

Penerapan Arsitektur Amfibi Sebagai Respon Terhadap Banjir di Bandarharjo, Semarang Utara

Mutia Azizah, Amin Sumadyo, Tri Yuni Iswati

Prodi Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta

Azizahmutia12@gmail.com

Abstrak

Kelurahan Bandarharjo merupakan salah satu dari 8 kelurahan di Semarang Utara yang mengalami dampak yang cukup signifikan akibat banjir. Luas genangannya mencapai 89,772 %. Perlu adanya perhatian khusus untuk mengatasi banjir yang terjadi di Bandarharjo, salah satu caranya yaitu dengan mulai merancang bangunan yang dapat beradaptasi ketika adanya genangan air melalui penerapan arsitektur amfibi. Tujuan implementasi arsitektur amfibi pada permukiman Bandarharjo yaitu untuk mendapatkan lingkungan permukiman yang adaptif terhadap banjir dan berusaha menciptakan ruang hidup yang berdampingan dengan eksistensi air. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah kualitatif-deskriptif dengan tahapan identifikasi masalah, pengumpulan data, analisis data, dan sintesis data. Hasil dari penelitian ini berupa konsep arsitektur yang adaptif terhadap banjir melalui penerapan arsitektur amfibi pada desain hunian yang dapat menyesuaikan ketinggian genangan air meliputi: bentuk dan tata ruang, struktur dan material, utilitas dan penerapan climate responsive.

Kata kunci : Banjir, Arsitektur Amfibi, Desain Hunian, Kelurahan Bandarharjo.

1. PENDAHULUAN

Sebagai suatu negara kepulauan, sebagian besar penduduk Indonesia bertempat tinggal di wilayah pesisir. Wilayah pesisir merupakan wilayah yang sangat mudah terkena pengaruh dari perubahan iklim berupa kenaikan muka air laut. Saat air laut pasang, kenaikan muka air laut dapat menimbulkan terjadinya banjir rob. Di wilayah Semarang, fenomena banjir rob merupakan salah satu bencana yang sudah terjadi sejak 30 tahun terakhir dan hingga kini masih belum dapat teratasi. Hal ini disebabkan wilayah pesisir Semarang memiliki topografi dataran yang landai di mana sebagian besar wilayahnya memiliki ketinggian tanah rendah dibawah permukaan air laut. Dari hasil penelitian Puslitbang Pemukiman dan Prasarana Wilayah, diketahui air laut di kawasan pesisir Semarang setiap tahunnya mengalami kenaikan yang cukup signifikan yaitu sekitar 5 mm setiap tahunnya dengan penurunan muka tanah hingga 90-100 mm/tahun. Hal ini menyebabkan adanya prediksi bahwa dalam 20 tahun kedepan, seluas 2672,2 Ha luas wilayah pesisir Kota Semarang akan tergenang (Musadun, dkk, 2016).

Wilayah Semarang bagian Utara menurut Astuti (2009) merupakan salah satu wilayah yang sering terdampak banjir rob. Berdasarkan survey lapangan, jumlah bangunan tergenang akibat banjir pada Kecamatan Semarang Utara lebih banyak dibandingkan dengan kecamatan-kecamatan lain. Eksploitasi air tanah secara berlebihan untuk keperluan industri, komersial, dan permukiman telah memperparah penurunan muka tanah di Semarang Utara. Bandarharjo merupakan salah satu dari delapan kelurahan di Semarang Utara yang mengalami dampak paling parah akibat banjir rob. Luas genangan banjir rob pada Kelurahan Bandarharjo mencapai 89,772%.

Banjir rob memiliki dampak pada kerusakan fisik dan lingkungan seperti rusaknya kondisi jalan akibat terendam air banjir, kondisi drainase yang tersumbat akibat sedimentasi, dan sulitnya akses air bersih. Terlebih lagi banjir rob merupakan banjir yang airnya berasal dari air laut yang mengandung garam. Hal ini akan sangat mempercepat kerusakan bangunan (Sari. M, 2016). Rumah-rumah yang dibangun penduduk sekitar pesisir pun kebanyakan tidak direncanakan untuk merespon air banjir baik dari segi struktur, maupun pemilihan material.

Di kawasan Bandarharjo, pemerintah telah melakukan upaya struktural dalam mengatasi banjir rob seperti pengoperasian pompa banjir, pengiriman kantong pasir, perbaikan sistem drainase,

pembuatan tanggul, dll. Akan tetapi, hal tersebut masih belum cukup efektif dalam menangani banjir. Selain itu, curah hujan yang semakin meningkat setiap tahunnya, hingga menghasilkan debit 2 kali lipat, menyebabkan kapasitas prasarana pompa-pompa yang telah disediakan tidak cukup untuk menampung jumlah air yang datang (Pemkot Semarang, 2020). Kapasitas penampungan sungai juga mulai menurun akibat sedimentasi. Permasalahan inilah yang menyebabkan banjir belum dapat teratasi hingga saat ini. Beberapa alasan yang membuat masyarakat Bandarharjo memilih untuk tetap bertahan menetap di area rob yaitu dikarenakan pendapatan sebagian besar masyarakat di kawasan ini memiliki penghasilan yang berkaitan dengan laut. Lama waktu masyarakat menetap pada wilayah tersebut, dan harga tanah yang relatif mahal menyebabkan masyarakat sekitar Bandarharjo tidak memungkinkannya untuk mereka membeli tanah di tempat lain.

Serangkaian bencana banjir dan rob yang terjadi dalam rentang waktu yang relatif singkat serta berulang setiap tahunnya merupakan fenomena yang sangat krusial. Hal tersebut menimbulkan berbagai dampak kerugian yang terjadi baik pada masyarakat maupun Pemerintah Kota Semarang. Oleh karena itu, dibutuhkan upaya untuk meminimalisir kerugian yang terjadi. Arsitektur dapat berperan untuk menjadi solusi dalam mengatasi beban banjir di perkotaan yaitu dengan mulai berteman dan hidup berdampingan dengan air. Salah satu caranya adalah dengan mulai merancang bangunan yang dapat beradaptasi baik di daratan maupun di air. Bangunan ini sering disebut dengan *Amphibious House* atau rumah amfibi.

