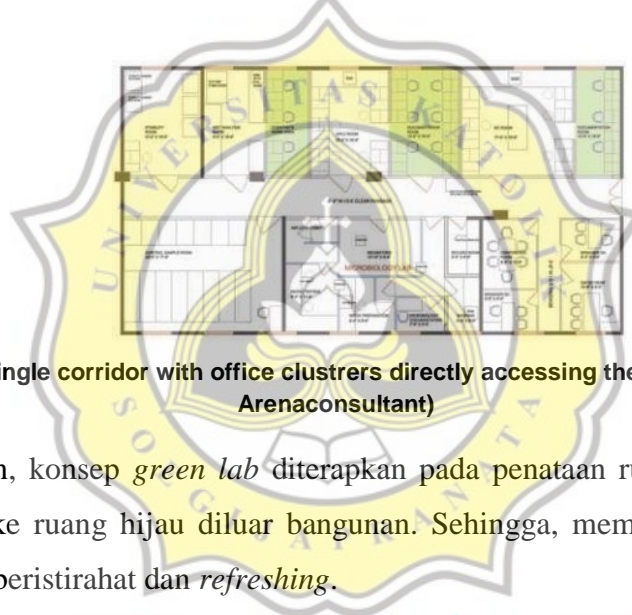


## BAB 7. LANDASAN PERANCANGAN

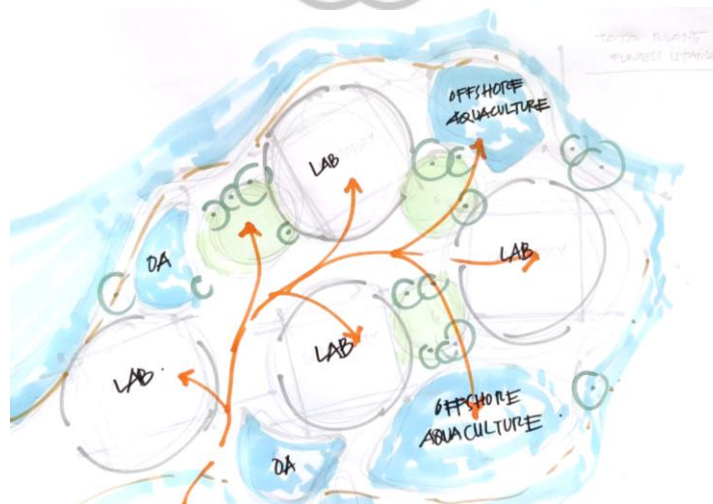
### 7.1 Landasan Perancangan Tata Ruang Bangunan

Tata ruang bangunan menggunakan sirkulasi dengan konsep *Green lab*. *Green* diimplementasikan pada kemudahan sirkulasi pengguna yang berdekatan dengan ruang terbuka hijau serta penggunaan sistem tata udara bangunan. Tata sirkulasi ruang yang digunakan *single corridor with office clusters directly accessing the main labs*. Dimana, tata ruang tersebut mendekatkan ruang kerja peneliti dengan laboratoriumnya. Sehingga, memudahkan pengguna untuk beristirahat dan berdiskusi dengan peneliti setelah melakukan kegiatan di laboratorium. Kemudian, di bagian tengah terdapat koridor linier yang menghubungkan antar laboratorium.



Gambar 98. *single corridor with office clusters directly accessing the main labs* (sumber: Arenaconsultant)

Kemudian, konsep *green lab* diterapkan pada penataan ruang yang memiliki akses langsung ke ruang hijau diluar bangunan. Sehingga, memberikan kemudahan pengguna untuk beristirahat dan *refreshing*.



Gambar 99. Sketsa tata ruang fungsi utama (sumber: analisis pribadi)

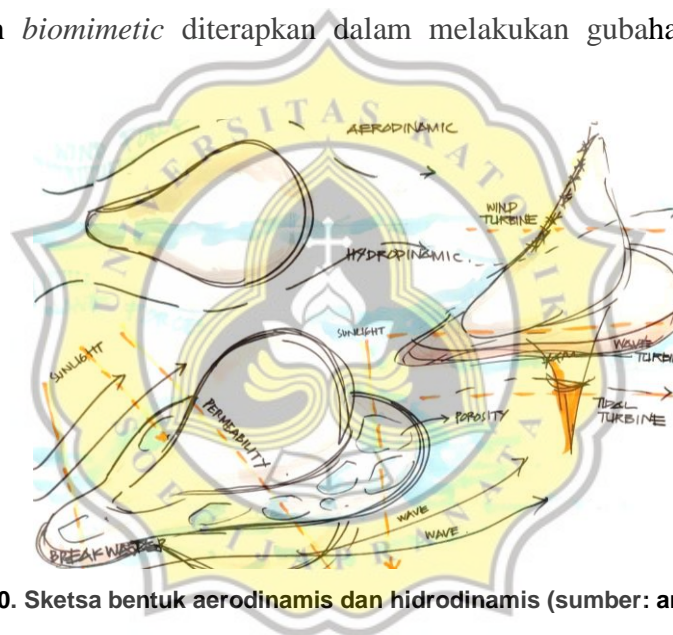
## Konsep Tata Ruang

1. Mobility
2. Integration
3. Visibility
4. Accessibility to Green Zone

### 7.2 Landasan Perancangan Bentuk Bangunan

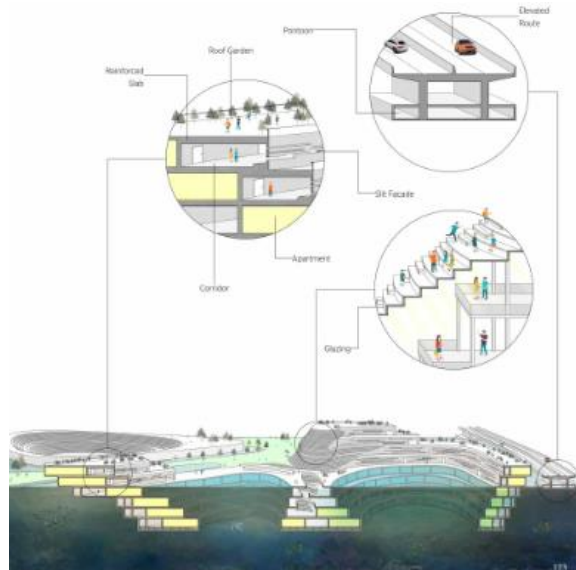
Bentuk bangunan menggunakan konsep *Form Follow Force*, dimana bangunan merespon tekanan utama yaitu gelombang, angin, dan pasang surut air laut. Ketiga tekanan mempengaruhi bentuk bangunan agar digubah secara aerodinamis dan hidrodinamis. Bentuk bangunan yang aerodinamis dan hidrodinamis menjaga kestabilan struktur bangunan lepas pantai.

Pendekatan *biomimetic* diterapkan dalam melakukan gubahan massa bentuk bangunan.



Gambar 100. Sketsa bentuk aerodinamis dan hidrodinamis (sumber: analisis pribadi)

Bentuk bangunan dan tapak menerapkan konsep porositas dan permeabilitas untuk memasukkan cahaya matahari ke dalam bangunan dan menembus bagian bawah bangunan. Sehingga tidak merusak kehidupan ekosistem bawah bangunan.



