

BAB II

TINJAUAN TEORI DAN DATA PERANCANGAN FASILITAS EDUKASI TERUMBU KARANG DI JAKARTA

2.1 Studi Literatur

2.1.1 Definisi Terumbu Karang

Terumbu karang merupakan salah satu ekosistem khas pada perairan pesisir di wilayah tropis. Terdapat dua penjelasan khusus terhadap terumbu dan karang, yang mana kedua buah kata ini bukan merupakan satu kesatuan, melainkan penggabungan kata dari terumbu dan karang yang akan dijelaskan pada ulasan dibawah ini.

Komponen utama ekosistem terumbu karang adalah binatang karang. Karang terdiri dari koloni organisme kecil yang disebut polip yang jumlahnya ribuan (karang keras atau karang lunak). Kata "terumbu karang" mengacu pada sekelompok hewan dari *ordo Scleractinia* yang dikenal sebagai karang, yang menghasilkan kapur, komponen utama terumbu karang, yang juga terdiri dari karang hidup dan mati yang terkait dengan kapur. Karang adalah batuan sedimen kapur yang ditemukan di laut. itu. Karang dan ganggang keduanya berkontribusi pada pengendapan kapur di terumbu karang. Secara fisik, terumbu karang adalah terumbu yang terbuat dari batu kapur yang dibuat oleh karang.

Di Indonesia semua terumbu berasal dari kapur yang sebagian besar dihasilkan koral. Karang adalah arsitek ekosistem di terumbu karang. Karang adalah elemen ekosistem yang paling penting karena merupakan hewan yang menghasilkan kapur untuk kerangka tubuhnya. Oleh karena itu, terumbu karang adalah ekosistem laut tropis yang terletak di laut dangkal dan jernih dengan suhu minimal 22 °C. Mereka juga memiliki mineral kalsium karbonat (CaCO₃) dalam jumlah tinggi, dan berbagai makhluk karang keras mendominasi komunitas mereka (Guilcher, 1988).

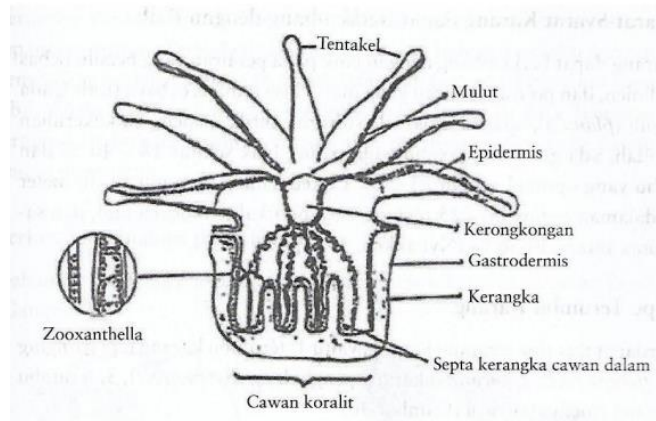
Orang yang pertama kali mengklasifikasikan karang sebagai binatang adalah J.A. de Peysonell, seorang ahli biologi dari Perancis pada tahun

1753. Dalam klasifikasi ilmiah, karang berada dalam filum Cnidaria, kelas Anthozoa.

Terumbu karang terdiri dari makhluk yang tumbuh subur di dasar laut dangkal tropis. Terumbu adalah endapan-endapan masif yang penting dari kalsium karbonat yang terutama dihasilkan oleh karang (*filum cnidaria, kelas anthozoa, ordo madreporia = scleractinia*) dengan sedikit tambahan dari alga berkapur dan organisme-organisme lain yang mengeluarkan kalsium karbonat, yang mana termasuk hermatypic coral atau jenis-jenis karang yang mampu membuat kerangka bangunan atau kerangka karang dari kalsium karbonat (Nybakken 1992).

Karang memiliki tentakel yang mengelilingi mulut mereka. Tentakel ini, yang disebut sebagai polip karang pada individu karang, mengandung sel penyengat dan *nematocyst* yang bekerja untuk melumpuhkan mangsanya. Polip karang keras biasanya hidup berkoloni dan menghubungkan kerangka kapur satu sama lain sehingga dari luar menyerupai kapur. Tentakel karang keras biasanya tidak berwarna atau bening seperti ubur-ubur, tetapi ada juga yang berwarna coklat muda. Kelompok karang lunak, kelompok anemon, dan kelompok kipas laut adalah kelompok karang lain yang dapat ditemukan di terumbu karang. Hamparan terumbu karang

dibuat oleh kelompok karang, dan merupakan rumah bagi banyak tumbuhan dan beberapa spesies laut lainnya.



Gambar 2. 1 Struktur Terumbu Karang

Sumber: Nybakken 1992

Secara umum, ekosistem terumbu karang mempunyai banyak peranan, baik dari segi ekologi maupun sosial ekonomi. Dari segi ekologi, terumbu karang merupakan habitat bagi banyak biotalaut yang merupakan sumber keanekaragaman hayati. Terumbu karang juga merupakan tempat dihasilkannya berbagai macam senyawa penting untuk bahan suplemen maupun obat-obatan, terutama dari biota-biota benthos yang berasosiasi. Terumbu karang juga mampu melindungi pantai dari ancaman abrasi. Dari segi sosial ekonomi, pendapatan masyarakat pesisir dapat meningkat baik itu dari hasil perikanan maupun dari wisata bahari.

Terumbu karang biasanya terdapat di dekat bibir pantai atau di lokasi yang masih mendapatkan sinar matahari, yaitu 50 meter di bawah permukaan laut. Namun, ada beberapa jenis terumbu karang yang dapat bertahan hidup di dasar laut dalam kondisi minim atau tidak ada cahaya sama sekali. Di sisi lain, terumbu karang yang ditemukan di dasar laut tidak menghasilkan karang karena kurangnya simbiosis dengan *zooxanthellae*. Sebagian besar ekosistem terumbu karang dapat ditemukan di perairan tropis. Ekosistem terumbu karang ini sangat rentan terhadap perubahan lingkungan, terutama perubahan suhu, salinitas, sedimentasi, dan

eutrifikasi. Terumbu karang memerlukan kondisi lingkungan yang ideal agar dapat tumbuh dan berkembang secara efektif. Habitat yang hangat dengan suhu sekitar 20 °C merupakan lingkungan hunian yang ideal bagi terumbu karang. Selain itu, air murni dengan sedikit polusi lebih disukai oleh terumbu karang. Kemampuan terumbu karang untuk menyerap cahaya sangat bergantung pada habitatnya. Ada banyak faktor yang secara signifikan mempengaruhi terumbu karang. Beberapa hal yang dapat mempengaruhi terumbu karang antara lain:

- **Tingkat Kebersihan Lingkungan**

Tingkat kebersihan air laut juga menjadi faktor yang sangat mempengaruhi terumbu karang. Hal ini karena memang terumbu karang lebih menyukai lingkungan laut yang bersih, jernih, dan tidak mengandung polusi.

- **Cahaya Matahari**

Meskipun beberapa terumbu karang tidak selalu membutuhkan sinar matahari untuk fotosintesis, namun beberapa terumbu karang membutuhkan sinar matahari untuk melakukannya. Polip yang berada di bagian atas dan berjejer membentuk terumbu karang mampu berfotosintesis dan menangkap makanan yang terbawa arus laut. Makhluk hidup lain dapat memanfaatkan oksigen yang dihasilkan oleh fotosintesis.

- **Suhu**

Menurut Nybakken (1998) Suhu air yang ideal untuk perkembangan terumbu karang adalah antara 23-25° Celcius, sedangkan terumbu karang dapat bertahan pada suhu hingga 40° Celcius.

- **Kecepatan Arus**

Menurut Nybakken (1998) Daerah dengan ombak besar adalah tempat terumbu karang tumbuh paling baik. Arus diperlukan untuk membawa sumber makanan berupa nutrisi dan mikroplankton.

- Salinitas

Salinitas masing-masing stasiun antara 310‰ dan 320‰ masih dalam kisaran kondisi tipikal yang dapat mendukung perkembangan terumbu karang karena menurut Supriharyono (2000), setiap spesies terumbu karang memiliki daya tahan tubuh terhadap salinitas yang memiliki ambang batas yang berbeda untuk setiap jenisnya. Meskipun terumbu karang tumbuh paling efektif pada kisaran salinitas 340‰ hingga 360‰.

- Kecerahan

Kecerahan yang berhubungan langsung dengan tingkat intensitas cahaya yang masuk ke dalam laut dapat berdampak pada pembentukan terumbu karang. Karena kecerahan tinggi dapat meningkatkan fotosintesis dan mendukung pertumbuhan, ini memiliki dampak positif bagi *zooxanthellae*. Menurut Supriharyono (2000), karang biasanya berkembang dengan baik pada kedalaman 20 m, sehingga tingkat kecerahan yang diamati pada setiap stasiun pengamatan berkisar antara 90 sampai 100%. Akibatnya, keadaan kecerahan pada setiap stasiun dapat dikatakan menguntungkan.

2.1.2 Definisi Taksonomi dan Klasifikasi

Menurut Wardhana, W., Takarina, N. D., Harminto, S., & Soedjiarti, T. (2008) taksonomi berasal dari bahasa Yunani, *taxis* berarti menyusun atau susunan dan *nomos* berarti peraturan atau tata cara. Makna taksonomi adalah peraturan untuk menyusun atau tata cara menyusun. Jadi, taksonomi adalah sebagai suatu studi teoretis tentang pengklasifikasian atau penggolongan organisme, termasuk dasar-dasar, prinsip-prinsip, prosedur, dan aturan-aturannya.

Menurut Wardhana, W., Takarina, N. D., Harminto, S., & Soedjiarti, T. (2008) Klasifikasi hewan tentunya berarti penggolongan hewan ke dalam kelompok-kelompok atau kumpulan tertentu berdasarkan hubungan kekerabatannya, yaitu yang berkaitan dengan kontinuitas (kontak), kemiripan atau keduanya.

Jadi dapat disimpulkan bahwa organisme (hewan) merupakan subjek dari klasifikasi, sedangkan klasifikasi merupakan subjek dari suatu taksonomi.

