

Efektifitas Kinerja Cekdam dalam Upaya Pengendalian Sedimentasi Danau Rawa Pening

Lintang Jata Angghita*, Budi Santosa, Benediktus Yosef Arya Wastunimpuna

Program Studi Rekayasa Infrastruktur dan Lingkungan

lintang.jata@unika.ac.id

Abstract

The problem of sedimentation in natural and artificial water reservoirs is a problem that needs special attention. Rawa Pening is a natural water reservoir that is experiencing siltation and a decrease in storage capacity, so this condition must be anticipated considering the large number of people who depend on the water supply from Rawa Pening, especially during the dry season. The aims of this study is to analyze changes in the rate of sedimentation in three tributaries with sediment control structures that have been constructed, which empties into Rawa Pening. This can be done by analyzing the sedimentation rate of check dam pre-construction and post-construction conditions using the USLE method. In order to verify the resulting sedimentation analysis data, it is carried out by taking water samples directly at the estuary of the tributary. From the results that have been carried out with the Legi Checkdam, Parat Checkdam, and Sraten Checkdam it was able to reduce 9.27% of Rawa Pening Lake sediment. This condition shown that built checkdam not effective to control and reduce sedimentation to Rawapening Lake.

Keywords: Sedimentation, Conservation, Lake, Infrastructure, USLE

Abstrak

Permasalahan sedimentasi pada tampungan air alami dan buatan merupakan permasalahan yang perlu mendapat perhatian khusus. Rawa Pening merupakan tampungan air alami yang mengalami pendangkalan dan penurunan kapasitas tampungan, sehingga kondisi tersebut harus diantisipasi mengingat banyaknya penduduk yang menggantungkan suplai air dari Rawa Pening ini terutama pada musim kemarau. Penelitian ini memiliki tujuan untuk menganalisis perubahan laju sedimentasi pada tiga anak sungai, dengan bangunan pengendali sedimen yang sudah terbangun, yang bermuara ke Rawa Pening. Untuk menganalisis laju sedimentasi pada muara anak sungai digunakan metode USLE (*Universal Soil Loss Equation*). Analisis laju sedimentasi dilakukan pada kondisi pra-konstruksi dan pasca konstruksi cekdam. Verifikasi data analisis sedimentasi yang dihasilkan dilakukan dengan cara pengambilan sample air secara langsung di muara anak sungai yang dimaksud. Dari hasil yang telah dilakukan dengan adanya cekdam Legi, Cekdam Parat, dan Cekdam Sraten ini mampu mereduksi 9,27% sedimen Danau Rawa Pening. Kondisi ini menunjukkan bahwa kemampuan reduksi cekdam yang ada kurang efektif dibandingkan dengan sedimentasi yang ada.

Kata kunci: Sedimentasi, Konservasi, Danau, Infrastruktur, USLE

PENDAHULUAN

Danau Rawa Pening mulai beroperasi menyuplai air untuk keperluan PLTA Jelok Timo, irigasi, pemenuhan kebutuhan air bersih, budidaya perikanan dan juga pariwisata sejak tahun 1912. Banyaknya jumlah penerima manfaat air dari Danau Rawa Pening ini menyebabkan Danau Rawa Pening ini masih diupayakan semaksimal mungkin tampungan airnya (Soeprbowati, 2012). Terdapat 9 anak sungai yang bermuara di Danau Rawa Pening ini, yaitu : (1) Sungai Panjang, (2) Sungai Ringis, (3) Sungai Sraten, (4) Sungai Parat, (5) Sungai Legi, (7) Sungai Galeh, (8) Sungai Torong, dan (9) Sungai Kedungringin, yang memberikan suplai material sedimentasi ke dalam tampungan Danau Rawa Pening (Sadewo et al., 2022). Pada waduk dan danau di Indonesia, termasuk Danau Rawa Pening, erosi lahan yang berasal dari Daerah Tangkapan Air (DTA) menjadi penyebab utama peningkatan produksi sedimen yang mengakibatkan pendangkalan dan pengurangan kapasitas tampungan (Marhendi, 2013). Meningkatnya jumlah sedimentasi yang berasal dari DTA dan masing-masing anak sungai ini mengakibatkan penurunan kapasitas tampungan air (Sumaryono et al., 2011)

Pembangunan cekdam merupakan salah satu alternatif dalam mereduksi dan mengontrol laju sedimentasi pada suatu DTA. Tingginya sedimen yang terbawa masuk bersama aliran sungai ke Danau Rawa Pening melalui 9 anak sungai tersebut menjadi dasar pembangunan bangunan pengendali sedimen/ cekdam. Dari sembilan anak sungai yang bermuara ke Danau Rawa Pening, pada tahun 2019 telah dibangun 3 cekdam di Sungai Legi, Sungai Parat dan Sungai Sraten (Alfianto et al., 2021) Pembangunan cekdam ini merupakan alternatif penanggulangan dan pengendalian laju sedimentasi di suatu Daerah Tangkapan Air (Julia, 2017). Luas area genangan Danau Rawa Pening ini sekitar 26,67 km² pada saat musim hujan,

