e-ISSN 2621-4113
p-ISSN 2615-8353

Narrative Literature Review: Inovasi Teknik Rehabilitasi Ekosistem Mangrove di Indonesia, Efektivitas dan Tantangan

(Narrative Literature Review: Innovation in Mangrove Ecosystem Rehabilitation Techniques in Indonesia, Effectiveness and Challenges)

Doani Anggi Safira[1*], Khozanah Syifa[2], Tsamarah Nur Rahmah[3]

[1]Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Jambi, Kampus Pinang Masak, Universitas Jambi, Jl. Raya Jambi-Muara Bulian KM 12, Mendalo Darat

[2]Politeknik Pertanian Negeri Kupang, Jl. Prof. Dr. Herman Johanes Lasiana, Kec. Kelapa Lima, Kota Kupang, Nusa Tenggara Timur 85011

[3]Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Teuku Umar, Jl. Alue Peunyareng, Desa Ujong Tanoh Darat, Kec. Meureubo, Aceh Barat, 23681

**Corresponding author: doani2402@unja.ac.id*

ABSTRACT

Indonesia holds approximately 23% of the world's total mangrove area, making it the country with the largest mangrove extent globally. However, intensive conversion for aquaculture, agriculture, and coastal infrastructure development has resulted in substantial mangrove degradation, with an estimated loss of over 40% of the original mangrove cover over the past five decades. This literature review aims to compile, analyze, and synthesize mangrove rehabilitation techniques implemented across Indonesia from 2020 to 2025. The study applied a Narrative Literature Review (NLR) method using secondary literature indexed in Google Scholar. Results indicate that mangrove rehabilitation in Indonesia encompasses five principal approaches: (1) direct propagule and seedling planting, (2) transplantation techniques, (3) silvofishery-based rehabilitation, (4) permeable structure and bioengineering approaches, and (5) community-based participatory rehabilitation. Successful rehabilitation is contingent on appropriate site selection, hydrological assessment, species-site matching, and sustained post-planting monitoring. The integration of permeable structures to restore hydrological conditions in severely degraded sites has demonstrated promising outcomes, particularly in areas experiencing high wave energy. Community-based approaches showed higher long-term sustainability compared to top-down government programs. Key challenges include high seedling mortality on degraded mudflats, inadequate monitoring protocols, limited financial continuity, and insufficient community capacity building. Future programs should integrate ecological engineering with socio-economic dimensions and employ remote sensing and drone technologies for large-scale monitoring to ensure the long-term success of mangrove ecosystem recovery.

Keywords: *community-based rehabilitation, Indonesia, mangrove, permeable structure, silvofishery*

ABSTRAK

Indonesia memiliki sekitar 23% dari total luasan mangrove dunia, menjadikannya negara dengan kawasan mangrove terluas di dunia. Namun, konversi intensif untuk tambak, pertanian, dan pembangunan infrastruktur pesisir telah mengakibatkan degradasi mangrove yang signifikan, dengan estimasi kehilangan lebih dari 40% tutupan mangrove asli dalam lima dekade terakhir.

e-ISSN 2621-4113
p-ISSN 2615-8353

Literature review ini bertujuan untuk mengompilasi, menganalisis, dan menyintesis teknik rehabilitasi mangrove yang telah dilakukan di Indonesia dari tahun 2020 hingga 2025. Penelitian ini menggunakan metode Narrative Literature Review (NLR) dengan sumber literatur sekunder yang terindeks di Google Scholar. Hasil kajian menunjukkan bahwa rehabilitasi mangrove di Indonesia mencakup lima pendekatan utama: (1) penanaman langsung propagul dan bibit, (2) teknik transplantasi, (3) rehabilitasi berbasis silvofishery, (4) pendekatan struktur permeabel dan bioengineering, serta (5) rehabilitasi partisipatif berbasis masyarakat. Keberhasilan rehabilitasi bergantung pada pemilihan tapak yang tepat, penilaian hidrologi, kesesuaian jenis tapak, dan pemantauan pasca tanam yang berkelanjutan. Teknik struktur permeabel menunjukkan efektivitas tinggi di areal terdegradasi berat dengan energi gelombang tinggi, sedangkan pendekatan berbasis masyarakat menghasilkan keberlanjutan jangka panjang yang lebih baik. Tantangan utama mencakup tingginya mortalitas bibit, protokol pemantauan yang tidak memadai, keterbatasan pembiayaan, dan pemberdayaan masyarakat yang belum optimal. Program rehabilitasi ke depan perlu mengintegrasikan rekayasa ekologi dengan dimensi sosial-ekonomi serta teknologi pemantauan modern.

