

Fasilitas Penelitian dan Budidaya Mikroalga di Teluk Jakarta

Marsela Giovani dan Ir. Danny Santoso Mintorogo, M.Arch., Ph.D.
Program Studi Arsitektur, Universitas Kristen Petra
Jl. Siwalankerto 121-131, Surabaya
gmarsela88@gmail.com; dannyism@petra.ac.id



Gambar. 1.1 Perspektif bangunan (*bird-eye view*) Fasilitas Penelitian dan Budidaya Mikroalga di Teluk Jakarta

ABSTRAK

Fasilitas Penelitian dan Budidaya Mikroalga di Teluk Jakarta ditujukan bagi peneliti, pelajar, dan wisatawan sebagai sarana rekreasi dan edukasi untuk memperkenalkan mikroalga sebagai energi terbarukan generasi ketiga. Perancangan dilatarbelakangi oleh pencemaran ekosistem perairan, minimnya penanggulangan ledakan mikroalga, dan meningkatnya tren penelitian. Bertujuan menanggulangi isu dan memanfaatkan potensi sumber daya laut, fasilitas diharapkan dapat menarik wisatawan dan pelajar sebagai wadah bertukar pikiran bagi peneliti maupun masyarakat awam untuk ikut berpartisipasi menjaga potensi alam dan kondisi ekosistem perairan. Permasalahan desain utama adalah bagaimana memenuhi kebutuhan budidaya mikroalga yang ramah lingkungan serta menghubungkan antara kegiatan manusia, arsitektur, dan alam. Sehingga dipilih pendekatan ekologi dan sistem dengan pendalaman pencahayaan alami dan siklus budidaya mikroalga. Hasil perancangan adalah desain ekosentris yang mengintegrasikan proses budidaya mikroalga ke dalam arsitektur sebagai objek penelitian dan edukasi yang menyesuaikan dengan kondisi iklim.

Kata Kunci: Ekologi, Mikroalga, Pencahayaan Alami, Fasilitas Penelitian, Wisata Edukasi

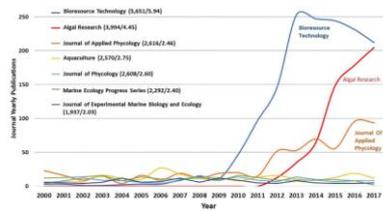
1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu pencemaran perairan *algae* *blooming*, menyebabkan kematian organisme laut yang berdampak terhadap masyarakat pesisir. Kasus *Algae blooming* di Teluk Jakarta terjadi sebanyak 7 kali selama 2004 hingga 2007 (Wouthuyzen, S. et al., 2007).

Penanggulangan berupa pengerukan dan pengurangan limbah ke wilayah perairan, namun tidak menyelesaikan permasalahan secara berkelanjutan. Sebagai solusi, perlu pengelolaan kondisi ekologi yang diteliti dan diedukasikan untuk memberdayakan kembali pesisir Jakarta.

Tren penelitian sedang dikembangkan sesuai UU No. 30 tahun 2007, Kebijakan Energi Nasional, dan Rencana Umum Energi Nasional. (Mayasari, 2021). Kemajuan bioteknologi juga mendukung pengembangan energi generasi ketiga berasal dari mikroorganisme, diantaranya mikroba fotosintetik dan mikroalga (LIPI, 2020).



Gambar 1.2 Statistik Tren Penelitian hingga Tahun 2017
 Sumber: Garrido-Cardenas, J. A., et.al. (2018). Microalgae research worldwide. *Algal research*, 35, 50-60.

Minimnya fasilitas penelitian mikroalga dan kesadaran akan *algae blooming* mengakibatkan permasalahan alam diabaikan. Sedangkan dengan kemajuan bioteknologi, potensi pemanfaatan mikroalga, dan peningkatan tren penelitian mikroalga, perlu fasilitas untuk meneliti pengembangan biomassa mikroalga agar pertumbuhan mikroalga dapat dipantau dan dimanfaatkan hasil biomasannya. Sehingga Fasilitas Penelitian dan Budidaya Mikroalga di Teluk Jakarta diajukan sebagai proyek desain untuk tugas akhir arsitektur.

1.2 Rumusan Masalah

Masalah utama yaitu memadai riset, kultivasi, dan pengolahan, meningkatkan produktivitas biomassa tanpa mengganggu kondisi lingkungan. Masalah spesifik yaitu mengedukasi melalui hubungan arsitektur, manusia, dan ekosistem sesuai karakter lingkungan dan penerapan teknologi ke arsitektur untuk memenuhi kondisi optimal mikroalga yang ramah lingkungan.

