

INOVASI KOTAK PANORAMA UNTUK MENDUKUNG EKOWISATA INKLUSIF SUMBERDAYA PESISIR DI PANTAI NAMANALU

(Panorama Box Innovation to Support Inclusive Coastal Resource Ecotourism on Namanalu Beach)

Reico H. Siahainenia^{1*}, Latuhorte Wattimury², Fella Gaspersz¹, Matthew Chary¹

¹ Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Pattimura

² Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Pattimura

Corresponding author: ekoadvmal@gmail.com*

Received: 27 September 2025, Revised: 22 Oktober 2025, Accepted: 27 Oktober 2025

ABSTRAK: Gangguan riak gelombang permukaan menjadi kendala utama dalam menikmati potensi wisata bawah air di kawasan ekowisata pesisir. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sebuah alat bantu visual yang dapat menetralisasi riak gelombang tersebut, guna meningkatkan kualitas pengalaman wisatawan di Pantai Namanalu. Penelitian pengembangan ini mengadopsi metodologi *Design Thinking* yang dilakukan pada Juli-September 2025. Data pada tahap *Empathize*, *Define*, *Ideate* dan *Test* diperoleh melalui wawancara dan diskusi serta aplikasi bersama dengan pengguna di lokasi wisata Pantai Namanalu, dianalisis menggunakan Analisis Tematik; tahap *Prototype* dilaksanakan pada Laboratorium Hidrostatik dan Towing Tank Fakultas Teknik, Universitas Pattimura. Penelitian menghasilkan dua purwarupa kotak panorama yang dilengkapi mekanisme inovatif berupa sistem ballast untuk mengatur daya apung alat, memudahkan pengguna dalam proses pencelupan (*immersio*) dasar kotak ke bawah permukaan air dan pengangkatannya (*retrieval*) kembali. Berdasarkan hasil uji fungsi di lapangan, kedua prototipe kotak panorama terbukti beroperasi secara maksimal. Alat ini berhasil menghilangkan distorsi visual akibat riak gelombang, sehingga pemandangan bawah air dapat diamati dengan jelas dan proporsional. Disimpulkan bahwa kotak panorama ini tidak hanya menjawab permasalahan yang diidentifikasi tetapi juga berpotensi menjadi media edukasi konservasi yang efektif istimewa kepada wisatawan orang tua, anak-anak dan non perenang. Implementasi alat ini direkomendasikan untuk mendukung kegiatan ekowisata berkelanjutan.

Kata Kunci: Kotak panorama, sistem ballast, ekowisata, pesisir, Pantai Namanalu

ABSTRACT: Surface wave ripple disturbance is a major obstacle in enjoying the potential of underwater tourism in coastal ecotourism areas. This study aims to develop a visual aid that can neutralize the wave ripple, in order to improve the quality of the tourist experience at Namanalu Beach. This development research adopts the Design Thinking methodology conducted in July-September 2025. Data at the Empathize, Define, Ideate and Test stages were obtained through interviews and discussions and joint applications with users at the Namanalu Beach tourist location, analyzed using Thematic Analysis; the Prototype stage was carried out at the Hydrostatics and Towing Tank Laboratory, Faculty of Engineering, Pattimura University. The study produced two prototypes of panoramic boxes equipped with an innovative mechanism in the form of a ballast system to regulate the buoyancy of the tool,



making it easier for users to immerse the bottom of the box below the water surface and retrieval (lifting) it back. Based on the results of functional tests in the field, both panoramic box prototypes were proven to operate optimally. This tool successfully eliminates visual distortion due to wave ripples, so that underwater views can be observed clearly and proportionally. It was concluded that this panorama box not only addresses the identified issues but also has the potential to be an effective conservation education tool, especially for older tourists, children, and non-swimmers. Implementation of this tool is recommended to support sustainable ecotourism activities.

Keywords: Panorama box, ballast system, ecotourism, coastal, Namanalu Beach

PENDAHULUAN

Ekowisata pesisir (*Coastal ecotourism*) telah berkembang sebagai paradigma pariwisata berkelanjutan yang bertujuan merekonsiliasi kegiatan ekonomi dengan konservasi keanekaragaman hayati laut (Hertati, 2020; Zhang & Deng, 2024). Aktivitas ini tidak hanya menawarkan pengalaman alam yang otentik tetapi juga berperan sebagai media edukasi untuk meningkatkan kesadaran lingkungan bagi pengunjung (et al., 2018; Zulkarnain et al., 2024). Daya tarik utamanya seringkali terletak pada keindahan pemandangan bawah air di zona laut dangkal, seperti keanekaragaman biota terumbu karang dan ikan hias (Bastian et al., 2021; Paradise et al., 2019). Ironisnya, akses untuk mengapresiasi keindahan ini terhambat oleh kendala fisik yang mendasar: distorsi optik akibat riak gelombang permukaan (*Surface wave ripple*). Gangguan yang sangat umum menyebabkan pemandangan bawah air tampak kabur, bergoyang, dan tidak proporsional, yang secara signifikan akan mengurangi kualitas pengalaman visual dan potensi edukasi kegiatan ekowisata itu sendiri (Siahainenia, 2025).

Solusi konvensional seperti perahu berlantai kaca (*Glass-bottom boat*) atau aktivitas *snorkeling* telah diterapkan (Aryadi et al., 2024; Sa'adah et al., 2025). Namun, perahu kaca memiliki keterbatasan dalam hal biaya investasi dan operasional serta dampak ekologis dari lalu lintas perahu (Wijaya & Prasita, 2024). Sementara itu, *snorkeling* memerlukan tingkat keterampilan dan kenyamanan tertentu di air, sehingga tidak inklusif bagi semua kalangan pengunjung, seperti anak-anak, dan lansia, atau non-perenang (Gillovic & McIntosh, 2020). Oleh karena itu, dibutuhkan sebuah solusi yang

