

**SOSIALISASI PENGGUNAAN *BIOMATHEMATICS* DALAM MENCEGAH
ABRASI DENGAN MEMPERTIMBANGKAN PENANAMAN POHON
MANGROVE DI PANTAI SUJONO BATU BARA**

**Sisca Sri Dewi Saragih^{1*}, Lola Zeramenda Br. Tarigan²,
M. Iqbal Haitame Tambunan², Nayla Aiwina Putri¹**
¹Pendidikan Matematika, Universitas Royal
²Pendidikan Biologi, Universitas Royal
*email: *siscasridewi29@gmail.com*

Abstrak: Problems such as abrasion often make the community alert. This problem is often caused directly by the community itself. The community often forgets or does not know that there are things that can prevent this from happening, such as planting mangrove trees. Therefore, socialization is needed through data by creating a BioMathematics model so that the community can see a simulation of a real phenomenon so that the community is more aware of maintaining and caring for it. This article was done by first modeling the phenomenon that occurs with BioMathematics modeling, then looking for the equilibrium point, Basic Reproduction Number, Stability Theorem, and Numerical Simulation. So that from the model, it can be socialized how to describe a phenomenon and conclusions can be drawn to mitigate risks. The results achieved are that the socialization of BioMathematics runs smoothly and the community understands that maintaining and caring for mangrove forest resources is very necessary for sustainability. And the community will receive continuous assistance regarding this modeling so that they can be more reliable in seeing the risks that exist in the real world.

Kata kunci: Socialization; BioMathematics; Mangrove.

Abstract: Permasalahan seperti abrasi sering membuat kalangan Masyarakat menjadi waspada. Padahal permasalahan ini kerap kali disebabkan langsung oleh masyarakatnya itu sendiri. Masyarakat sering sekali lupa atau tidak tau bahwa ada hal yang dapat mencegah hal tersebut terjadi seperti penanaman Pohon mangrove. Maka diperlukan sosialisasi melalui data dengan membuat model BioMathematics agar bisa melihat simulasi suatu fenomena nyata agar Masyarakat lebih awas dalam menjaga dan merawat. Artikel ini dilakukan dengan memodelkan terlebih dahulu fenomena yang terjadi dengan pemodelan BioMathematics kemudian di cari titik kesetimbangannya, Bilangan Reproduksi Dasar, Teorema kestabilan, serta Simulasi Numeriknya. Sehingga dari model itu bisa disosialisasikan dengan jelas bagaimana cara menggambarkan suatu fenomena dan dapat ditarik Kesimpulan untuk bisa memitigasi resiko. Hasil yang dicapai adalah sosialisasi tentang BioMathematics berjalan lancar dan Masyarakat paham bahwa menjaga dan merawat sumber daya hutan mangrove sangat diperlukan untuk keberlangsungan. Serta masyarakat akan mendapatkan pendampingan terus terkait pemodelan ini agar bisa lebih handal dalam melihat resiko yang ada pada dunia nyata.

Keyword: Sosialisasi; Biomathematics; Mangrove.

PENDAHULUAN

Kerusakan ekosistem pesisir merupakan isu lingkungan global yang

semakin mendapat perhatian, terutama karena dampaknya terhadap keberlanjutan lingkungan hidup, ekonomi, dan sosial masyarakat pesisir (MZ, 2023;

Ramadi et al., 2024). Salah satu bentuk degradasi yang paling umum dan merusak adalah abrasi pantai, yaitu pengikisan garis pantai oleh gelombang laut dan arus yang menyebabkan hilangnya lahan daratan secara bertahap. Indonesia sebagai negara kepulauan dengan garis pantai yang panjang, sangat rentan terhadap fenomena ini, terutama di wilayah-wilayah pesisir yang minim perlindungan alami.(Witari et al., 2021)

Kabupaten Batu Bara, yang terletak di pesisir timur Sumatera Utara, merupakan salah satu wilayah yang menghadapi ancaman serius dari abrasi pantai(Lubis, 2017). Dalam beberapa tahun terakhir, abrasi di kawasan ini telah menyebabkan berkurangnya luas lahan, kerusakan permukiman warga, serta terganggunya aktivitas ekonomi nelayan dan petani tambak. Upaya penanganan abrasi di daerah ini masih belum optimal, terutama karena keterbatasan pemahaman masyarakat terhadap pentingnya pengelolaan lingkungan berbasis ilmu pengetahuan(Rumondang et al., 2024).

