

DESAIN PELESTARIAN SITU BULAKAN BERBASIS HIDROLOGI UNTUK KONSERVASI DAN PENAMBAH KETERSEDIAAN AIR

Isvan Taufik^{1*}, Didik Purwanto², Mochamad Wary Wardhana³, Karvina Budiwati
Apriliani⁴, Resti Meliana Sari⁵

^{1,2,3,5}Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Provinsi Banten

⁴Magister Studi Lingkungan, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Email: isvantaufik@bantenprov.go.id^{1*}, didik.purwanto@bantenprov.go.id²,
mochamad.warywardhana@bantenprov.go.id³, karvina.budiwatiapriliani@bantenprov.go.id⁴
dan restimeliana@bantenprov.go.id⁵

Abstrak

Situ Bulakan di Kota Tangerang merupakan salah satu daerah resapan air yang mengalami degradasi fungsi akibat sedimentasi dan pertumbuhan gulma air. Penelitian ini bertujuan untuk merancang desain pelestarian dan pemanfaatan Situ Bulakan sebagai upaya konservasi air dan pengendalian banjir. Kajian dilakukan melalui pengumpulan data primer dan sekunder, serta analisis hidrologi, hidrolika, dan geoteknik. Hasil studi menunjukkan bahwa desain tanggul beton/sheet pile dan pengaturan muka air dapat meningkatkan kapasitas tampungan hingga $\pm 736.965 \text{ m}^3$ dan menurunkan risiko banjir dengan debit rencana Q_{100} sebesar $39,61 \text{ m}^3/\text{detik}$. Rencana ini diharapkan tidak hanya mengembalikan fungsi ekologis situ, tetapi juga memperkuat ketahanan air wilayah sekitar pada musim kemarau dan penghujan.

Kata Kunci: Desain Hidrologi; Perencanaan Tanggul; Pencegahan Banjir; Konservasi Situ

Abstract

Situ Bulakan in Tangerang City is one of the water catchment areas that has experienced functional degradation due to sedimentation and the growth of aquatic weeds. This study aims to design a conservation and utilization plan for Situ Bulakan as an effort to support water conservation and flood control. The research was conducted through the collection of primary and secondary data, as well as hydrological, hydraulic, and geotechnical analyses. The study results indicate that the design of concrete embankments/sheet piles and water level regulation can increase the reservoir capacity to approximately $\pm 736,965 \text{ m}^3$ and reduce flood risk with a Q_{100} design discharge of $39.61 \text{ m}^3/\text{second}$. This plan is expected not only to restore the ecological function of the lake but also to enhance regional water resilience during both the dry and rainy seasons.

Keywords: Hydrological Design; Embankment Planning; Flood Prevention; Lake Conservation.

PENDAHULUAN

Sumber daya air merupakan komponen yang sangat penting bagi kelangsungan hidup manusia (Amelia, 2021). Sumber air sangat dibutuhkan agar sistem dapat berjalan dengan baik (Jusuf et al., 2023). Sebagai penopang utama kehidupan manusia, air memegang peranan yang sangat krusial dalam menunjang kehidupan sehari-hari (Silangen et al., 2020). Ini menggambarkan betapa vitalnya air bagi kehidupan manusia (Prastya, 2017).

Air sebagai sumber daya alam non-hayati tersedia secara terus-menerus di lingkungan dan dapat diregenerasi selama penggunaannya tidak berlebihan, statistik memperlihatkan bahwa sumber air bersih mengalami penurunan secara bertahap setiap tahun (Fakhriyah et al., 2021). Dengan pertumbuhan jumlah penduduk yang pesat, perkembangan kawasan pertanian dan permukiman, serta berkurangnya area resapan air, ditambah dengan perubahan kualitas lingkungan dan pola cuaca, menyebabkan terjadinya ketidakseimbangan antara pemanfaatan air dan ketersediaannya, baik dari segi kuantitas maupun kualitas yang memadai (Desti & Ula, 2021). Perubahan iklim dan eksploitasi air secara berlebihan dapat memengaruhi ketersediaan serta kualitas sumber daya air (Saraswat et al., 2023).

Guna memastikan kelangsungan hidup manusia serta kelestarian lingkungan, Undang - Undang nomor 7 Tahun 2004 tentang Sumber Daya Air, Pasal 1 poin 5 menyebutkan bahwa sumber daya air adalah air, sumber air, dan daya air yang terkandung di dalamnya, serta tempat atau wadah air alami dan/atau buatan yang terletak pada, di atas, atau di bawah permukaan tanah. Selain itu, Pasal 35 menyebutkan bahwa sumber daya air meliputi: (a) air permukaan pada sungai, danau, rawa, dan sumber air permukaan lainnya; (b) air tanah pada cekungan.

Selanjutnya, Pasal 21 Undang-Undang Nomor 7 Tahun 2004 menyatakan bahwa sumber daya air wajib dilindungi dan dilestarikan keberadaannya. Upaya perlindungan dan pelestarian sumber air tersebut dilakukan melalui pemeliharaan fungsi resapan air dan daerah tangkapan air, pengendalian pemanfaatan sumber air, pengisian ulang sumber air, serta pengaturan kawasan sempadan sumber air. Pengelolaan Terpadu Sumber Daya Air (IWRM) penting untuk menyelesaikan konflik air dengan penerapan strategi efektif di berbagai tingkat tata kelola demi pembangunan berkelanjutan (Cacal et al., 2023).

Setu, atau situ dalam istilah lokal, merupakan kumpulan air yang berada di atas permukaan tanah, terbentuk secara alami atau disengaja oleh manusia, dengan sumber air dari mata air, air hujan yang tertampung, serta limpahan air permukaan, dan ukurannya lebih kecil daripada danau (Saranga et al., 2024). Pada tahun 2020. Peran situ meliputi suplai air ke hilir, pemanfaatan untuk irigasi, pengelolaan banjir, dan fasilitas rekreasi (Imamuddin, 2016). Jika pengelolaan situ dilakukan secara tepat, maka situ akan memberikan fungsi optimal sebagai penyangga kehidupan (Saputra et al., 2023). Namun, seiring waktu, keberadaan situ-situ semakin terpinggirkan dan mengalami berbagai tantangan seperti polusi, penumpukan sedimen, serta pengurukan (Puspita et al., 2005).

Berbagai penelitian sebelumnya telah membahas pentingnya pelestarian situ untuk mitigasi bencana dan konservasi air (Agustina, 2002; Priadie, 2011). Misalnya, Imamuddin (2016) mengevaluasi kapasitas tampungan Setu Tarisi untuk irigasi, Maresi et al. (2016) menggunakan indikator biologis untuk menilai kualitas perairan Situ Bulakan, Setianto (2011) mengidentifikasi kondisi eksisting situ di Jabodetabek dan permasalahan kelembagaan yang muncul dalam pengelolaan situ serta merumuskan strategi dalam pengelolaan yang berkelanjutan, dan Fakhruddin et al., (2020) mengevaluasi sedimentasi dan aliran sungai yang masuk ke Waduk Jatigede menggunakan model SWAT (*Soil and Water Assessment Tools*).

Beberapa studi tersebut cenderung bersifat parsial, baik dari sisi ekologi maupun hidrologi, dan belum mengintegrasikan pendekatan desain konservasi berbasis simulasi hidrologi-hidrolika serta geoteknik secara simultan. Selain itu, sebagian besar studi konservasi situ di Indonesia belum secara rinci mengusulkan rencana teknis yang dapat diimplementasikan oleh pemerintah daerah, terutama dalam konteks perencanaan kawasan dan pengendalian banjir berbasis data spasial dan perhitungan teknis. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang desain pelestarian dan pemanfaatan Situ Bulakan yang dapat mengatasi permasalahan pemanfaatan situ sekaligus meningkatkan fungsi ekologis dan sosialnya.

METODE PENELITIAN

Tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi tahap pengumpulan data, tahap analisis, tahap perencanaan desain dan tahap perhitungan rencana anggaran biaya yang di perlukan.

Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang diperlukan dalam pelaksanaan kajian ini meliputi data primer yang bersumber dari pengamatan langsung dilapangan dan data sekunder yang bersumber dari instansi terkait yang menjadi walidata seperti Dinas PUPR, BMKG, BBWS, Balai Pengelola Sumber Daya Air (BPSDA), BPS dan sumber lainnya.

