

## Penerapan HEC-HMS untuk Pendugaan Erosi dan Sedimentasi Metode MUSLE pada Waduk Paselloreng di Kabupaten Wajo

Ricky Zefri\*<sup>1</sup>, Dyah Ari Wulandari<sup>2</sup>, Suripin<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa, Program Magister, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Diponegoro

<sup>2,3</sup>Program Magister, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Diponegoro

e-mail: \*ricky.zefri@pu.go.id

Received 07 April 2022; Reviewed 06 August 2022; Accepted 30 August 2022

Journal Homepage: <http://jurnal.borneo.ac.id/index.php/borneoengineering>

Doi: <https://doi.org/10.35334/be.v1i2.2731>

### Abstract

*The problem of soil erosion due to surface runoff entering the Paselloreng Reservoir. To study soil erosion, the HEC-HMS model was applied to simulate soil erosion and sediment yield. To estimate the sediment yield from the HEC-HMS model, a rainfall-runoff model is needed. Therefore, before simulating the erosion model, hydrological analysis was carried out and for the soil erodibility factor (K) of 0.212, the length and slope factor (LS) of 3.725, the vegetation cover factor (C) of 0.175 and the land conservation factor (P) of 1.00. From the calculation of the Universal Soil Loss Equation (USLE) method, the erosion rate is 79.25 tons/ha/yr and the sedimentation rate is 4.50 tons/ha/yr. The simulation results of the precipitation-runoff model obtained a peak discharge of 28.30 m<sup>3</sup>/s. To simulate the erosion and sediment model in HEC-HMS the Modified Universal Soil Loss Equation (MUSLE) equation was selected based on the land cover of the watertight study area. Manual calculation of the MUSLE method obtained a large erosion rate of 99.96 tons/ha/yr and a sedimentation rate of 5.59 tons/ha/yr, while with the HEC-HMS modeling, the total sediment load during 2021 was 89,688.10 tons with a rate value of 89,688.10 tons. erosion of 98.48 tons/ha/year and sedimentation rate of 5.59 tons/ha/year or 0.23 mm/year with the erosion hazard class is Class III (moderate).*

**Keywords:** rainfall-runoff model, flood hydrograph, Paselloreng Reservoir, HEC-HMS

### Abstrak

*Masalah erosi tanah akibat limpasan permukaan yang masuk ke Waduk Paselloreng. Untuk mempelajari erosi tanah, model HEC-HMS diterapkan untuk mensimulasikan erosi tanah dan hasil sedimen. Untuk memperkirakan hasil sedimen dari model HEC-HMS diperlukan model curah hujan-limpasan. Oleh karena itu, sebelum simulasi model erosi dilakukan analisis hidrologi dan untuk faktor erodibilitas tanah (K) senilai 0,212, faktor panjang dan kemiringan lereng (LS) senilai 3,725, faktor penutupan vegetasi (C) senilai 0,175 dan faktor konservasi lahan (P) senilai 1,00. Dari perhitungan Metode Universal Soil Loss Equation (USLE) didapat besar laju erosi sebesar 79,25 ton/ha/thn dan laju sedimentasi sebesar 4,50 ton/ha/thn. Hasil simulasi model presipitasi-runoff diperoleh debit puncak sebesar 28,30 m<sup>3</sup>/dt. Untuk mensimulasikan model erosi dan sedimen di HEC-HMS persamaan Modified Universal Soil Loss Equation (MUSLE) dipilih berdasarkan tutupan lahan dari wilayah studi keadap air. Perhitungan manual Metode MUSLE didapat besar laju erosi sebesar 99,96 ton/ha/thn dan laju sedimentasi sebesar 5,59 ton/ha/thn sedangkan dengan pemodelan HEC-HMS didapat total beban sedimen selama tahun 2021 adalah 89.688,10 ton dengan nilai laju erosi sebesar 98,48 ton/ha/thn dan laju sedimentasi sebesar 5,59 ton/ha/thn atau 0,23 mm/thn dengan kelas bahaya erosi adalah Kelas III (sedang).*

**Kata kunci:** model hujan-aliran, hidrograf banjir, Waduk Paselloreng, HEC-HMS

## 1. Pendahuluan

Permasalahan yang terjadi di bendungan adalah sedimentasi yang disebabkan oleh terjadinya erosi di Daerah Tangkapan Air (DTA). Terjadinya erosi dan sedimentasi sangat tergantung pada beberapa faktor yaitu karakteristik curah hujan, kemiringan lereng, tanaman penutup lahan dan kemampuan tanah untuk menyumbangkan dan menyerap air ke dalam lapisan tanah permukaan. Dampak dari erosi dapat menimbulkan kerusakan baik pada tanah tempat terjadinya erosi maupun pada tujuan akhir dari tanah angkut yang akan diendapkan.

Erosi tanah terjadi melalui tiga proses yaitu pelepasan partikel tanah, pengangkutan, dan pengendapan. Erosi tanah dan pengendapan sedimen adalah proses pelengkap selama pelepasan partikel tanah dari lokasi yang lebih tinggi ke pengendapan sedimen di lokasi yang lebih rendah atau dataran banjir (Stefano et al. 2000). Proses erosi dipengaruhi oleh kondisi topografi, penggunaan lahan, jenis tanah, jenis vegetasi, dan ukuran DAS. Pelepasan partikel tanah dipengaruhi oleh curah hujan dan luapan permukaan. Limpasan permukaan (*runoff*) adalah bagian dari air hujan yang mengalir di atas permukaan dan sungai membawa partikel tanah yang dilepaskan oleh erosi (Hajigholizadeh et al., 2018). Partikel tanah terbawa oleh aliran permukaan (*sheet erosion*), dan aliran terkonsentrasi (*rill erosion*), kemudian akibat penurunan kemiringan lahan dan kecepatan aliran akan terjadi pengendapan sedimen (Lal, 2001; Nouwakpo et al., 2016).

Peningkatan laju erosi dan sedimentasi akan cukup berdampak pada keamanan Bendungan Paselloreng. Selain itu akan terjadi pengurangan usia pengoperasian waduk karena pengurangan kapasitas tampungan waduk akibat sedimentasi yang berpengaruh pada kemungkinan banjir maksimum (PMF) yang dapat terjadi sehingga fungsi pengendali banjirnya menurun. Oleh karena itu diperlukan pendugaan laju erosi dan sedimentasi yang masuk ke dalam Waduk Paselloreng. Hal ini untuk mengetahui besarnya sedimen yang masuk ke dalam waduk, mengetahui karakteristik hubungan antara kejadian hujan dengan konsentrasi sedimen serta untuk mendapatkan besarnya sedimen maksimum (*sediment load*) yang masuk ke waduk selama kejadian hujan. Sehingga dapat dilakukan rencana penanganan sedimentasi waduk.

