Journal of Indonesian Tropical Fisheries (JOINT-FISH): Jurnal Akuakultur, Teknologi dan Manajemen Perikanan Tangkap dan Ilmu Kelautan

Vol 8 No. 2. Desember 2025 *Hal.75- 86* *Issn : 2655-5883*

STRATEGI PENGELOLAAN TERUMBU KARANG DENGAN PENDEKATAN TRANSPLANTASI DI PULAU SAMALONA

(Coral Reef Management Strategy Using a Transplantation Approach in Samalona Island.)

Muhammad Fuad Haris Ramdani [1)*], Abdul Rauf [2)], Hamsiah [2)] , Arwin [3)]

[1)] Manajemen Pesisir dan Teknologi Kelautan, Universitas Muslim Indonesia, 90231, Makassar, Indonesia*

[2)] Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Muslim Indonesia, 90231, Makassar, Indonesia

[3)] Teknologi Hasil Perikanan, Fakultas Perikanan dan kelautan, universitas muhammadiyah mamuju, 91511, Mamuju, Indonesia.

Korespondensi Author: fuadramdani1999@gmail.com

Diterima: 27 Juni 2025 ; Disetujui: 10 Juli 2025 ; Dipublikasikan: 31 Desember 2025

Keywords:
Coral Reef;
Transplantation;
Rehabilitation;
Management Strategy.

ABSTRACT:

Samalona Island, located in Makassar City, is a marine tourism destination with a high diversity of coral reefs. However, human activities and environmental degradation have caused damage to much of the reef ecosystem. This study aims to: (1) analyze the growth rate and survival of corals in rehabilitated areas, (2) identify the inhibiting factors for coral growth, and (3) formulate a management strategy based on rehabilitation. The method used is the Underwater Visual Census (UVC) with spider web-shaped transplant media. Primary data were collected through direct observation, while secondary data were obtained from related agencies. The findings indicate that coral transplantation can support ecosystem recovery when proper methods, location selection, and regular monitoring are implemented. This study provides strategic recommendations for sustainable coral reef management involving local community participation and integrated marine conservation..

Kata kunci:
Terumbu Karang;
Transplantasi;
Rehabilitasi;
Strategi Pengelolaan.

ABSTRAK:

Pulau Samalona, yang terletak di Kota Makassar, merupakan destinasi wisata bahari dengan keanekaragaman terumbu karang yang tinggi. Namun, aktivitas manusia dan degradasi lingkungan telah menyebabkan kerusakan pada sebagian besar ekosistem karang. Penelitian ini bertujuan untuk: (1) menganalisis laju pertumbuhan dan tingkat kelangsungan hidup terumbu karang pada area rehabilitasi, (2) mengidentifikasi faktor-faktor yang menghambat pertumbuhan karang, serta (3) merumuskan strategi pengelolaan berbasis rehabilitasi. Metode yang digunakan adalah *Underwater Visual Census* (UVC) dengan media transplantasi berupa jaring laba-laba (spider). Data primer dikumpulkan melalui observasi langsung, sedangkan data sekunder diperoleh dari instansi terkait. Hasil penelitian menunjukkan bahwa transplantasi karang berpotensi mendukung pemulihan ekosistem jika didukung oleh pemilihan metode dan lokasi yang tepat serta monitoring berkala. Kajian ini memberikan rekomendasi pengelolaan terumbu karang secara berkelanjutan yang melibatkan partisipasi masyarakat lokal dan mendukung konservasi laut terpadu.

PENDAHULUAN

Terumbu karang merupakan salah satu ekosistem laut tropis yang memiliki keanekaragaman hayati tinggi dan berperan penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem pesisir. Selain sebagai habitat dan tempat pemijahan berbagai jenis ikan serta biota laut lainnya, terumbu karang juga berperan dalam melindungi garis pantai dari abrasi serta menunjang sektor pariwisata dan perikanan berkelanjutan (Burke *et a*l., 2012; Cesar *et al*., 2003). Terumbu karang memiliki peran penting dalam mendukung kehidupan masyarakat pesisir yang mencapai sekitar 60% dari total penduduk Indonesia. Selain menyediakan habitat bagi berbagai jenis biota laut seperti ikan, moluska, dan crustacea, terumbu karang juga berfungsi sebagai pelindung alami pantai dari abrasi dan gelombang besar. Di samping itu, ekosistem ini berkontribusi besar terhadap perekonomian melalui sektor pariwisata bahari dan perdagangan biota laut (Kusumawati & Huang, 2014).

