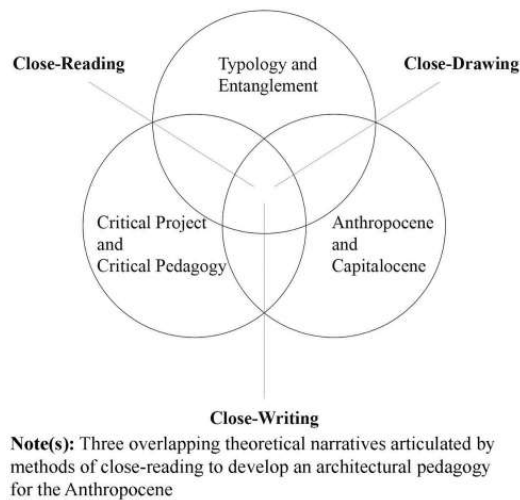


BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Antropogen dan Perubahan Fundamental Ekologi Laut

Konsep *Anthropocene* merujuk pada kondisi di mana aktivitas manusia telah menjadi faktor utama yang mempengaruhi sistem bumi secara global. Dalam lingkungan laut, pengaruh ini tampak melalui perubahan mendasar pada dinamika ekosistem, terutama akibat masuknya material buatan manusia dalam jumlah besar dan bersifat persisten. Laut tidak lagi dapat dipahami sebagai sistem alami yang bergerak menuju keseimbangan ekologis, melainkan sebagai ruang yang terus beradaptasi terhadap tekanan antropogenik yang berkelanjutan.



Gambar 2.1 Anthropocene theory.

(Sumber :Architectural pedagogy for the Anthropocene)

Perubahan tersebut tidak bersifat sementara. Akumulasi material sintetis, khususnya plastik, telah mengubah proses ekologis pada berbagai skala, mulai dari kolom air hingga jaringan trofik. Kondisi ini menunjukkan bahwa ekosistem laut telah memasuki fase transformasi yang tidak sepenuhnya dapat dikembalikan ke keadaan pra-industri. Oleh karena itu, krisis lingkungan laut perlu dipahami sebagai kondisi struktural baru, bukan sekadar penyimpangan dari keadaan ideal masa lalu.

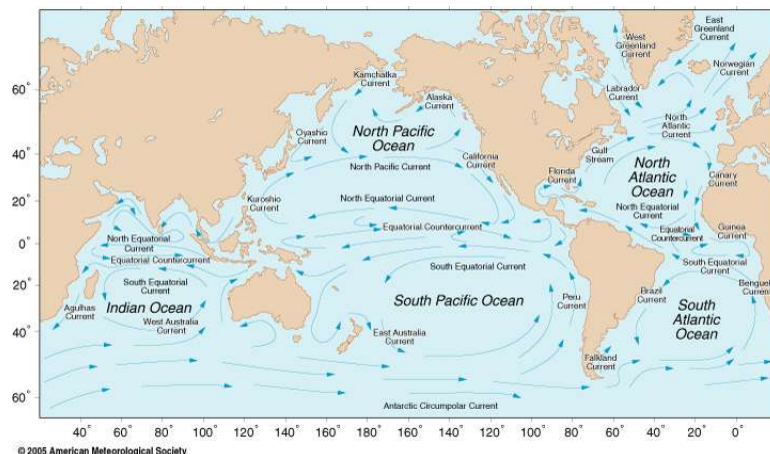
2.2 Sampah Laut dalam Konteks Ekologi Kontemporer

Sampah laut merupakan hasil akhir dari sistem produksi dan konsumsi global yang tidak mempertimbangkan keberlanjutan siklus material. Plastik, sebagai komponen dominan, memiliki karakteristik tidak terurai secara biologis dan mampu bertahan dalam jangka waktu yang sangat panjang. Melalui pergerakan arus samudra, material ini terkonsentrasi pada zona tertentu, seperti Great Pacific Garbage Patch, serta menyebar dalam bentuk fragmen mikro di seluruh lingkungan laut.

Keberadaan sampah laut tidak hanya menimbulkan dampak visual atau fisik, tetapi turut mempengaruhi fungsi ekosistem secara menyeluruh. Fragmen plastik berinteraksi dengan organisme laut, mengubah struktur habitat, serta mempengaruhi kualitas kimia dan biologis perairan. Dalam konteks ini, sampah laut berperan sebagai elemen aktif yang membentuk kondisi ekologis baru. Pendekatan yang hanya menekankan penghilangan atau pembersihan material menjadi tidak memadai, karena tidak menjawab kenyataan bahwa sistem laut telah berubah secara mendasar.

2.2.1. Distribusi dan Akumulasi Sampah Laut pada Skala Samudra

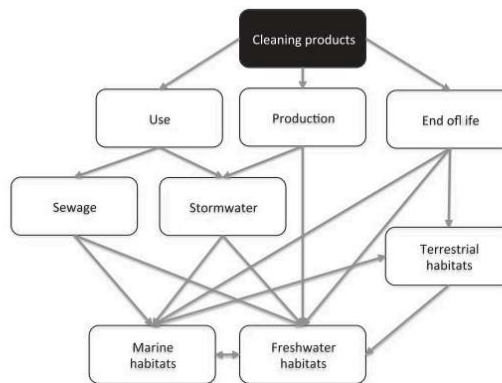
Pergerakan sampah laut di lautan sangat dipengaruhi oleh sistem arus global. Melalui mekanisme sirkulasi samudra, material plastik terkonsentrasi pada zona tertentu yang dikenal sebagai ocean gyres. Salah satu manifestasi paling ekstrim dari fenomena ini adalah Great Pacific Garbage Patch, yang menunjukkan bagaimana sampah laut dapat membentuk wilayah akumulasi dengan kepadatan material yang signifikan.



Gambar 2.2.1.1 Distribusi dan Akumulasi Sampah Laut

(Sumber : www.oceanmotion.org)

Zona-zona akumulasi ini bukan ruang statis, melainkan sistem dinamis yang terus berubah mengikuti arus, angin, dan musim. Namun demikian, keberadaannya bersifat relatif menetap dalam skala waktu panjang. Kondisi ini memperkuat argumen bahwa sampah laut telah membentuk lanskap baru di laut terbuka sebuah kondisi spasial yang dapat dibaca dan dianalisis layaknya fenomena geografis dan ekologis lainnya.