Analisis pendugaan erosi dilakukan dengan menggunakan Metode USLE (*Universal Soil Loss Equation*) dan Metode MUSLE (*Modified Universal Soil Loss Equation*) sebagai pembanding (kalibrasi) dari hasil Metode MUSLE dengan pemodelan HEC-HMS karena belum adanya studi terdahulu pada Waduk Paselloreng. Metode MUSLE merupakan modifikasi dari metode USLE dengan mengganti faktor erosititas hujan (R) dengan faktor aliran atau limpasan permukaan (*runoff*). Metode MUSLE memperhitungkan erosi dan pergerakan sedimen di cekungan (DAS) berdasarkan peristiwa hujan tunggal (Suripin, 2002).

## 2. Metode Penelitian

Penelitian pada Bendungan Paselloreng berada dalam DAS Gilireng seluas 169 Km<sup>2</sup> terletak di Kecamatan Gilireng, sejauh ±45 km dari Kota Sengkang Kabupaten Wajo, Sejauh 240 km ke arah Timur Laut dari Kota Makassar, Ibukota Provinsi Sulawesi Selatan. Secara Geografis terletak pada titik koordinat 3°53'2,69"S dan 120°10'54,08"E.

### 2.1 Analisis Curah Hujan

Curah hujan yang diperlukan untuk penyusunan rencana penggunaan air dan rencana pengendalian banjir adalah curah hujan rata-rata dari seluruh wilayah yang bersangkutan, bukan curah hujan pada suatu titik tertentu. Curah hujan ini disebut curah hujan regional dan diukur dalam milimeter (Sri Harto, 1993).

Curah hujan ini harus di perkirakan pada beberapa titik pengamatan stasiun curah hujan. Metode perhitungan curah hujan areal dari pengamatan curah hujan pada beberapa titik adalah sebagai berikut (Sri Harto, 1993): 1. Metode rata-rata aritmatik; 2. Metode *polygon thiessen*; 3. Metode *isohyet*.

## 2.2 Metode ULSE (*Universal Soil Loss Equation*)

Perlu beberapa pertimbangan yang harus diperhatikan dalam pemakaian Persamaan USLE diantaranya adalah USLE bersifat empiris dan tidak secara matematis mewakili proses erosi yang sebenarnya, persamaan matematis USLE digunakan untuk memperkirakan kehilangan tanah rata-rata tahunan, USLE hanya memperkirakan erosi permukaan dan erosi saluran dan tidak dimaksudkan untuk menghitung erosi parit, USLE tidak mempertimbangkan endapan sedimen, serta kelemahan yang terakhir yaitu petak-petak erosi yang digunakan untuk mengukur besarnya erosi mempunyai kemiringan antara 3-20% dan terletak di daerah iklim sedang.

### 2.2.1 Faktor Erosivitas Hujan (R)

Secara sistematis Persamaan yang digunakan untuk menghitung curah hujan rata-rata dengan metode *polygon thiessen* adalah sebagai berikut (Sri Harto, 1993):

$$R = R_1 \cdot W_1 + R_2 \cdot W_2 + \dots + R_n W_n \quad (1)$$

Dimana R adalah curah hujan rata-rata (mm).  $R_1..R_n$  adalah curah hujan setiap stasiun (mm).  $W_1..W_n$  adalah bobot setiap stasiun (%).

Sedangkan Persamaan Erosivitas Hujan (EI) adalah sebagai berikut (Abdurachman, 1989),

$$EI = \frac{(P)^{2,263} \times (M)^{0,678}}{40,056 \times (D)^{0,349}} \quad (2)$$

Dimana EI adalah Erosivitas hujan (Kj/ha). P adalah Curah hujan bulanan (cm). M adalah Curah hujan maksimum bulanan (cm). D adalah Jumlah hari hujan bulanan.

### 2.2.2 Faktor Erodibilitas Tanah (K)

Faktor yang mempengaruhi besarnya erodibilitas tanah adalah suhu tanah, tekstur tanah dan kelengasan tanah (Suripin, 2002). Untuk jenis tanah dan nilai erodibilitas tanah di Indonesia dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1 Nilai Faktor Erodibilitas Tanah (K)**

No.	Jenis Tanah	Nilai K
1.	Aluvial coklat keabuan	0,315
2.	Andosol coklat	0,278
3.	Latosol coklat kemerahan	0,121
4.	Podsolik merah kekuningan	0,166

Sumber: Balai Litbang Tanah Pertanian, 2004

### 2.2.3 Faktor Panjang Lereng (L) dan Kemiringan Lereng (S)

Panjang lereng diukur dari titik di mana air mengalir di atas permukaan tanah sampai pada titik awal terjadinya hujan karena berkurangnya kecuraman lereng atau masuknya air di permukaan tanah ke dalam saluran (Banuwa, 2013). Departemen kehutanan memberikan nilai faktor kemiringan lereng yang ditetapkan berdasarkan kelas kemiringan lereng seperti dalam Tabel 2.

Tabel 2 Konversi Nilai Kemiringan (LS)

No.	Kelas	Topografi	Kemiringan	Nilai LS
1.	I	Datar	0-8	0,40
2.	II	Landai	8-15	1,40
3.	III	Agak Curam	15-25	3,10
4.	IV	Curam	25-45	6,80
5.	V	Sangat Curam	>45	9,50

Sumber: Kironoto, 2000

### 2.2.4 Faktor Tutupan Lahan (C) dan Konservasi Tanah (P)

Faktor tanaman (faktor C) adalah gabungan antara jenis tanaman, pengelolaan sisa-sisa tanaman, tingkat kesuburan dan waktu pengelolaan tanah. Faktor C merupakan rasio kehilangan tanah dari tanah yang di usahakan untuk suatu tanaman yang ditanam pada lereng yang mengakibatkan kehilangan tanah dengan tanah yang terus menerus dibiarkan tanpa tanaman di atas suatu jenis tanah, lereng dan panjang lereng yang identik (Banuwa, 2013). Nilai faktor C untuk berbagai tanaman dan pengolahan tanaman dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Nilai Faktor Penggunaan Lahan (C)

No.	Penutupan Lahan	C
1.	Belukar	0,3
2.	Hutan Lahan Kering Primer	0,005
3.	Hutan Lahan Kering Sekunder	0,001
4.	Pemukiman	0,95
5.	Pertanian Lahan Kering	0,28
6.	Pertanian Lahan Kering Campur	0,19
7.	Savana / Padang rumput	0,01
8.	Sawah	0,01
9.	Tanah Terbuka	0,95

Sumber: Asdak, 1995; Isma, 2016 dan Sinaga, 2016

Nilai faktor tindakan manusia dalam konservasi tanah (P) merupakan nisbah antara besarnya erosi dari lahan dengan tindakan konservasi tertentu terhadap tingkat erosi ke lahan tanpa tindakan konservasi. Termasuk dalam tindakan konservasi tanah adalah penanaman dalam strip, pengolahan tanah menurut kontur, guludan dan teras (Suripin, 2002). Konservasi yang dimaksud adalah termasuk penanaman dalam strip, pengolahan tanah dengan kontur, guludan dan teras. Nilai dasar P adalah 1 (satu) yang diberikan untuk lahan tanpa konservasi.

