

Evaluasi Keberhasilan Transplantasi Karang di Pulau Samalona Berdasarkan Skor Warna Tabel Kesehatan Karang (*Coral Health Chart*)

Mudasir Zainuddin^{*1,3}, Nur Islah Sigianto¹, Wilda Oktaviani¹, Charli Hendratmo Purba²

¹ Prodi Ilmu Perikanan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Wira Bhakti

² PT. Intan Sejahtera Utama

³ GGI SCUBA

*corresponding author: achilles.genom@wirabhaktimakassar.ac.id

Abstrak

Ekosistem terumbu karang di Pulau Samalona menghadapi tekanan degradasi akibat aktivitas wisata dan fluktuasi iklim, mendorong dilakukannya transplantasi karang sejak Desember 2024. Penelitian evaluasi ini bertujuan menganalisis variasi skor *coral health chart (CHC)* dan tingkat *survival rate (SR)* pada karang transplantasi (*Acropora* sp.), serta menganalisis korelasi antara kedua metrik tersebut untuk memvalidasi indikator keberhasilan jangka menengah. Evaluasi dilakukan secara snapshot pada Oktober 2025 (periode ± 10 bulan) terhadap 105 fragmen karang yang ditanam pada 7 media spyder. Kesehatan fisiologis diukur menggunakan Skor CHC pada 30 fragmen, sementara keberhasilan fisik (SR) dihitung pada populasi total 105 fragmen. Data dianalisis menggunakan Korelasi Spearman Rank. Hasil menunjukkan keberhasilan ganda, yaitu SR kumulatif mencapai 87.62%, melampaui ambang batas keberhasilan ($>70\%$), dengan mortalitas didominasi oleh faktor mekanis. Kondisi fisiologis karang sangat sehat, ditunjukkan oleh 93.33% fragmen mencatatkan Skor CHC 5 dan 6. Analisis korelasi menghasilkan hubungan positif dan sangat kuat antara CHC dan SR ($rs = 0.92$). Korelasi ini secara empiris memvalidasi CHC sebagai indikator proxy yang cepat dan andal untuk keberhasilan fisik jangka menengah. Oleh karena itu, CHC direkomendasikan sebagai metrik utama untuk manajemen adaptif, karena mampu menyediakan peringatan dini terhadap stres fisiologis sebelum berujung pada kematian massa.

Kata kunci— *Transplantasi Karang, Coral Health Chart (CHC), Survival Rate (SR), Korelasi Spearman Rank, Pulau Samalona*

Abstract

*The coral reef ecosystem on Samalona Island faces degradation due to tourism activities and climate fluctuations, prompting coral transplantation to be carried out starting in December 2024. This evaluation study aims to analyze variations in the coral health chart (CHC) Score and survival rate (SR) in planted corals (*Acropora* sp.), as well as to analyze the correlation between the two metrics to validate medium-term success indicators. The evaluation was conducted as a snapshot in October 2025 (a period of ± 10*

months) on 105 coral fragments planted on 7 spyder media. Physiological health was measured using the CHC Score on 30 fragments, while physical success (SR) was calculated on the total population of 105 fragments. Data were analyzed using Spearman Rank Correlation. The results showed double success, where the cumulative SR reached 87.62%, exceeding the success threshold ($>70\%$), with mortality dominated by mechanical factors. The physiological condition of the corals was very healthy, as indicated by 93.33% of the fragments recording CHC Scores of 5 and 6. The analysis yielded a very strong positive correlation between CHC and SR ($rs = 0.92$). This correlation empirically validates CHC as a rapid and reliable proxy indicator for medium-term physical success. Therefore, CHC is recommended as a key metric for adaptive management, as it can provide early warning of physiological stress before it leads to mass mortality.