bersifat *Low-impact*, mudah dioperasikan, dan dapat diakses oleh semua orang. Kotak panorama (*Panoramic view box*) menawarkan prinsip fisika yang sederhana dengan menciptakan "jendela" tenang di bawah permukaan air, sehingga menetralisasi distorsi riak gelombang (Wang & Balmforth, 2022). Namun, pengembangan alat sejenis sering kali mengabaikan aspek ergonomi, portabilitas, dan dampak lingkungan dari penggunaannya yang berulang, menciptakan kesenjangan antara fungsi teknis dan keberlanjutan operasionalnya di lapangan. Kehadiran kotak panorama sebagai solusi distorsi visual tidak terlepas dari pertimbangan dampak multidimensi. Dampak positif kotak panorama dalam hal peningkatan pengalaman wisatawan, pengunjung dapat mengamati ekosistem bawah air dengan kejernihan dan kestabilan visual tinggi yang langsung meningkatkan kepuasan, dan nilai persepsi terhadap destinasi (Annisa, 2023), serta edukasi konservasi yang inklusif. Alat ini menjadi jembatan bagi seluruh kalangan tanpa memandang pada usia atau kemampuan berenang dan keterbatasan kondisi fisik tertentu untuk terhubung dengan alam bawah laut sehingga memperkuat pesan konservasi (Gillovic & McIntosh, 2020). Kotak panorama meminimalkan gangguan fisik, berbeda dengan *snorkeling* atau *diving* yang berisiko menyentuh secara sengaja maupun tidak sengaja, atau menginjak terumbu karang (Casimiro et al., 2022). Kotak panorama akan memusatkan pengamatan pada satu bidang visual yang aman, sehingga mengurangi dampak fisik langsung pada ekosistem (Dong, 2025).

Beberapa dampak negatif yang perlu diantisipasi antara lain gangguan lokal pada biota dasar; penempatan kotak yang tidak tepat atau

berulang kali pada area berkarang dapat berpotensi merusak organisme bentik yang menetap di dasar perairan. Potensi vandalisme atau tindakan yang merusak serta sampah; keberadaan alat di ruang publik berisiko terhadap kerusakan akibat penggunaan peralatan yang tidak bertanggungjawab, serta menimbulkan sampah jika komponennya terlepas atau rusak. Perilaku pengguna yang tidak terkendali, kegembiraan berlebihan pengunjung saat melihat pemandangan yang jelas dapat memicu keinginan untuk memberi makan ikan atau menyentuh biota, yang justru mengganggu perilaku alami ekosistem. Oleh karena itu, pengembangan kotak panorama harus mengintegrasikan prinsip keberlanjutan tidak hanya pada fungsi teknisnya, tetapi juga dalam tata kelola penggunaannya. Berdasarkan kompleksitas latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan purwarupa kotak panorama yang dilengkapi sistem ballast, dengan pendekatan *Design Thinking* untuk memastikan kesesuaiannya dengan kebutuhan pengguna sekaligus mengantisipasi dampak negatifnya. Penelitian ini tidak hanya berfokus pada keefektifan alat dalam menetralkan distorsi visual, tetapi juga mengevaluasi aspek ergonomi, keamanan pengoperasian, dan potensi dampak lingkungannya. Dengan demikian, hasil akhir yang diharapkan adalah sebuah solusi teknis yang terintegrasi dengan prinsip-prinsip ekowisata berkelanjutan, mampu meningkatkan pengalaman wisatawan sekaligus menjaga kelestarian ekosistem pesisir Pantai Namanalu.

METODE PENELITIAN

Penelitian berlangsung pada bulan Maret hingga Juli 2025 di Pantai Namanalu Negeri Morella (Gambar 1), Laboratorium Hidrostatik dan dilanjutkan di Laboratorium Uji Kapal (*Towing tank*) Fakultas Teknik Universitas Pattimura. Data diperoleh melalui wawancara dan observasi. Penelitian ini mengadopsi metodologi *Design Thinking* yang berpusat pada manusia (*Human-centered*), sebuah filosofi dan pendekatan yang menempatkan manusia (pengguna, masyarakat, partisipan) sebagai fokus utama dalam setiap proses perancangan,

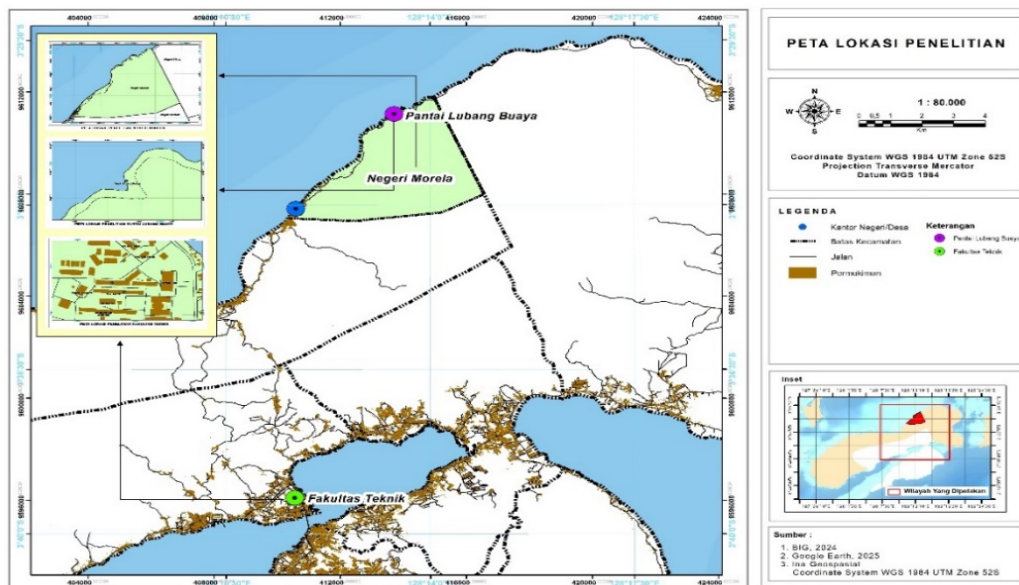
pengembangan, dan evaluasi suatu sistem, produk, layanan, atau kebijakan. Pendekatan ini dipilih untuk memastikan bahwa solusi yang dikembangkan tidak hanya efektif secara teknis tetapi juga benar-benar menjawab kebutuhan dan tantangan yang dihadapi oleh pengguna langsung di lapangan. Metode ini diimplementasikan melalui lima tahap iteratif, seperti yang diilustrasikan dalam diagram pada Gambar 2 (Combelles et al., 2020).