2.1.3 Klasifikasi Terumbu Karang

Karang dibagi menjadi dua kategori, karang *hermatypic* dan karang *ahermatypic*, berdasarkan kapasitasnya untuk membuat kapur. Karang yang diklasifikasikan sebagai karang *hermatypic* hanya ditemukan di daerah tropis dan mampu membentuk struktur karang yang dikenal sebagai pembentuk terumbu. Karang *ahermatypic* adalah kelompok karang yang ditemukan di seluruh dunia tetapi tidak membentuk terumbu. Perbedaan utama antara karang *hermatypic* dan karang *ahermatypic* adalah simbiosis mutualistik antara karang *hermatypic* dan *dinoflagellate unisular*, atau jenis alga *unisular* tertentu (khususnya *Gymnodinium microadriatum*), yang terdapat dalam jaringan polip hewan karang dan melakukan fotosintesis. Endapan kalsium karbonat yang dihasilkan dari proses ini memiliki struktur dan bentuk yang berbeda. Untuk mengidentifikasi jenis atau spesies organisme karang, sifat ini akhirnya dimanfaatkan. Karang *hermatypic* memiliki kualitas khusus, termasuk perpaduan sifat tumbuhan dan hewan yang memastikan arah pertumbuhannya selalu fototropik positif. Jenis karang ini biasanya menghuni perairan pantai atau laut yang relatif dangkal di mana sinar matahari masih dapat menembus ke dasar perairan. Selain itu, hewan karang membutuhkan suhu air hangat antara 25-32⁰C untuk bertahan hidup (Nybakken, 1992).

2.1.4 Jenis-Jenis Terumbu Karang

Terumbu karang memiliki beberapa tipe sebagai berikut:

- Berdasarkan jenisnya

Berdasarkan jenis terumbu karang, ada dua kategori utama: terumbu karang keras, yang dibentuk oleh karang kapur keras dan merupakan kontributor utama ekosistem terumbu karang. Contoh: *Brain coral* dan *Elkhorn coral*.



a

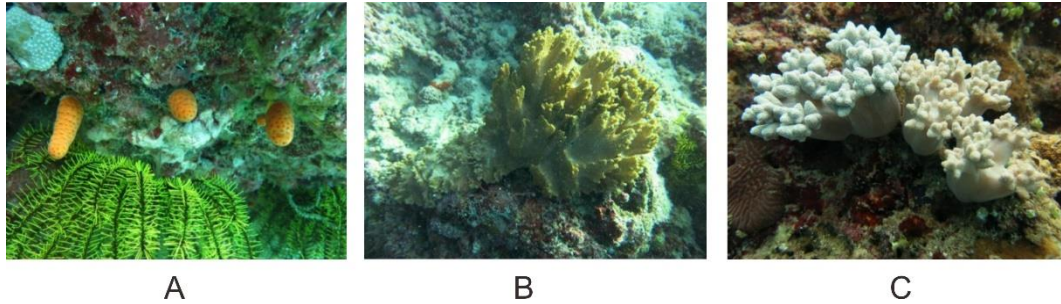


b

Gambar 2. 2 Brain coral (a), Elkhorn Coral (b)

Sumber: (www.fisheries.noaa.gov/species)

Terumbu karang lunak, merupakan pemasok terbesar senyawa karbonat yang berguna bagi pembentukan terumbu karang. Contoh: *Paraminabae sp.*, *Dampia pocilloporaeformis*, *Capnella sp.*



Gambar 2.3 *Paraminabae sp.*(A), *Dampia pocilloporaeformis* (B), *Capnella sp.*(C)

Sumber: Jurnal-oldi.or.id

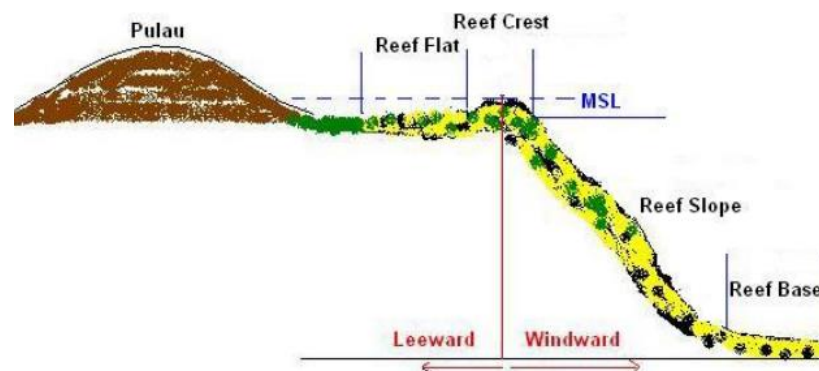
- Berdasarkan bentuk dan jarak, terumbu karang dibedakan menjadi empat (Hovland,2008), yaitu:
 - 1) Terumbu karang tepi (Fringing Reefs), Saat mencapai kedalaman tidak lebih dari 40 meter, terumbu karang tepi terbentuk di sepanjang pantai. Pertumbuhan karang ini mengarah ke atas dan ke arah laut. Bagian yang cukup arus menjadi daerah yang baik untuk pertumbuhan karang tepi.
 - 2) Terumbu karang penghalang (Barrier Reefs), letak pertumbuhan karang ini berada di jarak jauh dari pantai dengan kedalaman 40-70 meter. Umumnya terumbu karang ini biasanya berkembang di tepi pantai dan berputar mengelilinginya, bertindak sebagai dinding atau pagar untuk daerah sekitarnya.
 - 3) Terumbu karang cincin (Atoll), terumbu karang ini berbentuk melingkar goba/lagon seperti cincin. Berada di kedalaman mencapai 45-100 meter. Terumbu karang ini tercipta dari terumbu karang tepi di gunung berapi yang secara bertahap tenggelam akibat variasi permukaan laut dan akumulasi sedimen karang yang semakin berat.
 - 4) Terumbu karang datar (Patch Reefs), terumbu karang ini tumbuh di permukaan laut dan membantu pembentukan pulau datar.
- Berdasarkan bentuk pertumbuhan

Ada sekitar 800 spesies terumbu karang. Bentuk dan ukuran sangat bervariasi antar spesies. Ini karena terumbu karang yang berbeda tumbuh dan berkembang dengan cara yang berbeda.

- Berdasarkan zonasi

Berdasarkan materi ekologi laut (Rani, 2014), Zonasi terumbu karang terbagi atas 4 bagian yaitu:

- a. Reef Flat, daerah paparan terumbu yang rentan terhadap surut, dimana terjadi peralihan komunitas. Di daerah ini sudah mulai terlihat adanya beberapa koloni kecil karang, terutama karang bercabang dan submasif; kedalaman dangkal sekitar 1 meter.
- b. Reef Crest, daerah tubir dimana sebagian besar bentuk pertumbuhan karang dapat ditemui. Biasanya jenis karang adalah yang dapat bertahan terhadap hempasan gelombang dari laut lepas. Selain itu, jenis-jenis biota laut terutama ikan cukup melimpah di daerah ini. Kedalaman berkisar 2-3 meter.
- c. Reef Slope, daerah lereng yang landai atau curam; dengan luas permukaan substrat yang lebih lapang sehingga memungkinkan jenis bentik banyak mendominasi selain karang. Kedalaman sekitar 3-10 meter.
- d. Fore-Reef Slope atau Reef Base, lanjutan daerah lereng atau hanya merupakan dasar merata yang cenderung mulai tertutupi oleh sedimentasi, sehingga terkadang lebih banyak substrat berpasir yang ditemui. Di daerah ini sudah jarang terlihat komunitas karang keras yang lebat, tetapi beberapa jenis karang lunak dan hewan benthik invertebrata lainnya yang banyak ditemui. Kedalaman di atas 10 meter.



Gambar 2. 4 Zonasi Terumbu Karang

Sumber:

2.1.5 Sebaran Terumbu Karang di Indonesia

Karang paling banyak ditemukan di daerah tropis dan salah satunya adalah Indonesia. Karang tersebar dari Sabang sampai utara Jayapura namun dengan kelimpahan yang tidak merata. Hal ini disebabkan karena kondisi dari masing-masing lokasi berbeda-beda, seperti variasi habitat, ketersediaan substrat, sedimentasi dan kondisi hidrodinamika perairan. Secara umum, jumlah genera karang paling banyak di temukan di daerah timur Indonesia, seperti Sulawesi, Maluku, Halmahera, Papua Barat, Bali, Nusa Tenggara Barat dan Nusa Tenggara Timur. Wilayah ini dikenal sebagai kawasan segitiga terumbu karang dunia yang merupakan pusat biodiversitas karang batu tertinggi di dunia. Karang di daerah ini dapat tumbuh dengan baik karena wilayah ini dilalui oleh arus lintas Indonesia yang memungkinkan air jernih dari pasifik mengalir secara kontinu sehingga mampu menjamin ketersediaan makanan bagi karang. Selain itu, perairan yang jernih memungkinkan karang dapat tumbuh secara vertikal sampai kedalaman lebih dari 30 meter. Kawasan ini juga tidak terlalu banyak sungai yang bermuara sehingga salinitas relatif stabil dan sedikit sedimentasi. Lebih lanjut, kawasan ini mempunyai banyak substrat dasar yang keras sehingga memungkinkan banyak larva-larva karang dapat menempel dan tumbuh.



Gambar 2. 5 Peta sebaran karang di Indonesia

Sumber: validnews.id

Dari Kalimantan hingga Sumatera, keanekaragaman karang mulai menurun. Karena kekeruhan dan salinitas yang tidak dapat diprediksi akibat banyaknya sungai yang masuk ke Laut Jawa (dari Jawa maupun Kalimantan), menyebabkan karang tidak dapat berkembang secara normal. Di Pesisir Timur Sumatera, hal yang sama juga terjadi. Kondisi hidrodinamika perairan yang tinggi menunjukkan bahwa tidak semua jenis karang mampu berkembang, berbeda dengan Pantai Barat Sumatera dan Pantai Selatan Jawa. Apalagi Samudera Hindia yang letaknya berdekatan dan memiliki ragam terumbu karang yang terbatas, berbatasan langsung dengan kawasan ini.



Gambar 2. 6 Kondisi terumbu karang

Sumber: Buku Status Karang Digital

2.1.6 Jenis-Jenis Terumbu Karang Endemik

Kejadian geologi masa lalu dan kondisi lingkungan perairan saat ini telah menciptakan penghalang geologis yang memberikan variasi terhadap pola spesiasi dan endemisasi biota karang. Perairan barat dan timur Indonesia yang dipisahkan oleh garis Wallace secara geologis memiliki asal usul lempeng benua yang berbeda, sehingga sangat memungkinkan terjadi proses spesiasi dan endemisasi yang tinggi terhadap biota karang. Beberapa jenis karang endemis telah ditemukan dan diidentifikasi di beberapa perairan Indonesia:

1. *Acroporasuharsonoi*

Seperti namanya, *Acropora suharsonoi* ditemukan pada 1995 oleh Prof. DR. Suharsono, seorang peneliti terumbu karang dari LIPI. Setelah diidentifikasi, ternyata jenisnya endemis dan termasuk karang primitif bila dibandingkan dengan jenis lain. Warnanya putih kekuningan.



