

PERANCANGAN KAWASAN KONSERVASI AIR DENGAN PENDEKATAN WATER TUNNEL ARCHITECTURE DI KAWASAN TIMUR KABUPATEN GROBOGAN

Ahmad Bayu Saputra; Fauzi Mizan Prabowo Aji

Program Studi Arsitektur, Fakultas Teknik,

Universitas Muhammadiyah Surakarta

Abstrak

Wilayah timur Kabupaten Grobogan menghadapi persoalan hidrologi yang berulang berupa kelebihan air pada musim penghujan dan kekurangan air pada musim kemarau. Kondisi tersebut berkaitan dengan tingginya limpasan permukaan, keterbatasan kapasitas drainase, karakter tanah lempung dan aluvial, serta belum terintegrasinya sistem penyimpanan dan distribusi air pada skala kawasan. Perancangan ini bertujuan menghasilkan konsep kawasan konservasi air yang mampu merespons fluktuasi debit musiman melalui pendekatan Water Tunnel Architecture. Metode yang digunakan bersifat analitis-deskriptif melalui pengumpulan data hidrologi, analisis kawasan dan tapak, pemilihan lokasi, sintesis konsep, serta pengembangan desain arsitektural. Data utama meliputi curah hujan, catchment area, topografi, kondisi tanah, pola aliran, drainase, tata guna lahan, dan kebutuhan ruang. Hasil perancangan menempatkan embung sebagai pusat retensi dan reservoir, sedangkan jaringan water tunnel menjadi penghubung antara sumber air, embung, filtrasi, dan sistem distribusi. Pada musim hujan, air diarahkan untuk mengurangi limpasan dan meningkatkan tampungan; pada musim kemarau, cadangan dilepas secara terkendali untuk mendukung kebutuhan masyarakat dan pertanian. Kawasan juga dikembangkan sebagai ruang publik ekologis melalui bangunan edukasi, pedestrian, area olahraga, playground, camping area, food court, dan lanskap hijau. Pendekatan ini menghasilkan konsep infrastruktur adaptif yang memadukan fungsi hidrologis, ekologis, sosial, dan arsitektural dalam satu kesatuan kawasan.

Kata Kunci: adaptif iklim, embung, konservasi air, ruang publik, Water Tunnel Architecture

Abstract

The eastern part of Grobogan Regency experiences recurring hydrological imbalance, characterized by excessive water during the rainy season and water scarcity during the dry season. The condition is associated with high surface runoff, limited drainage capacity, clay and alluvial soil characteristics, and the absence of an integrated regional water storage and distribution system. This design research aims to formulate a water conservation area capable of responding to seasonal discharge fluctuations through the

Water Tunnel Architecture approach. The method is analytical-descriptive and includes hydrological data collection, regional and site analysis, site selection, design synthesis, and architectural development. The design places the reservoir as the central retention and storage component, while the underground water tunnel network connects water sources, reservoirs, filtration facilities, and distribution systems. During the rainy season, excess runoff is controlled and stored; during the dry season, stored water is released gradually for community and agricultural needs. The area is also developed as an ecological public space through educational facilities, pedestrian routes, sports areas, playgrounds, camping areas, food court, and green landscape. The approach demonstrates how water infrastructure can be integrated with architectural and landscape systems to support climate adaptation and regional resilience.

Keywords: climate adaptive, conservation area, reservoir, water infrastructure, Water Tunnel Architecture

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air merupakan salah satu elemen utama yang menentukan keberlanjutan kehidupan, aktivitas ekonomi, pertanian, dan kualitas lingkungan. Dalam konteks wilayah agraris seperti Kabupaten Grobogan, ketersediaan air memiliki hubungan langsung dengan produktivitas lahan dan keberlangsungan aktivitas masyarakat. Permasalahan muncul ketika distribusi air secara temporal tidak seimbang. Pada musim penghujan, air tersedia dalam jumlah besar dan dalam waktu relatif singkat sehingga meningkatkan limpasan permukaan dan potensi genangan. Sebaliknya, pada musim kemarau, debit sungai menurun dan cadangan air tidak selalu tersedia dalam jumlah memadai.

Kondisi tersebut menunjukkan adanya paradoks hidrologi di kawasan timur Grobogan. Air berlebih pada satu periode belum dapat secara efektif disimpan dan digunakan pada periode berikutnya. Perubahan tata guna lahan, karakter tanah, dan keterbatasan jaringan drainase turut memperbesar limpasan permukaan. Istianah et al. (2023) menunjukkan pentingnya evaluasi kapasitas drainase dalam kaitannya dengan pengendalian genangan. Pada skala kawasan, persoalan tersebut membutuhkan strategi yang tidak hanya memperbesar kapasitas saluran, tetapi juga mengubah cara air diperlakukan dari sekadar aliran yang harus segera dibuang menjadi sumber daya yang perlu ditangkap, disimpan, disaring, dan didistribusikan.

Perancangan kawasan konservasi air menjadi salah satu alternatif untuk menjawab persoalan tersebut. Embung dapat berfungsi sebagai kolam retensi sekaligus reservoir, sementara sistem

water tunnel digunakan untuk menghubungkan jaringan drainase, sungai, tampungan, dan distribusi. Pendekatan Water Tunnel Architecture memperluas fungsi infrastruktur air dengan mengintegrasikannya ke dalam arsitektur dan lanskap. Infrastruktur tidak hanya ditempatkan sebagai utilitas yang tersembunyi, tetapi dapat menjadi bagian dari identitas dan pengalaman ruang.

Dalam perancangan ini, kawasan konservasi air diarahkan menjadi ruang multifungsi yang menggabungkan fungsi pengelolaan air dengan fungsi pendidikan, rekreasi, olahraga, dan ruang terbuka hijau. Strategi tersebut sejalan dengan gagasan bahwa infrastruktur air dan ruang publik dapat saling mendukung untuk membangun ketahanan kawasan terhadap limpasan dan banjir (Syahirani & Ellisa, 2021).

1.2 Permasalahan

Permasalahan utama perancangan adalah bagaimana membentuk sistem kawasan yang mampu mengurangi dampak kelebihan air pada musim hujan sekaligus menyediakan cadangan air pada musim kemarau. Permasalahan turunan meliputi kebutuhan penentuan lokasi tampungan, hubungan antara catchment area dengan tapak, pengendalian debit, kualitas air, distribusi air, serta integrasi fungsi teknis dengan ruang publik.