Hunian amfibi menjadi solusi proaktif yang memungkinkan rumah dapat mengapung dengan aman sesuai dengan tingkat banjir yang durasi genangannya tidak pasti. Hunian amfibi merupakan hunian yang desain dengan sistem struktur langsung pada tanah namun dapat mengapung ketika terjadi banjir. Solusi ini memberikan kesempatan lebih besar bagi hunian untuk tetap melakukan kegiatan ekonomi sehari-hari tanpa gangguan sosial dan fisik. Dengan penerapan sistem arsitektur amfibi, diharapkan mampu memberikan solusi baik untuk konstruksi rumah yang lebih tahan lama maupun untuk mengurangi dampak negatif akibat genangan banjir.

Studi ini menghasilkan gagasan ide rumah amfibi agar dapat diaplikasikan pada permukiman Bandarharjo. Diharapkan dengan mengkaji lebih dalam mengenai tema arsitektur amfibi ini, dapat menjadi acuan untuk menghasilkan rancangan objek arsitektural yang menghadirkan fungsi-fungsi sesuai kebutuhan serta diperoleh identifikasi karakteristik dan konsep penataan yang pada kawasan permukiman kelurahan Bandarharjo yang dapat menjadi salah satu alternatif solusi dalam mengatasi banjir di Bandarharjo.

2. METODE

Penelitian ini dilakukan dengan metode kualitatif-deskriptif berdasarkan observasi yang terdiri dari lima tahapan. Tahap pertama yaitu mengidentifikasi isu dan persoalan dengan mengamati fenomena yang terjadi di Kota Semarang kemudian mengerucut pada daerah Kecamatan Semarang Utara, hingga akhirnya isu dan persoalan yang diamati mengarah lebih spesifik pada daerah Kelurahan Bandarharjo. Isu ini berangkat dari permasalahan yang sering terjadi di Kota Semarang yaitu fenomena banjir yang melanda setiap tahunnya, khususnya di daerah pesisir Semarang Utara yang sering terdampak banjir rob. Identifikasi isu dan persoalan ini merupakan hasil eksplorasi data yang didapat dengan cara survei lapangan, wawancara dengan pihak yang terkait, serta penggalian informasi-informasi melalui media elektronik. Identifikasi yang dilakukan tersebut menghasilkan permasalahan secara umum yang selanjutnya berguna untuk proses pengkajian serta analisis secara lebih detail.

Tahap selanjutnya adalah tahap pengumpulan data. Metode pengumpulan data dilakukan untuk mendapatkan dua jenis data yaitu data primer dan data sekunder. Data primer Data Primer merupakan data yang didapatkan secara langsung tanpa adanya perantara. Data primer ini didapatkan dari observasi lapangan secara langsung serta wawancara dengan instansi terkait yaitu dengan pihak Kelurahan Bandarharjo, Semarang Utara. Data sekunder merupakan data yang didapatkan dari studi literatur berupa referensi, buku, internet, jurnal, serta regulasi terkait. Data tersebut digunakan untuk memperoleh prinsip perancangan, kriteria perancangan, dan karakteristik perancangan dalam penataan permukiman pesisir Bandarharjo dengan arsitektur amfibi.

Tahap ketiga adalah analisis data. Analisis data adalah bentuk pengolahan data yang telah didapatkan dari tinjauan data dan tinjauan pustaka. Analisis ini menghasilkan strategi-strategi desain dalam penyelesaian persoalan. Tahap analisis bertujuan mendapatkan kriteria desain yang dibutuhkan sesuai dengan kondisi permasalahan yang diangkat berupa penataan permukiman Kelurahan Bandarharjo yang adaptif terhadap banjir. Tahap analisis terbagi menjadi dua yaitu analisis perencanaan dan perancangan. Analisis perencanaan merupakan analisis data non fisik. Analisis perancangan merupakan analisis data fisik meliputi analisis tapak, analisis ruang, analisis bentuk dan tampilan, analisis struktur, dan analisis utilitas.

Tahap keempat merupakan tahap sintesis data. Sintesis data merupakan proses penggabungan data yang telah dihimpun sebelumnya pada proses analisis data. Setelah melakukan analisis, tahap selanjutnya yang dilakukan yaitu melakukan pengembangan konsep sebagai ide dari gagasan yang diangkat. Konsep utama pada penataan permukiman Bandarharjo berfokus pada aspek fungsional yaitu hunian yang dapat menyesuaikan dengan kondisi lingkungan pesisir khususnya pada lingkungan di Bandarharjo yang sering terdampak banjir. Sehingga dihasilkan kriteria desain untuk menjawab permasalahan yang ada pada Bandarharjo.

Tahap kelima merupakan tahap desain yang merupakan visualisasi konsep dalam bentuk produk tiga dimensi berupa: bentuk dan tata ruang, struktur dan material, utilitas dan penerapan *climate responsive*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

LOKASI



Gambar 1

Lokasi RW 01 Bandarharjo

Lokasi perancangan yang dipilih adalah RW 01 Kelurahan Bandarharjo dengan luas sekitar $\pm 98.000 \text{ m}^2$. Lokasi tersebut terletak sekitar $\pm 300 - 500 \text{ m}$ dari garis pantai dan bagian timur permukiman berbatasan dengan sungai Kali Baru. Hal ini menyebabkan lokasi tersebut rawan terdampak banjir, baik banjir rob maupun banjir kiriman. Upaya adaptasi banjir yang dilakukan di lingkungan permukiman yaitu dengan pengadaan pompa, peninggian hunian, serta peninggian jalan. Namun, upaya yang sudah dilakukan dirasa masih kurang efektif dalam mengatasi banjir karena hanya bersifat jangka pendek dan tidak dapat mengatasi banjir besar.

Berdasarkan data lapangan, RW 01 pada kelurahan Bandarharjo ini dibagi menjadi 9 RT. Jumlah masyarakat berdasarkan jumlah anggota keluarga pada kartu keluarga RW 01 terdapat 498 KK dengan total 1903 jiwa masyarakat dan 520 rumah tinggal. Satu unit hunian bisa ditinggali hingga 3 KK.

KONDISI PERMUKIMAN

Kondisi permukiman RW 01 Bandarharjo memiliki yang paling rendah dibandingkan RW lainnya yaitu sekitar $0.0 \text{ mdpl} - 0.3 \text{ mdpl}$. Hal ini menyebabkan banjir yang terjadi pada wilayah ini

bukan hanya berasal dari banjir rob saja, tetapi juga berasal dari banjir kiriman. Selain itu, aktivitas dan jumlah penduduk yang meningkat, menyebabkan luas area terbangun semakin bertambah. Hal tersebut mempersempit area resapan yang menyebabkan peningkatan jumlah limpasan air hujan serta mempertinggi genangan yang terjadi. Kondisi jenis tanah pada daerah ini juga merupakan jenis tanah alluvial. Jenis tanah ini merupakan jenis tanah yang sangat padat berupa batuan endapan berlumpur dari laut. Hal ini menyebabkan terbatasnya jumlah air yang terserap karena sulitnya penyerapan air pada tanah.

