

Restorasi Mangrove Multi-Spesies dan Peran Komunitas untuk Resiliensi Pesisir Salurang

Multi-Species Mangrove Restoration and Community Engagement for Coastal Resilience in Salurang

Frets Jonas Rieuwpassa¹, Indra Wibowo², Devi Nandita Choesin², Ferdinand Gansalangi¹, Nita Yuanita³, Aprelia Martina Tomaso¹, Julius Frans Wuaten¹, Muhammad Luqman Dzaky², Gaberaja Samuel Roosevelt Sidauruk³, Getruida Nita Mozes¹, Anggraini Barlian^{2*}, Walter Balansa¹

¹ Jurusan Perikanan dan Kebaharian, Politeknik Negeri Nusa Utara, Indonesia

² Sekolah Ilmu dan Teknologi Hayati, Institut Teknologi Bandung, Indonesia

³ Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung, Indonesia

Vol. 6 No. 2, Desember 2025

 DOI:

10.35311/jmpm.v6i2.768

Informasi Artikel:

Submitted: 19 September 2025

Accepted: 18 Desember 2025

*Penulis Korespondensi:

Anggraini Barlian

Sekolah Ilmu dan Teknologi Hayati, Institut Teknologi Bandung, Indonesia

E-mail : aang@itb.ac.id

No. Hp : +62 812-2111-483

Cara Sitasi:

Rieuwpassa, F. J., Wibowo, I., Choesin, D. N., Gansalangi, F., Yuanita, N., Tomaso, A. M., Wuaten, J. F., Dzaky, M. L., Sidauruk, G. S. R., Mozes, N. M., Barlian, A., Balansa, W. (2025). Restorasi Mangrove Multi-Spesies dan Peran Komunitas untuk Resiliensi Pesisir Salurang. *Jurnal Mandala Pengabdian Masyarakat*. 6(2). 1094-1107. <https://doi.org/10.35311/jmpm.v6i2.768>

ABSTRAK

Ekosistem pesisir Salurang, Kabupaten Sangihe, Sulawesi Utara, menghadapi ancaman abrasi kritis yang diperparah oleh degradasi ekosistem mangrove dan kerusakan infrastruktur pelindung yang menyebabkan kerugian ekologis dan sosio-ekonomi. Salah satu strategi mitigasi adalah menerapkan rehabilitasi mangrove mono-spesies, yang telah terbukti tidak memadai dan kurang efektif untuk restorasi lingkungan jangka panjang. Keadaan ini mendorong penerapan pendekatan restorasi multi-spesies yang lebih holistik. Pengabdian kepada masyarakat kolaboratif antara ITB, Polnustar dan masyarakat Kampung Salurang ini bertujuan mengevaluasi potensi restoratif dari pendekatan multi-spesies yang pada fase ini berfokus pada kelangsungan hidup mangrove *Rhizophora apiculata* dan *Calophyllum inophyllum*. Monitoring selama 90 hari pasca-pananaman menunjukkan tingkat kelangsungan hidup *C. inophyllum* (82,48%) yang signifikan lebih tinggi dibandingkan *R. apiculata* (53,70%). Perbedaan ini diduga berhubungan erat dengan kerentanan *R. apiculata* terhadap tekanan lingkungan di muara sungai Salurang yang terdegradasi (sedimentasi, sampah, fluktuasi salinitas), sementara *C. inophyllum* di lokasi relatif terlindung menunjukkan adaptasi yang optimal. Meskipun demikian, tingkat kelangsungan hidup *R. apiculata* masih lebih baik dari beberapa inisiatif mono-spesies di beberapa tempat lain. Hasil ini juga menegaskan pentingnya alokasi spesies berdasarkan kesesuaian ekologis dan menyoroti urgensi reintroduksi spesies kunci lain seperti *Nypa fruticans* untuk meningkatkan resiliensi ekosistem. Pendekatan partisipatif melalui Focus Group Discussion (FGD) dan pelibatan masyarakat aktif dalam seluruh tahapan program telah memperkuat relevansi solusi lokal, menumbuhkan rasa kepemilikan, dan mengintegrasikan kearifan lokal dengan data ilmiah. Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini menggarisbawahi model rehabilitasi pesisir dengan yang mengintegrasikan ilmu pengetahuan, kearifan lokal, dan partisipasi komunitas dalam upaya merestorasi pesisir dan mengoptimalkan manfaat multifungsi sumber daya lokal. Ketik abstrak bahasa Indonesia di sini.

Kata kunci: Abrasi, *Calophyllum Inophyllum*, Mangrove, *Rhizophora Apiculata*, Salurang

ABSTRACT

The coastal ecosystem of Salurang, Sangihe Regency, North Sulawesi, faces critical erosion exacerbated by mangrove degradation and damage to protective infrastructure, leading to significant ecological and socio-economic losses. Past mitigation efforts, relying on mono-species mangrove rehabilitation, have proven inadequate and ineffective for long-term environmental restoration. This context necessitates a more holistic, multi-species restoration approach. This collaborative community engagement initiative, involving ITB, Polnustar, and the Salurang village community, aimed to evaluate the restorative potential of a multi-species strategy, with an initial focus on the survival of *Rhizophora apiculata* and *Calophyllum inophyllum*. Monitoring over 90 days post-planting revealed a significantly higher survival rate for *C. inophyllum* (82.48%) compared to *R. apiculata* (53.70%). This discrepancy is likely linked to *R. apiculata*'s vulnerability to environmental stressors in the degraded Salurang river estuary (sedimentation, waste, salinity fluctuations), while *C. inophyllum* demonstrated optimal adaptation in a relatively protected location. Nevertheless, the survival rate of *R. apiculata*'s surpassed some mono-species initiatives elsewhere. These findings underscore the critical importance of species allocation based on ecological suitability and highlight the urgency of reintroducing other key species, such as *Nypa fruticans*, to enhance ecosystem resilience. A participatory approach, utilizing Focus Group Discussions (FGDs) and active community involvement throughout all program stages, strengthened the relevance of local solutions, fostered a sense of ownership, and integrated local wisdom with scientific data. This community engagement activity emphasizes a coastal rehabilitation model that integrates scientific knowledge, local wisdom, and community participation in efforts to restore coastal areas and optimize the multifunctional benefits of local resources.

Keywords: abrasion, *Calophyllum inophyllum*, mangrove, *Rhizophora apiculata*, salurang

PENDAHULUAN

Ekosistem pesisir merupakan penopang vital keanekaragaman hayati dan kesejahteraan manusia tetapi perubahan iklim dan aktivitas antropogenik mengancam kelestarian ekosistem ini (He & Silliman, 2019). Abrasi menjadi salah satu ancaman paling destruktif untuk ekosistem pesisir karena fenomena erosi garis pantai ini mengakibatkan penggerusan lahan, kerusakan infrastruktur, dan degradasi fungsi ekologis (Jumadil, 2023).