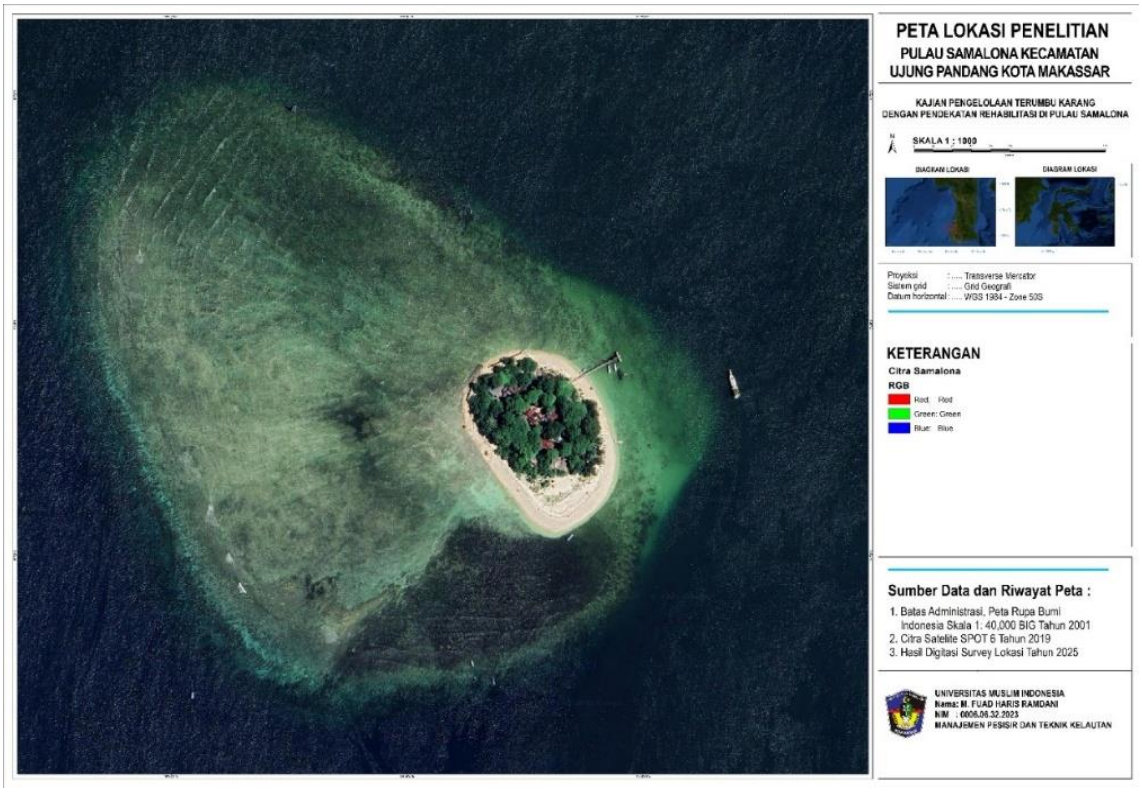
Ekosistem terumbu karang dikenal sangat kompleks dan produktif, namun sangat rentan terhadap kerusakan akibat aktivitas manusia dan perubahan lingkungan. Kegiatan seperti penangkapan ikan yang merusak, pencemaran limbah domestik, dan sedimentasi dari pembangunan pesisir menjadi penyebab utama degradasi karang (Rauf, 2004; Hadi *et al.,* 2017). Kerusakan ini menyebabkan perubahan komunitas biota dari dominasi karang keras menjadi alga atau karang lunak (Latuconsina, 2016). Meskipun terumbu karang memiliki kemampuan regenerasi alami, proses pemulihannya sangat lambat dan terbatas (Dahuri, 2003), sehingga rehabilitasi menjadi langkah strategis. Pulau Samalona sebagai salah satu pulau tujuan wisata dan menjadi salah satu lokasi kegiatan konservasi ekosistem karang secara geografis terletak dekat daratan utama Kota Makassar yang memiliki outlet perairan yaitu Sungai Tallo dan Sungai Jeneberang. Kedua sungai tersebut menghantarkan sedimen dari sisa kegiatan daratan utama ke pesisir dan laut sehingga dapat mengancam upaya rehabilitasi ekosistem karang yang tengah dilakukan khususnya pada pulau-pulau di inner zone seperti Pulau Samalona (Noor, *et al*., 2024). Selanjutnya dikatakan upaya rehabilitasi di Pulau Samalona telah dilakukan sejak 2014 melalui berbagai metode transplantasi seperti metode spider metode beton, substrat rak, dan metode VAR (*Vertical Artificial Reef*) Kegiatan rehabilitasi dengan metode transplantasi ini juga melibatkan masyarakat lokal guna meningkatkan kesadaran dan partisipasi dalam konservasi laut.

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji strategi pengelolaan terumbu karang berbasis pendekatan rehabilitasi di Pulau Samalona, Kota Makassar, dengan fokus pada analisis laju pertumbuhan dan kelangsungan hidup terumbu karang di area rehabilitasi, identifikasi faktor-faktor yang menghambat pertumbuhan karang, serta perumusan strategi pengelolaan yang efektif dan berkelanjutan melalui pendekatan rehabilitasi ekosistem.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat

Penelitian ini di laksanakan di Pulau Samalona Kota Makassar Provinsi Sulawesi Selatan pada bulan Mei 2025 hingga Juni 2025.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian
Figure 1. Research Location Map

Alat dan bahan

Adapun alat dan bahan yang akan digunakan pada penelitian ini di sajikan pada Tabel 1 :