Pola hidup masyarakat Bandarharjo yang kurang dalam pelestarian lingkungan dan antisipasi bencana juga merupakan faktor yang memperparah terjadinya banjir pada permukiman. Banjir yang terjadi pada RW 01 Bandarharjo tidak memiliki arus, air relatif tidak mengalir dengan cepat sehingga mudah menggenang wilayah Bandarharjo yang memiliki topografi datar. Banjir rob yang terjadi biasanya memakan waktu sekitar sehari untuk surut dengan kondisi banjir yang tidak terlalu parah dikarenakan sudah tersedianya sistem pompa. Tetapi, untuk banjir yang diikuti dengan curah hujan tinggi serta banjir kiriman, banjir dapat memakan waktu sekitar satu hingga dua minggu untuk kembali ke kondisi normal.



Gambar 2

Lokasi RW 01 Bandarharjo Ketika Banjir

Sumber: bandarharjo.semarangkota.go.id/2019

Berdasarkan hasil wawancara dengan penduduk RW 01 Bandarharjo yang sudah tinggal puluhan tahun, banjir yang terjadi saat ini jauh lebih parah dibandingkan dengan banjir yang terjadi sebelum tahun 2000. Alasan penduduk menetap dikarenakan Bandarharjo merupakan daerah strategis yang menguntungkan bagi masyarakat untuk mencari pekerjaan dan mendapatkan bahan makanan. Mata pencaharian mereka mayoritas sebagai buruh baik buruh pelabuhan, industri, maupun bangunan. Lokasi tapak yang berdekatan dengan laut juga membuat warga sekitar walaupun mayoritas memiliki keterbatasan ekonomi tetap mudah mendapatkan bahan makanan. Selain itu, faktor kondisi sosial masyarakat telah terjalin erat dan hubungan baik antar tetangga menciptakan kenyamanan dan rasa kekeluargaan satu sama lain juga menjadi alasan warga untuk tetap menetap.

Kondisi ekonomi mempengaruhi upaya warga untuk memperbaiki kondisi fisik hunian dan lingkungan permukiman. Beberapa masyarakat yang kurang mampu tidak dapat memperbaiki/meninggikan rumahnya dalam mengantisipasi datangnya air banjir. Beberapa rumah memiliki ketinggian yang tidak layak huni dengan ketinggian rata-rata kurang dari 2 m. Hal ini menyebabkan aktivitas sehari-hari mereka terganggu karena kurangnya keterbatasan ruang gerak.



Gambar 3

Rumah Ambles

Sistem drainase pada tapak tergolong buruk dan belum berfungsi secara optimal. Banyak saluran-saluran yang terputus dan tersumbat akibat sedimentasi dan tumpukan sampah. Hal itu mengakibatkan aliran air menjadi meluap ke area yang ada disekitarnya. Luapan air kemudian

menggenang di permukiman dan sulit untuk surut sehingga menimbulkan genangan permanen. Hal ini disebabkan oleh kondisi topografi yang ada tidak ada kemiringan. Drainase buruk juga berpengaruh pada kualitas ketersediaan air bersih yang menjadi tercemar.

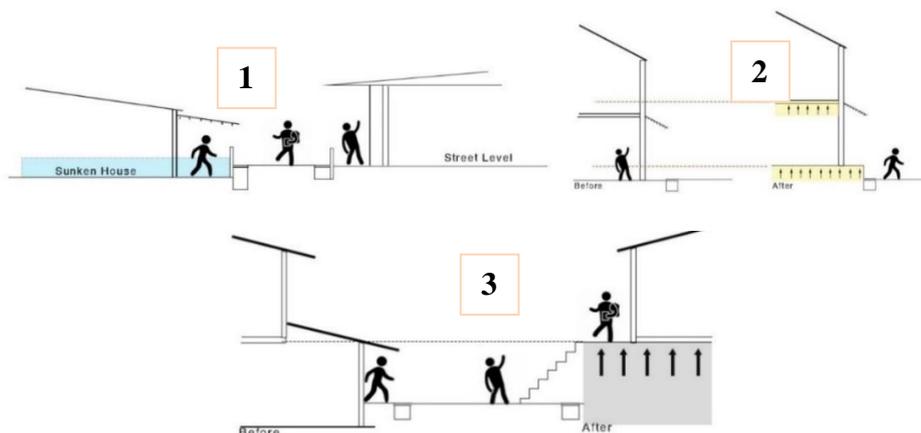


Gambar 4
Genangan Permanen Pada Permukiman

Fokus utama dalam sistem perumahan yang diusulkan yaitu arsitektur yang adaptif terhadap banjir melalui penerapan arsitektur amfibi. Prinsip penerapan arsitektur amfibi yaitu membuat bangunan seringan mungkin agar gaya keatas menjadi lebih maksimal. Selain itu desain dirancang agar dapat merespon iklim dan lingkungan setempat.

TIPOLOGI HUNIAN PERMUKIMAN

Pada RW 01 Bandarharjo, terdapat 3 tipologi hunian existing pada permukiman. Tipe pertama merupakan tipe hunian dengan pemilik rumah yang memiliki latar belakang ekonomi menengah kebawah sehingga mereka tidak mampu untuk meninggikan bangunannya mengikuti peninggian jalan. Sehingga bangunan berada pada elevasi dibawah jalan atau biasa disebut rumah ambles. Rata-rata elevasi lantai berada sekitar 40 cm dibawah jalan. Tipe kedua merupakan tipe hunian dengan pemilik rumah yang mampu untuk merenovasi hunian mereka menyesuaikan dengan peninggian jalan. Peninggian hunian ini diikuti dengan peninggian plafon bangunan. Kemudian tipe terakhir yaitu hunian dengan pemilik rumah yang memiliki ketinggian lebih dari satu lantai dan menjadikan lantai dasar hunian tidak berfungsi sebagai ruang fungsional tetapi menjadikan ruang tersebut sebagai urugan bangunan agar memiliki ketinggian level bangunan yang cukup untuk bertahan hingga beberapa tahun kedepan. Lantai kedua bangunan menjadi lantai dasar.



