

BAB II

TINJAUAN ARSITEKTUR EKOLOGI

2.1 Pengantar Lingkungan Binaan Pesisir dan Ekologis

Perkembangan kawasan pesisir dalam beberapa dekade terakhir telah menyebabkan degradasi serius pada ekoton penting, yaitu zona transisi antara lingkungan darat dan laut. Selama ini, pendekatan rekayasa terhadap infrastruktur pesisir lebih banyak bergantung pada solusi mekanis atau *grey infrastructure* seperti *seawall*, *revetment*, dan sistem tiang beton konvensional. Intervensi semacam ini hampir selalu mengganggu pergerakan alami sedimen, memutus konektivitas hidrologi, dan menghilangkan habitat intertidal yang kompleks, padahal habitat tersebut menjadi dasar bagi keberlangsungan biodiversitas laut.

Di tengah percepatan hilangnya keanekaragaman hayati, berkurangnya kapasitas penyimpanan karbon global, dan meningkatnya kerentanan masyarakat pesisir terhadap risiko iklim, desain spasial saat ini menuntut perubahan cara pandang yang lebih mendasar. Arsitektur tidak lagi cukup hanya hadir sebagai objek yang menempati tapak secara pasif, tetapi harus berkembang menjadi infrastruktur ekologis yang aktif dan bekerja secara performatif.

Dalam konteks kepulauan Indonesia, yang memiliki luasan hutan mangrove terbesar di dunia, nilai ekologis dan ekonomi dari perubahan pendekatan arsitektur ini menjadi sangat penting. Ekosistem mangrove di Taman Nasional Karimunjawa, khususnya di Pulau Kemujan, Jawa Tengah, memiliki biodiversitas tinggi sekaligus kapasitas penyimpanan karbon yang besar. Namun, kawasan ini terus menghadapi tekanan akibat aktivitas manusia, mulai dari ekspansi tambak, pariwisata yang tidak terkontrol, hingga pembangunan infrastruktur.

Merancang fasilitas rehabilitasi taman mangrove di zona ekologis yang sangat sensitif seperti ini membutuhkan intervensi yang tidak hanya sekadar menekan dampak lingkungan, tetapi juga mampu menghasilkan layanan ekologis secara langsung pada tingkat lokal. Struktur yang dibangun harus mampu berperan sebagai katalis pemulihan lingkungan: menjadi substrat buatan bagi biota laut, koridor pergerakan fauna, sekaligus simpul sosial-ekonomi bagi masyarakat pesisir setempat.

Laporan ini menjabarkan kerangka teori, ekologi, dan struktur yang dibutuhkan untuk menerapkan arsitektur sebagai infrastruktur ekologis di lingkungan mangrove intertidal. Dengan menggabungkan berbagai kajian terbaru tentang desain regeneratif, ekofisiologi mangrove, restorasi hidrologi, dan model silvofishery berbasis masyarakat, analisis ini menyusun sebuah cetak biru intervensi pesisir di Pulau Kemujan yang mampu memberikan dampak ekologis dan ekonomi yang bersifat net-positif.

2.2 Theoretical Framework: Arsitektur sebagai Infrastruktur Ekologis

2.2.1 Transisi dari Desain Pesisir Berkelanjutan ke Desain Pesisir Regeneratif

Landasan teoretis arsitektur sebagai infrastruktur ekologis menandai pergeseran penting dari paradigma desain berkelanjutan yang konvensional. Selama ini, desain berkelanjutan umumnya bekerja dalam kerangka yang reduksionis, dengan fokus pada efisiensi, pengurangan dampak, dan prinsip “tidak menambah kerusakan” demi mencapai kondisi keseimbangan lingkungan. Pendekatan ini memang telah mendorong dunia konstruksi menuju target net-zero energi dan air, tetapi pada dasarnya masih belum mampu menjawab kerusakan historis yang telah terjadi pada sistem penyangga kehidupan bumi. Dalam banyak kasus, desain berkelanjutan masih memandang alam sebagai sumber daya yang harus dijaga, bukan sebagai sistem hidup yang perlu diintegrasikan.

Sebaliknya, desain regeneratif menggunakan cara pandang ekologis yang melihat seluruh bentuk kehidupan sebagai sesuatu yang saling terhubung dan saling bergantung. Tujuannya bukan hanya mengurangi dampak, tetapi menghasilkan pemulihan nyata bagi ekosistem yang telah rusak. Dalam pendekatan ini, lingkungan binaan diposisikan sebagai bagian aktif dari siklus ekologi lokal. Sebuah bangunan regeneratif dirancang untuk memberi dampak positif bersih: menghasilkan energi lebih banyak dari yang digunakan, menyaring limpasan air hujan, menyerap karbon, dan memulihkan habitat satwa yang hilang.