Tabel 1. Alat dan Bahan
Table 1. Tools and Materials

No	Alat	Kegunaan
1	Scuba set	Untuk membantu Ketika Saat Pengambilan Data
2	GPS	Untuk Mengetahui Titik Kordinat Lokasi Pengambilan Data
3	Underwater kamera	Untuk Dokumentasi Kegiatan
4	Refracto meter	Untuk Mengukur Salinitas
5	Thermometer	Untuk Mengukur Suhu
6	Layangan arus	Untuk Mengukur Arus
7	Secchi Disk	Untuk Mengukur Kecerahan Dan Kedalaman
8	Jangka Sorong	Untuk Mengukur Pertumbuhan
9	Sabak Dan Alat tulis	Untuk Mencatat Data Ketika Pengambilan data
10	Laptop	Untuk Mengelolah Data
11	Perahu	Untuk mobilisasi
No	**Bahan**	**Kegunaan**
1	Karang Transplantasi	Sebagai Objek Penelitian

Sumber Data dan Metode Pengambilan Data

Data dalam penelitian ini merupakan sekumpulan informasi yang diperoleh melalui proses observasi dan pencarian berdasarkan sumber yang relevan, terdiri atas data primer dan sekunder. Data primer meliputi hasil survei lapangan mengenai kondisi terumbu karang, kualitas perairan, serta aspek sosial budaya masyarakat, sedangkan data sekunder diperoleh dari instansi terkait dan kelompok konservasi berupa data awal rehabilitasi. Metode pengumpulan data mencakup tiga aspek utama:

1) Analisis keberhasilan rehabilitasi terumbu karang yang diukur melalui peningkatan tutupan karang serta perbandingan luas karang sebelum dan sesudah rehabilitasi;
2) Pengamatan pertumbuhan dan kelangsungan hidup karang (*Acropora* sp) yang transplantasi dengan metode *Underwater Visual Census* (UVC), menggunakan media transplantasi jaring laba-laba (*spider web*) yang dipilih karena fleksibel, ringan, dan tidak mudah tertutup sedimen, di mana jumlah anakan karang hidup dicatat dari sampel rangka yang mewakili area transplantasi selama periode pemantauan sekitar satu tahun empat bulan (Desember 2023 s/d April 2025), pengukuran pertumbuhan dan kelangsungan hidup dilakukan per tiga bulan.(triwulan).
3) Pengukuran langsung parameter kualitas air seperti suhu, salinitas, kecerahan, dan kecepatan arus di lokasi pengamatan, dilengkapi dengan observasi tambahan serta informasi dari pihak terkait yang memiliki pengalaman dalam kegiatan transplantasi karang.

Analisis Data

Analisis Pertumbuhan dan Kelangsungan Hidup

Pengamatan pertumbuhan karang transplantasi dilakukan dengan mengukur panjang atau tinggi fragmen menggunakan mistar, dan laju pertumbuhan dihitung dengan rumus :

Pertumbuhan Mutlak

Pertumbuhan Mutlak untuk menghitung pertumbuhan karang dalam waktu tertentu maka model rumus yang digunakan adalah (Rani *et al*., 2017):

$$\beta = Lt - Lo$$

Keterangan: β = pertumbuhan mutlak (cm); Lt = Rata-rata panjang cabang setelah pengamatan ke-t; Lo = rata-rata panjang cabang di awal penelitian.

Laju Pertumbuhan

Laju Pertumbuhan untuk menghitung laju pertumbuhan sampel karang yang di tranplantasikan, rumus yang digunakan adalah sebagai berikut (Rani *et al*., 2017):

$$P = (Lt - L0) / (t)$$

Keterangan: P = Pertambahan panjang/tinggi karang; Lt = Rata-rata panjang/tinggi setelah

pengamatan ke-t; L0 = Rata-rata panjang/tinggi awal penelitian; t = Waktu Pengamatan (bulan).

Tingkat Kelangsungan Hidup

Tingkat Kelangsungan hidup pada karang yang ditranspalantasikan menggunakan rumus yang mengacu pada Ricker (1975) dalam Kati, et al., (2023)

$$SR = \frac{Nt}{N0} \times 100\ \%$$

Keterangan:

SR = Tingkat kelangsungan hidup (*survival rate*)
Nt = Jumlah individu pada akhir penelitian
N0 = Jumlah individu pada awal penelitian

Faktor Penghambat Pertumbuhan

Pertumbuhan karang transplantasi dipengaruhi oleh kualitas air seperti suhu, salinitas, kecerahan, dan kecepatan arus. Selama penelitian, data di titik koordinat pengambilan sampel dianalisis dan dibandingkan dengan baku mutu laut sesuai Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004 untuk Biota Laut. Suhu diukur dengan termometer (ideal 28–30°C), salinitas dengan refraktometer (ideal 33–34 ppt), kecerahan dengan secchi disk (ideal >5 meter), dan kecepatan arus dengan current droug (ideal 0,25–0,50 m/s). Selain itu, pertumbuhan karang juga dipengaruhi oleh alga berlebih akibat menurunnya populasi ikan herbivora, yang dapat menghambat karang melalui persaingan ruang dan cahaya, diamati langsung di lokasi dan didukung pengalaman praktisi transplantasi.

