COMMUNITY EMPOWERMENT
Vol.10 No.3 (2025) pp. 865-874
p-ISSN: 2614-4964 e-ISSN: 2621-4024

Restoration of coastal ecosystems: Enhancing community involvement in mangrove adoption in Mampie, West Sulawesi

Alexander Kurniawan Sariyanto Putera, Muh. Rizal Kurniawan Yunus, Isdaryanti, Musrifah Tahar, Muhammad Aslam
Universitas Sulawesi Barat, Majene, Indonesia

alexander_ksp@unsulbar.ac.id
https://doi.org/10.31603/ce.12833

Contributions to SDGs

Article History
Received: 16/12/24
Revised: 05/03/25
Accepted: 15/03/25

Abstract
Mampie Hamlet, West Sulawesi, is experiencing coastal abrasion, increasingly frequent tidal flooding, and water pollution that threaten the environment and community economy. Previous efforts, such as the installation of breakwaters, have not been effective in addressing these issues. The purpose of this community service is to increase community awareness and involvement in coastal conservation through a mangrove adoption system. The methods used include focus group discussions (FGDs) with stakeholders, participatory visual-based training, and mangrove planting and monitoring at two locations. A total of 445 mangrove seedlings were planted using an adoption system, involving the community, schools, and universities. Monitoring over three months showed that 87% of the mangroves survived at the first location, while the second location experienced higher losses due to waste and environmental disturbances. From these results, it can be concluded that the mangrove adoption system is effective in increasing community participation and planting success, although further support is needed in waste management and environmental awareness to maintain the achieved results.

Keywords: Coastal abrasion; Tidal flooding; Mangrove adoption

Pemulihan ekosistem pesisir: Peningkatan peran masyarakat dalam adopsi mangrove di Mampie, Sulawesi Barat

Abstrak
Dusun Mampie, Sulawesi Barat, mengalami abrasi pantai, banjir rob yang semakin sering, dan pencemaran air yang mengancam lingkungan dan ekonomi masyarakat. Upaya sebelumnya, seperti pemasangan pemecah ombak, belum efektif dalam mengatasi permasalahan ini. Tujuan pengabdian ini adalah meningkatkan kesadaran dan keterlibatan masyarakat dalam konservasi pesisir melalui sistem adopsi mangrove. Metode yang digunakan mencakup focus group discussion (FGD) dengan pemangku kepentingan, pelatihan partisipatif berbasis visual, serta penanaman dan pemantauan mangrove di dua lokasi. Sebanyak 445 bibit mangrove ditanam dengan sistem adopsi, yang melibatkan masyarakat, sekolah, dan universitas. Pemantauan selama tiga bulan menunjukkan bahwa 87% mangrove bertahan hidup di lokasi pertama, sementara lokasi kedua mengalami kehilangan yang lebih tinggi akibat sampah dan gangguan lingkungan. Dari hasil ini, dapat disimpulkan bahwa sistem adopsi mangrove efektif dalam meningkatkan partisipasi masyarakat dan keberhasilan penanaman, meskipun perlu dukungan lebih lanjut dalam pengelolaan sampah dan kesadaran lingkungan untuk mempertahankan hasil yang dicapai.

Kata Kunci: *Abrasi pantai; Banjir rob; Adopsi mangrove*

1. Pendahuluan

Dusun Mampie, yang terletak di kawasan pesisir Polewali Mandar, Sulawesi Barat, menghadapi tantangan serius terkait abrasi pantai, banjir rob, dan polusi. Abrasi pantai yang parah mengancam keberlanjutan ekosistem pesisir serta mata pencaharian masyarakat lokal (Amuthalakshmi, 2023; Inácio et al., 2022; Jaharudin et al., 2019; Rahimova, 2024; Sundar et al., 2022). Banjir rob yang semakin sering terjadi akibat perubahan iklim dan aktivitas manusia seperti penurunan permukaan tanah serta eksploitasi lahan pesisir, menambah kerentanan wilayah ini. Selain itu, kualitas air di kawasan ini sering terpengaruh oleh polutan yang masuk melalui aliran sungai maupun limpasan air permukaan dari kegiatan domestik dan pertanian.

