

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Embung

Embung merupakan bangunan air yang selama pelaksanaan perencanaan diperlukan berbagai bidang ilmu guna saling mendukung demi kesempurnaan hasil perencanaan. Bidang ilmu tersebut diantaranya adalah hidrolika, mekanika tanah, geologi, dan hidrologi. Pada waduk pengendapan sedimen akan mengurangi volume efektifnya. Sebagian besar sedimen dialirkan dari sungai-sungai yang mengalir ke waduk, hanya sebagian kecil saja yang berasal dari longsor tebing waduk, atau berasal dari longsor tebing-tebingnya oleh limpasan permukaan (Soemarto, 1987).

Pada embung sering terjadi penumpukan sedimen. Analisis sedimen diperlukan untuk mengetahui jumlah sedimen yang menumpuk di embung. Dalam menganalisa sedimen, erosi lahan berpengaruh terhadap sedimen yang terbawa menuju embung. Dalam mengelola suatu DAS harus memperhatikan komponen yang terdapat di dalam DAS sehingga dapat diketahui tingkat kemampuan DAS terhadap bahaya erosi.

Erosi adalah pengikisan dan perpindahan tanah dari suatu tempat ke tempat lain yang diakibatkan oleh media alami. Erosi dan sedimentasi merupakan penyebab utama dalam terjadinya kemerosotan produktivitas tanah-tanah pertanian, dan kemerosotan kuantitas serta kualitas air. Erosi itu sendiri meliputi proses pelepasan partikel-partikel tanah (*detachment*), penghanyutan partikel

tanah (*transportation*), dan pengendapan partikel-partikel tanah yang telah terhanyutkan (*deposition*) (Foster and Meyer, 1973 dalam Jauhari, 2012).

2.2 Sedimentasi

Sedimen adalah endapan material di badan air (sungai/waduk) berupa partikel partikel tanah dari hasil erosi yang terangkut bersama aliran air. Sedimentasi adalah proses pengendapan partikel-partikel tanah hasil erosi yang tersuspensi didalam air dan diangkut oleh aliran air dimana kecepatan aliran telah menurun. Laju sedimentasi adalah jumlah hasil sedimen per satuan luas daerah tangkapan air (DTA) atau daerah aliran sungai (DAS) per satuan waktu (ton/ha/th atau mm/th) (Supangat, 2014).

Definisi sedimentasi adalah menumpuknya bahan sedimen di suatu lokasi akibat terjadinya erosi baik erosi permukaan maupun erosi tebing yang terjadi di daerah tangkapan air dan terbawa oleh aliran air sampai ke lokasi tersebut. Hasil sedimen tergantung dari erosi total dari suatu DAS dan tergantung pada transport partikel partikel tanah yang tererosi tersebut keluar dari daerah aliran sungai atau DAS. Besarnya sedimen biasanya bervariasi mengikuti karakteristik fisik DAS. Besarnya hasil sedimentasi biasanya dinyatakan sebagai berat sedimen persatuan luas DAS persatuan waktu (ton/k/tahun) (Banuwa, 2013).

2.3 Erosi Lahan

Erosi merupakan proses penghanyutan tanah oleh desakan atau kekuatan air dan angin, baik yang berlangsung secara alamiah ataupun sebagai akibat

tindakan/perbuatan manusia (Kartasapoetra, 2005). Secara umum erosi merupakan fungsi dari iklim, topografi, vegetasi, tanah dan aktivitas manusia. Selain kelima faktor penyebab erosi tersebut, sedimentasi juga dipengaruhi oleh energi yang ditimbulkan oleh kecepatan aliran air, debit air yang mengalir dan juga mudah tidaknya material-material (partikel-partikel terangkut). Semakin besar energi yang ada, semakin besar tenaga yang ditimbulkan untuk menggerus material (tanah, batuan) yang dilalui. Demikian juga semakin besar debit (volume) aliran semakin banyak pula bahan-bahan yang terangkut. Mudah tidaknya material terangkut tergantung dari ukuran besar butir, bahan-bahan yang halus akan lebih mudah terangkut daripada bahan-bahan yang lebih besar (Tim Peneliti BP2TPDAS IBB, 2002).

