

Building Sustainable Climate Village Resilience in Api-Api Village through Education, Reforestation, and Local Economic Innovation

Membangun Resiliensi Kampung Iklim Berkelanjutan di Desa Api-Api melalui Edukasi, Penanaman, dan Inovasi Ekonomi Lokal

Muhammad Ramadhani Kesuma ^{1*}, Uria Angkasa Berly ², Annisyah Wulandari ³, Najwa Nurhaliza Syahada ⁴, Indah Kholifatul Jannah ¹, Berliana Amalia ⁵, Ikke Riska Eariyasanti ⁵, Muhammad Akbar Rivandi ⁵, Naufal Ahmad Rafi ¹, Husnul Khotimah ¹, Nega Ahmad Rozaqul Karim ¹

¹ Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Mulawarman, Samarinda, 75119 Kalimantan Timur, Indonesia.

² Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Politik, Universitas Mulawarman, Samarinda, 75119 Kalimantan Timur, Indonesia.

³ Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mulawarman, Samarinda, 75119 Kalimantan Timur, Indonesia.

⁴ Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman, Samarinda, 75119 Kalimantan Timur, Indonesia.

⁵ Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Politik, Universitas Mulawarman, Samarinda, 75119 Kalimantan Timur, Indonesia.

Alamat Koresponding. E-mail: ramadhani@feb.unmul.ac.id; Tel. +62-856-7772-904

ABSTRACT: The Thematic Community Service Program (KKN) based on the Climate Village Program (Proklam) in Api-Api Village, Waru Subdistrict, Penajam Paser Utara Regency, East Kalimantan, was implemented to support climate change adaptation and mitigation through a community-based approach. Activities included environmental education (signboards, infographics, banners, breakwater simulations), waste management (three-color waste bins, biopores, upcycled costumes, waste bank rehabilitation, 100 recycled bottles for garden decoration), reforestation (planting fruit trees, ornamental plants, medicinal plants, and distributing 260 seedlings), renewable energy (wind turbine), and local economic empowerment (palm sugar MSME branding). Engaging communities, students, women's groups, and fishermen, the program enhanced environmental awareness, collected 16 kg of recyclable waste, reduced waterlogging, provided beach lighting, and increased local product visibility. Challenges such as limited MSME participation and the need for plant monitoring require improvement. The program supports Sustainable Development Goals (SDGs) 12 and 13, positioning Api-Api Village as a model for sustainable climate villages.

KEYWORDS: Climate Village Program; waste management; environmental education; reforestation; MSME empowerment

ABSTRAK: Program Kuliah Kerja Nyata (KKN) Tematik berbasis Program Kampung Iklim (Proklam) di Desa Api-Api, Kecamatan Waru, Kabupaten Penajam Paser Utara, Kalimantan Timur, dilaksanakan untuk mendukung adaptasi dan mitigasi perubahan iklim melalui pendekatan berbasis masyarakat. Kegiatan meliputi edukasi lingkungan (plang, infografis, banner, simulasi pemecah ombak), pengelolaan sampah (tempat sampah tiga warna, biopori, kostum daur ulang, bank sampah, 100 botol bekas untuk taman), penghijauan (penanaman tanaman buah, hias, TOGA, distribusi 260 bibit), energi terbarukan (kincir angin), dan pemberdayaan UMKM gula aren (branding). Program ini melibatkan masyarakat, siswa, dasawisma, dan nelayan, menghasilkan peningkatan kesadaran lingkungan, pengumpulan 16 kg sampah daur ulang, pengurangan genangan air, penerangan pantai, dan visibilitas produk lokal. Tantangan seperti keterbatasan keterlibatan UMKM dan kebutuhan monitoring tanaman menjadi fokus perbaikan. Program ini mendukung Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs) 12 dan 13, menjadikan Desa Api-Api model kampung iklim berkelanjutan.

Kata Kunci: Program Kampung Iklim; pengelolaan sampah; edukasi lingkungan; penghijauan; pemberdayaan UMKM

1. PENDAHULUAN

Perubahan iklim telah menjadi ancaman global yang memengaruhi berbagai dimensi kehidupan, terutama di wilayah pesisir negara berkembang seperti Indonesia. Dampaknya mencakup kerusakan lingkungan, ancaman terhadap kesehatan masyarakat, dan ketidakstabilan ketahanan pangan, yang secara signifikan mengganggu keberlanjutan masyarakat lokal. Kenaikan permukaan air laut, intensitas badai yang meningkat, dan perubahan

Cara mensitasi artikel ini: Kesuma MR, Berly UA, Wulandari A, Syahada NN, Jannah IK, Amalia B, Eariyasanti IR, Rivandi MA, Rafi NA, Khotimah H, Karim NAR. Building Sustainable Climate Village Resilience in Api-Api Village Through Education, Reforestation, and Local Economic Innovation. DESAMU Pros Disem KKN UNMUL. 2025; 1: 914-927.

pola cuaca memperburuk kondisi ekosistem pesisir, seperti erosi pantai dan hilangnya keanekaragaman hayati, yang berdampak langsung pada mata pencaharian masyarakat yang bergantung pada perikanan dan pertanian (Gopalakrishnan et al., 2019; Kurniawan et al., 2024). Selain itu, perubahan iklim memicu peningkatan penyakit pernapasan dan penyakit bawaan vektor akibat perubahan ekosistem dan kualitas air, yang memperberat beban sektor kesehatan, terutama di komunitas marginal (Nasution et al., 2023; Sandifer, 2023). Dalam konteks ketahanan pangan, gangguan produktivitas pertanian akibat kekeringan, banjir, dan serangan hama mengancam stabilitas pangan dan meningkatkan harga pangan, yang berdampak pada pendapatan masyarakat pedesaan (Zhang et al., 2024). Oleh karena itu, diperlukan pendekatan berbasis masyarakat yang terintegrasi untuk mengatasi tantangan ini secara efektif dan berkelanjutan.

Desa Api-Api, yang terletak di Kecamatan Waru, Kabupaten Penajam Paser Utara, Kalimantan Timur, merupakan contoh wilayah pesisir yang menghadapi tantangan lingkungan dan sosial-ekonomi akibat perubahan iklim. Berbatasan langsung dengan Selat Makassar, desa ini memiliki potensi sumber daya alam yang melimpah, seperti hasil laut dan produksi gula aren tradisional. Namun, pengelolaan sampah rumah tangga yang belum optimal menyebabkan penumpukan sampah organik dan anorganik, yang mencemari lingkungan dan meningkatkan risiko kesehatan masyarakat. Kebiasaan membakar sampah secara terbuka juga berkontribusi pada polusi udara dan emisi gas rumah kaca, memperburuk dampak perubahan iklim lokal. Minimnya vegetasi hijau di beberapa area permukiman menyebabkan genangan air saat hujan deras, sementara keterbatasan penerangan di kawasan Pantai Gelora menghambat aktivitas malam hari. Di sisi ekonomi, produk gula aren memiliki potensi besar sebagai ikon desa, tetapi kurangnya identitas visual dan strategi pemasaran membatasi jangkauan pasar, sehingga menghambat pemberdayaan ekonomi lokal (Alharethi et al., 2024).