Upaya penanggulangan yang selama ini diterapkan terbatas pada pemasangan batu pemecah ombak (Akarsh & Chaudhary, 2023; Saengsupavanich et al., 2022; Y. Xia, 2025). Namun, solusi ini terbukti belum efektif, terutama dalam mengatasi ancaman banjir rob. Keterbatasan ini disebabkan oleh karakteristik geografis wilayah Mampie yang secara keseluruhan berada di tepi laut, sehingga memerlukan solusi yang lebih komprehensif dan adaptif.

Menyadari keterbatasan solusi sebelumnya, penanaman mangrove di wilayah pesisir Mampie muncul sebagai solusi yang menjanjikan, murah, dan praktis untuk dikerjakan oleh masyarakat. Mengingat wilayah ini sebelumnya tidak memiliki ekosistem mangrove, introduksi tanaman ini menjadi langkah strategis. Ekosistem mangrove berfungsi sebagai benteng alami yang vital dalam melindungi pesisir dari kenaikan air laut dan gelombang ekstrem. Penelitian menunjukkan bahwa mangrove mampu menyerap energi gelombang lebih dari 50% (Samiksha et al., 2019), secara signifikan mengurangi risiko banjir rob. Selain itu, akar mangrove yang kokoh menstabilkan tanah pesisir dan mencegah erosi (Kazemi et al., 2021), yang seringkali memperparah dampak banjir rob. Lebih lanjut, mangrove berperan krusial dalam meningkatkan kualitas air dengan menyaring polutan dan sedimen sebelum mencapai laut (Marchand et al., 2012). Dengan kemampuannya beradaptasi terhadap perubahan iklim dan memberikan perlindungan multidimensi terhadap lingkungan pesisir, penanaman mangrove merupakan langkah mitigasi bencana yang mendesak dan perlindungan jangka panjang bagi masyarakat pesisir dari ancaman banjir rob.

Salah satu kendala utama dalam keberhasilan penanaman mangrove adalah kurangnya motivasi dan rasa kepemilikan dari masyarakat. Untuk mengatasi hal ini, pengabdian ini mengimplementasikan sistem adopsi mangrove (Gborie et al., 2016). Sistem ini dirancang untuk menarik minat dan partisipasi aktif dari warga setempat serta instansi pendidikan (kampus dan sekolah). Melalui sistem adopsi, setiap bibit mangrove yang ditanam akan "diadopsi" oleh individu atau kelompok yang memberikan nama mereka pada tanaman tersebut. Dengan demikian, tanggung jawab evaluasi dan pemantauan mangrove tidak hanya berada di tangan masyarakat Mampie, tetapi juga melibatkan para pengadopsi. Mekanisme ini diharapkan tidak hanya meningkatkan tingkat keberhasilan penanaman melalui perhatian yang lebih besar, tetapi juga meningkatkan kesadaran dan pengetahuan para pengadopsi mengenai pentingnya ekosistem mangrove.

Tujuan utama dari kegiatan pengabdian ini adalah meningkatkan kesadaran dan keterlibatan masyarakat serta berbagai pihak dalam upaya konservasi pesisir Dusun

Mampie melalui implementasi sistem adopsi mangrove. Diharapkan, pendekatan ini dapat menjadi model partisipatif yang efektif dalam restorasi ekosistem pesisir di wilayah-wilayah rentan lainnya.