Analisis Strategi Pengelolaan

Setelah data faktor internal dan eksternal diperoleh, langkah berikutnya adalah merumuskan strategi pengelolaan rehabilitasi terumbu karang menggunakan analisis SWOT (Rangkuti, 2016). Faktor internal meliputi kekuatan seperti dukungan kebijakan, keterlibatan masyarakat, dan teknologi transplantasi, serta kelemahan seperti keterbatasan dana dan kapasitas teknis. Faktor eksternal mencakup peluang dari ekowisata dan dana konservasi, serta ancaman perubahan iklim, aktivitas destruktif, pencemaran, dan lemahnya penegakan hukum. Berdasarkan kombinasi ini, strategi yang dirumuskan terdiri dari strategi SO (mengoptimalkan kebijakan dan partisipasi masyarakat), ST (memanfaatkan kemitraan dan teknologi untuk mengatasi ancaman), WO (mengatasi kelemahan melalui CSR dan peningkatan kapasitas), dan WT (strategi defensif dengan edukasi, aturan lokal, dan sanksi untuk mencegah kerusakan).

HASIL DAN PEMBAHASAN

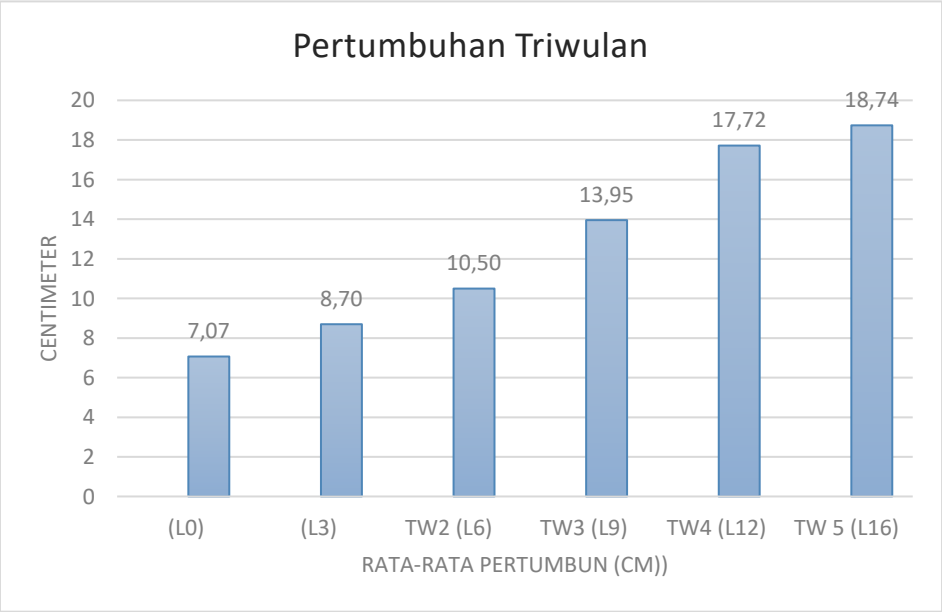
Analisis Pertumbuhan dan Kelangsungan Hidup Terumbu Karang

Pertumbuhan karang diamati dengan menggunakan ukuran tinggi fragmen karang. Karang yang diukur menggunakan jangka sorong dilakukan dengan pengambilan data selama dua bulan masa penelitian. Pertumbuhan karang transplantasi dimulai sejak minggu pertama ataupun minggu kedua dengan periode tiap bulan atau sesuai dengan kebutuhan. Setelah melakukan pengamatan pada karang yang telah di transplantasikan sebelumnya, pada Tabel 3, dapat kita lihat tingkat pertumbuhannya.

Tabel 3. Rata Tinggi/panjang Karang *Acropora* sp yang Transplantasi dengan Metode Spider

Rata-rata Tinggi Pertumbuhan Karang Transplantasi (cm)						**Rata-rata pertumbuhan (cm)**	**Laju Pertumbuhan (cm/bulan)**
Awal(L0)	TW1(L3)	TW2(L6)	TW3 (L9)	TW4(L12)	TW5(L16)		
7.07	**8.70**	**10.50**	**13.95**	**17.72**	**18.74**	**12,78**	**0,799**

Berdasarkan Tabel 3 hasil pengamatan terkait dengan pertumbuan karang transplantasi, diketahui penambahan tinggi di Triwulan I yakni sebesar 8.70 cm, Triwulan II sebesar 10.50 cm, Triwulan III sebesar 13.95 cm, Triwulan IV sebesar 17.72 cm dan Penelitian 18.74 cm. Sehingga diperoleh rata-rata tinggi pertumbuhan karang selama 16 bulan adalah 12.78 cm dengan laju pertumbuhan 0,799 cm/bulan. Hasil penelitian Rahmaningruma, *et al*., (2024) dengan laju pertumbuhan karang *Acropora intermedia* yang ditransplantasi dengan metode yang sama yaitu metode spider tidak jauh berbeda yaitu 0,76 cm/bulan. Jenis karang bercabang (*coral branching*) memiliki pertumbuhan yang lebih cepat dibandingkan dengan karang massive. Nurcahyani et al. (2018), karang dengan kategori coral branching memiliki pertumbuhan rata-rata 0,5 cm hingga 1 cm pada setiap bulannya. Adapun rata-rata tinggi/panjang karang per triwulan disajikan pada Gambar 4 berikut.