1.3 Tujuan

Tujuan perancangan adalah menghasilkan konsep kawasan konservasi air yang responsif terhadap perubahan musim melalui integrasi embung, water tunnel, filtrasi, inlet-outlet, lanskap ekologis, dan ruang publik. Rancangan diharapkan mampu memperkuat ketahanan hidrologi kawasan sekaligus memberikan manfaat sosial dan edukatif.

1.4 Pendekatan Water Tunnel Architecture

Water Tunnel Architecture dalam perancangan ini dipahami sebagai pendekatan yang mengintegrasikan jaringan terowongan air bawah tanah dengan elemen arsitektur, lanskap, dan ruang publik. Terowongan berfungsi sebagai jalur distribusi yang menghubungkan sistem hidrologi kawasan, sedangkan elemen permukaan membentuk ruang yang dapat digunakan dan dipahami oleh masyarakat. Prinsip tersebut menempatkan aliran air sebagai generator ruang, bukan hanya sebagai kebutuhan teknis.

Pendekatan diterapkan melalui lima prinsip. Pertama, integrasi fungsi teknis dan fungsi sosial, yaitu sistem pengelolaan air dirancang berdampingan dengan ruang publik. Kedua, optimalisasi sistem gravitasi dengan memanfaatkan perbedaan elevasi untuk mengurangi ketergantungan terhadap pompa. Ketiga, respons terhadap dinamika musim melalui skema operasi berbeda antara musim hujan dan kemarau. Keempat, ekspresi arsitektural infrastruktur melalui shaft inspeksi, dek observasi, ruang interpretasi, dan elemen visual yang memperlihatkan proses air. Kelima, sistem berlapis yang terdiri atas infrastruktur bawah tanah, badan air, dan lanskap hijau.

1.5 Sasaran Perancangan

Sasaran teknis meliputi pengembangan kapasitas tampungan, pengaturan inlet dan outlet, jaringan water tunnel, sistem filtrasi, spillway, pompa, dan kontrol debit. Sasaran ekologis meliputi peningkatan area hijau, pengendalian erosi, resapan, wetland, dan perbaikan mikroklimat. Sasaran sosial meliputi penyediaan jalur pedestrian edukatif, ruang rekreasi, olahraga, area bermain, camping, food court, dan ruang komunitas.

1.6 Manfaat Perancangan

Secara akademik, rancangan memberikan contoh integrasi antara hidrologi dan arsitektur kawasan. Secara praktis, konsep dapat menjadi prototipe awal pengelolaan air terpadu pada kawasan dengan karakter hidrologi sejenis. Secara lingkungan, sistem tampungan dan distribusi diharapkan membantu menurunkan limpasan, mempertahankan cadangan air, serta memperkuat fungsi ekologis. Secara sosial, kawasan memberikan ruang interaksi dan media edukasi agar konservasi air dipahami sebagai bagian dari kehidupan sehari-hari.

1.7 Batasan

Naskah ini merupakan artikel berbasis hasil perancangan arsitektur. Perhitungan struktur sipil rinci, shop drawing, verifikasi geoteknik, analisis kualitas air laboratorium, biaya konstruksi, dan validasi hidrologi operasional belum dibahas pada tingkat konstruksi. Hal tersebut menjadi bagian dari pengembangan teknis lanjutan.

1.8 Kajian Teoretik dan Preseden

Konservasi air dalam perencanaan kawasan mencakup upaya menahan, menyimpan, menggunakan kembali, dan menjaga kualitas air. Rahma et al. (2023) menekankan hubungan kemampuan infiltrasi dengan perubahan penggunaan lahan. Dalam rancangan ini, konservasi dipahami sebagai siklus yang terdiri atas penangkapan limpasan, retensi, filtrasi, penyimpanan, distribusi, dan pelepasan terkendali.

Studi preseden digunakan untuk mengambil prinsip, bukan menyalin bentuk. Embung Nglanggeran menunjukkan bahwa tampungan air dapat menjadi bagian dari kegiatan wisata dan ekonomi lokal. Embung Tambakboyo memperlihatkan hubungan antara retensi, pengendalian banjir, dan ruang terbuka hijau. Marina Barrage di Singapura menunjukkan integrasi reservoir, pengendalian banjir, dan ruang publik. Slow sand filtration memberikan prinsip penyaringan alami menggunakan media pasir dan kerikil. Terowongan Umiray–Angat menunjukkan peran terowongan sebagai infrastruktur distribusi air.

1.9 Sintesis Preseden

PRESEDEN	PRINSIP YANG DIADAPTASI	PENERAPAN
EMBUNG NGLANGGERAN	Retensi + rekreasi	Embung sebagai orientasi kawasan dan ruang publik
EMBUNG TAMBAKBOYO	Retensi + pengendalian banjir	Penyimpanan limpasan dan RTH
MARINA BARRAGE	Reservoir + ruang publik	Infrastruktur air sebagai ruang kota
SLOW SAND FILTRATION	Filtrasi alami	Media pasir-kerikil dan wetland
UMIRAY–ANGAT	Distribusi melalui terowongan	Water tunnel sebagai jaringan kawasan

Sintesis tersebut memperkuat gagasan bahwa pengelolaan air dapat menjadi dasar pembentukan ruang. Dalam rancangan Grobogan, seluruh prinsip dirangkai dalam satu sistem yang berpusat pada embung dan water tunnel. Dengan demikian, proses hidrologi menjadi dasar penentuan zonasi, sirkulasi, tata massa, dan pengalaman ruang.

2. METODE

2.1 Metodologi Perancangan

Perancangan menggunakan metode analitis-deskriptif yang diarahkan pada sintesis desain. Metode ini dipilih karena objek merupakan perancangan kawasan yang membutuhkan pembacaan hubungan antara data lingkungan, kebutuhan ruang, sistem air, dan keputusan arsitektural. Proses dimulai dengan pengumpulan data, dilanjutkan analisis hidrologi dan tapak, pemilihan lokasi, sintesis konsep, kemudian pengembangan desain.