sedangkan pada musim kemarau berkurang menjadi 16,5 km² (LIPI, 2015). Permasalahan sedimentasi pada tampungan air alami dan buatan merupakan permasalahan yang perlu mendapat perhatian khusus. Sedimentasi didefinisikan sebagai proses alamiah yang mengakibatkan material sehingga material yang terlarut di dalam air mengendap. (Rachman et al., 2021). Total sedimentasi di Danau Rawa Pening pada tahun 2020 mencapai 4.752.961,04 ton (Indrayati & Hikmah, 2018). Kandungan sedimentasi yang terlarut di dalam Danau Rawa Pening ini memiliki karakteristik butiran halus yang mengandung senyawa organik, sehingga berpotensi meningkatnya pertumbuhan tanaman eceng gondok di area genangan Danau Rawa Pening ini (Pambudi & Fikri Abubakar, 2020).

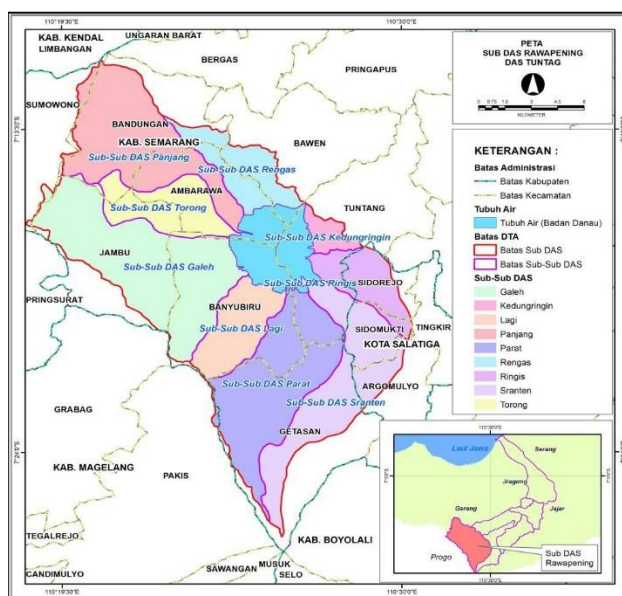
Mengingat pentingnya pemanfaatan air dari Danau Rawa Pening ini, menyebabkan pengukuran laju erosi dan sedimentasi menjadi sangat penting dilakukan. Peninjauan kinerja bangunan pengendali sedimen ini dilakukan sebagai bahan evaluasi kinerja penanganan yang telah dilakukan (Apriliyana, 2015; Natalia et al., 2022). Untuk membuktikan penggunaan teknologi sabo (cekdam) sebagai salah satu cara pengendalian sedimen (Natalia dkk., 2022), perlu dilakukan analisis dan kinerja bangunan pengendali sedimen di anak sungai Danau Rawa Pening. Berbeda dari hasil penelitian terdahulu yang sudah dilakukan oleh Sadewo dkk, 2022, tinggi laju sedimentasi pada sembilan anak sungai yang bermuara ke Rawa Pening tidak dibandingkan dengan kondisi aaktual dan pengaruh bangun pengendali sedimen yang ada.

Penelitian ini dilaksanakan untuk menganalisis efektifitas bangunan cekdam terhadap upaya pengendalian laju sedimentasi potensial di Sungai Legi, Sungai Parat, dan Sungai Sraten. Pada kondisi tanpa adanya bangunan pengendali sedimen analisis dilakukan dengan

menggunakan *Universal Soil Loss Equation* (USLE). Pada tahap selanjutnya untuk menguji kesesuaian dengan kondisi sedimentasi aktual setelah adanya bangunan pengendali sedimen beroperasi dilakukan pengambilan sample dan pengujian sample sedimentasi. Hasil akhir dari penelitian ini adalah pengurangan prosentase pengurangan sedimen yang masuk ke dalam Rawa Pening sebagai dampak kinerja cekdam yang dibangun.

LANDASAN TEORI

Danau Rawa Pening sebagai ujung akhir aliran air dari sembilan anak sungai, yakni Sungai Ringis, Sungai Sragen, Sungai Parat, Sungai Legi, Sungai Galeh, Sungai Torong, Sungai Panjang, dan Sungai Kedungringin. Masing-masing sungai tersebut memiliki daerah tangkapan air (DTA). Adapun luas DTA yang dimaksud ditampilkan pada Gambar 1 dan Tabel 1 berikut (Wulandari et al., 2021).



