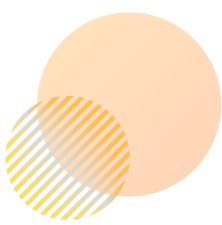


2021



**REKOMENDASI  
Pengendalian  
Erosi dan  
Sedimentasi  
untuk  
Pelestarian  
Fungsi Waduk**



DEWAN SUMBER DAYA AIR NASIONAL

## DAFTAR ISI

DAFTAR ISI .....	i
1. LATAR BELAKANG .....	1
2. ANALISIS .....	4
1.3 Kajian Pustaka Erosi Dan Sedimentasi Waduk.....	4
1.4 Analisis Erosi dan Sedimentasi Waduk.....	5
1.5 Kajian Pelestarian Fungsi Waduk .....	9
3. PERMASALAHAN.....	13
4. REKOMENDASI.....	14

# 1. LATAR BELAKANG

Sejak Tahun 2014 ada 61 bendungan yang sudah, yang sedang dan yang akan dibangun. Perinciannya adalah sampai 2019 ada 15 bendungan sudah selesai dibangun, 42 bendungan sedang dibangun dan 4 bendungan akan dibangun. Gambar 1.1 menunjukkan penyebaran 61 bendungan tersebut.



Gambar 1.1. 61 bendungan yang sudah, yang sedang dan yang akan dibangun sejak 2014

Ke 61 bendungan tersebut letaknya tersebar di berbagai pulau besar, yaitu: 9 unit di Sumatera, 24 unit di Jawa, 4 unit di Kalimantan, 3 unit di Bali, 6 unit di NTB, 5 unit di NTT, 9 unit di Sulawesi, dan 1 unit di P. Buru. Erosi dan sedimentasi dari 61 bendungan tersebut di-review dan dievaluasi. Hasilnya untuk mengkaji pelestarian fungsi waduk. Data yang dikumpulkan ditunjukkan dalam Tabel 1.1 dan Tabel 1.2.

Tabel 1.1. Uraian, Keterangan atau Satuan Data Bendungan

No.	URAIAN	KETERANGAN ATAU SATUAN
1	Nama Bendungan/Waduk	Ada
2	Lokasi	Ada koordinat
3	Balai Pelaksana	BBWS atau BWS
4	Nama Sungai	Ada
5	Nama DAS	Ada
6	Nama WS	Ada
7	Kapasitas Waduk	Juta m <sup>3</sup>
8	Luas DAS	Juta km <sup>2</sup>
9	Luas DTA Waduk	Juta km <sup>2</sup>
10	Luas Genangan	Ha
11	Erosi di DAS	m <sup>3</sup> /th; mm/th; ton/th; m <sup>3</sup> /ha/th; ton/ha/th
12	Sedimentasi di DAS	m <sup>3</sup> ; m <sup>3</sup> /th; mm/th; ton/th; ton/ha/th; m <sup>3</sup> /ha/th; ton/hari
13	Laju Sedimentasi	m <sup>3</sup> /th; mm/th; ton/th; m <sup>3</sup> /ha/th; ton/ha/th
14	Sedimentasi di Bendungan	m <sup>3</sup> ; m <sup>3</sup> /th; mm/th; ton/th; ton/ha/th; m <sup>3</sup> /ha/th; ton/hari

Tabel 1.2. Data 61 Bendungan

No.	Nama Bendungan/ Waduk	Kapasitas (juta m <sup>3</sup> )	Luas DTA Waduk (km <sup>2</sup> )	Erosi di DAS			Laju Sedimentasi			Sedimentasi di Bendungan			Sedimentasi di DAS		
				Kuantitas	Satuan	mm/th	Kuantitas	Satuan	mm/th	Kuantitas	Satuan	mm/th	Kuantitas	Satuan	mm/th
<b>15 Bendungan Selesai 2019</b>															
1.	Rajui	2,70	33,00	2693,00	m <sup>3</sup> /th	0,082	2,09	mm/th	2,090	41.469,10	m <sup>3</sup> /10th	0,126	2,090	mm/th	2,090
2.	Payaseunara	1,40	4,92	na			na			446.000,00	m <sup>3</sup> /th	90,650	na		
3.	Sei Gong	11,80	14,87	3,80	mm/th	3,800	145,72	t/ha/th	9,401	3.700.000,00	ton/50th	3,211	2,800	jt m <sup>3</sup> /50th	3,766
4.	Teritip	2,43	864,00	na			0,00	mm/th	0,003	13,65	t/ha/th	0,880	na		
5.	Sindangheula	9,30	11,50	na			15,00	t/hari	0,307	264.122,00	m <sup>3</sup> /th	22,967	na		
6.	Jatigede	980,60	1.460,00	na			7,04	mm/th	7,039	1,07	juta m <sup>3</sup>	0,733	5,320	mm/th	5,320
7.	Gondang	9,15	19,18	77,19	ton/th	0,003	3,21	mm/th	3,210	612.206,53	m <sup>3</sup> /10th	3,192	3,210	mm/th	3,210
8.	Logung	20,20	43,18	23,36	mm/th	23,360	3,11	mm/th	3,105	163.929,00	m <sup>3</sup> /th	3,742	100.872,450	m <sup>3</sup> /th	2,302
9.	Nipah	1,56	74,14	1371,55	m <sup>3</sup> /th	0,019	0,01	mm/th	0,010	741,38	m <sup>3</sup> /th	0,010	741,380	m <sup>3</sup> /th	0,010
10.	Bajulmati	10,00	98,43	91047,75	m <sup>3</sup> /th	0,925	0,50	mm/th	0,500	49.215,00	m <sup>3</sup> /th	0,500	49.215,000	m <sup>3</sup> /th	0,500
11.	Titap	12,80	69,54	59282,00	m <sup>3</sup> /th	0,852	0,85	mm/th	0,850	2,19	jt m <sup>3</sup> /50th	0,630	59.282,000	m <sup>3</sup> /th	0,852
12.	Tanju	20,38	19,20	348,16	m <sup>3</sup> /ha/th	34,816	1,20	mm/th	1,200	1,12	mm/th	1,120	na		
13.	Mila	6,73	17,60	112,92	m <sup>3</sup> /ha/th	11,292	1,20	mm/th	1,200	1,02	mm/th	1,020	na		
14.	Raknamo	14,09	38,34	2,00	mm/th	2,000	2,00	mm/th	2,000	3,84	jt m <sup>3</sup> /50th	2,001	2,00	mm/th	2,000
15.	Rotiklot	2,90	11,69	0,74	m <sup>3</sup> /ha/th	0,006	0,74	m <sup>3</sup> /ha/th	0,074	0,04	jt m <sup>3</sup> /50th	0,073	0,74	m <sup>3</sup> /ha/th	0,074
<b>42 Bendungan On Going 2019</b>															
16.	Paselloreng	138,00	12,50	na			2,00	mm/th	2,000	16,00	m <sup>3</sup> /th	0,001	na		
17.	Keureuto	215,94	235,61	233.967,97	ton/th	0,662	0,99	mm/th	0,993	2.339.679,70	m <sup>3</sup> /10th	0,993	0,993	mm/th	0,993
18.	Rukoh	128,66	19,63	148,18	ton/hari	0,005	1,48	mm/th	1,480	123,48	ton	0,004	1,48	mm/th	1,480
19.	Lau Simeme	21,07	99,82	465.653,00	ton/th	3,110	0,65	mm/th	0,645	4.070.000,00	m <sup>3</sup> /50th	0,815	0,645	mm/th	0,645
20.	Tiga Dihaji	104,00	1.158,20	66,98	ton/ha/th	4,321	3,47	mm/th	3,470	40,19	jt m <sup>3</sup> /th	0,694	3,47	mm/th	3,470
21.	Marga Tiga	147,94	2.403,00	49.546,00	ton/th	1,330	696.465,00	m <sup>3</sup> /th	0,290	696.465,37	m <sup>3</sup> /th	0,290	49.546,00	t/th	0,013
22.	Way Sekampung	68,06	203,26	2,07	mm/th	2,070	2,00	mm/th	2,000	34,60	jt m <sup>3</sup> /50th	3,405	2,00	mm/th	2,000
23.	Tapin	56,77	141,00	1.130.000,00	ton/th	5,343	0,91	mm/th	0,910	158.000,00	m <sup>3</sup> /th	1,121	158.000,00	m <sup>3</sup>	1,121
24.	Marangkayu	12,62	134.310,00	53,61	ton/ha/th	3,574	0,22	mm/th	0,215	16.280,28	jt ton/th	0,078	na		
25.	Karian	314,70	288,00	na			579.162,00	m <sup>3</sup> /th	2,011	57,92	jt m <sup>3</sup> /100th	2,011	57,92	jt m <sup>3</sup> /50th	4,022
26.	Ciawi	6,05	88,50	na			2,52	mm/th	2,520	79.766,00	m <sup>3</sup> /th	0,901	36,96	t/ha/th	2,385
27.	Sukamahi	1,68	15,86	na			0,33	mm/th	0,330	5,04	m <sup>3</sup> /th	0,000	36,96	t/ha/th	2,385
28.	Cipanas	250,81	65,70	na			5,57	mm/th	5,573	na	na	na	na		
29.	Leuwikeris	81,44	646,00	43,00	ton/ha-th	0,007	49,09	m <sup>3</sup> /th	75,991	2.119,10	jt m <sup>3</sup> /50th	65,607	2.208,30	jt m <sup>3</sup> /50th	68,368

