

2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Analisis Hidrologi

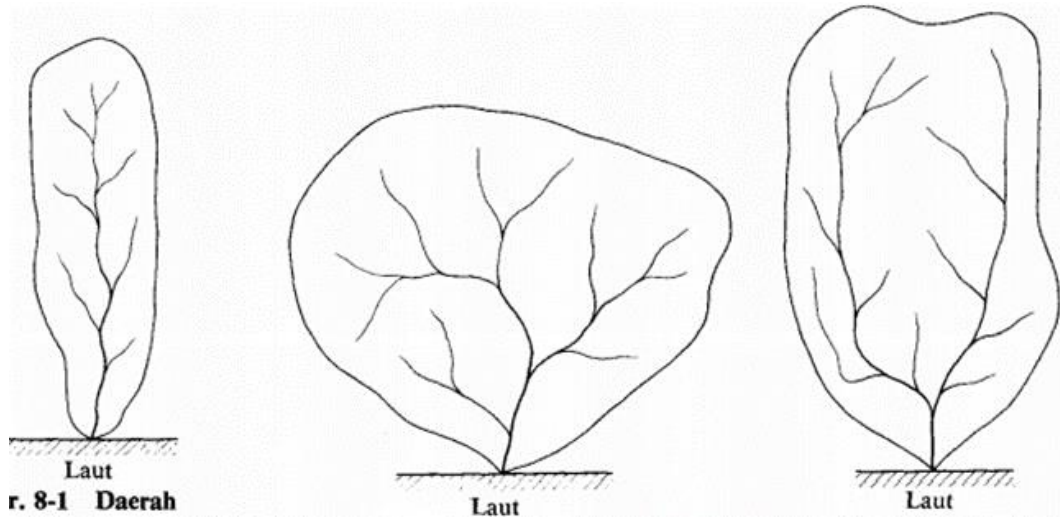
Menurut Peraturan Daerah Provinsi Jawa Barat Nomor 20 Tahun 2014 bahwa Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya yang berfungsi menampung, menyimpan, dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau ke laut secara alami. Pengelolaan DAS adalah upaya manusia dalam mengatur hubungan timbal balik antara sumber daya alam dengan manusia di dalam DAS dengan segala aktivitasnya agar terwujud kelestarian dan keserasian ekosistem serta meningkatnya pemanfaatan sumber daya alam bagi manusia secara berkelanjutan.

Keberhasilan pengelolaan DAS diindikasikan dengan fluktuasi debit, beban sedimen sungai, serta kelestarian sumber-sumber air. Indikator lain yang juga cukup penting adalah erosi tanah. Pertahanan DAS terhadap erosi berkaitan erat dengan kegiatan pengelolaan lahan di wilayah DAS, bahwa sesuai ketentuan Pasal 3 Undang-Undang Nomor 41 Tahun 1999 tentang Kehutanan, dengan terjadinya penurunan daya dukung Daerah Aliran Sungai yang dicirikan dengan terjadinya banjir, tanah longsor, erosi, sedimentasi dan kekeringan, yang dapat mengakibatkan terganggunya perekonomian dan tata kehidupan masyarakat, maka daya dukung Daerah Aliran Sungai harus ditingkatkan.

DAS yang dipertahankan daya dukungnya adalah DAS yang kondisi lahan, kualitas, kuantitas dan kontinuitas air, sosial ekonomi, investasi bangunan air, dan pemanfaatan ruang wilayah berfungsi sebagaimana mestinya, (Peraturan Daerah Provinsi Jawa Barat Nomor 20 Tahun 2014).

Menurut (Suyono *et.al.*, 2003), daerah pengaliran sebuah sungai adalah daerah tempat presipitasi itu mengkonsentrasi ke sungai. Garis batas daerah-daerah aliran yang berdampingan disebut batas daerah pengaliran, Luas daerah pengaliran diperkirakan dengan pengukuran daerah itu pada peta topografi. Daerah pengaliran, topografi, tumbuh-tumbuhan dan geologi mempunyai pengaruh terhadap debit banjir, corak banjir, debit pengaliran dasar dan seterusnya. Corak dan karakteristik

daerah pengaliran terbagi menjadi beberapa macam, yaitu bentuk bulu burung, radial dan paralel. Berikut bentuk DAS pada Gambar 2.1 menurut (Suyono *et.al.*, 2003) di bawah ini.



Gambar 2.1 Bentuk Daerah Aliran Sungai

2.1.1 Metode Estimasi Data Curah Hujan Hilang

Data curah hujan yang ideal adalah data yang sesuai dengan data yang dibutuhkan yaitu data yang lengkap. Pada umumnya data curah hujan yang diperoleh pada setiap stasiun umumnya memiliki data yang lengkap, namun dalam praktiknya sering dijumpai kesalahan data atau data yang tidak lengkap yang disebabkan oleh beberapa hal, seperti kelalaian petugas, kerusakan alat, penggantian alat, terjadinya bencana yang menyebabkan alat rusak, dan lain-lain. Estimasi nilai curah hujan yang tidak tercatat di sebuah pos pengamatan bisa diperoleh dengan nilai perkiraan berdasarkan data dari pos-pos pengamatan yang berdekatan (Irawan *et al.*, 2020).

Hal yang harus diperkirakan dalam memperkirakan besarnya data yang hilang yaitu pola penyebaran hujan di stasiun yang bersangkutan dan stasiun-stasiun di sekitarnya. Data curah hujan yang hilang dapat diperkirakan jika disekitarnya terdapat minimal 2 stasiun penakar hujan yang memiliki data lengkap atau jika hujan rerata tahunan di stasiun penakar tersebut diketahui. Dalam situasi seperti ini, menurut (Soewarno, 2000) terdapat 2 langkah yang dapat dilakukan:

1. Membiarkan data yang hilang, karena data tersebut tidak akan diketahui secara tepat.
2. Apabila data tersebut sangat penting, maka perkiraan data tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan metode yang sudah dikenal.

Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk mengisi atau mengestimasi data yang hilang/kosong. Berikut beberapa metode yang biasa dilakukan:

1. Rata-Rata Aljabar

Metode perhitungan ini merupakan metode yang paling sederhana yaitu pengukuran yang diperoleh dengan menghitung rata-rata aritmatika dari semua total penakar hujan di sekitarnya. Berikut persamaan dari metode ini.

$$P_x = \frac{P_A + P_B + P_C + \dots + P_n}{n} \quad (2.1)$$

dimana:

P_x = Curah hujan di stasiun X yang diperkirakan.

$P_A, P_B, P_C, \dots, P_n$ = Curah hujan di stasiun A, B, C, ..., n.

2. *Normal Ratio Method*

Dalam metode ini jumlah stasiun penakar hujan yang dianjurkan umumnya 3 stasiun. Berikut persamaan dari metode ini:

$$P_x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i \frac{N_x}{N_1} \quad (2.2)$$

dimana:

P_x = Curah hujan di stasiun X yang diperkirakan.

N_x = Curah hujan normal tahunan yang diperkirakan di stasiun X.

3. *Inversed Square Distance*

Metode *Inversed Square Distance* dilakukan dengan menggunakan persamaan perbandingan jarak antar stasiun. Rumus persamaan yang digunakan yaitu:

$$P_x = \frac{\frac{1}{(dXa)^2}Pa + \frac{1}{(dXb)^2}Pb + \dots + \frac{1}{(dXn)^2}Pn}{\frac{1}{(dXa)^2} + \frac{1}{(dXb)^2} + \dots + \frac{1}{(dXn)^2}} \quad (2.3)$$

dimana:

P_x = Tinggi hujan yang ditanyakan

P_a, P_b, \dots, P_n = Tinggi hujan pada stasiun di sekitarnya.

dX_a, dX_b, \dots, dX_n = Jarak stasiun X terhadap masing-masing stasiun a, b, ..., n.

2.1.2 Uji Konsistensi Curah Hujan

Dalam analisis hidrologi dapat menghasilkan *output* yang sangat keliru karena data yang dimasukkan salah atau data hidrologi yang diukur mengandung unsur kesalahan (*error*). Kualitas data sangat menentukan keakuratan hasil analisis. Untuk itu, data yang akan digunakan sebagai bahan analisis perlu diuji konsistensi.

Uji konsistensi mencakup menguji kebenaran data lapangan yang benar-benar menggambarkan fenomena hidrologi yang sebenarnya di lapangan tanpa dipengaruhi oleh kesalahan pada saat pengiriman atau saat pengukuran. Uji konsistensi dilakukan dengan menggunakan metode kurva massa ganda (*Double Mass Curve*) yang mana metode ini berupa metode analisis data untuk menguji apakah data curah hujan konsisten atau tidak.

Nilai kumulatif data yang diuji pada metode ini (Stasiun X) dibandingkan dengan nilai kumulatif dari seri data rata-rata stasiun lainnya. Selain itu, data curah hujan dikoreksi dengan analisis regresi dan korelasi sehingga diperoleh koefisien determinasi (R^2) mendekati 1 (satu). Sebelum koefisien determinasi mendekati angka 1 (satu), pengujian konsistensi data akan terus dilakukan. Persamaan regresi secara umum sebagai berikut:

$$\bar{y}_t = a + bX \quad (2.4)$$

dimana:

\bar{Y} = Variabel dependen

X = Variabel Independen

a = Konstanta

b = Koefisien regresi

dimana a dan b didapat dari:

$$a = \frac{\sum Y \sum X^2 - \sum X \sum XY}{n \sum X^2 - (\sum X)^2} \quad (2.5)$$

$$b = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{n \sum X^2 - (\sum X)^2} \quad (2.6)$$

Secara umum, persamaan korelasi ditulis sebagai berikut:

$$R = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{(n \sum X^2 - (\sum X)^2)(n \sum Y^2 - (\sum Y)^2)}} \quad (2.7)$$

dimana:

Y = Data kumulatif stasiun rerata

X = Data kumulatif stasiun X

n = Banyaknya sampel

Berikut hasil perhitungan korelasi menurut (Sarwono, 2006):

Tabel 2.1 Kriteria Koefisien Korelasi

Nilai R ²	Kriteria
< 0,20	Hubungan dapat dianggap tidak ada
0,20 – 0,40	Hubungan ada tetapi rendah
>0,40 – 0,70	Hubungan cukup
>0,70 – 0,90	Hubungan tinggi
>0,90 – 1,00	Hubugan sangat tinggi

2.1.3 Rerata Curah Hujan Tahunan

Data curah hujan dan debit merupakan data yang sangat penting dalam perencanaan waduk. Analisis data hujan dimaksudkan untuk mendapatkan besaran curah hujan. Perlunya menghitung curah hujan wilayah adalah untuk penyusunan suatu rancangan pemanfaatan air dan rancangan pengendalian banjir. Metode yang

digunakan dalam perhitungan hujan kawasan pada suatu DAS terdapat beberapa metode, diantaranya metode Rerata Aritmatika (aljabar), metode Poligon Thiessen dan metode *Isohyet* (Irawan et al., 2020).

1. Metode Rerata Aritmatika

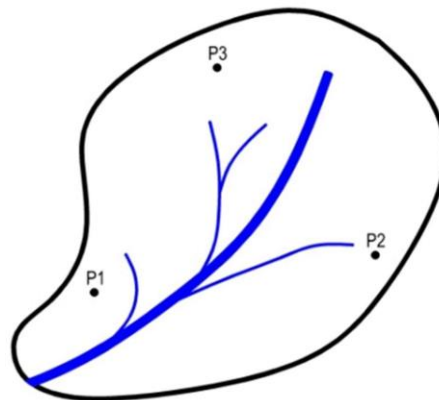
Metode rerata aritmatika digunakan ketika memenuhi asumsi bahwa hujan yang terjadi pada satu kawasan bersifat homogeneous. Akurasi dari metode ini merupakan yang terendah. Hujan rerata sangat sederhana yaitu hanya mencari rerata curah hujan yang diukur di setiap titik pengukuran dalam satu kawasan dengan menggunakan persamaan:

$$P = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{n} \quad (2.8)$$

dimana:

P	= Hujan rerata kawasan (mm)
P ₁ , P ₂ , P ₃ , ..., P _n	= Hujan pada stasiun 1,2,3, ..., n
n	= Jumlah stasiun

Berikut gambar luasan Metode Rerata Aritmatika menurut (Adam et al., 2019).



