

Integrasi Alam dalam Desain Pesisir: Pendekatan Biomimikri pada Oceanarium

Hamza Hamid¹, Citra Amalia Amal¹, Ashari Abdullah¹, Sahabuddin Latif^{*1}

¹Program Studi Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar

ABSTRAK

Studi ini mengeksplorasi penerapan pendekatan biomimikri dalam desain arsitektur Oceanarium di Kota Makassar, sebuah kota pesisir dengan keanekaragaman hayati laut yang signifikan. Terletak pada pertemuan antara pariwisata, pendidikan, dan konservasi, Oceanarium ini bertujuan merespons degradasi ekologi dan minimnya fasilitas edukasi kelautan yang terintegrasi. Dengan mengambil inspirasi dari bentuk-bentuk alami seperti terumbu karang dan gelombang laut, desain ini menggabungkan geometris yang mengalir, material transparan, dan program spasial adaptif untuk mendorong integrasi lingkungan dan pengalaman imersif bagi pengguna. Secara metodologis, penelitian ini menggabungkan analisis tapak, kajian literatur, studi banding kasus internasional, dan sketsa konseptual untuk merumuskan strategi desain yang kontekstual. Bangunan dirancang dengan zona-zona fungsional seperti area publik, edukasi, rekreasi, dan konservasi, yang dihubungkan melalui sirkulasi pengunjung menyerupai arus laut. Prinsip biomimikri diterapkan untuk meningkatkan kenyamanan termal, ventilasi alami, dan ketahanan lingkungan. Hasil menunjukkan bahwa biomimikri meningkatkan kinerja arsitektur baik secara estetika maupun fungsional. Pendekatan ini memfasilitasi praktik bangunan berkelanjutan, mendorong keterlibatan publik, dan selaras dengan konteks budaya serta ekologi lokal. Oceanarium ini tampil bukan hanya sebagai landmark arsitektur ikonik, tetapi juga sebagai laboratorium hidup untuk edukasi kelautan dan pelestarian lingkungan.

ABSTRACT

This study explores the application of biomimicry in the architectural design of an Oceanarium in Makassar City, a coastal metropolis with significant marine biodiversity. Positioned at the intersection of tourism, education, and conservation, the Oceanarium aims to respond to ecological degradation and the lack of integrated marine educational facilities. Drawing inspiration from natural forms such as coral reefs and ocean waves, the design incorporates fluid geometries, transparent materials, and adaptive spatial programming to promote environmental integration and user immersion. Methodologically, the research integrates site analysis, literature review, comparative international case studies, and conceptual sketching to formulate a contextual design strategy. The building features multiple zones, including public, educational, recreational, and conservation areas, connected through a visitor circulation system that mimics ocean currents. Biomimetic principles are applied to enhance thermal comfort, natural ventilation, and environmental resilience. The results indicate that biomimicry enhances architectural performance both aesthetically and functionally. It facilitates sustainable building practices, fosters public engagement, and aligns with local cultural and ecological contexts. The Oceanarium emerges as not only an iconic architectural landmark but also a living laboratory for marine education and environmental stewardship.

ARTICLE HISTORY

Received June 5, 2025
Received in revised form
July 15, 2025
Accepted August 27, 2025
Available online August 28,
2025.

KEYWORDS

Arsitektur Biomimikri, Desain Oceanarium, Konservasi Laut, Arsitektur Pesisir Berkelanjutan, Wisata Edukatif, Desain Adaptif, Makassar

Biomimicry Architecture, Oceanarium Design, Marine Conservation, Sustainable Coastal Architecture, Educational Tourism, Adaptive Design, Makassar

1. Pendahuluan

Kota Makassar, sebagai salah satu pusat pertumbuhan ekonomi di kawasan timur Indonesia, memiliki posisi geografis yang strategis dan kekayaan sumber daya laut yang melimpah. Keberadaan berbagai ekosistem pesisir seperti terumbu karang, padang lamun, dan mangrove memberikan potensi luar biasa dalam mendukung sektor wisata bahari. Seiring dengan meningkatnya arus wisata dan urbanisasi di kawasan pesisir, kebutuhan akan fasilitas publik yang mampu mengintegrasikan fungsi rekreasi, edukasi, dan konservasi menjadi semakin mendesak. Oceanarium sebagai infrastruktur wisata edukatif muncul sebagai jawaban atas tantangan tersebut.

Perkembangan terbaru dalam infrastruktur ekowisata laut di Asia Tenggara menunjukkan adanya dorongan kuat untuk meningkatkan pembangunan pesisir yang berkelanjutan. Mekanisme seperti Kawasan Ekonomi Khusus (KEK) mendorong investasi strategis di sektor infrastruktur yang mendukung pariwisata, sekaligus menjaga integritas ekologis kawasan [1]. Namun demikian, berbagai persoalan seperti degradasi lingkungan dan minimnya keterlibatan komunitas lokal masih menjadi tantangan utama. Inisiatif yang melibatkan pemangku kepentingan lokal terbukti lebih efektif dalam mendukung distribusi sumber daya secara adil dan menjamin keberlangsungan proyek [2,3].

Degradasi ekosistem laut menjadi ancaman serius bagi keberlanjutan kawasan pesisir, tidak hanya dari sisi

ekologis, tetapi juga dalam konteks sosial dan ekonomi. Berkurangnya sumber daya laut secara langsung memengaruhi mata pencaharian masyarakat pesisir dan stabilitas ekonomi kota [4]. Untuk itu, diperlukan pendekatan arsitektural yang mampu merespons isu tersebut melalui desain yang berkelanjutan dan berorientasi pada pengelolaan kawasan pesisir secara terpadu. Pendekatan ini mencakup solusi inovatif berbasis alam (nature-based solutions) yang tidak hanya memperkuat ketahanan kawasan terhadap perubahan iklim, tetapi juga menghidupkan kembali keseimbangan ekologis [5,6].

Di sisi lain, pendidikan lingkungan menjadi komponen vital dalam strategi pembangunan pesisir yang berkelanjutan. Melalui peningkatan kesadaran dan partisipasi masyarakat, program edukasi lingkungan dapat menciptakan rasa memiliki terhadap sumber daya pesisir dan mendorong pengelolaan yang lebih bertanggung jawab [7,8]. Peran arsitektur di sini sangat penting, yakni dengan merancang ruang-ruang yang mampu memfasilitasi pembelajaran ekologis secara interaktif, menyenangkan, dan mendalam. Pendidikan berbasis pengalaman di dalam Oceanarium, misalnya, dapat memperkuat upaya konservasi dengan melibatkan publik secara langsung dalam proses belajar mengenai ekosistem laut [9].