1.3 Tujuan Perancangan

Menghasilkan perancangan yang mendukung kegiatan penelitian mikroalga di Teluk Jakarta dan merepresentasikan pengaplikasian arsitektur ekologis untuk pengembangan pariwisata ekologi dan memaksimalkan sumber daya laut.

1.4 Data dan Lokasi Tapak



Gambar 1.3. Lokasi tapak
 Sumber: Jakarta Satu. (n.d.).

Lokasi tapak terletak di Jl. Taman Marina,

Kec. Pademangan, Jakarta Utara, dan merupakan lahan kosong. Potensi tapak dekat dengan sarana rekreasi Indonesia National Sailing Center, Ancol Seafont, Jembatan Marina, sarana pendidikan dari jenjang SD hingga Universitas untuk menarik pelajar ke tapak dan perumahan yang tidak terlalu padat.



Gambar 1.4. Lokasi Tapak Eksisting
 Sumber: Google. (n.d.).

Data Tapak

- Nama jalan : Jl. Taman Marina
 - Kecamatan : Pademangan
 - TPZ : Kawasan Ancol (Masterplan)
 - Luas lahan : 12.910 m²
 - Tata guna lahan : Perdagangan dan jasa
 - Garis sepadan bangunan (GSB) :
 - Utara dan Selatan : 8 meter
 - Timur : 10 meter
 - Barat : 4 meter
 - Koefisien dasar bangunan (KDB) : 50%
 - Koefisien dasar hijau (KDH) : 30%
 - Koefisien luas bangunan (KLB) : 350%
 - Tinggi Bangunan : 16 meter
- (Sumber: RDTR Jakarta)

2. DESAIN BANGUNAN

2.1 Program dan Luas Ruang

Fasilitas memiliki fungsi utama yaitu penelitian dan penunjang wisata edukasi. Fasilitas penelitian 4736.71 m² terdiri dari:

- Lab Biofuel: Penelitian potensi mikroalga sebagai biofuel dan kandungan lipid.
- Lab Pakan: Penelitian potensi mikroalga sebagai pakan ternak.
- Lab Pengolahan: Penelitian pemanfaatan mikroalga untuk diolah menjadi biomassa.
- *Microalgae Greenhouse*: Ruang budidaya mikroalga dengan memaksimalkan cahaya.

- R. Kontrol: Pengawasan dan pusat operator *greenhouse*.
- R. Penyimpanan Biomassa: Penyimpanan produk hasil budidaya.
- R. Pemeliharaan: Ruang isolasi mikroalga dan menghindari kontaminasi
- R. Karantina: Ruang adaptasi mikroalga sebelum dibudidayakan dan diteliti.
- R. Mikroskopis: Ruang penunjang penelitian untuk mengamati sel mikroalga.
- Kantor Peneliti: Ruang persiapan, kerja, dan istirahat peneliti
- R. Konferensi: Ruang pertemuan bagi peneliti tamu
- R. Meeting: Ruang pertemuan khusus peneliti dan tamu *VIP*.



Gambar 2.1. Perspektif Fasilitas Penelitian

Pada fasilitas eduwisata seluas 2546.85 m² terdiri dari hall, R. Audiovisual, Area Edukasi, Area Observasi, R. Workshop Edukasi Tertutup, dan Terbuka. Terdapat fasilitas publik seluas 1074.27 m², meliputi galeri, perpustakaan, plaza mikroalga, galeri *outdoor*, *lounge* peneliti, lobi, restoran, dan toko.



Gambar 2.2. Perspektif Fasilitas Eduwisata



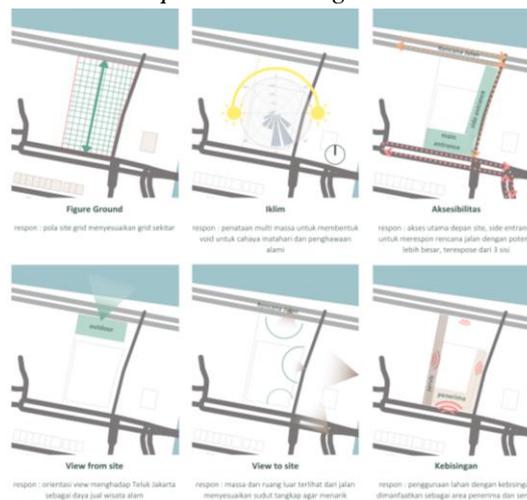
Gambar 2.3. Perspektif Eksterior

Fasilitas pengelola dan servis dengan luas 212.19 m² meliputi kantor pengelola, r. admin, staff *lounge*, gudang, r. meeting pengelola, r.keamanan, janitor, dan dapur restoran. Pada area *outdoor* terdapat taman mikroalga eduwisata, area kultivasi penelitian, kolam budidaya dan plaza *entrance*. Sehingga secara keseluruhan total luas bangunan 8570.02 m².