Gambar 6
Tipe Hunian Satu, Dua, dan Tiga

KONSEP HUNIAN AMFIBI

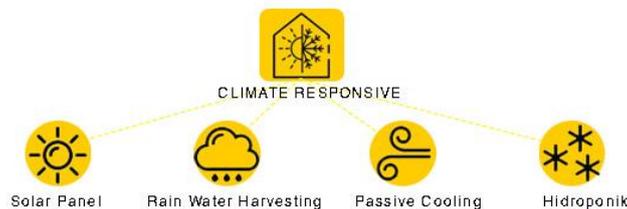
Konsep hunian amfibi yang akan diaplikasikan pada hunian di permukiman Bandarharjo terbagi menjadi 3 fokus utama yaitu: konsep bentuk dan tata ruang, konsep struktur dan material, serta konsep utilitas sistem bangunan berupa penerapan *Climate Responsive* pada hunian.



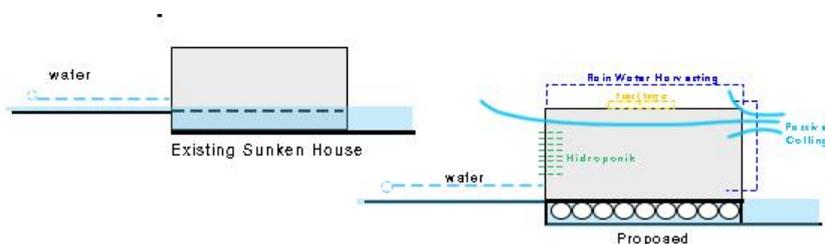
Gambar 8
Skenario Banjir dan Penerapan Arsitektur Amfibi

Prinsip penerapan arsitektur amfibi pada hunian yaitu membuat bangunan se-ringan mungkin dengan penopang elemen pengapung dengan gaya kebawah ($F=w.g$) dibuat sekecil mungkin sehingga gaya keatas menjadi lebih besar. Ketika banjir, air akan masuk kebagian kolong bangunan dan elemen pengapung akan terangkat serta mengangkat rumah dan menggerakkan kolom tambat yang terikat pada pondasi sehingga gaya yang dihasilkan hanya berupa gaya vertikal.

Selain itu, tiap hunian juga di desain untuk menjadi hunian mandiri dan dapat merespon iklim dan lingkungan setempat menggunakan *passive resource*. Konsep ini diterapkan pada bangunan dengan penerapan *rain water harvesting*, solar panel, dan hidroponik, dan *passive cooling*.



Gambar 9
Penerapan *Climate Responsive* Pada Hunian



Gambar 10
Proposed Climate Responsive pada Desain

DESAIN HUNIAN AMFIBI

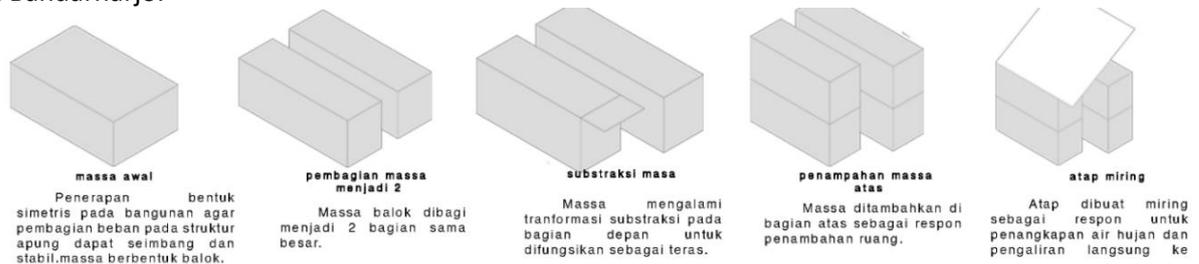
1. Bentuk dan Tata Ruang

Perubahan besar dilakukan dalam merenovasi hunian permukiman, mulai dari merancang pondasi apung sampai ke elemen-elemen pembentuk ruang mulai dari dinding hingga atap. Perubahan juga dilakukan dalam penataan organisasi ruang yang akan dibuat lebih teratur dan menyesuaikan standar rumah tinggal. Konsep kebutuhan ruang dari zona hunian terbagi menjadi 3 tipe hunian berdasarkan jumlah anggota keluarga yaitu hunian tipe A untuk anggota keluarga 1-2 penghuni, hunian B untuk 3-5 penghuni, dan hunian C untuk anggota keluarga lebih dari 5 penghuni. Bentuk hunian yang akan dirancang tetap mempertimbangkan kemudahan interaksi antar warganya.

Bangunan menerapkan bentuk simetris agar pembagian beban pada struktur apung dapat seimbang dan stabil. Bentuk bangunan juga dibuat sederhana karena untuk memudahkan pengelolaan serta pengefisienan ruang untuk banjir dan sistem utilitas ketika mengapung. Dari hasil pertimbangan pemilihan terhadap bentuk, efisiensi bentuk diperoleh dengan menggunakan bentuk

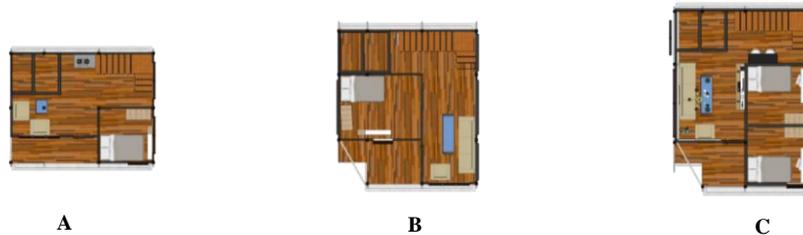
kotak sebagai bentuk dasar bangunan. Hal ini juga mengikuti bentuk lama rumah eksisting yang sudah ada.

Pertimbangan luas lahan juga diperhatikan dalam penentuan bentuk masa bangunan. Bangunan dirancang tidak menggunakan pagar dan berbentuk deret. Hal ini disebabkan hunian memiliki lahan terbatas. Rumah deret dan pengaplikasian rumah tidak berpagar juga berfungsi untuk meningkatkan interaksi antar warganya sehingga rasa kekeluargaan yang ada pada permukiman saat ini masih terjaga. Berikut merupakan gambar rencana bentuk masa bangunan pada permukiman RW 01 Bandarharjo.