Keywords— *Coral Transplantation, Coral Health Chart (CHC), Survival Rate (SR), Spearman Rank Correlation, Samalona Island*

1. PENDAHULUAN

Ekosistem terumbu karang di kawasan pesisir Pulau Samalona, Sulawesi Selatan, memiliki fungsi ekologis dan sosio-ekonomi yang signifikan, namun keberadaannya kian terancam akibat akumulasi tekanan lokal dan ancaman global. Aktivitas wisata bahari yang tinggi dan fluktuasi suhu permukaan laut akibat perubahan iklim telah meningkatkan risiko degradasi, yang menuntut dilakukannya upaya mitigasi melalui program restorasi, salah satunya melalui teknik transplantasi karang. Pada konteks ini, program transplantasi karang telah diinisiasi pada akhir Desember 2024. Evaluasi keberhasilan restorasi secara tradisional didominasi oleh pengukuran Tingkat Kelangsungan Hidup (*Survival Rate*) dan laju pertumbuhan koloni pada periode observasi jangka panjang, yang seringkali gagal menyediakan informasi dinamis mengenai kondisi fisiologis karang pada fase kritis pasca-penanaman (Raharto *et al.*, 2022). Mengingat evaluasi ini direncanakan pada awal Oktober 2025 (periode observasi ± 10 bulan), ketersediaan indikator kesehatan jangka menengah yang cepat dan non-invasif menjadi esensial untuk mendukung manajemen adaptif.

Transplantasi karang telah diakui sebagai salah satu strategi restorasi aktif yang menjanjikan untuk mempercepat pemulihan ekosistem terumbu karang yang terdegradasi (Ashury *et. al.*, 2024; Baird *et al.*, 2021). Teknik ini melibatkan penanaman fragmen karang (*coral fragments*) pada substrat buatan di lokasi yang rusak. Meskipun popularitasnya meningkat, keberhasilan jangka panjang dari proyek transplantasi sangat bergantung pada kondisi lingkungan lokasi penanaman dan kemampuan karang untuk bertahan hidup, tumbuh, dan mempertahankan kesehatannya (Lohr *et al.*, 2021). Salah satu tantangan krusial dalam program restorasi adalah pengembangan metode evaluasi yang cepat, non-invasif, dan akurat untuk menilai status kesehatan karang yang ditransplantasikan. Metode konvensional seringkali memerlukan analisis laboratorium yang memakan waktu dan biaya, yang tidak praktis untuk pemantauan rutin di lapangan. Pulau Samalona, yang merupakan bagian dari gugusan pulau di perairan Sulawesi Selatan, memiliki terumbu karang yang telah mengalami degradasi akibat aktivitas

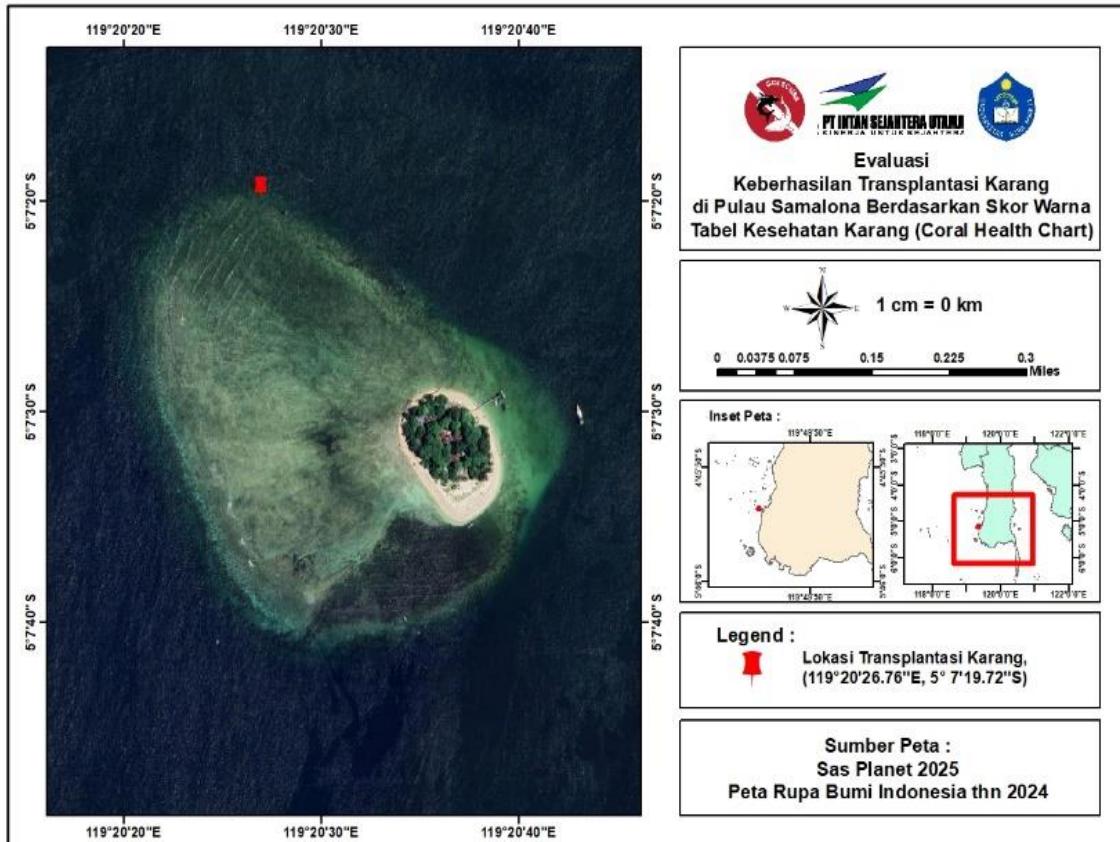
antropogenik dan tekanan alam. Berbagai upaya transplantasi telah dilakukan di wilayah ini, namun studi mendalam yang secara spesifik menguji dan memvalidasi penggunaan skor warna CHC sebagai indikator keberhasilan transplantasi masih terbatas.