Merancang Oceanarium di kawasan tropis pesisir menghadirkan tantangan kompleks. Tantangan tersebut meliputi keterbatasan teknologi ramah lingkungan, kebutuhan akan efisiensi energi, serta kompleksitas regulasi pembangunan kawasan pesisir. Selain itu, terdapat pula kebutuhan untuk menyeimbangkan antara intensitas kunjungan wisata dengan pelestarian ekologis, yang sering kali menimbulkan dilema dalam proses desain [10,11]. Oleh karena itu, pendekatan desain yang inovatif dan kontekstual menjadi sangat krusial agar proyek Oceanarium mampu memenuhi berbagai fungsi sekaligus menjawab tantangan lingkungan dan sosial [12,13].

Salah satu pendekatan arsitektur yang semakin relevan diterapkan dalam konteks ini adalah biomimikri. Biomimikri menawarkan strategi desain dengan meniru prinsip-prinsip alam yang telah terbukti efisien, adaptif, dan berkelanjutan. Dalam konteks arsitektur pesisir, biomimikri memberikan solusi terhadap permasalahan iklim tropis seperti panas ekstrem, kelembaban tinggi, serta ancaman banjir dan kenaikan muka air laut [14]. Pendekatan ini dapat dilihat dalam bentuk bangunan yang meniru mekanisme alami ekosistem pantai, seperti adaptasi struktur mangrove untuk sistem fondasi atau bentuk fasad menyerupai terumbu karang yang mampu menyerap panas [15-17].

Penerapan biomimikri dalam arsitektur telah terbukti mampu meningkatkan efisiensi pemanfaatan energi dan air, serta menciptakan bangunan yang responsif terhadap kondisi lingkungan lokal. Arsitektur biomimikri tidak hanya menawarkan nilai estetika, tetapi juga menambah nilai fungsional dan ekologis suatu bangunan publik [18,19]. Dalam pengembangan Oceanarium, penerapan prinsip ini memungkinkan integrasi antara desain dan lingkungan melalui penggunaan material lokal, sistem ventilasi alami, serta bentuk bangunan yang mengikuti logika biologis ekosistem laut.

Dalam konteks fasilitas edukasi dan rekreasi berbasis laut, prinsip biomimikri dapat diterapkan melalui inspirasi bentuk, sistem pendinginan, dan strategi penampungan air

yang meniru adaptasi biota laut. Misalnya, desain yang meniru struktur karang untuk menyerap energi panas secara efisien atau bentuk atap yang menyerupai daun mangrove dalam mengalirkan air hujan [20,21]. Tipe bangunan yang umum diterapkan termasuk oceanarium dan pusat konservasi, yang tidak hanya berfungsi sebagai objek wisata, tetapi juga sebagai laboratorium edukasi yang memperkuat keterlibatan publik terhadap konservasi laut [22,23].

Berdasarkan uraian tersebut, maka penelitian ini bertujuan untuk merancang Oceanarium di Kota Makassar dengan menerapkan pendekatan biomimikri sebagai strategi utama. Pendekatan ini tidak hanya dimaksudkan untuk menciptakan ikon arsitektur baru di kawasan pesisir, tetapi juga sebagai bentuk kontribusi terhadap upaya konservasi laut dan peningkatan literasi lingkungan masyarakat. Penelitian ini memiliki kebaruan dalam hal penerapan biomimikri secara kontekstual di kawasan tropis pesisir Indonesia, yang masih terbatas dilakukan. Ruang lingkup studi mencakup analisis tapak, kajian literatur, identifikasi prinsip desain biomimikri, serta eksplorasi bentuk dan fungsi bangunan yang sesuai dengan karakter kawasan pesisir Kota Makassar.

2. Metodologi

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif yang menekankan integrasi antara konteks lokal, prinsip arsitektur biomimikri, dan kebutuhan fungsional bangunan Oceanarium. Metodologi disusun secara sistematis melalui lima tahapan utama: analisis tapak, pengumpulan data, identifikasi prinsip desain, pengembangan konsep melalui sketsa, dan pemodelan digital. Pendekatan ini bertujuan untuk menghasilkan desain yang kontekstual, efisien, dan berkelanjutan sesuai dengan karakteristik kawasan pesisir tropis Kota Makassar.

2.1 Analisis Site

Tahap pertama dilakukan dengan analisis tapak yang berlokasi di kawasan Center Point of Indonesia (CPI), Makassar. Analisis dilakukan terhadap beberapa parameter krusial dalam perancangan bangunan publik di zona pesisir tropis. Aspek iklim dan pola cuaca diperhatikan untuk memahami arah angin dominan dan intensitas cahaya matahari guna mengoptimalkan ventilasi alami dan kenyamanan termal [24].

Topografi serta kondisi tanah dianalisis untuk menentukan strategi fondasi dan drainase yang tepat, mengingat risiko erosi dan banjir di kawasan pesisir [25,26]. Kajian ekologis juga dilakukan untuk mengidentifikasi keanekaragaman hayati yang perlu dilindungi selama perencanaan jejak bangunan, serta memastikan kelestarian flora dan fauna lokal [27]. Aspek budaya dan sosial turut dipertimbangkan dalam bentuk respons terhadap gaya arsitektur lokal dan kebutuhan komunitas sekitar [28], serta potensi pemanfaatan dan pengelolaan sumber daya air lokal seperti sistem pemanenan air hujan [23].

Gambar 1 menunjukkan area Center Point of Indonesia (CPI) di Makassar yang menjadi tapak Oceanarium. Gambar ini membantu memberikan gambaran spasial mengenai posisi strategis kawasan yang dianalisis, termasuk

kedekatannya dengan elemen-elemen penting seperti jalur akses utama, garis pantai, dan ruang publik sekitarnya.



