

BAB III
LANDASAN TEORI

3.1. 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 tiga metode berikut ini :

3.1.1. Metode rerata aritmatika (alljabar)

Cara ini adalah cara yang paling sederhana. Metode rata-rata hitung dengan menjumlahkan curah hujan dari semua tempat pengukuran selama satu periode tertentu dan membaginya dengan banyaknya tempat pengukuran.

Jika dirumuskan dalam suatu persamaan adalah sebagai berikut :

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n}{n} \dots\dots\dots(3.1)$$

dengan :

\bar{R} : curah hujan rata-rata (mm)

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

n : banyaknya stasiun hujan

3.1.2. Metode Poligon Thiesen

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 :

$$\bar{R} = \frac{R_1A_1 + R_2A_2 + \dots + R_nA_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \dots\dots\dots(3.2)$$

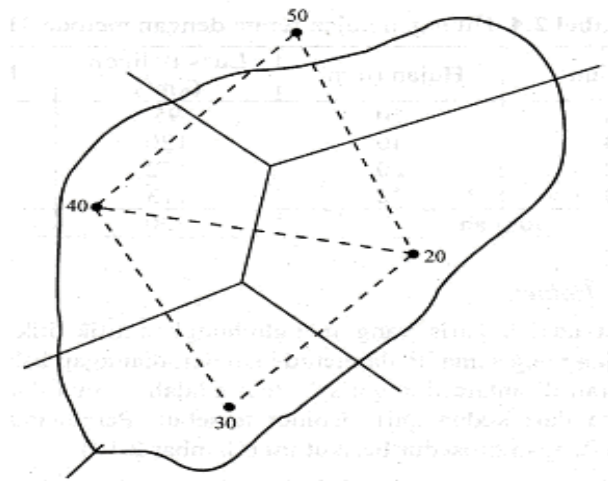
dengan :

\bar{R} : curah hujan rata-rata (mm)

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



Gambar 3.1 Metode Polygon Thiesen

3.1.3 Metode Isohyet

Isohyet adalah garis lengkung yang merupakan nilai curah hujan yang sama. Umumnya sebuah garis lengkung menunjukkan.

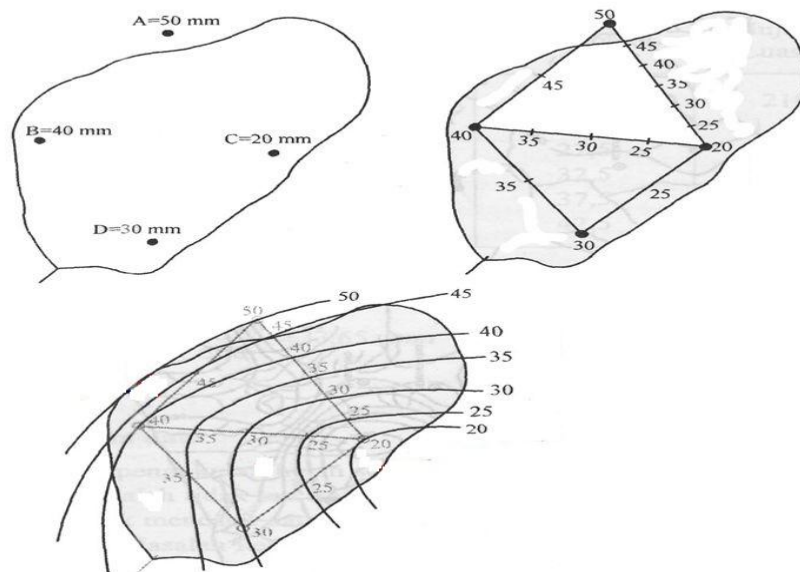
$$\bar{R} = \frac{\frac{R_1+R_2}{2}A_1 + \frac{R_3+R_4}{2}A_2 + \dots + \frac{R_n+R_n}{2}A_n}{A_1+A_2+\dots+A_n} \dots\dots\dots(3.3)$$

dengan :

\bar{R} : curah hujan rata-rata (mm)

R_1, R_2, \dots, R_n : curah hujan di garis Isohyet (mm)

A_1, A_2, \dots, A_n : luas bagian yang dibatasi oleh Isohyet



Gambar 3.2 Metode Isohyet

3.2. Faktor erosivitas hujan (R)

Erosivitas merupakan sifat hujan, hujan dengan intensitas rendah jarang menyebabkan erosi, tetapi hujan yang lebat dengan periode yang pendek atau panjang dapat menyebabkan adanya limpasan permukaan yang besar dan kehilangan tanah. Sifat curah hujan yang mempengaruhi erosivitas dipandang sebagai energi kinetik butir-butir air hujan yang menumbuk permukaan.