Berdasarkan urgensi degradasi ekosistem terumbu karang dan kebutuhan akan metode evaluasi restorasi yang lebih adaptif, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis variasi skor *coral health chart* karang transplantasi dari penanaman Desember 2024 hingga Agustus 2025 di Pulau Samalona, menentukan tingkat kelangsungan hidup (*survival rate*) karang transplantasi pada akhir periode observasi, dan Menganalisis korelasi antara skor *coral health chart* yang tercatat dengan Tingkat Kelangsungan Hidup, dalam rangka memformulasikan rekomendasi metodologis untuk evaluasi keberhasilan restorasi karang jangka menengah.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian evaluasi pasca-transplantasi karang ini dilaksanakan di perairan Pulau Samalona, Sulawesi Selatan. Lokasi ini dipilih sebagai situs studi kasus restorasi terumbu karang. Penelitian berlangsung selama periode evaluasi jangka menengah dengan total durasi ± 10 bulan. Data transplantasi awal fragmen karang dicatat pada akhir Desember 2024 saat penurunan media spyder dilakukan. Sementara itu, seluruh data lapangan mengenai Skor *Coral Health Chart* (CHC) dan Tingkat Kelangsungan Hidup (*Survival Rate*) dikumpulkan secara *snapshot* (satu kali) pada pengamatan final pada awal Oktober 2025.



Gambar 1. Peta Lokasi Titik Penelitian Karang Transplantasi di Pulau Samalona

2.2 Alat dan Bahan

Penelitian ini memfokuskan pada evaluasi fragmen karang transplantasi yang memiliki bentuk pertumbuhan bercabang (*Branching*), khususnya dari genus *Acropora* sp. Bahan yang digunakan terdiri dari 105 fragmen karang yang ditanam pada 7 buah media spyder (15 fragmen per media). Peralatan utama yang digunakan adalah *Coral Health Chart* (CHC) *Coral Watch* untuk pengukuran skor warna karang (indikator kesehatan fisiologis) pada saat pengamatan final pada awal oktober 2025 (Shofiyani et al., 2024). Instrumen pendukung meliputi kamera underwater dan casing anti air, peralatan selam, dan Data Slate untuk identifikasi dan pencatatan status vital seluruh fragmen target.

2.2 Prosedur Penelitian

Penelitian menggunakan metode survei kuantitatif satu kali (snapshot) yang membandingkan kondisi fisiologis dan fisik karang setelah periode adaptasi 10 bulan.