Salah satu solusi alami dan berkelanjutan untuk mengurangi abrasi adalah melalui penanaman pohon mangrove (Hamzah et al., 2024; Rumondang et al., 2024; Yusuf et al., 2025). Ekosistem mangrove memiliki kemampuan meredam energi gelombang, menahan sedimen, serta memperkuat struktur tanah di wilayah pesisir(Mandagi et al., 2024). Namun, untuk mencapai hasil yang maksimal, penanaman mangrove perlu dirancang dan dievaluasi secara sistematis, tidak hanya dari sisi ekologis, tetapi juga dengan pendekatan kuantitatif yang mampu memprediksi efektivitasnya dalam berbagai kondisi lingkungan (Alamsyah et al., 2022; Rahmawati, 2025).

Di sinilah peran *Biomathematics* menjadi penting. *Biomathematics* adalah

cabang ilmu yang menggabungkan prinsip-prinsip matematika dengan fenomena biologis dan ekologi(Tripathee et al., 2024). Dalam konteks pencegahan abrasi, biomatematika dapat digunakan untuk memodelkan pertumbuhan mangrove, interaksinya dengan lingkungan fisik, serta dampaknya terhadap stabilitas garis pantai (Misra, 2006). Model-model ini dapat menjadi alat bantu dalam merancang strategi penanaman yang lebih efektif dan efisien.

Namun, pendekatan ini masih belum banyak dikenal di kalangan masyarakat pesisir dan bahkan di antara pengambil kebijakan lokal. Padahal kegiatan ini sudah pernah dilakukan dengan memodelkan hutan daratan di Kalimantan untuk melihat pengaruh industri terhadap penurunan sumber daya hutan (Anggriani et al., 2018). Oleh karena itu, kegiatan sosialisasi penggunaan *Biomathematics* (Misra, 2006) menjadi langkah strategis untuk meningkatkan kesadaran dan pemahaman masyarakat mengenai pentingnya pendekatan ilmiah dalam konservasi pesisir. Melalui sosialisasi ini, masyarakat Pantai Batu Bara diharapkan dapat memahami bagaimana ilmu matematika dapat berkontribusi nyata dalam upaya pencegahan abrasi melalui penanaman mangrove.

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji dan merancang strategi sosialisasi yang efektif dalam memperkenalkan penggunaan *Biomathematics* sebagai alat ilmiah dalam mendukung upaya mitigasi abrasi di Pantai Batu Bara. Dengan pendekatan ini, diharapkan terjadi sinergi antara ilmu pengetahuan, kebijakan lokal, dan partisipasi masyarakat dalam menjaga ekosistem pesisir secara berkelanjutan.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode pendampingan agar dapat membantu memahami pemodelan *Biomathematics* dalam melihat pengaruh kontrol dalam menyelesaikan suatu permasalahan nyata dalam kehidupan terutama masyarakat pesisir Pantai Sujono, Batu Bara. Dimana masalah berkurangnya lahan akibat abrasi yang disebabkan oleh beberapa hal termasuk salah satunya adalah rusaknya tanaman mangrove atau kurangnya pemahaman pentingnya penanaman mangrove ini, Sehingga penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan metode Pustaka (*library research*) dan pemodelan *Biomathematics* untuk mengkaji dan menganalisis berbagai sumber ilmiah yang berkaitan agar bisa melihat secara *Biomathematics* bagaimana besar pengaruh penanaman mangrove pada model yang akan dibentuk sehingga bisa mengurangi atau memperlambat terjadinya abrasi. Sehingga bisa menjadi dasar seberapa pentingnya wilayah untuk penanaman mangrove. Adapun tahap yang dilakukan: (1) mengidentifikasi jurnal-jurnal yang sesuai tema (2) menganalisis sumber terpilih (3) modelkan pentingnya penanaman mangrove pada sistem (4) melakukan penanaman mangrove.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Ilmu pengetahuan serta teknologi yang semakin maju memaksa seluruh masyarakat agar beradaptasi secara cepat. *Biomathematics* merupakan salah satu ilmu yang dikembangkan dengan menyatukan Biologi dan matematika yang juga wajib diketahui pada zaman sekarang, yang apabila terjadi masalah nyata seperti semakin berkurangnya lahan pesisir akibat abrasi bisa digambarkan atau simulasikan apa saja yang bisa mempengaruhi hal tersebut