Di negara tropis seperti Indonesia hujan merupakan penyebab utama terjadinya erosi. Tingkat kerusakan tanah akibat erosi tergantung pada intensitas dan jumlah curah hujan, persentase penutupan tanah oleh vegetasi dan sifat fisik tanah. Periode paling rawan terhadap erosi adalah pada saat pengolahan tanah dan pada awal pertumbuhan tanaman. Pada periode ini sebagian besar permukaan tanah terbuka menyebabkan butir-butir hujan dapat memecah bongkah-bongkah tanah menjadi hancur dan mudah terbawa aliran permukaan (Rachman et al., 1990).

Dampak erosi adalah penurunan kesuburan tanah dan penurunan kapasitas tanah dalam menyerap dan menyimpan air. Hilangnya *top soil* yang merupakan lapisan tanah yang subur akan menyebabkan penurunan kesuburan tanah. Penurunan kesuburan tanah merupakan suatu keadaan yang menyebabkan

produktivitas tanah berkurang karena adanya kemunduran sifat tanah baik fisik, kimiawi dan biologis. Penurunan tingkat produktivitas akan berakibat semakin banyaknya input hara (pupuk) yang dibutuhkan untuk mencapai tingkat produksi tertentu, yang berarti pula biaya yang diperlukan meningkat. Hal penting lain yang perlu mendapatkan perhatian adalah erosi menyebabkan pengurangan ketebalan tanah terutama lapisan atas tanah yang subur dan merupakan media untuk tumbuh dan berkembangnya perakaran, padahal proses pembentukan tanah memerlukan waktu yang sangat lama sehingga kerusakan sifat fisik tersebut sulit untuk diperbaiki (Tim Peneliti BP2TPDAS IBB, 2002).

2.4 Metode USLE (*Universal Loss Equation*)

Praktek-praktek bercocok tanam dapat merubah keadaan penutupan lahan dan oleh karena itu dapat mengakibatkan terjadinya erosi permukaan pada tingkat atau besaran yang bervariasi. Oleh karena besaran erosi yang berlangsung ditentukan oleh intensitas dan bentuk aktifitas pengelolaan lahan, maka perkiraan besarnya erosi yang terjadi akibat aktifitas pengelolaan lahan tersebut perlu dilakukan. Dari beberapa metode untuk memperkirakan besarnya erosi permukaan, metode *Universal Soil Loss Equation* (USLE) adalah metode yang paling umum digunakan (Asdak, 1995). Wischmeier dan Smith (1978) juga menyatakan bahwa metode yang umum digunakan untuk menghitung laju erosi adalah metode *Universal Soil Loss Equation* (USLE). Adapun persamaan ini adalah:

$$E = R \times K \times LS \times CP \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan:

E : 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).

2.4.1 Curah Hujan Wilayah

Menurut Triatmodjo (2010) stasiun penakar hujan hanya memberikan kedalaman hujan di titik di mana stasiun tersebut berada, sehingga hujan pada suatu luasan harus diperkirakan dari titik pengamatan tersebut. Apabila pada suatu daerah terdapat lebih dari satu stasiun pengukuran yang ditempatkan secara terpencar, hujan yang tercatat dimasing-masing stasiun dapat tidak sama. Dalam analisis hidrologi sering diperlukan untuk menentukan hujan rerata pada daerah tersebut, yang dapat dilakukan dengan metode *Polygon Thiessen*.

Metode ini memperhitungkan luas daerah yang mewakili dari stasiun-stasiun hujan yang bersangkutan, untuk digunakan sebagai faktor bobot dalam perhitungan curah hujan rata-rata. Daerah pengaruh dibentuk dengan menggambarkan garis-garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung antara dua stasiun terdekat. Jika dirumuskan dalam suatu persamaan adalah sebagai berikut:

$$\bar{R} = \frac{R_1A_1 + R_2A_2 + R_3A_3 + \dots + R_nA_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n} \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan:

\bar{R} : Curah hujan rata-rata

R_1, \dots, R_n : Besarnya curah hujan pada masing-masing stasiun

A_1, \dots, A_n : Luas daerah yang mewakili masing-masing stasiun

n : Banyaknya stasiun hujan

Pada saat proses pengumpulan dan pengolahan data curah hujan, ditemukan beberapa data hujan yang hilang. Data curah hujan yang hilang dicari dengan menggunakan rumus *Reciprocal Method* sebagai berikut,

$$p_x = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{p_i}{L_i^2}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{L_i^2}} \quad (2.3)$$