### 2.3 Metode MULSE (*Modified Universal Soil Loss Equation*)

Metode MUSLE merupakan modifikasi dari metode USLE, mengingat bahwa besaran nisbah pengangkutan sedimen (*sediment delivery ratio* = SDR) tidak menentu dan harganya bervariasi dari suatu tempat ke tempat lainnya. Williams (1975) melakukan modifikasi USLE dengan cara mengganti faktor R/faktor erosivitas hujan dengan faktor aliran, cara baru ini selanjutnya di namai modifikasi USLE (MUSLE), dimana besarnya erosi yang terjadi sudah menggambarkan erosi yang terjadi.

$$EA = SY/SDR \quad (3)$$

$$SY = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P \quad (4)$$

Dimana EA adalah banyaknya tanah yang tererosi. SY adalah hasil sedimen (*sediment yield*) (ton). SDR adalah *sediment delivery ratio*. R adalah limpasan permukaan (*run off*). K faktor erodibilitas tanah LS adalah faktor panjang dan kemiringan lereng. C adalah faktor penutupan vegetasi. P adalah faktor pengelolaan tanah/tindakan konservasi tanah.

### 2.3.1 Aliran Puncak ( $Q_P$ )

Besarnya nilai aliran puncak dapat dihitung menggunakan metode rasional. Dimana metode pendekatan ini pada umumnya digunakan untuk menghitung debit banjir pada daerah aliran sungai yang tidak terlalu luas yaitu dengan batasan sampai dengan luas 50 km<sup>2</sup>. Persamaan umum rasional adalah (Hadisutanto, 2011),

$$Q_P = 0,278.C.I.A \quad (5)$$

Dimana  $Q_P$  adalah aliran puncak (m<sup>3</sup>/dt). C adalah koefisien limpasan. I adalah intensitas hujan (mm/jam). A adalah luas (km<sup>2</sup>)

### 2.3.2 Volume Aliran Permukaan ( $V_Q$ )

Besarnya nilai volume aliran permukaan ( $V_Q$ ) dapat dicari setelah tinggi hujan dan luas DAS di satu sub kawasan diketahui terlebih dahulu, kemudian besarnya nilai bisa diketahui dengan persamaan 6,

$$V_Q = D.A.C.P \quad (6)$$

Dimana  $V_Q$  adalah volume aliran permukaan (m<sup>3</sup>). D adalah kedalaman hujan atau tinggi hujan (m). A adalah luas (m<sup>2</sup>). C adalah faktor penutupan vegetasi. P adalah faktor pengolahan lahan.

### 2.3.3 Limpasan Permukaan (*Runoff*)

Setelah diketahui besarnya nilai aliran puncak ( $Q_P$ ) dan nilai volume aliran permukaan ( $V_Q$ ), maka didapatkan nilai R dengan persamaan 7,

$$R = a.(V_Q.Q_P)^b \quad (7)$$

Dimana R adalah limpasan permukaan. a adalah koefisien dengan nilai 11,80 (Williams, 1977).  $V_Q$  adalah volume aliran permukaan (m<sup>3</sup>).  $Q_P$  adalah aliran puncak (m<sup>3</sup>/dt). b adalah koefisien dengan nilai 0,56 (Williams, 1977).

## 2.4 Pemodelan HEC-HMS

HEC-HMS (*Hydrologic Engineering Centre - Hydrologic Modelling System*) merupakan suatu program yang dikembangkan oleh *Hydrologic Engineering Centre* dari *US Army Corps of Engineers*. Program ini dapat menganalisis transformasi hujan, laju sedimentasi dengan metode MUSLE, dan proses *routing* pada suatu sistem DAS yang dimodelkan.

Salah satu model transformasi hujan menjadi aliran adalah model HEC-HMS. Struktur pemodelan HEC-HMS terdiri dari enam komponen, antara lain model curah hujan, model volume limpasan, model limpasan langsung, model limpasan dasar dan model penelusuran limpasan dan model *water-control measure* yang meliputi *diversions* dan *storage facilities*.

## 2.5 Klasifikasi Bahaya Erosi

USDA (*United States Department of Agriculture*) telah menetapkan klasifikasi bahaya erosi berdasarkan laju erosi yang dihasilkan dalam ton/ha/thn, yang dapat dilihat pada Tabel 4,

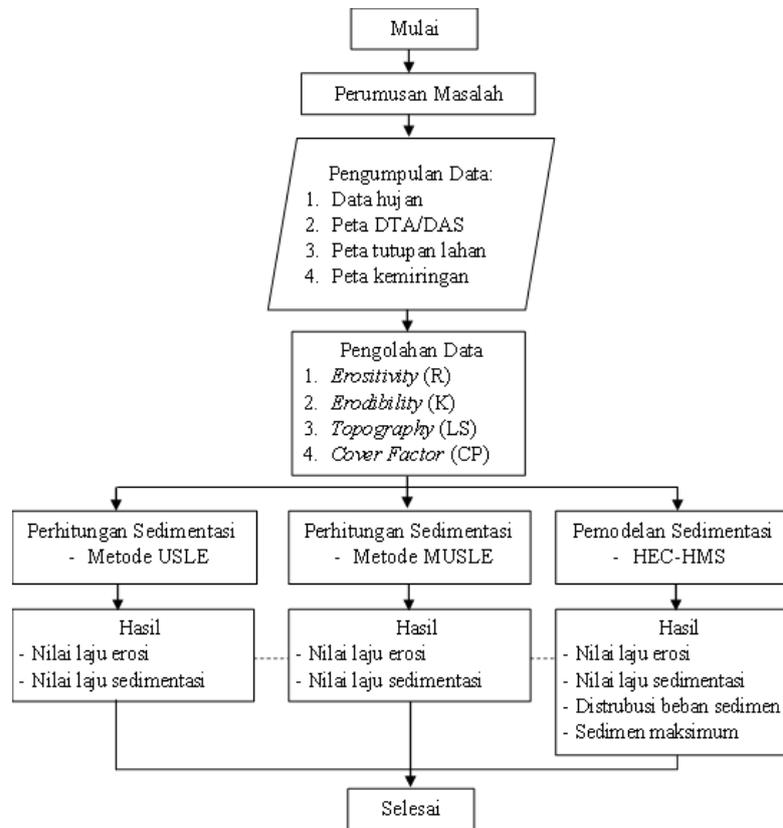
Tabel 4 Klasifikasi Bahaya Erosi

No.	Kelas Bahaya Erosi	Laju Erosi (ton/ha/thn)	Keterangan
1.	I	<15	Sangat Ringan
2.	II	15-60	Ringan
3.	III	60-180	Sedang
4.	IV	180-480	Berat
5.	V	>480	Sangat Berat