***Kata kunci**: Indonesia, mangrove, rehabilitasi berbasis masyarakat, silvofishery, struktur permeabel*

Diterima, 04 Juni 2026
Disetujui, 29 Juni 2026
Online, 30 Juni 2026

PENDAHULUAN

Ekosistem mangrove merupakan ekosistem pesisir yang berperan esensial dalam menjaga kestabilan lingkungan. Keberadaannya berfungsi sebagai pelindung alami wilayah pesisir pantai terhadap abrasi, badai, gelombang ekstrem, dan intrusi air laut, sekaligus menjadi habitat bagi berbagai organisme akuatik serta cadangan karbon biru (*blue carbon*) yang efektif dalam mitigasi perubahan iklim. Isu perubahan iklim telah menjadi permasalahan global yang berdampak pada kenaikan muka air laut dan degradasi wilayah pesisir, sehingga meningkatkan perhatian dunia terhadap pentingnya rehabilitasi mangrove secara berkelanjutan. Namun, berbagai penelitian mengindikasikan bahwa ekosistem mangrove global menghadapi tekanan akibat konversi lahan, transformasi ruang pesisir, deforestasi, pembangunan infrastruktur, serta aktivitas akuakultur yang tidak terkendali sehingga menyebabkan degradasi lahan dan penurunan kualitas ekosistem mangrove secara signifikan (Adame *et al.* 2021; Goldberg *et al*. 2020). Hal ini berisiko tinggi terhadap resiliensi ekologi dan sosial-ekonomi masyarakat pesisir di negara-negara tropis yang memiliki kawasan mangrove terluas, termasuk Indonesia.

Rehabilitasi mangrove dalam pelaksanaannya menghadapi berbagai kendala ekologis dan teknis. Keberagaman program rehabilitasi terdahulu dievaluasi kurang efektif karena hanya berorientasi pada penanaman bibit tanpa memperhatikan aspek kesesuaian spesies, hidrologi, dinamika sedimen, dan karakteristik biofisik lokasi rehabilitasi. Hal ini

e-ISSN 2621-4113
p-ISSN 2615-8353

berakibat terhadap tingkat keberhasilan rehabilitasi mangrove tidak pulih secara optimal (Rahadian *et al.* 2022). Selain itu, upaya rehabilitasi konvensional kurang melibatkan peran masyarakat lokal dan mengabaikan aspek keberlanjutan sosial-ekonomi sehingga program rehabilitasi menjadi tidak adaptif dalam jangka panjang.

Perkembangan perspektif konservasi modern telah mendorong munculnya penerapan pendekatan *Nature-Based Solutions* (NbS) sebagai strategi kreatif, inovatif dan berkelanjutan dalam rehabilitasi ekosistem mangrove di Indonesia (Seddon *et al*. 2020). Pendekatan ini berfokus pada pemulihan proses ekologis alami melalui restorasi hidrologi, rehabilitasi berbasis sedimentasi alami, pembangunan struktur permeabel ramah lingkungan (*permeable dams*), dan pemberdayaan masyarakat lokal pesisir dalam pengelolaan ekosistem. Sejumlah kajian yang dilakukan di pesisir utara Jawa menunjukkan bahwa pendekatan rehabilitasi mangrove berbasis NbS mampu meningkatkan stabilitas garis pantai, mempercepat regenerasi mangrove, dan mendorong pemulihan aktivitas perikanan masyarakat pesisir (Debrot e*t al.* 2022). Meskipun demikian, efektivitas penerapan inovasi tersebut di Indonesia masih memerlukan kajian ilmiah yang lebih komprehensif, terutama terkait tantangan implementasi, keberhasilan ekologis, keberlanjutan sosial-ekonomi, dan prospek pengembangannya dalam mendukung agenda restorasi nasional dan resiliensi pesisir jangka panjang. Oleh karena itu, kajian mengenai inovasi teknik rehabilitasi ekosistem mangrove berbasis *Nature-Based Solutions* menjadi penting untuk dilakukan guna memberikan dasar ilmiah dalam pengembangan strategi rehabilitasi mangrove yang lebih adaptif dan efektif. Selain itu, kajian ini dapat menjadi acuan evaluasi dalam meningkatkan keberhasilan program rehabilitasi mangrove di masa mendatang.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari hingga Mei 2026 dengan menerapkan metode *Narrative Literature Review* (NLR), khususnya *overview literature*. Metode tersebut adalah bagian dari pendekatan kualitatif yang menggambarkan secara komprehensif beragam temuan dan informasi ilmiah (Deswanti *et al*. 2023) . Tahap penulisan dibagi menjadi dua*,* yaitu fase persiapan dan fase penyusunan naskah. Fase persiapan merupakan proses pendahuluan peneliti untuk mengumpulkan berbagai pustaka yang sesuai dengan topik yang diteliti serta merancang kerangka penelitian. Sementara fase penyusunan naskah terdiri atas kegiatan pengembangan, revisi, dan penyuntingan informasi yang telah dikumpulkan.

