

## **PILAR EKOSISTEM PESISIR YANG KUAT MELALUI AKTIVITAS PENANAMAN MANGROVE DAN EDUKASI MANFAATNYA BAGI LINGKUNGAN**

Achmad Budiawan Putra\*<sup>1</sup>, Fahmi Khatib Rahman<sup>2</sup>, Muhammad Suheri Sastri<sup>3</sup>,  
Andi Ade Ula Saswini<sup>4</sup>

<sup>1,2,3</sup> PT Pertamina Patra Niaga Fuel Terminal Poso, Indonesia

<sup>4</sup> Program Studi Gizi, Institut Teknologi dan Kesehatan Tri Tunas Nasional,  
Makassar, Indonesia

[achmadbudiawan@gmail.com](mailto:achmadbudiawan@gmail.com)

\*corresponding author

Received: 17-08- 2024

Revised: 23-08-2024

Approved: 28-08-2024

### **ABSTRAK**

*Inisiatif pengabdian ini bertujuan untuk memperkuat ekosistem pesisir. Penanaman mangrove dilakukan di wilayah pesisir yang kualitas ekosistemnya menurun karena aktivitas manusia dan perubahan iklim. Sasaran kegiatan pengabdian ini adalah wilayah pesisir Kelurahan Moengko, Kecamatan Poso Kota, Kabupaten Poso, Provinsi Sulawesi Tengah. Sasaran penerima manfaat langsung dari program ini yaitu masyarakat kelurahan Moengko dan Kelompok Binaan PT Pertamina Patra Niaga di ring 1 wilayah Operasional FT Poso . Aktivitas ini mencakup penanaman bibit mangrove, pemilihan lokasi yang tepat, dan pelatihan masyarakat lokal tentang pentingnya mangrove untuk melindungi pantai, mengurangi erosi, dan memberikan habitat bagi spesies laut. Edukasi diberikan melalui workshop yang melibatkan komunitas lokal, dengan fokus pada manfaat ekosistem mangrove, teknik perawatan tanaman, dan efek positifnya pada masyarakat. Hasil kegiatan ini menunjukkan bahwa masyarakat lebih memahami mangrove dan lebih menyadari pentingnya konservasi pesisir. Penanaman mangrove meningkatkan keberagaman hayati di daerah pesisir dan menciptakan area perlindungan pantai yang lebih stabil.*

*Kata Kunci : pesisir, mangrove, lingkungan*

### **PENDAHULUAN**

Kerusakan mangrove telah meningkat tajam, sebagian besar disebabkan oleh aktivitas manusia seperti pembukaan lahan untuk pertanian, pengembangan pesisir, dan penambangan. Selain itu, perubahan iklim global juga memperburuk situasi dengan meningkatkan frekuensi dan intensitas bencana alam seperti badai dan kenaikan permukaan laut (Basyuni et al., 2022; Sam et al., 2023). Akibat dari kerusakan ini, banyak daerah pesisir mengalami dampak negatif, termasuk peningkatan erosi pantai, penurunan kualitas air, dan hilangnya keanekaragaman hayati (Çakmakçı et al., 2023; Sam et al., 2023).

Kelurahan Moengko, yang terletak di Kecamatan Poso Kota, Kabupaten Poso, merupakan salah satu wilayah yang mengalami dampak penurunan ekosistem pesisir. Daerah ini dikenal memiliki potensi ekosistem pesisir yang kaya, tetapi juga menghadapi tantangan signifikan terkait kerusakan lingkungan. Menghadapi tantangan ini, diperlukan upaya yang terintegrasi untuk rehabilitasi dan konservasi ekosistem pesisir. Salah satu pendekatan yang efektif adalah melalui penanaman mangrove dan edukasi mengenai manfaatnya bagi lingkungan (Bolfe et al., 2020; Suhardi et al., 2024). Penanaman mangrove merupakan strategi utama untuk memulihkan fungsi ekologis hutan mangrove yang hilang dan memperbaiki kualitas lingkungan pesisir (Adame et al., 2021; Basyuni et al., 2022). Kegiatan ini melibatkan penanaman bibit mangrove di area yang terdegradasi dan

memastikan bahwa tanaman tersebut tumbuh dengan baik untuk memberikan manfaat jangka panjang. Selain itu, edukasi kepada masyarakat lokal sangat penting untuk menciptakan kesadaran dan dukungan terhadap upaya konservasi. Dengan meningkatkan pemahaman masyarakat mengenai pentingnya mangrove dan cara merawatnya, diharapkan mereka dapat berperan aktif dalam menjaga dan melestarikan ekosistem pesisir.

