

**EVALUASI FUNGSI LINGKUNGAN EMBUNG BERBASIS SISTEM INFORMASI GEOGRAFI:  
KASUS EMBUNG KRAPYAK DAN TONOGORO DI KULON PROGO,  
DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA**

***(Environment Role Evaluation of Retention Basins Using Geographic Information Systems:  
Case of Krapyak and Tonogoro in Kulon Progo, Special Region of Yogyakarta)***

Marina Yuliarti<sup>1</sup>, Ngadisih<sup>2\*</sup>, M. Pramono Hadi<sup>3</sup>, Junun Sartohadi<sup>4</sup>, dan M. Anggri  
Setiawan<sup>5</sup>

<sup>1</sup>*Ilmu Lingkungan Minat Geo-Informasi untuk Manajemen Bencana  
Sekolah Pascasarjana Universitas Gadjah Mada,  
Jl. Teknika Utara, Sleman, Yogyakarta, 55664*

<sup>2</sup>*Departemen Teknik Pertanian dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian,  
Universitas Gadjah Mada, Jalan Flora 1, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55281*

<sup>3</sup>*Pusat Studi Lingkungan Hidup Universitas Gadjah Mada, Kompleks Gedung PSLH-EFSD  
UGM, Jl. Kuningan, Caturtunggal, Depok, Sleman, Yogyakarta 55281*

<sup>4</sup>*Departemen Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada,  
Jl. Flora Bulaksumur, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55281*

<sup>5</sup>*Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada, Jl. Kaliurang, Sekip Utara,  
Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55281*

*\*Email: ngadisih@ugm.ac.id*

Diterima: 12 Juni 2023, Direvisi : 13 Juli 2023, Disetujui : 2 Oktober 2023

**ABSTRACT**

*Environmentally, retention basins are used for soil and water conservation but some of them experience drought. The location of the retention basin is fundamental in fulfilling environmental functions. The Geographic Information System (GIS) has proven to be more effective for determining the location of the retention basin. This study aimed to apply GIS for evaluating the environmental functions of retention basins in a certain area. Tonogoro and Krapyak retention basins lay on Kulon Progo Regency, Yogyakarta and have been operating since 2011 are the cases of this study. The Krapyak is located at the outlet of catchment area, while the Tonogoro is built on the hilltop. Environmental functions were assessed based on the potential drought and dynamics of carrying capacity due to sedimentation. The materials used were detailed design documents, Google Earth images, DEMNAS images, 1:25,000 scale Indonesian landform maps, rainfall data, and soil type maps. The initial reservoir capacity was calculated based on depth using DEMNAS data. The recent reservoir capacity was measured using a sounding method with a Garmin 520s Echo sounder, Depth Sounder, and Roll meter. All data was integrated in GIS to be presented visually in the form of a reservoir depth profile that reflects the dynamics of the reservoir capacity. The potential of surface runoff volume was calculated using the Soil Conservation Service Curve Number (SCS-CN) method. This study found that the Tonogoro retention basin experienced a water shortage because the potential volume of runoff water was only able to supply 5% of the reservoir's capacity. The accumulated sediment yield in the Krapyak retention basins was 3,498 m<sup>3</sup> or 12.2% of the total capacity of*

*a sedimentation rate of 699.6 m<sup>3</sup> per year. This study demonstrated that GIS could be adopted to evaluate environmental functions of retention basins by correcting the size and volume of reservoirs due to sedimentation and potential drought.*

**Keywords:** *retention basin; erosion; sedimentation; catchment area; geographic information system*

## ABSTRAK

Secara lingkungan, embung berfungsi untuk konservasi tanah dan air, namun ada pula yang mengalami kekeringan. Lokasi penempatan embung merupakan hal yang mendasar dalam memenuhi fungsi lingkungan. Sistem Informasi Geografi (SIG) terbukti lebih efektif untuk menentukan lokasi embung. Penelitian ini bertujuan untuk mengaplikasikan SIG untuk mengevaluasi fungsi lingkungan embung pada suatu wilayah. Embung Tonogoro dan Krapyak yang ada di Kabupaten Kulon Progo Yogyakarta dan beroperasi sejak tahun 2011 menjadi lokasi kasus penelitian. Embung Krapyak terletak pada outlet daerah tangkapan air, sedangkan Tonogoro dibangun di puncak bukit. Penilaian fungsi lingkungan dilihat dari potensi kekeringan dan perubahan kapasitas tampung akibat adanya sedimentasi. Bahan yang digunakan berupa dokumen detail desain embung, *citra Google Earth*, citra DEMNAS, peta rupa bumi Indonesia skala 1:25.000, data curah hujan, dan peta jenis tanah. Kapasitas tampung awal embung dihitung berdasarkan kedalaman menggunakan data DEMNAS. Kapasitas embung akhir diukur dengan metode pemeruman menggunakan *Echo sounder Garmin 520s*, *Depth sounder*, dan *Roll meter*. Seluruh data diintegrasikan dalam SIG untuk disajikan secara visual dalam bentuk profil kedalaman embung yang mencerminkan dinamika daya tampung. Potensi air yang masuk ke dalam embung dihitung dengan menggunakan metode *Soil Conservation Service Curve Number (SCS-CN)*. Penelitian ini menemukan bahwa embung Tonogoro mengalami kekurangan air karena potensi volume air larian hanya mampu memenuhi 5% kapasitas tampung. Akumulasi hasil sedimen embung Krapyak adalah 3.498 m<sup>3</sup> atau 12,2% dari total kapasitas dengan laju sedimentasi 699,6 m<sup>3</sup> per tahun. Penelitian ini membuktikan bahwa SIG dapat digunakan untuk evaluasi fungsi lingkungan melalui koreksi ukuran dan volume embung akibat sedimentasi serta potensi kekeringan.

**Kata kunci:** *embung; erosi; sedimentasi; daerah tangkapan air; sistem informasi geografi*

## I. PENDAHULUAN

Embung merupakan salah satu program prioritas Indonesia, sejumlah 2.722 embung dibangun di seluruh Indonesia dari tahun 2015 hingga 2018 (Floren *et al.*, 2019). Embung difungsikan sebagai konservasi sumber daya air, pemenuhan

kebutuhan air irigasi dan perikanan, sumber air baku, sumber air bagi ternak, serta menjadi salah satu pilihan destinasi wisata lokal (Kementerian PUPR, 2017). Fungsi-fungsi tersebut sebagai pilar keberlanjutan (SDGs) yang mencakup fungsi lingkungan, ekonomi, dan sosial. Embung sebagai destinasi wisata menjadi

cara mengoptimalkan potensi kawasan (Afwillah *et al.*, 2022) yang berada pada fungsi sosial dan ekonomi. Dari kawasan wisata, maka tercipta lapangan kerja dan pertambahan pendapatan (Aedla *et al.*, 2016). Secara lingkungan, embung berfungsi sebagai bangunan untuk memanen air hujan melalui pengendalian aliran permukaan dan sedimen.

Embung dapat memenuhi fungsi lingkungan apabila dibangun pada lokasi yang tepat (Darabi *et al.*, 2021). Umumnya embung dibangun pada lokasi yang dipilih berdasarkan area yang paling tepat (Umugwaneza *et al.*, 2022) yakni di cekungan alur sungai yang dibendung (Kumar & Jhariya, 2017; Mahmood *et al.*, 2020). Embung dapat dibangun di luar alur sungai yang merupakan cekungan alami sebagai tempat akumulasi aliran permukaan (Márquez *et al.*, 2021). Trubus (2017) berpendapat bahwa titik tertinggi (puncak/punggung) bukit dapat digunakan sebagai lokasi embung karena air yang terkumpul bisa mengalir ke titik terjauh tanpa pompa. Secara teknis, pemilihan lokasi-lokasi dengan kriteria tersebut dilakukan dengan survei lapangan. Perkembangan teknologi informasi spasial telah melahirkan Sistem Informasi Geografis (SIG), yang terbukti lebih efektif untuk penetapan lokasi embung (Kumari & Singh, 2021) dibandingkan teknik survei konvensional (Mugo & Odera, 2019).