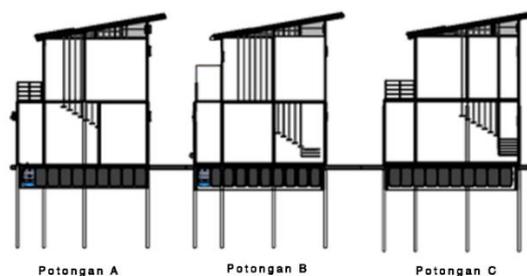


Gambar 11
Transformasi Masa Pada Bangunan

Setiap tipe hunian terdapat ruang tamu, ruang tidur, kamar mandi, dapur, dan *ruang storage* untuk tampungan air hujan. Jumlah kamar tidur menyesuaikan tipe hunian. Zona servis seperti dapur dan kamar mandi diletakkan di bagian belakang hunian. Ruang tamu sebagai zona penerima terletak di bagian depan hunian. 3 tipe hunian dirancang memiliki 2 lantai sebagai bentuk respon keterbatasan lahan pada permukiman. Berikut merupakan denah dan isometri hunian.

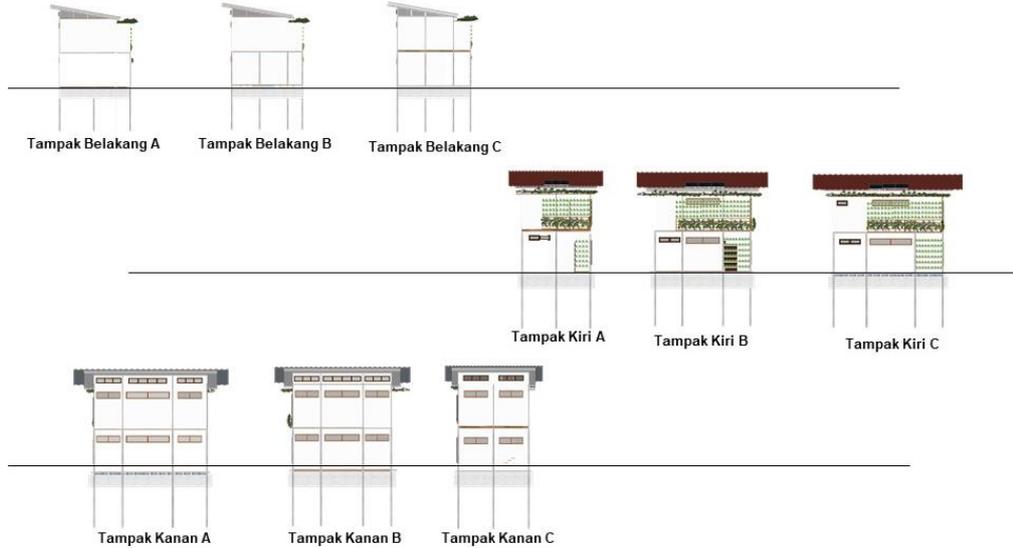


Gambar 12
Denah Hunian A, B, dan C



Gambar 13
Potongan Hunian A, B, dan C





Gambar 14
Tampak Hunian A, B, dan C



Gambar 15
Isometri Hunian A, B, dan C



Gambar 16
Perspektif Permukiman

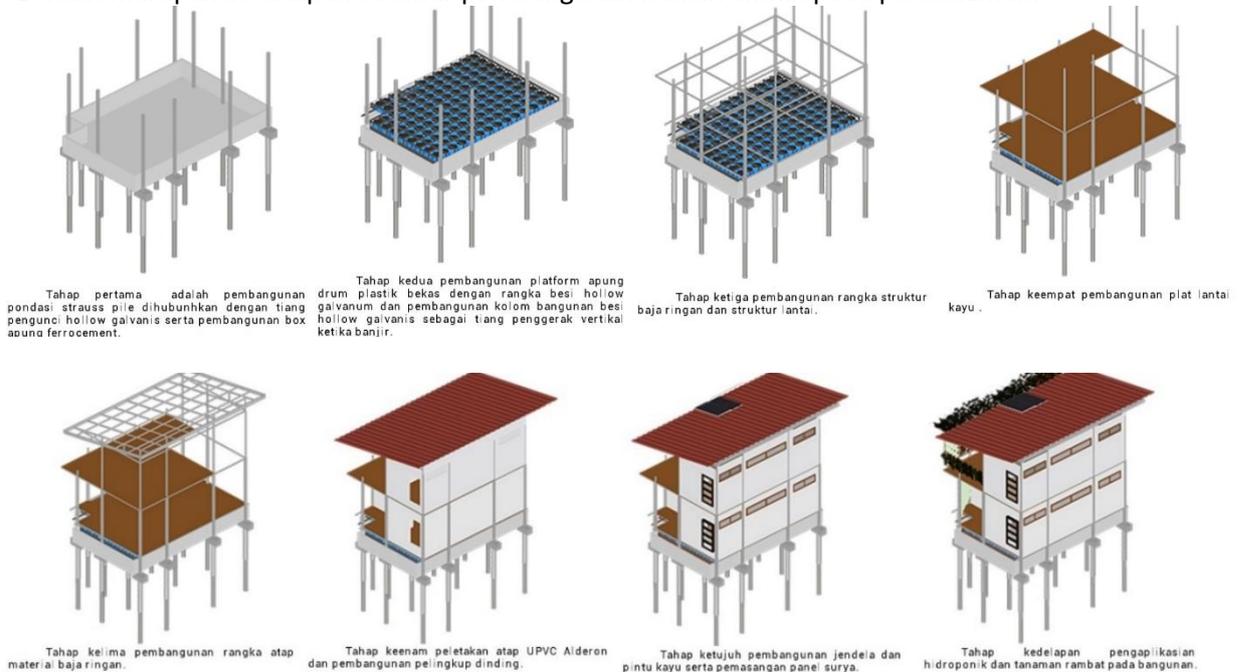
2. Struktur dan Material

Struktur untuk hunian menerapkan struktur arsitektur amfibi. Rumah akan mengapung apabila terjadi banjir sehingga air tidak menggenangi hunian. Oleh karena itu, bahan pengapung merupakan salah satu bahan bangunan yang sangat penting untuk struktur arsitektur amfibi. Beberapa kriteria serta aspek yang dijadikan pertimbangan dalam pemilihan sistem konstruksi, yaitu:

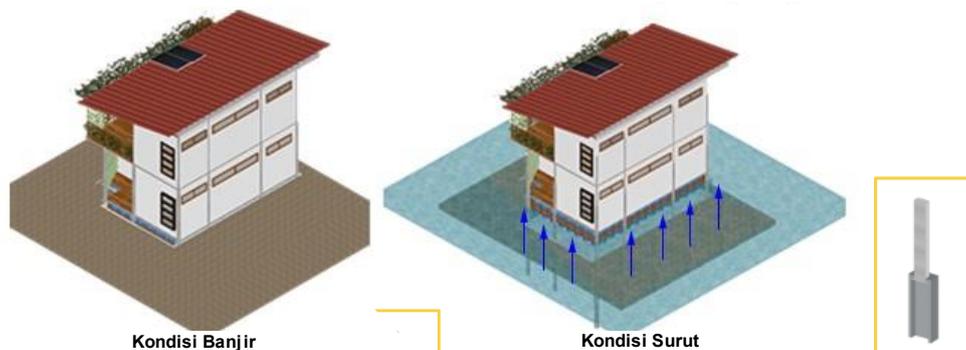
- Kemudahan dalam pelaksanaan pembangunan.

