

## PENDEKATAN DAN LANDASAN PERANCANGAN

### 6.1 Pendekatan Konsep Umum

Sebagai Pusat Wisata *Underwater* yang menggunakan struktur terapung maka bangunan dirancang untuk memaksimalkan potensi terumbu karang sebagai objek wisata namun tetap memelihara dan melestarikan ekosistem terumbu karang disekitar bangunan. Disamping itu bangunan juga turut merespon alam khususnya oseanografi, maka dari itu untuk mencapai tujuan maka dilakukan pendekatan konsep perancangan yaitu:

#### 1. Biomimikri

Bangunan Pusat Wisata *Underwater* menerapkan konsep Biomimikri dari terumbu karang yang merupakan inspirasi dari alam melalui pola hidup, filosofi, interaksi dan perilaku dari organisme serta berkesinambungan dengan proses alam dan siklus kehidupannya sehingga bangunan Pusat Wisata *Underwater* dapat hidup berdampingan dengan alam serta menjadi *support system* dan mengoptimalisasi kualitas ekosistem khususnya terumbu karang di sekitar bangunan sehingga berdampak baik bagi objek wisata dan ekosistem.

#### 2. Porositas / *Porosity*

Bangunan Pusat Wisata *Underwater* menggunakan struktur apung maka dari itu berpengaruh terhadap ekosistem dibawah bangunan dikarenakan sinar matahari tidak dapat menembus ekosistem laut khususnya terumbu karang yang ada di bawah bangunan maka diterapkan konsep porositas dimana terdapat celah-celah pada bangunan yang memungkinkan cahaya matahari masuk kedalam perairan sehingga terumbu karang dapat tetap hidup dan berkembang biak dimana menjadi daya tarik lebih bagi wisatawan.

#### 3. *Climate Responsive*

Bangunan Pusat Wisata *Underwater* merespon iklim pada tapak dan memanfaatkan potensi laut sebagai sumber energi *renewable* pada bangunan dimana energi *renewable* merupakan energi bebas karbon sehingga tidak membahayakan ekosistem laut khususnya terumbu karang pada sekitar bangunan.

#### 4. *Sustainability*

Bangunan Pusat Wisata *Underwater* memanfaatkan *Ocean energy* dimana energi gelombang, pasang surut air laut, arus air laut, angin, dan sinar matahari merupakan sumber energi tak

terbatas dan bebas karbon sehingga menciptakan lingkungan yang berkelanjutan. Bangunan juga turut merespon iklim sehingga bangunan memanfaatkan fleksibilitas perairan sehingga bangunan memiliki ketahanan desain dan mampu bertahan dalam jangka waktu yang lama.

#### 5. Efektifitas Mobilitas (*Mobility*)

Sebagai Pusat Wisata *Underwater* yang berada ditengah laut dan mendekati sumber potensi ekosistem maka memberi *user experience* tersendiri serta bangunan dapat bergerak berpindah tempat menuju zona terumbu karang lainnya.

### 6.2 Landasan Perancangan Tata Ruang Bangunan

Pola tata ruang pada bangunan Pusat Wisata *Underwater* diterapkan pola radial yang berorientasi kepada ekosistem terumbu karang, pola radial sendiri merupakan susunan ruang yang mengelilingi center atau pusat dalam hal ini orientasi ruangan yang menghubungkan dengan ruang lainnya merupakan amphitheater. Dalam penataan ruang pola radial pengunjung dapat berkumpul pada amphitheater dan menyabar sesuai tujuan, disamping itu pola ini menguntungkan pusat wisata *underwater* dikarenakan percabangan fungsi utama wisata menyorok kearah ekosistem terumbu karang serta area cultivation serta pengunjung dapat dengan mudah menikmati alur wisata mulai dari awal hingga akhir secara runtut tanpa melewatkan fasilitas lainnya dikarenakan ruang saling terkoneksi, tatanan ruang pola radial juga turut memberi koneksi antara ruang dalam dengan ruang luar sehingga dapat menikmati keindahan alam laut dan pegunungan yang ada. Dengan pola radial memberi celah celah pada bangunan agar sinar matahari dapat menembus perairan sehingga ekosistem terumbu karang di bawahnya tetap dapat hidup dengan baik, disamping itu area celah dimanfaatkan sebagai *cultivation area* dimana turut serta membudidayakan terumbu karang (memperluas area terumbu karang) hal ini juga menjadi daya tarik pada pusat wisata *underwater* dikarenakan dengan terumbu karang dapat terlihat dari koridor bangunan serta menarik biota-biota laut lainnya. Dari sisi penghawaan pola ini menguntungkan agar angin alami dapat masuk kedalam bangunan melalui celah-celah yang ada.