Gambar 2. 7 *Acropora suharsonoi*

Sumber: reefbuilders.com

Jenis ini jarang dijumpai, biasanya hidup di lereng terumbu pada kedalaman lebih dari 4 meter. Sebaran *Acropora suharsonoi* ada di sekitar Bali dan Lombok. Masuk dalam kategori terancam (*endangered*) dalam daftar merah *International Union for Conservation of Nature* (IUCN), dengan populasi yang semakin menurun.

2. *Indophylliamacassarensis*

Hingga kini, *Indophyllia macassarensis* hanya pernah ditemui dua kali yaitu di Laut Sulawesi. Spesies ini berwarna coklat dan memiliki diameter hingga 45 milimeter. *Indophyllia macassarensis* hidup secara individual dan berhabitat di substrat berpasir yang dalam bersama terumbu karang soliter lainnya. Spesies ini juga masuk dalam daftar merah IUCN, dengan status terancam.



Gambar 2. 8 *Indophyllia macassarensis*

Sumber: *coralsofttheworld.org*

3. *Isoporatogianensis*

Isopora togianensis hidup berkoloni di kedalaman delapan hingga 20 meter. Umumnya memiliki cabang kokoh dan berwarna cokelat gelap serta berwarna putih pada setiap ujung cabangnya. Spesies ini bisa dijumpai di perairan dangkal Indonesia, bagian timur dan tengah, seperti Mamuju, Makasar, Kalimantan Timur, dan Papua. Masuk dalam kategori terancam dalam IUCN Red List.



Gambar 2. 9 *Isopora togianensis*

Sumber: *coralsofttheworld.org*

4. *Euphyllia baliensis*

Euphyllia baliensis masuk dalam famili *Euphyllidae* cuma ada di Laut Bali. Ditemukan pada 2011, spesies ini hidup berkoloni serta memiliki polip besar dan panjang dan cabang yang tipis. Terumbu Karang *Euphyllia baliensis* hidup di kedalaman 27-37 meter. Warnanya cokelat kehijauan.



Gambar 2. 10 *Euphyllia baliensis*

Sumber: *coralsofttheworld.org*

2.1.7 Lembaga Hukum dan Konservasi Alam

Menurut Toha, AHA, Widodo N, Hakim L, Sumitro SB (2015) IUCN (*International Union for Conservation of Nature*) atau lembaga internasional untuk konservasi alam adalah suatu lembaga yang membantu dunia dalam mencari solusi pragmatis untuk lingkungan dan tantangan pembangunan yang paling mendesak. IUCN didirikan pada Oktober 1948, *red list* merupakan salah satu *output* aktivitas IUCN. IUCN *red List* adalah daftar satwa dan tumbuhan yang terancam punah di dunia yang dikeluarkan oleh IUCN dengan tujuan untuk memfokuskan perhatian dunia kepada spesies terancam yang membutuhkan upaya konservasi langsung. IUCN mengeluarkan kriteria dan membagi keterancamannya spesies menjadi pengkategorian.

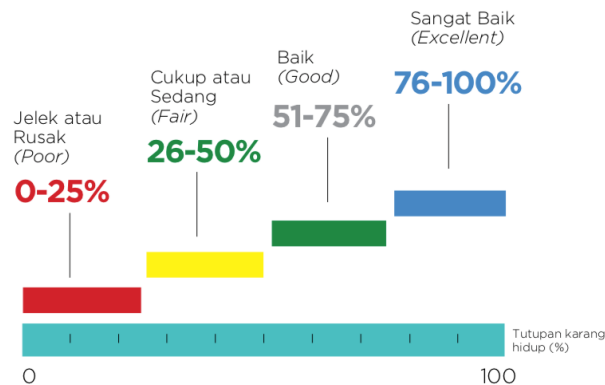
2.1.8 Lembaga Konservasi

Pemerintah Indonesia, melalui Keputusan Kepala Badan Informasi Geospasial No.54 Tahun 2015 menetapkan Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) sebagai walidata untuk bidang ekosistem terumbu karang dan ekosistem padang lamun. Pusat Penelitian Oseanografi yang merupakan salah satu satuan kerja di bawah LIPI, adalah pusat penelitian yang memiliki tugas pokok dan fungsi melakukan penelitian di bidang kelautan, termasuk kegiatan pemantauan kondisi terumbu karang di Indonesia. Oleh karena itu, Pusat Penelitian Oseanografi bertanggung jawab sebagai walidata terumbu karang di Indonesia. Data yang dihasilkan dari penelitian-penelitian yang pernah dilakukan oleh Pusat

Penelitian Oseanografi-LIPI di semua perairan Indonesia, ditambah dengan beberapa hasil penelitian dari institusi lain di luar LIPI juga digunakan untuk penyusunan status terumbu karang Indonesia. Tentunya setelah melewati proses verifikasi data untuk ditampilkan sebagai informasi kondisi terumbu karang di Indonesia.

2.1.9 Penentuan Status Terumbu Karang

Sangat penting untuk memiliki informasi tentang status terumbu karang karena dapat digunakan untuk menginformasikan keputusan untuk pengelolaan ekosistem yang lestari dan berkelanjutan. Tutupan karang hidup, khususnya sebagai spesies dasar, sering digunakan untuk menentukan status terumbu karang. Namun, hal tersebut belum dapat mencerminkan kondisi ekosistem terumbu karang yang kompleks dengan baik. Saat mengumpulkan data di lapangan, keterbatasan sumber daya manusia, keuangan, dan waktu diperhitungkan. Status terumbu karang di Indonesia disajikan secara sederhana, sehingga diharapkan dapat lebih mudah untuk dimengerti. Status terumbu karang dikelompokkan atas 4 kategori berdasarkan tutupan karang hidupnya.



Gambar 2. 8 penentuan status terumbu karang

Sumber: *Oceanografi.Lipi.co.id*

2.1.10 Kondisi Umum Terumbu Karang di Indonesia

Data dari Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) yang dirilis pada 2017, menunjukkan hanya 6,39% terumbu karang dalam kondisi sangat baik. Sementara itu, terumbu karang yang dalam kondisi baik sebesar

23,40%, kondisi cukup sebesar 35,06%, dan kondisi buruk sebesar 35,15%. Hasil ini diambil dari 108 lokasi dan 1064 stasiun di seluruh perairan Indonesia.

Tiga kategori itu didasarkan pada persentase tutupan karang hidup. Dimana kategori sangat baik ketika tutupan mencapai 76% – 100%, kategori baik dengan tutupan 51% – 75%, kategori cukup 26% – 50%, dan kategori jelek dengan tutupan 0% – 25%.

Kondisi terumbu karang ini penting bagi kehidupan ekosistem laut, karena merupakan rumah dan tumpuan hidup dari ikan-ikan karang dan biota laut lainnya. Oleh karena itu, terumbu karang perlu dijaga kualitasnya. Selain juga proses pertumbuhannya yang memakan waktu puluhan sampai ratusan tahun.

2.1.11 Penyebab Kerusakan Terumbu Karang di Indonesia

Adapun penyebab utama kerusakan karang adalah pemakaian alat tangkap yang merusak, peningkatan pencemaran, serta pemanasan global yang memicu pemutihan karang dan diikuti penyakit dan hama karang. Akibat kematian karang, berbagai biota penghuni karang yang bersimbiosis dengan karang ikut menghilang, termasuk ikan komersial, kerapu.

Menurut Suharsono, frekuensi pemutihan karang yang cenderung semakin rapat dalam beberapa waktu terakhir dapat menambali potensi ancaman pada kondisi terumbu karang. Ini menyusul relatif sedikit atau bahkan tiadanya waktu bagi proses pemulihan terumbu karang setelah terkena fenomena pemutihan.

2.1.12 Tranplantasi Terumbu Karang

Transplantasi karang telah dipelajari sebagai upaya pengelolaan karang yang berpotensi untuk berbagai alasan. Kondisi lingkungan yang kurang baik, menyebabkan transplant pada tingkat kematian yang sangat tinggi. Dikarenakan pada saat fragmen yang ditransplantasi dibawa keluar dari koloni karang alami, cenderung menyebabkan sejumlah masalah

potensial seperti penurunan laju produksi koloni dan rendahnya keanekaragaman fragmen transplant. Akan tetapi pada beberapa lokasi dengan kondisi lingkungan yang baik, transplant dapat bertahan dengan baik. Namun, efektivitas transplantasi sulit untuk dinilai dalam beberapa kasus, dimana beberapa penulis telah melakukan monitoring secara rinci terhadap tingkat ketahanan hidup dan pertumbuhan dari karang selama beberapa tahun (Okubo dan Ayumi, 2015).

Transplantasi karang telah dilakukan sebagai sarana untuk merehabilitasi terumbu dengan melwati tahap awal kritis pada rekrutmen karang, terutama pada substrat yang kurang cocok untuk perekrutan larva ataupun untuk tingkat kelangsungan hidup setelah fase rekrutmen. Fragmen karang memiliki keuntungan lebih dari rekrutan larva yang baru menetap karena ukuran mereka jauh lebih besar. Hal tersebut dapat meningkatkan tingkat kelangsungan hidup dan pertumbuhan, meningkatkan kemampuan bersaing untuk tempat, dan stabilitas yang lebih besar pada substrat yang tidak kukuh. Fragmen karang yang ditransplantasi juga berpotensi lebih baik dibandingkan dengan yang fragmen yang dihasilkan oleh badai. Hal ini dikarenakan fragmen karang yang dihasilkan oleh gelombang/badai terkadang memiliki tingkat kematian yang tinggi, dimana diasumsikan akibat abrasi dan kerusakan jaringan yang terjadi selama terbawa oleh gelombang/badai (Bowden-Kerby, 2003).