2. Metode

Kegiatan ini berlangsung pada 10 Juli 2024 hingga 14 Oktober 2024, bertempat di pantai di pesisir Rumah Sahabat Penyu, Dusun Mampie, Desa Galeso, Kecamatan Wonomulyo, Kabupaten Polewali Mandar, Provinsi Sulawesi Barat. Metode pelaksanaan kegiatan pengabdian dilakukan secara bertahap yang terdiri atas tiga tahap utama, yaitu:

2.1. Tahap persiapan

Tahap ini mencakup berbagai kegiatan awal yang diperlukan sebelum pelaksanaan program, yaitu: (a) pengurusan izin dan pendataan kelompok mitra, (b) *focus group discussion* (FGD) dengan aparat desa, masyarakat mitra, dan tim pengusul untuk menjelaskan gambaran umum kegiatan, tujuan, jadwal, dan penunjukan ketua kelompok, dan (c) persiapan alat dan bahan yang diperlukan untuk pelatihan dan pendampingan.

2.2. Tahap pelaksanaan

Pada tahap ini, dilaksanakan beberapa kegiatan. *Pertama*, pelatihan berbasis visual partisipatif kepada masyarakat. *Kedua*, pengenalan alat dan bahan untuk penanaman mangrove serta demonstrasi fungsinya. *Ketiga*, demonstrasi prosedur penanaman, sistem adopsi mangrove (penandaan mangrove dengan nama pengadopsi dan kode QR berisi informasi monitoring), serta pemantauan awal. *Keempat*, praktik langsung penanaman mangrove oleh masyarakat. *Kelima*, pembuatan media mangrove untuk mendukung pertumbuhan tanaman. *Keenam*, pelaksanaan penanaman mangrove oleh mitra dan tim pengusul.

2.3. Tahap evaluasi dan pemantauan

Untuk mengukur keberhasilan program, kegiatan evaluasi dan pemantauan dilakukan sebagai berikut:

a. Pemantauan pertumbuhan mangrove setiap bulan oleh mitra dan tim, yang dilakukan pada bulan Agustus, September, dan Oktober 2024.
b. Evaluasi dampak kegiatan terhadap kondisi lingkungan dan tingkat partisipasi masyarakat.
c. Tindak lanjut untuk peningkatan efektivitas program di masa mendatang.
d. Pengukuran survei kepuasan menggunakan skala Likert.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Penanaman mangrove

Kegiatan diawali dengan *focus group discussion* (FGD) bersama aparat desa, mitra, dan tim untuk menyepakati persiapan alat dan bahan yang akan digunakan dalam pelatihan serta pendampingan sebelum pelaksanaan penanaman mangrove. Pelatihan dan pendampingan ini berbasis visual partisipatif dengan mengumpulkan warga Dusun Mampie di depan Rumah Penyu milik mitra yaitu Sahabat Penyu (Gambar 1). Sebagian besar peserta merupakan oleh ibu-ibu Dusun Mampie. Selama pelatihan dan

pendampingan tersebut, pengenalan alat seperti bambu ajir, tali rafia, label nama-nama adopter mangrove, dan media mangrove didemonstrasikan serta dijelaskan fungsinya masing-masing.

Gambar 1. Pelatihan dan pendampingan penanaman mangrove kepada warga

Setelah semua peserta telah memahami konsep dan cara penggunaannya, praktik penanaman mangrove langsung dilaksanakan oleh masyarakat (Mulloy et al., 2025; Shao et al., 2025). Penanaman mangrove berhasil dilaksanakan di dua lokasi yang telah disepakati bersama. Lokasi nomor 1 dengan data koordinat garis lintang -3.45499911598269 dan garis bujur 119.277706383945 berada di arah timur dari Pantai Mampie, sedangkan lokasi nomor 2 dengan data koordinat garis lintang -3.4549372517128063 dan garis bujur 119.27226671687407 berada di arah barat dari Pantai Mampie. Masing-masing lokasi terdapat 390 mangrove di lokasi nomor 1 dan 55 mangrove di lokasi nomor 2. Semua peserta sangat antusias dan saling bekerja sama untuk menanam mangrove (Gambar 2) dengan sistem berjarak 0,5 meter antar individu mangrove yang ditanam secara paralel saling bersilang (Phong et al., 2017; Thivakaran, 2017; Van Bijsterveldt et al., 2022).

