

IMPLEMENTASI ARSITEKTUR AMFIBI DAN DESALINASI AIR LAUT SEBAGAI SOLUSI KAWASAN TERDAMPAK ROB AKIBAT PENURUNAN MUKA TANAH DI MUARA BARU

Angeline Anabelle Sumadihardja¹⁾, Suwandi Supatra^{2)*}

¹⁾Program Studi S1 Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Tarumanagara, Jakarta, angelineanabelles@gmail.com

^{2)*} Program Studi S1 Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Tarumanagara, Jakarta, ybhan50@gmail.com

*Penulis Korespondensi: ybhan50@gmail.com

Masuk: 14-07-2025, revisi: 19-08-2025, diterima untuk diterbitkan: 23-10-2025

Abstrak

Perubahan iklim dan penurunan muka tanah menyebabkan peningkatan frekuensi isu banjir rob di kawasan pesisir Jakarta, terutama di Muara Baru, Jakarta Utara. Akibat banjir rob ini menimbulkan berbagai masalah lingkungan dan dampaknya adalah penurunan kualitas hidup masyarakat di kawasan ini. Berbagai masalah lingkungan yang timbul antara lain adalah kerusakan infrastruktur, rusaknya berbagai bangunan, dan kualitas air tanah yang buruk. Dari masalah tersebut mengakibatkan hilangnya tempat tinggal, mata pencaharian, dan aktivitas pada kawasan ini. Penulisan ini bertujuan untuk memberikan solusi arsitektur yang regeneratif berupa penggunaan arsitektur amfibi sebagai strategi revitalisasi kawasan terdampak rob. Sehingga dengan ini diharapkan dapat memunculkan kembali aktivitas dan ekosistem pada kawasan ini dari aspek lingkungan, sosial, dan ekonomi. Kajian literatur mencakup mengenai prinsip arsitektur regeneratif, teknologi adaptif arsitektur amfibi, dan studi preseden bangunan atau pemukiman apung dan amfibi di wilayah rawan banjir. Metode yang digunakan adalah pendekatan kualitatif melalui analisis tapak (makro, meso, mikro), studi bio-morfologi, dan integrasi sistem ekologis ke dalam desain arsitektur. Hasilnya berupa solusi adaptif terhadap perubahan iklim dan penurunan muka tanah yang dapat meningkatkan aspek sosial dan ekologis kawasan melalui penggunaan arsitektur amfibi serta menunjukkan jenis struktur amfibi dari studi bio-morfologi yang paling cocok digunakan pada lokasi Muara Baru yang akan dirancang.

Kata kunci: amfibi; banjir; Muara Baru; regeneratif; revitalisasi

Abstract

Climate change and land subsidence have increased the frequency of tidal flooding issues in coastal areas of Jakarta, especially in Muara Baru, North Jakarta. These floods have caused various environmental problems and led to a decline in the residents' quality of life. Issues include infrastructure damage, building deterioration, and poor groundwater quality. These impacts have resulted in the loss of housing, livelihoods, and daily activities in the area. This paper aims to offer a regenerative architectural solution through the application of amphibious architecture as a strategy for revitalizing areas affected by tidal flooding. The goal is to restore the area's activities and ecosystems across environmental, social, and economic aspects. The literature review covers principles of regenerative architecture, adaptive technologies of amphibious structures, and case studies of floating and amphibious settlements in flood-prone areas. The methodology uses a qualitative approach, including site analysis (macro, meso, and micro scales), bio-morphological studies, and the integration of ecological systems into architectural design. The result is an adaptive solution to climate change and land subsidence that enhances the social and ecological aspects of the area through amphibious architecture. It also identifies the most suitable amphibious structural typology for the Muara Baru site based on bio-morphological studies.

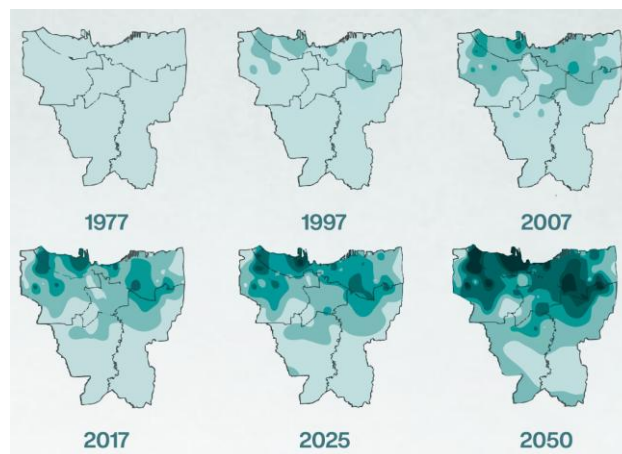
Keywords: amphibious; flood; Muara Baru; regenerative; revitalizing

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Penurunan Muka Tanah dan Kenaikan Air Laut

Dalam beberapa dekade terakhir, penurunan muka tanah telah menjadi fenomena yang semakin nyata di berbagai kota pesisir di Indonesia, terutama Jakarta. Berdasarkan data pengukuran geodetik sejak tahun 1982 sampai 2014, penurunan muka tanah di Jakarta terjadi dengan kecepatan rata-rata sekitar 3 hingga 10 cm setiap tahunnya (Abidin et al., 2015). Penurunan muka tanah ini disebabkan oleh tiga faktor utama, yaitu faktor alami akibat kondisi geologi, pengambilan air tanah untuk kebutuhan manusia, serta beban bangunan yang menekan lapisan tanah sehingga mengalami pemampatan (Chairani et al., 2024). Turunnya muka tanah memberikan dampak muka air laut nampak naik ke area daratan. Namun, hal ini diperparah oleh kondisi muka air laut yang juga mengalami kenaikan secara signifikan serta fluktuasi muka air laut. Kenaikan elevasi permukaan laut di wilayah perairan Jakarta menunjukkan tren sebesar 0,1734 cm per bulan selama periode 2015 hingga 2023 (Batu, 2025). Fenomena penurunan permukaan tanah dan kenaikan muka air laut ini menjadi penyebab masuknya air laut ke area daratan yang disebut juga sebagai banjir rob.