Gambar 2.2.1.2 Sumber dan jalur mikroplastik dari produk pembersih ke habitat

(Sumber : Marine Anthropogenic Litter)

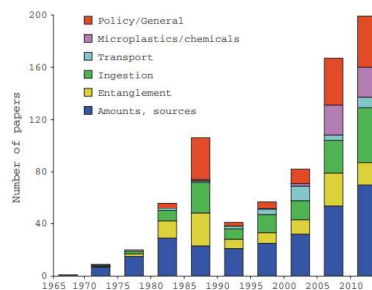
Gambar ini menunjukkan bahwa produk pembersih menghasilkan residu sejak tahap produksi, penggunaan, hingga akhir masa pakai, yang kemudian masuk ke lingkungan melalui saluran pembuangan, limpasan air hujan, dan pembuangan darat. Limbah tersebut akhirnya terdistribusi ke habitat air tawar, laut, dan terestrial yang saling terhubung, menegaskan bahwa polutan antropogenik menyebar secara sistemik dan berdampak lintas ekosistem.

2.2.2 Karakteristik Sampah Laut sebagai Material Antropogenik

Sampah laut merupakan produk residu dari sistem industri modern yang tidak terintegrasi secara utuh dalam siklus ekologis alami. Plastik menjadi material dominan karena sifatnya yang ringan, tahan lama, dan tidak terurai secara biologis. Ketika memasuki laut, material ini tidak

menghilang, melainkan mengalami proses fragmentasi menjadi ukuran yang lebih kecil tanpa kehilangan keberadaan materialnya. Karakteristik ini menjadikan sampah laut sebagai material antropogenik persisten yang terus berinteraksi dengan lingkungan laut dalam jangka panjang.

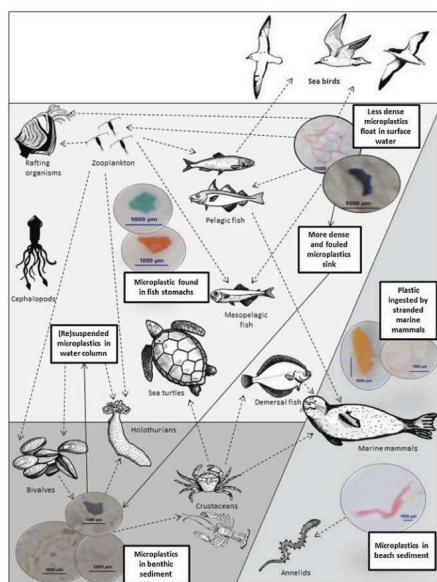
Dalam perspektif ekologi kontemporer, sampah laut tidak lagi dapat dipahami sebagai elemen asing yang bersifat sementara. Ia telah menjadi bagian dari komposisi fisik laut, hadir dalam kolom air, sedimen dasar, serta organisme hidup. Keberadaan material ini menandai pergeseran dari ekologi alami menuju ekologi teralterasi, di mana elemen buatan manusia berperan aktif dalam membentuk kondisi lingkungan.



Gambar 2.2.2 peningkatan signifikan jumlah publikasi ilmiah tentang sampah laut dari akhir 1960-an hingga sekitar 2010.

(Sumber :Photos of microplastics: A. Lusher)

2.2.3 Dampak Sampah Laut terhadap Struktur dan Fungsi Ekosistem

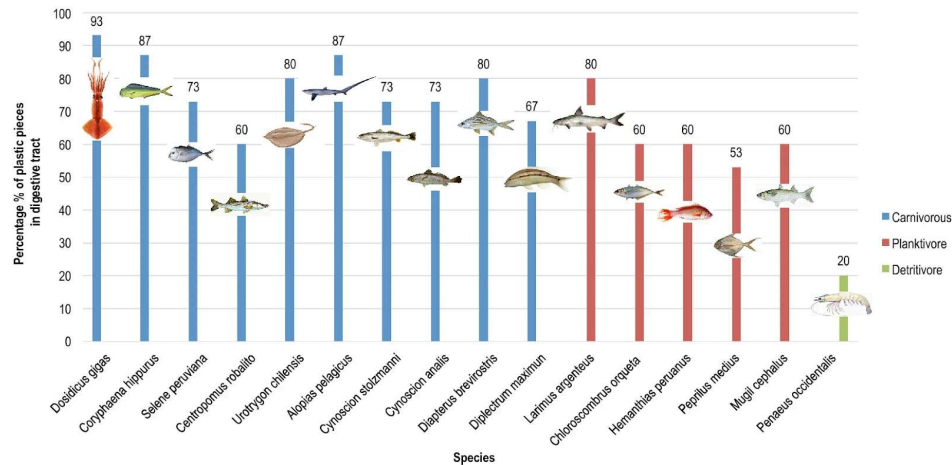


Gambar 2.2.3 Interaksi mikroplastik di lingkungan laut

(Sumber :Photos of microplastics: A. Lusherr)

Dampak sampah laut terhadap ekosistem tidak hanya terbatas pada kematian biota akibat tertelan atau terjat. Dalam skala yang lebih luas, keberadaan plastik memengaruhi struktur habitat, mengubah karakter substrat, serta mengintervensi proses biologis dan kimia perairan. Mikroplastik, misalnya, berpotensi membawa kontaminan kimia dan mikroorganisme asing yang mengganggu keseimbangan ekosistem.

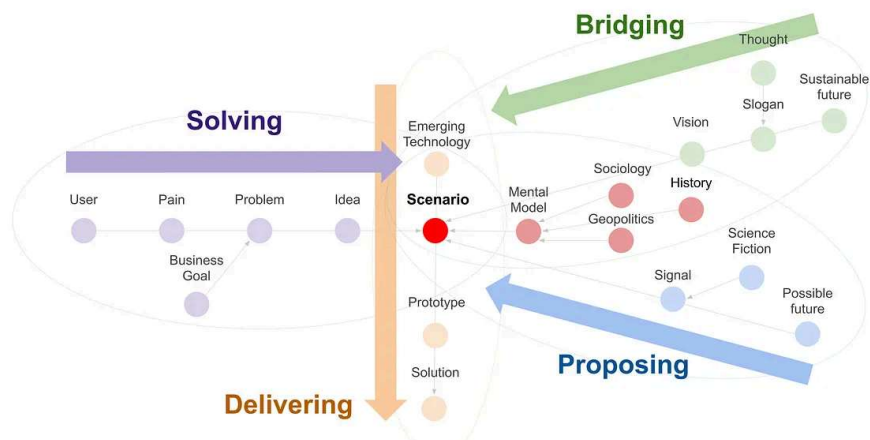
Perubahan ini bersifat kumulatif dan sering kali sulit dideteksi secara langsung. Namun, dalam jangka panjang, akumulasi dampak tersebut berkontribusi pada penurunan kualitas ekosistem laut secara keseluruhan. Ekologi laut, dalam konteks ini, tidak berada dalam kondisi stabil, melainkan dalam proses adaptasi berkelanjutan terhadap tekanan antropogenik.