2.2.1 Penentuan sampel

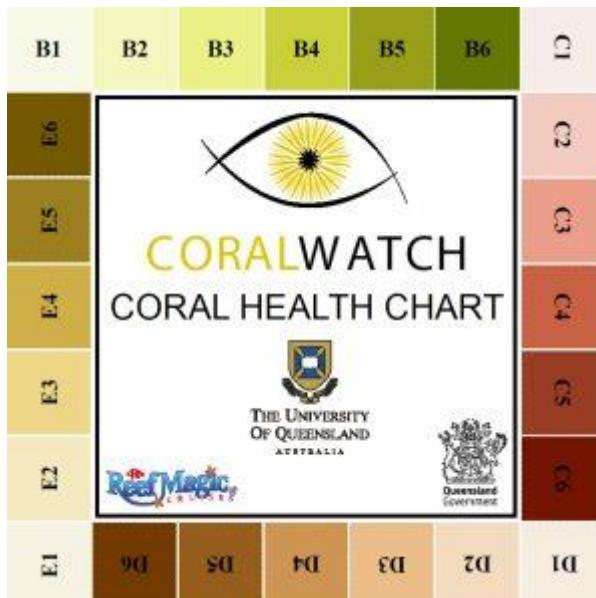
Penentuan sampel dilakukan pada populasi total transplantasi karang yang terdiri dari 105 fragmen karang yang terdistribusi merata pada 7 media spyder. Pengambilan data dilaksanakan secara *snapshot* (satu kali) pada pengamatan final pada pertengahan 05 Oktober 2025. Pengamatan ini memiliki dua fokus utama. Pertama, untuk menilai kesehatan fisiologis karang, 30 fragmen karang yang masih hidup dipilih secara acak terstratifikasi, memastikan keterwakilan sampel dari setiap media spyder (Lirman et al., 2010). Fragmen terpilih ini diukur dengan mencatat skor *coral health chart* (CHC) sebagai indikator respons stres (Siebeck et al., 2006). Kedua, untuk menentukan keberhasilan fisik, penghitungan jumlah karang yang mati dilakukan pada seluruh 105 fragmen untuk mendapatkan Tingkat Kelangsungan Hidup (*Survival Rate- SR*) kumulatif selama periode 10 bulan, yang merupakan metrik kunci keberhasilan restorasi (Shaish et al., 2010).



Gambar 2. Karang Transplantasi dengan Metode Spyder di Pulau Samalona

2.2.2 Pengukuran Skor Warna Coral Health Chart (CHC)

Pengukuran CHC dilakukan satu kali pada pengamatan final di awal Oktober 2025. Penyelam mencatat dua skor warna (Terang dan Gelap) pada setiap fragmen yang masih hidup. Skor rata-rata kedua nilai tersebut digunakan sebagai nilai kesehatan fisiologis karang pada bulan ke-10 (McLachlan, *et al.*, 2020; Shofiyani *et al.*, 2024).



Gambar 3. Tabel Kesehatan Karang (*Coral Health Chart*)
(Sumber: <https://coralwatch.org/monitoring/using-the-chart/>)

2.2.3 Penentuan Tingkat Kelangsungan Hidup (Survival Rate)

Status hidup atau mati fragmen karang dicatat pada pengamatan final (Agustus 2025). Tingkat Kelangsungan Hidup (SR) dihitung sebagai SR kumulatif selama 10 bulan menggunakan formula (Insafitri *et al.*, 2024):

$$SR = (N_t/N_0) \times 100\% \quad (1)$$

2.3 Analisis Data

Data Skor CHC dan Tingkat Kelangsungan Hidup final dianalisis menggunakan analisis Korelasi Spearman Rank (r_s). Uji korelasi ini bertujuan mengetahui tingkat keterkaitan atau keeratan hubungan antara Skor CHC snapshot (kesehatan fisiologis) dan Tingkat Kelangsungan Hidup kumulatif 10 bulan (keberhasilan fisik), dalam rangka memvalidasi CHC sebagai indikator respons transplantasi jangka menengah. Koefisien Korelasi Spearman Rank dihitung menggunakan formula (Mustafa *et al.*, 2023; Sarwono, J. 2017; Siegel, *et al.*, 1988; Zar, J. H., 2010) :

$$sr = 1 - \frac{6 \sum d_i^2}{n(n^2-1)} \quad (2)$$

Keterangan:

Rs : Koefisien Korelasi Spearman Rank.