Alternatif Lokasi I

Alternatif Lokasi II



Gambar 1. Lokasi Penelitian

2.2 Pengumpulan Data

Data dikumpulkan melalui tiga teknik utama, yaitu:

- **Studi Literatur**, mencakup kajian teoritis tentang arsitektur biomimikri, prinsip bangunan berkelanjutan, serta referensi Oceanarium internasional.
- **Observasi Lapangan**, dilakukan untuk mengamati langsung kondisi eksisting lokasi, termasuk pencahayaan alami, aksesibilitas, infrastruktur pendukung, serta aspek visual dan akustik lingkungan pesisir.
- **Analisis Studi Banding**, digunakan untuk membandingkan Oceanarium internasional seperti Okinawa Churaumi Aquarium (Jepang), S.E.A Aquarium (Singapura), dan Oceanário de Lisboa (Portugal). Perbandingan dilakukan melalui pendekatan *Comparative Case Study Analysis* guna mengidentifikasi strategi desain, keberlanjutan, dan interaksi pengunjung [29].

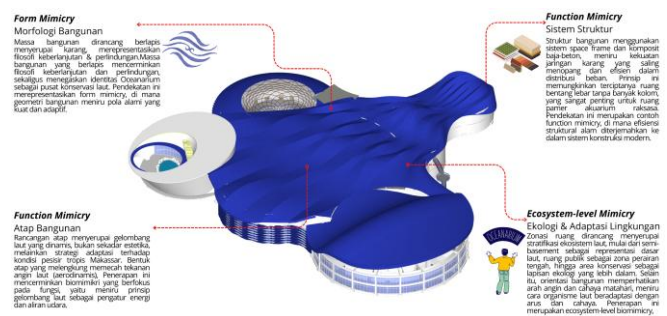
Dalam analisis ini, digunakan pula pendekatan *Performance Metrics Evaluation* untuk menilai efisiensi energi dan penggunaan air, serta *Biomimetic Frameworks* untuk mengevaluasi kesesuaian ekologis desain [30,31]. Untuk melengkapi, dilakukan *User-Centric Assessments*

dengan meninjau pengalaman dan keterlibatan pengguna dari studi literatur [32].

2.3 Identifikasi Prinsip Desain

Tahap ini mengidentifikasi prinsip desain biomimikri berdasarkan sintesis dari literatur dan observasi. Biomimikri diterapkan dalam empat prinsip utama: bentuk (form), adaptasi fungsi, adaptasi terhadap lingkungan, dan keberlanjutan. Setiap prinsip dikaji dari sisi teoritis dan aplikatif melalui studi referensi dan simulasi awal.

Gambar 2 menggambarkan bagaimana prinsip-prinsip biomimikri seperti bentuk, fungsi, adaptasi lingkungan, dan keberlanjutan diterjemahkan ke dalam elemen arsitektural. Gambar ini mendukung pemahaman visual terhadap integrasi prinsip-prinsip tersebut dalam bentuk dan sistem bangunan, serta relevansinya dalam konteks desain pesisir tropis.



Gambar 2. Penerapan Prinsip Desain Biomimikri

2.4 Sketsa Konseptual

Pengembangan desain dilakukan dengan eksplorasi bentuk melalui sketsa manual. Inspirasi diambil dari elemen laut seperti gelombang dan terumbu karang. Sketsa awal digunakan untuk menentukan pola tata massa, zonasi ruang, dan orientasi bangunan. Hasil sketsa kemudian dikembangkan ke dalam bentuk dua dimensi yang menggambarkan sirkulasi, area publik dan privat, serta alur naratif pengalaman pengunjung.

Sketsa ini membantu menyusun urutan ruang dari zona penerimaan menuju zona edukasi, konservasi, dan rekreasi secara terpadu, serta mengakomodasi alur sirkulasi sesuai karakter pengguna (publik dan pengelola).

2.5 Pemodelan Digital

Tahap akhir dalam proses metodologi adalah pemodelan digital tiga dimensi menggunakan perangkat lunak Revit dan SketchUp. Proses ini dilakukan untuk mengintegrasikan data tapak, prinsip desain biomimikri, serta pola ruang yang telah dirumuskan dalam sketsa. Model 3D digunakan untuk mengevaluasi performa spasial, pencahayaan alami, konektivitas antar zona, serta kesesuaian bentuk bangunan dengan lingkungan sekitar.

Dengan pendekatan metodologis ini, penelitian dirancang untuk menghasilkan desain Oceanarium yang tidak hanya indah dan inovatif secara visual, tetapi juga efisien secara ekologis, fungsional, serta kontekstual dengan kawasan pesisir tropis Kota Makassar.

3. Hasil

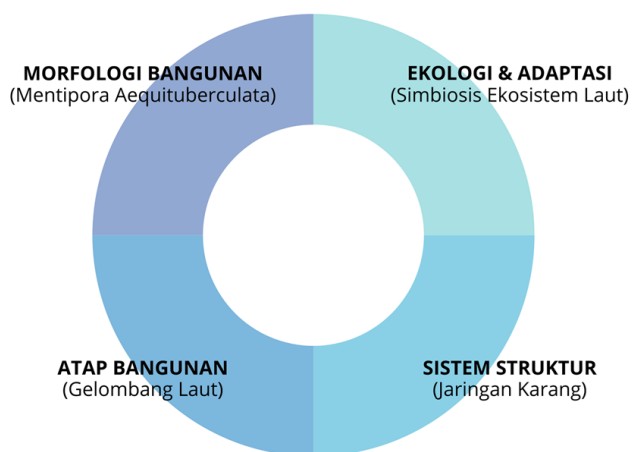
3.1 Ide Desain

Konsep desain Oceanarium di Kota Makassar dikembangkan untuk mencerminkan keindahan dan dinamika ekosistem laut melalui pendekatan arsitektur biomimikri. Bangunan dirancang menyerupai bentuk alami seperti terumbu karang dan gelombang laut, memanfaatkan bentuk lengkung dan material transparan untuk menciptakan integrasi visual dan ekologis dengan kawasan pesisir. Fluiditas bentuk arsitektural memberikan pengalaman spasial yang imersif, memperkuat kesadaran akan pentingnya konservasi laut.

Desain ini juga mengutamakan zonasi fungsi yang jelas dan terstruktur, mulai dari area publik, zona edukasi, zona rekreasi, hingga zona konservasi. Setiap zona diposisikan secara strategis untuk menciptakan alur pengalaman berlapis dan mendalam. Hal ini diperkuat dengan penggunaan geometri fraktal yang meniru kompleksitas bentuk koral, sehingga memungkinkan penciptaan ruang dinamis yang menyatu dengan lanskap laut dan mendukung keberadaan habitat alami [33,34].

