

Analisis Distribusi Sedimen dan Laju Erosi Pada Waduk Temef

Tri Aribowo*¹, Sri Sangkawati², Pranoto S. Atmodjo.³

^{1,2,3} Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudarto, SH., Tembalang, Semarang

Submitted: 21 Februari 2020

Accepted: 20, Maret, 2020

Abstrak

Salah satu faktor yang digunakan dalam menentukan kapasitas tampungan efektif dan usia guna waduk adalah jumlah sedimen yang mengendap di waduk. Untuk itu, laju sedimentasi dan distribusi sedimen pada suatu waduk perlu dihitung guna menentukan pola operasi waduk maupun langkah-langkah antisipatif agar waduk dapat beroperasi sesuai usia guna yang telah direncanakan. Studi ini bertujuan untuk mengetahui besarnya laju erosi pada DAS Temef yang dapat menjadi sumber sedimentasi pada Waduk Temef serta untuk mengetahui distribusi sedimen pada Waduk Temef. Pendugaan laju erosi dilakukan dengan menggunakan Metode USLE dan analisis distribusi sedimen di waduk dilakukan dengan menggunakan Metode Pengurangan Luas (*Area Reduction Method*). Dari hasil analisis diperoleh besarnya laju erosi pada DAS Temef sebesar 554.223,30 m³/tahun. Dengan usia guna waduk selama 50 tahun, volume sedimen yang mengendap di Waduk Temef diprediksi mencapai 27,71 juta m³, dimana kapasitas total waduk yang semula 45,79 juta m³ berkurang sebesar 60,54% dan hanya tersisa sebesar 18,07 juta m³. Dari total jumlah sedimen yang mengendap, kapasitas tampungan mati waduk yang berada pada elevasi +370 m hanya terisi sebesar 79,90% dari total yang disediakan. Dengan kapasitas tampungan mati yang tidak terisi 100% setelah 50 tahun, operasional waduk selama usia guna relatif tidak terganggu oleh sedimentasi dan dapat bertahan hingga waktu yang direncanakan.

Kata Kunci : *Area Reduction Method*; Distribusi Sedimen; Erosi; USLE; Waduk Temef;

Abstract

One of the factors used in determining the effective capacity and life time storage is the amount of sediment that deposited in the reservoir. Therefor, estimating the sedimentation rate and sediment distribution in a reservoir needs to be done in order to determine the reservoir operation system and anticipatory steps so that the reservoir can operate within the planned life time. This study aims to determine erosion rates in the Temef watershed which can be a source of sedimentation in the Temef Reservoir and to determine the distribution of sediment in the reservoir. Estimation of erosion rate is done

using the USLE Method and analysis of sediment distribution in reservoirs is done using the Area Reduction Method. Base on analysis, erosion rate in the Temef watershed is 554,223.30 m³ /year. With a reservoir life span of 50 years, the volume of sediment that settles in the Temef Reservoir is predicted to reach 27.71 million m³, where the initial capacity of the reservoir was 45.79 million m³ reduced by 60.54% and only 18.07 million m³ remained. Of the total amount of sediment that settles, dead storage capacity at +370 m elevation is only filled at 79.90% of the total provided. With a dead storage capacity that is not filled 100% after 50 years, reservoir operations during the useful life are relatively undisturbed by sedimentation and can last up to the planned time.

Keywords : *Area Reduction Method; Sediment Distribution; Erosion; USLE; Temef Reservoir;*

A. PENDAHULUAN

Bendungan Temef merupakan salah satu bendungan yang dibangun Pemerintah dalam usaha memenuhi kebutuhan air, swasembada pangan, serta pengendalian daya rusak air di Provinsi NTT. Waduk yang terbentuk akibat adanya bendungan tersebut direncanakan akan menampung air dengan volume total sebesar 45,79 juta m³, dengan volume tampungan mati sebesar 32,35 juta m³. Waduk Temef diharapkan akan mampu melayani kebutuhan air baku Ibukota Kabupaten Timor Tengah Selatan dengan kapasitas 131 liter/detik, melayani areal irigasi seluas 4.800 Ha, serta mereduksi banjir di wilayah hilir Sungai Temef.

Salah satu permasalahan yang umum terjadi pada waduk adalah sedimentasi yang disebabkan oleh erosi. Erosi dapat terjadi tergantung dari beberapa faktor, antara lain karakteristik hujan, panjang dan kemiringan lereng, vegetasi penutup, serta kemampuan tanah untuk menyerap air ke dalam lapisan tanah dangkal (Prasetyo *et al.*, 2015). Erosi berdampak pada timbulnya kerusakan, baik pada tanah tempat terjadinya erosi maupun pada tempat tujuan akhir tanah yang terangkut tersebut diendapkan. Sedimentasi di sungai maupun waduk dapat mengurangi daya tampung keduanya. Meningkatnya jumlah erosi pada DAS dan sedimentasi

pada waduk akan memberi dampak yang besar bagi keamanan bendungan (Krisnayanti *et al.*, 2018). Sedimentasi yang terlalu tinggi juga dapat menyebabkan pendangkalan waduk yang cepat dan mengurangi kemampuan waduk dalam menyimpan air. Hal ini akan mengakibatkan penurunan usia guna waduk yang berdampak pada fungsi waduk tersebut (Sutrisno *et al.*, 2011). Usia waduk ditentukan oleh berapa lama volume tampungan mati (*dead storage*) terisi oleh sedimen (Mukti, 2019).