Embung berfungsi untuk konservasi air namun ratusan embung mengalami kekeringan (Harian Bhirawa Online, 2020) dan sedimentasi yang bermula dari kurang tepatnya pemilihan lokasi. Permasalahan ini terjadi di Kabupaten Kulonprogo

(Detik.com, 2022; Kompas.com, 2009) dan diantaranya terjadi di embung Krapyak dan embung Tonogoro. Wale *et al.* (2022) berpendapat bahwa embung yang sudah dibangun perlu dievaluasi kinerja atau fungsinya. Permasalahan embung Tonogoro dan embung Krapyak memerlukan evaluasi untuk mengoptimalkan fungsi lingkungannya. Demeke *et al.* (2021) menjelaskan bahwa evaluasi embung sangat penting untuk memberikan informasi sebagai dasar pengambilan tindakan dalam pemeliharaan dan pengembangan embung. Penelitian ini bertujuan untuk mengaplikasikan SIG untuk evaluasi fungsi lingkungan embung Krapyak dan Tonogoro. Fungsi lingkungan embung dilihat pada aspek potensi kekeringan embung dan perubahan kapasitas/daya tampung embung akibat sedimentasi.

## II. BAHAN DAN METODE

### A. Waktu dan Lokasi

Pengumpulan dan pengolahan data sekunder yang berupa dokumen detail desain embung, citra, peta, dan data curah hujan dilaksanakan pada bulan Januari hingga Agustus 2022. Selanjutnya dilaksanakan pengukuran kedalaman embung pada bulan September yang merupakan akhir musim kemarau dan awal musim penghujan. Embung Krapyak berlokasi pada bentuk lahan lembah atau cekungan alur sungai yang dibendung sehingga rentan mengalami pendangkalan akibat sedimentasi. Pada sisi lain, embung Tonogoro berlokasi pada bentuk lahan puncak bukit sehingga rentan mengalami kekeringan (Rahmi *et al.*, 2019) karena

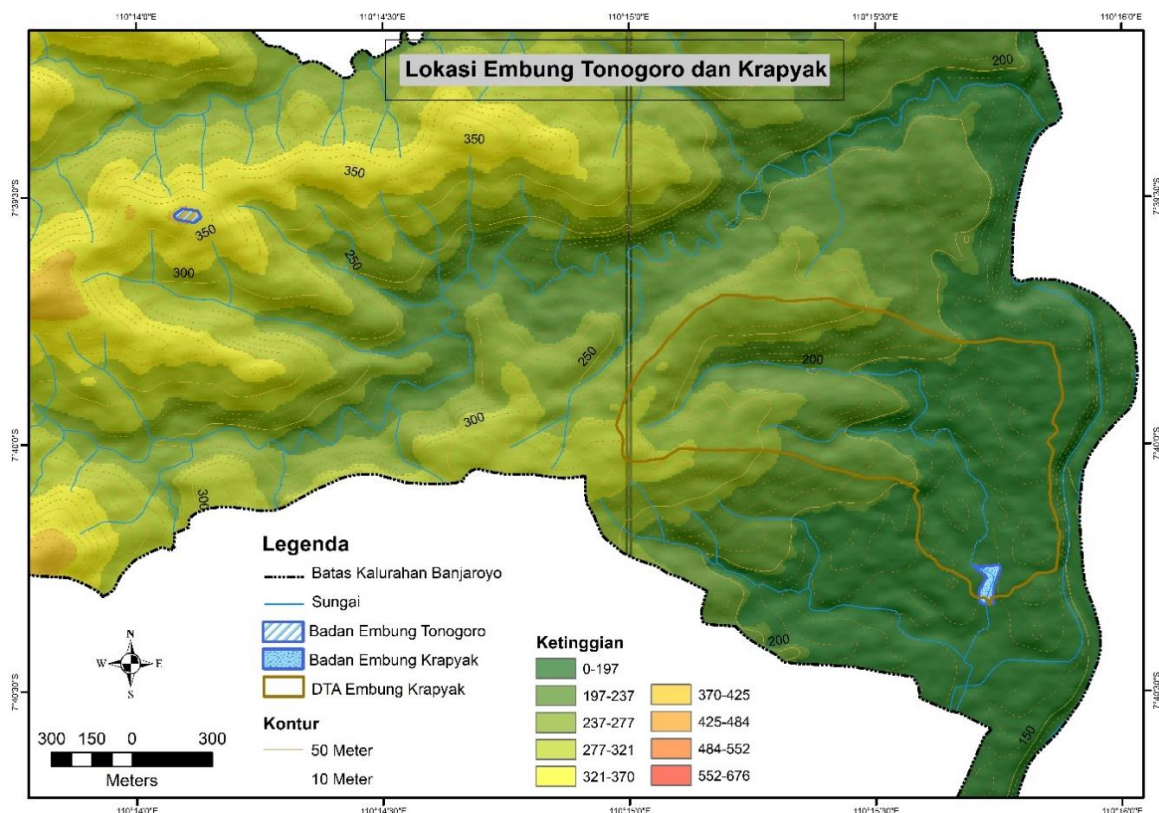
sempitnya luasan daerah tangkapan air. Gambar 1 memberikan ilustrasi lokasi embung yang di-overlaykan dengan DEM (kontur) wilayah.

Secara administrasi, embung Krpyak dan Tonogoro berada di Kelurahan Banjaroyo, Kapanewon Kalibawang, Kabupaten Kulon Progo, Provinsi Daerah Istimewa (DI) Yogyakarta. Embung Krpyak dibangun pada tahun 2017 oleh Dinas PUP ESDM DIY, volume tampungan 38.022 m<sup>3</sup> dan luas 0,63 Ha atau 6.337 m<sup>2</sup> (PT. AMT Consultants, 2015). Embung Tonogoro

dibangun akhir tahun 2013 sampai awal tahun 2014, memiliki kedalaman 4 m dengan luas sekitar 60 x 80 m<sup>2</sup>. Kapasitas tampung air embung Tonogoro sekitar 8.000 sampai 10.000 m<sup>3</sup> air untuk mengairi kebun durian seluas 30 Ha (TaniKU, 2016).

## B. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan adalah olahan data primer hasil survei lapangan dan data sekunder. Beberapa bahan penelitian beserta fungsinya diuraikan dalam Tabel 1, sedangkan alat yang digunakan tersaji pada Tabel 2.



Gambar (Figure) 1. Lokasi embung Krapsjyak dan Tonogoro (*Location of embung Krpyak and Tonogoro*)  
Sumber (Source): Analisis data (*Data analysis*), 2022

Tabel (Table) 1. Daftar bahan penelitian (*List of research materials*)

Nama Bahan	Sumber Data	Fungsi Bahan
1. Laporan Akhir Detail Desain Embung Krapyak	Dinas Pekerjaan Umum, Perumahan, dan Kawasan Permukiman Kab. Kulon Progo	a. Interpretasi lokasi b. Zonasi Kawasan embung c. Konsep elemen lanskap embung d. Kapasitas volume embung
2. DEMNAS	BIG Indonesia, <a href="https://tanahair.indonesia.go.id/portal-web/">https://tanahair.indonesia.go.id/portal-web/</a>	a. Delineasi daerah tangkapan air (DTA) b. Pengukuran variabel ketersediaan air c. Penentuan lokasi konservasi
3. Peta RBI	BIG Indonesia, <a href="https://tanahair.indonesia.go.id/portal-web/">https://tanahair.indonesia.go.id/portal-web/</a>	a. Delineasi batas wilayah administrasi b. Plotting sungai dan jalan
4. Citra satelit ( <i>google maps satellite</i> )	SAS Planet	a. Interpretasi kawasan embung dan DTA b. Delineasi penggunaan dan penutup lahan
5. Data curah hujan	PPID Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Serayu Opak	Pengolahan data volume air DTA
6. Peta jenis tanah	BPBD DIY <a href="https://ppid.jogjapro.go.id">https://ppid.jogjapro.go.id</a>	