Gambar 2. 11 Transplantasi terumbu karang

A. Metode Transplantasi

Transplantasi dilakukan dengan strategi atau perencanaan yang matang dalam menjalankan rencana transplantasi. Langkah-langkah atau metode dalam melakukan suatu usaha transplantasi yang pertama adalah menentukan lokasi transplantasi yang akan dilakukan, setelah menentukan lokasi lalu beri tanda pada lokasi transplantasi. Selanjutnya siapkan alat dan bahan yang diperlukan pada saat transplantasi. Proses selanjutnya yaitu mencari fragmen karang yang akan di transplan, untuk fragmen karang di ambil dari induk koloni yang masih hidup lalu dipindahkan ke lokasi transplan. Proses pengangkutan harus dilakukan di bawah air dengan hati-hati. Setelah menyiapkan fragmen karang lalu siapkan media substrat dimana media substrat diletakan sejajar dengan garis pantai dan diletakan pada kedalaman 1, 3 atau 10 m. Proses selanjutnya yaitu mengikat fragmen karang dengan kabel pengikat pada media yang telah disediakan (COREMAP, 2006).

Fragmen memiliki ukuran kecil disarankan berdiameter di atas 10 mm (1 cm), beberapa penelitian juga menunjukkan bahwa ukuran fragmen di atas 10 cm mempunyai tingkat keberhasilan yang lebih baik. Ukuran fragmen diusahakan lebih besar dari ukuran mulut ikan pemakan alga. Karena jika hanya sebesar mulut ikan, maka dalam sekali digigit karang tersebut akan mati, sedangkan bila cukup besar karang dapat bertahan. Jenis karang bercabang, seperti karang dari suku Acroporidae merupakan jenis yang cepat tumbuh dan mudah untuk dilakukan fragmentasi. Oleh sebab itu, jenis-jenis tersebut banyak digunakan dalam upaya transplantasi karena dapat meningkatkan persen penutupan karang hidup secara cepat. Kunci sukses dari transplantasi adalah mengurangi tingkat stres karang dan karang ditempatkan pada suhu sesuai suhu air laut, tempatkan di daerah yang terlindung, jangan banyak disentuh tangan dan pindahkan secepatnya ke air saat proses transplantasi. Hindari melakukan

transplantasi di tengah hari yang panas. tanda-tanda karang yang stres adalah keluarnya banyak lendir (Edwards, 2008).



Gambar 2. 12 Pengukuran Transplantasi Karang

Sumber: Buku Panduan Koralogi 2021

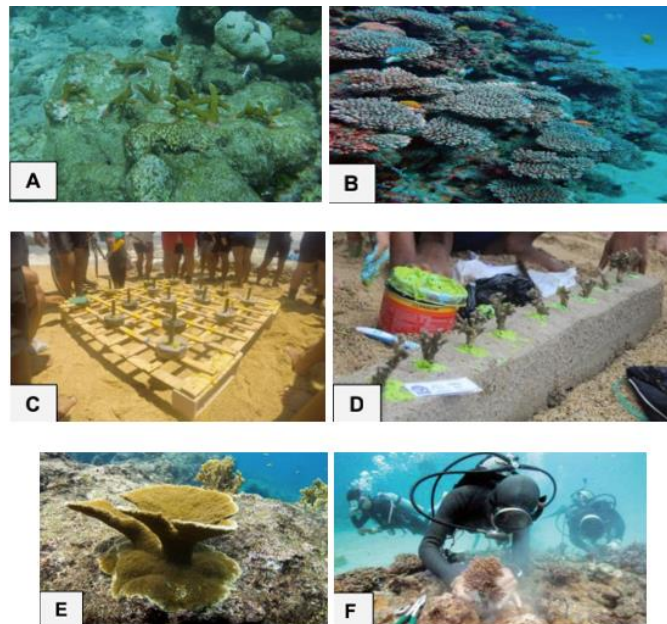
B. Jenis Media Transplantasi

Fragmen karang harus ditempelkan dengan baik di terumbu atau di tempat yang terlindungi sehingga fragmen tetap stabil. Penempelan dapat dilakukan dengan semen, berbagai perekat epoxy, paku, kabel baja antikorosi, kabel, dan kabel pengikat. Paku atau bahan dasar lain yang panjang dipaku ke terumbu sebagai tempat penempelan bagi kabel pengikat atau kabel di tempat yang sulit ditempelkan. Nubbin kecil dapat dengan sukses ditempelkan ke pin plastik (di pembibitan di tengah laut) dan substrat lain (misalnya cangkang kima) dengan perekat cyanoacrylate atau superglue (Djuwariah, 2009).

Salah satu media dalam transplantasi karang yaitu karang yang sudah mati, biasanya karang jenis massive. Media ini disebut dengan media outplanted. Langkah pertama adalah memilih situs dan memahat substrat atau karang mati agar skeletonnya dapat dimasuki epoxy. Fragmen karang kemudian dilekatkan pada kerangka kapur menggunakan dua

bagian epoxy. Setiap situs atau media setidaknya terdiri dari 10 fragmen karang, dengan genotype yang sama. Setiap situs atau media selanjutnya ditandai sehingga semua karang dapat dilakukan monitoring dan dipelihara (Egner, 2014).

Penelitian yang dilakukan menggunakan media jaring, rangka dan substrat. Media jaring, rangka dan substrat merupakan media transplan yang merupakan perpaduan antara media jaring substrat dan media jaring rangka. Ukuran diameter substrat \pm 10 cm dengan tebal 2 cm, panjang patok 5 – 10 cm, bahan patok terbuat dari peralatan kecil yang diisi semen dan diberi cat agar tidak mengakibatkan pencemaran (Kurniawan, 2011).



Gambar 2. 13 Media Transplantasi Terumbu Karang

Sumber: Buku Panduan Korologi 2021

Urutan perlakuan kegiatan transplantasi metode *Outplanted* (Omori dan Kenji, 2007) berdasarkan gambar diatas:

- A. Media *Outplanted* yang ditransplantasi. (A)
- B. Media *Outplanted* yang ditransplantasi 10 fragmen dengan *genotype* yang sama (Egner, 2014), (B)
- C. Karang *Acropora tenuis* berumur 5 tahun yang berhasil ditranplantasi menggunakan media *Outplanted* (Omori dan Kenji, 2007), (C)

- D. Persiapan media transplantasi karang di Pantai Kondang Merak, Malang Selatan, (D)
- E. Persiapan media beton sebagai media transplantasi karang di Pantai Kondang Merak, Malang Selatan, (E)
- F. Karang *Elkhorn* berumur 5 tahun yang berhasil ditransplantasi menggunakan media *Outplanted* (Selvaggio, 2015), (F)

2.2 Tinjauan Teori

2.2.1 Definisi Edukasi

Dalam Putra. A, Ramadhana. A (2016) Menurut Setiawati (2008) menjabarkan bahwa edukasi merupakan serangkaian upaya yang ditujukan untuk mempengaruhi orang lain, mulai dari individu, kelompok, keluarga dan masyarakat agar terlaksananya perilaku hidup sehat.

Menurut UU RI No. 20 Tahun 2003, pendidikan adalah usaha dasar dan terencana untuk mewujudkan suasana belajar dan proses pembelajaran agar peserta didik secara aktif mengembangkan potensi dirinya untuk memiliki kekuatan spiritual keagamaan, pengendalian diri, kepribadian, kecerdasan, akhlak mulia, serta keterampilan, yang diperlukan dirinya, masyarakat, dan Negara.

A. Tujuan Edukasi

Edukasi memiliki beberapa tujuan, berikut ini tujuan edukasi adalah:

1. Meningkatkan kecerdasan.
2. Merubah kepribadian manusia supaya memiliki akhlak yang terpuji.
3. Menjadikan mampu untuk mengontrol diri.
4. Meningkatkan keterampilan.
5. Bertambahnya kreativitas pada hal yang dipelajari.
6. Mendidik manusia menjadi lebih baik dalam bidang yang ditekuni.

B. Jenis- Jenis Edukasi

Seperti yang sudah sedikit dijelaskan di atas bahwa edukasi memiliki tiga jenis yaitu edukasi formal, nonformal, dan edukasi informal. Berikut penjelasan dari jenis-jenis edukasi adalah:

1. Formal

Proses pembelajaran ini umum diselenggarakan di sekolah dan ada peraturan yang berlaku serta harus ditaati ketika sedang mengikuti proses pembelajaran tersebut, lalu ada pihak terkait yang mengawasi proses pembelajaran di sekolah. Di Indonesia, pendidikan formal yang bisa ditempuh oleh setiap individu adalah mulai dari jenjang SD, SMP, dan SMA, hingga pendidikan tinggi.

2. NonFormal

Edukasi non formal biasanya banyak ditemukan di lingkungan tempat tinggal, contohnya terdapat tempat pendidikan baca tulis Al Quran di masjid, lalu kursus-kursus yang banyak terdapat di lingkungan seperti kursus mobil, kursus musik, dan kursus-kursus lain.

3. Informal

Sedangkan edukasi informal adalah jalur pendidikan yang terdapat di keluarga dan lingkungan sekitar rumah. Di dalam edukasi informal terdapat proses pembelajaran secara mandiri dan dilakukan atas dasar kesadaran serta rasa tanggungjawab yang dimiliki. Hasil dari pendidikan informal telah diakui sama dengan pendidikan formal dan non formal serta digagas oleh pemerintah meliputi: anak harus dididik dari lahir hingga dewasa, pendidikan awal dimulai dari keluarga. Keluarga merupakan tahap edukasi yang sangat penting, karena banyak anak sekarang dikarenakan keluarganya berantakan sehingga sangat mempengaruhi pendidikan dalam sekolah.

C. Manfaat Edukasi

Ada beberapa manfaat edukasi yang dapat kita ketahui, berikut ini manfaat edukasi adalah:

1. Mencerdaskan kehidupan bangsa untuk membangun peradaban negara.
2. Memberikan pengetahuan luas tentang apa yang dipelajari.
3. Mengembangkan kepribadian manusia menjadi lebih bermartabat.
4. Mengembangkan bakat yang telah dimiliki sehingga lebih berpotensi.

5. Memperbaiki kesalahan seseorang agar menjadi lebih baik.
6. Membekali manusia untuk menyongsong masa depan yang cerah.

2.2.2 Definisi Biomorfik Desain

Istilah "biomorfik" berasal dari kata Yunani "bios", yang berarti "kehidupan", dan "morfologi", yang berarti "bentuk atau sistem". Sebuah strategi desain arsitektur yang dikenal sebagai "arsitektur biomorfik" menerapkan semua konsep dari kehidupan biologis, baik yang didasarkan pada bentuk, sistem, atau gerakan. Tampilan estetika bangunan yang sebenarnya dalam sebuah desain sangat erat kaitannya dengan penerapan pendekatan desain ini. Sebuah bangunan biomorfik memberikan tampilan bentuk yang abstrak, khas, dan dinamis (Ishomuddin, 2013).