Untuk menjawab tantangan tersebut, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia mencanangkan Program Kampung Iklim (Proklam) sebagai strategi nasional untuk meningkatkan keterlibatan masyarakat dalam adaptasi dan mitigasi perubahan iklim. Proklam mendorong pembentukan kampung yang mampu mengelola sumber daya secara berkelanjutan, mengurangi risiko bencana iklim, dan menekan emisi gas rumah kaca melalui praktik seperti pengelolaan sampah berbasis 3R (*Reduce, Reuse, Recycle*), penghijauan, dan pemanfaatan energi terbarukan (S Tetelepta et al., 2023). Dalam konteks Desa Api-Api, Proklam menjadi kerangka yang relevan untuk mengintegrasikan solusi lingkungan dan sosial-ekonomi, seperti pengelolaan sampah, perlindungan ekosistem pesisir, dan pemberdayaan UMKM gula aren. Program ini juga mendorong kolaborasi antara masyarakat, pemerintah desa, dan pemangku kepentingan lainnya untuk menciptakan ketahanan iklim yang berkelanjutan (Damayanti et al., 2022).

Kuliah Kerja Nyata (KKN) Tematik berbasis Proklam di Desa Api-Api dirancang sebagai wujud pengabdian masyarakat oleh mahasiswa Universitas Mulawarman untuk mendukung tujuan Proklam. KKN memiliki peran strategis dalam menjembatani kebutuhan akademik dan praktis, memungkinkan mahasiswa untuk menerapkan ilmu pengetahuan secara langsung dalam menyelesaikan permasalahan masyarakat. Melalui pendekatan kolaboratif, KKN tidak hanya meningkatkan kesadaran lingkungan, tetapi juga memperkuat kapasitas masyarakat dalam menghadapi tantangan perubahan iklim (Verzosa et al., 2024). Dalam konteks Desa Api-Api, KKN ini mengintegrasikan berbagai program kerja yang dirancang untuk mengatasi isu lingkungan dan ekonomi lokal secara holistik, melibatkan masyarakat, kelompok dasawisma, siswa sekolah dasar, dan nelayan sebagai mitra aktif.

Program kerja yang dilaksanakan mencakup lima pilar utama: edukasi lingkungan, pengelolaan sampah, penghijauan, pemanfaatan energi terbarukan, dan pemberdayaan ekonomi lokal. Pertama, edukasi lingkungan dilakukan melalui pembuatan plang edukasi sampah, infografis cuci tangan dan pasang surut, banner tentang bahaya pembakaran sampah, poster mangrove, serta sosialisasi interaktif seperti simulasi pemecah ombak. Kegiatan ini bertujuan menanamkan kesadaran lingkungan sejak dini, terutama kepada siswa SDN 003 dan SDN 009 Waru, serta memberikan informasi praktis kepada nelayan tentang dinamika laut. Edukasi lingkungan menjadi krusial karena pengetahuan yang memadai dapat mendorong perubahan perilaku yang berkelanjutan, sebagaimana ditunjukkan oleh penelitian tentang efektivitas pendidikan lingkungan dalam meningkatkan kapasitas adaptasi masyarakat (Alcantara et al., 2023).

Kedua, pengelolaan sampah diimplementasikan melalui penyediaan tempat sampah tiga warna, tempat cuci tangan dari ember bekas, pembuatan lubang resapan biopori, kostum daur ulang, rehabilitasi bank sampah, dan pemanfaatan 100 botol bekas untuk dekorasi taman. Program ini merespons tantangan pengelolaan sampah yang tidak memadai di Desa Api-Api, yang sering kali menyebabkan pencemaran tanah dan air. Pendekatan berbasis 3R ini tidak hanya mengurangi volume sampah, tetapi juga menciptakan nilai tambah melalui kreativitas, seperti kostum daur ulang yang melibatkan ibu-ibu PKK, sehingga memperkuat solidaritas sosial (Thi et al., 2024).

Ketiga, penghijauan dilakukan melalui penanaman 15 tanaman buah (matoa), 8 tanaman hias, dan tanaman obat keluarga (TOGA) seperti jahe, kunyit, serai, dan bawang dayak, serta distribusi 260 bibit buah ke seluruh kelompok dasawisma. Inisiatif ini bertujuan meningkatkan estetika lingkungan, mengurangi risiko genangan air, dan mendukung ketahanan pangan lokal melalui potensi hasil buah dan tanaman obat. Penghijauan juga

berkontribusi pada penyerapan karbon dan perlindungan ekosistem, yang merupakan elemen kunci dalam mitigasi perubahan iklim (Cabana et al., 2023).

Keempat, pemanfaatan energi terbarukan diwujudkan melalui pembuatan kincir angin sederhana di Pantai Gelora untuk menghasilkan listrik penerangan. Inisiatif ini menjawab keterbatasan infrastruktur penerangan di kawasan pesisir, sekaligus memperkenalkan teknologi ramah lingkungan yang dapat direplikasi oleh masyarakat. Meskipun sederhana, kincir angin ini menunjukkan potensi energi angin sebagai solusi berkelanjutan di wilayah pesisir (Rudianto et al., 2023).

Kelima, pemberdayaan ekonomi lokal dilakukan melalui branding UMKM gula aren, yang mencakup pembuatan logo, tagline "Manis Alami, Warisan Kami", katalog digital, brosur, stiker, dan banner. Program ini bertujuan meningkatkan visibilitas produk gula aren, yang merupakan warisan budaya Desa Api-Api, sekaligus memperluas pasar melalui strategi pemasaran yang terarah. Pendekatan ini tidak hanya mendukung ekonomi lokal, tetapi juga memperkuat pelestarian kearifan lokal, yang merupakan aspek penting dari pembangunan berkelanjutan (Agharroud et al., 2023).

Urgensi pelaksanaan KKN ini terletak pada peran strategisnya sebagai katalis perubahan di tingkat lokal. Dengan mengintegrasikan pendekatan akademik dan praktis, KKN memungkinkan mahasiswa untuk berkontribusi secara langsung dalam menyelesaikan permasalahan masyarakat, sekaligus memperkuat kolaborasi antara universitas, masyarakat, dan pemerintah desa. Program kerja yang dirancang secara spesifik untuk Desa Api-Api menjawab kebutuhan lokal, seperti pengelolaan sampah, perlindungan pesisir, dan pemberdayaan ekonomi, sambil tetap selaras dengan tujuan Proklamasi dan pembangunan berkelanjutan. Pendekatan kolaboratif yang melibatkan berbagai elemen masyarakat, dari siswa hingga nelayan, memastikan bahwa program ini tidak hanya memberikan solusi teknis, tetapi juga membangun rasa kepemilikan dan tanggung jawab bersama terhadap lingkungan (Yirenkyi, 2024). Dengan demikian, KKN ini menjadi model pengabdian masyarakat yang relevan dan berkelanjutan, yang dapat direplikasi di wilayah pesisir lainnya untuk mendukung ketahanan iklim dan pembangunan lokal.