Gambar 4. Rata-rata tinggi/panjang karang per triwulan
Figure 4 Average coral height/length per quarter

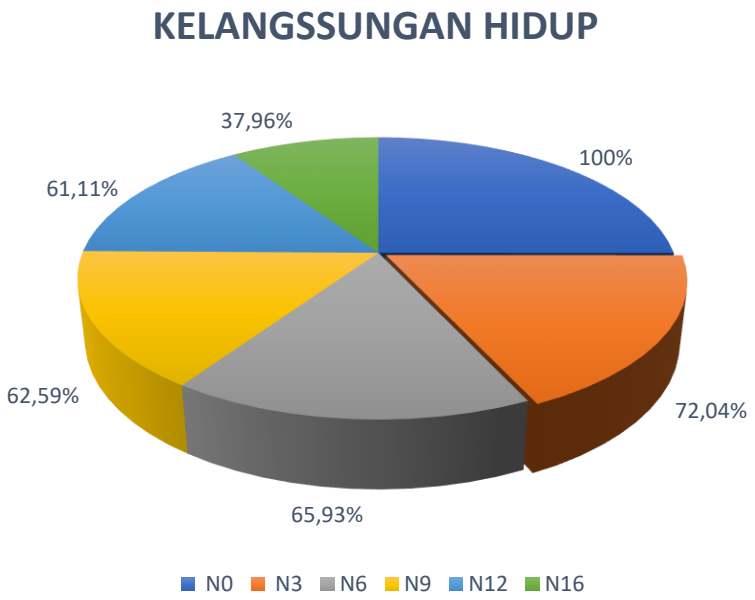
Gambar 4 menunjukan peningkatan yang sangat signifikan terjadi pada Triwulan III, Triwulan IV dan Pada saat penelitian, bahwa terdapat lonjakan penambahan tinggi fragmen karang dari yang biasanya hanya berada di kisaran 0.4 – 0.6 cm/bulan menjadi 1 – 1.3 cm/bulan, hal ini dikarenakan fragmen karang yang sudah beradaptasi dengan lingkungan barunya. Jika lonjakan seperti ini akan berlangsung dibulan selanjutnya, memungkinkan karang transplantasi dapat menunjukan tutupan persentase 100% menggunakan pendekatan metode *Underwater Photo Transek*.

Tingkat kelangsungan hidup terumbu karang pada media spider di Pulau Samalona menunjukkan penurunan konsisten dari 100% saat awal transplantasi menjadi 37,96% pada bulan ke-16, mencerminkan tantangan ekologis yang dihadapi fragmen karang selama proses adaptasi dan pertumbuhan di lingkungan baru. Penurunan ini menunjukkan bahwa meskipun media spider dapat mendukung rehabilitasi, efektivitasnya masih tergolong sedang, khususnya bagi jenis *Acropora* sp. yang digunakan dalam penelitian ini. Hal ini sejalan dengan temuan Syahrul et al. (2024) yang melaporkan tingkat kelangsungan hidup sebesar 58,15% dalam dua tahun di lokasi yang sama, mengindikasikan bahwa berbagai faktor lingkungan tetap menjadi kendala utama dalam restorasi karang. Data lengkap tingkat kelangsungan hidup ini disajikan dalam Tabel 4.

Tabel 4 Tingkat Kelangsungan Hidup Karang Transplantasi
Table 4. Survival Rate of Transplanted Corals

Jumlah Individu Awal (N0)	Jumlah Individu TW1 (N3)	Jumlah Individu TW2 (N6)	Jumlah Individu TW3 (N9)	Jumlah Individu TW4 (N12)	Jumlah Individu TW5 (N16)	Kelangsungan Hidup (SR) (%)
18.00	**12.97**	**11.87**	**11.27**	**11.00**	**6.83**	**37.96**
100%	72.04%	65.93%	62.59%	61.11%	37.96%	

Penurunan kelangsungan hidup karang *Acropora* sp yang ditransplantasi di Pulau Samalona dapat dikaitkan dengan berbagai faktor lingkungan yang memengaruhi fisiologi dan metabolisme karang, terutama faktor abiotik seperti suhu air, kejernihan, salinitas, dan intensitas cahaya. Suhu optimal untuk pertumbuhan karang berada pada kisaran 23–29°C, dan penyimpangan dari kisaran ini dapat menyebabkan stres termal hingga pemutihan karang (Natureweb, 2023). Selain itu, sedimentasi dan gangguan arus laut turut menghambat proses fotosintesis oleh zooxanthellae—alga simbion yang menyediakan energi bagi karang—sehingga menurunkan ketahanan karang terhadap tekanan lingkungan. Persentase kelangsungan hidup terumbu karang selama penelitian disajikan secara visual pada Gambar 4.