2.2 Pengumpulan Data

Data yang digunakan meliputi curah hujan, topografi, kontur, catchment area, pola aliran sungai, kondisi drainase, karakter tanah, penggunaan lahan, aksesibilitas, vegetasi, kondisi sosial, serta kebijakan tata ruang. Data sekunder berasal dari dokumen tugas akhir, statistik wilayah, referensi teknis, dan studi pustaka. Data spasial digunakan untuk membaca hubungan antara area sumber limpasan dan lokasi potensial tampungan.

2.3 Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi dilakukan dengan mengidentifikasi curah hujan tinggi, luas daerah tangkapan, koefisien limpasan, potensi volume limpasan, dan kebutuhan tampungan. Proposal menggunakan curah hujan 289 mm sebagai kondisi hujan tinggi dan koefisien limpasan 0,5 untuk kombinasi lahan pertanian dan permukiman. Luas catchment yang dibaca dalam kajian mencapai sekitar 775 km² dan mencakup Tawangharjo, Wirosari, Ngaringan, Pulokulon, Kradenan, dan Gabus.

Secara konseptual, estimasi volume limpasan dapat ditulis sebagai:

$$V = C \times P \times A$$

dengan V adalah volume limpasan, C adalah koefisien limpasan, P adalah curah hujan, dan A adalah luas daerah tangkapan. Persamaan digunakan sebagai pendekatan awal untuk membaca besarnya potensi air yang perlu dikendalikan, bukan sebagai pengganti analisis hidrologi teknis pada tahap implementasi.

2.4 Analisis Kawasan

Analisis kawasan dilakukan pada skala makro, meso, dan mikro. Skala makro membaca Kabupaten Grobogan melalui pola aliran sungai, curah hujan, area rawan banjir, jaringan jalan, ruang terbuka hijau, dan penggunaan lahan. Skala meso membaca keterkaitan wilayah timur dengan daerah tangkapan dan sistem Sungai Lusi. Skala mikro membaca karakter tapak yang dipilih, termasuk topografi, tanah, arus air, vegetasi, aksesibilitas, pemandangan, batas lahan, dan kondisi iklim.

2.5 Pemilihan Tapak

Pemilihan tapak menggunakan kriteria kesesuaian hidrologi, luas lahan, kesesuaian tata ruang, aksesibilitas, potensi konflik lahan, integrasi drainase, dan kondisi tanah. Dua alternatif dibandingkan dengan skala penilaian 1–5. Site 2 memperoleh skor 4,85 dan dipilih karena memiliki area terbuka yang luas, hubungan baik dengan sistem air, jumlah permukiman relatif rendah, serta peluang integrasi fungsi publik.

KRITERIA	SITE 1	SITE 2
KESESUAIAN HIDROLOGI	3	5
LUAS LAHAN	2	5
KESESUAIAN RTRW	3	5
AKSESIBILITAS	5	4
MINIM KONFLIK LAHAN	2	5
INTEGRASI DRAINASE	3	5
KONDISI TANAH	3	5
TOTAL	3,00	4,85

2.6 Sintesis Desain

Hasil analisis disintesis menjadi empat komponen utama: embung sebagai pusat penyimpanan dan pengendalian air, water tunnel sebagai jaringan distribusi, sistem inlet-outlet dan filtrasi sebagai pengatur kualitas serta debit, dan lanskap ekologis sebagai lapisan ruang. Sintesis tersebut menjadi dasar penentuan zonasi, hubungan ruang, tata massa, sistem struktur, material, teknologi, serta skenario operasi musim hujan dan kemarau.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis dan Konsep Tapak

3.1.1 Kondisi Kawasan dan Tapak

Lokasi perancangan berada di Desa Sembungharjo, Kecamatan Pulokulon, Kabupaten Grobogan. Tapak berada pada kawasan yang berkaitan dengan sistem aliran Sungai Lusi dan dikelilingi aktivitas pertanian. Karakter topografi relatif datar hingga sedikit miring dengan

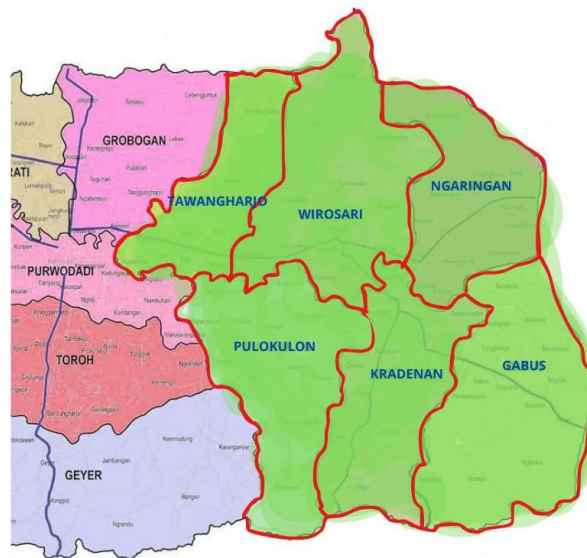
kemiringan sekitar 0–8%. Kondisi tersebut mendukung pembentukan tampungan air dan memungkinkan pemanfaatan perbedaan elevasi dalam distribusi.

Tanah dominan berupa lempung dan aluvial dengan kemampuan infiltrasi relatif rendah. Kondisi ini menjadi salah satu alasan mengapa limpasan permukaan perlu dikendalikan melalui tampungan dan saluran terarah. Pada saat yang sama, karakter tanah lempung dapat mendukung retensi pada bagian tertentu, meskipun verifikasi geoteknik tetap diperlukan.

Data curah hujan menunjukkan variasi musiman. Dalam data yang digunakan pada SKPA, curah hujan tertinggi mencapai 289 mm pada Oktober, sedangkan Agustus menjadi salah satu periode dengan curah hujan terendah, sekitar 71 mm. Perbedaan tersebut memperkuat kebutuhan sistem yang dapat beroperasi secara dinamis.

3.1.2 Catchment Area

Daerah tangkapan yang dianalisis mencakup enam kecamatan, yaitu Tawangharjo, Wirosari, Ngaringan, Pulokulon, Kradenan, dan Gabus. Hubungan tersebut menunjukkan bahwa tapak tidak dapat dipahami sebagai sistem lokal semata, karena air yang mencapai kawasan berasal dari jaringan aliran yang lebih luas. Catchment sekitar 775 km² menjadi dasar pembacaan potensi limpasan kawasan.



Gambar 1. Diagram konteks kawasan dan catchment area enam kecamatan.