Gambar 1. Penurunan Muka Tanah Jakarta
Sumber: BBC, 2018

Banjir Rob di Muara Baru

Muara Baru menjadi salah satu kawasan pesisir Jakarta yang terdampak banjir rob paling parah. Hal ini dapat dilihat dari data penurunan muka tanah di Jakarta Utara terjadi di empat dari enam kecamatan, yakni Tanjung Priok sebesar -2,45 cm per tahun, Cilincing sebesar -0,18 cm per tahun, Penjaringan sebesar -4,37 cm per tahun, dan Pademangan sebesar -0,42 cm per tahun (Ramadhanis et al., 2017). Maka dari itu, kawasan Muara Baru yang masuk ke dalam kecamatan Penjaringan dapat dikatakan menjadi kawasan terdampak paling parah karena mengalami penurunan muka tanah dengan besaran paling tinggi. Salah satu dampak paling nyata isu ini di kawasan Muara Baru adalah meningkatnya intensitas dan frekuensi banjir rob yang menyebabkan genangan berkepanjangan, kerusakan infrastruktur, serta penurunan kualitas hidup masyarakat setempat. Akibat dari banjir rob yang kian sering terjadi di Muara Baru, kawasan ini juga mengalami penurunan aktivitas ekonomi dan sosial akibat rusaknya hunian, berkurangnya ruang publik, dan hilangnya tempat ibadah seperti Masjid Wal-Adhuna yang tenggelam. Dampak negatif atau masalah terjadi pada perubahan kondisi lingkungan wilayah Muara Baru seperti buruknya kualitas air tanah, terganggunya akses air bersih, sistem sanitasi, drainase, serta kerusakan bangunan, dan infrastruktur pemukiman (Chairani et al., 2024). Pendekatan *regenerative architecture* dapat menjadi solusi untuk mengembalikan fungsi lingkungan yang hilang seperti Muara Baru, sekaligus menciptakan ruang baru yang adaptif terhadap kondisi ekstrem di masa depan.

Rumusan Permasalahan

Rumusan masalah dalam penulisan jurnal ini mencakup beberapa pertanyaan utama yang menjadi dasar penyusunan strategi perancangan. Pertama, bagaimana strategi desain arsitektur yang tepat dapat diterapkan untuk merespons banjir rob serta kerentanan ekologis di kawasan pesisir Muara Baru. Kedua, bagaimana prinsip arsitektur regeneratif dapat diadaptasikan pada lingkungan pesisir yang mengalami penurunan muka tanah dan kenaikan muka air laut secara simultan. Ketiga, bagaimana penerapan prinsip regeneratif dan struktur arsitektur amfibi mampu merevitalisasi kawasan permukiman padat yang didominasi oleh masyarakat ekonomi menengah ke bawah. Terakhir, diperlukan pula perumusan sistem alternatif pengolahan air yang dapat menggantikan penggunaan air tanah, guna mengatasi buruknya kualitas air dan mencegah eksploitasi air tanah yang memperparah penurunan muka tanah.

Tujuan

Penulisan jurnal ini bertujuan merumuskan strategi desain arsitektur yang adaptif dan regeneratif untuk mengatasi banjir rob dan degradasi lingkungan di kawasan pesisir Muara Baru akibat penurunan muka tanah dan kenaikan muka air laut. Fokus utama diarahkan pada penerapan arsitektur amfibi dan sistem desalinasi air laut sebagai solusi terpadu guna mengurangi ketergantungan terhadap air tanah, memperbaiki kualitas lingkungan, dan meningkatkan ketahanan kawasan terhadap perubahan iklim. Selain itu, jurnal ini bertujuan mengeksplorasi pendekatan desain yang mampu merevitalisasi permukiman padat berpenghasilan rendah secara inklusif dan berkelanjutan, sekaligus memperluas penerapan arsitektur tropis regeneratif di wilayah pesisir rawan bencana.

2. KAJIAN LITERATUR

Banjir Rob (*Tidal Flood*) di Muara Baru

Banjir rob adalah banjir yang terjadi akibat kenaikan permukaan air laut (pasang laut) yang masuk ke area darat atau menggenangi wilayah daratan, terutama biasanya terjadi di kawasan pesisir (Syafitri dan Rochani, 2021). Fenomena banjir rob terjadi secara periodik mengikuti siklus pasang surut air laut, dan cuaca yang ekstrem seperti badai atau angin kencang dapat menjadi faktor yang memperburuk kondisi banjir. Banjir rob umumnya terjadi di daerah pesisir, dataran banjir, sempadan sungai, dan cekungan yang memiliki ketinggian rendah serta sistem drainase yang buruk. Selain penurunan muka tanah (*land subsidence*), banjir rob juga dapat terjadi disebabkan oleh sampah, kondisi tanggul banjir yang rusak, dan endapan sedimentasi sungai yang menyebabkan berkurangnya tampungan debit air di sungai (Susanti et al., 2020).

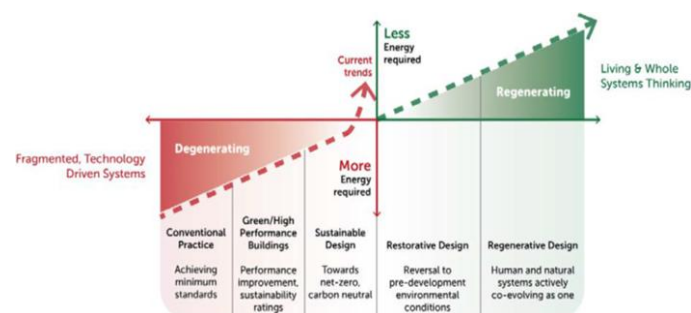
Dampak yang biasanya disebabkan oleh bencana banjir rob adalah kerusakan fisik pada infrastruktur hingga terganggunya kegiatan sosial dan ekonomi masyarakat pesisir (Hanif, et al., 2021). Genangan air yang terjadi secara berkala mempercepat kerusakan pada elemen bangunan, memperburuk kondisi sanitasi akibat kontaminasi air bersih dan sistem pembuangan limbah. Lebih jauh, fenomena ini turut menurunkan nilai properti, membatasi pergerakan warga, dan berisiko mendorong perpindahan penduduk secara bertahap dari kawasan yang terdampak (Nurlaela dan Maliki, 2025).



Gambar 2 dan 3. Banjir Rob di Muara Baru
Sumber: Liputan6, 2025

Arsitektur Regeneratif

Secara etimologis, regeneratif (*regenerative*) berasal dari bahasa latin yaitu “re-” yang berarti kembali atau lagi, dan “generate” yang berarti menghasilkan, menciptakan, atau melahirkan. Sehingga secara keseluruhan etimologis, regeneratif dapat diartikan sebagai proses pemulihan, perbaikan, atau pembentukan kembali sesuatu yang telah rusak, hilang, atau terdegradasi. Regeneratif adalah kemampuan untuk menghidupkan kembali atau mengembalikan vitalitas. Pendekatan desain yang melampaui keberlanjutan (*sustainability*), juga berperan aktif dalam memulihkan dan meningkatkan kualitas ekosistem serta kehidupan manusia. Konsep ini mengintegrasikan sistem alami ke dalam lingkungan binaan, sehingga mampu menciptakan keseimbangan yang lebih harmonis antara alam dan aktivitas manusia (Cole, 2012). Pendekatan Regeneratif pendekatan yang menekankan pada proses perbaikan lingkungan yang rusak. Namun tidak hanya berakhir pada tahap itu saja, juga bagaimana keberlangsungannya di masa depan (Brestianto, 2018).



