

# Kajian Sedimentasi Rencana Bangunan Penahan Sedimen Sungai Kapur Kecil

Siswanto

Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Riau  
Kampus Binawidya Km. 12,5 Simpang Baru, Pekanbaru 28293  
siswan\_to@yahoo.com

## Abstract

Reduction of forests due to human needs has a negative impact on a watershed, one of the effects of the reduction of the forest is the occurrence of erosion and sedimentation on Kapur Kecil river . To determine the sedimentation rate used method of USLE (Universal Soil Loss Equation). USLE method considering the land use on study area, thus this method can be relied upon as an analysis of the amount of sedimentation. The results showed that the sedimentation that occurs based on USLE method of 0,13 mm/year and sedimentation volume of 8,517.65 m<sup>3</sup>/year.

*Key words: sedimentation, USLE.*

## 1. Pendahuluan

Seiring dengan keinginan manusia untuk memperoleh tingkat kehidupan yang lebih baik, perkembangan kegiatan pemanfaatan kawasan sudah tentu akan sulit dihentikan sama sekali. Hal ini akan berdampak pada perubahan tata guna lahan di daerah *catchment area*. Sehingga luas hutan yang ada di daerah tangkapan hujan akan berkurang dan dapat mengakibatkan terjadinya ketidaksetimbangan pada daerah tersebut terutama pada daerah hulu waduk PLTA Koto Panjang.

Pengurangan luasan wilayah hutan yang terdapat di sekitar genangan hulu waduk Koto Panjang sebagian besar disebabkan oleh pembukaan lahan untuk perkebunan dan *illegal logging*. Banyak sekali perkebunan masyarakat yang dapat dijumpai disekitar waduk, terutama perkebunan gambir, kelapa sawit dan perkebunan karet.

Akibat pengurangan luas hutan ini, maka laju erosi dan sedimentasi di daerah waduk cenderung juga meningkat. Hal ini tentu sangat tergantung pada curah hujan di hulu waduk, dimana ketika curah hujan di daerah hulu cukup tinggi maka laju erosi dan sedimentasi yang terjadi juga akan tinggi. Peningkatan laju sedimentasi pada waduk PLTA Koto Panjang akan mempercepat pengisian tampungan mati (*dead storage*) waduk sampai suatu saat ke depan akan mengurangi umur layan waduk yang telah direncanakan.

Untuk menanggulangi sedimentasi yang masuk ke waduk koto panjang, khususnya sedimentasi yang berasal dari anak sungai yang masuk ke sungai utama maka pemerintah membuat sebuah bangunan air yang dapat menahan aliran sedimen dari hulu waduk Koto Panjang.

Bangunan penahan sedimen tersebut adalah bangunan penahan sedimen Lubuk Alai Hulu waduk Koto Panjang wilayah sungai Kampar.

Salah satu anak sungai yang akan dibuat bangunan penahan sedimen adalah sungai Kapur, sungai Kapur ini merupakan salah satu dari wilayah sungai Kampar yang ada di Sumatra Barat yang memiliki permasalahan utama dibagian hulu yaitu telah terdegradasi fungsinya yang seharusnya mutlak menjadi kawasan lindung namun telah dikonversi menjadi lahan perkebunan serta sebagian besar lainnya telah menjadi kawasan budidaya yang mengarah sebagai lahan terbuka.

Dengan terjadinya perubahan ekosistem pada kawasan hutan lindung bagian hulu daerah aliran sungai Kampar, khususnya di sungai Batang Kapur di Lubuk alai yang telah berdampak cukup luas terhadap kawasan bagian hilir. Hal ini akan berdampak terhadap volume sedimentasi waduk Koto Panjang. Sehingga pembangunan bangunan penahan sedimen ini dapat mengurangi volume sedimen yang masuk kedalam waduk Koto Panjang.

## 2. Bahan dan Metode

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Pengumpulan data primer berasal dari pengambilan sampel di lapangan, pengukuran di lapangan dan pengujian data di laboratorium. Pengumpulan data sekunder berupa :

1. Data curah hujan yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari data curah hujan Siberuang (tahun 1983 sampai tahun 1996).