Gambar 1.
Peta DTA Rawa Pening

Tabel 1.
Luas Sub-DAS Rawa Pening

No	Nama Sub-Sub DAS	Luas (Ha)	Persentase (%)
1	Kedungringin	487,85	1,79
2	Ringis	1.469,94	5,38
3	Sragen	3.776,09	13,83
4	Parat	4.485,53	16,43
5	Legi	1.755,55	6,43
6	Galeh	5.714,61	20,93
7	Torong	1.866,94	6,84
8	Panjang	4.220,22	15,45
9	Rengas	1.680,42	6,15
	Jumlah	25.457,15	93,22

Sumber : Hasil Analisis, 2023

Proses analisis laju sedimentasi sangat erat hubungannya dengan kejadian erosi di daerah tangkapan air. Erosi tanah adalah proses terkikisnya lapisan permukaan tanah yang terjadi karena pergerakan eksternal (air dan atau angin) yang mengakibatkan partikel tanah berpindah ke tempat lain melalui media air, berupa terbawa dalam aliran air Sungai dan terbawa angin. Komponen penyebab erosi adalah iklim, tanah, topografi, vegetasi, dan aktivitas manusia.

Iklim

Iklim memiliki pengaruh langsung terhadap kejadian erosi melalui energi kinetis air hujan, yang dipengaruhi oleh intensitas hujan dan diameter butiran air. Intensitas hujan yang tinggi dengan durasi hujan pendek memiliki potensi erosi lebih besar dibandingkan dengan hujan intensitas rendah yang lama. Pengaruh iklim tidak langsung dapat diamati berdasarkan pertumbuhan vegetasi. Pada lingkungan dengan kondisi iklim yang stabil, fluktuasi suhu yang memiliki simpangan relative kecil dan curah hujan merata, pertumbuhan vegetasi akan terjadi dengan optimal sehingga peluang kejadian erosi akan lebih kecil (Arsyad, 1989).

Tanah

Tanah memiliki fungsi sebagai proteksi dari gerusan air hujan, yang dapat dikategorikan sebagai ketahanan terhadap daya rusak air, tanah juga berfungsi sebagai tempat terjadinya penyerapan air ke dalam tanah (Rahim & Damiri, 2018). Sifat tanah yang berkaitan erat terhadap erosi adalah (Arsyad, 1989):

Tekstur tanah

Tanah andosol dengan unsur dominan clay atau tanah liat, memiliki ikatan antar partikel yang dikategorikan bagik atau kuat. Tanah dengan jenis ini tidak mudah tererosi. Sebaliknya, tanah yang memiliki tekstur kasar memiliki kemungkinan tinggi

untuk tererosi. Kondisi tanah ini memiliki kapasitas infiltrasi yang tinggi, sehingga dapat menurunkan aliran permukaan pada DTA. Unsur utama debu dan pasir lembut pada tanah serta sedikit unsur organik, memiliki potensi erosi yang lebih besar.

Unsur organik

Unsur organik pada tanah memiliki kecenderungan memperbaiki struktur tanah. Tingginya kandungan unsur organik mampu meningkatkan permeabilitas tanah, sehingga kapasitas tampungan air tanah dapat meningkat, dan berdampak pada peningkatan kesuburan tanah. Terhadap kepekaan terhadap erosi, tanah yang mengandung unsur organik ini tergolong tanah yang tidak peka terhadap erosi.

Struktur tanah,

Struktur tanah mempengaruhi kemampuan tanah dalam menyerap air tanah. Misalnya, struktur tanah granuler. Tanah yang memiliki tekstur lepas mempunyai kapasitas infiltrasi yang tinggi, sehingga laju aliran permukaan dapat berkurang dan potensi erosi juga kecil.

Permeabilitas tanah

Struktur dan tekstur tanah serta unsur organik lainnya ikut ambil bagian dalam menentukan permeabilitas tanah. Tanah dengan permeabilitas tinggi menaikkan laju infiltrasi, sehingga menurunkan laju infiltrasi.

Topografi

Salah satu penyebab terjadinya erosi adalah tanah dengan kemiringan curam. Kombinasi antara beda tinggi dan panjang lereng mengakibatkan laju erosi tanah meningkat secara signifikan dengan meningkatnya panjang lereng. Laju aliran air permukaan yang besar, disebbabkan oleh lereng panjang yang tidak terputus. Sehingga aliran air terkonsentrasi pada alur alami (Sungai) yang berpotensi mengakibatkan erosi pada badan Sungai.

Posisi lereng juga menentukan kadar terjadinya erosi. Pada lereng yang terletak di bagian bawah tererosi lebih mudah tererosi dibandingkan lereng bagian atas. Hal ini terjadi karena momentum aliran air yang terjadi lebih besar dibandingkan kecepatannya, sehingga aliran lebih terkonsentrasi ketika mencapai lereng bagian bawah.

Vegetasi

Vegetasi memiliki menetralkan factor erosivitas tanah, seperti : karakteristik tanah, intensitas hujan, dan kemiringan lahan/ topografinya. Berikut pengaruh utama vegetasi atau tanaman terhadap erosi antara lain :

- Memproteksi permukaan tanah dari tumbukan langsung air hujan, yang mengakibatkan penurunan kecepatan dan gaya air hujan yang turun ke tanah, serta memecah diameter air hujan menjadi lebih kecil
- Mereduksi kecepatan aliran air permukaan
- Menahan partikel-partikel tanah pada tempatnya melalui system perakaran dan seresah yang dihasilkan

- Menjaga kapasitas tanah sehingga dapat menyerap air lebih banyak.

