

BAB 5. LANDASAN TEORI

Dalam merumuskan landasan teori berdasarkan penelusuran masalah pada bab sebelumnya, penulis membuat diagram kajian landasan teori sebagai berikut :

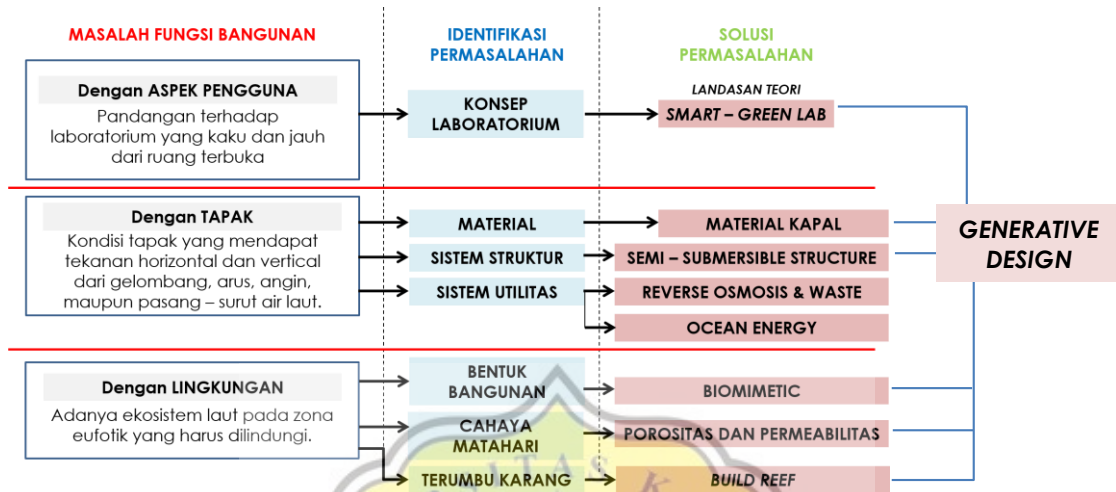
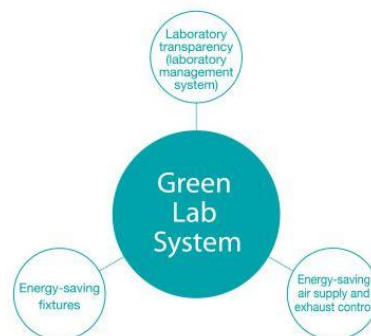


Diagram 16. Kajian landasan teori (sumber: analisa pribadi)

Pada Diagram 16, setelah mengidentifikasi permasalahan pada aspek pengguna, tapak, dan lingkungan maka dirumuskan solusi permasalahan pada proyek. Sehingga pada bab ini, penulis mengkaji teori dari tiap solusi permasalahan untuk digunakan sebagai landasan perancangan berikutnya.

5.1 Landasan Teori pada Aspek Pengguna

Laboratorium penelitian sebagai tempat kerja untuk melakukan penelitian ilmiah sehingga diperlukan adanya pertimbangan arsitektur, teknik operasional, keselamatan, dan keberlanjutan untuk desain laboratorium penelitian. Saat ini telah berkembang konsep *green laboratory* sebagai laboratorium yang menggunakan prinsip ekologi dengan sistem *green lab* dan *energy saving management*.



Gambar 74. Green Lab system (sumber: https://www.orientalgiken.co.jp/english/solution/green_lab.html)

5.1.1 Sistem Green Lab

Konsep Green tetap mengedepankan tingkat penghematan energi, total aliran udara, pertimbangan jenis alarm keselamatan, jumlah peralatan yang menghasilkan asap, dan keamanan kerja.



Gambar 75. Aspek kenyamanan dan keselamatan ruang laboratorium (sumber: Process Architecture in Biomanufacturing Facility Design)

Energy saving management diwujudkan dengan menggunakan peralatan yang meningkatkan penghematan energi dengan sistem penyerapan asap dan *detector* gerakan yang serba otomatis untuk mencegah pemborosan operasional energi.

1. Pertimbangan Kenyamanan Arsitektural dan Spasial

Pertimbangan desain arsitektural untuk ruang laboratorium sebaiknya memiliki beberapa persyaratan utama, yaitu :

- a. Area administrasi harus dekat dengan pintu masuk utama.
- b. Area gudang harus dekat dengan pintu servis dan memiliki akses langsung ke laboratorium dan area penunjang.
- c. Laboratorium dengan bahan – bahan tertentu sejauh mungkin dari pintu utama dan lobby.
- d. Ruang istirahat, cafeteria, dan ruang rapat sejauh mungkin dari aktivitas produksi atau area steril.
- e. Glassware dan area persiapan dekat dan memiliki akses khusus ke area laboratorium. (Basic Architectural Design Consideration for a Laboratory, Ally:2010)

Modul Perencanaan Laboratorium

Modul di dalam penataan laboratorium merupakan komponen utama untuk mengkoordinasi semua sistem arsitektur dan teknik. Paket modular dirancang dengan baik akan memberikan manfaat fleksibilitas dan perluasan tanpa mengorbankan fungsional fasilitas.

Konsep Perencanaan Laboratorium

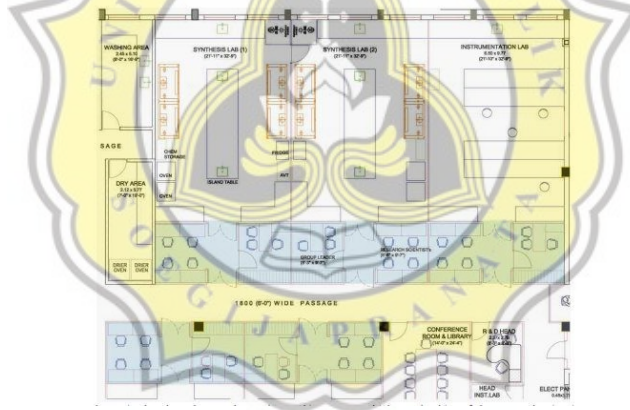
Zonasi bangunan antara ruang laboratorium dan non – laboratorium diperlukan untuk memberikan udara segar bagi para peneliti. Selain itu pemandangan dari dalam keluar juga diperlukan untuk memasukkan pencahayaan alami.