Di Kampung Salurang, Kabupaten Sangihe, Sulawesi Utara, abrasi telah mencapai tingkat kritis, mengancam permukiman dan fasilitas publik, dengan garis pantai yang merangsek hingga kurang dari 50meter dari bangunan sekolah dan Puskesmas. Kondisi ini diperparah oleh kerusakan ekosistem mangrove alami yang berfungsi sebagai sabuk hijau pelindung, tingginya masukan sedimentasi dari wilayah hulu dan robohnya tanggul pelindung yang memperparah degradasi habitat pesisir di kampung ini (Kumaseh *et al.*, 2017; Rieuwpassa *et al.*, 2023, 2024).

Akibatnya adalah penurunan drastis populasi ikan dan biota laut, yang merupakan tulang punggung ekonomi masyarakat pesisir Salurang (Detik Go, 2022), menegaskan urgensi intervensi restorasi ekologis.

Upaya mitigasi abrasi secara tradisional seringkali mengandalkan pendekatan mono-spesies. Meskipun efektif pada skala tertentu (Ray *et al.*, 2024), strategi ini seringkali memperlihatkan tingkat keberhasilan rendah (Brown, 2017) dan kurang memadai dalam membangun ketahanan ekosistem secara menyeluruh terhadap dinamika pesisir yang kompleks (Ray *et al.*, 2024). Bahkan menurut Wetlands International, (2017), penanaman mangrove mono-spesies cenderung memberikan manfaat terbatas dan berpotensi menimbulkan kerugian seperti risiliensi dan daya serap karbon rendah (Rahman *et al.*, 2021).

Penanaman multi spesies atau spesies campuran, terutama jenis-jenis yang pernah tumbuh di wilayah target, menjadi salah satu alternatif terbaik untuk menjamin keberlanjutan keanekaragaman hayati dan peran ekologis ekosistem pesisir (Rahman *et al.*, 2021). Secara historis, masyarakat Salurang mengandalkan pohon nyamplung (*Calophyllum*

inophyllum) sebagai benteng pertahanan alami utama di sepanjang pantai selatan kampung ini, sebelum digantikan oleh tanggul beton satu dekade lalu. Ironisnya, infrastruktur buatan ini kini rusak parah, terbukti tidak efektif, bahkan berpotensi memperparah abrasi akibat perubahan dinamika arus.

Menyusul kolaborasi pengabdian antara SITH ITB, Polnustar dan masyarakat Salurang dalam menanam jenis *R. apiculata* (Rieuwpassa *et al.*, 2023, 2024) di bagian hilir sungai Salurang, kegiatan pengabdian kali ini juga melibatkan penanaman *C. inophyllum*. Spesies terakhir tidak hanya dikenal sebagai pelindung pantai alami yang efektif, di sepanjang pantai Kolongan Tahuna bagian utara pulau Sangihe, tetapi juga memiliki beragam manfaat multifungsi yang signifikan. Bijinya merupakan bahan baku potensial untuk biodiesel dan minyak goreng, daunnya mengandung senyawa antioksidan dan anti-inflamasi untuk pengobatan tradisional, sementara akarnya berperan dalam restorasi tanah terdegradasi (Gunawan & Hapsari, 2025).

Kandungan senyawa bioaktifnya seperti antiviral, antikanker, dan antimikroba menjadikan spesies ini bernilai tinggi untuk sektor energi, kesehatan, dan lingkungan. Potensi ini menunjukkan urgensi reintroduksi *C. inophyllum* sebagai bagian integral dari strategi rehabilitasi, tidak hanya untuk menggantikan fungsi tanggul yang gagal tetapi juga untuk merehabilitasi area muara sungai yang vegetasi mangrovenya telah terdegradasi parah.

Kegiatan pengabdian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas pendekatan multi-spesies dalam restorasi ekosistem pesisir Salurang. Secara khusus, pada fase ini kami melakukan monitoring dan analisis komparatif tingkat kelangsungan hidup serta pertumbuhan awal *R. apiculata* dan *C. inophyllum* selama 90 hari pasca-penanaman. Evaluasi ini diharapkan dapat menegaskan pentingnya alokasi spesies berdasarkan peran ekologis spesifik *R. apiculata* untuk zona intertidal dan *C. inophyllum* untuk zona supratidal yang lebih kering sebagai fondasi strategi rehabilitasi pesisir yang adaptif dan berkelanjutan.

Selain itu, kegiatan pengabdian ini mengintegrasikan pendekatan partisipatif melalui diskusi kelompok terarah (FGD),

pelibatan langsung tokoh adat, nelayan, serta kaum muda dalam penyemaian dan penanaman serta monitoring berkala. Metode ini memastikan bahwa solusi yang diusulkan relevan dengan konteks lokal dan berkelanjutan (Dharmawan et al., 2016; Sasmito et al., 2023), sekaligus menginternalisasi pengetahuan tradisional dengan data ilmiah terkini mengenai manfaat multifungsi *C. inophyllum*. Artikel ini menyajikan hasil pertumbuhan awal kedua spesies dan model pelibatan masyarakat, menunjukkan sinergi antara kearifan lokal, pelibatan masyarakat dan pendekatan ilmiah untuk menciptakan model rehabilitasi yang tangguh dan dapat direplikasi dalam mengatasi tantangan abrasi di wilayah pesisir dan mengoptimalkan potensi sumber daya pesisir lokal.

METODE

Lokasi dan Waktu Kegiatan

Kegiatan pengabdian ini dilaksanakan mulai bulan April sampai dengan November 2025 bertempat di Kampung Salurang, Kabupaten Kepulauan Sangihe, Sulawesi Utara. Tahapan kegiatan diawali pada bulan Juli yang difokuskan pada penyiapan dan penyemaian bibit. Selanjutnya, pada bulan Agustus, agenda dilanjutkan dengan kunjungan tim SITH dan Fakultas Teknik (Teknik Kelautan) ITB ke Kampus Polnustar. Kunjungan ini diisi dengan kuliah umum yang melibatkan seluruh pemangku kepentingan (Pemda Kabupaten Sangihe, Civitas Akaemika Polnustar, pemerintah kampung dan wakil warna kampung Salurang) serta pelaksanaan studi lapangan bersama.

Seluruh rangkaian kegiatan didukung penuh oleh pemerintah desa dan kelompok masyarakat Kampung Salurang. Tim pengabdian melakukan koordinasi intensif selama pelaksanaan program, khususnya dalam penentuan lokasi penanaman mangrove yang presisi serta pendampingan teknis monitoring yang difasilitasi oleh pemerintah kampung. Adapun rincian tahapan pelaksanaan kegiatan penanaman dan monitoring mangrove di Kampung Salurang adalah sebagai berikut:

Bahan dan Jumlah Bibit

Sebanyak 648 mangrove jenis *R. apiculata* yang diperoleh dari pesisir Salurang dikumpul secara bersama antara masyarakat Kampung Salurang dan Tim Polnustar. Bibit terkumpul ditanam dalam polybag secara in situ dan dibiarkan tumbuh di lokasi sekitar mangrove dekat salah satu rumah masyarakat untuk memasukan keamanan di Kampung Salurang dibiarkan tumbuh hingga jumlah daun sebanyak 5 sebelum ditanam. Untuk pohon nyemplung (*C. inophyllum*) sebanyak 137 bibit disiapkan dengan menanam bibit/buah yang jatuh dari pohon nyemplung dalam bedengan selama dua bulan hingga berdaun sebelum dilakukan penanaman.

