

DISTRIBUSI SEDIMEN PADA WADUK JATIBARANG, KOTA SEMARANG

Ratih Pujiastuti¹⁾, Fitria Maya Lestari²⁾, Risdiana Cholifatul Afifah³⁾
Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman GUPPI¹⁾
Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Semarang²⁾
Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknologi dan Informasi, Universitas PGRI Semarang³⁾
E-mail: ratih.adiyanto@gmail.com¹⁾, maya.prasasti@gmail.com²⁾, dhianmanis@gmail.com³⁾

ABSTRACT

The main issue in the operation of reservoirs is sedimentation. This can lead to silting and affect the reservoir's storage capacity. The distribution of sediments needs to be understood in order to gain an overview of their spread, so that measures can be taken to address sediment-related issues in the Jatibarang Reservoir. The analysis was conducted using sediment data from previous studies, which reported a total sediment volume of 6.64 million m³ over a period of 50 years. Based on topographic data, it was found that the Jatibarang Reservoir is classified as Type III, with a "hill" classification. The analysis results showed that the dimensionless factor F is 0.22, with a relative depth p of 0.53. Based on the sediment distribution analysis of the Jatibarang Reservoir with Empirical Area Reduction Method, it was found that after 50 years of operation, the new zero elevation of the reservoir would be at an elevation of +126.82 m. In comparison with the low water surface elevation at the existing dead storage of the Jatibarang Reservoir, which is at +136 m, it can be concluded that the Jatibarang reservoir can operate according to the planned lifespan and can still function for more than 50 years.

Keywords: *Distribution of Sediment, Empirical Area Reduction, Reservoir Useful Life*

ABSTRAK

Permasalahan utama dalam pengoperasian waduk adalah sedimentasi. Hal ini dapat menyebabkan pendangkalan dan berpengaruh terhadap kapasitas tampungan waduk. Sebaran atau distribusi sedimen perlu diketahui untuk mendapatkan gambaran mengenai sebarannya sehingga dapat dilakukan penanganan untuk menanggulangi permasalahan sedimen pada Waduk Jatibarang. Analisis dilakukan dengan menggunakan data total sedimen hasil penelitian terdahulu yaitu sebesar 6,64 juta m³ dalam kurun waktu 50 tahun. Berdasarkan data topografi diketahui bahwa Waduk Jatibarang masuk dalam Tipe III dengan klasifikasi "hill". Dari hasil analisis diperoleh nilai faktor tak berdimensi F adalah 0,22 dengan relative depth p 0,53. Berdasarkan hasil analisis sebaran sedimen metode Empirical Area Reduction pada Waduk Jatibarang, diketahui bahwa pada masa operasi 50 tahun elevasi nol baru waduk berada pada elevasi +126,82 m. Jika dibandingkan dengan elevasi muka air rendah pada dead storage existing Waduk Jatibarang yang berada di +136 m, dapat disimpulkan bahwa Waduk Jatibarang dapat beroperasi sesuai umur yang direncanakan dan masih bisa beroperasi dengan umur 50 tahun lebih.

Kata kunci : *Distribusi Sedimen, Pengurangan Luas Empiris, Umur Guna Waduk*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Bendungan memiliki peran penting dalam sedimentasi. Setiap saat bendungan akan pengelolaan sumber daya air. Tetapi dalam menerima aliran yang mengalir bersamaan pengoperasiannya sebuah bendungan dengan sedimen dan akan mengendap. Hal ini seringkali menghadapi permasalahan dapat menyebabkan pendangkalan dan

berpengaruh terhadap kapasitas tampungan bendungan. Berkurangnya volume bendungan akibat sedimentasi dapat mengakibatkan berkurangnya volume efektif waduk.