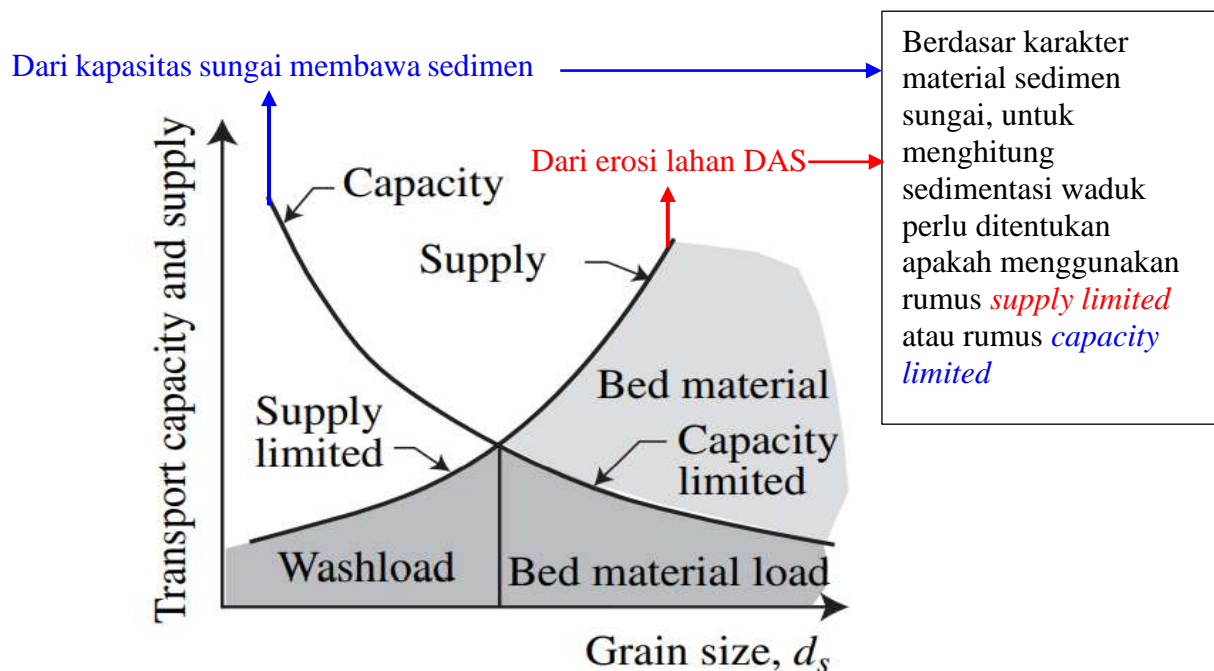
No.	Nama Bendungan/Waduk	Kapasitas (juta m <sup>3</sup> )	Luas DTA Waduk (km <sup>2</sup> )	Erosi di DAS			Laju Sedimentasi			Sedimentasi di Bendungan			Sedimentasi di DAS		
				Kuantitas	Satuan	mm/th	Kuantitas	Satuan	mm/th	Kuantitas	Satuan	mm/th	Kuantitas	Satuan	mm/th
30.	Sadawarna	67,94	342,61	5.086.528,18	ton/th	9,898	474.967,24	m <sup>3</sup> /th	1,386	3.579.363,63	m <sup>3</sup> /th	10,447	12.886.227,91	m <sup>3</sup> /th	37,612
31.	Kuningan	25,96	22,24	3,82	mm/th	3,820	99.156,00	m <sup>3</sup> /th	4,458	na	na	na	3,82	mm/th	3,820
32.	Randu Gunting	14,42	17,98	251.016,47	ton/th	9,307	2,00	mm/th	1,996	35.897,57	m <sup>3</sup> /th	1,997	152.103,48	m <sup>3</sup> /th	8,460
33.	Bener	90,39	32,40	614.000,00	ton/th	12,634	3,83	mm/th	3,830	26,19	juta m <sup>3</sup> /th	16,164	0,72	mm/th	0,720
34.	Pedekso	25,00	55,00	3,00	mm/th	3,000	3,00	mm/th	3,000	3,00	juta m <sup>3</sup> /th	1,091	3,00	mm/th	3,000
35.	JLantah	10,97	22,47	2,247,50	ton/th	0,067	2,38	mm/th	2,380	2,67	juta m <sup>3</sup> /th	2,377	53.583,46	m <sup>3</sup> /th	2,385
36.	Tugu	9,30	43,60	176.625,00	ton/th	2,701	1,29	mm/th	1,292	32.400,00	m <sup>3</sup> /th	0,743	33.200,00	m <sup>3</sup> /th	0,761
37.	Bendo	43,11	120,63	2,71	mm/th	2,710	2,71	mm/th	2,710	9,18	m <sup>3</sup> /th	1,521	na	na	na
38.	Gongseng	22,43	51,21	202,03	ton/ha/th	0,255	2.147,00	m <sup>3</sup> /th	0,042	137.329,00	m <sup>3</sup> /th	2,682	38.648,00	t/ha/th	48,690
39.	Tukul	8,68	50,00	18,74	m <sup>3</sup> /ha/th	0,037	1,87	mm/th	1,870	1,87	mm/th	1,870	na	na	na
40.	Semantok	32,67	54,03	984,98	m <sup>3</sup> /ha/th	1,823	3,49	mm/th	3,490	82.000,00	m <sup>3</sup> /th	1,518	69.458,00	m <sup>3</sup> /th	1,286
41.	Bagong	17,40	39,95	549,30	m <sup>3</sup> /ha/th	1,375	2,00	mm/th	2,000	63.000,00	m <sup>3</sup> /th	1,577	114.000,00	m <sup>3</sup> /th	2,854
42.	Sidan	3,82	65,92	23.267,00	m <sup>3</sup> /th	0,353	0,36	mm/th	0,360	0,65	jt m <sup>3</sup> /50th	0,197	23.267,00	m <sup>3</sup> /th	0,353
43.	Tamblang	7,60	78,63	39.335,00	m <sup>3</sup> /th	0,500	0,50	mm/th	0,500	2,02	jt m <sup>3</sup> /50th	0,514	39.335,00	m <sup>3</sup> /th	0,500
44.	Bintang Bano	65,84	212,00	na	na	na	1,00	mm/th	1,000	11,24	mm/th	11,240	na	na	na
45.	Meninting	9,91	32,77	na	na	na	1,05	mm/th	1,050	1,59	mm/th	1,590	na	na	na
46.	Beringin Sila	27,46	61,50	na	na	na	2,00	mm/th	2,000	6,00	mm/th	6,000	na	na	na
47.	Napun Gete	11,22	45,45	2,13	mm/th	2,130	2,13	mm/th	2,130	4,96	juta m <sup>3</sup>	2,183	2.183.000	m <sup>3</sup> /th	0,048
48.	Temef	45,78	550,98	1,19	mm/th	1,190	1,19	mm/th	1,190	32,35	jt m <sup>3</sup> /50th	1,174	1,190	mm/th	1,190
49.	Manikin	28,20	17.576,00	na	na	na	0,83	mm/th	0,832	4,93	jt m <sup>3</sup> /50th	0,006	7,900	jt m <sup>3</sup> /th	0,449
50.	Pamukkulu	77,62	85,55	na	na	na	1,20	mm/th	1,200	4,95	juta m <sup>3</sup>	1,157	na	na	na
51.	Karalloe	40,53	183,00	na	na	na	1,20	mm/th	1,200	10,00	juta m <sup>3</sup>	1,093	na	na	na
52.	Bulango	84,00	243,19	491.730,18	ton/th	1,348	1,96	mm/th	1,960	24,47	juta m <sup>3</sup>	2,012	830.896,00	t/th	3,417
53.	Ladongi	45,95	2,13	344.649,44	ton/50th	2,156	18.742,44	m <sup>3</sup> /th	8,794	7.057.110,07	m <sup>3</sup> /th	66,224	937.122,14	m <sup>3</sup> /50th	8,794
54.	Lolak	16,10	73,11	1,00	mm/th	1,000	1,00	mm/th	1,000	2.636,58	m <sup>3</sup> /th	0,036	3,68	juta	1,007
55.	Kuwil Kawangkoan	23,37	120,00	562.331,82	ton/th	3,124	1,20	mm/th	1,200	1,20	mm/th	1,200	11,03	t/ha/th	0,006
56.	Way Apu	50,05	450,00	561,19	ton/th	0,001	1,00	mm/th	1,000	22,50	juta m <sup>3</sup>	50,000	13,953	jt m <sup>3</sup> /th	31,007
57.	Tiu Suntut	55,90	127,51	na	na	na	1,26	mm/th	1,260	8,40	juta m <sup>3</sup>	65,877	na	na	na
<b>4 Bendungan Baru 2014 – 2019</b>															
58.	Jragung	90,00	94,00	100,00	ton/th	0,001	na	na	na	na	na	na	514.000,00	m <sup>3</sup> /th	5,468
59.	Budong-Budong	65,28	136,77	34.019,00	ton/ha/th	16,047	1,50	mm/th	1,500	10,03	juta m <sup>3</sup> /th	73,335	124.169,35	t/th	0,586
60.	Ameroro	54,15	367,76	7.937,78	ton/th	0,014	3,18	mm/th	3,180	1.169,00	m <sup>3</sup> /th	3,179	1.565,40	t/th	0,003
61.	Sepaku Semoi	11,56	961,00	na	na	na	0,22	mm/th	0,215	53.609,31	ton/th	0,036	na	na	na

