



Estimasi Kebutuhan Dimensi Bangunan Penangkap Sedimen pada Saluran Drainase Kota Cirebon Menggunakan Analisis Hidrologi dan Metode USLE

Rian Mantasa Salve Prastica^{1*}, Yosephina Puspa Setyoasri²

¹Teknologi Konstruksi Bangunan Air, Politeknik Pekerjaan Umum, Semarang, Indonesia

²Balai Besar Wilayah Sungai Cimanuk Cisanggarung, Ditjen SDA Kementerian PUPR, Kota Cirebon, Indonesia

¹rian.mantasa.s.p@lecturer.politeknikpu.ac.id*, ²yosephinapuspas@pu.go.id

Abstract

Sediment carried by water is one of the problems that has a negative impact on aquatic ecosystems, especially if the water is used for public consumption. One of the mitigations that can be done is the construction of a sediment trap building so that the water does not contain a lot of solids containing polluting waste nutrients. In this study, the dimensions of the sediment catcher building in Cirebon City were estimated using hydrological analysis and basic hydraulics as research methods. The estimation of erosion and sedimentation rates was carried out using the USLE method. From the results of the analysis, the dimensions of the sediment catcher are required with a height of 2.5 meters and a bottom width of 7 meters and an estimated length of a sediment catcher of 250 meters. Suggestions for future research, it is hoped that the estimation of the construction of this sediment catcher uses a program or analytical tool so that the estimation results are more accurate and effective when implemented in the field.

Keywords: sediment trap, pollutant load, hydraulics analysis, sedimentation hydrology, USLE method

Abstrak

Sedimen yang terbawa air menjadi salah satu permasalahan yang memiliki dampak buruk terhadap ekosistem keairan, terlebih bila air tersebut digunakan sebagai konsumsi masyarakat. Salah satu mitigasi yang dapat dilakukan adalah dengan adanya konstruksi bangunan penangkap sedimen agar air tidak mengandung banyak padatan berisi nutrisi limbah pencemar. Dalam penelitian ini, dilakukan estimasi dimensi bangunan penangkap sedimen di Kota Cirebon menggunakan analisis hidrologi dan hidraulika dasar sebagai metode penelitian. Besarnya estimasi laju erosi dan sedimentasi dilakukan menggunakan metode USLE. Dari hasil analisis, diperlukan dimensi penangkap sedimen dengan ketinggian 2,5 meter dan lebar bawah 7 meter dan estimasi panjang penangkap sedimen 250 meter. Saran penelitian ke depan, diharapkan estimasi konstruksi penangkap sedimen ini menggunakan program atau alat bantu analisis agar hasil estimasi lebih akurat dan efektif bila diimplementasi di lapangan.

Kata kunci: bangunan penangkap sedimen, limbah pencemar, analisis hidraulika, hidrologi sedimentasi, metode USLE

Diterima Redaksi : 2022-06-30 | Selesai Revisi : 2022-07-13 | Diterbitkan Online : 2022-08-01

1. Pendahuluan

Air merupakan kebutuhan paling mendasar manusia dan makhluk hidup lainnya. Pertumbuhan jumlah penduduk akan selalu berbanding lurus dengan peningkatan kebutuhan air baku. Pengelolaan air harus dilakukan secara terpadu dengan berdasarkan lima pilar, yaitu konservasi sumber daya air, pendayagunaan sumber daya air, pengendalian daya rusak air, sistem informasi sumber daya air, dan pemberdayaan masyarakat [1]–[3]. Sayangnya, ketersediaan air saat ini seringkali tidak tepat baik dari lokasi, waktu, jumlah maupun mutu. Hal ini menyebabkan banyak wilayah yang sering terjadi