Biomorphic Architecture adalah salah satu tema dalam pendekatan arsitektur yang memiliki prinsip kepedulian terhadap lingkungan (alam), di mana pendekatan ini lahir dari gagasan tentang pentingnya alam dan berorientasi pada lingkungan, termasuk iklim. Ide dasar dalam desain biomorphic architecture merupakan proses kolaborasi antara hubungan manusia dan alam yang dapat diterapkan pada bentuk, bahan, struktur serta mekanismenya (Ishomuddin & Fikriarini, 2016).

Berbeda dengan pola geometris, desain biomorfik menampilkan bentuk dan massa abstrak organik yang tampak hidup dan aktif (Taha, 2019). Metode ini berfungsi sebagai representasi visual bahwa benda hidup memiliki gagasan arsitektural (Akbar, 2019). Prinsip dasar Arsitektur Biomorfik ini adalah metafora dan ekologi (Ishomuddin, 2013).

Berdasarkan penelitian terkait bentuk, keduanya memiliki kesamaan dalam metode pendekatan desain bentuk.



Gambar 2. 14 *Biomorphic design*

Sumber: commercialinteriordesign.com

2.2.3 Definisi Akuarium

Akuarium (aquarium) merupakan suatu potongan ekosistem kecil yang di adaptasi dari lingkungan alam yang sebenarnya, dengan adanya pendekatan yang memungkinkan organisme dapat hidup.

.Akuarium dapat digunakan untuk budidaya ikan air tawar maupun ikan air laut dan pada kegiatan pembenihan dan pemeliharaan ikan hias, fungsi akuarium selain sebagai wadah untuk budidaya ikan, akuarium juga dapat berfungsi sebagai penghias ruangan dimana keindahannya dapat dinikmati oleh penggemarnya. Menurut Saparinto (2016), wadah atau media merupakan sarana yang sangat dibutuhkan dalam kegiatan budidaya untuk mendapatkan hasil yang maksimal serta kondisi saran yang menyerupai lingkungan asli dan perlakuan yang baik. Selanjutnya Kordi (2012) juga menambahkan bahwa akuarium merupakan salah satu wadah budidaya yang telah lama dikenal oleh kalangan masyarakat kota karena dapat digunakan sebagai wadah pemeliharaan ikan hias yang biasanya terbuat dari plastik maupun kaca.

A. Macam-macam Akuarium

Terdapat bermacam-macam akuarium, tetapi secara umum akuarium dapat dibedakan menjadi dua, yaitu:

- Akuarium Geografik, akuarium dengan nuansa hijau dan suasana pegunungan.
- Akuarium Display, akuarium dengan ruang gerak terbatas untuk biota.

Berdasarkan keadaan air yang ada, akuarium dapat dibedakan menjadi dua, yaitu:

- Akuarium air laut, di mana makhluk laut dan tumbuh-tumbuhan yang terpelihara dengan baik di dalam akuarium.
- Akuarium air tawar, di mana berbagai makhluk air tawar dan tumbuhan dipelihara dengan baik di dalam akuarium.

Berdasarkan penggunaannya, akuarium dapat dibagi menjadi dua, yaitu:

- Akuarium yang di gunakan untuk penelitian (riset), hanya digunakan di tempatkan dimana flora dan hewan akan diteliti.
- Akuarium untuk umum,akuarium yang hanya digunakan untuk kebutuhan umum untuk display sehingga dalam hal ini pengunjung merupakan faktor utama.

2.2.4 Aspek Teknis Akuarium

Menurut Edo A Sanjaya (2015) Pembuatan akuarium laut memerlukan perawatan ekstra mengingat bahwa akuarium laut mendapatkan tekanan air yang lebih besar jika dibandingkan dengan tekanan air tawar. Keadaan tersebut membutuhkan penggunaan kaca yang lebih tebal dalam konstruksinya. Akibatnya, faktor-faktor berikut harus diperhatikan saat membangun akuarium

A. Bentuk, Dimensi dan Konstruksi Akuarium

Bentuk asli akuarium menurut sejarahnya pada awalnya berbentuk lonjong. Kemudian, sebagai hasil inovasi dan rekayasa manusia, maka muncul bentuk-bentuk baru berupa persegi dengan rangkaian kaca yang dapat

menampung ikan dalam jumlah banyak dan dapat dinikmati dari luar. Adapun bentuk-bentuk akuarium yaitu bulat, silinder, rumah-rumahan, bentuk toples: persegi empat, segitiga, dan segi enam. Model ini biasanya diletakkan menempel di dinding. Bentuk ini dibuat untuk memenuhi tuntutan akuarium yang lebih besar serta keinginan menghadirkan akuarium yang menyatu dengan rumahnya. Adapun bentuk-bentuk akuarium yang ada, antara lain:

1. Bentuk bulat: kekurangannya kaca berfungsi sebagai lensa yang dapat mengecilkan atau membesarkan penglihatan terhadap ikan-ikan yang ada didalamnya.
2. Memanjang keatas: kekurangannya tekanan air terhadap kaca akan lebih besar sehingga memerlukan kaca yang lebih tebal.
3. Lonjong/silinder: kelebihanannya mudah dibersihkan.
4. Diorama: akuarium ini dibuat di dalam tembok dan hanya dinikmati dari satu sisi saja. Pembuatannya lebih mahal dan 28 membutuhkan perawatan yang rumit. Kelebihanannya yaitu menimbulkan kesan seolah sedang mengintip kehidupan bawah laut.
5. Kubus: pembuatannya lebih mudah. Kerangkanya bisa dibuat dari:
 - Besi, mudah dalam perawatannya.
 - Alumunium, terdapat bermacam-macam ukuran tebal maupun panjangnya, namun tidak sembarangan orang dapat mengerjakannya sehingga pemasangannya relatif mahal
 - Kaca, mudah dalam pemasangan
 - Plastik / acrylic, mempunyai kekurangan yakni mudah tergores dan mudah retak.

Walaupun terdapat berbagai macam bentuk akuarium, tetapi umumnya bentuk yang sering dipakai yaitu bentuk persegi panjang. Bentuk persegi panjang ini terdiri dari dua model yang berbeda, yaitu:

1. Bentuk Akuarium Tinggi, ukuran tingginya lebih besar dari pada lebarnya namun memiliki permukaan yang kecil dan aaquarium tinggi lebih dalam membuat ikan-ikan bergerak lebih naik- turun.

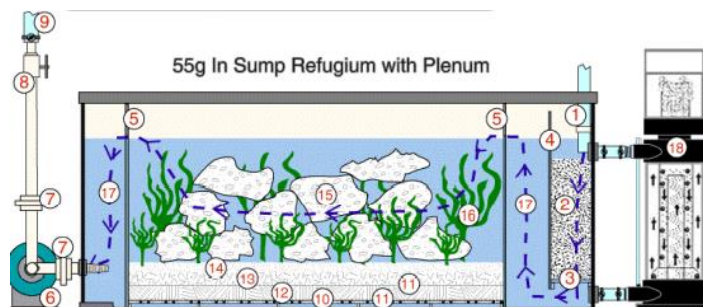
2. Bentuk Akuarium bentuk pendek, ukuran lebarnya lebih besar dari pada tingginya dan permukaan airnya lebih luas dibandingkan dengan akuarium yang tinggi dan Ikan-ikan laut lebih banyak bergerak secara mendatar.

B. Aspek Pendukung Akuarium

Berkaitan dengan akuarium dan penyajian obyek pameran juga perlu beberapa aspek yang harus diperhatikan dalam membangun oceanarium, diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Sump Refugium/ Filter

Sump itu sesungguhnya satu area penampungan air dari aqua utama untuk dibersihkan dari kotoran dengan skimmer, di netralkan kandungan amoniaknya dengan pertolongan skimmer, bioball, dan sebagainya, diturunkan kandungan nitratnya dengan bakteri atau denitrator, dan di dinginkan suhu airnya dengan chiller. selain itu di dalam sump itu sendiri biasanya ada satu area yg bertindak sebagai refugium yg datang dari kata refugee atau pengungsian, lalu bertindak sebagai area penampungan sesaat atau area lakukan perbaikan mutu air atau bisa juga area penampungan / stabilisasi ikan atau coral yg baru dibeli. di dalam refugium itu bisa ada live rock dan pasir laut.



Gambar 2. 15 Skema Sump akuarium air laut/ filter

Sumber: ikanhiasku.net

2. Skimmer

Untuk mengangkat lemak dan kotoran yg ada di dalam air laut yg bisa mengakibatkan tingginya kandungan amoniak, nitrit dan nitrat dgn langkah buat air laut itu lantas buih atau busa halus, lalu kotoran yg terjat di dalam buih2 tersebut bisa di buang ke area penampungan.



Gambar 2. 16 Skimmer

Sumber: ikanhiasku.net

3. Calcium Reaktor

Bertindak sebagai supply kandungan kalsium ke di dalam air laut, karena air laut membutuhkan kandungan kalsium yg tinggi untuk perubahan coral atau binatang laut yang lain.



Gambar 2. 17 Calcium Reaktor

Sumber: ikanhiasku.net

4. Coil Denitrator

Bertindak menetralkan kandungan nitrat yg beresiko untuk seluruh mahluk laut yg ada di aquarium tersebut.

5. Chiller

Bertindak untuk turunkan / mendinginkan suhu air laut di aquarium, krn sebagian besar coral dan ikan laut membutuhkan suhu yg cukup dingin untuk kehidupannya.

6. Pompa Air

Bertindak untuk mengembalikan air dari sump ke aqua utama, pompa juga dibutuhkan oleh skimmer, lalu bisa dikatakan kepentingan bisa pompa bisa semakin lebih 1 buah di dalam 1 aquarium.

7. Lampu

Lampu melakukan tindakan sangat mutlak untuk coral dan mahluk lain untuk berfotosintesis. Lampu yang bagus untuk aqua laut yakni lampu yg bisa menirukan sinar matahari dgn ukuran 10 ribu sampai 20 ribu derajat kelvin.