## 2. ANALISIS

### 1.1 Kajian Pustaka Erosi Dan Sedimentasi Waduk

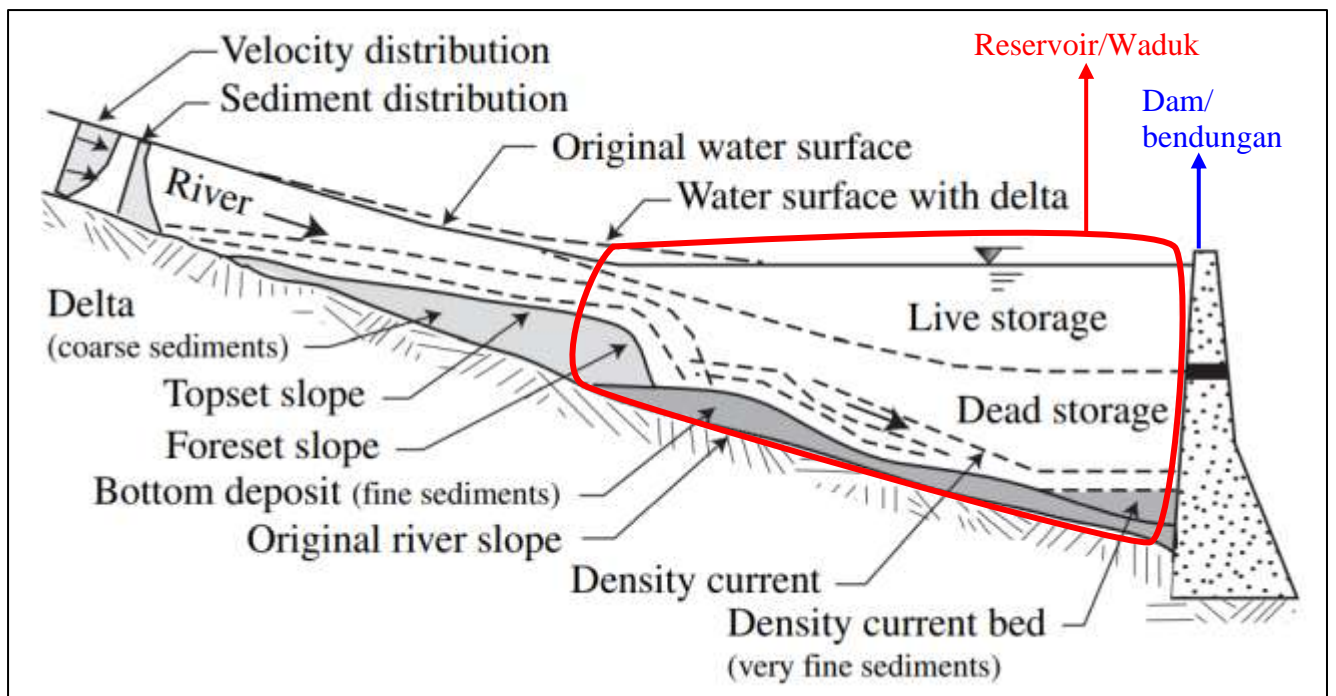
Sedimen di waduk merupakan hasil erosi di daerah tangkapan air (DTA) atau daerah aliran sungai (DAS) waduk termasuk sedimen yang terbawa oleh aliran sungai dari tempat erosi terjadi menuju waduk (Einstein, 1964). Oleh karena itu kajian erosi dan sedimen yang masuk ke waduk juga berdasarkan kedua hal tersebut di atas, yaitu berdasarkan kajian *supply limited* dari erosi DTA dengan menggunakan rumus erosi lahan (misal Rumus Erosi USLE) atau kajian *capacity limited* berdasar kapasitas *transport* sedimen dari sungai dengan menggunakan persamaan transpor sedimen sungai (misal Rumus Transpor Sedimen Kodoatie).

Untuk sungai dengan material dasar sangat kasar, kapasitas *transport* sedimen untuk fraksi halus dihitung dari persamaan-persamaan *transport* sedimen jauh lebih besar dari pada suplai sedimen dari sumber-sumber di bagian hulu. Oleh karena itu untuk sungai-sungai tersebut sedimennya dihitung dengan berdasarkan kajian *supply limited*. Gambar 2.1 menunjukkan bilamana kajian berdasar *supply limited* atau berdasar *capacity limited*.



Gambar 2.1. Kurva *supply limited* dan *capacity limited* untuk perhitungan sedimen

Sedimen dari sungai akan mengisi waduk. Oleh karena itu dalam mendesain waduk ada tampungan mati (*dead storage*) tempat sedimen terkumpul dan tampungan efektif (*live storage*) yaitu tempat pemanfaatan air waduk. Pola sedimen waduk secara tipikal diilustrasikan dalam Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Pola sedimen waduk tipikal (Frenette and Julien, 1986)

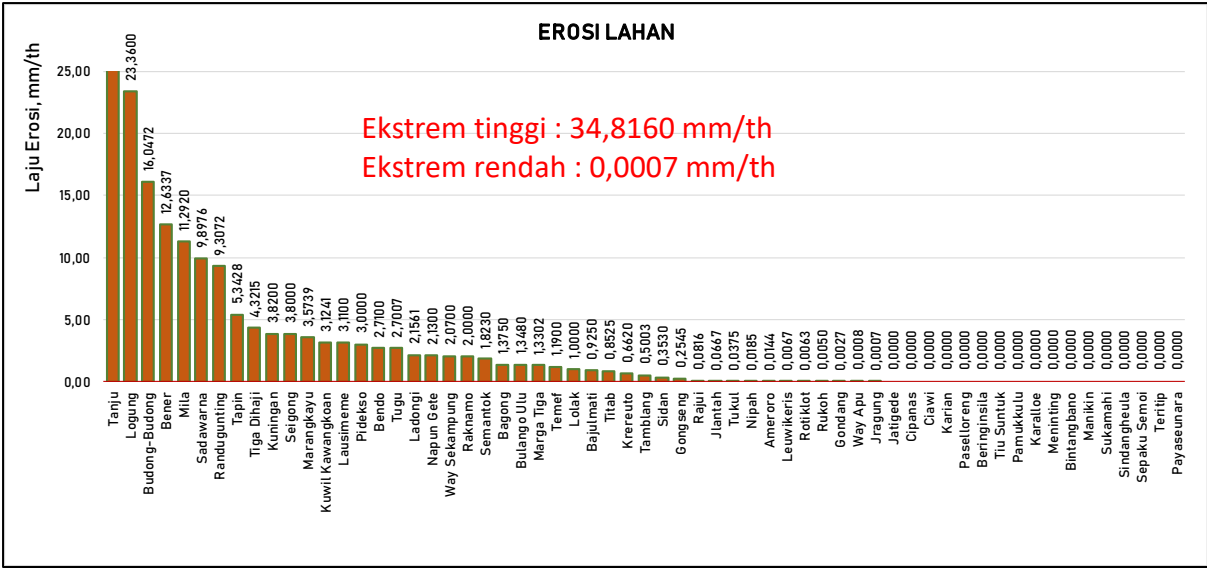
## 1.2 Analisis Erosi dan Sedimentasi Waduk

Data erosi dan sedimentasi dalam Tabel 1.2 yang diperoleh dari dokumen desain tiap tiap bendungan menunjukkan uraian dan satuan yang dipakai beragam. Oleh karena itu perlu uraian dan satuan diseragamkan sesuai dengan uraian dan satuan baku yang biasa digunakan. Usulan ditunjukkan dalam Tabel 2.1.

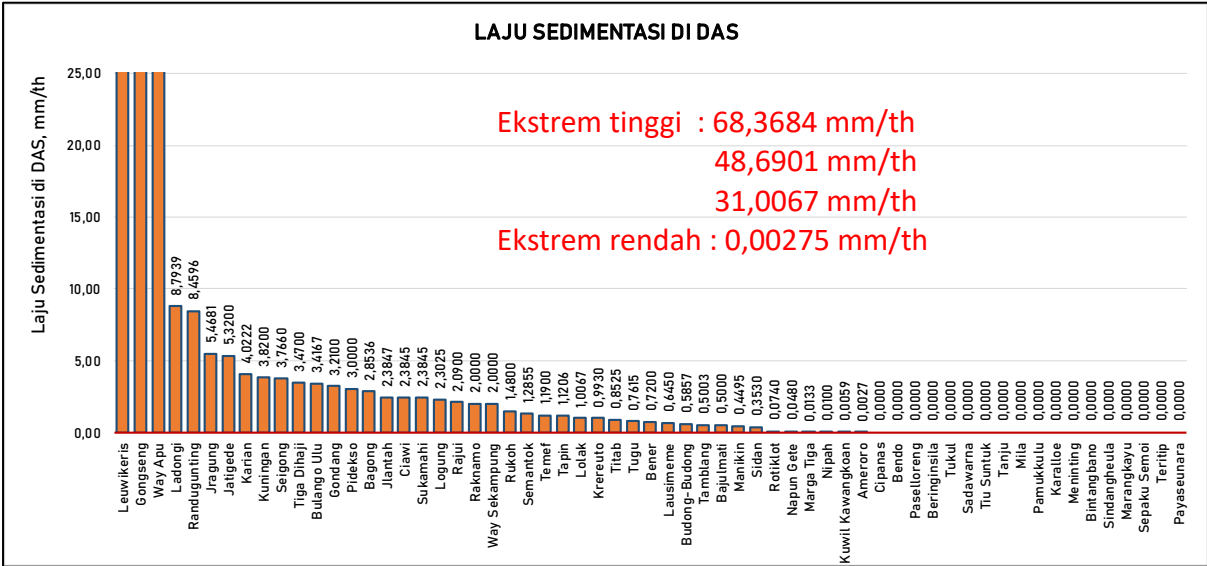
Tabel 2.1. Uraian dan satuan yang diusulkan dalam erosi dan sedimentasi