Gambar 101. Preseden konsep bentuk bangunan (sumber: Floating city)

### 7.3 Landasan Perancangan Struktur Bangunan

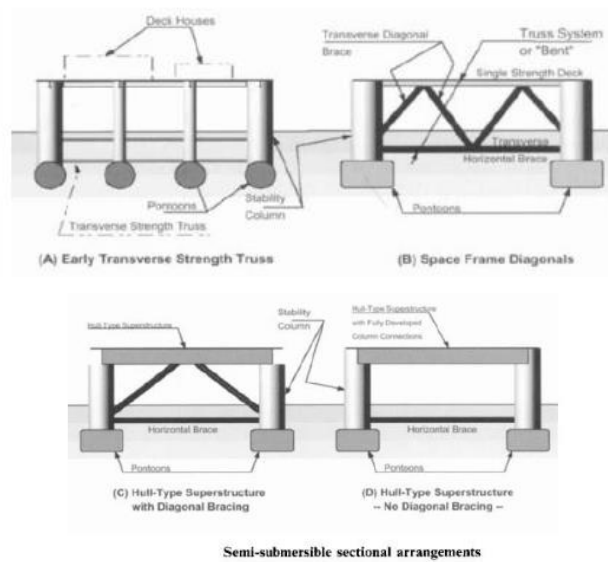
Berdasarkan landasan teori di Bab 5, struktur bangunan pada proyek ini menggunakan logika dari sistem mengapungnya *semi – submersible rig*. Dimana, sistem *semi – submersible* menggunakan sistem terapung oleh kapal sebagai respon kontekstual terhadap tapak di atas air. Penggunaan struktur kapal diterapkan pada sistem pondasi, sistem apung, dan material. Kelebihan dari sistem *semi – submersible* adalah efisiensi biaya, efisiensi bahan material, dan efisiensi waktu konstruksi.

Kemudian, untuk menjaga kestabilan posisi koordinat bangunan, digunakan sistem pondasi *pile* dengan *external pile guide roller*. Roller pada sistem ini membuat struktur bangunan mampu menyesuaikan gerakan vertikal dari gelombang air laut.



Gambar 102. Floating dock pile guide (sumber: [https://www.alibaba.com/product-detail/Floating-dock-pile-guide-for-pile\\_60256256106.html](https://www.alibaba.com/product-detail/Floating-dock-pile-guide-for-pile_60256256106.html))

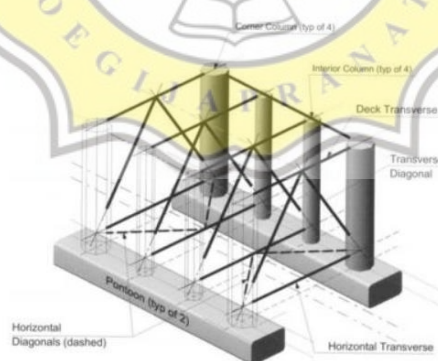
Bagian ponton dan kolom dari struktur rig merupakan struktur utama untuk menjaga kestabilan *platform* atau dek yang menggunakan prinsip *buoyancy*. Kedua ponton dan kolom dikuatkan bersama menggunakan struktur silang yang memperkuat kekuatan dan stabilitas struktur. Ponton yang lebih rendah merupakan bagian kaki struktur apung yang menjadi sistem *ballast* menyeimbangkan struktur bangunan.



**Gambar 103. Potongan struktur kolom dan ponton (sumber: Sadeghi:2019)**

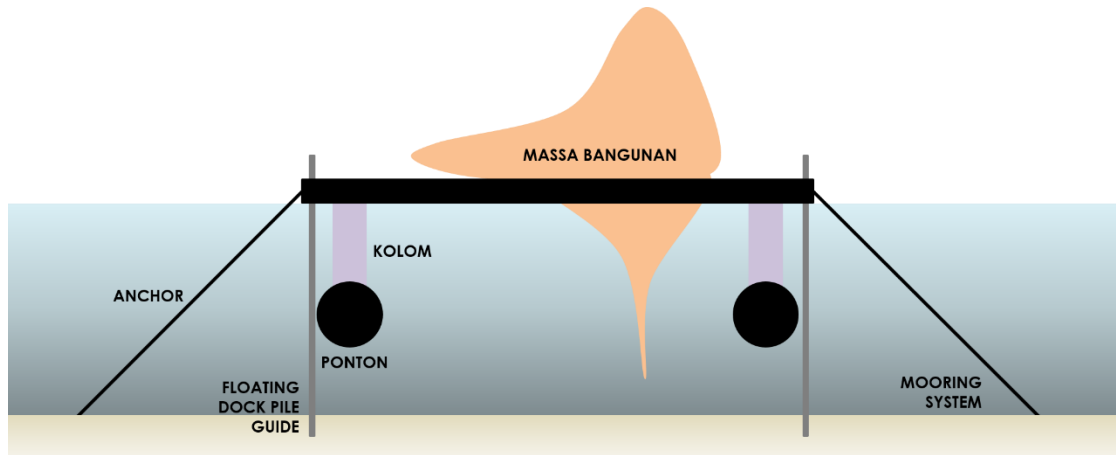
Ponton memberikan kestabilan dan pengapungan struktur dari sistem *ballast* dan elemen *waterproof*. Ponton diletakkan dibawah permukaan air dan gerakan gelombang. Kolom memberikan stabilitas dengan sistem submerging dan prinsip *buoyancy*.

Sistem bracing pada kaki pondasi sangat penting untuk memperkuat kolom dan ponton sehingga lebih kuat dan stabil menahan tekanan dan kompresi dari gelombang, arus, maupun arus. Bracing memberikan pertahanan lateral yang disatukan dengan struktur platform bangunan.



**Gambar 104. Struktur *bracing* pada bagian pondasi (sumber: Sadeghi:2019)**

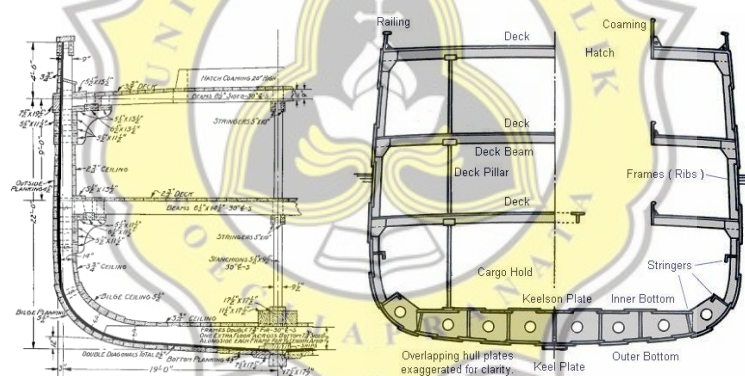
Angkur ditambatkan menggunakan kawat dan kabel yang terdiri dari 6 sampai 12 sistem mooring. Fungsi ankur sangat penting karena ia ditambatkan pada dasar laut untuk menjaga kekuatan dan mempertahankan posisi platform atau bangunan. Angkur menggunakan material metal dan menahan gerakan platform di atasnya (bangunan).



Gambar 105. Sketsa penerapan struktur pondasi pada bangunan (sumber: analisis pribadi)

### 7.3.1 Struktur Badan Bangunan

Struktur badan bangunan menggunakan struktur kerangka baja dengan sistem ballast yang menyerupai struktur kapal. Dimana, pada bagian *deck* kapal sebagai menjadi struktur plat lantai pada bangunan. Dan bagian *deck* pilar merupakan bagian kolom bangunan.