Gambar 2. 18 Lampu akuarium

Sumber: ikanhiasku.net

C. Dimensi Aquarium

Pembuatan aquarium air laut memerlukan perawatan ekstra karena mengalami tekanan lebih besar daripada aquarium air tawar. Hal ini disebabkan fakta bahwa air asin lebih berat daripada air tawar. Air laut memiliki berat 1,03 kilogram per liter. Juga, karena aquarium air laut biasanya mengandung banyak kerikil, mereka harus terbuat dari kaca atau bahan kokoh lainnya untuk menahan tekanan atau dorongan air laut di dalamnya. Aquarium air tawar cenderung lebih kecil dari aquarium air asin. Aquarium air laut yang optimal berukuran panjang 70 cm, lebar 30 cm, dan tinggi 40 cm, atau memiliki volume yang ideal minimal 90 liter. Jumlah penghuni aquarium menentukan ukuran aquarium. Perkiraan jumlah ikan yang dapat dipelihara dalam aquarium adalah 10 liter per sentimeter panjang ikan. Jadi, jika aquarium memiliki kapasitas 200 liter, kira-kira dapat menampung 4 ekor ikan yang masing-masing berukuran panjang 5 sentimeter. Ketebalan kaca dan akrilik untuk aquarium air laut adalah sebagai berikut.

Dimensi Aquarium (cm)			Tebel Kaca Minimal (mm)
Panjang	Lebar	Tinggi	
60	30	30	5
80	30	30	7
80	45	45	7
90	45	45	8
100	50	50	8
130	50	50	10
200	75	75	15

Tabel 1 Ketebalan Kaca Untuk Aquarium

Sumber: Eko Budi Kuncoro "Aquarium Laut" 2004

Dimensi Aquarium (cm)			Tebel Acrylic Minimal (mm)
Panjang	Lebar	Tinggi	
60	30	30	5
80	30	30	7
80	45	45	7
90	45	45	8
100	50	50	8

Tabel 2 Ketebalan Acrylic untuk Aquarium

Sumber: Eko Budi Kuncoro "Aquarium Laut" 2004

2.3 Studi Teknologi AR (Augmented Reality)

Dalam Efendi, Y., & Khoirunnisa, E. (2016) menurut Hadi dan Sony sulistyio *Augmented Reality* adalah teknologi interaksi yang dapat menggabungkan benda maya berjenis 2 dimensi atau 3 dimensi yang akan ditambah ke dalam lingkungan nyata dan menggabungkan keduanya sehingga menciptakan ruang gabungan yang tercampur (*Mixed Reality*) dan memproyeksikannya kedalam waktu nyata atau *real time*, sehingga *Augmented Reality* merupakan suatu

teknologi interaksi yang menggabungkan antara dunia nyata (*real world*) dan dunia maya (*virtual world*).

Jadi menurut pengertian diatas bahwa AR (*augmented reality*) merupakan kombinasi antara dunia nyata dengan dunia virtual dimana dihubungkan melalui suatu perangkat atau *device* yang dapat dikontrol oleh pengguna secara interaktif.

2.4 Studi Pencahayaan

Menurut Rachmat, G., & Safitri, R. (2017) pencahayaan merupakan salah satu faktor untuk mendapatkan keadaan lingkungan yang aman dan nyaman dan berkaitan erat dengan produktivitas manusia. Pencahayaan yang baik memungkinkan orang dapat melihat objek-objek yang dikerjakannya secara jelas dan cepat. Menurut sumbernya, pencahayaan dapat dibagi menjadi dua diantaranya:

a. Pencahayaan alami

Pencahayaan alami adalah sumber pencahayaan yang berasal dari sinar matahari. Sinar alami mempunyai banyak keuntungan, selain menghemat energi listrik juga dapat membunuh kuman. Untuk mendapatkan pencahayaan alami pada suatu ruang diperlukan jendela-jendela yang besar ataupun dinding kaca sekurang-kurangnya 1/6 daripada luas lantai. Sumber pencahayaan alami kadang dirasa kurang efektif dibanding dengan penggunaan pencahayaan buatan, selain karena intensitas cahaya yang tidak tetap, sumber alami menghasilkan panas terutama saat siang hari. Faktor-faktor yang perlu diperhatikan agar penggunaan sinar alami mendapat keuntungan, yaitu:

- a. Variasi intensitas cahaya matahari.
- b. Distribusi dari terangnya cahaya.
- c. Efek dari lokasi, pemantulan cahaya, jarak antar bangunan.
- d. Letak geografis dan kegunaan bangunan gedung.

b. Pencahayaan buatan

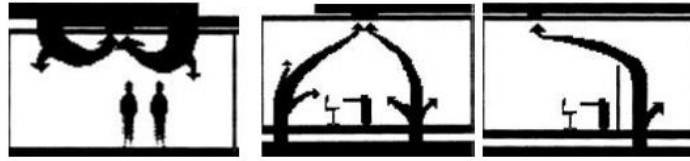
Pencahayaan buatan adalah pencahayaan yang dihasilkan oleh sumber cahaya selain cahaya alami. Pencahayaan buatan sangat diperlukan apabila

posisi ruangan sulit dicapai oleh pencahayaan alami atau saat pencahayaan alami tidak mencukupi.

Dalam Wulandari, A. A. A (2014) Menurut McLean (1993) tantangan penggunaan cahaya dalam sebuah pameran adalah memperoleh pengertian lebih dalam tentang cara pengunjung merespons cahaya dan menggunakan respons tersebut untuk meningkatkan sebuah pameran. Berbeda dengan perancangan pencahayaan pada umumnya, perancangan pencahayaan pada sebuah ruang pameran harus memenuhi 3 kriteria. Yang pertama adalah untuk kepentingan pengunjung, bahwa pencahayaan harus memenuhi kebutuhan pengunjung untuk mencari dan melalui jalan dalam sebuah ruang pameran dengan mudah dan aman. Selain itu juga agar pengunjung dapat membaca teks pameran, baik label maupun papan informasi lainnya tanpa halangan. Yang kedua pencahayaan harus sesuai dengan kebutuhan konservasi dan objek pameran. Yang terakhir perancangan pencahayaan harus disesuaikan dengan suasana ruang atau atmosfer yang ingin ditampilkan.

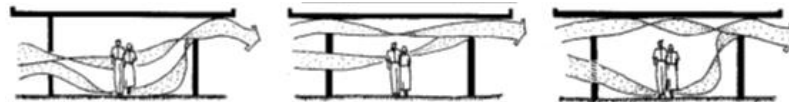
2.5 Studi Penghawaan

Menurut Kusumarini, Y. (2003) pengkondisian udara di dalam ruang dapat dicapai dengan menggunakan berbagai instrumen pengontrol, diantaranya *air conditioning* dan ventilasi. Masing-masing mempunyai kelebihan dan kekurangan yang harus diperhatikan untuk memperoleh pengkondisian udara dalam ruang sesuai dengan yang dibutuhkan. Pemakaian *air conditioning* yang tidak disertai dengan *maintenance* yang baik akan mengakibatkan gangguan kesehatan dan kerusakan lingkungan yang lebih makro. Begitu juga dengan pemanfaatan ventilasi yang tidak memperhitungkan penyebaran udara yang merata dari luar ke dalam ruang juga akan berdampak pada inefisiensi sirkulasi udara, sehingga diperlukan pertimbangan yang baik dalam menentukan ventilasi untuk keluar masuknya udara.



Gambar 2. 19 (Kiri) Sistem ventilasi berasal dari langit-langit. (Tengah) Sistem ventilasi didistribusikan dari lantai. (Kanan) Ventilasi terbatas oleh partisi.

Sumber: Pilatowicz, 1995:84

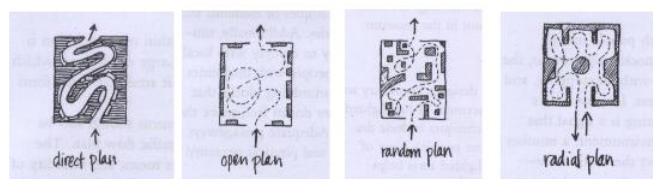


Gambar 2. 20 Bergesernya lubang masuk udara pada satu sisi akan mengubah kondisi tekanan masing-masing

Sumber: Frick, 1998:59

2.6 Studi Langkah dan Sirkulasi Ruang

Untuk melakukan pengaturan langkah, dalam Wulandari, A. A. A (2014) menurut McLean (1993) terdapat beberapa pola sirkulasi pengunjung yang disarankan yaitu pola sirkulasi langsung (*direct plan*), pola sirkulasi terbuka (*open plan*), pola sirkulasi berputar (*radial plan*), dan pola sirkulasi acak (*random plan*). Masing-masing dari pola sirkulasi ini memiliki kekurangan dan kelebihan sendiri-sendiri.



Gambar 2. 21 Macam-macam pola sirkulasi pada ruang pameran

Sumber: McLean, 1993:125

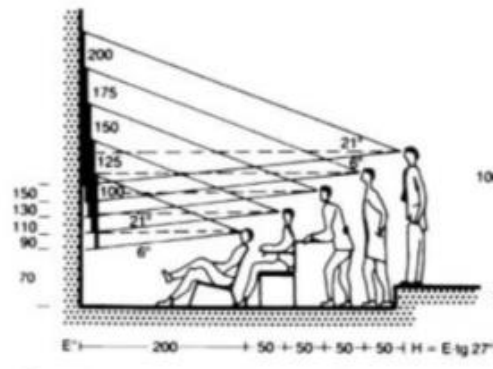
2.7 Studi Ergonomi dan Antropometri

A. Studi Ergonomi

Pada sarana edukasi seperti museum biasanya terdapat berbagai sumber informasi yang disajikan secara inovatif mengenai benda pamernya,

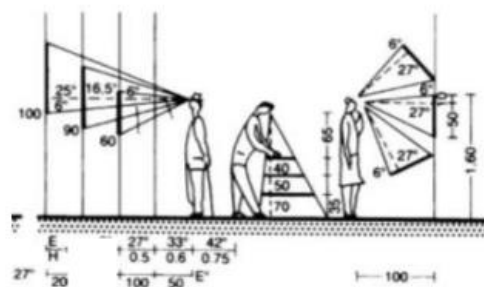
maka dari itu agar informasi dapat diserap secara maksimal ada beberapa hal yang harus diperhatikan mengenai penerapan display pameran sebagai tolak ukur perancangan sebuah ruang maupun alat pameran pada sebuah fasilitas edukasi, diantaranya adalah memperhatikan dan menganalisa ergonomi dan antropometri, yang bertujuan agar pengunjung dapat berinteraksi dengan baik terhadap benda pameran di sekitarnya.

dimensi dan karakter suatu jenis terumbu karang sendiri berpengaruh terhadap alat display, dimana alat display memiliki penyesuaian bentuk dan dimensi terhadap karakteristik pengunjung fasilitas edukasi tersebut. berikut adalah studi ergonomi untuk alat display pada sebuah fasilitas edukasi:



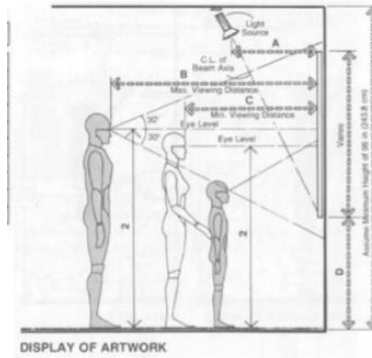
Gambar 2. 22 Jarak pandang dan pletakan benda display

Sumber: Data Arsitek



Gambar 2. 23 Peletakan Benda Display

Sumber: Data Arsitek



Gambar 2. 24 Antropometri Ergonomi jarak pandang terhadap display kerja

Sumber: Panero. J & Z. Martin, 1979

Gambar 2.13 merupakan ilustrasi antropometri untuk ukuran dan jarak pandang manusia terhadap suatu objek atau display pameran.