Dalam metode USLE, prakiraan besarnya erosi dalam kurun waktu per tahun (tahunan) dan demikian angka rata-rata faktor R dihitung dari rata-rata curah hujan tahunan sebanyak mungkin dengan menggunakan persamaan :

$$R = \sum_{t=1}^n \frac{EI}{100x} \dots \dots \dots (3.4)$$

dengan :

R : erosivitas hujan bulanan

N : jumlah kejadian hujan dalam kurun waktu satu tahun

x : jumlah tahun musim hujan

Sementara Bowles (1978) dalam asdak (2014) dalam menentukan besarnya erosivitas hujan tahunan rata-rata menggunakan persamaan :

$$EI = 6,21(RAIN)^{1,21}(DAYS)^{-0,47}(MAXP)^{0,53} \dots\dots\dots(3.5)$$

dengan :

EI : erosivitas hujan rata rata tahunan

RAIN : curah hujan rata rata tahunan (cm)

DAYS : jumlah hari hujan rata-rata pertahun (hari)

MAXP: curah hujan max rata-rata dalam 24 jam perbulan

Cara menentukan besarnya indeks erosivitas hujan yang lain adalah dengan menggunakan metode matematis berdasarkan hubungan R dengan besarnya hujan tahunan menggunakan persamaan :

$$R = 237,4+2,61Y \dots\dots\dots(3.6)$$

dengan :

R : erosivitas hujan rata rata tahunan

Y : besarnya curah hujan tahunan

Berasarkan data curah hujan bulanan, faktor erosivitas hujan (R) dapat dihitung dengan persamaan : (Lenvain, Departemen Kehutanan, 1994)

$$R = 2,21 R_m^{1,36} \dots\dots\dots(3.7)$$

dengan :

R : erosivitas hujan bulanan (KJ/ha)

Rm : curah hujan maksimal bulanan (cm)

3.3. Faktor erodibilitas tanah (K)

Indeks kepekaan tanah terhadap erosi atau erodibilitas tanah (K) merupakan jumlah tanah yang hilang rata-rata setiap tahun per satuan indeks daya erosi curah hujan. Kepekaan tanah terhadap erosi dipengaruhi oleh tekstur tanah (terutama kadar debu+pasir halus), bahan organik, struktur, dan permeabilitas tanah. Makin tinggi nilai K maka tanah makin peka terhadap erosi. Penentuan besarnya nilai K dapat dilakukan dengan menggunakan nomograph atau rumus Wischmeier et al. (1971) sebagai berikut :

$$100 K = 1,292 [2,1 M^{1,14} (10^{-4})(12-a)] + 3,25 (b-2) + 2,5 (c-3).....(3.8)$$

dengan :

- K : erodibilas tanah
- M : parameter ukuran butir yang diperoleh dari (% debu + % pasir sangat halus) (100 - % liat)
- a : persentase bahan organik (% C x 1,724)
- b : kode struktur tanah
- c : kelas permabilitas penampang tanah

Untuk kadar bahan organik > 6% (agak tinggi – sangat tinggi), angka 6% tersebut digunakan sebagai angka maksimum. Penilaian struktur dan permeabilitas tanah masing-masing menggunakan Tabel 3.1 dan 3.2.