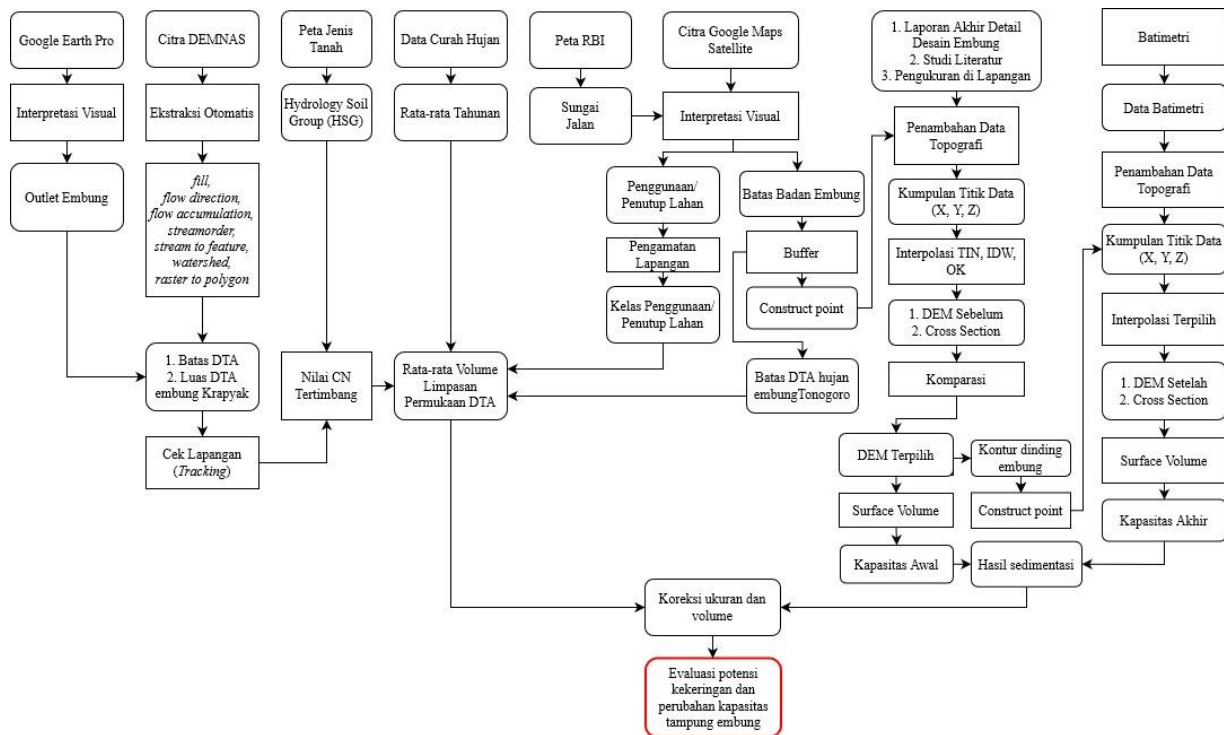
Tabel (Table) 2. Daftar alat penelitian (*List of research tools*)

Nama Alat	Fungsi
1. Laptop	Memproses keseluruhan data untuk menghasilkan laporan
2. <i>Software</i> ArcGIS	Pengolahan data citra satelit, analisis GIS dan penyajian peta
3. <i>Software</i> Microsoft office dan excel 365	Mengolah data, menulis dan menyusun laporan
4. <i>Software</i> Google Earth Pro	Interpretasi titik koordinat outlet embung
5. <i>Software</i> SAS Planet	Mengunduh citra <i>google maps satellite</i>
6. <i>Software</i> Avenza Maps	Menentukan posisi dan validasi survey lapangan
7. <i>Echo sounder</i> Garmin 520s	Pengukuran kedalaman air embung
8. <i>Depth Sounder</i>	
9. <i>Roll meter</i>	
10. Aplikasi GPS maps camera	Mendokumentasikan pengukuran dan survei lapangan
11. Perahu dan kelengkapannya	Transportasi pengukuran kedalaman air embung
12. Alat tulis	Mencatat hasil temuan di lapangan

## C. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan keruangan/spasial dengan SIG untuk evaluasi potensi kekeringan dan kapasitas embung. Pengukuran tingkat kerentanan kekeringan pada tubuh embung dengan menghitung volume limpasan permukaan daerah tangkapan air (DTA) menggunakan metode SCS CN dibandingkan dengan kapasitas tampung embung. Sedangkan tingkat kerentanan sedimentasi berdasarkan perubahan kapasitas tampung menggunakan studi akumulasi sedimen.

Pengukuran kapasitas tampung awal embung menggunakan metode perhitungan volume DEM (*Digital Elevation Model*) badan embung dan hasil interpolasi kumpulan titik data topografi (X, Y, Z). Kapasitas akhir embung diukur menggunakan metode *bathymetry* (pemeruman) dan penambahan data topografi. Selisih perubahan volume DEM menghasilkan jumlah hasil sedimen. Pada saat pengukuran di lapangan, area embung yang ditutupi oleh eceng gondok yang sangat rapat tidak dapat dilakukan



Gambar (Figure) 2. Diagram alir penelitian (Flow chart of the study)

pemeruman menggunakan *echosounder* maupun *depth finder*, sehingga digunakan pengukuran menggunakan *roll meter* pada pinggiran badan embung.

Gambar 2 memberikan ilustrasi tahapan penelitian yang mencakup: 1) identifikasi dan interpretasi DTA dan badan embung, 2) perhitungan volume air larian, dan 3) perhitungan perubahan kapasitas embung akibat sedimentasi.

### Perhitungan Volume Air Larian

Hasil interpretasi outlet dan ekstraksi otomatis DTA embung digunakan untuk menghitung potensi volume air larian. Perkiraan volume air larian ( $m^3$ ) menggunakan Persamaan 1 (Kumar & Jhariya, 2017).

$$Q_v = \frac{Q \cdot A}{1000} \quad (1)$$

Dimana:

$Q_v$  = Potensi volume air larian ( $m^3$ )

$Q$  = Tebal air larian (m)

$A$  = Luas tangkapan air/DTA ( $m^2$ )

Penentuan tebal air larian mengadopsi metode SCS CN, yang menggunakan data intensitas curah hujan ( $I$ ) dan perbedaan antara curah hujan dan limpasan permukaan ( $S$ ) dengan Persamaan 2 (Márquez *et al.*, 2021). Jika curah hujan ( $P$ ) lebih kecil atau sama dengan *initial abstraction* ( $I$ ) maka kedalaman limpasan permukaan ( $Q$ ) sama dengan 0 (nol) dengan Persamaan 3 (Asmar *et al.*, 2021; Ezenwa *et al.*, 2022).

$$Q = \frac{(P-0,2S)^2}{(P+0,8S)} \quad (2)$$

$$I = 0,2 S \quad (3)$$

Meningkatnya potensi retensi maksimum ( $S$ ) menunjukkan bahwa besarnya air larian berkurang. Penentuan

besarnya infiltrasi menggunakan bilangan kurva air larian (CN) dengan Persamaan 4 (Kolekar *et al.*, 2021; Márquez *et al.*, 2021).

$$S = \left( \frac{25.400}{CN} \right) - 254 \dots\dots\dots (4)$$

Limpasan langsung pada badan kolam dihitung dengan CN 98, yakni dengan *geomembrane* kedap air yang digunakan untuk kolam/badan embung. Sedangkan limpasan langsung dari DTA dengan CN yang sesuai dengan penutup lahan dan jenis tanah (Márquez *et al.*, 2021).