- Pertimbangan aspek *ability, durability, safety, strength, stability*.
- Memperhatikan kondisi lingkungan seperti pergerakan tanah, dan jenis tanah.
- Ketersediaan bahan.
- Biaya. Masyarakat merupakan warga dengan keadaan ekonomi sebagian besar menengah ke bawah. Oleh karena itu, pertimbangan pemilihan material yang murah perlu diperhatikan dalam pemilihan material.

Berikut merupakan tahapan struktur pembangunan hunian amfibi pada permukiman:



Gambar 16
Tahap Konstruksi Bangunan

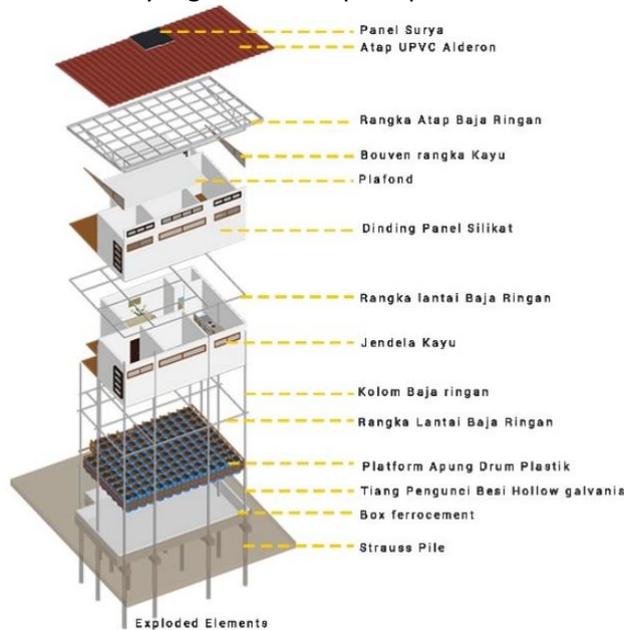


Gambar 17
Skenario Ketika Banjir dan Surut serta Detail Kolom Pengunci

Pada perancangan kali ini, pondasi yang digunakan yaitu pondasi strauss pile. Pondasi tersebut cocok digunakan untuk tanah alluvial yang memiliki permukaan tanah lempung. Selain itu, mobilisasi juga mudah karena pondasi dapat dicetak ditempat dengan hanya membawa alat boring dan perakitan tulangan. Pengoprasian alat juga dapat dilakukan sederhana serta pemasangannya tidak mengganggu lingkungan dengan getaran yang dapat merusak / retak dinding bangunan sekitar.

Prinsip rumah amfibi yaitu mengusahakan gaya kebawah ($F=w.g$) sekecil mungkin sehingga tidak lebih besar dari gaya ke atas elemen pengapung. Hal ini diimplementasikan

dengan penggunaan material yang ringan/ *lightweight*. selain itu, pertimbangan pemilihan material juga disesuaikan dengan keadaan ekonomi sebagian besar masyarakatnya yaitu menengah kebawah, maka perencanaan pembangunan akan menggunakan material yang murah sehingga bisa mengurangi pembengkakan biaya. Atas pertimbangan tersebut, berikut merupakan alternatif material yang akan diterapkan pada hunian amfibi, yaitu:



Gambar 18

Pengaplikasian Material Pada Hunian

Bangunan dirancang untuk memiliki beban ringan baik dari segi material maupun perabotan. Hal tersebut bertujuan agar mempermudah gaya angkat pada bangunan Ketika banjir. Berikut merupakan hitungan berat bangunan yang akan dirancang.

TABEL 2
Hitungan Pembebanan Bangunan

Beban Material	
Lantai (2)	Plat Lantai Concrete foam Berat = 500 kg/ m3 Volume = 5 m3 Total = 2500 x 2 = 5000 kg
Dinding	Papan Silikat 75 mm Berat = 54 kg/ m3 Kebutuhan = 200 m2 Total = 10.800 kg
Atap	Genteng UPVC Berat = 2.5kg/ m3 Kebutuhan = 64 m2 Total = 160 kg
Pintu dan Jendela	Kusen pintu kayu meranti Berat = 630 kg/m3 Kebutuhan = 150 kg Daun jendela kayu meranti Berat = 630 kg/m3 Kebutuhan = 60 kg Kaca 0.3 cm Berat = 3kg./m2 Kebutuhan = 20 kg Total = 230 kg
Tangga	perforated(metal) Berat = 1.6 kg/m2 Kebutuhan = 14 kg Frame besi hollow Kebutuhan = 40 kg Total = 54 kg
Kolom dan Balok	Kolom baja ringan Berat = 4.5 kg Kebutuhan = 54 kg Balok baja ringan Kebutuhan = 20 kg Total = 74 kg
Total Keseluruhan	16.318 kg

Beban Aktif Manusia	
Bapak	Asumsi Tinggi = 175 BB Ideal = 65 Kg
Ibu	Asumsi Tinggi = 162 BB Ideal = 51 Kg
Anak 1 (2)	Asumsi Tinggi = 168 BB Ideal = 58 Kg
Anak 2 (2)	Asumsi Tinggi = 170 BB Ideal = 60 Kg
Total Keseluruhan	352 kg
Beban Aktif Perabot	
Dapur	Kompur + gas = 6 kg Lemari es = 25 kg Rak perkakas = 20 kg Dispenser+galon=4 kg + 18 kg = 22kg Meja kursi = 4 + 4 kg +15 kg Total = 98 Kg
Kamar Mandi	Kloset 2 = 20 kg Bak air = 30 kg Total = 50 Kg
Kamar	Kasur queen = 30 kg Kasur 3 = 75 kg Lemari 4 = 120 kg Meja 4 = 12 kg Kursi = 9 kg Total = 242 Kg
Ruang Tamu dan keluarga	Sofa 2 = 60 kg Meja 2 = 10 kg Kursi = 3kg TV = 5 kg Total = 78 Kg
Kendaraan	Motor = 100 kg Sepeda 2 = 2kg Total = 102 Kg
Permakultur	Planter = 10 kg Rambat = 5 kg Total = 15 Kg
Water Storage	1.2 x 1.2 x 3 = 4.32 m2 t Total = 432 L/ Kg
Total Keseluruhan	1.015 kg