Tabel 1 Kebutuhan Data Penelitian

Data Primer	Data Sekunder
A) Data kondisi eksisting prasarana sumber daya air;	1. Data Daerah Aliran Sungai;
B) Data topografi:	2. Data Daerah Tangkapan Air Situ;
1. Pemasangan patok kayu,	3. Rencana Tata Ruang Wilayah;
2. Pemasangan pilar Bench Mark dan Control Point,	4. Peta Pos Hujan;
3. Titik referensi,	Untuk mengetahui pos hujan mana yang berpengaruh pada Catchment Area yang telah dianalisis.
4. Pengamatan azimuth matahari,	5. Data Debit;
5. Pengukuran kontrol horizontal (poligon),	Debit historis baik debit minimum, rata-rata dan debit maksimum pada suatu daerah aliran sungai (DAS)
6. Pengukuran kontrol vertikal (sipat datar),	6. Data Curah Hujan;
7. Pengukuran situasi, dan trase sungai.	Data curah hujan harian maksimum tahunan dengan ketersediaan data minimal 10 tahun terakhir secara kontinu.
C) Data hidrologi/hidrolika:	7. Data Tata Guna Lahan;
1. Data curah hujan, debit dan sebaran pos hujan;	8. Data Meteorologi;
2. Luas daerah tangkapan (<i>Catchment Area</i>);	Berupa kondisi temperatur udara, kelembaban relatif, lama penyinaran dan kecepatan angin.
3. Kondisi tata guna lahan;	9. Peta Analisis Zonasi;
4. Data inventarisasi bangunan air yang ada di situ;	10. Peta Topografi
5. Identifikasi lokasi-lokasi penting;	Peta topografi yang sudah ada yang menampilkan situasi dan kontur daerah studi dengan skala minimum 1 : 25.000.
6. Data karakteristik aliran sungai;	11. Peta berbasis Geospasial berupa data Digital Elevation Mode (DEM) resolusi 20 cm sampai 50 cm;
D) Kondisi eksisting lingkungan:	12. Peta Geologi;
1. Aspek fisik, kimia dan biologi;	Peta jenis, sebaran, sifat dan tekstur batuan, serta struktur tanah dengan skala minimum 1 : 100.000.
2. Aspek sosial ekonomi dan budaya masyarakat;	13. Peta Hidrologi;
3. Lokasi bangunan bersejarah, pemakaman dan fasilitas umum;	14. Data Banjir;
4. Mengidentifikasi batas-batas wilayah;	15. Peta RTRWN (Rencana Tata Ruang Wilayah Nasional);
	16. Peta RTRWP (Rencana Tata Ruang Wilayah Provinsi);
	17. Statistik Indonesia dari Badan Pusat Statistik (BPS);
	18. Indikator Ekonomi yang terbaru dari BPS;
	19. Produk Domestik Regional Bruto (PDRB); dan
	20. Harga Satuan Dasar oleh Pemerintah Provinsi Banten serta Harga Survei Terbaru.

Sumber : Penulis, 2025

Analisis Data

Penelitian ini dilakukan untuk merancang upaya pelestarian dan pemanfaatan Situ Bulakan secara menyeluruh dengan pendekatan multidisiplin. Proses analisis melibatkan kajian potensi dan permasalahan eksisting, analisis hidrologi dan hidrolika, evaluasi geoteknik, perencanaan desain teknis, serta estimasi kebutuhan biaya. Seluruh tahapan analisis dilakukan secara sistematis guna menghasilkan rekomendasi yang aplikatif dan berkelanjutan terhadap peningkatan fungsi Situ Bulakan sebagai kawasan konservasi air dan pengendali banjir. Berikut ini merupakan tahapan proses analisis yang dilakukan:

1. Analisis Potensi dan Permasalahan Situ Bulakan

- a) Identifikasi kondisi eksisting situ melalui survei lapangan dan studi literatur.
- b) Evaluasi fungsi hidrologis, ekologis, dan sosial serta permasalahan yang terjadi, seperti pendangkalan, pertumbuhan gulma air, dan alih fungsi lahan.

2. Analisis Data Hidrologi dan Hidrolika

a) Analisis Hidrologi

- 1) Analisis Intensitas Curah Hujan, menggunakan rumus empiris Dr. Monobe karena mampu menggambarkan hubungan antara intensitas dan durasi hujan dengan baik, khususnya di wilayah tropis. Bentuknya yang sederhana dan kemampuannya merepresentasikan data curah hujan maksimum menjadikan rumus ini banyak digunakan dalam perencanaan hidrologi teknik di Indonesia (Triatmodjo, 2008).

$$R_t = \frac{R_{24}}{T} \left[\frac{t}{T} \right]^{2/3}$$

Dimana :

R_t = Curah hujan pada jam ke t (mm)

R_{24} = Curah hujan 24 jam (mm)

T = Lama total waktu hujan (Jam).

t = selang waktu (Jam).

- 2) Perhitungan debit banjir rencana menggunakan Metode Rasional, digunakan untuk menghitung besar aliran permukaan daerah drainase yang melalui dataran tinggi pegunungan dengan luas daerah tangkapan tidak melebihi 500 Ha. Dengan rumus sebagai berikut.

$$Q = 0,278 C \cdot I_t \cdot A \dots$$

Dimana :

Q = Debit drainasi (m^3 / dt)

C = Koefisien run off, merupakan perbandingan antara maksimum run off dari daerah itu dan harga rata-rata curah hujan selama waktu kosentrasi

I_t = Intensitas hujan dalam waktu kosentrasi T_c

A = Luas daerah tangkapan hujan (*Catchment area*) (Ha)

- 3) Perhitungan Volume Tampungan Situ, yang terdiri dari analisis volume tampungan eksisting dan volume tampungan rencana normalisasi.

b) Analisis Hidrolika

Analisis hidrolika dalam studi ini dilakukan menggunakan perangkat lunak HEC-RAS (*Hydrologic Engineering Center – River Analysis System*). HEC-RAS dipilih karena kemampuannya dalam mensimulasikan aliran air satu dimensi maupun dua dimensi, menghitung profil muka air, menelusuri banjir, serta mengevaluasi kapasitas tampungan dan sistem pengendalian banjir secara komprehensif. Menurut Brunner (2021), HEC-RAS dirancang untuk melakukan simulasi aliran steady dan unsteady, serta mampu menganalisis aliran melalui struktur sungai seperti jembatan, bendungan, dan gorong-gorong. Selain itu, perangkat lunak ini juga terintegrasi dengan data spasial seperti DEM dan GIS yang memudahkan analisis visual. HEC-RAS telah digunakan secara luas dalam perencanaan dan evaluasi pengelolaan sumber daya air (Goodell, 2014),

menjadikannya alat yang valid dan dapat diandalkan untuk mendukung proses perencanaan teknis yang berbasis data.

3. Analisis Geoteknik

Analisis ini bertujuan untuk memahami kondisi tanah dan batuan di suatu lokasi guna menjamin stabilitas, keamanan, dan keandalan struktur bangunan, yang dilakukan melalui :

- a) Pengujian sondir di 5 titik, yaitu S-1 s.d. S-5.
- b) Memonitor muka air tanah pada setiap titik sondir.
- c) Hand Boring

4. Perencanaan Detail Desain Situ Bulakan

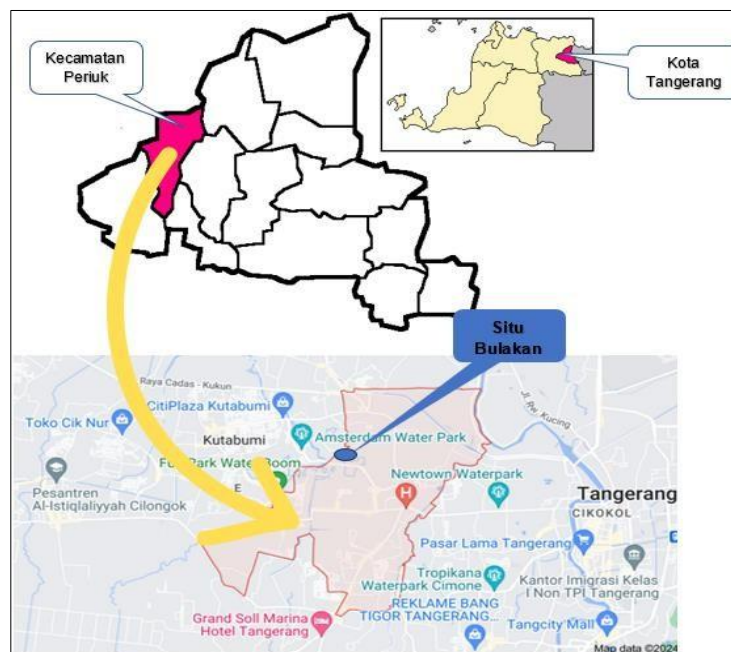
Penyusunan desain Penahan Tanggul menggunakan perangkat lunak PLAXIS, yang telah terbukti efektif dalam merancang tanggul di atas tanah lunak serta menghasilkan faktor keamanan sesuai standar pada berbagai kondisi beban (Engka et al., 2023), sedangkan desain situ Bulakan untuk penanganan banjir dan infrastruktur pariwisata kawasan dirancang menggunakan AutoCAD Civil 3D yang banyak digunakan dalam perencanaan sistem drainase, tata ruang, dan infrastruktur berbasis kontur dan elevasi digital (Pratama et al., 2021). AutoCAD memungkinkan penggambaran teknis yang presisi dan integratif antara fungsi pengendalian air dan desain lanskap kawasan pariwisata.