Dalam arsitektur pesisir, desain regeneratif menuntut hubungan ko-evolutif antara komunitas manusia dan lanskap intertidal tempat intervensi dilakukan. Alih-alih membangun batas kaku untuk melawan laut, arsitektur pesisir regeneratif justru bekerja bersama proses hidrodinamika alami. Intervensi struktur digunakan untuk menangkap sedimen, meredam energi gelombang, dan mendukung proses alami pertumbuhan propagul mangrove.

Prinsip ini menuntut integrasi pengetahuan ekologis berbasis tapak serta kebijaksanaan lokal yang terbentuk secara sosial ke dalam proses desain arsitektur. Struktur regeneratif tidak dipahami sebagai objek statis yang selesai ketika konstruksi berakhir. Sebaliknya, ia diposisikan sebagai organisme suksesi yang terus beradaptasi, mengalami perubahan, terdegradasi secara alami, dan berevolusi, hingga akhirnya menyatu dengan lanskap biogenik di sekitarnya.

Tabel 2.1 Perbandingan Pendekatan Design Ekologi

Design Paradigm	Core Philosophy	System Boundary	Ecological Outcome
Conventional / Grey	Domination over nature; mechanistic	Building footprint	Degenerative; habitat destruction.
Sustainable / Green	Harm reduction; resource efficiency	Immediate site	Neutral; homeostasis; "do no harm".
Restorative	Repairing past damage	Local ecosystem	Return to baseline pre-development state.
Regenerative	Co-evolution; living systems approach	Planetary and socio-ecological	Net-positive; continuous renewal and capacity building.

(Sumber: Analisa Penulis, 2026)

2.2.2 Bio-Receptive Surfaces and Marine Biodiversity Support

Salah satu mekanisme utama yang membuat arsitektur dapat berfungsi sebagai infrastruktur ekologis adalah melalui penggunaan material yang bersifat bio-reseptif. Fenomena *ocean sprawl*, yaitu perubahan garis pantai alami menjadi struktur buatan berbasis beton, selama ini telah menyebabkan hilangnya habitat intertidal secara besar-besaran. Beton laut konvensional umumnya memiliki tingkat alkalinitas permukaan (pH) yang tinggi serta minim kompleksitas mikro-topografi. Kondisi ini membuatnya tidak mampu menggantikan fungsi ekologis substrat alami seperti pantai berbatu, bahkan cenderung menghambat penempelan organisme bentik lokal. Akibatnya, struktur seperti ini sering kali hanya dihuni oleh spesies invasif yang sangat adaptif.

Pendekatan eco-engineering dan life-centered design berupaya membalik kondisi tersebut dengan memodifikasi komposisi kimia dan tekstur fisik material konstruksi agar dapat mendukung kolonisasi biologis. Berbagai eksperimen yang mengganti semen Portland standar dengan campuran mineral seperti oksida besi, chamotte, dan biosilika menunjukkan kemampuan yang lebih baik dalam mendukung pertumbuhan biofilm laut serta makro-invertebrata. Teknologi yang dikembangkan oleh organisasi seperti EConcrete, misalnya, memodifikasi campuran beton untuk menurunkan tingkat pH agar lebih sesuai dengan kehidupan laut, sekaligus menambahkan tekstur permukaan yang kompleks, celah-celah mikro, dan kolam pasang buatan.

Ketika struktur di zona intertidal dirancang dengan permukaan yang bio-reseptif, ia dapat memicu rangkaian layanan ekologis yang berlapis. Kolonisasi awal oleh mikroorganisme dan alga akan mempermudah penempelan organisme berkalsium seperti tiram, barnakel, dan karang keras. Organisme-organisme ini kemudian membentuk “terumbu biogenik” sekunder yang menyediakan sumber makanan dan ruang berlindung bagi kriptofauna bergerak serta ikan juvenil. Dengan cara ini, dinding vertikal yang awalnya steril dapat berubah menjadi habitat yang sangat produktif.

Lebih jauh lagi, akumulasi biologis ini juga berfungsi sebagai lapisan pelindung alami pada beton, sebuah fenomena yang dikenal sebagai bioprotection. Lapisan hidup tersebut membantu melindungi infrastruktur dari penetrasi klorida, abrasi gelombang, serta fluktuasi suhu ekstrem. Dampaknya, umur layan struktur menjadi lebih panjang dan kebutuhan perawatan jangka panjang dapat berkurang.