### Pengukuran Perubahan Kapasitas Embung

Area badan embung sebagai dasar untuk membuat kumpulan titik koordinat bentuk badan embung menggunakan fitur *construct point* ArcGIS dengan jarak 1 (satu) meter. Kumpulan titik koordinat ditambahkan data topografi berdasarkan data elevasi embung dari laporan akhir detail desain embung Krapyak, serta hasil pengukuran dan studi literatur untuk embung Tonogoro. Kumpulan titik data (X, Y, Z) dilakukan interpolasi untuk membuat DEM. Interpolasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Triangulation Irregular Network* (TIN) (Ibrahim *et al.*, 2022), *Ordinary Kriging* (Thanh *et al.*, 2020), dan *Inverse Distance Weighting* (IDW) (Marques *et al.*, 2021).

Kapasitas akhir embung Tonogoro dan Krapyak diperoleh dari perhitungan volume DEM hasil interpolasi terpilih. Kumpulan titik data (X, Y, Z) diperoleh berdasarkan data kedalaman dasar embung hasil pemeruman yang diolah menjadi data topografi. Selain data kedalaman dasar embung, kumpulan titik data untuk kapasitas awal embung juga

digunakan untuk batas dan bentuk dinding embung. Volume tampungan awal embung dikurangi dengan volume tampungan akhir embung untuk mengetahui volume endapan sedimen. Perbandingan volume endapan sedimen digunakan untuk mengetahui kerentanan embung terhadap sedimentasi.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### Deliniasi DTA dan Badan Embung Dengan SIG

Pengolahan data DEMNAS menghasilkan batas DTA (*catchment area*) dalam format *raster* resolusi 8 m yang dikonversi menjadi data *vector*. Hasil perhitungan luas DTA embung Krapyak adalah 121,4 Ha dan embung Tonogoro seluas 0,36 Ha. DTA Tonogoro berbeda dengan DTA embung Krapyak, karena embung Tonogoro dibangun di atas igir/puncak bukit sehingga tidak memiliki kawasan tangkapan air dan tidak memiliki sumber air larian, hanya komponen air hujan saja yang masuk ke tubuh embung. Berdasarkan interpretasi *citra google maps satellite*, penggunaan lahan di DTA embung Krapyak antara lain hutan (75,05%), pertanian (15,65%), bangunan (6,12%), jalan (2,52%), dan badan air (0,66%).

### Potensi Air Larian

Berdasarkan peta jenis tanah yang dikeluarkan oleh BPBD DIY, embung Krapyak dan Tonogoro berada pada tanah jenis Latosol. Berdasarkan tekstur tanah dan sifat hidrologinya, Latosol termasuk pada *hydrology soil group* (HSG) tipe B (Dharma *et al.*, 2021). Tipe HSG ini digunakan untuk menentukan nilai bilangan kurva limpasan permukaan (CN).

Penggunaan lahan digunakan untuk menentukan nilai CN dan CN tertimbang (Tabel 3). Penggunaan lahan DTA embung Tonogoro hanya 1 (satu) kelas yaitu geomembrane dengan nilai CN II = 98, CN I = 97, dan CN III = 99.

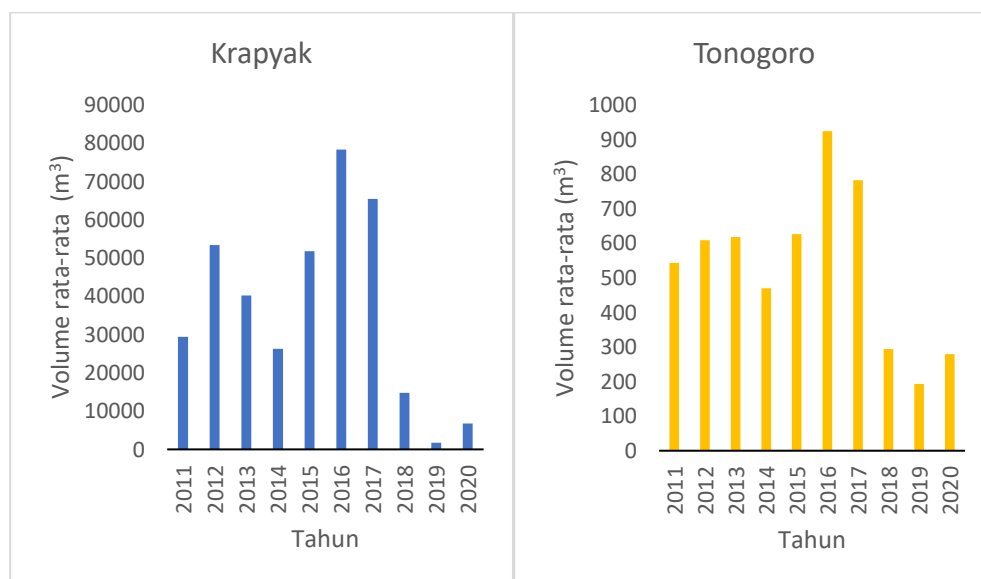
Berdasarkan data curah hujan 2011 hingga 2020, hujan tahunan tertinggi 3.890 mm terjadi pada tahun 2016 dengan rata-rata curah hujan 324 mm per bulan. Sedangkan nilai hujan tahunan terendah 1.014 mm terjadi pada tahun 2019 dengan nilai rata-rata curah hujan 85 mm per bulan. Secara umum, penurunan jumlah curah hujan dan kemarau panjang tahun

2019 di Indonesia turut dipicu oleh fenomena El Nino (Yuniasih *et al.*, 2023). Dari data hujan, maka volume tahunan rata-rata air larian tertinggi masing-masing embung yaitu pada tahun 2016 dan terendah pada tahun 2019 yang tersaji pada Gambar 3. DTA embung Krapyak berada pada pegunungan Menoreh dan merupakan bagian tengah DAS Progo (Paimin *et al.*, 2012). Penggunaan lahan pertanian di DTA embung Krapyak memiliki kerentanan terhadap erosi, sehingga tubuh embung berpotensi mengalami pendangkalan akibat sedimentasi.

Tabel (Table) 3. Persentase kelas penggunaan daerah tangkapan air embung Krapyak (*Percentage of area based on land use and value of CN*)

Kelas	Total luas (Ha)	% Area	Nilai CN	Nilai CN tertimbang
Pertanian	16,57	15,65	79	12,36
Bangunan	6,48	6,12	86	5,26
Jalan	2,67	2,52	89	2,24
Hutan	79,49	75,05	72	54,04
Badan Air	0,71	0,67	100	0,67
<b>Total area</b>	<b>105,92</b>	<b>100</b>		<b>74,57</b>

Sumber (Source): Hasil pengolahan data (*Data analysis*) (2022)



Gambar (Figure) 3. Potensi volume air larian tahunan DTA embung Krapyak dan Tonogoro (*Potential surface runoff volume at Krapyak and Tonogoro retention basins*)

Sumber (Source): Hasil pengolahan data (*Data analysis*) (2022)



## Perkiraan Kapasitas Tampung Air Embung

Tinggi badan embung Krapyak adalah 6,94 m dari dasar hingga ke puncak embung. Penampang embung hasil *cross-section* DEM tersaji pada Gambar 4.