Sumber: Kironoto, 2003

### 2.6 Tahapan Penelitian

Tahapan-tahapan yang dilaksanakan dalam penelitian dapat dilihat pada Gambar 1,

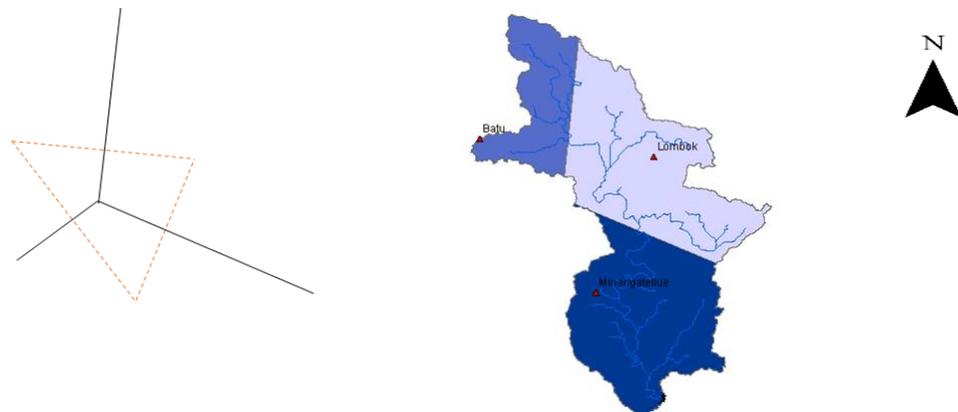


Gambar 1 Bagan Alir Penelitian

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1 Analisis Curah Hujan

Metode yang digunakan dalam perhitungan curah hujan rata-rata wilayah yaitu Metode *Polygon Thiessen*, dimana terdapat tiga lokasi stasiun pengamatan curah hujan yaitu: SCH Minangatellue, SCH Lombok, SCH Batu. Luas pengaruh dari ketiga stasiun curah hujan tersebut dilakukan menggunakan metode *Polygon thiessen* dapat dilihat Gambar 2,



Gambar 2 *Polygon thiessen* Stasiun Curah Hujan pada DTA Bendungan Paselloreng

Rekapitulasi hasil perhitungan curah hujan wilayah dengan metode *Polygon Thiessen* dapat dilihat pada Tabel 5,

**Tabel 5 Curah Hujan Harian Wilayah Metode *Polygon Thiessen***

Tgl.	Tahun 2021 (mm)											
	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	Mei	Jun.	Jul.	Agu.	Sep.	Okt.	Nov.	Des.
1	0,00	0,00	0,25	5,44	0,00	0,00	4,86	19,20	16,88	6,87	11,89	1,69
2	0,00	0,00	0,00	4,94	19,93	0,00	28,27	32,71	17,55	0,00	1,62	0,00
3	0,00	0,00	5,13	0,00	19,75	5,80	7,94	40,05	8,94	0,00	4,19	1,44
4	9,26	9,26	0,44	0,00	12,17	12,41	0,00	4,07	4,16	0,63	1,03	0,00
5	36,85	36,85	0,00	1,04	67,40	27,13	0,80	18,10	67,61	0,00	28,52	2,64
6	20,90	20,90	0,00	0,53	67,30	8,58	1,63	6,32	22,58	83,15	1,87	8,06
7	0,00	0,00	39,50	0,00	30,06	0,00	42,97	0,78	5,73	10,59	1,48	8,49
8	0,00	0,00	3,24	3,49	8,74	11,41	63,01	2,21	2,45	5,88	1,73	0,23
9	0,63	0,63	3,65	0,68	3,36	4,69	5,16	32,92	13,29	13,26	0,00	0,00
10	9,50	9,50	0,20	0,12	131,69	17,84	0,00	34,26	17,91	0,62	3,18	0,00
11	39,00	39,00	2,00	5,88	26,51	2,42	0,17	6,40	3,76	0,00	9,76	0,00
12	18,59	18,59	2,18	2,06	146,90	6,45	0,25	33,60	43,43	0,25	16,61	0,00
13	0,00	0,00	0,00	37,70	31,32	48,41	25,27	43,71	14,92	1,52	7,60	0,00
14	17,73	17,73	2,36	31,20	49,26	21,73	32,38	21,58	0,00	6,63	0,80	0,59
15	16,52	16,52	26,17	34,80	15,17	4,16	22,76	1,89	37,00	1,67	35,77	2,83
16	10,90	10,90	2,20	0,00	33,86	0,82	27,55	15,30	11,34	0,00	9,03	0,76
17	0,00	0,00	6,50	0,00	16,66	37,54	3,82	7,44	0,40	8,40	0,00	1,18
18	3,17	3,17	1,47	46,70	7,27	10,39	0,04	9,72	0,00	24,42	5,79	2,62
19	4,64	4,64	6,93	0,85	2,03	0,44	0,00	17,00	64,72	0,13	10,43	0,61
20	1,05	1,05	1,65	0,00	12,17	6,59	5,26	4,91	19,01	15,07	4,60	6,30
21	0,00	0,00	0,05	2,83	3,45	20,48	12,95	0,45	15,72	0,48	40,71	0,48
22	6,91	6,91	3,43	0,55	11,80	2,06	1,53	8,70	1,82	0,00	0,09	0,00
23	0,89	0,89	19,47	7,28	2,06	6,94	0,00	9,98	1,72	0,00	1,67	0,00
24	4,26	4,26	5,81	6,98	0,00	6,22	0,00	6,79	1,78	1,63	0,00	0,00
25	24,31	24,31	0,00	3,93	5,26	50,33	0,00	3,89	0,46	38,42	0,00	0,00
26	0,00	0,00	1,21	0,00	0,00	13,49	0,00	20,04	0,00	0,43	0,00	0,00
27	0,00	0,00	0,08	0,00	3,75	13,26	0,00	114,21	0,00	0,00	0,00	0,00
28	8,78	8,78	0,74	0,00	1,51	96,80	0,00	18,75	14,54	0,61	8,88	0,00
29	3,46		1,05	0,00	0,00	20,60	11,53	109,57	3,83	41,69	8,82	0,80
30	0,00		0,00	0,00	0,00	0,84	27,39	23,92	2,25	25,94	31,89	0,84
31	0,00		2,56		1,35		97,79	20,86		3,92		33,21