2. METODE PELAKSANAAN KEGIATAN

Program Kuliah Kerja Nyata (KKN) Tematik berbasis Program Kampung Iklim (Proklamasi) di Desa Api-Api, Kecamatan Waru, Kabupaten Penajam Paser Utara, Kalimantan Timur, dilaksanakan pada tahun 2025 dengan pendekatan partisipatif dan kolaboratif untuk mendukung adaptasi dan mitigasi perubahan iklim. Kegiatan ini melibatkan masyarakat dari RT 01 hingga RT 08, Dusun I dan II, siswa SDN 003 dan SDN 009 Waru, kelompok dasawisma, serta nelayan, dengan tujuan memastikan relevansi program terhadap kebutuhan lokal dan keberlanjutan hasil. Pendekatan berbasis masyarakat ini selaras dengan praktik terbaik dalam pengelolaan lingkungan berkelanjutan, yang menekankan keterlibatan aktif masyarakat dalam tahap perencanaan untuk membangun rasa kepemilikan dan komitmen terhadap inisiatif (Aliskhanova et al., 2023; Sukri, 2023). Program ini dirancang untuk mengatasi tantangan lingkungan seperti pengelolaan sampah yang tidak memadai, minimnya vegetasi hijau, keterbatasan penerangan di kawasan pesisir, dan kurangnya strategi pemasaran untuk UMKM lokal, sekaligus memanfaatkan potensi sumber daya alam seperti hasil laut dan produksi gula aren.

Pelaksanaan program dilakukan melalui tahapan yang sistematis dan terintegrasi, meliputi identifikasi kebutuhan, perencanaan, implementasi, serta monitoring dan evaluasi. Tahap identifikasi kebutuhan diawali dengan observasi lapangan dan wawancara mendalam dengan masyarakat, nelayan, perangkat RT, dan pihak sekolah untuk memahami dinamika lokal dan tantangan utama. Pendekatan campuran ini, yang menggabungkan observasi, wawancara, dan intervensi praktis, terbukti efektif dalam mengidentifikasi permasalahan lingkungan di komunitas pesisir pedesaan (Nurhayati & Nurhayati, 2023). Hasil wawancara menunjukkan bahwa masyarakat menghadapi masalah seperti penumpukan sampah rumah tangga, genangan air akibat minimnya vegetasi, kurangnya penerangan di Pantai Gelora, dan kebutuhan akan informasi dinamika pasang surut untuk aktivitas nelayan. Selain itu, UMKM gula aren memerlukan strategi branding untuk meningkatkan daya saing di pasar. Data ini menjadi dasar perancangan program kerja yang kontekstual dan berorientasi pada solusi.

Tahap perencanaan melibatkan penyusunan 12 program kerja yang terdiri dari inisiatif unggulan kelompok dan proker individu, yang semuanya selaras dengan tujuan Proklamasi. Program kerja ini mencakup lima pilar utama: edukasi lingkungan, pengelolaan sampah, penghijauan, pemanfaatan energi terbarukan, dan pemberdayaan ekonomi lokal. Edukasi lingkungan meliputi pembuatan plang edukasi sampah, infografis tentang cuci tangan dan pasang surut, banner himbauan bahaya pembakaran sampah, poster tentang peran mangrove, serta sosialisasi interaktif melalui simulasi pemecah ombak. Pengelolaan sampah mencakup penyediaan tempat sampah tiga warna, tempat cuci tangan dari ember bekas, lubang resapan biopori, kostum daur ulang, rehabilitasi bank sampah, dan pemanfaatan 100 botol bekas untuk dekorasi taman. Penghijauan melibatkan penanaman 15 tanaman buah (matoa), 8 tanaman hias, tanaman obat keluarga (TOGA) seperti jahe, kunyit, serai, dan bawang dayak, serta distribusi 260 bibit buah (matoa, mata kucing, rambutan, jambu kristal, jambu air). Pemanfaatan

energi terbarukan dilakukan melalui pembuatan kincir angin sederhana untuk penerangan di Pantai Gelora. Pemberdayaan ekonomi lokal diwujudkan melalui branding UMKM gula aren dengan logo, tagline “Manis Alami, Warisan Kami”, katalog digital, brosur, stiker, dan banner. Perencanaan ini dirancang dengan mempertimbangkan kesederhanaan, aksesibilitas, dan keterlibatan masyarakat untuk memastikan efektivitas di lingkungan dengan sumber daya terbatas (Fitriani et al., 2024).

Implementasi program dilakukan dengan pendekatan kolaboratif yang melibatkan berbagai pemangku kepentingan. Dalam pilar edukasi lingkungan, sosialisasi pemilahan sampah dan simulasi pemecah ombak dilaksanakan di SDN 009 Waru, melibatkan 52 siswa kelas V dan VI, sementara sosialisasi kampung ramah iklim dilakukan di SDN 003 Waru. Plang edukasi sampah dipasang di RT 08, infografis cuci tangan dan pasang surut ditempatkan di ruang kelas, toilet, dan wastafel sekolah, serta banner himbauan dipasang di Jl. Guntung dan Pantai Gelora. Simulasi pemecah ombak menggunakan akuarium dengan miniatur mangrove dan tetrapod semen untuk memperlihatkan efektivitas kombinasi pemecah ombak alami dan buatan. Infografis pasang surut didukung data prediksi Januari–Juli 2025 yang diolah menggunakan bahasa pemrograman Octave, memberikan informasi praktis bagi nelayan tentang pola pasang surut semi-diurnal. Desain visual untuk infografis, poster, dan banner menggunakan platform Canva, dengan penekanan pada penyederhanaan informasi, relevansi budaya, dan penggunaan bahasa lokal untuk meningkatkan pemahaman masyarakat (Noer & Handiwibowo, 2023). Pendekatan ini selaras dengan temuan bahwa alat edukasi visual dan interaktif dapat meningkatkan literasi lingkungan secara signifikan (Herlanti, 2022; J. Liu & Zhang, 2024).