Tabel 3.1 Penilaian struktur tanah

| No. | Tipe struktur tanah | Kode penilaian |
|-----|--|----------------|
| 1. | Granular sangat halus (<i>very fine granular</i>) | 1 |
| 2. | Granular halus (<i>fine granular</i>) | 2 |
| 3. | Granular sedang dan besar (<i>medium, coarse granular</i>) | 3 |
| 4. | Gumpal, lempeng, pejal (<i>blocky, platy, massif</i>) | 4 |

(Sumber : Wischmeier et al., 1971)

Tabel 3.2 Penilaian permeabilitas tanah

| No. | Tipe struktur tanah | Kode penilaian |
|-----|--|----------------|
| 1. | Cepat (<i>rapid</i>) | 1 |
| 2. | Sedang sampai cepat (<i>moderate to rapid</i>) | 2 |
| 3. | Sedang (<i>moderate</i>) | 3 |
| 4. | Sedang sampai lambat (<i>moderate to slow</i>) | 4 |
| 5. | Lambat (<i>Slow</i>) | 5 |
| 6. | Sangat lambat (<i>very slow</i>) | 6 |

(Sumber : Wischmeier et al., 1971)

Nilai K (erodibilitas tanah) juga dapat diperoleh dari tabel di bawah ini :

Tabel 3.3 Nilai Erodibilitas Tanah (K)

| No` | Jenis Tanah | Nilai K |
|-----|---|---------|
| 1. | Latosol | 0,075 |
| 2. | Alluvial | 0,156 |
| 3. | <i>Complex brown regosol and lithosol</i> | 0,172 |
| 4. | <i>Brown latosol</i> | 0,175 |
| 5. | Grunosol | 0,176 |
| 6. | <i>Association of Litosols and Red Mediterranean</i> | 0,251 |
| 7. | <i>Association of Litosols and Reddish Brown Latosols</i> | 0,251 |
| 8. | <i>Assosiate brown andosol and red brown latosol</i> | 0,271 |
| 9. | <i>Andosol dan regosol</i> | 0,271 |
| 10. | <i>Grey brown regosol</i> | 0,271 |
| 11. | Andosol | 0,278 |
| 12. | Regosol | 0,301 |
| 13. | <i>Complex of Grey Regosols and Dark Grey Grumusols</i> | 0.302 |

(Sumber : Puslitbang Pengairan Bogor, 1985)

3.4. Faktor panjang kemiringan lereng (LS)

Kemiringan dan panjang lereng dapat ditentukan melalui peta topografi. Baik panjang lereng (L) maupun curamnya lereng (S) mempengaruhi banyaknya tanah yang hilang karena erosi. Faktor LS merupakan rasio antara tanah yang hilang dari suatu petak dengan panjang dan curam lereng tertentu. Nilai LS dapat dihitung dengan rumus :

$$LS = \left(\frac{L}{22.1}\right)^{0,6} \times \left(\frac{S}{g}\right)^{1,4} \dots\dots\dots(3.9)$$

Dimana S :

$$S = \frac{\text{interval}}{L} \dots\dots\dots(3.10)$$

Keterangan :

- LS : faktor kemiringan lereng (m)
- L : panjang lereng (m)
- S : kemiringan lereng
- g : gravitasi (m/detik)

Faktor panjang lereng (L) didefinisikan secara matematik sebagai berikut (Schwab et al.,1981) :

$$L = (l/22,1) m \dots\dots\dots(3.11)$$

dengan :

L : panjang kemiringan lereng (m)

M : angka eksponen yang dipengaruhi oleh interaksi antara panjang lereng dan kemiringan lereng dan dapat juga oleh karakteristik tanah, tipe vegetasi. Angka eksponen tersebut bervariasi dari 0,3 untuk lereng yang panjang dengan kemiringan lereng kurang dari 0,5 % sampai 0,6 untuk lereng lebih

pendek dengan kemiringan lereng lebih dari 10 %. Angka eksponen rata-rata yang umumnya dipakai adalah 0,5.