bisa terjadi. Sehingga nantinya bisa dicegah atau bisa diperlambat terjadinya abrasi yang berlebihan karena ulah manusia yang lalai menjaga.

Pemodelan Populasi

Pemodelan populasi biasanya berkaitan tentang populasi individu tetapi ini tidak terlepas juga untuk populasi lahan. Pemodelan ini biasanya menggunakan bantuan pemodelan matematika dalam menggambarkan suatu fenomena nyata dengan menerapkan banyak variabel, parameter dan fungsi menjadi suatu sistem yang kompleks untuk melihat pertumbuhan populasi. Pemodelan ini bisa dibuat secara diskrit dan kontinu, tergantung seberapa ingin hasil menjadi detail. Pemodelan diskrit berarti harus berhubungan dengan interval tertentu, sedangkan kontinu akan lebih menerus atau saling tumpang tindih.

Formulasi Penurunan Garis Pantai

Pemodelan ini menggunakan asumsi untuk membentuk model matematika untuk melihat penurunan garis Pantai akibat kurangnya penanaman hutan mangrove:

1. Kepadatan sumber daya hutan mangrove dan populasi manusia.
2. Penurunan hutan mangrove karena dipakai lahan tempat tinggal/tambak/industri karena kepadatan penduduk.
3. Penambahan hutan mangrove karena kepedulian beberapa Masyarakat dan pemerintah.

Sehingga model matematika dari permasalahan ini melibatkan tiga kompartemen, yaitu biomassa sumber daya hutan mangrove (M), Populasi penduduk (P), wilayah abrasi Pantai (A),

maka akan didapat persamaan sistem berikut:

$$\frac{dB}{dt} = a_1 \left(1 - \frac{B}{L} \right) + \beta_1 PB - \beta_2 PB - b_1 B$$

$$\frac{dP}{dt} = a_2 \left(1 - \frac{P}{M} \right) + \beta_2 PB - \beta_1 PB - b_2 P$$

(1)

$$\frac{dW}{dt} = \delta P - b_3 W$$

dimana $\frac{B}{L} = l$ dan $\frac{P}{M} = m$

Tabel 1. Parameter Ssistem

Simbol	Keterangan	Satuan
a_1	Laju pertumbuhan alami sumber daya hutan mangrove	1/waktu
a_2	Laju pertumbuhan alami populasi penduduk	1/waktu
β_1	Laju pertumbuhan populasi karena adanya sumber daya hutan mangrove	1/waktu
β_1	Laju kerusakan sumber daya hutan mangrove karena meningkatnya populasi penduduk.	1/waktu
b_1	Laju kerusakan alami sumber daya hutan mangrove	1/waktu
b_2	Laju kematian alami populasi penduduk	1/waktu
b_3	Laju kerusakan alami garis pantai	1/waktu
δ	Laju bergesernya	1/waktu

garis pantai
akibat tempat
tinggal dan
tambak

Titik kesetimbangan

Titik tetap dari sistem akan ada dua yaitu titik tetap tanpa ada nya kepadatan penduduk dan industri atau titik tetap dengan adanya kepadatan penduduk dan industri. Sehingga titik tetap tanpa ada nya kepadatan penduduk dan industri adalah $T_0(B, P, W) = \left(\frac{a_1(1-l)}{b_1}, 0, 0 \right)$,

maka titik tetap dengan adanya kepadatan penduduk dan industri adalah $T_1(B_1, P_1, W_1)$, dimana

$$B_1 = \frac{a_1(1-l)}{b_1 - P\beta_1 + P\beta_2}$$

$$P_1 = \frac{a_2(1-m)}{b_2 + B\beta_1 - B\beta_2}$$

$$W_1 = \frac{\delta P}{b_3}$$

Bilangan Reproduksi Dasar ($\mathcal{R}_0$)