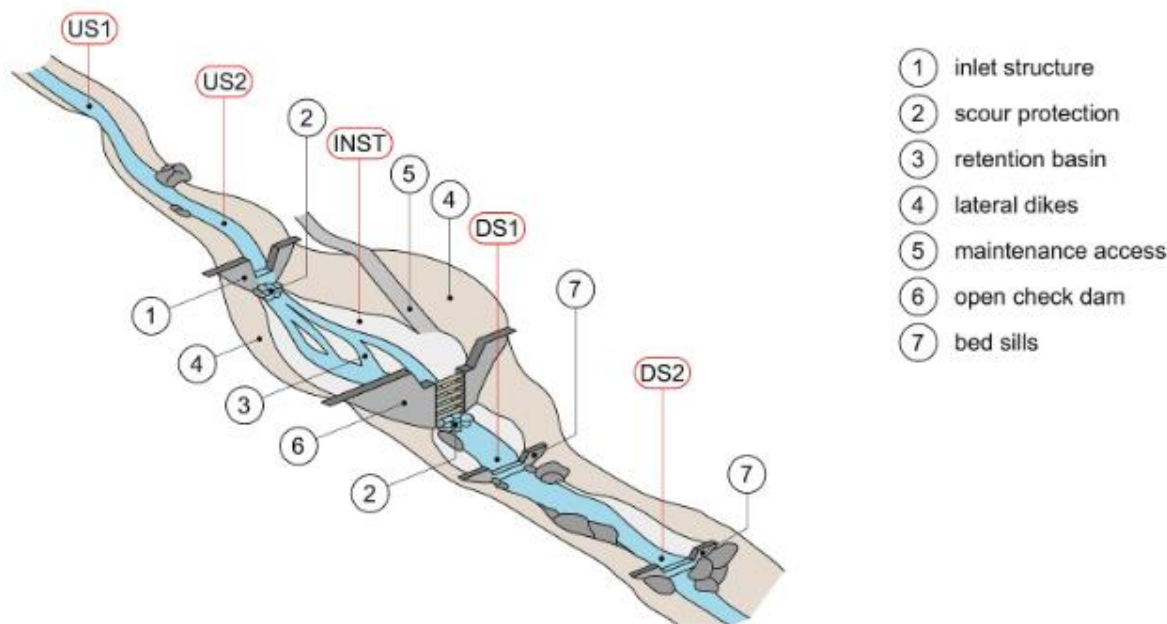
banjir atau kelebihan air, dan banyak juga wilayah yang mengalami kekeringan.

Selain masalah tersebut, ada permasalahan yang ikut bersamaan dengan mengalirnya air, yaitu sedimen [4], [5]. Sedimen merupakan suatu padatan yang terbawa air yang biasanya mengandung nutrisi atau limbah pencemar yang juga dapat menurunkan daya dukung habitat di sekitarnya, terutama bila dijadikan sebagai konsumsi manusia. Diperlukan adanya suatu bangunan penangkap sedimen agar air tidak berlebihan mengandung padatan. Gambar 1 menunjukkan visualisasi desain yang dapat digunakan sebagai konstruksi bangunan penangkap sedimen.



Sebagai studi kasus penelitian, Kota Cirebon digunakan sebagai wilayah penelitian. Kota Cirebon adalah salah satu wilayah yang sering mengalami banjir pada saat musim penghujan. Banjir yang terjadi di sejumlah jalan dan pemukiman Kota Cirebon disebabkan oleh buruknya kinerja sistem drainase yang terjadi akibat adanya pendangkalan pada saluran drainase Kota Cirebon [6]. Pendangkalan ini disebabkan oleh sedimen

atau lumpur yang terbawa air hujan dan mengendap di saluran drainase. Endapan sedimen apabila tidak dilakukan pembersihan secara berkala, dapat mengurangi volume tampungan air pada saluran drainase dan juga banyak nutrisi yang tidak ramah lingkungan dan membahayakan habitat ekosistem perairan [7].



Gambar 1. Struktur bangunan penangkap sedimen [8]

Bangunan penangkap sedimen adalah bangunan yang berfungsi untuk menangkap sedimen, baik sedimen dasar, maupun sedimen layang. Ukuran sedimen yang tertangkap biasanya pada fraksi pasir atau pada ukuran yang lebih besar sehingga tidak turut masuk dan mengendap pada jaringan pengairan, dalam hal ini adalah saluran drainase dan badan air/sungai. Berikut adalah rumus yang digunakan untuk merencanakan bangunan penangkap sedimen digunakan persamaan (1) berikut ini [9].

$$Q_{\text{desain}} = A \times v \quad (1)$$

$$Q_{\text{desain}} = L \times B \times v$$

$$L \times B = \frac{Q_{\text{desain}}}{v}$$

di mana L = panjang bangunan penangkap sedimen, B = lebar bangunan penangkap sedimen, Q desain = debit banjir rancangan, dan v = kecepatan jatuh rencana.

Perencanaan dimensi bangunan penangkap sedimen sebaiknya mengikuti kaidah $L/B > 8$. Hal ini dilakukan untuk mencegah agar tidak terjadi aliran meander pada bangunan penangkap sedimen. Apabila kondisi topografi tidak memungkinkan untuk menerapkan kaidah tersebut, maka bangunan penangkap sedimen perlu dibagi ke arah memanjang dengan dinding

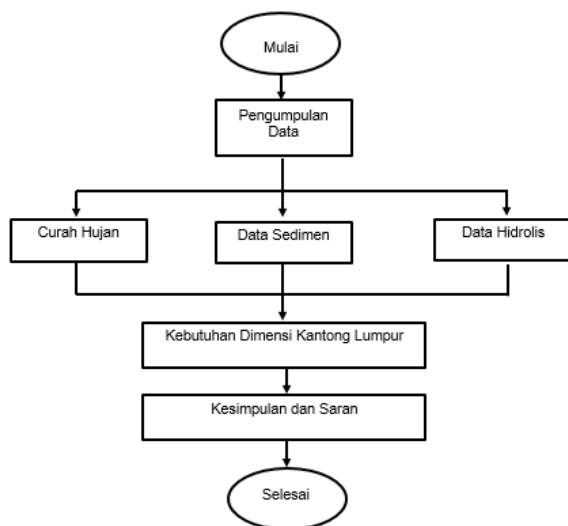
pemisah untuk mencapai perbandingan antar panjang bangunan dan lebar bangunan.