Prosedur Penanaman Mangrove

Bibit mangrove jenis *R. apiculata* dan *C. inophyllum* ditanam pada lokasi yang berbeda. Lokasi penanaman *R. Apiculata* terletak dikawasan pesisir kampung Salurang yang terdampak kerusakan akibat abrasi. Ditanam dengan jarak ± 1 meter antara bibit dan ditopang dengan menggunakan kayu pancang/penyangga atau disebut "ajir". Fungsinya untuk menahan bibit dari terpaan ombak atau arus selama masa pertumbuhan. Lokasi penanaman dapat dilihat pada Gambar 1. Sedangkan untuk lokasi penanaman mangrove *C. inophyllum* terletak dikawasan pantai Salurang. Pemilihan tempat ini dikarenakan jenis mangrove *C. inophyllum* memiliki habitat ditempat berpasir, berbatu dan lokasi yang jarang tergenang air (Mongabay, 2017). Selain itu, mangrove ini dapat hidup pada ketinggian 200 meter diatas permukaan laut, dapat beradaptasi dengan baik di tanah berpasir dan bahkan dapat tumbuh pada lahan yang rendah unsur hara (CIFOR, 2025). Lokasi penanaman mangrove ini dapat dilihat pada Gambar 2.

Monitoring dan Parameter yang Diukur setelah penanaman, tim melakukan monitoring pada hari ke-7 dan hari ke-90 untuk memastikan pertumbuhan mangrove. Data monitoring yang diambil meliputi keberhasilan hidup (perhitungan sesuai rumus 1). Selain itu, tim juga menghitung jumlah daun sebagai indikasi pertumbuhan mangrove.

$$\% \text{ Keberhasilan hidup} = \frac{\text{Bibit yang tumbuh}}{\text{bibit yang ditanam}} \times 100\%$$



Gambar 1. Lokasi Penanaman Mangrove *R. Apiculata* di Sungai Salurang berbatasan dengan *Nypa fruticans* (A), lokasi penanaman di Sungai Salurang tampak dari kejauhan (B) dan *C. Inophyllum* di daerah pantai bagaian Timur Kampung Salurang (C).

ANALISIS DATA

Data keberhasilan hidup disajikan dalam bentuk tabel, sedangkan dokumentasi kegiatan disajikan dalam bentuk gambar, kemudian dibahas secara deskriptif sesuai dengan kondisi aktual dan dibandingkan dengan hasil-hasil penelitian atau kegiatan pengabdian yang serupa.

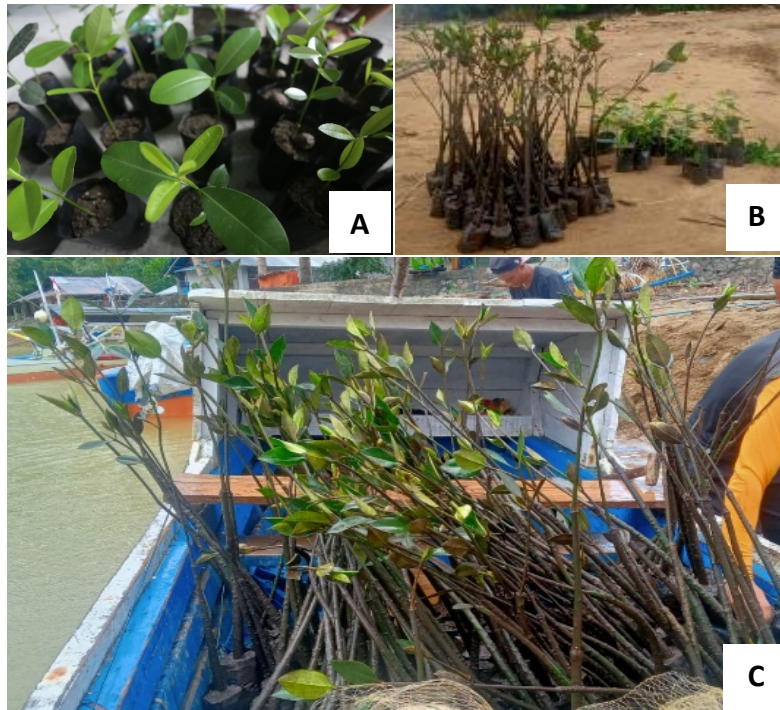
HASIL DAN PEMBAHASAN

Melanjutkan sinergi SITH ITB dan Polnustar sejak 2020, kegiatan pengabdian tahun ini memperluas cakupan restorasi dari *R. apiculata* ke multispecies (Nyamplung dan *Nypa fruticans*) serta melibatkan Fakultas Teknik ITB (Bidang *Coastal Engineering*) untuk penerapan teknologi talud hibrida. Berdasarkan hasil FGD dan survei lapang, disepakati tiga *output* utama pembahasan: (1) penentuan jenis dan lokasi tanam yang presisi sesuai zonasi, (2) komitmen monitoring reguler oleh masyarakat bersama tim Polnustar, serta (3) rencana tindak lanjut

pembangunan talud hibrida dan studi batimetri. Sinergi ini diimplementasikan melalui kolaborasi peran terintegrasi antara SITH ITB, Fakultas Teknik ITB, Polnustar, dan masyarakat Salurang pada kegiatan persiapan, penanaman, serta monitoring yang diuraikan secara detail sebagai berikut.

Persiapan Penanaman

Tim melakukan komunikasi dengan pihak pemerintah Kampung Salurang untuk memastikan lokasi dan waktu penanaman mangrove. Setelah lokasi dan waktu telah ditentukan, tim dibantu kelompok masyarakat memulai pemindahan bibit-bibit mangrove yang telah siap untuk di tanam. Diketahui bahwa bibit-bibit ini telah disemai selama ± 3 bulan dan memiliki jumlah daun berkisar 2-4 helai untuk jenis *R. Apiculata* dan 4-8 helai untuk jenis *C. Inophyllum*. Ini mengindikasikan bahwa bibit cukup sehat dan siap untuk ditanam (Rieuwpassa *et al.*, 2024).



Gambar 3. Bibit-bibt mangrove yang siap untuk di tanam; bibit *C. inophyllum* (A); bibit *R. apiculata* dan bibit *C. inophyllum* (B); *R. apiculata* (C) siap tanam.

Pandangan ini sejalan dengan laporan dari Yona *et al.*, (2018) dan Fitria *et al.*, (2020) yang mengemukakan bahwa bibit mangrove yang sudah disemai dan berumur 2-3 bulan sudah dapat dipindahkan ke alam. Selain itu, Miyakawa, et al., (2014) memperkuat pandangan ini dengan mengatakan bahwa mangrove yang sehat dan siap ditanam memiliki sepasang daun (2 helai daun) dan tinggi ≥ 50 cm. Pada kegiatan pengabdian ini, bibit mangrove jenis *R. Apiculata* yang siap ditanam berjumlah 648 bibit sedangkan jenis mangrove *C. inophyllum* yang siap ditanam berjumlah 137 bibit (Gambar 3).