Gambar 3 memperlihatkan alur gagasan desain yang bersumber dari elemen laut seperti gelombang dan terumbu karang, yang kemudian diterjemahkan ke dalam bentuk arsitektural. Gambar ini menunjukkan bagaimana inspirasi bentuk alami diolah menjadi zonasi fungsional dan pengalaman ruang yang terstruktur.

SKEMA KONSEP BIOMIMIKRI



Gambar 3. Skema Konsep Biomimikri

3.2 Skema Alur Aktivitas

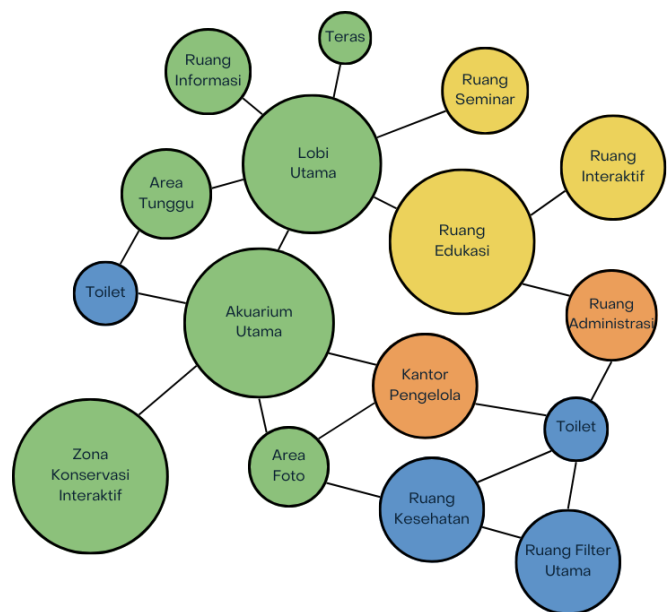
Skema alur aktivitas pengunjung disusun secara naratif dan tematik, menyesuaikan dengan karakteristik bangunan edukatif-rekreatif. Alur dimulai dari area penerimaan dan lobby, dilanjutkan ke zona edukasi yang menyajikan pameran tematik dan ruang laboratorium, kemudian menuju zona rekreasi dengan akuarium besar dan ruang interaktif, sebelum berakhir di zona konservasi dan area komersial.

Setiap transisi antar ruang dirancang untuk menciptakan pengalaman yang mengaktifkan berbagai indera pengunjung, seperti pencahayaan alami, suara air, dan

material yang merespon sentuhan. Desain ini memungkinkan pembelajaran yang mendalam dan meningkatkan kesadaran konservasi melalui pengalaman spasial bertema laut [35,36].

Penerapan zonasi dan elemen interaktif juga menciptakan lingkungan kolaboratif dan edukatif, mendukung pembelajaran adaptif dan diskusi kelompok [37].

Gambar 4 menggambarkan relasi spasial antara berbagai zona dalam Oceanarium, mulai dari area publik, edukasi, hingga zona rekreasi dan konservasi. Gambar ini memberikan representasi visual tentang bagaimana ruang-ruang tersebut saling terhubung dan mendukung alur sirkulasi pengunjung yang naratif dan tematik.



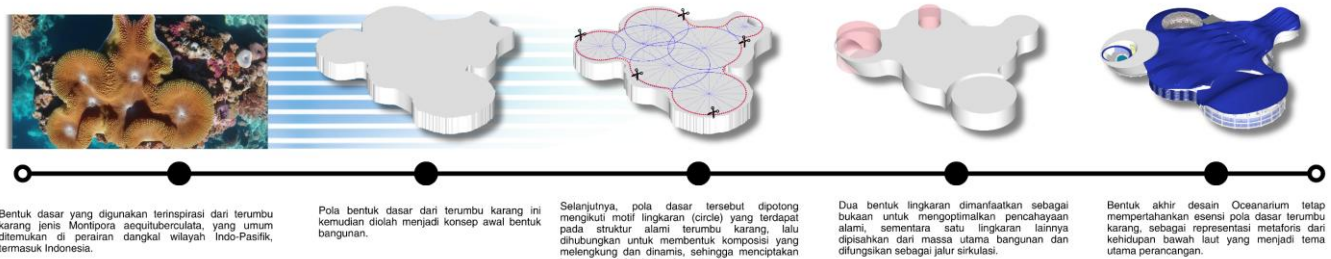
Gambar 4. Bubble Hubungan Ruang

3.3 Eksplorasi Bentuk Bangunan

Eksplorasi bentuk bangunan dilakukan melalui inspirasi langsung dari elemen laut: gelombang laut sebagai simbol kontinuitas dan terumbu karang sebagai representasi keanekaragaman hayati. Bangunan menggunakan bentuk organik dengan struktur berlapis, serta tekstur yang menyerupai permukaan karang untuk memperkuat karakter biomimikri.

Simbolisme bentuk memberikan nilai estetis dan identitas tematik yang kuat, sementara dari sisi fungsional, bentuk lengkung meningkatkan performa bangunan dalam sirkulasi udara alami dan peredaman panas. Pemanfaatan material transparan di beberapa bagian fasad mendukung keterhubungan visual dengan laut dan lanskap sekitar, serta memungkinkan penetrasi cahaya alami yang optimal [38,39].

Gambar 5 menunjukkan hasil interpretasi bentuk gelombang dan struktur terumbu karang dalam massa bangunan Oceanarium. Gambar ini memperlihatkan bagaimana prinsip biomimikri diimplementasikan dalam bentuk arsitektural yang organik dan dinamis, dengan tekstur dan material yang memperkuat keterhubungan antara bangunan dan lingkungan laut.



Gambar 5. Eksplorasi Bentuk Bangunan

3.4 Block Plan

Block Plan Oceanarium disusun untuk menciptakan keterhubungan antara bangunan utama dengan elemen pendukung kawasan, seperti ruang hijau, area transisi publik, dan aksesibilitas kendaraan serta pedestrian. Sirkulasi kendaraan dan pejalan kaki dipisahkan secara jelas untuk menjamin keamanan dan kenyamanan pengunjung.

Bangunan utama ditempatkan sebagai pusat visual, dengan ruang transisi berupa plaza, taman, dan zona interaksi terbuka yang mendukung prinsip desain ekosistem berbasis alam. Integrasi lanskap dan arsitektur memperkuat ketahanan pesisir dan memperkaya biodiversitas kawasan melalui vegetasi lokal dan permukaan berpori [40,41].