Studi ini dilakukan untuk memperkirakan besarnya laju erosi dan sedimentasi yang masuk ke Waduk Temef sehingga dapat diketahui volume sedimen yang mengendap di waduk untuk menjamin waduk dapat beroperasi dan dimanfaatkan sesuai usia guna yang direncanakan. Analisis pendugaan laju erosi dilakukan dengan menggunakan Metode USLE (*Universal Soil Loss Equation*). Selanjutnya metode yang digunakan untuk memperkirakan besarnya hasil sedimen (*sediment yield*) adalah dengan menghitung besarnya *Sediment Delivery Ratio* (SDR). Dalam analisis distribusi sedimen pada Waduk Temef, digunakan *Area Reduction Method* karena metode ini dianggap memiliki tingkat kesalahan yang relatif kecil (Setyono, 2011).

B. TINJAUAN PUSTAKA

1. Erosi Lahan dan Sedimentasi Waduk

Erosi adalah peristiwa pindahnya atau terangkatnya tanah atau bagian-bagian tanah dari suatu tempat ke tempat lain oleh media alami (Ma'wa *et al.*, 2014). Sedangkan sedimentasi merupakan proses lanjutan dari peristiwa erosi, baik berupa erosi permukaan, erosi parit, atau jenis erosi tanah lainnya (Khaerul *et al.*, 2017; Setyono, 2011).

Beberapa faktor yang mempengaruhi terjadinya sedimentasi di waduk, antara lain : kondisi fisiografi dan hidroklimatologi daerah tangkapan, kondisi hidrolika, aktivitas pemanfaatan lahan di daerah tangkapan, pola operasi waduk, serta sifat sedimen (Departemen Pekerjaan Umum, 2004). Pengaruh dari faktor - faktor ini akan menyebabkan terjadinya proses pengendapan sedimen kasar (pembentukan delta), pengendapan sedimen halus, *density current*, pergerakan sedimen dasar (*bedload*) dan sedimen layang (*suspended load*), pemadatan endapan sedimen, serta resuspension.

Besarnya sedimentasi yang terjadi pada waduk dapat diprediksi melalui beberapa cara, yaitu berdasarkan erosi lahan yang terjadi, berdasarkan pengukuran sedimen layang, serta berdasarkan data pengukuran bathimetri waduk.

2. Pendugaan Laju Erosi Lahan

Metode *Universal Soil Loss Equation* (USLE) adalah model erosi yang dirancang untuk memprediksi rata-rata erosi tanah dalam jangka waktu panjang dari suatu areal usaha tani dengan sistem pertanian dan pengelolaan tertentu (Morris & Fan, 2010). Metode ini menggunakan persamaan sebagaimana ditunjukkan oleh Persamaan (1).

$$E_a = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P \quad (1)$$

dimana :

- E_a : Jumlah tanah yang hilang rata-rata setiap tahun (ton/ha/tahun)
- R : Indeks daya erosi curah hujan (erosivitas hujan)
- K : Indeks kepekaan tanah terhadap erosi (erodibilitas tanah)
- LS : Faktor panjang lereng (L) dan kemiringan lereng (S)
- C : Faktor tanaman (vegetasi)
- P : Faktor usaha-usaha pencegahan erosi (konservasi)

3. *Sediment Delivery Ratio* (SDR)

Hasil perhitungan laju erosi lahan selanjutnya digunakan untuk menghitung jumlah sedimen yang masuk ke waduk (*sediment yield*). *Sediment yield* atau hasil sedimen merupakan jumlah sedimen hasil erosi yang terjadi pada daerah tangkapan air yang diukur pada periode waktu dan tempat tertentu. *Sediment yield* tergantung pada besarnya erosi total di daerah tangkapan air serta tergantung pada transport partikel tanah yang tererosi dan keluar dari daerah tangkapan tersebut. Besarnya *sediment yield* biasanya bervariasi mengikuti kondisi fisiografi DAS (Banuwa, 2013).

Sediment yield dari suatu daerah tangkapan air dapat diperkirakan melalui perhitungan Nisbah Pelepasan Sedimen (*Sediment Delivery Ratio*) atau SDR. Metode SDR dianggap penting dalam memperkirakan besarnya *sediment yield* yang realistis berdasarkan perhitungan erosi total yang berlangsung di daerah tangkapan air (Yoppi, 2018). Persamaan SDR tersebut banyak dikembangkan di Amerika Serikat, namun perlu dikaji seberapa jauh bisa digunakan di Indonesia (Nifen & Kironoto, 2015). Persamaan (2) merupakan persamaan metode SDR yang dapat digunakan untuk melakukan perhitungan *sediment yield*.

$$SY = (E_a \times SDR) \cdot A \quad (2)$$

dimana :

SY : Jumlah sedimen per satuan luas (ton/tahun)

SDR : *Sediment Delivery Ratio*

E_a : Erosi total (ton/ha/tahun)

A : Luas DAS (ha)

4. Distribusi Sedimen di Waduk

Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk memperkirakan distribusi sedimen yang ada di waduk, diantaranya adalah Metode Pengurangan Luas (*Area Reduction Method*) dan Metode Penambahan Luas (*Area Increment Method*). Namun dalam studi ini hanya digunakan *area reduction method* karena metode ini memiliki tingkat kesalahan yang lebih kecil

dibandingkan *area increment method* (Tukaram *et al.*, 2016). *Area reduction method* merupakan metode yang paling umum digunakan untuk memprediksi dampak endapan sedimen di reservoir.

