

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum Proyek

Cisadane Mangrove Headquarters (CMHQ) dirancang sebagai tipologi infrastruktur arsitektural yang merespons degradasi ekosistem di wilayah muara akibat akumulasi polutan daratan. Secara konseptual, proyek ini berpijak pada prinsip Integrated Watershed Management (IWM) atau pengelolaan Daerah Aliran Sungai terpadu, yang menekankan pentingnya koordinasi spasial yang komprehensif dari kawasan hulu hingga hilir (Global Water Partnership, 2017). Dalam konteks arsitektur, CMHQ berperan sebagai manifestasi fisik dari sistem pengelolaan tersebut, yang menyediakan wadah bagi integrasi data dan aksi lingkungan guna memastikan keberlanjutan ekosistem pesisir secara terstruktur.

Mengingat Sungai Cisadane membentang sepanjang 126 kilometer dan teridentifikasi sebagai jalur utama masuknya polutan serta mikroplastik ke perairan Teluk Jakarta (Wahyudi et al., 2021), posisi CMHQ di Desa Muara menjadi sangat strategis secara geografis. Wilayah muara diposisikan sebagai "titik terminal" atau simpul kritis di mana berbagai beban lingkungan dari wilayah hulu terkonsentrasi sebelum berdampak pada ekosistem laut yang lebih luas. Melalui pendekatan ini, arsitektur CMHQ tidak lagi dipandang sebagai objek statis, melainkan sebagai simpul saraf (nerve center) yang berfungsi memantau dinamika aliran sungai secara real-time demi efektivitas restorasi di titik hilir.

Pendekatan arsitektural yang diterapkan mentransformasi bangunan menjadi sebuah infrastruktur aktif yang mengintegrasikan tiga fungsi operasional utama yaitu pemantauan parameter lingkungan melalui sistem monitoring DAS Cisadane serta riset restorasi mangrove dan ekosistem pesisir. pelaksanaan Sinergi fungsi dalam satu tipologi *hybrid* ini bertujuan untuk memperkuat ketahanan ekosistem mangrove yang selama ini rentan terhadap polutan hulu yang tidak terdeteksi. Dengan memusatkan kendali operasional pada infrastruktur CMHQ, diharapkan setiap intervensi restorasi di Desa Muara dapat dilakukan secara lebih presisi, taktis, dan berbasis pada data saintifik yang akurat.

2.1.1 Pengertian Proyek

1. Markas Operasional (*Headquarters*)

Dalam hierarki organisasi modern, markas operasional atau headquarters merupakan unit administratif sentral yang menjalankan fungsi koordinasi strategis dan pengendalian menyeluruh terhadap seluruh unit teknis yang berada di bawah kewenangannya. Konsep ini pertama kali dikemukakan secara sistematis oleh Henry Mintzberg dalam karyanya yang berjudul "*Structure in 5's: Designing Effective Organizations*" (1983), yang menyatakan bahwa fasilitas markas besar berfungsi sebagai titik sentralisasi wewenang yang bertanggung jawab atas standardisasi proses kerja, alokasi sumber daya, dan pemantauan kinerja secara komprehensif. Mintzberg menjelaskan bahwa efektivitas organisasi sangat bergantung pada kemampuan headquarters dalam menyinkronkan berbagai departemen yang memiliki fungsi berbeda namun saling terkait dalam pencapaian tujuan organisasi secara keseluruhan.

Dalam konteks perencanaan arsitektur infrastruktur, markas operasional tidak sekadar berfungsi sebagai gedung perkantoran biasa, melainkan sebagai fasilitas pemersatu yang memfasilitasi koordinasi antara berbagai pemangku kepentingan dengan kepentingan yang beragam. Menurut Daft dan Marcic (2016) dalam karya mereka "*Understanding Management*", headquarters yang dirancang dengan baik harus mampu mengakomodasi kebutuhan komunikasi lintas departemen, menyediakan ruang untuk pengambilan keputusan strategis, dan menjadi pusat dokumentasi kebijakan organisasi. Untuk proyek *Cisadane Mangrove Headquarters*, fungsi markas operasional ini akan diintegrasikan dengan kebutuhan teknis pemantauan lingkungan, sehingga memerlukan desain yang mengakomodasi baik fungsi administratif maupun fungsi operasional lapangan.

2. Pusat Kendali (*Control Center*)

Pusat kendali merupakan fasilitas teknis yang dirancang secara khusus untuk mendukung kegiatan pengumpulan, pengolahan, dan visualisasi data secara real-time guna memfasilitasi pengambilan keputusan yang tepat dan cepat dalam menghadapi kondisi operasional yang dinamis. Standar internasional ISO 11064-1:2000 tentang *Ergonomic Design of Control Centres* mendefinisikan pusat kendali sebagai lingkungan kerja terintegrasi yang menggabungkan berbagai sistem

informasi dan teknologi komunikasi untuk memantau kondisi operasional secara berkelanjutan.

Dalam proyek ini, pusat kendali berfungsi sebagai unit pemrosesan data lingkungan yang diperoleh dari jaringan sensor di sepanjang aliran sungai untuk mendeteksi anomali kualitas air dan volume limbah sebelum memasuki area estuari.

3. Riset Restorasi Mangrove

Restorasi mangrove merupakan upaya sistematis untuk memulihkan fungsi ekosistem mangrove yang telah mengalami degradasi, dengan tujuan mengembalikan kondisi struktur dan komposisi spesies seperti pada kondisi ekosistem asli atau reference site. *Society for Ecological Restoration* (SER) mendefinisikan restorasi ekologi sebagai proses pemulihan integritas ekologis yang berkelanjutan, yang mencakup tidak hanya pemulihan vegetasi tetapi juga proses ekologis dan fungsi ekosistem. Lewis (2005) dalam studinya "*Mangrove Restoration: A Global Focus*" menekankan bahwa keberhasilan proyek restorasi mangrove sangat bergantung pada akurasi data hidrologi dan pemahaman mendalam terhadap laju sedimentasi di kawasan target. Lewis menjelaskan bahwa mangrove merupakan ekosistem yang sangat bergantung pada dinamika pasang surut dan pasokan sedimen, sehingga intervensi restorasi yang tidak mempertimbangkan faktor-faktor hidrologis cenderung mengalami kegagalan dalam jangka panjang.

Berdasarkan kerangka konseptual tersebut, pusat riset dalam fasilitas *Cisadane Mangrove Headquarters* didefinisikan sebagai laboratorium investigasi ilmiah. Fasilitas ini akan menjadi pusat pengembangan intervensi teknis berbasis bukti saintifik (*evidence-based intervention*), di mana setiap rekomendasi restorasi didasarkan pada hasil penelitian yang dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah.