Gambar 2. Penanaman adopsi mangrove oleh warga Dusun Mampie dan sukarelawan

3.2. Monitoring mangrove

Setelah melakukan penanaman, dilaksanakan pemantauan/monitoring mangrove setiap bulan dari bulan Agustus hingga Oktober 2024 (Gambar 3). Hasil monitoring menunjukkan bahwa terjadi pengurangan jumlah mangrove yang bertahan hidup.

Gambar 3. Monitoring mangrove yang telah ditanam pasca penanaman mangrove

Pada Tabel 1, jumlah mangrove berkurang sedikit namun bertahap terjadi pada lokasi nomor 1. Sebaliknya, lokasi nomor 2 menunjukkan kehilangan mangrove yang bertahan hidup. Hal ini bisa disebabkan oleh faktor eksternal seperti batang pohon berukuran besar dan sampah plastik yang terbawa arus dari laut menuju Pantai Mampie (Gambar 4). Batang pohon besar ini telah menumbangkan sebagian besar mangrove yang telah ditanam. Sampah plastik telah menghambat pertumbuhan tanaman mangrove sehingga mangrove tidak bisa tumbuh optimal dan mudah mati. Akram et al. (2022) menjelaskan bahwa salah satu faktor penyebabnya adalah kurangnya perhatian terhadap lingkungan pesisir. Nguyen et al. (2024) juga mendukung bahwa penyebab lainnya masih terdapat beberapa warga lokal yang memiliki pemahaman dan kesadaran rendah mengenai fungsi ekologi. Masih dijumpai sampah-sampah seperti batang pohon besar yang tidak diambil dan diangkut keluar dari lokasi penanaman mangrove dan juga sampah-sampah plastik.

Tabel 1. Progres program adopsi mangrove sejak penanaman hingga monitoring

Lokasi No.	Jumlah mangrove ditanam	Jumlah mangrove bertahan hidup		
	Juli 2024	Agustus 2024	September 2024	Oktober 2024
1	390	351	302	260
2	55	11	0	0

Gambar 4. Batang pohon berukuran besar dan sampah plastik yang terbawa arus dari lautan sebagai penyebab mangrove gagal bertahan hidup

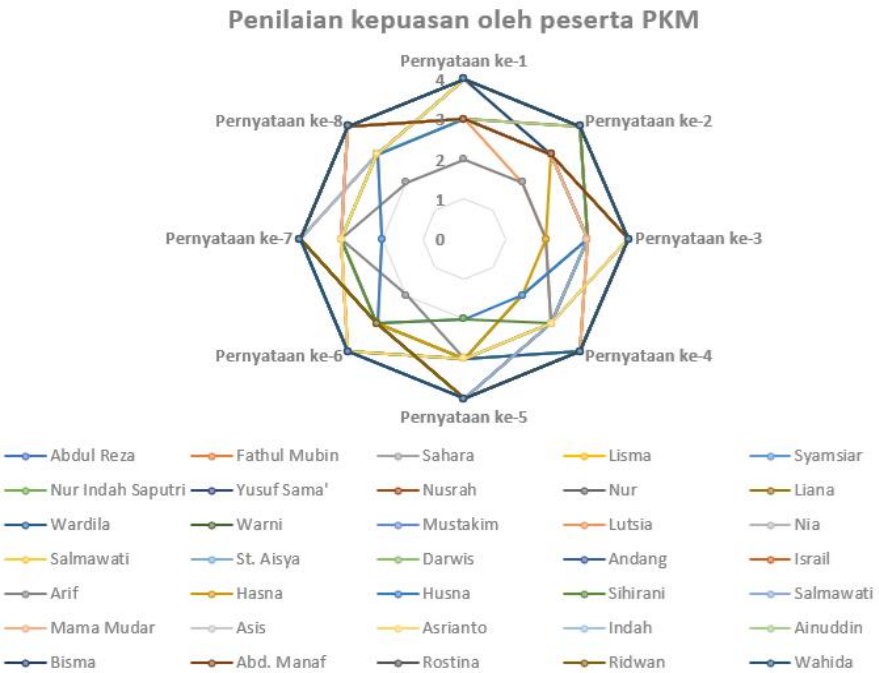
Tabel 2. Persentase skor penilaian kepuasan peserta selama PKM berlangsung