Efektifitas tutupan lahan dalam mereduksi erosi tergantung pada ketinggian dan kontinuitas tutupan lahan, kerapatan tutupan lahan, dan kerapatan perakaran (Arsyad, 1989)

Kegiatan Manusia

Kegiatan manusia merupakan salah satu faktor paling penting terhadap terjadinya erosi tanah yang cepat dan intensif. Adapun kegiatan yang memiliki pengaruh terhadap erosi adalah perubahan fungsi lahan, perubahan tutupan lahan, penggundulan hutan, peralihan lahan perkebunan menjadi permukiman, dan lain sebagainya. Oleh karena itu, faktor kegiatan manusia memegang peranan penting terutama dalam usaha-usaha pencegahan erosi, sebab manusia dapat mempengaruhi faktor-faktor penyebab erosi lainnya, kecuali iklim.

Kejadian erosi yang terjadi memberi dampak yang tidak hanya diterima secara langsung oleh area yang tererosi, melainkan juga wilayah sekitarnya. Tabel 2 berikut menjabarkan dampak erosi.

Tabel 2.
Dampak Erosi

Bentuk Dampak	Dampak Lingkungan di Area Kejadian Erosi	Dampak Lingkungan di Luar Area Kejadian Erosi
Langsung	<ul style="list-style-type: none"> - Hilangnya lapisan tanah tempat tumbuhnya akar - Hilangnya unsur hara - Rusaknya struktur tanah - Rusaknya bangunan konservasi dan bangunan lainnya - Kerugian bagi petani/ penggarap pemilik tanah 	<ul style="list-style-type: none"> - Pendangkalan waduk, sungai, saluran, dan badan air lainnya - Timbulnya lahan pertanian, jalan dan bangunan lainnya - Kerusakan ekosistem perairan (tempat bertelurnya ikan, terumbu karang, dsb) - Kehilangan nyawa dan harta oleh banjir - Meningkatnya frekuensi dan masa kekeringan
Tidak Langsung	<ul style="list-style-type: none"> - Timbulnya dorongan/ tekanan untuk membuka lahan baru - Timbulnya keperluan akan perbaikan lahan dan bangunan yang rusak 	<ul style="list-style-type: none"> - Kerugian oleh memendeknya umur layanan waduk - Meningkatnya frekuensi dan besarnya banjir

Sumber : (Arsyad, 1989)

METODE PENELITIAN

Analisis Laju Sedimentasi

Tahapan analisis upaya pelestarian tanah secara umum dilakukan melalui beberapa tahap. Tahap pertama adalah identifikasi probabilitas gerusan pada tanah yang dimaksud, selanjutnya adalah penetapan jenjang kerentanan erosi. Pada tahap selanjutnya penentuan fungsi lahan pada Kawasan serta rencana perbaikan yang akan dilakukan (Rompaey et al., 2005).

Tahap penentuan jenjang kerentanan erosi dilakukan analisis untuk memprediksi hilangnya partikel tanah dalam jumlah maksimum pada lahan yang tidak mengalami peralihan fungsi lahan (Nugroho, 2017). Salah satu model empiris yang umum dipergunakan dalam analisis laju sedimentasi adalah Universal Soil Loss Equation (USLE). Tingkat akurasi model ini ditentukan oleh beberapa hal, yaitu : indeks panjang dan kemiringan lereng (LS), erosivitas curah hujan (R), erodibilitas tanah, manajemen tanaman penutup tanah dan teknik konservasi (CP) yang dapat diturunkan dari berbagai model yang berbeda (Alatorre et al., 2010). Total prediksi tanah yang tererosi dapat dihitung dengan menggunakan formula USLE.

$$A = R \times K \times Ls \times C \times P$$

Keterangan :

- A = total kehilangan tanah dalam satu tahun (t/tahun)
- R = komponen erosivitas hujan dan aliran permukaan, (KJ/ha)
- K = komponen erodibilitas tanah, (ton/KJ)
- Ls = komponen panjang dan kemiringan lereng
- C = komponen vegetasi dan pola pengelolaan tutupan lahan
- P = komponen tindakan pelestarian praktis

Erosivitas Hujan

Erosivitas hujan merupakan komponen utama dalam analisis nilai erosi (Yin et al., 2015). Di negara tropis yang memiliki kekhasan curah hujan tinggi, komponen erosivitas hujan sangat berpengaruh (Lee & Heo, 2011). Penentuan erosivitas hujan dilakukan dengan menggunakan metode matematis berdasarkan hubungan antara erosivitas (R) dan curah tahunan yang dapat dianalisis dengan menggunakan rumus berikut:

$$R = 237,4 + 2,61Y$$

keterangan:

R = erosivitas hujan tahunan rerata (N/h)

Y = jumlah curah hujan tahunan (cm)

Faktor Erodibilitas Tanah (K)

Faktor erodibilitas tanah disebut juga sebagai kondisi sensitivitas tanah terhadap erosi. Hal ini menunjukkan kemampuan tanah untuk mempertahankan bentuknya sehingga tidak berubah bentuk, terkikis, dan berpindah tempat karena terangkut atau terbawa bersama aliran air (Hartawan et al., 2021). Kemampuan tanah ini bergantung pada sifat tanah, antara lain : tekstur tanah, kestabilan agregat, tahanan geser tanah, kapasitas penyerapan tanah (infiltrasi), serta bahan organik dan kimiawi yang terkandung di dalamnya. Faktor lain yang mempengaruhi kemampuan tanah untuk mempertahankan bentuknya adalah kondisi kemiringan tanah, topografi, kelerengan, dan beban bekerja di atas tanah akibat kegiatan makhluk hidup di atasnya (Pratama et al., 2019).