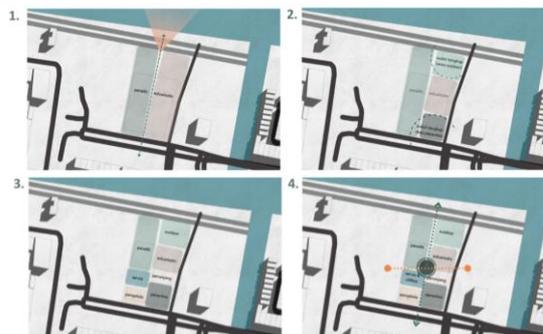
Gambar 2.4. Perspektif Suasana Ruang Luar

2.2 Analisa Tapak dan Zoning



Gambar 2.5. Analisa Tapak

Respon tapak menyesuaikan grid memanjang pada tapak. Respon iklim dengan penataan multi massa agar tercipta void sebagai area transisi untuk pencahayaan dan penghawaan alami. Site terekspos dari 3 sisi dengan akses utama pada sisi barat daya dimanfaatkan sebagai *main entrance* sedangkan sisi tenggara berpotensi sebagai *side entrance*. View utama tapak diorientasikan menuju Teluk Jakarta sebagai daya jual wisata alam dengan memanfaatkan penataan massa dan ruang luar sebagai view yang menangkap pengunjung dari ketiga sisi tapak. Sebagai respon kebisingan, zoning dimanfaatkan sebagai area penerima dan servis.



Gambar 2.6. Transformasi Zoning Tapak

Pengolahan zoning tapak diawali dengan membagi tapak menjadi 2 fungsi utama, yaitu area penelitian dan area wisata edukasi. Kemudian zoning merespon sudut tangkap pengunjung sebagai area outdoor dan penerima. Ditambahkan juga fungsi-fungsi fasilitas sesuai program dan kebutuhan masing-masing fungsi. Sebagai penghubung antar kegiatan ditambahkan area hijau yang merespon axis pencahayaan matahari.

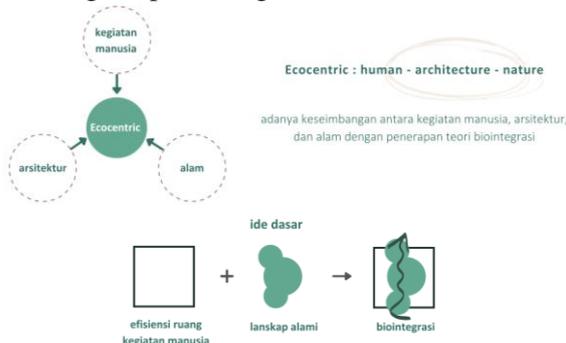
2.3 Pendekatan dan Konsep Perancangan

Berdasarkan masalah desain, pendekatan yang sesuai adalah ekologi dengan teori biointegrasi oleh Ken Yeang (Yeang & Richards, 2007) meliputi integrasi fisik, integrasi sistem dengan proses alam, dan integrasi sumber daya (Yeang, 2006) (Gambar 2.7) untuk menjawab zoning, bentuk dan tatanan massa, hubungan ruang dalam dan luar dengan bangunan sebagai habitat artifisial mikroalga yang dikelola manusia sesuai habitat alami dan pendekatan sistem untuk menjawab kebutuhan pengembangan optimal kultur mikroalga yang ramah lingkungan dengan fokus sistem pencahayaan yang mempengaruhi orientasi dan tatanan massa.



Gambar 2.7. Diagram Pendekatan Biointegrasi

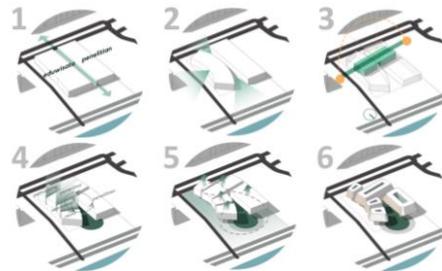
Konsep desain yang digunakan adalah konsep *ecocentric* yang menghubungkan antara kegiatan manusia, arsitektur, dan alam sehingga ada keseimbangan dari ketiganya. Ide yang mendasari perancangan adalah dengan menggabungkan efisiensi ruang kegiatan manusia dengan lanskap alami sehingga terjadi biointegrasi pada bangunan.