Gambar 76. Modul penataan laboratorium (sumber: Whole Building Design Guide)

Untuk membangun hubungan antar laboratorium secara fungsional, administrasi, area istirahat, koridor lalu lintas utama, dan koridor servis (utilitas) ada beberapa cara untuk mengatur sirkulasi ruang – ruang tersebut, antara lain :

1. *A single corridor lab design with labs and offices adjacent to each other*



Gambar 77. Tata sirkulasi laboratorium dan ruang kerja peneliti (sumber: Arena consultant)

Area berwarna biru menunjukkan area kerja peneliti.

2. *A single corridor with office clustered at the end or in the middle*



Gambar 78. Tata sirkulasi lab yang terkluster di tengah (sumber: Arena consultant)

Area berwarna kuning menunjukkan area laboratorium terpisah secara fisik dari area non – laboratorium. Area non – laboratorium berlokasi dekat dengan pintu entrance.

3. *A single corridor with office clustrers directly accessing the main labs*



Gambar 79. Tata ruang kerja peneliti dan laboratorium (sumber: Arenaconsultant)

Pada tata ruang ini sirkulasi ruang laboratorium memiliki akses langsung dengan ruang kerja peneliti.



Gambar 80. Penataan perabot pada ruang laboratorium (sumber: <https://www.wbdg.org/resources/lab-module%E2%80%94basis-laboratory-design>)

2. **Pertimbangan Kenyamanan Thermal**

Konsep Smart Green Lab dalam kenyamanan thermal menggunakan standar material tertentu untuk menjaga suhu di dalam ruangan.

a. *Heat Insulated Walls*

Material dinding yang digunakan sebaiknya adalah material insulasi yang dapat menahan suhu udara luar memasuki ruangan dengan cepat. Material insulasi yang digunakan adalah *polyurethane foam*.

b. *High thermal insulating glass*

Material kaca yang digunakan untuk mengurangi radiasi panas tinggi ke dalam bangunan berupa high thermal insulating glass yang disebut juga *low emissivity* atau *low-E glass*. Dimana, kaca tersebut menggunakan transparent metallic coating yang memantulkan panas dari radiator. Selain memantulkan panas keluar ruangan, kaca ini dapat memaksimalkan pencahayaan alami bangunan sehingga dapat meningkatkan efisiensi energy bangunan.

c. *High insulation roof made of laminated wood*

Kenyamanan thermal pada ruang laboratorium membutuhkan insulasi pada material atap. Berdasarkan Kerakoll Green Building Company, untuk menciptakan suhu udara yang nyaman bagi ruang laboratorium dibutuhkan material insulasi tinggi yang menggunakan laminated wood atau material kayu. Dimana, material tersebut dilengkapi dengan sistem Cool Roof sehingga memiliki kemampuan untuk memantulkan cahaya matahari dan secara natural mengurangi pemanasan dalam ruangan.

3. Pertimbangan Kenyamanan Visual

a. Natural Lighting (Pencahayaan Alami)

Penggunaan pencahayaan alami pada ruang laboratorium disesuaikan dengan kebutuhan agar tidak terlalu banyak cahaya yang masuk dan mempengaruhi suhu di dalam ruangan.

b. Artificial Lighting (Pencahayaan Buatan)

Pencahayaan buatan yang dibutuhkan menurut SNI 03-6575-2001, membutuhkan tingkat intensitas cahaya sebanyak minimal 500 lux untuk kejelasan visual terhadap objek laboratorium.

4. Pertimbangan Kenyamanan Akustik

Untuk memberikan kenyamanan secara akustik, insulasi panas di dalam bangunan dapat bekerja sekaligus menjadi insulasi akustik. Dimana polytherane foam memiliki permukaan yang kasar dan tebal.

5.2 Landasan Teori pada Aspek Tapak

Kondisi tapak berada di lepas pantai membutuhkan kajian teori mengenai material, struktur terapung yang menunjang keselamatan pengguna, dan sistem utilitas bangunan.

5.2.1 Material Bangunan Terapung

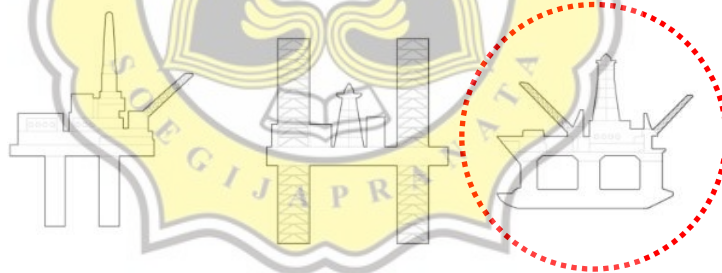
Material yang digunakan pada proyek ini menggunakan material kapal dimana diketahui bahwa material kapal merupakan material yang pasti dapat bertahan pada kontekstual tapak di air.

Secara umum, kapal memiliki berbagai macam material untuk membuatnya seperti kayu, *fiberglass*, *ferrocement*, dan baja. Mayoritas material kapal adalah baja. Baja digunakan sebagai konstruksi bagian dalam dan juga pelingkup dengan finishing tertentu (Djaya,2008:3). Sistem konstruksi baja disambung menggunakan sistem las yang lebih cepat dan lebih ringan.

5.2.2 Sistem Struktur Bangunan

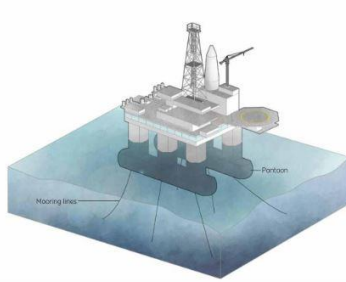
1. Struktur *Semi – Submersible Rig*

Struktur bangunan terapung yang diterapkan penulis menggunakan sistem apung oleh anjungan lepas pantai untuk pengeboran minyak. *Platform rig* memiliki struktur yang stabil di lantai laut dan permukaan laut. Secara umum terdapat 3 tipe struktur rig yaitu *fixed platform*, *jack up rig*, dan *semi – submersible rig* dan berlokasi di lepas pantai. *Fixed platform* dan *Jack up rig* dapat beroperasi di lautan dangkal, sedangkan *semi – submersible* dapat beroperasi di laut yang lebih dalam (diatas 100 meter dpl).