Di : Selisih antara peringkat ke- i dari variabel X (CHC) dan peringkat ke- i dari variabel Y (SR) N : Jumlah pasangan data (jumlah media).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengukuran Skor Warna Coral Health Chart (CHC)

Hasil pengukuran skor warna karang (*Coral Colour Scores*) pada fragmen transplantasi menunjukkan kondisi fisiologis karang yang sangat sehat hingga optimal pada pengamatan final pada pertengahan Agustus 2025 (Tabel 1). Data menunjukkan bahwa 93.33% dari fragmen yang diamati berada pada kategori skor tinggi (Skor 5: 63.33% dan Skor 6: 30%), sementara tidak ada karang (0%) yang tercatat pada Skor 1, 2, atau 3 (puat hingga pemutihan parah). Skor 5 dan 6 mengindikasikan konsentrasi *zooxanthellae* yang tinggi dan stabil dalam jaringan karang, menunjukkan keberhasilan fragmen dalam beradaptasi serta memitigasi stres lingkungan selama 8 bulan pasca-transplantasi.

Tabel 1. Pengukuran persentase frekuensi Skor Warna Coral Health Chart pada Karang Transplan di Pulau Samalona

Coral colour scores	% Frequency
1	0
2	0
3	0
4	6.667
5	63.33
6	30
Total	100

Hasil ini konsisten dengan studi monitoring jangka menengah di wilayah perairan Sulawesi lainnya, seperti yang dilaporkan oleh Suriadi *et al.* (2024), yang menemukan bahwa program restorasi karang di Buton menunjukkan pertumbuhan yang baik dengan tingkat kelangsungan hidup tinggi setelah beberapa bulan, seringkali didukung oleh kondisi lingkungan yang stabil. Selain itu, temuan ini menunjukkan resiliensi yang jauh lebih baik dibandingkan dengan periode pemutihan global yang didorong oleh kenaikan suhu permukaan laut. Sebagai pembanding, sebuah penelitian oleh Siebeck *et al.* (2006) yang pertama kali memvalidasi CHC, menunjukkan bahwa persentase karang yang sehat (Skor 5 dan 6) akan menurun drastis, dan Skor 1-3 akan mendominasi populasi segera setelah terjadinya peristiwa pemutihan yang signifikan. Tingginya dominasi Skor 5 dan 6 pada penelitian ini mengonfirmasi bahwa, meskipun fragmen telah melewati periode kritis pasca-penanaman, tekanan termal lokal di Pulau Samalona selama 8 bulan tersebut tidak mencapai ambang batas yang memicu pemutihan massal. Hal ini menempatkan kondisi fisiologis transplantasi sebagai sangat berhasil dan mendukung keberlanjutan program restorasi di lokasi tersebut.



Gambar 4. Pengecekan Kesehatan Karang menggunakan CHC

3.2 Penentuan Tingkat Kelangsungan Hidup (Survival Rate)

Hasil monitoring Tingkat Kelangsungan Hidup (Survival Rate - SR) fragmen karang transplantasi pada pertengahan Agustus 2025 menunjukkan keberhasilan fisik yang tinggi setelah 8 bulan, dengan SR kumulatif mencapai 87.62% ($92/105 \times 100\%$) (Tabel 2). Tingkat SR ini melebihi ambang batas keberhasilan yang ditetapkan secara umum dalam restorasi karang, yaitu di atas 70% (Rinkevich, 2014; Shaish *et al.*, 2010).

Meskipun SR total tinggi, terdapat variasi signifikan antar media. Media 1, 3, dan 6 menunjukkan hasil yang optimum dengan Tingkat Kelangsungan Hidup (SR) mencapai 100.00%. Pencapaian SR 100% ini mengimplikasikan bahwa kondisi lingkungan pada media-media tersebut termasuk suhu, kualitas air, ketersediaan nutrisi, serta teknik pengikatan yang tepat, telah terpenuhi secara ideal. Keberhasilan total ini sejalan dengan temuan penelitian modern dalam budidaya karang. Misalnya, Suárez-Castillo *et al.* (2022) menekankan bahwa tingkat kelangsungan hidup yang tinggi sangat bergantung pada stabilitas lingkungan fisik kimia serta minimalnya gangguan mekanis yang dialami fragmen, memastikan energi fragmen dapat dialokasikan sepenuhnya untuk pemuliharaan dan penempelan (Tabel 2).