Dalam proses analisis untuk penggunaan analisis secara sederhana, erosi lahan dianalisis dan diproyeksikan ke beberapa tahun mendatang ataupun periodik tiap

tahun. Pada kondisi tersebut erodibilitas tanah adalah karakteristik tanah secara umum yang menggambarkan perilaku tanah akibat gaya dan tekanan yang bekerja akibat curah hujan dalam jangka waktu tertentu.

Pada analisis menggunakan pendekatan formula USLE, erodibilitas tanah dianalisis sebagai suatu tetapan yang menunjukkan perilaku tanah yang merupakan reaksi terhadap erosivitas (Natalia et al., 2022). Adapun erosivitas yang digunakan untuk memproyeksikan rerata erosi tanah dalam jangka waktu tertentu. Oleh karena keterbatasan untuk melakukan percobaan langsung di lapangan, maka besarnya nilai K untuk beberapa kondisi tanah di Indonesia dapat menggunakan acuan Tabel 3 berikut ini.

Tabel 3.
Nilai K untuk Jenis Tata Tanah di Indonesia

No.	Jenis Tanah	Nilai K
1.	Latosol	0,02
2.	Alfisol merah kuning	0,05
3.	Alfisol Wonosari	0,21
4.	Ultisol	0,15
5.	Inceptisol	0,11
6.	Vertisol	0,24

Sumber : (Arsyad, 1989)

Berdasarkan Tabel 3, tanah latosol yang dimaksud adalah tanah yang memiliki kandungan utama vulkanik. Bentuk lain tanah latosol ini adalah inceptisol dan oxic subgroup. Tanah alfisol memiliki karakteristik tanah mediteran berwarna merah kuning dengan kandungan utama bahan vulkanik. Tanah alfisol wonosari memiliki kandungan utama breksi dan batuan liat. Tanah ultisol merupakan bagian tanah podsolik berwarna merah kuning dengan kandungan utama batuan liat. Tanah Inceptisol atau tanah regosol sentolo memiliki komponen utama batuan liat. Tanah Vertisol adalah tanah grumusol blitar dengan komponen utama batuan serpih atau shale (Nurandani et al., 2013). Formula

yang umum digunakan untuk menentukan nilai K adalah dengan persamaan berikut:

$$K = \frac{2,731M^{1,14}(10^{-4})(12-a)+3,25(b-2)+2,5(c-3)}{100}$$

Keterangan :

- K = komponen erodibilitas tanah
- b = kode strukur tanah
- M = kondisi ukuran butir
- c = kode permeabilitas tanah
- a = Prosentase kandungan bahan organik (% C x 1,724)

Kemiringan Dan Panjang Lereng

Faktor kemiringan dan Panjang lereng (LS) merupakan gabungan antara komponen panjang lereng (L) dan komponen kemiringan lereng (S). Kedua komponen yang dimaksud tersebut memiliki peranan dalam factor erodibilitas. Faktor kemiringan dan Panjang lereng atau LS ini merupakan proporsi antara panjang dan kemiringan tertentu terhadap besarnya erosi. Nilai LS untuk segala panjang dan kelerengan dapat dianalisis dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$LS = \sqrt{\frac{L}{100}(0,136 + 0,097S + 0,0139S^2)}$$

Keterangan :

- L = panjang lereng (m) yang diperoleh dari hasil pengukuran antara titik awal terjadinya aliran sampau dengan lokasi awal terjadinya endapan. Pengendapan ini merupakan akibat dari perubahan kemiringan dasar sungai menjadi lebih landai.
- S = derajat kemiringan lereng (derajat),
- z = sebuah tetapan atau konstanta dimana nominalnya sesuai dengan nilai S.

Tabel 4 berikut menunjukkan nilai z pada masing-masing nilai S.

Tabel 4.
Nilai Konstanta z Sesuai Derajat Kemiringannya

No.	Nilai S	Nilai z
1	>5%	0,5
2	3% < S < 5%	0,4
3	1% < S < 3%	0,3
4	1% > S	0,2

Sumber : (Arsyad, 1989)

Selain menggunakan formula diatas, koefisien faktor LS dapat ditentukan dengan menggunakan nomograf. Adapun nomograf yang umum digunakan adalah sesuai Table 5 berikut.