C. METODE PENELITIAN

1. Lokasi Penelitian

Bendungan Temef terletak di Sungai Temef, Desa Konbaki Kecamatan Polen dan Desa Oenino, Kecamatan Oenino, Kabupaten Timor Tengah Selatan, Provinsi Nusa Tenggara Timur dengan koordinat 124°26'49,8" BT dan 9°43'6,24" LS, seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta lokasi Bendungan Temef

2. Pengumpulan Data

Data-data yang digunakan dalam studi ini berupa data sekunder, yang terdiri dari :

- Data curah hujan pada DAS Bendungan Temef.
- Data jenis tanah, tutupan lahan, dan kemiringan lahan pada DAS Bendungan Temef.

- c) Data kurva lengkung kapasitas awal Waduk Temef.

3. Tahapan Penelitian

Analisis yang dilakukan dalam studi ini mengikuti langkah-langkah sebagai berikut :

- Memperkirakan inflow sedimen dengan dari hasil erosi lahan menggunakan metode USLE.
- Memilih kurva untuk memplotkan titik hubungan antara nilai F dan kedalaman relatif (p).
- Menentukan kedalaman nol baru pada waduk dengan menentukan fungsi tak berdimensi (F) tiap-tiap elevasi dengan menggunakan Persamaan (3).

$$F = \frac{S - V_h}{H A_h} \quad (3)$$

dimana :

- S : total sedimen yang mengendap (m³),
- H : kedalaman waduk mula-mula (m),
- V_h : volume total waduk pada kedalaman elevasi H (m³),
- A_h : luas total waduk pada kedalaman elevasi H (m²).

Nilai kedalaman relatif (p) dapat dihitung dengan Persamaan (4).

$$p = \frac{h}{H} \quad (4)$$

dimana :

- h : kedalaman pada elevasi H (m)
 - H : kedalaman total mula-mula (m)
- Mendistribusikan sedimen pada setiap kedalaman waduk berdasarkan kurva tipe waduk yang ditentukan dengan menghitung luas relatif (a) berdasarkan kedalaman relatif (p) menggunakan Persamaan (5) hingga (8).

$$\text{tipe I} : a = 5,047p^{1,85} (1-p)^{0,36} \quad (5)$$

$$\text{tipe II} : a = 2,487p^{0,57} (1-p)^{0,41} \quad (6)$$

$$\text{tipe III} : a = 16,967p^{1,15}(1-p)^{2,32} \quad (7)$$

$$\text{tipe IV} : a = 1,486p^{-0,25} (1-p)^{1,34} \quad (8)$$

- Menghitung luas terkoreksi dengan membagi luas tampungan awal pada elevasi nol baru dengan luas relatifnya.
- Menghitung luas terdistribusi pada tiap elevasi dengan mengalikan luas tampungan awal dengan luas terkoreksi pada point (e).
- Menghitung distribusi sedimen pada tiap-tiap elevasi dengan Persamaan (9).

$$V_{sh} = \frac{a_h + a_{h-1}}{2} \cdot h \quad (9)$$

dimana :

- V_{sh} : volume sedimen pada kedalaman h (m³),
 - a_h : luas terdistribusi pada kedalaman h (m²),
 - a_{h-1} : luas terdistribusi pada kedalaman h-1 (m²),
 - h : selisih kedalaman (m)
- Menghitung tampungan aktual waduk setelah T Tahun dengan mengurangi tampungan awal dengan distribusi sedimen pada tiap-tiap elevasi pada point (g).

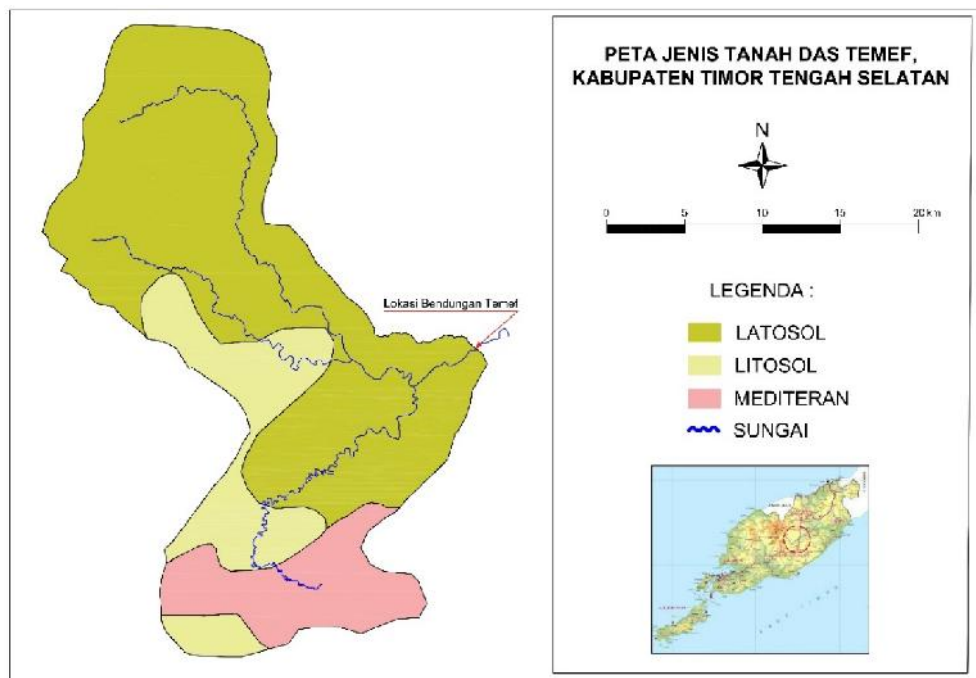
D. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pendugaan Erosi pada Waduk Temef