Gambar 2.1 Living Seawall Sydney
(Sumber : Smith, 2022)

2.2.3 Eco-Engineering, Biomimicry, and Hydro-Morphological Synergy

Pada lingkungan intertidal dengan energi gelombang tinggi, intervensi binaan harus mampu meniru fungsi hidro-morfologis dari ekosistem tempat ia berada agar tidak memperparah erosi. Konsep biomimikri dalam rekayasa pesisir bekerja dengan cara mengambil strategi fungsional dari bentuk-bentuk alami seperti geometri akar mangrove yang mampu meredam gelombang lalu menerjemahkannya ke dalam desain struktur.

Salah satu strategi yang mulai berkembang di Asia Tenggara adalah penggunaan sistem Artificial Mangrove Roots (AMR). Solusi hibrida berbasis alam ini menggunakan susunan geometris tertentu dari elemen-elemen silindris untuk meniru kemampuan akar tunjang *Rhizophora* dalam menangkap sedimen dan menghasilkan gaya hambat terhadap arus. Ketika dipasang pada area yang mengalami tekanan gelombang tinggi dan erosi di bagian tepi, sistem AMR mampu memperlambat kecepatan air secara lokal sehingga sedimen tersuspensi dapat mengendap dan terakumulasi.



Gambar 2.2 Artificial Mangrove Roots (AMR)

Sumber : (Siamarto, 2015)

Proses ini secara bertahap akan meningkatkan elevasi substrat, sehingga terbentuk kondisi topografi yang dibutuhkan oleh propagul mangrove alami untuk tumbuh dan memulai proses pemulihan ekosistem. Dengan menyelaraskan bentuk struktur terhadap gaya hidrodinamika tapak, arsitektur tidak lagi berperan sebagai objek statis, tetapi berubah menjadi agen geomorfologis yang aktif membentuk lanskap.

Lebih lanjut, penelitian mengenai prototipe modular yang bersifat bio-enhancing dengan memanfaatkan material PETG hasil cetak 3D dan beton berbasis tiram menunjukkan potensi besar untuk menciptakan elemen arsitektur yang mampu menopang pertumbuhan dirinya sendiri secara ekologis. Elemen seperti ini dapat mendukung penempelan karang, spons, dan organisme laut lainnya, sehingga struktur binaan secara bertahap berkembang menjadi habitat hidup yang mandiri.

2.3 Tinjauan Umum Ekosistem Mangrove: *Ecological and Economic Imperatives*

2.3.1 *Carbon Sequestration and Coastal Protection*

Ekosistem mangrove memiliki kemampuan yang sangat unik dalam menyimpan karbon dalam jumlah besar, atau yang sering disebut sebagai blue carbon. Sebagian besar karbon ini tidak tersimpan pada biomassa di atas permukaan tanah, melainkan berada di dalam lapisan tanah anaerob yang dalam. Kajian komprehensif pada hutan mangrove yang sehat menunjukkan

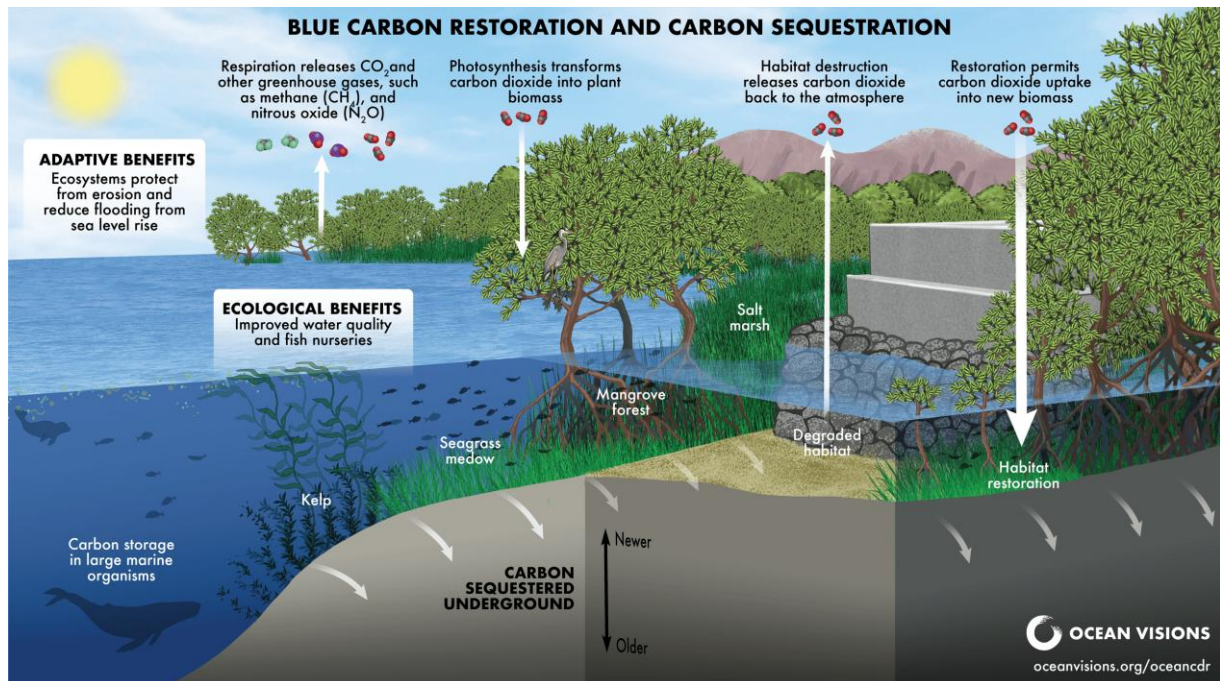
kapasitas penyimpanan karbon rata-rata mencapai 1.038 Mg/ha, sedangkan area yang telah terdegradasi hanya mampu menyimpan sekitar 488 Mg/ha.