Tabel 5.
Penilaian Indeks Kemiringan Lereng (LS)

No.	Slope	Penilaian LS
1	< 8%	0,4
2	8-15%	1,4
3	15-25%	3,1
4	25-40%	6,8
5	> 40%	9,5

Sumber : (Arsyad, 1989)

Faktor Vegetasi Tutupan Lahan dan Manajemen Tanaman (C)

Faktor vegetasi tutupan lahan menunjukkan perbandingan antara jumlah erosi pada tanah yang ditumbuhi vegetasi tertentu dengan penanganan tertentu dan pada tanah yang tidak ditumbuhi vegetasi (tanah gundul), yang dapat diformulasikan sebagai berikut:

$$C = \frac{\text{Luas lahan tertanam}}{\text{Luas lahan gundul}}$$

Faktor ini digunakan untuk mengukur kombinasi pengaruh tanaman dan pengelolannya. Pada tanah yang tidak ditanami atau sering disebut sebagai tanah gundul atau petak baku, nilai factor vegetasi tutupan lahan C adalah sebesar 1,0. Untuk

menganalisis besarnya nilai C tahunan harus memperhatikan kondisi vegetasi dan perubahan pemanfaatan atau penggunaan tanah setiap tahun.

Tabel 6.
Nilai Curah Hujan Tahunan DTA Rawa Pening

No	Nama Sub DAS	Curah hujan Max (mm)	R
1	Kali Sraten	341	326,401
2	Kali Parat	338	325,618
3	Kali Legi	348	328,228

Sumber : Hasil Analisis, 2023

Perhitungan Nilai Erodibilitas

Nilai erodibilitas dianalisis berdasarkan kondisi tata guna lahan pada DTA yang ditinjau. Rincian tata guna lahan yang ada di DTA Kali Legi, Kali Parat, dan Kali Sraten disajikan pada Tabel 7 berikut.

Tabel 7.
Luas tata guna lahan sub-DTA yang ditinjau

Penggunaan Lahan (Ha)	Nama Sub DTA		
	Kali Sraten	Kali Parat	Kali Legi
Permukiman	1117,5	520	172,5
kebun	890	1040	950
sawah	1350	1200	450
tegalan	446,6667	0	0
perkebunan	0	0	0
hutan	675	700	175

Sumber : Hasil Analisis, 2023

Dengan menjumlahkan hasil perkalian antara luas sub tata guna lahan dan nilai K sesuai tabel 3, maka nilai erodibilitas masing-masing sub DTA yang ditinjau ditampilkan pada Tabel 8 berikut.

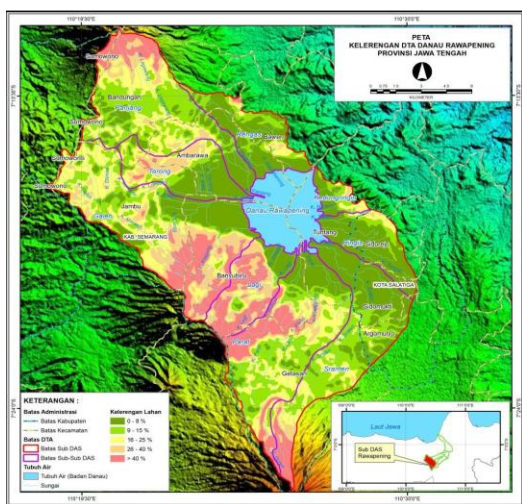
Tabel 8.
Nilai Erodibilitas sub DTA yang Ditinjau

No	Nama Sub DTA	Nilai K
1	Kali Sraten	0,16
2	Kali Parat	0,11
3	Kali Legi	0,10

Sumber : Hasil Analisis, 2023

Perhitungan Panjang Lereng

Dengan menggunakan peta keluerengan yang ditampilkan pada Gambar 2 berikut, nilai Panjang lereng (LS) dapat dianalisis.



Gambar 2.
Peta Keluerengan

Sumber : Hasil Analisis, 2023

Berdasarkan peta keluerengan pada Gambar 2, panjang lereng dan keluerengan yang diperlukan untuk menentukan nilai LS dapat diperoleh. Tabel 9 berikut menunjukkan nilai LS pada masing-masing sub DTA yang ditinjau.

Tabel 9.
Nilai LS sub DTA yang Ditinjau

No	Nama Sub DTA	Nilai LS
1	Kali Sraten	2,65
2	Kali Parat	3,04
3	Kali Legi	3,93

Sumber : Hasil Analisis, 2023

Perhitungan Faktor Tanaman Tutupan Lahan

Nilai koefisien C untuk penggunaan lahan sesuai dengan lokasi studi adalah sebagaimana tercantum pada table berikut