Dalam pengelolaan sampah, tempat sampah tiga warna dan tempat cuci tangan dari ember bekas dipasang di RT 08 untuk mempermudah pemilahan dan meningkatkan kebersihan lingkungan. Rehabilitasi bank sampah di SDN 009 Waru melibatkan siswa dalam pengumpulan sampah daur ulang, seperti botol plastik dan kaleng. Lubang resapan biopori dibuat di taman mini menggunakan pipa paralon dan sampah organik seperti sisa sayuran, untuk mengurangi genangan air dan menghasilkan kompos. Kostum daur ulang dari plastik dan kertas dibuat bersama ibu-ibu PKK, mempromosikan prinsip 3R (*Reduce, Reuse, Recycle*) melalui pendekatan kreatif. Sebanyak 100 botol bekas dimanfaatkan untuk dekorasi taman dasawisma Rmania, menambah nilai estetika sekaligus mengurangi limbah. Inisiatif ini mencerminkan strategi pengelolaan sampah berbasis masyarakat yang memanfaatkan sumber daya lokal dan pengetahuan tradisional untuk meningkatkan keberlanjutan (A Abus et al., 2024; Shiratina et al., 2023).

Penghijauan dilakukan dengan menanam 15 tanaman buah (matoa) dan 8 tanaman hias di dasawisma Rmania, serta TOGA (jahe, kunyit, serai, bawang dayak) di SDN 003 Waru. Distribusi 260 bibit buah ke seluruh kelompok dasawisma didokumentasikan menggunakan geotagging untuk memastikan distribusi merata. Kegiatan ini melibatkan siswa, dasawisma, dan masyarakat untuk membangun rasa kepemilikan terhadap penghijauan (Damayanti et al., 2022). Pemanfaatan energi terbarukan diwujudkan melalui kincir angin sederhana di Pantai Gelora, dirancang dengan baling-baling ringan dan dinamo untuk menghasilkan listrik 12 Volt. Proses uji coba dan balancing dilakukan untuk memastikan stabilitas, mencerminkan pendekatan kolaboratif antara mahasiswa dan masyarakat dalam mengadopsi teknologi ramah lingkungan (Varapnickaitė & Vasarevičius, 2024).

Pemberdayaan ekonomi lokal dilakukan melalui branding UMKM gula aren, menghasilkan logo, tagline, katalog digital dengan *QR code*, brosur, stiker, dan banner. Kegiatan ini melibatkan produsen gula aren dan perangkat desa untuk memastikan relevansi dengan identitas lokal, sekaligus memanfaatkan pengetahuan tradisional dalam produksi gula aren (Masjhoer & Vitrianto, 2024). Monitoring dan evaluasi dilakukan melalui dokumentasi foto dan video, geotagging distribusi bibit, serta evaluasi kendala seperti keterbatasan keterlibatan UMKM dan kebutuhan penyesuaian teknis kincir angin. Kolaborasi dengan pemerintah desa, sekolah, dan masyarakat memastikan keberlanjutan program, sejalan dengan kerangka kerja yang mempromosikan manfaat bersama antara universitas dan komunitas lokal (Maspul, 2024). Pendekatan ini memungkinkan program KKN untuk memberikan solusi yang kontekstual, mudah diakses, dan berkelanjutan bagi Desa Api-Api.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Program Kuliah Kerja Nyata (KKN) Tematik berbasis Program Kampung Iklim (Proklim) di Desa Api-Api, Kecamatan Waru, Kabupaten Penajam Paser Utara, Kalimantan Timur, menghasilkan berbagai luaran yang memberikan kontribusi signifikan terhadap keberlanjutan lingkungan, peningkatan kesadaran masyarakat, dan penguatan ekonomi lokal. Program ini, yang dilaksanakan pada tahun 2025, dirancang untuk menjawab tantangan lingkungan seperti pengelolaan sampah, minimnya vegetasi hijau, keterbatasan penerangan, dan kurangnya strategi pemasaran UMKM, sekaligus memanfaatkan potensi lokal seperti hasil laut dan produksi gula aren. Melalui pendekatan partisipatif yang melibatkan masyarakat, kelompok dasawisma, siswa sekolah dasar, dan nelayan, program ini berhasil menciptakan dampak nyata dalam aspek lingkungan, sosial, dan ekonomi, sejalan dengan tujuan Proklim untuk mendukung adaptasi dan mitigasi perubahan iklim. Berikut adalah hasil dan pembahasan dari masing-masing pilar program kerja, yang mencakup edukasi lingkungan, pengelolaan sampah, penghijauan, pemanfaatan energi terbarukan, dan pemberdayaan ekonomi lokal.

3.1 Edukasi Lingkungan

Kegiatan edukasi lingkungan menjadi pilar utama dalam meningkatkan kesadaran masyarakat terhadap isu perubahan iklim dan pengelolaan lingkungan. Sosialisasi pemilahan sampah di SDN 009 Waru, yang melibatkan 52 siswa kelas V dan VI, berhasil menanamkan pemahaman tentang perbedaan sampah organik dan anorganik serta dampak negatif penumpukan sampah terhadap kesehatan dan lingkungan. Sesi tanya jawab yang interaktif menunjukkan antusiasme siswa, dengan banyak di antara mereka mampu menjelaskan kembali konsep pemilahan sampah secara sederhana. Sosialisasi kampung ramah iklim di SDN 003 Waru memperkenalkan prinsip penghematan energi, pengurangan sampah, dan pentingnya penanaman tanaman bermanfaat, dengan respons positif terlihat dari partisipasi aktif siswa dalam diskusi. Kegiatan ini mencerminkan efektivitas pendekatan edukasi yang melibatkan anak-anak sebagai agen perubahan lingkungan sejak dini (He et al., 2022).



Gambar 1. Sosialisasi Pemilahan Sampah di SDN 009 Waru



Gambar 2. Sosialisasi Kampung Ramah Iklim di SDN 003 Waru

Media edukasi visual, seperti infografis, plang, poster, dan banner, memainkan peran kunci dalam menyampaikan informasi secara efektif. Infografis cuci tangan yang dipasang di ruang kelas, toilet, dan wastafel SDN 009 Waru meningkatkan kesadaran siswa tentang pentingnya kebersihan, sementara infografis pasang surut, yang didukung data prediksi Januari–Juli 2025, memberikan panduan praktis bagi nelayan untuk merencanakan aktivitas melaut berdasarkan pola pasang surut semi-diurnal. Plang edukasi sampah di RT 08 dan banner himbuan tentang bahaya pembakaran sampah di Jl. Guntung, RT 08 menjadi pengingat visual yang efektif bagi masyarakat. Banner ini menyoroti risiko kesehatan seperti gangguan pernapasan dan iritasi mata, serta dampak lingkungan seperti polusi udara dan degradasi tanah akibat pembakaran sampah. Desain visual yang sederhana dan kontekstual, memastikan pesan mudah dipahami oleh berbagai kalangan masyarakat (Powers et al., 2024).