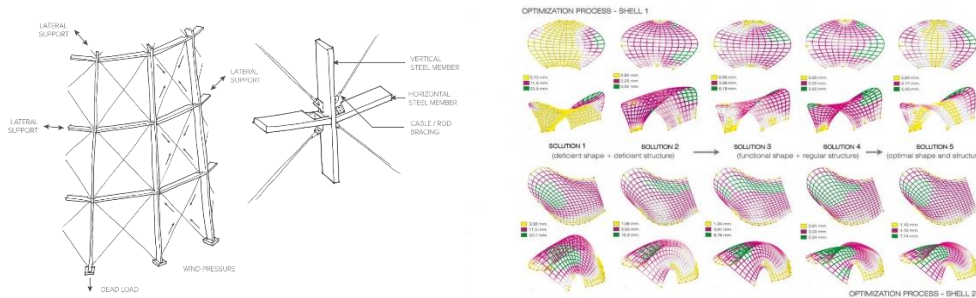


Gambar 106. Struktur badan bangunan (sumber: <https://www.pinterest.pt/pin/552816923002285805/>)

### 7.3.2 Struktur Atap

Pada proyek ini menggunakan dua jenis struktur cangkang yaitu *concrete shell* dan *gridshell*. Dimana, *concrete shell* menggunakan material *floating concrete* yang ringan untuk mengurangi berat bangunan. *floating concrete* adalah material campuran cair yang memiliki massa jenis kurang dari massa jenis air yang tepat digunakan sebagai bahan bangunan terapung. *floating concrete* terbuat dari bubuk aluminium dengan tambahan *polypropylene fibers*, *nano silica* (untuk meningkatkan kekuatan),  $\text{CaCl}_2$  (untuk mempercepat pengerasan), dan Dr. Fixit sebagai bahan tahan air.

Kemudian, digunakan pula struktur *gridshell* yang secara elastic merupakan struktur grid yang fleksibel terhadap lengkungan dengan memanfaatkan kekakuan sambungan struktur.



Gambar 107. Struktur Gridshell (sumber: <http://www.karamba3d.com/projects/how-virtual-becomes-real-in-gridshell-design/>)

Lalu, pada atap terdapat area yang diaplikasikan *solar panel* sebagai penangkap energi matahari. Konsep atap pada proyek ini menggunakan preseden bangunan komersial Ocean Paradise Maldives dan Floating Lab, sebagai berikut :



Gambar 108. Preseden bentuk atap (sumber: <https://amazingarchitecture.com/post/oceans-paradise-designed-by-caa-architects>)

## 7.4 Landasan Perancangan Bahan Bangunan

### 7.4.1 Material Pondasi

Material pondasi menggunakan *floating dock pile* yang bermaterial beton bertulang untuk menopang badan bangunan dan menjaga kestabilan struktur di perairan. Pada sekeliling struktur pondasi pile, dimungkinkan adanya kerangka besi sebagai area untuk transplantasi terumbu karang yang menciptakan habitat bagi organisme laut di bawah bangunan.



Gambar 109. Preseden floating dock pile dengan rumah terumbu karang (sumber: <https://www.expedia.com/pictures/western-australia/busselton/busselton-jetty-underwater-observatory.d6190268?view=large-gallery&photo=162976>)

#### 7.4.2 Material Kolom dan Ponton

Kolom dan ponton menggunakan struktur baja.

#### 7.4.3 Material Badan Bangunan diatas air

Material badan bangunan menggunakan material *fiberglass* atau *floating concrete* yang berongga. Selain kuat, rongga tersebut mengurangi beban bangunan sehingga lebih ringan ketika mengapung di air. *Floating concrete* digunakan sebagai plat lantai dan dirangkai menyesuaikan sistem keseimbangan pada kapal. Kemudian pada badan bangunan yang berada diatas air fiberglass ataupun *floating concrete* diberikan finishing cat tertentu untuk menjaga *durability* pada bangunan. Hal tersebut dilakukan untuk menjaga material pelingkup agar bertahan diatas air dalam jangka waktu yang lama dengan *maintenance* rutin.

#### 7.4.4 Material Pelingkup Bangunan

##### a. Material dinding interior

Material dinding dalam bangunan menggunakan material insulasi yaitu *polyurethane foam*. *Polyretherane* merupakan bahan polimer yang terbuat dari plastic ramah lingkungan untuk menginsulasi dinding secara thermal dan akustik. Kemudian, material bukaan seperti jendela, proyek ini menggunakan *High thermal insulating glass*.

##### b. Material dinding bangunan dibawah air

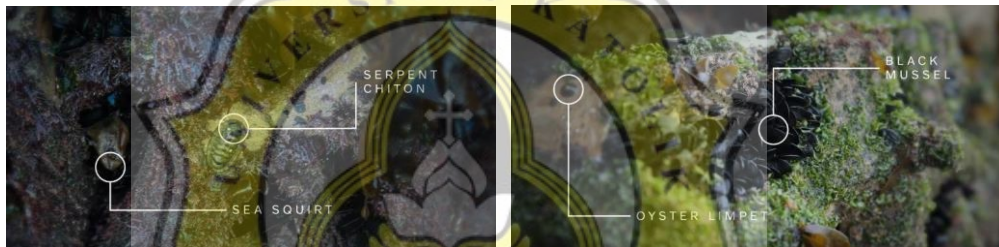
Material dinding terluar bangunan menggunakan material ringan yang berongga sehingga mengurangi massa bangunan terapung. Pada proyek ini digunakan *Volvo Living seawall* terbuat dari *marine – grade concrete* yang diperkuat menggunakan *recycled plastic fibres*. Berbentuk ubin hexagonal dengan sudut – sudut kecil yang dirancang meniru struktur akar pohon bakau

yang menjadi habitat populer bagi margasatwa laut. Material ramah lingkungan ini dapat memfilter air laut.



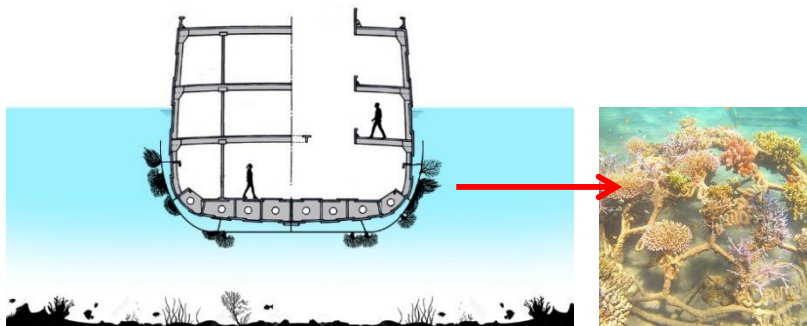
Gambar 110. *Volvo living seawall* (sumber: <https://www.dezeen.com/2019/01/31/volvo-living-seawall-pollution-biodiversity-design/>)

Setiap bagian memiliki diameter 55 cm. Material ini sebagai material hidup yang dapat bertahan selama 20 tahun dan semakin lama akan menghasilkan subtract baru yang memberikan tempat hidup bagi alga atau organisme laut untuk hidup.