Menyikapi permasalahan endapan sedimen tersebut, diperlukan suatu teknologi pada saluran drainase Kota Cirebon, berupa perencanaan bangunan penangkap sedimen. Bangunan penangkap sedimen yang biasa digunakan pada saluran irigasi, dapat diadaptasi pada saluran drainase sehingga dapat meningkatkan fungsi saluran dalam membuang kelebihan air ke badan air. Bangunan penangkap sedimen juga dapat mengurangi volume sedimen yang ikut mengalir dan berpotensi mengendap di badan air/sungai di Kota Cirebon.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini diselesaikan dengan metode sederhana berupa analisis hidrologi [6], [10], [11] dan hidraulika [12] dasar berupa analisis menggunakan *Microsoft Excel*. Dalam perkembangannya, banyak metode yang digunakan dengan beberapa *software* yang lebih akurat dan berkembang [5], [13], [14], namun hal tersebut menjadi batasan pada penelitian ini dan menjadi rekomendasi pada penelitian berikutnya. Setelah analisis hidrologi dilakukan, analisis dimensi dihitung dengan konsep hidraulika sederhana [9].

Data hujan yang digunakan berasal dari Stasiun Hujan Cirebon dan Stasiun Hujan Cangkol. Berikut adalah kerangka berpikir alur penelitian yang dilakukan.



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

Data hujan yang digunakan menggunakan data hujan tahun 2010 sampai tahun 2019, menggunakan Pos Hujan Kota Cirebon, dan Pos Hujan Cangkol, tertera pada Tabel 1. Tabel 2 dan Tabel 3 menunjukkan analisis curah hujan menggunakan Metode Gumbel dan Tabel 4 menunjukkan analisis Log Pearson tipe III.

Tabel 1. Curah Hujan Wilayah

Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum Tahunan (mm)		Hujan Wilayah
	Sta. Cirebon	Sta. Cangkol	
2010	95,00	80,00	87,50
2011	103,70	70,00	86,85
2012	186,30	100,00	143,15
2013	130,00	61,00	95,50
2014	165,30	68,00	116,65
2015	118,50	80,00	99,25
2016	132,50	130,00	131,25
2017	140,10	120,00	130,05
2018	210,00	216,00	213,00
2019	140,00	104,00	122,00

Tabel 2. Perhitungan Hujan Rencana Metode Gumbel

Tahun	Curah Hujan Xi (mm)	(Xi-X)	(Xi-X) ²
2010	87,50	(35,02)	1.226,40
2011	86,85	(35,67)	1.272,35
2012	143,15	20,63	425,60
2013	95,50	(27,02)	730,08
2014	116,65	(5,87)	34,46
2015	99,25	(23,27)	541,49
2016	131,25	8,73	76,21
2017	130,05	7,53	56,70
2018	213,00	90,48	8.186,63

Tahun	Curah Hujan Xi (mm)	(Xi-X)	(Xi-X) ²
2019	122,00	(0,52)	0,27

Tabel 3. Hujan Rencana Metode Gumbel

T	Yt	K	XT
2,00	0,37	(0,14)	117,46
5,00	1,50	1,06	162,03
10,00	2,25	1,85	191,53
20,00	2,97	2,61	219,84
50,00	3,90	3,59	256,47
100,00	4,60	4,32	283,93
200,00	5,30	5,05	311,28
1.000,00	6,91	6,75	374,64

Tabel 4. Hujan Rencana Metode Log Pearson III

T	KT	Log XT	XT
2,00	0,16	2,05	113,19
5,00	0,76	2,16	145,41
10,00	1,34	2,23	170,22
20,00	1,80	2,29	193,18
50,00	2,04	2,31	205,77
100,00	2,53	2,37	235,38
200,00	3,01	2,43	267,83
1.000,00	3,47	2,48	303,64

Data hujan diuji menggunakan uji chi square, dan uji smirnov-kolmogorof, dengan hasil sebagai Tabel 5 berikut ini.