Gambar 81. concrete gravity - based platform (kiri), jack up rig (tengah) dan semi - submersible (kanan) (sumber: Floating City by Tee Yong Kiat)

Teknologi struktur terapung yang digunakan adalah *semi – submersible rig*. Berbeda dengan *fixed* dan *jack up rig*, *semi – submersible* memiliki adaptasi terhadap pergerakan air yang lebih kuat. Hal tersebut dikarenakan dek apung didukung oleh adanya ponton dan menjaga kestabilan garis angkur.



Gambar 82. Semi - submersible rig (sumber: Floating city)

Sistem submersible menggunakan logika kapal dalam menciptakan keseimbangan dan kestabilan strukturnya.



Gambar 83. Potongan struktur kapal (sumber: Floating city)

Pada dasarnya, kapal bisa berada diatas air karena adanya gaya gravitasi dan berat kapal menggantikan sejumlah air. Fenomena ini merupakan Hukum Archimedes sebagai berikut :

$$F_b = \text{Buoyant force}$$

$$F_b = \rho \cdot g \cdot v, \text{ where}$$

ρ = density of sea water
(Average value = 1025 kg/m³)

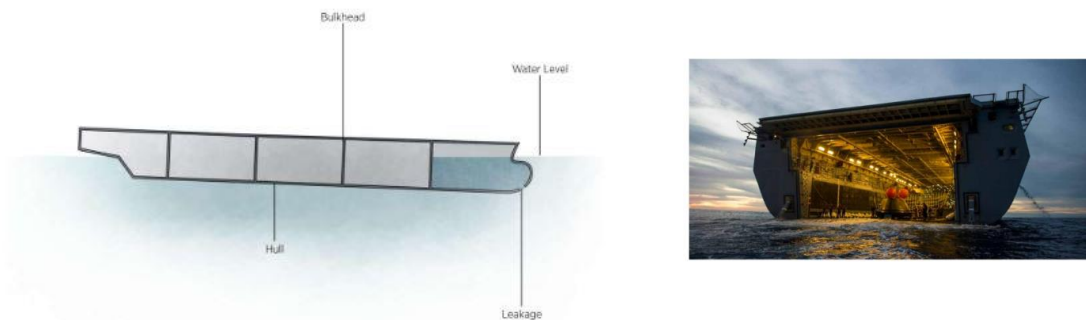
g = gravitational force
(Average value = 9.81m/s²)

v = volume of displaced water

Gambar 84. Rumus perhitungan gaya Buoyant (sumber: Floating city)

Berdasarkan hukum Archimedes, gaya *buoyant* sebanding lurus dengan berat air laut, yang mana tekanan air ke atas berlawanan arah dengan berat kapal. Dengan tujuan untuk mengapungkan kapal di air, diasumsikan gaya gravitasi dan air yang berpindah adalah konstan, seluruh massa jenis kapal harus kurang dari massa jenis air. Dengan

kata lain, tidak masalah besar atau kecilnya kapal, factor yang menentukan adalah massa jenis kapal.



Gambar 85. Aplikasi bulkhead (dinding pemisah pada kapal) (sumber: Floating city)

Pada dasarnya untuk mengapung, kapal memiliki bagian – bagian penting yang menyebabkan kapal dapat mengapung, antara lain :

1. *Hull*

Merupakan badan kapal yang kedap air dimana bentuknya bergantung pada fungsi kapal.

2. *Bulbous bow*

Merupakan bagian kapal yang menonjol dibawah level air. Fungsi utamanya adalah untuk memodifikasi arus air di sekeliling hull untuk mengurangi gaya tarik horizontal air.

3. *Propeller*

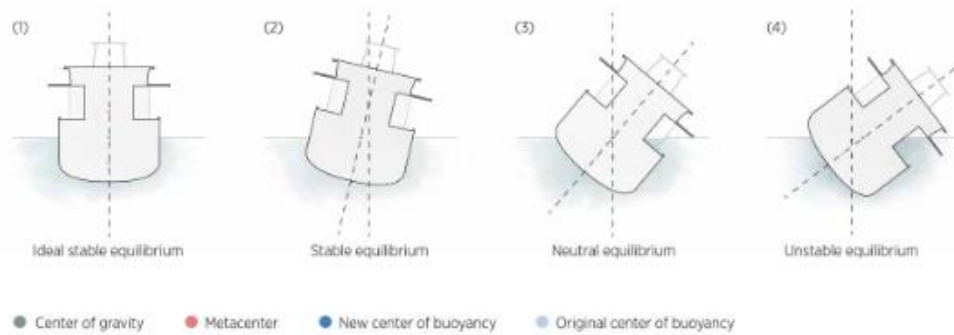
Disebut juga kemudi untuk mengarahkan gerak kapal.

4. *Row thruster*

Merupakan busur pendorong yang menjadi tenaga penggerak dan dipasang pada bagian *bow*.

Center of gravity dan Metacenter

Center of gravity atau pusat gravitasi merupakan poin dimana massa sebuah objek berkonsentrasi. Lalu, metacenter adalah garis bagi suatu objek menjadi 2 sisi yang memiliki massa jenis sama. Ideal stable equilibrium adalah kestabilan yang sempurna dimana metacenter berposisi diatas pusat gravitasi. Dan pusat buoyancy secara langsung berada di bawah pusat gravitasi. Pada situasi ini, kapal akan secara sempurna berdiri stabil diatas air.



Gambar 86. Ideal stable equilibrium (sumber: Floating city)

2. Pemecah Gelombang Terapung (*Floating Breakwater*)

Breakwater adalah struktur buatan lepas pantai yang diletakkan di sekitar garis pantai untuk menjadi zona perlindungan struktur pesisir. Fungsi utama breakwater adalah untuk mengurangi intensitas gelombang dan erosi pesisir.