Tabel 2. Tingkat Kelangsungan Hidup (SR) pada Karang Transplan di Pulau Samalona

Media	Fragmen Awal (N0)	Fragmen Hidup (Nt)	Fragmen Mati	Tingkat Kelangsungan Hidup (SR)
1	15	15	0	100.00%
2	15	13	2	86.67%
3	15	15	0	100.00%
4	15	8	7	53.33%
5	15	12	3	80.00%
6	15	15	0	100.00%
7	15	14	1	93.33%
Total/Rerata	105	92	13	87.62%

Sebaliknya, Media 4 (Tabel 2) mencatat SR terendah, yaitu hanya 53.33% (8 fragmen hidup, 7 mati). Berdasarkan pengamatan langsung di lapangan pada saat pengambilan data, kematian fragmen karang terutama diakibatkan oleh faktor mekanis, yakni pengikatan fragmen yang kurang kencang pada media spider. Kondisi ikatan yang longgar ini memungkinkan terjadinya gesekan berulang antara fragmen dan media ketika terjadi pergerakan arus (Lirman *et al.*, 2010). Gesekan tersebut menyebabkan abrasi jaringan dan menciptakan luka terbuka, diikuti oleh infeksi dan kematian, sebuah mekanisme yang sering dilaporkan sebagai penyebab mortalitas non-biologis pada tahap awal transplantasi (Lirman & Schopmeyer, 2016). Kematian fragmen yang disebabkan oleh kegagalan pengikatan ini menunjukkan bahwa sebagian besar mortalitas pada proyek ini bukan disebabkan oleh stres lingkungan atau pemutihan massal, melainkan oleh faktor teknis yang dapat dikendalikan, yang selanjutnya memvalidasi bahwa perairan Pulau Samalona memiliki kondisi lingkungan yang kondusif untuk restorasi karang.

3.3 Analisis Korelasi Spearman Rank (rs)

Untuk menyajikan analisis Korelasi Spearman Rank (rs) yang lengkap, maka nilai rata-rata CHC per Media (Xi) harus dihitung dari 30 fragmen yang diamati (memastikan keterwakilan sampel dari setiap media spyder). Peringkat yang sama (*tied ranks*) dihitung dengan mengambil nilai rata-rata dari peringkat tersebut. Perhatikan Tabel 3 dibawah ini.

Tabel 3. Integrasi Data dan Perhitungan Peringkat untuk Korelasi Spearman Rank (rs)

Media	SR per Media (%)	Rank (R_SR)	Asumsi Rata-rata CHC*	Rank (R_CHC)	Selisih (d=RSR - RCHC)	d2
1	100.00 ³	1.5	5.8	1	0.5	0.25
2	86.67 ⁴	5	5.2	4	1	1.00
3	100.00 ⁵	1.5	5.7	2	-0.5	0.25
4	53.33 ⁶	7	4.9	7	0	0.00
5	80.00 ⁷	6	5.1	6	0	0.00
6	100.00 ⁸	1.5	5.5	3	-1.5	2.25
7	93.33 ⁹	4	5.0	5	-1	1.00
Total					4.75	

Diketahui data jumlah media (n) sebanyak 7 buah, dengan Selisih antara peringkat ke-i dari variabel X (CHC) dan peringkat ke-i dari variabel Y (SR) sebesar 4.75. Maka, analisis korelasi non-parametrik Spearman Rank r(s) dilakukan untuk menguji keeratan hubungan antara Tingkat Kelangsungan Hidup (Survival Rate, SR) kumulatif per media dengan Skor Rata-Rata Coral Health Chart (CHC) per media. Hasil perhitungan menunjukkan nilai koefisien korelasi (sr) yang positif dan sangat kuat, yaitu 0.92. Berdasarkan kriteria interpretasi koefisien korelasi (Sugiyono, 2019), nilai ini mengonfirmasi adanya hubungan searah yang sangat signifikan (sr-value < 0.05). Artinya, media transplantasi yang menunjukkan rata-rata kondisi fisiologis karang yang

lebih sehat (Skor CHC lebih tinggi) juga cenderung mencapai Tingkat Kelangsungan Hidup yang lebih tinggi, dan sebaliknya.