1. *Empathize* (Tahap Berempati)

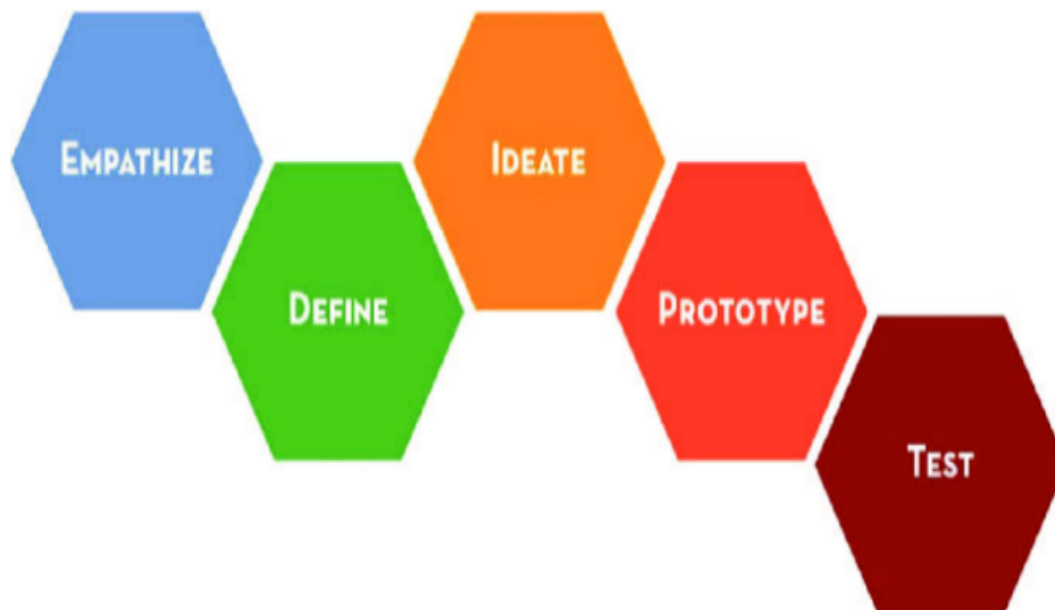
Tujuan tahap ini untuk memahami secara mendalam pengalaman, kebutuhan, dan frustrasi pengguna (wisatawan dan pendayung perahu wisata) terkait gangguan riak gelombang. Aktivitas yang dilakukan berupa pengumpulan data primer melalui wawancara mendalam untuk menggali pengalaman terhadap 15 orang wisatawan dan 5 pendayung perahu pada kawasan wisata "Lobang Buaya", Pantai Namanalu. Observasi langsung untuk mengamati perilaku pengunjung saat mencoba melihat pemandangan bawah air dan kendala yang dihadapi. Output berupa data kualitatif yang kaya mengenai *pain points* pengguna, yang menjadi dasar tahap selanjutnya.

2. *Define* (Tahap Mendefinisikan)

Tujuan tahap ini adalah untuk mengolah data yang diperoleh dari tahap *empathize* menjadi suatu rumusan masalah yang jelas dan terarah. Aktivitas yang dilaksanakan antara lain: Analisis Tematik, data transkrip wawancara dianalisis untuk mengidentifikasi pola, tema, dan wawasan utama. Pembuatan *Affinity Diagram*: semua temuan dikelompokkan untuk melihat hubungannya secara visual. Perumusan *Point of View* (POV): berdasarkan tema yang muncul, dirumuskan pernyataan masalah yang berpusat pada pengguna. Pernyataan tersebut dapat berupa "Seorang wisatawan yang berkunjung ke Pantai Namanalu membutuhkan cara untuk melihat pemandangan bawah air dengan jernih dan stabil, tanpa harus memiliki kemampuan berenang, menyelam atau juga menggunakan peralatan yang rumit." Output pada tahap *define* berupa deskripsi masalah yang jelas untuk dipecahkan pada tahap selanjutnya.



Gambar 1. Lokasi Penelitian Pantai Namanalu, Lab. Hidrostatik, dan Towing Tank

Gambar 2. Model *design thinking d-school*

3. Ideate (Tahap Membuat Ide)

Tujuan tahap ini adalah untuk menghasilkan beragam konsep solusi yang mungkin untuk mengatasi masalah yang telah didefinisikan. Aktivitas yang dilakukan yaitu *Brainstorming*: sesi curah pendapat yang melibatkan tim peneliti untuk menghasilkan ide sebanyak-banyaknya tanpa penilaian awal. Sketsa dan Pemodelan Konsep: ide-ide terbaik divisualisasikan dalam bentuk sketsa dan

diagram untuk mempermudah evaluasi. Seleksi Ide: ide-ide dievaluasi berdasarkan kriteria kelayakan teknis (*Feasibility*), kemauan pengguna (*Desirability*), dan kelayakan ekonomi (*Viability*). Konsep kotak panorama dengan sistem ballast terpilih sebagai solusi paling menjanjikan. Output pada tahap ini yaitu beberapa konsep desain kotak panorama, dengan satu konsep utama yang dipilih untuk diprototipe.

4. *Prototype* (Tahap Membuat Purwarupa)

Tujuan tahap ini adalah mewujudkan ide yang terpilih ke dalam bentuk fisik yang sederhana dan cepat, untuk diuji dan dipelajari. Aktivitas yang dilakukan pada tahap ini yaitu Pembuatan Purwarupa: dua unit purwarupa kotak panorama dibuat dengan material dinding dari lembar PVC dan rangka dari pipa PVC. Fokus pengembangan adalah pada mekanisme sistem ballast (dengan menggunakan ruang udara) yang berfungsi untuk mengatur daya apung. Uji Laboratorium: purwarupa diuji terlebih dahulu di Lab. Hidrostatik dan Towing Tank untuk memvalidasi prinsip kerja, stabilitas, integritas structural, dan kekedapannya di bawah simulasi kondisi air. Output pada tahap ini berupa purwarupa fisik kotak panorama yang siap untuk diuji secara langsung oleh pengguna di lapangan.

5. *Test* (Tahap Pengujian)

Tujuan tahap ini adalah untuk mendapatkan umpan balik langsung dari pengguna terhadap purwarupa yang telah dibuat. Aktivitas yang dilakukan Uji Lapangan: purwarupa dibawa ke Pantai Namanalu dan digunakan secara langsung oleh sejumlah wisatawan dan pengelola yang sebelumnya diwawancarai. Pengumpulan Umpan Balik: dilakukan observasi dan wawancara singkat untuk menilai kemudahan penggunaan (*Usability*), keefektifan dalam menetralkan riak, serta masalah praktis yang timbul. Output pada tahap ini berupa umpan balik yang berharga untuk penyempurnaan desain akhir. Proses ini bersifat iteratif, jika ditemukan masalah signifikan, tim dapat kembali ke tahap Define atau Ideate untuk melakukan perbaikan.