Gambar 3. Plang Edukasi Sampah di RT. 008



Gambar 4. Infografis Edukasi

Simulasi pemecah ombak di SDN 009 Waru, menggunakan akuarium dengan miniatur mangrove dan tetrapod semen, memberikan pengalaman interaktif yang memperlihatkan efektivitas kombinasi pemecah ombak alami dan buatan dalam meredam gelombang dan melindungi pesisir dari abrasi. Siswa dapat mengamati secara langsung bagaimana vegetasi mangrove memperlambat laju gelombang, sementara tetrapod semen memberikan perlindungan yang lebih kuat. Poster mangrove yang menyertai simulasi memperkuat pemahaman tentang peran ekosistem pesisir dalam mitigasi bencana. Kegiatan ini tidak hanya meningkatkan literasi lingkungan, tetapi juga menumbuhkan kepedulian siswa terhadap pelestarian ekosistem pesisir, yang krusial bagi komunitas pesisir seperti Desa Api-Api (T. Liu et al., 2024). Kebermanfaatan edukasi lingkungan terletak pada kemampuannya untuk membentuk perilaku berkelanjutan sejak dini, menciptakan generasi yang lebih peduli terhadap lingkungan dan mampu berkontribusi pada ketahanan iklim di masa depan.



Gambar 5. Edukasi dan Simulasi Pemecah Ombak di SDN 009 Waru

3.2 Pengelolaan Sampah

Program pengelolaan sampah menghasilkan infrastruktur dan kebiasaan baru yang mendukung prinsip 3R (*Reduce, Reuse, Recycle*), sekaligus mengurangi dampak lingkungan negatif di Desa Api-Api. Penyediaan tempat sampah tiga warna di RT 08 mempermudah pemilahan sampah organik, anorganik, dan B3 (bahan berbahaya dan beracun), sehingga mengurangi penumpukan sampah di lingkungan permukiman. Tempat cuci tangan dari ember bekas, yang juga dipasang di RT 08, mendukung kebiasaan higienis masyarakat, khususnya di tengah tantangan kesehatan akibat polusi lingkungan. Revitalisasi bank sampah di SDN 009 Waru melibatkan siswa dalam pengumpulan 16 kg sampah daur ulang, seperti botol plastik dan kaleng, yang kemudian dikelola untuk didaur ulang. Kegiatan ini tidak hanya mengurangi volume sampah, tetapi juga memperkenalkan konsep ekonomi sirkular kepada siswa, yang dapat diterapkan di lingkungan sekolah dan rumah (Fernandes et al., 2024).



Gambar 6. Pengadaan Bak Sampah 3 Warna dan Bak Cuci Tangan



Gambar 7. Revitalisasi Bank Sampah

Pembuatan lubang resapan biopori di taman mini Desa Api-Api, menggunakan pipa paralon dan sampah organik seperti sisa sayuran dan daun kering, berhasil mengurangi genangan air saat hujan deras dan menghasilkan kompos untuk tanaman. Inisiatif ini mendukung pengelolaan sampah organik secara berkelanjutan, sekaligus meningkatkan kualitas tanah di taman. Kostum daur ulang, yang dibuat dari plastik bekas dan kertas oleh ibu-ibu PKK di RT 08, menjadi sarana kreatif untuk mempromosikan prinsip 3R. Proses pembuatan kostum ini melibatkan gotong royong, yang memperkuat solidaritas sosial dan menunjukkan bahwa pengelolaan sampah dapat menjadi kegiatan yang produktif dan menarik. Pemanfaatan 100 botol bekas untuk dekorasi taman dasawisma Ramania menambah nilai estetika lingkungan, sekaligus mengurangi limbah plastik yang berpotensi mencemari tanah dan air (T. Liu et al., 2024).



Gambar 8. Pemanfaatan Botol Plastik di Taman Dasawisma



Gambar 9. Pengadaan Biopori dan Pemanfaatan Daur Ulang Sampah menjadi Kostum

Keunggulan program pengelolaan sampah ini terletak pada pendekatan berbasis masyarakat yang sederhana namun berdampak besar. Dengan melibatkan siswa dan kelompok PKK, program ini tidak hanya mengurangi polusi lingkungan, tetapi juga membangun kesadaran kolektif tentang pentingnya pengelolaan sampah yang bertanggung jawab. Infrastruktur seperti tempat sampah dan biopori dapat dipertahankan oleh masyarakat, memastikan keberlanjutan jangka panjang. Selain itu, inisiatif seperti kostum daur ulang menunjukkan bahwa pengelolaan sampah dapat diintegrasikan dengan kreativitas, memberikan manfaat sosial dan ekonomi tambahan bagi masyarakat Desa Api-Api.

3.3 Penghijauan

Program penghijauan memberikan kontribusi signifikan terhadap estetika lingkungan, ketahanan pangan, dan mitigasi perubahan iklim di Desa Api-Api. Penanaman 15 tanaman buah (matoa) dan 8 tanaman hias di dasawisma Rmania meningkatkan keindahan visual lingkungan permukiman dan mengurangi risiko genangan air melalui penyerapan air hujan oleh akar tanaman. Penanaman tanaman obat keluarga (TOGA), seperti jahe, kunyit, serai, dan bawang dayak, di SDN 003 Waru tidak hanya memperkaya ruang hijau sekolah, tetapi juga memberikan akses kepada siswa dan masyarakat untuk memanfaatkan tanaman obat sebagai solusi kesehatan alami. Distribusi 260 bibit buah, termasuk matoa, mata kucing, rambutan, jambu kristal, dan jambu air, ke seluruh kelompok dasawisma memperluas cakupan penghijauan hingga tingkat rumah tangga, dengan dokumentasi geotagging memastikan distribusi yang merata. Kegiatan ini melibatkan siswa, dasawisma, dan masyarakat, menciptakan rasa kepemilikan terhadap inisiatif penghijauan (Anil et al., 2022).



Gambar 10. Penanaman TOGA di SDN 003 Waru



Gambar 11. Penyerahan Bibit Tanaman ke Masyarakat Desa

Manfaat ekologis dari penghijauan ini mencakup peningkatan keanekaragaman hayati, penyerapan karbon, dan pengendalian erosi di wilayah pesisir. Secara sosial, penanaman tanaman buah dan TOGA mendukung ketahanan pangan lokal melalui potensi hasil panen dan penyediaan obat tradisional, yang sangat relevan bagi masyarakat pedesaan dengan akses terbatas ke layanan kesehatan modern. Kegiatan ini juga memperkuat keterlibatan komunitas, khususnya melalui kelompok dasawisma, yang memainkan peran penting dalam memelihara tanaman dan menyebarkan praktik penghijauan (Li et al., 2024). Namun, tantangan seperti kebutuhan monitoring jangka panjang untuk memastikan kelangsungan hidup tanaman menunjukkan perlunya sistem pemeliharaan yang terorganisir. Program penghijauan ini menunjukkan bahwa inisiatif sederhana dapat memberikan dampak lingkungan dan sosial yang signifikan, sekaligus mendukung ketahanan iklim di Desa Api-Api.