Gambar 4. Jangkauan Pendekatan Regeneratif

Sumber: Reed, 2007

Arsitektur regeneratif ini merupakan pendekatan desain yang tidak hanya mengurangi dampak negatif yang terjadi, tetapi juga turut aktif memulihkan kondisi lingkungan dan meningkatkan kualitas ekosistem (Mang dan Reed, 2012). Pemulihan dan peningkatan kesehatan ekosistem ini dilakukan melalui tiga prinsip utama. Pertama, *ecosystem restoration* yaitu melalui penerapan sistem desalinasi air laut untuk menghasilkan air siap guna dari sumber alam terdekat yaitu laut yang kaya akan air. Sehingga dapat mengurangi bahkan menghentikan penggunaan air tanah yang berlebih di kawasan ini sebagai pencegahan penurunan muka tanah yang semakin buruk (Hasanuddin, 2011). Kedua, *carbon neutrality* yang diwujudkan melalui penggunaan bahan material rendah emisi, seperti bambu dan kayu ulin. Ketiga, *community engagement* dengan melibatkan masyarakat dalam pemeliharaan lingkungan kawasan melalui pemberdayaan masyarakat lokal dengan kondisi ekonomi yang lemah untuk bekerja pada pusat wisata dan *floating market* yang direncanakan.

Bio-Morphology dan Bio-Mimicry

Pendekatan *bio-morphology* dalam konteks arsitektur menitikberatkan pemahaman dan penerjemahan bentuk, struktur, serta proses alami ke dalam desain bangunan (Gan & Jin, 2023). *Bio-morphology* berakar pada prinsip adaptif yang memungkinkan elemen bangunan berevolusi secara fungsional, meniru mekanisme biologis, seperti respons dan pertumbuhan pada makhluk hidup yang telah teruji efisiensinya dalam menghadapi kondisi lingkungan yang berubah-ubah (Al-Masri et al., 2025). Melalui metode ini, desain diarahkan untuk meniru cara suatu elemen alam merespons kondisi yang dihadapi.

Sementara itu, *bio-mimicry* (atau *biomimetic design*) adalah pendekatan yang lebih luas, dengan tujuan meniru solusi biologis untuk menyelesaikan permasalahan manusia dalam hal berkelanjutan, efisiensi, dan ketahanan bangunan (Verbrugghe et al., 2023). Model desain *biomimicry* dapat dimulai dari skala organisme, perilaku, hingga sistem ekologis, dan sering

melibatkan kolaborasi lintas disiplin (Chayaamor-Heil, 2023). Pendekatan ini telah menjadi dasar bagi inovasi desain yang tidak hanya meniru bentuk dari alam, tetapi juga meniru cara kerja alam yang rumit, seperti mengatur suhu, membagi beban, dan menggunakan energi secara efisien (Imani dan Vale, 2022).

Carbon Neutrality

Carbon neutrality yang diwujudkan melalui penggunaan bahan material rendah emisi, seperti bambu dan kayu ulin. Bambu merupakan material yang cepat tumbuh dan memiliki kemampuan tahan terhadap air laut dan mampu menyimpan karbon dalam jaringan biomassa. Bambu dapat menyimpan karbon berkisar 50-150 kg CO₂ per m³ dengan emisi produksi relatif rendah yaitu sekitar 0,5-1,2 kg CO₂ per m³. Masa pakai dapat mencapai 25-30 tahun tergantung aplikasi dan perlakuan. Sedangkan, kayu merbau (*Intsia bijuga*) sebagai kayu berjenis keras tropis memiliki penyimpanan karbon yang besar. Karbon tetap pada kayu merbau mencapai sekitar 17,5% berat kering, yaitu sebesar 200-300 kg CO₂/m³. Emisi produksi kayu berkisar 5–10 kg CO₂/m³, dengan masa pakai lebih dari 50 tahun (Vierry dan Gentur, 2023). Emisi produksi untuk material bambu dan kayu merbau ini tergolong rendah dibanding material konstruksi seperti beton dan baja yang banyak digunakan pada masa ini.

Tabel 1. Perbandingan tiap Material

Material	Penyimpanan CO2 (kg/m ³)	Emisi Produksi (kg CO2/m ³)	Masa Pakai (tahun)
Bambu	50-150	0,5-1,2	25-30
Merbau	200-300	5-10	50+
Beton	0	300	50
Baja	0	2.000	60

Sumber: Lugt et al., 2015; Prasiwi dan Trisunaryanti, 2019

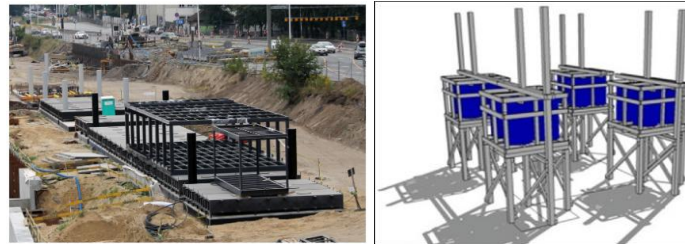
Arsitektur Adaptif

Arsitektur adaptif dalam pengartiannya secara etimologis dapat diartikan berdasarkan kata *adaptive* (*adapt*), yaitu “*adaptare*” yang berasal dari bahasa Latin yang artinya menyesuaikan atau mencocokkan, dan kata *architecture*, yaitu “*arkhitekton*” yang berasal dari bahasa Yunani dengan arti pembangun atau perancang. Sehingga, secara keseluruhan *adaptive architecture* dapat diartikan sebagai arsitektur yang mampu menyesuaikan diri atau merespon perubahan (Lechner, 2015). Sifat atau ciri dari arsitektur yang adaptif ini adalah responsif, fleksibel, intelegen, dan interaktivitas (Dohotariu, 2021). Responsif yaitu mampu merespons perubahan lingkungan atau kebutuhan pengguna. Fleksibel berarti mampu beradaptasi dengan perubahan kebutuhan ruang dan fungsi. Intelegen artinya arsitektur ini menggunakan teknologi yang responsif terhadap keadaan (Preiser et al., 2018). Terakhir, interaktivitas artinya mampu berinteraksi dengan pengguna dan lingkungan sekitar.

Arsitektur Amfibi

Arsitektur amfibi didefinisikan sebagai desain bangunan yang dapat atau mampu beradaptasi dengan fluktuasi air melalui sistem struktur yang dinamis, seperti fondasi mengambang (*bouyant*), sistem hidrolik yang menyesuaikan ketinggian air, dan material yang tahan terhadap air serta korosi (Ameh et al., 2024). Arsitektur amfibi ini berbeda dengan bangunan terapung statis karena sistem ini memungkinkan fleksibilitas dalam merespons perubahan muka air. Konsep ini merupakan penggabungan elemen-elemen dari industri pembangunan dan kelautan sebagai solusi dalam menghadapi risiko banjir pada wilayah atau kawasan rawan banjir (V. dan Philip, 2022). Sistem ini sudah diterapkan secara luas di berbagai negara, termasuk Indonesia.