Gambar 2.2.3.1 Prevalensi partikel mikroplastik di saluran pencernaan spesies laut.
(Sumber :Scientifiv report : Microplastic pollution in seawater and marine organisms across the Tropical Eastern Pacific and Galápagos)

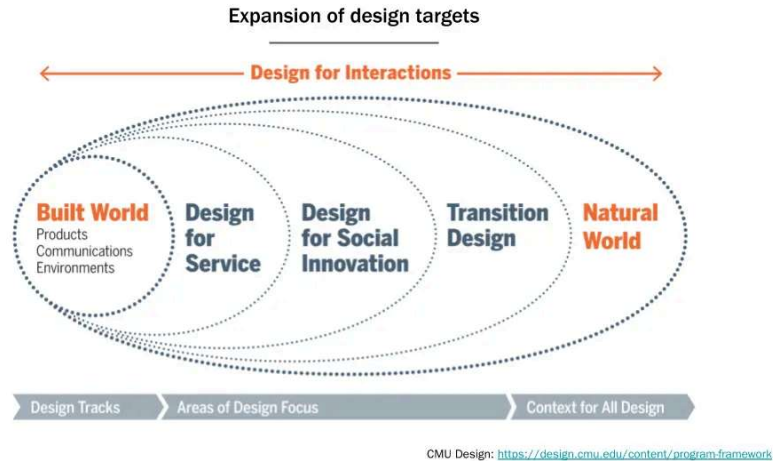
2.3 Desain Spekulatif sebagai Kerangka Berpikir Arsitektur

Desain spekulatif berkembang sebagai pendekatan yang tidak berfokus pada penyelesaian masalah secara langsung, melainkan pada eksplorasi kemungkinan masa depan melalui konstruksi skenario, artefak, dan sistem alternatif. Dalam konteks arsitektur, desain spekulatif memungkinkan perancangan untuk melampaui batas fungsi konvensional dan memasuki ranah eksperimental yang bersifat kritis terhadap kondisi eksisting.



Gambar 2.3.1 spekulatif thinking diagram

(Sumber :<https://medium.com/>)



Gambar 2.3.2 spekulatif thinking diagram

(Sumber :<https://medium.com/>)

Sebagaimana dibahas dalam literatur desain spekulatif dan world-building, arsitektur dapat berfungsi sebagai prototipe diegesis artefak spasial yang mewujudkan narasi masa depan secara material. Pendekatan ini menggeser arsitektur dari sekadar objek fisik menjadi medium untuk menguji relasi baru antara teknologi, lingkungan, dan kehidupan sehari-hari. Kerangka ini menjadi relevan dalam konteks krisis ekologi laut, di mana masa depan tidak dapat diasumsikan sebagai perpanjangan linear dari kondisi saat ini.

2.4 Arsitektur Adaptif dan Konsep Inhabiting Ekologi

Arsitektur adaptif merujuk pada pendekatan perancangan yang merespons kondisi lingkungan yang dinamis, ekstrem, dan tidak stabil. Dalam konteks laut terbuka yang telah teralterasi oleh aktivitas manusia, arsitektur tidak lagi diposisikan sebagai elemen yang terpisah dari ekosistem, melainkan sebagai bagian dari sistem ekologis itu sendiri.

Konsep inhabiting altered ecology menolak paradigma restoratif yang berupaya “mengembalikan” lingkungan ke kondisi ideal masa lalu. Sebaliknya, pendekatan ini mengakui perubahan sebagai kondisi dasar dan mengeksplorasi kemungkinan ko-eksistensi antara manusia, arsitektur, sampah laut, dan biota. Arsitektur terapung adaptif, dalam kerangka ini, dipahami sebagai infrastruktur ekologis yang beroperasi di dalam kondisi antropogen, bukan di luar atau di atasnya.

2.5 Definisi dan Evolusi Arsitektur Terapung

2.5.1 Konsep Dasar Floating Architecture

Arsitektur terapung didefinisikan sebagai tipe struktur yang memiliki sistem *buoyancy* sehingga dapat mengapung di atas permukaan air, baik bersifat permanen maupun sementara, tanpa ketergantungan struktural terhadap tanah atau daratan. Struktur ini umum ditemui pada aplikasi hunian, fasilitas publik, hingga kawasan terpadu di laut atau perairan lain yang fluktuatif. Pendekatan ini memungkinkan bangunan menyesuaikan diri dengan perubahan tinggi muka air, sehingga menawarkan respons adaptif terhadap kondisi dinamis perairan.

2.5.2 Akar Tradisional dan Evolusi Historis

Sejak masa lampau, komunitas manusia di berbagai belahan dunia telah mengembangkan bentuk-bentuk hunian berbasis air, yang pada prinsipnya merupakan *floating architecture* tradisional. Contoh awal termasuk rumah rakit, stilt houses, hingga kamp penghunian di sungai dan danau, yang lahir dari kebutuhan untuk menyesuaikan kehidupan dengan lingkungan air. Evolusi ini kemudian berkembang menjadi praktik arsitektural yang lebih kompleks di era kontemporer dengan munculnya teknologi modern yang mendukung permukiman, fasilitas, dan kota yang mengapung.

Studi sejarah menunjukkan bahwa tradisi permukiman air ini merupakan basis pengetahuan yang akhirnya diadaptasi oleh desain modern untuk menghadapi tantangan iklim dan perubahan lingkungan.

2.5.3 Paradigma Kontemporer: Dari Local Solution ke Systemic Response

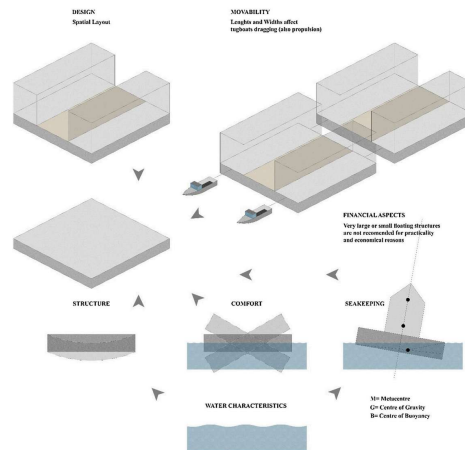
Dalam konteks desain modern, arsitektur terapung berkembang jauh melampaui sekadar jawaban terhadap keterbatasan lahan. Ia kini menjadi respon terhadap isu global seperti kenaikan permukaan laut, perubahan iklim, dan degradasi lingkungan pesisir. Pendekatan kontemporer menggarisbawahi arsitektur terapung sebagai solusi yang menempatkan bangunan dalam hubungan saling beradaptasi dengan air—daripada sekadar menahan atau menolak air.

Studi terkini dari kawasan pesisir menunjukkan bahwa *floating architecture* berintegrasi dengan strategi keberlanjutan dan resiliensi lingkungan, menjadi bagian dari inovasi konseptual untuk mengakomodasi dinamika ekologis sekaligus kepadatan populasi di wilayah air.