4. Daerah Aliran Sungai (DAS) Cisadane

Berdasarkan Undang-Undang Nomor 17 Tahun 2019 tentang Sumber Daya Air, Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya, yang berfungsi menampung, menyimpan, dan mengalirkan air ke laut. DAS Cisadane, dengan panjang aliran utama mencapai 126 km dipandang sebagai sistem input hidrologis primer yang membawa beban polutan ke wilayah pesisir. Studi oleh Wahyudi et al. (2021) mengonfirmasi bahwa karakteristik aliran Cisadane memiliki pengaruh signifikan

terhadap akumulasi limbah padat di muara, sehingga diperlukan fasilitas pengelolaan yang berfokus pada titik terminal aliran tersebut.

2.1.2 Sejarah Perkembangan Proyek

Akar permasalahan yang dihadapi kawasan pesisir Desa Muara saat ini tidak dapat dilepaskan dari sejarah panjang dinamika penggunaan lahan di sepanjang Daerah Aliran Sungai Cisadane. Secara historis, sungai ini telah memainkan peran vital sebagai urat nadi transportasi dan irigasi sejak masa kolonial, yang ditandai dengan pembangunan Bendung Pasar Baru (Pintu Air Sepuluh) pada tahun 1930 sebagai pusat distribusi air teknis (BBWS Ciliwung Cisadane, 2020). Pada masa itu, sungai menjadi sumber kehidupan bagi masyarakat di sepanjang bantarnya, mendukung aktivitas pertanian dan transportasi air yang menjadi tulang punggung ekonomi lokal.

Namun, sejak dekade 1980-an, dinamika penggunaan lahan di wilayah hulu dan tengah mengalami transformasi fundamental yang mengubah fungsi sungai secara drastis. Alih fungsi lahan dari kawasan hutan menjadi permukiman dan industri meningkatkan koefisien limpasan air permukaan secara signifikan. Kondisi ini memicu laju sedimentasi ekstrem yang mengalir tanpa terkendali menuju wilayah hilir di pesisir Teluknaga (Pemerintah Kabupaten Tangerang, 2021). Sungai yang dulunya menjadi sumber kehidupan kini berubah menjadi saluran akumulasi limbah yang membawa berbagai material berbahaya dari wilayah hulu.

Transformasi tersebut berdampak langsung pada ekosistem pesisir Desa Muara yang semula merupakan sabuk hijau alami. Dahuri (2001) menjelaskan bahwa kawasan ini mulai mengalami degradasi masif akibat konversi lahan menjadi kawasan pertambakan dan pemukiman nelayan yang kurang terencana. Kondisi ekologis semakin memburuk memasuki era 2000-an seiring dengan masifnya tumpukan sampah plastik yang terperangkap di perakaran mangrove. Evolusi permasalahan lingkungan yang semakin kompleks ini secara paralel mendorong pergeseran tipologi pengelolaan dari pendekatan penanaman tradisional yang bersifat pasif menuju pendekatan infrastruktur mitigasi terpadu yang aktif dan adaptif. Pergeseran ini sejalan dengan kerangka kerja *Source-to-Sea Management* yang menekankan pentingnya sinkronisasi data dari hulu ke hilir sebagai respons terhadap kegagalan manajemen pesisir di masa lalu (Granit et al., 2017). Dengan demikian, kehadiran pusat restorasi yang mengintegrasikan kapabilitas operasional

berbasis data menjadi konsekuensi logis dari perjalanan sejarah dan degradasi lingkungan di kawasan tersebut.

2.1.3 Tipologi Proyek

CMHQ diklasifikasikan sebagai tipologi arsitektur *hybrid* yang menyatukan berbagai program ruang berbeda ke dalam satu kesatuan struktur operasional yang kompleks. Menurut Joseph Fenton, tipologi *hybrid* bukan sekadar penggabungan fungsi, melainkan sebuah respons arsitektural terhadap kompleksitas kebutuhan lingkungan dan urban yang tidak dapat diakomodasi oleh bangunan bertipe tunggal (Fenton, 1985). Dalam konteks CMHQ, hibriditas ini diwujudkan melalui pengintegrasian pusat kendali yang bersifat teknologi-digital dengan fasilitas riset restorasi mangrove yang bersifat saintifik-biologis. Sinergi ini memungkinkan arsitektur berfungsi sebagai jembatan antara data monitoring hulu-hilir dengan intervensi fisik di wilayah muara, menciptakan sebuah tipologi yang efisien dan responsif terhadap tantangan ekologis di sepanjang Daerah Aliran Sungai (DAS) Cisadane.

Sebagai sebuah markas besar (*headquarters*), CMHQ juga mengadopsi karakteristik infrastruktur arsitektural yang bertindak sebagai instrumen kinerja dalam sistem lingkungan yang luas. Tipologi ini memposisikan CMHQ sebagai simpul saraf atau pusat komando yang memfasilitasi pemantauan *real-time* terhadap dinamika sungai sepanjang 126 kilometer. Arsitektur bangunan dirancang khusus untuk mendukung manajemen informasi dan koordinasi taktis, memastikan bahwa setiap data anomali yang terdeteksi di hulu dapat diolah menjadi keputusan operasional dan dukungan logistik yang terpusat bagi para pelaksana di lapangan.

Terakhir, CMHQ berfungsi sebagai fasilitas riset ekologis yang menjadi bagian integral dari jaringan infrastruktur hijau-biru (*green-blue infrastructure*). Benedict dan McMahon (2006) mendefinisikan infrastruktur jenis ini sebagai jaringan pendukung kehidupan yang menjaga fungsi ekosistem sekaligus menyediakan manfaat teknis bagi keberlanjutan lingkungan. Dalam klasifikasi ini, CMHQ menyediakan ruang-ruang spesialisasi seperti laboratorium investigasi ilmiah dan area pembibitan bibit yang dirancang untuk mengatasi kendala pertumbuhan mangrove di muara, seperti konsentrasi sedimen yang tinggi. Melalui penyatuan fungsi riset saintifik dengan infrastruktur strategis, tipologi CMHQ bertransformasi menjadi sebuah instrumen mitigasi aktif yang menyediakan basis

spasial bagi upaya pemulihan ekosistem pesisir Desa Muara secara terukur, saintifik, dan visioner.