*Gambar 76. Pola Ruang Radial*  
Sumber: (*Teori Lokasi Dan Pola Ruang*, n.d.)

*Gambar 77. Tata Ruang Bangunan*  
Sumber: Analisis Pribadi

### 6.3 Landasan Perancangan Bentuk Bangunan

Bentuk bangunan Pusat Wisata *Underwater* mempertimbangkan kondisi iklim dimana merespon angin dan gelombang pada bangunan. Gubahan massa bangunan didesain dengan menerapkan elemen lengkung agar menciptakan desain aerodinamis (memecah angin laut) dan hidrodinamis (memecah gelombang) sehingga bangunan tetap stabil. Bentuk gubahan bangunan melalui pendekatan biomimikri dari bentuk terumbu karang.

*Gambar 78. Presden Bentuk Bangunan*

Sumber: (*Fentress Reveals Winning Airport Designs*, n.d.)

*Gambar 79. Jenis Terumbu Karang Mushroom Coral Fiji*

Sumber: (*Mushroom Coral Fiji by Pete Oxford*, n.d.)

Penerapan konsep Biomimikri pada Pusat Wisata *Underwater* merupakan solusi dalam keberlanjutan alam melalui memahami aturan bentuk, prinsip, sistem dan proses tumbuh terumbu karang.

Terumbu Karang	Implementasi
Bentuk lengkung pada form terumbu karang merupakan respon dari tekanan air dimana bentuk struktur melengkung lebih kuat terhadap tekanan air dan erosi arus air.	Bentuk gubahan masa yang bergelombang dan terdiri dari bidang lengkung sehingga <b>aerodinamis dan hidrodinamis</b> disamping itu menurut (Farianto, n.d.) bidang sisi lengkung lebih menyerap gelombang sehingga amplitudo gelombang rendah (memecah angin dan gelombang) meminimalisir refleksi gelombang sehingga bangunan lebih stabil.
Menyangga dampak badai dan tsunami pada wilayah pesisir dimana memperlambat dan mengurangi kekuatan gelombang (mengurangi jarak serta amplitudo gelombang) disamping itu berfungsi sebagai peredam kejut garis pantai. Semakin kompleks dan sehat secara struktural (bentuk lengkung pada terumbu karang) maka gesekan yang timbul semakin besar sehingga memperlambat gelombang dan melindungi garis pantai.	Sumber: Analisis Pribadi
Sebagai tempat tinggal biota laut serta menjadi	Bentuk lengkung radial menciptakan

<p>sumber makanan bagi ikan.</p>	<p>turbulensi sehingga plankton akan berkumpul hal ini menyebabkan ikan turut berkumpul pada area turbulensi, sehingga biota laut berkumpul dan menjadi daya tarik pada Pusat Wisata underwater selain itu algae dan karang dapat tumbuh dan bersimbiosis sehingga terbentuk terumbu karang (nationalgeographic.grid.id)</p> <p>Sumber: Analisis Pribadi</p> <p>Pada platform bangunan menyediakan <b>perlindungan pada biota laut</b> dimana berperan sebagai media larva berenang dan menjadi inang sehingga dapat tumbuh menjadi koloni dewasa yang kemudia dapat ditanam kembali ke dasar laut, sehingga turut melestarikan ekosistem terumbu karang pada tapak pada sekitar bangunan.</p>
<p>Mebutuhkan penetrasi cahaya matahari untuk bersimbiosis dengan <i>zooxanthellae</i>.</p>	<p>Menerapkan <b>konsep porositas</b> sehingga cahaya dapat terfiltrasi kedalam dasar laut.</p>
<p>Sekitar 80% dari semua makanan yang difotosintesis oleh alga keluar dari mereka dan masuk ke dalam sel polip yang bergizi bagi polip sehingga mereka memiliki energi yang cukup untuk dihabiskan untuk membangun kerangka pelindung batu kapur pada terumbu karang.</p>	<p>Pada bangunan Pusat Wisata Underwater memanfaatkan <b>Ocean energy</b> sehingga bangunan menghasilkan energi secara mandiri.</p>
<p>Menyerap karbondioksida tiga kali lebih efektif dibandingkan pohon dan terumbu karang hidup di perairan yang jernih</p>	<p>Pada ekosistem dibawah bangunan yang tidak terkena cahaya matahari akan menimbulkan pencemaran air (keruh) disamping itu pencemaran juga dipengaruhi oleh</p>