Tabel 10.
Besaran Nilai CP DTA Rawa Pening

No	Nama Sub DTA	Nilai CP
1	Kali Sraten	0,30
2	Kali Parat	1,12
3	Kali Legi	0,85

Sumber : Hasil Analisis, 2023

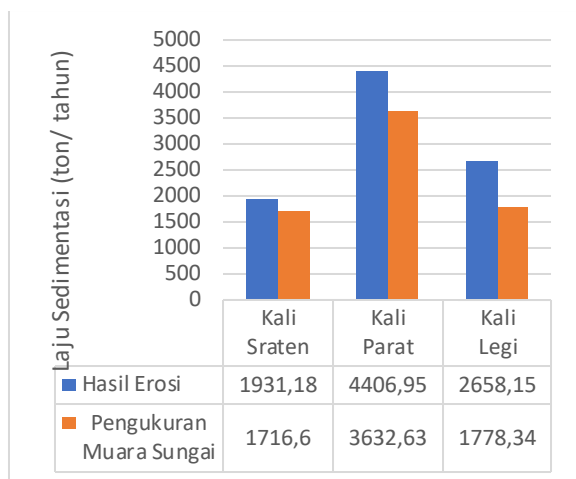
Perhitungan Laju Sedimentasi USLE

Analisis dilakukan dengan menggunakan formula USLE dengan hasil pengukuran laju sedimentasi pada kondisi tahun 2023 di sub DTA Parat, Legi, dan Sraten ditampilkan pada Tabel 11 berikut.

Tabel 11.
Perhitungan Sedimentasi

No	Nama Sub DAS	Laju Sedimentasi (ton/tahun)		Prosentase Pengurangan Sedimen
		USLE	Pengukuran langsung	
1	Kali Sraten	1.931,18	1.716,6	11,11%
2	Kali Parat	4.406,95	3.632,63	17,57%
3	Kali Legi	2.658,15	1.778,34	33,10%

Sumber : Hasil Analisis, 2023



Gambar 3.
Perbandingan Laju Sedimentasi

Sumber : Hasil Analisis, 2023

Gambar 3 memvisualisasikan perbandingan laju sedimentasi pada Sungai Sraten, Sungai Parat, dan Sungai Legi kondisi sebelum dan sesudah cekdam beroperasi. Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan, Cekdam parat, Cekdam Legi, dan Cekdam Sraten yang mulai beroperasi pada tahun 2019, setelah 3 (tiga) tahun beroperasi, cekdam sraten mampu mengurangi sedimen sebanyak 11,11% sedangkan cekdam Parat mampu mengurangi sedimen sebanyak 17,57% dan cekdam Legi mampu mengurangi sedimen sebanyak 33,10%. Kondisi ini menunjukkan bahwa cekdam Kali Sraten dan cekdam Kali Parat legi sudah dalam kondisi 85% terisi, sehingga sedimentasi yang terbawa hampir seluruhnya sampai ke Danau Rawa Pening. Hal ini sebanding dengan kondisi actual cekdam Kali Parat dan Kali Sraten yang sudah penuh terisi sedimen. Kondisi ini menunjukkan bahwa secara menyeluruh, keberadaan bangunan cekdam tidak efektif dalam mengurangi sedimentasi yang ada di Rawa Pening. Kondisi tutupan lahan pada DTA memiliki pengaruh lebih besar dalam jumlah sedimen yang masuk ke dalam DTA.

SIMPULAN

Bangunan cekdam Kali Sraten, Kali Legi, dan Kali Parat yang dikonstruksi

sebagai upaya pengendalian sedimentasi Danau Rawa Pening, mampu mereduksi laju sedimentasi sebesar 9,27% terhadap keseluruhan potensi sedimentasi yang ada. Selama tiga tahun beroperasi, Cekdam Legi mampu mereduksi sedimentasi sebesar 33,10%, cekdam Sraten mampu mereduksi sedimentasi sebesar 11,11%, dan cekdam Parat mampu mereduksi sedimentasi sebesar 17,57%. Kondisi ketiga cekdam tersebut saat ini yang sudah terisi penuh oleh sedimentasi, dan tidak efektif dalam mengendalikan sedimen Rawa Pening, selanjutnya diperlukan pengoperasian dan pemeliharaan secara rutin berupa normalisasi untuk mengoptimalkan fungsinya sebagai bangunan pengendali sedimen.

DAFTAR PUSTAKA

- Alatorre, L. C., Beguería, S., & García-Ruiz, J. M. (2010). Regional scale modeling of hillslope sediment delivery: A case study in the Barasona Reservoir watershed (Spain) using WATEM/SEDEM. *Journal of Hydrology*, 391(1–2), 109–123. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2010.07.010>
- Alfianto, A., Cecilia, S., Hidayah, A. N., . A., & Sukatja, C. B. (2021). Pengurangan Potensi laju Sedimentasi Rawapening Melalui Penerapan Teknosabo. *JURNAL SUMBER DAYA AIR*, 17(1), 1–12. <https://doi.org/10.32679/jsda.v17i1.610>
- Apriliyana, D. (2015). Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan Sub DAS Rawapening. *Jurnal Pengembangan Wilayah Dan Kota*, 11(1), 103–116.
- Arsyad, S. (1989). *Konservasi Tanah dan Air* (1st ed., Vol. 1). IPB Press.
- Hartawan, M. B., Suhartanto, E., & Wahyuni, S. (2021). Analisa Erosi dan Sedimentasi Berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) Pada