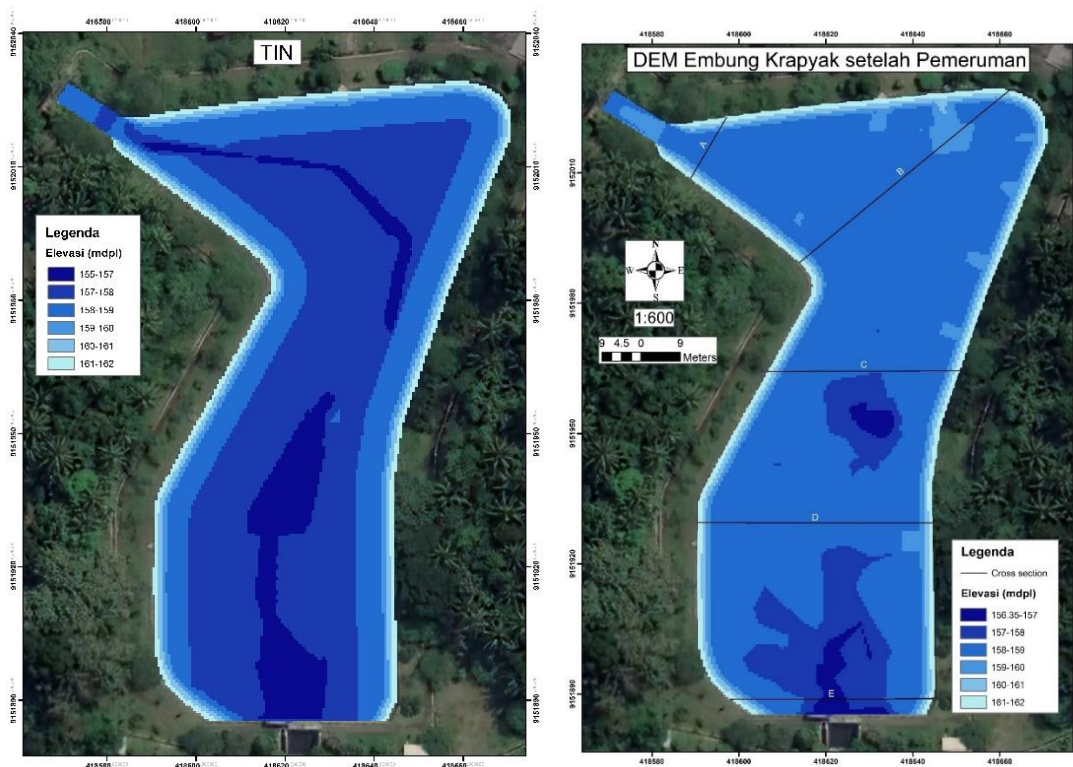
Hasil perhitungan area badan embung berdasarkan hasil *digitasi on screen* berupa data *vector* seluas 7.838 m<sup>2</sup>. Hasil

perhitungan berbeda dengan selisih lebih besar dibandingkan luas berdasarkan laporan akhir detail desain embung. Luas hasil pengolahan data *vector* juga berbeda dengan luas dari data *raster* berupa DEM. Perbandingan antara hasil pengolahan data dengan studi literatur berupa laporan akhir detail desain embung disajikan pada Tabel 4.

Tabel (Table) 4. Perbandingan dimensi embung Krapyak hasil pengolahan data dan literatur (*Comparison of dimension of Krapyak Retention Basin based on literature and measurement*)

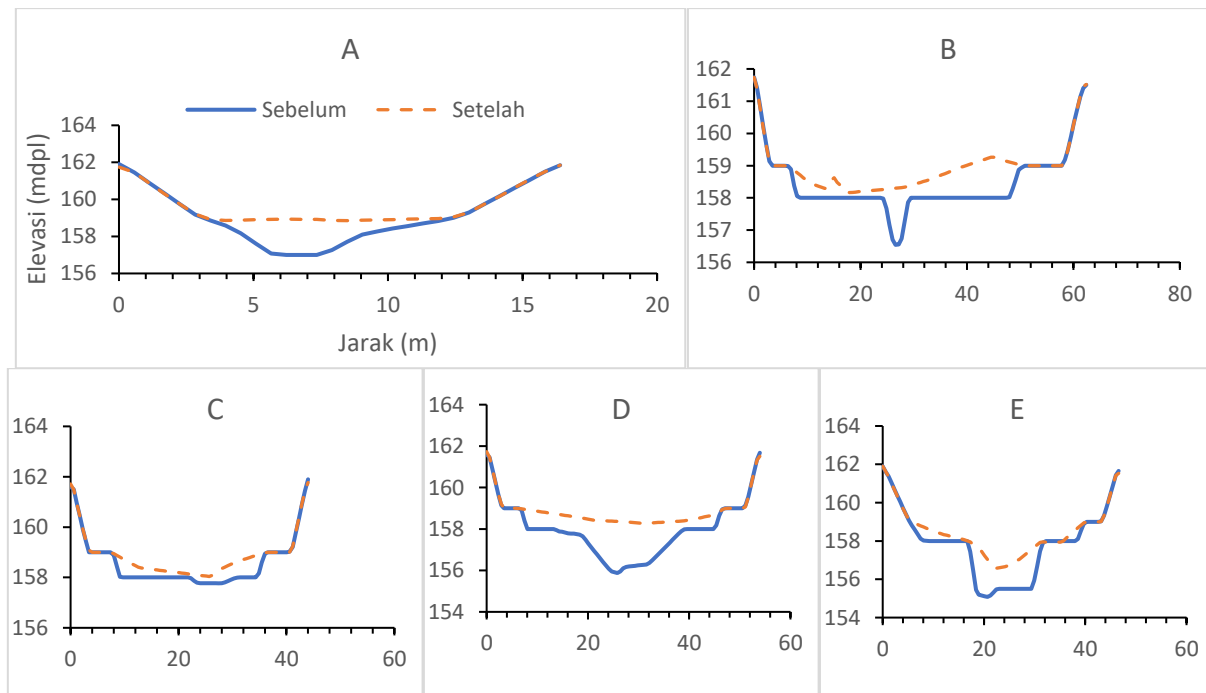
Hasil	TMA (mdpl)	Luas ( <i>Vector</i> ) (m <sup>2</sup> )	Luas ( <i>Raster</i> ) (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )
Studi Literatur	161	6.337	-	38.022
Pengolahan Data	161	7.838	7.438	21.128
<b>Selisih</b>		<b>1.501</b>		<b>16.894</b>
Pengolahan Data	162		7.671	28.728

Sumber (*Source*): Hasil pengolahan data (*Data analysis*) (2022)



Gambar (Figure) 4. DEM hasil interpolasi TIN embung Krapyak sebelum dan setelah pemeruman (*DEM result of TIN interpolation of embung Krapyak before and after sounding*)

Sumber (*Source*): Analisis data (*Data analysis*), 2022



Gambar (Figure ) 5. Cross-section embung Krapyak (Cross-section of the Krapyak Retention Basins)