Salah satu contoh penerapan sistem arsitektur amfibi adalah pada proyek *Amphibious Boulevard Pavilions* di Warsawa, Polandia. Bangunan ini menggunakan kompartemen baja kedap air pada dasar bangunan sehingga dapat menghasilkan daya apung ketika banjir terjadi, serta panduan vertikal untuk menjaga stabilitas strukturnya (Piątek dan Wojnowska-Heciak, 2020). Contoh lainnya yaitu penelitian yang dilakukan di Kalimantan, Indonesia, yaitu pengembangan fondasi Ark'a Modulam (Wijanarka et al., 2019). Sistem konstruksi ini merupakan fondasi bangunan amfibi yang terdiri dari modul-modul yang dapat beradaptasi pada kondisi lahan basah. Ark'a Modulam ini sebagai alternatif menciptakan atau menerapkan arsitektur amfibi di dataran banjir perkotaan yang meningkatkan ketahanan permukiman terhadap banjir.



Gambar 5 dan 6. Konstruksi *Amphibious Boulevard Pavilions* dan Modul Ark'a Modulam
Sumber: ResearchGate, 2019; ResearchGate, 2020

Pemukiman Padat Penduduk Kelas Menengah ke Bawah

Pemukiman menengah ke bawah adalah kawasan hunian yang dihuni oleh masyarakat dengan tingkat pendapatan rendah hingga menengah, yang umumnya memiliki keterbatasan dalam akses terhadap fasilitas dan infrastruktur berkualitas tinggi (Rahman et al., 2022). Karakteristik utama permukiman ini meliputi ukuran rumah yang lebih kecil, kepadatan bangunan yang lebih tinggi, serta kebutuhan akan hunian yang terjangkau, fungsional, dan tahan terhadap berbagai kondisi lingkungan (Jackson et al., 2020). Desain pemukiman untuk kelompok ini perlu mengutamakan aspek keterjangkauan, efisiensi ruang, keberlanjutan, serta memperhatikan kenyamanan dan kesehatan penghuninya. Karakteristik lain yang dapat terlihat langsung adalah penggunaan material yang cukup acak. Tidak dilibatkannya tenaga profesional seperti arsitek dalam pembangunan tiap rumahnya sehingga bentuk bangunan dan jenis material yang digunakan tergantung pada kemampuan masing-masing pemilik rumah (Tikul, 2022).

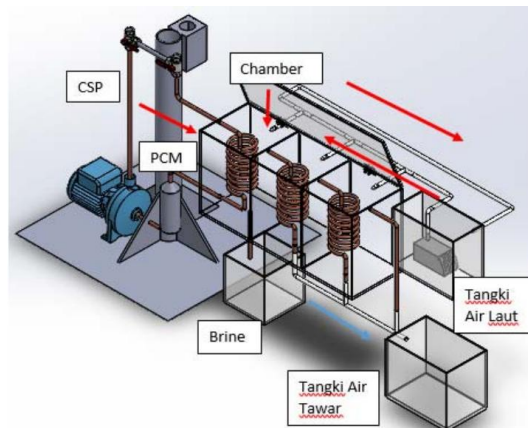


Gambar 7. Kondisi Pemukiman di Muara Baru
Sumber: Dokumentasi pribadi, 2025

Desalinasi Air Laut

Air laut pada dasarnya terdiri atas sekitar 96,5% air murni, sementara sisanya sebesar 3,5% terdiri dari berbagai zat terlarut seperti garam, gas, dan partikel lainnya (Munir et al., 2023). Proses desalinasi bertujuan untuk memisahkan kandungan mineral dan garam yang terlarut dalam air laut, sehingga menghasilkan air bersih yang dapat digunakan untuk kebutuhan domestik maupun industri (Adhitya, 2021). Salah satu metode desalinasi yang paling banyak diterapkan adalah *Reverse Osmosis* (RO), yaitu suatu proses pemurnian air dengan menggunakan tekanan tinggi untuk mendorong air laut menembus membran semi-permeabel. Membran ini berfungsi menyaring molekul-molekul air bersih, sekaligus menahan kandungan garam, logam berat, serta zat terlarut lainnya (Shannon, 2008).

Metode RO dikenal karena kemampuannya dalam memproduksi air berkualitas tinggi secara efisien dan dapat diterapkan dalam skala kecil maupun besar. Sistem ini relatif ramah lingkungan karena tidak melibatkan reaksi kimia yang kompleks dan dapat dioperasikan dengan pengawasan teknis yang sederhana. Membran RO sendiri biasanya terbuat dari bahan poliamida tipis yang mampu menyaring partikel hingga ukuran mikron (Joniarta et al., 2024). Meski demikian, penggunaan teknologi ini tetap membutuhkan proses penyaringan awal (*pre-filtration*) serta perawatan berkala guna mencegah terjadinya penyumbatan atau *fouling* pada membran (Greenlee et al., 2009).



Gambar 8. Skema Sistem Mesin Desalinasi Air Laut
Sumber: Rahmalina et al., 2022

3. METODE

Metode yang digunakan adalah observasi lapangan, pendekatan kualitatif melalui analisis tapak (makro, meso, dan mikro), studi literatur, studi bio-morfologi, dan integrasi sistem ekologis ke dalam desain arsitektur. Observasi kawasan dilakukan pada lokasi tapak yang akan digunakan, yaitu Jalan Muara Baru Ujung Gedung Pompa, RT/RW 15/17, Penjaringan, Jakarta Utara, DKI Jakarta 14440. Hal yang dilakukan ketika survey lapangan dilakukan adalah observasi fisik yaitu dokumentasi kondisi bangunan dan lingkungan eksisting seperti kerusakan, material yang digunakan, jalur air, area yang kosong dan area terbangun. Selain observasi fisik, dilakukan juga wawancara kepada penduduk sekitar tapak mengenai sejarah tapak dan aktivitas yang biasa dilakukan masyarakat pada lokasi tapak dan sekitarnya.

Area Tapak R-1



Area Pemukiman Kumuh dengan bangunan rumah semi-permanen dan kurang terurus.

Area Tapak K-3



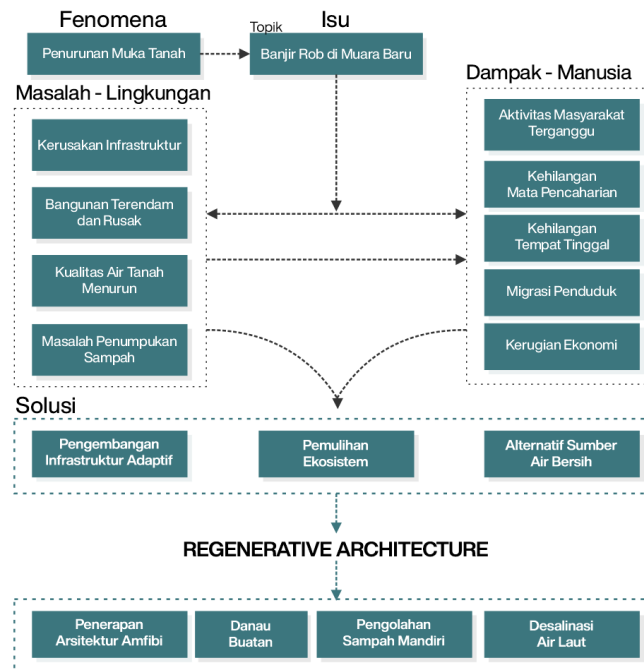
Area Tapak Kosong dari Aktivitas Manusia. Banyak kambing di sepanjang lahan. Banyak genangan.