No.	Uraian	Satuan Beragam	Usulan Uraian	Usulan Satuan
1	Erosi di DAS	m <sup>3</sup> /th; mm/th; ton/th; m <sup>3</sup> /ha/th; ton/ha/th	Laju Erosi di DAS	mm/th
2	Sedimentasi di DAS	m <sup>3</sup> ; m <sup>3</sup> /th; mm/th; ton/th; ton/ha/th; m <sup>3</sup> /ha/th; ton/hari	Yield (Produk) sedimen di DAS	mm/th
3	Laju Sedimentasi	m <sup>3</sup> /th; mm/th; ton/th; m <sup>3</sup> /ha/th; ton/ha/th	1. Muatan sedimen di sungai; 2. Konsentrasi sedimen di sungai	1. Ton/hari atau m <sup>3</sup> /dt 2. Cppm; Miligram/liter
4	Sedimentasi di Bendungan	m <sup>3</sup> ; m <sup>3</sup> /th; mm/th; ton/th; ton/ha/th; m <sup>3</sup> /ha/th; ton/hari		m <sup>3</sup> /th; juta m <sup>3</sup> /th

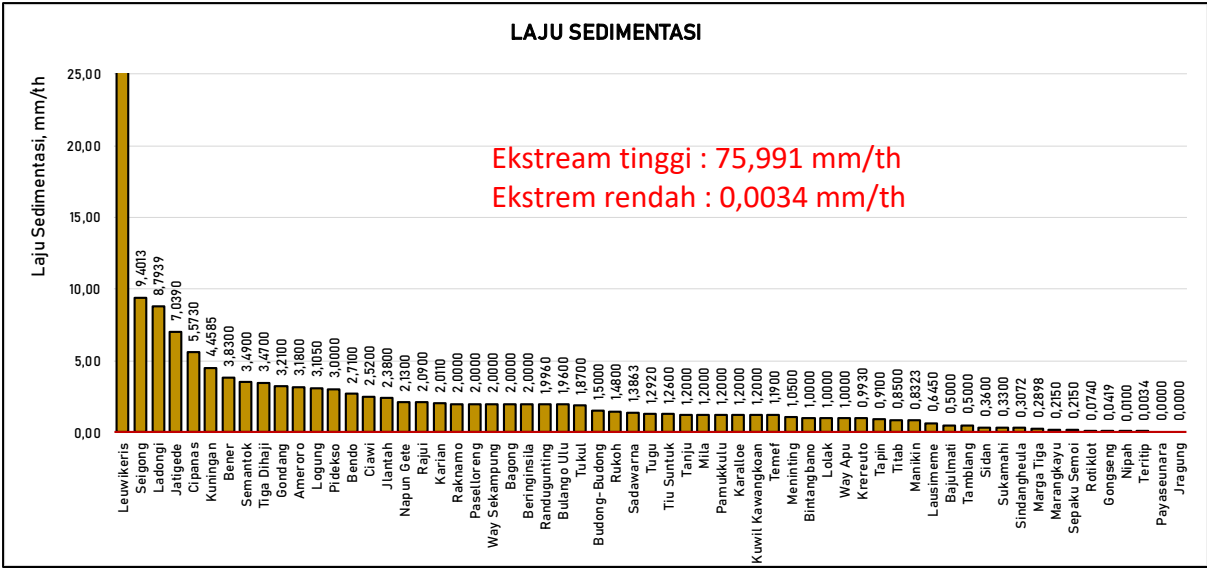
Hasil analisis erosi dan sedimentasi 61 waduk berdasarkan data yang ada ditunjukkan dalam Gambar 2.3.