Gambar 6 menggambarkan tata letak keseluruhan kawasan Oceanarium, termasuk hubungan spasial antara bangunan utama, jalur sirkulasi, area hijau, dan elemen pendukung lainnya. Gambar ini memberikan visualisasi strategis mengenai bagaimana pengunjung dan kendaraan bergerak dalam kawasan, serta bagaimana ruang terbuka dan vegetasi lokal diintegrasikan dalam mendukung prinsip desain berbasis ekosistem.



Gambar 6. Block Plan

3.5 Program Tata Ruang dan Sirkulasi

Program ruang Oceanarium dibagi ke dalam dua sistem sirkulasi utama: pengunjung dan operasional. Bagi

pengunjung, sirkulasi dimulai dari zona penerimaan ke zona edukasi, lalu ke zona rekreasi dan berakhir di zona konservasi serta area komersial. Rute ini dirancang menyerupai aliran arus laut, menciptakan alur kunjungan yang natural dan imersif. Untuk mendukung hal tersebut, elemen desain seperti partisi fleksibel, jalur tematik, dan teknologi digital digunakan untuk memandu pengunjung secara efisien [42].

Sementara itu, sirkulasi operasional diarahkan pada semi-basement dan area servis tersembunyi, guna memisahkan kegiatan pengelolaan dari pengalaman pengunjung. Strategi ini penting untuk menjaga kenyamanan dan efektivitas operasional Oceanarium.

Program ruang juga mencakup fasilitas pendukung seperti auditorium, ruang pameran edukatif, laboratorium penelitian, restoran, toko cinderamata, dan ruang terbuka hijau. Fasilitas ini dirancang adaptif agar dapat memenuhi kebutuhan beragam dari pendidikan, konservasi, hingga pariwisata [43,44].



Gambar 7. Block Plan

Gambar 7 menyajikan pembagian area berdasarkan fungsi utama Oceanarium, seperti zona edukasi, rekreasi, konservasi, serta fasilitas pendukung. Gambar ini juga menggambarkan sistem sirkulasi yang membedakan jalur pengunjung dengan jalur operasional, sehingga memungkinkan kelancaran aktivitas internal tanpa mengganggu kenyamanan pengguna.

4. Pembahasan

Penerapan prinsip biomimikri dalam perancangan Oceanarium di Makassar menunjukkan integrasi menyeluruh antara fungsi ekologis, estetika arsitektural, dan ketahanan lingkungan. Hasil desain memperlihatkan bagaimana pendekatan ini tidak hanya menghasilkan bentuk bangunan yang menarik secara visual, tetapi juga mampu merespons tantangan ekologis khas kawasan pesisir tropis.

Bangunan yang terinspirasi dari bentuk karang dan gelombang laut terbukti memberikan kinerja lingkungan yang baik, khususnya dalam hal efisiensi energi dan adaptasi terhadap perubahan iklim. Desain biomimikri memungkinkan peningkatan ventilasi alami, pengurangan konsumsi energi, serta peningkatan kenyamanan termal secara pasif. Dalam konteks pesisir yang rentan terhadap banjir dan erosi, bentuk bangunan yang meniru struktur laut mampu meningkatkan ketahanan bangunan terhadap gangguan ekologis [45,46]. Selain itu, pendekatan ini juga menunjukkan jejak karbon yang lebih rendah dalam analisis siklus hidup bangunan dibandingkan metode konstruksi konvensional [47].

Elemen laut seperti gelombang dan terumbu karang tidak hanya memberikan makna simbolik—yakni fluiditas, kontinuitas, dan keharmonisan dengan alam—namun juga memiliki fungsi nyata dalam desain. Gelombang menjadi metafora visual yang dituangkan ke dalam bentuk atap melengkung yang berfungsi mengalirkan air hujan dan mengurangi beban angin. Sementara itu, bentuk menyerupai terumbu karang mendukung pengaturan suhu, pencahayaan alami, serta kemungkinan penciptaan habitat mikro di sekitar bangunan [48,49].

Lebih lanjut, desain yang berbasis biomimikri ini mendorong keterlibatan publik secara aktif. Pengalaman spasial yang imersif, serta elemen interaktif dalam zona edukasi dan rekreasi, memberikan dampak positif terhadap pemahaman masyarakat mengenai konservasi laut. Pengguna menyatakan peningkatan kesejahteraan emosional saat berada di ruang yang menyerupai lanskap alami. Ruang-ruang tersebut juga mendorong interaksi sosial dan rasa memiliki, menjadikan Oceanarium sebagai ruang publik yang inklusif dan membangun ikatan komunitas yang kuat [50,51].

Desain yang menyampaikan pesan edukasi melalui wujud arsitektural—seperti sistem penampungan air hujan yang terlihat dan fasad yang meniru struktur biologis—secara tidak langsung menumbuhkan kesadaran terhadap keberlanjutan. Pengunjung menyerap pengetahuan tidak hanya dari konten pameran, tetapi juga dari pengalaman berada dalam ruang yang “mengajarkan” prinsip ekologi secara visual dan fungsional [52,53]. Hal ini menguatkan gagasan bahwa ruang publik tidak sekadar wadah aktivitas, tetapi juga media pembelajaran dan perubahan perilaku.

Dalam ranah perencanaan dan praktik arsitektur, integrasi pendekatan biomimikri menuntut kerangka kerja lintas disiplin. Framework seperti *Ecological Design* dan *Systems Thinking* memberikan perspektif menyeluruh terhadap interaksi antara bangunan dan ekosistem laut. Melalui pendekatan ini, arsitek tidak hanya mendesain bangunan sebagai objek, melainkan sebagai bagian dari sistem ekologis yang saling mempengaruhi [54].

Penerapan *Participatory Design* juga menjadi penentu keberhasilan proyek Oceanarium ini. Keterlibatan masyarakat lokal dalam proses desain menjamin bahwa bangunan yang dihasilkan tidak hanya berfungsi secara ekologis, tetapi juga kontekstual secara sosial dan budaya. Pengetahuan lokal tentang siklus pasang surut, vegetasi pantai, hingga makna simbolik elemen laut memperkaya proses perancangan dan meningkatkan akseptabilitas proyek [55].

Selain itu, prinsip ekonomi sirkular diterapkan melalui pemanfaatan material daur ulang berbasis kelautan, seperti plastik laut yang diolah menjadi komponen fasad dan elemen interior. Strategi ini bukan hanya menjawab isu limbah laut, tetapi juga menunjukkan bahwa biomimikri dapat bersinergi dengan prinsip desain berkelanjutan yang lebih luas [56].