5. Analisis Kebutuhan Biaya

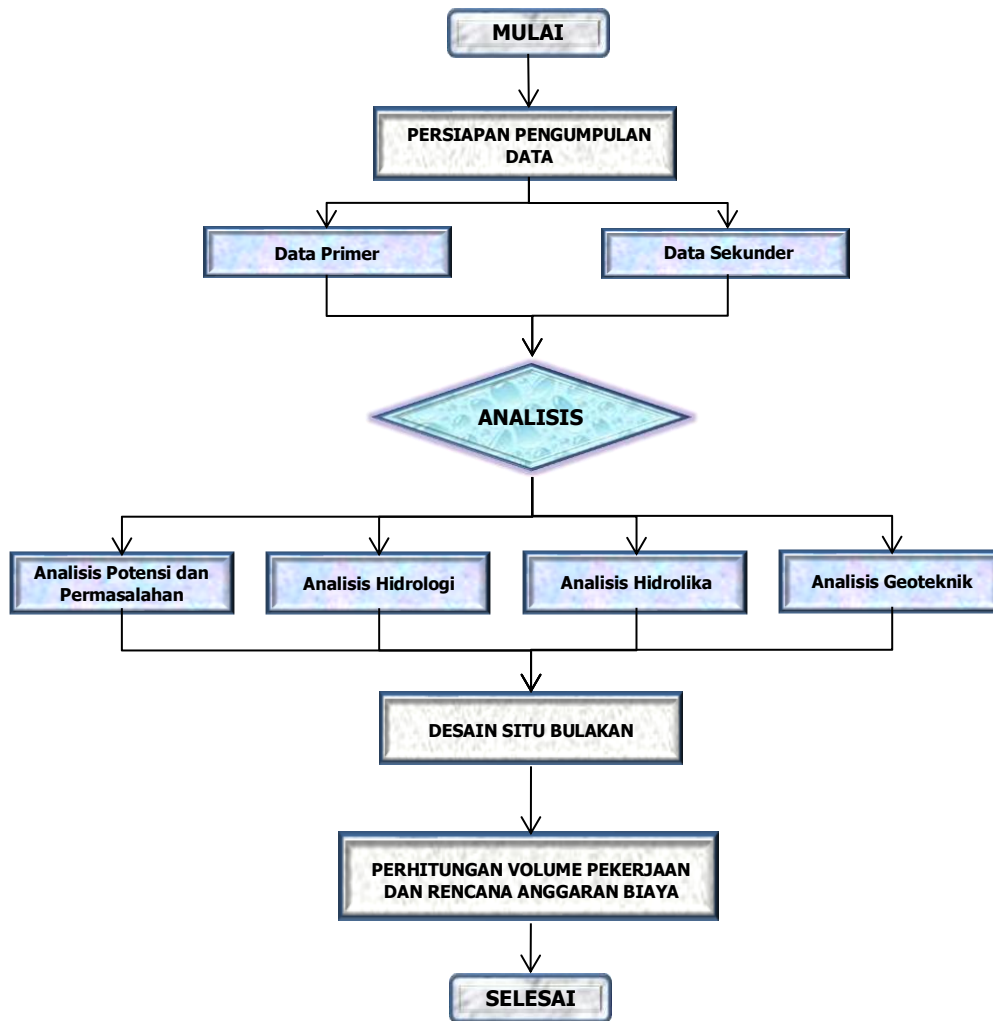
Asumsi yang dilakukan adalah dengan menghitung volume bahan dan pekerjaan yang diperoleh dari gambar teknis hasil desain yang telah dilakukan.

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Situ Bulakan, yang terletak di Kelurahan Periuk, Kecamatan Periuk, Kota Tangerang, Provinsi Banten. Situ ini memiliki fungsi strategis sebagai tampungan air untuk pengendalian banjir dan konservasi sumber daya air. Penurunan kualitas lingkungan di kawasan ini, seperti sedimentasi dan pertumbuhan gulma, menjadi alasan utama pemilihan lokasi penelitian..



Gambar 1 Lokasi Penelitian di Kota Tangerang



Gambar 2 Bagan Alir Pelaksanaan Penelitian

Alur pelaksanaan penelitian ini disusun secara sistematis guna menjawab permasalahan utama terkait penurunan fungsi Situ Bulakan sebagai daerah resapan dan pengendali banjir, yang dijabarkan mulai dari proses awal penelitian hingga tahapan akhir.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Kondisi Potensi dan Permasalahan Situ Bulakan

a) Kondisi Pompa Air

Pompa air ditemukan di lapangan sebanyak 5 (lima) buah yaitu diantaranya sebagai pembuangan air dari inlet situ, pembuang dari drainase perumahan dan pembuang untuk ke sungai. Dari 5 pompa dari daerah yang sering terkena banjir terdapat pintu air sebagai penahan dari masuknya air yang dari sungai ke situ maupun ke saluran drainase perumahan. Seperti pompa yang berada di pembuangan outlet Situ Bulakan dan di drainase pembuangan perumahan Villa Tangerang serta terdapat pintu air sebagai penahan air sungai ketika air sungai nya tinggi.

b) Kondisi Pintu Drainase

Terdapat 9 pintu drainase di Situ Bulakan hampir semua pintu air drainase masih dalam kondisi baik. Untuk posisi pintu air outlet Situ Bulakan hampir sejajar dengan air sungai, sehingga pintu air outlet berfungsi ketika air sungai dalam kondisi normal atau di bawah

dari elevasi air situ. Ketika hujan pintu air outlet ditutup dan digunakan pompa sebagai pembuangan air dari areal tampungan situ bulakan.

c) **Kondisi Tanggul**

Sebagian besar tanggul di Situ Bulakan adalah tanggul dan masih dalam kondisi baik, meski ada keretakan yang tampak di beberapa titik dan terdapat jalan inspeksi.

d) **Kondisi Jogging Track**

Kondisi paving blok hampir semua masih dalam kondisi baik meski ada keretakan yang tampak di beberapa titik. Di Situ C lebar 1,20 m dan panjang 483,41 m serta di Situ B lebar 1,50 s.d. 2,00 m dan panjang 306,08 m.

2. **Hasil Analisis Hidrologi**

a) **Hasil Perhitungan Distribusi Curah Hujan**

Untuk perhitungan banjir rencana, *Hyetograph* untuk stasiun perhitungan banjir didistribusikan selama 6 jam berdasarkan Rumus Mononobe seperti terlihat pada tabel. Dengan distribusi hujan tersebut maka dengan melakukan superposisi terhadap pengaruh dari hujan-hujan tiap jam, diperoleh hidrograph banjirnya untuk berbagai periode ulang. Distribusi hujan untuk hujan rencana dengan periode ulang 1000 tahun ditunjukkan pada Tabel berikut.

Tabel 2 Hasil Perhitungan Distribusi Curah Hujan

t (jam)	R24										
	R 1.1	R 2	R 5	R 10	R 20	R 25	R 50	R 100	R 200	R 500	R 1000
	72.99	98.22	122.61	139.15	156.65	160.41	176.59	193.08	210.04	240.69	251.88
1	25.31	34.05	42.51	48.24	54.31	55.61	61.22	66.94	72.82	83.44	87.32
2	15.94	21.45	26.78	30.39	34.21	35.03	38.57	42.17	45.87	52.57	55.01
3	12.17	16.37	20.43	23.19	26.11	26.73	29.43	32.18	35.01	40.12	41.98
4	10.04	13.51	16.87	19.14	21.55	22.07	24.30	26.56	28.90	33.11	34.65
5	8.65	11.65	14.54	16.50	18.57	19.02	20.94	22.89	24.90	28.54	29.86
6	7.66	10.31	12.87	14.61	16.45	16.84	18.54	20.27	22.05	25.27	26.45
7	6.92	9.31	11.62	13.18	14.84	15.20	16.73	18.29	19.90	22.80	23.86
8	6.33	8.51	10.63	12.06	13.58	13.90	15.31	16.73	18.20	20.86	21.83
9	5.85	7.87	9.82	11.15	12.55	12.83	14.15	15.47	16.83	19.29	20.18
10	5.45	7.34	9.16	10.39	11.70	11.98	13.19	14.42	15.69	17.98	18.81
11	5.12	6.88	8.59	9.75	10.98	11.24	12.38	13.53	14.72	16.87	17.65
12	4.83	6.50	8.11	9.20	10.36	10.61	11.68	12.77	13.89	15.92	16.66
13	4.58	6.16	7.69	8.73	9.82	10.06	11.07	12.11	13.17	15.09	15.79
14	4.36	5.86	7.32	8.30	9.35	9.57	10.54	11.52	12.54	14.37	15.03
15	4.16	5.60	6.99	7.93	8.93	9.14	10.07	11.01	11.97	13.72	14.36
16	3.99	5.36	6.69	7.60	8.55	8.76	9.64	10.54	11.47	13.14	13.75
17	3.83	5.15	6.43	7.30	8.21	8.41	9.26	10.12	11.01	12.62	13.21
18	3.68	4.96	6.19	7.02	7.91	8.10	8.91	9.75	10.60	12.15	12.71
19	3.55	4.78	5.97	6.78	7.63	7.81	8.60	9.40	10.23	11.72	12.26
20	3.43	4.62	5.77	6.55	7.37	7.55	8.31	9.08	9.88	11.33	11.85
21	3.32	4.47	5.58	6.34	7.13	7.31	8.04	8.79	9.57	10.96	11.47
22	3.22	4.34	5.41	6.14	6.92	7.08	7.80	8.53	9.27	10.63	11.12
23	3.13	4.21	5.26	5.96	6.71	6.88	7.57	8.28	9.00	10.32	10.80
24	3.04	4.09	5.11	5.80	6.53	6.68	7.36	8.04	8.75	10.03	10.49

Sumber: Hasil Analisis, 2025

Tabel 3 Hasil Perhitungan Distribusi Curah Hujan (Menit)