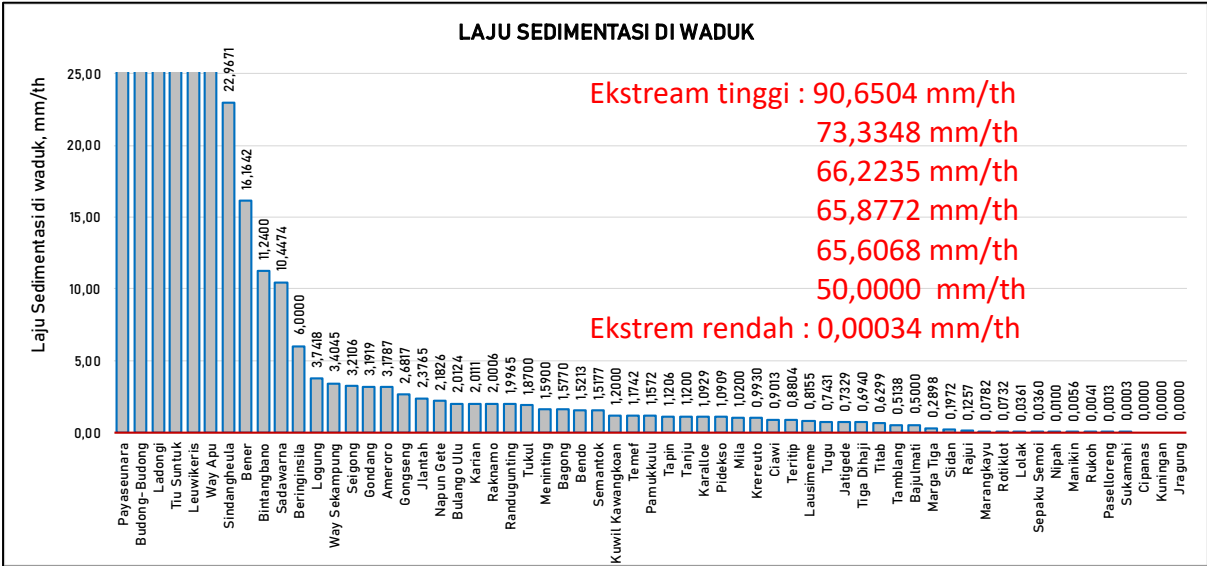
a. Laju erosi lahan di DTA



b. Laju sedimentasi di DTA waduk



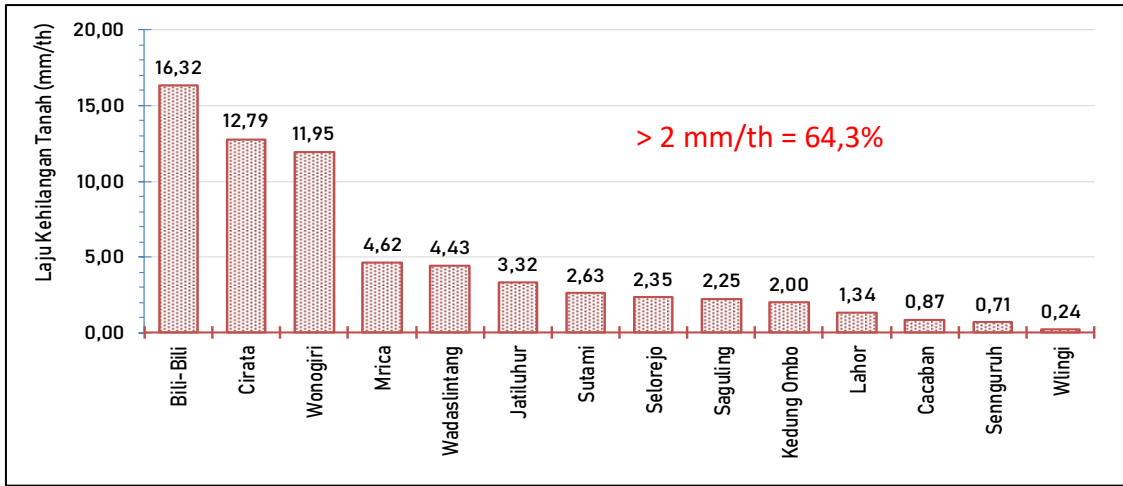
c. Laju sedimentasi



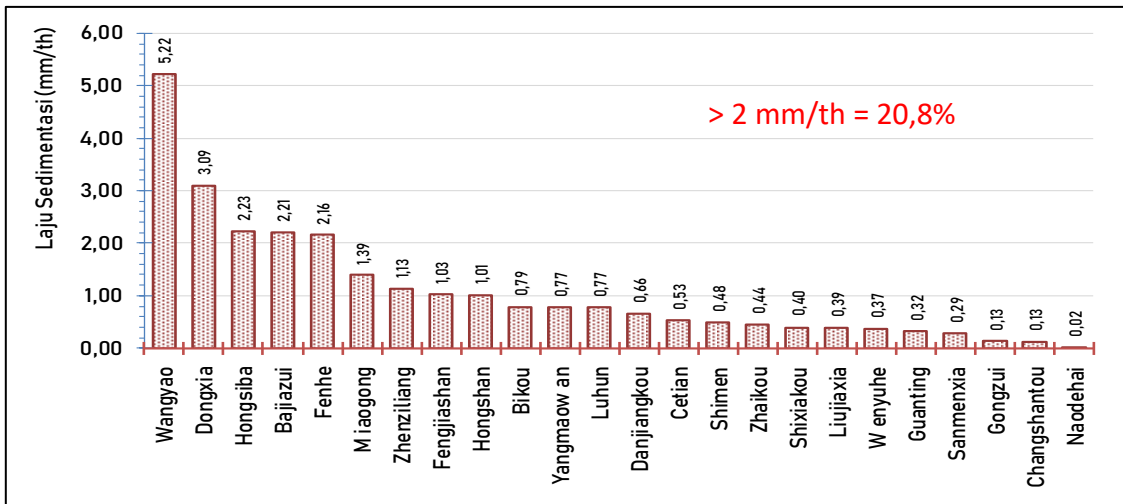
d. Laju sedimentasi di waduk

Gambar 2.3. Erosi dan sedimentasi di DTA dan waduk untuk 61 waduk

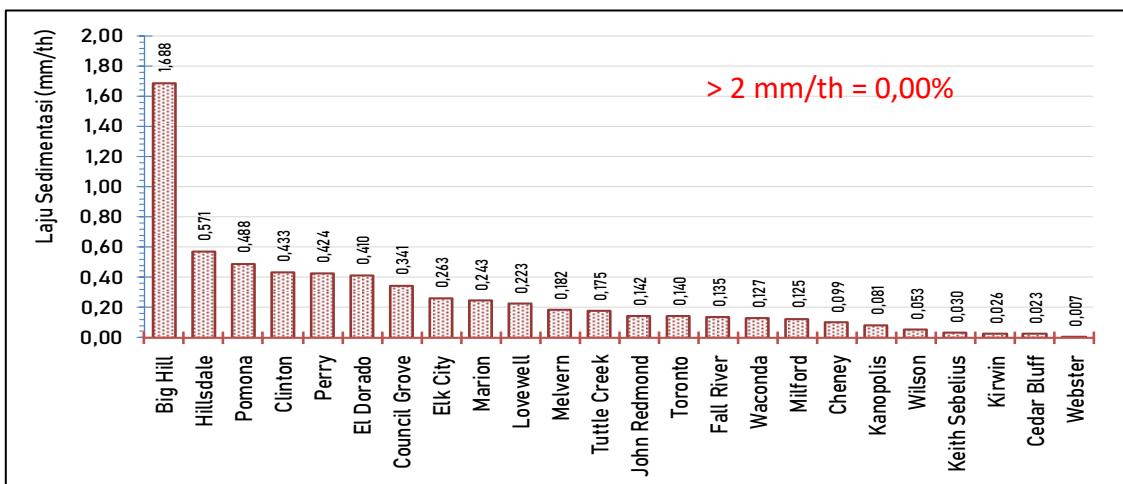
Sebagai pembandingan dalam Gambar 2.4 ditunjukkan laju sedimentasi beberapa waduk eksisting di Indonesia, China dan Amerika.



a. Laju sedimentasi beberapa waduk eksisting di Indonesia



b. Laju sedimentasi beberapa waduk eksisting di China



c. Laju sedimentasi beberapa waduk eksisting di Amerika

Gambar 2.4. Laju sedimentasi beberapa waduk eksisting di Indonesia, China dan Amerika

Berdasarkan Gambar 2.3 dan Gambar 2.4 dua substansi penting ditemukan, yaitu:

1. Ada angka-angka ekstrem yang tidak rasional baik untuk angka maximum (misal 90,6504 mm/th → terlalu besar) dan angka minimal (misal 0,00034 mm/th → terlalu kecil bisa dianggap tak ada erosi sama sekali)
2. Ada hasil yang tidak rasional misal laju erosi lahan seharusnya lebih besar dibandingkan laju sedimentasi.
3. Banyak angka informasi bendungan yang sangat meragukan.

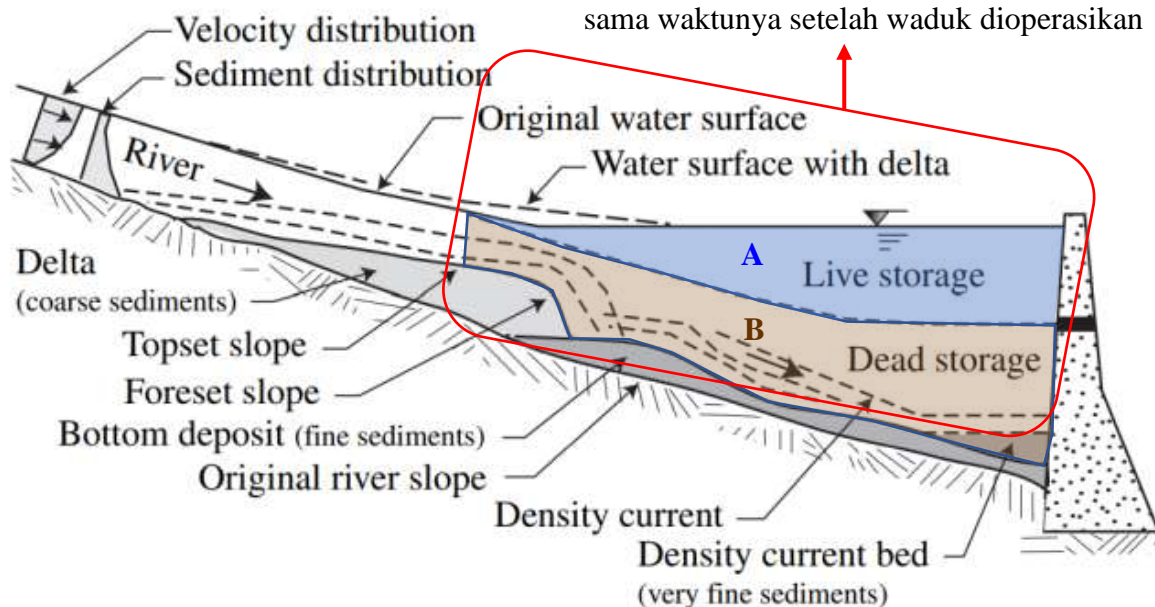
### 1.3 Kajian Pelestarian Fungsi Waduk

Fungsi waduk sesuai dengan PerMen PUPR No. 27 Tahun 2017 adalah untuk menyimpan air yang berlebih pada saat musim penghujan agar dapat dimanfaatkan guna pemenuhan kebutuhan air dan daya air pada waktu diperlukan, serta mengendalikan daya rusak air (banjir), yang ditujukan untuk kesejahteraan dan keselamatan umum. Pelestarian fungsi waduk bertujuan untuk menjaga waduk agar terpelihara keberadaan, keberlanjutan serta menjaga fungsi waduk terhadap kerusakan atau gangguan yang disebabkan, baik oleh daya alam maupun tindakan manusia. Secara teknis pelestarian fungsi waduk ditunjukkan dalam Gambar 2.5.

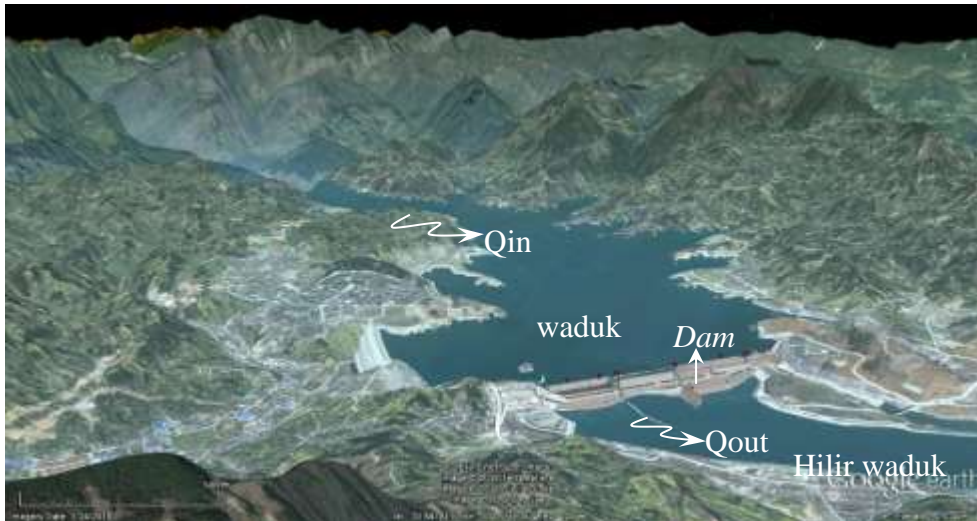
A= Tampungan/kapasitas aktif (*live storage*)

B= Tampungan/kapasitas mati (*dead Storage*) berisi sedimen

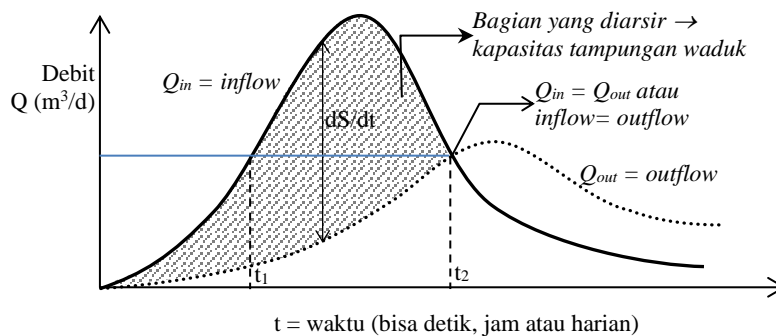
A dan B terkait dengan umur waduk yaitu bagaimana A dan B dari perencanaan akan sama waktunya setelah waduk dioperasikan