No	Jumlah skor per pernyataan	Jumlah skor yang diharapkan	Persentase Skor	Pernyataan
1	119	140	85%	Mitra/peserta **sangat setuju** materi PKM sesuai dengan kebutuhan mitra/peserta
2	120	140	86%	Mitra/peserta **sangat setuju** kegiatan PKM yang dilaksanakan sesuai harapan mitra
3	121	140	86%	Mitra/peserta **sangat setuju** metode atau cara penyampaian materi naarasumber dalam kegiatan PKM menarik, jelas, dan mudah dipahami
4	122	140	87%	Mitra/peserta **sangat setuju** anggota PKM yang terlibat memberikan pelayanan sesuai dengan kebutuhan mitra/peserta
5	124	140	89%	Mitra/peserta **sangat setuju** setiap keluhan/pertanyaan/permasalahan yang diajukan ditindaklanjuti dengan baik oleh narasumber/anggota PKM yang terlibat
6	124	140	89%	Mitra/peserta **sangat setuju** mendapatkan kebermanfaatan secara langsung dari kegiatan PKM yang dilaksanakan
7	125	140	89%	Mitra/peserta **sangat setuju** kegiatan PKM yang telah dilaksanakan dapat dilanjutkan oleh mitra
8	129	140	92%	Mitra/peserta **sangat setuju** merasa puas terhadap pelaksanaan PKM

Meskipun terdapat temuan-temuan sampah tersebut, masyarakat Dusun Mampie terbantu sekali dengan kegiatan program adopsi mangrove ini. Hal ini didukung oleh penilaian kepuasan dari peserta penanaman adopsi mangrove (Gambar 5). Pernyataan-pernyataan yang mengukur kepuasan warga Dusun Mampie dan juga peserta program adopsi mangrove menunjukkan kepuasan tinggi pada skala 3 dan 4 dari dimulai skala paling rendah yaitu 1 (kurang setuju), 2 (cukup setuju), 3 (setuju), dan 4 (sangat setuju). Masing-masing skala ini menunjukkan persetujuan yang sangat tinggi terkait kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini (Tabel 2). Persentase berada di kisaran 85% hingga 90% lebih yang menunjukkan kepuasan tinggi oleh para peserta program Adopsi Mangrove.

Kepuasan yang tinggi ini didukung oleh pernyataan menurut Duryat et al. (2022) yang menunjukkan bahwa pemahaman yang benar tentang pengetahuan yang berhubungan dengan mangrove akan dapat mengubah pola pikir masyarakat dari semula tidak memperhatikan mangrove menjadi peningkatan perhatian mangrove melalui konservasi mangrove. Kepuasan ini juga menunjukkan adanya keberhasilan sosialisasi penanaman mangrove kepada masyarakat. Menurut Izzudin et al. (2024), pendekatan sosialisasi penanaman mangrove ini merupakan suatu kolaborasi yang tepat dalam upaya melestarikan dan menjaga keberlanjutan ekosistem mangrove di kawasan pesisir. Pelestarian mangrove ini tidak hanya memberikan kepuasan bagi masyarakat setempat saja, namun juga berdampak positif pada lingkungan. Menurut Hartini et al. (2023), masyarakat yang memiliki pemahaman meningkat tentang kelestarian mangrove

tersebut dapat mengenali potensi ekowisata pada ekosistem mangrove yang tentunya dapat mendukung perkembangan ekonomi di wilayahnya.