Komponen erosivitas hujan pada daerah studi yang digunakan yaitu curah hujan selama 35 tahun, mulai tahun 1977 hingga 2012 dari 5 stasiun hujan yang berada dekat dengan daerah studi, yaitu Stasiun Fatumnasi, Stasiun Oeoh, Stasiun Noelnoni, Stasiun Batinifukoko, Stasiun Polen dan Stasiun Nifukani. Hasil analisis erosivitas hujan pada DAS Temef disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Perhitungan erosivitas hujan (R)

Bulan	Curah Hujan Rata-rata Bulanan (mm)	E	I ₃₀	EI ₃₀ (KJ/ton)
Januari	360,84	8.066,61	0,82	65,91
Februari	303,97	6.708,43	0,79	53,08
Maret	261,55	5.707,54	0,77	43,73
April	155,65	3.266,92	0,66	21,69
Mei	116,21	2.386,24	0,60	14,25
Juni	86,06	1.727,78	0,52	9,06
Juli	66,40	1.307,40	0,46	6,02
Agustus	30,48	566,10	0,28	1,60
September	21,31	385,31	0,22	0,83
Oktober	52,14	1.008,18	0,40	4,05
November	168,63	3.560,68	0,68	24,26
Desember	308,57	6.817,62	0,79	54,10
Erosivitas Hujan Tahunan, R (KJ/ton/tahun)				298,59



Gambar 2. Peta jenis tanah pada DAS Temef

Faktor erodibilitas tanah ditentukan berdasarkan tipe/klasifikasi jenis tanah. Pada DAS Temef terdapat 3 jenis tanah yaitu Latosol, Litosol, dan Mediteran, sebagaimana disajikan pada Gambar 2. Adapun hasil perhitungan nilai faktor K pada DAS Temef disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Perhitungan faktor erodibilitas tanah (K) pada DAS Temef

Jenis Tanah	K (ton/KJ)	Luas, A (Ha)	K.A
Litosol	0,46	10.178,60	4.682,14
Latosol	0,32	37.154,56	11.889,46
Mediteran	0,46	7.827,39	3.600,60
Total		55.160,52	20.172,20
K = K.A/ A			0,366

Panjang dan kemiringan lereng merupakan dua unsur topografi yang paling berpengaruh terhadap aliran permukaan dan erosi. Rata-rata kemiringan lereng (*slope*) pada DAS

Temef sebesar 5%. Hasil perhitungan faktor panjang dan kemiringan lereng (LS) pada DAS Temef dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Perhitungan faktor panjang dan kemiringan lereng (LS)

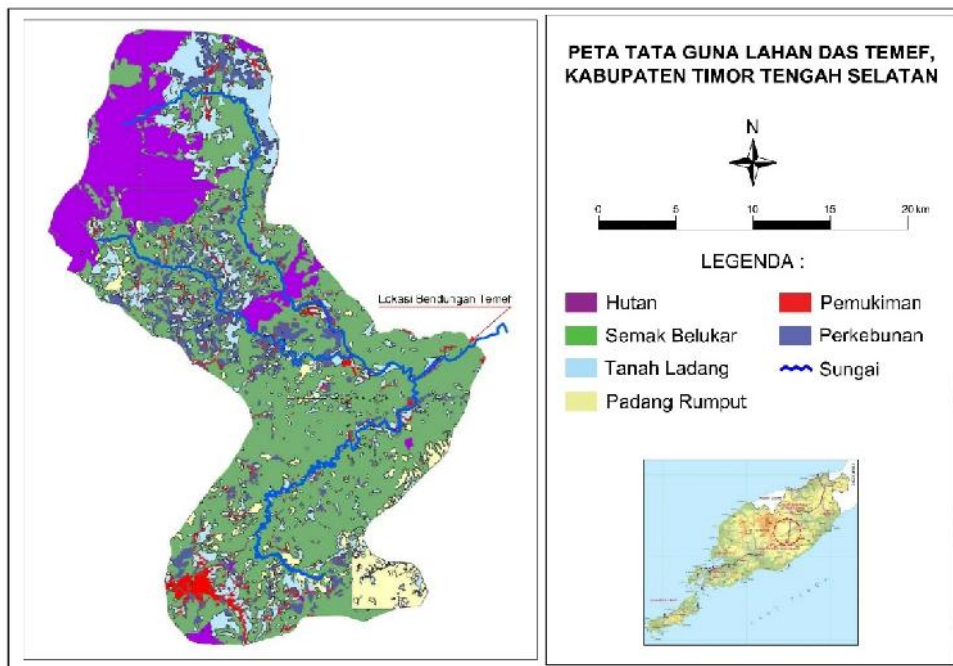
Elevasi	Slope (%)	Panjang Lereng (m)	LS	Luas (Ha)	LS , A
	S	L		A	
Punggung - 1900	14,57	686,43	11,83	600,01	7.098,40
1900 - 1800	21,02	475,83	18,20	888,78	16.176,49
1800 - 1700	21,52	464,69	18,73	657,73	12.319,72
1700 - 1600	15,32	652,56	12,52	1.197,69	14.994,80
1600 - 1500	14,20	704,35	11,49	1.674,05	19.242,30
1500 - 1400	18,66	535,95	15,76	1.374,21	21.660,23
1400 - 1300	17,78	562,55	14,88	1.742,08	25.930,49
1300 - 1200	10,85	921,31	8,61	2.078,05	17.882,50
1200 - 1100	9,51	1.051,63	7,54	2.247,55	16.941,25
1100 - 1000	10,69	935,59	8,48	2.411,57	20.443,53
1000 - 900	11,61	861,10	9,23	3.400,20	31.400,25
900 - 800	6,08	1.644,53	5,05	5.349,05	27.010,50
800 - 700	5,72	1.748,54	4,81	6.351,54	30.568,42
700 - 600	6,55	1.526,30	5,37	7.835,90	42.052,24
600 - 500	6,59	1.516,57	5,39	9.970,50	53.772,59
500 - 400	5,65	1.770,27	4,77	7.381,61	35.189,89
Total				55.160,52	392.683,61
LS = LS,A/ A				7,119	