Gambar 2.8. Diagram Konsep

2.4 Perancangan Tapak dan Bangunan

Transformasi bentuk dengan membagi 2 massa berdasarkan fungsi dengan koneksi ke Teluk Jakarta. Merespon sudut tangkap, massa dilengkungkan. Kemudian ditambahkan massa berdasarkan axis matahari untuk pencahayaan alami. Konsep *ecocentric* diperkuat dengan *emphasis area hijau* dan pemecahan massa sebagai ruang transisi. Lantai dasar bersifat terbuka untuk menghubungkan kegiatan manusia dengan lanskap alami dan *flow sirkulasi*. Kemudian fasad dan void dimiringkan untuk efisiensi cahaya dan sebagai area hijau.



Gambar 2.9. Transformasi Bentuk

Akses utama pengunjung dari sisi Barat Daya dan Timur Laut, sedangkan peneliti dibuat terpisah menuju massa penelitian agar tidak mengganggu. Penataan massa dirancang agar sirkulasi *meLooping* dari *entrance*, multi massa eduwisata hingga ruang luar.

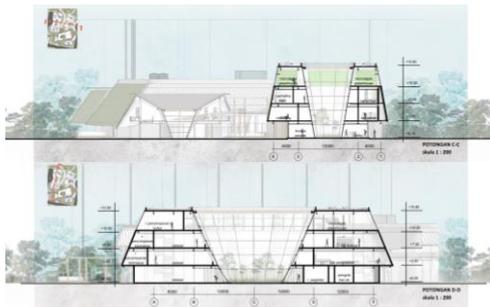


Gambar 2.10. Site Plan

Fasad menggunakan fasad fotobioreaktor untuk edukasi budidaya sebagai representasi secara visual. Fasad dimanfaatkan sebagai pengenalan mikroalga pada *entrance* eduwisata dan sebagai objek penelitian.

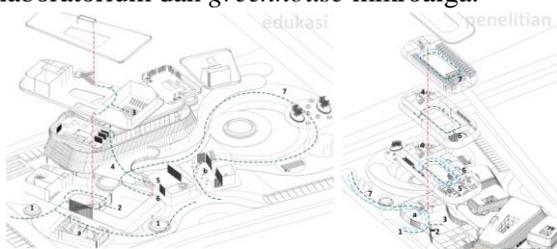


Gambar 2.11. Tampak Keseluruhan



Gambar 2.12. Potongan Massa Utama

Sirkulasi dibagi berdasarkan kegiatan menjadi sirkulasi pelajar, peneliti dan peneliti tamu. Sirkulasi pelajar meliputi galeri dan perpustakaan, hall, r. audiovisual, observasi (*sky bridge*), *workshop*, taman mikroalga, restoran, dan toko. Sirkulasi peneliti meliputi lobi, *lounge* peneliti, kantor peneliti, laboratorium, r. mikroskopis, penyimpanan, dan *greenhouse* mikroalga. Sedangkan sirkulasi peneliti tamu meliputi lobi, r. konferensi, observasi laboratorium dan *greenhouse* mikroalga.



Gambar 2.13. Diagram Sirkulasi

Penerapan konsep integrasi fisik pada bangunan berupa massa dilalui area hijau sebagai pusat sirkulasi, adanya *central void* dengan area hijau menambah koneksi dalam ruang, dan peleburan massa dengan lanskap melalui ruang hijau untuk menghubungkan indoor-outdoor.



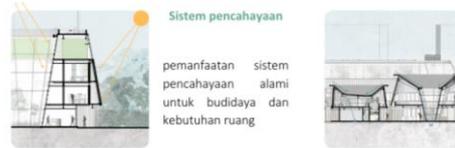
Gambar 2.14. Diagram Penerapan Integrasi Fisik

Aplikasi konsep integrasi sistem dan proses alam pada bangunan berupa penerapan sistem kultivasi mikroalga ke fasad dan penyesuaian sistem berdasarkan siklus budidaya mikroalga.