2.1.4 Pedoman Perencanaan Proyek

1. Peraturan Terkait Kawasan Pesisir dan DAS Cisadane

Perancangan *Cisadane Mangrove Headquarters* (CMHQ) yang berlokasi di pesisir Desa Muara tunduk pada regulasi tata ruang pesisir. Secara prinsip, pembangunan di kawasan sempadan pantai (minimal 100 meter dari titik pasang air laut tertinggi) dibatasi ketat. Namun, mengingat tipologi CMHQ sebagai pusat kendali (*Early Warning System*) dan laboratorium alam, proyek ini termasuk dalam kategori fasilitas yang diperbolehkan berdiri di area sempadan. Regulasi yang menjadi acuan utama dalam menjamin legalitas dan keberlanjutan fungsi infrastruktur ini mencakup:

- a. Undang-Undang Nomor 27 Tahun 2007 tentang Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil.
- b. Peraturan Presiden Nomor 51 Tahun 2016 tentang Batas Sempadan Pantai (Secara khusus Pasal 14 yang mengatur pengecualian larangan membangun di sempadan untuk bangunan fungsi mitigasi bencana dan riset/edukasi).
- c. Peraturan Pemerintah Nomor 38 Tahun 2011 tentang Sungai (khususnya terkait perlindungan garis sempadan sungai).
- d. Peraturan Daerah Kabupaten Tangerang Nomor 9 Tahun 2020 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Tangerang Tahun 2020-2040.

Tabel 2.1 Tabel Kelompok Aktivitas dan Pengguna CMHQ

Aspek	Sumber	Ketentuan	Penerapan pada CMHQ
Batas Sempadan Pantai & Pengecualian	Perpres No. 51 Tahun 2016 (Pasal 14) & UU No. 27 Tahun 2007	Penetapan sempadan minimal 100 meter dari titik pasang tertinggi. Bangunan dilarang didirikan kecuali untuk fungsi mitigasi bencana, pendidikan, dan penelitian.	CMHQ berfungsi sebagai <i>Command Center</i> (mitigasi) dan Laboratorium (riset). Pembangunan diperbolehkan secara hukum tanpa melanggar status kawasan lindung.

Adaptasi Bencana & Perubahan Iklim	Perda Kab. Tangerang No. 9/2020	Konstruksi bangunan harus dirancang mampu beradaptasi dengan kenaikan muka air laut & risiko banjir rob.	Menggunakan struktur panggung yang diangkat melampaui elevasi banjir dasar, tanpa metode reklamasi masif.
Perlindungan Tata Air Sungai	Peraturan Pemerintah No. 38 Tahun 2011	Menjaga garis sempadan sungai agar sirkulasi hidrologi dan aliran sedimen hulu-hilir tidak terhambat.	Area kolong bangunan (<i>free of obstructions</i>) dibiarkan terbuka agar air payau muara Cisadane dapat bersirkulasi secara alami.
Penyediaan Sabuk Hijau Pesisir	Permen KP No. 24/2016	Desain tapak wajib menyediakan area terbuka hijau yang mendukung fungsi ekosistem mangrove sebagai sabuk hijau (<i>green belt</i>).	Mengalokasikan sebagian besar luas tapak untuk area pembibitan & mempertahankan vegetasi mangrove eksisting.

(Sumber: Analisa Pribadi Hasil Sintesis Peraturan, 2026)

2. Peraturan Terkait Pusat Kendali (*Command Center*)

Berdasarkan standar internasional dan pedoman infrastruktur digital, spesifikasi teknis untuk ruang kendali monitoring diatur sebagai berikut:

- a. **Standar Ergonomi:** Mengacu pada ISO 11064 (*Ergonomic Design of Control Centres*) sebagai standar utama dalam penentuan *layout* dan tata ruang kerja operator untuk meminimalisasi *human-error*.
- b. **Pencahayaan:** Mengacu pada SNI 03-6575-2001 tentang Tata Cara Perancangan Sistem Pencahayaan Buatan pada Bangunan Gedung.
- c. **Ketentuan Desain Khusus:** Layout dan desain ruang kendali harus mempertimbangkan aspek berikut:
 - Sudut pandang operator terhadap *video wall* harus diatur presisi guna menghindari kelelahan visual (*eye strain*).
 - Tinggi plafon minimal mencapai 3,5 - 4 meter (menyesuaikan skala *video wall*) guna memastikan visibilitas data dari seluruh sudut ruangan tidak terhalang.
 - Dinding dan lantai harus menggunakan material dengan kemampuan akustik tinggi untuk meredam kebisingan yang dihasilkan oleh operasional perangkat *server*.
 - Pemasangan instalasi kabel MEP (Mekanikal, Elektrikal, Plumbing) dan data wajib menggunakan sistem *raised floor*

untuk memastikan keamanan operasional dan kemudahan pemeliharaan.

- Sistem tata udara diwajibkan menggunakan *Precision Air Conditioning* (PAC) guna menjaga kestabilan suhu dan kelembapan secara ekstrem bagi perangkat monitoring yang menyala 24 jam.

3. Peraturan Terkait Laboratorium Riset dan Restorasi

Berdasarkan pedoman pembangunan fasilitas penelitian lingkungan dan ekosistem, spesifikasi umum bangunan riset adalah sebagai berikut:

- a. **Zonasi Ruang:** Bangunan harus dirancang dengan zonasi yang sangat jelas antara area laboratorium basah (*wet lab*) untuk penanganan bibit/spesimen mangrove dan laboratorium kering (*dry lab*) untuk analisis data digital.
- b. **Ketinggian Ruang:** Ketinggian langit-langit ditetapkan minimal 2,8 meter dihitung dari permukaan lantai untuk menjamin sirkulasi udara (evakuasi gas) yang optimal.
- c. **Spesifikasi Permukaan:** Dinding dan meja kerja (permukaan kerja) harus bertekstur halus, tidak berpori, dan mudah dibersihkan dari paparan bahan kimia korosif maupun sedimen lumpur sungai. Lantai wajib terbuat dari bahan kedap air, tahan terhadap korosi tingkat tinggi (air garam), dan tidak licin (*anti-slip*).
- d. **Sistem Pembuangan (IPAL B3):** Sistem pembuangan air limbah (IPAL) laboratorium wajib dipisahkan secara struktural dari saluran air domestik guna mencegah kontaminasi polutan berbahaya kembali ke area restorasi mangrove di luar tapak.
- e. **Pencahayaan Alami:** Intensitas cahaya matahari harus dioptimalkan secara spesifik pada area pembibitan (*nursery*) untuk mendukung fotosintesis dan pertumbuhan bibit mangrove hasil riset sebelum dipindahkan ke lahan terbuka.