(Sumber : BWS Nusa Tenggara II, 2017)

Penggunaan lahan daerah studi didominasi semak belukar yang meliputi area seluas 27.652,30 Ha dan hutan dengan area seluas 8.958,39 Ha, sedangkan sisanya terdiri dari pemukiman seluas 1.974,63 Ha, tanah ladang seluas 8.476,47 Ha, perkebunan seluas 4.637,50 Ha dan padang rumput seluas 3.461,23 Ha. Tata guna lahan pada DAS Temef dapat dilihat pada Gambar 3. Hasil perhitungan nilai faktor tanaman (C) dapat dilihat pada Tabel 4. Dengan menggunakan peta tata guna lahan pada Gambar 3 diperoleh hasil perhitungan nilai faktor P pada DAS Temef, seperti ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 4. Perhitungan faktor erodibilitas tanah (K) pada DAS Temef

Tata Guna Lahan	C	Luas, A (Ha)	C . A
Pemukiman	0,10	1.974,63	197,46
Tanah Ladang	0,40	8.476,47	3.390,59
Perkebunan	0,50	4.637,50	2.318,75
Hutan	0,001	8.958,39	8,96
Semak Belukar	0,001	27.652,30	27,65
Padang Rumpu	0,3	3.461,23	1.038,37
Total		55.160,52	6.981,78
C = C.A/ A		0,127	



Gambar 3. Peta tata guna lahan pada DAS Temef

Tabel 5. Perhitungan faktor konservasi praktis (P) pada DAS Temef

Tata Guna Lahan	P	Luas, A (Ha)	C . A
Pemukiman	1,00	1.974,63	1.974,63
Tanah Ladang	0,65	8.476,47	5.509,70
Perkebunan	0,40	4.637,50	1.855,00
Hutan	1,00	8.958,39	8.958,39
Semak Belukar	1,00	27.652,30	27.652,30
Padang Rumput	1,00	3.461,23	3.461,23
Total		55.160,52	49.411,25
P = P.A/ A			0,896

Setelah seluruh nilai variabel yang diperlukan dalam perhitungan laju erosi metode USLE pada Sungai Temef diketahui, selanjutnya dilakukan perhitungan laju erosi menggunakan Persamaan (1). Hasil perhitungan laju erosi menggunakan Metode USLE dapat dilihat pada Tabel 6. Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 6, laju erosi total pada DAS Temef yaitu sebesar 4.861.607,86 ton/tahun.

Tabel 6. Perhitungan laju erosi (E_a) pada DAS Temef

R KJ/Ha/Thn	K Ton/KJ	LS	C	P	E _a Ton/Ha/Thn	A Ha	E _a Ton/Thn
298,59	0,366	7,119	0,127	0,896	88,14	55.160,52	4.861.607,86

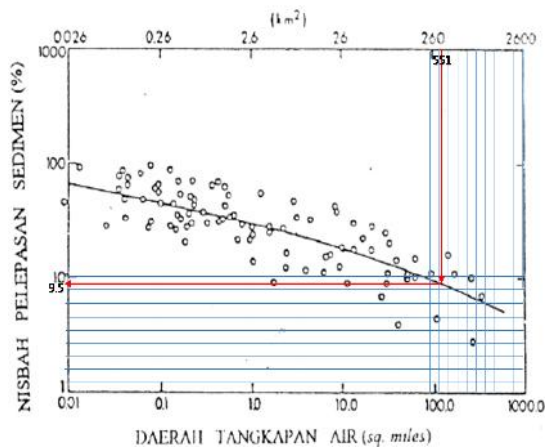
2. Perhitungan Hasil Sedimen dengan Nisbah Pelepasan Sedimen (SDR)

Penentuan SDR pada daerah studi dilakukan menggunakan nomograf sebagaimana ditunjukkan pada

Gambar 4. Sungai Temef memiliki DAS seluas 551,61 km², dengan menggunakan nomograf perhitungan SDR, diperoleh nilai SDR untuk DAS Temef sebesar 9,5% atau 0,095.