Gambar 111. *Volvo living wall* yang sudah ditumbuhi substansi alam (sumber: <https://www.dezeen.com/2019/01/31/volvo-living-seawall-pollution-biodiversity-design/>)

Organisme yang menempel pada living seawall ini akan memfilter partikel dan polusi air. Sehingga dapat meningkatkan biodiversitas dan kualitas air laut.

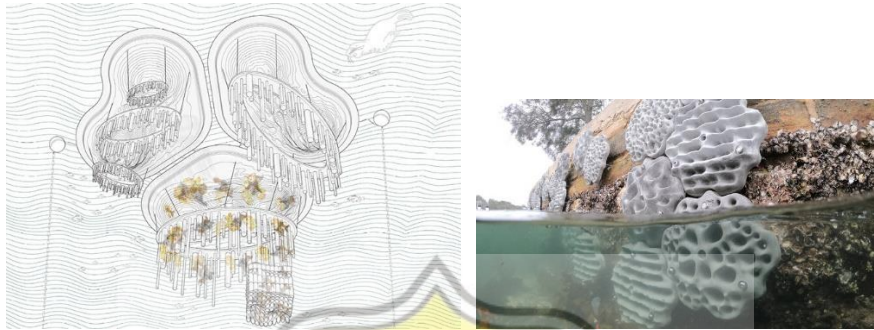


Gambar 112. Lambung bangunan dengan rumah terumbu karang (sumber: <http://ksdae.menlhk.go.id/info/4835/pulihkan-ekosistem-terumbu.html>)

Lalu, pada bagian terluar badan bangunan, diberikan struktur kerangka besi yang digunakan untuk transplantasi terumbu karang. Bagian tersebut dapat menjadikan bangunan sebagai *support system* lingkungan di sekitar tapak.



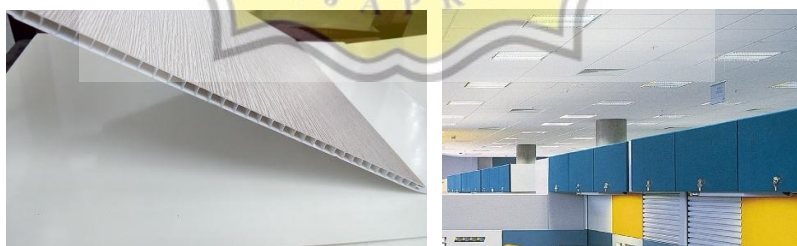
Pada area dinding yang tidak diberi kerangka besi untuk terumbu karang, diaplikasikan juga *Modular Artificial Reef Structure* (MARS). MARS merupakan produk terumbu karang buatan yang telah diteliti oleh Paola Antonelly dari Reef Design Lab Australia. Dimana, menggunakan material *ceramic cast mold*. Terumbu karang buatan ini dibentuk menyerupai habitat ikan dengan permukaan kasar dan berongga



Gambar 113. Artificial reef structure (sumber: <https://www.autodesk.com/redshift/marine-habitat/> dan <https://www.reefdesignlab.com/living-seawalls>)

#### 7.4.5 Material Plafond

Pada proyek ini, area laboratorium diharuskan menggunakan material yang mudah dibersihkan dan tahan terhadap desinfektan. Plafond sebaiknya dicat dengan akrilik atau epoksi supaya lebih tahan lama. Material plafond untuk ruang laboratorium proyek ini menggunakan *vinyl* atau *rubber*. Vinyl ceiling memiliki dimensi 60 x 60 cm dan ketebalan 9.5 mm – 12,5 mm. Berdasarkan OSU Construction Standard. ketinggian langit – langit untuk laboratorium minimal 3 meter.



Gambar 114. Vinyl ceiling (sumber: <https://www.archify.com/sg/product/usg-boral/product/11250>)

#### 7.4.6 Material Lantai

Material lantai pada proyek ini harus menggunakan material yang anti – slip, anti – noda, anti tembus dan serap, anti air, mudah dibersihkan dan dirawat.

##### 5. Epoxy Resin

Merupakan material lantai yang terdiri dari kombinasi bentuk plastic yang mengeras secara kimiawi. Terdapat beberapa tipe lantai resin yaitu *epoxy*,

*polyurethane resin*, dan *acrylic resin*. Setelah dipasang dengan benar, lantai resin memberikan permukaan lantai yang tahan lama, aman, dan fleksibel. Lantai resin merupakan pilihan lantai paling higienis dan tahan terhadap bahan kimia serta mudah dibersihkan dari berbagai tumpahan.



**Gambar 115.** Lantai epoxy resin (sumber: <https://www.spectracf.com/lab-flooring/>)

#### 6. *Sealed Concrete*

Material alternatif *sealed concrete* merupakan pilihan material yang lebih ekonomis dari epoxy resin. Memiliki kelebihan serbaguna, tahan lama, dan mudah dirawat. Dengan sealing yang tepat, beton dapat bertahan lama dan mudah dibersihkan.



**Gambar 116.** Pengaplikasian sealed concrete (sumber: [spectracf.com/lab-flooring/](https://www.spectracf.com/lab-flooring/))

#### 7. *Monolithic Flooring*

Lantai monolithic merupakan lembaran lantai yang secara kimiawi digabungkan atau dilas bersama terbuat dari bahan vinyl, rubber, atau linoleum.



**Gambar 117.** Monolithic flooring (sumber: <https://www.spectracf.com/lab-flooring/>)

#### 7.4.7 Material Atap

Material struktur hexagonal gridshell pada bangunan menggunakan rangka pipa baja. Kemudian, struktur atap diberi pelengkap berupa material GRC exterior board dan pada bagian skylight diberikan material *high insulated thermal glass*. Dan pada area tertentu, bagian bawah atap dilapisi dengan insulasi panas untuk mengurangi radiasi ke ruang dalam. Material yang digunakan sebagai thermal insulation pada bangunan adalah *Polyurethane foam*.



Gambar 118. Polyurethane Foam (sumber: <https://www.nuclear-power.net/nuclear-engineering/heat-transfer/heat-losses/insulation-materials/polyurethane-foam/>)

#### 7.5 Landasan Perancangan Wajah Bangunan

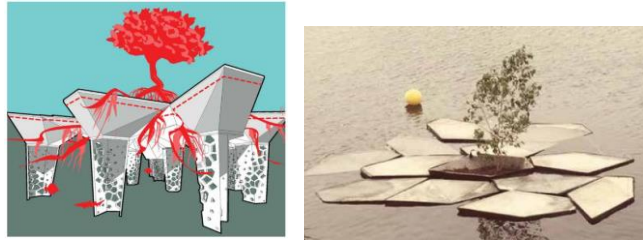
Wajah bangunan menunjukkan elemen yang hidrodinamis dengan lengkungan – lengkungan yang memberikan ruang gerak fleksibel pada tekanan gelombang dan arus yang mengenai eksterior bangunan. Wajah bangunan menghindari sudut yang lancip karena akan mengurangi kestabilan bangunan.