	<p>penggunaan material struktur apung (Floating Cities From Concept To Creation, 2020).</p> <p>Sumber: (Floating Cities From Concept To Creation, 2020)</p> <p>Maka dari itu digunakan <b>Fiber-reinforced concrete</b> pada bangunan dimana tergolong material konstruksi ramah lingkungan dan berkelanjutan (Bruokalova, 2018).</p> <p>Menggunakan <b>Algal Turf Scrubber</b> untuk menghilangkan (memfiltrasi) air keruh dan polusi pada bagian bawah bangunan serta disekeliling bangunan (garis delineasi) dimana cara kerja <i>Algae turf Scrubber</i> meniru aksi gelombang pada terumbu karang yang mengalir diatas ganggang (merangsang pertumbuhan, mencegah refiltrasi air, meningkatkan fotosintesis karang) (Mentia, n.d.).</p> <p>Menerapkan <b>Bioreactor</b> pada bangunan dimana bioreactor berbasis algae mampu menyerap karbon dan polutan 400x lebih cepat dari pada pohon sehingga kualitas udara di sekitar tapak menjadi bersih.</p>
--	---

Sumber: Analisis Pribadi Berdasarkan Jurnal

Gambar 80. Penerapan Biomimikri pada Bangunan  
 Sumber: Analisis Pribadi

## 1 6.4 Landasan Perancangan Struktur Bangunan

Berdasarkan landasan teori pada Bab 5 maka struktur yang cocok untuk Pusat Wisata Underwater berdasarkan kondisi kontekstual pada tapak yaitu struktur *semi-submersible rig* yang mampu merespon gelombang dan arus laut serta dapat menampung kebutuhan bangunan (penerapan sistem *semi-submersible rig* dengan struktur ponton untuk menjaga kestabilan). Penggunaan struktur atap menggunakan struktur cangkang sedangkan struktur badan pada bangunan menggunakan struktur rangka baja bangunan kapal yang menggunakan logika sistem struktur rangka.

### 6.4.1 Struktur Atap

Struktur atap menggunakan struktur cangkang hal ini dikarenakan bentuk struktur cangkang yang fleksibel dan ringan sehingga mendukung bentuk desain biomimikri pada bangunan Pusat Wisata Underwater yang responsif terhadap iklim tapak disamping itu struktur cangkang memiliki sifat fleksibel terhadap lengkungan yang memanfaatkan kekakuan pada sambungan struktur serta beban yang di hasilkan stabil. Pada bagian kaca pelingkup skylight menggunakan kaca low emissive sehingga menghambat aliran panas masuk kedalam bangunan sehingga dapat mengurangi penggunaan energi dimana cahaya alami dapat masuk tanpa meningkatkan suhu dalam ruangan.

*Gambar 81. Sambungan pada Gridshell*  
Sumber: (Tumbeva & Thrall, 2021)

*Gambar 82. Bentuk Gridshell*

Sumber: (*How Virtual Becomes Real in Gridshell Design* – Karamba3D, n.d.)

### 6.4.2 Struktur Badan

Struktur badan bangunan menyerupai struktur bangunan kapal, deck sebagai struktur plat lantai, girder sebagai balok, transverse web frame sebagai kolom. Pada dasarnya menggunakan logika sistem struktur rangka.

*Gambar 83. Potongan Konstruksi Kapal*  
Sumber: (*Ship Construction*, n.d.)