2.1.5 Pengunjung Proyek Sejenis

Tinjauan pengguna dalam studi literatur bertujuan memahami karakteristik, perilaku, serta peran aktor yang terlibat dalam operasional fasilitas infrastruktur hibrida. Secara teoretis, keberhasilan desain arsitektur ditentukan oleh kemampuannya mengakomodasi alur kerja dan interaksi antar pengguna dengan kepentingan berbeda dalam satu kawasan (Neufert, 2012). Karena proyek ini memadukan fungsi teknis, ilmiah, dan sosial, pengguna dapat diklasifikasikan berdasarkan jenis aktivitasnya. Kelompok pertama adalah pengguna profesional dan peneliti (*expert user*). Mengacu pada standar fasilitas riset (OECD, 2011), aktivitas mereka berfokus pada penelitian laboratorium dan pengolahan data di ruang kerja formal. Mereka membutuhkan lingkungan dengan konsentrasi tinggi, kondisi ruang yang terkontrol, serta akses langsung ke area sampel atau persemaian mangrove. Pola kerjanya cenderung rutin dengan durasi penggunaan ruang yang panjang.

Kelompok kedua adalah tenaga operasional dan taktis (*operational user*), yang meliputi operator monitoring dan tim teknis lapangan. Berdasarkan prinsip pusat kendali, kelompok ini dituntut memiliki kesiapsiagaan tinggi dan mobilitas cepat. De Chiara (2001) menyebutkan bahwa pengguna infrastruktur taktis memerlukan sirkulasi tanpa hambatan antara ruang kontrol data dan area penyimpanan peralatan. Aktivitas mereka berlangsung terus-menerus, sehingga aspek ergonomi dan kenyamanan ruang menjadi penting. Kelompok terakhir adalah pengunjung edukasi dan institusi, seperti pelajar, mahasiswa, atau pihak pemerintah. Kebutuhan mereka bersifat sementara, terutama pada ruang informasi, pertemuan, dan observasi yang terpisah dari area riset privat. Secara teoretis, klasifikasi ini menjadi dasar dalam penyusunan zonasi bangunan, yang selanjutnya akan dikembangkan menjadi analisis kapasitas dan hubungan ruang berdasarkan studi banding dan kondisi tapak.

2.1.6 Aktivitas Proyek Sejenis

Tinjauan pengguna dan aktivitas dalam tahap studi literatur bertujuan untuk mengidentifikasi hubungan antara peran yang terlibat dengan fungsi infrastruktur *hybrid* restorasi DAS. Berikut adalah tabel matriks yang mengklasifikasikan kelompok aktivitas, jenis aktivitas, dan pelaku pada fasilitas pusat kendali dan riset lingkungan:

Tabel 2.2 Tabel Kelompok Aktivitas dan Pengguna CMHQ

Kelompok Aktivitas	Jenis Aktivitas	Pelaku
Aktivitas Utama (Teknis & Saintifik)	• Pemantauan <i>real-time</i> DAS Cisadane • Analisis data geospasial & hidrologi • Penelitian laboratorium & pengujian sampel • Koordinasi taktis & mitigasi krisis lingkungan	Peneliti (<i>Expert User</i>), Operator Pusat Kendali, Analis Data
Aktivitas Pendukung (Sosial & Pemberdayaan)	• Pelatihan teknik restorasi bagi nelayan • Pengelolaan bibit mangrove komunitas • Diskusi komunal & forum warga Desa Muara • Pengembangan ekonomi pesisir lokal	Masyarakat Lokal (<i>Social User</i>), Aktivis Lingkungan, Relawan
Aktivitas Edukasi & Institusi	• Observasi ekosistem muara (wisata ilmiah) • Kunjungan studi lapangan & workshop • Pertemuan koordinasi lintas instansi (DAS/Pemda) • Publikasi informasi restorasi DAS	Pelajar/Mahasiswa, Pejabat Pemerintah, Pengunjung Umum
Aktivitas Operasional & Pengelola	• Pemeliharaan sistem teknologi & server • Pengawasan keamanan kawasan • Manajemen fasilitas & kebersihan kawasan • Pengolahan limbah laboratorium & domestik	Pengelola Bangunan, Tim IT, Petugas Keamanan, <i>Cleaning Service</i>

(Sumber: Sintesis Literatur De Chiara (2001), OECD (2011), dan Ife (2002))

2.1.7 Fasilitas Proyek Sejenis

Penentuan fasilitas pada *Cisadane Mangrove Headquarters* (CMHQ) merujuk pada beberapa standar bangunan teknis spesifik akibat sifatnya yang *hybrid*. Fasilitas dikelompokkan menjadi tiga fungsi utama: riset lingkungan, pusat kendali pemantauan, dan fasilitas restorasi mangrove.

2.1.7.1 Fasilitas Laboratorium Riset Lingkungan

Menurut SNI ISO/IEC 17025 tentang persyaratan umum kompetensi laboratorium pengujian dan kalibrasi, serta standar umum fasilitas riset, fasilitas laboratorium harus memiliki komponen sebagai berikut:

Fasilitas Utama:

- Ruang Laboratorium Basah (*Wet Lab*);
- Ruang Laboratorium Kering (*Dry Lab*);
- Ruang Sterilisasi dan Preparasi;
- Gudang Bahan Kimia dan Sampel.

Fasilitas Penunjang:

- a. Sistem IPAL Laboratorium (Instalasi Pengolahan Air Limbah);
- b. Ruang Administrasi/Kantor Peneliti;
- c. Fasilitas *Emergency Shower* dan *Eyewash*.

Tabel 2.3 Persyaratan Fasilitas Laboratorium Riset

Kriteria	Persyaratan Laboratorium
Luas Area Kerja	Minimal 4-6 m ² per orang untuk menjamin ruang gerak aman.
Ventilasi/Sirkulasi Udara	Pertukaran udara minimal 8-12 kali per jam (<i>Air Change per Hour</i>).
Material Meja Kerja	Bahan <i>Phenolic Resin</i> atau <i>Stainless Steel</i> (Tahan kimia & anti-korosi).
Pencahayaan	Minimal 500 lux dengan distribusi merata dan tanpa bayangan tajam.
Pengolahan Limbah	Harus memiliki sistem pemisahan limbah cair B3 sebelum ke saluran umum.

(Sumber: Hasil Analisis SNI ISO/IEC 17025 dan Neufert, 2026)

2.1.7.2 Fasilitas Pusat Kendali Pemantauan (*Command Center*)

Berdasarkan standar pusat operasi darurat dan pemantauan data (*Operation Center*), fasilitas yang harus tersedia meliputi:

Fasilitas Utama:

- a. Ruang Operasi Utama (*War Room*) dengan *Video Wall*;
- b. Ruang Server (*Data Center*) dengan pendinginan presisi;
- c. Konsol Operator Ergonomis.

