersediaan makanan, dimana tingkat kelekatan biota yang berbeda pada dinding rumah ikan berbeda nyata (Harm *et al.*, 2014).

Tingkah laku ikan di suatu habitat meliputi faktor keinginan untuk mencari makan agar berada di suatu tempat tersedianya makanan, dan dengan variasi struktur dindingnya memberikan keragaman kelompok *epibenthic* yang berbeda. Variasi *epibenthic* berupa makanan ikan berupa biota penempelan yang tingkat penempelan awalnya lebih besar pada permukaan beton kasar (Andersson *et al.*, 2009).

Faktor lingkungan merupakan variabel dependen. Biomassa spesies yang ada dalam struktur adalah variabel objek. Hubungan antara variabel objek dan variabel dependen memiliki korelasi yang tinggi, jika faktor lingkungan memiliki kondisi yang cukup akan mempengaruhi biomassa spesies sedangkan jika faktor ketidaksesuaian mengganggu dan mempengaruhi biomassa maka disebut sebagai faktor penghambat (Otake *et al.*, 2002). Faktor penghambat yang dimaksud adalah rusaknya terumbu karang, maka untuk menghilangkan faktor penghambat

KESIMPULAN

Faktor konstruksi rumah ikan, waktu pengamatan, dan kelompok (pengulangan pendataan) memiliki pengaruh nyata terhadap kehadiran ikan, sedangkan faktor posisi peletakan tidak berpengaruh nyata terhadap kehadiran ikan.

Keberadaan dan sebaran ikan yang teramati dengan jumlah yang lebih banyak pada lokasi dengan terumbu baik, sedangkan terhadap perlakuan pada rumah ikan teramati pada rumah ikan tanpa cangkang kerang mutiara, terbanyak kedua pada rumah ikan dengan cangkang kerang yang ditancapkan, hal ini disebabkan karena rumah ikan berada di dasar laut dalam waktu yang belum lama sehingga ikan menyebar merata pada semua struktur rumah ikan.

REKOMENDASI

Rumah ikan layak untuk dikembangkan karena bukan hanya sebagai habitat aktivitas ikan, juga

tersebut telah dikembangkan rekayasa habitat seperti rumah ikan.

Ikan karang merupakan organisme karang yang menjadi penanda kesuburan lingkungan ekosistem karang. Pola penyebaran ikan di terumbu karang dipengaruhi oleh kondisi ekosistem itu sendiri yaitu pada ruang terbuka atau terlindung, kedalaman, dan jenis substrat. Ikan karang tersebar baik secara vertikal maupun horisontal di kolom air, dan umumnya tersebar luas di seluruh ekosistem terumbu karang. Ikan karang memanfaatkan relung terumbu karang untuk beraktivitas dan membentuk pola keseimbangan yang mendukungnya. Rumah ikan adalah struktur yang terendam air untuk meniru terumbu karang alami. Struktur ini bertujuan untuk menjadi habitat baru bagi ikan, terutama untuk wilayah perairan yang mengalami degradasi, berfungsi sebagai terumbu karang alami, meningkatkan hasil tangkapan ikan, dan memulihkan habitat laut (Pratt, 1994; Bohnsack dan Sutherland, 1985).

memiliki peran sebagai alternatif daerah penangkapan karena berkumpulnya ikan target pada rumah ikan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Polikant Diving Club (PDC) yang telah membantu dalam pengambilan data bawah air.

DAFTAR PUSTAKA

- Andersson, M. H., Berggren, M., Wilhelmsson, D., & Öhman, M. C. (2009). Epibenthic colonization of concrete and steel pilings in a cold-temperate embayment: A field experiment. *Helgoland Marine Research*, 63(3), 249–260.
- Akhwady, R.P.C, Tamtomo, Luthfi, O.M. (2018). Used evaluation of stone ash and clamshell as concrete material of artificial reef at Pasir Putih Beach Situbondo Indonesia. *International*

