

Analisis Distribusi Sedimen pada Waduk Raknamo dengan Metode Empiris Pengurangan Luas

¹Widyayuni Nur Harjanti, ²Suseno Darsono, dan ³Suripin

Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia

¹widyayuni.nh@gmail.com, ²sdarsono@hotmail.com, ³suripin.ar@gmail.com

Abstrak

Waduk Raknamo merupakan salah satu waduk yang terletak di Propinsi Nusa Tenggara Timur. Waduk dengan kapasitas tampungan air sebesar 14,09 juta m³ diharapkan dapat memenuhi kebutuhan air masyarakat Desa Raknamo. Namun dalam pengelolaan waduk sering ditemukan masalah, salah satunya yaitu masalah sedimentasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui distribusi sedimen pada Waduk Raknamo. Metode yang digunakan menggunakan Metode Pengurangan Luas (*Area Reduction Method*). Berdasarkan hasil analisis dengan usia guna waduk 50 tahun, dari total jumlah sedimen yang mengendap, kapasitas tampungan mati waduk yang berada pada elevasi +94 m terisi sedimen sebesar 55,21% dari total yang disediakan. Maka dapat disimpulkan bahwa Waduk Raknamo setelah operasional 50 tahun relatif tidak terganggu oleh sedimentasi dan tetap dapat operasional melebihi usia waduk yang direncanakan.

Kata kunci: distribusi sedimen, waduk Raknamo, metode pengurangan luas, usia guna waduk

Abstract

Raknamo Reservoir is one of the reservoirs located in East Nusa Tenggara Province. The reservoir with a water storage capacity of 14.09 million m³ is expected to meet the water needs of the people of Raknamo Village. But in the management of reservoirs, problems are often found, one of which is sedimentation. This study aims to determine the distribution of sediment in the Raknamo Reservoir. The method used is the Area Reduction Method. Based on the analysis with a reservoir life span of 50 years, from the total amount of sediment that has settled, dead storage capacity at +94 m elevation is only filled at 55.21% of the total provided. It can be concluded that the Raknamo Reservoir after 50 years of operation is relatively undisturbed by sedimentation and can still be operational beyond the planned reservoir life.

Keywords: distribution of sediment, Raknamo reservoir, area reduction method, reservoir useful life

1. Pendahuluan

Tantangan terbesar dalam pengelolaan waduk diantaranya adalah permasalahan sedimentasi. Sedimentasi yang terjadi pada waduk dapat disebabkan salah satunya akibat erosi pada lahan kritis yang terdapat pada daerah hulu DAS. Material sedimen yang berasal dari erosi lahan akan mengalir dan terbawa arus dan mengendap di waduk. Hal ini menyebabkan kapasitas tampungan waduk menurun sehingga akan mengurangi umur rencana waduk.

Dalam pembangunan waduk, umur layanan waduk telah direncanakan berdasarkan umur rencana. Pada umumnya waduk dibangun dengan umur layanan lebih dari 50 tahun. Usia waduk ditentukan oleh berapa lama volume tampungan mati (*dead storage*) terisi oleh sedimen (Mukti, 2019). Besarnya sedimentasi yang mungkin terjadi selama umur layanan waduk diperhitungkan dengan menyediakan kapasitas tampungan untuk sedimen pada daerah endapan yang biasa disebut tampungan mati (*dead storage*). Namun demikian, meskipun tampungan mati telah penuh dengan sedimen, waduk tersebut masih dapat difungsikan selama bangunan pengeluaran belum tertutup sedimen dan masih tersedia volume tampung efektif. Penentuan distribusi sedimen yang terakumulasi di waduk sangat diperlukan pada tahap perencanaan waduk (Michalec, 2014).

Dengan diketahuinya laju sedimentasi serta sebaran endapan sedimen waduk dalam daerah genangan maka upaya pemeliharaan waduk lebih mudah dilakukan. Upaya tersebut lebih optimal apabila didukung dengan hasil analisis distribusi sedimen, sehingga umur layanan waduk dapat tercapai sesuai dengan yang direncanakan. Prediksi distribusi sedimen adalah permasalahan penting operasi waduk untuk tindakan pencegahan yang tepat dalam keamanan bendungan (Chaudhuri, 2017).