2. Peta rupa bumi BAKORSURTANAL Edisi I-1984 No.Lembar 0716-32.
3. Peta rupa bumi BAKORSURTANAL Edisi I-1984 No.Lembar 0816-11.
4. Citra landsat TM 7 2004.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Hasil Analisa Hidrologi

Hasil analisa hidrologi pada penelitian ini digunakan untuk mendapatkan hujan rancangan dan debit rancangan. Data curah hujan yang digunakan merupakan data curah hujan harian dari stasiun hujan yang terdekat pada lokasi penelitian ini, Stasiun hujan tersebut adalah stasiun hujan Siberuang, Kecamatan XIII Koto Kampar, Kabupaten Kampar. Data curah hujan yang digunakan adalah data hujan selama 14 tahun, dimulai dari tahun 1983 sampai dengan tahun 1996.

#### 3.2. Ketersediaan Air Metode F.J. Mock

Pendugaan air dengan metode ini untuk mendapatkan debit rata-rata tahunan perbulan.

Perhitungan pendugaan ketersediaan air dengan metode F.J. Mock pada sungai kapur kecil untuk bulan Januari :

- Hujan bulanan rata-rata = 278,54 mm
- Hari hujan bulanan rata-rata = 15,36 hari
- Evapotranspirasi potensial = 113 mm/bulan
- Permukaan lahan terbuka (m) = 20% (0,2)
- Koefisien storage (K) = 0,6
- Catchment area (A) = 64,92 km<sup>2</sup>

#### a. Evapotranspirasi terbatas

$$E = E_{To} \times (m/20) \times (18-n)$$

$$E = 113 \times (0,2/20) \times (18-15,36)$$

$$E = 2,99 \text{ mm/bulan}$$

$$E_t = E_{To} - E$$

$$E_t = 113 - 2,99 = 110,01 \text{ mm/bulan}$$

#### b. Perhitungan keseimbangan air

$$WS = P - E_t$$

$$WS = 278,54 - 110,01 = 168,52 \text{ mm/bulan}$$

#### c. Perhitungan run off dan water storage

$$I = 0,4 \times WS$$

$$I = 0,4 \times 168,52 = 67,41 \text{ mm/bulan}$$

$$0,5(1+K) \times I = 0,5(1+0,6) \times 67,41 = 53,93$$

$$K.V_{(n-1)} = 0,6 \times 0 = 0 \text{ mm/bulan}$$

Dimana  $V_{n-1}$  adalah volume tampungan bulan sebelumnya, untuk tampungan sebelum bulan Januari diasumsikan belum ada tampungan jadi

$$V_{n-1} = 0$$

$$V_n = 0,5(1+K) \times I + K(V_{(n-1)})$$

$$= 53,93 + 0 = 53,93 \text{ mm/bulan}$$

$$K(V_{(n-1)}) = K.V_n \text{ bulan Desember}$$

$$= 0,6 \cdot 89,91 = 53,95 \text{ mm/bulan}$$

$$V_n = 0,5(1+K) \times I + K(V_{(n-1)}) = 53,93 + 53,95 = 107,87 \text{ mm/bulan}$$

$$K(V_{(n-1)}) = K.V_n \text{ bulan Desember} = 0,6 \times 90,11 = 54,06 \text{ mm/bulan}$$

$$V_n = 0,5(1+K) \times I + K(V_{(n-1)}) = 53,93 + 54,06 = 107,99 \text{ mm/bulan}$$

$$V_n' = V_n - (V_{n-1})$$

$$= 107,99 - 90,11 = 17,88 \text{ mm/bulan}$$

$$BF = I - V_n'$$

$$= 67,41 - 17,88 = 49,52 \text{ mm/bulan}$$

$$Dro = K \times WS$$

$$= 0,6 \times 168,52 = 101,11 \text{ mm/bulan}$$

$$\text{Run off} = BF + Dro$$

$$= 49,52 + 101,11 = 150,64 \text{ mm/bulan}$$

$$Q = (\text{Run off} \times A) / (x.24.60.60)$$

$$= (150,64 \times 64,92) / 31.24.60.60$$

$$= 3,65 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Jadi debit andalan bulan Januari adalah 3,65 m<sup>3</sup>/detik, dan untuk perhitungan bulan-bulan berikutnya dapat dilihat pada Tabel 1.

#### 3.3. Analisa Sedimentasi Metode USLE

Perhitungan sedimentasi metode USLE harus mempertimbangkan beberapa faktor, berikut contoh perhitungan dari faktor-faktor tersebut :

#### a. Perhitungan Faktor Erosivitas (R)

Faktor R diambil dari nilai rata-rata curah hujan total yang ada pada setiap bulannya dalam satu tahun. Contoh perhitungan yang diambil adalah jumlah curah hujan tahun 1983-1996 bulan Januari adalah 3899,5 mm kemudian dibagi dengan banyaknya jumlah data yaitu sebesar 14 buah, maka didapat hasilnya sebesar 278,53. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 2.