Gambar 119. Preseden wajah bangunan hidrodinamis (sumber: <https://amazingarchitecture.com/post/oceans-paradise-designed-by-caa-architects>)

##### 7.5.1 Rizolid Floating breakwater

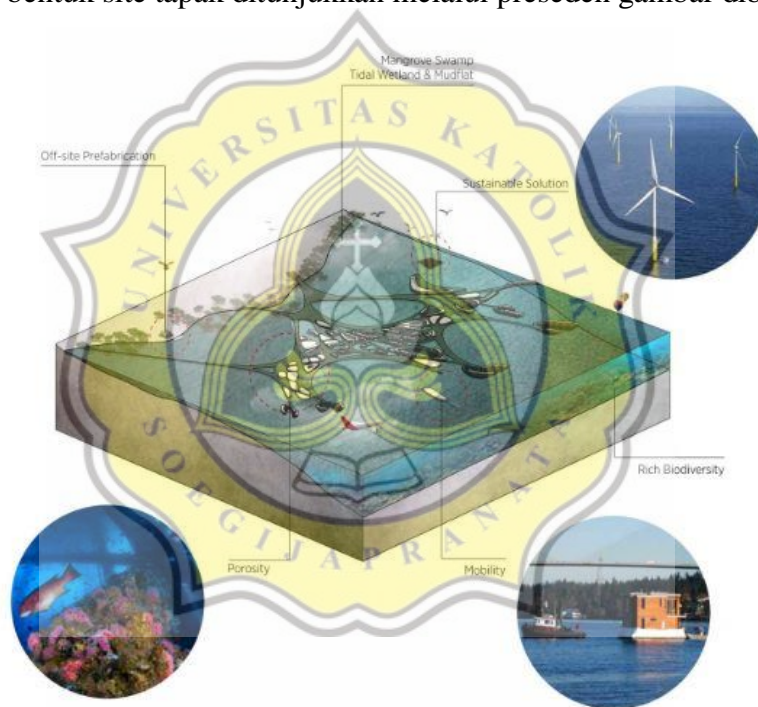
Untuk menjaga kestabilan bangunan, badan bangunan menggunakan sistem rizolid untuk mengaplikasikan vegetasi dan menjadikan bangunan sebagai support system bagi lingkungan air di bawahnya.



Gambar 120. Upperwater support system (sumber: Floating city)

## 7.6 Landasan Perancangan Tata Ruang Tapak

Perancangan tata ruang pada tapak terbagi kedalam zona privat, public, *offshore aquaculture* dan area ocean energy. Penentuan bentuk site menggunakan metode *grid spread* dan dioptimalkan sirkulasinya menggunakan analisis *space syntax*. Penggambaran bentuk site tapak ditunjukkan melalui preseden gambar dibawah.



Gambar 121. Preseden tata ruang tapak (sumber: Floating city)



Sumber air bersih pada bangunan menggunakan sistem *Reverse Osmosis (RO)*. Dimana pada sistem ini terjadi pemurnian air laut menjadi air yang dapat digunakan untuk kebutuhan air bersih bangunan.

Perhitungan kebutuhan air bersih pada bangunan menggunakan standar SNI 03-7065-2005 sebagai berikut :

**Tabel 24. Standar rata - rata pemakaian air (sumber: SNI 03-7065-2005)**

**Tabel 1 Pemakaian air dingin minimum sesuai penggunaan gedung**

| No. | Penggunaan gedung        | Pemakaian air     | Satuan                                   |
|-----|--------------------------|-------------------|--|
| 1   | Rumah tinggal            | 120               | Liter/penghuni/hari                      |
| 2   | Rumah susun              | 100 <sup>1)</sup> | Liter/penghuni/hari                      |
| 3   | Asrama                   | 120               | Liter/penghuni/hari                      |
| 4   | Rumah Sakit              | 500 <sup>2)</sup> | Liter/tempat tidur pasien /hari          |
| 5   | Sekolah Dasar            | 40                | Liter/siswa/hari                         |
| 6   | SLTP                     | 50                | Liter/siswa/hari                         |
| 7   | SMU/SMK dan lebih tinggi | 80                | Liter/siswa/hari                         |
| 8   | Ruko/Rukan               | 100               | Liter/penghuni dan pegawai/hari          |
| 9   | Kantor / Pabrik          | 50                | Liter/pegawai/hari                       |
| 10  | Toserba, toko pengecer   | 5                 | Liter/m2                                 |
| 11  | Restoran                 | 15                | Liter/kursi                              |
| 12  | Hotel berbintang         | 250               | Liter/tempat tidur /hari                 |
| 13  | Hotel Melati/ Penginapan | 150               | Liter/tempat tidur /hari                 |
| 14  | Gd. pertunjukan, Bioskop | 10                | Liter/kursi                              |
| 15  | Gd. Serba Guna           | 25                | Liter/kursi                              |
| 16  | Stasiun, terminal        | 3                 | Liter/penumpang tiba dan pergi           |
| 17  | Peribadatan              | 5                 | Liter/orang,<br>(belum dengan air wudhu) |

Sumber : <sup>1)</sup> hasil pengkajian Puslitbang Permukiman Dep. Kimpraswil tahun 2000  
<sup>2)</sup> Permen Kesehatan RI No : 986/Menkes/Per/XI/1992

Berdasarkan tabel, pemakaian air rata – rata untuk gedung perkantoran adalah 50 liter/pengguna. Dengan kapasitas pengguna di dalam proyek ini adalah 915. Maka, kebutuhan air bersih pada bangunan sebanyak 50 liter x 915 = 45.750 liter.

Untuk menampung sebanyak 45.750 liter air dibutuhkan *water purified storage tank* dengan kapasitas 10000 liter sebanyak 5 unit.



**Gambar 124. Reverse osmosis water management (sumber: <http://www.pharmatechcn.com/ro-system-1>)**

### 7.7.2 Rainharvest system

Pada bangunan diterapkan rainharvest system untuk mengolah kembali air hujan menjadi air yang dapat digunakan untuk kebutuhan bangunan.

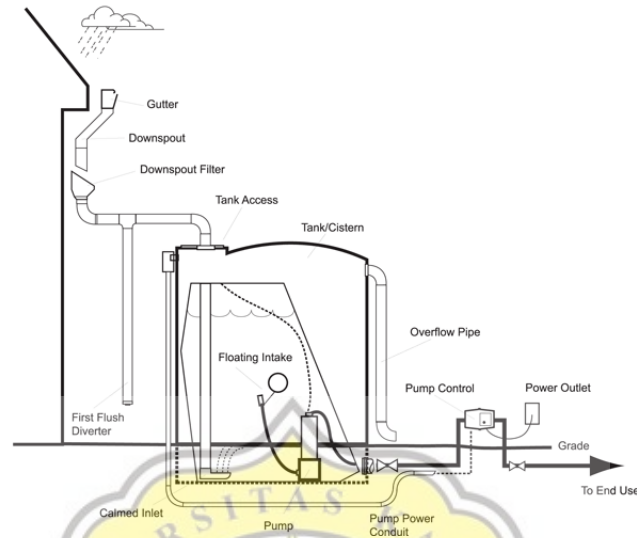
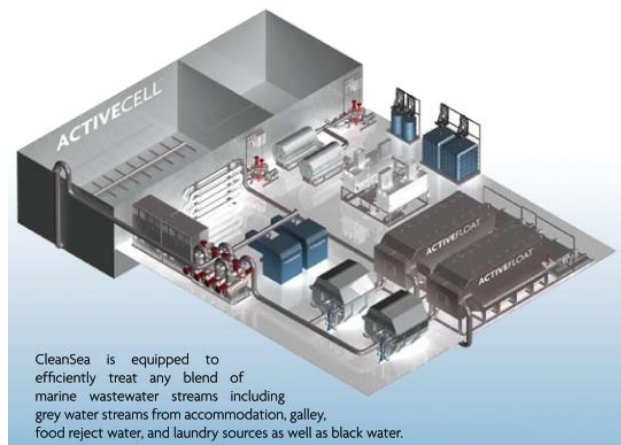