Gambar 5. Grafik radar penilaian kepuasan penanam dan adopter selama kegiatan pengabdian program adopsi mangrove

Tentunya, hal temuan sampah-sampah ini menjadi bahan evaluasi bersama karena masih terdapat minim kesadaran beberapa oknum yang tinggal di sekitar Pantai Mampie. Evaluasi yang dapat dilakukan di masa mendatang adalah pelatihan pembiasaan perilaku sehari-hari dalam membersihkan sampah-sampah baik organik/ *home composting* (Barrena & Sanchez, 2022; Garcia et al., 2023) seperti batang pohon besar maupun non-organik seperti plastik (Çolakoğlu & Uyanik, 2024; Kjaer & Joly, 2025; Restrepo et al., 2024; Thran et al., 2024) dan selanjutnya pendampingan membuang ke tempat yang lebih layak (Bulati et al., 2025; Escario et al., 2022; B. Xia et al., 2020) untuk mengumpulkan sampah-sampah tersebut. Terlepas dari kesalahan beberapa oknum, diharapkan secara penuh kepada pemerintah Kabupaten Polewali Mandar mengingat Mampie ini merupakan salah satu kawasan yang juga menjadi destinasi wisata ekosistem mangrove dan pesisir yang sudah cukup terkenal di Indonesia dibandingkan lokasi-lokasi lainnya. Dengan demikian, diharapkan sinergisitas antara pemerintah kabupaten setempat, mitra, warga masyarakat dan lingkungan akademisi saling bahu-membahu menjaga ekosistem mangrove yang ada di Dusun Mampie.

4. Kesimpulan

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat (PKM) telah berhasil meningkatkan pemahaman dan kesadaran sebagian besar warga Dusun Mampie dan peserta di luar Dusun Mampie sekaligus adopter mangrove. Terutama kaum ibu-ibu yang sangat antusias menanam mangrove dan memperoleh pengetahuan serta informasi terkini pada monitoring kegiatannya. Meskipun masih terdapat beberapa oknum yang tidak terlibat dikarenakan oknum tersebut masih memiliki kekurangan pengetahuan dan

kesadarannya akan kebersihan lingkungan ekosistem mangrove dan pesisir di Pantai Mampie, maka diharapkan kedepannya ada pelatihan mengenal dan mendamping warga Dusun Mampie yang belum pernah terlibat pada program kegiatan PKM ini. Dengan demikian, harapan bersama yang dikerjakan bersama-sama untuk melestarikan ekosistem mangrove dan pesisir dapat terwujud di masa mendatang, tentunya didukung juga oleh pemerintah Kabupaten Polewali Mandar terhadap keindahan dan pelestarian ekosistem mangrove dan pesisir di Pantai Mampie.

Kontribusi Penulis

Pelaksana kegiatan: AKSP, MRKY, Isd, MT, MA; Penyiapan artikel: AKSP, Isd; Analisis dampak pengabdian: AKSP, MRKY; Penyajian hasil pengabdian: MT, MA; Revisi artikel: AKSP, MRKY, Isd.

Konflik Kepentingan

Seluruh penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan finansial atau non-finansial yang terkait dengan artikel ini.

Pendanaan

Kegiatan dan Publikasi artikel dibiayai oleh DIPA Universitas Sulawesi Barat tahun 2024.

Daftar Pustaka

Akarsh, P. K., & Chaudhary, B. (2023). Review of Literature on Design of Rubble Mound Breakwaters. *Lecture Notes in Civil Engineering*, *256*, 775–796. https://doi.org/10.1007/978-981-19-1862-9_50

Akram, R., Munawir, Muttaqin, K., & Amri, Y. (2022). Penerapan Sistem Monitoring Kualitas Air Kolam Ikan Berbasis Microbubbles dan IoT Pada UKM "Ingin Maju." *Amma: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, *1*(07), 928–933.

Amuthalakshmi, P. (2023). Effects of coastal erosion due to climate change on fishermen communities in Tamil Nadu. *Disaster Advances*, *16*(3), 68–74.