Keterangan:

p_x : hujan yang hilang di stasiun x

p_i : data hujan di stasiun sekitarnya pada periode yang sama

L_i : jarak antara stasiun

2.4.2 Faktor Erosivitas Hujan (R)

Faktor erosivitas hujan di definisikan sebagai jumlah satuan indeks erosi hujan dalam setahun. Erosivitas hujan (R) dapat dihitung dengan menggunakan peta Iso-erodent (Bols, 1978) untuk Pulau Jawa dan Madura atau dengan menggunakan data curah hujan. Data curah hujan bulanan digunakan untuk menghitung nilai RM dengan rumus:

$$R_m = 2,21 (Rain)_m^{1,36} \dots \dots \dots \quad (2.4)$$

Keterangan:

R_m : erositas hujan bulanan

$(Rain)_m$: curah hujan bulanan (cm)

Apabila jumlah satuan indeks erodibilitas hujan dalam jangka waktu satu tahun dapat dijadikan persamaan sebagai berikut:

$$R = \sum_{i=1}^N EI_{30} \dots\dots\dots(2.5)$$

$$EI_{30} = 2,34 R^{1,98} \dots\dots\dots(2.6)$$

Keterangan:

R : faktor erosivitas hujan (KJ/ha/tahun)

N : jumlah kejadian hujan dalam setahun

EI_{30} : interaksi energi dengan intensitas maksimum 30 menit (mm/jam)

E : energi hujan (KJ/ha/mm)

Untuk daerah Jawa dan Madura, menurut Bols (1978) dalam Suripin (2004) didapatkan persamaan:

$$EI_{30} = 6,12 (Rain)^{1,21} \times Days^{-0,47} \times (MaxP)^{0,53} \dots\dots\dots(2.7)$$

Keterangan:

EI_{30} = indeks erosi hujan

$Rain$ = curah hujan tahunan (cm)

$Days$ = jumlah hari hujan rata-rata pertahun (hari)

$MaxP$ = jumlah hujan maksimal rata-rata dalam 24 jam

2.4.3 Faktor Erodibilitas Tanah (K)

Erodibilitas tanah adalah sifat tanah yang menyatakan mudah atau tidaknya suatu tanah tererosi atau dengan kata lain erodibilitas menunjukkan nilai kepekaan suatu jenis tanah terhadap daya penghancur dan penghanyut air hujan

Santoso, A (2009). Faktor erodibilitas tanah (K) atau faktor kepekaan erosi tanah menunjukkan tingkat kepekaan tanah terhadap daya rusak hujan. Erodibilitas tanah dipengaruhi oleh tekstur (pasir kasar, debu, dan liat), struktur tanah, permeabilitas dan kandungan bahan organik tanah (Wischmeier et al., 1971). Untuk menentukan erodibilitas tanah dalam Rahim (2000) telah menemukan persamaan erodibilitas tanah pada sekitar tahun 1935 tentang ‘*The Clay Ratio As a Criterium Suspectibility of Soil To Erosion*’ yaitu dengan persamaan sebagai berikut:

$$K = (\%Sand + \%Silt) / \%Clay \dots\dots\dots (2.8)$$

Keterangan:

Sand : pasir

Silt : debu

Clay : liat

Klasifikasi jenis tanah berdasarkan ukuran butir dapat dilihat dalam tabel 2.1.

Tabel 2.1. Soil Classification Based On Grain Size

<i>Agency</i>	<i>Gravel</i>	<i>Coarse-Sand</i>	<i>Medium-Sand</i>	<i>Fine-Sand</i>	<i>Silt</i>		<i>Clay</i>
AASHTO	75 - 2,00 (3-in.-No.10 <i>Sieves</i>)	2,00 – 0,425 (No.10 – No.40 <i>Sieves</i>)	-	0,425–0,075 (No.40-No.200 <i>Sieves</i>)	0,075 0,002	<	0,002
USCS	Coarse : 75- 19,0 (3-in.- 3/4-in. <i>Sieves</i>) Fine: 19,0- 4,75 (3/4-in.-20 <i>Sieves</i>)	4,74-2,00 (No.4 – No.10 <i>Sieves</i>)	2,00–0,425 (No.10 – No.40 <i>Sieves</i>)	0,425 – 0,075 (No.40 – No.200 <i>Sieves</i>)	Fines (<i>Silt or Clay</i>)	<	0,075

2.4.4 Faktor Panjang dan Kemiringan Lereng (LS)

Variabel L dan S dapat disatukan karena erosi akan bertambah besar apabila kemiringan permukaan juga bertambah besar. Hal ini membuat lebih banyak percikan air yang akan membawa butir-butir tanah dan limpasan akan bertambah besar dengan kecepatan yang tinggi. Menurut Weismeyer dan Smith, 1978 dalam Hardjoamijojo dan Sukartaatmadja, 1992, faktor lereng dapat ditentukan dengan persamaan:

$$LS = (L/22)^m(0,065+0,045S+0,0065S^2) \dots \dots \dots (2.9)$$

Keterangan:

L : panjang lereng (m)

S : kemiringan lahan (%)

m : nilai eksponensial yang tergantung dari kemiringan

S < 1% maka nilai m = 0,2

S = 1 – 3% maka nilai m = 0,3

S = 3 – 5% maka nilai m = 0,4

S > 5% maka nilai m = 0,5

Selain menggunakan rumus di atas, nilai LS dapat juga ditentukan menurut kemiringan lerengnya seperti ditunjukkan pada tabel 2.2 berikut.

2.4.5 Faktor Tanaman (C)

Faktor C merupakan faktor yang menunjukkan keseluruhan pengaruh dari faktor vegetasi, seresah, kondisi permukaan tanah, dan pengolahan lahan terhadap besarnya tanah yang hilang (erosi). Faktor ini mengukur kombinasi pengaruh

tanaman dan pengelolaannya. Penentuan nilai C sangat sulit, dikarenakan banyaknya ragam cara bercocok tanam untuk suatu jenis tanaman tertentu dalam lokasi tertentu. Berhubung berbagai lokasi tersebut memiliki iklim yang berbeda dengan berbagai ragam cara bercocok tanam sehingga penentuan nilai C diperlukan banyak data. Besarnya nilai C tidak selalu sama dalam waktu satu tahun (Asdak, Chay, 2002). Nilai faktor C untuk berbagai pengelolaan tanaman disajikan dalam tabel 2.3.

Tabel 2.2. Penilaian Kelas Kelerengan (LS)

Kelas Lereng	Kemiringan Lereng (%)	Nilai LS
A	0 – 5	0,25
B	5 – 15	1,20
C	15 – 35	4,25
D	35 – 50	9,50
E	>50	12,00

(Sumber : Petunjuk Pelaksanaan Penyusunan RTL-RLKT Jakarta, 1986)

2.4.6 Faktor Konservasi Praktis (P)

Nilai faktor tindakan manusia dalam konservasi tanah (P) adalah nisbah antara besarnya erosi dari lahan dengan suatu tindakan konservasi tertentu terhadap besarnya erosi pada lahan tanpa tindakan konservasi. Nilai dasar $P = 1$ yang diberikan untuk lahan tanpa tindakan konservasi. Beberapa nilai faktor P untuk berbagai tindakan konservasi disajikan pada tabel 2.4. Jika faktor nilai C dan P digabungkan maka kriteria penggunaan lahan dan besarnya nilai CP dapat dilihat pada tabel 2.5 dan 2.6.

Tabel 2.3. Nilai Faktor C (Pengelolaan Tanaman)

Penggunaan Lahan/Tanaman	Nilai Faktor C
Tanah terbuka, tannpa tanaman	1,0
Hutan	0,001
Sawah	0,01
Sawah kosong tak diolah	0,95
Tegalan	0,7
Ladang	0,4
Padang Rumput	0,3
Kebun Campuran, kerapatan tinggi	0,1
Kebun Campuran, kerapatan sedang	0,2
Kebun Campuran, kerapatan rendah	0,5
Semak Belukar	0,3
Padi gogo-kedelai	0,55
Sorgum	0,95
Tanah kosong tak diolah	0,45
Talas	0,86
Ubi kayu + kacang tanah	0,26
Ubi kayu + jagung-kacang tanah	0,45
Tambak	0,01

(Sumber : Departemen Kehutanan, 2009)

Tabel 2.4. Nilai P pada Beberapa Teknik Konservasi Tanah

No.	Jenis Teknik Konservasi	Nilai P
1	Teras bangku:	
	- Standard disain dan bangunan baik	0,04
	- Standard disain dan bangunan sedang	0,15
	- Standard disain dan bangunan rendah	0,35
2	Teras tradisional	0,04
3	Penanaman / pengolahan menurut kontur pada lereng:	
	- 0 – 8%	0,50
	- 9 – 20%	0,75
	- >20%	0,90
4	Penanaman rumput (Bahlia) dalam strip:	
	- Standard disain dan keadaan pertumbuhan baik	0,04
	- Standard disain dan keadaan pertumbuhan tidak baik	0,40
5	Penanaman <i>Crotalaria</i> dalam rotasi	0,60
6	Penggunaan mulsa (jerami 6 ton/ha/tahun)	0,30
	Penggunaan mulsa (jerami 3 ton/ha/tahun)	0,50
	Penggunaan mulsa (jerami 1 ton/ha/tahun)	0,80
7	Penanaman tanaman penutup tanah rendah pada tanaman perkebunan:	
	- Kerapatan tinggi	0,10
	- Kerapatan sedang	0,50