Tahapan ini dilakukan dengan menggunakan *the next generation matrix* dengan $G = FV - 1$ dimana

$$F = \begin{pmatrix} \beta_2 \frac{a_1(1-l)}{b_1} & -\beta_1 \frac{a_1(1-l)}{b_1} \\ 0 & 0 \end{pmatrix};$$

$$V = \begin{pmatrix} -b_2 & 0 \\ \delta & -b_3 \end{pmatrix}$$

Sehingga:

$$\mathcal{R}_0 = \frac{a_1(1-l)(b_3\beta_2 - \beta_1\delta)}{b_1b_2b_3}$$

Kestabilan Titik Tetap

Teorema 1. Kestabilan titik tetap tanpa ada nya kepadatan penduduk dan industri pada titik T_0 akan stabil asimtotik lokal jika dan hanya jika $\mathcal{R}_0 < 1$ dan tidak stabil jika $\mathcal{R}_0 > 0$

Bukti:

Kestabilan titik tetap tanpa ada nya kepadatan penduduk dan industri dianalisis dengan mensubstitusi titik tetap tanpa ada nya kepadatan penduduk dan industri $T_0(B, P, W)$ dedalam matriks jacobian dibawah $J^0 =$

$$\begin{bmatrix} -b_1 & \frac{a_1(1-l)\beta_1}{b_1} - \frac{a_1(1-l)\beta_2}{b_1} & 0 \\ 0 & -b_2 - \frac{a_1(1-l)\beta_1}{b_1} + \frac{a_1(1-l)\beta_2}{b_1} & 0 \\ 0 & 0 & -b_3 \end{bmatrix}$$

dengan persamaan $|J_{T^0} - \lambda I| = 0$ maka diperoleh 3 nilai eigen, yakni $\lambda_1 = J_{11} = -b_1$, $\lambda_2 = J_{22} = -b_2 - \frac{a_1(1-l)\beta_1}{b_1} +$

$$\frac{a_1(1-l)\beta_2}{b_1}, \lambda_3 = J_{33} = -b_3,$$

sehingga semua nilai eigen akan bernilai negatif dengan λ_2 akan tetap negatif karena $\beta_2 < \beta_1$ hal ini dibuktikan laju penanaman hutan mangrove dibatu bara lebih sedikit dibandingkan laju kerusakannya hutan mangrove nya, ini sesuai pada data 2019 sekitar 1500 ha hutan mangrove rusak akan beberapa penyebab baik karena penambahan tambak/industri, tempat tinggal atau pengambilan liar pohon di hutan mangrove untuk dijadikan arang. Sehingga terbukti bahwa titik tetap tanpa ada nya kepadatan penduduk dan industri akan stabil asimtotik.

Teorema 2. Kestabilan titik tetap dengan adanya kepadatan penduduk dan industri pada titik T_1 akan stabil asimtotik lokal jika dan hanya jika $\mathcal{R}_0 < 1$ dan tidak stabil jika $\mathcal{R}_0 > 1$

Bukti:

Kestabilan titik tetap dengan adanya kepadatan penduduk dan industri dianalisis dengan mensubstitusi titik tetap dengan adanya kepadatan penduduk dan industri $T_1(B_1, P_1, W_1)$ dedalam matriks jacobian $J^1 =$

$$\begin{bmatrix} -b_1 + P\beta_1 - P\beta_2 & B\beta_1 - B\beta_2 & 0 \\ -P\beta_1 + P\beta_2 & -b_2 - B\beta_1 + B\beta_2 & 0 \\ 0 & 0 & -b_3 \end{bmatrix}$$

dengan persamaan $|J_{T_1} - \lambda I| = 0$ maka diperoleh 3 nilai eigen, yakni $\lambda_1 = -b_3$, artinya terdapat satu nilai eigen negatif sedangkan 2 lainnya dalam persamaan $(m_0\lambda^2 + m_1\lambda + m_2) = 0$ dengan

$$\begin{aligned} & -(B\beta_1 - B\beta_2)(-P\beta_1 + P\beta_2) \\ & + (-b_1 + P\beta_1 - P\beta_2)(-b_2 - B\beta_1 \\ & \quad + B\beta_2) \\ & - (-b_1 + P\beta_1 - P\beta_2 \pm b_2 - B\beta_1 \\ & \quad + B\beta_2)k \\ & + k^2 \end{aligned}$$

Sehingga

$$m_0 = 1 > 0$$

$$m_1 = (b_1 + P(\beta_2 - \beta_1) + B(\beta_1 - \beta_2) + b_2) > 0$$

$$m_3 = BP(\beta_1 - \beta_2)^2 > 0$$

asumsi bahwa titik tetap pasti akan selalu positif dan nilai $\beta_2 < \beta_1$ serta luas wilayah lebih besar dari populasi penduduk. Karena nilai m_1, m_2 bernilai positif maka sesuai kriteria Routh Hurwitz akan memenuhi $\mathcal{R}_0 < 1$ dan mengakibatkan nilai eigennya akan bernilai negative. Terbukti titik tetap dengan adanya kepadatan penduduk dan industri pada titik T_1 akan stabil asimtotik lokal.

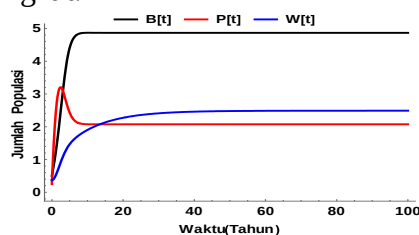
Simulasi Numerik

Simulasi ini dilakukan dengan menggunakan *Wolfram Mathematica 11.0*. Adapun pada tahapan ini akan ada dua hal yang akan dilakukan yakni ketika tanpa adanya kepadatan penduduk dan industri ketika $\mathcal{R}_0 < 1$ dan adanya kepadatan penduduk dan industri ketika $\mathcal{R}_0 > 1$ agar melihat apakah simulasi ini sesuai dengan teorema kestabilan dimana simulasi akan menuju titik tetapnya masing-masing kompartemen. Nilai parameter yang akan digunakan adalah:

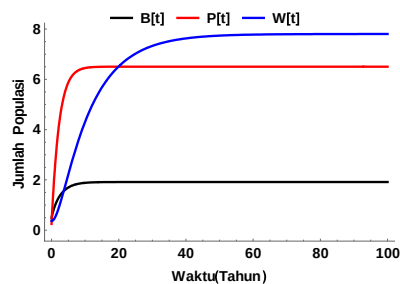
Tabel 2. Nilai Parameter Simulasi

Simbol	Nilai	
	$\mathcal{R}_0 > 1$	$\mathcal{R}_0 < 1$
a_1	9	9
a_2	3	3
β_1	1.3	1.2
β_2	1.1	1.18
b_1	0.6	0.6
b_2	0.4	0.4
b_3	0.1	0.1
δ	0.12	0.12
l	0.9	0.9
m	0.05	0.05

Nilai tabel diatas adalah asumsi dimana l adalah $\frac{B}{L}$ yang mana ini merupakan peluang apakah wilayah hutan mangrove dijaga dengan baik oleh masyarakat atau tidak. Pada penelitian ini kita asumsikan bahwa masyarakat dan pemerintah masih kurang dalam menjaga sumber daya hutan mangrove. m adalah pertumbuhan populasi manusia dan ini tentu masih di kontrol oleh pemerinta dengan adanya program KB, sehingga diasumsikan 50%nya mampu mengikuti aturan yang ada. β_1 adalah laju kepadatan penduduk hal ini diasumsikan karena besarnya wilayah pesisir khususnya dibara dan penghasilan yang paling banyak adalah nelayan/tambak sehingga banyak warga yang menempati pesisir pantai mengambil lahan dianggap sekitar 11 per 10 bulan akan masuk orang yang baru dalam memanfaatkan lahan pesisir dan ini berakibat terhadap β_2 yang akan meningkat.