- Journal of Basic and Applied Sciences. IJBAS-IJENS*, 18(2): 1-7.
- Arifin, M. A., Yulianda, F., Perikanan, F., Kelautan, I., & Pertanian Bogor, I. (2003). Keanekaragaman Ikan Karang di Perairan Lombok Timur, Nusa Tenggara Barat [Coral reef diversity in East Lombok, Nusa Tenggara Barat]. *Jurnal Iktiologi Indonesia*.
- Arifin, F., Dirgayusa, I.G.N.P., Faiqoh, E. (2017). Struktur komunitas ikan dan tutupan karang di area biorock Desa Pemuteran Buleleng Bali. *Jurnal of Marine and Aquatic Science* 3(1), 59-69.
- Awuy, G., Rondonuwu, A.B., Kambey, A.D. (2017). Komunitas ikan karang pada terumbu buatan di Perairan Kareko Kecamatan Lembeh Utara Kota Bitung Provinsi Sulawesi Utara. *Jurnal Ilmiah Platax*. 5(2).
- Bambang, N., Widodo., Suryadi, A., & Wassahua, Z. (2013). *Apartment Ikan (Fish Apartment) Sebagai Pilar Pelestari Sumberdaya Ikan*. (W. A. S. Z. W. Nur Bambang (Ed.); 1st ed., Vol. 1). Balai Besar Penangkapan Ikan Direktorat Jenderal Perikanan Tangkap Kementerian Kelautan dan Perikanan.
- Becker, A., Taylor, M. D., Folpp, H., & Lowry, M. B. (2018). *Managing the development of artificial reef systems: The need for quantitative goals*. 1–13.
- Bohnsack, J.A., Sutherland, D.L. (1985). Artificial reef research: a review with recommendation for future priorities. *Bulletin Marine of Science* 37, 11-39.
- Chapman, M. G., Underwood, A. J., & Browne, M. A. (2018). An assessment of the current usage of ecological engineering and reconciliation ecology in managing alterations to habitats in urban estuaries. *Ecological Engineering*, 120, 560–573.
- Frimanozi, S., Zakaria, I. J., & Nurdin, J. (2019). Abundance of Herbivorous Fish at Fish Apartment in Tengah Island Coastal Waters of Pariaman City, West Sumatera. *Metamorfosa: Journal of Biological Sciences*, 6(1), 97.
- Granneman, J.E., Steele, M.A. (2015). Effect of reef attributes of fish assemblage similarity between artificial and natural reefs. *ICES Journal of Marine Science*, 72(8), 2385-2397.
- li, D.J.P., Claisse, J.T., Williams, C.M (2022). Criteria for utilizing artificial reefs to increase production of marine fishes. October. *Frontiers in Marine Science* 9: 1–14.
- Ilyas, I.S., Astuty, S., Harahap, S.A., Purba, N.P. (2017). Keanekaragaman ikan karang target kaitannya dengan keanekaragaman bentuk pertumbuhan karang pada zona inti di Taman Wisata Perairan Kepulauan Anambas. *Jurnal Kelautan dan Perikanan*, VIII(2):103-111.
- Jiang Z., Liang Z., Zhu L., Guo Z., & Tang Y. (2020). Effect of hole diameter of rotary-shaped artificial reef on flow field. *Ocean Engineering*. 197.
- Kambey, A.D., Bataroga, N.E., Wantasen, A.S. (2017). Kajian penempatan terumbu buatan dari bahan bambu “bamboreef” di Perairan Malalayang Dua Kecamatan Malalayang Kota Manado. *Jurnal Ilmiah Platax*, 5(1): 1-9.
- Lalamentik, L.T.X., Rembet, U.N.W.J., Wantasen, A.S. (2017). Laju hunian ikan pada terumbu buatan di Pulau Putus-Putus Kabupaten Minahasa Tenggara. *Jurnal ilmiah Platax*, 5(1).
- Lemoine, H.R., Paxton, A.B., Anisfeld, S.C., Rosemond, R.C., Peterson, C.H. (2019). Selecting the optimal artificial reefs to achieve fish habitat enhancement goals. *Biological Conservation*. 238.
- Lima, J.S., Zalmon, I.R., Love M. (2019). Overview and trends ecological and socioeconomic research on artificial reefs. *Journal Marine*

- Environmental Research*, 145: 81-96.
- Macusi, E.D., Katikiro, R.E., Babaran, R.P. (2016). The influence of economic factors in the change of fishing strategies of anchored FAD fishers in the face of declining catch, General Santos City, *Philippines. Marine Policy*, 78: 98–106.
- Manembu, I., Adrianto, L., Bengen, D., Yulianda, F. (2014). Kelimpahan ikan karang pada kawasan terumbu buatan di Perairan Ratatotok Sulawesi Utara. *Jurnal Bawal*, 6(1): 55-61
- Nybakken, J.W. (1988). *Biologi Laut Suatu Pendekatan Ekologis*. Diterjemahkan oleh H M Eidman, dkk. Jakarta: PT Gramedia Jakarta.
- Pratt, J.R. (1994). Artificial habitats and ecosystem restoration: managing for the future. *Bulletin of Marine Science* 55(2-3): 268-275.
- Sastrosupadi, A. (2000). *Rancangan Percobaan Praktis Bidang Pertanian*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Schmitt, E.F., Sluka, R.D., Sullivan., Sealey, K.M. (2002). Evaluating the use of roving diver and transect surveys to assess the coral reef fish assemblage of Southern Hispaniola. *Coral Reef* 21: 216-223.
- Soleman, J.J., Reppie, E., Budiman, J. (2014). Fish communities on artificial reefs to support alternative fishing grounds in the Lembeh Strait, Bitung City, North Sulawesi. *Ilmu dan Teknologi Perikanan Tangkap Journal*. 1(5): 4306.
- Vivier, B., Dauvin, J.C., Navon, M., Rusig, A.M., Mussio, I., Orvain, F., Boutouil, M., Claquin, P. (2021). Marine artificial reefs, a meta analysis of their design objective and effectiveness. *Global Ecology and Conservation Journal* 27: eo1538.
- Tran, P.D., Pham, T.V., Nguyen, L.T., Tran, H.V., Nguyen, K.Q. (2019). Artificial coral reefs restore coastal natural resources. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies* 7(3): 128–133.
- Yanuar, A. & Aunurohim. (2015). Komunitas Ikan Karang pada Tiga Model Terumbu Buatan (Artificial Reef) di Perairan Pasir Putih Situbondo, Jawa Timur. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 4(1): 19-24.
- Yulianto, I., Hammer, C., Wiryawan, B., Pardede, S.T., Kartawijaya, T., Palm, H.W. (2015). Improvement of fish length estimates for underwater visual census of reef fish biomass. *Journal of Applied Ichthyology*. 31(2), 308–314.