- Bagian Hulu Das Way Rarem Kabupaten Lampung Utara. *Jurnal Teknologi Dan Rekayasa Sumber Daya Air*, 1(2), 612–621.
- Indrayati, A., & Hikmah, N. I. (2018). Prediksi Sedimen Danau Rawa Pening Tahun 2020 Sebagai Dasar Reservasi Sungai Tuntang Berbasis Sistem Informasi Geografi. *Seminar Nasional Geografi UMS IX, RESTORASI SUNGAI: TANTANGAN DAN SOLUSI PEMBANGUNAN BERKELANJUTAN*, 543–552.
- Julia, H. (2017). Signifikansii Skenario Pembangunan Check Dam dalam Menahan Laju Sedimentasi di Waduk Sempor. *Agrium Jurnal Agroteknologi*, 21(1), 78–88.
- Lee, J.-H., & Heo, J.-H. (2011). Evaluation of estimation methods for rainfall erosivity based on annual precipitation in Korea. *Journal of Hydrology*, 409(1–2), 30–48. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2011.07.031>
- LIPI. (2015). Environmental Conditions and Eutrophication Status of Rawapening Lake of Central Java, Indonesia. *Proceedings of 15th World Lake Conference*, 99–102.
- Marhendi, T. (2013). Strategi Pengelolaan Sedimentasi Waduk. *Techno*, 14(2), 29–41.
- Natalia, A. C., Hambali, R., & Sabri, F. (2022). Analisis Erosi Pada Daerah Aliran Sungai Baturusa. *Jurnal Teknik Sumber Daya Air*, 2(1), 13–24. <https://doi.org/10.56860/jtsda.v2i1.26>
- Nugroho, P. (2017). Estimasi Hasil Air dari Daerah Tangkapan Air Danau Rawa Pening dengan Menggunakan Model Invest. *Majalah Ilmiah Globe, Volume 19*, 157–166.
- Nurandani, P., Subiyanto, S., & Sasmito, B. (2013). Pemetaan Total Suspended Solid (TSS) Menggunakan Citra Satelit Multi Temporal di Danau Rawa Pening Provinsi Jawa Tengah. *Jurnal Geodesi Undip*, 2(4), 72–84.
- Pambudi, S., & Fikri Abubakar, M. (2020). Karakteristik Endapan Danau Rawa Pening di Muara Inlet Sungai Galeh, Kecamatan Ambarawa, Kabupaten Semarang. *KURVATEX*, 5(1), 59–67.
- Pratama, M. I., Legono, D., & Rahardjo, A. P. (2019). Analisis Transpor Sedimen Serta Pengaruh Aktivitas Penambangan pada Sungai Sombe, Kota Palu, Sulawesi Tengah. *Jurnal Teknik Pengairan*, 10(2), 84–96.
- Rachman, R. A., Wibowo, M., Wiguna, E. A., Nugroho, S., Madyani, M., & Santoso, B. (2021, May 22). Kajian Karakteristik Sedimen Dasar di Perairan Sungailiat untuk Mendukung Pengembangan Pelabuhan Perikanan Nusantara Sungailiat, Kab. Bangka. *Buletin Oseanografi Marina*, 10(2), 112–122. <https://doi.org/10.14710/buloma.v10i2.31662>
- Rahim, S. E., & Damiri, N. (2018). Pemanenan Air Hujan dan Prediksi Aliran Alternatif Penyediaan Air Bersih. *Prosiding Seminar Nasional Hari Air Dunia*, 131–140.
- Rompae, A. Van, Bazzoffi, P., Jones, R. J. A., & Montanarella, L. (2005). Modeling sediment yields in Italian catchments. *Geomorphology*, 65(1–2), 157–169. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2004.08.006>
- Sadewo, B. E. C., Ni'am, M. F., & Pedjiastoeti, H. (2022). Prediksi Laju Sedimentasi di Sub DAS Rawapening Kabupaten Semarang. *BRILIANT: Jurnal Riset Dan Konseptual*, 7(1), 220–228. <https://doi.org/10.28926/briliant>
- Soeprbowati, T. R. (2012). Mitigasi Danau Eutrofik : Studi Kasus Danau Rawa Pening. *Prosiding Seminar Nasional Limnologi VI*, 36–48.
- Sumaryono, A., Djudi, & Puspitosari, D. A. (2011). Penerapan Teknologi Sabo pada

Sungai Sungai di Wilayah Gunung Kelud untuk Mengurangi Sedimentasi Waduk Wlingi. *JURNAL SUMBER DAYA AIR*, 7(1), 1–12.

Wulandari, D. A., Sriyana, S., Salamun, S., Kurniani, D., Trisanto, A. N., & Rinaldi, Z. (2021). Peningkatan Pemanfaatan Danau Rawa Pening. *TERAS JURNAL*, 11(2), 282.

<https://doi.org/10.29103/tj.v11i2.477>

Yin, S., Xie, Y., Liu, B., & Nearing, M. A. (2015). Rainfall erosivity estimation based on rainfall data collected over a range of temporal resolutions. *Hydrology and Earth System Sciences*, 19(10), 4113–4126. <https://doi.org/10.5194/hess-19-4113-2015>