Breakwater dapat dikategorisasikan menjadi 2 jenis yaitu *anchored* (sistem ankur) dan sistem terapung. Dibanding sistem ankur, kelebihan sistem terapung adalah :

1. Ramah lingkungan dengan memberikan intervensi minimum pada air dan migrasi ikan. Lalu, menghindari sedimentasi yang terjadi pada pondasi apabila menggunakan sistem ankur.
2. Meningkatkan perlindungan pada zona yang dilindungi karena dapat diaplikasikan pada laut dalam dan bisa diperluas.
3. Mudah dipindahkan diatas air, sehingga lebih fleksibel terhadap layout baru dengan usaha yang lebih minimum.

Secara umum, ukuran breakwater bisa dikategorisasikan menjadi 3 jenis, yaitu :

1. T-block yang dapat digunakan pada kedalaman hingga 6 meter. Dan mampu menahan gelombang hingga ketinggian 1,1 meter.
2. U-block memiliki fungsi yang lebih berguna dari T-block. Struktur ini dapat digunakan hingga kedalaman air 12 meter dan menahan gelombang hingga setinggi 2.5 meter.
3. Heavy Duty U – Blok merupakan pengembangan dari U – block breakwater yang dapat bekerja pada kondisi yang lebih berat dan ketinggian gelombang hingga 2.5 meter.

	T-Block	U-Block	Heavy Duty U-Block
Length	up to 20m	up to 30m	50+ m
Width	3- 4m	4- 7m	7- 18m
Height (Total)	3- 4m	4- 7m	7- 18m
Water Depths	up to 6m	6- 12m	>12m
Wave Heights	up to 1.1m	1.1- 2.5m	>2.5m

Gambar 87. Jenis ukuran breakwater (sumber: Floating city)



Gambar 88. Floating breakwater (sumber: Floating city)

5.2.3 Sistem Utilitas Bangunan

Sistem utilitas bangunan diimplementasikan untuk memenuhi kebutuhan energi, air, dan pembuangan limbah pada bangunan. Untuk energi listrik di dalam bangunan menggunakan pemanfaatan *ocean energy*. Sedangkan untuk air bersih dan air kotor menggunakan sistem jaringan yang diterapkan pada kapal laut. Berikut pembahasan mengenai teknologi utilitas yang digunakan pada proyek :

1. *Wind Turbine* (Turbin Angin)

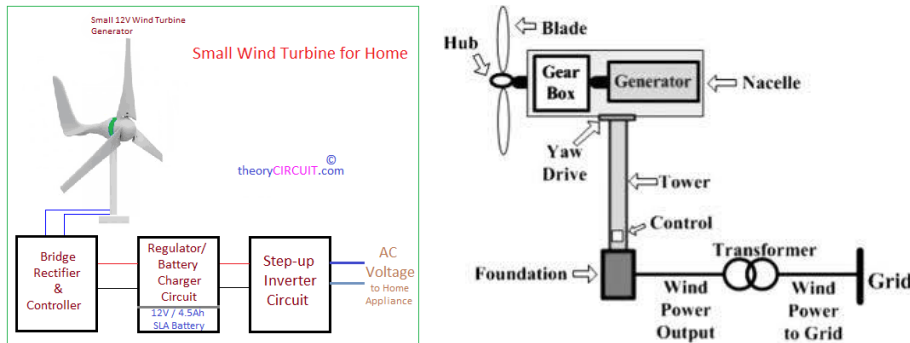
Wind Turbin adalah alat untuk mengkonversi energi kinetic dari angin menjadi energi listrik. Produksi energy dari turbin angin, dihitung dalam megawatt – hour (MWh) atau kilowatt – hour (kWh). 1 kilowatt sama dengan 1000 watt. Produksi energi 1 MW untuk 1 jam sama dengan energi 1 MWh.

General Electric (GE) menciptakan energi turbin berkisar 1.5 megawatt. 1.5 megawatt merupakan angka maksimum dari energi yang bisa dihasilkan dalam kecepatan angin 27 dan 56 mph. Turbin pada umumnya dapat memberikan produksi energi 2-3 MW.

Setiap *wind turbine* memiliki kisaran kecepatan angin 30 – 55 mph untuk menghasilkan energy paling maksimum. Apabila kecepatan berkurang, maka produksi daya akan berkurang dengan drastis. Pada umumnya, setiap wind turbin memiliki faktor kapasitas tahunan 15% - 30%

Perhitungan daya listrik yang dapat dihasilkan 1 wind turbin dalam 1 tahun dengan kapasitas faktor 25% :

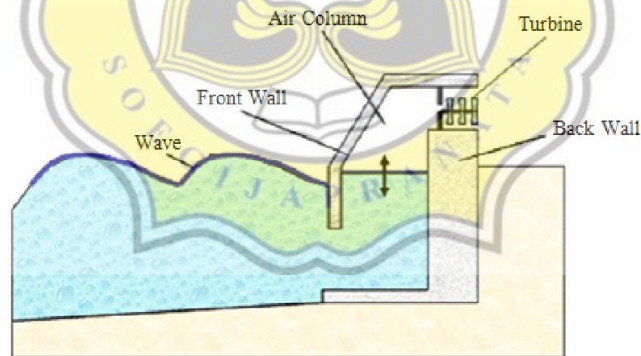
$$2 \text{ MW} \times 365 \text{ hari} \times 24 \text{ jam} \times 25 \% = 4380 \text{ MWh} = 4.380.000 \text{ kWh}$$



Gambar 89. Mekanisme konversi energi angin menjadi energi listrik (sumber: <https://www.goodenergy.co.uk/how-do-wind-turbines-work/>)

2. Wave Turbine (Oscillating Water Column)

Oscillating water column merupakan alat pembangkit listrik yang menggunakan tenaga gelombang laut. Dimana, alat ini menggunakan beton silinder yang memanfaatkan gerakan gelombang laut untuk mengompres udara di dalam kolom dan menggerakkan turbin dengan prinsip *piston compression cycle* (Boake, Cuan:2002).