Nilai t _c (menit)	Nilai I (mm/jam) untuk berbagai kala ulang R - t _c (R-mm)										
	R 1.1 th	R 2 th	R 5 th	R 10 th	R 20 th	R 25 th	R 50 th	R 100 th	R 200 th	R 500 th	R 1000 th
	72.99	98.22	122.61	139.15	156.65	160.41	176.59	193.08	210.04	240.69	251.88
5	132.639	178.485	222.794	252.855	284.652	291.476	320.888	350.849	381.664	437.369	457.689
10	83.558	112.439	140.352	159.288	179.319	183.618	202.147	221.021	240.433	275.525	288.326
15	63.766	85.807	107.108	121.560	136.846	140.127	154.267	168.671	183.485	210.265	220.034
30	40.170	54.055	67.474	76.578	86.208	88.274	97.182	106.256	115.588	132.459	138.613
45	30.656	41.252	51.492	58.440	65.789	67.366	74.164	81.088	88.210	101.085	105.781
60	25.306	34.052	42.506	48.241	54.308	55.609	61.221	66.937	72.816	83.444	87.320
75	21.808	29.345	36.631	41.573	46.801	47.923	52.758	57.685	62.751	71.910	75.250
90	19.312	25.987	32.438	36.815	41.444	42.438	46.720	51.082	55.569	63.679	66.638
105	17.426	23.449	29.270	33.219	37.397	38.293	42.157	46.094	50.142	57.460	60.130
120	15.942	21.452	26.777	30.390	34.212	35.032	38.567	42.168	45.871	52.566	55.008
135	14.738	19.832	24.755	28.095	31.628	32.386	35.654	38.983	42.407	48.597	50.854
150	13.738	18.487	23.076	26.189	29.483	30.189	33.236	36.339	39.531	45.300	47.405
165	12.892	17.348	21.655	24.577	27.668	28.331	31.190	34.102	37.097	42.511	44.486
180	12.166	16.371	20.435	23.192	26.108	26.734	29.432	32.180	35.006	40.116	41.979
195	11.534	15.520	19.373	21.987	24.752	25.345	27.903	30.508	33.187	38.031	39.798
210	10.978	14.772	18.439	20.927	23.559	24.123	26.557	29.037	31.587	36.198	37.879
225	10.484	14.108	17.610	19.986	22.499	23.039	25.364	27.732	30.167	34.571	36.177
240	10.043	13.514	16.869	19.144	21.552	22.069	24.295	26.564	28.897	33.115	34.653
255	9.645	12.978	16.200	18.386	20.698	21.194	23.333	25.512	27.752	31.803	33.281
270	9.273	12.493	15.595	17.699	19.924	20.402	22.461	24.558	26.715	30.614	32.036

Sumber: Hasil Analisis, 2025

b) Hasil Perhitungan Debit Banjir Rencana

Berdasarkan hasil analisis hidrologi dengan menggunakan data intensitas hujan periode ulang 5, 20, 25, 50, dan 100 tahun, diperoleh nilai debit banjir rencana yang bervariasi. Pada periode ulang 5 tahun, intensitas hujan sebesar 65,71 mm/jam menghasilkan debit banjir sebesar 25,15 m³/detik. Sementara itu, pada periode ulang 20 tahun, dengan intensitas hujan 83,95 mm/jam, diperoleh debit puncak tertinggi sebesar 32,14 m³/detik. Untuk periode ulang 25 tahun, debit banjir menurun menjadi 32,91 m³/detik meskipun intensitas hujan meningkat menjadi 85,96 mm/jam. Pada periode ulang 50 tahun, intensitas hujan sebesar 94,64 mm/jam menghasilkan debit banjir 36,23 m³/detik, dan pada periode ulang 100 tahun, intensitas hujan sebesar 103,47 mm/jam menghasilkan debit banjir sebesar 39,61 m³/detik. Variasi ini menunjukkan adanya pengaruh faktor morfologi DAS dan karakteristik limpasan terhadap hubungan antara intensitas hujan dan debit banjir.

Tabel 4 Hasil Perhitungan Debit Banjir Rencana dengan Metode Rasional

No	Nama Lokasi	Koefisien Pengaliran	Luas DAS	Panjang (L)	Panjang (L)	Lc	ELV Hulu	ELV Hilir	Slope (S)	tc kirpich	
		C	A (km ²)	m	feet	m			m/m	menit	Jam
1	Situ Bulakan	0.6	2.30	1,223.00	4,012.47	452.00	16.27	7.20	0.007	30.67	0.51

Intensitas Hujan 5 Tahun	Debit Banjir Periode Ulang 5 Tahun	Intensitas Hujan 20 Tahun	Debit Banjir Periode Ulang 20 Tahun	Intensitas Hujan 25 Tahun	Debit Banjir Periode Ulang 25 Tahun	Intensitas Hujan 50 Tahun	Debit Banjir Periode Ulang 50 Tahun	Intensitas Hujan 100 Tahun	Debit Banjir Periode Ulang 100 Tahun
I (mm/jam)	Q (m ³ /det)	I (mm/jam)	Q (m ³ /det)	I (mm/jam)	Q (m ³ /det)	I (mm/jam)	Q (m ³ /det)	I (mm/jam)	Q (m ³ /det)
65.71	25.15	83.95	32.14	85.96	32.91	94.64	36.23	103.47	39.61

Sumber: Hasil Analisis, 2025

c) Hasil Perhitungan Volume Tampungan Situ Bulakan

Volume Tampungan Situ Bulakan dan kurva genangan/tampungan dapat dilihat pada tabel dan gambar dibawah ini.

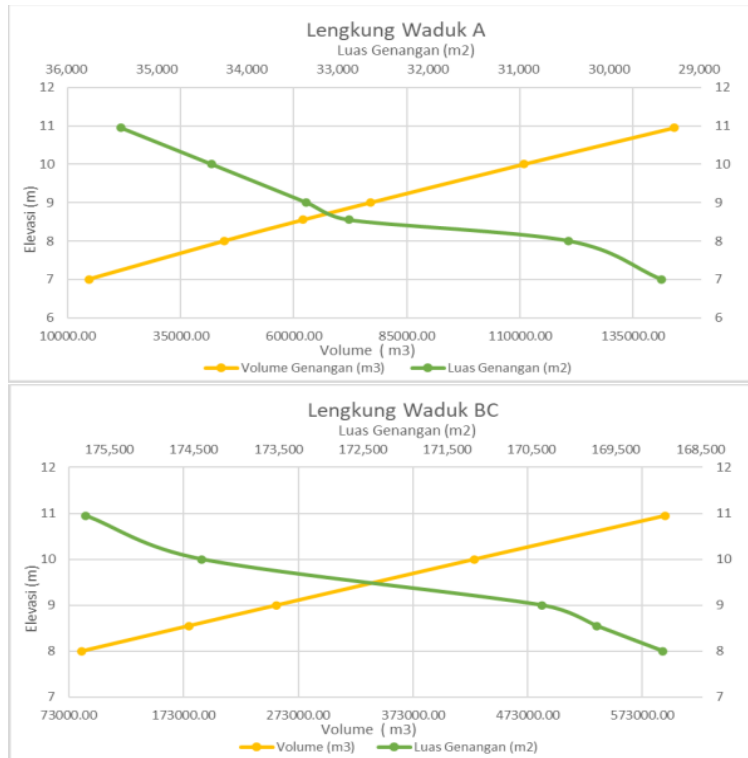
Tabel 5 Tabel Perhitungan Volume Tampungan Rencana Normalisasi Situ Bulakan

Situ	A	Volume	Vol. Kum	Situ	BC	Volume	Vol. Kum
Elevasi	m2	m3	m3	Elevasi	m2	m3	m3
6			0.00	6			
7	29437.11	14718.56	14718.56	7			
8	30459.98	29948.55	44667.10	8	168963.03	84481.515	84481.52
8.55	32890.24	17421.31	62088.41	8.55	169749.55	93145.9595	177627.47
9	33359.81	14906.26	76994.67	9	170394.02	76532.3032	254159.78
10	34408.13	33883.97	110878.64	10	174423.19	172408.605	426568.38
10.95	35410.21	33163.71	144042.35	10.95	175797.72	166354.932	592923.32

Sumber: Hasil Analisis, 2025

Berdasarkan hasil simulasi hidrolika, diperoleh muka air banjir maksimum pada elevasi +10,95 meter, sedangkan muka air normal berada pada elevasi +8,55 meter. Selisih elevasi tersebut membentuk kapasitas tampungan atau volume genangan sekitar 736.965,67 m³. Kapasitas ini menjadi parameter penting dalam merencanakan fungsi pengendalian banjir dan konservasi air di kawasan Situ Bulakan.

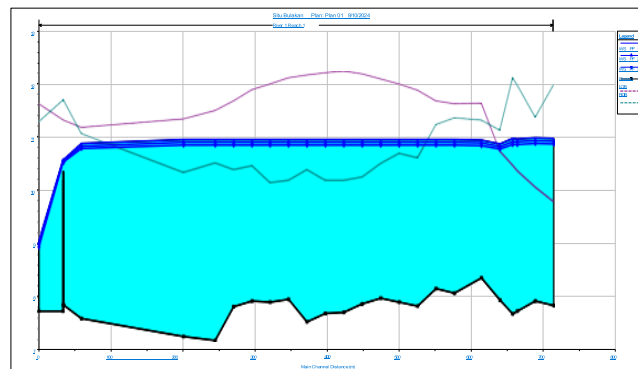
Untuk lebih jelasnya terkait hubungan antara elevasi muka air dan volume tampungan, yang menjadi dasar dalam menentukan kapasitas efektif situ pasca-normalisasi untuk mendukung pengendalian banjir dan konservasi air, dapat dilihat pada grafik berikut.