#### b. Faktor Erodibilitas Tanah (K)

Faktor erodibilitas dihitung dengan menggunakan nomograf (Gambar 1) untuk mendapatkan nilai K pada penelitian ini menggunakan data *soil properties* yang didapat dari data proyek yaitu :

Persentase *silt* dan *fine sand* adalah sebesar 40%, persentase *sand* adalah 40%, persentase unsur organik (OM) adalah 3%, struktur tanah merupakan granular sedang kasar dan tingkat permeabilitas tanah adalah sedang.

**Tabel 1.** Perhitungan pendugaan ketersediaan air dengan metode F.J. Mock

No	Uraian	Satuan	Hitungan	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
I	Data														
1	Curah hujan bulanan (P)	mm/bulan	Data	278.54	209.71	240.41	204.54	245.56	100.83	109.48	121.00	207.22	196.18	252.99	249.59
2	Hari hujan (n)	hari	Data	15.36	10.64	13.36	11.93	10.93	5.86	6.93	8.36	10.86	10.79	13.29	15.57
3	Jumlah hari perbulan	hari	Data	31.00	28.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00
II	Evapotranspirasi														
4	Evapotranspirasi potensial (eto)	mm/bulan	Data	113	113	129	122	125	109	119	126	123	122	120	113
5	Singkapan lahan (m)	%		0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
6	E/Eto	%		0.03	0.07	0.05	0.06	0.07	0.12	0.11	0.10	0.07	0.07	0.05	0.02
7	E	mm/bulan	4 x 6	2.99	8.31	5.99	7.41	8.84	13.24	13.18	12.15	8.79	8.80	5.66	2.74
8	Evapotranspirasi terbatas (Et)	mm/bulan	4 - 7	110.01	104.69	123.01	114.59	116.16	95.76	105.83	113.85	114.21	113.20	114.34	110.26
III	Keseimbangan Air														
9	WS	mm/bulan	1 - 8	168.52	105.02	117.40	89.95	129.40	0.00	0.00	7.15	93.01	82.98	138.65	139.33
IV	Limpanan Dan Volume Tampungan														
10	I	mm/bulan	0,4 x 9	67.41	42.01	46.96	35.98	51.76	0.00	0.00	2.86	37.20	33.19	55.46	55.73
11	0.5(1+K)I	mm/bulan	K = 0,6	53.93	33.61	37.57	28.78	41.41	0.00	0.00	2.29	29.76	26.55	44.37	44.59
12	K.Vn	mm/bulan		0.00	32.36	39.58	46.29	45.04	51.87	31.12	18.67	12.58	25.40	31.17	45.33
13	vn	mm/bulan	11 + 12	53.93	65.96	77.15	75.07	86.45	51.87	31.12	20.96	42.34	51.96	75.54	89.91
14	K.Vn-1 lanjutan	mm/bulan		53.95	64.72	59.00	57.94	52.03	56.06	33.64	20.18	13.48	25.95	31.50	45.52
15	Vn lanjutan	mm/bulan	11 + 14	107.87	98.33	96.57	86.72	93.44	56.06	33.64	22.47	43.25	52.50	75.87	90.11
16	K.Vn-1 lanjutan	mm/bulan		54.06	64.79	59.04	57.97	52.05	56.07	33.64	20.19	13.48	25.95	31.50	45.52
17	Vn lanjutan	mm/bulan	11 + 16	107.99	98.40	96.61	86.75	93.46	56.07	33.64	22.47	43.25	52.50	75.87	90.11
18	Vn'	mm/bulan		17.88	-9.59	-1.79	-9.86	6.71	-37.38	-22.43	-11.17	20.77	9.25	23.37	14.24
19	BF	mm/bulan	10 - 18	49.52	51.60	48.75	45.84	45.05	37.38	22.43	14.03	16.43	23.94	32.09	41.49
20	Dro	mm/bulan	K x 9	101.11	63.01	70.44	53.97	77.64	0.00	0.00	4.29	55.80	49.79	83.19	83.60
21	Ro	mm/bulan	19 + 20	150.64	114.61	119.19	99.81	122.69	37.38	22.43	18.32	72.23	73.73	115.28	125.09
22	Q	m <sup>3</sup> /detik	21 x A	3.7	3.1	2.9	2.5	3.0	0.9	0.5	0.4	1.8	1.8	2.9	3.0