Fasilitas Penunjang:

- a. Ruang Daya/UPS (*Uninterruptible Power Supply*);
- b. Ruang Istirahat Operator (*Breakout Room*);
- c. Ruang Rapat Koordinasi Taktis.

Tabel 2.4 Persyaratan Fasilitas Pusat Kendali

Kriteria	Persyaratan Pusat Kendali
Tata Letak Monitor	Jarak pandang optimal 1,5 - 2 kali tinggi layar <i>Video Wall</i> .
Akustik	Tingkat kebisingan latar belakang maksimal 40-45 dB agar komunikasi lancar.
Keamanan Data	Akses pintu masuk menggunakan sistem biometrik atau <i>Smart Card Reader</i> .
Suhu Ruang Server	Dijaga konstan pada rentang 18°C - 22°C untuk mencegah <i>overheating</i> .

Ergonomi	Meja operator dengan fitur <i>height-adjustable</i> untuk mencegah kelelahan fisik.
----------	---

(Sumber: Hasil Analisis ISO 11064 (Ergonomic Design of Control Centers), 2026)

2.1.7.3 Fasilitas Restorasi Mangrove dan Pesisir

Mengacu pada SNI 8913:2020 tentang Penanaman Mangrove dan Permen LHK No. P.3/2020, fasilitas pendukung restorasi di lapangan meliputi:

Fasilitas Utama:

- Bedeng Persemaian (Nursery Bed);
- Jembatan Observasi (Boardwalk);
- Dermaga Kapal Monitoring (Jetty).

Fasilitas Penunjang:

- Pusat Informasi dan Edukasi Lingkungan;
- Menara Pandang (Observation Tower);
- Area Parkir dan Sanitasi Umum (Sesuai SNI Gedung Publik).

Tabel 2.5 Fasilitas Restorasi Mangrove

Kriteria	Persyaratan Fasilitas Mangrove
Lokasi Persemaian	Terletak di area intertidal dengan akses air payau yang lancar.
Struktur Boardwalk	Menggunakan material ramah lingkungan (Kayu ulin atau WPC) tanpa merusak akar.
Kapasitas Dermaga	Lebar minimal 1,5 - 2 meter untuk akses dua arah petugas dan alat monitoring.
Sanitasi Pesisir	Menggunakan <i>Bio-Septic Tank</i> untuk mencegah kebocoran limbah ke laut.
Aksesibilitas	Jalur pejalan kaki harus memiliki tekstur kasar (anti-slip) karena kondisi lembap.

(Sumber: Hasil Analisis SNI 8913:2020 dan Pedoman Teknis KKP, 2026)

2.1.8 Pengelola Proyek Sejenis

2.2.8.1 Klasifikasi Pengelola Berdasarkan Peran

Berdasarkan kajian terhadap fasilitas restorasi lingkungan dan pusat monitoring yang ada di Indonesia, pihak pengelola dapat dikelompokkan ke dalam beberapa kategori otoritas sebagai berikut:

Tabel 2.6 Klasifikasi Pengelola Proyek Sejenis

Kelompok Pengelola	Instansi/Entitas Terkait	Peran
Regulator & Otoritas DAS	Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) / BPDAS	Bertanggung jawab atas kebijakan restorasi hulu-hilir dan legalitas pemanfaatan ruang DAS.
Pelaksana Riset & Sains	Akademisi / Peneliti Internal	Mengelola operasional laboratorium, pengolahan data saintifik, dan publikasi hasil riset.
Operator Teknis & IT	Unit Pelaksana Teknis (UPT) / Vendor IT	Menjaga keberlangsungan infrastruktur teknologi di Pusat Kendali (<i>Command Center</i>) 24/7.
Pengelola Pemberdayaan	BUMDes Muara / Kelompok Tani Mangrove	Mengelola aktivitas sosial, edukasi masyarakat lokal, dan pemeliharaan area persemaian.
Manajemen Fasilitas (FM)	Divisi Sarana & Prasarana	Bertanggung jawab atas pemeliharaan fisik bangunan, keamanan, dan kebersihan kawasan.

(Sumber: Sintesis UU No. 17/2019 dan Permen LHK No. P.3/2020)

2.3 Tinjauan Tematik/Penekanan Desain

2.3.1 Pengertian Tematik/Penekanan Desain

Penekanan desain yang diterapkan pada perancangan *Cisadane Mangrove Headquarters* (CMHQ) adalah Arsitektur Resilien (*Resilient Architecture*). Dalam diskursus arsitektur lingkungan, resiliensi didefinisikan sebagai kapasitas sebuah sistem binaan untuk mengabsorpsi gangguan ekstrem, beradaptasi dengan perubahan, dan mempertahankan fungsi utamanya secara berkelanjutan (Ahern, 2011; Fisher, 2013). Pemilihan penekanan ini secara langsung merespons urgensi dari visi makro proyek, yakni pemulihan Daerah Aliran Sungai (DAS) Cisadane secara integratif. CMHQ tidak dirancang sekadar sebagai fasilitas observasi pasif, melainkan sebagai pusat saraf mitigasi yang memiliki kapasitas adaptif tinggi untuk merespons fluktuasi anomali ekologis dari hulu hingga hilir secara tanggap dan terukur.

Secara programatik, implementasi Arsitektur Resilien menuntut rancangan ruang yang mampu mengakomodasi manajemen krisis secara komprehensif. Menurut standar ketahanan infrastruktur, fasilitas mitigasi bencana harus mampu memproses mahadata (*Big Data*) secara *real-time* dan memfasilitasi koordinasi

lintas sektoral dengan cepat (Campanella, 2006). Oleh karena itu, CMHQ mewujudkan kapasitas adaptifnya melalui penyediaan fasilitas kendali berbasis *Early Warning System* (EWS) yang terintegrasi dengan laboratorium riset fisik. Skala fasilitas ini secara teoretis harus didesain cukup ekstensif guna menampung kolaborasi taktis antara peneliti, otoritas lingkungan, dan representasi warga lokal dalam merumuskan keputusan krisis, sebuah urgensi spasial yang mustahil direduksi ke dalam ruang pantau berskala mikro.

Lebih lanjut, dari aspek ketahanan fisik dan ekologis, wujud arsitektur ini mematuhi prinsip *fail-safe* dalam teori resiliensi guna memastikan bangunan tetap beroperasi penuh saat menghadapi kondisi lingkungan paling ekstrem. Merujuk pada pedoman rekayasa pesisir internasional, massa bangunan diangkat menggunakan struktur panggung (*Deck-on-Pile*) untuk melampaui elevasi banjir dasar. Pendekatan ini tidak hanya mengamankan infrastruktur digital dari ancaman rob, tetapi juga membiarkan tata air estuari bersirkulasi bebas di kolong bangunan (*free of obstructions*). Keberlanjutan hidrologis inilah yang pada akhirnya bersinergi dengan penyediaan fasilitas pembibitan mangrove (*nursery*) berskala kawasan di area terbuka. Dengan demikian, arsitektur CMHQ tidak hanya bertahan dari bencana pesisir, tetapi secara proaktif menyediakan ruang inkubasi untuk menyembuhkan ekosistem DAS yang terdegradasi.