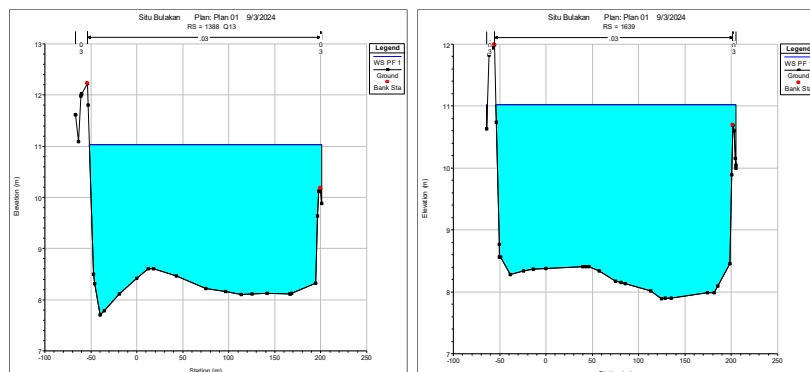
Gambar 4. Grafik Lengkung Kapasitas Tampungan Rencana Normalisasi Situ Bulakan

3. Hasil Analisis Hidrolika

Berdasarkan hasil analisis hidrolika yang telah dilakukan untuk menentukan elevasi muka air dan kapasitas tampungan pada Situ Bulakan, dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 5. Hasil Simulasi Hidrolika Long Section



Gambar 6. Hasil Simulasi Hidrolika Cross Section

Hasil simulasi hidrolika kondisi eksisting menggunakan perangkat lunak HEC-RAS, diperoleh bahwa batas Muka Air Banjir (MAB) untuk debit rencana Q100 berada pada elevasi +10,95 meter. Oleh karena itu, elevasi +10,95 meter ditetapkan sebagai Muka Air Tertinggi (MAT) dalam perencanaan Situ Bulakan. Penetapan MAT ini menjadi dasar perhitungan desain teknis tanggul dan sistem pengendalian banjir, guna memastikan kapasitas tampungan mencukupi serta menghindari potensi limpasan ke area pemukiman di sekitarnya.

4. Analisis Geoteknik

Hasil pengujian lapangan yang telah dilakukan, memperoleh hasil sebagai berikut :

- Pengujian sondir berhenti di kedalaman 17.00 meter hingga 18.00 meter dengan bacaan akhir konus di 250 kg/cm².
- Muka air tanah diperoleh di kedalaman 3 meter. Pengukuran kedalaman muka air tanah diukur selama pengujian sondir dilaksanakan.
- Pondasi dangkal ditempatkan di kedalaman 2.0 meter.
- Daya dukung ijin pondasi dalam dapat dilihat pada kedalaman tertentu dengan penempatan pondasi dalam diukur dari permukaan tanah pada saat uji sondir dilaksanakan.
- Disarankan untuk melakukan indikator pile pada tiang pancang. Indikator pile bertujuan untuk mengetahui apakah tiang pancang dapat mencapai kedalaman rencana yang diharapkan sesuai dengan data sondir.
- Permasalahan yang timbul dalam pelaksanaan konstruksi pondasi dalam baik tiang pancang maupun tiang bor sangat mempengaruhi perilaku pondasi tiang dalam dan daya dukung ijinnya, sehingga perlu dilakukan Quality Control yang baik.

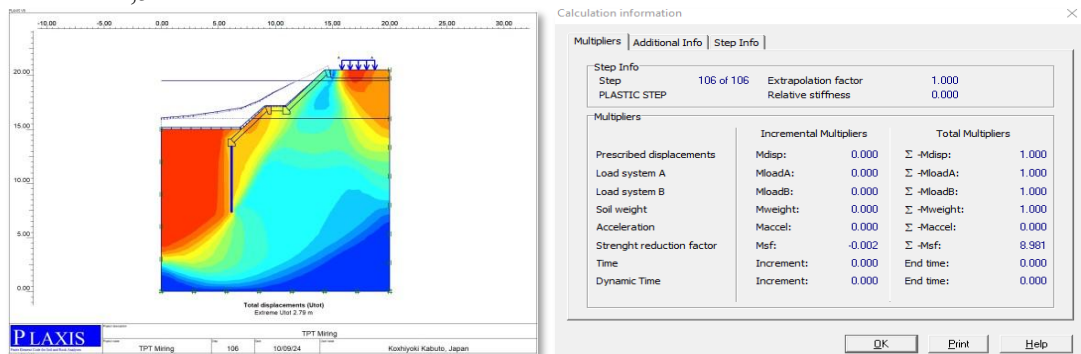
5. Desain Situ Bulakan

Rencana Desain Situ Bulakan mempunyai data sebagai berikut:

- Tipe Tanggul: Pasangan Beton/Sheet Pile
- Tinggi puncak Tanggul 4,50 m (elev +7,00 – elev +11,50)
- Muka Air Banjir Elev +10,95
- Muka Air Normal Elev +8,55
- Lebar Pelimpah 3,2 m (3 Pintu) (Eksisting)
- Tinggi Pelimpah 0,50 m (elev +7,35 - elev +7,85)
- Kapasitas tampungan/genangan yang terbentuk sekitar 736.965,67 m³
- Debit banjir maksimum yang diperhitungkan, Q100 tidak kurang dari 39,61 m³/detik

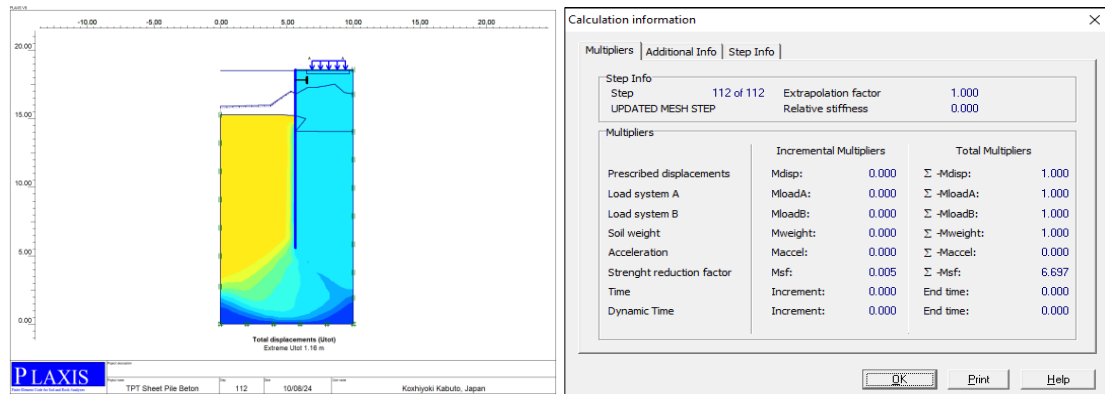
a) Desain Penahan Tanggul

Untuk desain penahan tanggul dengan menggunakan software Plaxis, berikut hasil stabilitas-stabilitas dari desain-desain yang digunakan dengan angka keamanan diatas 1,5.



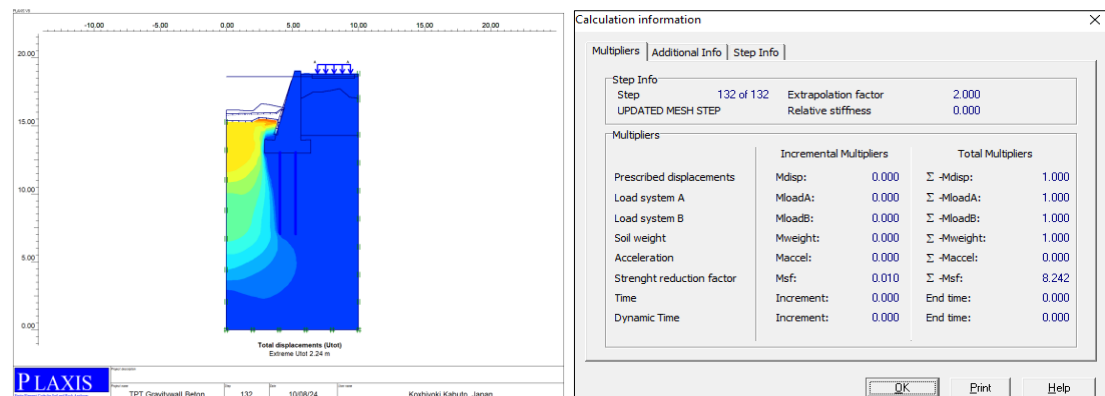
Gambar 7. Total Displacement dan Angka Keamanan TPT Miring

Berdasarkan hasil analisis stabilitas lereng, diperoleh nilai Angka Keamanan (Msf) sebesar 8,981, yang menunjukkan bahwa struktur Tembok Penahan Tanah (TPT) miring berada dalam kondisi sangat stabil dan aman terhadap potensi keruntuhan. Nilai ini jauh melebihi standar minimum yang disyaratkan, yaitu $Msf \geq 1,5$, sehingga dapat disimpulkan bahwa desain TPT telah memenuhi aspek kestabilan secara teknis. Namun demikian, evaluasi lanjutan terhadap efisiensi material dan biaya konstruksi tetap disarankan agar desain tidak bersifat overdesign.