Sedimen pada waduk membawa pengaruh dalam beberapa hal antara lain (Varshney, 1997 dalam Setyono 2011 [1]);

1. Mengurangi umur manfaat waduk,
2. Berpengaruh terhadap posisi pintu outlet,
3. Sedimen pada permukaan puncak waduk dapat mengakibatkan endapan di hulu waduk sehingga mengurangi inflow yang masuk,
4. Penggerusan di tepi dan dasar saluran di hilir waduk.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sebaran sedimen yang masuk ke Waduk Jatibarang. Pada penelitian sebelumnya total sedimen yang mengendap selama 50 tahun di Waduk Jatibarang diprediksi sebesar 6.643.514,71 m³ [2]. Prediksi distribusi total sedimen tersebut perlu dilakukan analisa untuk mendapatkan informasi. Dengan diketahuinya pola distribusi sebaran sedimen, dapat dilakukan penanganan guna menanggulangi permasalahan sedimen pada Waduk Jatibarang.

LANDASAN TEORI

Distribusi sedimentasi waduk didefinisikan sebagai sebaran material sedimen pada permukaan waduk dalam elevasi dan periode

tertentu. Pola distribusi sedimen antar satu waduk dengan yang lainnya mempunyai karakteristik yang berbeda. Hal ini dipengaruhi beberapa faktor antara lain: (Priyantoro,1987 dalam Harjanti et al., 2020 [3]):

1. Jenis muatan sedimen
2. Dimensi dan tipe atau bentuk waduk
3. Lokasi serta ukuran dari outlet

Perkiraan distribusi sedimen di waduk dapat dianalisis dengan beberapa metode antara lain *Area Increment*, *Empirical Area Reduction*, *Reservoir Depth Shape Function*. Penggunaan metode yang berbeda menghasilkan keluaran yang berbeda pula. Chaudhuri, 2017 [4] menyatakan bahwa metode *Area Increment* menghasilkan nilai yang lebih baik untuk prediksi sedimen di 57 waduk di AS dan India. Sedangkan Tuanany 2017 [5] menyebutkan bahwa metode *Empirical Area Reduction* lebih cocok digunakan untuk prediksi sebaran sedimen di Waduk Wadaslintang.

Pada penelitian ini digunakan empiris yaitu dengan *Empirical Area Reduction Method*. Metode ini menerangkan bahwa distribusi sedimen di waduk tergantung pada beberapa factor (Yang, 1976 dalam Setyono 2017 [6]):

1. Cara pengoperasian waduk
2. Tekstur dan ukuran partikel sedimen
3. Bentuk waduk
4. Volume sendimen yang mengendap di waduk

Dalam analisis sebaran sedimen perlu diketahui bentuk waduk berdasarkan faktor “m”. Faktor “m” diperoleh dari kemiringan grafik hubungan antara volume tampungan waduk dan elevasi. Faktor “m” menurut USBR [7] adalah sebagai berikut.

Tabel 1. Klasifikasi/Pengelompokan Waduk Berdasarkan Nilai “m”

Tipe Waduk	Klasifikasi	m
I	<i>Lake</i>	3.5 – 4.5
II	<i>Flood Plain-foothill</i>	2.5 – 1.5
III	<i>Hill</i>	1.5 – 2.5
IV	<i>Normally Empty</i>	-

Selain nilai “m” perlu ditentukan pula faktor tanpa berdimensi “F” melalui persamaan:

$$F = \frac{Sd - Vh}{H.Ah} \dots\dots\dots(\text{Pers. 1})$$

Dimana:

F = faktor tanpa dimensi yang ditentukan dari total sedimen, kapasitas/volume, kedalaman dan luas waduk.

Sd = total sedimen dalam m³.

Vh = kapasitas/volume waduk pada elevasi tertentu h dalam m³.

H = kedalaman waduk dalam m.

Ah = luas waduk pada masing-masing elevasi h dalam m².

Nilai F untuk masing-masing kedalaman digunakan untuk mengetahui elevasi dari sedimen yang masuk ke bendungan dan merupakan titik/elevasi dasar baru (*new zero*

elevation). Nilai ini diperoleh dari Grafik Yang sebagai perpotongan dari garis yang diperoleh melalui hubungan titik-titik harga F dengan lengkung harga kedalaman relative (p) untuk tipe bentuk waduk yang sesuai.