Tabel 5. Uji Distribusi Hujan

Jenis Uji	Gumbel		Log Pearson III	
	D Hit	D Tabel	D Hit	D Tabel
Uji Chi Kuadrat	5.00	5.99	7.00	5.99
Smirnov-Kolmogorov	D Hit < D tabel = DITERIMA		D Hit > D tabel = DITOLAK	
	0.13	0.41	0.10	0.41

Berdasarkan data Tabel 5, metode terpilih adalah metode Gumbel, karena memiliki nilai D hitung yang paling kecil

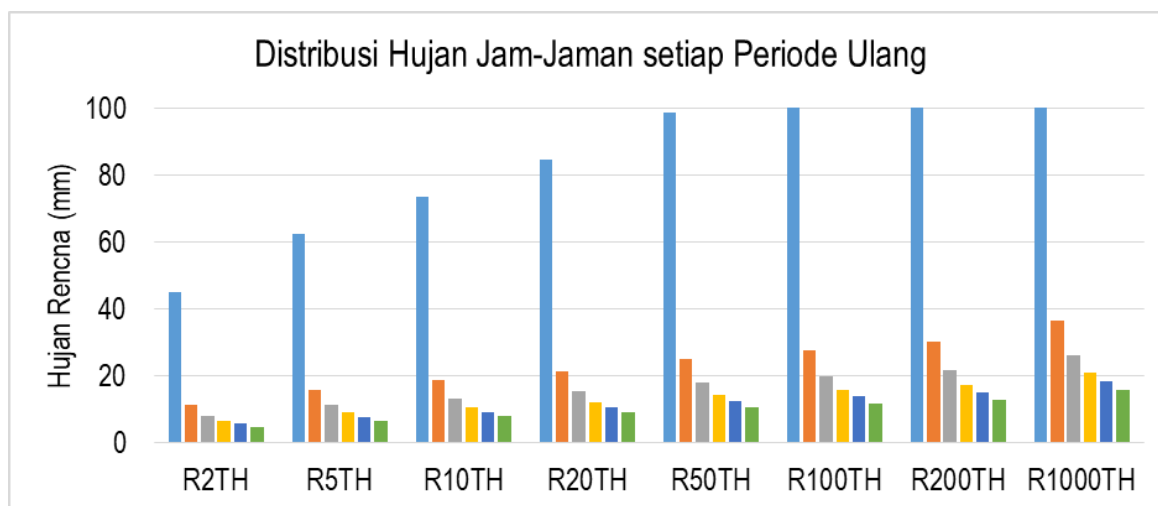
Selanjutnya, analisis distribusi hujan dilakukan dan dihasilkan distribusi hujan selama 6 jam seperti Tabel 6 dan Gambar 2, menggunakan persamaan (2). Sehingga, mendapatkan data hujan kala ulang pada Tabel 7.

$$RT = \frac{R_{24}}{6} x \left(\frac{6}{t} \right)^{2/3} \quad (2)$$

Tabel 6. Distribusi hujan selama 6 jam

T (Jam)	RT (R ₂₄)	Rt Rasio Hujan (%)
1	0.5503	55.0%
2	0.3467	14.0%
3	0.2646	10.0%

T (Jam)	RT (R ₂₄)	Rt Rasio Hujan (%)
4	0.2184	8.0%
5	0.1882	7.0%
6	0.1667	6.0%
Total		100%



Gambar 2. Distribusi hujan jam-jaman setiap periode ulang

Tabel 7. Hujan kala ulang

Tahun	Hujan (mm)
2	117.46
5	162.03
10	191.53
20	219.84
50	256.47
100	283.93
200	311.28
1000	374.64

$$V = 308.836,92 \text{ m}^3.$$

Berdasarkan analisis distribusi hujan jam-jaman di atas, estimasi debit yang terjadi pada Kota Cirebon dianalisis menggunakan persamaan (3) sebagai berikut.

$$Q = 0,278xcxIx A \quad (3)$$

$$Q = 0,278 \times 0,5991 \times 98,30 \times 62,38$$

$$Q = 1021,29 \text{ m}^3 \text{ per detik.}$$

Koefisien limpasan pada Kota Cirebon didapatkan dari data sekunder dengan nilai sebesar 0,5991. Dengan debit yang terjadi, maka volume tampungan untuk desain penangkap sedimen adalah persamaan (4) sebagai berikut.

$$V = 0,0005 \times Q_n \times t \quad (4)$$

$$V = 0,0005 \times 1021,29 \times 7 \times 24 \times 3600$$

Namun, estimasi volume tampungan dengan metode rasional tidak efektif karena tampungan yang direncanakan adalah untuk sedimentasi, sedangkan volume tampungan yang direncanakan dari persamaan (3) dan (4) adalah pendekatan tampungan debit air [6]. Sehingga, diperlukan analisis erosi dan sedimentasi pada wilayah tinjauan yang lebih efektif untuk estimasi desain penangkap sedimen. Pada penelitian ini, estimasi volume tampungan sedimen direncanakan menggunakan metode USLE [15], [16].