Program "Pilar Ekosistem Pesisir yang Kuat Melalui Aktivitas Penanaman Mangrove dan Edukasi Manfaatnya bagi Lingkungan" dirancang khusus untuk menangani permasalahan di Kelurahan Moengko. Kegiatan ini mencakup dua komponen utama: penanaman mangrove dan edukasi masyarakat (Chen et al., 2020). Penanaman mangrove dilakukan dengan melibatkan masyarakat lokal dalam setiap tahap proses, mulai dari pemilihan lokasi, penanaman bibit, hingga perawatan tanaman (van Hespén et al., 2023; Zeng et al., 2020). Melibatkan masyarakat lokal tidak hanya meningkatkan keberhasilan rehabilitasi ekosistem tetapi juga membangun rasa kepemilikan dan tanggung jawab terhadap lingkungan. Selain itu, program ini juga mencakup pelatihan dan seminar untuk meningkatkan pengetahuan masyarakat mengenai manfaat ekologis mangrove, teknik perawatan yang efektif, dan dampak positif dari konservasi mangrove terhadap kesejahteraan mereka.

Kegiatan ini dilakukan di Kelurahan Moengko mencerminkan kebutuhan untuk memperbaiki ekosistem pesisir dan meningkatkan kesadaran lingkungan. Kelurahan Moengko memiliki potensi ekosistem pesisir yang signifikan, namun kerusakan yang terjadi telah menurunkan kualitas lingkungan dan mengancam kehidupan masyarakat. Dengan melaksanakan program penanaman mangrove dan edukasi, diharapkan dapat mengatasi beberapa tantangan utama yang dihadapi kawasan ini dan menciptakan dampak positif yang berkelanjutan.

Keterlibatan masyarakat dan pelaksanaan program yang tepat sasaran merupakan faktor utama yang mempengaruhi kesejahteraan sosial dan keamanan lingkungan. Penanaman mangrove di Kelurahan Moengko dirancang untuk mengembalikan fungsi ekologis hutan mangrove yang hilang, seperti melindungi pantai dari erosi, menyaring polutan, dan menyediakan habitat bagi spesies laut (Chatting et al., 2022; Ellison et al., 2020). Proses ini dimulai dengan pemilihan lokasi yang strategis untuk penanaman, diikuti dengan penanaman bibit mangrove yang telah dipilih dengan cermat. Setelah penanaman, kegiatan perawatan dilakukan untuk memastikan bahwa tanaman mangrove tumbuh dengan baik dan dapat memberikan manfaat ekologis yang diharapkan (Friess et al., 2019).

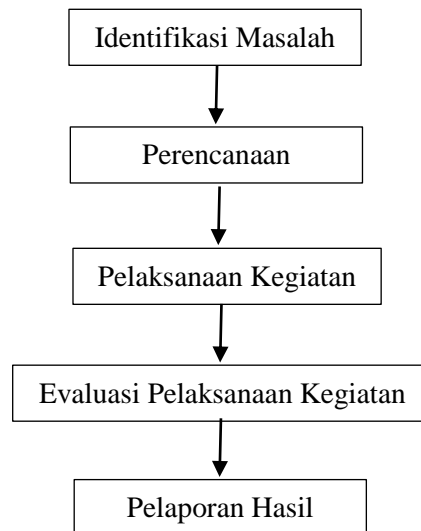
Selain penanaman, edukasi masyarakat merupakan komponen krusial dari program ini. Pelatihan dan seminar diadakan untuk meningkatkan pemahaman masyarakat mengenai manfaat mangrove, teknik perawatan yang diperlukan, dan dampak konservasi terhadap kesejahteraan mereka. Edukasi ini bertujuan untuk menciptakan kesadaran yang mendalam tentang pentingnya mangrove dan mendorong partisipasi aktif masyarakat dalam upaya pelestarian.

Secara keseluruhan, program ini tidak hanya bertujuan untuk memulihkan ekosistem pesisir di Kelurahan Moengko tetapi juga untuk membangun kapasitas masyarakat dalam menjaga dan melestarikan lingkungan. Dengan pendekatan yang terintegrasi dan partisipatif, diharapkan kegiatan ini dapat menciptakan perubahan positif yang berkelanjutan dan menginspirasi upaya konservasi serupa di daerah lain. Program ini diharapkan dapat menjadi model bagi inisiatif

konservasi ekosistem pesisir lainnya dan mendorong peningkatan kesadaran serta tindakan aktif dalam menjaga keanekaragaman hayati dan kesehatan lingkungan pesisir secara lebih luas.