Selain kedalaman relative diperlukan pula nilai luas *sedimen relative* (Ap) pada tiap kedalaman waduk yang diperoleh dari “*Area Design Curve*” untuk tipe bentuk waduk yang sesuai. Luas sedimen relatif dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

Tipe I

$$Ap = 5,074 P^{1,85} (1-P)^{0,35} \dots\dots\dots(\text{Pers. 2})$$

Tipe II

$$Ap = 2,487 P^{0,57} (1-P)^{0,41} \dots\dots\dots(\text{Pers. 3})$$

Tipe III

$$Ap = 16,967 P^{1,15} (1-P)^{2,32} \dots\dots\dots(\text{Pers. 4})$$

Tipe IV

$$Ap = 1,486 P^{-0,25} (1-P)^{1,34} \dots\dots\dots(\text{Pers. 5})$$

Dimana:

Ap = luas sedimen relative

P = kedalaman waduk relative diukur dari dasar

METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan pada Waduk Jatibarang yang berada di Kota Semarang. Data yang digunakan pada penelitian antara lain:

- Data teknis waduk meliputi kurva elevasi dan tampungan;

- Data total sedimen yang masuk ke waduk;

Tahapan analisis yang dilakukan adalah:

1. Penentuan faktor m
 Dalam menentukan faktor “ m ” digunakan data kurva elevasi dan tampungan.
2. Perhitungan faktor tak berdimensi
3. Plotting nilai F pada Grafik Yang
4. Perhitungan luas sedimen relative (AP)
 Luas sedimen untuk tiap kedalaman/elevasi waduk yang diperoleh dari harga A_p pada elevasi yang dihitung dikalikan dengan harga Z . Harga Z diperoleh dari luas awal waduk pada *new zero elevation* dibagi dengan harga A_p pada elevasi tersebut.
5. Perhitungan volume sedimen
 Setelah diketahui luas sedimen, langkah berikutnya adalah menentukan volume sedimen pada tiap elevasi waduk.

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

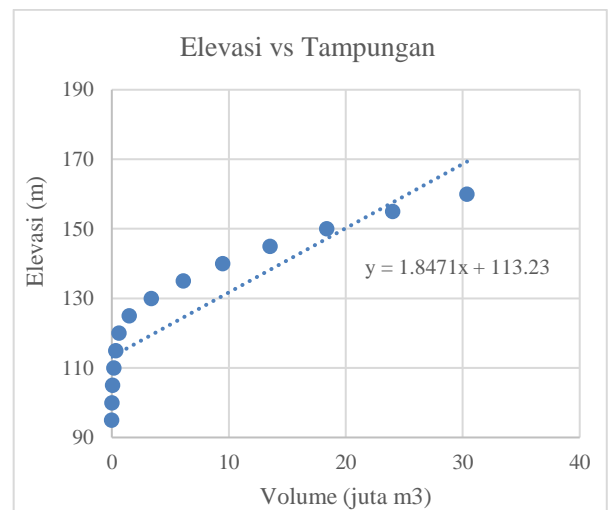
Data Teknis [8]

Catchment Area	: 53 km ²
Luas Genangan	: 110 ha
Muka Air Maksimum	: + 155,30
Muka Air Minimum	: + 148,90
Elevasi Puncak	: + 157 m
Elevasi Normal	: +151,8 m
Elevasi Dead Storage	: +136 m
Tampungan Total	: 20.400.000 m ³

Tampungan Bersih	: 13.600.000 m ³
Pengendalian Banjir	: 3.100.000 m ³
Air Minum	: 10.500.000 m ³
Tampungan Mati	: 6.800.000 m ³
Panjang Puncak	: 200 m
Lebar Puncak	: 10 m

Penentuan faktor m

Penentuan bentuk waduk berdasarkan faktor “ m ”. Faktor “ m ” diperoleh dari kemiringan grafik hubungan antara volume tampungan dan elevasi. Grafik kedalaman dan kapasitas Waduk Jatibarang dapat dilihat pada Gambar 1 di bawah ini. Dari grafik tersebut, diketahui faktor “ m ” adalah 1,8471. Berdasarkan faktor “ m ” tersebut, Waduk Jatibarang masuk ke dalam tipe III.