Tanggul



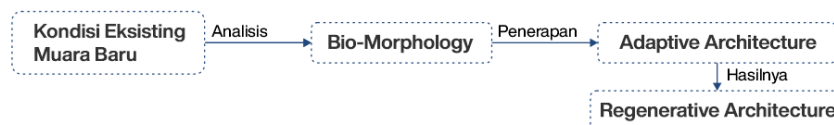
Dibalik tanggul terdapat masjid yang tenggelam. Tanggul berbatasan langsung dengan laut. Pada sore hari dan akhir pekan, tanggul sering dipanjati orang-orang untuk menongkrong dan memancing.

Gambar 9. Hasil Survey Lapangan di Muara Baru
Sumber: Dokumentasi pribadi, 2025



Gambar 10. Skema Identifikasi Kebutuhan *Regenerative Architecture*
Sumber: Penulis, 2025

Metode desain menggunakan pendekatan *bio-morphology* yang berkaitan dengan *biomimicry* dengan memperhatikan kondisi eksisting di kawasan Muara Baru, terutama tapak. Dengan metode ini, dilakukan penyerapan konsep suatu sistem pertahanan diri yang dipelajari dari keterhubungan alam dengan seisinya. Dari sistem tersebut, diterapkanlah strategi desain *adaptive architecture* dalam perancangan. Hasilnya, *adaptive architecture* ini menghasilkan arsitektur regeneratif dan memunculkan kembali kondisi Muara Baru yang rusak menjadi pulih.



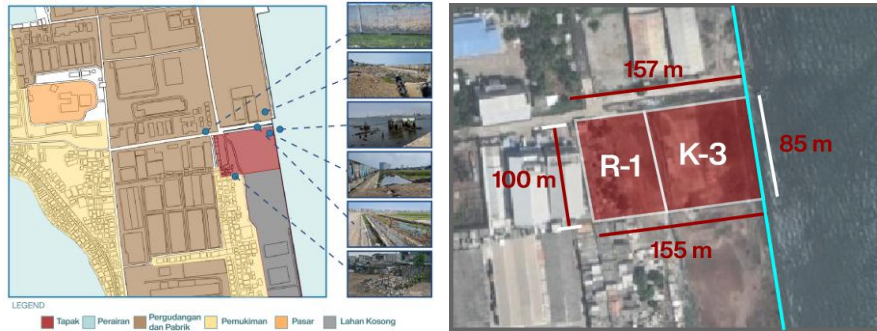
Gambar 11. Skema Strategi Pendekatan Metode Desain
Sumber: Penulis, 2025

4. DISKUSI DAN HASIL

Tapak dan Analisis

Tapak berlokasi di Jalan Muara Baru Ujung Gedung Pompa, RT.15/RW.17, Kelurahan Penjaringan, Jakarta Utara 14440. Lokasi ini merupakan kawasan pesisir yang secara langsung berbatasan dengan laut di sisi timur dan rentan terhadap banjir rob akibat penurunan muka tanah yang signifikan dari tahun ke tahunnya. Maka dari itu, sejak tahun 2000-an perbatasan kawasan ini dengan laut sudah dibatasi dengan tanggul yang menjulang panjang di sepanjang garis air laut, dengan tanggul setinggi mencapai $\pm 2,5$ meter (garis biru muda pada gambar di bawah).

Berdasarkan hasil observasi, diketahui bahwa tanah di Muara Baru didominasi oleh tanah aluvial dengan daya dukung rendah, rentan terhadap penurunan muka tanah dan intrusi air laut. Banyaknya genangan air terjadi akibat banjir rob, curah hujan tinggi, serta drainase yang kurang optimal. Kualitas air tanah memburuk akibat pencemaran limbah domestik dan industri, dengan kadar salinitas tinggi yang membuatnya tidak layak konsumsi.



Gambar 12 dan 13. Tapak dan Kondisi Sekitar Tapak

Sumber: Penulis, 2025; Salsabillah, 2024

Jakarta Utara dan Kelurahan Penjaringan

Lokasi Jakarta Utara dipilih karena merupakan lokasi yang berbatasan langsung dengan teluk Jakarta dan salah satu daerah paling terdampak dalam menghadapi masalah penurunan muka tanah dan kenaikan tinggi muka air laut di Jakarta. Ketinggian lahan di Jakarta Utara dominan di ketinggian kurang dari 1 meter di atas permukaan laut. Sedangkan, muka air laut ketika pasang menggenangi setinggi 0,4 meter di beberapa titik, salah satunya pada Muara Baru sebagai lokasi yang tervalidasi sebagai titik banjir rob pada gambar di bawah.

Secara messo, tapak dikelilingi oleh kawasan pemukiman padat, pabrik, pergudangan alat pancing dan penjaringan, perairan, dan sisa-sisa infrastruktur seperti tanggul, pompa air yang tidak lagi berfungsi dengan baik, dan tanah kosong serta bangunan bekas korban banjir rob. Proyek ini dibutuhkan untuk menghidupkan lagi kehidupan layak dan sekaligus aktivitas ekonomi warga lokal, terutama karena kawasan yang kosong dan terbengkalai akibat banjir rob.



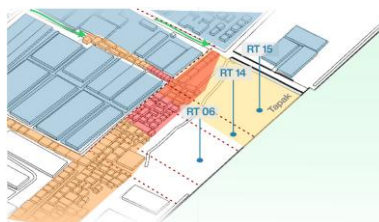
Gambar 14, 15, dan 16. Lokasi tapak, Validasi Titik Rob, dan Fungsi Sekitar

Sumber: Penulis, 2025; Salsabillah, 2024

Sasaran Pengguna dan Kebutuhan Fungsi Pengguna

Pengguna Hunian

Pengguna dari perancangan hunian ini adalah para penghuni eksisting yang bagian lahan tempat tinggalnya diambil untuk tapak ini, yaitu penduduk RT 15 dan sebagian dari RT 14 sekitar kurang lebih sebanyak 30 KK. Selain itu, penduduk dari rumah-rumah sekitar tapak dapat juga menjadi pengguna atau penghuni secara tidak langsung sehingga jumlah hunian yang akan dirancang dilebihkan sebanyak 20% menjadi 36 unit rumah. Asumsi anggota keluarga per KK adalah 4 orang, sehingga asumsi jumlah penduduk secara keseluruhan adalah sebanyak 144 penghuni.