Sumber : Perhitungan

**Tabel 2. Rata-rata Hujan Bulanan**

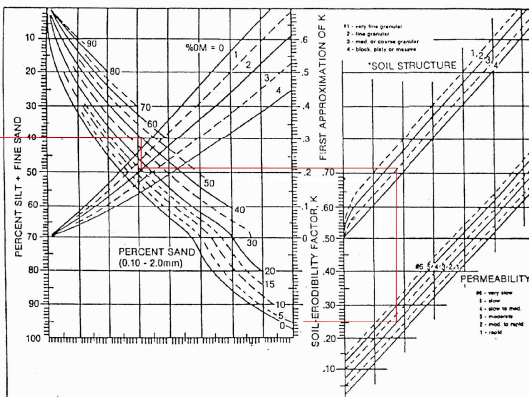
No.	Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun
1	1983	351.7	199.3	203.3	152.5	445.5	159.7
2	1984	350.0	318.1	385.5	139.0	121.2	67.3
3	1985	352.2	328.8	305.3	121.8	617.9	13.4
4	1986	442.8	36.6	405.6	172.4	28.6	15.8
5	1987	158.8	108.0	285.6	396.0	631.1	159.0
6	1988	465.6	423.6	366.8	296.8	162.0	220.5
7	1989	271.0	84.4	238.0	174.4	92.4	113.2
8	1990	230.8	238.6	180.4	225.0	14.0	28.4
9	1991	136.4	105.0	172.2	259.4	293.4	51.0
10	1992	152.4	120.6	118.3	148.2	200.0	26.0
11	1993	333.9	192.9	118.6	196.7	185.5	114.8
12	1994	298.0	326.5	374.8	101.3	75.6	52.8
13	1995	202.4	219.4	91.4	227.7	265.9	212.8
14	1996	153.5	234.1	120.0	252.4	304.7	176.9
Rata-rata		278.5	209.7	240.4	204.5	245.6	100.8

No.	Tahun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des
1	1983	250.8	96.4	248.0	212.4	170.7	404.3
2	1984	99.1	42.0	138.8	238.5	308.0	255.4
3	1985	73.8	149.5	306.8	306.4	440.6	401.6
4	1986	3.0	19.8	108.6	7.8	151.0	213.4
5	1987	265.6	158.6	339.7	380.0	477.4	404.8
6	1988	200.8	360.4	423.8	79.2	79.0	268.5
7	1989	88.2	154.4	224.2	259.2	245.6	306.2
8	1990	61.6	67.8	120.9	302.8	224.9	271.4
9	1991	10.0	12.6	66.6	43.8	121.0	448.3
10	1992	111.0	22.0	238.2	90.5	210.5	207.0
11	1993	51.6	104.5	206.2	293.8	402.1	305.4
12	1994	71.3	150.6	253.8	236.7	448.2	131.6
13	1995	197.5	101.4	42.5	70.3	137.9	146.6
14	1996	48.4	254.0	183.0	225.1	125.0	134.5
Rata-rata		109.5	121.0	207.2	196.2	253.0	278.5

Sumber : Stasiun Hujan Siberuang

Dari data diatas dapat ditentukan nilai K dengan cara menarik garis dari nomograf *percent silt + fine sand* sebesar 40% kekanan hingga menyentuh garis *percent sand* sebesar 40%, setelah itu ditarik kembali garis kearah bawah sampai kegaris *percent OM*. Kemudian ditarik lagi garis kearah kanan pada soil erodibility sampai kepada garis *soil structur* yang bernilai *medium* (sedang), setelah itu ditarik kembali garis kearah garis permeability dengan tingkat medium (sedang). Dari garis tersebut ditarik garis kearah kiri dan didapat nilai K yaitu sebesar 0,252. Hasil dari nomograf tersebut dapat dilihat pada Gambar 1 dibawah ini :



**Gambar 1. Nomograf Faktor K**

**c. Perhitungan Faktor LS**

Faktor kemiringan lahan (LS) membutuhkan data topografi. Sebagai contoh diambil perhitungan dengan elevasi 1050-1000, diambil panjang rata-rata (L) antara elevasi tersebut yaitu sebesar 69,27; sehingga :

$$S = \text{interval} / L$$

$$S = 50 / 69,27 = 0,73$$

Untuk nilai S = 73% maka persamaan yang digunakan adalah :

$$LS = \left( \frac{L}{22,1} \right)^{0,6} \times \left( \frac{S}{g} \right)^{1,4}$$

$$LS = \left( \frac{69,27}{22,1} \right)^{0,6} \times \left( \frac{73}{9,81} \right)^{1,4} = 0,05$$