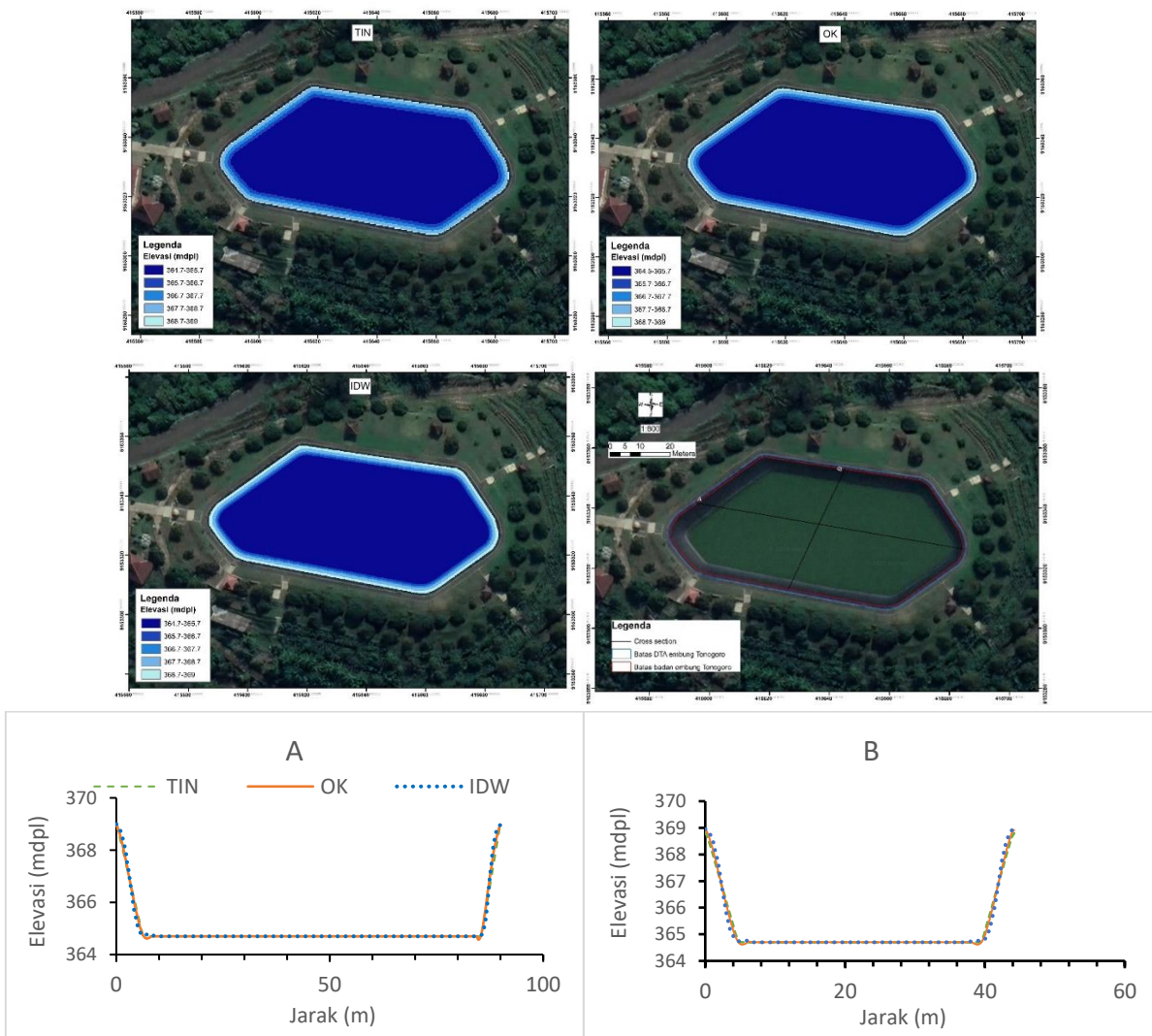
Kapasitas tampungan embung Tonogoro dihitung dari luas embung hasil digitasi *on screen* dan perhitungan dengan fitur buffer sejauh 77 cm. Area buffer diubah menjadi garis menggunakan fitur *polygon to line*. Garis bagian dalam dipilih untuk diolah menjadi area (*convert polylines to polygon*) sehingga didapatkan badan embung seluas 3.397 m<sup>2</sup> atau 3,3 Ha (Tabel 5). Luas ini berbeda dengan selisih 1.403 m<sup>2</sup> dibandingkan hasil studi literatur. Penampang embung Tonogoro hasil *cross-section* DEM tersaji pada Gambar 6.

Pengolahan data DEM menghasilkan titik terendah 364,7 mdpl dan titik tertinggi 369 mdpl (Gambar 6). Tinggi badan embung Tonogoro adalah 4,3 m dari dasar hingga batas badan embung. Tinggi embung hasil pengolahan data 4 m sama dengan tiang ukur kedalaman air embung ditambah tinggi *spillway* 0,3 m. Volume tampungan embung 11.430 m<sup>3</sup> berdasarkan TMA maksimum yang berada pada ketinggian 368,7 mdpl. Volume embung hasil pengolahan data lebih besar 1.430 m<sup>3</sup> s.d 3.430 m<sup>3</sup> dibandingkan volume berdasarkan hasil studi literatur.

Tabel (Table ) 5. Perbandingan dimensi embung Tonogoro hasil perhitungan dan studi literatur (Comparison of dimension of Tonogoro Retention Basins based on literature and measurement)

Hasil	Panjang (m)	Lebar (m)	Luas (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )
Studi Literatur	80	60	4.800	8.000-10.000
Pengolahan Data	90	44	3.397	11.430
<b>Selisih</b>	<b>10</b>	<b>16</b>	<b>1.403</b>	<b>1.430-3.430</b>

Sumber (Source): Hasil pengolahan data (Data analysis) (2022)



Gambar (Figure) 6. DEM dan cross-section embung Tonogoro (DEM and cross-section of embung Tonogoro)

Sumber (Source): Analisis data (Data analysis), 2022

## Perbandingan Volume Air Larian terhadap Kapasitas Embung

Memperkirakan air larian merupakan langkah paling penting dalam mengelola sumberdaya air (Khazr *et al.*, 2022). Volume rata-rata bulanan air larian pada tahun 2016 merupakan yang tertinggi yaitu 90.153 m<sup>3</sup> (embung Krpyak) dan 924 m<sup>3</sup> (embung Tonogoro). Sedangkan volume terendah terjadi pada tahun 2019 yaitu 2.001 m<sup>3</sup> (embung Krpyak) dan 193 m<sup>3</sup> (embung Tonogoro). Volume rata-rata tahun 2011 - 2020 DTA adalah 42.372 m<sup>3</sup> (embung Krpyak) dan 534 m<sup>3</sup> (embung

Tonogoro). Perbandingan volume rata-rata DTA terhadap kapasitas masing-masing embung berdasarkan hasil pengolahan DEM sebelum pemeruman disajikan pada Gambar 7.

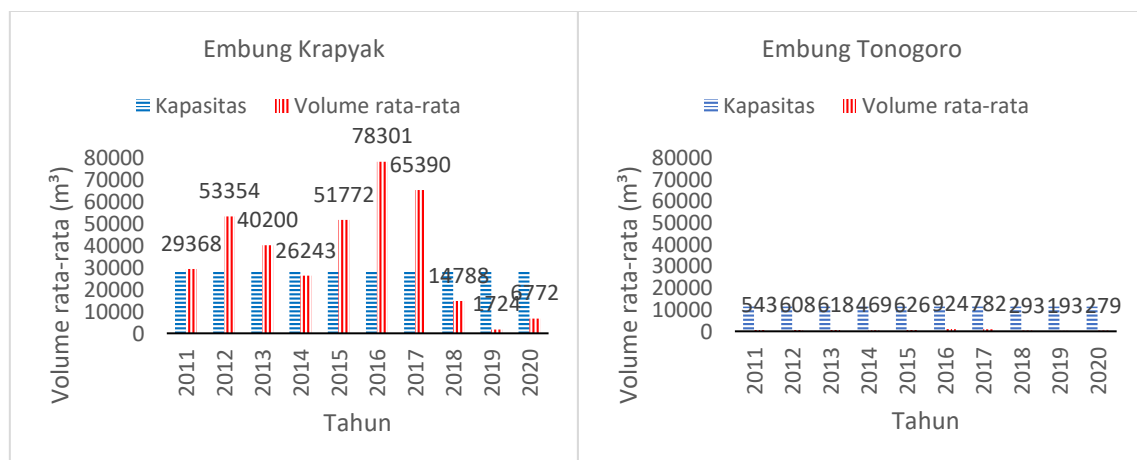
Limpasan permukaan dapat dikenali dengan volume rata-rata air larian DTA. Trivedi *et al.* (2022) menyatakan bahwa air larian meningkat seiring dengan peningkatan curah hujan. Volume limpasan permukaan DTA embung Krpyak mampu memenuhi kapasitas tampung air embung. Secara spasial, embung Krpyak berada di lokasi yang sesuai karena berada di aliran

sungai. Rata-rata volume limpasan permukaan embung Tonogoro hanya mampu memenuhi 5% dari kapasitas tampung embung. Embung Tonogoro kekurangan air disebabkan ketiadaan daerah tangkapan air karena dibangun di atas puncak bukit/igir. Selain itu, ukuran dan lokasi embung yang sesuai salah satunya tergantung pada potensi limpasan (Kumar *et al.*, 2016). Dapat dikatakan bahwa ukuran embung Tonogoro kurang sesuai dengan potensi pemanenan air hujan.

Aliran air sungai Waru merupakan sumber air embung Krapyak (PT. AMT Consultants, 2015). DTA embung Krapyak berada di bagian hulu sungai Waru. Konsekuensi embung di bagian hulu (*upstream*) diantaranya kehilangan kapasitas dan pengaruh pada *inlet* dan *outlet* embung (Fan & Morris 1998 dalam Kodoatie & Sjarief, 2010). Aliran sungai pada DTA embung Krapyak berdasarkan hasil survey lapangan telah ditutupi oleh eceng gondok. Sumber air embung yang berasal dari aliran air sungai umumnya mengalir membawa air dan sedimen (Kodoatie & Sjarief, 2010). Perbandingan

hasil *cross-section* embung Krapyak sebelum dan setelah pemeruman menunjukkan perbedaan yang paling signifikan di sekitar *inlet* dan *outlet* embung.