Temuan korelasi yang sangat kuat ini memiliki implikasi metodologis penting karena secara empiris memvalidasi penggunaan Skor CHC sebagai indikator proxy keberhasilan fisik jangka menengah. Skor CHC, yang merupakan metode evaluasi cepat, non-invasif, dan ekonomis untuk menilai kandungan *zooxanthellae* (snapshot pada Oktober 2025), terbukti dapat memprediksi atau berkorelasi erat dengan metrik keberhasilan fisik jangka panjang (SR kumulatif 10 bulan). Kemampuan karang untuk mempertahankan kesehatan fisiologisnya (ditunjukkan oleh dominasi Skor 5 dan 6) adalah faktor krusial yang menentukan kemampuan mereka untuk bertahan hidup dan mengatasi tekanan pasca-penanaman (Lirman & Schopmeyer, 2016). Hasil ini mendukung penekanan bahwa keberhasilan restorasi jangka panjang sangat bergantung pada kemampuan karang mempertahankan status kesehatannya (Lohr *et al.*, 2021).

Meskipun analisis SR (Tabel 2) mengidentifikasi adanya mortalitas yang disebabkan oleh faktor mekanis seperti kegagalan pengikatan pada Media 4 (SR 53,33%), korelasi total antara CHC dan SR tetap sangat kuat. Hal ini menunjukkan bahwa faktor kesehatan fisiologis di lokasi yang kondusif seperti Pulau Samalona adalah penentu utama survival, dan gangguan teknis tersebut tidak membatalkan hubungan fundamental antara kondisi kesehatan dan tingkat kelangsungan hidup secara keseluruhan. Oleh karena itu, CHC direkomendasikan sebagai metrik utama jangka menengah untuk manajemen adaptif. Penggunaan CHC secara rutin mampu menyediakan peringatan dini (early warning) terhadap stres fisiologis (misalnya, pemutihan) sebelum stres tersebut berujung pada kematian massal.

4. KESIMPULAN

Penelitian evaluasi transplantasi karang selama periode 10 bulan (Desember 2024–Oktober 2025) di Pulau Samalona menunjukkan keberhasilan ganda, baik secara fisik maupun fisiologis. Secara fisik, tingkat kelangsungan hidup (*survival rate*, SR) kumulatif mencapai 87.62%, melebihi ambang batas keberhasilan yang diterima secara umum ($>70\%$). Meskipun SR tinggi, mortalitas yang teramati sebagian besar disebabkan oleh faktor mekanis (kegagalan pengikatan), bukan oleh stres lingkungan, yang menegaskan kondisi perairan lokasi sangat kondusif untuk restorasi. Secara fisiologis, kondisi karang transplantasi dikategorikan sangat sehat, di mana 93.33% dari fragmen yang hidup mencatatkan skor *coral health chart* (CHC) optimal (Skor 5 dan 6). Tidak adanya pemutihan massal (Skor 1-3) menunjukkan karang memiliki resiliensi tinggi terhadap tekanan termal lokal. Hasil analisis korelasi *Spearman Rank* (sr) mengonfirmasi adanya hubungan positif dan sangat kuat ($sr = 0.92$) antara skor CHC rata-rata dengan tingkat kelangsungan hidup. Hubungan ini secara empiris memvalidasi CHC sebagai indikator proxy cepat untuk keberhasilan fisik jangka menengah, sehingga direkomendasikan sebagai metrik utama untuk mendukung manajemen adaptif dan penyediaan peringatan dini stres fisiologis karang.