Dalam konteks yang lebih spesifik, kawasan Karimunjawa dan Pulau Kemujan menunjukkan kapasitas yang sangat tinggi. Biomassa karbon di atas permukaan tanah saja dapat mencapai 164 Mg C/ha, dengan rata-rata sekitar 69,27 Mg C/ha. Angka ini menunjukkan kemampuan sekuestrasi karbon yang sangat besar, bahkan melampaui banyak wilayah lain di Pulau Jawa.

Selain perannya sebagai penyimpan karbon, mangrove juga memberikan fungsi perlindungan pesisir yang sangat penting. Jaringan spasial yang kompleks dari batang, akar tunjang, dan pneumatofor menciptakan gaya hambat yang besar terhadap pergerakan air. Struktur alami ini mampu meredam gelombang badai dan mengurangi energi gelombang sebelum mencapai daratan.

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa hutan mangrove yang telah matang mampu menurunkan tinggi gelombang sekitar 13% hingga 66% hanya dalam jarak 100 meter. Kemampuan ini menjadikan mangrove sebagai sistem perlindungan alami yang sangat efektif bagi kawasan di belakangnya, terutama dalam menghadapi cuaca ekstrem dan kenaikan risiko bencana pesisir.

Nilai ekonomi dari jasa perlindungan pesisir ini juga sangat besar. Di Indonesia, nilai manfaat pengendalian banjir, peredaman badai, dan pencegahan erosi oleh mangrove diperkirakan mencapai rata-rata USD 6.760 per hektar per tahun. Angka ini menunjukkan bahwa konservasi dan restorasi mangrove bukan hanya penting secara ekologis, tetapi juga sangat rasional secara ekonomi bagi masyarakat pesisir.

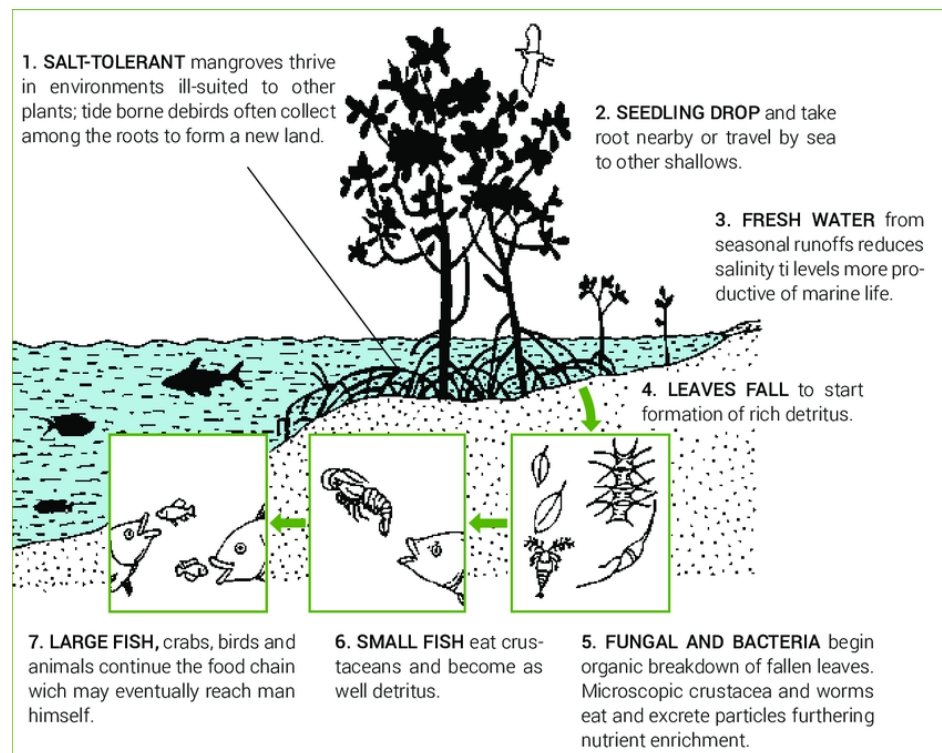


Gambar 2.3 Carbon Sequestration Sequence

Sumber : (Ocean Visions, 2023)