Gambar 5 Kelangsungan Hidup Karang Transplansi
Figure 5 Survival of Transplanted Corals

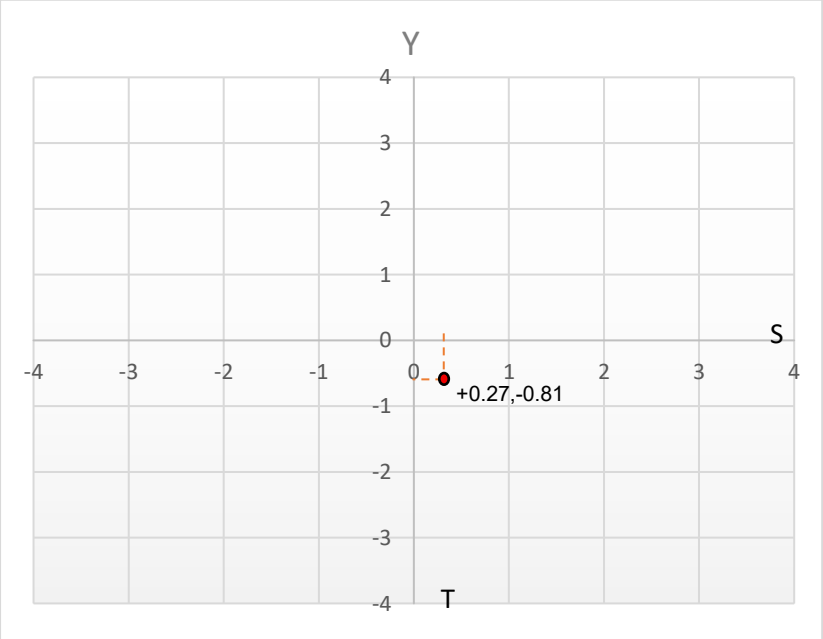
Data tingkat kelangsungan hidup terumbu karang pada media spider di Pulau Samalona menunjukkan penurunan signifikan dari 100% pada awal transplantasi (N0) menjadi 37,96% pada bulan ke-16 (N16), dengan tren penurunan bertahap mulai dari 72,04% (N3), 65,93% (N6), 62,59% (N9), hingga 61,11% (N12), mencerminkan tekanan lingkungan yang berkelanjutan terhadap viabilitas koloni karang. Penurunan ini mencerminkan akumulasi stres ekologis akibat faktor seperti peningkatan suhu laut, sedimentasi, predasi, dan gangguan antropogenik (Richmond, 1993; Hughes et al., 2003). Secara ekologis, kondisi awal yang "sangat baik" bergeser ke kategori "baik" pada N3 hingga N12, namun anjlok ke kondisi "sedang" atau "rusak" pada N16, yang menandakan kerusakan ekosistem yang serius. Hal ini menekankan pentingnya intervensi konservasi yang adaptif, seperti penguatan zona konservasi, pembatasan aktivitas wisata merusak, serta pengawasan dan monitoring jangka panjang untuk menghentikan penurunan dan mendorong pemulihan terumbu karang di perairan Pulau Samalona (Edwards & Gomez, 2007).

Faktor Penghambat Pertumbuhan Terumbu Karang

Parameter lingkungan perairan sangat memengaruhi kelangsungan hidup dan pertumbuhan karang transplantasi, sehingga penting untuk memahami kondisi perairan sebelum monitoring dilakukan. Penelitian menunjukkan adanya variasi nilai parameter yang berdampak pada pertumbuhan karang, seperti suhu dan salinitas. Karang tidak mampu bertahan hidup di bawah 18°C dan tumbuh optimal pada suhu 27–29°C, sementara suhu di lokasi penelitian mencapai 30°C, yang mendekati ambang stres dan

berpotensi menyebabkan pemutihan jika berlangsung lama (NOAA, 2025; Barnes *et al*., 1975; Hughes *et al*., 2018). Salinitas ideal bagi karang berkisar antara 30%–36%, dan hasil pengukuran menunjukkan nilai 32%–34%, masih dalam batas toleransi (Giyanto *et al*., 2023). Kecerahan juga berperan penting karena zooxanthellae, alga simbion karang, membutuhkan cahaya untuk fotosintesis, dan meskipun intensitas cahaya menurun di kedalaman, hasil pengukuran menunjukkan tingkat kecerahan yang masih mendukung fotosintesis. Selain itu, arus dan sirkulasi air berperan penting dalam suplai oksigen dan nutrisi serta mencegah endapan pasir atau lumpur yang dapat mengganggu fungsi fisiologis karang, dengan arus yang stabil dan tidak terlalu kuat dianggap ideal untuk menjaga keseimbangan ekosistem (Comeau *et al*., 2014; Reefs.com, 2015).