3.1.3 Potensi dan Permasalahan Tapak

Potensi utama tapak adalah ketersediaan ruang terbuka, karakter cekungan, kedekatan dengan sistem sungai, serta peluang integrasi dengan jaringan drainase. Potensi tersebut memungkinkan embung dikembangkan sebagai pusat kawasan. Area terbuka juga memberikan peluang besar untuk RTH, ruang rekreasi, dan jalur pedestrian.

Permasalahan utama meliputi limpasan tinggi pada musim hujan, keterbatasan penyimpanan air, infiltrasi yang rendah, potensi erosi, serta kebutuhan pemeliharaan sistem air. Selain itu, infrastruktur teknis berpotensi menjadi elemen tertutup yang tidak dipahami masyarakat. Karena itu, rancangan diarahkan untuk membuat proses air dapat dibaca melalui ruang.

3.1.4 Konsep Sistem Kawasan

Konsep kawasan menggunakan sistem berlapis. Lapisan pertama berada di bawah tanah berupa water tunnel dan jaringan distribusi. Lapisan kedua adalah badan air berupa embung, wetland, dan area filtrasi. Lapisan ketiga berupa lanskap hijau dan ruang publik. Ketiga lapisan bekerja sebagai satu sistem, sehingga fungsi teknis tidak menghilangkan kualitas ruang.

Embung menjadi pusat orientasi sekaligus pusat hidrologi. Water tunnel menghubungkan sumber dan tujuan air. Inlet berfungsi menerima aliran, sedangkan outlet mengatur pelepasan. Spillway menangani kelebihan air ketika elevasi tampungan mencapai batas tertentu. Filtrasi ditempatkan pada titik yang membutuhkan peningkatan kualitas air sebelum distribusi.

3.1.5 Prinsip Operasional

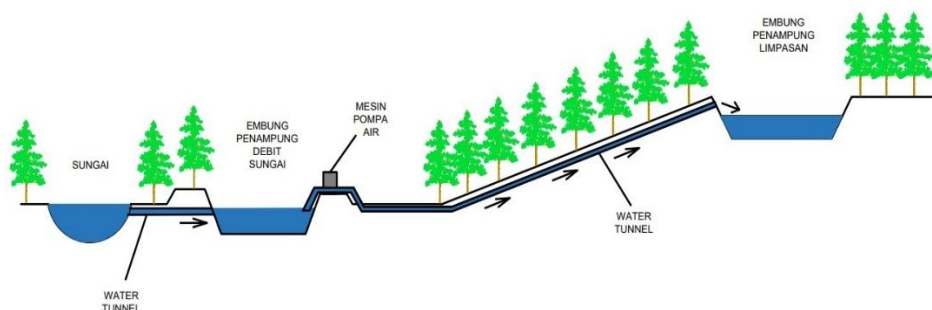
Sistem dirancang dengan memanfaatkan gravitasi sebanyak mungkin. Pompa digunakan pada kondisi ketika perbedaan elevasi tidak memungkinkan distribusi alami. Strategi ini dimaksudkan untuk mengurangi kebutuhan energi sekaligus meningkatkan keandalan sistem.

3.2 Konsep Desain

3.2.1 Sistem Air Musim Hujan

Pada musim hujan, tujuan utama sistem adalah mengurangi debit puncak yang langsung menuju hilir. Air dari catchment diarahkan melalui jaringan drainase dan inlet menuju water tunnel. Terowongan kemudian mengalirkan air menuju embung utama. Sebelum masuk ke tampungan, sebagian air dapat melalui tahap sedimentasi dan filtrasi awal untuk mengurangi beban sedimen.

Embung berfungsi sebagai ruang retensi sekaligus reservoir. Dengan menahan air untuk sementara, sistem memberikan waktu bagi debit puncak untuk turun sebelum air dilepas secara terkendali. Spillway menjadi komponen pengaman ketika volume air melebihi kapasitas operasional. Kolam olak dapat digunakan untuk mengurangi energi aliran sebelum air dilepas ke hilir.

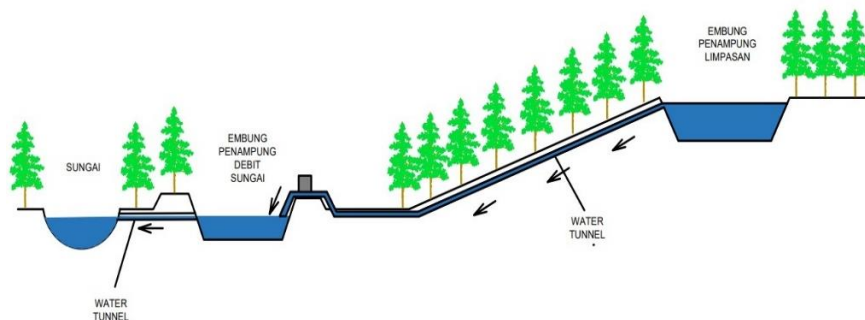


Gambar 2. Skema operasional musim hujan: catchment – inlet – water tunnel – filtrasi – embung – spillway.

3.2.2 Sistem Air Musim Kemarau

Pada musim kemarau, arah operasi berubah. Air yang tersimpan di embung dikeluarkan melalui outlet dan diarahkan ke jaringan distribusi. Air untuk kebutuhan tertentu melewati filtrasi sebelum digunakan. Pelepasan dilakukan bertahap agar cadangan tidak habis dalam waktu singkat.

Sistem distribusi dapat melayani kebutuhan kawasan dan mendukung aktivitas pertanian. Apabila terdapat perbedaan elevasi, pompa dapat digunakan dengan dukungan energi dari panel surya dan sumber energi kawasan. Strategi tersebut mempertahankan prinsip efisiensi energi sekaligus memberikan fleksibilitas operasi.



Gambar 3. Skema operasional musim kemarau: embung – outlet – filtrasi – water tunnel – jaringan distribusi.