Perhitungan seluruhnya dapat dilihat paada Tabel 3 sebagai berikut :

**Tabel 3. Perhitungan nilai LS**

No.	Elevasi	ΔH	S <sub>rata-rata</sub>	S (%)	LS
1	1050-1000	50	0.73	72.76	0.05
2	1000-950	50	0.99	98.61	0.07
3	950-900	50	0.55	54.96	0.05
4	900-850	50	0.49	49.23	0.04
5	850-800	50	0.50	49.54	0.04
6	800-750	50	0.44	44.26	0.04
7	750-700	50	0.54	53.99	0.04
8	700-650	50	0.48	48.00	0.04
9	650-600	50	0.37	37.45	0.04
10	600-550	50	0.38	38.36	0.03
11	550-500	50	0.37	37.48	0.04
12	500-450	50	0.18	17.65	0.29
13	450-400	50	0.18	18.29	0.28
14	400-350	50	0.17	17.02	0.30
15	350-300	50	0.14	14.09	0.32
16	300-250	50	0.12	11.72	0.34
17	250-200	50	0.08	8.03	0.40
18	<200	50	0.13	12.69	0.35

Sumber : Perhitungan

**d. Perhitungan Faktor CP**

Faktor CP pada penelitian ini diambil untuk tata guna lahan berupa hutan tanpa tanaman bawah sebesar 0,02.

**e. Perhitungan Energi Kinetik Hujan**

Contoh perhitungan energi kinetik diambil bulan Januari sebagai berikut :

$$R = 278,54 \text{ mm}$$

$$E = 14,374 R^{1,075} = 14,374 \times 278,54^{1,075}$$

$$= 6106,95 \text{ ton M/ha cm}$$

Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4, energi kinetik hujan yang diambil adalah energi rata-rata dalam satu tahun yaitu 4.380,13 ton M/ha cm.

**Tabel 4. Perhitungan Energi Kinetik**

Bulan	R	E
	mm	ton. M/ha. Cm
Januari	278.54	6106.95
Februari	209.71	4501.03
Maret	240.41	5213.27
April	204.54	4381.98
Mei	245.56	5333.25
Juni	100.83	2048.47
Juli	109.48	2237.98
Agustus	121.00	2492.14
September	207.22	4443.70
Oktober	196.18	4189.65
November	252.99	5507.05
Desember	278.50	6106.11
Rata-rata	203.75	4380.13
Total	2444.96	52561.59

Sumber : Perhitungan

f. Laju Erosi Potensial ( $E_{pot}$ )

$$E_{pot} = E \times K \times LS \times A$$

$$= 4,380,13 \times 0,252 \times 0,18 \times 4,22$$

$$= 242,13 \text{ ton/ha/th}$$

g. Laju Erosi Aktual ( $E_{akt}$ )

$$E_{akt} = E_{pot} \times CP$$

$$= 242,13 \times 0,02$$

$$= 4,84 \text{ ton/ha/th}$$

h. Laju Sedimentasi Potensial

$$SDR = \frac{S(1 - 0,08683 \times A^{-0,2018})}{2(S + 50n)} + 0,08683 \times A^{-0,2018}$$

$$= \frac{73\%(1 - 0,08683 \times 64,92^{-0,2018})}{2(73\% + 50 \times 0,045)} + 0,08683 \times 64,92^{-0,2018} = 0,82$$

i. Sedimentasi potensial yang terjadi adalah

$$S_{pot} = E_{Akt} \times SDR$$

$$= 4,84 \times 0,82$$

$$= 3,98 \text{ ton/tahun}$$

Jadi besar volume sedimentasi adalah 0,13 mm/tahun. Rekapitulasi perhitungan dengan metode USLE dapat dilihat pada Tabel 5.