### 6.4.3 Struktur Pondasi

Pemilihan struktur semi- submersible dipilih dikarenakan stabil secara struktur dan yang merespon gelombang secara minimal. Untuk menciptakan kestabilan bangunan pada bangunan mengapung digunakan sistem ponton pabrikasi dari *Hann Ocean*, merupakan jenis ponton modular *Rigifloat Containerized Pontoon System CPS 4088* yang dirancang berdasarkan standar kontainer pengiriman ISO dan telah mendapatkan sertifikasi DNV GL dimana memiliki unit RPC yang mudah diangkut dan dirangkai. Tiap modul berukuran 12,9 x 2,5 x 2,5 m berbahan dasar *mild steel* yang dapat menerima beban maksimal 60 ton dimana ponton platform ini bagian dari struktur apung bangunan yang menjadi penyeimbang struktur dengan sistem ballast dan prinsip *bouyancy*.

*Gambar 84. Rigid Float Containerized Pontoon System*

Sumber: (*RigidFloat Modular Pontoon System - HANN-OCEAN*, n.d.)

Struktur bangunan *underwater* menggunakan teknologi struktur pre-cast dari U.S. Submarine Structures, L.L.C. yang memproduksi teknologi ponton semi submersible (*underwater*) jenis struktur ini digunakan pada bangunan yang berada di dasar laut sedangkan bangunan yang mengapung menggunakan RPC. Perusahaan ini menyediakan jasa custom sesuai dengan kebutuhan dengan dan telah mematenkan teknologi struktur yang digunakan.

*Gambar 85. U.S. Submarine Structures, L.L.C. Struktur Underwater*

Sumber: (Bruce Jones, 2007)

*Seaflex* merupakan teknologi sistem mooring sehingga struktur bangunan mampu menyesuaikan gerak vertikal gelombang serta untuk mengantisipasi pasang surut laut. engan prinsip *bouyancy*. Pada sistem struktur ini platform bangunan diangkut dan ditambatkan pada seabed (dasar laut) hal ini untuk mempertahankan posisi platform atau deck bangunan sehingga tetap pada titik yang sudah ditentukan, kelebihan dari sistem *Seaflex* jika terjadi bencana alam bangunan dapat berpindah menuju lokasi evakuasi yang lebih aman.

*Gambar 86. System Mooring Seaflex*

Sumber: (*Marinas - Seaflex*, n.d.)

### 6.5 Landasan Perancangan Bahan Bangunan

Penggunaan material pada bangunan Pusat Wisata *Underwater* menggunakan material yang

ringan dan tahan terhadap iklim laut yang ekstrim disamping itu bahan bangunan yang digunakan memiliki insulasi thermal yang baik, bahan bangunan yang digunakan selain kuat dan ringan juga durable pada kondisi iklim laut (angin, gelombang, air laut, panas matahari).

Tabel 26. Bahan Bangunan

Bagian	Material	Keterangan	Gambar
Pondasi	<i>Rigifloat Containerized Pontoon System CPS 4088</i>	Struktur ponton platform ini stabil secara struktur dan merespon gelombang secara minimal.	Sumber: ( <i>RigidFloat Modular Pontoon System - HANN-OCEAN, n.d.</i> )
Pondasi <i>Underwater</i>	<i>U.S. Submarine Structures, L.L.C. Struktur Underwater</i>	Struktur bangunan <i>underwater</i> menggunakan teknologi struktur pre-cast dari U.S. Submarine Structures, L.L.C. yang memproduksi teknologi ponton semi submersible ( <i>underwater</i> ) jenis struktur ini digunakan pada bangunan yang berada di bawah laut.	Sumber (Bruce Jones, 2007):
Struktur Badan	Struktur Rangka	Struktur badan bangunan menyerupai struktur bangunan kapal, deck sebagai struktur plat lantai, girder sebagai balok, transverse web frame sebagai kolom. Pada dasarnya menggunakan logika. sistem struktur rangka.	Sumber: ( <i>Ship Construction, n.d.</i> )
Plat Lantai	Floating Concrete	Terbuat dari campuran alumunium dengan polypropylene fibers, nano silica, CaC12. Bahan ini	Sumber: ( <i>Mengenal Concrete Floating Dock Si Beton Apung   UPRECAST, n.d.</i> )