3.2.3 Embung sebagai Pusat Kawasan

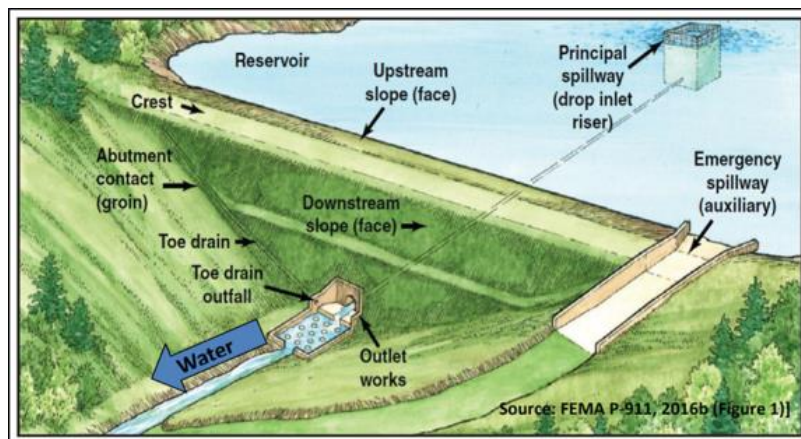
Embung menjadi elemen paling dominan dalam komposisi kawasan. Selain fungsi hidrologis, badan air digunakan sebagai orientasi visual dan pembentuk ruang. Pada pengembangan tapak, luas kawasan embung direncanakan sekitar 9 hektar dengan kedalaman konseptual 10 meter sesuai pengembangan desain. Angka tersebut merupakan parameter desain awal dan tetap membutuhkan verifikasi teknis mengenai volume efektif, freeboard, stabilitas tanggul, sedimentasi, serta kebutuhan tampungan.

Bentuk embung dikembangkan agar tidak hanya menjadi geometri utilitarian. Tepian dapat dibuat lebih natural dengan variasi garis pantai, zona vegetasi, dan jalur pedestrian. Pada bagian tertentu, tepian diperkuat untuk mengakomodasi aktivitas publik. Perbedaan karakter tepian tersebut membantu membentuk gradasi antara area teknis dan area rekreasi.

3.2.4 Struktur Embung dan Spillway

Struktur embung menggunakan tanah yang dipadatkan sebagai salah satu komponen dasar. Pemadatan dilakukan bertahap dengan pengendalian kadar air dan kepadatan. Karakter tanah lempung dapat mendukung retensi, tetapi kajian geoteknik diperlukan untuk memastikan keamanan lereng dan dasar.

Spillway digunakan untuk mengendalikan kelebihan air. Struktur dapat menggunakan beton bertulang dengan kolam olak untuk mengurangi energi aliran. Dalam pendekatan arsitektur, spillway tidak disembunyikan sepenuhnya, tetapi dapat dirancang sebagai elemen interpretatif yang memperlihatkan bagaimana air dikendalikan.



Gambar 4. Potongan konseptual embung, tanggul, spillway, dan area lanska

3.2.5 Water Tunnel

Water tunnel menjadi penghubung utama dalam sistem. Pada musim hujan, terowongan digunakan untuk mengalihkan limpasan menuju tampungan. Pada musim kemarau, fungsi dapat dibalik sebagai jalur distribusi air dari reservoir menuju titik pemanfaatan. Pemanfaatan gravitasi menjadi prinsip utama, sedangkan pompa menjadi sistem pendukung.

Secara arsitektural, keberadaan terowongan dibuat terbaca melalui shaft inspeksi, ruang interpretasi, dek observasi, dan elemen skylight pada titik tertentu. Transparansi sistem bertujuan memperlihatkan bahwa air bergerak melalui jaringan bawah tanah dan kemudian muncul kembali pada ruang permukaan.

3.2.6 Sistem Filtrasi

Sistem filtrasi mengadaptasi prinsip slow sand filtration menggunakan media pasir dan kerikil. Media tersebut berfungsi mengurangi partikel dan meningkatkan kualitas air sebelum distribusi. Pada kawasan, filtrasi ditempatkan dekat dengan bangunan pengelola air agar mudah dioperasikan dan dipelihara.

Filtrasi juga dipadukan dengan wetland sebagai sistem ekologis. Wetland dapat berfungsi sebagai zona transisi antara badan air dan lanskap, sekaligus membantu memperbaiki kualitas air melalui media tanah, tanaman, dan proses alami. Bangunan filtrasi dirancang sebagai ruang edukasi sehingga pengunjung dapat melihat tahapan air dari sumber hingga distribusi.

3.2.7 Pengendalian Debit

Inlet, outlet, pintu air, spillway, dan pompa ditempatkan sebagai satu sistem kontrol. Pengendalian tidak hanya bertujuan menjaga volume tampungan, tetapi juga menjaga kestabilan aliran menuju hilir. Sistem kontrol dapat dikembangkan menggunakan sensor tinggi muka air dan kontrol operasional terpusat pada tahap teknis berikutnya.

3.3 Tata Massa Kawasan

3.3.1 Zonasi Kawasan

Kawasan dibagi menjadi empat zona utama, yaitu zona pengelolaan air, zona pendidikan, zona publik, dan zona pelayanan. Zona pengelolaan air ditempatkan sebagai pusat sistem dan memiliki hubungan langsung dengan embung, water tunnel, filtrasi, pompa, dan spillway. Zona pendidikan berada dekat sistem air agar proses konservasi dapat diamati. Zona publik

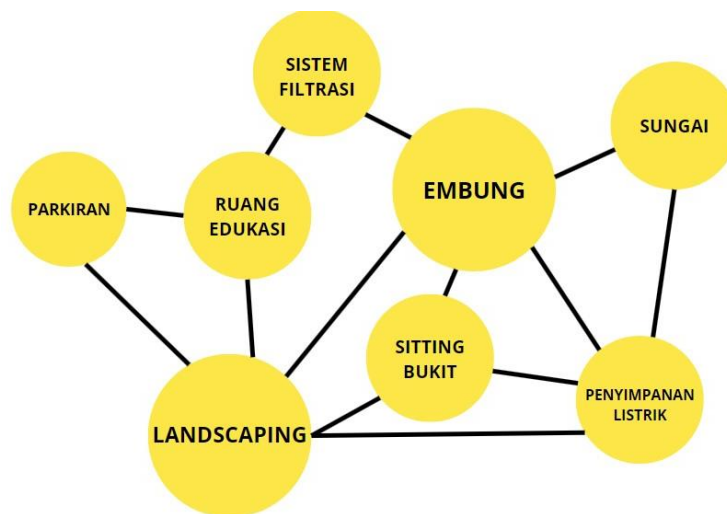
mengelilingi area utama untuk menciptakan hubungan langsung antara ruang sosial dan lanskap. Zona pelayanan memiliki akses operasional tersendiri.