### METODE KEGIATAN

Metode kegiatan dibagi menjadi beberapa tahap yang meliputi identifikasi masalah, perencanaan, pelaksanaan, evaluasi, dan pelaporan hasil.



Gambar 1. Alur Pelaksanaan Kegiatan

Pendekatan ini dirancang untuk memastikan bahwa setiap langkah kegiatan pengabdian tercatat dengan baik dan dapat diukur keberhasilannya.

#### 1. Identifikasi Masalah

Sebelum pelaksanaan kegiatan, dilakukan observasi awal untuk mengidentifikasi kondisi ekosistem pesisir di Kelurahan Moengko, Kecamatan Poso Kota, Kabupaten Poso. Observasi ini meliputi pemetaan daerah yang terdegradasi, penilaian kondisi hutan mangrove yang ada, dan identifikasi faktor-faktor yang berkontribusi terhadap kerusakan ekosistem pesisir.

Dilakukan wawancara dengan masyarakat setempat, tokoh masyarakat, dan pemangku kepentingan (seperti pemerintah daerah dan organisasi lingkungan) untuk mendapatkan pandangan mereka tentang kondisi pesisir dan kebutuhan mendesak yang harus ditangani.

Melakukan tinjauan literatur untuk memahami lebih lanjut tentang pentingnya mangrove bagi ekosistem pesisir, metode penanaman yang efektif, dan dampak lingkungan serta sosial dari deforestasi mangrove.

#### 2. Perencanaan Kegiatan

Berdasarkan hasil observasi dan wawancara, dipilih lokasi-lokasi strategis untuk penanaman mangrove yang dianggap paling membutuhkan rehabilitasi dan memiliki potensi keberhasilan yang tinggi.

Disusun rencana rinci tentang jenis mangrove yang akan ditanam, jumlah bibit yang dibutuhkan, teknik penanaman, dan alokasi sumber daya. Rencana ini juga mencakup jadwal pelaksanaan kegiatan, termasuk waktu penanaman, pemantauan, dan pemeliharaan.

Merancang program edukasi yang melibatkan workshop, seminar, dan pelatihan untuk masyarakat lokal. Program ini dirancang untuk meningkatkan kesadaran tentang pentingnya mangrove, teknik perawatan, dan bagaimana mangrove berkontribusi terhadap kesejahteraan masyarakat.

Membentuk tim pelaksana yang terdiri dari berbagai pihak, termasuk ahli lingkungan, dosen, mahasiswa, dan anggota masyarakat lokal yang akan berperan aktif dalam kegiatan penanaman dan edukasi.

### **3. Pelaksanaan Kegiatan**

Dilakukan penanaman mangrove di lokasi yang telah dipilih. Tahapan pelaksanaan meliputi:

- a) Persiapan Lahan: Membersihkan area penanaman dari sampah dan tanaman invasif.
- b) Penanaman Bibit: Penanaman dilakukan sesuai dengan metode yang telah direncanakan. Bibit ditanam dengan memperhatikan kondisi pasang surut air dan jenis tanah.
- c) Pelibatan Masyarakat: Masyarakat lokal dilibatkan dalam seluruh proses penanaman untuk membangun rasa memiliki dan tanggung jawab terhadap proyek ini.
- d) Program edukasi dilaksanakan dengan beberapa kegiatan inti:
- e) Workshop dan Seminar. Kegiatan ini diadakan untuk memberikan pengetahuan tentang pentingnya mangrove, cara merawat mangrove yang baru ditanam, dan dampak positif yang diharapkan.
- f) Pelatihan Praktis. Pelatihan ini mencakup teknik penanaman dan pemeliharaan mangrove, termasuk bagaimana menangani masalah yang mungkin timbul, seperti serangan hama atau perubahan kondisi lingkungan.
- g) Setelah penanaman, dilakukan pemantauan rutin untuk mengevaluasi pertumbuhan dan kesehatan tanaman mangrove. Evaluasi ini dilakukan melalui:
  - 1) Pemantauan berkala berupa pengukuran pertumbuhan bibit mangrove setiap bulan untuk memantau tingkat keberhasilan penanaman.
  - 2) Survei Partisipatif dengan melibatkan masyarakat lokal dalam survei untuk mendapatkan umpan balik tentang program edukasi dan perubahan yang terjadi pada kondisi ekosistem pesisir. Evaluasi Kegiatan. Analisis Data:

### **4. Pelaporan Hasil**

Menyusun laporan yang merangkum hasil pengabdian, termasuk temuan utama, tantangan yang dihadapi, dan rekomendasi untuk program lanjutan atau pengembangan di masa depan.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Penanaman Mangrove di Kelurahan Moengko**

#### **Persiapan dan Pelaksanaan Penanaman**

Kelurahan Moengko, Kecamatan Poso Kota, Kabupaten Poso, dipilih sebagai lokasi utama untuk kegiatan penanaman mangrove berdasarkan hasil observasi yang menunjukkan adanya degradasi ekosistem pesisir yang signifikan di daerah ini. Degradasi ini terutama disebabkan oleh aktivitas manusia, seperti penebangan hutan mangrove untuk kayu bakar dan lahan pemukiman, serta faktor alam,

seperti abrasi pantai (Bayraktarov et al., 2020; Bera & Maiti, 2022). Kondisi ini mengakibatkan hilangnya vegetasi mangrove yang berfungsi penting dalam melindungi pantai dari erosi dan menyediakan habitat bagi berbagai spesies laut (Akanni et al., 2018; Alongi, 2020).



Gambar 2. Pembibitan Tanaman Mangrove

Langkah awal dalam kegiatan penanaman adalah pemetaan area pesisir yang paling membutuhkan rehabilitasi. Tim pengabdian bekerja sama dengan masyarakat setempat untuk menentukan lokasi penanaman yang tepat, berdasarkan tingkat kerusakan ekosistem dan potensi keberhasilan rehabilitasi. Setelah lokasi dipilih, dilakukan pembersihan lahan untuk menghilangkan sampah, tanaman invasif, dan puing-puing yang dapat menghambat pertumbuhan bibit mangrove.



Gambar 3. Penanaman Tanaman Mangrove

Pada tahap penanaman, sebanyak 2.000 bibit mangrove dari jenis *Rhizophora mucronata* dan *Avicennia marina* ditanam di area yang telah dipersiapkan. Jenis *Rhizophora mucronata* dipilih karena akarnya yang kuat dan kemampuannya untuk menahan gelombang laut, sedangkan *Avicennia marina* dikenal karena kemampuannya untuk tumbuh di tanah yang lebih berpasir dan kandungan salinitas tinggi. Penanaman dilakukan secara bertahap dengan melibatkan masyarakat setempat, mahasiswa, dan pemangku kepentingan lainnya, yang bekerja bersama-sama untuk memastikan setiap bibit ditanam dengan benar dan pada kedalaman yang sesuai.

Masyarakat lokal, yang telah dilibatkan sejak tahap perencanaan, memainkan peran penting dalam proses ini. Mereka tidak hanya berpartisipasi dalam penanaman, tetapi juga dilatih untuk melakukan pemeliharaan awal seperti penyiraman bibit (jika diperlukan) dan pengamatan kondisi tanaman. Hal ini penting untuk membangun rasa memiliki dan tanggung jawab terhadap proyek rehabilitasi mangrove yang diharapkan dapat berkelanjutan dalam jangka panjang.

### **Pemantauan dan Evaluasi Pertumbuhan Mangrove**

Pemantauan rutin dilakukan setelah penanaman untuk mengevaluasi pertumbuhan bibit dan memastikan kelangsungan hidupnya (Sahu & Kathiresan, 2019; Wang & Gu, 2021). Pemantauan ini dilakukan setiap bulan dengan menggunakan metode pengukuran sederhana, seperti mengukur tinggi bibit, jumlah daun yang tumbuh, dan kondisi akar serta batang. Hasil pemantauan selama enam bulan pertama menunjukkan bahwa sekitar 85% bibit berhasil tumbuh dengan baik, sementara 15% lainnya mengalami kerusakan atau mati akibat berbagai faktor, seperti serangan hama dan kondisi cuaca yang ekstrem.