Gambar 1. Grafik Hubungan Antara Volume Tampungan dan Elevasi Waduk Jatibarang

Perhitungan Faktor Tak Berdimensi F

Perhitungan nilai F dilakukan untuk tiap

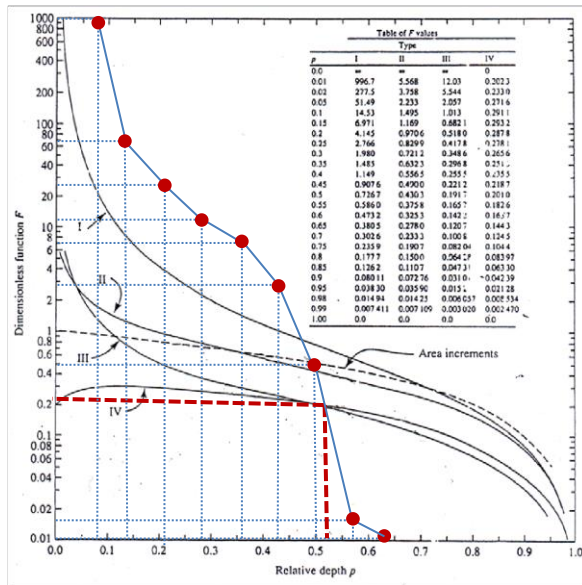
- kedalaman/elevasi. Adapun urutan
1. Kolom 1: elevasi
 2. Kolom 2: kedalaman
 3. Kolom 3: nilai *relative depth* dengan rumus:
$$p = \frac{\text{Elevasi (pada kolom 1)} - \text{Elevasi Dasar}}{\text{Kedalaman Total}}$$
 4. Kolom 4: volume tampungan
 5. Kolom 5: nilai luas tampungan
 6. Kolom 6: hasil perkalian antara kedalaman dan luas
 7. Kolom 7 diperoleh dari nilai total sedimen dikurangi dengan volume (kolom 4) dengan perhitungan dimulai ketika jumlah total sedimen lebih besar dari volume tampungan.
 8. Kolom 8 nilai F dihitung dengan persamaan 1.

Tabel 2. Perhitungan Nilai *p* dan F

Elevasi m	Kedalaman (H) m	Relative depth <i>p</i>	Volume (Vh) juta m ³	Luas (Ah) juta m ²	H*Ah	S-Vh juta m ³	$F = \frac{Sd - Vh}{H \cdot Ah}$
1	2	3	4	5	6	7	8
160	70	1,00	30,368	1,344	94,077	0,000	0,000
155	65	0,93	24,011	1,199	77,925	0,000	0,000
150	60	0,86	18,390	1,049	62,967	0,000	0,000
145	55	0,79	13,554	0,885	48,680	0,000	0,000
140	50	0,71	9,496	0,738	36,904	0,000	0,000
135	45	0,64	6,130	0,608	27,368	0,514	0,019
130	40	0,57	3,403	0,483	19,309	3,241	0,168
125	35	0,50	1,490	0,282	9,882	5,154	0,521
120	30	0,43	0,613	0,068	2,054	6,031	2,936
115	25	0,36	0,352	0,036	0,895	6,292	7,031
110	20	0,29	0,197	0,026	0,527	6,447	12,242
105	15	0,21	0,091	0,016	0,241	6,553	27,234
100	10	0,14	0,028	0,009	0,091	6,616	72,858
95	5	0,07	0,003	0,001	0,005	6,641	1283,191
90	0	0,00	0,000	0,000	0,000	6,644	0,000

Dari hasil perhitungan pada Tabel 2, dilakukan plotting nilai *p* dan F pada Grafik Yang seperti pada Gambar 2. Dari grafik

tersebut, diketahui nilai F adalah 0,22 dengan *relative depth p* 0,53.