3.4 Pemanfaatan Energi Terbarukan

Pembuatan kincir angin sederhana di Pantai Gelora merupakan inovasi penting dalam pemanfaatan energi terbarukan untuk mendukung kebutuhan penerangan di kawasan pesisir. Kincir angin ini, yang dirancang dengan baling-baling ringan dan dinamo, mampu menghasilkan listrik 12 Volt untuk penerangan malam hari, mengatasi keterbatasan infrastruktur listrik di Pantai Gelora. Meskipun menghadapi kendala teknis seperti ketidakseimbangan baling-baling yang memerlukan proses balancing ulang, kincir angin ini berhasil menunjukkan potensi energi angin sebagai solusi berkelanjutan di wilayah pesisir. Proses perancangan dan uji coba melibatkan kolaborasi antara mahasiswa dan masyarakat, mencerminkan pendekatan partisipatif yang meningkatkan kapasitas lokal dalam mengadopsi teknologi ramah lingkungan (You et al., 2023).



Gambar 12. Pemanfaatan Energi Terbarukan dengan Kincir Angin

Kebermanfaatan kincir angin ini terletak pada kemampuannya untuk menyediakan solusi energi yang hemat biaya dan ramah lingkungan, mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil. Selain itu, keberadaan kincir angin menjadi simbol inovasi lokal yang dapat menginspirasi masyarakat untuk mengeksplorasi teknologi terbarukan lainnya. Meskipun kapasitas listrik yang dihasilkan masih terbatas, inisiatif ini membuka peluang untuk pengembangan lebih lanjut, seperti optimalisasi desain atau replikasi di lokasi lain. Bagi masyarakat Desa

Api-Api, kincir angin ini tidak hanya meningkatkan akses terhadap penerangan, tetapi juga memperkuat kesadaran akan pentingnya energi bersih dalam mendukung ketahanan iklim.

3.5 Pemberdayaan Ekonomi Lokal

Program branding UMKM gula aren menghasilkan logo, tagline “Manis Alami, Warisan Kami”, katalog digital dengan *QR code*, brosur, stiker, dan banner, yang semuanya dirancang untuk meningkatkan visibilitas produk gula aren sebagai ikon budaya Desa Api-Api. Proses branding melibatkan kolaborasi dengan produsen gula aren dan perangkat desa untuk memastikan bahwa desain mencerminkan identitas lokal dan relevan dengan pasar. Katalog digital memungkinkan akses yang lebih luas ke informasi produk, sementara brosur dan stiker meningkatkan daya tarik visual di tingkat lokal. Banner yang dipasang di lokasi strategis seperti Jl. Guntung memperkuat promosi produk kepada masyarakat dan pengunjung. Namun, keterlibatan UMKM masih terbatas, sebagian besar karena kurangnya keterampilan pemasaran digital dan distribusi produk (Nutrizio et al., 2024).



Gambar 13. Branding UMKM Lokal Gula Aren

Manfaat program ini terletak pada peningkatan daya saing produk gula aren di pasar lokal dan potensi ekspansi ke pasar yang lebih luas. Dengan memanfaatkan metode produksi tradisional yang ramah lingkungan, branding ini tidak hanya mendukung ekonomi lokal, tetapi juga melestarikan kearifan lokal sebagai bagian dari pembangunan berkelanjutan. Tantangan seperti persaingan dengan merek besar dan kebutuhan untuk menjaga konsistensi kualitas produk menunjukkan perlunya pendampingan lebih lanjut. Bagi masyarakat Desa Api-Api, program ini memberikan peluang untuk meningkatkan pendapatan rumah tangga dan memperkuat identitas budaya, yang merupakan aspek penting dari ketahanan ekonomi.

Program KKN Tematik Proklim di Desa Api-Api menunjukkan bahwa pendekatan berbasis masyarakat yang mengintegrasikan edukasi, pengelolaan sampah, penghijauan, energi terbarukan, dan pemberdayaan ekonomi dapat memberikan dampak signifikan terhadap keberlanjutan lingkungan dan kesejahteraan masyarakat. Edukasi lingkungan melalui media visual dan simulasi interaktif terbukti efektif dalam meningkatkan kesadaran masyarakat, khususnya di kalangan siswa, karena menggabungkan pembelajaran teoretis dengan pengalaman praktis. Pengelolaan sampah melalui infrastruktur seperti tempat sampah dan biopori, serta kegiatan kreatif seperti kostum daur ulang, berhasil mengurangi polusi lingkungan sekaligus memperkuat keterlibatan masyarakat. Penghijauan memperkuat ketahanan lingkungan dan pangan, sementara kincir angin dan branding UMKM menunjukkan potensi inovasi teknologi dan ekonomi lokal.

Kendala utama meliputi keterbatasan keterlibatan UMKM dalam branding gula aren, kebutuhan monitoring jangka panjang untuk tanaman, dan tantangan teknis pada kincir angin. Namun, pendekatan partisipatif, seperti keterlibatan PKK dan siswa, memperkuat rasa kepemilikan masyarakat terhadap program. Keberhasilan ini menegaskan bahwa solusi sederhana dan kontekstual dapat menghasilkan dampak besar jika didukung oleh kolaborasi yang kuat antara mahasiswa, masyarakat, dan pemangku kepentingan lokal (Li et al., 2024). Program ini mendukung tujuan pembangunan berkelanjutan, khususnya dalam hal konsumsi dan produksi bertanggung jawab serta penanganan perubahan iklim, dan memiliki potensi untuk menjadi model kampung iklim yang dapat direplikasi di wilayah pesisir lainnya.

4. KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Program Kuliah Kerja Nyata (KKN) Tematik berbasis Program Kampung Iklim (Proklim) di Desa Api-Api, Kecamatan Waru, Kabupaten Penajam Paser Utara, Kalimantan Timur, berhasil memberikan kontribusi nyata terhadap pembangunan lingkungan berkelanjutan dan pemberdayaan masyarakat melalui pendekatan berbasis komunitas. Program ini, yang dilaksanakan pada tahun 2025, mengintegrasikan lima pilar utama: edukasi lingkungan, pengelolaan sampah, penghijauan, pemanfaatan energi terbarukan, dan pemberdayaan ekonomi lokal. Kegiatan edukasi lingkungan, seperti sosialisasi pemilahan sampah, simulasi pemecah ombak, infografis, plang, dan banner, meningkatkan kesadaran masyarakat dan siswa terhadap pentingnya menjaga lingkungan dan memitigasi bencana pesisir. Pengelolaan sampah melalui tempat sampah tiga warna, tempat cuci tangan dari ember bekas, lubang resapan biopori, kostum daur ulang, rehabilitasi bank sampah, dan pemanfaatan 100 botol bekas untuk dekorasi taman berhasil mengurangi polusi lingkungan dan mempromosikan prinsip 3R (*Reduce, Reuse, Recycle*). Penghijauan, yang mencakup penanaman 15 tanaman buah, 8 tanaman hias, tanaman obat keluarga (TOGA), dan distribusi 260 bibit buah, memperkuat estetika lingkungan, ketahanan pangan, dan penyerapan karbon. Pemanfaatan energi terbarukan melalui kincir angin sederhana di Pantai Gelora menyediakan solusi penerangan hemat biaya, sementara branding UMKM gula aren meningkatkan visibilitas produk lokal, mendukung ekonomi dan pelestarian kearifan lokal.