Penggunaan teknologi digital seperti simulasi desain, pemodelan ventilasi, dan visualisasi iklim mikro menjadi instrumen penting dalam menguji kinerja desain biomimikri sebelum tahap konstruksi. Simulasi ini memastikan bahwa bentuk yang menyerupai struktur alami tidak hanya estetis tetapi juga fungsional [57].

Akhirnya, kerangka kerja Integrated Coastal Zone Management (ICZM) menjadi elemen strategis yang mengintegrasikan desain arsitektur berbasis biomimikri ke dalam sistem pengelolaan pesisir yang berkelanjutan. Oceanarium ini menjadi contoh bagaimana desain bangunan dapat berkontribusi terhadap visi pembangunan pesisir terpadu, tidak hanya sebagai destinasi wisata, tetapi sebagai simpul ekologi, edukasi, dan sosial [58].

Dengan demikian, pembahasan ini menegaskan bahwa pendekatan biomimikri bukan hanya alternatif gaya desain, melainkan strategi arsitektur berorientasi masa depan yang mampu menjawab tantangan lingkungan, sosial, dan ekonomi secara bersamaan dalam konteks pesisir.

5. Kesimpulan

Penerapan pendekatan arsitektur biomimikri dalam perancangan Oceanarium di Kota Makassar membuktikan bahwa prinsip-prinsip alami dapat diterjemahkan menjadi strategi desain yang estetis, fungsional, dan berkelanjutan. Rancangan ini tidak hanya menghasilkan bentuk bangunan yang ikonik dan menyatu dengan lingkungan pesisir, tetapi juga mendukung efisiensi energi, kenyamanan termal, serta keterlibatan publik terhadap isu konservasi laut. Biomimikri terbukti mampu memberikan solusi arsitektural yang adaptif terhadap iklim tropis, sekaligus mendukung keberagaman hayati melalui integrasi dengan lanskap alami. Selain sebagai objek wisata, Oceanarium ini menjadi media edukasi, konservasi, dan kolaborasi sosial yang berakar pada konteks lokal. Studi ini juga memperlihatkan bahwa integrasi lintas disiplin dan partisipasi masyarakat merupakan kunci dalam keberhasilan perancangan berbasis

biomimikri di kawasan pesisir. Dengan demikian, pendekatan ini layak dipertimbangkan dalam pengembangan arsitektur berkelanjutan di wilayah pesisir Indonesia.