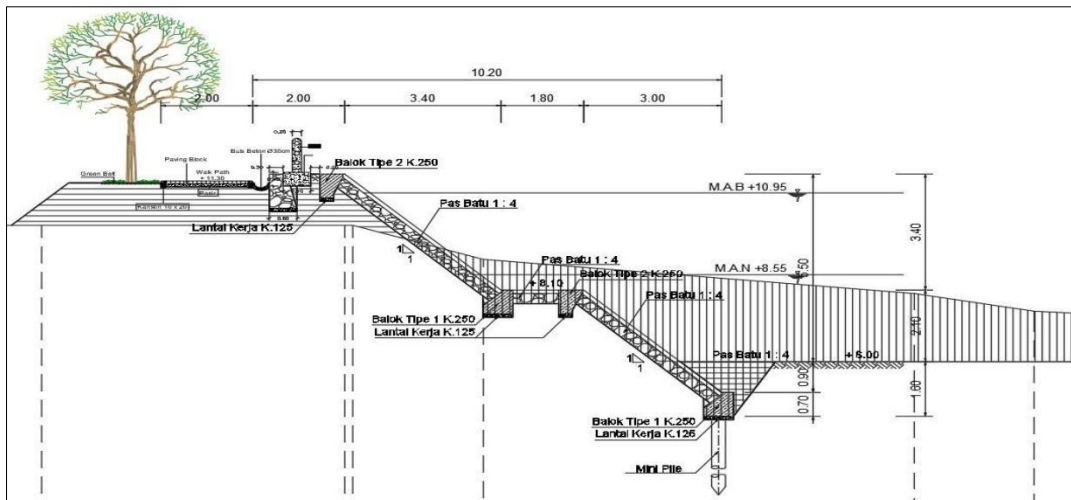
Gambar 8. Total Displacement dan Angka Keamanan Sheet pile

Hasil analisis stabilitas struktur penahan tanah jenis sheet pile menunjukkan nilai Angka Keamanan (Msf) sebesar 6,697. Nilai ini mengindikasikan bahwa struktur memiliki tingkat kestabilan yang sangat tinggi dan jauh di atas batas minimum yang disyaratkan ($Msf \geq 1,5$), sehingga desain sheet pile dinyatakan aman secara teknis terhadap potensi keruntuhan akibat gaya lateral tanah dan tekanan air tanah. Kelebihan nilai Msf ini juga menunjukkan bahwa struktur memiliki margin keamanan yang besar dalam menghadapi kondisi beban ekstrem.

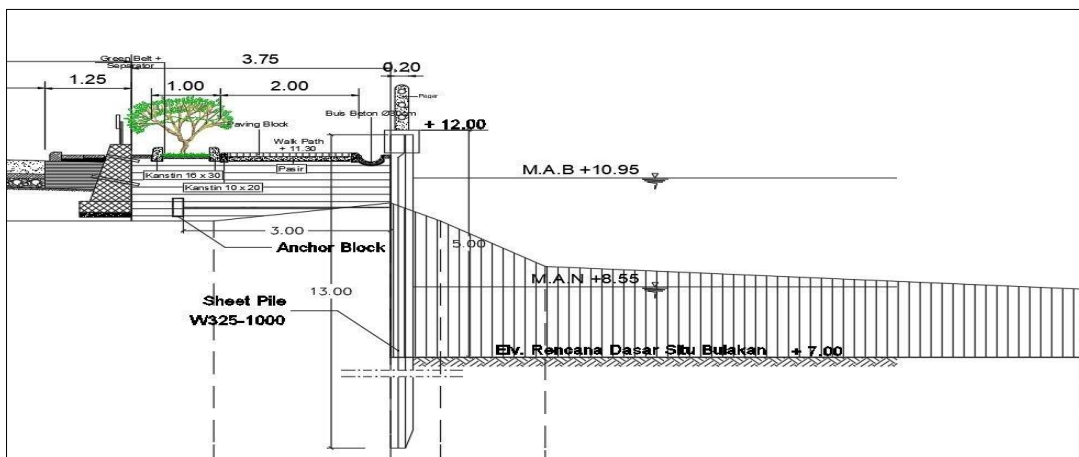


Gambar 9. Total Displacement dan Angka Keamanan TPT Turap Beton

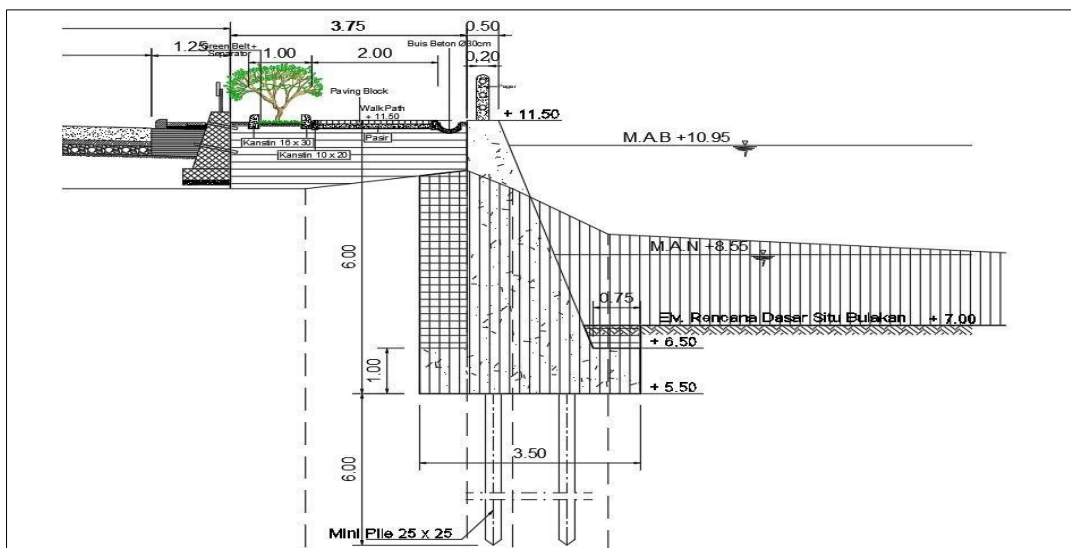
Berdasarkan hasil analisis geoteknik, diperoleh nilai Angka Keamanan (Msf) untuk struktur Tembok Penahan Tanah (TPT) turap beton sebesar 8,242. Nilai ini menunjukkan bahwa struktur berada dalam kondisi sangat stabil dan memiliki tingkat keamanan yang tinggi, jauh di atas batas minimum standar ($Msf \geq 1,5$). Dengan demikian, desain turap beton tersebut dinyatakan aman secara teknis terhadap kemungkinan keruntuhan akibat tekanan tanah aktif dan kondisi geoteknik di lokasi.



Gambar 10. Potongan Desain Penahan Tanggul Tipe A



Gambar 11. Potongan Desain Penahan Tanggul Tipe B



Gambar 12. Potongan Desain Penahan Tanggul Tipe C

b) **Peta Layot Eksisting Situ Bulakan**



Gambar 13. Layout Eksisting Situ Bulakan

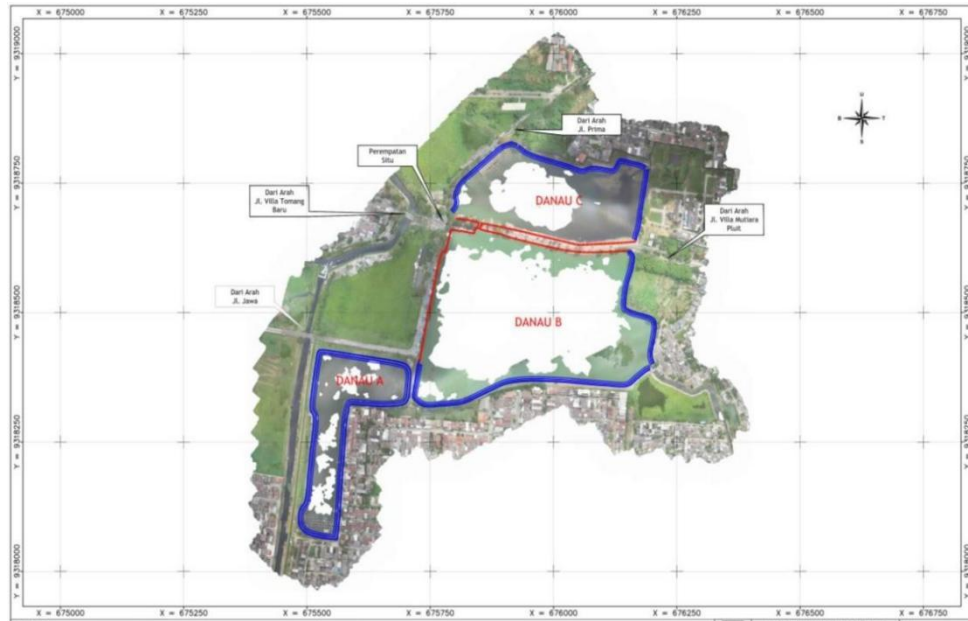
Gambar di atas menunjukkan layout kondisi eksisting Situ Bulakan, yang menggambarkan batas situ, pemanfaatan lahan di sekitarnya, serta elemen-elemen fisik yang ada saat ini sebagai dasar untuk analisis dan perencanaan lebih lanjut.

c) **Desain Pelestarian dan Pemanfaatan Situ Bulakan**



Gambar 14. Desain Pemanfaatan Situ Bulakan

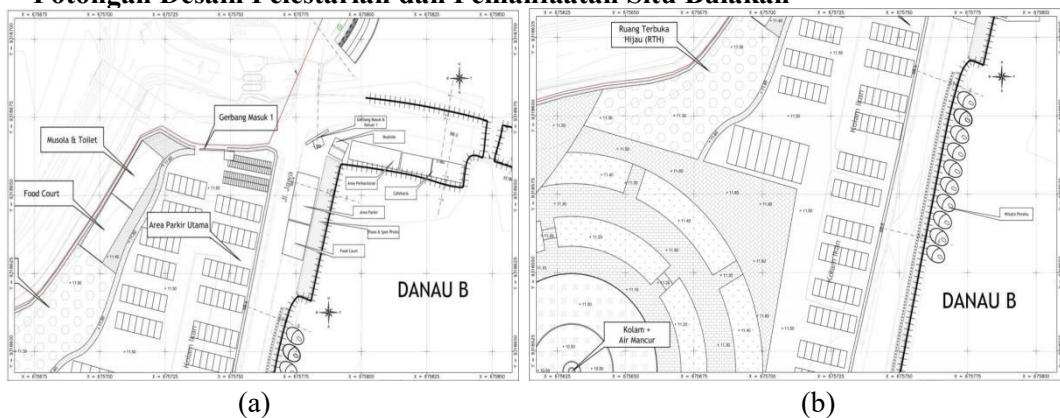
Gambar di atas menyajikan desain rencana pelestarian dan pemanfaatan Situ Bulakan, yang mencakup pengembangan fungsi konservasi, pengendalian banjir, serta optimalisasi ruang kawasan untuk mendukung keberlanjutan lingkungan dan kebutuhan masyarakat sekitar.