		ringan sehingga dapat mengurangi beban bangunan.	
Lantai	Conwood Deck	Tampilan menyerupai kayu asli, tahan terhadap perubahan cuaca, ramah lingkungan, bersifat dingin sehingga jika terpapar matahari kaki pengguna tidak merasa terlalu panas dan tidak licin.	Sumber: ( <i>Conwood Deck – Conwood Indonesia</i> , n.d.)
	Vinyl	Memiliki beragam motif, mudah dibersihkan, nyaman di pijak, awet dan tahan lama, fire resistant.	Sumber: ( <i>Lantai Vinyl - CRONA</i> , n.d.)
	Epoxy	Daya tahan tinggi, durabilitas baik, proteksi terhadap lantai dari retak, pecah dan lembab.	Sumber:( <i>Cat Epoxy</i> , n.d.)
Badan Bangunan	Fiberglass	Memiliki karakteristik tahan panas pada suhu tinggi, konstruksi ringan dan stabil, penyerapan air rendah.	Sumber: ( <i>Fiberglass Wall &amp; Ceiling Panels – Fiberglass Solutions</i> , n.d.)
Dinding Interior	EPS ( <i>Expanded Poly Styrene</i> )	Konduktivitas termal sangat rendah (98% kandungan merupakan udara) sehingga memiliki insulasi termal yang baik.	Sumber:( <i>Expanded Polystyrene (EPS) Foam to Build Houses in Beiyuan</i> , n.d.)
	<i>High Thermal Insulating Glass</i> (Low emissivity)	Kaca dilapisi coating metalic sehingga memantulkan panas keluar ruangan.	Sumber: ( <i>Thermal Insulation (Low-E)   AGC Yourglass</i> , n.d.)
Dinding <i>Underwater</i>	Concrete	Kuat menahan tekanan gelombang, arus dan air laut serta durable.	Sumber: ( <i>Australian Underwater Discovery Centre in the Media</i> -

			<i>Subcon, n.d.)</i>
	Acrylic Glass	Akuarium acrylic lebih kuat dalam menahan beban tekanan air dari pada kaca dan lebih ringan, acrylic mudah dibentuk, transparansi 92% (melebihi kaca), isolasi thermal baik, stabil dalam kondisi cuaca ekstrim.	Sumber: <sup>31</sup> ( <i>China Acrylic Glass PMMA Underwater Tunnel Aquarium Curved Acrylic Panels Project Manufacturer - China Tunnel Curve Acrylic Sheet, Customized Size Aquarium Tunnel, n.d.)</i>
Atap	Struktur atap menggunakan rangka baja (Scottsdale Construction System)	Struktur ringan dibandingkan rangka baja yang digunakan untuk bangunan terapung pada umumnya, pengurangan berat diperoleh dari baja galvanis <i>cold formed</i> .	Sumber: ( <i>Gridshell - Wikipedia, n.d.)</i>
	Pelengkup atap menggunakan GFRC Exterior board	Mampu bertahan pada cuaca ekstrim, ringan, ramah lingkungan.	Sumber: ( <i>GFRC (Glass Fiber Reinforced Concrete), n.d.)</i> )
	<i>Insulasi Thermal Polyurethane Foam.</i>	Memiliki kemampuan penahan udara dan paling efektif menahan panas, sangat ringan sehingga tidak membebani struktur, insulasi vertikal dan horizontal, awet dan tahan lama.	Sumber: ( <i>Closed Cell Rigid Polyurethane Foam Thermal Insulation , n.d.)</i>

Sumber: Analisis Pribadi Berdasarkan Jurnal

## 6.6 Landasan Perancangan Wajah Bangunan

Wajah pada bangunan Pusat Wisata *Underwater* didesain dengan memberi celah kisi kisi pada bangunan, hal ini berfungsi untuk memasukan terang langit dan angin sebagai penghawaan alami pada bangunan serta untuk meredam panas pada bangunan. Disamping itu berfungsi untuk

memberi koneksi ruang dengan alam sekitar sehingga pengunjung dapat menikmati keindahan yang ada. Elemen lengkung pada kisi kisi bangunan dirancang menyerupai pattern atau pola pada terumbu karang hal ini merupakan bentuk respon dari pencahayaan matahari dan angin.