Gambar 2.15. Diagram Penerapan Integrasi Sistem

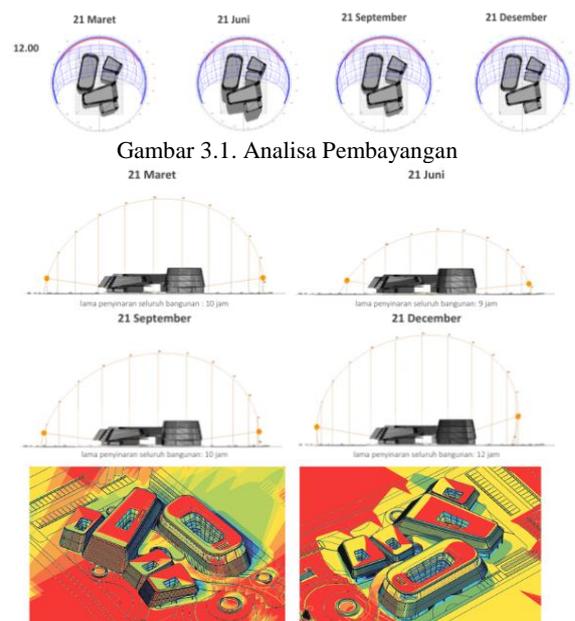
Konsep integrasi sumber daya berdasarkan kebutuhan budidaya mikroalga yaitu cahaya matahari dan suplai air dengan memanfaatkan pencahayaan alami untuk budidaya dan kebutuhan ruangan pemanfaatan kembali air hujan untuk proses budidaya.



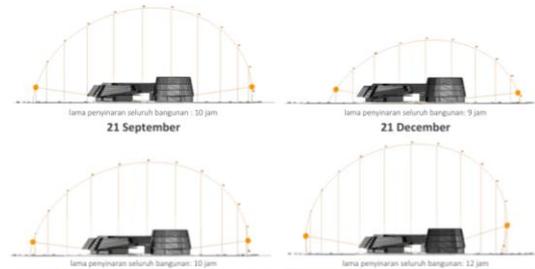
Gambar 2.16. Diagram Penerapan Integrasi Sumber Daya

3. PENDALAMAN DESAIN

Pendalaman terpilih sistem pencahayaan untuk memaksimalkan sumber daya alam dalam proses budidaya mikroalga yang ramah lingkungan. Analisa pembayangan dan intensitas pencahayaan untuk mengetahui posisi aplikasi fasad fotobioreaktor berdasarkan sisi terbayangi dan lama penyinaran matahari.



Gambar 3.1. Analisa Pembayangan



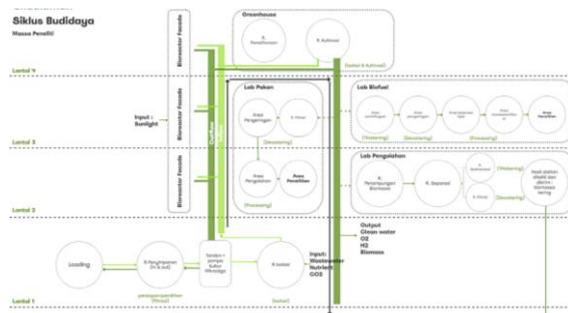
Gambar 3.2. Analisa Intensitas Pencahayaan

Kesimpulan dari analisa pembayangan siang dan sore hari, area tengah bangunan terbayangi oleh sekitarnya sehingga direspon dengan area antar massa sebagai ruang terbuka dan massa merespon lintasan matahari agar budidaya pada rooftop optimal. Hasil analisa intensitas pencahayaan mencukupi kebutuhan mikroalga selama 9-12 jam per hari dan maksimal pada rooftop selama 11 jam per hari. Sehingga sisi bangunan yang menghadap Tenggara dan Barat Laut dimanfaatkan sebagai fasad fotobioreaktor.

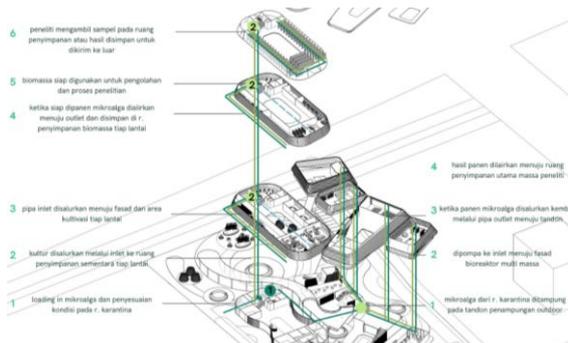


Gambar 3.3. Respon Massa dan Fasad Hasil Analisis

Dibutuhkan sistem optimal untuk proses budidaya mikroalga pada bangunan, sehingga siklus budidaya dialami, yang diterapkan pada bangunan melalui proses *loading in* dan adaptasi mikroalga pada r. karantina, kemudian dialirkan ke pipa inlet ruang penyimpanan tiap lantai yang menuju fasad dan area kultivasi. Ketika masa panen, mikroalga dialirkan menuju pipa outlet dan disimpan di r. penyimpanan biomassa. Biomassa yang siap digunakan untuk pengolahan dan proses penelitian diambil peneliti pada ruang penyimpanan atau *loading out* untuk dikirim ke pihak ketiga.