Gambar 2.2 Luasan Metode Rerata Aritmatika

2. Metode Poligon Thiessen

Metode Polygon Thiessen didasarkan pada distribusi sebaran hujan pada suatu wilayah yang dengan mengacu pada pengukuran di stasiun hujan wilayah tersebut. Pengaruh suatu areal direpresentasikan oleh *convex polygon*. Poligon tersebut didapatkan dengan membagi areal menjadi segmen-segmen yang saling berhubungan dari masing-masing stasiun hujan (titik pengukuran) dengan stasiun pengukuran terdekatnya. Gambar luasan

Metode Poligon Thiessen dapat dilihat pada Gambar 2.3 menurut (Adam et al., 2019).

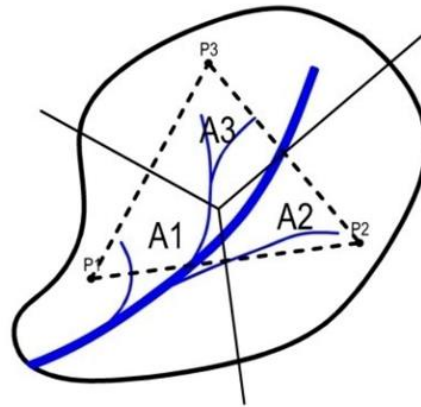
$$P = \frac{A1.P1+A2.P2+A3.P3+\dots+An.Pn}{A1+A2+A3+\dots+An} \quad (2.9)$$

dimana:

P = Hujan rerata kawasan (mm)

P1, P2, P3, ..., Pn = Hujan pada stasiun 1,2,3, ..., n

A1, A2, A3, ..., An = Luas daerah yang mewakili stasiun 1, 2, 3, ..., n



Gambar 2.3 Luasan Metode Poligon Thiessen

3. Metode Isohyet

Isohyet adalah garis yang menghubungkan titik-titik dengan kedalaman hujan yang sama. Pada metode *isohyet*, dianggap bahwa hujan pada suatu daerah diantara dua garis *isohyet* adalah merata dan sama dengan nilai rata-rata dari kedua garis *isohyet* tersebut. Metode *Isohyet* merupakan cara paling teliti untuk menghitung kedalaman hujan rerata di suatu kawasan, pada metode ini stasiun hujan harus banyak dan tersebar merata. Metode *isohyet* membutuhkan pekerjaan dan perhatian yang lebih banyak dibanding dua metode lainnya.

$$P = \frac{A1.\frac{I1I2}{2}+A2.\frac{I2I3}{2}+\dots+An.\frac{InIn+1}{2}}{A1+A2+\dots+An} \quad (2.10)$$

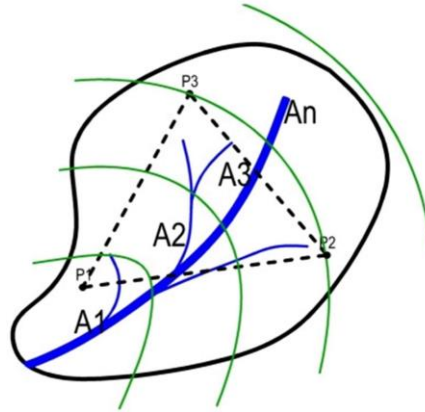
dimana:

P = Hujan rerata kawasan (mm)

I1, I2, I3, ..., In = Garis *Isohyet* ke 1,2,3, ..., n, n+1

$A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$ = Luas daerah yang dibatasi oleh isohyet ke 1 dan 2,
2 dan 3, ..., n dan n+1

Berikut gambar 2.4 luasan Metode *Isohyet* menurut (Adam et al., 2019).



Gambar 2.4 Luasan Metode *Isohyet*

2.2 Laju Erosi

Erosi adalah peristiwa pindahnya atau terangkutnya tanah atau bagian-bagian tanah dari suatu tempat ke tempat lain oleh media alami. Proses terjadinya erosi tanah meliputi dua proses, diantaranya proses penghancuran partikel-partikel tanah dan proses pengangkutan partikel-partikel tanah yang sudah dihancurkan. Dua proses ini diakibatkan oleh hujan dan aliran permukaan (Arsyad dalam Banuwa, 2013).

Erosi merupakan perpindahan atau pengangkutan tanah atau bagian bagian tanah dari satu tempat ke tempat lain dengan media alami. Pada peristiwa ini, tanah atau bagian bagian tanah di satu tempat terkikis dan terangkut lalu diendapkan di tempat lainnya. Media alami yang menjadi penyebab pengikisan dan pengangkutan tanah yaitu air dan angin. Erosi tanah pada ekosistem DAS umumnya terjadi karena pemanfaatan lahan yang tidak mengindahkan kaidah konservasi tanah dan air sehingga menyebabkan hilangnya lapisan atas tanah yang subur.

Universal Soil Loss Equation (USLE) merupakan model yang berbasis empiris yang paling populer digunakan secara global untuk memprediksi erosi. Keakuratan model ini tergantung pada parameter yang digunakan dalam persamaan. Salah satu parameter yang paling penting dalam persamaan yang

digunakan adalah faktor C yang merupakan parameter dari vegetasi dan tutupan lahan.

Pada dasarnya proses erosi adalah akibat dari interaksi kerja antara faktor-faktor iklim, topografi, vegetasi penutup dan kegiatan manusia terhadap tanah. Topografi berperan dalam menentukan kecepatan aliran air permukaan yang membawa butiran tanah. Peranan vegetasi penutup tanah adalah melindungi tanah dari pukulan langsung tetesan air hujan dan memperbaiki struktur tanah melalui penyebaran akar-akarnya. Faktor kegiatan manusia memegang peranan yang sangat penting terutama dalam usaha-usaha pencegahan erosi. Sangat sulit untuk mencegah dan menghilangkan erosi, sehingga yang bisa dilakukan yaitu hanya mengendalikan atau membatasi tanah yang hilang agar tidak menyebabkan penurunan produktivitas tanah.