*Gambar 87. Wajah Bangunan Dengan Kisi-Kisi*

Sumber: (Contreras Earl Architecture Designs "Living Ark" for Coral Conservation, n.d.)

## 6.7 Landasan Perancangan Tata Ruang Tapak

Tatanan ruang tapak didesain sesuai hubungan antar ruang serta mempertimbangkan sumber ekosistem terumbu karang maka dari itu kegiatan utama pada Pusat Wisata Underwater di letakan di sayap kiri dimana dekat dengan perairan potensi terumbu karang yang termasuk zona publik sehingga memerlukan visibilitas yang tinggi maka dari itu di letakan dekat dengan entrance, sedangkan pada bagian pengelola yang bersifat private (zona private) diletakan di tengah sehingga pencapaian antar unit jenis wisata mudah serta pada bagian area pengelola dan service terdapat instalasi utilitas ocean energy dimana sistem energi dan utilitas bangunan berpusat pada bagian pengelola. Perletakan ocean energi diletakan jauh dari aktifitas kegiatan wisata sehingga tidak berbahaya dan mengurangi kecelakaan bagi pengunjung, area ini merupakan area privat.

*Gambar 88. Tata Ruang Tapak*

Sumber: Analisis Pribadi

## 6.8 Landasan Perancangan Utilitas Bangunan

### 6.8.1 Utilitas Air Bersih

Penerapan sistem utilitas air bersih pada bangunan menggunakan sistem *Reverse Osmosis* dimana air laut dimurnikan dan dihilangkan zat toxic sehingga air tidak beracun dan berbahaya yang digunakan untuk mensuplai kebutuhan air bersih pada bangunan Pusat Wisata *Underwater* yang ditampung pada tanki air, sistem utilitas air bersih pada bangunan menggunakan *down feed system* memanfaatkan gaya gravitasi dimana air dialirkan menuju roof tank dan dibantu oleh pompa air untuk memompa air menuju seluruh bangunan.

*Gambar 89. Skema Instalasi Reverse Osmosis*

Sumber: (Help - Instalasi RO System, n.d.)

*Gambar 90. Standar Kebutuhan Air Bersih*  
Sumber: (Badan Standardisasi Nasional, 2005)

Berdasarkan standar pemakaian air rata-rata bangunan Pusat Wisata *Underwater* sebesar 50 liter/pengguna. Kapasitas bangunan sebanyak 643 untuk wisatawan dan 114 untuk pengelola maka total pengguna bangunan sebanyak 757 orang.

Kebutuhan air bersih pada bangunan = 50 liter x 757 orang  
= 37.850 liter

Sehingga dibutuhkan tanki penyimpanan air bersih yang sudah diolah (*water purified storage*) dengan kapasitas 24.000 m<sup>3</sup> dibutuhkan 2 tanki kapasitas 24.000 m<sup>3</sup> dengan dimensi 400 x 300 x 200 cm

### 6.8.2 Utilitas Air Kotor

Sistem utilitas air kotor terdapat 2 jenis yaitu untuk black water menggunakan sistem *Sewage Treatment Plant*, limbah *black water* dari pengguna bangunan dialirkan menuju tanki *sewage treatment plant* yang dibantu sewage pump sehingga dihasilkan air pembuangan yang jernih dan tidak berbau serta bebas dari limbah padat terapung yang aman dibuang kelaut. Sedangkan *grey water* berupa limbah air flushing, wastafel, avoor menggunakan sistem *greywater discharge* yang diolah melalui reverse osmosis sehingga dapat digunakan kembali untuk keperluan flushing.

*Gambar 91. Skema Sewage Treatment Plant*  
Sumber: (K-05 Marine Sewage Treatment Palnts, n.d.)

*Gambar 92. Water Treatment Plant pada Kapal*  
Sumber: (*Waste Water Treatment on Ships - Bright Hub Engineering*, n.d.)