Penelitian dilakukan dengan mengambil lokasi pada Waduk Raknamo, yang berada di Desa Raknamo, Kecamatan Amabi Oefeto, Kabupaten Kupang, Provinsi NTT. Daerah Aliran Sungai Raknamo seluas 38,34 km². Panjang sungai utama, Sungai Noel Puames adalah 15,71 km. Tata guna lahan di sekitar waduk berupa semak belukar, tegalan/tanah kosong, pemukiman, hutan jati dan kebun. Waduk ini mempunyai kapasitas tampungan sebesar 14,09 juta m³. Manfaat dibangun bendungan ini adalah untuk memenuhi kebutuhan irigasi, memenuhi kebutuhan air baku, pengendali banjir dan PLTMH (BWS, 2015).

Tujuan penelitian ini adalah untuk menghitung distribusi sedimen selama masa operasi waduk Raknamo sehingga diketahui presentase sedimen yang

Info Makalah:

Dikirim : 04-15-20;

Revisi 1 : 05-02-20;

Revisi 2 : 05-18-20;

Diterima : 06-10-20.

Penulis Korespondensi:

Telp : +62-815-8463-3216

e-mail : widyayuni.nh@gmail.com

mengendap di area kapasitas waduk. Metode Empiris Penambahan Luas dan Pengurangan luas (*area increment and area reduction method*) adalah metode untuk menduga distribusi sedimen di waduk (Achsani, *et al.*, 2015). Diantara semua metode yang ada saat ini, hanya metode pengurangan luas dan penambahan luas yang dianggap sebagai metode utama untuk prediksi distribusi sedimen (Hosseinjanjanzah, Hosseini, Kaveh, & Mousavi, 2015). Dalam penelitian ini, digunakan *Area Reduction Method* karena metode ini dianggap memiliki simpangan lebih kecil dibandingkan dengan *Area Increment Method* (Setyono & Putri, 2017).

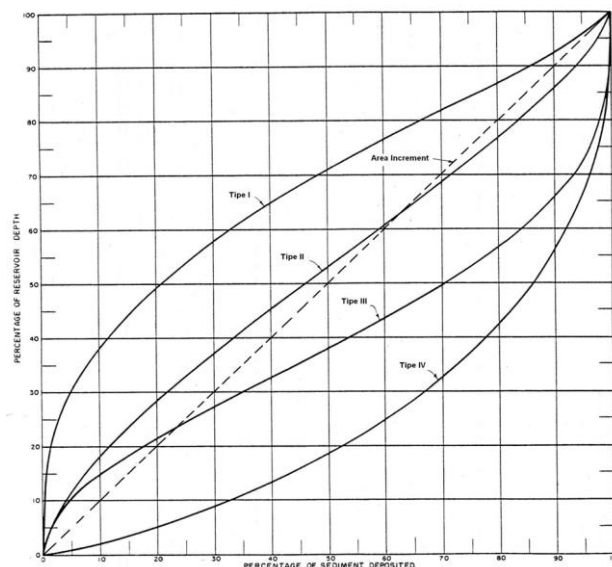
Distribusi sedimentasi waduk ialah penyebaran partikel sedimen pada elevasi permukaan waduk dalam periode tertentu. Masing-masing waduk mempunyai pola tersendiri dalam distribusi sedimentasi, dengan pengertian lain bahwa semua waduk mempunyai karakteristik dan sistem yang berbeda antara satu dengan yang lainnya (Setyono, 2011). Menurut Priyantoro (1987), pola distribusi waduk dipengaruhi oleh: jenis muatan sedimen; ukuran dan bentuk waduk; dan lokasi dan ukuran outlet.

Prediksi Distribusi Sedimen di Waduk:

- Penyebaran partikel sedimen di seluruh permukaan dasar waduk dalam periode tertentu.
- Tiap waduk mempunyai pola distribusi sedimen yang berbeda karena karakteristik dan sistem yang berbeda.
- Bentuk waduk, sistem operasi waduk dan ukuran butiran sedimen mempengaruhi distribusi sedimen di waduk.
- Diperlukan untuk memprediksi/mengetahui akumulasi sedimen pada tiap – tiap elevasi waduk.