- a. Fungsi sebagai penyimpan (penampung) air dan terkait dengan umur waduk



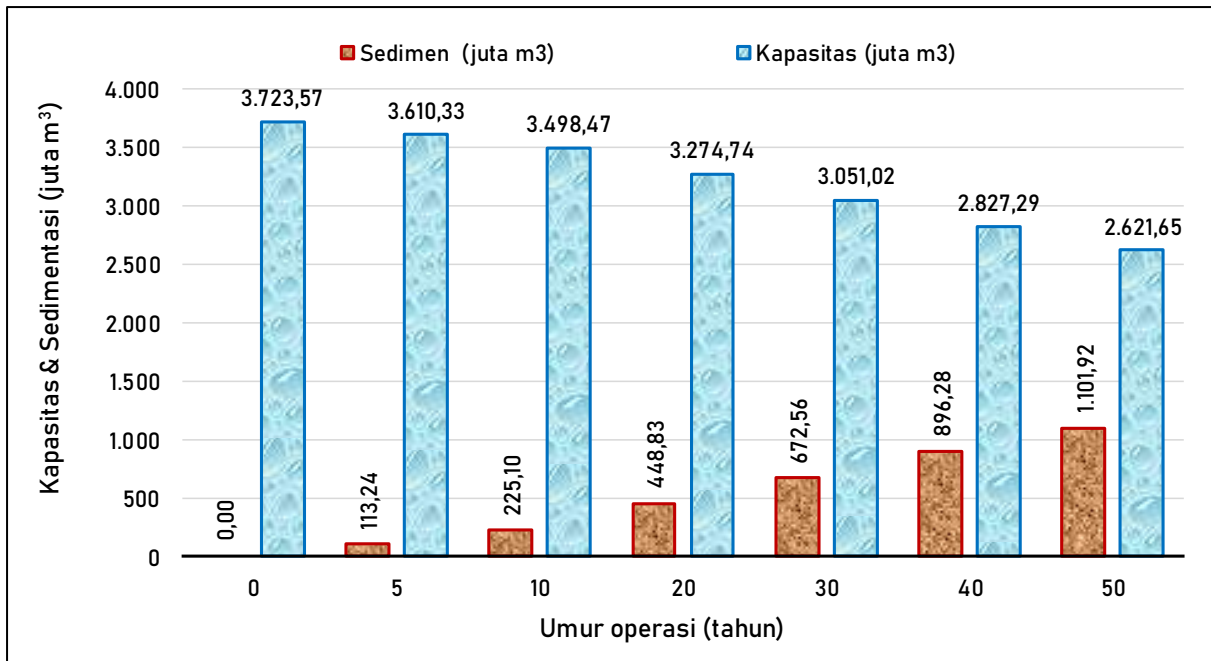
b. Contoh bendungan



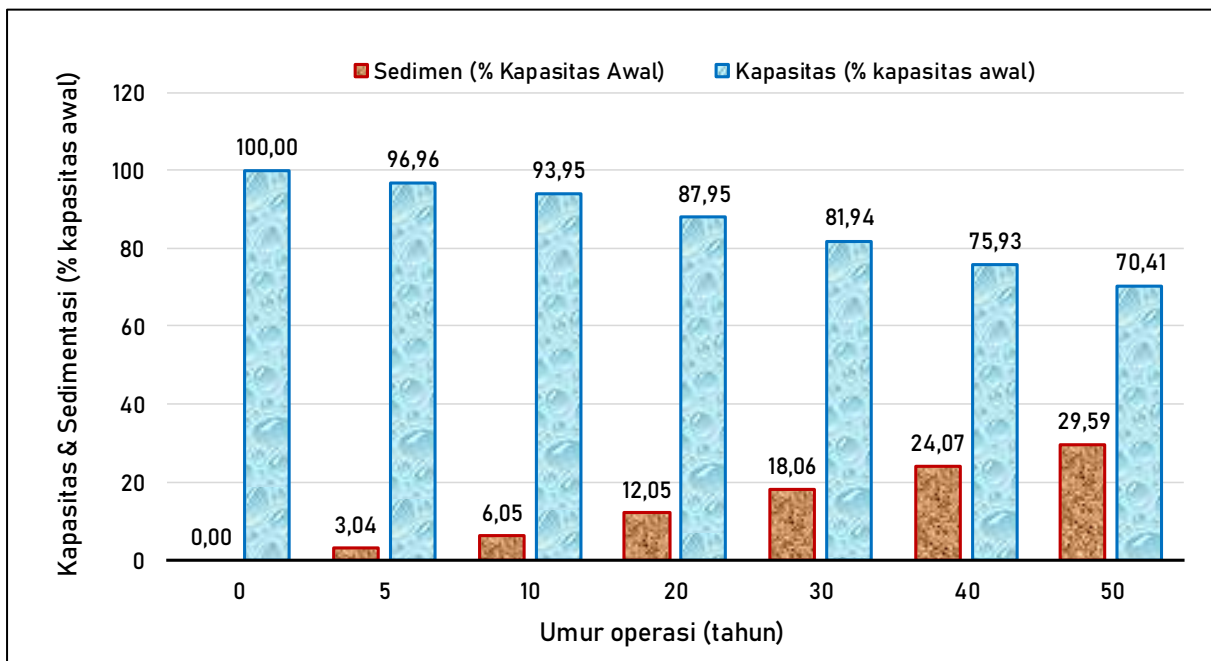
c. Fungsi waduk sebagai pengendali banjir

Gambar 2.5. Ilustrasi teknis terkait dengan pelestarian fungsi waduk

Berdasarkan data erosi dan sedimentasi yang ada, perkiraan laju penurunan kapasitas 61 waduk dianalisis. Total kapasitas ke 61 waduk diperkirakan sebesar 3,723 milyar  $m^3$ , kapasitas tersebut akan berkurang akibat sedimentasi. Dengan asumsi ke 61 waduk mulai beroperasi pada waktu yang sama, maka setelah 50 tahun beroperasi akumulasi sedimen akan mencapai 1,102 milyar  $m^3$  (29,59% dari kapasitas awal waduk), sehingga kapasitas waduk yang tersisa tinggal 2,622 milyar  $m^3$  (70,41%). Gambar 7 menunjukkan hubungan kapasitas dan sedimentasi dengan umur operasi.



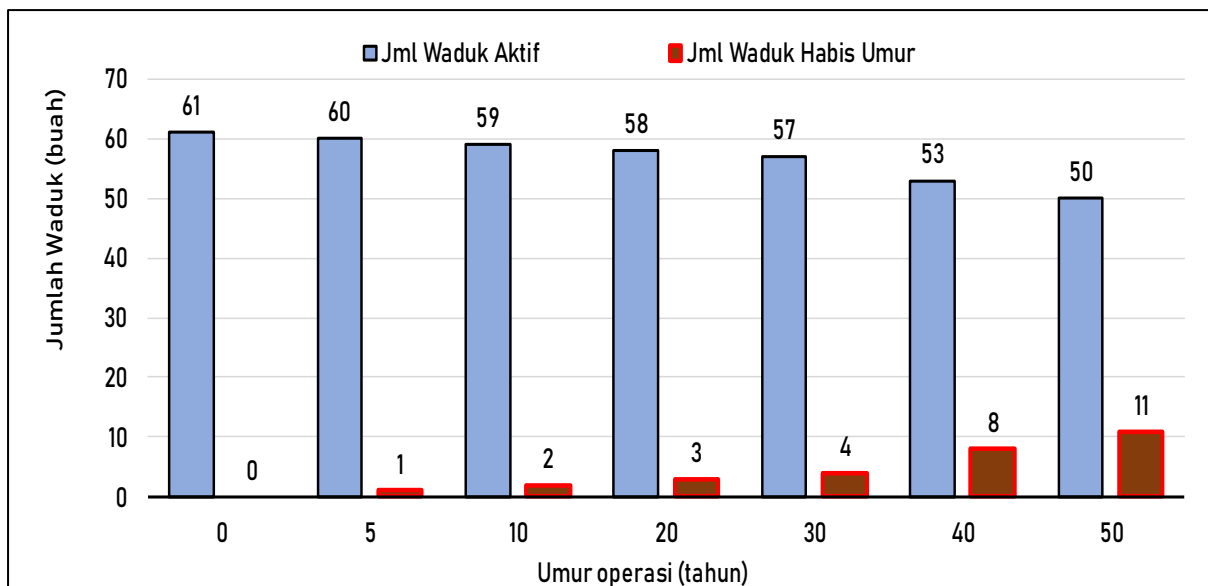
a. Hubungan kapasitas dan sedimentasi (juta m<sup>3</sup>) dengan umur operasi (tahun)



b. Hubungan kapasitas dan sedimentasi (%) dengan umur operasi (tahun)

Gambar 7. Hubungan kapasitas dan sedimentasi dengan umur operasi

Berdasarkan Gambar 7 dapat diperkirakan jumlah waduk yang habis umur teknisnya akibat sedimentasi dari 61 waduk baru.



Gambar 8. Perkiraan jumlah waduk yang habis umur teknisnya akibat sedimentasi

Karena tidak ada informasi kapasitas tampungan mati (*dead storage*) 61 waduk baru, maka diasumsikan bahwa waduk akan habis umur teknisnya jika 25% kapasitasnya sudah terisi sedimen. Maka berdasarkan laju sedimentasi waduk dapat diperkirakan umur operasi waduk. Dari ke 61 waduk baru akan habis umur teknisnya sebanyak:

- 1 waduk setelah kurang lebih 5 tahun beroperasi;
- 1 waduk setelah kurang lebih 10 tahun beroperasi;
- 1 waduk setelah kurang lebih 20 tahun beroperasi;
- 1 waduk setelah kurang lebih 30 tahun beroperasi;
- 4 waduk setelah kurang lebih 40 tahun beroperasi;
- 3 waduk setelah kurang lebih 50 tahun beroperasi.
- Dari total 61 waduk baru sebanyak 11 waduk akan habis umur teknisnya setelah 50 tahun beroperasi.