Selisih volume maksimal tampungan badan embung Krapyak sebelum dan setelah pengukuran adalah 3.484 m<sup>3</sup>. Keunggulan embung yang berada di puncak bukit/igir yaitu tidak ada sedimentasi namun kelemahannya tidak mampu memanen air. Sedangkan embung yang dibangun pada spasial yang benar pasti punya masalah sedimentasi dan ketidakmampuan menangkap semua limpasan permukaan. Sedimentasi merupakan salah satu kendala yang mempengaruhi keberlanjutan embung (Demeke *et al.*, 2021). Sedimentasi dapat dikurangi melalui pemeliharaan rutin dan manajemen risiko yang tepat (Panhwar *et al.*, 2021). Sumber sedimentasi embung Krapyak berasal dari DTA embung Krapyak yang mengalami erosi. Penyebab pendangkalan embung berupa hasil sedimen dan alga serta eceng gondok pada embung Krapyak dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar (Figure) 7. Rata-rata volume air larian DTA terhadap kapasitas embung (*The average volume of DTA runoff water against the capacity of embung*)

Sumber (Source): Analisis data (*Data analysis*), 2022





Gambar (Figure) 8. Penyebab pendangkalan embung (a) hasil sedimen (b) alga dan eceng gondok (*Causes of siltation of embung (a) results of sediment (b) algae and water hyacinth*)  
Sumber (source): Koleksi pribadi (Private collection), 2022

### Solusi Optimalisasi Fungsi Embung Tonogoro

Pengoptimalan fungsi embung Tonogoro untuk mengurangi kerentanan terhadap kekeringan. Langkah yang dilakukan dalam pengelolaan (meminimalkan) kekeringan yaitu dengan mengurangi kebutuhan air atau meningkatkan ketersediaan air (Drisy & Sathish Kumar, 2022). Pengoptimalan

melalui peningkatan ketersediaan air dapat dilakukan dengan memperluas DTA dan menyesuaikan kemiringan jalan setapak embung Tonogoro. Hasil perhitungan penambahan luas DTA embung Tonogoro dari jalan setapak adalah 465,75 m<sup>2</sup> dan total dari 5 (lima) atap gazebo berbentuk limas seluas 100 m<sup>2</sup> seperti tersaji pada Gambar 9.



Gambar (Figure) 9. Potensi DTA untuk pemanenan air hujan embung Tonogoro (*Potential of DTA for rainwater harvesting of embung Tonogoro*)  
Sumber (Source): Analisis data (Data analysis), 2022

#### IV. KESIMPULAN

Rata-rata volume air larian embung Tonogoro tahun 2011 - 2020 adalah 534 m<sup>3</sup> dan kapasitas tampung embung Tonogoro adalah 11.430 m<sup>3</sup>. Volume air larian hanya mampu memenuhi 5% kapasitas tampung. Potensi peningkatan luas DTA hujan embung Tonogoro adalah 565,75 m<sup>2</sup>, sehingga total luas DTA menjadi 4.144,75 m<sup>2</sup>. Kapasitas tampung (awal) embung Krapyak adalah 28.728 m<sup>3</sup> dan kapasitas akhir embung setelah terjadi sedimentasi adalah 25.230 m<sup>3</sup>. Akumulasi hasil sedimen embung Krapyak adalah 3.498 m<sup>3</sup> atau sebesar 12,2% dari total kapasitas dengan laju sedimentasi 699,6 m<sup>3</sup> per tahun. Penelitian ini membuktikan bahwa SIG dapat digunakan untuk evaluasi fungsi lingkungan melalui koreksi ukuran dan volume embung akibat sedimentasi serta potensi kekeringan.

Keterbatasan penelitian ini diantaranya perhitungan volume limpasan permukaan hanya sampai dengan tahun 2020 dan tidak menggunakan kala ulang, perhitungan sedimentasi hanya sampai kondisi eksisting dan belum menghitung usia guna embung yang tersisa untuk jangka panjang, serta tidak memperhitungkan volume yang berasal dari mata air. Penelitian lebih lanjut tentang bentuk konservasi tanah dan air pada DTA embung yang dapat mengurangi sedimentasi dan eutrofikasi, valuasi hasil sedimen dan eutrofikasi, korelasi status kepemilikan embung dengan tingkat kerentanan terhadap bencana lingkungan, serta integrasi dalam perencanaan dan pengelolaan embung direkomendasikan.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pusat Studi Lingkungan Hidup (PSLH) Universitas Gadjah Mada (UGM) yang telah mendanai penelitian ini melalui hibah penelitian, dan Pusat Pembinaan, Pendidikan, dan Pelatihan (Pusbindiklatren) Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional/ Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (Bappenas) Republik Indonesia yang telah membiayai studi magister penulis. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada Dinas PUPKP Kab. Kulon Progo, Lurah Banjaroyo, Ketua Kelompok Tani Sido Maju Banjaroyo, Ketua Paguyuban Pantog Wetan dan Banjaran, dan seluruh pihak terkait atas bantuan dan dukungannya dalam penelitian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Arnowo, H. (2020). Pengamanan Situ, Danau, Embung dan Waduk Sebagai Kekayaan Negara Melalui Pendaftaran Tanah. *Jurnal Inovasi Aparatur*, 2(2), 203–216.
- Asmar, N. F., Sim, J. O. L., Ghodieh, A., & Fauzi, R. (2021). Effect of Land Use\Land Cover Changes on Estimated Potential Runoff in the Nablus Mountains Watersheds of Palestine: A Case Study. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 49(5), 1067–1080. <https://doi.org/10.1007/s12524-020-01278-2>
- Darabi, H., Moradi, E., Davudirad, A. A., Ehteram, M., Cerda, A., & Haghighi, A. T. (2021). Efficient rainwater harvesting planning using socio-

- environmental variables and data-driven geospatial techniques. *Journal of Cleaner Production*, 311(May), 127706.  
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127706>
- de Sá Silva, A. C. R., Bimbato, A. M., Balestieri, J. A. P., & Vilanova, M. R. N. (2022). Exploring environmental, economic and social aspects of rainwater harvesting systems: A review. *Sustainable Cities and Society*, 76(March 2021).  
<https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103475>
- Demeke, G. G., Andualem, T. G., & Kassa, M. (2021). Evaluation of the sustainability of existing rainwater harvesting ponds: A case study of Lay Gayint District, South Gondar zone, Ethiopia. *Heliyon*, 7(7), e07647.  
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07647>
- Dharma, I. G. A., Waspodo, R. S. B., & Pandjaitan, N. (2021). Analisis Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan terhadap Debit Sungai (Studi Kasus : Sub DAS Cikeas). *Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 6(2), 121–132.  
<https://doi.org/10.29244/jsil.6.2.121-132>
- Drisy, J., & Sathish Kumar, D. (2022). Evaluation of the drought management measures in a semi-arid agricultural watershed. *Environment, Development and Sustainability*, 0123456789.  
<https://doi.org/10.1007/s10668-021-02079-4>
- Ezenwa, K. O., Iguisi, E. O., Yusuf, Y. O., & Isma'il, M. (2022). Application of GIS-based SCS-CN method for Runoff Estimation in the Kubanni Drainage Basin, Zaria, Nigeria. *Journal of Geospatial Science and Technology*, 3(1), 1–12.  
<https://doi.org/10.54222/afrigist/jgst/v3i1.1>
- Floren, Kaming, P. F., & Ervianto, W. I. (2019). Model Pemeliharaan Infrastruktur Embung Berbasis Biaya Siklus Hidup Di Kabupaten Sleman DIY. *Jurnal Manajemen Aset Infrastruktur & Fasilitas*, 3(0), 13–23.  
<https://doi.org/10.12962/j26151847.v3i0.5730>
- Harian Bhirawa Online. (2020). *Ratusan Embung di Kabupaten Bojonegoro Mengalami Kekeringan*.  
<https://www.harianbhirawa.co.id/ratusan-embung-di-kabupaten-bojonegoro-mengalami-kekeringan/>
- Ibrahim, P. O., Sternberg, H., Samaila-Ija, H. A., Adgidzi, D., & Nwadior, I. J. (2022). Modelling topo-bathymetric surface using a triangulation irregular network (TIN) of Tunga Dam in Nigeria. *Applied Geomatics*, 0123456789.  
<https://doi.org/10.1007/s12518-022-00438-y>
- Peraturan Menteri PUPR No. 1 Tahun 2022 tentang Pedoman Penyusunan Perkiraan Biaya Pekerjaan Konstruksi Bidang Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 1 (2022).
- Khazr, B. O., Ibrahim, G. R. F., Hamid, A. A., & Ail, S. A. (2022). Runoff estimation using SCS-CN and GIS techniques in the Sulaymaniyah sub-basin of the Kurdistan region of Iraq. *Environment, Development and Sustainability*, 24(2), 2640–2655.  
<https://doi.org/10.1007/s10668-021-01549-z>
- Kodoatie, R. J., & Sjarief, R. (2010). *Tata Ruang Air* (I). Penerbit Andi.
- Kolekar, S. S., Mishra, A., Choudhari, P., & Choudhari, N. R. (2021). Identification