Gambar 1. Ketika $\mathcal{R}_0 < 1$



Gambar 2. Ketika $\mathcal{R}_0 < 1$

Gambar 1 ini menjelaskan bahwa semakin sedikit perkembangan kepadatan populasi akan mengakibatkan perkembangan kerusakan wilayah akibat industri baik berupa tambak atau penemabnagn liar untuk menjadi arang ataupun sebagai lahan rumah maka wilayah untuk sumber daya hutan mangrove akan semakin tinggi sehingga akan mengurangi atau mencegah abrasi dan ini sesuai dengan teorema kestabilannya. Begitu sebaliknya dengan gambar 2, bahwa semakin tinggi kepadatan penduduk maka semakin sedikit pula wilayah sumber daya hutan mangrove dan ini bisa membuat potensi abrasi diwilayah batu bara akan semakin tinggi.

Sosialisasi Kepada Masyarakat

Pada artikel ini akhirnya penulis membuat sosialisasi khususnya kepada masyarakat agar dapat membaca data dari pemodelan *BioMathematics* sebelumnya telah dibuat. Ternyata kepadatan penduduk yang terlalu berlebihan dan mengambil alih fungsi dari sumber daya hutan mangrove sangat berpengaruh signifikan terhadap abrasi, Hal ini harus dicegah dengan cara menggalakkan penanaman Hutan manggrove dan tentunya menjaganya. Berikut adalah gambar penanaman serta penamaan pohon yang bisa ditanam pada sumber daya hutan mangrove.



Gambar 3. Kumpulan Kegiatan Sosialisasi

Pada gambar 3 menjelaskan bahwa sosialisasi dilakukan kepada masyarakat betapa penting menjaga dan merawat sumber daya hutan mangrove dengan menggunakan data, kemudian dilakukanlah penanaman pohon yang dapat membantu pengembangan sumber daya hutan mangrove di Pantai Sujono, Batu Bara. Namun sosialisasi ini perlu untuk lebih pendampingan terutama dalam melaksanakan perawatannya dan mungkin akan menjadi pertimbangan untuk pengabdian yang berkelanjutan di Pantai Sujono ini akan pohon pada ekosistem mangrove ini tetap terjaga dengan baik.

SIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa sosialisasi kepada masyarakat dengan menggunakan data berupa pemodelan Biomathematics lebih bisa membuat masyarakat bisa melihat gambaran seperti apa pada suatu fenomena nyata. Hal ini sangat diperlukan agar wawasan masyarakat dapat bertambah, sehingga jika ada masalah fenomena nyata dapat dicari dan digambarkan sedemikian rupa agar menjadi dasar mitigasi resiko. Seperti halnya dalam hal ini Biomathematics dapat menggambarkan sedemikian rupa bagaimana pentingnya menjaga dan merawat sumberdaya hutan mangrove, sehingga masyarakat akan lebih perhatian terhadap apa yang sedang terjadi disekitar mereka. Sehingga kejadian buruk seperti abrasi yang diakibatkan oleh manusia dapat dikurangi dan dicegah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kami ucapkan pada pengawas Pantai Sujono, Batubara yang sudah memberikan kami kesempatan dalam mempelajari dan mencari solusi dalam permasalahannya pantai dibatu bara. Serta kami berterima kasih kepada semua orang yang telah membantu dalam menyelesaikan penelitian ini dengan sebaik-baiknya. Juga tak lupa kami ucapkan terimakasih kepada Universitas Royal yang sudah mendanai agar pengabdian ini bisa terlaksana.