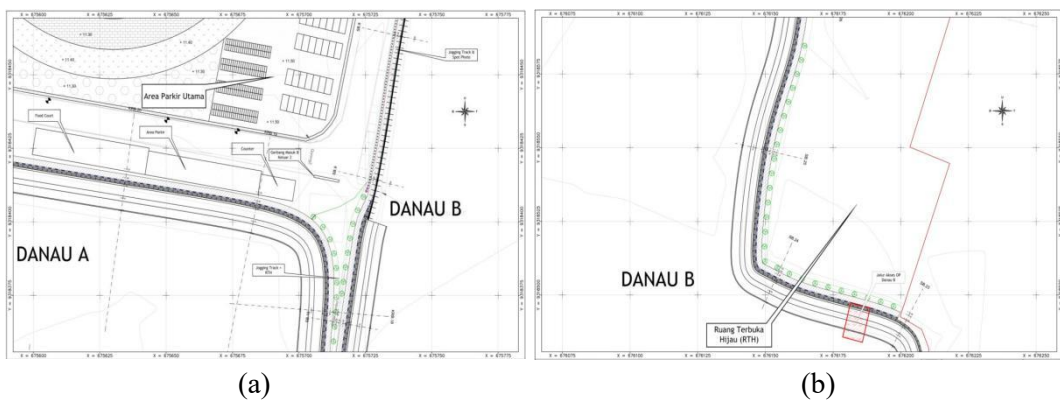
Gambar 15. Rencana Tanggul Penahan Tanah Situ Bulakan

Gambar di atas memperlihatkan rencana desain tanggul penahan tanah Situ Bulakan, yang dirancang untuk mendukung kestabilan lereng, mencegah erosi, serta menjaga kapasitas tampungan situ dalam upaya konservasi dan pengendalian banjir.

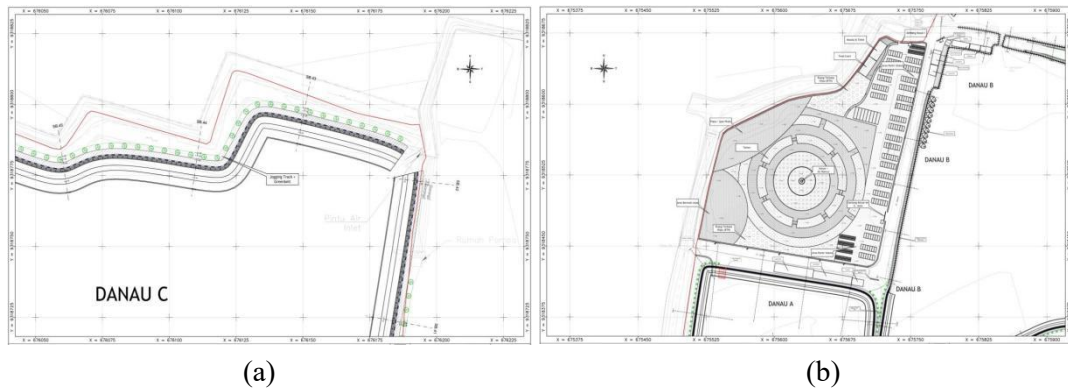
d) Potongan Desain Pelestarian dan Pemanfaatan Situ Bulakan



Gambar 16. (a) Cluster 1 Situ Bulakan, (b) Cluster 2 Situ Bulakan



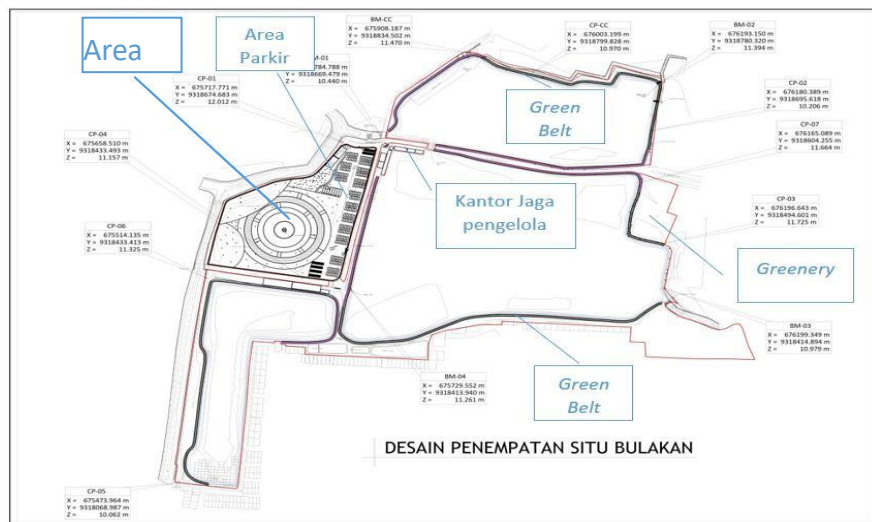
Gambar 17. (a) Cluster 3 Situ Bulakan, (b) Cluster 4 Situ Bulakan



Gambar 18. (a) Cluster 5 Situ Bulakan, (b) Cluster 6 Situ Bulakan

e) **Konsep Desain Pariwisata**

Pembagian zone atau ruang pada kawasan wisata Situ Bulakan dilakukan dengan memanfaatkan lahan-lahan yang sebelumnya tidak digunakan akan dimanfaatkan sebagai ruang tempat wisata.



Gambar 19. Desain Penempatan Pelestarian dan Pemanfaatan Situ

6. **Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya**

Analisis Rencana Anggaran Biaya (RAB) dilakukan untuk mengestimasi kebutuhan biaya pembangunan tanggul penahan tanah pada desain Situ Bulakan, khususnya menggunakan konstruksi sheet pile dan turap beton. Perhitungan RAB ini mencakup seluruh komponen pekerjaan mulai dari persiapan, pekerjaan struktur utama, hingga penyelesaian akhir, guna memastikan efisiensi anggaran dan kelayakan pelaksanaan proyek secara teknis dan finansial.

a) **Rekapitulasi RAB Bangunan Menggunakan Sheet Pile**

NO	URAIAN PEKERJAAN	HARGA SATUAN	JUMLAH HARGA (Rp.)
A	PEKERJAAN : PERSIAPAN	Jumlah A	4.256.341.398,00
B	PEKERJAAN : PELESTARIAN DAN PEMANFAATAN SITU	Jumlah B	127.195.302.337,01
	PEKERJAAN : TANAH	Jumlah 1	4.981.122.657,00
	PEKERJAAN PEMBANGUNAN PRASARANA SITU DANAU A (1047.39 m)	Jumlah 2	24.161.717.122,46
	PEKERJAAN : PEMBANGUNAN PRASARANA SITU DANAU BC (1337.41 m)	Jumlah 3	32.994.823.237,23
	PEKERJAAN : SHEET PILE BETON (1102.50 m) DANAU BC	Jumlah 4	15.121.038.383,81
	PEKERJAAN : FASILITAS AREA PARIWISATA	Jumlah 6	49.936.600.936,50
C	PEKERJAAN LAIN LAIN	Jumlah C	12.000.000,00
		JUMLAH	131.463.643.735,01
		PPN 11 %	14.461.000.810,85
		Jumlah TOTAL	145.924.644.545,86
		PEMBULATAN	145.924.645.000,00
Terbilang :			
Seratus Empat Puluh Lima Miliar Sembilan Ratus Dua Puluh Empat Juta Enam Ratus Empat Puluh Lima Ribu			

b) **Rekapitulasi RAB Bangunan Menggunakan TURAP**

NO	URAIAN PEKERJAAN	HARGA SATUAN	JUMLAH HARGA (Rp.)
A	PEKERJAAN : PERSIAPAN	Jumlah A	4.256.341.398,00
B	PEKERJAAN : PELESTARIAN DAN PEMANFAATAN SITU	Jumlah B	136.005.854.130,49
	PEKERJAAN : TANAH	Jumlah 1	4.981.122.657,00
	PEKERJAAN PEMBANGUNAN PRASARANA SITU DANAU A (1047.39 m)	Jumlah 2	24.161.717.122,46
	PEKERJAAN : PEMBANGUNAN PRASARANA SITU DANAU BC (1337.41 m)	Jumlah 3	32.994.823.237,23
	PEKERJAAN : TURAP BETON (1102.50 m) DANAU BC	Jumlah 5	23.931.590.177,30
	PEKERJAAN : FASILITAS AREA PARIWISATA	Jumlah 6	49.936.600.936,50
C	PEKERJAAN LAIN LAIN	Jumlah C	12.000.000,00
JUMLAH			140.274.195.528,49
PPN 11 %			15.430.161.508,13
Jumlah TOTAL			155.704.357.036,62
PEMBULATAN			155.704.358.000,00
Terbilang :			
Seratus Lima Puluh Lima Milyar Tujuh Ratus Empat Juta Tiga Ratus Lima Puluh Delapan Ribu			

Skala prioritas tahun pertama berdasarkan dana APBD sekitar 20 Milyar pertahun sehingga pekerjaan yang dapat dikerjakan sebagai berikut.