2.4 Objek Studi Banding

2.4.1 Pusat Riset Kelautan BRIN, Ancol



Gambar 2.1 BRIN Oseanografi Ancol
(Sumber: suara.com, 2024)

1. Data dan Lokasi

Objek ini merupakan pusat penelitian kelautan nasional yang berfokus pada studi oseanografi, ekosistem pesisir, dan biodiversitas laut. Pemilihan BRIN Ancol sebagai studi banding bertujuan untuk memahami kebutuhan ruang laboratorium spesialis maritim, fasilitas penyimpanan data kelautan, serta bagaimana bangunan penelitian merespons lingkungan tepi air (*waterfront*) di kawasan Jakarta Utara.

- Nama Objek: Pusat Riset Oseanografi - Gedung Laterio & Gedung Widya Bahari (Kawasan Sains Aprilani Soegiarto).
- Alamat: Jl. Pasir Putih I, Ancol Timur, Jakarta Utara, DKI Jakarta, 14430.
- Tahun Dibangun: Selesai pada tahun 2020–2021 dan diresmikan pada 22 Februari 2022.
- Jumlah Lantai: 8 Lantai (Gedung Laterio).
- Luas Tapak: $\pm 3.000 \text{ m}^2$ (Perkiraan area terbangun dalam Kawasan Sains Aprilani Soegiarto).
- Lebar Jalan Depan (GSB): Jalan Pasir Putih I memiliki lebar jalan (Rumija) ± 12 meter, dengan Garis Sempadan Bangunan (GSB) rata-rata 6–8 meter sesuai regulasi kawasan pesisir Ancol.

2. Fasilitas

Tabel 2.7 Ringkasan Fasilitas BRIN Ancol

Nama Fasilitas	Catatan (Jumlah/Kapasitas)
Collaborative Work Space (CWS)	± 80 Unit (Tersebar dari Lantai 2 hingga Lantai 8 Gedung Laterio)
Laboratorium Spesifik (Laterio)	14 Unit Lab Preparasi & Instrumentasi (Mikrobiologi, Geologi, Geokimia, Toksikologi, dll)
Laboratorium Basah (Wetlab)	Tersedia di Lantai 1 Gedung Laterio
Ruang Rapat / Meeting Room	11 Ruang (R. Rapat Tomini, Banda, Aru, Sawu, Natuna, dll)
Ruang Kerja Peneliti (Researcher Office)	7 Unit di Gedung Laterio
Area Pendukung (Workshop & Storage)	Tersedia bengkel elektronik, workshop sarana teknis, dan coolroom
Area Publik (Lobby & Display)	1 Unit Ruang Display di Gedung Widya Bahari
Fasilitas Umum (Mushola, Ruang Istirahat)	Tersedia di setiap lantai utama

(Sumber: Hasil Analisis Dokumen Luasan Lantai BRIN, 2026)

3. Tabel Analisis

Tabel 2.8 Analisis Arsitektural Pusat Riset Kelautan BRIN

Aspek	Hasil Analisis
Program Ruang & Diversitas Fungsi	Program ruang dengan pemisahan laboratorium per disiplin ilmu. Integrasi antara ruang riset kaku (<i>fixed lab</i>) dengan ruang kerja fleksibel (CWS) mendukung budaya kerja <i>open laboratory</i> .
Sirkulasi & Aksesibilitas	Pola sirkulasi memisahkan alur logistik peralatan survei berat di lantai dasar dengan alur peneliti di lantai atas. Penggunaan <i>anteroom</i> pada laboratorium berfungsi sebagai filter sirkulasi udara dan kontaminasi.
Sistem Utilitas & Infrastruktur	Integrasi sistem gas pusat (<i>gas hub</i>) dan sirkulasi air laut khusus pada <i>wetlab</i> . Penempatan ruang ME (Mekanikal Elektrikal) diatur secara vertikal untuk melayani kebutuhan daya tinggi peralatan riset di setiap lantai.
Fasilitas Penunjang & Kolaborasi	Dominansi unit <i>Collaborative Work Space</i> (CWS) menunjukkan arsitektur yang mendorong riset lintas disiplin (<i>interdisciplinary research</i>) melalui penyediaan area kerja komunal yang masif.
Materialitas & Respons Lingkungan	Penggunaan material interior laboratorium (seperti <i>phenolic resin</i> dan <i>stainless steel</i>) yang tahan terhadap bahan kimia dan kelembapan tinggi khas wilayah pesisir.
Pengorganisasian Massa	Massa vertikal (Gedung Laterio) digunakan untuk mengefisiensikan tapak di kawasan Ancol, sementara massa horizontal (Widya Bahari) difokuskan untuk fungsi penerimaan tamu dan administratif.

(Sumber: Hasil Analisis Penulis berdasarkan Survey Lapangan, 2026)

2.4.2 Jakarta Smart City



Gambar 2.2 .Jakarta Smart City, Jakarta
(Sumber: Jakarta Smart City, 2024)

1. Data dan Lokasi

Jakarta Smart City merupakan pusat komando (*command center*) dan integrasi data digital milik Pemerintah Provinsi DKI Jakarta. Objek ini dipilih sebagai studi banding untuk mempelajari pengorganisasian ruang pusat pemantauan (*monitoring center*), alur kerja data real-time, serta penerapan teknologi cerdas dalam pengelolaan infrastruktur perkotaan yang dapat diadaptasi ke dalam sistem pemantauan sungai.

- Alamat: Gedung Balai Kota DKI Jakarta, Blok B Lantai 3, Jl. Medan Merdeka Selatan No. 8-9, Gambir, Jakarta Pusat.
- Luas Area Studi: $\pm 1.000 \text{ m}^2$ (Luas lantai interior lantai 3).
- Lebar Jalan Depan (GSB): Jalan Medan Merdeka Selatan (Arteri Primer) lebar $\pm 40 \text{ m}$. GSB gedung $\pm 20\text{--}30 \text{ m}$.
- Tahun Dibangun/Renovasi: Beroperasi sejak 2014, renovasi interior berkala hingga 2022.
- Jumlah Lantai: 1 Lantai (Berada di Lantai 3 Gedung Blok B).