Penanaman *Rhizophora mucronata* menunjukkan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan *Avicennia marina* di area yang lebih terlindung dari ombak besar. Pertumbuhan rata-rata *Rhizophora mucronata* mencapai 35 cm dalam enam bulan pertama, sedangkan *Avicennia marina* rata-rata tumbuh 28 cm. Perbedaan ini mungkin disebabkan oleh kemampuan *Rhizophora mucronata* untuk beradaptasi lebih cepat dengan lingkungan pesisir yang lebih dinamis.



Gambar 4. Pemantauan Pertumbuhan Mangrove

Selain pengukuran pertumbuhan, kualitas lingkungan sekitar area penanaman juga dipantau. Indikator kualitas air, seperti kejernihan, kadar oksigen terlarut, dan pH, menunjukkan peningkatan yang signifikan, menandakan bahwa ekosistem mulai pulih. Kejernihan air meningkat sebesar 20%, yang menunjukkan pengurangan partikel tersuspensi, sementara kadar oksigen terlarut juga meningkat, mencerminkan peningkatan kualitas habitat untuk kehidupan akuatik.

Pemantauan juga mengungkapkan peningkatan keanekaragaman hayati di area penanaman. Beberapa spesies ikan, krustasea, dan burung kembali ke habitat mangrove yang baru tumbuh, menunjukkan bahwa penanaman mangrove telah memberikan dampak positif terhadap rehabilitasi ekosistem pesisir. Hal ini menunjukkan pentingnya mangrove sebagai habitat yang mendukung keberlanjutan kehidupan berbagai spesies dan sebagai benteng alami terhadap kerusakan lingkungan.

## **Tantangan dan Hambatan dalam Penanaman**

Selama pelaksanaan kegiatan penanaman mangrove, berbagai tantangan dan hambatan dihadapi, yang mempengaruhi proses dan hasil akhir dari kegiatan ini.

### **1. Kondisi Cuaca yang Tidak Menentu**

Salah satu tantangan utama yang dihadapi adalah kondisi cuaca yang tidak menentu. Angin kencang dan ombak tinggi yang terjadi selama periode penanaman menyebabkan beberapa bibit mangrove terlepas dari tempatnya dan hanyut. Untuk mengatasi masalah ini, dilakukan penguatan struktur penanaman dengan menggunakan pancang bambu dan penutup jaring di sekitar bibit untuk melindungi mereka dari gelombang laut. Namun, upaya ini membutuhkan tambahan tenaga kerja dan biaya, yang awalnya tidak dianggarkan.

### **2. Serangan Hama**

Masalah lain yang muncul adalah serangan hama, terutama dari kepiting yang memakan batang dan akar bibit mangrove yang masih muda. Meskipun penggunaan perangkap kepiting dan metode pengendalian lainnya telah diterapkan, kerugian tetap terjadi, dengan sekitar 10% bibit mengalami kerusakan akibat hama. Upaya pengendalian hama memerlukan perhatian khusus dan intervensi yang lebih intensif untuk memastikan kelangsungan hidup bibit yang ditanam.

### **3. Keterbatasan Sumber Daya**

Keterbatasan sumber daya, baik dalam hal finansial maupun peralatan, juga menjadi kendala yang signifikan. Kegiatan pemantauan dan pemeliharaan rutin memerlukan biaya yang tidak sedikit, sementara dukungan dari pihak eksternal kadang-kadang terbatas. Masyarakat lokal, meskipun telah dilatih dan diberdayakan, sering kali menghadapi kesulitan dalam melaksanakan pemeliharaan rutin karena keterbatasan waktu dan alat. Oleh karena itu, ada kebutuhan untuk menciptakan mekanisme pendanaan yang berkelanjutan serta penyediaan alat dan sumber daya yang memadai untuk mendukung pemeliharaan jangka panjang.

### **4. Partisipasi Masyarakat yang Fluktuatif**

Meskipun partisipasi masyarakat sangat diharapkan, kenyataannya partisipasi ini cenderung fluktuatif. Beberapa warga terlibat aktif dalam tahap awal, tetapi seiring waktu, keterlibatan mereka menurun, terutama ketika mereka merasa bahwa pekerjaan tersebut terlalu berat atau tidak segera memberikan manfaat ekonomi. Hal ini menunjukkan perlunya strategi partisipasi yang lebih inklusif dan berkelanjutan, mungkin melalui insentif ekonomi atau sosial yang dapat mendorong partisipasi jangka panjang.