- of specific areas for water conservation measures using Geoinformatics approach. *Arabian Journal of Geosciences*, 14(6). <https://doi.org/10.1007/s12517-021-06721-3>
- Kumar, S., Ramilan, T., Ramarao, C. A., Rao, C. S., & Whitbread, A. (2016). Farm level rainwater harvesting across different agro climatic regions of India: Assessing performance and its determinants. *Agricultural Water Management*, 176, 55–66. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2016.05.013>
- Kumar, T., & Jhariya, D. C. (2017). Identification of rainwater harvesting sites using SCS-CN methodology, remote sensing and Geographical Information System techniques. *Geocarto International*, 32(12), 1367–1388. <https://doi.org/10.1080/10106049.2016.1213772>
- Laukli, K., Gamborg, M., Haraldsen, T. K., & Vike, E. (2022). Soil and plant selection for rain gardens along streets and roads in cold climates: Simulated cyclic flooding and real-scale studies of five herbaceous perennial species. *Urban Forestry and Urban Greening*, 68, 127477. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2022.127477>
- Luu, T. T., & Hien, N. T. T. (2022). Rooftop rainwater harvesting and artificial groundwater recharge - a case study: Thanh Xuan district in south of Hanoi. *Vietnam Journal of Earth Sciences*. <https://doi.org/10.15625/2615-9783/17081>
- Mahmood, K., Qaiser, A., Farooq, S., & Nisa, M. un. (2020). RS- and GIS-based modeling for optimum site selection in rain water harvesting system: an SCS-CN approach. *Acta Geophysica*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s11600-020-00460-x>
- Marques, G. M., Pessi, D. D., Haupenthal, M. R., Rodrigues, M. G., Rodrigues, É. S., Nascimento, L. N., Cano, É. V., Corrêa, K. S., & Filho, A. C. P. (2021). Water reservoir volume estimation with free software through data obtained with remotely-operated ships | Estimativa de volume de reservatório de água com software livre através de dados obtidos com embarcação remotamente pilotada. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 14(7), 3804–3813. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v14.7.p3804-3813>
- Márquez, J. D., Peña, L. E., Barrios, M., & Leal, J. (2021). Detection of rainwater harvesting ponds by matching terrain attributes with hydrologic response. *Journal of Cleaner Production*, 296. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126520>
- Mugo, G. M., & Odera, P. A. (2019). Site selection for rainwater harvesting structures in Kiambu County-Kenya. *Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 22(2), 155–164. <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2018.05.003>
- Panhwar, V., Zaidi, A., Ullah, A., & Edgar, T. N. (2021). Impact of water sector interventions on economy , equity , and environment in the rainfed region of Punjab , Pakistan. *Environment, Development and Sustainability*, 23(2), 2190–2203. <https://doi.org/10.1007/s10668-020-00669-2>
- Peraturan Bupati Kulon Progo Nomor 31 Tahun 2022 Tentang Standar Harga Satuan Barang dan Jasa Tahun Anggaran 2023, Pub. L. No. 31 Tahun



- 2022.
- PT. AMT Consultants. (2015). *Laporan Akhir Detail Desain Embung Kecamatan Kalibawang, Kulon Progo*.
- Rachmayanie, A. A., Sari, S. R., & Rizani, M. D. (2021). Optimalisasi Pemanfaatan Kolam Retensi sebagai Elemen Lanskap Berkelanjutan pada Kawasan Pendidikan Perkotaan. *RUANG-SPACE, Jurnal Lingkungan Binaan (Space : Journal of the Built Environment)*, 8(2), 151.  
<https://doi.org/10.24843/jrs.2021.v08.i02.p06>
- Rahmi, M., Setiawan, M. A., & Mardiatno, D. (2019). Analisis Kekeringan Berdasarkan Bentuklahan Di Das Bompon. *Media Komunikasi Geografi*, 20(2), 90.  
<https://doi.org/10.23887/mkg.v20i2.18399>
- Saadi, Y. (2013). Post-construction problems of embung in lombok island and the operation and maintenance works. *Procedia Engineering*, 54, 648–660.  
<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2013.03.059>
- TaniKU. (2016). *Info Agrowisata*. <http://taniku.kulonprogokab.go.id/agrowisata/detail/2>
- Thanh, V. Q., Roelvink, D., van der Wegen, M., Tu, L. X., Reyns, J., & Linh, V. T. P. (2020). Spatial Topographic Interpolation for Meandering Channels. *Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering*, 146(5), 1–11.  
[https://doi.org/10.1061/\(asce\)ww.1943-5460.0000582](https://doi.org/10.1061/(asce)ww.1943-5460.0000582)
- Trivedi, A., Awasthi, M. K., & Singh, M. (2022). Application of RS and GIS for Determination of Various Criteria Causing Drying of Kanari River System. In P. Kumar, G. K. Nigam, M. K. Sinha, & A. Singh (Eds.), *Water Resources Management and Sustainability* (pp. 305–332). Springer Nature.
- Trubus, R. (2017). *Menabung Air Dalam Embung* (R. Trubus (ed.)). Trubus Swadaya.
- Umugwaneza, A., Chen, X., Liu, T., Mind'je, R., Uwineza, A., Kayumba, P. M., Uwamahoro, S., Umuhiza, J., Gasirabo, A., & Maniraho, A. P. (2022). Integrating a GIS-based approach and a SWAT model to identify potential suitable sites for rainwater harvesting in Rwanda. *Journal of Water Supply: Research and Technology-Aqua*, 00(0), 1–18.  
<https://doi.org/10.2166/aqua.2022.111>
- Wale, A., Abera, M., & Beza, G. (2022). Performance evaluation of technical aspects of ex-situ rainwater harvesting systems at Wag-Lasta, Northern, Ethiopia. *Journal of Applied Water Engineering and Research*, 10(1), 39–51.  
<https://doi.org/10.1080/23249676.2021.1919572>
- Wulandari, A., & Cahyono, B. K. (2020). Estimasi Volume Sedimentasi Waduk Sermo Menggunakan Metode RUSLE, Batimetri dan Angkutan Sedimen. *JGISE: Journal of Geospatial Information Science and Engineering*, 3(1), 39.  
<https://doi.org/10.22146/jgise.53719>
- Yuniasih, B., Harahap, W. N., Agung, D., & Wardana, S. (2023). *Anomali Iklim El Nino dan La Nina di Indonesia pada 2013-2022*. 6(2), 136–143.

Halaman ini sengaja dikosongkan