Analisis erosi dilakukan dengan perhitungan indeks erosivitas hujan (R), faktor erodibilitas tanah (K), faktor panjang dan kemiringan lereng (LS), dan pengelolaan dan konservasi tanah (CP) menggunakan sistem informasi geografis (SIG) pada DAS tinjauan, sesuai Gambar 3 dan Gambar 4.

Berdasarkan hasil analisis pada Gambar 3 dan Gambar 4, rekapitulasi hasil erosi dan sedimentasi pada sungai tinjauan adalah sebagai berikut.

$$\text{Jumlah erosi} = 341.682,23 \text{ ton/tahun}$$

$$\text{Laju erosi} = 273,36 \text{ ton/ha/tahun}$$

$$\text{Nilai erosi} = 2,0$$

$$\text{SDR} = 0,429$$

Sehingga hasil sedimen yang dihasilkan pada DAS terkait diestimasi sebesar 146.553,52 ton/tahun

dengan ketebalan erosi lahan mm/tahun. Dengan kondisi luas daerah layanan adalah 1249,93 hektar, maka pendekatan volume penangkap sedimen yang terjadi adalah sebesar 55.595,56 m³.

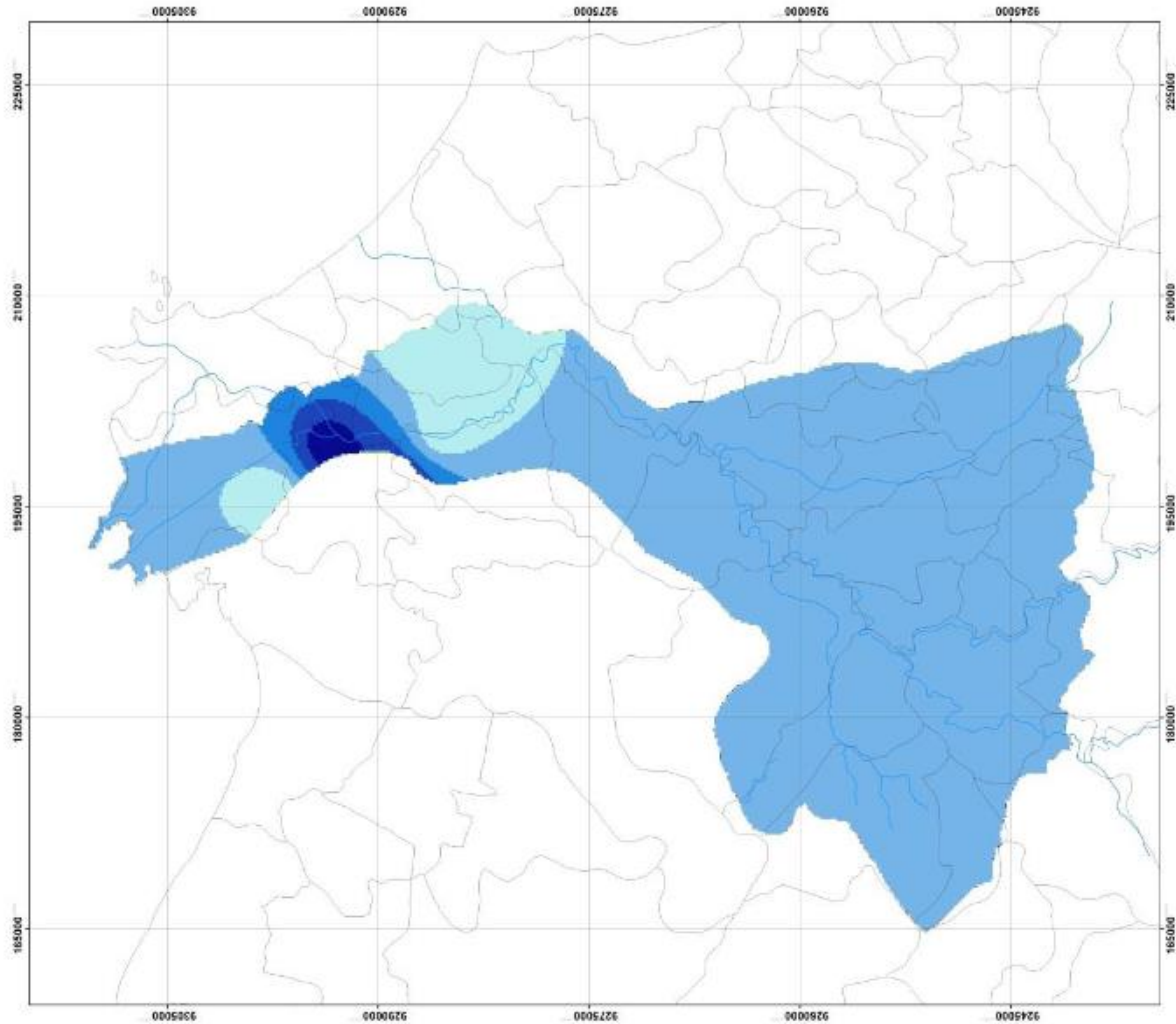
$$\text{Jumlah lubang seharusnya} = \frac{55.595,56}{4.375} = 12 \text{ outlet.}$$