Diagram 24. Rainharvest system (sumber:

<https://id.pinterest.com/pin/483785184969406080/?lp=true>)

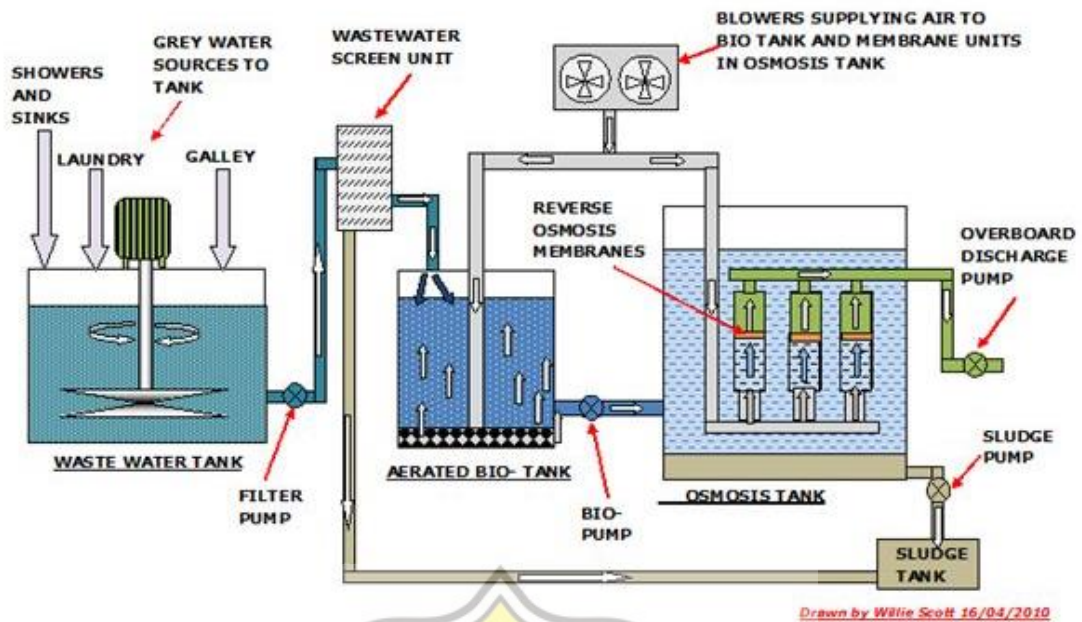
### 7.7.3 Sistem utilitas air kotor

Sistem utilitas air kotor menggunakan sistem *greywater discharge* pada kapal dimana limbah air kotor disaring dan kotoran diendapkan pada tank dan diangkat dibuang tidak di perairan. Kemudian air yang telah disaring tersebut diberi obat tertentu supaya menjadi air bersih yang dapat digunakan kembali untuk keperluan flushing toilet. Penggunaan *greywater discharge* menggunakan produk yang diproduksi oleh Hydroxyl Cleansea. Dimana, perusahaan ini menangani sistem utilitas air kotor pada kapal menggunakan komponen ramah lingkungan.



CleanSea is equipped to efficiently treat any blend of marine wastewater streams including grey water streams from accommodation, galley, food reject water, and laundry sources as well as black water.

Gambar 125. Cleansea greywater treatment (sumber: Hydroxyl cleanse)



Gambar 126. Sistem utilitas air kotor (sumber: <https://www.brightengineering.com/marine-engines-machinery/68886-ships-waste-water-treatment/>)

#### 7.7.4 Sistem keselamatan kebakaran

Beberapa sistem keselamatan kebakaran yang diaplikasikan di dalam bangunan, sebagai berikut :

1. **Hydrant Box** yang ditempatkan pada tiap jarak 35 meter pada dinding bangunan.
2. **Fire extinguisher** ditempatkan setiap 20-25 meter dengan jarak jangkauan seluas 200 – 250m<sup>2</sup>.
3. **Sprinkle** dengan kemampuan menjangkau area dengan luas 10-20m<sup>2</sup> pada ketinggian 3 meter.

#### 7.7.5 Penerapan Ocean Energy

Lokasi tapak yang berada di laut memiliki potensi untuk memanfaatkan energy lingkungan sekitar seperti matahari, angin, gelombang, dan pasang surut. Pada proyek ini diterapkan teknologi untuk mengkonversi energy alam menjadi energy listrik bangunan.

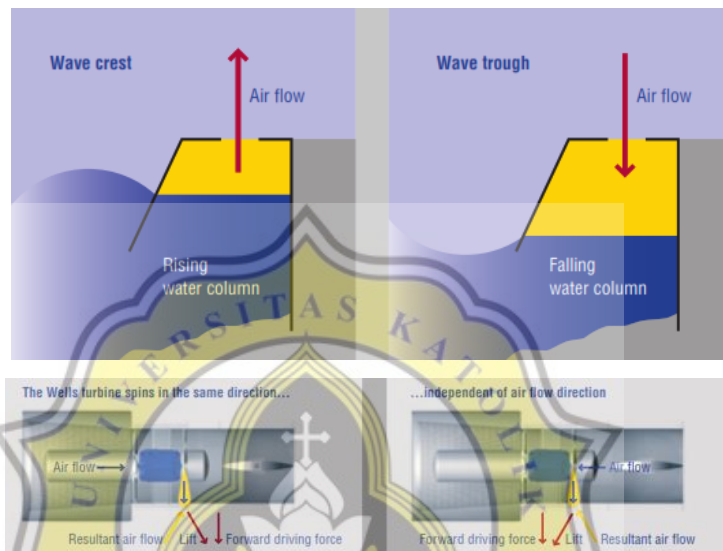
##### 1. Penggunaan Wave Turbine

Jenis wave turbine yang diimplementasikan pada proyek ini adalah *Oscillating Water Column* yang diproduksi oleh Voith Hydro. *Oscillating Water Column (OWC)* memanfaatkan gerakan gelombang untuk menggerakkan turbin dengan sistem



compress aliran udara dan menghasilkan gerakan turbin. Sehingga, dapat menghasilkan energy listrik. Daya listrik yang dapat dihasilkan oleh OWC adalah 1.752.000 kWh/unit/tahun.

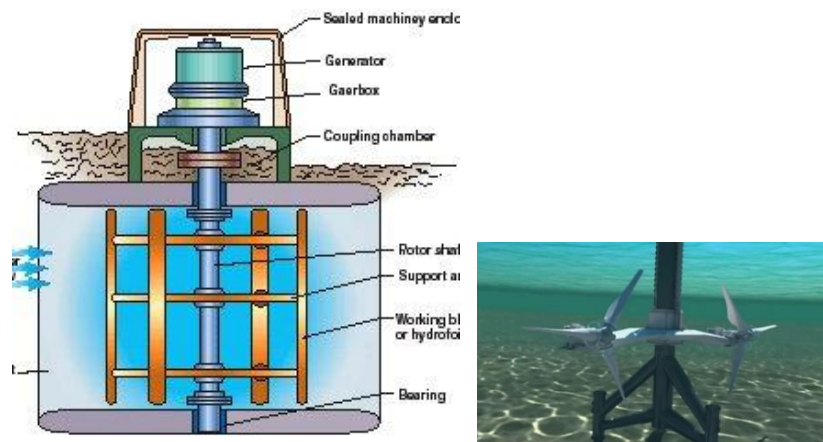
Penggunaan wave turbine ini menjadi penghasil energy utama di dalam bangunan karena dapat menghasilkan daya yang cukup besar. Peletakan wave turbin berada pada badan bangunan bagian dek untuk memudahkan penerimaan tekanan gelombang air laut.