Gambar 2. Grafik Nilai F dan p

Perhitungan Luas Sedimen Relatif

Perhitungan luas sedimen relatif (A_p) pada tiap kedalaman waduk diperoleh dari *Area Design Curve*. Luas sedimen relative dihitung dengan menggunakan rumus sesuai tipe waduk yaitu tipe III pada persamaan 4.

Tabel 3. Perhitungan Luas dan Volume Sedimen

Hasil Pengukuran Original			Relatif		Perhitungan Distribusi Sedimen			Revisi	
Elevasi (H) m	Area A (ha)	Volume (Vh) juta m ³	Kedalaman p	Area	Area	Penambahan Volume juta m ³	Volume Komulatif	Luas	Volume
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
160	134,40	30,37	1,000	-	-	0,02	6,64	134,39	23,73
155	119,88	24,01	0,929	0,03	0,85	0,12	6,62	119,04	17,39
150	104,94	18,39	0,857	0,16	3,85	0,32	6,50	101,09	11,89
145	88,51	13,55	0,786	0,36	8,94	0,61	6,18	79,57	7,37
140	73,81	9,50	0,714	0,63	15,61	0,97	5,57	58,19	3,93
135	60,82	6,13	0,643	0,94	23,20	1,35	4,60	37,61	1,53
130	48,27	3,40	0,571	1,25	30,93	1,06	3,24	17,34	0,16
126,82	35,53	2,19	0,53	1,43	35,53	2,19	2,19	0	0
125	28,24	1,49	0,500	1,53	37,94	1,49	1,49	0	0
120	6,85	0,61	0,429	1,75	43,31	0,61	0,61	0	0
115	3,58	0,35	0,357	1,86	46,16	0,35	0,35	0	0
110	2,63	0,20	0,286	1,84	45,60	0,20	0,20	0	0
105	1,60	0,09	0,214	1,65	40,86	0,09	0,09	0	0
100	0,91	0,03	0,143	1,27	31,37	0,03	0,03	0	0
95	0,10	0,00	0,071	0,69	17,02	0,00	0,00	0	0
90	0,00	0,00	0,000	-	-	-	0,00	0	0

Adapun proses perhitungan diuraikan sebagai berikut:

1. Kolom 1, 2, 3: data pengukuran
2. Kolom 4: kedalaman relatif

$$p = \frac{\text{Elevasi (pada kolom 1)} - \text{Elevasi Dasar}}{\text{Kedalaman Total}}$$

3. Kolom 5: luas sedimen relatif

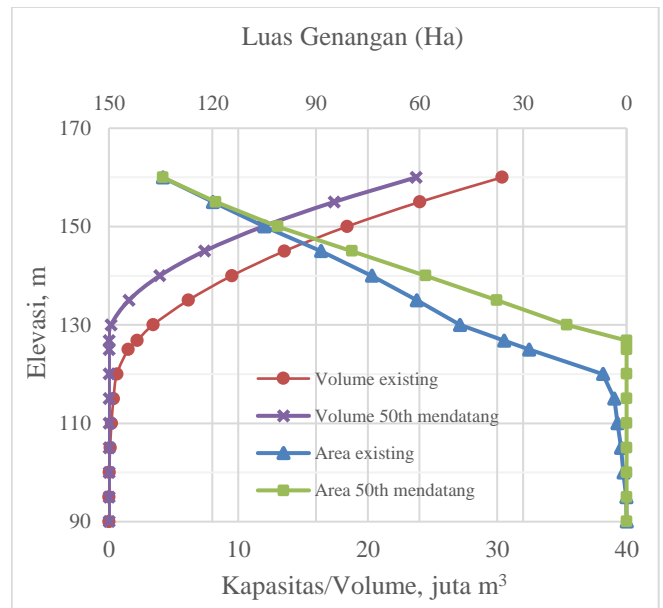
$$A_p = 16,967 P^{1,15} (1-P)^{2,32}$$

4. Kolom 6: luas yang ditempati sedimen tiap elevasi, faktor koreksi kali luas relatif sedimen.

Faktor koreksi dihitung dari perbandingan luas awal dengan luas pada *relative depth p* 0,53