DAFTAR PUSTAKA

- Alamsyah, B., Nuraini, C., & Suwarno, B. (2022). Strategi Manajemen Mitigasi Bencana Pesisir Pantai Timur Sumatera Utara. *Publish Buku Unpri Press Isbn*, 1–81.
- Anggriani, I., Nurhayati, S., & Subchan, S. (2018). Analisis Kestabilan

- Model Penurunan Sumber Daya Hutan Akibat Industri. *Limits: Journal Of Mathematics And Its Applications*, 15(1), 31–40.
- Hamzah, A., Rumondang, R., Sutriyono, S., Sidabalok, H., Subagiharti, H., Derliana, D., Nurhadi, N., & Siregar, U. (2024). Pemberdayaan Masyarakat Melalui Desain Dan Model Rehabilitasi Mangrove Di Pantai Sejarah Kabupaten Batu Bara. *Bernas: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 5(1), 1163–1172.
- Lubis, D. P. (2017). Analisis Perubahan Garis Pantai Dengan Menggunakan Citra Penginderaan Jauh (Studi Kasus Di Kecamatan Talawi Kabupaten Batubara). *Jurnal Geografi*, 9(1), 21–31.
- Mandagi, C. M., Lepar, M. J. W., Timpal, T., Rompas, V. O., Talimpong, A., Gumolili, Y., & Mait, N. H. (2024). The Role Of Diversity Structure, Dominance, And Diameter Of Mangrove Trees And Mitigation Of Coastal Abrasion At Darunu Village. *Jurnal Ilmiah Platax*, 12(2), 261–272.
- Misra, J. C. (2006). *Biomathematics: Modelling And Simulation*. World Scientific.
- Mz, W. Z. (2023). “Jaring Kemiskinan Masyarakat Penjaring”: (Studi Analisis Pelanggengan Kemiskinan Pesisir Di Indonesia Menurut Teori Ruang Lefebvre Dan Teori Fungsi Kemiskinan Gans). *Sabana: Jurnal Sosiologi, Antropologi, Dan Budaya Nusantara*, 2(1), 24–34.
- Rahmawati, A. (2025). Studi Literatur Metode Rehabilitasi Lahan Hutan Di Indonesia. *Jurnal Forestrindo*, 2(1), 174–191.
- Ramadi, D., Kamal, E., Razak, A., & Prari, Keslan. (2024). Kemiskinan Di Wilayah Pesisir: Penyebab Dan Dampaknya Terhadap Masyarakat Lokal (Literature Review). *Gudang Jurnal Multidisiplin Ilmu*, Volume 2 No. 12, 440–449. <https://doi.org/10.59435/Gjmi.V2i12.1127>
- Rumondang, R., Batubara, J. P., Sidabalok, I., Siregar, U., & Tambunan, S. B. (2024). Pemberdayaan Dan Pendampingan Masyarakat Dalam Pelestarian Mangrove Di Pantai Sejarah Kabupaten Batu Bara. *Bernas: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 5(1), 1115–1120.
- Tripathi, S. M., Dwivedi, A., & Kumar, P. (2024). Innovation In Biomathematics. *Journal Of Science Innovations And Nature Of Earth*, 4–6.
- Witari, M. R., Saidi, A. W., & Sariasih, K. (2021). Dampak Abrasi Terhadap Lingkungan Dan Sosial Budaya Di Wilayah Pesisir Pantai Pabean, Gianyar. *Jurnal Teknik Gradien*, 13(1), 27–35.
- Yusuf, A., Masrura, D., Hasdanita, F., Kasaf, M., Diana, M. A., Hadi, T. R. M., Lisdayanti, E., Fahmi, N. Y., & Najmi, N. (2025). Sosialisasi Dan Penanaman Mangrove Sebagai Upaya Perbaikan Lingkungan Dan Pencegahan Abrasi Di Desa Peunaga Cut Ujong. *Jurnal Masyarakat Berdikari Dan Berkarya (Mardika)*, 3(2), 99–104.