Dengan kondisi tersebut maka, volume yang bisa ditampung adalah sebesar 94,43%.

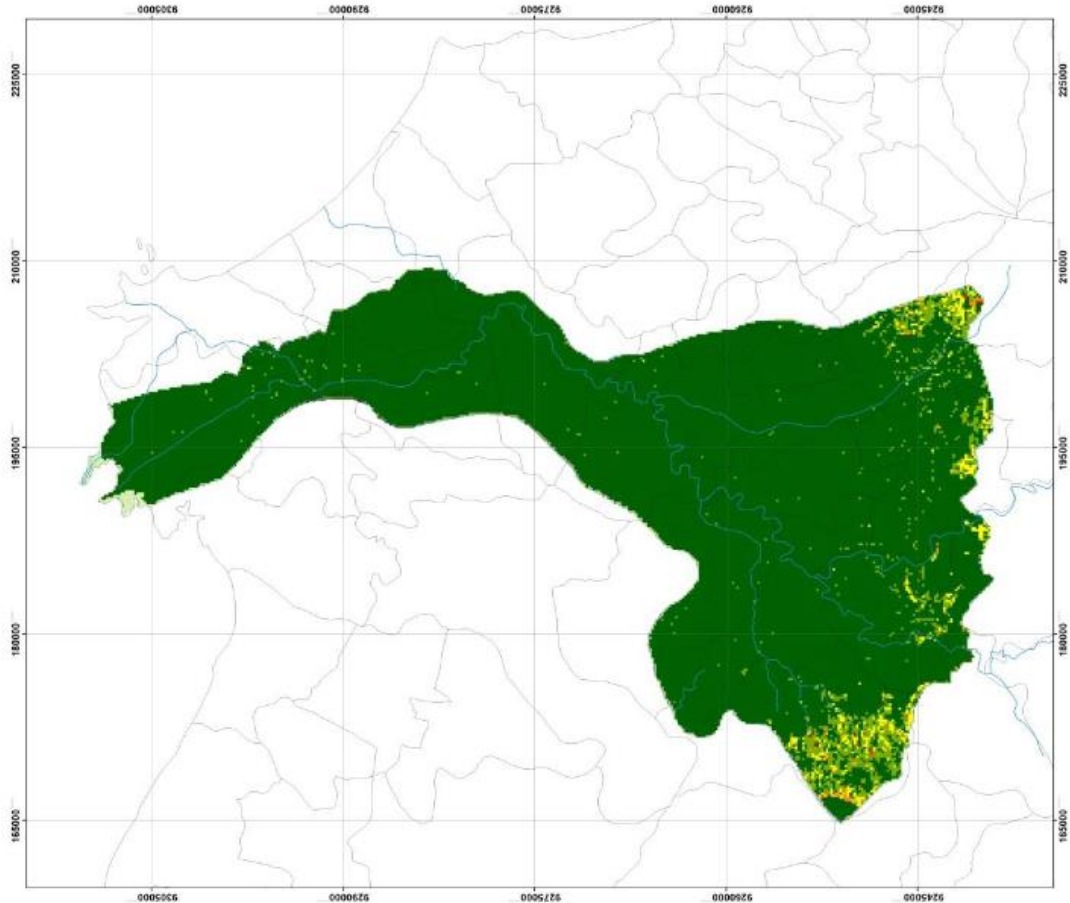
Desain kantong lumpur dengan volume tampungan tersebut adalah sebagai berikut.