5. Kolom 7: volume sedimen di atas kapasitas nol- baru
6. Kolom 8: kumulatif sedimen, penjumlahan dari kolom 8 mulai dari kapasitas nol- baru, di bawah elevasi kapasitas nol- baru = awal
7. Kolom 9: luas genangan terkoreksi, kolom 2 dikurangi kolom 6
8. Kolom 10: kapasitas terkoreksi, kolom 3 dikurangi kolom 8

Dari hasil perhitungan di atas, kemudian dibuat kurva hubungan antara elevasi, luas dan volume waduk seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Kurva Hubungan Antara Elevasi, Luas dan Volume Waduk Jatibarang Kondisi Existing dan 50th Mendatang

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis sebaran sedimen pada Waduk Jatibarang, diketahui bahwa pada masa operasi 50 tahun dengan total sedimen 6,64 juta m³, elevasi nol baru waduk berada pada elevasi +126,82 m. Elevasi muka air rendah pada *dead storage* existing waduk Jatibarang berada di +136 m. Dapat disimpulkan bahwa waduk dapat beroperasi sesuai umur yang direncanakan dan masih bisa beroperasi dengan umur 50 tahun lebih.

SARAN

Saran yang bisa penulis sampaikan terkait dengan penelitian ini antara lain perlu dilakukan pengukuran topografi waduk saat ini agar dapat dilakukan proses kalibrasi besaran sedimen yang masuk ke waduk.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. Setyono, "Kajian Distribusi Sedimentasi Waduk Wonorejo, Tulungagung-Jawa Timur," *J. Media Tek. Sipil*, vol. 9, no. 2, 2013, doi: 10.22219/jmts.v9i2.1199.
- [2] R. Pujiastuti, F. M. Lestari, and R. C. Afifah, "Studi Sedimentasi Guna Penentuan Umur Rencana Waduk Pada Waduk Jatibarang Kota Semarang," *JMTS J. Mitra Tek. Sipil*, vol. 6, no. 3, pp. 745–754, 2023, doi: 10.24912/jmts.v6i3.23685.
- [3] W. Nur Harjanti and S. Darsono, "Analisis Distribusi Sedimen pada Waduk Raknamo dengan Metode Empiris Pengurangan Luas," *J. Tek. Media Pengemb. Ilmu dan Apl. Tek.*, vol. 19, no. 01, pp. 1–09, 2020, [Online]. Available: <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>
- [4] D. Chaudhuri, "Empirical approaches in prediction of reservoir sediment distribution—An experience of 57 reservoirs in the USA and India," *Int. J. Sediment Res.*, vol. 32, no. 2, pp. 260–276, 2017, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijsrc.2017.04.001>.
- [5] H. Tuanany and P. Utomo, "Evaluasi Model Empirical Area Reduction Method (Earm) Dan Reservoir Depth Shape Function (Rdsf) Untuk Menentukan Distribusi ...," pp. 1–3, 2019, [Online]. Available: <http://eprints.uty.ac.id/3180/>
- [6] E. Setyono and Anastasia Irawati Putri, "Kajian Distribusi Sedimentasi Waduk Bening Kabupaten Madiun (Emperical Area Reduction Method Dan Area Increment Method)," *J. Media Tek. Sipil*, vol. 15, no. 1, pp. 34–41, 2017, doi: 10.22219/jmts.v15i1.4490.
- [7] United States of Bureau of Reclamation, *Design of Small Dams*. A Water Resources Technical Publication, 1987.
- [8] CTI, "Design Review Report Jatibarang Multipurpose Dam," 2008.