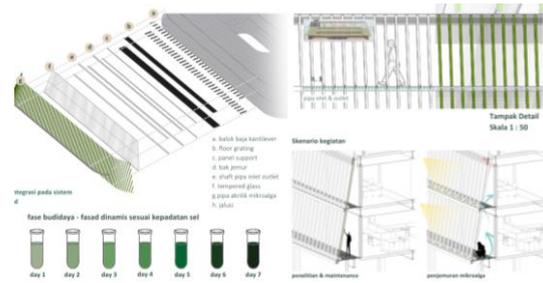
Gambar 3.4. Diagram Siklus Budidaya



Gambar 3.5. Diagram Penerapan Siklus Budidaya

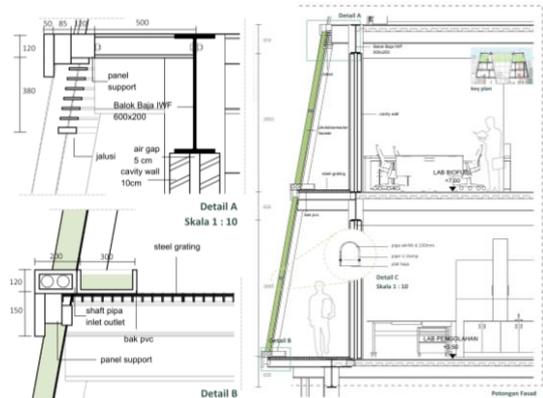
3.1 Fasad Fotobioreaktor

Merupakan teknik budidaya mikroalga secara vertikal dalam tabung transparan berisi cairan kultur. Kelebihannya kultur lebih optimal dan minim kontaminasi, penghematan lahan, dan sebagai *shading device* yang dinamis tergantung kepadatan mikroalga. Fasad digunakan dekat area penelitian untuk mempermudah *maintenance* dan analisa.



Gambar 3.6. Diagram Fasad Fotobioreaktor

Selasar didesain untuk sirkulasi peneliti dan area jemur biomassa dengan memanfaatkan panas dari pencahayaan. Beban panas ke dalam ruang dikurangi dengan penggunaan *cavity wall* dan lantai *steel grating* yang mengalirkan penghawaan alami untuk melepas panas melalui jalusi di bagian atas fasad.



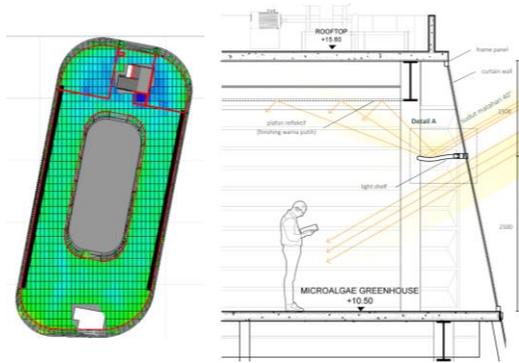
Gambar 3.7. Detail dan Diagram Fasad Fotobioreaktor



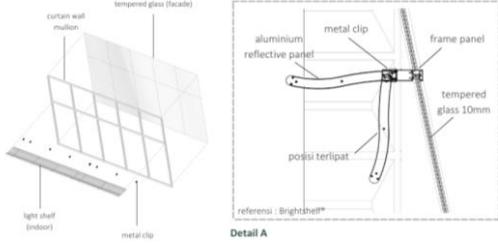
Gambar 3.8. Perspektif Fasad Fotobioreaktor

3.2 Microalgae Greenhouse

Kultivasi mikroalga sangat dipengaruhi intensitas pencahayaan terutama pertumbuhan dan jumlah biomassa yang dihasilkan. Berdasarkan penelitian, semakin tinggi intensitas cahaya sebanding dengan jumlah produksi biomassa. Mikroalga dapat tumbuh dengan intensitas cahaya yang ideal antara 6000-8000 lux (Gunawan, T, et.al., 2018). Strategi desain dengan menggunakan *light shelf* pada ketinggian 2.5 m dan setelah dianalisa menggunakan *Ecotect* menghasilkan ruangan dengan 6000-7000 lux.