Barrena, R., & Sanchez, A. (2022). Home Composting: A Review of Scientific Advances. *Proceedings of The 1st International Electronic Conference on Processes: Processes System Innovation*, *19*(1), 35. https://doi.org/10.3390/ECP2022-12625

Bulati, A., Zhan, L., Xu, Z., & Yang, K. (2025). Obtaining the value of waste polyethylene mulch film through pretreatment and recycling technology in China. *Waste Management*, *197*, 35–49. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2025.02.029

Çolakoğlu, E. B., & Uyanik, I. (2024). Plastic waste management in recycling facilities: Intentionally generated MPs as an emerging contaminant. *Waste Management*, *181*, 79–88. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2024.04.005

Duryat, Qurniati, R., Heryandi, Tsani, M. K., Surnayanti, & Anesa, D. (2022). Counseling to increase public awareness of mangrove forest. *Community Empowerment*, *7*(2), 230–237. https://doi.org/10.31603/ce.5997

Escario, J.-J., Rodriguez-Sancher, C., & Casalo, L. V. (2022). The influence of environmental attitudes and perceiving effectiveness on recycling, reducing, and reusing packaging materials in Sapaj. *Waste Management*, *113*, 251–260. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.05.043

Garcia, J. C., Albizzati, P. F., Giavini, M., Caro, D., Manfredi, S., & Tonini, D. (2023). Management practices for compostable plastic packaging waste: Impacts, challenges and recommendations. *SSRN Electronic Journal*, *170*, 166–176. https://doi.org/10.2139/ssrn.4369517

Gborie, M., Mahmood, N. A., Kanu, A. S., Jenkins, F. B., & Kargbo, H. M. S. (2016). The status of the adoption of mangrove swamp rice varieties in Sierra Leone. *Asian Journal of Agriculture and Rural Development*, *6*(8), 152–162. https://doi.org/10.18488/journal.1005/2016.6.8/1005.8.152.162

Hartini, Haiba, A. T., Erwin, Yogi, Safitri, F. D., Munawwaroh, G. A., Sudrajat, M. D., Putri, R. N., Purwadinata, F., Milla, M., Jales, W. W., Said, P. R., & Simbolon, M. E. M. (2023). Environmental preservation through post-tin mining land reclamation in Sukamandi Village, East Belitung. *Community Empowerment*, *8*(9), 1467–1472. https://doi.org/10.31603/ce.10332

Inácio, M., Karnauskaitė, D., Mikša, K., Gomes, E., Kalinauskas, M., & Pereira, P. (2022). Nature-Based Solutions to Mitigate Coastal Floods and Associated Socioecological Impacts. In *Handbook of Environmental Chemistry* (Vol. 107, pp. 35–58). https://doi.org/10.1007/698_2020_675

Izzudin, M., Rendana, M., Jati, S. N., Lamato, R., & Tamsyah, I. (2024). Socialization of mangrove planting among coastal communities: A collaborative approach for conservation and ecosystem sustainability. *Community Empowerment*, *9*(9), 1291–1299. https://doi.org/10.31603/ce.11267

Jaharudin, P., Kamarul, M. D., Abu, T. J., Haslina, M., & Pravinassh, R. (2019). Impact of coastal erosion on local community: Lifestyle and identity. *Disaster Advances*, *12*(2), 19–27.

Kazemi, A., Castillo, L., & Curet, O. M. (2021). Mangrove roots model suggest an optimal porosity to prevent erosion. *Scientific Reports*, *11*, 9969. https://doi.org/10.1038/s41598-021-88119-5

Kjaer, F. D., & Joly, F.-X. (2025). Biodegradable waste does not always degrade faster than plastic. *Waste Management*, *191*, 117–122. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2024.11.012

Marchand, C., Fernandez, J.-M., Moreton, B., Landi, L., Lallier-Verges, E., & Baltzer, F. (2012). The partitioning of transitional metals (Fe, Mn, Ni, Cr) in mangrove sediments downstream of a ferralitized ultramafic watershed (New Caledonia). *Chemical Geology*, *300–301*, 70–80. https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2012.01.018