2.5.4 Paradigma Kontemporer: Dari Local Solution ke Systemic Response

Sejalan dengan evolusi sejarahnya, arsitektur terapung kini dipandang sebagai bentuk inovatif yang tidak hanya bertujuan untuk bertahan terhadap kondisi alami, tetapi bernegosiasi aktif dengan lingkungan perairan. Pendekatan ini menggeser cara pandang dari arsitektur yang statis menjadi sistem spasial yang fleksibel, responsif terhadap fluktuasi air, angin, dan iklim, serta mampu berkontribusi pada fungsi ekologis dan sosial yang lebih luas.

Mengikuti tren ini, arsitektur terapung diteliti sebagai bagian dari solusi adaptasi perubahan iklim, perluasan permukiman berkelanjutan, dan pengembangan kota yang resilien terhadap banjir dan kenaikan permukaan air.



Gambar 2.5.4 Factors influencing the size of VLFS platform (Illustration courtesy of Ahmed El-Shihy)

(Sumber : Architectural design concept and guidelines for floating structures for tackling sea level rise impacts on Abu-Qi)

2.6 Riset Transit dan Objek Sub-Maritim dalam Konteks Arsitektur Laut

Kajian mengenai lingkungan laut dalam disiplin arsitektur tidak dapat dilepaskan dari perkembangan riset objek sub-maritim dan sistem transit perairan yang telah lama dikaji dalam bidang teknik kelautan, arsitektur kapal, dan ocean engineering. Sistem kapal, struktur terapung, serta kendaraan bawah air (submersible dan submarine) pada dasarnya merupakan bentuk awal dari lingkungan binaan yang beroperasi dalam kondisi ekstrem, dinamis, dan penuh ketidakpastian ekologis. Oleh karena itu, pendekatan sistematis yang digunakan dalam perancangan objek-objek tersebut menjadi referensi penting dalam pengembangan arsitektur adaptif di lingkungan laut.

Dalam konteks ini, kapal dan struktur sub-maritim tidak hanya dipahami sebagai alat transportasi, melainkan sebagai sistem spasial tertutup yang harus mampu mengelola stabilitas, sirkulasi, energi, limbah, dan hubungan manusia–lingkungan secara simultan. Prinsip-prinsip ini memiliki relevansi langsung dengan gagasan Inhabiting Altered Marine Ecology, di mana arsitektur tidak sekadar ditempatkan di laut, tetapi harus mampu bernegosiasi dengan ekologi laut yang telah terdistorsi oleh aktivitas antropogenik, khususnya akumulasi sampah laut

2.6.1 Transit Laut sebagai Infrastruktur Antara Ekologi dan Teknologi

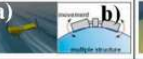
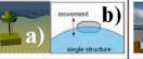
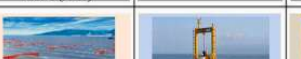
Transit laut dalam arsitektur kontemporer tidak lagi dipahami semata sebagai jalur pergerakan manusia dan logistik, melainkan sebagai ruang antara (interstitial space) yang mempertemukan sistem ekologis, teknologi kelautan, dan aktivitas antropogenik. Berbagai riset menunjukkan bahwa struktur terapung dan semi-terbenam berpotensi berfungsi ganda sebagai sarana mobilitas sekaligus perangkat intervensi ekologis, terutama pada wilayah laut yang telah mengalami degradasi akibat aktivitas manusia.

Dalam konteks ini, transit tidak berdiri sebagai objek netral, melainkan sebagai mediator dinamis yang mempengaruhi arus energi, pergerakan air, serta distribusi material di lingkungan laut. Konsep ini menjadi landasan penting bagi pengembangan arsitektur laut yang tidak hanya berorientasi pada efisiensi teknis, tetapi juga pada koeksistensi dengan sistem alam.

2.6.2 Prinsip Kerja Objek Sub-Maritim Berbasis Dinamika Gelombang

Riset mengenai objek sub-maritim memperlihatkan bahwa pemanfaatan dinamika gelombang laut telah melahirkan berbagai tipologi struktur, seperti oscillating water column, point absorber, dan attenuator. Prinsip-prinsip ini tidak hanya relevan dalam konteks konversi energi, tetapi juga mempengaruhi pendekatan arsitektur terhadap stabilitas, orientasi massa, dan respons struktur terhadap lingkungan laut yang fluktuatif.

Objek-objek tersebut menunjukkan bahwa laut bukan kondisi eksternal yang harus “ditaklukkan”, melainkan sistem aktif yang dapat diintegrasikan ke dalam mekanisme kerja bangunan. Dengan demikian, arsitektur laut bergerak dari pendekatan defensif menuju pendekatan adaptif dan responsif.

Working principle						
Location	1	2	3	4	5	6
	OWC	Pressure differential	Floating structure	Floating structure	Overtopping devices	Oscillating wave surge/ impact
						
	 Limpet WaveGen (UK)	NA	NA	NA	 SSG WAVEnergy (NO)	NA
	 Oceanix Energetch (AU)	 CETO III REH (UK)	 WaveStar Wave Star (DK)	 Searaser WEC	 Waveplane (DK)	 Aquamarine Power Oyster
Offshore	 OE Buoy Ocean energy (IRL)	 Archimedes Wave Swing (AWS)	 Pelamis (UK)	 Powerbuoy OPT (USA)	 Wave Dragon	 Langlee LWP (NO)
Rotation and wave direction	Terminator		Point absorber		Attenuator	
						
	 (e.g. WavePlane converter)		 (e.g. OPT's PowerBuoy)		 (e.g. Pelamis)	

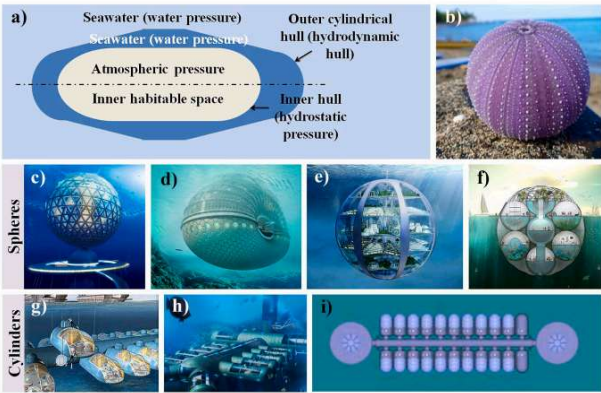
Gambar 2.6.2 Wave energy technology classification
(Sumber :Sustainable Futures Volume 9, June 2025)

2.6.3 Sistem Tertutup dan Siklus Air pada Arsitektur Sub-Maritim

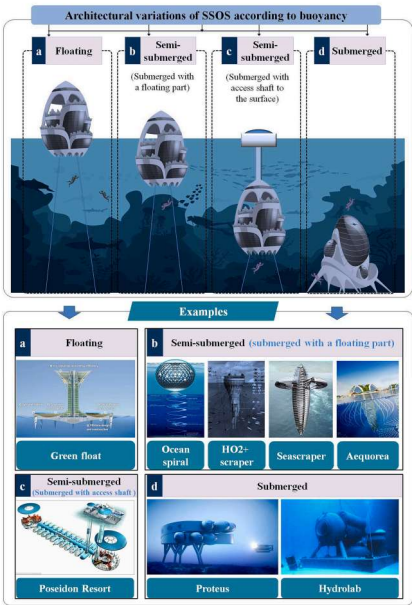
Pengembangan arsitektur sub-maritim menuntut sistem utilitas yang mampu beroperasi secara mandiri dalam lingkungan terbatas. Riset tentang sistem air tertutup memperlihatkan bahwa kombinasi pengumpulan air hujan, ekstraksi kelembaban atmosfer, serta desalinasi air laut dapat membentuk rantai pasok air bersih yang berkelanjutan.