### 3.2 Faktor Erosivitas Hujan (EI)

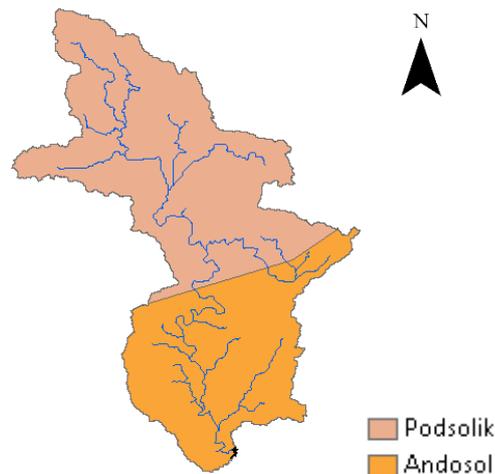
Faktor erosivitas hujan dipengaruhi oleh erosi secara langsung. Erosivitas hujan menunjukkan kemampuan curah hujan untuk menyebabkan atau menimbulkan erosi. Hasil perhitungan erosivitas hujan (EI) yang diperoleh dari Persamaan (2) dapat dilihat pada Tabel 6,

**Tabel 6 Nilai Erosivitas Hujan (EI) Tahun 2021**

No.	Bulan	EI
1.	Jan.	14,91
2.	Feb.	18,51
3.	Mar.	4,03
4.	Apr.	10,99
5.	Mei.	471,50
6.	Jun.	126,30
7.	Jul.	104,68
8.	Agu.	320,33
9.	Sep.	78,34
10.	Okt.	39,36
11.	Nov.	16,89
12.	Des.	0,94

### 3.3 Faktor Erodibilitas Tanah (K)

Nilai erodibilitas tanah ditentukan menggunakan peta GIS jenis tanah yang terdapat pada Gambar 3.



**Gambar 3 Peta Jenis Tanah DTA Bendungan Paselloreng**

Berdasarkan Gambar 5 diperoleh luas DTA sebesar 160,46 km<sup>2</sup>, dan terdapat dua jenis tanah di DTA nya. Maka untuk nilai erodibilitas dapat dilihat pada Tabel 7,

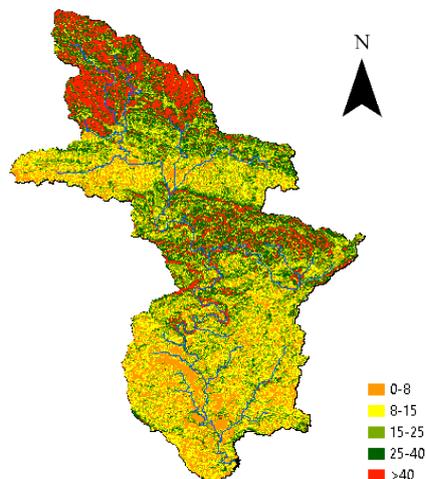
**Tabel 7 Faktor Nilai Erodibilitas (K)**

No	Jenis Tanah	Luas Area (km <sup>2</sup> )	K	Luas Area x K
1	2	3	4	5
1.	Podsolik	95,208	0,166	15,805
2.	Andosol	65,254	0,278	18,141
<b>Jumlah</b>		<b>160,463</b>		<b>33,945</b>

Untuk memperoleh nilai K, maka jumlah kolom (3) dikali dengan kolom (4) dibagi dengan jumlah kolom (5) sehingga didapat hasil yaitu 0,212 ton/KJ.

### 3.4 Faktor Panjang dan Kemiringan Lereng (LS)

Untuk faktor panjang dan kemiringan lereng (LS) ditentukan dengan menggunakan peta GIS kemiringan lereng DTA Bendungan Paselloreng sebagaimana Gambar 4.



**Gambar 4 Peta Kemiringan Lereng DTA Bendungan Paselloreng**

Dari peta kemiringan lereng tersebut, didapat kemiringan dan luasnya seperti pada Tabel 8,

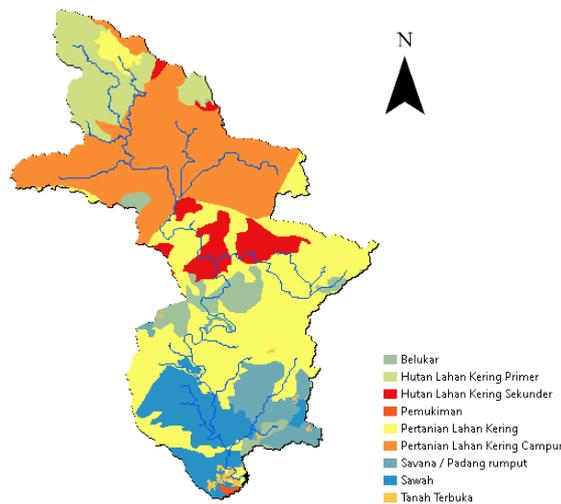
**Tabel 8 Faktor Nilai Erodibilitas (K)**

No	Warna	Kemiringan (%)	Luas Area (km <sup>2</sup> )	LS	Luas Area x LS
1	2	3	4	5	6
1.	Orange	0 - 8	29,706	0,4	11,883
2.	Kuning	8 - 15	41,108	1,4	57,551
3.	Hijau Muda	15 - 25	38,287	3,1	118,690
4.	Hijau Tua	25 - 40	28,997	6,8	197,181
5.	Merah	> 40	22,364	9,5	212,462
<b>Jumlah</b>			<b>160,463</b>		<b>597,765</b>

Untuk memperoleh nilai LS, maka jumlah kolom (4) dikali kolom (5) dibagi dengan jumlah kolom (6) sehingga didapat hasil yaitu 3,725

### 3.5 Faktor Penggunaan Lahan (C dan P)

Untuk faktor penutupan vegetasi (C) ditentukan dengan menggunakan peta GIS penggunaan lahan DTA Bendungan Paselloreng pada Gambar 5,



**Gambar 5 Peta Penggunaan Lahan DTA Bendungan Paselloreng**

Dari peta penggunaan lahan tersebut, didapat penutupan vegetasi dan luasnya masing-masing seperti pada Tabel 9,

**Tabel 9 Faktor Nilai Penggunaan Lahan (C)**

No	Penutupan Lahan	Luas Area (km <sup>2</sup> )	C	Luas Area x C
1	2	3	4	5
1.	Belukar	9,224	0,3	2,767
2.	Hutan Lahan Kering Primer	15,465	0,005	0,077
3.	Hutan Lahan Kering Sekunder	9,551	0,001	0,010
4.	Pemukiman	0,264	0,95	0,251
5.	Pertanian Lahan Kering	53,792	0,28	15,062
6.	Pertanian Lahan Kering Campur	46,150	0,19	8,769
7.	Savana / Padang rumput	9,557	0,01	0,096
8.	Sawah	15,445	0,01	0,154
9.	Tanah Terbuka	1,013	0,95	0,963
<b>Jumlah</b>		<b>160,463</b>		<b>28,148</b>

Untuk memperoleh nilai C, maka jumlah kolom (3) dikali dengan kolom (4) dibagi kolom (5), sehingga diperoleh hasil 0,175.

Faktor pengelolaan tanah atau konservasi lahan (P) pada DTA Bendungan Paselloreng adalah 1,00 karena tidak dilakukan konservasi lahan pada DTA tersebut.