Besaran laju erosi pada umumnya menggunakan metode *Universal Soil Loss Equation* (USLE) atau persamaan yang menyatakan faktor-faktor tersebut dikenal dengan Persamaan Umum Kehilangan Tanah (PUKT), yaitu kehilangan tanah (A) yang dipengaruhi oleh indeks Erosivitas (R), Faktor Erodibilitas (K), Faktor Panjang Kemiringan (L), Faktor Kemiringan (S), Faktor Pengelolaan Tanaman (C) serta Faktor Pengendali Erosi (P).

Pada penelitian ini digunakan metode perhitungan prediksi laju erosi dengan menggunakan metode *Universal Soil Loss Equation* (USLE). (Banuwa, 2013) mengemukakan bahwa *Universal Soil Loss Equation* (USLE) adalah model erosi yang dikembangkan untuk memprediksi laju erosi rata-rata suatu lahan dalam jangka panjang tetapi tidak memprediksi sedimentasi dan tidak memperhitungkan hasil sedimen dari erosi parit, tebing sungai dan dasar sungai. Terlepas dari kelemahannya, rumus USLE masih relevan dan hingga saat ini belum ada yang menggantikan metode ini.

(Wischmeier dan Smith, 1978 dalam Arsyad, 2006) mengemukakan rumus pendugaan erosi USLE yang berlaku untuk tanah di Amerika Serikat. Walaupun demikian, rumus ini banyak pula digunakan di negara lain, di antaranya di Indonesia. Persamaan USLE adalah sebagai berikut:

$$A = R.K.LS.C.P \quad (2.11)$$

dimana:

A = Banyaknya tanah yang tererosi per satuan luas per satuan waktu
(ton/ha/tahun)

R = Indeks daya erosi curah hujan (erosivitas hujan) (KJ/ha)

K = Indeks kepekaan tanah terhadap erosi (erodibilitas tanah)

LS = Faktor panjang (L) dan curamnya (S) lereng

C = Faktor tanaman (vegetasi)

P = Faktor usaha – usaha pencegahan erosi

Untuk memperkecil laju erosi, maka digunakan model sistem teknologi reboisasi yaitu dengan mengubah jenis penutup lahan (C) dan faktor konservasi lahan (P).

Perhitungan dengan metode USLE menghasilkan perkiraan erosi tanah untuk setiap satuan lahan pada DAS, dan nilai erosi tanah untuk setiap satuan lahan dikelompokkan berdasarkan lima kriteria klasifikasi erosi tanah, yang akan menghasilkan persentase luasan dari masing-masing pengelompokkan kelas erosi tanah tersebut. Nilai klasifikasi untuk erosi tanah menurut (Sutapa et al., 2010) dapat dilihat pada Tabel 2.2 di bawah ini.

Tabel 2.2 Klasifikasi Kelas Erosi Tanah

Kelas	Besaran Erosi (ton/ha/tahun)	Keterangan
I	< 15	Sangat Ringan
II	15 - 60	Ringan
III	60 - 180	Sedang
IV	180 - 480	Berat
V	> 480	Sangat Berat

2.2.1 Erosivitas Hujan (R)

Erosivitas hujan adalah kemampuan hujan dalam menimbulkan erosi tanah. Erosivitas ini merupakan fungsi dari sifat fisik hujan, seperti curah hujan, durasi hujan, intensitas hujan, ukuran butir hujan dan laju jatuh air hujan (Asdak, 2014).

Penyebab utama erosi tanah adalah pengaruh pukulan air hujan pada tanah yang biasa disebut dengan energi kinetik air hujan. Hujan yang menyebabkan erosi

tanah melalui jalan yaitu pelepasan butiran tanah oleh pukulan air hujan pada permukaan tanah dan kontribusi hujan terhadap aliran.

Sebelum menghitung faktor erosivitas hujan maka data curah hujan sebelum dipakai dalam analisis ini harus diuji terlebih dahulu karena hujan merupakan masukan penting dalam analisis, sehingga apabila terjadi kesalahan oada data hujan terlalu besar maka analisisnya perlu diragukan. Beberapa hal penting dalam uji data hujan salah satunya yaitu uji kepanggahan data karena dimungkinkan data hujan untuk stasiun tertentu sifatnya tidak panggah maka data semacam ini tidak dapat langsung digunakan.

Erosivitas hujan dihitung dengan menggunakan data curah hujan bulanan, yang diolah dengan menggunakan persamaan Lenvain (DHV, 1989) dalam Peraturan Menteri Kehutanan RI, Nomor: P.32/MENHUT-II/2009.

$$R_m = 2,21 \times (Rain)_m^{1,36} \quad (2.12)$$

dimana :

R_m = Jumlah curah hujan bulanan (KJ/ha)

$(Rain)_m$ = Curah hujan bulanan (cm)

Dan untuk mendapatkan nilai R dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$R = \sum_{m=1}^{12} Rm \quad (2.13)$$

dimana :

R = Erosivitas curah hujan tahunan rata-rata selama 12 bulan

2.2.2 Erodibilitas Tanah (K)

Erodibilitas tanah, atau faktor kepekaan erosi tanah, yang merupakan daya tahan tanah baik terhadap penganakutan dan pengangkutan, terutama tergantung pada sifat-sifat tanah, seperti tekstur, stabilitas agregat, kekuatan geser, kapasitas infiltrasi, kandungan bahan organik dan kimiawi. Disamping itu, tergantung pada posisi topografi, kemiringan lereng, dan campur tangan manusia. Erodibilitas tanah merupakan rata-rata karakteristik tanah dan respon tanah terhadap energi presipitasi jangka panjang. Erodibilitas yang digunakan untuk memprediksi rata-rata erosi

tanah jangka panjang atau tahunan dapat dilihat pada tabel nilai K beberapa jenis tanah di Indonesia (Permatasari et al., 2017).