(Sumber : Arsyad, 1989 dalam Suripin, 2002)

2.4.7 *Sediment Delivery Ratio (SDR)*

Sumber sedimen yang berasal dari DAS tidak selalu mencapai sungai karena terdeposit di berbagai tempat yang dilewati seperti cekungan-cekungan dan anak-anak sungai. Dalam perjalanannya dari tempat terjadinya erosi lahan

sampai outlet terjadi pengendapan/ deposisi, baik pengendapan permanen ataupun sementara, terutama di daerah-daerah cekungan, daerah yang landai, dataran banjir (*flood plain*), dan di saluran itu sendiri. Perbandingan antara sedimen yang terukur di *outlet* dan erosi di lahan disebut *Sediment Delivery Ratio* (SDR). Biasanya besarnya SDR cenderung berbanding terbalik terhadap luas DAS, makin luas DAS makin kecil nilai SDRnya. (Asdak, 2010)

Rumus prakiraan hasil sedimen yang lebih jelas yaitu berdasarkan SCS National Engineering Handbook (DPMA, 1984 dalam Asdak, 2007:406) sebagai berikut;

$$S = \frac{m \cdot h}{A} \quad (2.10)$$

$$SDR = S \frac{(1 - 0,8683(A^{-0,2018}))}{2(S + 50n)} + 0,8683(A^{-0,2018}) \quad (2.11)$$

Keterangan:

m = jumlah panjang garis kontur (m)

h = interval kontur (m)

A = luas DAS (m²)

n = koefisien kekasaran *manning*

S = kemiringan lereng rata-rata DAS

SDR = *sediment delivery ratio*

Nilai koefisien kekasaran *manning* dapat dilihat pada tabel 2.5

Tabel 2.5. Tipikal harga koefisien kekasaran *Manning* (n)

No	Tipe Saluran dan Jenis Bahan	Harga n		
		Minimum	Normal	Maksimum
1	Beton			
	- Gorong-gorong lurus dan bebas dari kotoran	0,010	0,011	0,013
	- Gorong-gorong dengan lengkungan dan sedikit kotoran/ gangguan	0,011	0,013	0,014
	- Beton dipoles	0,011	0,012	0,014
	- Saluran pembuang dengan bak kontrol	0,013	0,015	0,017
2	Tanah lurus dan seragam			
	- Bersih baru	0,016	0,018	0,020
	- Bersih telah melapuk	0,018	0,022	0,025
	- Berkerikil	0,022	0,025	0,030
	- Berumput pendek, sedikit tanaman pengganggu	0,022	0,027	0,033
3	Saluran alam			
	- Bersih lurus	0,025	0,030	0,033
	- Bersih berkelok-kelok	0,033	0,040	0,045
	- Banyak tanaman pengganggu	0,050	0,070	0,080
	- Dataran banjir berumput pendek-tinggi	0,025	0,030	0,035
	- Saluran di belukar	0,035	0,050	0,07

Daftar lengkap dapat dilihat dalam *Open Channel Hydraulics* oleh Ven Te Chow.

2.5 Umur Efektif Embung

Perencanaan embung tidak lepas dari perencanaan laju sedimen yang masuk kedalam embung. Sedimen yang masuk ke dalam embung dapat menurunkan kapasitas embung karena sedimen memenuhi *dead storage* embung tersebut. Aliran air dari sungai membawa cukup banyak sedimen yang berasal dari erosi lahan sepanjang aliran sungai. Sedimen yang masuk dalam jumlah besar dibandingkan dengan kapasitas rencana akan membuat umur efektif embung menjadi pendek. Oleh karena itu diperlukan data laju sedimen agar dapat diketahui berapa besarnya sedimen yang masuk dalam setahun.

Besarnya umur efektif embung dapat dinyatakan dalam persamaan:

$$V_w / V \dots\dots\dots (2.12)$$

Keterangan:

V_w : *dead storage* waduk (m^3)

V : volume sedimen dalam waduk (m^3 /tahun), dimana volume sedimen dihasilkan dari penjumlahan sedimen oleh aliran dan sedimen erosi lahan.