### 3.6 Laju Erosi dan Sedimentasi

Hasil analisis pendugaan laju erosi dan sedimentasi adalah sebagai berikut,

#### 3.6.1 Perhitungan Erosi dan Sedimentasi Metode USLE

Laju sedimentasi dapat dilihat pada Tabel 10,

**Tabel 10 Laju Erosi dan Sedimentasi Metode USLE**

Bulan	R (Kj/ha)	K (ton/Kj)	LS	A (ha)	Erosi Potensial (ton/bln)	C	P	Erosi Aktual (ton/bln)	SDR	Sedimentasi Potensial (ton/bln)
Jan. 2021	14,91	0,21	3,73	16.046,25	188.571,07	0,18	1,00	33.079,21	0,32	10.702,21
Feb. 2021	18,51	0,21	3,73	16.046,25	234.018,51	0,18	1,00	41.051,61	0,32	13.281,54
Mar. 2021	4,03	0,21	3,73	16.046,25	50.926,82	0,18	1,00	8.933,60	0,32	2.890,31
Apr. 2021	10,99	0,21	3,73	16.046,25	139.010,85	0,18	1,00	24.385,34	0,32	7.889,46
Mei 2021	471,50	0,21	3,73	16.046,25	5.962.369,91	0,18	1,00	1.045.921,13	0,32	338.389,78
Jun. 2021	126,30	0,21	3,73	16.046,25	1.597.072,45	0,18	1,00	280.159,04	0,32	90.640,63
Jul. 2021	104,68	0,21	3,73	16.046,25	1.323.691,32	0,18	1,00	232.202,42	0,32	75.125,10
Agu. 2021	320,33	0,21	3,73	16.046,25	4.050.672,92	0,18	1,00	710.570,54	0,32	229.892,87
Sep. 2021	78,34	0,21	3,73	16.046,25	990.663,76	0,18	1,00	173.782,60	0,32	56.224,37
Okt. 2021	39,36	0,21	3,73	16.046,25	497.665,73	0,18	1,00	87.300,71	0,32	28.244,64
Nov. 2021	16,89	0,21	3,73	16.046,25	213.584,69	0,18	1,00	37.467,10	0,32	12.121,84
Des. 2021	0,94	0,21	3,73	16.046,25	11.941,72	0,18	1,00	2.094,82	0,32	677,74
Beban erosi tahun 2021			ton/thn		1.271.682,48	Beban sedimen tahun 2021			ton/thn	72.173,37
Beban erosi per hektar tahun 2021			ton/ha/thn		79,25	Beban sedimen per hektar tahun 2021			ton/ha/thn	4,50
Vol. erosi per hektar tahun 2021			m <sup>3</sup> /ha/thn		33,02	Vol. sedimen per hektar tahun 2021			m <sup>3</sup> /ha/thn	1,87
Vol. erosi tahun 2021			m <sup>3</sup> /thn		529.867,70	Vol. sedimen tahun 2021			m <sup>3</sup> /thn	30.072,24
Tinggi erosi tahun 2021			mm/thn		3,30	Tinggi sedimen tahun 2021			mm/thn	0,19

#### 3.6.2 Perhitungan Erosi dan Sedimentasi Metode MUSLE

Faktor erosivitas hujan digunakan nilai debit puncak ( $Q_p$ ) dengan Persamaan (5) dan nilai volume aliran permukaan ( $V_Q$ ) dengan Persamaan (6). Dalam menghitung debit puncak maka dilakukan analisis hidrologi dan data yang digunakan adalah koefisien limpasan (C), data curah hujan harian maksimum bulanan. (I) dan luas DTA (A). Untuk menghitung volume limpasan permukaan data yang digunakan adalah tinggi hujan (D), luas DTA (A), faktor tutupan lahan (C) dan pengolahan lahan (P). Besarnya volume limpasan permukaan dihitung menggunakan Persamaan (7). Untuk hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 11,

**Tabel 11 Nilai Limpasan Permukaan**

Bulan	a	$V_Q$ (ton/Kj)	$Q_p$ (m <sup>3</sup> /dt)	b	R
Jan. 2021	11,80	3.551.547,14	8,97	0,56	187.740,47
Feb. 2021	11,80	4.407.504,25	9,78	0,56	222.458,80
Mar. 2021	11,80	959.155,56	5,22	0,56	66.640,19
Apr. 2021	11,80	2.618.130,17	7,69	0,56	145.228,09
Mei 2021	11,80	112.295.263,20	27,60	0,56	2.437.844,44
Jun. 2021	11,80	30.079.259,41	17,87	0,56	913.911,59
Jul. 2021	11,80	24.930.399,69	15,99	0,56	773.052,89
Agu. 2021	11,80	76.290.365,88	26,04	0,56	1.900.260,40
Sep. 2021	11,80	18.658.159,40	16,15	0,56	660.960,14
Okt. 2021	11,80	9.373.035,47	11,04	0,56	363.200,67
Nov. 2021	11,80	4.022.653,59	9,68	0,56	210.113,76
Des. 2021	11,80	224.910,25	2,75	0,56	20.652,92

Laju sedimentasi dihitung menggunakan persamaan (4) yang dapat dilihat pada Tabel 12.

**Tabel 12 Perhitungan Sedimentasi Menggunakan Metode MUSLE**

Bulan	R (Kj/ha)	K (ton/Kj)	LS	C	P	Sedimentasi Potensial (ton/bln)
Jan. 2021	187.740,47	0,21	3,73	0,18	1,00	25.953,77
Feb. 2021	222.458,80	0,21	3,73	0,18	1,00	30.753,33
Mar. 2021	66.640,19	0,21	3,73	0,18	1,00	9.212,53
Apr. 2021	145.228,09	0,21	3,73	0,18	1,00	20.076,74
Mei 2021	2.437.844,44	0,21	3,73	0,18	1,00	337.014,51
Jun. 2021	913.911,59	0,21	3,73	0,18	1,00	126.341,72
Jul. 2021	773.052,89	0,21	3,73	0,18	1,00	106.869,02
Agu. 2021	1.900.260,40	0,21	3,73	0,18	1,00	262.697,37
Sep. 2021	660.960,14	0,21	3,73	0,18	1,00	91.373,00
Okt. 2021	363.200,67	0,21	3,73	0,18	1,00	50.209,89
Nov. 2021	210.113,76	0,21	3,73	0,18	1,00	29.046,72
Des. 2021	20.652,92	0,21	3,73	0,18	1,00	2.855,12
Beban sedimen tahun 2021					ton/thn	91.033,64
Beban sedimen per hektar tahun 2021					ton/ha/thn	5,67
Volume sedimen per hektar tahun 2021					m <sup>3</sup> /ha/thn	2,36
Volume sedimen tahun 2021					m <sup>3</sup> /thn	37.930,68
Tinggi sedimen tahun 2021					mm/thn	0,24

### 3.7 Pemodelan HEC-HMS dalam Pendugaan Laju Erosi dan Sedimentasi Metode MUSLE

#### 3.7.1 Input Data Hujan

Data hujan dari stasiun yang terdapat di DTA Bendungan Paselloreng selama tahun 2021 dapat dilihat pada Tabel 5,

#### 3.7.2 Parameter Basin Transform

Nilai parameter *basin loss rate* menggunakan metode *SCS Curve Number* dengan nilai *initial loss* sebesar 5mm, CN sebesar 70 dan *impervious* sebesar 3%. Untuk parameter *basin transform* menggunakan metode *SCS Unit Hydrograph* dengan nilai *lag time* sebesar 78,63 menit.