Dengan menerapkan kelima tahap *Design Thinking* secara iteratif, penelitian ini berhasil mengembangkan solusi yang tidak hanya inovatif secara teknis tetapi juga relevan dan dapat diterima oleh pengguna akhir. Pendekatan ini memastikan bahwa kotak panorama yang dihasilkan adalah benar-benar menjawab akar permasalahan yang dihadapi oleh pengguna maupun pendayung perahu wisata dalam aktivitas ekowisata pesisir.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahap Empathize dan Define: Mengungkap Akar Permasalahan.

Analisis tematik terhadap data wawancara dan observasi mengidentifikasi tiga tema utama sebagai *pain point* pengunjung Pantai Namanalu:

- 1) Frustrasi Visual (*Visual Frustration*): seluruh responden (15/15) menyatakan ketidakpuasan terhadap pengalaman melihat bawah air. Kutipan khas seperti, "Saya tahu ada ikan dan karang yang indah, tetapi gelombang membuatnya terlihat seperti hantu yang bergoyang," menggarisbawahi kualitas visual yang buruk sebagai penghalang utama.
- 2) Batas Aksesibilitas (*Accessibility Barrier*): sebanyak 80% responden, termasuk keluarga dengan anak kecil dan lansia, menyatakan keengganan untuk berenang atau menyelam. Responden membutuhkan alternatif yang aman dan mudah untuk mengakses pemandangan bawah air tanpa harus masuk ke dalam air.
- 3) Keterbatasan Solusi Existing (*Limitation of Existing Solutions*): pengelola wisata mengonfirmasi bahwa glass-bottom boat belum tersedia namun walaupun ada, tidak ekonomis, efisien dan efektif untuk dioperasikan mengingat semua perahu wisata berfungsi ganda yakni sebagai perahu nelayan, tapi juga perahu transportasi barang.

Berdasarkan temuan ini, *Point of View* (POV) dirumuskan: "Wisatawan yang berkunjung ke Pantai Namanalu (termasuk lansia, anak-anak, dan non-perenang) membutuhkan akses yang mudah dan aman untuk menikmati ekosistem terumbu karang, karena ketiadaan infrastruktur wahana khusus, sehingga menghambat pengalaman wisata yang inklusif dan mendalam. Pengelola dan masyarakat Pantai Namanalu membutuhkan strategi pengembangan wisata berkelanjutan, yang mampu meningkatkan nilai ekonomi dari sektor pariwisata tanpa menimbulkan konflik atau mengganggu produktivitas sektor tradisional seperti nelayan dan logistik."

Tahap Ideate dan Prototype: Desain Inovatif Kotak Panorama Sistem Ballast

Berdasarkan hasil sesi *brainstorming*, konsep kotak panorama dengan sistem ballast pasif terpilih. Purwarupa yang dihasilkan memiliki spesifikasi sebagai berikut:

- 1) Bingkai terbuat dari pipa *Polyvinyl Chloride* (PVC) untuk mencegah korosi dan meminimalkan berat. Fitting PVC 3 arah dan 4 arah dipakai untuk mengkoneksi pipa-pipa rusuk membentuk rangka kotak panorama. Pipa rusuk Panjang dan lebar bawah berfungsi sebagai bingkai bagi lembar kaca bening tebal 5mm, Panjang 1,22m, lebar 0,54m sebagai panel observasi.
- 2) Dinding Pelindung menggunakan lembar PVC berongga (*Hollow core*) tebal 0.5mm. Material ini ringan, tidak korosif dan memiliki stabilitas dimensi akibat tekanan air maupun suhu dan kelembaban. Dinding panjang berdimensi (1,26 x 0,19)m; sisi lebar (0,56 x 0,19)m.
- 3) Sistem Ballast mengadopsi konsep tangki ballast pada kapal selam secara sederhana. Bagian bawah kotak dirancang memiliki dua pipa ballast, pipa PVC Ø3" tertutup, panjang 1,53m. Kedua pipa ini memiliki daya apung (*Buoyancy*) 20,59Kg saat kosong (proses pengangkatan). Bila diisi air laut, proses pencelupan, total berat adalah 14,6Kg. Ini akan mencelupkan pipa ballast seluruhnya hingga tinggi sarat kotak menjadi 2cm diukur dari dasar kaca. Pada kondisi ini kotak sendiri memiliki *buoyancy* 14,6Kg. Saat pipa kosong, perbandingan *buoyancy* dengan berat adalah 71%. Dengan kata lain saat menuju ke, dan pulang dari spot wisata, tinggi dasar kaca di atas permukaan air adalah 7cm, cukup untuk tidak menambah hambatan air yang besar.
- 4) Mekanisme Operasi: pengguna cukup membuka katup, untuk membiarkan air masuk ke pipa ballast (mode celup). Untuk mengangkatnya, pengguna menghidupkan pompa udara, menekan air meninggalkan pipa ballast, meningkatkan daya apung (*Buoyancy*) dan menarik kotak ke atas kemudian menutup katup lagi (mode angkat).

Uji Fungsi dan Efektivitas

Pengujian di lapangan menunjukkan hasil yang sangat positif:

- 1) Efektivitas Visual: kotak panorama berhasil menghilangkan hampir seluruh distorsi yang disebabkan oleh riak gelombang kecil hingga sedang (tinggi gelombang < 0,3 m). Pengguna melaporkan adanya peningkatan kejernihan dan kestabilan gambar yang dramatis, seperti yang diungkapkan salah satu peserta uji: "Akhirnya saya bisa melihat ikan-ikan kecil dan karang dengan detail dan sangat jelas, seolah-olah melihat akuarium terbaik yang fantastis di pantai ini."
- 2) Kemudahan Operasi: waktu yang dibutuhkan untuk proses pencelupan dan pengangkatan kurang dari 10 detik. Sistem ballast pasif terbukti efektif mengatur daya apung tanpa memerlukan tenaga yang besar, membuatnya dapat dioperasikan oleh remaja dan dewasa.
- 3) Portabilitas: dengan berat total 14,6 kg, kotak dapat dibawa hanya oleh dua orang dengan mudah. Desain yang modular memungkinkan transportasi yang efisien dan ekonomis

Keberhasilan dan Implikasi Desain

- 1) Menjawab Kesenjangan Solusi Existing
Temuan ini sejalan dengan penelitian (Levin et al., 2007) yang menyatakan bahwa alat observasi bawah air sederhana dapat menjadi katalis untuk pendidikan kelautan. Keberhasilan kotak panorama ini terletak pada kemampuannya menggabungkan prinsip fisika yang sederhana (menciptakan antarmuka udara-tenang) dengan desain yang mengutamakan pengguna (*Human-centered*), sebagaimana ditekankan dalam pendekatan *Design Thinking* (Ilham et al., 2021). Berbeda dengan *glass-bottom boat* yang mahal, solusi ini bersifat *low-cost* dan *low-impact*, sesuai dengan prinsip ekowisata berkelanjutan (Sasongko et al., 2020).
- 2) Sistem Ballast sebagai Inovasi Kunci
Sistem ballast pasif menjadi pembeda utama dari teknologi konvensional sejenis. Inovasi ini memungkinkan pengaturan kedalaman celupan dan ketinggian pengangkatan secara efektif sehingga mengurangi luas

permukaan basah yang pada gilirannya berpengaruh mengurangi tahanan total air (Suastika et al., 2022). Mekanisme ini memberikan kontrol yang intuitif kepada pengguna, yang merupakan elemen kunci dari *usability* yang baik.