3.4 Analisis Strategi Pengelolaan Terumbu Kaang Pulau Samalona



Gambar 6 Kuadran SWOT

Figure 6 SWOT Quadrant

Berdasarkan hasil analisis SWOT, terlihat bahwa organisasi memiliki kekuatan internal yang lebih dominan, seperti dukungan pemerintah, partisipasi masyarakat, dan teknologi rehabilitasi yang efektif, meskipun nilai EFAS yang negatif mencerminkan adanya ancaman eksternal yang signifikan seperti perubahan iklim, praktik penangkapan merusak, limbah, dan lemahnya penegakan hukum. Meskipun secara matematis berada di Kuadran ST, fokus awal pada strategi WT mencerminkan kekhawatiran terhadap kelemahan di lapangan, namun strategi yang paling tepat adalah memanfaatkan kekuatan internal untuk menghadapi ancaman eksternal. Pendekatan defensif ini mencakup pemanfaatan kebijakan dan partisipasi masyarakat untuk memperkuat penegakan hukum, penggunaan teknologi rehabilitasi untuk memulihkan ekosistem

terdampak, serta edukasi dan kampanye berbasis ekowisata untuk mengurangi tekanan lingkungan sekaligus memperkuat daya tarik konservasi. Selain itu, membangun koalisi dengan pemangku kepentingan seperti pemerintah, aparat hukum, dan organisasi konservasi menjadi langkah penting untuk menghadapi tantangan secara kolektif dan memastikan keberlanjutan upaya perlindungan terumbu karang.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian jenis karang *Acropora* sp yang ditransplantasi dengan metode spider di Pulau Samalona dapat disimpulkan; 1) Rata-rata pertumbuhan mutlak karang selama 16 bulan adalah 12,78 cm 11,67 cm dan laju pertumbuhan sebesar 0,73 cm/bulan, sedangkan tingkat kelangsungan hidup sebesar 37,96 %. 2) Faktor-faktor penghambat pertumbuhan karang transplantasi Suhu perairan yang mencapai 31°C, melebihi batas optimal, parameter fisik kimia lain masih dalam batas toleransi pertumbuhan karang hanya faktor biologis seperti dominasi lumut dan alga, serta kehadiran predator alami, turut memberikan tekanan pada fragmen karang transplantasi. 3) Strategi pengelolaan terumbu karang di pulau Samalona: a) Strategi pengelolaan terumbu karang yang direkomendasikan adalah Diversifikasi Strategi artinya memadukan kekuatan dalam menghadapi ancaman untuk melakukan pengembangan dalam pengelolaan. b) Strategi pengelolaan terumbu karang memiliki strategi prioritas yakni (ST1, ST2, ST3).

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Abdul Rauf dan Hamsiah atas bimbingan dan dorongannya selama penelitian ini, sahabat CV. Udang Sehat yang senantiasa memberi motivasi serta kepada seluruh responden dan masyarakat pulau Samalona.

DAFTAR PUSTAKA

Barnes, D. J., Clausen, C. D., & Roth, L. S. (1975). *The effect of temperature on the growth rate of reef corals. Marine Biology, 33(3), 177–185.* https://doi.org/10.1007/BF00390589

Burke, L., K. Reytar, M. Spalding dan A. Perry. 2012. *Reefs at Risk Revisited in the Coral Triangle. World Resources Institute. Washington*

Cesar, H.J.S., L. Burke, and L. Pet-Soede. 2003. *The economics of worldwide coral reef degradation. Cesar Environmental Economics Consulting, Arnhem and WWF-Netherlands, Zeist, The Netherlands. 23p.*

Comeau, S., Edmunds, P. J., Lantz, C. A., & Carpenter, R. C. (2014). *Water flow modulates the response of coral reef communities to ocean acidification. Scientific Reports, 4, 6681. https://doi.org/10.1038/srep06681*

Dahuri, R. (2003) *Keanekaragaman Hayati Laut : Aset Pembangunan Berkelanjutan Indonesia.* Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.

Edwards, A.J. and Clark, S. (1999) *'Coral Transplantation: A Useful Management Tool or Misguided Meddling?', Marine Pollution Bulletin, 37(8–12), pp. 474–487.*

Edwards, A. J., & Gomez, E. D. (2007). *Reef restoration concepts and guidelines: Making sensible management choices in the face of uncertainty. Coral Reef Targeted Research & Capacity Building for Management* Program.

Giyanto, Madduppa, H. H., & Suharsono. (2023). *Coral disease prevalence and compromised health in the Sempu Islands, East Java, Indonesia. Biodiversitas Journal of Biological Diversity, 24(1), 206–214. https://doi.org/10.13057/biodiv/d240126*

Hadi, S., Nugroho, H. P., & Sari, D. R**.** (2017). *Pengaruh aktivitas manusia terhadap kondisi terumbu karang di Indonesia*. Jurnal Ekosistem Pesisir, 12(3), 123-137.