Gambar 17. Sasaran Pengguna Perancangan

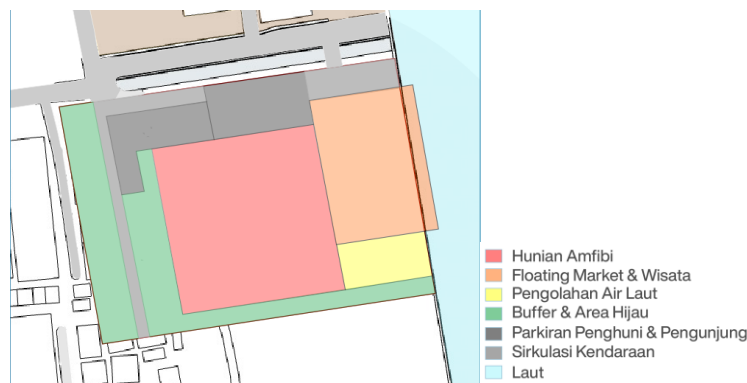
Sumber: Penulis, 2025

Mayoritas penduduk adalah masyarakat dengan kondisi ekonomi menengah ke bawah. Hal ini menjadikan pemenuhan kebutuhan utama seperti air tidak menggunakan air yang berasal dari PDAM. Kebanyakan masyarakat pada lokasi ini memanfaatkan air tanah karena kesulitan ekonomi untuk membayar kebutuhan air dari PDAM. Namun, penggunaan air tanah secara berlebihan ini menjadi salah satu penyebab utama penurunan muka tanah sehingga muka air laut pun semakin naik. Penggunaan air tanah ini perlu dikurangi bahkan dihentikan untuk juga menghentikan penurunan muka tanah di area ini. Maka, diperlukan alternatif lain untuk memenuhi kebutuhan sumber air bersih. Dilihat dari potensi sumber air yang ada di sekitar tapak, tapak yang berbatasan langsung dengan laut dapat menjadi solusi. Sehingga, diperlukan pengolahan air laut dengan sistem desalinasi.

Penduduk pada lokasi ini sebagian tidak memiliki pekerjaan yang layak dan juga orang lanjut usia yang sudah tidak memiliki pekerjaan. Maka dari itu, juga diperlukan solusi yang dapat meningkatkan perekonomian penduduk. Upaya peningkatan perekonomian penduduk pada kawasan ini adalah dengan pengadaan fungsi sebagai *floating market* dan pusat wisata. Fungsi ini bertujuan untuk memberdaya potensi tapak dan penduduk pada lokasi ini yang membutuhkan pekerjaan yang lebih layak. Dari observasi yang telah dilakukan, terdapat juga aktivitas lain pada lokasi yaitu seringnya orang dari luar lokasi datang dan memanjat tanggul di sore hari untuk memancing. Sehingga, pada fungsi wisata ini akan dibuat tempat pemancingan yang mengarah ke laut.

Program dan Zonasi

Dari analisis pengguna di atas, program yang terbentuk adalah berupa fungsi hunian, *floating market*, wisata pemancingan, dan pengolahan air laut. Berikut adalah rencana zonasi perancangan berdasarkan program yang akan dibuat.



Gambar 18. Zonasi Program pada Tapak

Sumber: Penulis, 2025

Konsep dan Sistem Regeneratif Arsitektur Amfibi

Konsep Struktur

Metode desain sistem struktur yang digunakan adalah melalui pendekatan *bio-morphology* dan *bio-mimicry*. Dari masalah yang dihadapi tapak, dibutuhkan pendekatan kekuatan elemen yang ada di alam agar bangunan dapat beradaptasi dengan banjir yang dialami penduduk. Konsep arsitektur amfibi terinspirasi dari karakteristik biologis eceng gondok (*Eichhornia crassipes*), tanaman air yang memiliki kemampuan luar biasa untuk mengapung dan beradaptasi di lingkungan perairan. Dengan pendekatan *bio-morphology*, struktur bangunan mengadopsi bentuk dan sistem perakaran eceng gondok yang ringan namun kuat, serta memiliki rongga-rongga udara pada batangnya yang memungkinkan daya apung tinggi. Ciri ini diterjemahkan ke dalam desain struktur bangunan dengan sistem modul ringan dan berongga yang mampu mengapung serta bergerak secara dinamis sesuai dengan naik turunnya permukaan air.



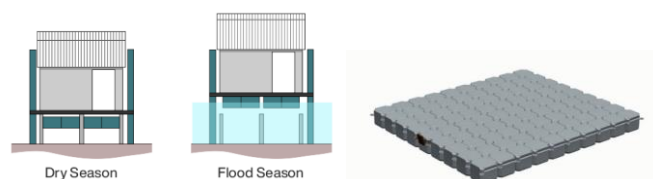
Gambar 19. Eceng Gondok
Sumber: Unair, 2022; Blibli, 2025

Konsep Desain

Bangunan menggunakan pendekatan vernakular dengan menyesuaikan gaya dan material perkampungan serta serapan dari kondisi eksisting. Berdasarkan studi lapangan, penggunaan material menggunakan material yang acak sesuai kemampuan masing-masing pemilik rumah. Hal ini dikarenakan kondisi ekonomi penduduk menengah ke bawah sehingga tidak terlalu mementingkan estetika untuk tempat tinggal dan tidak adanya campur tangan ahli rancang (arsitek) dalam perancangan di kawasan ini. Dari ciri yang ada, modifikasi juga dilakukan untuk menyesuaikan dengan karakter baru yang akan dirancang pada penelitian ini. Material utama seperti kayu merbau, bambu, dan seng dipilih karena ringan, tahan terhadap air, dan mudah diperoleh secara lokal.

Struktur Amfibi

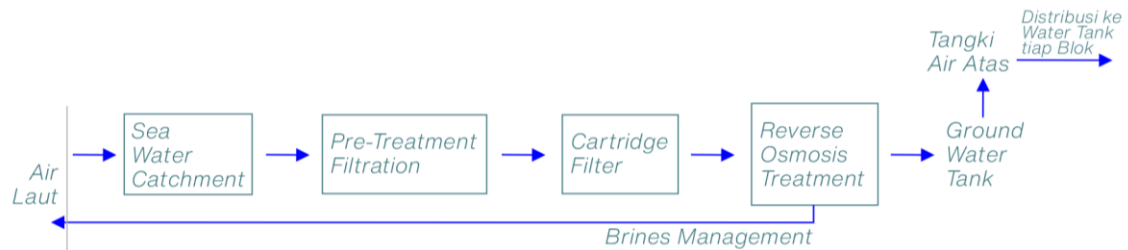
Berdasarkan konsep eceng gondok diatas, pendekatan desain merujuk pada pendekatan arsitektur amfibi yaitu bangunan yang dapat mengapung mengikuti ketinggian air di bawahnya. Sistem struktur amfibi dirancang dengan sistem *pontoon modular* berupa pondasi drum plastik daur ulang yang kedap air dan sistem rel pemandu vertikal berupa menara penahan dan tiang-tiang kolom PVC yang diisi dengan beton dan galvanis agar tetap kuat dan tahan air. Menara penahan dan tiang-tiang yang tersambung dengan pondasi ini berfungsi sebagai penahan agar pergerakan yang terjadi pada bangunan hanya terjadi secara vertikal (naik-turun). Material alami seperti kayu dan bambu pada struktur dan elemen arsitektur lainnya sangat dibutuhkan pada kawasan ini karena selain penyesuaian dengan konsep, juga untuk mengurangi beban pada bangunan sehingga sistem amfibi dan bekerja dengan maksimal. Terdapat juga kolom struktur yang tidak terikat secara langsung dengan pondasi dan sistem amfibi, sehingga kolom-kolom ini merupakan kolom pasti yang melekat pada bangunan tiap lantainya untuk tetap mempertahankan kekakuan pada bangunan.