2. Metode

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode Empiris Pengurangan Luas (*Empirical Area Reduction Method*). Metode ini dikemukakan oleh Whitney M. Borland dan Carl L. Miller (1960) yang kemudian diperbaiki oleh Lara pada tahun 1962 (Yang, 1976). Tahap awal yang dilakukan adalah pemilihan salah satu tipe kurva pada Gambar 1 yang digunakan metode empiris pengurangan luas untuk mengestimasi pengurangan kapasitas waduk akibat sedimentasi (Morris & Fan, 1997). Pemilihan kurva berdasarkan bentuk waduk, sistem operasi waduk atau ukuran butiran sedimen.



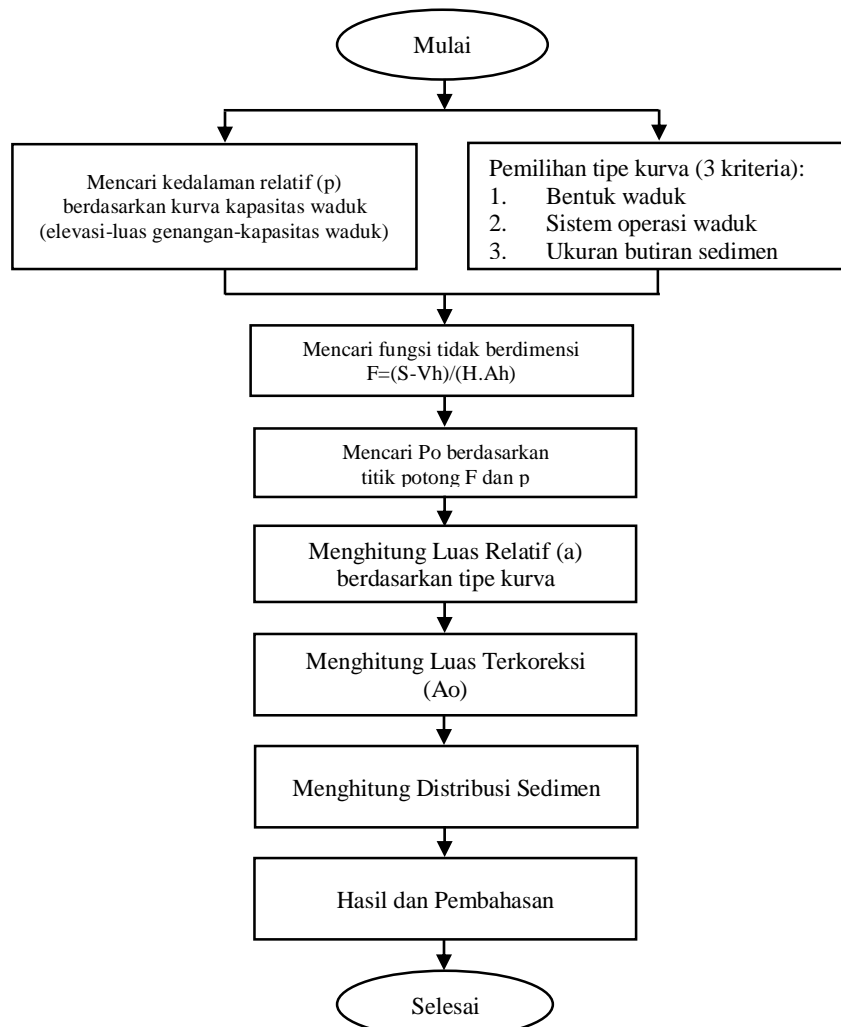
Gambar 1. Kurva untuk Metode Empiris Pengurangan Luas

Langkah-langkah perhitungan distribusi sedimen dengan metode empiris pengurangan luas adalah sebagai berikut:

- Menentukan bentuk waduk yang sesuai
- Menghitung faktor tak berdimensi
- Menghitung elevasi dari endapan sedimen yang mencapai bendungan yang merupakan titik dasar kedalaman baru (*new zero elevation*) berdasarkan hasil perpotongan antara garis yang terbentuk melalui hubungan titik-titik harga F dengan lengkung harga kedalaman *relative* (p) untuk tipe bentuk waduk yang sesuai (pada langkah 1) dengan menggunakan grafik.
- Menentukan luas sedimen *relative* (A_p) pada setiap kedalaman waduk yang diperoleh dari rumus sebagai berikut:
Type I : $A_p = 5,074 P^{1,85} (1-P)^{0,35}$
Type II : $A_p = 2,487 P^{0,57} (1-P)^{0,41}$
Type III : $A_p = 16,967 P^{1,15} (1-P)^{2,32}$
Type IV : $A_p = 1,486 P^{0,25} (1-P)^{1,34}$
- Menghitung luas sedimen pada setiap elevasi waduk yang diperoleh dari harga A_p pada elevasi yang bersangkutan dikalikan dengan harga Z. Harga Z diperoleh dari luas mula-mula waduk pada *new zero elevation* dibagi dengan harga A_p pada elevasi tsb.
- Menghitung volume sedimen pada setiap elevasi waduk setelah luas sedimen diketahui

- g. Berdasarkan perhitungan distribusi sedimen di Waduk tersebut, apabila volume sedimen kumulatif tidak sama dengan volume sedimen terendap, maka harga Z dikoreksi terus sampai mendekati hasil jumlah sedimen yang terendapkan sama dengan sedimen kumulatif.

Bagan Alir Penelitian Distribusi Sedimen dengan metode Pengurangan Luas dapat dilihat pada Gambar 2 berikut.



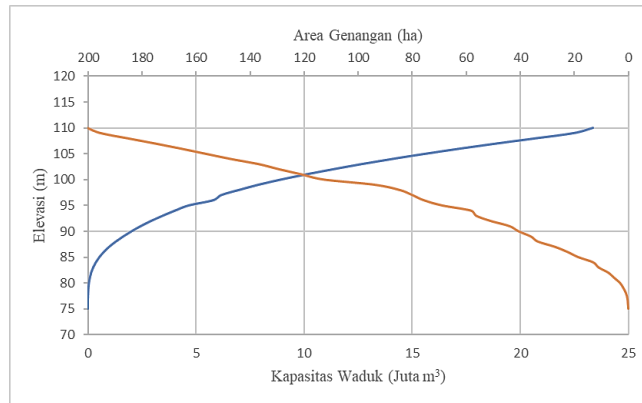
Gambar 2. Bagan Alir Distribusi Sedimen dengan Metode Pengurangan Luas

3. Hasil dan Pembahasan

Analisis distribusi sedimen memerlukan data teknis yang berupa data tampungan waduk Tabel 1 dan kurva kapasitas tampungan waduk awal Gambar 3.

Tabel 1. Tampunguan Waduk Raknamo
(Sumber: BWS Nusa Tenggara II)

Elevasi	Luas (Ha)	Luas (juta m²)	Volume (juta m³)
75	0	0	0
76	0,143	0,00143	0
77	0,338	0,00338	0,003
78	0,868	0,00868	0,009
79	1,826	0,01826	0,022
80	3,077	0,03077	0,047
81	5,272	0,05272	0,089
82	7,465	0,07465	0,152
83	11,009	0,11009	0,245
84	13,092	0,13092	0,369
85	18,59	0,1859	0,532
86	22,535	0,22535	0,737
87	27,269	0,27269	0,986
88	33,461	0,33461	1,29
89	36,14	0,3614	1,638
90	40,671	0,40671	2,022
91	44,056	0,44056	2,446
92	51,022	0,51022	2,921
93	56,323	0,56323	3,458
94	58,324	0,58324	4,031
95	68,982	0,68982	4,667
96	75,708	0,75708	5,791
97	79,934	0,79934	6,169
98	84,737	0,84737	6,992
99	93,977	0,93977	7,886
100	112,672	1,12672	8,919
101	120,962	1,20962	10,087
102	129,274	1,29274	11,339
103	136,939	1,36939	12,67
104	147,306	1,47306	14,091
105	156,538	1,56538	15,61
106	165,734	1,65734	17,222
107	175,366	1,75366	18,927
108	185,543	1,85543	20,732
109	195,37	1,9537	22,47
110	200,309	2,00309	23,348