Sumber pustaka yang digunakan berasal dari berbagai literatur sekunder (artikel jurnal/buku) yang terindeks pada *Google Scholar* dari tahun 2020–2025. Hal ini dilakukan untuk menjaga pembaruan informasi dan relevansi data. Beberapa kata kunci yang digunakan dalam penelitian ini adalah rehabilitasi mangrove, teknik rehabilitasi mangrove, serta hambatan dalam rehabilitasi mangrove. Perolehan referensi yang dikumpulkan

e-ISSN 2621-4113
p-ISSN 2615-8353

diintegrasikan berdasarkan relevansi topik yang didiskusikan. Analisis hasil penelitian dituangkan dengan analisis deskriptif dalam bentuk narasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Mangrove Indonesia dan Urgensi Rehabilitasi

Indonesia memiliki garis pantai terpanjang kedua di dunia (sekitar 99.093 km) dan ekosistem mangrove yang tersebar di seluruh kepulauan Nusantara (Arianto 2020). Sepertiga dari luas hutan mangrove Indonesia terdapat di Papua, dan khususnya di sekitar Teluk Bintuni merupakan habitat yang pas untuk mangrove (Muhtadi *et al.,* 2020). Degradasi mangrove di Indonesia disebabkan oleh berbagai faktor, di antaranya: (1) alih fungsi lahan untuk tambak udang dan bandeng; (2) konversi untuk pertanian dan permukiman; (3) penebangan berlebihan untuk kayu bakar dan arang; (4) pencemaran dari limbah industri dan pertanian; serta (5) dampak perubahan iklim yang meningkatkan intensitas badai dan kenaikan muka air laut (Sasmito *et al.*, 2020). Kondisi tersebut diperparah oleh pelaksanaan rehabilitasi mangrove yang cenderung berfokus pada proses penanaman bibit secara masif tanpa mempertimbangkan aspek ekologis, hidrologis, dan sosial secara komprehensif.

Upaya pemulihan ekosistem mangrove di Indonesia telah melibatkan beberapa teknik, seperti penanaman bibit konvensional, restorasi hidrologi, hingga pendekatan berbasis *Nature-based Solutions* (NbS). Teknik penanaman bibit konvensional secara langsung dinilai unggul karena kepraktisan implementasinya, biaya oprasional rendah, dan kemampuannya memacu pertumbuhan vegetasi secara cepat. Namun tingkat keberhasilan teknik ini terkategori rendah apabila lokasi penanaman tidak kompatibel dengan kondisi hidrologi, jenis substrat, dan karakteristik spesies mangrove, sehingga memicu bibit gagal tumbuh.

Sebaliknya, pendekatan NbS menawarkan keunggulan melalui pemulihan proses ekologi secara alami. Pendekatan ini mengintegrasikan restorasi hidrologi, kesesuaian vegetasi, serta melibatkan partisipasi masyarakat lokal, sehingga tingkat keberhasilan rehabilitasi cenderung lebih tinggi dan mampu memberikan manfaat ekologis maupun sosial-ekonomi yang berkelanjutan. Meskipun demikian, implementasi NbS memerlukan waktu yang lebih panjang, kolaborasi multipihak, serta biaya perencanaan dan monitoring yang relatif lebih besar dibandingkan teknik (Sasmito *et al.* 2020).

Tingkat urgensi rehabilitasi mangrove semakin meningkat secara signifikan seiring dengan komitmen Indonesia dalam mitigasi perubahan iklim dan pembangunan rendah karbon. Pemerintah Indonesia menjadikan rehabilitasi mangrove sebagai bagian penting dari strategi nasional pengurangan emisi gas rumah kaca dan peningkatan ketahanan pesisir melalui pendekatan NbS. Pendekatan ini dinilai lebih efektif dalam meningkatkan keberhasilan rehabilitasi jangka panjang karena mampu mengintegrasikan aspek ekologis, sosial, dan ekonomi secara simultan (Rubianto 2026). Pendekatan tersebut juga