Gambar 20 dan 21. Skema Sistem Amfibi dan Pontoon Modular
Sumber: Penulis, 2025; Marine Plant Hire, 2025

Sistem Desalinasi Air

Sistem regeneratif alam utama yang dilakukan pada penelitian ini adalah sistem regenerasi air, yaitu pengolahan air laut dengan teknologi desalinasi skala sedang untuk menghasilkan air bersih kebutuhan rumah tangga hunian dan seluruh fungsi pendukung lainnya. Sistem desalinasi yang diterapkan menggunakan teknologi *reverse osmosis* (RO) skala komunitas, yang memiliki efisiensi tinggi dalam menghilangkan garam dan kontaminan dari air laut. Sistem ini dipilih karena kemampuannya menghasilkan air bersih dengan kualitas layak konsumsi, serta memiliki modularitas dan biaya operasional yang relatif rendah.



Gambar 22. Skema Proses Desalinasi Air Laut (RO) yang akan Diterapkan

Sumber: Penulis, 2025

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Bangunan yang perlu dirancang di Muara Baru, Jakarta Utara ini merupakan bangunan pemukiman dan fungsi penunjang lain adaptif berbasis amfibi yang dapat mengikuti ketinggian muka air serta dilengkapi dengan fasilitas sistem mesin pengolahan air laut (desalinasi) untuk mencegah penurunan muka tanah yang lebih buruk lagi. Fungsi penunjang lainnya adalah *floating market* dan wisata pemancingan yang diadaptasi dari aktivitas masyarakat di lokasi eksisting untuk meningkatkan daya ekonomi kawasan Muara Baru yang ditinggalkan. Proyek ini tidak hanya menghadirkan solusi tempat tinggal yang lebih layak bagi masyarakat kelas menengah ke bawah terdampak banjir rob, tetapi juga menciptakan sistem regeneratif yang mampu memulihkan kualitas dan vitalitas lingkungan, serta meningkatkan kualitas dan pemberdayaan hidup masyarakat setempat.

Konsep utama desain dan struktur menggunakan pendekatan *regenerative architecture* dengan pendekatan *bio-morphology* dan *bio-mimicry* yang menghasilkan struktur dan bentuk bangunan yang menyatu dengan kondisi alam dan geografis lokal melalui *amphibious architecture*. Struktur amfibi dirancang dengan sistem ponton modular dari drum kedap air dan rel pemandu vertikal yang memungkinkan bangunan mengapung stabil ketika muka air naik. Material yang digunakan adalah dengan bahan lokal seperti kayu merbau, bambu, gypsum, dan seng yang gaya bangunannya disesuaikan dengan konteks eksisting kampung tradisional namun tetap disesuaikan dengan kebutuhan masa kini. Sistem desalinasi berfungsi sebagai solusi ekologis untuk mengurangi ketergantungan terhadap penggunaan air tanah dan pada akhirnya dapat menghentikan masalah penurunan muka tanah di kawasan Muara Baru. Bahkan, keseluruhan elemen penelitian ini dapat menjadi prototipe regeneratif untuk menjadi solusi pada lokasi dengan masalah dan kondisi lingkungan serupa.

Saran

Beberapa saran yang dapat diusulkan pada penulisan ini adalah agar pendekatan arsitektur amfibi dan sistem regeneratif seperti desalinasi air laut dapat terus dikembangkan dan diintegrasikan dalam kebijakan tata ruang kawasan pesisir rawan banjir. Diharapkan pemerintah dan pemangku kepentingan perlu memberikan dukungan regulasi, pendanaan, serta pelatihan teknis kepada masyarakat agar mampu mengelola teknologi tersebut secara mandiri dan berkelanjutan. Kajian lanjutan juga perlu dilakukan mengenai performa struktur amfibi dalam jangka panjang serta evaluasi dampak ekologis dan sosial sebagai dasar pengembangan model regeneratif ini di wilayah pesisir lain yang dimungkinkan memiliki jenis tanah yang berbeda.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin menyampaikan rasa syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulisan jurnal ini dengan judul "*Implementasi Arsitektur Amfibi dan Desalinasi Air Laut sebagai Solusi Kawasan Terdampak Rob akibat Penurunan Muka Tanah di Muara Baru*"

dapat diselesaikan dengan baik. Penulis juga ingin mengucapkan terima kasih kepada Dosen Pembimbing, Ketua Jurusan Arsitektur dan Perencanaan, Kaprodi S1 Arsitektur, serta narasumber yang telah membantu dalam penyusunan artikel ilmiah ini.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa jurnal ini masih memiliki keterbatasan. Oleh karena itu, segala bentuk kritik dan saran sangat penulis harapkan untuk penyempurnaan di masa mendatang. Semoga karya ini dapat memberikan kontribusi positif bagi pengembangan keilmuan arsitektur, khususnya dalam penerapan prinsip arsitektur regeneratif di wilayah pesisir yang terdampak perubahan iklim dan penurunan muka tanah.