B. Studi Antropometri

Dalam suatu perancangan, studi antropometri merupakan hal yang sangat diperlukan dalam suatu perancangan bangunan dan fasilitas didalamnya, terdapat beberapa studi antropometri yang dapat digunakan dalam acuan dalam perancangan, diantaranya:

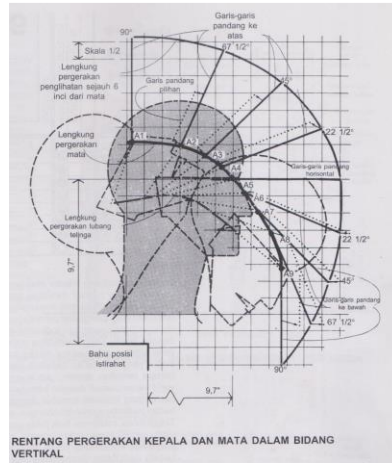
Adult Male and Female Projected 1985 Body Dimensions in Inches and Centimeters by Sex and Selected Percentiles												
Weight	A		B		C		D		E		F	
	50	95	50	95	50	95	50	95	50	95	50	95
	IN	CM	IN	CM	IN	CM	IN	CM	IN	CM	IN	CM
MEN	155.0	170.0	41.4	42.8	49.3	50.7	74.3	76.8	34.4	35.1	19.1	20.0
WOMEN	145.1	159.0	37.9	39.3	46.2	47.6	70.9	73.4	31.7	32.4	17.8	18.7
MEN	162.7	182.0	47.5	49.0	57.3	58.8	82.2	84.7	37.3	38.0	21.4	22.3
WOMEN	154.5	174.0	42.7	44.2	52.0	53.5	76.9	79.4	34.7	35.4	19.4	20.3

Weight	H		I		J		K		L		M		N		O	
	50	95	50	95	50	95	50	95	50	95	50	95	50	95	50	95
	IN	CM	IN	CM	IN	CM	IN	CM	IN	CM	IN	CM	IN	CM	IN	CM
MEN	30.7	32.0	18.8	19.5	21.7	22.4	25.7	26.4	28.2	28.9	11.7	12.4	15.7	16.4	19.7	20.4
WOMEN	27.4	28.1	17.4	18.1	20.7	21.4	24.0	24.7	26.4	27.1	10.7	11.4	14.0	14.7	18.0	18.7
MEN	30.3	32.1	18.9	19.6	22.0	22.7	26.0	26.7	28.4	29.1	11.8	12.5	15.8	16.5	19.8	20.5
WOMEN	28.9	29.6	18.0	18.7	21.3	22.0	24.6	25.3	27.0	27.7	11.0	11.7	14.3	15.0	18.3	19.0

Gambar 2. 25 Antropometri Tubuh Manusia

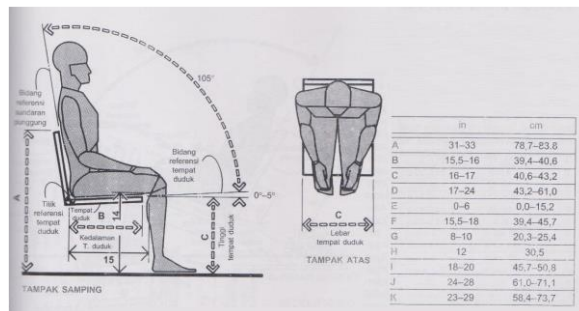
Sumber: Panero. J & Z. Martin, 1979

Gambar 2.14 merupakan ilustrasi dari Antropometri tubuh manusia, terdapat ukuran standar tertentu dalam suatu perancangan yang mengacu pada ukuran dan dimensi tubuh manusia.



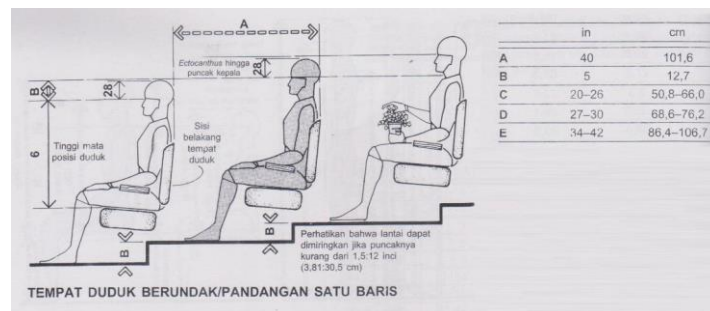
Gambar 2. 26 Antropometri Pergerakan Kepala
Sumber: Panero. J & Z. Martin, 1979

Gambar 2.15 merupakan ilustrasi antropometri dari pergerakan kepala yang digunakan dalam aktivitas penggunaan kacamata VR (*Virtual Reality*) pergerakan kepala ini merupakan hal yang penting dalam ruang sirkulasi kepala pada simulasi VR.



Gambar 2. 27 Antropometri Posisi Duduk
Sumber: Panero. J & Z. Martin, 1979

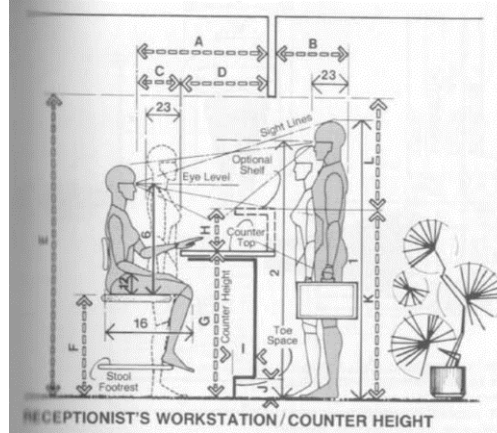
Gambar 2.16 merupakan ilustrasi antropometri dalam suatu sikap posisi duduk, yang digunakan dalam fasilitas duduk di dalam saran pusat edukasi, termasuk dalam area pameran.



Gambar 2. 28 Antropometri posisi duduk penonton

Sumber: Panero. J & Z. Martin, 1979

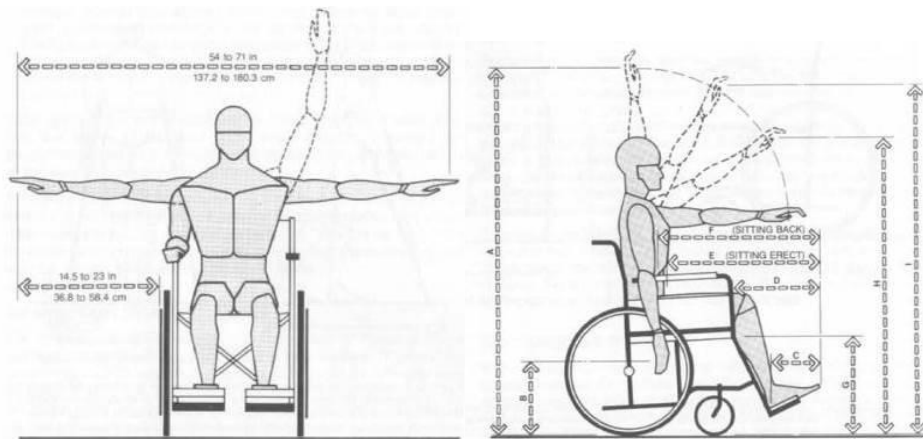
Gambar 2.17 merupakan ilustrasi antropometri dari sikap dan posisi duduk yang akan digunakan dalam ruang auditorium.



Gambar 2. 29 Antropometri Area receptionist

Sumber: Panero. J & Z. Martin, 1979

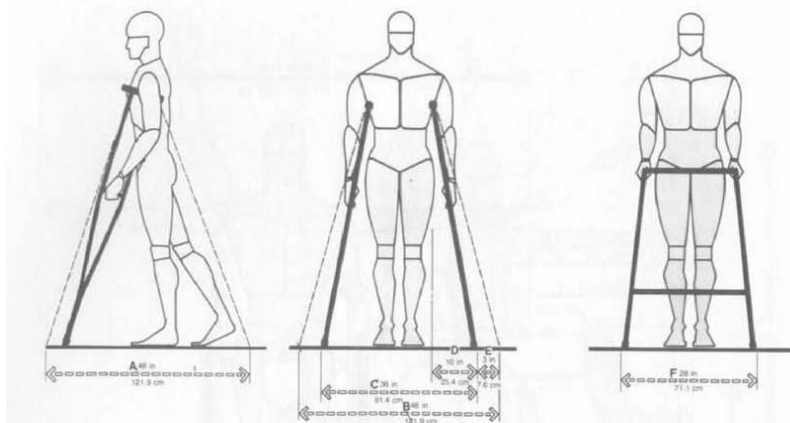
Gambar 2.18 merupakan ilustrasi antropometri dari area kerja receptionist yang menerima tamu kunjungan pusat edukasi, pentingnya jarak dan ketinggian dari suatu fasilitas furniture kerja terhadap pengunjung.



Gambar 2. 30 Antropometri Penggunaan Kursi Roda

Sumber: Panero. J & Z. Martin, 1979

Gambar 2.19 merupakan ilustrasi antropometri yang digunakan dalam area suatu jarak sirkulasi terhadap ruangnya, seperti pada area ramp, pameran dll.



Gambar 2. 31 Antropometri Penggunaan Alat Bantu Penopang Berjalan

Sumber: Panero. J & Z. Martin, 1979

Gambar 2.20 merupakan ilustrasi antropometri dari penggunaan alat bantu berjalan.

2.8 Studi Image



Gambar 2. 32 Area lobby

Sumber: Pinterst

Ide dalam membentuk suatu treatment ceiling yang terinspirasi dari alur air, digabungkan dengan mengekspos material yang bertekstur (*tactile*).