Terdapat beberapa sistem klasifikasi tanah yang digunakan untuk penelitian, yaitu sistem klasifikasi tanah yang digunakan oleh pusat penelitian tanah bogor yang dikembangkan oleh Dudol-Soepraptohardjo (1957-1961) kemudian terus disempurnakan sesuai dengan sistem AS yang baru yaitu *USDA Soil Taxonomy* (1975 – 1990). Dalam sistem *United States Department of Agriculture (USDA) Soil Taxonomy* (1975 – 1990) jenis tanah dikelompokkan menjadi beberapa kelas, yaitu:

1. Ordo (*Order*), nama tanah diberi akhiran sol (solum = tanah), sedangkan suku kata sebelumnya menunjukkan sifat utama dari tanah tersebut, dibedakan berdasarkan ada tidaknya horizon penciri serta jenis (sifat) dari horizon penciri tersebut. Contoh, Ultisol dengan horizon penciri argilik, KB (Kejenuhan Basa) < 35%. Berikut beberapa nama Ordo jenis tanah dalam Tabel 2.3 di bawah ini yang diambil pada (Sari, 2010).

Tabel 2.3 Jenis Ordo Tanah

Nama Ordo	Akhiran Untuk Kategori Lain	Arti Asal Kata
Alfisol	ALF	Dari <i>Al-Fe</i>
Andisol	AND	Ando, tanah hitam
Aridisol	ID	Aridus, sangat kering
Entisol	ENT	Dari Recent
Gelisol	EL	Gelare, membeku
Histosol	IST	Histos, jaringan
Inceptisol	EPT	Inceptum, permulaan
Mollisol	OLL	Mollis, lunak
Oxisol	OX	Oxide, oksida
Spodosol	OD	Spodos, abu
Ultisol	ULT	Ultimus, akhir
Vertisol	ERT	Verto, berubah

2. SubOrdo (*SubOrder*), nama subordo terdiri dari 2 (dua) suku kata. Suku kata pertama menunjukkan sifat dari subordo sendiri, sedangkan suku kata kedua menunjukkan nama dari ordo yang bersangkutan, dibedakan perbedaan genetik tanah, misal ada tidaknya sifat tanah yang berhubungan dengan air,

kelembaban, vegetasi. Contoh SubOrdo Udult, berasal dari Udus/udic yang berarti tanah yang pernah lembab, singkatannya Ud. Ud ditambah dengan ordo Ultisol (Ult), sehingga sub ordo = Udult. Beberapa suku kata yang digunakan dalam penamaan subordo serta arti masing-masing kata asalnya ditunjukkan pada Tabel 2.4 di bawah ini yang diambil pada (Sari, 2010).

Tabel 2.4 Suku Kata Penamaan SubOrdo

Unsur Pembentuk	Asal Kata	Arti/Maksud
alb	albus, putih	terdapat horison alvik
and	ando, tanah hitam	seperti ando
aqu	aqua, air	selalu basah
ar	arare, mengolah tanah	horison campuran (mixed horizon)
arg	dari argilic horison, argilla, fiat putih	ditemukan horison argilik
bor	boreas, kutub utara	dingin
ferr	ferrum, besi	terdapat besi
fibr	fibra, serat tanaman	sedikit sekali dilapuk
fluv	fluvius, sungai	dataran banjir
fol	folia, daun	terdiri dari daun-daun
hem	hemi, setengah	tingkat dekomposisi sedang
hum	humus, bahan organik halus	terdapat bahan organik
ochr	ochros, pucat	terdapat epipedon okrik
orth	orthos, sesungguhnya (true)	yang biasa terdapat
plagg	plaggen, sod (rumput penutup tanah)	terdapat epipedon plagen
psamm	psammos, pasir	bertekstur pasir
rend	Rendzina, nama tanah	seperti tanah Rendzina
sapr	sapros, busuk	tingkat dekomposisi lanjut
torr	torridus, panas dan kering	biasanya kering
trop	tropikos, di daerah tropika	terus menerus panas (warm)
ud	udus, humid	terdapat di daerah humid
umbr	umbra, bayangan (shade)	terdapat epipedon umbrik
ust	ustus, terbakar (burn)	di daerah beriklim kering
xer	xeros, kering	terdapat di musim kering (annual dry season)

3. Grup (*GreatGroup*), nama grup terdiri dari 3 (tiga) suku-kata atau lebih dan tanpa akhiran sol. Suku kata yang pertama menunjukkan faktor yang mencirikan grup tersebut, sedangkan 2 (dua) suku kata terakhir menunjukkan nama sub ordonya, dibedakan berdasarkan perbedaan jenis, susunan horis, KB, kelembaban, ada tidaknya lapisan penciri lain seperti plinthite, fragipan, duripan. Contoh Grup Fragiudult, lapisan tersebut memiliki lapisan padas Fragipan maka disingkat fragi sehingga kata fragi ditambah pada Sub ordo Udult jadi Fragiudult. Beberapa suku kata yang digunakan dalam penamaan grup serta arti masing-masing kata asalnya ditunjukkan pada Tabel 2.5 di bawah ini yang diambil pada (Sari, 2010).

Tabel 2.5 Suku Kata Penamaan Grup

Unsur Pembentuk	Asal Kata	Arti/Maksud
acr	akros, terakhir	pelapukan sangat lanjut
agr	ager, field	terdapat horison agrik
alb	albus, putih	terdapat horison albik
and	ando, tanah hitam	seperti ando
anthr	anthropos, manusia	terdapat epipedon antropik
aqu	aqua, air	selalu basah
arg	argillic horison, argilla, fiat putih	terdapat horison argilik
bor	boreas, kutub utara	Dingin
calc	calcic, kapur	terdapat horison kalsik
camb	cambiare, bertukar (to exchange)	terdapat horison kambik
chrom	chroma, warna	dengan chroma tinggi
cry	kryos, dingin	dingin (cold)
dur	durus, keras	terdapat duripan
dytr, dys	dystrophic, tidak subur	kejenuhan basa rendah
eutr, eu	eutrophic, subur	kejenuhan basa tinggi
ferr	ferrum, besi	terdapat besi (Fe)
fluv	fluvius, sungai	dataran banjir
frag	fragilis, rapuh	terdapat fragipan
fraglos	dari kata frag dan gloss	(lihat frag dan gloss)
gibbs	modifikasi dari gibbsite	terdapat gibbsit