ZONA	FUNGSI UTAMA	ELEMEN
PENGELOLAAN AIR	Retensi, filtrasi, distribusi	Embung, water tunnel, filtrasi, pompa, spillway
PENDIDIKAN	Edukasi konservasi	Bangunan edukasi, ruang interpretasi
PUBLIK	Rekreasi dan interaksi	Pedestrian, playground, olahraga, camping, food court
PELAYANAN	Operasional kawasan	Rumah pengelola, utilitas, pengelolaan sampah

3.3.2 Program Ruang

KELOMPOK	PROGRAM
PUBLIK	Bangunan edukasi, parkir, sitting area, jogging track, taman bermain, RTH
REKREASI	Kolam ikan, camping area, food court, amphitheater, taman anak
OLAHRAGA	Sport center
TEKNIS	Bangunan filtrasi, penyimpan listrik, embung, pompa, panel surya, water tunnel
OPERASIONAL	Rumah pengelola kawasan, bangunan pengelola sampah

Program ruang tersebut menunjukkan bahwa kawasan tidak berhenti sebagai infrastruktur teknis. Aktivitas sosial disusun untuk menghidupkan ruang di sekitar sistem air, sedangkan fasilitas teknis tetap memiliki jalur operasional yang terkontrol.



Gambar 5. Diagram hubungan bangunan kawasan konservasi air.

3.3.3 Tata Massa dan Sirkulasi

Penataan massa menggunakan embung sebagai pusat orientasi. Bangunan penunjang ditempatkan pada sisi yang memiliki akses kendaraan dan mudah diawasi. Pola terpusat

dipadukan dengan pengelompokan massa berdasarkan fungsi agar ruang terbuka tetap dominan dan hubungan operasional tetap efisien.

Sirkulasi kendaraan dibedakan dari sirkulasi pelayanan teknis. Kendaraan pengunjung diarahkan menuju parkir dan kemudian masuk ke jaringan pedestrian. Kendaraan operasional memiliki jalur tersendiri menuju bangunan filtrasi, ruang utilitas, dan pengelolaan sampah. Pemisahan tersebut mengurangi konflik antara aktivitas publik dan kegiatan servis.

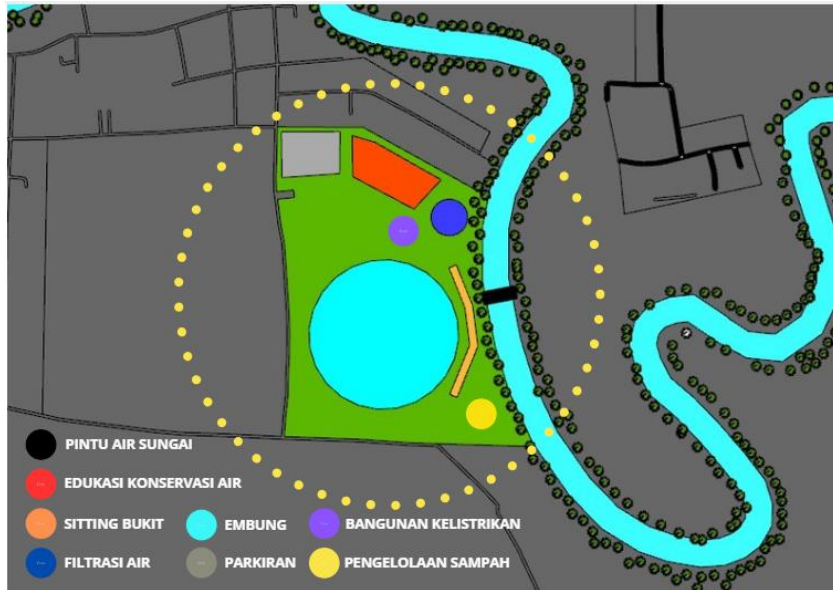
3.3.4 Lanskap Ekologis

Lanskap digunakan sebagai bagian dari sistem konservasi, bukan hanya sebagai elemen dekoratif. Vegetasi ditempatkan pada tepian embung, jalur aliran, area resapan, dan ruang terbuka. Pemilihan vegetasi diarahkan pada tanaman lokal atau adaptif yang mampu membantu menahan erosi, memperlambat aliran permukaan, memberikan keteduhan, dan memperbaiki iklim mikro.

Jalur pedestrian mengikuti hubungan antara embung, bangunan edukasi, ruang olahraga, dan area rekreasi. Pada titik tertentu, jalur dilengkapi papan interpretasi yang menjelaskan siklus air. Strategi tersebut menjadikan lanskap sebagai media pembelajaran sekaligus ruang aktivitas.

3.3.5 Ruang Edukasi

Bangunan edukasi berfungsi menjelaskan proses konservasi air secara sederhana. Materi dapat menunjukkan hubungan hujan, catchment, limpasan, inlet, filtrasi, penyimpanan, water tunnel, distribusi, dan pemanfaatan kembali. Dengan demikian, pengunjung dapat memahami sistem kawasan sebagai satu siklus.



Gambar 6. Rencana tata massa, ruang publik, dan jaringan pedestrian.

3.4 Sistem Teknologi Bangunan

3.4.1 Sistem Energi

Operasional kawasan membutuhkan energi untuk pompa, bangunan pengelola, filtrasi, sistem kontrol, dan penerangan. Konsep sumber energi menggabungkan panel surya dengan sumber listrik kawasan yang berasal dari sistem pembangkit pada bendungan sebagaimana dikembangkan dalam SKPA. Panel surya dapat ditempatkan pada bangunan utilitas dan area yang menerima radiasi matahari memadai.

Penggunaan energi diarahkan untuk mendukung sistem ketika gravitasi tidak mencukupi. Prinsip tersebut mempertahankan hierarki: gravitasi sebagai sistem utama, energi listrik sebagai pendukung, dan kontrol sebagai pengatur distribusi. Strategi ini diharapkan meningkatkan efisiensi operasional.

3.4.2 Material dan Teknologi

Material pada infrastruktur air dipilih berdasarkan kekuatan, kestabilan, ketahanan terhadap air, dan kemudahan pemeliharaan. Beton bertulang digunakan pada elemen yang menerima tekanan air seperti spillway dan bagian bangunan filtrasi. Tanah yang dipadatkan menjadi bagian penting dari struktur embung. Material ruang publik diarahkan tahan cuaca, aman terhadap pengguna, dan sesuai dengan karakter lanskap.