hitung daya apung keatas:

a. Berat drum plastik kosong
Drum Plastik (G) = 8.6 kg/bh
Diameter = 0.58
Tinggi/ Panjang = 0.93
total berat: drum = 8.6 kg x 100 N/kg

b. Gaya apung drum seluruhnya tenggelam
 $F_a = \pi \cdot d^2/4 \cdot o \cdot g \cdot l$ d= diameter dalam
 $= 22/7 \cdot (0.58)^2/4 \cdot 1000 \cdot 10 \cdot 0.93$
 $= 2456$ Newton/bh

c. Gaya apung total drum plastik
 $F_a = 2456 \cdot 86$
 $= 2370$

d. Total gaya apung untuk 135 drum plastik
 $F_a = 2370 \times 135$
 $= 319.950$ N (ke arah atas gaya apung maksimal)

e. Total gaya apung kebawah bangunan
Total beban struktur, furnitur, dan pengguna
 $= 16.318 + 352 + 1.015$
 $= 17.685$ kg x 10 N = 176.850 N

f. Kontrol kestabilan setelah dibebani hunian
gaya apung kebawah = 176.850 N
gaya apung keatas = 319.950
SF (angka aman) = $f_a/g > 1.5$
 $= 319.950/176.850$
 $= 1.8$ (aman)

Minimal drum = $g \times 1.5$
 $= 176.850 \times 1.5 = 265.275$ (112 drum)
Total drum hunian = 135 (aman mengapung)

Dari hitungan beban bangunan didapatkan total gaya apung kebawah sebesar 176.850 N dan gaya apung keatas sebesar 319.950. dari hitungan tersebut maka diperlukan minimal 112 drum agar bangunan dapat terangkat sedangkan pada desain dapat menampung 135 drum.

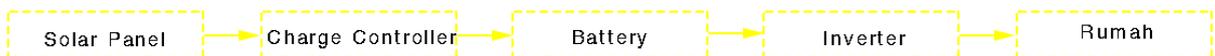
Sehingga didapatkan angka SF atau angka aman kestabilan bangunan sekitar 1.8 dengan minimal angka SF 1.5. Dapat dipastikan bangunan aman untuk menggapung.

3. Utilitas dan Penerapan *Climate Responsive*.

Tiap hunian juga di rancang menjadi hunian mandiri yang dapat merespon iklim dan lingkungan setempat. Konsep *house self sufficient* diterapkan pada bangunan dengan penerapan *rain water harvesting*, *passive cooling*, solar panel, dan hidroponik.

a. Solar Panel

Banjir memiliki dampak pada terbatasnya penggunaan listrik akibat padam. Solar panel dapat menjadi solusi dari energi alternatif dan cadangan untuk penggunaan listrik ketika padam. Solar panel digunakan sebagai cadangan listrik untuk beberapa peralatan yang dianggap penting seperti lampu dan pompa air agar tetap berfungsi ketika banjir dan lampu PLN padam.



Gambar 19
Skema Solar Panel Pada Hunian



Gambar 20
Pengaplikasian Sistem Solar Panel Pada

Penggunaan pompa air

kebutuhan air mck harian/ orang = 140 l
Kapasitas pompa 3l / menit

kebutuhan listrik pompa = $(140 \times 7) / 35 \text{ L} = 28 \text{ menit}$
daya pompa 280 watt/ jam = $280 \times 28 / 60 = 130,6 \text{ Wh}$

Kebutuhan Panel Surya

Total Kebutuhan lampu dan pompa
= $360 + 240 + 20 + 130,6 = 750,6 \text{ Wh}$

1 panel menghasilkan 100 watt maksimal 5 jam / hari = 50 watt
butuh minimal 2 panel surya untuk memenuhi kebutuhan listrik lampu dan pompa.

Hitungan Kebutuhan solar panel

Lampu

lampu LED 15 watt = ruang tamu, dapur, teras
depan, teras atas
lampu LED 10 watt = kamar tidur 4
Lampu LED 5 watt = kamar mandi 2

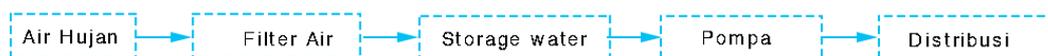
Penggunaan 6 jam / hari

LED 15 watt = $15 \times 6 \times 4 = 360 \text{ Wh}$
LED 10 watt = $10 \times 6 \times 4 = 240 \text{ Wh}$
LED 5 watt = 5×4 (asumsi penggunaan 4 jam) x
1 = 20 Wh

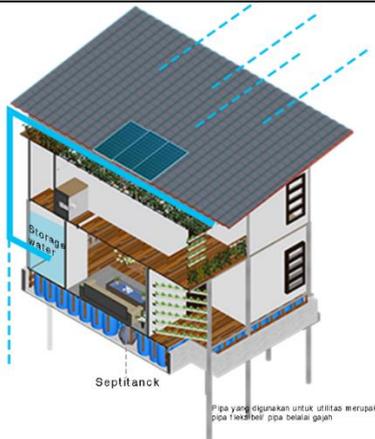
Hunian

a. Sistem Pengolahan Air Hujan

Hunian juga didesain agar dapat merespon air hujan sebagai pasokan air rumah tangga. Air hujan dialirkan dari talang ke ruang collect water dan di filtrasi hingga masuk ke ruang storage water dan didistribusikan untuk penggunaan harian selain minum. Berikut merupakan sistem pengolahan air hujan dan hitungan pasokan air hujan dan tampungan air perhari.