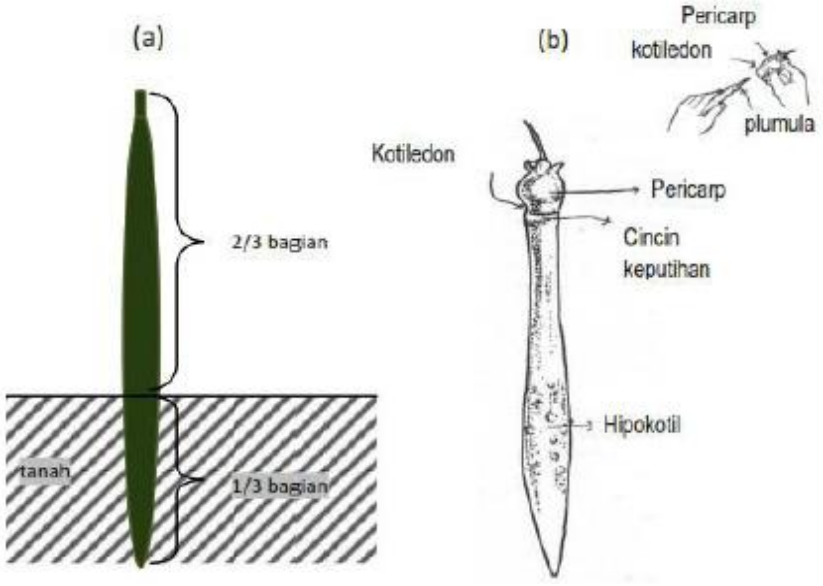
e-ISSN 2621-4113
p-ISSN 2615-8353

berpotensi menjadi langkah strategis untuk mendukung keberlanjutan ekosistem pesisir Indonesia sekaligus memperkuat ketahanan masyarakat terhadap dampak perubahan iklim di masa depan.

Teknik Penanaman Langsung Propagul dan Bibit

Teknik penanaman langsung merupakan pendekatan rehabilitasi mangrove yang paling umum diimplementasikan di Indonesia. Metode ini dilaksanakan melalui penanaman propagul (hipokotil) atau bibit mangrove yang telah dipersemaikan secara langsung di lapangan. Proses penanaman dilaksanakan dengan menanamkan bagian reproduktif mangrove secara langsung pada substrat yang sesuai dengan karakteristik ekologis mangrove. Jenis yang paling sering digunakan adalah *Rhizophora apiculata, R. mucronata, R. stylosa, Avicennia marina, A. officinalis*, dan *Sonneratia alba* (Jayanti *et al*. 2026).

Substrat berlumpur merupakan lokasi yang sangat ideal untuk mengaplikasikan metode penanaman menggunakan propagul. Khusus bagi spesies mangrove yang memiliki struktur propagul panjang, teknik ini menawarkan tingkat keberhasilan tinggi karena tanaman lebih adaptif terhadap kondisi genangan air yang dalam (Nopinilianti *et al*. 2020) . Secara praktis, proses penancapan dilakukan secara vertikal ke dalam lumpur sedalam sepertiga dari total panjang tubuhnya, dengan memastikan bagian tunas atau kecambah tetap menghadap ke atas.



Gambar 1. (a) Cara penanaman dengan menggunakan propagul. (b) bagian pada propagul (Sumber: Kusmana *et al*. 2008)

Proses penanaman bibit di area yang terpapar pasang surut air laut harus dilakukan secara tepat saat air sedang surut. Terkait teknis pengerjaannya, bibit dengan media kontainer dapat membenamkan bagian bawah porpagul ke dalam media sedalam ¾ bagian media. Penyiraman dilakukan cukup 2 kali dalam seminggu selama musim

e-ISSN 2621-4113
p-ISSN 2615-8353

kemarau atau tidak diperlukan penyiraman selama musim hujan (Qurniati *et al*. 2024). Sementara itu, jika menggunakan wadah alternatif seperti gelas atau botol plastik bekas, bibit perlu dikeluarkan terlebih dahulu dengan cara menekan bagian bawahnya. Pembuatan lubang tanam di lokasi dapat disesuaikan dengan kondisi lapangan, baik menggunakan tangan maupun alat bantu. Pasca penatanan, seluruh sisa wadah wajib dikumpulkan kembali untuk digunakan ulang atau dibuang ke tempat sampah demi mencegah pencemaran dan penumpukan limbah di ekosistem laut.

Teknik Transplantasi Bibit

Teknik transplantasi melibatkan pemindahan bibit mangrove yang telah dibesarkan di persemaian (*nursery*) ke lokasi rehabilitasi. Keunggulan teknik ini dibandingkan dengan penanaman propagul langsung adalah bibit yang lebih siap secara fisiologis menghadapi kondisi lapangan yang keras, sehingga umumnya menghasilkan *survival rate* yang lebih tinggi (Siahaya *et al.* 2024). Teknik ini memungkinkan dalam menghasilkan keberhasilan rehabilitasi mangrove yang lebih besar.