Integrasi filtrasi biologis, seperti alga dan treatment swales, menegaskan pergeseran dari sistem utilitas mekanis murni menuju sistem

hibrida bioteknologi. Dalam konteks arsitektur laut, pendekatan ini memperluas makna bangunan dari sekadar tempat berlindung menjadi bagian dari siklus ekologis yang lebih luas.



Gambar 2.6.3.1 Wave energy technology classification
(Sumber :Sustainable Futures Volume 9, June 2025)



Gambar 2.6.3.2 Wave energy technology classification
(Sumber :Sustainable Futures Volume 9, June 2025)

2.6.4 Implikasi terhadap Perancangan Arsitektur Laut Adaptif

Sintesis riset transit dan objek sub-maritim menunjukkan bahwa arsitektur laut masa depan tidak dapat dilepaskan dari logika adaptasi dan ko-eksistensi. Bangunan tidak lagi diposisikan sebagai artefak statis,

melainkan sebagai entitas yang bernegosiasi secara terus-menerus dengan dinamika laut, baik secara struktural, ekologis, maupun programatik.

Dalam konteks tugas akhir ini, kajian tersebut menjadi dasar konseptual untuk merumuskan arsitektur laut yang tidak hanya merespons kondisi ekstrem, tetapi juga memanfaatkan perubahan sebagai bagian dari sistem kerjanya



*Gambar 2.6.3 modul teknologi pembersih laut
(Sumber :Olah visualisasi data)*

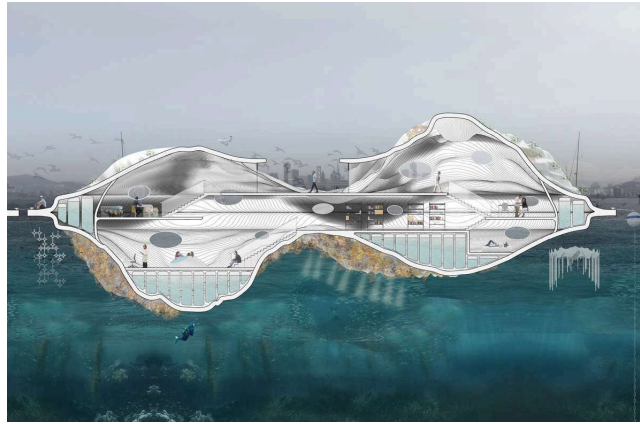
2.7. Studi Banding

2.7.1 Studi Preseden: Buoyant Ecologies – Architectural Ecologies Lab

A. Latar Belakang dan Konteks Institusional

Buoyant Ecologies merupakan eksperimen arsitektur terapung yang dikembangkan oleh Architectural Ecologies Lab sebagai respons terhadap kenaikan muka air laut dan degradasi ekosistem pesisir. Proyek ini tidak memandang struktur terapung sebagai sekadar platform manusia, melainkan sebagai medium ekologis yang dirancang untuk berinteraksi dengan organisme laut. Dengan demikian, fungsi bangunan diperluas dari tempat beraktivitas menjadi perangkat restorasi lingkungan. menunjukkan bahwa kombinasi curah hujan tinggi, sedimentasi sungai, alih fungsi lahan, dan lemahnya pengelolaan tata air menjadi faktor dominan yang membentuk siklus banjir berulang di

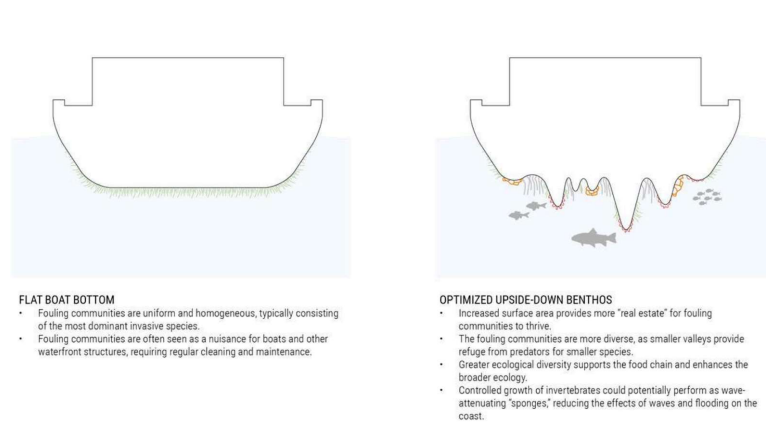
wilayah Bekasi (Lutfi, 2023). Dengan demikian, banjir merupakan hasil interaksi jangka panjang antara faktor alam dan aktivitas manusia.



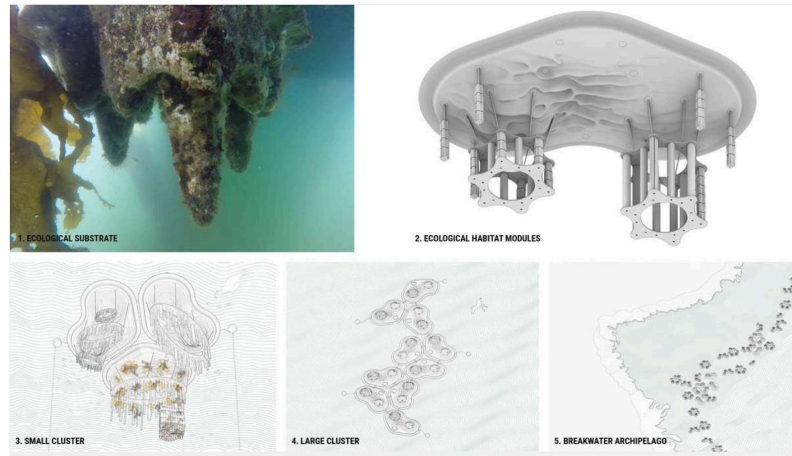
*Gambar 3.3.1..1 Buoyant Ecologies – Architectural Ecologies Lab
(Sumber :<https://futurearchitectureplatform.org/>)*

B. Konsep Perancangan

Gagasan utama proyek berfokus pada pembentukan platform apung yang berfungsi ganda: sebagai ruang aktivitas manusia sekaligus substrat bagi pertumbuhan biota laut. Struktur dirancang agar mampu beradaptasi terhadap pasang surut, arus, dan perubahan lingkungan, sehingga keberadaannya tidak menghambat sistem alami, melainkan mendukung terbentuknya habitat baru. Dengan demikian, arsitektur diposisikan sebagai bagian dari infrastruktur ekologis, bukan sekadar wadah fungsional.