- 3) Potensi sebagai Media Edukasi Konservasi Kejernihan visual yang dihasilkan tidak hanya meningkatkan kepuasan wisatawan tetapi juga membuka peluang untuk edukasi. Ketika pengunjung dapat melihat ekosistem bawah laut dengan jelas, hubungan emosional dan rasa tanggung jawab untuk menjaganya dapat terbentuk, sebuah fenomena yang dikenal dengan istilah *Connectedness to nature* (Lewis, 2020). Oleh karena itu, kotak panorama ini berpotensi menjadi alat interpretasi lingkungan yang powerful, mengubah pengalaman rekreasi pasif menjadi pengalaman belajar yang aktif dan berdampak.

- 4) Keterbatasan dan Saran untuk Pengembangan Selanjutnya
Penelitian ini memiliki keterbatasan dalam hal pengujian pada kondisi gelombang yang lebih besar (tinggi gelombang > 0,5 m). Pada kondisi tersebut, stabilitas kotak dapat terganggu. Penelitian di masa datang dapat mengeksplorasi penambahan *dampening system* atau *anchor ring* yang lebih baik. Selain itu, studi jangka panjang diperlukan untuk memantau dampak keberadaan alat terhadap perilaku biota di area pengamatan.

Berdasarkan hasil wawancara maka pada tahap *empathize* ditemukan bahwa ada beberapa kebutuhan antara lain (Lesnussa 2017): 1) Rumah geladak untuk melindungi penumpang dari hujan dan panas; 2) Teknologi eliminasi riak gelombang laut; 3) Sistem penerangan bawah air untuk memfasilitasi wisata malam hari; 4) Sistem pengaman kelistrikan.

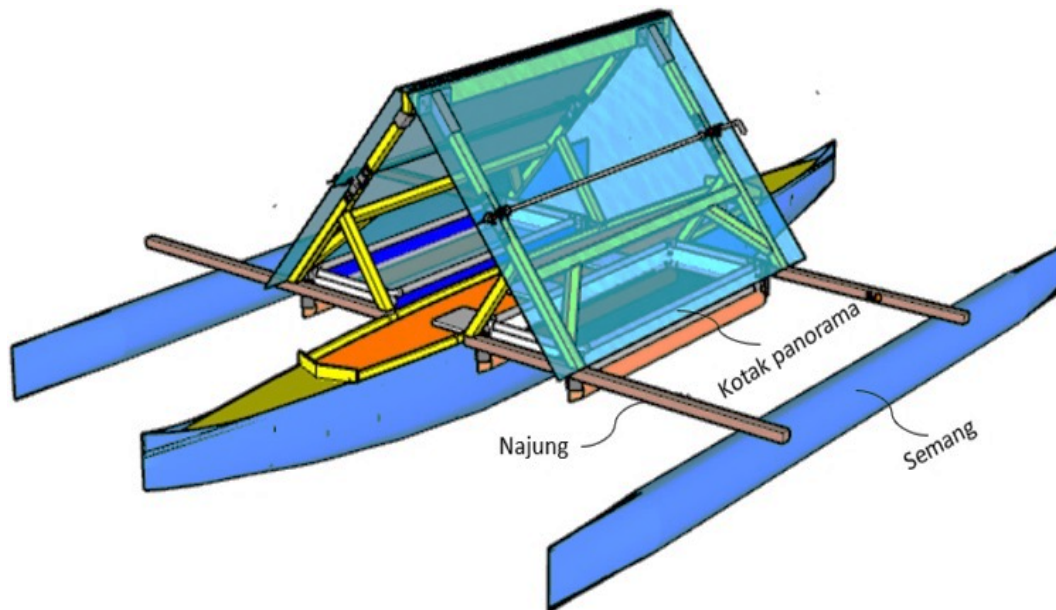
Tahap define, disepakati bahwa yang menjadi skala prioritas utama adalah desain dan pembuatan kotak panorama, kotak dasar kaca yang mampu menghilangkan riak gelombang penyebab pembiasan pandangan. **Tahap ideate**, dirumuskan sebagai kotak panorama dibuat terpisah dari perahu dan memiliki pengapung

(*Main buoyant members*) sendiri sehingga tidak menambah berat perahu secara keseluruhan. Kotak panorama harus dapat dipasang dan dilepas dari perahu secara mudah. Kotak panorama harus dilengkapi dengan sistem ballast sehingga dapat dicelupkan dan diangkat dari air untuk mengurangi hambatan total air. **Tahap prototype** diawali dengan membuat gambar 3D kotak panorama dan kedudukan kotak panorama pada perahu wisata. Sketsa bentuk maupun ukuran kotak panorama seperti terlihat dalam Gambar 3. Berdasarkan sketsa kemudian dilakukan perhitungan berat dan daya apung (*Buoyancy*).