Gambar 3. Kurva Tampungan Waduk Raknamo

Estimasi distribusi sedimen di Waduk Raknamo

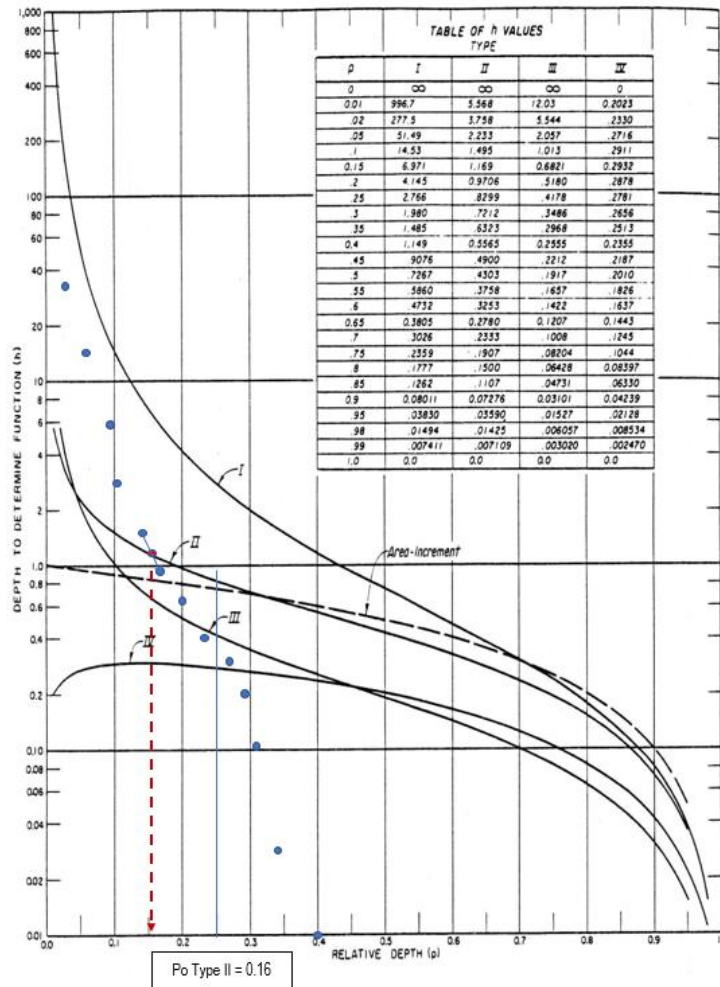
1. Jumlah sedimen yang mengendap di waduk selama 50 tahun sebesar $1.591.332,9 \text{ m}^3$
2. Mencari Kedalaman Relatif p dengan menggunakan data kurva tampungan waduk.
3. Dasar pemilihan kurva dalam Tabel 2.

Tabel 2. Rekapitulasi Pemilihan Tipe Kurva

No.	Deskripsi	Tipe Kurva	Keterangan
1	Bentuk Waduk	III	Bentuk waduk bukit-pegunungan
2	Sistem Operasi Waduk	II	Surutan muka air waduk sedang
3	Ukuran Butiran Sedimen	II	Lanau
Kurva yang digunakan		II	

Sehingga dalam perhitungan kedalaman nol baru pada waduk, kurva yang digunakan adalah kurva Tipe II.

4. Mencari Fungsi tidak berdimensi F
5. Plot F dan p untuk mendapatkan p_0 berdasarkan titik potongnya pada Tipe kurva waduk pada Gambar 3. Dari kurva Gambar 3 didapatkan P_0 (kurva Tipe II) = 0,16



Gambar 4. Penentuan Po berdasarkan Kurva Hubungan F dan p

6. Menghitung luas relatif a berdasarkan tipe Kurva design luas waduk Kurva Tipe II dengan rumus: $a = 2,487p^{0,57} (a-p)^{0,41}$
 7. Menghitung luas terkoreksi $A_0 =$ Luas pada kedalaman nol baru dibagi dengan luas relatif pada kedalaman nol baru
 8. Menghitung distribusi sedimen.
 9. Menghitung luas dan kapasitas waduk sesudah sedimentasi
- Perhitungan secara lengkap disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Distribusi Sedimen di Waduk Raknamo untuk masa operasi 50 tahun