Unsur Pembentuk	Asal Kata	Arti/Maksud
gloss	glossa, tongue	lidah-lidah horison eluviasi
gyps	Gypsum	terdapat horison gipsik
hal	hats, garam	Bergaram
hapl	haplous, sederhana	minimum horison
hum	humus, bahan organik halus	terdapat humus
hydr	hydor, air	terdapat air
hyp	hynon, lumut	terdapat hypnum moss
luv	lovo, mencuci	terdapat iluviasi
med	media, pertengahan	iklim sedang
moll	mollis, soft (lembut lunak)	terdapat epipedon mollic
nadur	terdiri dari natr di atas dan dur di bawah	lihat natr dan dur
natr	natrium, sodium	terdapat horison natrik
ochr	ochros, pucat	terdapat epipedon ochrik
pale	paleos, tua	perkembangan lanjut (old development)
pell	pellos, dusky	kroma rendah
plac	plax, batu yang rata	terdapat padas tipis
plagg	plaggen, sod (rumput penutup tanah)	terdapat epipedon plaggen
plinth	plinthos, batubata	terdapat plinthit
psamm	psammos, pasir	bertekstur pasir
quartz	quarz, quartz	kandungan kuarsa tinggi
rend	modifikasi dari Rendzina (nama tanah)	seperti tanah Rendzina
rhod	rhodon, merah	warna merah tua
sal	sal, garam	terdapat horison salik
sider	sideros, besi	terdapat oksida besi bebas
sombr	sombre, gelap	horison berwarna gelap
sphagno	sphagnos, bog (rawa)	terdapat lumut sphagnum
sulf	sulfur, belerang	terdapat sulfida
torr	torridus, panas dan kering	biasanya kering
trop	tropikos, di daerah tropika	terus menerus panas (warm)
ud	udus, humid	terdapat di daerah humid
umbr	umbra, bayangan (shade)	terdapat epipedon umbrik
ust	ustus, terbakar (burn)	iklim kering

Unsur Pembentuk	Asal Kata	Arti/Maksud
verm	vermes, cacing	banyak cacing atau dicampur aduk oleh binatang
vitru	Vitrum, glass	terdapat gelas volkan
xer	xeros, kering	terdapat di musim kering (annual dry season)

4. SubGrup (*SubGroup*), nama subgrup terdiri dari 2 (dua) kata berasal dari nama grup ditambah dengan kata sifat di depannya yang menjelaskan sifat utama dari subgrup tersebut, dibedakan berdasarkan sifat utama grup dan diberi nama Typic, sifat tanah peralihan ke grup lain, sub ordo lain atau ordo lain. Contoh SubGrup Aquic Fragiudult, tanah tersebut memiliki sifat peralihan ke sub ordo Aquult, karena adanya pengaruh air, sehingga termasuk sub grup Aquic. Beberapa suku kata yang digunakan dalam penamaan subgrup dan arti masing-masing kata asalnya ditunjukkan pada Tabel 2.6 di bawah ini yang diambil pada (Sari, 2010).

Tabel 2.6 Suku Kata Penamaan SubGrup

Unsur Pembentuk	Asal Kata	Arti/Maksud
abruptic	abruptum, terputus (tiba-tiba)	perubahan tekstur sangat jelas
aeric	aerios, udara	tata udara lebih baik
allic	modifikasi dari aluminium	extractable aluminium tinggi
anthropic	anthropos, manusia	terdapat epipedon anthropik
arenic	arena, pasir	tekstur berpasir
clastic	klastos, broken	kandungan tanah mineral tinggi
cumulic	cumulus, timbunan	epipedon yang dipertebal
epiaquic	epi, di atas; aquic, air	berair di permukaan
glossic	glossa, lidah	terdapat lidah-lidah
grossarenic	grossus, tebal; arena, pasir	lapisan berpasir tebal

Unsur Pembentuk	Asal Kata	Arti/Maksud
hydric	hydor, air	berair
limnic	modifikasi dari limn, danau	terdapat lapisan limnik
lithic	lithos, batu	kontak lithic yang dangkal
leptic	leptos, tipis	bersolum tipis
pachic	pachys, tebal	epipedon tebal
paralithic	para, beside; lithic, batu	kontak paralitik dangkal
pergelic	per, terus menerus; gelare, beku	selalu membeku
petrocalcic	petro, batu beku; dan calcic, kapur	terdapat horison petrokalsik
petroferric	petro, batu; ferrum, besi	kontak petroferrik
plinthic	modifikasi dari plinthos, batubata	terdapat plinthit
ruptic	ruptum, terputus	horison yang terputus
stratic	stratum, lapisan	berlapis-lapis
superic	superare, (menumpuk)	terdapat plinthit di permukaan
terric	terra, tanah mineral	lapisan tanah mineral
thapto	thapto, tertimbun	tanah tertimbun (buried soil)

5. Family, diberi nama berdasarkan atas sifat-sifat tanah. Sifat-sifat tanah yang digunakan untuk penamaan famili adalah tekstur, kandungan mineral, suhu tanah, dan lain-lain. Dibedakan berdasarkan sifat-sifat yg penting untuk pertanian atau teknik, sebaran butir, mineral liat, regim temperatur pada kedalaman 50 cm. Contoh Aquic Fragiudult, berliat halus, kaolonit, isohipertermik. Penciri famili susunan butir berliat halus dan jenis liat adalah kaolinit, regim temperatur isohipertemik ($> 22^{\circ} \text{C}$ dg perbedaan suhu tanah musim panas dan dingin $< 5^{\circ} \text{C}$).
6. Seri, contoh Aquic Fragiudult, berliat halus, kaolonit, isohipertermik, Sitiung berasal dari SubGrup Aquic Fragiudult. Nama Sitiung menunjukkan nama lokasi tanah tersebut pertama kali ditemukan.

Secara ringkas kategori dan kriteria pembeda pada taksonomi tanah dapat dilihat pada Tabel 2.7 di bawah ini yang diambil pada (Sari, 2010).