Mulloy, R., Aiken, C. M., Dwane, G., Ellis, M., & Jackson, E. L. (2025). Scalable mangrove rehabilitation: Roots of success for Rhizophora stylosa establishment. *Ecological Engineering*, *212*, 107521. https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2025.107521

Nguyen, T. T., Nguyen, A. N. T., & Prabhakar, S. V. R. K. (2024). Assessment of climate change related loss and damage on mangrove ecosystem: a case study in Ca Mau, Vietnam. *Journal of Coastal Conservation*, *28*(47). https://doi.org/10.1007/s11852-024-01037-2

Phong, N. T., Luom, T. T., & Parnell, K. E. (2017). Mangrove transplantation in Brebes Regency, Indonesia: Lessons and recommendations. *Ocean & Coastal Management*, *149*, 12–21. https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2017.09.006

Rahimova, G. (2024). Climate change and coastal erosion: Examining natural processes and human influences. *E3S Web of Conferences*, *587*. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202458704006

Restrepo, A. R., Nino, B. N. L., Martinez, E. C., & Garcia, C. R. (2024). Chromoproduct approach to achieve environmentally sound management of e-waste plastics: Colombian project case. *Waste Management*, *179*, 192–204. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2024.02.049

Saengsupavanich, C., Ariffin, E. H., Yun, L. S., & Pereira, D. A. (2022). Environmental impact of submerged and emerged breakwaters. *Heliyon*, *8*(12). https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e12626

Samiksha, S. V, Vethamony, P., Bhaskaran, P. K., Pednekar, P., Jishad, M., & James, R. A. (2019). Attenuation of Wave Energy Due To Mangrove Vegetation off Mumbai, India. *Energies*, *12*(22), 1–16. https://doi.org/10.3390/en12224286

Shao, O., Li, Y., Gu, W., Zhang, R., Tang, Y., Xu, H., Shou, L., Zeng, J., & Liao, Y. (2025). Assessment of macrobenthos in evaluating the restoration effects of artificial mangrove planting on tidal flats in Zhejiang, China. *Marine Environmental Research*, *204*, 106930. https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2024.106930

Sundar, V., Sannasiraj, S. A., & Babu, S. R. (2022). Sustainable hard and soft measures for coastal protection–Case studies along the Indian Coast. *Marine Georesources and Geotechnology*, *40*(5), 600–615. https://doi.org/10.1080/1064119X.2021.1920650

Thivakaran, G. A. (2017). *Mangrove Restoration: an overview of coastal afforestation in India BT - Wetland Science* (B. Prusty, R. Chandra, & P. Azeez (eds.)). Springer.

Thran, J., Garcia-Garcia, G., Parra-Lopez, C., Ufarte, A., Garcia-Garcia, C., Parra, S., & Sayadi-Gmada, S. (2024). Environmental and economic assessment of biodegradable and compostable alternatives for plastic material in greenhouses. *Waste Management*, *175*, 92–100. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2023.12.049

Van Bijsterveldt, C. E. J., Debrot, A. O., Bouma, T. J., Maulana, M. B., Pribadi, R., Schop, J., Tonneijck, F. H., & Van Wesenbeeck, B. K. (2022). To Plant or Not to Plant: When can Planting Facilitate Mangrove Restoration? *Frontiers in Environmental Science*, *9*, 690011. https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.690011

Xia, B., Ding, T., & Xiao, J. (2020). Life cycle assessment of concrete structures with reuse and recycling strategies: A novel framework and case study. *Waste Management*, *105*, 268–278. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.02.015

Xia, Y. (2025). Multifunctional integration of breakwaters: taking ecological protection and restoration as an example. *E3S Web of Conferences*, *606*. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202560605006

This work is licensed under a Creative Commons Attribution Non-Commercial 4.0 International License