SDR : Sediment Delivery Ratio
 : 0,095
 E_a : Erosi total (ton/ha/tahun)
 : 88,14 ton/ha/tahun
 A : Luas DAS (ha) : 55.160,52 Ha
 Berat isi tanah : 1,2 ton/m³

Maka, dengan menggunakan Persamaan (2) dapat diperoleh SY (hasil sedimen/sediment yield) sebesar 461.852,75 ton/tahun. Dengan mengalikan SY dan berat isi tanah, maka diperoleh sediment yield sebesar 554.223,30 m³/tahun.



Gambar 4. Nomograf perkiraan nilai SDR pada DAS Temef

3. Prediksi Sedimen

Untuk memprediksi besarnya sedimentasi maka nilai SY dikalikan dengan umur layan waduk. Waduk Temef direncanakan memiliki umur layan selama 50 tahun, sehingga prediksi

besarnya volume sedimen yang mengendap di waduk adalah sebagai berikut :

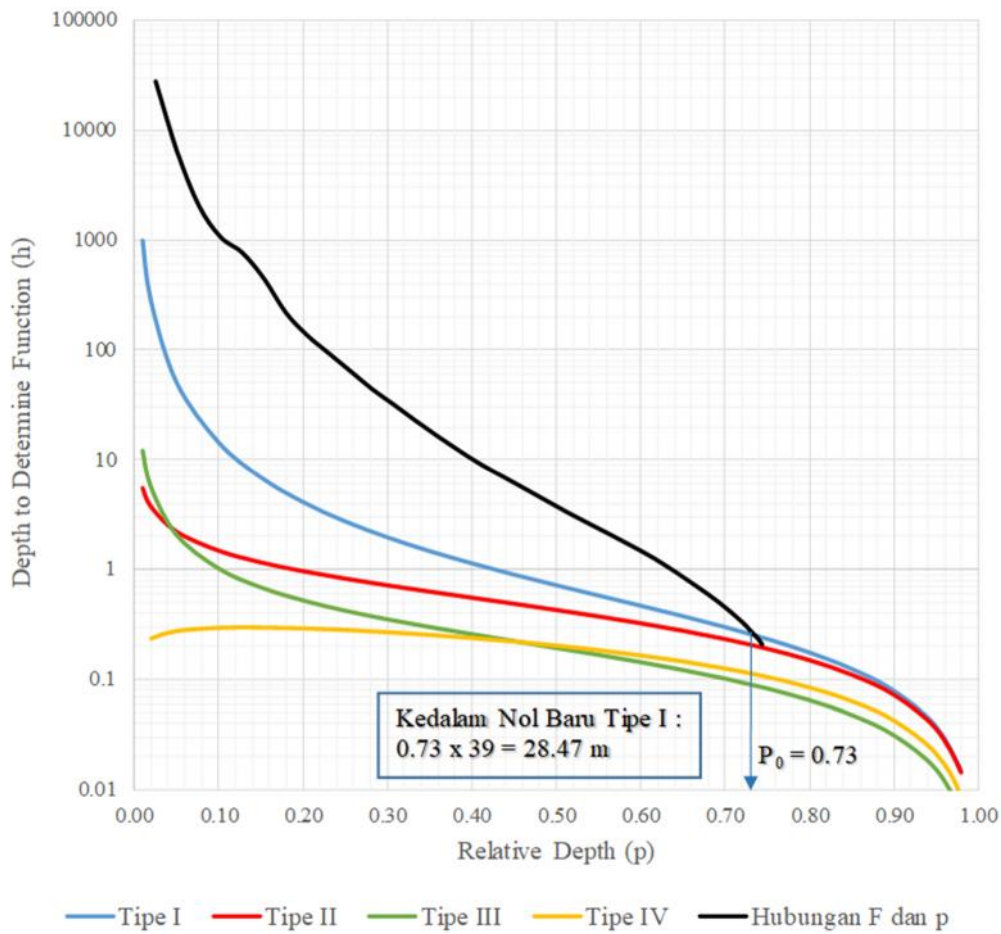
$$V_{\text{Sedimen}} = 554.223,30 \text{ m}^3/\text{thn} \times 50 \text{ tahun} \\ = 27,711,164.81 \text{ m}^3$$

4. Distribusi Sedimen di Waduk

Sebelum melakukan perhitungan distribusi sedimen, terlebih dahulu perlu dilakukan penentuan tipe kurva waduk untuk mendistribusikan sedimen. Tipe kurva tersebut tergantung pada bentuk waduk, sistem operasi waduk, atau ukuran butiran sedimen, dengan hasil sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 7. Berdasarkan Tabel 7 tersebut, untuk melakukan perhitungan selanjutnya dipilih tipe kurva berdasarkan ukuran butiran sedimen, yaitu kurva tipe I. Kemudian dilakukan perhitungan untuk menentukan kedalaman nol baru pada waduk dengan menentukan fungsi tak berdimensi (F) tiap-tiap elevasi dengan menggunakan Persamaan (3) serta menentukan nilai kedalaman relatif (p) dapat dihitung dengan Persamaan (4). Nilai F dan p di plot kedalam grafik seperti pada Gambar 5 untuk dicari perpotongannya dengan kurva Tipe I yang ditentukan sebelumnya sebagai dasar penentuan elevasi nol waduk yang baru setelah T tahun. Prediksi volume tampungan dan luas genangan Waduk Temef setelah beroperasi selama 50 tahun (T50) dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 7. Rekapitulasi pemilihan tipe kurva