### 6.8.3 Utilitas Kebakaran

Sistem pemadam kebakaran pada bangunan Pusat Wisata *Underwater* terbagi - menjadi dua yaitu sistem kebakaran aktif dan pasif, diantaranya sebagai berikut:

**1. Hydrant Kapal** membantu memadamkan kebakaran dalam skala besar sedangkan air yang digunakan untuk memadamkan api bersumber dari air laut, komponen hydrant kapal

terdiri dari:

- Ruang Mesin: berfungsi mengoperasikan hydrant kapal yang terdiri dari generator, main pump, dan kontrol panel.
- Self Priming Sewage Pump: alat pompa air yang digunakan pada hydrant kapal (dioperasikan tenaga listrik atau disel).
- Fire Water Monitor: komponen yang menghubungkan anantara hydrant kapal dengan alat pemadam kebakaran eksternal (fire extinguisher dan sprinkle).
- Hose Reel: komponen penyimpanan selang yang digunakan untuk mengalirkan air.
- Sewage: tanki penampung air laut.

## 2. APAR Khusus Kapal

- APAR Dry Chemical Powder: digunakan untuk masalah kebakaran kelas C yang disebabkan kelistrikan dan dipasang pada berbagai penjuror bangunan.
- APAR Foam: digunakan untuk masalah kebakaran kelas B yang disebabkan oleh benda cair mudah terbakar seperti minyak, diletakan pada penyimpanan bahan bakar.

### 6.8.4 Utilitas Listrik

Sumber listrik pada bangunan memanfaatkan energi laut hal ini dikarenakan lokasi tapak yang berada di tengah laut, dimana bangunan memanfaatkan energi matahari, gelombang, angin yang dikonversikan menggunakan teknologi menjadi energi listrik.

#### 1. Solar Panel

Intensitas cahaya matahari pada tapak tinggi sehingga dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik melalui teknologi panel surya, jenis panel surya yang digunakan adalah jenis *Solar Sea Power* yang menyerap cahaya matahari paling efisien, efisiensi konversi cahaya matahari menjadi listrik sebesar 40% dan mencapai 678 kWp dengan adanya 12 panel surya, panel surya jenis ini mampu bertahan pada cuaca ekstrim (gelombang air laut, badai dan air asin).

*Gambar 93. Solar Panel pada Offshore*

Sumber: (Lux South Ari Atoll Chases the Sun in World's First Solar-Powered Boat: *Travel Weekly Asia*, n.d.)

## 2. Wind Turbine

Wind turbine atau kincir angin digunakan sebagai cadangan energi listrik pada bangunan (energi alternatif) hal ini dikarenakan kecepatan angin pada tapak tergolong *moderate breeze*. Wind turbine mengkonversi energi mekanis dari angin menjadi energi putar pada kincir yang menggerakkan generator dan menghasilkan listrik dimana daya efektif yang dipanen oleh satu wind turbine sebesar 20% - 30% secara umum menghasilkan energi 2-3 MW. Tipe Wind Turbine yang digunakan adalah tipe TASV atau turbin angin sumbu vertikal dimana arah angin pada tapak berubah-ubah tidak menentu sehingga jenis turbin vertikal yang paling efektif dikarenakan turbin tidak harus diarahkan ke angin agar efektif. Jenis yang digunakan adalah jenis turbin angin Darrieus Savonius (Helical), menurut (Muhammad Akbar & Rangkuti, 2018) jenis turbin Darrieus Savonius memproduksi daya listrik paling besar dibandingkan dengan jenis vertikal turbin lainnya.

Gambar 94. Turbin Darrieus Savonius

Sumber: (Turbin Angin ~ Dunia Mesin, N.D.)