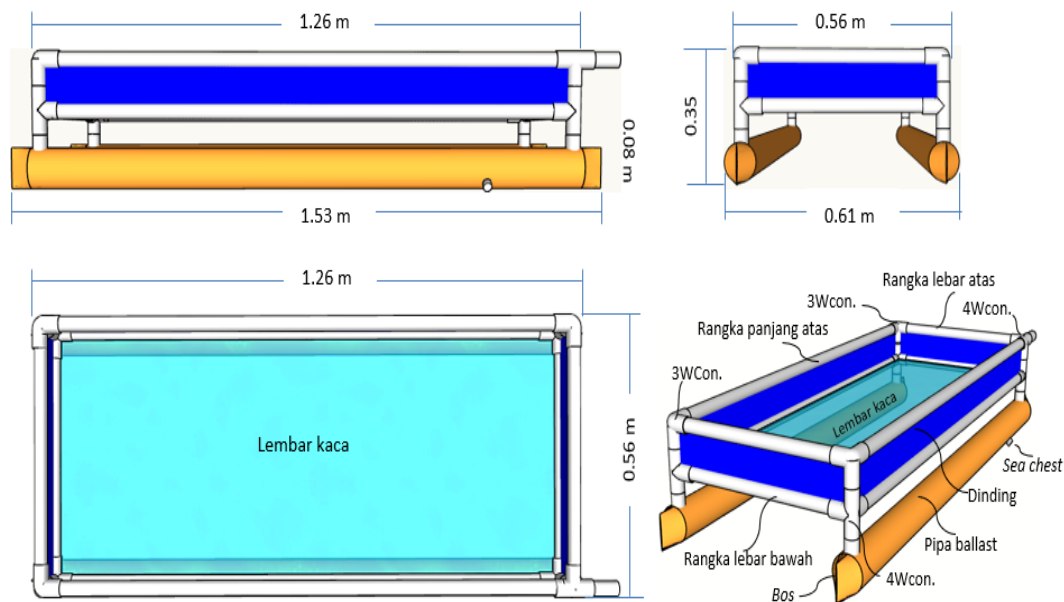
Pada Gambar 3, kotak panorama terletak diantara najung depan dan belakang, dan antara lambung perahu dengan semang. Untuk memberikan hambatan air yang kecil saat beroperasi, menuju ke/kembali dari spot wisata, sehingga konstruksi kotak panorama adalah mengadopsi keunggulan konsep struktur *semi-submersible*, yakni konstruksi tercelup air (*penetrating members*) kecil, sedangkan luas geladak (*Deck area*) yang besar (Rohit et al., 2021).

Alat dan bahan utama dalam pembuatan kotak panorama antara lain: Alat: mesin gerinda, mesin bor; *flame gas torch*, pompa angin elektrik. Bahan: lembar kaca bening 5mm, pipa PVC Ø3" dan Ø¾", konektor PVC Ø¾" 3Way dan 4Way, sock drat dalam dan sock drat luar Ø½", selang karet Ø½", lem silicon, lem korea, lem PVC, *clamp* selang Ø¾", *O ring* Ø½", polyurethane.

Langkah pembuatan kotak panorama diawali dengan membuat pipa ballast: memotong pipa PVC Ø3": panjang 1,22m untuk body pipa ballast, panjang 0.15m untuk penutup pipa body (*Bos*), panjang 0,1m untuk sock sambungan *Bos* dengan body pipa ballast; membuat lubang tiang Ø3/4" pada setiap ujung body, membuat lubang Ø½", tempat *Sea chest*, lobang masuk keluar air ballast; membuat dan memasang *sea chest* pada body pipa ballast. Pada keempat lubang di ujung body ditempatkan pipa tiang sebagai penyanggah rangka kotak panorama. Pipa tiang bertumpu pada dasar pipa ballast, sekaligus penghubung rangka kotak dengan pipa ballast (Gambar 4).



Gambar 3. Letak kotak panorama pada perahu



Gambar 4. Konsep Kotak Panorama

Proses pembuatan rangka kotak panorama diawali dengan memotong pipa PVC Ø3/4": panjang 0,3m untuk tiang penyangga; 1,23m untuk rangka panjang atas dan bawah, panjang 0,54m untuk rangka lebar atas dan bawah. Proses pemasangan lembar kaca pada bingkai kaca, terdiri dari pipa rangka panjang bawah kiri-kanan dan pipa rangka lebar bawah muka-belakang; memotong alur sponeng 5mm pada setiap pipa bingkai termasuk sambunga 4Wcon, disisakan

1cm ke setiap arah horisontal untuk memberikan kekuatan terhadap beban statis dan dinamis operasional kotak panorama; memotong lembar kaca tebal 5mm ukuran (1,22 x 0,54)m dengan coak besar pada setiap sudut kaca berbentuk segitiga, panjang sisi 4cm. Menyisipkan lembar kaca ke dalam pipa bingkai melalui alur sponeng; mengisi material *polyurethane* ke dalam ruang tersisa dalam pipa bingkai untuk menguatkan koneksi kaca dan pipa bingkai, juga kedapapan.

Menghubungkan rangka panjang bawah, rangka lebar bawah dan tiang menggunakan sambungan PVC 4 arah (4Wcon.). Menghubungkan rangka Panjang atas, rangka lebar atas dan pipa tiang menggunakan sambungan PVC 3 arah (3Wcon.). Proses pembuatan dinding kotak panorama berawal dari memotong panel dinding, lembar papan PVC berongga, sisi lebar (0,56x0.19)m, dan sisi panjang (1,26x0.19)m. Memasang panel dinding pada bingkai menggunakan lem korea dan lem silicone sebagai pengedap.

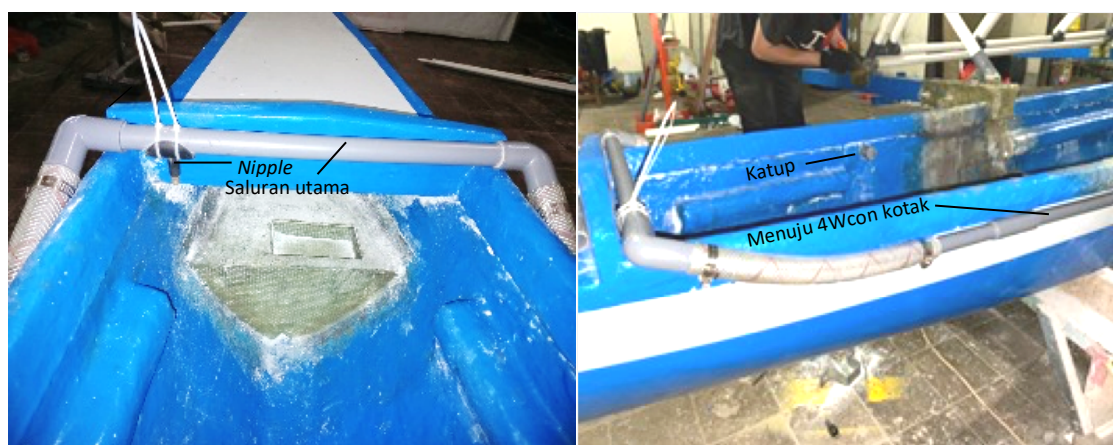
Perakitan kotak panorama dengan pengapung utama dilakukan dengan cara: memasukan ujung bawah keempat pipa tiang ke dalam empat lobang body pipa ballast, memasang penguat (*Stiffeners*) antara sisi luar pipa bawah tiang dengan sisi dalam pipa ballast, melekatkan koneksi pipa bawah tiang dengan pipa ballast menggunakan lem korea dan lem silicone, melekatkan pipa sock sambungan *Bos* pada keempat ujung pipa ballast menggunakan lem pipa PVC, melekatkan *Bos* pada pipa sock menggunakan lem PVC.