Rehabilitasi Berbasis Silvofishery

Silvofishery merupakan sistem pengoptimalan penggunaan lahan yang mengombinasikan tanaman berkayu (pohon) dengan perikanan yang memberikan manfaat ekologi dan ekonomi secara bersamaan. Di Indonesia, sistem ini dikenal dengan istilah empang parit atau tambak *silvofishery*, di mana komponen mangrove dan kolam budidaya ikan atau udang diintegrasikan dalam satu kawasan (Paruntu *et al.* 2016). Rehabilitasi berbasis *silvofishery* menjadi pendekatan alternatif pengelolaan pesisir yang mengintegrasikan rehabilitasi mangrove dengan kegiatan perikanan budidaya secara berkelanjutan.

Sistem *silvofishery* dengan proporsi mangrove 80% dan kolam 20% menghasilkan pendapatan petani tambak yang lebih berkelanjutan dibandingkan dengan tambak monokultur, serta berhasil meningkatkan tutupan mangrove dari 35% menjadi 73% dalam periode 5 tahun (Gk & Chofyan 2023). Sistem *silvofishery* dapat mereduksi konflik antara kepentingan ekonomi masyarakat dan konservasi mangrove.

Berbagai model *silvofishery* telah dikembangkan di Indonesia, di antaranya: (1) model komplangan (tambak polikultur dengan mangrove); (2) model jalur (penanaman mangrove di jalur-jalur dalam areal tambak); dan (3) model empang parit (mangrove ditanam di sekeliling tambak). Keberhasilan model-model ini sangat bergantung pada keseimbangan antara kebutuhan cahaya mangrove dan produktivitas kolam budidaya.

Teknik Struktur Permeabel dan Bioengineering

Teknik struktur permeabel merupakan pendekatan inovatif yang telah banyak diterapkan di Indonesia, terutama di kawasan mangrove yang mengalami abrasi berat dan tidak memungkinkan penanaman langsung akibat tingginya energi gelombang (Utomo *et al*. 2022). Pendekatan ini dikembangkan sebagai solusi dalam mengatasi kegagalan rehabilitasi mangrove pada kawasan yang mengalami abrasi tinggi, perubahan

e-ISSN 2621-4113
p-ISSN 2615-8353

hidrodinamika, serta kerusakan substrat akibat aktivitas manusia maupun faktor alam. Prinsip kerja teknik ini adalah dengan memasang struktur fisik yang permeabel (seperti pemecah gelombang dari bambu, kayu, atau bahan komposit) untuk meredam energi gelombang dan memicu akumulasi sedimen.

Struktur permeabel biasanya menggunakan bahan alami maupun semipermanen yang berupa bambu, kayu, susunan pancang, dan ranting yang disusun sejajar dengan garis pantai. Sementara teknik *bioengineering* dilakukan melalui kombinasi rekayasa sederhana dan pemanfaatan proses biologis alami untuk mempercepat pemulihan ekosistem pesisir. Teknik ini dapat berupa pemasangan perangkap sedimen, penggunaan vegetasi pionir, rehabilitasi hidrologi, hingga pemanfaatan material ramah lingkungan untuk mendukung pembentukan habitat mangrove. Pemasangan struktur permeabel bambu berhasil mengakumulasi sedimen penanaman *R. apiculata dan R. stylosa* membuat pertumbuhan yang lebih stabil dan membuat kondisi perairan menjadi lebih kondusif untuk pertumbuhan anakan mangrove secara alami (Puspitasari *et al.* 2024).

Pendekatan *hybrid engineering* merupakan teknik dalam merekayasa suatu ekosistem. Teknik ini bertujuan untuk menghenttikan erosi dengan mengembalikan sedimen yang hilang agar mendapatkan garis pantai yang stabil (Hafid *et al*. 2022). Teknik ini dianggap lebih efektif dan berkelanjutan dibandingkan dengan struktur keras (*hard engineering*) seperti beton pemecah gelombang, karena dapat beradaptasi secara dinamis dengan perubahan kondisi pantai.