Gambar 127. Oscillating Water Column (sumber: Voith Hydro)

## 2. Penggunaan Tidal Turbine

Pada proyek ini menggunakan teknologi *tidal turbine* atau energy pasang surut air yaitu *Davis Hydro Turbine*. Dimana, alat ini dapat menghasilkan daya sebesar 119.9 kWh/unit. Sehingga dalam 1 tahun *tidal turbine* ini memproduksi daya sebanyak 1.050.324 kWh/unit/tahun.

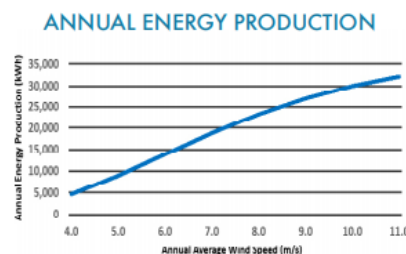


Gambar 128. Potongan *davis hydro turbine* (sumber: [https://www.researchgate.net/publication/321731435\\_A\\_Future\\_Development\\_Proposal\\_for\\_Micro\\_Hydropower\\_Plant\\_in\\_Bangladesh](https://www.researchgate.net/publication/321731435_A_Future_Development_Proposal_for_Micro_Hydropower_Plant_in_Bangladesh))

Tidal turbine memanfaatkan gerak vertikal pasang – surut air laut untuk menggerakkan baling – baling pada alat yang tersambung dengan generator listrik. Generator listrik kemudian mengisi *back up battery* (baterai) untuk disalurkan ke inverter listrik dan memenuhi kebutuhan listrik bangunan dalam kegiatan penelitian

### 3. Penggunaan *Wind Turbine*

*Wind turbin* diaplikasikan pada bangunan untuk digunakan sebagai sumber energy listrik alternatif yang membantu *wave turbine* dan *tidal turbine* memenuhi kebutuhan listrik. Kondisi tekanan angin pada tapak memungkinkan penggunaan *wind turbine* dengan kecepatan angin 5 – 20 knots. Wind turbin yang digunakan adalah SD6 kW *small wind turbine* yang dapat menghasilkan 5.2 kW setiap kecepatan 11 m/s. Turbin angin ini dapat diaplikasikan pada kegiatan 9 – 20 meter dan terhubung dengan generator listrik. Dan dalam 1 tahun, 1 unitnya dapat menghasilkan daya listrik sekitar 30.000 kWh.



Gambar 129. SD6 kW small wind turbine (sumber: <https://sd-windenergy.com/wind-turbine-servicing/>)

### 4. Penggunaan Solar Panel

Intensitas cahaya yang tinggi pada lokasi tapak dapat dimanfaatkan sebagai sumber energy listrik pada bangunan. Solar panel yang digunakan adalah solar panel dengan dimensi sekitar 1 x 0,6 x 0,025 meter dengan produksi daya listrik 100 watt/unit. Sehingga dalam perhitungannya 1 unit solar panel dapat menghasilkan sekitar 900 kWh pertahun.



Gambar 130. Solar panel (sumber: <https://www.sciencealert.com/scientists-identify-a-key-flaw-in-solar-panel-efficiency-after-40-years-of-searching>)

### 7.7.6 Perhitungan Konsumsi Daya Listrik

Energi listrik di dalam bangunan didistribusikan dari melalui 4 sumber yaitu *wind turbin*, *wave turbin*, *tidal turbin*, dan solar panel. Keempat turbin memproduksi listrik dan disimpan pada baterai disalurkan ke *power interface* dan disebarkan ke seluruh bangunan.

Kemudian, efisiensi energi pada bangunan menggunakan standar Intensitas Konsumsi Energi (IKE) yang diatur dalam Peraturan Gubernur no. 38 Tahun 2012 sebagai berikut :

#### Intensitas Konsumsi Energi (IKE)

- Perhitungan IKE yang direkomendasikan melalui Permen ESDM No.13 Tahun 2012 : 
$$IKE = \frac{\text{Konsumsi Listrik Rata-rata bulanan}}{\text{Luas Bangunan Gedung}}$$
- Nilai IKE yang dihasilkan akan menentukan apakah sebuah bangunan tergolong sangat efisien, efisien, cukup efisien dan boros.

Tabel Standar Intensitas Konsumsi Energi untuk Gedung Kantor Pemerintah

| Kriteria       | Gedung Kantor Ber-AC kWh/m <sup>2</sup> /bulan | Gedung Kantor Tanpa AC kWh/m <sup>2</sup> /bulan |
|----------------|--|--|
| Sangat Efisien | <8,5   | <3,4   |
| Efisien        | 8,5 - 14                                       | 3,4 - 5,6  |
| Cukup Efisien  | 14 - 18,5                                      | 5,6 - 7,4  |
| Boros          | >18,5  | >7,4   |

Sumber: Permen ESDM No. 13 tahun 2012

Gambar 131. Standar perhitungan IKE (sumber: <http://resqo.riau.go.id/page/kriteria-ike>)

Berdasarkan tabel standar perhitungan IKE, bangunan pada proyek ini mengambil nilai efisiensi dari gedung kantor dimana angka efisien energinya adalah 8.5 – 14. Sehingga perhitungan pencapaian energi yang harus dikeluarkan dalam 1 tahun adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
\text{Konsumsi energi 1 bulan (kWh)} &= \text{IKE} \times \text{Luas Total Bangunan} \\
&= 14 \times 15.863,54 \text{ m}^2 \\
&= 222.089,56 \text{ kWh}
\end{aligned}$$

Perhitungan diatas menunjukkan bahwa dalam 1 bulan, konsumsi energy bangunan yang harus dikeluarkan maksimal 222.089,56 kWh. Lalu, energi yang dibutuhkan bangunan dalam 1 tahun adalah 222.089,56 kWh x 12 bulan yaitu **2.665.074,72 kWh/tahun.**

Kemudian untuk memenuhi kebutuhan listrik bangunan maka dibutuhkan perhitungan jumlah daya listrik yang dihasilkan oleh *wave turbine*, *tidal turbine*, dan *wind turbine* untuk memenuhi kebutuhan listrik bangunan :

**Tabel 25. Perhitungan jumlah unit *ocean energy converter* (sumber: analisis pribadi)**

| No. | Jenis Turbine        | Daya listrik yang dihasilkan per tahun | Jumlah unit alat yang dibutuhkan |
|-----|----------------------|--|----------------------------------|
| 1.  | <i>Wave Turbine</i>  | 1.752.000 kWh                          | 1 unit                           |
| 2.  | <i>Tidal Turbine</i> | 1.050.324 kWh                          | 1 unit                           |
| 3.  | <i>Wind Turbine</i>  | 30.000 kWh                             | 1 unit                           |
| 4.  | <i>Solar Panel</i>   | 900 kWh                                | 20 unit                          |

Setelah melakukan perhitungan, total daya listrik yang dihasilkan *wave turbin* dan *tidal turbin* mampu memenuhi kebutuhan listrik bangunan dalam 1 tahun. Dengan jumlah total daya yang dihasilkan yaitu 2.802.324 kWh. Kemudian untuk *wind turbine* dan *solar panel* digunakan sebagai energy tambahan yang disimpan di dalam baterai menjadi cadangan energy bangunan apabila dibutuhkan pada waktu tertentu.