Penanaman Mangrove

Rehabilitasi ekosistem mangrove di muara Sungai Salurang merupakan upaya krusial, mengingat tingkat kerusakan parah yang diakibatkan oleh aktivitas penambangan sejak tahun 1980-an (Lumbanrau, 2021). Kerusakan ini, yang ditandai dengan sedimentasi tinggi (Kumaseh *et al.*, 2017), telah secara signifikan mengubah struktur dan fungsi ekosistem, khususnya hilangnya sebagian besar populasi *R. apiculata* dan *Nypa fruticans* (Gambar 4).



Gambar 4. Kegiatan penanaman Mangrove *R. apiculata* di Sungai Salurang oleh Tim SITH ITB dan Polnustar (A-B), Pemuda Kampuang Salurang (C) dan Tim Anemon (D).

Oleh karena itu, pemilihan lokasi di muara Sungai Salurang adalah langkah strategis yang didasarkan pada dua pertimbangan utama yaitu tingkat keparahan kerusakan ekologis dan kesesuaian ekologis untuk spesies target (Gambar 4). Pertama, lokasi ini menunjukkan kerusakan mangrove terparah, menjadikannya prioritas tinggi untuk intervensi rehabilitasi. Pendekatan ini konsisten dengan prinsip ekologi restorasi yang menekankan pada pemulihan area yang paling terdegradasi untuk memaksimalkan dampak positif dan layanan ekosistem. Kedua, pemilihan spesies *R. apiculata* didasarkan pada bukti historis bahwa spesies ini pernah mendominasi area tersebut. Keberhasilan rehabilitasi mangrove sangat bergantung pada kesesuaian lokasi dan pemilihan spesies yang tepat, sebagaimana ditekankan oleh Wetlands International (2017). Penanaman spesies mangrove yang tidak sesuai dengan kondisi habitat asli dapat menyebabkan kegagalan restorasi, bahkan berpotensi menimbulkan dampak negatif seperti penghambatan aliran sedimen dan air, yang justru memperburuk kondisi ekosistem (Wetlands International, 2017). Jadi, penanaman *R. apiculata* di lokasi ini

adalah pendekatan yang memiliki landasan ekologis kuat.

Pendekatan rehabilitasi serupa juga telah kami coba terapkan melalui reintroduksi *C. inophyllum* di pesisir Kampung Salurang. Pemilihan spesies ini didasarkan pada kombinasi data empiris dari masyarakat lokal dan informasi ilmiah yang relevan. Berdasarkan survei partisipatif dengan masyarakat Kampung Salurang, diketahui bahwa *C. inophyllum* secara historis tumbuh subur di bagian selatan dan timur pantai, area yang tidak terpengaruh oleh fluktuasi pasang surut air laut dan relatif bebas dari akumulasi sampah.

Informasi ini selaras dengan karakteristik ekologis *C. inophyllum* yang dijelaskan dalam literatur ilmiah, yaitu kemampuannya untuk tumbuh optimal di pantai berpasir dan berbatu, serta keberadaannya yang umum di hutan dataran rendah dekat pesisir (Orwa *et al.*, 2009). Kesesuaian antara observasi lokal dan data ilmiah ini mengindikasikan bahwa lokasi penanaman yang dipilih memiliki kondisi lingkungan yang mendukung keberhasilan adaptasi dan pertumbuhan *C. inophyllum*.



Gambar 5. Penanaman bibit Mangrove *C. inophyllum* oleh perangkat Kampung Salurang (A) dan masyarakat Biasa (B)

Reintroduksi *C. inophyllum* bukan hanya bertujuan untuk rehabilitasi fisik, namun juga didasarkan pada beragam manfaat ekologis dan socio-ekonomi yang signifikan. Spesies ini dikenal memiliki potensi sebagai bahan baku biodiesel dari bijinya (Arumugam & Ponnusami, 2019), sumber bahan obat tradisional dari buahnya (Abbas *et al.*, 2021), serta perannya

dalam restorasi tanah terdegradasi (Gunawan & Hapsari, 2025). Potensi multifungsi ini menjadikan *C. inophyllum* bernilai tinggi untuk mendukung sektor energi, kesehatan, dan lingkungan. Oleh karena itu, reintroduksi *C. inophyllum* merupakan strategi rehabilitasi integral yang mendesak, tidak hanya untuk menggantikan fungsi tanggul alami yang

mungkin telah terdegradasi, tetapi juga untuk secara komprehensif merehabilitasi area muara sungai yang vegetasi mangrovenya telah mengalami kerusakan parah. Untuk memberikan konteks potensi perlindungan dari jenis ini untuk wilayah pesisir, Gambar 6 yang diambil belum lama ini di pantai Kolongan

Tahuna Kabupaten Sangihe Sulawesi Utara, memperlihatkan dampak abrasi yang kemungkinan jauh lebih parah di pesisir Kolongan tanpa perlindungan dari *C. inophyllum*. Ini membuktikan relevansi introduksi *C. inophyllum* di pesisir Salurang.



Gambar 6. Peran perlindungan *C. inophyllum* di pesisir pantai Kolongan Tahuna yang tanpanya abrasi kemungkinan jauh lebih parah.

Monitoring

Monitoring pasca-penanaman merupakan fase krusial dalam siklus rehabilitasi mangrove, esensial untuk memitigasi kegagalan dan mengoptimalkan luaran kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini. Dalam inisiatif ini, monitoring dilaksanakan pada dua interval waktu kritis: 7 hari setelah penanaman untuk mendeteksi mortalitas dini dan memungkinkan penggantian bibit secara cepat, serta 90 hari pasca-penanaman untuk mengevaluasi tingkat kelangsungan hidup jangka menengah.

Pendekatan ini secara strategis melibatkan partisipasi aktif masyarakat lokal dan pemerintah desa (Gambar 7). Keterlibatan komunitas adalah pilar penting, mengingat kurangnya partisipasi masyarakat seringkali menjadi faktor pembatas keberhasilan upaya rehabilitasi mangrove di Indonesia (Dharmawan *et al.*, 2016). Integrasi komunitas dalam proses monitoring tidak hanya meningkatkan akuntabilitas tetapi juga menumbuhkan rasa kepemilikan, yang vital untuk keberlanjutan program.