Rehabilitasi Berbasis Masyarakat (Community-Based Mangrove Rehabilitation)

Rehabilitasi mangrove berbasis pemberdayaan masyarakat menempatkan komunitas lokal sebagai aktor utama dalam perencanaan, pelaksanaan, dan pemantauan program rehabilitasi. Pendekatan ini terbukti menghasilkan tingkat keberlanjutan yang lebih tinggi dibandingkan dengan program *top-down* yang diinisiasi pemerintah tanpa melibatkan masyarakat secara bermakna. Partisipasi masyarakat menjadi faktor kunci dalam keberhasilan rehabilitasi mangrove di kawasan pesisir Pulau Baai. Masyarakat terlibat secara aktif pada seluruh tahapan kegiatan, mulai dari identifikasi permasalahan lingkungan, pemetaan lokasi, pelatihan teknis, penanaman, hingga pemantauan pertumbuhan mangrove. Keterlibatan ini menunjukkan bahwa masyarakat tidak hanya berperan sebagai pelaksana, tetapi juga sebagai aktor utama dalam pengelolaan dan pemulihan ekosistem pesisir (Fitrianto *et al.* 2025).

Faktor Keberhasilan Rehabilitasi Mangrove

Berdasarkan sintesis literatur, terdapat tiga faktor kunci yang menentukan keberhasilan rehabilitasi mangrove di Indonesia. Pertama, penilaian tapak secara menyeluruh sebelum memulai rehabilitasi, meliputi kondisi hidrologi (frekuensi dan durasi genangan), karakteristik substrat, salinitas, tingkat abrasi/sedimentasi, dan ketersediaan propagul alami (Rahadian *et al.* 2026). Kegagalan banyak program rehabilitasi di Indonesia sering kali disebabkan oleh kurangnya penilaian tapak yang memadai, khususnya tidak

e-ISSN 2621-4113
p-ISSN 2615-8353

memperhatikan kondisi hidrologi yang merupakan faktor paling menentukan keberhasilan pertumbuhan mangrove. Kedua, kesesuaian jenis dengan kondisi zonasi ekologis tapak. Di Indonesia, *Rhizophora* spp. cocok untuk zona intertidal yang tergenang secara berkala, *Avicennia* spp. lebih toleran terhadap salinitas tinggi dan substrat padat, sedangkan *Sonneratia* spp. cocok untuk daerah yang tergenang lebih lama (Kusmana & Rifana 2023). Ketiga, pemantauan dan pemeliharaan pasca tanam yang intensif. Penggunaan teknologi penginderaan jauh dan drone untuk pemantauan skala besar telah mulai dikembangkan di Indonesia dan menunjukkan potensi besar untuk efisiensi pemantauan (Santoso 2025).

Hambatan dan Tantangan Rehabilitasi Mangrove di Indonesia

Beberapa hambatan utama yang diidentifikasi dari kajian literatur mencakup: (1) tingginya mortalitas bibit di areal terdegradasi berat akibat energi gelombang tinggi dan substrat yang tidak stabil; (2) ketidaksesuaian pemilihan jenis dan teknik dengan kondisi tapak; (3) keterbatasan pendanaan jangka panjang untuk pemantauan dan pemeliharaan; (4) lemahnya koordinasi antar lembaga pemerintah dan pemangku kepentingan; serta (5) pengetahuan teknis yang terbatas di tingkat pelaksana lapangan (Rahadian *et al*. 2026; Sunardi *et al*. 2021).

Dalam konteks kebijakan, ketidakjelasan status kepemilikan lahan di kawasan mangrove juga sering kali menjadi hambatan bagi keberlanjutan program rehabilitasi. Konflik antara kepentingan budidaya tambak dan konservasi mangrove masih menjadi tantangan besar di banyak wilayah Indonesia (Perdani *et al.* 2025). Ke depan, program rehabilitasi mangrove yang efektif harus mengintegrasikan pendekatan ekologi dengan penguatan kelembagaan, kepastian hak kelola masyarakat, serta pemanfaatan teknologi modern dalam pemantauan dan evaluasi, dan mengadopsi kerangka NbS sebagai landasan kebijakan pemulihan pesisir.

KESIMPULAN

Rehabilitasi mangrove di Indonesia menerapkan lima teknik utama, yaitu penanaman langsung propagul, transplantasi bibit, *silvofishery*, struktur permeabel/*bioengineering*, dan rehabilitasi berbasis masyarakat, dengan keunggulan dan tantangan spesifik di setiap teknik. Keberhasilan rehabilitasi sangat ditentukan oleh penilaian tapak yang komprehensif, kesesuaian jenis dengan kondisi ekologis, dan pemantauan pasca tanam yang intensif dan berkelanjutan. Teknik struktur permeabel menunjukkan prospek yang menjanjikan untuk rehabilitasi di areal terdegradasi berat dengan energi gelombang tinggi, sedangkan rehabilitasi berbasis masyarakat terbukti menghasilkan keberlanjutan jangka panjang yang lebih tinggi dibandingkan dengan program top-down. Program rehabilitasi mangrove di Indonesia ke depan perlu mengintegrasikan rekayasa ekologi dengan pendekatan partisipatif masyarakat, didukung oleh teknologi pemantauan modern, kepastian kelembagaan, dan kebijakan yang berpihak pada pemulihan ekosistem mangrove secara holistik.