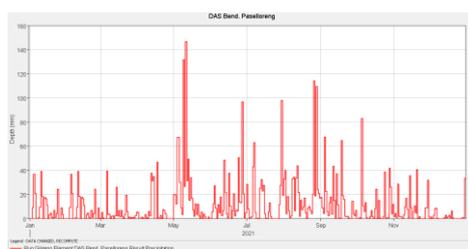
#### 3.7.2 Parameter Basin Transform

Dalam penelitian ini proses pemodelan sedimen di HEC-HMS menggunakan parameter-parameter yang diperlukan untuk metode MUSLE yang dapat dilihat pada Tabel 13.

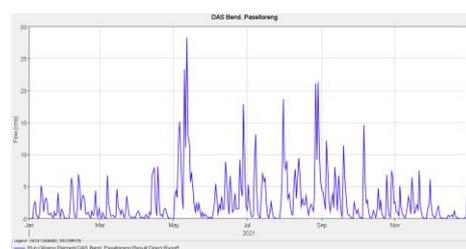
**Tabel 13 Parameter Input Model MUSLE di HEC-HMS**

Metode	Parameter	Nilai
MUSLE	<i>Erotivity (R)</i>	44,02
	<i>Erodibility (K)</i>	0,212
	<i>Topography (LS)</i>	3,725
	<i>Cover Factor (C)</i>	0,175
	<i>Practice Factor (P)</i>	1,00
	<i>Threshold (m<sup>3</sup>/dt)</i>	1,00
	<i>Exponent</i>	0,324

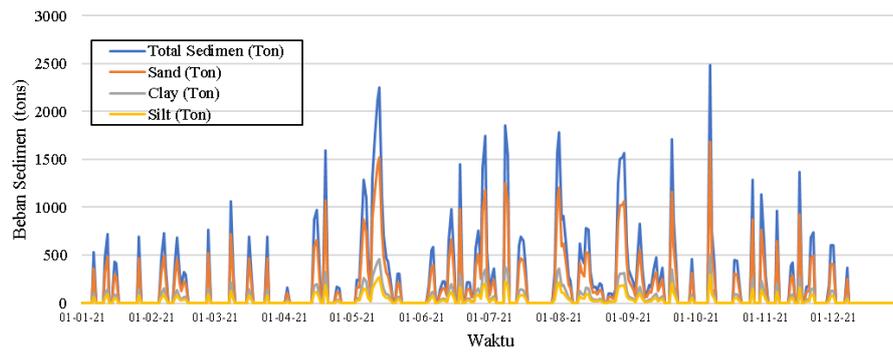
Hasil aliran merupakan syarat batas utama untuk model erosi HEC-HMS. Masukan curah hujan dan debit yang diperoleh dari model ditunjukkan pada Gambar 6, diperoleh debit puncak sebesar 28,3 m<sup>3</sup>/dt yang terjadi pada tanggal 12 Mei 2021.



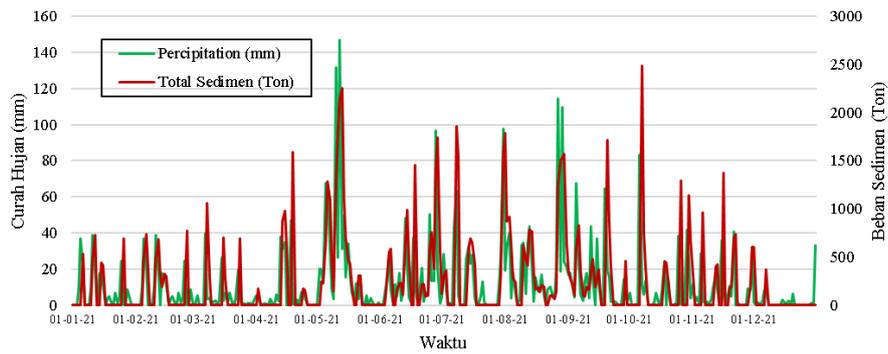
**Gambar 6a Percipitation HEC HMS**



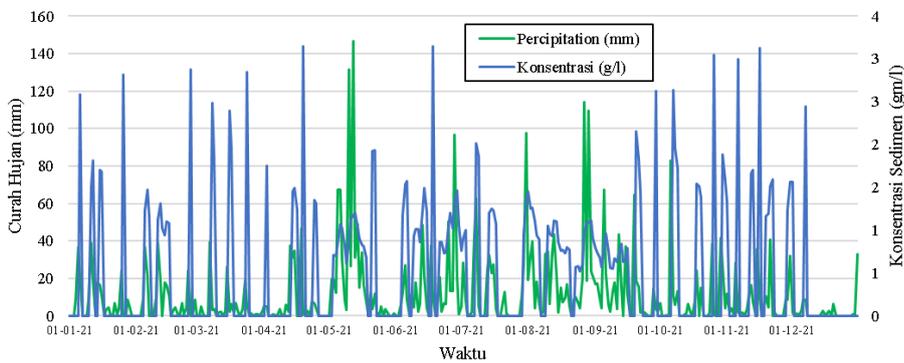
**Gambar 6b Direct Runoff HEC HMS**



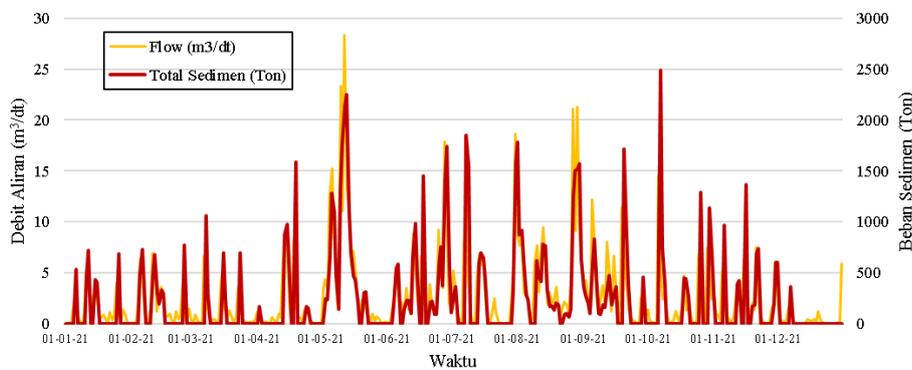
Gambar 7 Beban Sedimen DTA Bendungan Paselloreng