Hadi, T. A., Radjasa, O. K., & Riani, E. (2020). Pertumbuhan karang hasil transplantasi pada media rak besi dan beton di perairan Karimunjawa. Jurnal Ilmu Kelautan, 25(2), 89–96. https://doi.org/10.14710/jik.25.2.89-96

Hughes, T. P., et al. (2003). *Climate change, human impacts, and the resilience of coral reefs. Science, 301(5635), 929–933. https://doi.org/10.1126/science.1085046*

Hughes, T. P., Kerry, J. T., Álvarez-Noriega, M., Álvarez-Romero, J. G., Anderson, K. D., Baird, A. H.& Wilson, S. K. (2018). *Global warming and recurrent mass bleaching of corals. Nature, 543(7645), 373–377. https://doi.org/10.1038/nature21707.*

Kati, J. J., I. Suyatna dan M. Yasser. 2023. Laju Pertumbuhan Karang Dan Kelangsungan Hidup Karang Hasil Transplantasi Di Kawasan Perairan Resort Green Nirvana Kampung Payung-Payung. Jurnal Aquarine Vol. 10, no.1 : 1 – 9.

Kementerian Lingkungan Hidup (KLH). 2004. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No.51 Tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Laut. Lampira III : Baku Mutu Air Laut untuk Biota Laut. Jakarta.

Kusumawati, R., & Huang, H. W. (2014). *Community Participation In Marine Ecotourism Development And Management: A Case Study Of Lembongan Island, Bali, Indonesia. Ocean & Coastal Management*, 103, 11-24.

Latuconsina, H. (2016) Ekologi Perairan Tropis, Prinsip Dasar Pengelolaan Sumber Daya Hayati Perairan. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

NatureWeb. (2023). *Abiotic factors in coral reefs*. *Retrieved from* https://natureweb.co/abiotic-factors-in-coral-reefs/

NOAA Coral Reef Watch. (2025). *Coral reef temperature thresholds*. *National Oceanic and Atmospheric Administration*. *https://coralreefwatch.noaa.gov*

Noor, R, J., M. Isman., M. I. Lapong dan Fathuddin. 2024. Analisis Laju dan Kandungan Nutrien pada Sedimen di Instalasi Transplantasi Karang Metode Vertikal Pulau Samalona Kota Makassar. Jurnal Sumberdaya Akuatik Indopasifik, Vol. 8 No. 1 : 11 – 22.

Nurcahyani, L.P.A.D., Karang, I.W.G.A., & Widiastuti, W. 2018. Laju Pertumbuhan dan Tingkat Kelangsungan Hidup Transplantasi Karang Acropora secale di Pantai Serangan dan Pantai Geger, Bali. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*, 4(2): 297-303

Pratama, A. M., Yuliana, E., & Wibowo, K. (2021). Laju pertumbuhan karang Acropora hasil transplantasi di perairan tropis. Jurnal Segara, 17(1), 23–32. https://doi.org/10.15578/segara.v17i1.9452

Pratiwi, D.B., Ramses, R. and Efendi, Y. (2019) 'Perbedaan Laju Pertumbuhan Dan Tingkat Kelangsungan Hidup Karang Jenis Montipora tuberculosa Berasal Dari Induk Transplantasi Dengan Induk Dari Alam', *SIMBIOSA*, 8(1), p. 10.

Rahmaningruma , D. B., D. B. Wiyantoa dan I. G. N. P. Dirgayusa. 2024. Laju Pertumbuhan dan Tingkat Kelangsungan Hidup Karang Jenis A. formosa dan A. intermedia Menggunakan Metode Transplantasi Modul Rangka Spider di Perairan Pantai Lipah, Desa Bunutan, Kabupaten Karangasem, Bali. *Journal Of Marine Research And Technology* (JMRT), Volume 7 No 1 : 43-48

Rani, C., Tahir, A., Jompa, J., Faisal, A., Yusuf, S., Werorilangi, S., & Arniati. 2017. Keberhasilan Rehabilitasi Terumbu Karang Akibat Peristiwa Bleaching Tahun 2016 Dengan Teknik Transplantasi. Spermonde, 3(1):13–19. DOI: 10.20956/jiks.v3i1.2127

Rangkuti, F. (2016). Analisis SWOT Teknik Membedah Kasus Bisnis. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.

Rauf, A., (2004). Pemantauan Kondisi Karang Menggunakan Citra Satelit untuk Informasi Tingkat Kerusakan Terumbu Karang di Kepulauan Spermonde dalam kurung waktu Waktu 5 Tahun. Thesis Pascasarjana IPB.

Reefs.com. (2015). *Water flow is more important for corals*. Retrieved July 8, 2025, from *https://reefs.com/magazine/water-flow-is-more-important-for-corals/*

Richmond, R. H. (1993). *Coral reefs*: *Present problems and future concerns resulting from anthropogenic disturbance. American Zoologist*, 33(6), 524–536. https://doi.org/10.1093/icb/33.6.524

Rinkevich, B. (2005) '*Conservation of Coral Reefs through Active Restoration Measures: Recent Approaches and Last Decade Progress', Environmental Science & Technology*, 39(12), pp. 4333–4342.

Syahrul, S., Rahman, A., & Nur, M. (2024). Evaluasi kelangsungan hidup karang *Acropora sp*. pada media spider di Pulau Samalona. Skripsi Sarjana, Universitas Muslim Indonesia. Retrieved from *https://repository.umi.ac.id/6130/1/11231446255.pdf*