Faktor kemiringan lereng S didefinisikan secara matematis sebagai berikut (Schwab et al.,1981) :

$$S = (0,43 + 0,30s + 0,04s^2) / 6,61 \dots\dots\dots(3.12)$$

Keterangan :

S : kemiringan lereng aktual (%)

Seringkali dalam prakiraan erosi menggunakan persamaan *USLE* komponen panjang dan kemiringan lereng (L dan S) diintegrasikan menjadi faktor LS dan dihitung dengan :

$$LS = L1 / 2 (0,00138S^2 + 0,00965S + 0,0138) \dots\dots\dots(3.13)$$

dengan :

$L1$: panjang lereng (m)

S : kemiringan lereng (%)

Rumus diatas diperoleh dari percobaan dengan menggunakan plot erosi pada lereng 3 - 18 %, sehingga kurang memadai untuk topografi dengan kemiringan lereng yang terjal. Harper (1988) menunjukkan bahwa pada lahan dengan kemiringan lereng lebih besar dari 20 %, pemakaian persamaan 3.13 akan diperoleh hasil yang *overestimate*. Untuk lahan berlereng terjal disarankan untuk menggunakan rumusberikut ini (Foster and Wischmeier, 1973).

$$LS = (l / 22)mC(\cos\alpha)^{1,50} [0,5(\sin\alpha)^{1,25} + (\sin\alpha)^{2,25}] \dots\dots\dots(3.14)$$

dengan :

- m : 0,5 untuk lereng 5 % atau lebih
 : 0,4 untuk lereng 3,5 – 4,9 %
 : 0,3 untuk lereng 3,5 %
 C : 34,71
 α : sudut lereng
 l : panjang lereng (m)

Selain itu faktor panjang dan kemiringan lereng (LS), dapat pula dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Morgan, 1979) :

$$LS = \sqrt{\frac{\lambda}{100}} \times (1,38 + 0,965 S + 0,138 S^2) \dots\dots\dots(3.15)$$

dengan :

- LS : faktor panjang dan kemiringan lahan
 S : kemiringan lereng (%)
 λ : panjang lereng (m)

Rumus tersebut berlaku untuk lahan dengan kemiringan <22%, sedangkan untuk lahan dengan kemiringan lebih curam digunakan rumus Gregory et al. (1979) sebagai berikut :

$$T = \left(\frac{\lambda}{22,1}\right)^m \cdot C \cdot (\cos \alpha)^{1,503} \cdot 0,5 \cdot (\sin \alpha)^{1,249} + (\sin \alpha)^{2,249} \dots\dots\dots(3.16)$$

dengan :

- T : faktor topografi / LS
 λ : panjang lereng (m)
 m : 0,5 untuk lereng 5% atau lebih

- : 0,4 untuk lereng 3,5% - 4,9%
- : 0,3 untuk lereng <3,4%
- C : 34,7046
- A : sudut kemiringan lahan (°)

3.5. Faktor penggunaan lahan dan pengelolaan tanah (CP)

Merupakan faktor kriteria penggunaan lahan dan pengelolaan tanah, dimana C adalah faktor vegetasi penutup tanah dan pengelolaan tanaman yaitu nisbah antara besarnya erosi suatu areal dengan vegetasi dan pengelolaan tanaman tertentu terhadap besarnya erosi dari tanah yang identik dan tanpa tanaman.

Sedangkan P adalah faktor tindakan khusus konservasi tanah yaitu nisbah antara besarnya erosi dari tanah yang diberi perlakuan tindakan konservasi khusus seperti pengelolaan tanah menurut kontur, penanaman dalam strip atau teras terhadap besarnya erosi dari tanah yang diolah searah dengan lereng dalam keadaan yang identik.

Jika nilai faktor C dan P di gabungan maka kriteria penggunaan lahan dan besarnya nilai CP dapat dilihat pada table di bawah ini :

Tabel 3.4 Faktor Penggunaan Lahan dan Pengelolaan Tanah (CP)

| NO | Penggunaan Lahan | Faktor CP |
|----|------------------|-----------|
| 1 | Pemukiman | 0.60 |
| 2 | Kebun campuran | 0.30 |
| 3 | Sawah | 0.05 |
| 4 | Tegalan | 0.75 |
| 5 | Perkebunan | 0.40 |
| 6 | Hutan | 0.03 |
| 7 | Padang rumput | 0.07 |

(Sumber : RLKT (Rehabilitasi Lahan dan Konservasi Tanah), Buku II 1986)