Daftar Pustaka

- [1] Hengky SH. Coastal Ecotourism in Southeast Asia: A Unique Economic Sector Angle. 2025. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-7267309/v1>.
- [2] Malik I, Abdillah A, Rusnaedy Z, Khaerah N. Coastal Women's Resilience Strategy Against Climate Change Vulnerability in Makassar, Indonesia. E3s Web of Conferences. 2021;277:01003. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202127701003>.
- [3] Zhang S, Wu Q, Butt MJ, Lv Y-M, Wang YS. 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. 2024;11. <https://doi.org/10.3389/fmars.2024.1364554>.
- [4] Herbeck J, Zoysa RS. Transformations of Urban Coastal Nature(s): Meanings and Paradoxes of Nature-Based Solutions for Climate Adaptation in Southeast Asia. 2022;61-70. https://doi.org/10.1007/978-3-031-01980-7_6.
- [5] Susanti R, Mussadun, Dewi SP. Revitalising Semarang's Coastal Area: Balancing Tourism, Heritage Conservation and Environmental Sustainability. Iop Conference Series Earth and Environmental Science. 2025;1543(1):012022. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1543/1/012022>.
- [6] Connolly C, Kythreotis AP. Building Back Better Through Urban Blue and Green Space? A Critical Review of Post-Pandemic Urban Planning and Climate Governance. Urban Studies. 2025. <https://doi.org/10.1177/00420980251332518>.
- [7] Abeysekera I, Manalang L, David R, Guiiao BGM. Accounting for Environmental Awareness on Green Purchase Intention and Behaviour: Evidence From the Philippines. Sustainability. 2022;14(19):12565. <https://doi.org/10.3390/su141912565>.
- [8] Bakri IG. Eksplorasi Bambu Sebagai Material Berkelanjutan pada Bangunan. Journal of Green Complex Engineering. 2024;1(2):69-78.
- [9] Wira W, Muzahar M, Yandri F, Adhayanto O, Arianto B. Minawisata as Integrated Fisheries-Based Tourism: Development Potential in Kampung Madong-Sei Nyirih, Indonesia. Itj. 2025;2(2):162-74. <https://doi.org/10.69812/itj.v2i2.174>.
- [10] Pratiwi B, Sunarno S, Kautsar IA. The Ideal Concept of Integrated-Based Ngrenehan Coastal Management for Community Welfare (Integrated Coastal Zone Management Approach). Kosmik Hukum. 2022;22(3):180. <https://doi.org/10.30595/kosmikhukum.v22i3.13185>.
- [11] Nurasyid I, Amin SFA, Yusri A, Idrus I, Mustafa M, Latif S. Pendekatan Arsitektur Ekologi pada Perancangan Pusat Daur Ulang Sampah Plastik di Kota Makassar. Journal of Green Complex Engineering. 2024;1(2):89-97.
- [12] Malik I, Prianto AL, Cortez ER. Governing Sustainable Tourism of Small Islands in Makassar, Indonesia and the Visayas, Philippines. Grassroots Journal of Natural Resources. 2025;8(2):531-51. <https://doi.org/10.33002/nr2581.6853.080225>.
- [13] Akapip N, Kissya V. Kolaborasi Pemerintah Dan Masyarakat Dalam Membangun Ekosistem Kewirausahaan Pariwisata Bahari Berkelanjutan Di Negeri Hukurila, Kota Ambon. P. 2023;18(1):50-64. <https://doi.org/10.30598/populis.18.1.50-64>.
- [14] Kuba MSS, Rumata NA, Amal CA. Dampak Perubahan Lahan Terhadap Bencana Banjir di Kecamatan Rappocini Kota Makassar. Journal of Green Complex Engineering. 2024;1(2):99-106.
- [15] Solano T, Bernal A, Mora D, Austin MC. How Bio-Inspired Solutions Have Influenced the Built Environment Design in Hot and Humid Climates. Frontiers in Built Environment. 2023;9. <https://doi.org/10.3389/fbuil.2023.1267757>.
- [16] Bar S, Zemmouri N, Amraoui K. Towards Resilient Cities: Biomimetic Strategies for Urban Adaptation. International Journal of Innovative Technologies in Social Science. 2024(4(44)). [https://doi.org/10.31435/ijitss.4\(44\).2024.3082](https://doi.org/10.31435/ijitss.4(44).2024.3082).
- [17] Irene NJ. Biomimicry: Designing Sustainable Solutions From Nature. Iaa Journal of Biological Sciences. 2025;13(1):75-80. <https://doi.org/10.59298/iaajb/2025/1317580>.
- [18] Verbrugghe N, Rubinacci E, Khan AZ. Biomimicry in Architecture: A Review of Definitions, Case Studies, and Design Methods. Biomimetics. 2023;8(1):107. <https://doi.org/10.3390/biomimetics8010107>.
- [19] Elsakka A, Marouf O, Madkour M. Biomimetic Approach for Thermal Performance Optimization in Sustainable Architecture. Case Study: Office Buildings in Hot Climate Countries. Iop Conference Series Earth and Environmental Science. 2022;1113(1):012004. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1113/1/012004>.
- [20] Butt AN, Rigoni C. Exploring the Impact of Spatial Arrangements on BREEAM Outstanding Projects in London, UK. Urban Science. 2024;8(4):239. <https://doi.org/10.3390/urbansci8040239>.
- [21] Stachew E, Houette T, Gruber P. Root Systems Research for Bioinspired Resilient Design: A Concept Framework for Foundation and Coastal Engineering. Frontiers in Robotics and Ai. 2021;8. <https://doi.org/10.3389/frobt.2021.548444>.
- [22] Faragalla AMA, Asadi S. Biomimetic Design for Adaptive Building Façades: A Paradigm Shift Towards Environmentally Conscious Architecture. Energies. 2022;15(15):5390. <https://doi.org/10.3390/en15155390>.
- [23] Jones RV, Fuertes A, Scherer R, Clements-Croome D. Opinion: Applications of and Barriers to the Use of Biomimicry Towards a Sustainable Architectural, Engineering and Construction Industry Based on Interviews From Experts and Practitioners in the Field. Biomimetics. 2024;9(8):470. <https://doi.org/10.3390/biomimetics9080470>.
- [24] Alice Araujo Marques de S, Viana DM. Design and Biomimicry: A Review of Interconnections and Creative Potentials. Biomimetics. 2023;8(1):61. <https://doi.org/10.3390/biomimetics8010061>.
- [25] Kshirsagar M, Kulkarni SK, Meena A, D'costa DC, Bhagwat A, Siddiqui MIH, Dobrotă D. Biomimicry-Based Design of Underground Cold Storage Facilities: Energy Efficiency and Sustainability. Biomimetics. 2025;10(2):122. <https://doi.org/10.3390/biomimetics10020122>.
- [26] Ilieva LS, Ursano I, Traista L, Hoffmann B, Dahy H. Biomimicry as a Sustainable Design Methodology—Introducing the 'Biomimicry for Sustainability' Framework. Biomimetics. 2022;7(2):37. <https://doi.org/10.3390/biomimetics7020037>.
- [27] Blanco E, Cruz E, Lequette C, Raskin K, Clergeau P. Biomimicry in French Urban Projects: Trends and Perspectives From the Practice. Biomimetics. 2021;6(2):27. <https://doi.org/10.3390/biomimetics6020027>.
- [28] Karimi M, Safaripoor S, Hamidi N, Ilbeigi M. Mimicking Nature, Empowered by Technology: A Biomimetic Approach to Sustainable Building Envelopes. International Journal of Research and Scientific Innovation. 2025;XII(VII):408-25. <https://doi.org/10.51244/ijrsi.2025.120700042>.
- [29] Zhang L, Lee JU, Sansone ND, Kim J, Bazbaz L, Faysal AA, Lee P. Butterfly Wing Microstructure Inspired Solid/Porous Alternating Layered Structures: In Situ Visualization of Confined Foaming. Small. 2025;21(40). <https://doi.org/10.1002/sml.202508472>.
- [30] Toomey T, Amores Á, Marcos M, Orfila A. Coastal Sea Levels and Wind-Waves in the Mediterranean Sea Since 1950 From a High-Resolution Ocean Reanalysis. Frontiers in Marine Science. 2022;9. <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.991504>.
- [31] Bijari M, Aflaki A, Esfandiari M. Plants Inspired Biomimetics Architecture in Modern Buildings: A Review of Form, Function and Energy. Biomimetics. 2025;10(2):124. <https://doi.org/10.3390/biomimetics10020124>.
- [32] Efstathiadis A, Symeonidou I. Developing Strategies for the Analysis and Implementation of Biomimetic Design Solutions. 2023. <https://doi.org/10.52842/conf.eacaade.2023.2.087>.
- [33] Amelia N, Ariaji PE. Penerapan Biofilik Arsitektur Dan Geometri Fraktal Pada Desain Fasilitas Konservasi Pembudidayaan Terumbu Karang Di Labuan Bajo. Jurnal Sains Teknologi Urban Perancangan Arsitektur (Stupa). 2022;3(2):3099. <https://doi.org/10.24912/stupa.v3i2.12389>.
- [34] Uran BEK, Mudmainna M, Masi R. Peningkatan Nilai Tambah Wisata Pantai Melalui Transplantasi Karang Di Pantai Taman Kota