NO	URAIAN PEKERJAAN	HARGA SATUAN	JUMLAH HARGA (Rp.)
A	PEKERJAAN : PERSIAPAN	Jumlah A	4.256.341.398,00
B	PEKERJAAN : PELESTARIAN DAN PEMANFAATAN SITU	Jumlah B	16.221.400.330,41
	PEKERJAAN : TANAH DANAU BC		3.746.689.802,00
	PEKERJAAN : TPT MIRING SITU DANAU C (350 m)		5.617.096.748,90
	PEKERJAAN : SHEET PILE DANAU C (500 m)		6.857.613.779,51
JUMLAH			20.477.741.728,41
PPN 11 %			2.252.551.590,13
Jumlah TOTAL			22.730.293.318,54
PEMBULATAN			22.730.294.000,00
Terbilang :			
Dua Puluh Dua Milyar Tujuh Ratus Tiga Puluh Juta Dua Ratus Sembilan Puluh Empat Ribu			

Dengan kubikasi normalisasi situ sebesar 229.542,25 m³ untuk danau BC membutuhkan anggaran sebesar Rp22.571.424.000,00.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perencanaan dan analisis, dapat disimpulkan bahwa Rencana Desain Situ Bulakan dirancang dengan mempertimbangkan aspek kapasitas tampungan sebesar $\pm 736.965,67$ m³ dan debit banjir maksimum Q100 sebesar 39,61 m³/detik, menggunakan tipe tanggul pasangan beton/sheet pile dengan tinggi puncak mencapai 4,50 m. Elevasi muka air normal ditetapkan pada +8,55 m dan elevasi muka air banjir pada +10,95 m. Sistem pelimpah eksisting dengan lebar 3,2 m (3 pintu) dan tinggi 0,5 m dinilai cukup untuk mendukung pengendalian banjir dengan pengaturan muka air yang adaptif. Seluruh rencana teknis ini diperkirakan membutuhkan anggaran sebesar Rp22.571.424.000,00, yang diharapkan mampu mendukung fungsi situ sebagai pengendali banjir dan konservasi air secara berkelanjutan.

Untuk penanganan banjir di sekitar Situ Bulakan, diperlukan langkah-langkah mitigatif seperti pemasangan instrumen siaga banjir dan sistem peringatan dini, penurunan muka air saat musim hujan guna menambah kapasitas tampungan, serta perbaikan infrastruktur pendukung seperti pintu bendung Sarakan. Strategi ini bertujuan untuk mengurangi risiko genangan dan meningkatkan kesiapsiagaan masyarakat terhadap potensi banjir.

SARAN

Berdasarkan hasil analisis dan perencanaan teknis, terdapat beberapa rekomendasi yang dapat mendukung efektivitas fungsi Situ Bulakan dalam pengendalian banjir dan konservasi air secara berkelanjutan, yaitu:

1. Pemasangan Sistem Peringatan Dini: Diperlukan alat pemantau muka air dan peringatan banjir untuk meningkatkan kesiapsiagaan masyarakat.
2. Pengaturan Muka Air Musim Hujan: Muka air Situ Bulakan perlu diturunkan 0,5 m saat musim hujan guna menambah kapasitas tampungan.
3. Pemeliharaan Infrastruktur: Perbaikan rutin pada pintu bendung Sarakan dan pelimpah eksisting perlu dilakukan untuk mencegah backwater.
4. Optimalisasi Fungsi Situ: Situ Bulakan sebaiknya dikelola secara terpadu sebagai sarana pengendalian banjir dan konservasi air.
5. Evaluasi Struktur Tanggul: Pemeriksaan berkala terhadap tanggul beton/sheet pile penting untuk menjaga kestabilan struktur.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, I. H. (2002). Upaya Pelestarian Situ Berbasis Partisipasi Masyarakat (Studi Kasus Situ Cipondoh Kota Tangerang). *Mimbar*, XVIII(1), 106–120.
- Amelia. (2021). Comparing between Scopus, Web of Science and Dimensions Indexation: Case of 100 Most Cited Articles on Waqf. *Journal of Islamic Economic Literatures*, 2(2). <https://doi.org/10.58968/jiel.v2i2.44>.
- Brunner, G. W. (2021). HEC-RAS River Analysis System User's Manual Version 6.0. U.S. Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center. <https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/documentation/>
- Cacal, J. C., Taboada, E. B., & Mehboob, M. S. (2023). Strategic Implementation of Integrated Water Resource Management in Selected Areas of Palawan: SWOT-AHP Method. *Sustainability (Switzerland)*, 15(4). <https://doi.org/10.3390/su15042922>
- Desti, I., & Ula, A. (2021). Analisis Sumber Daya Alam Air. *Jurnal Sains Edukatika Indonesia (JSEI)*, 3(2), 17–24.
- Engka, J. Y., Manoppo, F. J., & Mandagi, A. T. (2023). Analisis embankment pada tanah rawa menggunakan geotekstil dengan program PLAXIS 3D. *Jurnal TEKNO*, 21(84). <https://ejournal.unsrat.ac.id/v3/index.php/tekno/article/view/48214>
- Fakhriyah, Yeyendra, & Marianti, A. (2021). Indonesian Journal of Conservation i j Integrasi Smart Water Management Berbasis Kearifan Lokal Sebagai Upaya Konservasi Sumber Daya Air di Indonesia. *Indonesian Journal of Conservation*, 10(1), 67–41. <https://doi.org/10.15294/ijc.v10i1.31036>
- Fakhrudin, M., Ridwansyah, I., Daruati, D., & Wibowo, H. (2020). Conservation of Jatigede Reservoir catchment area based on sediment and water yield control. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 535(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/535/1/012050>.
- Goodell, C. R. (2014). Breaking the HEC-RAS code: A user's guide to automating HEC-RAS. h2ls Publishing.
- Imamuddin, M. (2016). Evaluasi kapasitas tampungan setu tarisi kabupaten Majalengka. Seminar Nasional Sains Dan Teknologi 2016, November, 1–18.
- Jusuf, H., Adityaningrum, A., & Arsyad, C. (2023). Analisis Kandungan Nitrat (No3), Nitrit (No2), dan Kandungan Logam Berat Merkuri (Hg) pada Air di Danau Perintis Kabupaten Bone Bolango. *Jambura Journal of Health Science and Research*, 5(4), 1101–1111. <https://ejournal.ung.ac.id/index.php/jjhsr/index>
- Puspita, L., E. Ratnawati, I N. N. Suryadiputra, A. A. Meutia. 2005. Lahan Basah Buatan di Indonesia. *Wetlands International - Indonesia Programme*. Bogor. www.wetlands.or.id

- Maresi, S. R. P., Priyanti, P., & Yunita, E. (2016). Fitoplankton sebagai Bioindikator Saprobitas Perairan di Situ Bulakan Kota Tangerang. *AL-Kauniah: Jurnal Biologi*, 8(2), 113–122. <https://doi.org/10.15408/kauniah.v8i2.2697>
- Prastya, I. Y. (2017). Pengelolaan Sumber Daya Air di Daerah Kepulauan (Studi di Kota Tanjungpinang Provinsi Kepulauan Riau). *Jurnal Ilmu Administrasi Negara (JUAN)*, 5(2), 2.
- Pratama, D., Syahputra, M. A., & Khadavi, R. (2021). Perencanaan sistem drainase jalan menggunakan AutoCAD Civil 3D di Kota Pekanbaru. *Jurnal Rekayasa Sipil dan Desain*, 9(2), 95–102. <https://doi.org/10.31849/jrsd.v9i2.6985>
- Priadie, B. (2011). Upaya Revitalisasi Situ Di Perkotaan Suatu Tinjauan Pengelolaan Kualitas Situ Cangkring, Kota Tangerang. *Jurnal Sumber Daya Air*, 7(1), 1–16.
- Saputra, N. E., Puspawati, C. A., & Propantoko, D. H. (2023). Analisis Kualitas Air Untuk Pengembangan Sarana Rekreasi dan Budidaya Perikanan di Situ Cicadas [Water quality analysis for the development of recreation facilities and fisheries cultivation at situ Cicadas]. *Jurnal Silvikultur Tropika*, 14(02), 90–96.
- Saranga, J. R., Rina, R., & Farida, I. (2024). Optimalisasi Pemanfaatan Situ Citatah Kabupaten Bogor Berbasis Kondisi Ekologis [*Ecological Condition of Situ Citatah , Bogor Regency , West Jawa (Study for Optimizing Water Utilization)*]. 18(3), 147–162.
- Saraswat, A., Nath, T., Omeka, M. E., Unigwe, C. O., Anyanwu, I. E., Ugar, S. I., Latore, A., Raza, M. B., Behera, B., Adhikary, P. P., Scopa, A., & AbdelRahman, M. A. E. (2023). Irrigation suitability and health risk assessment of groundwater resources in the Firozabad industrial area of north-central India: An integrated indexical, statistical, and geospatial approach. In *Frontiers in Environmental Science* (Vol. 11). <https://doi.org/10.3389/fenvs.2023.1116220>
- Setianto, S. (2011). Tantangan kelembagaan dalam pengelolaan situ berkelanjutan. *Sosok Pekerjaan Umum*, 3(3), 150–159.
- Silangen, M. G., Tilaar, S., & Sembel, A. (2020). Pemetaan Masalah Penyediaan Air Minum di Perkotaan Tobelo Kabupaten Halmahera. *Jurnal Spasial*, 7(1), 70–81.
- Triatmodjo, B. (2008). *Hidrologi Teknik*. Yogyakarta: Beta Offset.