2.3.2 Nursery Grounds and Fishery Productivity

Mangrove berperan sebagai arsitektur dasar bagi jaring makanan laut pesisir. Ekosistem ini menjadi kawasan nursery ground yang sangat produktif bagi ikan pelagis bernilai ekonomi, krustasea, dan moluska. Keragaman struktur akar yang terendam di bawah air menyediakan ruang perlindungan fisik yang sangat penting bagi spesies juvenil dari predator yang lebih besar. Pada saat yang sama, guguran daun mangrove yang terus berlangsung dan mengalami dekomposisi membentuk jaring makanan berbasis detritus yang menopang berbagai larva invertebrata.



Gambar 2.4 Ecological processes and function supported by mangrove ecosystem

Sumber : (Mwita, 2020)

Kesehatan hutan mangrove memiliki hubungan yang tidak terpisahkan dengan produktivitas perikanan di wilayah pesisir dan lepas pantai dekat daratan. Analisis spasial kuantitatif di Indonesia menunjukkan adanya korelasi positif langsung antara kepadatan mangrove dan konsumsi pangan masyarakat pesisir. Rumah tangga nelayan di pedesaan pesisir yang tinggal dekat kawasan mangrove dengan densitas tinggi tercatat mengonsumsi ikan segar

dan biota akuatik 28% lebih banyak dibanding masyarakat di wilayah dengan garis pantai yang telah terdegradasi. Secara formal, nilai dukungan mangrove terhadap sektor perikanan di Indonesia diperkirakan mencapai rata-rata USD 3.289 per hektar per tahun.

Ketika mangrove mengalami degradasi, fungsi nursery lokal akan runtuh dan memicu penurunan cepat stok ikan di wilayah pesisir. Kondisi ini menciptakan defisit ruang dan ekonomi yang serius bagi komunitas nelayan setempat. Saat hasil tangkapan di perairan dekat pantai menurun, nelayan terpaksa melaut jauh lebih jauh ke perairan terbuka untuk mempertahankan jumlah tangkapan yang sama. Akibatnya, biaya operasional seperti bahan bakar, waktu, dan tenaga kerja meningkat drastis, sekaligus memperbesar risiko keselamatan kerja di laut.

Secara keseluruhan, nilai ekonomi total (total economic value / TEV) dari ekosistem mangrove yang berfungsi penuh yang mencakup jasa penyediaan, regulasi, pendukung, dan budaya diperkirakan berada pada rentang USD 3.624 hingga USD 26.734 per hektar per tahun. Angka ini menegaskan bahwa deforestasi pesisir tidak hanya berdampak buruk secara ekologis, tetapi juga membawa konsekuensi finansial yang sangat besar bagi masyarakat lokal yang kehidupannya bergantung pada ekosistem tersebut.

Tabel 2.2 Perbandingan Katogeri Ekosistem secara ekonomi dan ekologi

Ecosystem Service Category	Economic & Ecological Valuation Metrics
Total Economic Value (TEV)	USD 3,624 to USD 26,734 per hectare / year (Indonesia specific).
Coastal Protection Value	USD 6,760 per hectare / year (Flood & storm attenuation).
Fisheries Support Value	USD 3,289 per hectare / year (Nursery ground function).
Healthy Carbon Storage	Average 1,038 Mg C/ha (Total); 69.27 Mg C/ha (Above-ground, Kemujan).
Aquaculture Carbon Loss	58% to 82% loss of total ecosystem carbon stock upon conversion.

Dietary/Health Impact	28% higher fish consumption for communities near high-density mangroves.
------------------------------	--

(Sumber: Analisa Penulis)

2.3.3 Drivers of Degradation: The Impact of Shrimp Aquaculture

Pendorong utama deforestasi mangrove di Indonesia adalah konversi zona intertidal menjadi tambak udang intensif. Mekanisme kerusakan ekologis yang ditimbulkan oleh aktivitas ini bersifat langsung sekaligus jangka panjang, ditandai oleh pelepasan blue carbon dalam jumlah besar serta perubahan biogeokimia yang mendalam pada substrat pesisir.

Konversi langsung mangrove menjadi tambak udang menyebabkan hilangnya sekitar 58% hingga 82% dari total stok karbon ekosistem secara seketika. Pelepasan besar ini terutama terjadi akibat pengerukan mekanis dan oksidasi tanah dalam yang kaya karbon saat proses pembentukan tambak. Tahap penggalian ini sendiri menyumbang sekitar 75% dari total emisi yang terkait dengan pembangunan akuakultur.