## **Program Edukasi dan Pemberdayaan Masyarakat**

### **Pelaksanaan Program Edukasi**

Salah satu tujuan utama dari kegiatan pengabdian ini adalah meningkatkan kesadaran masyarakat tentang pentingnya mangrove melalui program edukasi yang komprehensif. Edukasi dilakukan dengan mengadakan seminar, workshop, dan pelatihan praktis yang melibatkan berbagai kelompok masyarakat di Kelurahan Moengko. Program ini dirancang untuk tidak hanya memberikan pengetahuan teoretis tetapi juga keterampilan praktis yang dapat diterapkan dalam kegiatan sehari-hari.

### **1. Seminar dan Workshop**

Seminar yang diadakan berhasil menarik perhatian lebih dari 150 peserta, termasuk warga lokal, tokoh masyarakat, dan pejabat pemerintah daerah. Topik yang dibahas meliputi pentingnya mangrove sebagai pelindung pantai alami, penyedia habitat bagi berbagai spesies, serta sumber mata pencaharian alternatif bagi masyarakat. Selain itu, diskusi tentang dampak deforestasi dan pentingnya konservasi hutan mangrove diangkat sebagai isu utama untuk meningkatkan kesadaran peserta tentang urgensi tindakan konservasi.

Workshop yang diadakan setelah seminar lebih berfokus pada praktik langsung. Peserta diajarkan teknik-teknik penanaman mangrove, mulai dari cara memilih bibit yang berkualitas hingga metode penanaman yang sesuai dengan kondisi lingkungan setempat. Dalam workshop ini, peserta juga diajak untuk mengidentifikasi dan memecahkan masalah yang mungkin timbul selama proses penanaman, seperti serangan hama dan kondisi tanah yang tidak ideal.

### **2. Pelatihan Praktis di Lapangan**

Selain workshop di dalam ruangan, pelatihan praktis di lapangan juga dilakukan untuk memberikan pengalaman langsung kepada peserta. Pelatihan ini melibatkan demonstrasi langsung di lokasi penanaman, di mana peserta berlatih menanam bibit mangrove dengan bimbingan dari ahli lingkungan dan praktisi. Melalui pelatihan ini, peserta mendapatkan pemahaman yang lebih baik tentang tantangan teknis dalam penanaman mangrove dan cara mengatasinya.

### **KESIMPULAN**

Penanaman mangrove memberikan dampak positif yang signifikan terhadap pemulihan ekosistem pesisir di Kelurahan Moengko. Penanaman mangrove berhasil mengurangi erosi pantai dan meningkatkan kualitas air, yang pada gilirannya mendukung kembalinya keanekaragaman hayati di wilayah tersebut. Program edukasi yang dilaksanakan juga berhasil meningkatkan kesadaran dan keterlibatan masyarakat dalam konservasi lingkungan, meskipun tantangan seperti kondisi cuaca, serangan hama, keterbatasan sumber daya, dan fluktuasi partisipasi masyarakat perlu diatasi dengan pendekatan yang lebih berkelanjutan dan inklusif. Secara keseluruhan, kegiatan ini menegaskan pentingnya kolaborasi antara masyarakat, pemerintah, dan pemangku kepentingan lainnya dalam menjaga dan melestarikan ekosistem pesisir untuk masa depan yang lebih baik.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- Adame, M. F., Reef, R., Santini, N. S., Najera, E., Turschwell, M. P., Hayes, M. A., Masque, P., & Lovelock, C. E. (2021). Mangroves in arid regions: Ecology, threats, and opportunities. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 248, 106796. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecss.2020.106796>
- Akanni, A., Onwuteaka, J., Uwagbae, M., Mulwa, R., & Elegbede, I. O. (2018). Chapter 25 - The Values of Mangrove Ecosystem Services in the Niger Delta Region of Nigeria. In P. E. Ndimele (Ed.), *The Political Ecology of Oil and Gas Activities in the Nigerian Aquatic Ecosystem* (pp. 387–437). Academic Press. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809399-3.00025-2>
- Alongi, D. M. (2020). Global Significance of Mangrove Blue Carbon in Climate Change Mitigation. *Sci*, 2(3). <https://doi.org/10.3390/sci2030067>
- Basyuni, M., Sasmito, S., Analuddin, K., Ulqodry, T., Saragi-Sasmito, M., Eddy, S., &