Tabel 2.7 Ringkasan Pembeda Taksonomi Tanah

Kategori	Kriteria
Ordo	Faktor pembeda adalah ada tidaknya horizon penciri dan jenis atau sifat dari horizon penciri tersebut
SubOrdo	Faktor pembeda adalah keseragaman genetik
Grup	Faktor pembeda adalah kesamaan jenis, tingkat perkembangan dan susunan horison, regim suhu dan kelembaban
SubGrup	Faktor pembeda adalah sifat inti great group, sifat peralihan ke great group, ordo atau subordo lain, dan sifat peralihan ke bukan tanah
Famili	Faktor pembeda adalah sifat penting untuk pertanian atau keteknikan : sebaran ukuran butir, susunan mineral, dan regim temperatur kedalaman 50 cm.
Seri	Faktor pembeda adalah jenis dan susunan horison, warna, tekstur, struktur, konsistensi, reaksi tanah per horison, sifat kimia dan mineral

Pada faktor erodibilitas tanah yang dilakukan pada penelitian (Panjaitan et al., 2013) dengan menggunakan jenis tanah sistem *United States Department of Agriculture (USDA) Soil Taxonomy (1975 – 1990)* pada kelas Grup dengan nilai faktor K dengan rentang nilai rata-rata 0,05 hingga 0,55 ton/KJ pada studi kasus lokasi DAS Kanal Duri, Riau seluas 100,98 km² didapat nilai sedimen pada tahun 2012 sebesar 31,16 ton.

Berikut contoh berbagai jenis tanah dari beberapa ordo yang ada di Indonesia dan Amerika Serikat yang tertera pada Tabel 2.8 di bawah yang diambil pada (Panjaitan et al., 2013).

Tabel 2.8 Faktor K Berbagai Jenis Tanah di Indonesia dan Amerika Serikat

Ordo	Jenis Tanah	Lokasi	Faktor Erodibilitas Tanah (K) (ton/KJ)			Sumber Data
			Kisaran	Rata-rata	Kelas	
Oxisol	Haplorthox (Latosol)	Darmaga, Bogor ¹⁾	0,02 - 0,04	0,03	sr	Undang K dan Suwardjo (1984)
	Haplorthox (Latosol)	Citayam, Bogor ¹⁾	0,08 - 0,09	0,09	sr	Undang K dan Suwardjo (1984)
	Eustrustox	Pulau Oahu ¹⁾	0,09 - 0,20	0,14	r	Dangler dan El-Swaify (1976)
	Torrox	Pulau Oahu ¹⁾	0,09- 0,22	0,15	r	Dangler dan El-Swaify (1976)
	Torrox	Pulau Oahu ¹⁾	0,19 - 0,27	0,22	sd	Dangler dan El-Swaify (1976)
Entisol	Fluvent (Regosol)	DAS Cimanuk ²⁾	0,17 - 0,21	0,19	r	Hamer (1980)
	Troporthent (Regosol)	Tanjungharjo, Kulon Progo ¹⁾	0,11- 0,16	0,14	r	Undang K dan Suwardjo (1984)
Ultisol	Tropohumult	Pulau Oahu ¹⁾	0,00 - 0,00	0	sr	Dangler dan El-Swaify (1976)
	Tropohumult	Pulau Oahu ¹⁾	0,02 - 0,14	0,09	sr	Dangler dan El-Swaify (1976)
	Tropohumult (Mediteran)	Citaman, Bandung ¹⁾	0,09 - 0,11	0,1	sr	Undang K dan Suwardjo (1984)
	Haplohumult (Podsolik)	DAS Cimanuk ²⁾	0,13 - 0,19	0,16	r	Hamer (1980)
	Tropudult (Podsolik)	Jonggol, Bogor ¹⁾	0,12 - 0,19	0,16	r	Undang K dan Suwardjo (1984)
	Hapludult (Nitosol)	DAS Cimanuk ²⁾	-	0,17	r	Hamer (1980)

Ordo	Jenis Tanah	Lokasi	Faktor Erodibilitas Tanah (K) (ton/KJ)			Sumber Data
			Kisaran	Rata-rata	Kelas	
	Hapludult (Nitosol)	DAS Cimanuk ²⁾	0,17 - 0,21	0,19	r	Hamer (1980)
	Hapludult (Nitosol)	DAS Cimanuk ²⁾	0,28 - 0,28	0,28	sd	Hamer (1980)
	Hapludult	Sumberjaya, Lampung ²⁾	-	0,39	at	Subagyono <i>et al</i> , (2004)
	Endoaquult	DAS Cimanuk ²⁾	0,42 - 0,42	0,42	at	Hamer (1980)
Alfisol	Hapludalf (Mediteran)	DAS Cimanuk ²⁾	0,13 - 0,13	0,13	r	Hamer (1980)
	Hapludalf (Mediteran)	DAS Cimanuk ²⁾	0,14 - 0,18	0,16	r	Hamer (1980)
	Hapludalf (Mediteran)	DAS Cimanuk ²⁾	0,17 - 0,23	0,2	r	Hamer (1980)
	Tropaqualf (Mediteran)	Punung, Pacitan ¹⁾	0,18 - 0,25	0,22	sd	Undang K dan Suwardjo (1984)
	Tropudalf (Mediteran)	Putat, Gn. Kidul ¹⁾	0,16 - 0,29	0,23	sd	Undang K dan Suwardjo (1984)
	Endoaqualf	DAS Cimanuk ²⁾	0,24 - 0,32	0,28	sd	Hamer (1980)
Andisol	Hapludand	Sumberjaya, Lampung ²⁾	-	0,05	sr	Subagyono <i>et al</i> , (2004)
	Hydrudand	Pulau Hawaii ¹⁾	0,07 - 0,08	0,07	sr	Dangler dan El-Swaify (1976)
	Dystrudand	Pulau Hawaii ¹⁾	0,12 - 0,22	0,17	r	Dangler dan El-Swaify (1976)
	Eutrudand	Pulau Hawaii ¹⁾	0,16 - 0,26	0,21	sd	Dangler dan El-Swaify (1976)
	Hapludand (Andosol)	DAS Cimanuk ²⁾	0,24 - 0,38	0,31	sd	Hamer (1980)