Perhitungan daya listrik tiap unit wind turbine dalam 1 tahun (kapasitas faktor 25%):  
= [2 MW x 365 hari x 24 jam] x 25%  
= 4.380.000 kWh per tahun tiap unitnya

## 3. Wave Turbine

Wave turbine merupakan pembangkit listrik tenaga gelombang laut, melihat dari potensi tapak yang berada di laut jenis pembangkit listrik tenaga gelombang cocok untuk diterapkan menjadi sumber energi pada bangunan. Jenis pembangkit listrik tenaga gelombang selain ramah lingkungan dalam pengoperasiannya tidak merusak ekosistem laut dibawahnya. Jenis teknologi yang digunakan adalah teknologi *oscilating water column* (PLTGL-OWC) yang diproduksi oleh Voith Hydro dimana memanfaatkan gerak gelombang untuk menggerakkan turbin melalui sistem kompres aliran udara, pemilihan jenis turbin *oscilating water column* dikarenakan tinggi gelombang pada tapak relatif konstan, tinggi gelombang pada tapak 0,1 m hingga 0,5 m, koefisien tinggi pasang surut rata-rata 53 dan periode ombak 6,2 detik. Daya listrik yang dihasilkan 949 kw per unit tiap bulannya.

Gambar 95. Skema Oscilating Water Column  
Sumber: (Hasan & Manasseh, 2014)

Gambar 96. Diagram Skema OWC  
Sumber: (Wayan & Wijaya, 2010)

Perhitungan daya listrik tiap unit wave turbine dalam 1 tahun (kapasitas faktor 40%):  
= [949 kw x 365 hari x 24 jam] x 40%  
= 8.313.240 x 40%  
= 3.325.296 kWh per tahun tiap unitnya

#### 4. Tidal Turbine

Jenis tidal turbine yang digunakan adalah jenis Davis Hydro Turbine yang memanfaatkan gerak vertikal pada pasang surut air laut, tidal turbine mengkonversikan kinetik pasang surut air laut mendorong turbin dan mengubah turbin menjadi generator sehingga menghasilkan listrik yang kemudian mengisi baterai (*back up battery*) lalu disalurkan menuju inverter listrik untuk memenuhi kebutuhan listrik bangunan pusat wisata underwater.

Gambar 97. Potongan Tidal Turbine  
Sumber: (Hadžić et al., 2018)

Perhitungan daya listrik tiap unit tidal turbine dalam 1 tahun:  
= [500 kWh x 365 hari x 24 jam]  
= 4.380.000 kWh per tahun tiap unitnya

#### 6.8.5 Perhitungan Konsumsi Listrik

Sumber energi listrik pada bangunan bersumber dari *solar panel*, *wind turbine*, *wave turbine* dan *tidal turbine* dimana memanfaatkan energi laut terbaharukan yang bebas karbon sehingga ramah terhadap ekosistem. Sumber energi listrik disalurkan menuju *power interface* dan didistribusikan ke seluruh bangunan, efisiensi energi menggunakan acuan IKE dalam Peraturan

Gubernur No 38 tahun 2012 hal ini dijadikan acuan untuk mengukur seberapa besar konversi energi yang digunakan.

*Gambar 98. Standar IKE*  
Sumber: (Permen ESDM No.13 Tahun 2012, n.d.)

Berdasarkan jenis gedung pada standar IKE maka bangun Pusat Wisata Underwater tergolong komersil dengan nilai efisiensi energi 8,5 – 14 kWh/m<sup>2</sup>, maka perhitungan energi dalam 1 tahun:

$$\begin{aligned}\text{Konsumsi energi} &= (\text{IKE} \times \text{Luas Total Bangunan}) \times 12 \text{ bulan} \\ &= (14 \times 9.870,42 \text{ m}^2) \times 12 \text{ bulan} \\ &= 138.185,88 \text{ kWh} \times 12 \text{ bulan} \\ &= 1.658.230,56 \text{ kWh per tahun}\end{aligned}$$

Sehingga energi yang dibutuhkan dalam sebulan 138.185,88 kWh, sedangkan energi yang dibutuhkan dalam setahun 1.658.230,56 kWh per tahun.

### **6.9 Mitigasi Bencana**

Berdasarkan analisis dan sejarah pada lokasi tapak tidak pernah terjadi bencana tsunami, bencana yang terjadi secara periodik yaitu gempa bumi dan kebakaran maka dari itu bangunan menerapkan antisipasi dan penanganan kebakaran yang sudah dijelaskan pada bab 5 dan untuk jalur evakuasi penyelamatan bencana gempa bumi melalui dermaga yang menghubungkan bangunan dengan daratan tanah lapang.