Berikut diagram alur distribusi energy pada proyek ini :

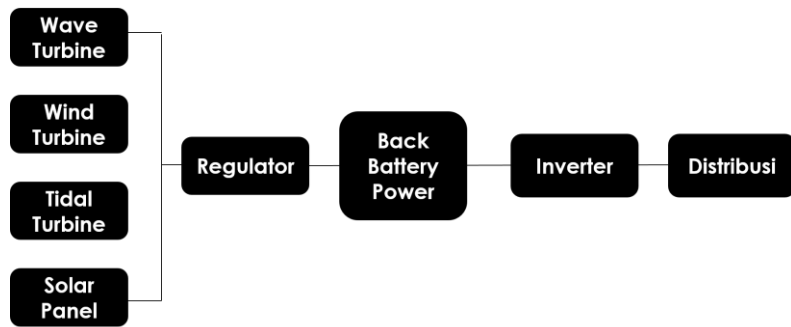
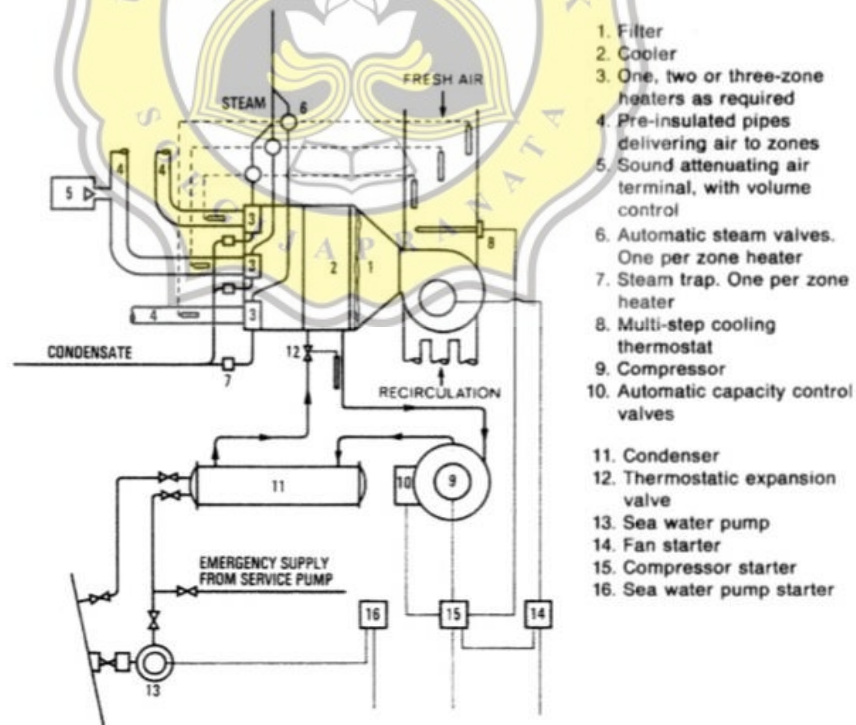


Diagram 25. Distribusi listrik bangunan (sumber: analisis pribadi)

Berdasarkan diagram, ditunjukkan bahwa seluruh energy dari pembangkit listrik dikumpulkan dalam satu ruang baterai yang menjadi cadangan daya untuk didistribusikan ke seluruh bangunan.

### 7.7.7 Sistem Penghawaan Bangunan

Sistem penghawaan pada bangunan menggunakan sistem *Central Unit Conditioning System*. Sistem ini juga diterapkan pada kapal sehingga dapat diaplikasikan ke dalam bangunan. Central Unit menggunakan sistem control zona yang memisahkan penghangat di masing – masing zona yang disediakan setiap unit, ditunjukkan pada gambar dibawah ini :

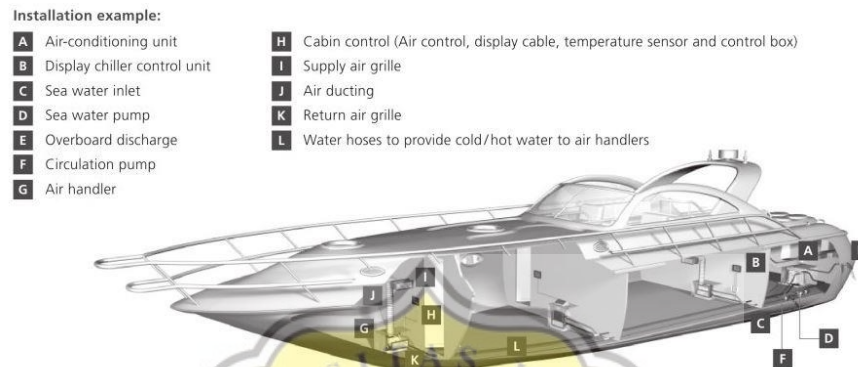


e 12.4 Zone Control System

Gambar 132. Zone control system (sumber: <http://generalcargoship.com/types-of-air-conditioning-system.html>)

Pada sistem penghawaan ini air laut dimasukkan melalui *sea water inlet* menggunakan *sea water pump*. Proses pendinginan air laut ini menggunakan *sea water cooling unit* dan disalurkan ke *air conditioning* untuk diubah menjadi udara segar yang disebarkan ke dalam ruangan.

Kemudian, panas dalam ruang diserap oleh evaporator pada komponen blower untuk disalurkan kedalam *return air grille*.



Gambar 133. Penerapan sistem penghawaan pada kapal (sumber: <https://pdf.nauticexpo.com/pdf/webasto/bluecool-premium/26413-92604-2.html>)

## 7.8 Sistem Pencahayaan

### 1. Pencahayaan Alami

Pencahayaan alami pada bangunan menggunakan skylight dengan menggunakan *high insulated glass* yang memantulkan cahaya matahari keluar.



Gambar 134. Preseden skylight (sumber: <http://www.reflecthouse.com/indoor-waterfalls-and-water-feature-2/>)

### 2. Pencahayaan Buatan

Pencahayaan buatan pada bangunan menggunakan pencahayaan yang hemat energy dan tahan lama seperti penggunaan lampu LED :

#### a. Philips LED Bulb

Lampu ini memiliki life time 15.000 jam atau setara dengan 15 tahun pemakaian.

#### b. Xiaomi Yeelight LED Ceiling Light Motion

Merupakan lampu LED hemat energy yang dapat mendeteksi sensor gerakan manusia. Dimana, apabila tidak ada orang yang lewat, lampu ini secara otomatis dapat meredupkan sendiri.



**Gambar 135. Lampu LED Yeelight dan Rechargeable LED Bulb (sumber: <https://www.tokopedia.com/finnixstore/xiaomi-yeelight-led-ceiling-light-motion-sensor-lampu-bohlam-led?src=topads>)**