Gambar 3.9. Analisa Ecotect dan Diagram Light Shelf



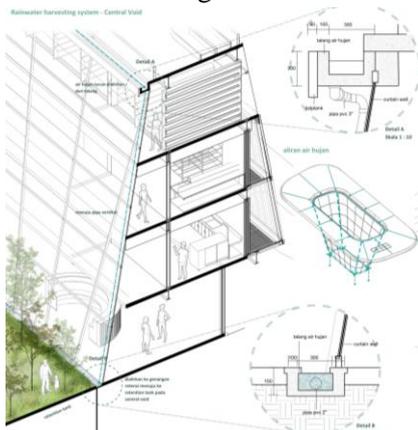
Gambar 3.10. Detail dan Diagram Light Shelf



Gambar 3.11. Perspektif Microalgae Greenhouse

3.3 Central Void

Void tiap massa berfungsi memasukkan cahaya ke dalam ruang dan aksentuasi area hijau untuk memberikan koneksi dengan ruang luar. Selain itu, central void berfungsi menampung air hujan pada gutter yang menambahkan elemen alami pada area hijau sebelum dialirkan menuju retention tank untuk digunakan kembali.



Gambar 3.12. Detail dan Diagram Central Void



Gambar 3.13. Perspektif Central Void

4. SISTEM STRUKTUR

Menggunakan rangka baja IWF karena dapat digunakan kembali. Modul struktur utama 12 meter agar jumlah kolom minim tidak mengganggu penelitian dan modul 8 meter dan 4 meter. Rooftop menggunakan dak beton karena digunakan sebagai area edukasi dan budidaya. Sedangkan konstruksi atap massa lainnya menggunakan material penutup atap bitumen.

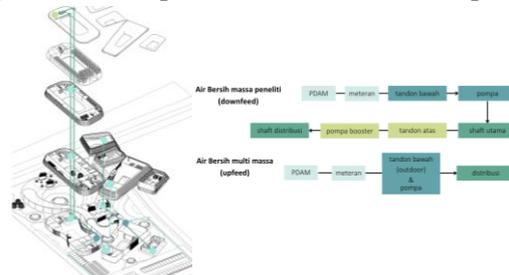


Gambar 4.1. Sistem Struktur

5. SISTEM UTILITAS

5.1 Sistem Utilitas Air Bersih

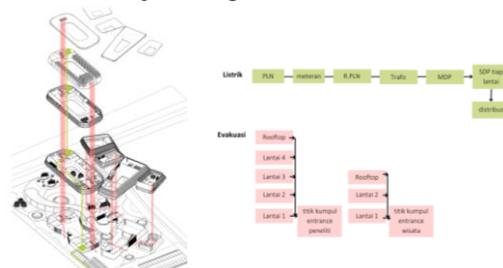
Menggunakan sistem downfeed pada massa peneliti melalui shaft utama dan tandon atas pada rooftop. Sedangkan multi massa dilayani sistem upfeed untuk suplai toilet dan area cuci dapur.



Gambar 5.1. Isometri Utilitas Air Bersih

5.2 Sistem Utilitas Listrik dan Evakuasi

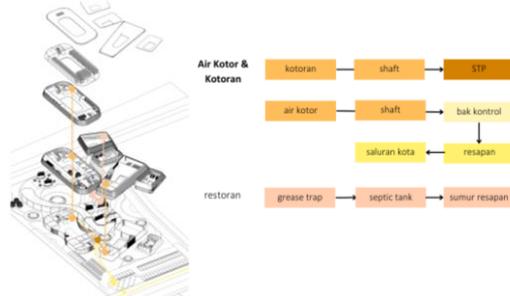
Listrik PLN atau genset disalurkan ke trafo, MDP dan SDP di setiap lantai. Ruang listrik dikumpulkan pada massa peneliti diakses dari jalur servis. Fasilitas penelitian memiliki dua jalur evakuasi pada sisi Barat Laut dan Barat Daya dan tiap massa eduwisata memiliki tangga evakuasi menuju ruang luar.



Gambar 5.2. Isometri Utilitas Listrik dan Evakuasi

5.3 Sistem Utilitas Air Kotor dan Kotoran

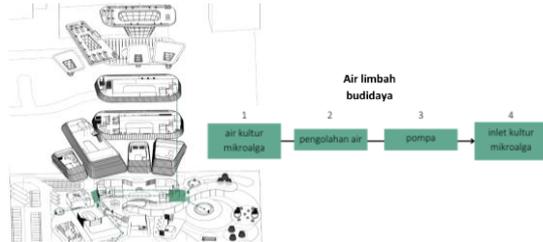
Air kotor setiap lantai disalurkan melalui shaft menuju ke bak kontrol sebelum ke saluran kota dan sebagian ke sumur resapan. Kotoran pada disalurkan melalui shaft menuju ke STP. Pada restoran air kotor ditampung pada *grease trap* menuju *septic tank* pada ruang luar.