Gambar 3.3.1.2 Desain lambung Buoyant Ecologies
(Sumber :<https://futurearchitectureplatform.org/>)



Gambar 3.3.1.3 Desain lambung Buoyant Ecologies
(Sumber :<https://futurearchitectureplatform.org/>)

C. Sistem dan Strategi Teknis

Secara teknis, platform menggunakan modul ringan dan sistem buoyancy yang memungkinkan pergerakan vertikal mengikuti fluktuasi permukaan air. Material dipilih berdasarkan ketahanan terhadap lingkungan laut serta kemampuannya memfasilitasi kolonisasi organisme seperti alga dan invertebrata. Konfigurasi modular memungkinkan perakitan, pelepasan, dan pengembangan bertahap sesuai kebutuhan operasional maupun kondisi ekologis.

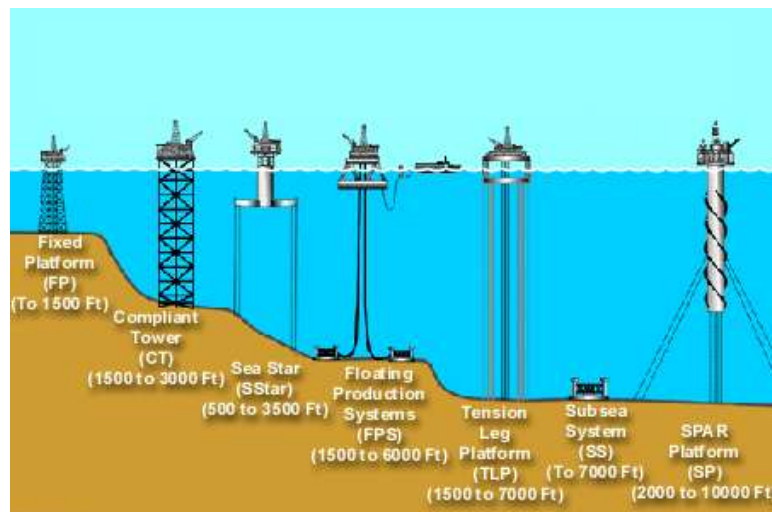
D. Relevansi terhadap Penelitian

Preseden ini menunjukkan bahwa arsitektur terapung dapat berperan aktif dalam pemulihan ekosistem, bukan sekadar bertahan di atas air. Pelajaran penting yang dapat diambil meliputi integrasi antara desain spasial dan fungsi ekologis, penggunaan sistem modular adaptif, serta pergeseran paradigma dari dominasi manusia menuju ko-eksistensi lintas spesies. Prinsip-prinsip tersebut menjadi dasar konseptual bagi pengembangan rancangan arsitektur adaptif dalam konteks pengelolaan sampah laut.

2.7..2 Infrastruktur Lepas Pantai & Sistem Semi-Submersible

A. Oil Rig / FPSO sebagai Preseden Struktur Laut Skala Besar

Anjungan pengeboran dan Floating Production Storage and Offloading (FPSO) menunjukkan bahwa bangunan di laut harus diperlakukan sebagai infrastruktur berat yang memadukan struktur baja modular, dek kerja bertingkat, serta distribusi beban terpusat pada ponton terapung. Sistem ini memisahkan zona produksi, penyimpanan, dan akomodasi untuk menjaga keseimbangan massa sekaligus keselamatan operasional, sementara konfigurasi modular memungkinkan perakitan, relokasi, dan perawatan tanpa ketergantungan pada daratan. Prinsip utamanya mencakup kapasitas apung tinggi, redundansi struktur, serta ketahanan terhadap gelombang ekstrem, yang menjadikannya model teknis relevan bagi arsitektur laut yang menuntut stabilitas jangka panjang.



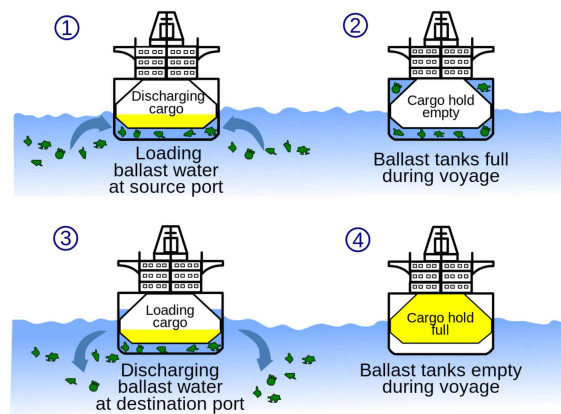
Gambar 3.3.2.1 macam macam tipe pengeboran minyak lepas laut

(Sumber : <https://www.indelac.com/blog/introduction-to-oil-gas-offshore-drilling>)

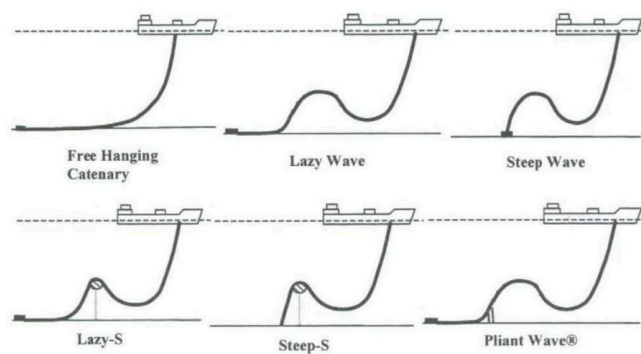
B. Platform Ballast dan Mooring System

tabilitas dicapai melalui pengaturan ballast aktif-pasif yang mengontrol draft, kemiringan, dan pusat gravitasi, dikombinasikan dengan sistem tambat

seperti *spread mooring* atau *turret mooring* yang menahan posisi struktur tanpa sepenuhnya melawan dinamika arus dan angin. Pendekatan ini memungkinkan platform berosilasi terkontrol alih-alih kaku, sehingga energi gelombang terdispersi dan risiko kegagalan struktur berkurang. Integrasi antara massa terendam, gaya apung, dan fleksibilitas tambat membentuk keseimbangan hidrodinamis yang menjadi kunci keberlanjutan operasional, sekaligus memberikan pelajaran penting bahwa desain arsitektur terapung harus dipahami sebagai sistem mekanik–kelautan, bukan sekadar objek spasial.