### 3. PERMASALAHAN

Berdasarkan latar belakang dan analisis tersebut maka permasalahan adalah sebagai berikut:

1. Laju sedimentasi yang masuk pada 61 waduk baru cukup tinggi akibat erosi yang terjadi pada DTA.
2. Dari hasil analisis statistik ditemukan beberapa kejanggalan terkait:
  - a. Data kapasitas tampung dan laju sedimentasi.
  - b. Data erosi lahan DAS dan laju sedimentasi di bendungan.
  - c. Nilai ekstrim tinggi dan ekstrim rendah data erosi yang meragukan.
  - d. Satuan-satuan data yang tidak seragam.
  - e. Ada perbedaan dalam menyatakan masalah erosi dan sedimentasi untuk menganalisis problematika yang terjadi.
3. Kurang maksimalnya pengelolaan *database* waduk.
4. Belum ditetapkan kriteria kemanfaatan waduk yang dapat dijadikan sebagai dasar dalam pengambilan keputusan pembangunan waduk.
5. Pembangunan waduk baru belum sepenuhnya direncanakan dan dilaksanakan secara terpadu antar K/L dan *stakeholder* terkait.
6. Seringkali terdapat kesulitan untuk melakukan perencanaan dan penganggaran secara terpadu terkait dengan masalah teknis koordinasi antar K/L maupun alokasi anggaran yang memerlukan dukungan dari lembaga legislatif (DPR).
7. Keterbatasan Pemda dalam upaya pengendalian erosi lahan dan sedimentasi.
8. Kurangnya partisipasi masyarakat dalam upaya pengendalian erosi lahan dan sedimentasi.
9. Belum adanya pemberian penghargaan terhadap pengembangan inovasi dalam upaya pengendalian erosi lahan dan sedimentasi.
10. Kapasitas tampung efektif waduk senantiasa mengalami penyusutan karena jumlah sedimen yang mengendap di waduk, yang mengakibatkan penyusutan kemampuan layanan air.

## 4. REKOMENDASI

Berdasarkan latar belakang, analisis, dan permasalahan tersebut maka rekomendasi adalah sebagai berikut:

1. Memprioritaskan rehabilitasi hutan dan lahan pada DTA 61 waduk baru, guna meminimalkan laju erosi lahan DTA dan sedimentasi waduk agar umur ekonomis waduk bisa lebih optimal.
2. Perlu melakukan evaluasi terhadap data perencanaan waduk yang sedang dan akan dibangun.
3. Perlu meningkatkan kinerja pengelolaan *data base* pada 61 waduk baru dan waduk lama secara terpadu lintas sektor lintas wilayah antara lain:
  - a. Mengembangkan program *monitoring* dan evaluasi secara berkelanjutan.
  - b. Melakukan perbaikan terhadap pedoman *monitoring* dan evaluasi erosi lahan DTA, sedimentasi dan pencemaran waduk.
4. Perlu ditetapkan ukuran efektivitas dari waduk secara numerik yang terkait dengan: layanan waduk, nilai kemanfaatan air, biaya OP, dan biaya – biaya pengaman waduk.
5. Perencanaan pembangunan waduk baru perlu dilaksanakan secara terpadu dan dalam kerjasama sinergis antar K/L sehingga perencanaan waduk berbasis pada ekologi yang mengintegrasikan badan waduk, sempadan waduk (*green belt*) dan daerah tangkapan air. Sehingga aspek – aspek yang berkaitan dengan pengendalian erosi dan sedimentasi harus menjadi bagian yang tidak terpisahkan dari kebutuhan operasi dan pemeliharaan waduk.
6. Perlu keterpaduan perencanaan dan penganggaran sinergi antar K/L yang terkait dengan pembangunan waduk.
7. Pemerintah Pusat perlu memberi perhatian dan dukungan kepada pemerintah daerah terhadap seluruh tindakan yang dapat mempengaruhi laju erosi lahan dan sedimentasi di daerahnya.
8. Perlu didorong partisipasi masyarakat dengan menyelenggarakan pelatihan dan pemberdayaan masyarakat untuk menciptakan pemahaman, sikap dan perilaku masyarakat yang mendukung pengendalian erosi lahan dan sedimentasi oleh karena aktivitas masyarakat di DAS (aspek antropogenik) secara nyata mempengaruhi erosi lahan dan sedimentasi waduk.
9. Perlu dipertimbangkan untuk memberikan insentif bagi pengembangan inovasi yang dapat mengurangi sedimentasi untuk memperpanjang usia penggunaan waduk.
10. Perlu melakukan pengukuran terhadap volume efektif kolam waduk yang ada untuk mengetahui kapasitas tampung terkini pada semua waduk yang ada.

Hasil pengukuran ini akan dipergunakan untuk melakukan revisi terhadap Pola Operasi Waduk dengan tujuan untuk mencegah atau mengurangi kegagalan pencapaian target kemanfaatan penggunaan air waduk dan sekaligus untuk mengetahui perkembangan kapasitas *dead storage* guna merencanakan tindakan antisipasif yang bertujuan untuk menjaga kelangsungan fungsi waduk sesuai dengan target masa usia yang direncanakan.

**Tabel 4.1. Rekomendasi Pengendalian Erosi dan Sedimentasi untuk Pelestarian Fungsi Waduk**

PERMASALAHAN	REKOMENDASI	TINDAK LANJUT	PENANGGUNG JAWAB
<p>1. Laju sedimentasi yang masuk pada 61 waduk baru cukup tinggi akibat erosi yang terjadi pada DTA.</p>	<p>Memprioritaskan rehabilitasi hutan dan lahan pada DTA 61 waduk baru, guna meminimalkan laju erosi lahan DTA dan sedimentasi waduk agar umur ekonomis waduk bisa lebih optimal.</p>	<p>1. Meningkatkan pelaksanaan rehabilitasi hutan dan lahan di 33 provinsi dengan skala prioritas pada lokasi DTA 61 waduk baru.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kementerian LHK</li> <li>- Kementerian Pertanian</li> <li>- Kementerian ATR/BPN</li> <li>- Kementerian PUPR</li> <li>- Pemda terkait</li> </ul>
		<p>2. Melakukan evaluasi terhadap budidaya pertanian yang tidak sesuai dengan kaidah konservasi lahan.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kementerian Pertanian</li> <li>- Kementerian LHK</li> <li>- Kementerian PUPR</li> </ul>
		<p>3. Melakukan penertiban dan penegakan hukum terhadap pelanggaran ketentuan pemanfaatan lahan sebagaimana ditetapkan dalam rencana tata ruang wilayah.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kementerian Hukum dan HAM</li> <li>- Kementerian LHK</li> <li>- Kementerian Pertanian</li> </ul>

PERMASALAHAN	REKOMENDASI	TINDAK LANJUT	PENANGGUNG JAWAB
			<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kementerian ATR/BPN</li> <li>- Kementerian PUPR</li> <li>- Pemda terkait</li> </ul>
<p>2. Dari hasil analisis statistik ditemukan beberapa kejanggalan terkait:</p> <p>a. Data kapasitas tampung dan laju sedimentasi.</p> <p>b. Data erosi lahan DAS dan laju sedimentasi di bendungan.</p> <p>c. Nilai ekstrim tinggi dan ekstrim rendah data erosi yang meragukan.</p> <p>d. Satuan-satuan data yang tidak seragam.</p> <p>e. Ada perbedaan dalam menyatakan masalah erosi dan sedimentasi untuk menganalisis</p>	<p>Perlu melakukan evaluasi terhadap data perencanaan waduk yang sedang dan akan dibangun.</p>	<p>1. Melakukan evaluasi dan verifikasi ulang terhadap data perencanaan waduk yang sedang dan akan dibangun, yang meliputi studi pra-kelayakan, studi kelayakan, dan perencanaan teknis.</p> <p>2. Meningkatkan kecermatan pemantauan dan evaluasi tingkat erosi DAS dan sedimentasi waduk.</p> <p>3. Membuat sistem pengumpulan dan pengelolaan data yang handal dan akurat.</p> <p>4. Menyeragamkan satuan ukuran data sedimentasi dan erosi.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kementerian PUPR</li> <li>- Kementerian LHK</li> <li>- BMKG</li> <li>- Kementerian PUPR</li> <li>- Kementerian LHK</li> <li>- BMKG</li> <li>- Kementerian PUPR</li> <li>- Kementerian LHK</li> <li>- BMKG</li> </ul>