Gambar 90. Oscillating Water Column (sumber: <https://wiki.uiowa.edu/display/greenergy/Oscillating+Water+Column>)

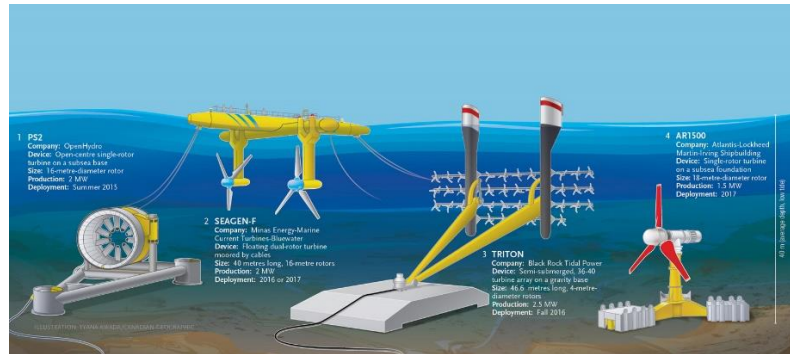
Desain OWC memiliki kemampuan untuk merespon gerakan gelombang air laut secara horizontal dan vertical. Salah satu produk OWC yang telah teruji yaitu LIMPET Wavegen. Dimana OWC ini dapat memproduksi listrik berkisar 500 kw per unitnya. Kapasitasnya sekitar 40% sehingga :

$$500 \text{ kw} \times 8760 \text{ (jam/tahun)} = 4380000 \text{ kwh per tahun.}$$

$$4380000 \text{ kwh} \times 40\% = 1.752.000 \text{ kwh per tahun}$$

3. *Tidal Turbine*

Energi pasang surut adalah energi yang dihasilkan oleh gelombang air laut selama pasang surut (National Geographic). *Tidal turbine* dapat menghasilkan 1500 Kw setiap gerak turbin mencapai 14 rpm.



Gambar 91. Jenis – jenis tidal turbin (sumber: <https://tidalenergyresearchproject.weebly.com/tidal-energy.html>)

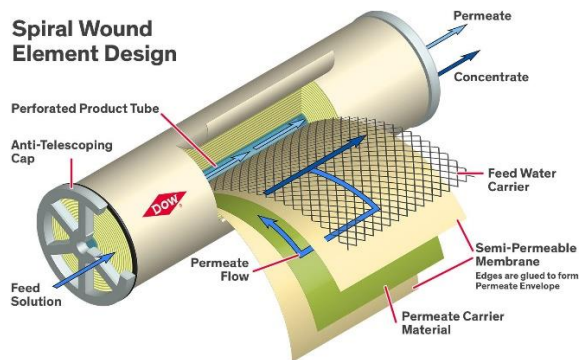
Jenis – jenis *tidal turbine* :

1. PS2, diproduksi oleh OpenHydro sebagai tidal turbin yang diletakkan pada dasar laut dengan diameter rotor 16 meter dan dapat memproduksi energy listrik sebanyak 2 MW per hari/unit.
2. SEAGEN – F, diproduksi oleh Minas Energy Marine, merupakan tidal turbin yang mengapung dengan dua rotor yang disampung menggunakan kabel dengan ukuran 40 meter. Dapat memproduksi listrik sebanyak 2MW perhari/unit.
3. Triton, merupakan tidal turbin dengan sistem semi – submerged dan jumlah turbin 36 – 40 buah. Memiliki dimensi panjang 46.6 meter dan diameter rotor 4 meter. Dapat memproduksi energy listrik sebanyak 2.5 MW perhari/unit.
4. AR1500, diproduksi oleh Atlantis Lockheed dengan 1 rotor turbin yang dipasang di dasar laut. Diameter rotor 18 meter dan dapat memproduksi energy listrik sebanyak 1.5 MW perhari/unit.

4. *Reverse Osmosis (RO)*

Lokasi tapak yang berada di perairan membutuhkan air bersih untuk berbagai kegiatan di dalam bangunan. Sistem *Reverse Osmosis* adalah jenis sistem filtrasi khusus yang menggunakan selaput tipis *semi – permeable* dengan pori – pori yang kecil untuk melewatkan air murni sambil menyaring molekul yang lebih besar seperti garam terlarut (ion) dan kotoran lain seperti bakteri. Reverse osmosis digunakan untuk menghasilkan

air yang murni untuk air minum, pengolahan makanan, desalinasi air laut, dan lain – lain (Evoqua Water Technologies:2019).



Gambar 92. Alat Reverse Osmosis (sumber: <https://www.evoqua.com/en/brands/IPS/Pages/what-is-reverse-osmosis.aspx>)

5. Waste Management

Pengolahan air kotor pada bangunan menyerupai sistem pembuangan limbah pada kapal yaitu menggunakan Graywater Discharger system. Pada sistem ini air kotor dipindahkan ke ruang aerasi untuk diberi cairan kimia tertentu (obat) dan kemudian beberapa bahan akan diendapkan menjadi lumpur. Sisa lumpur dan bahan limbah dibuang sebagai cairan melalui media filter. Lalu, bakteri yang tersaring dan dipindahkan ke ruang klorinasi.