Selain dampak awal tersebut, operasional tambak intensif juga terus merusak kawasan mangrove yang masih utuh di sekitarnya melalui pembuangan limbah cair yang kaya nutrisi. Limbah ini memicu eutrofikasi pesisir yang serius, yaitu kondisi ketika perairan mengalami kelebihan unsur hara. Situasi ini mendorong perkembangan komunitas bakteri di tanah mangrove yang mempercepat dekomposisi bahan organik.



Gambar 2.5 Extensive algal bloom resulting from excess nutrients from shrimp farm effluents in the Jaguaribe River Estuary, Northeast Brazil.

Sumber : (Lacerda dkk., 2021)

Limbah tambak umumnya sangat kaya akan fosfor terlarut dan fosfor yang mudah dipertukarkan, serta mengandung akseptor elektron kuat seperti nitrat. Masuknya nitrat ke dalam tanah mangrove secara kimiawi mengganggu proses piritisasi alami, yaitu mekanisme penting yang membantu ekosistem menyimpan karbon dan nutrisi dalam jangka panjang. Ketika proses ini terganggu, kemampuan tanah mangrove untuk menahan karbon ikut melemah.

Akibatnya, pelepasan CO₂ dari sedimen mangrove yang menerima limbah akuakultur dapat mencapai hingga lima kali lebih tinggi dibanding kawasan mangrove yang masih alami. Polusi biokimia ini menciptakan radius degradasi yang terus meluas dan secara perlahan melemahkan kapasitas sabuk hijau mangrove yang tersisa dalam menyaring limbah dan melindungi pesisir.

2.4 Studi perbandingan

2.4.1 Karamjal Wildlife Conservation and Mangrove Interpretation Centre

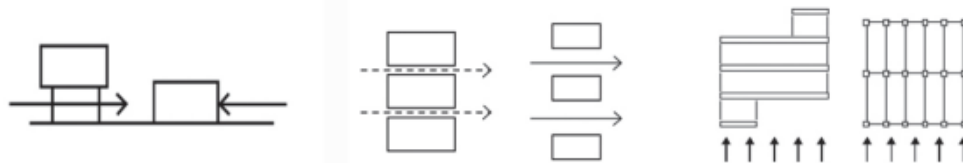
a) Konteks

Tapak berada di salah satu ekosistem mangrove terbesar di dunia, dengan kondisi pasang surut ekstrem, salinitas tinggi, dan ancaman siklon berkala. Permasalahan eksistingnya sangat dekat dengan kondisi Kemujan: infrastruktur dibangun tanpa memahami ekosistem, jalur sirkulasi cepat rusak, dan fasilitas tidak mampu bertahan dalam lingkungan saline.

b) Pendekatan Desain

Konsep utama *Going Green* diterjemahkan bukan sebagai slogan, tetapi sebagai keputusan teknis yang jelas. Seluruh bangunan dinaikkan sekitar 5 kaki dari permukaan tanah menggunakan sistem panggung (stilt system), sehingga aliran pasang surut tetap berjalan, akar mangrove tidak terganggu, dan fauna masih dapat bergerak bebas di bawah bangunan.

Sirkulasi dibagi menjadi dua loop terpisah: jalur pengunjung dan jalur staf konservasi. Strategi ini penting karena memastikan kegiatan wisata tidak mengganggu aktivitas pemeliharaan ekosistem.



Gambar 2.6 Sustainable Strategy Design

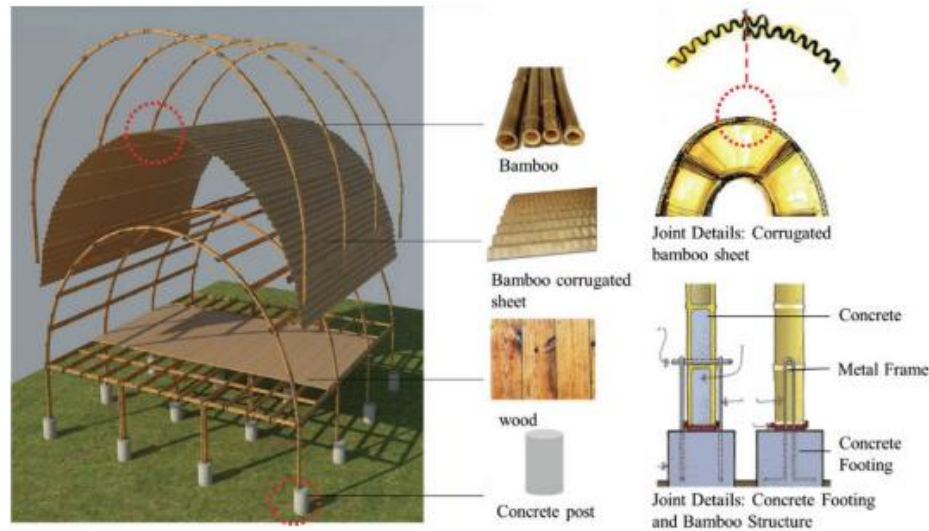
Sumber: (Garcia, 2025)