Keberhasilan program ini terletak pada pendekatan partisipatif yang melibatkan masyarakat, kelompok dasawisma, siswa SDN 003 dan SDN 009 Waru, serta nelayan, sehingga menciptakan rasa kepemilikan dan tanggung jawab bersama. Edukasi lingkungan menanamkan kesadaran sejak dini, khususnya di kalangan siswa, sementara inisiatif pengelolaan sampah dan penghijauan memberikan manfaat langsung seperti pengurangan genangan air dan peningkatan kebersihan lingkungan. Kincir angin menunjukkan potensi energi terbarukan di wilayah pesisir, dan branding UMKM gula aren memperkuat identitas budaya serta peluang ekonomi. Namun, tantangan seperti keterbatasan keterlibatan UMKM, kebutuhan monitoring jangka panjang untuk tanaman, dan optimalisasi teknis kincir angin menjadi catatan penting untuk perbaikan. Program ini mendukung Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs), khususnya tujuan 12 (konsumsi dan produksi bertanggung jawab) dan tujuan 13 (penanganan perubahan iklim), serta menjadikan Desa Api-Api sebagai model potensial kampung iklim di wilayah pesisir.

Adapun rekomendasi yang dapat diberikan dari pelaksanaan kegiatan-kegiatan ini antara lain sebagai berikut:

1. Pemantauan dan Evaluasi Bibit Tanaman: Melakukan monitoring rutin terhadap 260 bibit yang didistribusikan menggunakan sistem geotagging berbasis teknologi untuk memastikan kelangsungan hidup tanaman dan mengevaluasi dampak penghijauan secara berkala.
2. Pendampingan UMKM: Meningkatkan keterlibatan UMKM gula aren melalui pelatihan pemasaran digital dan pameran produk untuk memperluas jangkauan pasar, serta memberikan pendampingan untuk menjaga konsistensi kualitas produk.
3. Pengembangan Kegiatan Edukasi: Mengembangkan kegiatan lanjutan seperti festival daur ulang atau kebun TOGA mini di sekolah untuk memperkuat edukasi lingkungan dan mempertahankan antusiasme siswa serta masyarakat.
4. Optimalisasi Energi Terbarukan: Mengoptimalkan desain kincir angin melalui kolaborasi dengan ahli teknologi untuk meningkatkan efisiensi, serta mengedukasi masyarakat tentang potensi energi bersih lainnya seperti panel surya.
5. Sinergi Pemangku Kepentingan: Memperkuat kolaborasi antara pemerintah desa, sekolah, dan masyarakat melalui pembentukan kelompok kerja lingkungan untuk memelihara infrastruktur seperti tempat sampah dan biopori, serta memastikan keberlanjutan inisiatif Proklim.
6. Replikasi Model Kampung Iklim: Mengembangkan panduan replikasi program ini untuk diterapkan di desa pesisir lain, dengan penyesuaian terhadap konteks lokal, untuk memperluas dampak Proklim di tingkat regional.

REFERENSI

- A Abus, N. A., Suriadi, A., Lubis, T., Abus, A. A., & Abus, A. F. (2024). Waste Bank Management as an Alternative Community-Based Waste Management Strategy in Langsa City, Aceh Province. *Iop Conference Series Earth and Environmental Science*. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1375/1/012007>
- Agharroud, K., Puddu, M., Ivčević, A., Satta, A., Kolker, A. S., & Snoussi, M. (2023). Climate Risk Assessment of the Tangier-Tetouan-Al Hoceima Coastal Region (Morocco). *Frontiers in Marine Science*. <https://doi.org/10.3389/fmars.2023.1176350>
- Alcantara, L., Creencia, L., V. Madarcos, J. R., Madarcos, K. G., Jontila, J. B., & Culhane, F. (2023). Climate Change Awareness and Risk Perceptions in the Coastal Marine Ecosystem of Palawan, Philippines. *Ucl Open Environment*. <https://doi.org/10.14324/111.444/ucloe.000054>
- Alharethi, T., Abdelhakim, A., & Mohammed, A. (2024). Drivers and Barriers Towards Circular Economy in Rural Tourism Destinations: A Case Study of Tunis Village, Egypt. *Tourism and Hospitality*. <https://doi.org/10.3390/tourhosp5030038>
- Aliskhanova, M., Khasbulatova, Z., & Khadzhev, R. (2023). Experience and Problems of Environmental Education, Education and Upbringing. *SHS Web of Conferences*. <https://doi.org/10.1051/shsconf/202317201040>
- Anil, J. M., Suresh, R. A., Keerthana, C. R., Varsha, K. V., Nihala, T. A., Devika, C., & Mariamma, T. R. (2022). Assessment of Consumer Preference for Upcycled Textile Products. *International Journal of Science Engineering and Management*. <https://doi.org/10.36647/ijsem/09.01.a009>
- Cabana, D., Rölfer, L., Evadzi, P., & Celliers, L. (2023). Enabling Climate Change Adaptation in Coastal Systems: A Systematic Literature Review. *Earth S Future*. <https://doi.org/10.1029/2023ef003713>
- Damayanti, M., Tyas, W. P., & Pangestu Ningtyas, L. C. (2022). Community Based Integrated Sustainable Waste Management in Lerep Tourism Village. *Iop Conference Series Earth and Environmental Science*. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1098/1/012051>
- Fernandes, S., Algarra, M., Gil, A., G. Silva, J. C., & da Silva, L. P. (2024). Development of a Facile and Green Synthesis Strategy for Brightly Fluorescent Carbon Dots From Various Waste Materials. *Chemsuschem*. <https://doi.org/10.1002/cssc.202401702>
- Fitriani, A., Windusari, Y., & Eka Putri, W. A. (2024). Community-Based Waste Management in the Township PT. Bukit Asam, Tanjung Enim, Indonesia. *Indonesian Journal of Environmental Management and Sustainability*. <https://doi.org/10.26554/ijems.2024.8.2.71-81>
- Gopalakrishnan, T., Hasan, M. K., M. Haque, A. T., Jayasinghe, S., & Kumar, L. (2019). Sustainability of Coastal Agriculture Under Climate Change. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su11247200>
- He, Z., Liu, Y., Liu, X., Wang, R., & Zhu, H. (2022). Influence of Multi-Dimensional Environmental Knowledge on Residents' Waste Sorting Intention: Moderating Effect of Environmental Concern. *Frontiers in Psychology*. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.957683>
- Herlanti, Y. (2022). Establishing Environmental Education on Students' Environmental Literacy at Junior High School. *Indonesian Journal of Educational Research and Review*. <https://doi.org/10.23887/ijerr.v5i3.51756>
- Kurniawan, T. A., Pasaribu, B., Kusworo, T. D., Wibisono, Y., Goh, H. H., Zhang, D., Ali, I., Aziz, F., Anouzla, A., Sarangi, P. K., Mahmoud, M., Dzarfan Othman, M. H., Al-Sultan, G. A., & C. Casila, J. C. (2024). Building Disaster Resilience in Thousand Islands (Indonesia): Unlocking Climate Adaptation Strategies to Navigate Sea Level Rise in Coastal Regions While Safeguarding Crop Productivity and Local Biodiversity. *Acs Es&t Water*. <https://doi.org/10.1021/acsestwater.4c00099>
- Li, J., Chen, J. T., Zhang, L., Matos, J., Wang, L., & Yang, J. (2024). Electrocatalytic Upcycling of Plastic Waste: Progress, Challenges, and Future. *Electron*. <https://doi.org/10.1002/elt2.63>
- Liu, J., & Zhang, X. (2024). Enhancing Environmental Awareness Through Digital Tools in Environmental Education in China. *Environment-Behaviour Proceedings Journal*. <https://doi.org/10.21834/e-bpj.v9i28.5820>
- Liu, T., Wang, P., Zhang, Q., Cao, J., & Wu, Y. (2024). Changes in the Environmental Impacts of the Waste Management System After Implementing the Waste-sorting Policy: A Beijing Case Study. *Journal of Industrial Ecology*. <https://doi.org/10.1111/jiec.13495>
- Masjhoer, J. M., & Vitrianto, P. N. (2024). Community Engagement in Waste Reduction: A Critical Component for Gunung Sewu Geopark Conservation, Yogyakarta, Indonesia. *Environmental & Socio-Economic Studies*. <https://doi.org/10.2478/enviro-2024-0008>
- Maspul, K. A. (2024). Using Interactive Language Development Tools to Enhance Cognitive and Literacy Skills in K-12 Education. *J-Shmic Journal of English for Academic*. [https://doi.org/10.25299/jshmic.2024.vol11\(1\).15835](https://doi.org/10.25299/jshmic.2024.vol11(1).15835)
- Nasution, A. R., Arika, R., Kesuma Dany, C. N., Rezeki Dalimunthe, M. S., Amrainum, D., Fauziah, E. A., Salsabila, F., Rizqika, I., Ershanda, M., & Subhan, M. (2023). Overview of Environmental Sanitation and Socio-Cultural of Coastal Communities in Fishing Village, Medan Belawan District, Indonesia. *Eureka Herba Indonesia*. <https://doi.org/10.37275/ehi.v4i4.90>
- Noer, L. R., & Handiwibowo, G. A. (2023). Upgrading Mekarsari TPS to TPST by Using a Waste Processing Machine for Ngingas Makmur Abadi BUMDes Products. *Iptek Journal of Proceedings Series*. <https://doi.org/10.12962/j23546026.y2023i1.16392>
- Nurhayati, E., & Nurhayati, S. (2023). Community Waste Management Education: Strategies and Impacts. *Jurnal Dimensi*. <https://doi.org/10.33373/dms.v12i3.5582>