Gambar 5.3. Isometri Utilitas Air Kotor dan Kotoran

5.4 Sistem Utilitas Air Limbah Mikroalga

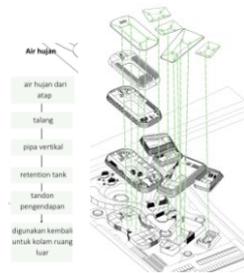
Air limbah kultivasi fasad diolah pada ruang pengolahan air kemudian ditampung di tandon adaptasi ruang luar untuk digunakan pada kolam ruang luar.



Gambar 5.4. Isometri Sistem Air Limbah Mikroalga

5.5 Sistem Utilitas Air Hujan

Air hujan dengan rata-rata hujan 168 hari per tahun (Unit Pengelola Statistik, 2021) ditampung *retention tank* pada void tiap massa untuk digunakan kembali pada kolam.



Gambar 5.5. Isometri sistem *rainwater harvesting*

6. KESIMPULAN

Perancangan Fasilitas Penelitian dan Budidaya Mikroalga di Teluk Jakarta diharapkan menjadi rumusan desain yang merepresentasikan aplikasi arsitektur ekologis

tanggap iklim. Fasilitas terdiri dari fungsi penelitian dan eduwisata dengan penerapan pendekatan ekologi dan sistem yang ditekankan pada implementasi biointegrasi dengan konsep *ecocentric* yang menghubungkan manusia, arsitektur, dan alam. Penerapan konsep berupa integrasi fisik dari bentuk massa, integrasi sistem dan proses alam dari fasad fotobioreaktor dan siklus budidaya, serta integrasi sumber daya berupa sistem pencahayaan alami dan *rain water harvesting*. Sehingga perancangan diharapkan dapat memicu ide pemanfaatan kultivasi mikroalga yang ramah lingkungan ke arsitektur.

DAFTAR PUSTAKA

Garrido-Cardenas, J. A., Manzano-Agugliaro, F., Acien-Fernandez, F. G., & Molina-Grima, E. (2018). Microalgae research worldwide. *Algal research*, 35, 50-60.

Google. (n.d.). [Google maps of Jl. Taman Marina]. Retrieved November 16, 2021 from <https://goo.gl/maps/sh4agsZ5m4bsJJVJ7>

Gunawan, T. J., Ikhwan, Y., Restuhadi, F., & Pato, U. (2018). Effect of light Intensity and photoperiod on growth of *Chlorella pyrenoidosa* and CO₂ Biofixation. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 31, p. 03003). EDP Sciences.

Jakarta Satu. (n.d.). Pemerintah Provinsi DKI Jakarta: Peta Jakarta. Retrieved November 16, 2021 from <https://jakartasatu.jakarta.go.id/portal/apps/webappviewer/index.html?id=1c1bfcced2cb4852bbeaefcd968a6d04>

LIPI. (2020). Energi Berbasis Mikrob Fotosintetik dan Mikroalga sebagai Solusi Energi Ramah-Lingkungan. <http://lipi.go.id/berita/Energi-Berbasis-Mikrob-Fotosintetik-dan-Mikroalga-sebagai-Solusi-Energi-Ramah-Lingkungan/22138>

Mayasari, D. (2021, June 19). Potensi Mikroalga sebagai Energi Terbarukan di Indonesia. *TIMES Indonesia*. <https://www.timesindonesia.co.id/read/news/353564/potensi-mikroalga-sebagai-energi-terbarukan-di-indonesia>

Unit Pengelola Statistik. (2021). Iklim dan Cuaca DKI Jakarta Tahun 2020. <https://statistik.jakarta.go.id/iklim-dan-cuaca-dki-jakarta-tahun-2020/>

Wouthuyzen, S., Tan, C. K., Ishizaka, J., Son, T. P. H., Ransi, V., Tarigan, S., & Sediadi, A. (2007, November). Monitoring of algal blooms and massive fish kill in the Jakarta Bay, Indonesia using satellite imageries. In *Proceedings of the first PI joint Symposium of ALOS data node for ALOS Science Program in Kyoto, Japan* (pp. 19-23).

Yeang, K., & Richards, I. (2007). *Eco Skyscrapers I*. Images Publishing.

Yeang, Ken. (2006). *Ecodesign: A Manual for Ecological Design*. Sussex: Wiley Academy