c) Sistem Struktural

Material utama menggunakan bambu yang diolah menjadi Corrugated Bamboo Roofing Sheet (CBRS) melalui proses heat-treatment enam tahap. Hasilnya adalah material yang lebih tahan dibanding material lokal tradisional seperti Golpata, tetapi tetap bisa diproduksi komunitas.

Fondasi menggunakan isolated concrete footing yang dilindungi galvanized steel sleeve pada zona splash. Sekitar 70% area site dipertahankan sebagai ruang terbuka

hijau, sementara struktur penahan tepi dibuat permeabel dari log kayu dan kawat untuk mengontrol erosi tanpa memutus aliran air.



Gambar 2.7 Stucture and materials system

Sumber: (Rahman, 2019)

2.4.2 Buoyant Ecologies Float Lab

a) Konteks

Proyek riset ini berangkat dari isu kenaikan muka air laut di San Francisco Bay dengan mengembangkan prototipe *floating breakwater* yang tidak hanya berfungsi untuk meredam gelombang, tetapi juga secara aktif membentuk habitat bentuk baru. Pertanyaan utama yang mendasari proyek ini sangat relevan dengan thesis Kemujan: apakah struktur buatan manusia dapat dirancang untuk melampaui struktur alami dalam mendukung biodiversitas?

b) Pendekatan Desain

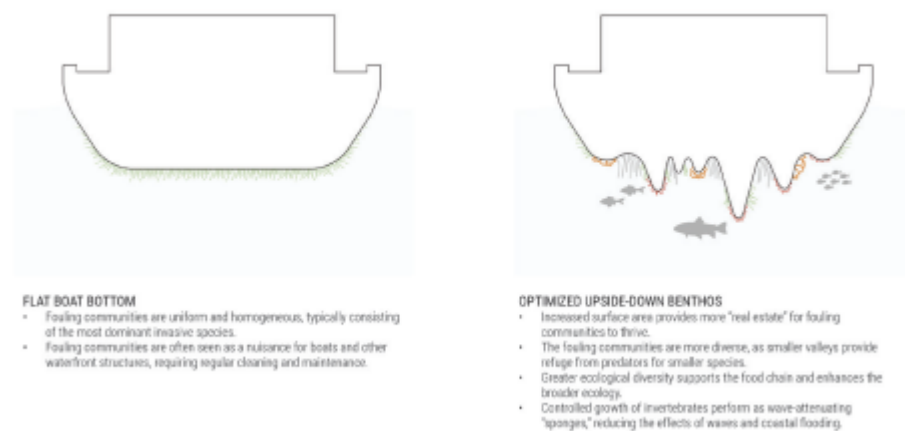
Tim perancang mengembangkan substrat berbasis fiber-reinforced polymer dengan tekstur permukaan yang meniru kompleksitas morfologi karang dan batu intertidal alami. Pendekatan yang digunakan adalah biomimikri pada level material, di mana heterogenitas tekstur dimanfaatkan untuk menciptakan beragam mikrohabitat bagi organisme yang berbeda, mulai dari barnakel, alga, hingga bivalvia.

Salah satu strategi paling menarik adalah pembalikan logika desain struktur. Alih-alih memusatkan perhatian pada permukaan atas yang terlihat manusia, proyek

ini justru memberikan tingkat kompleksitas tertinggi pada bagian bawah struktur yang menghadap air, karena zona tersebut merupakan area dengan aktivitas ekologis paling intensif.

c) Kontribusi Ekologis

Hasil uji lapangan menunjukkan bahwa dalam waktu kurang dari satu tahun, struktur ini telah berhasil menjadi media penempelan bagi puluhan spesies organisme filter-feeder. Kehadiran organisme-organisme ini tidak hanya menambah biodiversitas, tetapi juga secara aktif meningkatkan kualitas air melalui proses filtrasi biologis. Dengan demikian, struktur ini tidak bekerja sebagai habitat pasif semata, melainkan sebagai mesin ekologis yang secara simultan meredam gelombang dan memurnikan air.