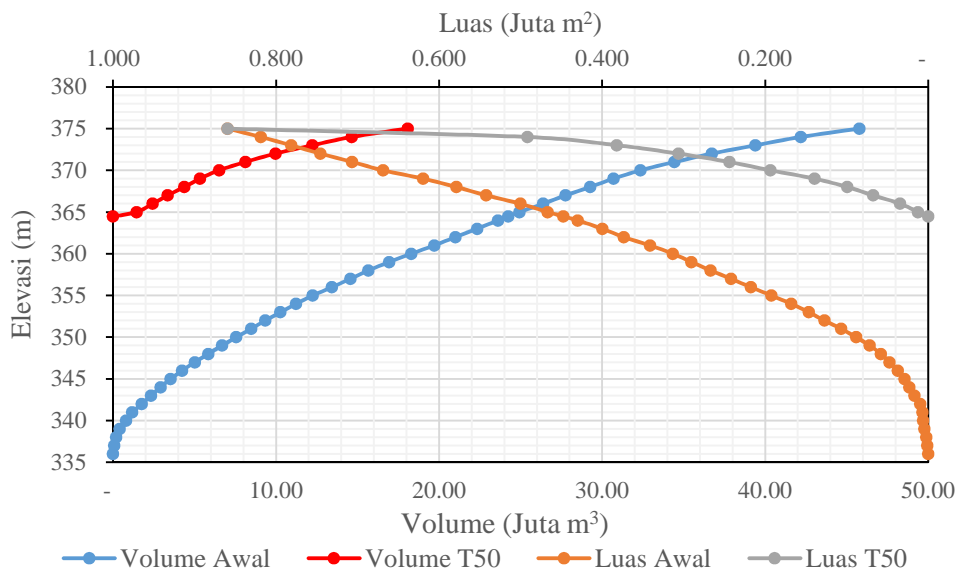
No.	Deskripsi	Tipe Kurva	Keterangan
1	Berdasarkan Bentuk Waduk	II	Bentuk waduk dataran – kaki bukit
2	Berdasarkan Sistem Operasi Waduk	I atau II	Sedimen terendam di waduk
3	Berdasarkan Ukuran Butiran Sedimen	I	Pasir atau material kasar



Gambar 5. Penentuan p_0 berdasarkan hubungan F dan p

Tabel 8. Prediksi volume dan luas genangan Waduk Temef setelah 50 tahun

Elevasi	Dalam	Awal Operasi (T ₀)		50 Tahun (T ₅₀)		Elevasi	Dalam	Awal Operasi (T ₀)		50 Tahun (T ₅₀)	
		Vol.	Luas	Vol.	Luas			Vol.	Luas	Vol.	Luas
m	m	Juta m ³	Juta m ²	Juta m ³	Juta m ²	m	m	Juta m ³	Juta m ²	Juta m ³	Juta m ²
375,00	39,00	45,79	0,860	18,07	0,860	355,00	19,00	12,25	0,192	0,00	0,000
374,00	38,00	42,19	0,819	14,65	0,492	354,00	18,00	11,23	0,168	0,00	0,000
373,00	37,00	39,41	0,782	12,22	0,382	353,00	17,00	10,27	0,147	0,00	0,000
372,00	36,00	36,72	0,746	9,96	0,306	352,00	16,00	9,34	0,127	0,00	0,000
371,00	35,00	34,44	0,707	8,13	0,244	351,00	15,00	8,47	0,107	0,00	0,000
370,00	34,00	32,35	0,669	6,50	0,193	350,00	14,00	7,56	0,088	0,00	0,000
369,00	33,00	30,71	0,620	5,34	0,139	349,00	13,00	6,68	0,072	0,00	0,000
368,00	32,00	29,26	0,579	4,37	0,099	348,00	12,00	5,85	0,058	0,00	0,000
367,00	31,00	27,76	0,542	3,35	0,068	347,00	11,00	5,01	0,048	0,00	0,000
366,00	30,00	26,38	0,500	2,44	0,034	346,00	10,00	4,23	0,037	0,00	0,000
365,00	29,00	24,93	0,467	1,45	0,013	345,00	9,00	3,53	0,029	0,00	0,000
364,47	28,47	24,24	0,447	0,00	0,000	344,00	8,00	2,92	0,023	0,00	0,000
364,00	28,00	23,62	0,430	0,00	0,000	343,00	7,00	2,33	0,017	0,00	0,000
363,00	27,00	22,34	0,400	0,00	0,000	342,00	6,00	1,77	0,010	0,00	0,000
362,00	26,00	21,01	0,373	0,00	0,000	341,00	5,00	1,18	0,007	0,00	0,000
361,00	25,00	19,70	0,341	0,00	0,000	340,00	4,00	0,81	0,006	0,00	0,000
360,00	24,00	18,29	0,313	0,00	0,000	339,00	3,00	0,41	0,005	0,00	0,000
359,00	23,00	16,94	0,290	0,00	0,000	338,00	2,00	0,19	0,002	0,00	0,000
358,00	22,00	15,67	0,267	0,00	0,000	337,00	1,00	0,07	0,001	0,00	0,000
357,00	21,00	14,57	0,242	0,00	0,000	336,00	0,00	0,00	0,000	0,00	0,000
356,00	20,00	13,43	0,218	0,00	0,000						