Gambar 21
Skema *Rain Water Harvesting* pada Hunian



Hitung Pemasukan Air Hujan

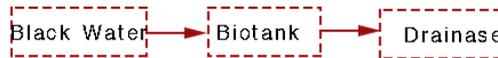
Kebutuhan air per hari	Hunian B:	= 3m ² + 11 m ² + 4 m ² = 18 m ²
Hunian A 120 x 7 = 240 L	Fasad	= 84 m ²
Hunian B 120 x 9 = 300 L	Atap	= 11 m ²
Hunian C 120 liter x 2 = 840 L	Permakultur	= 94 m ²
Kebutuhan air per tahun		
Hunian A 840 L x 365 = 86.400 L	tangkapan air hujan pertahun	94 m ² x 7393 = 694.942
Hunian B 600 L x 365 = 219.000 L	Hunian C:	
Hunian C 240 L x 365 = 294.000 L	Fasad	= 3m ² + 11 m ² + 4 m ² = 18 m ²
Banyaknya curah hujan di Semarang	Atap	= 64 m ²
menurut BPS Semarang curah hujan pertahun yaitu	Permakultur	= 12 m ²
7393 mm	total	= 95.5 m ²
Luas tangkapan air hujan		
Hunian A:	tangkapan air hujan pertahun	95.5 m ² x 7393 = 709.975
Fasad = 3m ² + 7 m ² + 2 m ² = 12 m ²		
Atap = 44.8 m ²	Tampungan Air Perhari	
Permakultur = 9 m ²	Hunian A	= 486.459/365 = 1.333 L
total = 65.8 m ²	Hunian B	= 694.842 / 365 = 1.894 L
tangkapan air hujan pertahun	Hunian C	= 739.075 / 365 = 2.025 L
65.8 m ² x 7393 = 486.459	Kapasitas air hujan berlebih akan dialirkan ke tanah	

Gambar 22

Pengaplikasian Rain Water Harvesting Pada Hunian

a. Sistem Pengolahan Air Kotor

Rumah yang selalu mengampung mengikuti pasang surut air mengalami kesulitan terhadap permasalahan drainase. Oleh karena itu, pemilihan septictank juga perlu diperhatikan. Sistem septictank yang digunakan pada hunian yaitu Bio septic Tank. bio septic tank sudah menjadi solusi pengganti septic tank konvensional. Salah satu keunggulan dari bio septic tank ialah ramah lingkungan. Kotoran manusia yang masuk ke dalam bio septic tank akan disaring dengan mengalami penguraian oleh bakteri sehingga bentuk akhirnya akan menjadi cair dan dapat langsung dibuang ke pembuangan drainase atau selokan sehingga tidak akan mencemari lingkungan sekitar. Bio septic tank juga ramah dan tidak menghasilkan bau, cocok untuk permukiman dengan luas tanah terbatas, harga ekonomis, dan kapasitas dapat disesuaikan berdasarkan jumlah penghuni. Biotank akan diletakkan pada box pengampung. Pipa yang digunakan untuk sistem utilitas pada hunian yaitu pipa fleksibel atau biasa disebut pipa belalai gajah.



Gambar 23

Skema Bio Septic Tank pada Hunian

a. Passive Cooling

Passive coling merupakan respon desain untuk menciptakan hunian yang nyaman dengan sirkulasi udara yang baik sebagai respon dari iklim pesisir yang cenderung panas dan terik seperti Kota Semarang. Hunian dirancang dengan sistem plafond terbuka agar dapat mendistribusikan udara panas keatas sehingga dapat digantikan dengan udara baru untuk mendinginkan ruangan.



Gambar 24

Sistem Passive Cooling dan Pengaplikasiannya pada Hunian

b. Hidroponik

Pada hunian juga diadakan hidroponik sebagai respon untuk ketahanan pangan ketika banjir. Hidroponik bertujuan untuk memproduksi kebutuhan pangan sehari-hari tiap hunian dan memperluas area ruang terbuka hijau sebagai penyerap air.



Gambar 25
Pengaplikasian Hidroponik pada Hunian



Kangkung
Rentang waktu
penyemaian: 7 hst
Rentang waktu panen
:27-35 hss



Bawang Merah
Rentang waktu
penyemaian: 10 hst
Rentang waktu panen
:40-50 hss



Terong
Rentang waktu
penyemaian: 20 hst
Rentang waktu panen
:70-80 hss



Tomat
Rentang waktu
penyemaian: 45 hst
Rentang waktu panen
:60 - 100 hss



Cabai
Rentang waktu
penyemaian: 26 hst
Rentang waktu panen
:60-90 hss



Selada
Rentang waktu
penyemaian: 17 hst
Rentang waktu panen
:40-50 hss

nb:
hst : hari setelah tanam ; hss: hari setelah semai

Gambar 26
Tanaman Hidroponik Pada Hunian



Gambar 27
Desain Permukiman Ketika Surut dan Banjir

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Penataan permukiman Bandarharjo merupakan suatu penataan kawasan permukiman yang rawan terhadap banjir dengan penerapan arsitektur amfibi terhadap tipologi bangunan sehingga bangunan dapat menyesuaikan ketinggian banjir. Bangunan dapat mengapung ketika banjir dan kembali ke tanah ketika surut. Dengan demikian bangunan dapat terhindar dari banjir untuk jangka waktu yang lebih lama dibanding dengan mengurug atau memanggug hunian. Studi ini menghasilkan

desain hunian yang adaptif terhadap banjir melalui penerapan arsitektur amfibi yang mengusung 3 konsep utama yaitu konsep bentuk dan tata ruang yang sederhana dan simetris, konsep struktur dan material yang murah dan ringan, serta konsep utilitas sistem bangunan dengan penerapan *Climate Responsive* pada hunian.

Penataan permukiman ini diusulkan pada objek yang sudah ada supaya lebih tertata dan lebih layak. Penulis berharap proyek ini dapat menjadi prototipe untuk hunian pesisir yang rawan banjir menjadi hunian yang adaptif terhadap banjir.

REFERENSI

- Adelia, S., & Setyawan, W., 2019. *Penerapan Konsep Material Lightweight pada Desain Amphibious House*. 8(2), 98–102.
- Badan Pusat Statistik Kota Semarang., 2021. *Kota Semarang Dalam Angka 2021*. Retrieved from Badan Pusat Statistik Semarang: <https://semarangkota.bps.go.id/publication/2021/02/26/cf7000f79cd1c7015c2939fc/kota-semarang-dalam-angka-2021.html>
- English, E., 2009, November. Amphibious foundations and the buoyant foundation project: Innovative strategies for flood resilient housing. In *International Conference on Urban Flood Management sponsored by UNESCO-IHP and COST Action C* (Vol. 22, pp. 25-27).
- Ghurri, A., 2014. *Dasar-Dasar Mekanika Fluida*. Bukit Jimbaran: Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana.
- Nomeritae, N., Wijanarka, W., & Waluyo, R., 2020. Buoyancy and Stability Analysis of Ark'a Modulam Amphibious Foundation Model. *Journal of Infrastructure & Facility Asset Management*, 2(1).
- Prosun, P., 2011. *LIFT House: an amphibious strategy for sustainable and affordable housing for the urban poor in flood-prone Bangladesh* (Doctoral dissertation, University of Waterloo, Waterloo, ON, CA).