Gambar 3.2.1 macam macam tipe pengeboran minyak lepas laut
(Sumber :<https://honestcable.com/ballast-water-treatment-system/g>)



Gambar 3.3.2.2 Konfigurasi Riser Sesuai Standar

(Sumber

:<https://www.semanticscholar.org/paper/Sensitive-Analysis-of-Different-Types-of-Deep-Water>)

C Sistem Suplai Udara pada Infrastruktur Semi-Submersible Lepas Pantai

Sistem semi-submersible terdiri atas bagian atas untuk tempat tinggal dan operasional, kolom vertikal, ponton, serta ruang pemberat yang sebagian atau seluruhnya terendam. Suplai udara pada struktur ini harus memenuhi tiga fungsi utama: ventilasi hunian dan ruang kerja (6–12 pergantian udara per jam sesuai standar IMO, SOLAS, dan ASHRAE), ventilasi ruang tertutup dan ballast untuk menghindari tekanan negatif atau overpressure, serta kontrol gas berbahaya seperti H₂S dan metana. Zona terendam tidak dapat mengandalkan ventilasi alami sehingga memerlukan ventilasi paksa mekanis dengan supply dan exhaust fan redundan, kadang dilengkapi sistem tekanan positif atau dukungan udara terkompresi untuk ballast dan ruang kritis.

Di bagian atas, hunian dan operasional ruang menggunakan HVAC kelas laut yang tahan korosi, dengan asupan udara jauh dari zona percikan, dehumidifikasi intensif, dan filter HEPA bila diperlukan. Sistem ini harus terintegrasi dengan proteksi keselamatan, termasuk peredam api, ekstraksi asap, pematian darurat, dan sensor gas. Desain intake dan ducting juga harus mempertimbangkan salinitas, gelombang, angin kencang, serta penetrasi udara laut.

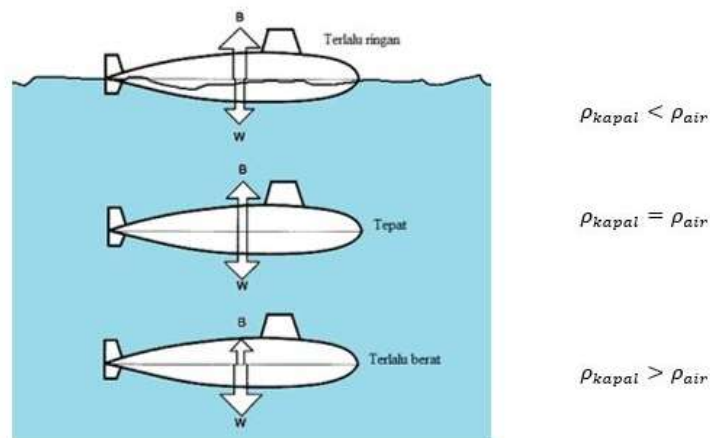


Gambar 3.3.2...3 mekanisme kapal selam

(Sumber

:<https://www.kapaldanlogistik.com/2021/05/kapal-selam-submarine-dan-mekanismenya.html>)

Selain itu, kapasitas suplai udara dan tekanan dalam ruang ballast memiliki peran langsung terhadap stabilitas dan posisi struktur di udara. Dengan menyesuaikan volume udara yang dipompa ke ruang tertutup, operator dapat mengatur daya apung semi-submersible, sehingga struktur dapat terapung, sebagian tenggelam, atau stabil pada kedalaman tertentu. Distribusi udara yang tidak tepat dapat menyebabkan gangguan tekanan, mempengaruhi aliran udara ponton, dan berpotensi mengganggu stabilitas operasional platform.



Gamba3.3.2..4 perinsip kapal selam

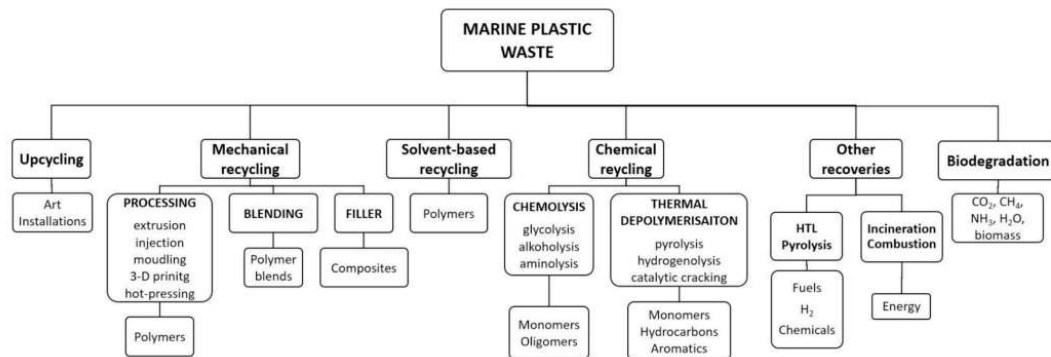
(Sumber

:<https://www.kapaldanlogistik.com/2021/05/kapal-selam-submarine-dan-mekanismenya.html>)

2.7..3 Pembersihan Laut , Teknologi Pembersih Sampah Laut

The Ocean Cleanup adalah organisasi nirlaba yang merancang dan menerapkan teknologi inovatif untuk menekan jumlah sampah laut, khususnya

plastik, melalui kombinasi penghalang pasif dan interceptor aktif. Penghalang pasif berfungsi menangkap sampah permukaan dengan memanfaatkan arus sungai dan laut, sementara interceptor aktif menyalurkan sampah yang terkumpul ke wadah penyimpanan menggunakan motor listrik dan conveyor belt. Sistem ini tidak hanya menargetkan plastik yang mengalir dari sungai menuju laut, tetapi juga sampah yang sudah tersebar di lautan terbuka, dengan pendekatan berbasis data dan algoritma untuk mengoptimalkan posisi dan rute pembersihan.