Gambar 6. Perbandingan lengkung kapasitas - luas Waduk Temef kondisi T_0 dan T_{50}

Gambar 6 di atas menunjukkan perbandingan volume dan luas genangan Waduk Temef pada kondisi awal dan setelah 50 tahun untuk tiap-tiap elevasi. Dari Tabel 9, dapat diketahui terjadi pengurangan kapasitas tampungan waduk pada elevasi muka air normal sebesar 60,54% setelah 50 tahun akibat

sedimentasi. Sedangkan pada elevasi muka air minimum, terjadi perubahan kapasitas tampungan sebesar 79,90%. Hal ini dapat diartikan bahwa setelah 50 tahun, kapasitas tampungan mati belum 100% terisi dan masih tersisa 20,10%, yaitu sebesar 6,50 juta m^3 .

Tabel 9. Pengurangan kapasitas tampung Waduk Temef setelah 50 tahun

Elevasi (m)	Volume (juta m^3)		Besarnya Sedimen (juta m^3)	Pengurangan Kapasitas (%)
	T_0 (Awal)	T_{50}		
NWL (+375 m)	45,79	18,07	27,72	60,54
LWL (+370 m)	32,35	6,50	25,85	79,90

E. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa laju erosi total yang terjadi pada DAS Temef sebesar 4.861.607,86 ton/tahun. Laju erosi total tersebut dapat menyebabkan sedimentasi pada Waduk Temef dengan laju sebesar 554.223,30 m^3 /tahun. Setelah mencapai usia rencana waduk (50 tahun), volume sedimen yang mengendap di Waduk Temef diprediksi sebesar 27,71 juta m^3 ,

dimana kapasitas total waduk pada kondisi normal berkurang sebesar 60,54% dan hanya tersisa sebesar 18,07 juta m^3 , namun kapasitas tampungan mati waduk hanya terisi sebesar 79,90% dari total yang disediakan. Dengan kapasitas tampungan mati yang tidak terisi 100% setelah 50 tahun, operasional waduk selama usia guna relatif tidak terganggu oleh sedimentasi dan usia guna waduk dapat bertahan hingga waktu yang direncanakan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada pihak-pihak yang terlibat dalam studi ini, khususnya Balai Wilayah Sungai Nusa Tenggara II yang telah banyak membantu dalam menyediakan data-data yang dibutuhkan dalam penyelesaian studi ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Banuwa, I. S. (2013). *Erosi*. Jakarta: Kencana.
- BWS Nusa Tenggara II. (2017). *Sertifikasi Desain, Lanjutan Penyelidikan Geologi dan Model Tes Bendungan Temef di Kabupaten TTS*. Kupang.
- Departemen Pekerjaan Umum. (2004). *Pedoman Pengelolaan Sedimentasi Waduk*. Jakarta.
- Khaerul, A. M., Maricar, F., & Mustari, S. (2017). Analisis Laju Sedimentasi di Bendungan Ponre-Ponre dan Estimasi Umur Layanan Waduk.
- Krisnayanti, D. S., Udiana, I. M., & Muskanan, M. J. (2018). Pendugaan Erosi Dan Sedimentasi Menggunakan Metode Usle Dan Musle Pada Das Noel-Puames. *Jurnal Teknik Sipil*, 7(2), 143–154.
- Ma'wa, J., Andawayanti, U., & Juwono, P. T. (2014). Studi Pendugaan Sisa Usia Guna Waduk Sengguruh dengan Pendekatan Erosi dan Sedimentasi. *Teknik Pengairan : Universitas Brawijaya*.
- Morris, G. L., & Fan, J. (2010). *Reservoir Sedimentation Handbook*. New: McGraw-Hill.
- 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.
- Nifen, S. Y., & Kironoto, B. A. (2015). *Kajian Sediment Delivery Ratio untuk Daerah Tangkapan Hujan Waduk Sermo Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta*. Universitas Gadjah Mada.
- Prasetyo, D., Dermawan, V., & H, A. P. (2015). Kajian Penanganan Sedimentasi Sungai Banjir Kanal Barat Kota Semarang. *Jurnal Teknik Pe*, 6(1), 76–87.
- Setyono, E. (2011). Kajian Distribusi Sedimentasi Waduk Wonorejo, Tulungagung-Jawa Timur. *Jurnal Media Teknik Sipil*, 9(2), 132–141.
- Sutrisno, J., Sanim, B., Saefuddin, A., & Sitorus, S. R. P. (2011). Prediksi Erosi Dan Sedimentasi Di Sub Daerah Aliran Sungai Keduang Kabupaten Wonogiri. *Media Konservasi*, 16(2), 78–86.
- Tukaram, S., PT, N., & MR, G. (2016). Comparison of Area Reduction Method and Area Increment Method for Reservoir Sedimentation Distribution - Case Study Ujjani Dam. *International Journal of Research in Advanced Engineering and Technology*, 2(3), 108–111.
- Yoppi, E. (2018). *Prediksi Erosi dan Pengukuran Sedimentasi di Sub DAS Gayo DAS Arau Kota Padang*. Universitas Andalas.



© 2020 Siklus Jurnal Teknik Sipil
All rights reserved. This is an open access article distributed under the terms of the CC BY Licenses (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)