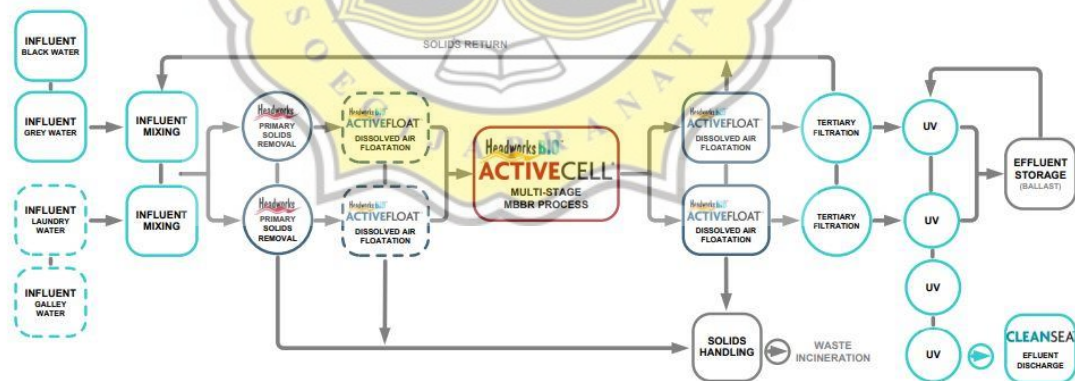


Diagram 17. Graywater discharge for vessels (sumber: https://www3.epa.gov/npdes/pubs/vgp_graywater.pdf)

5.3 Landasan Teori pada Aspek Lingkungan

5.3.1 Biomimetic

Biomimicry (berasal dari kata bios yang berarti hidup dan mimesis berarti imitasi) adalah studi terhadap alam yang mengimitasi desain dan prosesnya untuk menyelesaikan permasalahan manusia. *Biomimicry* menjadi suatu pendekatan yang

mencari solusi berkelanjutan (*sustainable*) bagi manusia. *Biomimicry* juga tidak hanya mereplika bentuk natural (*natural forms*) tapi memahami kebiasaan dari elemen alam tersebut (Pragya Bharati, 2014-2019).

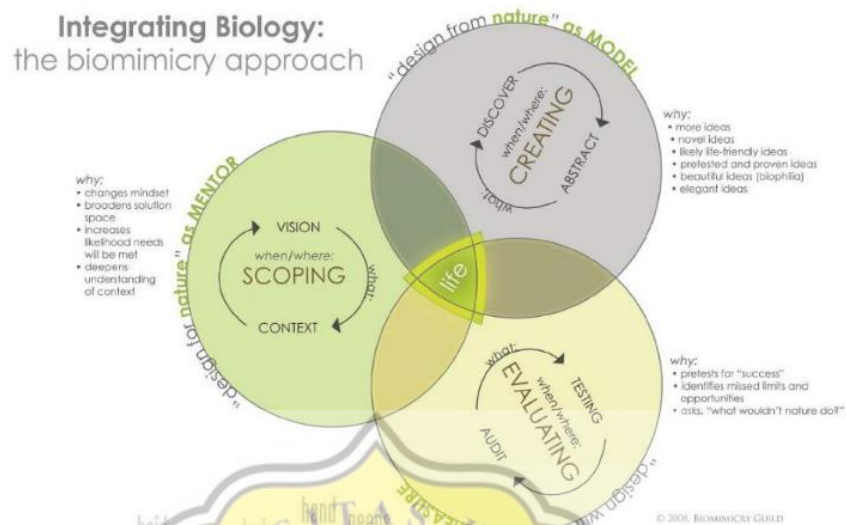


Diagram 18. Langkah - langkah pendekatan biomimicry (Pragya Bharati : 2014)

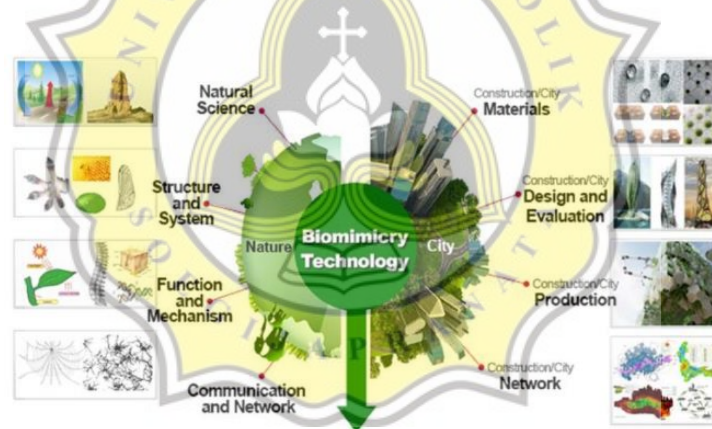


Diagram 19. Jenis - jenis *biomimicry* (Biomimicry as a tool for sustainable architectural design, Bharati : 2014)

Dengan menggunakan metode biomimicry, bentuk mimesis terhadap elemen alam dapat berupa system struktur, mekanisme fungsi, komunikasi dan jaringan, material, dan lain – lain. Terdapat tiga level biomimicry yang dapat diaplikasikan ke dalam masalah desain berupa bentuk, proses, dan ekosistem.

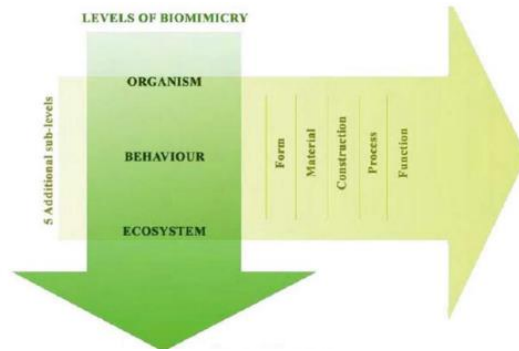


Diagram 20. Level Biomimicry (Biomimicry as a tool for sustainable architectural design, Bharati : 2014)

Didalam pengelompokan level *biomimicry* terdapat tiga level *mimicry* yaitu organisme, perilaku, dan ekosistem. Level organisme mengarah ke organisme spesifik seperti tanaman atau hewan dan dapat dimimesis keseluruhan bentuk organisme tersebut. Pada level dua, merupakan *mimicry* tentang suatu bagaimana suatu organisme berperilaku. Pada level ketiga adalah bagaimana memimesis keseluruhan ekosistem dan prinsip umum fungsi ekosistem tersebut.

A. Prinsip – prinsip *biomimicry*

Pendekatan *biomimicry* sebagai proses desain secara umum dibagi menjadi dua kategori yang mendefinisikan kebutuhan manusia atau masalah desain. Setelah mengidentifikasi masalah desain dengan baik, kita dapat memadukan suatu organisme yang dapat menyelesaikan permasalahan yang sama. Terdapat lima prinsip dalam *biomimicry*. Prinsip yang pertama adalah adaptasi. Dimana, pada prinsip ini suatu organisme menyesuaikan diri terhadap lingkungannya. Lalu, prinsip material sebagai system (*material as systems*) adalah bagaimana kita memperhatikan material atau bahan dari suatu organisme dalam beradaptasi dengan lingkungannya.