Teknologi utama terdiri atas pompa, panel surya, filtrasi, jaringan water tunnel, pintu air, sistem kontrol, dan perangkat pemantauan. Sistem kontrol dapat dikembangkan secara bertahap agar data tinggi muka air, debit, dan kondisi pompa dapat dipantau oleh pengelola.

3.4.3 Integrasi Infrastruktur dan Arsitektur

Integrasi menjadi karakter utama Water Tunnel Architecture. Infrastruktur air tidak diposisikan sebagai elemen yang terpisah dari arsitektur, tetapi menjadi pembentuk ruang. Bentuk, orientasi, jalur pedestrian, dan ruang publik mengikuti logika pergerakan air. Pendekatan ini menghasilkan hubungan antara fungsi teknis dan pengalaman pengguna.

3.4.4 Respons terhadap Perubahan Musim

KONDISI	MASALAH	STRATEGI	OUTPUT
MUSIM HUJAN	Limpasan tinggi	Inlet, water tunnel, embung, spillway	Debit dikendalikan dan air disimpan
MUSIM KEMARAU	Debit menurun	Outlet, water tunnel, filtrasi	Cadangan air didistribusikan
KUALITAS AIR	Sedimen dan kotoran	Sedimentasi, pasir-kerikil, wetland	Air diproses sebelum distribusi
RUANG	Utilitas berpotensi tertutup	Pedestrian edukatif, dek observasi	Sistem air menjadi pengalaman ruang

Tabel tersebut memperlihatkan bahwa rancangan tidak menggunakan satu strategi yang sama sepanjang tahun. Sistem beradaptasi dengan perubahan kondisi. Musim hujan memprioritaskan retensi dan keselamatan tampungan, sedangkan musim kemarau memprioritaskan distribusi dan efisiensi penggunaan cadangan.

3.4.5 Kinerja Konseptual

Kinerja rancangan dinilai melalui keterhubungan antar-komponen. Embung menyediakan kapasitas penyimpanan, water tunnel menyediakan konektivitas, filtrasi menjaga kualitas air, dan lanskap mendukung fungsi ekologis. Hubungan tersebut membentuk sistem yang dapat beradaptasi terhadap dinamika musiman.

Kelebihan utama rancangan adalah penggabungan sistem hidrologi dengan program ruang. Pengunjung dapat beraktivitas di sekitar badan air sekaligus memahami proses pengelolaan. Namun, kinerja aktual tetap memerlukan simulasi hidrologi, perhitungan kapasitas jaringan, pengujian kualitas air, dan verifikasi teknis.

3.5 Fungsi dan Tujuan Kawasan

3.5.1 Nilai Arsitektural

Nilai arsitektural muncul dari keterbacaan proses air. Pengguna tidak hanya melihat embung, tetapi dapat memahami bagaimana air dikumpulkan, disimpan, disaring, dan didistribusikan. Hubungan tersebut menjadi identitas kawasan dan membedakan infrastruktur konservasi dari embung yang hanya berfungsi sebagai tampungan.

3.5.2 Integrasi Sosial dan Rekreasi

Ruang publik dikembangkan untuk memastikan kawasan dapat digunakan secara aktif ketika fungsi teknis tidak sedang berada pada kondisi operasi puncak. Area olahraga, playground, camping, food court, amphitheater, sitting area, dan jogging track ditempatkan sebagai jaringan ruang yang mengelilingi sistem air. Keberadaan aktivitas tersebut juga meningkatkan peluang masyarakat untuk mengenali fungsi konservasi melalui pengalaman langsung.

Area olahraga menyediakan kegiatan fisik dan komunitas. Playground ditujukan bagi anak-anak dengan pengawasan dari ruang duduk. Camping area dan food court memanfaatkan potensi lanskap embung. Amphitheater dapat digunakan untuk kegiatan komunitas dan penyampaian edukasi. Jalur jogging menghubungkan seluruh fasilitas sehingga kawasan memiliki pola pergerakan yang kontinu.

3.5.3 Edukasi Konservasi Air

Edukasi dirancang secara informal melalui pengalaman ruang. Jalur pedestrian dapat diberi informasi mengenai curah hujan, catchment, fungsi embung, proses filtrasi, dan mekanisme water tunnel. Ruang interpretasi dapat memperlihatkan potongan terowongan atau model aliran agar proses yang berada di bawah tanah dapat dipahami.

Strategi ini mengubah infrastruktur menjadi media edukasi. Pengunjung tidak hanya menerima informasi melalui teks, tetapi melihat hubungan fisik antara air dan ruang. Prinsip tersebut mendukung gagasan bahwa keterbacaan infrastruktur dapat meningkatkan kesadaran lingkungan.

3.5.4 Keamanan dan Operasional

Area teknis membutuhkan pengamanan agar tidak terjadi konflik dengan pengunjung. Akses menuju ruang pompa, filtrasi, panel, dan water tunnel dibatasi untuk petugas. Perbedaan elevasi di sekitar embung harus dilengkapi pengamanan, jalur evakuasi, dan pencahayaan yang memadai. Sistem operasi juga perlu memiliki prosedur ketika debit tinggi, gangguan pompa, atau kondisi tampungan mendekati batas.

3.5.5 Pembahasan terhadap Preseden

Embung Nglanggeran memberikan pelajaran bahwa tampungan dapat menjadi ruang wisata dan ekonomi lokal. Dalam rancangan Grobogan, prinsip tersebut diterapkan melalui ruang rekreasi, food court, camping, dan lanskap. Embung Tambakboyo memperkuat gagasan hubungan antara pengendalian limpasan dan ruang terbuka hijau. Prinsip ini diterapkan dengan menempatkan RTH sebagai bagian dari sistem retensi.

Marina Barrage menunjukkan bahwa infrastruktur pengendalian air dapat menjadi ruang publik yang memiliki identitas kuat. Rancangan Grobogan mengambil prinsip integrasi, bukan bentuk. Slow sand filtration memberikan dasar untuk penggunaan media pasir dan kerikil, sedangkan preseden terowongan air memperkuat gagasan distribusi bawah tanah.