Proses pembuatan instalasi udara-air (Gambar 5): membuat pipa saluran utama udara masuk gunakan pipa PVC $\varnothing\frac{1}{2}$ " yang dilengkapi pentil (*Nipple*), dan saluran cabang menggunakan selang karet $\varnothing\frac{3}{4}$ " dan pipa PVC $\varnothing\frac{1}{2}$ ", membuat katup air masuk dari sock drat luar dan sock drat dalam PVC $\varnothing\frac{1}{2}$ ", menyambung pipa cabang udara dengan

sambungan 3 arah (3Wcon.) pada pipa rangka atas gunakan selang karet $\varnothing\frac{3}{4}$ " yang diikat menggunakan *claim* selang $\varnothing\frac{3}{4}$ ".

Tahap test, pengujian dilakukan terhadap kemampuan menghilangkan riak permukaan air, kekedapan air struktur, dan fungsi pengisian air (*Ballasting*) dan pengeluaran air (*Deballasting*) dalam pipa ballast untuk mengapungkan atau mencelupkan kotak ke bawah permukaan air. Saat katup dibuka, air masuk melalui *sea chest* ke dalam pipa ballast, sehingga secara perlahan menenggelamkan kotak panorama ke bawah permukaan air hingga dasar kaca terendam. Saat katup ditutup, kotak panorama berhenti tercelup pada tinggi sarat konstan selama pengamatan.

Pada saat riak gelombang dengan amplitude sekitar 10cm, dan dasar kaca tercelup ± 2 cm di bawah permukaan air tenang (*Steel water level*), Terlihat biota laut yang tadinya nampak kurang jelas, kini sangat jelas (Gambar 6). Tidak terjadi rembesan air dalam kotak panorama baik akibat sambungan konstruksi maupun kaca retak/pecah. Ketika pompa angin elektrik dihidupkan, angin bertekanan akan mendesak air dalam pipa ballast keluar melalui *sea chest*, saat yang sama kotak panorama perlahan mengapung lagi di atas permukaan air pada tinggi sarat (*Draft*) konstan selama pengamatan; akan mengurangi luas permukaan basah (*Wetted surface area*) dan pada gilirannya akan mengurangi hambatan air.



Gambar 5. Instalasi udara tekan



Gambar 6. Perbedaan panorama dalam kotak dan di luar kotak

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan seluruh proses penelitian dan analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa: Pendekatan *Design Thinking* telah berhasil mengungkap akar permasalahan utama dalam aktivitas ekowisata pesisir di Pantai Namanalu, yaitu frustrasi visual akibat distorsi riak gelombang permukaan, yang diperparah oleh keterbatasan aksesibilitas bagi berbagai kalangan pengunjung; Purwarupa kotak panorama dengan sistem ballast pasif yang dikembangkan telah terbukti berhasil berfungsi secara maksimal, efektif menetralisasi distorsi riak gelombang, sehingga menyajikan pemandangan bawah air yang jernih, stabil, dan proporsional kepada pengguna; Uji lapangan membuktikan alat ini tidak hanya menyelesaikan masalah teknis visual tetapi juga secara signifikan meningkatkan kualitas pengalaman wisatawan, mudah dioperasikan dan tidak memerlukan keahlian khusus. Keberhasilan alat ini mengubahnya dari sekadar alat bantu visual menjadi media edukasi konservasi yang potensial. Dengan memfasilitasi interaksi yang jelas dan berdampak rendah dengan ekosistem bawah laut, alat ini dapat menumbuhkan kesadaran dan kepedulian lingkungan pengunjung, yang sejalan dengan prinsip utama ekowisata. Penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi pendekatan *human-centered (Design*

Thinking) dengan solusi teknis yang sederhana dan elegan dapat menghasilkan inovasi yang efektif, berkelanjutan, dan memiliki dampak positif langsung bagi pengembangan ekowisata pesisir.

Berdasarkan temuan dan keterbatasan selama penelitian, diajukan beberapa saran untuk pengembangan, implementasi, dan penelitian lebih lanjut antara lain: 1) Disarankan kepada pengelola kawasan wisata Pantai Namanalu untuk menyusun panduan penggunaan (*user guideline*) yang sederhana. Panduan ini harus mencakup tata cara operasi yang aman, titik-titik pengamatan yang direkomendasikan untuk meminimalkan dampak pada terumbu karang, dan protokol perawatan dasar alat. 2) Sebaiknya tidak ditempatkan sebagai atraksi yang berdiri sendiri, tetapi diintegrasikan dengan program edukasi konservasi yang sudah ada. 3) Perlu diterapkan pemantauan rutin terhadap titik-titik dimana kotak panorama sering digunakan untuk mengobservasi terjadi perubahan pada komunitas biota bentik. 4) Eksplorasi penggunaan material komposit serat alam (*natural fiber composites*) atau polikarbonat dapat dipertimbangkan untuk mengurangi berat dan meningkatkan daya tahan terhadap sinar UV dan goresan. 5) Dikembangkan inovasi sistem penstabil tambahan untuk mengatasi kondisi gelombang, seperti *flexible skirt* di bagian dasar atau mekanisme pemberat yang dapat

disesuaikan secara presisi. 6) Pengembangan aksesoris seperti *grid overlay* yang dipasang sementara pada kaca untuk membantu edukasi identifikasi dan monitoring terumbu karang secara sederhana kepada wisatawan. 7) Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk mengukur dampak jangka panjang keberadaan dan penggunaan alat ini terhadap perilaku biota laut dan ekosistem dasar perairan secara kuantitatif. 8) Penelitian komparatif dapat dilakukan untuk membandingkan tingkat kepuasan wisatawan dan peningkatan pengetahuan konservasi antara pengunjung yang menggunakan alat ini dan yang tidak. 9) Penelitian serupa dapat direplikasi di berbagai lokasi ekowisata pesisir dengan kondisi geografis dan oceanografi yang berbeda untuk menguji adaptabilitas dan keefektifan desain ini. Dengan menerapkan saran-saran tersebut, potensi penuh dari inovasi kotak panorama ini dapat diwujudkan secara lebih maksimal dalam rangka memberi dukungan bagi pariwisata bahari yang berkelanjutan dan bertanggungjawab.