e-ISSN 2621-4113
p-ISSN 2615-8353

DAFTAR PUSTAKA

Adame MF, Connolly RM, Turschwell MP, Lovelock CE, Fatoyinbo T, Lagomasino D, Goldberg LA, Holdorf J, Friess DA, Sasmito SD, Sanderman J, Sievers M, Buelow C, Bryan JBKD, Brown BCJ. 2021. Future carbon emissions from global mangrove forest loss. *Glob Change Biol* 27:2856–2866. https://doi.org/10.1111/gcb.15571

Arianto MF. 2020. Potensi Wilayah Pesisir di Negara Indonesia. *Jurnal Geografi 20*(20): 1–7.

Debrot AO, Plas A, Boesono H, Prikhantoko K, M.J. Baptist MJ, Murk AJ, Tonneijck FH. 2022. Early increases in artisanal shore-based fisheries in a Nature-based Solutions mangrove rehabilitation project on the north coast of Java. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 267. **https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecss.2022.107761**

Deswanti AI, Asbari M, Novitasari D, Purwanto A. 2023. Pengaruh Tingkat Pendidikan dan Pengalaman Kerja terhadap Kinerja Karyawan : *Narrative Literature Review*. *Journal of Information Systems and Management (JISMA) 2*(3):34–40.

Fitrianto Y, Heydinaldi H, Darmawan A, Sumarjo TA, Idham J. 2025. Rehabilitasi ekosistem mangrove berbasis partisipasi masyarakat oleh PT Pertamina Patra Niaga Fuel Terminal Pulau Baai di pesisir Kota Bengkulu. *Abdi Reksa* 6(2):84-94.

Friess DA, Yando ES, Abuchahla GMO, Adams JB, Cannicci S, Canty SWJ. 2020. Mangroves give cause for conservation optimism, for now. *Current Biology* 30(24): 1432–1433.

Gk API, Chofyan I. 2023. Pengembangan Tambak dengan Sistem Silvofishery di Kawasan Hutan Mangrove Waledan Indah Kecamatan Cantigi Kabupaten Indramayu. *Bandung Conference Series: Urban & Regional Planning*, 129–137.

Goldberg L, Lagomasino D, Thomas N, Fatoyinbo T. 2020. *Global declines in human-driven mangrove loss*. *Glob Change Biol 26:* 5844–5855. https://doi.org/10.1111/gcb.15275

Hafid H, Thaha A, Maricar F, Bakri B. 2022. Struktur Hybbrid Engineering sebagai Breakwater untuk Mereduksi Energi Gelombang pada Pantai Berpasir. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil*, *11*, 141–146.

Jayanti U, Helena S, Sofiana MSJ, Ikhsan NR. 2026. Assessment of mangrove rehabilitation success at PT Kandelia Alam , Kubu Raya Regency , Indonesia. *Journal of Marine Resources & Coastal Management 7*(1):20–25.

Kusmana C, Rifana HZ. 2023. Evaluasi pertumbuhan anakan mangrove hasil restorasi di suaka margasatwa pulau rambut, kepulauan seribu. *Jurnal Silvikultur Tropika 14*(2):119–125.

Kusmana C, Istomo, Wibowo C, Budi RSW, Siregar IZ, Tiryana T, Sukardjo S. 2008. *Manual Silvikultur Mangrove di Indonesia*. Jakarta: MoF & KOICA.

Muhtadi A, Harahap ZA, Pulungan A, Nurmatias N, Lubis P. 2020. DEPIK Status dan sebaran mangrove di kawasan konservasi Taman Pulau Kecil , Kabupaten Tapanuli Tengah , Provinsi Sumatera Utara Status and mangrove distribution in Taman Pulau Kecil conservation area , Central Tapanuli District , North Sumatra Province. *Jurnal Ilmu-Ilmu Perairan, Pesisir Dan Perikanan 9*(2):200–209. https://doi.org/10.13170/depik.9.2.15065

Noor RY, Khazali N, Syuryadiputra NN. 2006. *Panduan Mengenal Mangrove di Indonesia*. PHKA/WI-IP.