PERMASALAHAN	REKOMENDASI	TINDAK LANJUT	PENANGGUNG JAWAB
problematika yang terjadi.		5. Menggunakan terminologi yang sama dan baku untuk menyatakan masalah erosi dan sedimentasi yang terjadi.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kementerian PUPR</li> <li>- Kementerian LHK</li> <li>- BMKG</li> </ul>
3. Kurang maksimalnya pengelolaan <i>database</i> waduk.	<p>Perlu meningkatkan kinerja pengelolaan <i>data base</i> pada 61 waduk baru dan waduk lama secara terpadu lintas sektor lintas wilayah antara lain:</p> <p>a. Mengembangkan program <i>monitoring</i> dan evaluasi secara berkelanjutan.</p> <p>b. Melakukan perbaikan terhadap pedoman <i>monitoring</i> dan evaluasi erosi lahan DTA, sedimentasi dan pencemaran waduk.</p>	1. Mengembangkan program <i>monitoring</i> dan evaluasi.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kementerian PUPR</li> <li>- Pemda terkait</li> </ul>
		2. Melakukan perbaikan terhadap pedoman <i>monitoring</i> dan evaluasi erosi lahan DTA, sedimentasi dan pencemaran waduk secara berkelanjutan terutama pada 61 waduk baru dan waduk lama secara terpadu lintas sektor lintas wilayah.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kementerian PUPR</li> <li>- Pemda terkait</li> </ul>
		3. Memperbaiki pengelolaan data dan informasi bendungan.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kementerian PUPR</li> <li>- Pemda terkait</li> </ul>
4. Belum ditetapkan kriteria kemanfaatan waduk yang dapat dijadikan sebagai dasar dalam pengambilan	Perlu ditetapkan ukuran efektivitas dari waduk secara numerik yang terkait dengan: layanan waduk, nilai	1. Menetapkan ukuran efektifitas dari waduk secara numerik yang terkait dengan: layanan waduk, nilai kemanfaatan air, biaya OP,	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kementerian PUPR</li> </ul>

PERMASALAHAN	REKOMENDASI	TINDAK LANJUT	PENANGGUNG JAWAB
keputusan pembangunan waduk.	kemanfaatan air, biaya OP, dan biaya – biaya pengaman waduk.	dan biaya – biaya pengaman waduk.	
		2. Pembangunan waduk baru agar mengacu pada ketetapan tentang kriteria kemanfaatan waduk.	- Kementerian PUPR
5. Pembangunan waduk baru belum sepenuhnya direncanakan dan dilaksanakan secara terpadu antar K/L dan <i>stakeholder</i> terkait.	Perencanaan pembangunan waduk baru perlu dilaksanakan secara terpadu dan dalam kerjasama sinergis antar K/L sehingga perencanaan waduk berbasis pada ekologi yang mengintegrasikan badan waduk, sempadan waduk ( <i>green belt</i> ) dan daerah tangkapan air. Sehingga aspek – aspek yang berkaitan dengan pengendalian erosi dan sedimentasi harus menjadi bagian yang tidak terpisahkan dari kebutuhan operasi dan pemeliharaan waduk.	1. Meningkatkan intensitas komunikasi dan koordinasi antar pihak terkait dengan cara mengefektifkan fungsi Lembaga Koordinasi yang tersedia (TKPSA dan Dewan SDA Provinsi)	- Kemenko Ekon/Marves  - Kementerian PUPR
		2. Menyiapkan ketersediaan anggaran pada tiap-tiap K/L yang terbingkai dalam satu-kesatuan program dan anggaran pembangunan bendungan/waduk sejak tahap perencanaan.	- Kementerian PPN/Bappenas  - Kementerian PUPR  - Kementerian LHK
		3. Melakukan <i>review</i> rencana pengembangan dan pengelolaan waduk baru berikutnya agar dilaksanakan secara menyeluruh dan terpadu meliputi daerah	- Kemenko Ekon/Marves  - Kementerian PUPR  - Kementerian LHK

PERMASALAHAN	REKOMENDASI	TINDAK LANJUT	PENANGGUNG JAWAB
		<p>tangkapan air, waduk/bendungan, dan daerah layanannya.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kemendagri</li> <li>- Kementerian ATR/BPN</li> <li>- Pemda terkait</li> </ul>
<p>6. Seringkali terdapat kesulitan untuk melakukan perencanaan dan penganggaran secara terpadu terkait dengan masalah teknis koordinasi antar K/L maupun alokasi anggaran yang memerlukan dukungan dari lembaga legislatif (DPR).</p>	<p>Perlu keterpaduan perencanaan dan penganggaran sinergi antar K/L yang terkait dengan pembangunan waduk.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Menyiapkan skema anggaran pada tiap-tiap K/L yang terbingkai dalam satu-kesatuan program dan anggaran pembangunan bendungan/waduk sejak tahap perencanaan.</li> <li>2. Melakukan komunikasi dengan lintas Komisi terkait di DPR-RI untuk mendapatkan alokasi anggaran.</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kementerian PPN/Bappenas</li> <li>- Kementerian PUPR</li> <li>- Kemendagri</li> <li>- Kementerian LHK</li> <li>- Kementerian ATR/BPN</li> <li>- Kemensos</li> <li>- Pemda terkait</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kementerian PPN/Bappenas</li> <li>- Kementerian PUPR</li> <li>- Kemendagri</li> <li>- Kementerian LHK</li> </ul>

PERMASALAHAN	REKOMENDASI	TINDAK LANJUT	PENANGGUNG JAWAB
			<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kementerian ATR/BPN</li> <li>- Kemensos</li> <li>- Pemda terkait</li> </ul>
7. Keterbatasan Pemda dalam upaya pengendalian erosi lahan dan sedimentasi.	Pemerintah Pusat perlu memberi perhatian dan dukungan kepada pemerintah daerah terhadap seluruh tindakan yang dapat mempengaruhi laju erosi lahan dan sedimentasi di daerahnya.	1. Memberikan anggaran khusus kepada pemerintah daerah terkait pengendalian laju erosi lahan dan sedimentasi.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kemendagri</li> <li>- Kementerian LHK</li> <li>- Kementerian PUPR</li> <li>- Pemda terkait</li> </ul>
		2. Membuat sinkronisasi program antara Pemerintah Provinsi dan Pemerintah Kabupaten.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kemendagri</li> <li>- Kementerian LHK</li> </ul>
		3. Mendorong Pemda/Pemkab untuk membuat program-program kreatif untuk dapat melibatkan partisipasi masyarakat dalam pengendalian laju erosi lahan dan sedimentasi sesuai kewenangannya.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kemendagri</li> <li>- Kementerian LHK</li> </ul>
8. Kurangnya partisipasi masyarakat dalam upaya	Perlu didorong partisipasi masyarakat dengan menyelenggarakan pelatihan dan	Menyelenggarakan pelatihan dan pendampingan untuk memberdayakan masyarakat untuk	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pemda terkait</li> <li>- Kemendagri</li> </ul>

PERMASALAHAN	REKOMENDASI	TINDAK LANJUT	PENANGGUNG JAWAB
pengendalian erosi lahan dan sedimentasi.	pemberdayaan masyarakat untuk menciptakan pemahaman, sikap dan perilaku masyarakat yang mendukung pengendalian erosi lahan dan sedimentasi oleh karena aktivitas masyarakat di DAS (aspek antropogenik) secara nyata mempengaruhi erosi lahan dan sedimentasi waduk.	menciptakan pemahaman, sikap dan perilaku masyarakat dan menyediakan stimulan untuk mendukung pengendalian erosi lahan dan sedimentasi.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kementerian LHK</li> <li>- Kementerian PUPR</li> </ul>
9. Belum adanya pemberian penghargaan terhadap pengembangan inovasi dalam upaya pengendalian erosi lahan dan sedimentasi.	Perlu dipertimbangkan untuk memberikan insentif bagi pengembangan inovasi yang dapat mengurangi sedimentasi untuk memperpanjang usia penggunaan waduk.	Mengembangkan program penghargaan/insentif dan menyediakan dana untuk pengembangan inovasi dalam rangka mengurangi sedimentasi guna memperpanjang usia penggunaan waduk.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kemendes</li> <li>- Kementerian LHK</li> <li>- Kemenkeu</li> <li>- Kementerian PUPR</li> <li>- Kemenristek/BRIN</li> </ul>
10. Kapasitas tampung efektif waduk senantiasa mengalami penyusutan karena jumlah sedimen yang mengendap di waduk, yang mengakibatkan	Perlu melakukan pengukuran terhadap volume efektif kolam waduk yang ada untuk mengetahui kapasitas tampung terkini pada semua waduk yang ada. Hasil pengukuran ini akan dipergunakan untuk melakukan revisi terhadap Pola	1. Melakukan pengukuran terhadap volume efektif kolam waduk yang ada untuk mengetahui kapasitas tampung terkini; termasuk pemantauan terhadap dinamika penyusutan kapasitas waduk secara periodik untuk mencegah	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kementerian PUPR</li> <li>- Pemda terkait</li> </ul>

PERMASALAHAN	REKOMENDASI	TINDAK LANJUT	PENANGGUNG JAWAB
<p>penyusutan kemampuan layanan air.</p>	<p>Operasi Waduk dengan tujuan untuk mencegah atau mengurangi kegagalan pencapaian target kemanfaatan penggunaan air waduk dan sekaligus untuk mengetahui perkembangan kapasitas <i>dead storage</i> guna merencanakan tindakan antisipasif yang bertujuan untuk menjaga kelangsungan fungsi waduk sesuai dengan target masa usia yang direncanakan.</p>	<p>kegagalan target operasi pada semua waduk yang ada.</p>	
		<p>2. Melakukan revisi terhadap Pola Operasi Waduk berdasarkan hasil pengukuran tersebut, untuk mencegah atau mengurangi kegagalan pencapaian target kemanfaatan penggunaan air waduk dan sekaligus untuk mengetahui perkembangan kapasitas <i>dead storage</i> guna merencanakan tindakan antisipasif yang bertujuan untuk menjaga kelangsungan fungsi waduk sesuai dengan target masa usia yang direncanakan.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kementerian PUPR</li> <li>- TKPSDA</li> </ul>
		<p>3. Mengupayakan pengerukan atau mengembangkan sistem <i>flushing</i> pada waduk-waduk yang kondisinya kritis untuk menjaga tampungan mati (<i>dead storage</i>) tidak terlampaui.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kementerian PUPR</li> </ul>