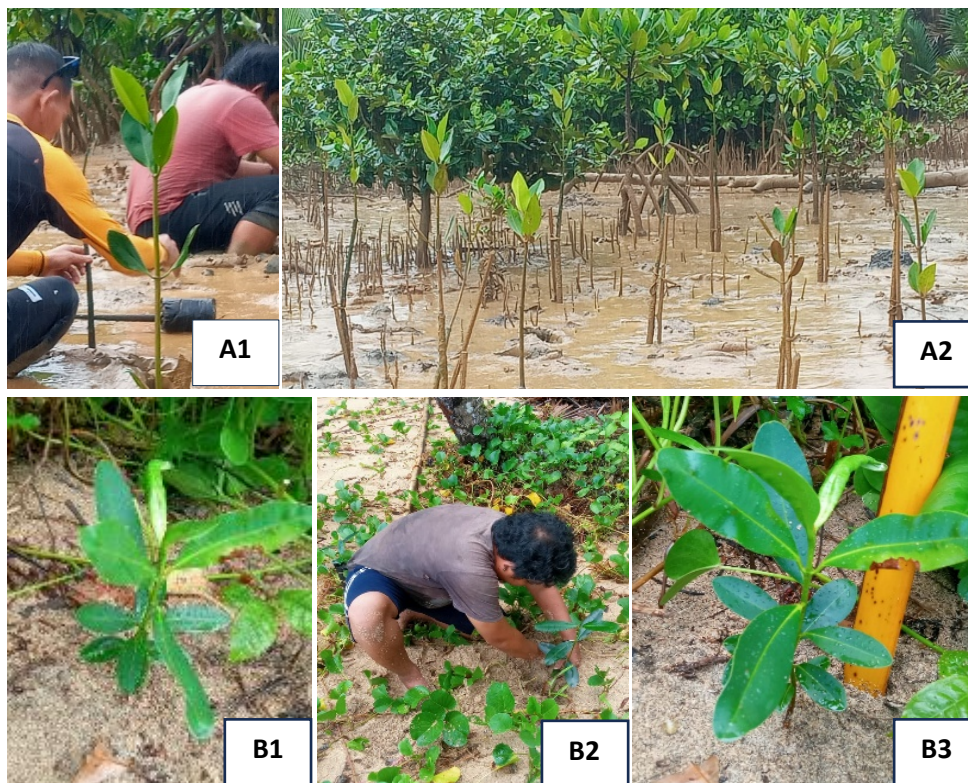
Analisis data kelangsungan hidup 90 hari pasca-penanaman mengungkapkan perbedaan signifikan antara spesies *R. apiculata* dan *C. inophyllum*. Dari total 648 bibit *R. apiculata* yang ditanam, hanya 348 bibit (53.70%) yang bertahan hidup. Sebaliknya, *C. inophyllum*

menunjukkan tingkat kelangsungan hidup yang jauh lebih superior, mencapai 82.48% (Tabel 1). Secara kuantitatif, *C. inophyllum* memiliki probabilitas kelangsungan hidup sekitar 1.5 kali lebih tinggi dibandingkan *R. apiculata*.

Perbedaan ini secara tegas mengindikasikan bahwa faktor lingkungan mikro lokasi penanaman memegang peranan krusial dalam menentukan keberhasilan adaptasi kedua spesies mangrove itu. Meskipun kedua jenis mangrove ini ditanam di habitat historisnya, alokasi spasial spesifik mereka bervariasi. *C. inophyllum* ditempatkan di zona litoral yang lebih terlindung, relatif jauh dari fluktuasi pasang surut ekstrem dan minim paparan berbagai gangguan antropogenik secara langsung. Sebaliknya, *R. apiculata* ditanam langsung di muara Sungai Salurang, sebuah lokasi yang secara inheren lebih rentan terhadap dampak negatif dari serangkaian tekanan. Tekanan tersebut meliputi akumulasi sampah, tingginya sedimentasi, dan potensi kontaminasi efluen kimia dari aktivitas pertambangan rakyat (Kumaseh *et al.*, 2017; Rieuwpassa *et al.*, 2023, 2024). Meskipun dugaan kontaminasi kimia masih memerlukan investigasi lebih lanjut, dampak gabungan dari faktor-faktor ini diduga kuat menghambat pertumbuhan *R. apiculata*.

Tabel 1. Data Keberhasilan Hidup Mangrove

Jenis Mangrove	0 Hari	90 Hari	%
<i>Rhizophora apiculata</i>	648	348	53,70
<i>Calophyllum inophyllum</i>	137	125	82,48



Gambar 7. Kegiatan monitoring mangrove *R. apiculata* oleh Tim Anemon (A1-A2) dan *C. inophyllum* yang ditanam maupun oleh masyarakat Salurng maupun yang sudah tumbuh (B1-B3)

Selanjutnya, lokasi penanaman *R. apiculata* di hilir sungai menempatkannya pada risiko tinggi terhadap variasi salinitas yang drastis dan fluktuasi pasang surut. Studi oleh (Labuga *et al.*, 2023) menguatkan argumen ini, menegaskan bahwa meskipun mangrove memiliki toleransi terhadap salinitas, perubahan salinitas yang ekstrem dan tidak konsisten di luar rentang toleransi optimal dapat berakibat fatal bagi bibit.

Selain itu, degradasi ekosistem yang telah berlangsung lama di area penanaman *R. apiculata* telah mengakibatkan kondisi minim unsur hara. Kondisi ini, seperti ditunjukkan oleh (Syahrial *et al.*, 2018), memicu kompetisi intraspesifik yang intens dan mereduksi kapasitas adaptasi populasi *R. apiculata*, secara kolektif berkontribusi pada tingkat kelangsungan hidup yang lebih rendah.

Meskipun menghadapi tantangan lingkungan, tingkat kelangsungan hidup *R.*

apiculata sebesar 53.70% di Salurang masih relatif lebih tinggi dibandingkan dengan banyak upaya rehabilitasi *Rhizophora* mono-spesifik di lokasi lain. Fenomena ini relevan mengingat laporan (Ray *et al.*, 2024) yang menyoroti kurangnya publikasi hasil rehabilitasi mangrove secara global. Kasus-kasus kegagalan signifikan telah didokumentasikan, seperti di Filipina, di mana penanaman genus *Rhizophora* tunggal seringkali menghasilkan tingkat kelangsungan hidup serendah 10-20% (Brown, 2017).

Demikian pula, proyek rehabilitasi *Rhizophora* bernilai US\$13 juta di Pakistan hanya berhasil merehabilitasi 200-220 hektar dari target 1000-1200 hektar (sekitar 16-22%), menunjukkan efektivitas yang sangat rendah. (Ray *et al.*, 2024) mengemukakan bahwa model penanaman mono-spesifik seperti ini cenderung mengabaikan kompleksitas habitat dan diversitas spesies, elemen krusial untuk





memperkuat fungsi ekosistem yang terdegradasi.