- Nutrizio, M., Dukić, J., Sabljak, I., Samardžija, A., Fučkar, V. B., Đjekić, I., & Jambrak, A. Režek. (2024). Upcycling of Food by-Products and Waste: Nonthermal Green Extractions and Life Cycle Assessment Approach. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su16219143>
- Powers, H., Renner, K., & Prowse, V. L. (2024). Plastic Pollution and Environmental Education Through Artwork. *Cambridge Prisms Plastics*. <https://doi.org/10.1017/plc.2024.7>
- Rudianto, R., Bintoro, G., GUNTUR, G., Swatama, D., Paizar, A. R., Jeremy, L. K., Oktasyah, L., & Purba, C. A. (2023). Coastal Management Strategies to Face Climate Change and Anthropogenic Activity: A Case Study of Tamban Beach, Malang Regency, East Java. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*. <https://doi.org/10.29244/jitkt.v15i1.43125>
- S Tetelepta, J. M., Abrahamsz, J., B Mamesah, J. A., Pattikawa, J. A., Wawo, M., & Hamid, F. Al. (2023). The Local Wisdom Knowledge Applied in the Management of Coastal Resources at Ilili Village, Western Seram District, Indonesia. *Iop Conference Series Earth and Environmental Science*. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1207/1/012023>
- Sandifer, P. A. (2023). Linking Coastal Environmental and Health Observations for Human Wellbeing. *Frontiers in Public Health*. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1202118>
- Shiratina, A., Wardhani, N. K., Sabtika, V., & Mamahit, D. A. (2023). Implementation of Green Marketing to Maintain Sustainability Waste Bank Business. *Icccd*. <https://doi.org/10.33068/iccd.v5i1.600>
- Sukri, A. (2023). Enculturation of Lombok Coastal Local Wisdom in PBL as a Conservation Learning Strategy to Improve Students' Environmental Literacy. *Jurnal Penelitian Pendidikan Ipa*. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i8.5744>
- Thi, H. H., Thi Hong, H. N., Thi Thu, T. B., Van, T. T., Quang, T. D., & Thi Hoai, T. N. (2024). Assessing Knowledge, Attitude, and Behavior in Household Solid Waste Management in Northern Vietnam. *Civil and Environmental Engineering*. <https://doi.org/10.2478/cee-2024-0039>
- Varapnickaitė, E., & Vasarevičius, S. (2024). *Case Study of Lithuania: Investigation of GHG Emissions Reduction From Municipal Solid Waste Management Practices*. <https://doi.org/10.3846/da.2024.005>
- Verzosa, R. C., M. Katipunan, F. J., B. Lumangyao, J. G., & Antonio, E. S. (2024). Solid Waste Management Awareness and Practices in Coastal Communities. *Davao Research Journal*. <https://doi.org/10.59120/drj.v15i3.247>
- Yirenkyi, E. (2024). *An Agent-Based Modeling Approach to Household Adaptation for Flooding and Coastal Erosion at Channel-Port Aux Basque*. <https://doi.org/10.31223/x5xx2v>
- You, S.-M., Lee, S. S., Ryu, M. H., Song, H. M., Kang, M. S., Jung, Y. J., Song, E. C., Sung, B. H., Park, S. J., Joo, J. C., Kim, H. T., & Gil, H. (2023). B-Ketoadipic Acid Production From Poly(ethylene Terephthalate) Waste <i>via</i> Chemobiological Upcycling. *RSC Advances*. <https://doi.org/10.1039/d3ra02072j>
- Zhang, S., Wu, Q., Butt, M. J., Lv, Y.-M., & Wang, Y. S. (2024). Coastal Cities Governance in the Context of Integrated Coastal Zonal Management: A Sustainable Development Goal Perspective Under International Environmental Law for 'Coastal Sustainability.' *Frontiers in Marine Science*. <https://doi.org/10.3389/fmars.2024.1364554>