- H = 2,5 m
- B = 7 m
- L = 250 m
- Jarak = 500 m
- Volume = 4.375 m³

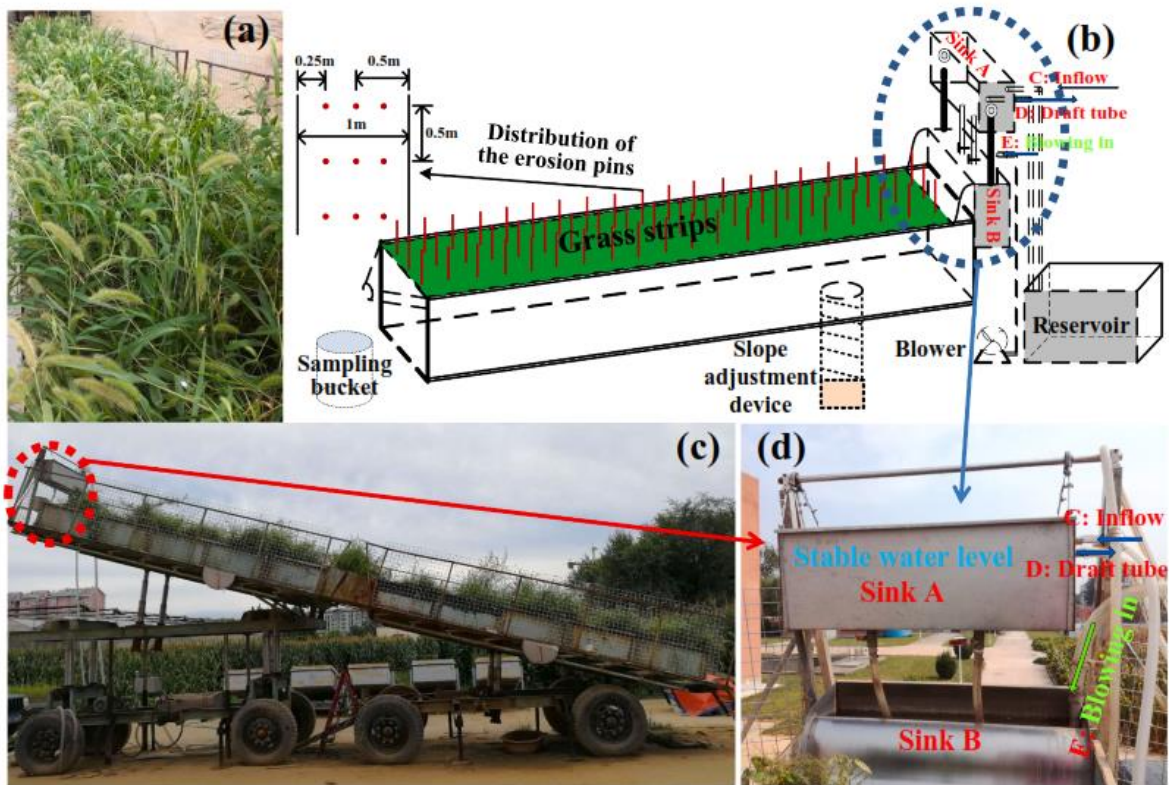
Analisis hidraulika yang dihasilkan pada penelitian ini merupakan metode konvensional yang lebih terfokus pada *gray infrastructure*. Pada penerapan di lapangan, diharapkan konstruksi bangunan penangkap sedimen perlu diintegrasikan dengan *green infrastructure* [5] agar lebih ramah lingkungan, seperti Gambar 5.



Gambar 3. Analisis Faktor Erosivitas DAS pada Wilayah Cirebon dan Indramayu

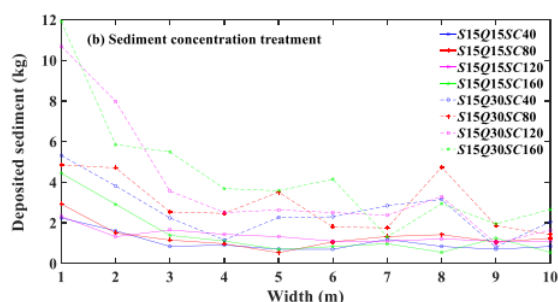


Gambar 4. Analisis Laju Erosi DAS pada wilayah Cirebon dan Indramayu



Gambar 5. Integrasi desain sedimen dan vegetasi [13]

Hasil analisis yang dilakukan oleh penelitian Gambar 5 [13] menunjukkan bahwa efektivitas untuk menurunkan kandungan sedimen pada air menurun, sesuai Gambar 6.



Gambar 6. Hasil Penurunan Sedimen [13]

Pada penelitian ini, efektivitas penurunan sedimen pada air tidak dilakukan, namun hanya berupa estimasi bahwa dimensi penangkap sedimen dapat menangkap sedimen dengan efektivitas 94,43%. Untuk membuat hasil ini valid, diperlukan kalibrasi dengan uji laboratorium dan lapangan. Bila hasil belum valid, dapat dilakukan estimasi ulang yang sesuai dengan kondisi di lapangan karena dapat terpengaruh oleh faktor topografi, vegetasi, dan debit aliran yang terjadi di lapangan.