Gambar 2.8 *Concept diagram contrasting float boat bottom with the optimized upside-down benthic habitat.*

Sumber: (Marcus dkk., 2024)

2.4.3 Soe Ker Tie Hias Children's House

a) Konteks

Proyek ini berangkat dari kebutuhan komunitas pengungsi Karen di perbatasan Thailand–Myanmar akan fasilitas komunal yang dapat dibangun dengan sumber daya yang sangat terbatas. Material impor tidak tersedia, akses terhadap alat berat hampir tidak ada, dan waktu konstruksi harus singkat. Di saat yang sama, bangunan tetap harus mampu bertahan dalam iklim tropis yang keras, termasuk banjir musiman. Kondisi ini

menjadikan proyek TYIN sangat relevan sebagai preseden bagi Kemujan, terutama dalam konteks keterbatasan material, tantangan lingkungan, dan kebutuhan sistem yang mudah dirawat.

b) Pendekatan Desain

TYIN merancang struktur yang sepenuhnya menggunakan bambu dan kayu lokal dengan sistem sambungan yang sederhana, sehingga dapat dikerjakan langsung oleh tukang setempat tanpa pelatihan khusus. Bangunan dinaikkan di atas sistem *pile* untuk mengakomodasi banjir musiman dan menjaga ruang di bawahnya tetap berfungsi.

Yang paling penting, sistem strukturnya bersifat modular. Setiap komponen dirancang agar dapat diperbaiki, dilepas, atau diganti secara independen tanpa harus membongkar keseluruhan bangunan. Logika ini membuat bangunan dapat terus beradaptasi terhadap kerusakan, perubahan kebutuhan, maupun keterbatasan sumber daya komunitas.



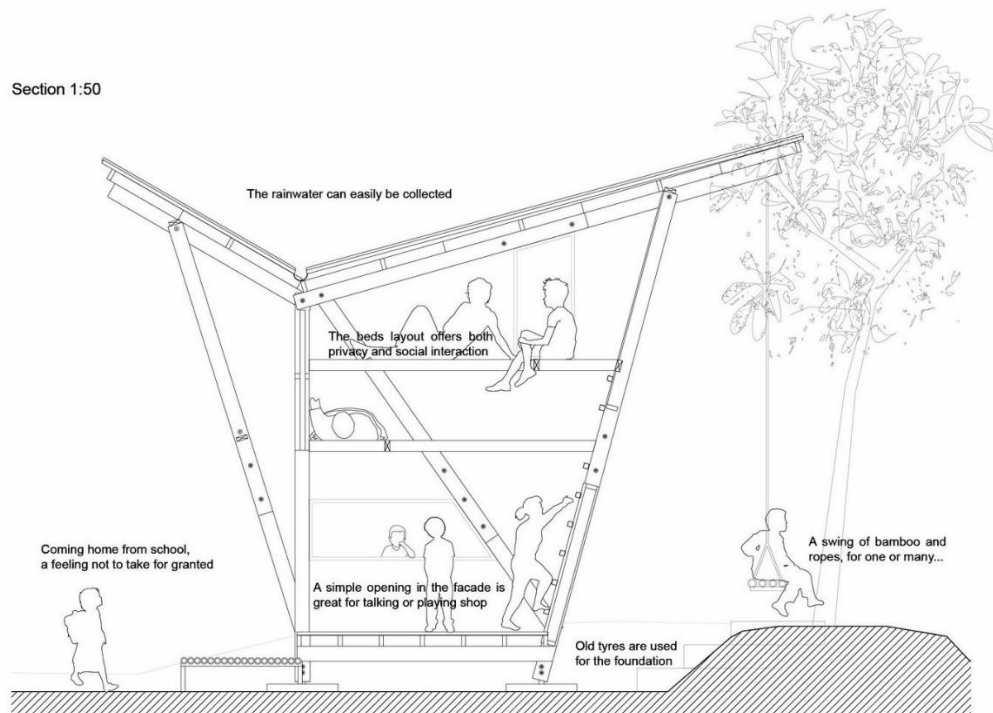
Gambar 2.9 Kegiatan anak-anak membantu pembangunan

Sumber: (Archdaily., 2009)

c) Prinsip *Community Ownership*

Kekuatan utama proyek ini bukan hanya pada kesederhanaan teknisnya, tetapi pada cara komunitas dilibatkan dalam proses desain. Warga tidak diposisikan sebagai

penerima bantuan pasif, melainkan sebagai pengambil keputusan aktif. Komunitas ikut menentukan program ruang, memilih material yang mereka pahami dan mampu rawat, serta mengarahkan bagaimana bangunan akan berkembang seiring waktu. Karena itu, hasil akhirnya bukan hanya bangunan yang berfungsi, tetapi infrastruktur yang benar-benar dirasakan sebagai milik bersama dan dijaga secara aktif.



Gambar 2.10 Potongan Soe Ker Tie Hias Children's House
Sumber: (Archdaily., 2009)