REFERENSI

- Abidin, H. Z., Andreas, H., Gumilar, I., & R. Wibowo, I. R. (2015). On correlation between urban development, land subsidence and flooding phenomena in Jakarta. *PIAHS*, 15-20.
- Adhitya, D. C. (2021, Mei). Thermal Enhancement for Paraffinic Thermal Energy Storage by Adding Volcanic Ash. *JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING EDUCATION*, 6(1), 77-88.
- Al-Masri, A., Abdulsalam, M., Hashaykeh, N., & Salameh, W. (2025). Bio-mimicry in architecture: An explorative review of innovative solution toward sustainable buildings. *An-Najah University Journal for Research - A (Natural Sciences)*, 39(1), 39-46.
- Ameh, H., Badarnah, L., & Lamond, J. (2024). Amphibious Architecture: A Biomimetic Design Approach to Flood Resilience. *sustainability*, 16(3), 1069.
- Batu, P. E. (2025). Analisis Fluktuasi Muka Air Laut di Pesisir Kota Jakarta Kaitannya dengan Fluktuasi Muka Air Laut Global Tahun 2015-2023. *Indonesian Journal of Oceanography (IJOCE)*, 42-53.
- Chairani, C., Agustina, P. P., & Budiharto, W. I. (2024). Adaptasi masyarakat pesisir Jakarta Utara terhadap fenomena penurunan muka tanah dan banjir rob. *Gender, HUman Development, and Economics (GHDE)*, 28-40.
- Chayaamor-Heil, N. (2023). From Bioinspiration to Biomimicry in Architecture: Opportunities and Challenges. *encyclopedia*, 3(1), 202-223.
- Dohotariu, I. (2021). Adaptive Architecture – A Beneficial Interaction with Technology. *Bulletin of the Polytechnic Institute of Iași. Construction. Architecture Section*, 67, 56-63.
- Gan, G., & Jin, L. (2023). Advancing Agri-Biotechnological and Biomorphology Principles in Biomimetic Interior Furniture Design: A Comprehensive Visualization Analysis. *Journal of Commercial Biotechnology*, 28(6), 244.
- Greenlee, L. F., Lawler, D. F., Freeman, B. D., Marrot, B., & Moulin, P. (2009). Reverse osmosis desalination: Water sources, technology, and today's challenges. *Water Research*, 43(9), 2317-2348.
- Hanif, M., Putra, B. G., Hidayat, R. A., Ramadhan, R., Ahyuni, Afriyadi, . . . Mokhtar, E. S. (2021, Oktober). Impact of Coastal Flood on Building, Infrastructure, and Community Adaptation in Bukit Bestari Tanjungpinang. *Jurnal Geografi Gea*, 21(2), 102-111.
- Hasanuddin, Z. A. (2011). Land subsidence of Jakarta (Indonesia) and its relation with urban development. *Natural Hazards*, 1753-1771.
- Imani, N., & Vale, B. (2022). Biomimetic Design for Building Energy Efficiency 2021. *biomimetics*, 7(3), 106.
- Jackson, A., Callea, B., Stampar, N., Sanders, A., Rios, A. D., & Pierce, J. (2020). Exploring Tiny Homes as an Affordable Housing Strategy to Ameliorate Homelessness: A Case Study of the Dwellings in Tallahassee, FL. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17, 661.
- Joniarta, I. W., Dika, A. A., & Wijana, M. (2024). ANALISIS EFISIENSI POMPA SENTRIFUGAL PADA DESALINASI DENGAN PROSES REVERSE OSMOSIS. *Energy, Materials, and Product Design*, 213-223.

- Lechner, N. (2015). *Heating, Cooling, Lighting: Sustainable Design Methods for Architects*. John Wiley & Sons, Inc.
- Lugt, P. v., Vogtländer, J., Vegte, J. v., & Brezet, H. (2015). Environmental Assessment of Industrial Bamboo Products - Life Cycle Assessment and Carbon Sequestration. *Proceedings of the 10th World Bamboo Congress*.
- Mang, P., & Reed, B. (2012). Designing from place: a regenerative framework and methodology. *Building Research & Information*, 23-38.
- Munir, M. A., Rahman, R. A., & Rahmalina, D. (2023). Pengembangan Alat Desalinasi Air Laut dengan Teknologi Thermal Energy Storage. *Jurnal Asimetrik: Jurnal Ilmiah Rekayasa Dan Inovasi*, 170-178.
- Nurlaela, & Maliki, R. Z. (2025). DAMPAK BANJIR ROB TERHADAP PEREKONOMIAN MASYARAKAT PASCA BENCANA GEMPA BUMI 2018 DI DESA TOMPE KECAMATAN SIRENJA. *Jurnal Manajemen dan Kebijakan Publik*, 10(1), 23-35.
- Piątek, Ł., & Wojnowska-Heciak, M. (2020). Multicase Study Comparison of Different Types of Flood-Resilient Buildings (Elevated, Amphibious, and Floating) at the Vistula River in Warsaw, Poland. *Sustainability*.
- Prasiwi, A. D., & Trisunaryanti, W. (2019). Synthesis of Mesoporous Carbon from Merbau Wood (*Intsia spp.*) by Microwave Method as Ni Catalyst Support for α -Cellulose Hydrocracking. *Indonesian Journal of Chemistry*, 575-582.
- Preisner, W. F., Hardy, A. E., & Wilhem, J. J. (2018). *Adaptive Architecture: Changing Parameters and Practice*. Routledge.
- Rahmalina, D., Pane, E. A., Herdyana, R. C., Putra, D. P., & Abdu, R. (2022). Rancang Bangun Alat Desalinasi Air Laut Skala Lab Tipe Multi Stage Flash. *Otopro*, 48-56.
- Rahman, F., Rahmatullah, R., & Hadi, S. (2022, Juni). Kajian Tipologi Perumahan Masyarakat Berpenghasilan Rendah (MBR). *Jurnal Geografika (Geografi Lingkungan Lahan Basah)*, 3(1), 23-32.
- Ramadhanis, Z., Prasetyo, Y., & Yuwono, B. D. (2017). ANALISIS KORELASI SPASIAL DAMPAK PENURUNAN MUKA TANAH TERHADAP BANJIR DI JAKARTA UTARA. *Jurnal Geodesi Undip (JGU)*, 77-86.
- Salsabillah, F. (2024). Analisis Spasial Tingkat Kerawanan Banjir Rob di Wilayah Jakarta Utara. *Jurnal Geosains dan Remote Sensing (JGRS)*, 55-68.
- Shannon, M. A. (2008). Science and technology for water purification in the coming decades. *Nature*, 301-310.
- Susanti, R., Nurdiana, A., Fauziyah, S., & Sutanto. (2020). PENDAMPINGAN INVENTARISASI FAKTOR PENYEBAB BANJIR DAN ROB DI DAS KENDAL KABUPATEN KENDAL. *JURNAL PENGABDIAN VOKASI*, 290-293.
- Syafitri, A. W., & Rochani, A. (2021). Analisis Penyebab Banjir Rob di Kawasan Pesisir. *Jurnal Kajian Ruang*, 1(1), 16-28.
- Tikul, N. (2022). Guidelines for the Development of Building Materials for Low-Income Housing. *Sripatum Review of Humanities and Social Sciences*, 22(1), 20-34.
- V., V. M., & Philip, P. M. (2022). Flood risk mitigation through self-floating amphibious houses - Modelling, analysis, and design. *Materialstoday: Proceedings*, 65, 442-447.
- Verbrugghe, N., Rubinacci, E., & Khan, A. Z. (2023). Biomimicry in Architecture: A Review of Definitions, Case Studies, and Design Methods. *biomimetics*, 8(1), 107.
- Vierry, P. G., & Gentur, S. J. (2023). Utilizing Merbau Wood and Coconut Shell Wastes as Biofuel in the Form of Pellets. *Journal of Ecological Engineering*, 172-178.
- Wijanarka, Waluyo, R., & Nomeritae. (2019). Experimentation for Development for Ark'a Modulam Foundation as an Alternative to Create Amphibious Architecture in the Urban Floodplain in Kalimantan. *Indian Journal of Science and Technology*, 1-15.