4. Kesimpulan

Berdasarkan analisis hidrologi dan hidraulika Kota Cirebon, maka estimasi dimensi penangkap sedimen yang dapat dikonstruksi adalah sebanyak 12 outlet dengan ketinggian 2,5 m, lebar saluran 7 m, dan panjang 250 m. Efisiensi tampungan yang terjadi adalah 94,43%. Penelitian mendatang diharapkan dapat mengintegrasikan desain dengan *green infrastructure* agar lebih ramah lingkungan dan dianalisis menggunakan *software* agar estimasi dimensi yang dianalisis lebih akurat untuk implementasi di lapangan.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Balai Besar Wilayah Sungai Cimanuk Cisanggarung dan Politeknik Pekerjaan Umum, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat yang mendukung penelitian ini.

Daftar Rujukan

- [1] R. M. S. Prastica, C. Maitri, P. C. Nugroho, and A. Hermawan, "Analisis Banjir dan Perencanaan Desain Transportasi Sungai di Kota Bojonegoro," *Media Komun. Tek. Sipil*, vol. 23, no. 2, p. 91, 2017.
- [2] S. S. Sathe and C. Mahanta, "Groundwater flow and arsenic contamination transport modeling for a multi aquifer terrain: Assessment and mitigation strategies," *J. Environ. Manage.*, vol. 231, no. October 2018, pp. 166–181, 2019.
- [3] A. Grinham *et al.*, "Event loading drives DOI : <https://doi.org/10.52158/jaceit.v3i1.342>

distribution of the organochlorine pesticide metabolite DDE in a sub-tropical river system, Brisbane River, Australia," *Mar. Pollut. Bull.*, vol. 170, no. January, p. 112671, 2021.

- [4] A. Maeda *et al.*, "Seasonal variation of fluxes of planktic foraminiferal tests collected by a time-series sediment trap in the central Bay of Bengal during three different years," *Deep. Res. Part I Oceanogr. Res. Pap.*, vol. 183, no. February, p. 103718, 2022.
- [5] P. Sun and Y. Wu, "Dynamic Modeling Framework of Sediment Trapped by Check-Dam Networks: A Case Study of a Typical Watershed on the Chinese Loess Plateau," *Engineering*, no. xxxx, 2022.
- [6] A. Ismail, "Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Karakteristik Hidrologi Daerah Tangkapan Air Waduk Darma, Kabupaten Kuningan, Provinsi Jawa Barat," *Univ. Indones.*, pp. 1–72, 2009.
- [7] R. Mlih, F. Bydalek, E. Klumpp, N. Yaghi, R. Bol, and J. Wenk, "Light-expanded clay aggregate (LECA) as a substrate in constructed wetlands – A review," *Ecol. Eng.*, vol. 148, no. March, p. 105783, 2020.
- [8] K. L. Mathers, C. Kowarik, C. Rachelly, C. T. Robinson, and C. Weber, "The effects of sediment traps on instream habitat and macroinvertebrates of mountain streams," *J. Environ. Manage.*, vol. 295, no. November 2020, p. 113066, 2021.
- [9] V. Te Chow, D. R. Maidment, L. W. Mays, and L. W. M. Ven Te Chow, David R. Maidment, "Applied Hydrology." pp. 1–294, 1998.
- [10] R. M. S. Prastica and A. J. Fanani, "What causes Ngancar River in Wiroko Temon sub-watershed vulnerable to flooding?," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 847, no. 1, 2021.
- [11] K. Ghorbani, A. Wayayok, and A. F. Abdullah, "Simulation of flood risk area in Kelantan watershed, Malaysia using numerical model," *J. Teknol.*, vol. 78, no. 1–2, pp. 51–57, 2016.
- [12] T. Lucke, C. Walker, and S. Beecham, "Experimental designs of field-based constructed floating wetland studies: A review," *Sci. Total Environ.*, vol. 660, pp. 199–208, 2019.
- [13] M. Luo, C. Pan, and C. Liu, "Experiments on measuring and verifying sediment trapping capacity of grass strips," *Catena*, vol. 194, no. April 2019, p. 104714, 2020.
- [14] S. Saarni, S. Hartikainen, S. Meronen, E. Uurasjärvi, M. Kalliokoski, and A. Koistinen, "Sediment trapping – An attempt to monitor temporal variation of microplastic flux rates in aquatic systems," *Environ. Pollut.*, vol. 274, 2021.

- [15] D. Honek *et al.*, “Estimating sedimentation rates in small reservoirs - Suitable approaches for local municipalities in central Europe,” *J. Environ. Manage.*, vol. 261, no. November 2019, 2020.
- [16] P. I. A. Kinnell, J. Wang, and F. Zheng, “Comparison of the abilities of WEPP and the USLE-M to predict event soil loss on steep loessal slopes in China,” *Catena*, vol. 171, no. July, pp. 99–106, 2018.