2. Fasilitas

Fasilitas di JSC dirancang untuk mendukung operasional 24 jam dengan pemisahan fungsi administratif dan pemantauan teknis.

Tabel 2.9 Ringkasan Fasilitas Jakarta Smart City (JSC)

Nama Fasilitas	Catatan (Jumlah/Kapasitas)
Ruang Kerja Utama (Open Plan)	1 Ruang Besar; Kapasitas $\pm$ 100 staf (Tanpa <i>cubicle</i>).
Ruang Monitoring (OPL)	1 Ruang; Khusus divisi Operasional Produk Layanan.
Ruang IT Development	1 Ruang Khusus; Menampung tim terbesar (Tenaga Ahli).
Ruang Rapat Besar	1 Unit; Kapasitas $\pm$ 20-30 orang.
Ruang Rapat Kecil	1 Unit; Kapasitas $\pm$ 8-10 orang.
Ruang Data (Server)	1 Unit; Pusat penyimpanan data kota.
Ruang Pengelola & Admin	1 Unit; Untuk manajemen internal dan PNS.
Lobby & Lounge	1 Unit; Area penerimaan tamu dan display.
Toilet & Fasilitas Sanitasi	1 Unit
Ruang MEP	1 Unit

(Sumber: Hasil Analisis Penulis berdasarkan Survey Lapangan, 2026)

3. Tabel Analisis

Tabel 2.10 Analisis Arsitektural Jakarta Smart City (JSC)

Aspek	Hasil Analisis
Zonasi & Hubungan Ruang	Mengadopsi konsep <i>non-hierarchical zoning</i> . Ruang kerja besar menggabungkan berbagai divisi untuk memudahkan koordinasi cepat, sementara fungsi teknis (Monitoring) dipisahkan secara visual.
Program Ruang & Diversitas Fungsi	Program ruang sangat fungsional dan padat. Fokus pada pembagian divisi (Development, OPL, MPL, Markom, Infrastruktur) yang membutuhkan infrastruktur meja kerja yang panjang (<i>bench seating</i>).
Sirkulasi & Aksesibilitas	Sirkulasi interior bersifat linear dan terbuka. Tidak adanya sekat (<i>cubicle</i>) menciptakan aliran pergerakan manusia yang dinamis namun tetap terkonsentrasi pada area kerja masing-masing.
Sistem Utilitas & Infrastruktur	Kebutuhan daya listrik dan pendinginan udara sangat tinggi (24/7). Kabel data dikelola melalui sistem <i>raised floor</i> atau jalur plafon terbuka untuk melayani ratusan perangkat komputer.
Fasilitas Penunjang & Kolaborasi	Ruang rapat besar dan kecil berfungsi sebagai titik temu formal, sementara area kerja <i>open plan</i> menjadi tempat kolaborasi informal harian.
Materialitas & Respons Lingkungan	Menggunakan material interior modern (kaca, metal, karpet akustik) untuk meredam kebisingan dari banyaknya staf, kontras dengan arsitektur luar Balai Kota yang klasik.
Pengorganisasian Massa	Pengorganisasian ruang mengikuti bentuk sayap gedung Blok B yang memanjang, memaksimalkan pencahayaan alami dari jendela samping gedung pemerintah.

(Sumber: Hasil Analisis Penulis berdasarkan Survey Lapangan, 2026)

2.4.3 *UNC Coastal Studies Institute, AS*



Gambar 2.3 *UNC Coastal Studies Institute*
(Sumber: *Archdaily*, 2014)

1. Data dan Lokasi

Bangunan ini merupakan fasilitas penelitian kelautan tingkat lanjut, pendidikan ekologi, dan pusat operasional pemantauan dinamika pesisir. Dirancang sebagai infrastruktur yang sangat tangguh (resilient) terhadap iklim laut ekstrem, fasilitas ini menjadi preseden bagaimana sebuah markas riset berskala masif dapat didirikan di zona estuari (muara) bersedimen lunak tanpa harus mereklamasi lahan atau merusak sistem hidrologi alami di bawahnya.

- Nama Objek: UNC Coastal Studies Institute / CSI (Tahun 2012).
- Arsitek: Clark Nexsen.
- Alamat: Wanchese, Roanoke Island, North Carolina, Amerika Serikat.
- Luas Bangunan: $\pm 7.900 \text{ m}^2$ (Berada di area transisi antara daratan dan rawa pasang-surut).

2. Fasilitas

Tabel 2.11 Fasilitas *UNC Coastal Studies Institute*

Nama Fasilitas	Catatan (Jumlah/Kapasitas)
Laboratorium Estuari & Ekologi Pesisir	Fasilitas riset yang mengkaji kualitas air dari hulu ke hilir serta dampaknya terhadap ekosistem lahan basah. Dilengkapi sistem utilitas yang tahan terhadap zat korosif.
Pusat Data & Pemantauan Kelautan	Ruang server dan ruang kendali yang menerima data dari instrumen sensor di perairan lepas dan muara.
Dermaga Riset Kelautan (<i>Research Dock</i>)	Area akses langsung menuju perairan muara yang terhubung dengan bangunan utama, memfasilitasi pergerakan kapal peneliti dan penempatan alat ukur pasang surut.
Area Publik & Edukasi Restorasi	Ruang interaktif bagi masyarakat dan komunitas lokal untuk memahami pentingnya pemulihan lingkungan pesisir dan mitigasi bencana.

(Sumber: Publikasi proyek via *ArchDaily*, diolah kembali, 2026.)

3. Tabel Analisis

Tabel 2.12 Analisis Arsitektur *UNC Coastal Studies Institute*

Aspek	Hasil Analisis
Jenis Lokasi / Tanah	Terletak di tepi estuari (pertemuan air tawar dan laut) dengan karakteristik tanah rawa pasang surut (<i>salt marsh</i>) yang sangat lunak dan berada di zona rawan badai.
Aspek Struktur & Teknis	Struktur Panggung Masif: Bangunan utama diangkat tinggi menggunakan tiang pancang beton. Area kolong bangunan sama sekali tidak diurug, dibiarkan sebagai rawa alami agar limpasan air badai dan pasang surut dapat mengalir bebas tanpa hambatan hidrologi.
Ketentuan Pembangunan	Tata Massa Adaptif: Denah bangunan tidak berbentuk kotak kaku, melainkan ditekuk menyerupai huruf 'V' tumpul. Bentuk ini dirancang untuk memecah beban angin pesisir yang ekstrem sekaligus menghindari penebangan vegetasi eksisting di tapak.
Materialitas & Durabilitas	Menggunakan material beton ekspos kelautan dan panel seng (<i>zinc</i>) pada fasad. Pemilihan material ini didasarkan pada prinsip <i>Honesty of Material</i> dan kemampuannya menahan tingkat korosi uap garam laut tanpa memerlukan perawatan tinggi (<i>low maintenance</i>).
Sistem Pengolahan Limbah	Memiliki instalasi pengolahan limbah mandiri bersistem tertutup untuk memastikan tidak ada sisa bahan kimia laboratorium yang mencemari tata air muara di sekitarnya.