DAFTAR PUSTAKA

- Annisa, I. T. (2023). Pengaruh Citra Destinasi Dan Pengalaman Wisatawan Untuk Mengunjungi Kembali Ekowisata Alam. *Value : Jurnal Manajemen Dan Akuntansi*, 18(2), 363–372. <https://doi.org/10.32534/jv.v18i2.3961>
- Aryadi, W., Bahatmaka, A., Karnowo, Rumondang, J. R., Rumapea, I. F., Kurniawan, A. K., Kusuma, A. W., & Hidayat, I. N. (2024). Design and Construction of a Leisure Boat Bottom Glass Prototype as An Underwater Panorama Tourism Ride in Karimunjawa. *REKAYASA*, 22(1), 34–42.
- Bastian, B., Erianto, E., & Siahaan, S. (2021). Penilaian Daya Tarik Objek Wisata Pesisir Pantai Arung Buaya Desa Meliah Kecamatan Subi Kabupaten Natuna. *Jurnal Hutan Lestari*, 9(1), 45–54. <https://doi.org/10.26418/jhl.v9i1.45860>
- Casimiro, D., Ventura, M. A., Botelho, A. Z., & Guerreiro, J. (2022). Ecotourism in Marine Protected Areas as a tool to valuate natural capital and enhance good marine governance: A review. *Frontiers in Marine Science*, 9(February), 1–15. <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.1002677>
- Combelles, A., Ebert, C., & Lucena, P. (2020). Design Thinking. *IEEE Software*, 37(2), 21–24. <https://doi.org/10.1109/MS.2019.2959328>
- Dong, Y. (2025). The impact of tourists on the marine environment: a review and managerial implications. *Regional Environmental Change*, 25(2), 1–12. <https://doi.org/10.1007/s10113-025-02385-x>
- Gillovic, B., & McIntosh, A. (2020). Accessibility and inclusive tourism development: Current state and future agenda. *Sustainability (Switzerland)*, 12(22), 1–15. <https://doi.org/10.3390/su12229722>
- Hertati, D. (2020). Pengembangan Pariwisata Berkelanjutan: Analisis Ekowisata Mangrove Wonorejo Surabaya. *Global and Policy Journal of International Relations*, 8(02), 147–158. <https://doi.org/10.33005/jgp.v8i02.2412>
- Ilham, H., Wijayanto, B., & Rahayu, S. P. (2021). Analysis and Design of User Interface/User Experience With The Design Thinking Method in The Academic Information System of Jenderal Soedirman University. *Jurnal Teknik Informatika (Jutif)*, 2(1). <https://doi.org/10.20884/1.jutif.2021.2.1.30>
- Levin, D. R., Trono, K., & Arrasate, C. (2007). “ROVs in a bucket” contagious, experiential learning by building inexpensive, underwater robots. *Oceans Conference Record (IEEE)*. <https://doi.org/10.1109/OCEANS.2007.4449345>
- Lewis, A. (2020). *Design Considerations for a Virtual Reality Serious Game Towards Connectedness to a Nature-Based Tourism Attraction* [Griffith University]. <https://doi.org/10.25904/1912/3913>
- Noorhayati Sutisno, A., & Hidayat Afendi, A. (2018). Penerapan Konsep Edu-Ekowisata Sebagai Media Pendidikan Karakter Berbasis Lingkungan. *Jurnal Ecolab*, 12(1), 1–11. <https://doi.org/10.20886/jklh.2018.12.1.1-11>
- Paradise, M. Y., Supratman, O., & Utami, E. (2019). Kesesuaian dan Daya Dukung Kawasan Wisata Snorkeling di Pelabuhan Dalam Perairan Tuing Kabupaten Bangka. *Akuatik: Jurnal Sumberdaya Perairan*, 13(2), 149–151.
- Rohit, K., Sharan, V., Ravishankar, M., Bhuvaneshwar, D., & Harish, R. (2021). Multi-phase simulation of semi-submersible platform with pencil column using CFD. *Journal of Physics: Conference Series*, 1716(1). <https://doi.org/10.1088/17426596/1716/1/012024>

- Sa'adah, I., Ghafur, A., & Fajri, A. (2025). Eksistensi Wisata Snorkeling Dalam Meningkatkan Perekonomian Masyarakat Desa Gili Ketapang Kecamatan Sumberasih Kabupaten Probolinggo. *YUME: Journal of Management*, 8(2), 290–300.
- Sasongko, S., Damanik, J., & Brahmantya, H. (2020). Prinsip Ekowisata Bahari dalam Pengembangan Produk Wisata Karampuang untuk Mencapai Pariwisata Berkelanjutan. *Jurnal Nasional Pariwisata*, 12(2), 126. <https://doi.org/10.22146/jnp.60402>
- Siahainenia, R. H. (2025). Desain Konsep Inovasi Perahu Wisata Panorama Bawah Air Lobang Buaya, Pantai Namanalu-Negeri Morella. *Arika*, 19(1), 57–64. <https://doi.org/10.30598/arika.2025.19.1.57>
- Suastika, K., Nadapdap, G. E., Aliffrananda, M. H. N., Hermawan, Y. A., Utama, I. K. A. P., & Aryawan, W. D. (2022). Resistance Analysis of a Hydrofoil Supported Watercraft (Hysuwac): A Case Study. *CFD Letters*, 14(1), 87–98. <https://doi.org/10.37934/cfdl.14.1.8798>
- Wang, X., & Balmforth, N. J. (2022). Damping of surface waves by a floating viscoplastic plate. *Physical Review Fluids*, 7(12). <https://doi.org/10.1103/PhysRevFluids.7.123302>
- Wijaya, N. I., & Prasita, V. D. (2024). Dampak Aktivitas Wisata Bahari Terhadap Kondisi Ekosistem Terumbu Karang Di Gili Labak, Madura. *Samakia : Jurnal Ilmu Perikanan*, 15(2), 163–171. <https://doi.org/10.35316/jsapi.v15i2.5789>
- Zhang, Y., & Deng, B. (2024). Exploring The Nexus of Smart Technologies and Sustainable Ecotourism: A Systematic Review. *Heliyon*, 10(11), 1–21. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e31996>
- Zulkarnain, I., Rovita, A., & Sulaiman, A. (2024). Edukasi Lingkungan Melalui Wisata Edukatif di Situ Tandon Ciater Tangerang Selatan. *Abdi Laksana : Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 5(3), 725–731. <https://doi.org/10.32493/abdilaksana.v5i3.44304>