#### 4. Kesimpulan

Hasil analisa laju sedimentasi pada Sungai Kapur Kecil menghasilkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari metode USLE yang digunakan untuk menentukan

**Tabel 5.** Rekapitulasi Perhitungan Sedimentasi Metode USLE

No.	Elevasi	Panjang Lereng (m)	Slope (%)	Luas (km2)	(Ha)	LS	Erosi Potensial (E-pot) (ton/th)	CP	Erosi Aktual	SDR	Sedimentasi (ton/th)
1	1050-1000	75.83	72.76	0.04	4.22	0.05	242.13	0.02	4.84	0.82	3.98
2	1000-950	80.84	98.61	0.13	12.74	0.07	994.98	0.02	19.90	0.76	15.04
3	950-900	338.01	54.96	0.19	18.77	0.05	1026.86	0.02	20.54	0.73	15.02
4	900-850	139.18	49.23	0.44	43.56	0.04	1909.61	0.02	38.19	0.69	26.38
5	850-800	267.00	49.54	0.52	52.13	0.04	2432.54	0.02	48.65	0.68	33.24
6	800-750	154.07	44.26	0.74	74.19	0.04	2922.35	0.02	58.45	0.67	39.02
7	750-700	124.91	53.99	1.08	108.49	0.04	4942.51	0.02	98.85	0.66	64.87
8	700-650	202.97	48.00	1.27	126.81	0.04	5797.24	0.02	115.94	0.65	75.26
9	650-600	521.79	37.45	1.79	178.91	0.04	7027.62	0.02	140.55	0.63	89.04
10	600-550	412.20	38.36	2.19	219.12	0.03	8356.32	0.02	167.13	0.63	104.86
11	550-500	603.21	37.48	2.86	286.03	0.04	11320.41	0.02	226.41	0.62	140.12
12	500-450	971.24	17.65	4.33	433.27	0.29	139099.42	0.02	2781.99	0.59	1630.16
13	450-400	466.00	18.29	5.52	552.29	0.28	169731.33	0.02	3394.63	0.58	1970.63
14	400-350	716.64	17.02	6.25	625.33	0.30	205569.02	0.02	4111.38	0.57	2361.54
15	350-300	917.51	14.09	6.73	672.82	0.32	240540.36	0.02	4810.81	0.56	2715.29
16	300-250	1220.89	11.72	8.45	844.85	0.34	314255.16	0.02	6285.10	0.55	3452.58
17	250-200	1406.32	8.03	12.38	1237.90	0.40	551322.67	0.02	11026.45	0.52	5697.72
18	<200	1029.00	12.69	10.00	1000.16	0.35	384483.37	0.02	7689.67	0.55	4222.23
Total				64.92	6491.59	total sedimen					22656.96
Sumber : Perhitungan										ton/Ha/th	3.49
										m <sup>3</sup> /Ha/th	1.31
										m <sup>3</sup> /th	8,517.65
										mm/th	0.13

laju sedimentasi adalah sebesar 0.13 mm/ tahun atau sebesar 8,517.65 m<sup>3</sup>/ tahun. Total volume sedimentasi selama 50 tahun adalah sebesar 0.426 juta m<sup>3</sup>.

2. Berdasarkan pengamatan lapangan dimana kondisi air ketika kemarau air terlihat jenuh dan saat hujan terlihat keruh maka hasil analisa metode USLE ini cukup dapat diandalkan.

Adapun saran yang dapat diberikan sebagai berikut ini:

1. Dalam penelitian ini masih menggunakan peralatan yang sangat sederhana, sehingga masih terdapat kelemahan dalam pengambilan data. Untuk penelitian selanjutnya dan yang berkaitan dengan analisa sedimentasi, maka sebaiknya digunakan peralatan yang lebih canggih agar didapatkan hasil yang lebih teliti lagi.
2. Dalam perencanaan bangunan penahan sedimen sebaiknya menggunakan metode USLE dalam menentukan volume sedimentasi.

### Daftar Pustaka

Triatmojo, B. 2008. *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.

Suripin, 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: Andi Offset.

Asdak, Chay. 2004. *Hidrologi dan Pengelolaan DAS*. Yogyakarta : Gajah Mada University Press.

Das M., Braja. 1995. *Mekanika Tanah Jilid 2*. . Jakarta : Erlangga.

Malik, D.J. 2006. *Perkiraan Umur Layanan Waduk Mrica Banjarnegara Jawa Tengah Dengan Metode Kapasitas Tampungan Mati (Dead Storage) dan Distribusi Sedimen (The Empirical Area Reduction)*. Skripsi Jurusan Teknik Sipil S1.Purwokerto: Universitas Jenderal Soedirman.

Sosrodarsono, S. Dan M. Tominaga. 1985. *Perbaikan dan Pengaturan Sungai*. Jakarta : PT. Pradnya Paramita.

Soewarno. 1991. *Hidrologi – Pengukuran dan Pengolahan Data Aliran Sungai (Hidrometri)*. Bandung : Nova.

Soemarto, C.D, 1993. *Hidrologi Teknik*. Jakarta. Erlangga.