Gambar 2. 33 *Aquarium of the pacific*

Sumber: devengroup.us

Ide gagasan utama dalam suatu perancangan ini adalah memunculkan citra dan atmosfer ruang yang berkaitan dengan habitat asli terumbu karang, dimana terdapat habitat utama terumbu karang yaitu di dalam laut, diaplikasikan melalui gubahan bentuk, pencahayaan, alur sirkulasi dan material.



Gambar 2. 34 *Great lake aquarium*

Sumber: glaquarium.org

Kesinambungan dan integrasi antara unsur gubahan ruang interior dengan media informasi atau display interaktif.dengan mengikuti pola dan gerakan bentuk ruangnya, yang dapat memunculkan keselarasan.

2.9 Studi Preseden



Gambar 2. 35 Batumani Aquarium

Sumber: Jordana 2010

Batumi Aquarium merupakan sebuah oceanarium yang berlokasi di Str Rustaveli, Batumi, Republik Georgia. Oceanarium ini memiliki luas 2000 m². Proyek ini selesai dibangun pada tahun 2013. Batumi adalah kota di Provinsi Adjara/Ajaria Barat Daya yang terletak bersebelahan dengan Laut Hitam.

Suasan dalam interiornya memiliki pesan halus yang di sampaikan tentang pembalikan alam (air ada di dalam batu daripada kebalikan yang lebih umum), meskipun mungkin tidak.

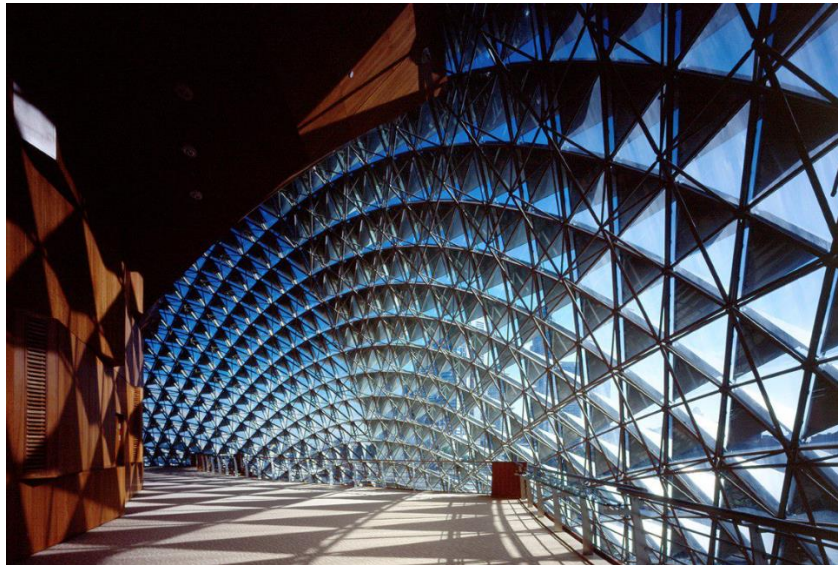


Gambar 2. 36 Georgia Aquarium

Sumber: Wdaniel Anderson, 2103

Georgia Aquarium merupakan sebuah akuarium yang berlokasi di Atlanta, Georgia. Bangunan ini dirancang oleh arsitek Thompson, Ventulett, Stainback, Atlanta, GA. Akuarium ini memiliki luas area 50.000 m². Proyek ini dibuka untuk umum pada 2005. Akuarium ini merupakan akuarium terbesar di dunia pada 2005 hingga 2012.

Georgia Aquarium terletak di tengah kota sehingga menggunakan sistem sirkulasi air akuarium tertutup. Sistem ini merupakan sistem daur ulang dengan mengganti volume air beberapa kali sehari melalui penyaringan biologis, kimia, dan mekanis (Coffeen et al., 2015). Akuarium ini memiliki volume tangki sebesar 32.000m³ yang terdiri dari air laut dan air tawar, berisikan 120.000 hewan laut yang terdiri dari 500 spesies biota laut (Sanjaya, 2015).



Gambar 2. 37 Esplanade Complex

Sumber: Tham,2019

Esplanade Complex merupakan Venue untuk pertunjukan seni dan budaya yang berlokasi di Esplanade Drive, Marina Bay, Singapura. Bangunan ini terletak di pinggir Teluk Marina dan membatasi pusat sipil dan distrik bersejarah Singapura. Esplanade Complex memiliki luas area sebesar 75.186

m2. Desain ini dirancang oleh DP Architect, James Stirling, dan Michael Wilford.


Program ruang pada gambar 2.22 direncanakan untuk melibatkan pengunjung biasa dan mereka yang secara aktif mencari seni dengan berbagai area tampilan seni visual formal dan informal yang tersebar di seluruh lokasi.

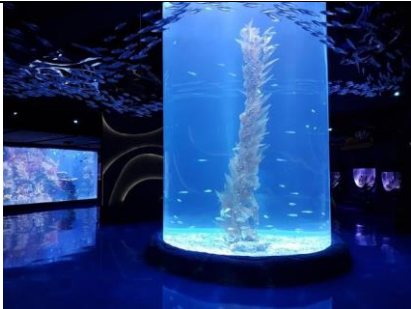

2.10 Studi Banding

A. Jakarta Aquarium

Jakarta Aquarium Safari adalah sebuah wahana rekreasi keluarga sekaligus pusat konservasi satwa dalam ruangan pertama di Indonesia, persembahan Taman Safari Indonesia yang bekerja sama dengan Aquaria KLCC Malaysia. Jakarta Aquarium Safari menghadirkan konsep berlibur di alam yang menampilkan kekayaan alam bawah laut Indonesia yang penuh dengan warna, keindahan dan sekaligus misteri yang akan membuat pengunjung serasa sedang berpetualang di bawah laut.

Yang menjadikan wahan rekreasi Jakarta aquarium safari ini menarik adalah adanya beberapa ruangan unik seperti, Lorong Enterence, Aquarium utama, Sea Explorer 5D, Funtasy diving, dan Pingoo restaurant.

Ruang	Tinjauan interior
	<p>Sejak pertama kali kita berada masuk kedalam ruangan ini kita langsung di suguhkan oleh desain ruang nuansa alam bawah laut yang di keliling oleh aquarium.</p>
	<p>Aquarium ini diisi oleh ribuan satua laut di Indonesia dan juga terumbu karang di Indonesia selain untuk tempat edukasi aquarium ini</p>

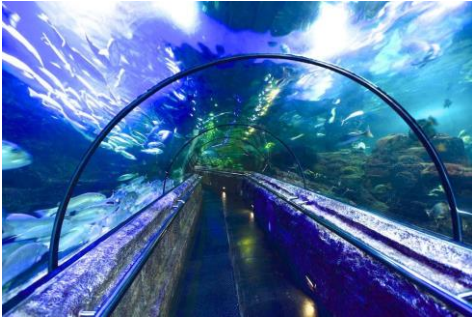
	<p>juga sering di pakai atraksi, pengunjung juga bisa menikmati penampilan teater seorang putri duyung cantik dan dapat memantirai setiap orang yang melihatnya. Bagaimana tidak, pertunjukan epik dengan judul “Pearl of the South Sea” tersebut dimainkan di dalam sebuah akuarium berukuran besar pula</p>
	<p>Fasilitas kapal selam 5D di Jakarta Aquarium adalah pengalaman yang luar biasa. Kamu akan di ajak berkeliling di dalamnya samudra, dengan sensasi naik kapal selam sungguhan.</p>

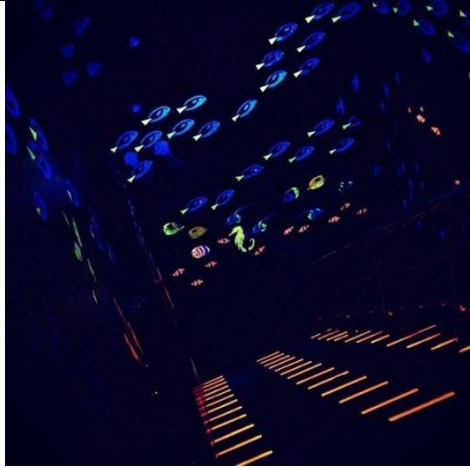
B. Seaworld Jakarta

Seaworld Indonesia adalah sebuah miniatur pesona laut yang terdapat dalam kompleks wisata pertama di Taman Impian Jaya Ancol. Pada tanggal 2 Oktober 1992, Gubernur DKI masa itu, Wiyogo Atmodarminto meletakkan batu pertama pembangunan Seaworld Indonesia. Tidak sampai dua tahun, pada tanggal 3 Juni 1994 SeaWorld Indonesia sudah mulai beroperasi.

Area Seaworld seluas 3 hektare dengan luas bangunan utama 4.500 m² berisi berbagai macam akuarium, lorong Antasena (lorong bawah air), perpustakaan, museum, terapi ikan dokter, glow theatre, komputer edukatif layar sentuh berisi informasi berbagai spesies di Seaworld dan bermacam fasilitas pelengkap untuk pengunjung seperti tempat makan, toko souvenir,

dan ruang serba guna. Yang menjadikan wahana rekreasi seaworld ini menarik adalah adanya beberapa ruangan unik seperti, Aquarium utama, Lorong atasena, Glow Theater, dan Touchpool.

Ruang	Tinjauan interior
	<p>Aquarium ini diisi oleh ribuan satwa laut Indonesia. Sebanyak 35.500 ekor ikan laut Indonesia dari 35 spesies yang berbeda dipelihara disini.</p> <p>Ukuran akuarium ini mencapai 38 x 24 m dengan kedalaman yang bervariasi dari 4.5 hingga 6 m dan menyimpan 5 jutaliter air laut. Karena besarnya akuarium utama ini tercatat sebagai akuarium air laut terbesarkedua di Asia Tenggara.</p>
	<p>lorong bawah air sepanjang 80 m yang dioperasikan dengan pijakan berjalan otomatis dengan kubah tembus pandang. Memungkinkan pengunjung untuk menikmati pemandangan "bawah laut" tanpa harus khawatir tersandung saat menengadah ke atas untuk melihat ikan.</p>
	<p>Glow Theater Sebagai tempat wisata edukasi, SeaWorld juga dilengkapi dengan bioskop untuk pemutaran film berjudul</p>



Sea Turtle Story. Film bertema edukasi di Glow Theater ini sangat menarik dan cocok sebagai pembelajaran anak-anak. Selain itu, saat lampunya padam bioskop ini akan menampilkan warna-warna yang.