Diagram 21. Prinsip - prinsip *biomimicry* (Biomimicry as a tool for sustainable architectural design, Bharati : 2014)

B. Analisis *biomimicry* dalam arsitektur

Metode *biomimicry* pada akhirnya dapat menjadi solusi dalam menciptakan desain arsitektural yang lebih ramah terhadap lingkungan. Menurut Biomimicry Resource Handbook (Janine Benyus dalam Pragma Bharati : 2014), terdapat enam prinsip *biomimicry* yang dibagi menjadi enam kategori, yaitu :

1. *Evolve to Survive*

Pada prinsip ini, dimaksudkan desain arsitektural yang menggunakan metode *biomimicry* dapat berevolusi dan berkembang untuk bertahan dalam jangka waktu lama (*sustainable*).

2. *Adapt to Changing Condition*

Prinsip ini menganjurkan adanya adaptasi desain bangunan terhadap perubahan kondisi baik iklim, suhu, dan lingkungan.

3. *Be Locally Attuned and Responsive*

Pada prinsip ini desain arsitektural dengan *biomimicry* dapat mempertahankan kelokalan dan peka terhadap lingkungannya tanpa mengubah ekosistem.

4. *Integrate Development with Growth*

Prinsip ini menjelaskan bahwa desain arsitektural dengan *biomimicry* dapat mengintegrasikan perkembangan dengan pertumbuhan.

5. *Be Resource Efficient : Material and Energy*

Secara nyata desain arsitektural dapat menjadi desain yang lebih efisien terhadap energy, desain multifungsi, dapat *me-recycle* material, dan sesuai dengan fungsi.

6. *Use Life – Friendly Chemistry*

Menggunakan bahan kimia yang mendukung proses kehidupan seperti dapat melakukan dekomposisi bahan berbahaya.

5.3.2 Porositas dan Permeabilitas

Menurut Pettijon (dalam Ayuniar:2018) porositas adalah ruang kosong atau ruang pori dalam volume total suatu material. Porositas efektif merupakan jenis porositas yang dimana pori – pori saling berhubungan satu sama lain sesuai volume material (*bulk volume*). Porositas disebut juga celah atau rongga di dalam material yang

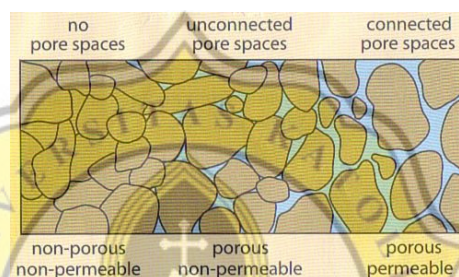
memiliki perbandingan antara volume ruang dan volume material itu sendiri. Menurut Levorsen (dalam Nurwidyanto:2005) porositas adalah :

$$\phi = \frac{\text{volume pori - pori}}{\text{volume keseluruhan batuan}} \times 100 \%$$

Dan porositas efektif adalah :

$$\phi_e = \frac{\text{volume pori bersambungan}}{\text{volume batuan keseluruhan}} \times 100 \%$$

Sedangkan permeabilitas adalah area yang dapat menembuskan partikel zat tertentu (Nabilussalam:2011). Permeabilitas muncul karena adanya porositas. Ukuran ruang pori akan mempengaruhi intensitas partikel yang dapat menembus bidang permeable.



Gambar 93. Porositas dan permeabilitas (sumber:

<https://www.slideshare.net/FORCEjyotisharma/grain-size-analysis-at-mdu-rohtak>)

Kajian teori tentang porositas dan permeabilitas pada proyek ini digunakan untuk menyelesaikan permasalahan pada lingkungan tapak bangunan. Dimana, porositas dan permeabilitas digunakan untuk memberikan celah bagi cahaya matahari untuk dapat menembus area bangunan dan menjaga kehidupan ekosistem di bawah bangunan.

5.3.3 Mekanisme Rehabilitasi Terumbu Karang (*Build Reef*)

Merespon kondisi ekosistem bawah laut yang ditumbuhi terumbu karang, perlu adanya kegiatan rehabilitasi. Rehabilitasi terumbu karang dilakukan dengan melakukan transplantasi dengan cara mengambil fragmen terumbu karang dan dipindahkan ke rangka besi R10.



Gambar 94. Transplantasi terumbu karang (sumber: <https://tntakabonerate.com/id/2875/>)



5.4 Landasan Teori pada Topik Pendekatan Generative Design

Generative Algorithm merupakan alat untuk membantu proyek dalam mencari data dan menganalisis tahap perancangan desain. *Generative Algorithm* digunakan sebagai langkah untuk menyelesaikan masalah seperti permasalahan struktur atau bentuk desain yang kemudian digunakan sebagai probabilitas solusi acak. Probabilitas solusi yang acak dapat berfungsi sebagai penyelesaian masalah optimasi dan masalah penelitian.

Generative Algorithm atau Algoritma yang bersifat genetik ini menjadi konsep baru dalam arsitektur dengan memberikan kemungkinan tak terduga untuk membuat solusi inovatif dalam bentuk proses secara komputasi (Latifi Mohammad : 2016).

Generative Algorithm memiliki perbedaan lebih superior dibandingkan algoritma optimasi lain, yaitu :

- a) *Generative Algorithm* dapat menggunakan variabel terenkripsi yaitu kromosom (data). Sehingga kita tidak perlu mendefinisikan masalah secara matematis dan menebaknya melalui algoritma untuk menemukan jawaban dari suatu masalah.
- b) *Generative Algorithm* dapat membuat sesuatu dalam jumlah banyak di waktu yang sama. Fitur ini memungkinkan algoritma optimal untuk hasil yang besar.
- c) *Generative Algorithm* tidak menjamin konvergensi optimal tetapi telah dioptimalkan melalui system dan konvergensi penerima.
- d) *Generative Algorithm* cukup sederhana dan tidak memerlukan informasi fungsi objektif yang banyak. Hasilnya, generative algorithm dapat memberikan optimasi yang kompleks dan spesifik menggunakan system parameter yang nyata (telah teruji dan mudah).