Reintroduksi *Nypa fruticans*

Sebaliknya, strategi penanaman multi-spesies terbukti memberikan manfaat ekologis lebih beragam dan berkelanjutan (Rahman *et al.*, 2021; Ray *et al.*, 2024). Oleh karena itu, meskipun upaya rehabilitasi *R. apiculata* di Salurang menunjukkan capaian kelangsungan hidup lebih baik dari beberapa inisiatif sejenis, potensi keberhasilannya kemungkinan besar masih dapat ditingkatkan misalnya melalui reintroduksi *Nypa fruticans* secara simultan. Muara Sungai Salurang secara historis merupakan habitat asli bagi kedua spesies, *R. apiculata* dan *Nypa fruticans*. Reintroduksi ini akan mengembalikan keanekaragaman spesies yang, seperti disebutkan sebelumnya, esensial untuk meningkatkan resiliensi ekosistem,

memperkaya struktur habitat yang kompleks, dan mengoptimalkan penyediaan berbagai layanan ekosistem. Sebagai contoh, *Nypa fruticans* memainkan peran vital dalam stabilisasi sedimen di zona intertidal dengan salinitas lebih rendah dan menyediakan habitat spesifik bagi berbagai biota. Selain fungsi ekologis pentingnya, jenis mangrove ini juga bisa, mengingat konsistensi laporan yang menunjukkan rendahnya keberhasilan rehabilitasi *Rhizophora* mono-spesies (Brown, 2017; Rahman *et al.*, 2021; Ray *et al.*, 2024), kajian lanjut mengenai implementasi penanaman *Nypa fruticans* bersamaan dengan *R. apiculata* menjadi esensial. Pendekatan ini bukan hanya untuk mencapai tujuan rehabilitasi yang lebih komprehensif, tetapi juga untuk memastikan keberlanjutan ekosistem mangrove di muara Sungai Salurang dalam jangka panjang,

Tabel 2. Jumlah daun masing-masing mangrove

Jenis Mangrove	Jumlah Daun	
	Hari ke-0	Hari ke-90
<i>Rhizophora apiculata</i>	 <p>2-4 daun</p>	 <p>6-8 daun</p>
<i>Calophyllum inophyllum</i>	 <p>4-8 daun</p>	 <p>8-16 daun</p>

Berbeda dengan *R. apiculata*, *C. inophyllum* menunjukkan tingkat kelangsungan hidup yang sangat baik, mencapai 82.5% di pesisir Salurang. Keberhasilan ini dapat didistribusikan pada lokasinya yang relatif terlindung dari gangguan antropogenik, fluktuasi pasang surut ekstrem, dan kondisi lahan terdegradasi atau keasaman tinggi (Leksono *et al.*, 2021). Adaptasi spesies ini terhadap habitat yang stabil terbukti efektif. Meskipun demikian, angka ini sedikit lebih rendah dibandingkan studi Mangopang &

Prasetyawati (2015) yang melaporkan tingkat kelangsungan hidup *C. inophyllum* mencapai 88.14% di pesisir pantai Selayar. Perbandingan ini mengindikasikan bahwa sementara *C. inophyllum* adalah kandidat kuat untuk rehabilitasi di zona litoral yang stabil, optimalisasi kondisi penanaman tetap krusial untuk mencapai potensi kelangsungan hidup maksimum.

Di samping evaluasi kelangsungan hidup, pengukuran pertumbuhan vegetatif melalui perhitungan jumlah daun juga menjadi

parameter penting untuk menilai kesehatan dan vitalitas bibit mangrove. Hasil observasi awal menunjukkan daun-daun dari kedua jenis mangrove tumbuh dengan baik. Secara metodologis, perhitungan jumlah daun berfungsi sebagai indikator relevan untuk kesehatan fisiologis mangrove (Kusmana & Rifana, 2023), mencerminkan efektivitas ekosistem dan laju pertumbuhan biomassa (Primantara *et al.*, 2019), serta menjadi salah satu kriteria penentu keberhasilan upaya rehabilitasi (Makaruku & Aliman, 2019).

Studi-studi sebelumnya telah mengkonfirmasi bahwa peningkatan jumlah daun berkorelasi positif dengan laju fotosintesis, akumulasi biomassa, dan ketahanan terhadap stres lingkungan (Waruwu *et al.*, 2024; Weraduwage *et al.*, 2015). Peningkatan jumlah daun juga mengindikasikan kemampuan bibit untuk beradaptasi dengan kondisi tapak baru dan menunjukkan kapasitasnya untuk berkontribusi pada struktur dan fungsi ekosistem yang direhabilitasi.

Sebagai contoh, pertumbuhan daun yang subur sering dihubungkan dengan serapan nutrisi yang optimal dan kemampuan tumbuhan untuk menahan tekanan abiotik seperti salinitas atau kekeringan sementara (Dullah, 2019). Dengan demikian, data pertumbuhan jumlah daun (Tabel 2) memberikan pengetahuan kuantitatif mengenai dinamika pertumbuhan individual dan prospek jangka panjang dari bibit-bibit yang berhasil bertahan hidup.

Pelibatan Masyarakat dalam Forum Group Discussion

Selanjutnya, rehabilitasi ekosistem mangrove yang efektif juga memerlukan pemahaman mendalam tentang konteks ekologis dan sosial-ekonomi lokal. Di Kampung Salurang, pendekatan Focus Group Discussion (FGD) telah terbukti menjadi instrumen krusial untuk mengumpulkan informasi vital dan mengintegrasikan perspektif berbagai pemangku kepentingan. Dialog komprehensif ini melibatkan tetua adat dan aparat pemerintah setempat, memastikan bahwa setiap pandangan dan permasalahan spesifik terkait rehabilitasi pesisir terartikulasi dengan jelas (Gambar 8).

Diskusi dalam FGD mencakup pertukaran informasi teknis yang membumi, hasil observasi lapangan dari tim peneliti, serta anekdot dan kearifan lokal. Integrasi data kualitatif dan kuantitatif ini sangat esensial untuk mengidentifikasi isu-isu prioritas yang holistik, tidak hanya dari sudut pandang ilmiah tetapi juga relevan dengan kebutuhan komunitas.

Melalui FGD ini, tim pengabdian dari Sekolah Ilmu dan Teknologi Hayati (SITH) dan Fakultas Teknik ITB dan Politeknik Negeri Nusa Utara (Polnustar) berhasil mengidentifikasi parameter kunci untuk kegiatan rehabilitasi. Ini mencakup penentuan kuantitas, jenis, lokasi penanaman, serta metode peningkatan kualitas pertumbuhan mangrove yang akan direhabilitasi. Lebih dari itu, diskusi juga mempertimbangkan potensi organisme laut yang dapat dibudidayakan secara berkelanjutan, mengintegrasikan aspek ekologi dan ekonomi dalam program. Tujuan utama program ini adalah mengatasi ancaman abrasi pesisir di Salurang yang diperparah oleh berbagai faktor. Hasil FGD menyoroti isu krusial seperti intrusi air laut yang semakin jauh ke pemukiman saat pasang tinggi sebuah fenomena yang juga diamati di Pulau Beeng Laut yang berhadapan langsung dengan Kampung Salurang.

Fenomena ini, bersama dengan indikasi kenaikan permukaan air laut, memperkuat dugaan dampak perubahan iklim global yang kini mengancam Kepulauan Sangehe (Limbengpiah, 2020). Menanggapi tantangan ini, forum FGD berhasil memunculkan solusi kreatif dan inovatif, seperti pembangunan talud hibrida menggunakan biobag (salah satu teknologi terkini ITB) untuk mengatasi kerusakan tanggul pelindung yang akan didukung oleh kajian batimetri oleh Polnustar, sebuah pendekatan kolaboratif yang mendukung keberlanjutan lingkungan pesisir dan meminimalkan jejak ekologis yang akan menjadi fokus laporan kegiatan pengabdian kepada masyarakat kolaboratif antara SITH ITB dan Polnustar berikutnya.