No.	Elevasi	Kedalaman (H) m	Luas (Ah) juta m ²	Kapasitas (Vh) juta m ³	Kedalaman Relatif (p)	Sedimen Mengendap 2006-2016 (S) Juta m ³	F = (S-Vh)/(H.Ah)	Luas Relatif (Type II)	Luas Terdistribusi Juta m ²	Penambahan Volume Juta m ³	Vol Kumulatif Juta m ³	Luas Revisi Juta m ²	Vol Revisi Juta m ³
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	110	35	2,003	23,348	1,00	1,59	-0,31	0,0000	0,000	0,015	1,793	2,003	21,555
2	109	34	1,954	22,470	0,97		-0,31	0,5694	0,031	0,035	1,778	1,923	20,692
3	108	33	1,855	20,732	0,94		-0,29	0,7438	0,040	0,043	1,742	1,815	18,990
4	107	32	1,754	18,927	0,91		-0,28	0,8631	0,047	0,049	1,699	1,707	17,228

No.	Elevasi	Kedalaman (H) m	Luas (Ah) juta m ²	Kapasitas (Vh) juta m ³	Kedalaman Relatif (p)	Sedimen Mengendap 2006- 2016 (S) Juta m ³	$F = (S-Vh)/(H.Ah)$	Luas Relatif (Type II)	Luas Terdistribusi Juta m ²	Penambahan Volume Juta m ³	Vol Kumulatif Juta m ³	Luas Revisi Juta m ²	Vol Revisi Juta m ³
5	106	31	1,657	17,222	0,89		-0,27	0,9537	0,052	0,053	1,650	1,606	15,572
6	105	30	1,565	15,610	0,86		-0,26	1,0257	0,055	0,057	1,596	1,510	14,014
7	104	29	1,473	14,091	0,83		-0,24	1,0842	0,059	0,060	1,539	1,415	12,552
8	103	28	1,369	12,670	0,80		-0,23	1,1320	0,061	0,062	1,480	1,308	11,190
9	102	27	1,293	11,339	0,77		-0,22	1,1712	0,063	0,064	1,417	1,229	9,922
10	101	26	1,210	10,087	0,74		-0,20	1,2030	0,065	0,066	1,353	1,145	8,734
11	100	25	1,127	8,919	0,71		-0,19	1,2283	0,066	0,067	1,288	1,060	7,631
12	99	24	0,940	7,886	0,69		-0,19	1,2479	0,067	0,068	1,221	0,872	6,665
13	98	23	0,847	6,992	0,66		-0,18	1,2622	0,068	0,068	1,153	0,779	5,839
14	97	22	0,799	6,169	0,63		-0,16	1,2717	0,069	0,069	1,085	0,731	5,084
15	96	21	0,757	5,791	0,60		-0,16	1,2766	0,069	0,069	1,016	0,688	4,775
16	95	20	0,690	4,667	0,57		-0,13	1,2772	0,069	0,069	0,947	0,621	3,720
17	94	19	0,583	4,031	0,54		-0,12	1,2737	0,069	0,069	0,878	0,514	3,153
18	93	18	0,563	3,458	0,51		-0,09	1,2661	0,068	0,068	0,809	0,495	2,649
19	92	17	0,510	2,921	0,49		-0,07	1,2546	0,068	0,067	0,741	0,442	2,180
20	91	16	0,441	2,446	0,46		-0,06	1,2392	0,067	0,066	0,674	0,374	1,772
21	90	15	0,407	2,022	0,43		-0,03	1,2198	0,066	0,065	0,607	0,341	1,415
22	89	14	0,361	1,638	0,40		0,00	1,1964	0,065	0,064	0,542	0,297	1,096
23	88	13	0,335	1,290	0,37		0,03	1,1690	0,063	0,062	0,478	0,271	0,812
24	87	12	0,273	0,986	0,34		0,06	1,1374	0,061	0,060	0,416	0,211	0,570
25	86	11	0,225	0,737	0,31		0,11	1,1015	0,059	0,058	0,356	0,166	0,381
26	85	10	0,186	0,532	0,29		0,16	1,0608	0,057	0,056	0,297	0,129	0,235
27	84	9	0,131	0,369	0,26		0,27	1,0152	0,055	0,053	0,241	0,076	0,128
28	83	8	0,110	0,245	0,23		0,35	0,9641	0,052	0,051	0,188	0,058	0,057
29	82	7	0,075	0,152	0,20		0,55	0,9068	0,049	0,047	0,137	0,026	0,015
30	81	6	0,053	0,089	0,17		0,81	0,8426	0,046	0,018	0,090	0,007	-0,001
Nol baru	80,6	5,6	0,044	0,072	0,16		0,99	0,8147	0,044	0,072	0,072	0,000	0,000
31	80	5	0,031	0,047	0,14		1,43	0,7701	0,031	0,047	0,047	0,000	0,000
32	79	4	0,018	0,022	0,11		2,46	0,6873	0,018	0,022	0,022	0,000	0,000
33	78	3	0,009	0,009	0,09		5,21	0,5910	0,009	0,009	0,009	0,000	0,000
34	77	2	0,003	0,003	0,06		13,43	0,4750	0,003	0,003	0,003	0,000	0,000
35	76	1	0,001	0,000	0,03		31,79	0,3239	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000
36	75	0	0	0	0,00		0,00	0,0000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Penjelasan dari tiap kolom pada Tabel 3 adalah sebagai berikut:

- (1) Nomor = Nomor urut dari 1 dst.
- (2) Elevasi = Data elevasi didapatkan dari data tampungan waduk pada Tabel 1 dan diisi dari elevasi yang tertinggi
- (3) Kedalaman = (2) – elevasi terendah (75 m)
- (4) Luas = Data luas didapatkan dari data luas tampungan waduk pada Tabel 1

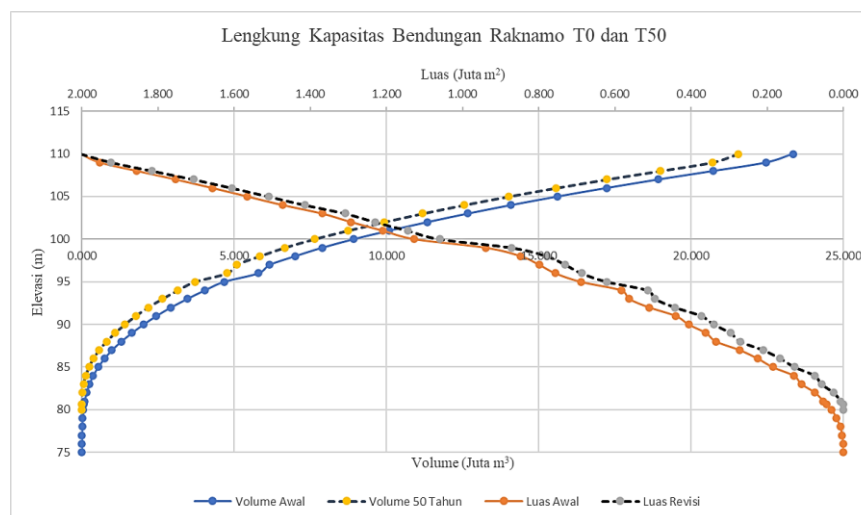
- (5) Kapasitas = Data kapasitas didapatkan dari data volume tampungan waduk pada Tabel 1
- (6) Kedalaman Relatif = (3) / kedalaman pada elevasi tertinggi (35 m)
- (7) Sedimen mengendap = Perhitungan volume sedimen untuk 50 tahun
- (8) Fungsi tak berdimensi = $((7)-(5)) / ((3)*(4))$
- (9) Luas Relatif = $2,487*(6)^{0,57} (1-(6))^{0,41}$
- (10) Luas Terdistribusi = (9)*luas terkoreksi
- (11) Penambahan volume = $((10)_{n+1} + (10)_{n+1}/2) * (2)_n - (2)_{n+1}$
- (12) Volume kumulatif = Dihitung dari kedalaman nol baru : $(12)_{n-1} + (11)_n$
- (13) Luas Revisi = (4) - (10)
- (14) Volume Revisi = (5) - (12)

Perbandingan antara perubahan kapasitas tampungan setelah 50 tahun dan kapasitas awal waduk disajikan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Perbandingan Kapasitas Awal dan Kapasitas setelah 50 tahun

Elevasi (m)	Volume (juta m ³)		Besarnya Sedimen (juta m ³)	Pengurangan Kapasitas (%)
	T ₀ (Awal)	T ₅₀		
NWL (+104 m)	14,091	12,501	1,59	11,28
LWL (+94 m)	4,031	3,153	0,878	55,21