Nopinilianti R, Burhanuddin, Anwari S. 2020. Pola Tanam Propagul dan Bibit Rhizophora stylosa Griff. pada Tapak Berlumpur di Areal Rehabilitasi Mangrove Desa Mendalok. *Jurnal Tengkawang 10*(1):45–61.

e-ISSN 2621-4113
p-ISSN 2615-8353

Perdani AS, Umar G, Dewata I, Amar S. 2025. Pembangunan Berkelanjutan di Pesisir Indonesia : Tantangan dan Solusi atas Ancaman Lingkungan. *Journal of Current Research in Humanities, Social Sciences, and Business* 2(1):11-22. https://doi.org/10.71383/f334qg11

Puspitasari SA, Riefqi M, Juliesa P, Sony E. 2024. *Mengare Discovery: Wave Breaking Hybrid Engineering (HE) Innovation as a Building with Nature Concept* E-Proceeding of Indonesia Social Responsibility Award 1(1):51-57.

Qurniati R, Tsani MK, Firdasari. 2024. Peningkatan Kapasitas Masyarakat dalam Pembibitan Mangrove untuk Mendukung Permudaan Kawasan Mangrove berdasarkan Sistem Suksesi Alaminya. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat 7*(1):155–163.

Rahadian A, Kusuma C, Setiawan, Yudi, Prasetyo LB. 2022. Adaptive Mangrove Ecosystem Rehabilitation Plan based on Coastal Typology and Ecological Dynamics Approach. *Hayati Journal of Biosciences 29*(4):445–458 https://doi.org/10.4308/hjb.29.4.445-458

Rahadian A, Prasetyo LB, Setiawan Y, Kusmana C. 2026. Mangrove restoration priorities across coastal landscape typologies. *Biodiversitas 27*(3):1-27.

Rubianto L. 2026. Membangun Ketangguhan di Tengah Krisis Perubahan Iklim : Pelajaran dari Nature-Based Solutions Ekosistem Mangrove di Malaysia. *Journal of Geographical Sciences and Education 4*(2):173–195 https://doi.org/10.69606/geography.v4i2.470

Santoso B. 2025. Pemanfaatan Teknologi Satelit untuk Monitoring Perubahan Ekosistem Mangrove dan Terumbu Karang. *Journal of Marine Fisheries 1*(1):15–21.

Sasmito SD, Sillanpää M, Hayes MA, Bachri S, Frida MFS, Bayu S, Wolfram BH, Rumbiak VI, Hendri, Taberima S, Suhaemi T, Nugroho JD, Pattiasina TF, Widagti N, Barakalla, Rahajoe JS, Hartantri H, Nikijuluw V, Jowey RN, Heatubun CD, Ermgassen P, Worthington TA, Howard J, Lovelock CE, Friess DA, Hutley LB. (2020). Mangrove blue carbon stocks and dynamics are controlled by hydrogeomorphic settings [MR1] and land-use change. *Glob Vhange Biol* 26:3028–3039 https://doi.org/10.1111/gcb.15056

Seddon N, Chausson A, Berry P, Girardin CAJ, Smith A, Turner B, Berry P, Caj G, Smith A, Turner B. 2020. *Understanding the value and limits of nature-based solutions to climate change and other global challenges*. *Phil. Trans. R. Soc.* B 375: 20190120. http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2019.0120

Siahaya PA, Asmileen SD, Tri W. 2024. Teknik Inplanting Dan Outplanting Sebagai Upaya Pelestarian Mangrove Di Dusun Siung, Sekotong, Lombok Barat. *Jurnal Terpadu 5*(4): 811–820.

Sudrajat DJ, Yuniarti N, Nurmin N, Syamsuwida D, Danu, Pramono A, Putri KP, Danu. 2017. *Karakteristik dan Prinsip Penanganan Benih Tanaman Hutan Berwatak Intermediet dan Rekalsiltan* Bogor:(ID): IPB Press.

Sunardi, Peday H, Angrianto R. 2021. Keberhasilan Tumbuh Tanaman Rehabilitasi (Growing Rate of Forest Plant Rehabilitation at IUPHHK PT . Manokwari Mandiri Lestari in Teluk Bintuni). *Jurnal Kehutanan Papuasia 7*(2):186–195.

Utomo GJ, Atmodjo W, Sugianto DN, Widiaratih R. 2022. Efektifitas Struktur Kerapatan terhadap Laju Sedimentasi dan Jenis Sedimen pada Hybrid Engineering di Desa Timbulsloko, Demak, Jawa Tengah. *Indonesian Journal of Oceanography (IJOCE) 4*(1):47–58. **https://doi.org/10.14710/ijoce.v4i1.13160**