Fasilitasi dialog semacam ini tidak hanya memungkinkan tim untuk mengembangkan resolusi yang relevan dan kreatif, tetapi juga secara fundamental membangun komunikasi yang lebih baik, menumbuhkan kepercayaan,

serta meningkatkan rasa kepemilikan masyarakat terhadap keberhasilan program rehabilitasi. Program ini menjadi model kolaborasi multidisiplin yang kuat antara

akademisi dan masyarakat lokal, sebuah sinergi esensial untuk mencapai tujuan rehabilitasi ekosistem mangrove yang komprehensif, efektif, dan berkelanjutan



Gambar 8. Kegiatan Forum Group Discussion (FGD) di Kampung Salurang; pembukaan oleh Perangkat Kampung (A1), identifikasi masalah oleh Tim ITB (A2), diskusi antara masyarakat Salurang, tim ITB dan Polnustar (A3-A5), penutupan kegiatan di halaman Kantor Kapitalaung (Kepala Kampung) Salurang (A6)

Penyelenggaraan FGD ini mencerminkan komitmen tim pengabdian untuk memastikan keberhasilan program pengabdian kepada masyarakat. Hal ini dilandasi oleh kesadaran empiris bahwa banyak kegagalan dalam kegiatan rehabilitasi mangrove di Indonesia disebabkan oleh kurangnya penelitian atau kajian mendalam serta minimnya keterlibatan aktif masyarakat di tingkat akar rumput (Dharmawan *et al.*, 2016). Dengan demikian, pendekatan partisipatif ini tidak hanya meningkatkan peluang keberhasilan kegiatan pengabdian, tetapi juga memberdayakan masyarakat sebagai agen perubahan yang proaktif dalam menjaga dan memulihkan lingkungan mereka,

KESIMPULAN

Restorasi pesisir Salurang melalui pendekatan multi-spesies dan partisipasi

komunitas menunjukkan kemajuan berarti. Observasi di lapangan menunjukkan dua jenis spesies mangrove *C. inophyllum* memperlihatkan tingkat kelangsungan hidup superior yang ditumbuhkannya di zona terlindung dibandingkan *R. apiculata* di area muara Sungai Salurang yang terdegradasi. Hasil ini menggarisbawahi pentingnya penyesuaian spesies dengan kondisi ekologis spesifik, sekaligus menekankan pentingnya integrasi spesies kunci lain di Sungai Salurang dan inovasi teknologi seperti talud hibrida dan dengan dukungan data batimetri untuk mendukung restorasi pesisir Salurang secara holistik.

Pendekatan partisipatif dan pemantauan berbasis bukti ilmiah juga menjadi pilar keberlanjutan, menciptakan sinergi antara ilmu pengetahuan yang dimotori kearifan lokal. Model ini diharapkan tidak hanya akan menjadi

pendekatan efektif dalam membangun ekosistem pesisir yang tangguh dan adaptif, tetapi juga memberdayakan masyarakat, menjadikannya prototipe restorasi holistik dan dapat direplikasi untuk tantangan restorasi pesisir di wilayah lain.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim pengabdian menyampaikan ucapan terima kasih kepada LPPM ITB melalui Pendanaan Pengabdian Kepada Masyarakat Tahun 2025. Disampaikan juga terima kasih kepada Pemerintah, Tokoh Masyarakat dan Para Pemuda Kampung Salurang yang telah menjadi bagian dari kegiatan ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Herjumes Aatjin, Christian Manansang dan Steward Makawekes serta Pencinta Alam Anemon Polnustar yang telah membantu dilapangan selama kegiatan pengabdian ini. Semoga kegiatan ini bermanfaat bagi kita sekalian.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbas, J. A., Minarti, M., & Artanti, N. (2021). Antioxidant and antidiabetes activity from the fruit shell of *Calophyllum inophyllum*. *Jurnal Kimia Terapan Indonesia*, 23(2). <https://doi.org/10.14203/inajac.v23i2.508>
- Arumugam, A., & Ponnusami, V. (2019). Biodiesel production from *Calophyllum inophyllum* oil a potential non-edible feedstock: An overview. *Renewable Energy*, 131, 459–471. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.07.059>
- Brown, B. (2017). (2017). Ecological rehabilitation in mangrove systems: The evolution of the practice and the need for strategic reform of policy and planning. In *In Routledge Handbook of Ecological and Environmental Restoration (eds Allison, S. K. & Murphy, S. D.) 295–311 (Routledge, 2017)*. (Vol. 311, p. 2017).
- CIFOR. (2025). ENERGI DARI HUTAN: *Calophyllum inophyllum* (pohon Tamanu). *CIFOR, September, 2025*.
- Detik, G. (2022). Tradisi melombo kahekuang merupakan destinasi wisata bahari dan kuliner kampung salurang. *Detikgo*, 11(1), 1–14.
- Dharmawan, B., Böcher, M., & Krott, M. (2016). The failure of the mangrove conservation plan in Indonesia: Weak research and an ignorance of grassroots politics. *Ocean and Coastal Management*, 130, 250–259. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2016.06.019>
- Dullah, I. (2019). *Stres Abiotik dan Biofertilizer pada Tanaman Pereskia Bleo (Kunth) Dc. Terhadap Pertumbuhan, Kandungan Prolin dan Antioksidan*.
- Fitria, L., Fitrianiingsih, Y., & Jumiati, J. (2020). Penerapan Teknologi Penanaman Mangrove Di Kabupaten Mempawah Provinsi Kalimantan Barat, Indonesia. *Panrita Abdi - Jurnal Pengabdian Pada Masyarakat*, 4(2), 126. <https://doi.org/10.20956/pa.v4i2.7613>
- Gunawan, S., & Hapsari, S. (2025). Phytochemistry and Biological Activities of *Calophyllum inophyllum*. In *Bioactive Compounds in Mangroves and their Associates* (Vol. 11, Issue 1, pp. 1–14).
- He, Q., & Silliman, B. R. (2019). Climate Change, Human Impacts, and Coastal Ecosystems in the Anthropocene. *Current Biology*, 29(19), R1021–R1035. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2019.08.042>
- Jumadil, T. A. (2023). Analisis Mitigasi Bencana Abrasi Pada Wilayah Pantai Galesong Kabupaten Takalar. *Sensistek*, 6(2), 237–241.
- Kumaseh, E. I., Kaim, M. A., & Tatontos, Y. V. (2017). Laju Sedimentasi di Perairan Kampung Salurang Kabupaten Kepulauan Sangihe. *Jurnal Ilmiah Tindalung*, 3(2), 49–54. <http://www.e-journal.polnustar.ac.id/jit/article/view/100>
- Kusmana, C., & Rifana, H. zaky. (2023). Evaluation of the Growth of Mangrove Seedlings as a Result of Restoration at Pulau Rambut Wildlife Reserve, Kepulauan Seribu. *Jurnal Silvikultur Tropika*, 14(02), 119–125.
- Labuga, F., Kandowanko, N. Y., & Baderan, D. W. K. (2023). Analisis Tingkat Keberhasilan Rehabilitasi *Rhizophora apiculata* di Kawasan Mangrove Manawa, Kabupaten Pohuwato, Gorontalo. *Journal of Marine Research*, 12(4), 647–654. <https://doi.org/10.14710/jmr.v12i4.38630>
- Leksono, B., Sukartiningih., Windyarini, E., Adinugraha, H. A., Artati, Y., Kwon, J., & Baral, H. (2021). CHAPTER 9: Growth