3.5.6 Implikasi Perancangan

Konsep kawasan berpotensi dikembangkan sebagai prototipe infrastruktur adaptif pada wilayah lain yang mengalami ketidakseimbangan musiman. Namun penerapannya tidak dapat dilakukan secara langsung tanpa penyesuaian. Data hidrologi, karakter tanah, kapasitas sungai, tata ruang, kebutuhan masyarakat, dan sistem distribusi harus dikaji kembali pada setiap lokasi.

3.5.7 Keterbatasan

Keterbatasan utama adalah belum dilakukannya validasi teknis tingkat konstruksi. Volume tampungan dan kapasitas jaringan masih merupakan parameter desain konseptual. Kondisi struktur tanggul, stabilitas lereng, dimensi terowongan, tekanan air, sedimentasi, kualitas air, dan kapasitas pompa memerlukan pengujian lebih lanjut. Selain itu, distribusi air belum dihitung pada skala seluruh Kabupaten Grobogan.

3.5.8 Arah Pengembangan

Pengembangan berikutnya dapat berupa pemodelan hidrologi berbasis data hujan historis, simulasi debit puncak, analisis sedimentasi, uji kualitas air, analisis geoteknik, optimasi diameter dan kemiringan water tunnel, serta studi kelayakan ekonomi. Integrasi sistem monitoring juga dapat dikembangkan untuk meningkatkan kemampuan adaptasi operasional.

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Perancangan Kawasan Konservasi Air dengan Pendekatan Water Tunnel Architecture di kawasan timur Kabupaten Grobogan menghasilkan konsep kawasan yang mengintegrasikan embung, water tunnel, filtrasi, pengendalian debit, lanskap ekologis, dan ruang publik. Lokasi di

Desa Sembungharjo, Kecamatan Pulokulon, dipilih berdasarkan kesesuaian hidrologi, luas lahan, integrasi drainase, kondisi sosial, dan peluang pengembangan kawasan.

Embung ditempatkan sebagai pusat retensi dan reservoir. Jaringan water tunnel berfungsi menghubungkan sumber air dengan tampungan dan distribusi. Pada musim hujan, sistem memprioritaskan penangkapan dan penyimpanan limpasan untuk mengurangi debit puncak. Pada musim kemarau, cadangan air dilepas secara terkendali melalui outlet, filtrasi, dan jaringan distribusi.

Pendekatan Water Tunnel Architecture menghasilkan sistem berlapis yang terdiri atas infrastruktur bawah tanah, badan air, dan lanskap hijau. Sistem tersebut memperluas peran infrastruktur air menjadi elemen arsitektural yang dapat dilihat, dipahami, dan digunakan masyarakat. Integrasi dengan bangunan edukasi, pedestrian, olahraga, playground, camping, food court, amphitheater, dan RTH menjadikan kawasan sebagai ruang sosial sekaligus ekologis.

4.2 Saran

Pengembangan selanjutnya perlu melakukan verifikasi hidrologi dengan data yang lebih lengkap, simulasi debit, kajian geoteknik, perhitungan struktur, analisis kualitas air, dan pengujian kapasitas water tunnel. Studi operasional dan pembiayaan juga perlu dilakukan untuk memastikan rancangan dapat diterapkan secara efektif. Pada tahap implementasi, pengelolaan kawasan perlu melibatkan pemerintah daerah, masyarakat, pengelola air, dan kelompok pengguna agar sistem konservasi dapat berjalan berkelanjutan.

PERSANTUNAN

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Program Studi Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta, khususnya Fauzi Mizan Prabowo Aji, S.Ars., M.Ars. selaku dosen pembimbing, serta seluruh dosen, keluarga, dan rekan-rekan yang memberikan arahan, dukungan, dan evaluasi selama proses penyusunan dan pengembangan tugas akhir.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali Cheshmehzangi. (2022). Urban sustainability and resilience: Theory and practice. Springer.
- Harahap, M. A. K., et al. (2024). Innovative approaches to urban drainage system: A review. Indonesia Journal of Engineering and Education Technology.
- Hidayat, R., Nugroho, S., & Santoso, E. (2023). Evaluasi struktur drainase dalam pengendalian banjir kawasan. Jurnal Rekayasa Lingkungan.

- Husniyah, J. F., Dewanti, S. N., & Cahyani, S. N. (2024). Evaluasi penerapan eco-label dalam pengembangan ekowisata di Desa Wisata Nglanggeran, Yogyakarta. *Jurnal Pariwisata UGM*.
- Istianah, I., Kuncoro, A. H. B., & Budiningrum, D. S. (2023). Analisis kapasitas saluran drainase Perumahan Jagansari Residence Kabupaten Grobogan. *Jurnal Teknik Sipil Institut Teknologi Padang*, 10(1), 52–63.
- Kementerian PUPR. (2021). Pedoman teknis perencanaan dan pembangunan infrastruktur sumber daya air.
- Kumar, G. (2024). Identifying, Analyzing and Planning Sites for Architectural Projects.
- Kuswardono, et al. (2024). Kajian pengendalian banjir dan kapasitas drainase kawasan. Referensi yang digunakan dalam proposal SKPA.
- Rahma, A. D., Rosidi, M., Zapariza, R., & Sulaeman, E. (2023). Infiltration ability in the area of land use change. *Applied Water Science*.
- Rahmawati, D., Nugroho, S., & Santoso, E. (2021). Penggunaan biofilter alami untuk peningkatan kualitas air berbasis lingkungan. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*.
- Sari, N., Putri, D., & Wibowo, A. (2022). Pemanfaatan material alami sebagai media filtrasi air sederhana. *Jurnal Teknik Lingkungan Indonesia*.
- Septiani, A. R. (2024). Pemetaan zona rawan kekeringan berbasis konservasi air. *Jurnal Pendidikan Geografi Undiksha*.
- Sururi, M. R., & Fadlurrohman, F. (2024). Perencanaan sistem drainase berkelanjutan dengan konsep low impact development. *Jurnal Ilmu Lingkungan*.
- Syahirani, T. N. T., & Ellisa, E. (2021). Public space as water infrastructure strategy in achieving runoff flood resilience on a neighborhood scale. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 716(1).
- Peraturan Daerah Kabupaten Grobogan Nomor 7 Tahun 2021 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Grobogan.
- Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Grobogan Tahun 2021–2041.
- Balai Besar Wilayah Sungai Serayu Opak. (2025). Referensi pembangunan Embung Tambakboyoy yang digunakan dalam kajian preseden.