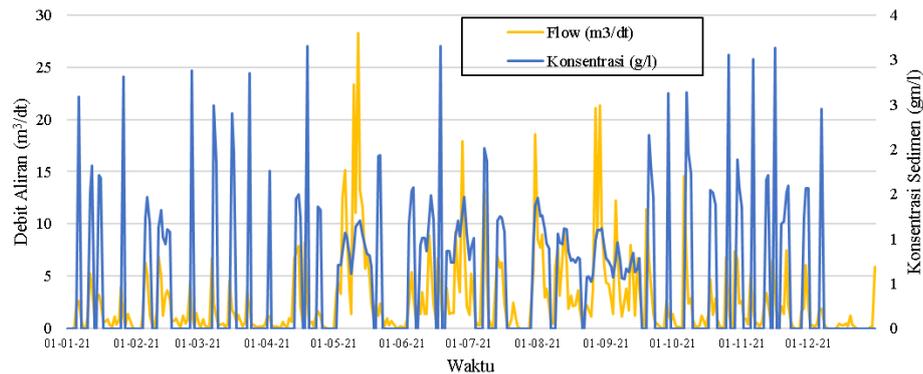
Gambar 8 Perbandingan Curah Hujan dan Beban Sedimen



Gambar 9 Perbandingan Curah Hujan dan Konsentrasi Sedimen



Gambar 10 Perbandingan Debit Aliran dan Beban Sedimen



**Gambar 11 Perbandingan Debit Aliran dan Konsentrasi Sedimen**

Dari hasil pemodelan laju erosi dan sedimentasi menggunakan MUSLE pada HEC-HMS diperoleh hasil sedimen seperti pada Tabel 14,

**Tabel 14 Beban Sedimen Yil**

Waktu Tanggal	Debit Maks m <sup>3</sup> /dt	Beban Sedimen			Konsentrasi Sedimen (mg/l)	
		Total (ton)	Sand (ton)	Clay (ton)		
12 Mei 2021	28,30	89.688,10	60.704,30	18.250,50	10.733,00	190.289,03

Sementara laju erosi dan sedimentasi untuk tahun 2021 dapat dilihat pada Tabel 15,

**Tabel 15 Hasil Sedimentasi Menggunakan Pemodelan HEC-HMS**

Keterangan	Satuan	Sedimentasi Potensial (ton/thn)
Beban sedimen tahun 2021	ton/thn	89.688,10
Beban sedimen per hektar tahun 2021	ton/ha/thn	5,59
Volume sedimen per hektar tahun 2021	m <sup>3</sup> /ha/thn	2,33
Volume sedimen tahun 2021	m <sup>3</sup> /thn	37.370,04
Tinggi sedimen tahun 2021	mm/thn	0,23

Laju sedimentasi dengan Metode MUSLE lebih besar dibandingkan Metode USLE. Dengan Metode MUSLE diperoleh hasil sebesar 5,67 ton/ha/thn dan HEC-HMS sebesar 5,59 ton/ha/thn sedangkan menggunakan Metode USLE sebesar 4,50 ton/ha/thn. Hal yang mempengaruhi perbedaan hasil perhitungan menggunakan Metode USLE dan MUSLE adalah pada perhitungan nilai Erosivitas hujan. Metode MUSLE memperhitungkan limpasan permukaan (*runoff*) sedangkan metode USLE tidak terpengaruh oleh limpasan permukaan (*runoff*). Untuk menentukan kelas bahaya erosi digunakan hasil perhitungan terbesar, yaitu menurut perhitungan manual metode MUSLE sebesar 99,96 ton/ha/thn sedangkan hasil model MUSLE pada HEC-HMS sebesar 98,48 ton/ha/thn sehingga penentuan kelas bahaya erosi menggunakan nilai terbesar yaitu 99,96 ton/ha/thn karena berpengaruh terhadap keamanan bendungan sehingga kelas bahaya erosi berada pada kelas III yang dikategorikan sedang.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan sebelumnya maka dapat disimpulkan bahwa perhitungan laju sedimentasi dengan perhitungan manual MUSLE dan pemodelan dengan HEC-HMS adalah mendekati (sama) dengan beban sedimen yang masuk ke dalam Waduk Paselloreng selama tahun 2021 sebesar 89.688,10 ton dengan tinggi sedimentasi selama tahun 2021 perhitungan manual MUSLE sebesar 0,24 mm/thn dan hasil dari pemodelan HEC-HMS sebesar 0,23 mm/thn.

Kelas bahaya erosi pada DTA Bendungan Paselloreng berada pada kelas III yang dikategorikan sedang dengan nilai laju erosi terbesar yaitu 99,96 ton/ha/thn.

## Daftar Pustaka

- Arsyad, S. 2000. Konservasi Tanah dan Air. UPT Produksi Media Informasi, Lembaga Sumber Daya Informasi, Institut Pertanian Bogor, IPB Press, Bogor.
- Asdak, C. 2014. Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Cetakan Keenam, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Banuwa, I.S. 2013. Erosi. Kencana Prenada Media Group. Jakarta
- BBWS Pompengan Jenebarang. 2021. Laporan Konsultan Supervisi Bendungan Paselloreng. Makassar
- Hajigholizadeh, M, Melesse, AM & Fuentes, HR. 2018. Erosion and sediment transport modelling in shallow waters: A review on approaches, models and applications', International journal of environmental research and public health.
- Harto, Sri. 1993. Analisis Hidrologi. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Kironoto, B, A. 2003. Hydraulics of Sedimen Transport. Diklat Kuliah MPBA Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Krisnayanti, Denik S. 2018. Pendugaan Erosi dan Sedimentasi Menggunakan Metode USLE dan MUSLE pada DAS Noel-Puames. Jurnal Teknik Sipil, Vol. VII, No. 2, September 2018.
- Lal, R. 2001. Soil degradation by erosion. Land degradation & development, vol. 12.
- Nouwakpo, SK, Williams, CJ, Al-Hamdan, OZ, Weltz, MA, Pierson, F & Nearing, M. 2016. A review of concentrated flow erosion processes on rangelands: Fundamental understanding and knowledge gaps. International Soil and Water Conservation Research, vol. 4.
- Soemarto, C. D. 1987. Hidrologi Teknik. Jakarta. Erlangga
- Stefano, CD, Ferro, V, Porto, P & Tusa, G. 2000. Slope curvature influence on soil erosion and deposition processes. Water resources research, vol. 36.
- Suhartanto, Ery. 2998. Panduan HEC-HMS dan Aplikasinya di Bidang Teknik Sumber Daya Air. Malang. CV Citra.
- Suripin. 2002. Pelestarian Sumber Daya Tanah dan Air. Penerbit Andi, Yogyakarta
- USACE. 2000. Hydrologic Modelling System HEC HMS Technical Reference Manual. Maret 2000.
- USACE. 2002. Hydrologic Modelling System HEC HMS Applications Guide. Desember 2002.