- performance of *Calophyllum inophyllum* in bioenergy trial plots in Bukit Soeharto Forest, East Kalimantan. In *Earth Environ. Sci* (Vol. 4, Issue 1, p. 6).
- Limbengpiah, S. (2020). Kepulauan Terpencil dan Perubahan Iklim: Sebuah Kisah dari Kepulauan Sangihe, Indonesia. *Newnaratif*, September, 2025.
- Lumbanrau, R. (2021). Rencana Pertambangan Emas Sangihe: Wawancara Pemilik Pt Tms, Mulai Dari Burung Endemik Terancam Punah, Kerusakan Lingkungan, Hingga Kematian Helmud Hontong. *BBC News*, 11(1), 1–14.
- Makaruku, A., & Aliman, R. (2019). Mangrove Di Desa Piru Kecamatan Seram Barat Kabupaten Seram Bagian Barat Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Seram Bagian Barat, Maluku, Program Studi Ilmu Lingkungan, Institut Teknologi Yogyakarta Analisis Of Success Rate Of Mangrove Rehabilitation In Pi. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, 19(2), 1–17. <https://journal.ity.ac.id/index.php/JRL/article/view/2>
- Mangopang, A. D., & Prasetyawati, C. A. (2015). Pertumbuhan Awal Nyamplung (*Calophyllum inophyllum*) Pada Beberapa Kedalaman Lubang Tanam Di Pesisir Pulau Selayar. *Jurnal Hutan Tropis*, 3(1), 32–38.
- Miyakawa, H., Rujito, A. S., Sarno, Agus, P., Alex, R., Allan, R., Anindya, I., Christina, M., Darsono, Desitarani, Een, S., Heron, S., Hiroaki, O., Hiroyuki, S. H. T., Larasati, S., Jefry, S., Marlenni, H., Mudi, Y., Munandar, & Zulkifli, I. (2014). Panduan Teknis Restorasi di Kawasan Konservasi, Ekosistem Mangrove Lahan Bekas Tambak. In *JICA Project* (Vol. 11, Issue 1).
- Mongabay. (2017). Mangrove Camplung yang Meneduhkan Pantai Samuh. *Mongabay*, September, 2025.
- Orwa, C., Mutua, A., Kindt, R., J., Amnadass, R., & Simons, A. (2009). Agroforestry Database: a tree reference and selection guide version 4.0. World Agroforestry Centre, Kenya. In *World Agroforestry Centre* (Vol. 11, Issue 1, pp. 1–14). https://www.worldagroforestrycentre.org/Portals/0/Files/Pubs/Agroforestry_Database.pdf
- Primantara, I. K., Darmadi, A. A. K., & Ginantra, I. K. (2019). Pertumbuhan Beberapa Jenis Bibit Tanaman Mangrove Sebagai Bibit Siap Tanam Di Balai Karhutla Wilayah Jawa Bali Nusa Tenggara. *Simbiosis*, 7(1), 6. <https://doi.org/10.24843/jsimbiosis.2019.v07.i01.p02>
- Rahman, M. M., Zimmer, M., Ahmed, I., Donato, D., Kanzaki, M., & Xu, M. (2021). Co-benefits of protecting mangroves for biodiversity conservation and carbon storage. *Nature Communications*, 12(1), 1–9. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-24207-4>
- Ray, K., Basak, S. K., Giri, C. K., Kotal, H. N., Mandal, A., Chatterjee, K., Saha, S., Biswas, B., Mondal, S., Das, I., Ghosh, A., Bhadury, P., & Joshi, R. (2024). Ecological restoration at pilot-scale employing site-specific rationales for small-patch degraded mangroves in Indian Sundarbans. *Scientific Reports*, 14(1), 1–23. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-63281-8>
- Rieuwpassa, F. J., Wibowo, I., Choesin, D. N., Gansalangi, F., Tomaso, A. M., Sambeka, Y., Nursatya, S. M., Wibowo, A., & Balansa, W. (2024). Restorasi Mangrove Berbasis Komunitas Pesisir: Penyemaian, Monitoring, Dan Tantangan Ekologi. *Jurnal Ilmiah Tatengkorang: Pengabdian Kepada Masyarakat*, 8(2), 50–66.
- Rieuwpassa, F. J., Wibowo, I., Tanod, W. A., Palawe, J. F. P., Cahyono, E., Wodi, S. I. M., Ansar, N. M., Pumpente, O. I., Tomaso, A. M., Manurung, U. N., Kumaseh, E. I., Lungary, F. F., Aatjin, H., Manansang, C. A., Makawekes, S. I., Barlian, A., & Balansa, W. (2023). Pemberdayaan Masyarakat Melalui Kegiatan Pembibitan dan Penanaman Mangrove di Pantai Salurang, Kepulauan Sangihe. *Wikrama Parahita: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 7(1), 69–74. <https://doi.org/10.30656/jpmwp.v7i1.5336>
- Sasmito, S. D., Basyuni, M., Kridalaksana, A., Saragi-Sasmito, M. F., Lovelock, C. E., & Murdiyarso, D. (2023). Challenges and opportunities for achieving Sustainable Development Goals through restoration of Indonesia's mangroves. *Nature Ecology & Evolution*, 2(4), 31–41.
- Syahrial, Bengen, D. G., Prarsono, T., & Amin, B. (2018). Kondisi Kesehatan dan Variasi Spasial Karakteristik Populasi *Rhizophora apiculata* Pada Kawasan Industri Perminyakan dan Non Industri Di Provinsi

- Riau (Health Conditions and Spatial Variations in *Rhizophora apiculata* Population Characteristics in the Petr. *Jurnal Perikanan Dan Kelautan*, 8, 126-143.
- Waruwu, A. L., Mendrofa, H. K., Tafonao, F., Gulo, N. O., Zai, M. L. F., Waruwu, P. Z. F., Gulo, P. C. D., & Zebua, H. P. (2024). Pengaruh Variasi Intesitas Cahaya Terhadap. *Jurnal Ilmu Pertanian Dan Perikanan*, 01 (02), 262-269.
- Weraduwage, S. M., Chen, J., Anozie, F. C., Morales, A., Weise, S. E., & Sharkey, T. D. (2015). The relationship between leaf area growth and biomass accumulation in *Arabidopsis thaliana*. *Frontiers in Plant Science*, 6(APR), 1-21. <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00167>
- Wetlands, I. (2017). *Experts draw attention to a successful method of mangrove regeneration on International Mangrove Day*. *Wetlands Internasional*.
- Yona, D., Hidayati, N., Sari, S. J. J., Amar, I. N., & Sesanty, K. W. (2018). Teknik Pembibitan dan Penanaman Mangrove di Banyuurip Mangrove Center. *Jurnal Pengabdian Masyarakat J-DINAMIKA*, 3(1), 1-4.