- Kelurahan Balela. *Devote Jurnal Pengabdian Masyarakat Global*. 2025;4(3):343-52. <https://doi.org/10.55681/devote.v4i3.4624>.
- [35] Esenarro D, Ccalla J, Raymundo V, Castañeda L, Fernández S. Neurostimulating Architecture Applied in the Design of Educational Centers and Early Cognitive Development in the District of Villa El Salvador, Lima. *Buildings*. 2023;13(12):3034. <https://doi.org/10.3390/buildings13123034>.
- [36] Aguayo C. Transferring and Adapting XR Design Principles Across the Pacific. *Pacific Journal of Technology Enhanced Learning*. 2022;4(1):21-2. <https://doi.org/10.24135/pjtel.v4i1.144>.
- [37] Fahrezy R, Ratriningsih D. Penerapan Interaktif Dan Edukatif Dalam Perancangan Digital Museum Budaya Di Kabupaten Indramayu. *Venus*. 2025;3(4):11-29. <https://doi.org/10.61132/venus.v3i4.987>.
- [38] Kawatu FE, Sumenge R, Suharto MF. Oceanarium Design With a Contemporary Architectural Approach in Manado. *Jurnal Kreatif Desain Produk Industri Dan Arsitektur*. 2023;11(2):10. <https://doi.org/10.46964/jkdpia.v11i2.413>.
- [39] Ananda R, Adamy A, Hadinata TEP. Fusion of Modernity and Tradition: Architectural Design for Banda Aceh's Culinary Center. *Proceedings of International Conference on Multidisciplinary Research*. 2025;7(1):145-56. <https://doi.org/10.32672/picmr.v7i1.2980>.
- [40] Roelvink F, Storlazzi CD, Dongeren Av, Pearson S. Coral Reef Restorations Can Be Optimized to Reduce Coastal Flooding Hazards. *Frontiers in Marine Science*. 2021;8. <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.653945>.
- [41] Kusuma OR, Adrianto L, Kurniawan F, Mulyawati LS. The Relationship Between Coral Fish Diversity and Ecosystem Services as an Added Value for the Sustainable Development: Evidence in Tanjung Lesung SEZ, Banten Province, Indonesia. *Iop Conference Series Earth and Environmental Science*. 2024;1400(1):012033. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1400/1/012033>.
- [42] Buendía AVP, Albert YP, Giné DS. Online Public Participation Geographic Information System (PPGIS) as a Landscape and Public Use Management Tool: A Case Study From the Ebro Delta Natural Park (Spain). *Landscape Online*. 2021;93:1-18. <https://doi.org/10.3097/lo.202193>.
- [43] Simarangkir OR, Tawang F, Irwan I, Utami P, Ricky, Nani, Kodiran T. Carrying Capacity Studies of Marine Tourism During COVID-19 Pandemic in Derawan Island, Berau, East Kalimantan. *Iop Conference Series Earth and Environmental Science*. 2022;967(1):012030. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/967/1/012030>.
- [44] Palupiningtyas D, Supriyadi A, Trenggono T. Tourism Development of Gamelan as Tourism Attraction Unique Product of Banyu Mudal Tourism Village. *Community Development Journal*. 2021;5(3):261-70. <https://doi.org/10.33086/cdj.v5i3.2247>.
- [45] Chen CX, Pierobon F, Jones S, Maples I, Gong Y, Ganguly I. Comparative Life Cycle Assessment of Mass Timber and Concrete Residential Buildings: A Case Study in China. *Sustainability*. 2021;14(1):144. <https://doi.org/10.3390/su14010144>.
- [46] Peralta-Álvarez ME, Alcalá N, Soltero VM. Weighting With Life Cycle Assessment and Cradle to Cradle: A Methodology for Global Sustainability Design. *Applied Sciences*. 2021;11(19):9042. <https://doi.org/10.3390/app11199042>.
- [47] Carvalho JP, Villaschi FS, Bragança L. Assessing Life Cycle Environmental and Economic Impacts of Building Construction Solutions With BIM. *Sustainability*. 2021;13(16):8914. <https://doi.org/10.3390/su13168914>.
- [48] Mosquini LHN, Delinchant B, Jusselme T. Application of Sensitivity Analysis on Building Dynamic Lifecycle Assessment of GHG Emissions: A French Case Study. *Journal of Physics Conference Series*. 2023;2600(15):152003. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2600/15/152003>.
- [49] Carrobé A, Castell A, Martorell I. Life Cycle Assessment Comparison Between an Earthbag Building and a Conventional Sahrawi Cement Blocks Building. *Materials*. 2024;17(5):1011. <https://doi.org/10.3390/ma17051011>.
- [50] Dolu DA, Burkut EB. Reconnecting With Nature: Reflections of the Concepts of Biophilia and Biomimicry in Interior Design. *Budownictwo I Architektura*. 2025;24(3):101-20. <https://doi.org/10.35784/bud-arch.7218>.
- [51] Nata S, Mustaram AL. Penerapan Desain Biofilik Pada Perancangan Ruang Publik Di Kawasan Gunung Sahari. *Jurnal Sains Teknologi Urban Perancangan Arsitektur (Stupa)*. 2024;6(2):1007-18. <https://doi.org/10.24912/stupa.v6i2.30887>.
- [52] Liu W, Jiang X. The Impact of Consumer Value Perception of Cultural and Artistic Elements in City Squares on User Satisfaction: Focusing on the Moderating Effect of Consumer-Sought Benefits. *Converg Tourism Contents Soc*. 2025;11(1):93-110. <https://doi.org/10.22556/jctc.2025.11.1.93>.
- [53] Andrade J, Guerrero M-L, Naranjo G. Characteristics That Encourage Visits to Public Open Spaces: A Discrete Choice Experiment Using Photomontages in Three Ecuadorian Cities. *Revista Invi*. 2025;40(114):155-85. <https://doi.org/10.5354/0718-8358.2025.72604>.
- [54] Rivers N, Strand M, Fernandes M, Metuge D, Lemahieu A, Nonyane CL, et al. Pathways to Integrate Indigenous and Local Knowledge in Ocean Governance Processes: Lessons From the Algoa Bay Project, South Africa. *Frontiers in Marine Science*. 2023;9. <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.1084674>.
- [55] Zhang C, Wang M. Assessing the Conjugacy of the Marine Economy-Ecology-Society Composite System: China's Case. *Frontiers in Marine Science*. 2022;9. <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.963468>.
- [56] Lopes L, Daruari H, Almeida MGD, Gaspar F, Mendonça P. Closing the Loop of Circularity by Harnessing Additive Manufacturing to Reuse, Recycle and Reintroduce Marine Plastic Waste Back Into the Built Environment. *Advances in Science and Technology*. 2025;159:41-6. <https://doi.org/10.4028/p-kptig4>.
- [57] He L, Jiang X, Xue G, Sun H. Research and Application on Visualization of Ocean Scalar Field. 2025:65. <https://doi.org/10.1117/12.3057553>.
- [58] Plink NL, Semeoshenkova V, Eremina T, Ershova A, Mushket I. Improvement of Maritime Management as a Key Aspect of Sustainable Development and Blue Growth in the Russian Federation. *Journal of Marine Science and Engineering*. 2021;9(11):1212. <https://doi.org/10.3390/jmse9111212>.