(Sumber: Analisis pribadi berdasarkan sintesis literatur, 2026)

2.4.4 Dongtan Wetland Research and Education Center, Tiongkok



Gambar 2.4 *Wetland Research and Education Center*
(Sumber: ArchDaily, 2021)

1. Data dan Lokasi

Bangunan ini adalah pusat riset lahan basah dan fasilitas edukasi ekologis yang terletak di titik muara sungai. Dirancang sebagai "Infrastruktur Ekologis" yang berbaur dengan alam, proyek ini menjadi contoh ideal bagaimana membangun fasilitas berskala besar di atas endapan lumpur aluvial yang sangat lunak tanpa merusak habitat burung migran dan biota intertidal (pasang-surut) di sekitarnya.

- Nama Objek: Dongtan Wetland Research and Education Center (Tahun 2019).
- Arsitek: Atelier Z+.
- Alamat: Pulau Chongming, Muara Sungai Yangtze, Shanghai, Tiongkok.
- Luas Bangunan: $\pm 1.500 \text{ m}^2$.

2. Fasilitas

Tabel 2.13 Fasilitas Fasilitas Marina Barrage, Singapura

Nama Fasilitas	Catatan (Jumlah/Kapasitas)
Laboratorium Lahan Basah	Fasilitas penelitian untuk memantau kualitas air muara dan habitat biota sedimen lumpur.
Dek Observasi (<i>Viewing Deck</i>)	Area pantau yang diangkat tinggi untuk mengawasi burung migran dan perubahan pasang surut air laut tanpa mengganggu satwa.
Area Pembibitan Alami (<i>Natural Hatchery/Nursery</i>)	Tidak berupa kolam buatan, melainkan area kolong bangunan (<i>stilt area</i>) yang dibiarkan terbuka agar ditumbuhi alang-alang dan menjadi habitat biota rawa pelindung pantai.

Galeri Pameran & Edukasi	Ruang serbaguna yang mensimulasikan data ekologi muara untuk edukasi masyarakat dan peneliti.
--------------------------	---

(Sumber: Publikasi proyek via *ArchDaily*, diolah kembali, 2026.)

3. Tabel Analisis

Tabel 2.14 Analisis Arsitektural Marina Barrage

Aspek	Hasil Analisis
Jenis Lokasi / Tanah	Estuari (muara sungai bertemunya air tawar dan laut). Tanah berupa lumpur aluvial sangat lunak, berlumpur sedimen, dan dipengaruhi siklus pasang-surut harian (<i>intertidal zone</i>).
Struktur dan Teknis	Sinkronisasi antara infrastruktur fungsional (bendungan), edukasi (galeri), dan rekreasi (taman atap).
Ketentuan Pembangunan	KDB & Pola Linier: Massa bangunan dirancang memanjang (linier) dan dipecah-pecah membelah tapak. Tujuannya meminimalkan beban terpusat pada tanah lumpur yang lunak untuk mencegah penurunan tanah (<i>land subsidence</i>).
	GSB (Garis Sempadan): Mematuhi batas sempadan air dengan meletakkan bangunan utama di jarak aman, sementara area yang menjorok ke air hanya berupa jembatan kayu ringan.
Materialitas & Durabilitas	Merespons tingginya tingkat korosivitas uap garam laut, bangunan menggunakan struktur beton bertulang khusus kelautan. Permukaan luar menggunakan beton cetak bertekstur kayu yang kuat namun terlihat membaur dengan rawa
Sistem Sirkulasi & Aksesibilitas	Massa-massa bangunan yang terpisah dihubungkan oleh jaringan jembatan layang panggung. Hal ini menunjukkan sirkulasi manusia agar murni berada di atas, sehingga lumpur di bawahnya bisa berfungsi penuh sebagai area <i>nursery</i> (pembibitan alami) bagi kepiting dan alang-alang rawa.

(Sumber: Analisis pribadi berdasarkan sintesis literatur, 2026)

2.4.5 Tabel Hasil Komparasi dan Sintesis Desain Studi Banding

Tabel 2.15 Analisis Komparatif Desain Objek Studi Banding

Aspek Pembandingan	BRIN Oseanografi	Jakarta Smart City (JSC)	UNC Coastal Studies Institute	Dongtan Wetland Center
Fokus Studi untuk CMHQ	Standar Laboratorium Basah	Sistem <i>Live Monitoring</i>	Arsitektur Resilien Pesisir	Struktur Lahan Basah & Biofilik
Konteks Lokasi	Kawasan pesisir laut (Ancol, Jakarta).	Interior gedung perkotaan (Balai Kota Jakarta).	Estuari dan rawa pasang-surut (North Carolina, AS).	Muara sungai bersedimen lumpur lunak (Shanghai, Tiongkok).
Karakteristik Fisik / Struktur	Bangunan masif pesisir dengan utilitas tahan korosi uap laut.	Interior <i>hi-tech</i> yang menggunakan <i>raised floor</i> untuk manajemen kabel.	Struktur panggung beton masif di atas rawa (tanpa reklamasi lahan).	Struktur panggung dipecah menjadi massa kecil (<i>fragmented massing</i>).
Fasilitas & Teknologi Utama	Sistem pengolahan limbah (IPAL B3) mandiri dan zonasi steril lab.	<i>Video wall</i> raksasa, integrasi mahadata, pendingin presisi (PAC).	Lab kelautan, pusat data, dan dermaga riset langsung ke perairan.	Area <i>nursery</i> alami di kolong bangunan, jembatan <i>boardwalk</i> .
Aspek yang Bisa Diterapkan di CMHQ	Penerapan material anti-korosi/anti-slip dan alur pemisahan IPAL lab basah.	Ergonomi <i>layout</i> ruang kendali, sudut visibilitas layar, dan utilitas <i>raised floor</i> .	Penggunaan struktur panggung (<i>deck-on-pile</i>) skala masif di tanah lunak tanpa urugan.	Sistem sirkulasi layang (<i>boardwalk</i>) dan estetika fasad adaptif (<i>earth tones</i>).

(Sumber: Hasil Analisis Penulis, 2026)

Tabel diatas menyajikan perbandingan menyeluruh antara empat objek studi banding beserta identifikasi nilai relevansi dan elemen desain yang akan diintegrasikan ke dalam perancangan CMHQ.