Generative Algorithm pada proyek ini dicapai menggunakan software komputasi bernama *Rhinoceros* dengan alatnya yang bernama *Grashopper*. Adanya algoritma genetik ini membantu penelitian membuat satu objek yang dapat diperbanyak dengan berbagai kemungkinan dan parameter tertentu.



Gambar 95. Aplikasi Grasshopper pada software Rhinoceros

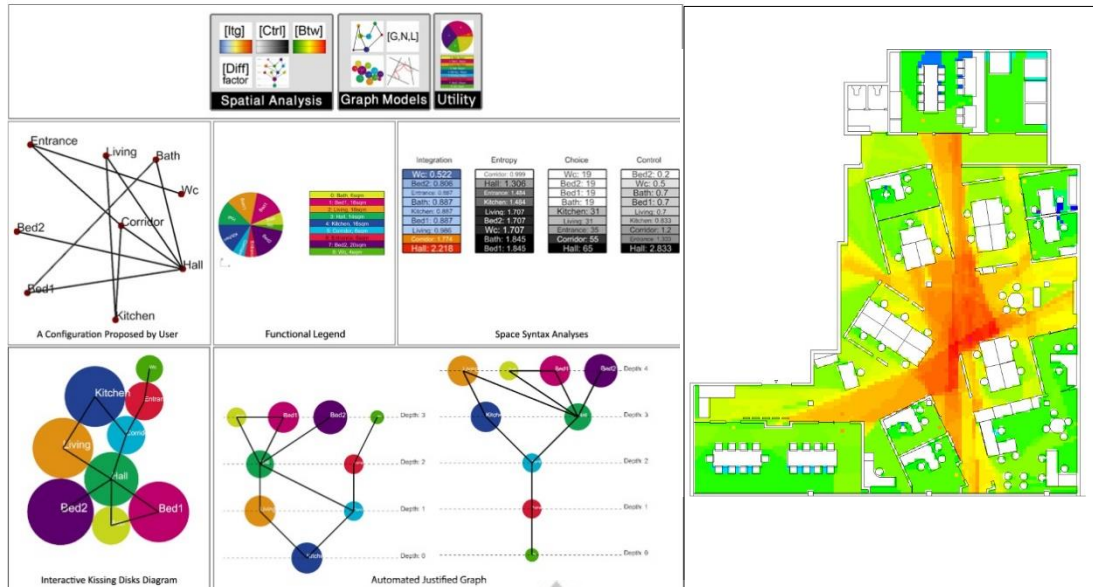
(Sumber: <https://www.grasshopper3d.com/>)

5.4.1 Space Syntax

Space syntax dicetuskan oleh Bill Hillier pada tahun 1970 menggunakan algoritma matematika dan teknologi geospasial melalui program digital yang menghasilkan analisis konfigurasi spasial dari berbagai jenis dan skala. Metode dengan algoritma ini merupakan metode dengan pendekatan *Generative design*.

Space syntax atau sintaksis ruang merupakan metode penelitian yang diperoleh dengan rekaman grafik garis spasial. Hal ini berdasarkan pada asumsi bahwa penggabungan garis spasial menciptakan perbedaan solidaritas sosial. *Space syntax* membuat prediksi yang tepat tentang pergerakan orang di lingkungan tertentu menggunakan analisis spasial. Sehingga, ditemukan kualitas sosial ruang yang dapat dijelaskan secara morfologis.

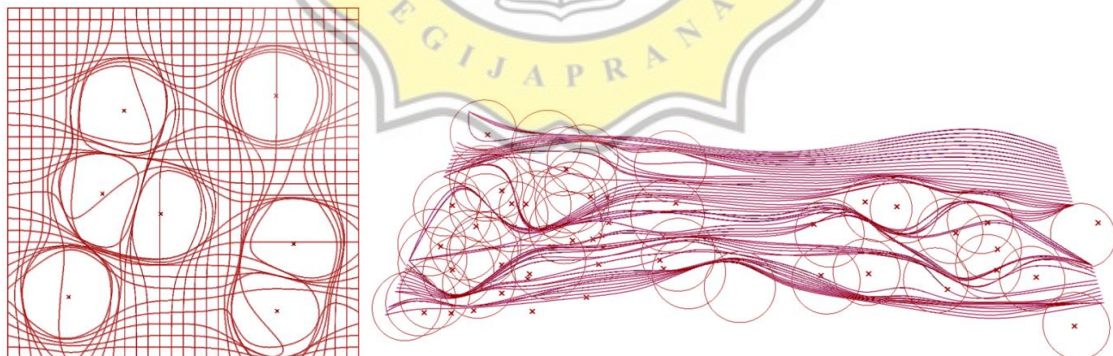
Aspek analisis *space syntax* adalah integrasi, konektivitas, pergerakan, dan visibilitas. Keempat aspek tersebut akan menghasilkan aksesibilitas yang paling efisien bagi pengguna. Aspek integrasi dan konektivitas dapat dilakukan menggunakan aplikasi *grasshopper* pada *software rhinoceros*.



Gambar 96. Analisis space syntax dalam tata hubungan ruang (kiri) dan sirkulasi ruang (kanan) (sumber: grasshoper3d)

5.4.2 Grid Spread

Grid Spread merupakan metode *Generative Design* yang mendistorsi grid sesuai dengan titik objek yang tidak ingin dilalui oleh grid itu sendiri. Grid spread merupakan bagian dari metode generative design untuk menciptakan kemungkinan celah bagi porositas dan permeabilitas pada tapak dan bangunan. Dimana area yang terdistorsi digunakan sebagai area keramba jaring apung untuk berkembangbiakan ikan.



Gambar 97. Grid spread (sumber: <https://www.grasshopper3d.com/photo/grid-spreading-2?context=popular>)