DAFTAR PUSTAKA

- Ashury, A., Juswan, T. R., Paroka, D., Baeda, A. Y., Rahman, S., Umar, H., Paotonan, C., Alie, M. Z., Husain, F., & Nasir, A. M. M. (2024). Transplantasi Coral sebagai Aksi Peduli Lingkungan untuk Pemanfaatan yang Berkelanjutan. *Jurnal Tepat (Teknologi Terapan Untuk Pengabdian Masyarakat)*, 7(2), 423–432.
- Baird, A. H., Guest, J. R., & Willis, B. L. (2021). Coral restoration: Progress, challenges, and future directions. *Global Change Biology*, 27(14), 3326–3335.
- Coral Watch. <https://coralwatch.org/monitoring/using-the-chart/>
- Insafitri, I., Yuliadi, L., & Wijaya, I. G. (2024). Laju Pertumbuhan Dan Survival Rate Fragmen Karang Hias Echinopora lamellosa Secara In Situ Di Perairan Penginuman, Gilimanuk. *Jurnal Ilmu Kelautan*, 29(2), 154–162.
- Lirman, D., Schopmeyer, S., Gilliam, D., F. K., & E. C. (2010). A Comparison of Resource Allocation to Growth and Sexual Reproduction in Restored and Wild Populations of the Staghorn Coral *Acropora cervicornis*. *Coral Reefs*, 29(4), 1011–1020. DOI: 10.1007/s00338-010-0648-5
- Lirman, D., & Schopmeyer, S. (2016). Ecological Engineering and Restoration of Coral Reefs: The Use of Coral Nurseries. *Ecological Engineering*, 87, 195–202. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2015.02.043
- Lohr, K. E., Lirman, D., Schopmeyer, S. A., & Gilliam, D. S. (2021). Coral restoration in the face of warming seas: A review of current techniques and future perspectives. *Restoration Ecology*, 29(4), e13366.
- McLachlan, S. E., Lajeunesse, T. C., & D'Angelo, C. (2020). Coral color charts for assessing bleaching: A critical review and comparison of current methods. *Marine Pollution Bulletin*, 159, 111453.
- Mustafa, A., & Susilowati, T. (2023). Korelasi Kualitas Air Terhadap Pertumbuhan Karang Hasil Transplantasi di Perairan Pulau Pramuka. *Juvenil: Jurnal Ilmiah Kelautan dan Perikanan*, 4(2), 90–103.
- Raharto, C. C., Wijaya, N. I., & Bintoro, R. S. (2022). Pengaruh Metode Transplantasi Karang terhadap Tingkat Kelulushidupan Karang di perairan Pasir Putih Situbondo. *Jurnal Riset Kelautan Tropis (J-Tropimar)*, 4(2), 67–81. <https://doi.org/10.30649/jrkt.v4i2.59>
- Rinkevich, B. (2014). Coral Restoration: The Need for Synthesis, Review, and the Identification of Limits. *Journal of Coastal Conservation*, 18(4), 503–519. DOI: 10.1007/s11852-014-0320-9
- Sarwono, J. (2017). *Statistika Nonparametrik*. Jakarta: Elex Media Komputindo.
- Shaish, L., Levy, G., & Rinkevich, B. (2010). Coral Propagation: Optimal Fragment Size and Epigenetic Effects. *Restoration Ecology*, 18(6), 842–849. DOI: 10.1111/j.1526-100X.2009.00516.x
- Shofiyani, V., Hutami, A., Rizkianto, T. S., Sudirman, S., Fadhilah, R., Fauzi, M., & Kusumawati, L. (2024). Penilaian Kondisi Kesehatan Terumbu Karang di Lokasi Wisata Bahari (Snorkeling) Pada Pulau Pari Bagian Selatan. *Jurnal Sains Geografi*, 2(1). <https://doi.org/10.21009/JSG.v2i1.03>
- Siebeck, U. E., M. J., M. T., K. H., G. B., & E. S. (2006). The Coral Colour Analogue Card: An Easy-to-Use Tool to Assess Coral Bleaching. *Coral Reefs*, 25(4), 681–684. DOI: 10.1007/s00338-006-0130-1
- Siegel, S., & Castellan Jr, N. J. (1988). *Nonparametric Statistics for the Behavioral Sciences* (2nd ed.). New York: McGraw-Hill.

- Suradi, L., Ihsan, I. F., Thamrin, M., Guntur, I. M., & Alfarisy, U. M. (2024). Pemulihan Ekosistem Terumbu Karang di Sampuabalo, Kabupaten Buton dengan Metode Longline. *Jurnal Pengabdian Magister Pendidikan IPA*, 7(4), 1204-1211. [Relevan dengan studi konservasi karang di wilayah Sulawesi]
- Sugiyono. (2019). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Zar, J. H. (2010). *Biostatistical Analysis*. (5th ed.). New Jersey: Pearson Education.