3.6. Erosi

Pada metode USLE, untuk menghitung besarnya tanah yang tererosi menggunakan persamaan, berikut :

$$A = R \times LS \times K \times CP \dots\dots\dots(3.17)$$

Keterangan :

- A : banyaknya tanah tererosi per satuan luas persatuan, dalam praktek dipakai satuan ton/ha/tahun.
- R : merupakan faktor erosivitas hujan dan aliran permukaan, yaitu jumlah satuan indeks erosi hujan
- K : faktor erodibilitas tanah, yaitu erosi per indeks erosi hujan untuk suatu jenis tanah tertentu dalam kondisi ditanami terus menerus.
- LS : faktor panjang kemiringan lereng, yaitu antara besarnya erosi per indeks erosi dari suatu lahan dengan panjang dan kemiringan lahan tertentu terhadap besarnya erosi
- CP : faktor tanaman penutup lahan dan manajemen tanaman, yaitu antara besarnya erosi lahan dengan penutup tanaman dan manajemen tanaman tertentu terhadap lahan yang identik tanpa tanaman.

3.7. *Sediment Delivery Ratio* (SDR)

Sediment Delivery Ratio merupakan perkiraan rasio tanah yang diangkut akibat erosi lahan saat terjadinya limpasan (Wischmeier dan Smith, 1978). Nilai SDR sangat dipengaruhi oleh bentuk muka bumi dan faktor lingkungan. Menurut Boyce (1975), *sediment delivery ratio* dapat dirumuskan dengan :

$$SDR = 0,41 A_{das}^{-0,3} \dots\dots\dots(3.18)$$

Dengan :

SDR : *Sediment Delivery Ratio*

A_{das} : luas DAS (km^2)

3.8. Sedimen potensial yang terjadi

Hubungan antara erosi lahan, angkutan sedimen dan delivery ratio dapat diformulasikan sebagai berikut :

$$SY = SDR \times A \dots\dots\dots(3.19)$$

Dengan :

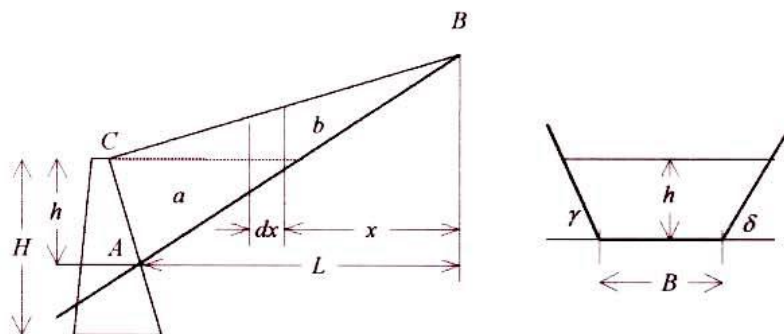
SY : angkutan sedimen (ton/ha)

SDR : *Sediment Delivery Ratio*

A : erosi lahan (ton/ha)

3.9. Jumlah dan kapasitas bangunan sabo

Kapasitas bangunan sabo adalah kemampuan bangunan tersebut untuk menampung dan mengalirkan sedimen. Kapasitas sabo dam adalah daya tampung dan control terhadap aliran sedimen. Kapasitas ini dihitung mempertimbangkan parameter-parameter, antara lain : lebar sungai, tinggi sabo dam dan kemiringan dasar sungai sebelum ada bangunan dan kemiringan dasar sungai rencana. Berikut adalah gambar penampang melintang pada bangunan sabo dam :



Gambar 3.3 Gambar penampang melintang sabo dam

Bagian (a) merupakan *dead storage*, sedang bagian (b) disebut sebagai *control volume*, karena pada saat berlangsung aliran debris, endapan sedimen tersebut akan terangkut. Secara kasar, *control volume* dan *dead storage* dapat diestimasi dengan rumus berikut :

$$\text{Dead storage} : V_a = 1,5 (0,67 \cdot i \cdot h^2 \cdot B) \text{ m}^3$$

$$\text{Control volume} : V_b = 1,5 (0,4 \cdot i \cdot h^2 \cdot B) \text{ m}^3$$

Dalam hal ini i adalah kemiringan rata-rata dasar sungai di hulu dam.