Dari Tabel 4, terjadi pengurangan kapasitas tampungan waduk pada elevasi muka air normal sebesar 11,28% setelah 50 tahun akibat sedimentasi. Sedangkan pada elevasi muka air minimum, terjadi pengurangan kapasitas tampungan sebesar 55,21%. Hal ini menunjukkan bahwa setelah 50 tahun, pada elevasi muka air normal tampungan waduk masih mempunyai kapasitas sebesar $(100\% - 11,28\% = 88,72\%)$ dan pada elevasi muka air minimum tampungan waduk masih mempunyai kapasitas sebesar $(100\% - 55,21\% = 44,79\%)$. Sedangkan perbandingan Kurva Tampungan Waduk Raknamo awal operasi dan setelah masa operasi 50 tahun disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Perbandingan Lengkung Kapasitas Waduk Raknamo

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis perhitungan distribusi sedimen, volume sedimen di Waduk Raknamo pada masa operasi 50 tahun sebesar 1,59 juta m³ dengan elevasi nol baru waduk yaitu pada elevasi +80,6 m. Pengurangan kapasitas tampungan pada elevasi muka air minimum sebesar 55,21% sehingga tampungan mati masih mempunyai kapasitas sebesar 44,79%. Dikarenakan setelah masa operasi 50 tahun tampungan mati masih belum 100% terisi maka dari hasil studi ini dapat disimpulkan bahwa waduk dapat beroperasi sesuai umur yang direncanakan.

Rekomendasi yang dapat dilakukan untuk penelitian selanjutnya yaitu perlunya tambahan data pengukuran sedimen layang di lapangan sehingga hasil prediksi laju erosi total dapat lebih menggambarkan kondisi lapangan dan hasilnya lebih akurat.

Ucapan Terima Kasih

Kami sebagai penulis makalah penelitian ini mengucapkan terima kasih kepada Balai Wilayah Sungai Nusa Tenggara II atas dukungan data dan informasi untuk penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Achsan, A., Bisri, M., & Suhartanto, E. (2015). Analisis Kecenderungan Sedimentasi Waduk Bili-bili Dalam Upaya Keberlanjutan Usia Guna Waduk. *Teknik Pengairan*, 6(Nomor 1), 30–36.
- BWS, N. I. (2015). *Review Design Bendungan Raknamo*. Kupang.
- Chaudhuri, D. (2017). Trend in Reservoir Sediment Distribution. In *Third National Dam Safety Conference*. Roorke, India.
- Hosseinjanzah, H., Hosseini, K., Kaveh, K., & Mousavi, S. . (2015). New Proposed Method for Prediction of Reservoir Sedimentation Distribution. *International Journal of Sediment Research*, 30(3), 235–240.
- Michalec, B. (2014). The Use of Modified Annandale's Method in the Estimation of the Sediment Distribution in Small Reservoirs—A Case Study. *Water*, 6(October), 2993–3011. <https://doi.org/10.3390/w6102993>
- Morris, G. ., & Fan, J. (1997). *Design and Management of Dams, Reservoirs, and Watersheds for Sustainable Use*. Mc Graw Hill, USA.
- Mukti, H. A. (2019). Erosion analysis in efforts to sustain the age of use of the kedungombo reservoir. *International Journal of Scientific and Technology Research*, 8(10), 1931–1940.
- Priyantoro, D. (1987). *Teknik Pengangkutan Sedimen*. Malang: Fakultas Teknik Brawijaya.
- Setyono, E. (2013). Kajian Distribusi Sedimentasi Waduk Wonorejo, Tulungagung-Jawa Timur. *Media Teknik Sipil*, 9(2), 132–141. <https://doi.org/10.22219/jmts.v9i2.1199>
- Setyono, E., & Putri, A. I. (2017). Kajian Distribusi Sedimentasi Waduk Bening Kabupaten Madiun (Emperical Area Reduction Method Dan Area Increment Method). *Jurnal Media Teknik Sipil*, 15(1), 34. <https://doi.org/10.22219/jmts.v15i1.4490>
- Yang, C. T. (1976). *Sedimentasi Transportasi*. New York: Mc. Graw Hill Companies, Inc.