- Milantara, N. (2022). *Mangrove Biodiversity, Conservation, and Roles for Livelihoods in Indonesia* (pp. 397–445). [https://doi.org/10.1007/978-981-19-0519-3\\_16](https://doi.org/10.1007/978-981-19-0519-3_16)
- Bayraktarov, E., Brisbane, S., Hagger, V., Smith, C. S., Wilson, K. A., Lovelock, C. E., Gillies, C., Steven, A. D. L., & Saunders, M. I. (2020). Priorities and Motivations of Marine Coastal Restoration Research. *Frontiers in Marine Science*, 7. <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00484>
- Bera, R., & Maiti, R. (2022). Mangrove dependency and livelihood challenges — A study on Sundarbans, India. *Regional Studies in Marine Science*, 50, 102135. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rsma.2021.102135>
- Bolfe, É. L., Jorge, L. A. de C., Sanches, I. D., Luchiari Júnior, A., da Costa, C. C., Victoria, D. de C., Inamasu, R. Y., Grego, C. R., Ferreira, V. R., & Ramirez, A. R. (2020). Precision and Digital Agriculture: Adoption of Technologies and Perception of Brazilian Farmers. *Agriculture*, 10(12). <https://doi.org/10.3390/agriculture10120653>
- Çakmakçı, R., Salık, M. A., & Çakmakçı, S. (2023). Assessment and Principles of Environmentally Sustainable Food and Agriculture Systems. *Agriculture*, 13(5). <https://doi.org/10.3390/agriculture13051073>
- Chatting, M., Al-Maslamani, I., Walton, M., Skov, M. W., Kennedy, H., Husrevoglu, Y. S., & Le Vay, L. (2022). Future Mangrove Carbon Storage Under Climate Change and Deforestation. *Frontiers in Marine Science*, 9. <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.781876>
- Chen, J., Bian, W., Wan, Z., Wang, S., Zheng, H., & Cheng, C. (2020). Factor assessment of marine casualties caused by total loss. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 47, 101560. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2020.101560>
- Ellison, A. M., Felson, A. J., & Friess, D. A. (2020). Mangrove Rehabilitation and Restoration as Experimental Adaptive Management. *Frontiers in Marine Science*, 7. <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00327>
- Friess, D. A., Rogers, K., Lovelock, C. E., Krauss, K. W., Hamilton, S. E., Lee, S. Y., Lucas, R., Primavera, J., Rajkaran, A., & Shi, S. (2019). The State of the World’s Mangrove Forests: Past, Present, and Future. *Annual Review of Environment and Resources*, 44(Volume 44, 2019), 89–115. <https://doi.org/https://doi.org/10.1146/annurev-enviro-101718-033302>
- Sahu, S. K., & Kathiresan, K. (2019). The age and species composition of mangrove forest directly influence the net primary productivity and carbon sequestration potential. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 20, 101235. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.bcab.2019.101235>
- Sam, K., Zabbey, N., Gbaa, N. D., Ezurike, J. C., & Okoro, C. M. (2023). Towards a framework for mangrove restoration and conservation in Nigeria. *Regional Studies in Marine Science*, 66, 103154. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rsma.2023.103154>
- Suhardi, R. M., Rahardi, W., Shih, H.-C., Mantiquilla, J. A., Wu, Y.-H., Shiao, M.-S., & Chiang, Y.-C. (2024). A review of the mangrove ecosystem in Indonesia: Biodiversity, conservation, and challenges in sustainable management. *Ecological Genetics and Genomics*, 32, 100282. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.egg.2024.100282>
- van Hespren, R., Hu, Z., Borsje, B., De Dominicis, M., Friess, D. A., Jevrejeva, S., Kleinhans, M. G., Maza, M., van Bijsterveldt, C. E. J., Van der Stocken, T., van

- Wesenbeeck, B., Xie, D., & Bouma, T. J. (2023). Mangrove forests as a nature-based solution for coastal flood protection: Biophysical and ecological considerations. *Water Science and Engineering*, 16(1), 1–13. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.wse.2022.10.004>
- Wang, Y.-S., & Gu, J.-D. (2021). Ecological responses, adaptation and mechanisms of mangrove wetland ecosystem to global climate change and anthropogenic activities. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 162, 105248. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2021.105248>
- Zeng, Y., Maxwell, S., Runting, R. K., Venter, O., Watson, J. E. M., & Carrasco, L. R. (2020). Environmental destruction not avoided with the Sustainable Development Goals. *Nature Sustainability*, 3(10), 795–798. <https://doi.org/10.1038/s41893-020-0555-0>