Gambar 3.3.3.1 Opsi untuk pengelolaan sampah plastik laut

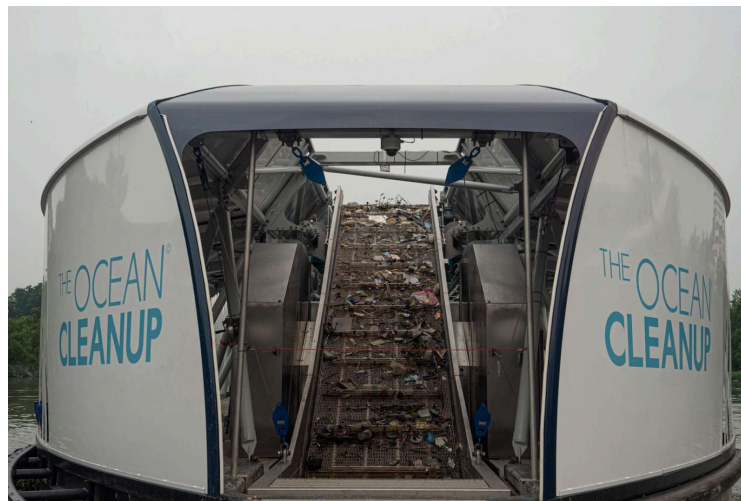
(Sumber

:<https://www.kapaldanlogistik.com/2021/05/kapal-selam-submarine-dan-mekanismenya.html>)

Implementasi teknologi ini menyediakan kerangka bagi penerapan arsitektur adaptif, di mana sistem pengelolaan sampah dapat diintegrasikan sebagai bagian dari desain platform terapung atau ruang laut yang konsisten dengan ekosistem. Strategi pengumpulan yang terkoordinasi dan didukung sensor optik serta radar memungkinkan penyesuaian operasi secara real-time, sehingga efisiensi pengumpulan maksimal dan berdampak minimal terhadap ekosistem. Pendekatan ini juga membuka peluang untuk memanfaatkan data pengelolaan sampah dalam perancangan struktur arsitektur yang adaptif terhadap kondisi laut, sekaligus mendukung upaya konservasi dan pembentukan ko-eksistensi ekologi di lingkungan antropogen.

A. Sistem Penghalang Pasif

Teknologi yang dikembangkan The Ocean Cleanup menggabungkan penghalang terapung pasif dan perangkat intersepsi aktif untuk menangkap sampah plastik sebelum mencapai laut lepas. Penghalang berbentuk lengkung ditempatkan mengikuti arus sungai atau laut sehingga sampah permukaan hadir secara alami tanpa menghambat pergerakan biota. Pendekatan ini memanfaatkan dinamika hidrodinamika sebagai mekanisme pengumpulan utama, sehingga intervensi mekanis dapat diminimalkan.



*Gambar 3.3.3.2 The Ocean Cleanup
(Sumber :theoceancleanup.com)*

Material yang telah terkumpul kemudian dipindahkan oleh sistem interceptor bermotor yang dilengkapi sabuk konveyor menuju ruang penyimpanan. Unit ini dapat beroperasi di sungai maupun wilayah pesisir dengan kapasitas penampungan signifikan setiap harinya. Kombinasi kedua sistem tersebut meningkatkan efisiensi pengumpulan sekaligus menekan kemungkinan sampah kembali terdispersi ke laut terbuka.

B. Optimasi Sensor dan Algoritma

Sistem operasional didukung perangkat pemantauan berbasis sensor optik dan radar yang membaca kepadatan sampah, karakteristik arus, serta kondisi cuaca. Data tersebut memungkinkan penyesuaian posisi dan kinerja alat secara

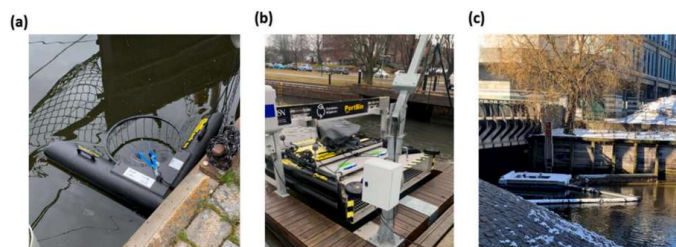
dinamis, sehingga respon terhadap perubahan lingkungan dapat dilakukan secara cepat dan presisi.

Informasi yang diperoleh diproses menggunakan algoritma kecerdasan buatan untuk mengoptimalkan kecepatan, arah, dan strategi pengumpulan. Dengan pendekatan ini, sistem mampu bekerja secara semi-otomatis, mengurangi kebutuhan pengawasan manual, serta meminimalkan gangguan terhadap jalur navigasi dan ekosistem perairan.

C. Sistem Kapasitas dan Efektivitas

Kapasitas operasional setiap unit bergantung pada dimensi perangkat dan karakteristik lokasi. Di sungai dengan tingkat polusi yang tinggi, satu interceptor dapat mengumpulkan puluhan hingga ratusan ton sampah per tahun, sehingga berperan signifikan dalam menahan aliran plastik sebelum memasuki laut terbuka.

Evaluasi lapangan menunjukkan adanya penurunan volume plastik yang mengalir ke laut setelah sistem beroperasi secara konsisten. Meskipun demikian, kinerja tetap dipengaruhi oleh faktor eksternal seperti musim, tinggi gelombang, dan variabilitas arus. Oleh karena itu, strategi penempatan berbasis data menjadi aspek penting dalam memastikan efektivitas jangka panjang.



Gambar 3.3.3.3 macam macam pembersih sampah pelairan

(Sumber

:<https://www.kapaldanlogistik.com/2021/05/kapal-selam-submarine-dan-mekanismenya.html>)

D. Dampak Ekologis dan Integrasi Arsitektura

Desain sistem mempertimbangkan ekologi dengan memastikan keberadaan ruang terbuka bagi pergerakan organisme laut. Struktur penghalang tidak berfungsi sebagai barier total, melainkan sebagai elemen gradien yang tetap memungkinkan dinamika biologis berlangsung.

Dalam konteks arsitektur adaptif, teknologi ini berfokus pada infrastruktur terapung atau pulau buatan sebagai komponen fungsional. Elemen pengumpul dapat menyatu dengan dermaga, promenade, atau struktur modular lainnya, sehingga pengelolaan sampah menjadi bagian inheren dari sistem spasial. Integrasi berbasis data memungkinkan bangunan merespons kondisi perairan secara adaptif dan memperkuat gagasan ko-eksistensi antara intervensi manusia dan ekologi laut.

E. Tantangan dan Potensi Pengembangan

Pengoperasian di lingkungan laut terbuka menuntut biaya pemeliharaan tinggi serta ketahanan terhadap kondisi ekstrim. Gelombang besar dan cuaca buruk dapat mengurangi stabilitas maupun efektivitas sistem, sementara cakupan globalnya masih terbatas dibandingkan skala permasalahan sampah laut.

Namun demikian, peluang pengembangan tetap terbuka, terutama melalui integrasi sumber energi terbarukan untuk meningkatkan kemandirian operasional. Selain itu, sistem ini dapat dikembangkan sebagai modul arsitektural multifungsi yang tidak hanya berperan sebagai infrastruktur pembersih, tetapi juga sebagai ruang edukasi, penelitian, dan rekreasi. Pemanfaatan data lingkungan secara berkelanjutan memberi dasar bagi perancang kawasan laut yang lebih responsif dan berorientasi pada keseimbangan ekologis.