Ordo	Jenis Tanah	Lokasi	Faktor Erodibilitas Tanah (K) (ton/KJ)			Sumber Data
			Kisaran	Rata-rata	Kelas	
	Hapludand (Andosol)	DAS Cimanuk ²⁾	0,23 - 0,41	0,32	sd	Hamer (1980)
	Eutrudand	Pulau Hawai ¹⁾	0,51 - 0,60	0,55	t	Dangler dan El-Swaify (1976)
Inceptisol	Dystropept	Sumberjaya, Lampung ²⁾	-	0,15	r	Dariah (2004)
	Ustropept	Pulau Oahu, Hawai ¹⁾	0,03 - 0,41	0,19	r	Dangler dan El-Swaify (1976)
	Dystrudept (Kambisol)	DAS Cimanuk ²⁾	0,21 - 0,21	0,21	sd	Hamer (1980)
	Eutrudept (Kambisol)	DAS Cimanuk ²⁾	0,20 - 0,38	0,29	sd	Hamer (1980)
	Aquept (Gleisol)	DAS Cimanuk ²⁾	0,27 - 0,35	0,31	sd	Hamer (1980)
	Aquept (Gleisol)	DAS Cimanuk ²⁾	0,17 - 0,47	0,32	sd	Hamer (1980)
	Vertisol	Chromudert (Grumusol)	DAS Cimanuk ²⁾	0,24 - 0,24	0,24	sd
	Chromudert (Grumusol)	Jegu, Blitar ¹⁾	0,24 - 0,30	0,27	sd	Undang K dan Suwardjo (1984)
	Chromustert	Pulau Oahu, Hawai ¹⁾	0,26 - 0,31	0,3	sd	Dangler dan El-Swaify (1976)

Keterangan : sr = sangat rendah, r = rendah, sd = sedang, at = agak tinggi, dan t = tinggi. ¹⁾hasil pengukuran dengan petak standar, ²⁾perhitungan dengan menggunakan nomograf (Weischmeier *et al.*, 1971).

Tinggi rendahnya tingkat erodibilitas tanah (dapat disebut sebagai kelas erodibilitas tanah), berdasarkan rekomendasi (USDA-SCS, 1973) dalam (Dariah et al., 2002) dibagi kedalam enam kelas erodibilitas tanah. Berikut enam kelas erodibilitas tanah dalam Tabel 2.9 di bawah ini.

Tabel 2.9 Kelas Erodibilitas Tanah

Kelas USDA-SCS	Nilai K (ton/KJ)	Uraian Kelas
1	0 - 0,1	Sangat Rendah
2	0,11- 0,2	Rendah
3	0,21 - 0,32	Sedang
4	0,33 - 0,43	Agak Tinggi
5	0,44 - 0,55	Tinggi
6	0,56 - 0,64	Sangat Tinggi

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

Faktor indeks topografi L dan S, masing-masing menggambarkan pengaruh panjang lereng dan kemiringan lereng terhadap besarnya erosi. Seringkali Ketika memperkirakan erosi menggunakan persamaan USLE komponen panjang lereng dan kemiringan lereng (L dan S) diintegrasikan menjadi faktor LS.

Kemiringan lereng dan panjang lereng dapat ditentukan dengan menggunakan peta Topografi. Baik panjang lereng (L) maupun kecuraman lereng (S) mempengaruhi banyaknya tanah yang hilang akibat erosi. Faktor LS merupakan rasio antara tanah yang hilang dari suatu petak dengan Panjang lereng dan kecuraman lereng tertentu dengan petak baku. Tanah dalam petak baku tersebut (tanah gundul, 9% kecuraman lereng, panjang 22 m, tanpa usaha pencegahan erosi) memiliki nilai LS tanah 1. Nilai LS dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$LS = \sqrt{\frac{L}{100} (0,136 + 0,097S + 0,0139S^2)} \quad (2.14)$$

dimana L dalam meter dan S dalam persen.

$$L = \frac{0,5A}{Lch} \quad (2.15)$$

dimana:

L = panjang lereng (m)

A = luas DAS (km²)

Lch = panjang sungai (m)

Faktor LS dapat pula ditentukan dengan menggunakan Tabel 2.10 pada (Arsyad, 1989) berikut ini:

Tabel 2.10 Nilai LS untuk Variasi Kemiringan Lereng

No	Kemiringan	Nilai LS	Kondisi
1	0 % - 8 %	0,4	Datar
2	> 8% - 15 %	1,4	Landai
3	> 15 % - 25 %	3,1	Agak Curam
4	> 25 % - 45 %	6,8	Curam
5	> 45 %	9,5	Sangat Curam

2.2.4 Faktor Tutupan Lahan (C) dan Tindakan Konversi (P)

Penutupan lahan merupakan garis yang menggambarkan batas penampakan area penutupan di atas permukaan bumi yang terdiri dari bentang alam dan/atau bentang buatan (Yusuf, 2021). Menurut Rancangan Standar Nasional Indonesia (RSNI-1) tentang kelas penutupan lahan dalam penafsiran citra optis resolusi sedang terdapat beberapa klasifikasi tutupan lahan yang dapat dilihat pada Tabel 2.11 di bawah ini.

Tabel 2.11 Kelas Penutupan Lahan

No	Kelas	Definisi	Spesifikasi
1	Hutan lahan kering primer	Hutan alam atau hutan yang tumbuh dan berkembang secara alami, stabil dan belum pernah mengalami gangguan eksploitasi oleh manusia, yang lantai hutannya tidak pernah terendam air baik secara periodik atau sepanjang tahun.	Kenampakan hutan primer ditandai dengan adanya objek yang berwarna hijau tua (pada band 543) cenderung gelap dan bertekstur kasar dengan tajuk-tajuk pohon yang kelihatan bergerombol. Tidak terdapat bekas tebangan. Pada citra, warna yang cenderung gelap karena posisi objek yang berada pada tebing pegunungan tinggi sehingga cahaya matahari kurang
2	Hutan lahan kering sekunder/bekas tebangan	Hutan yang tumbuh secara alami sesudah terjadinya kerusakan/perubahan pada tumbuhan hutan yang pertama. Hutan yang telah mengalami gangguan eksploitasi oleh manusia, biasanya ditandai dengan adanya jaringan jalan ataupun jaringan sistem eksploitasi lainnya. Kenampakan berhutan bekas tebas bakar yang ditinggalkan, bekas kebakaran atau yang tumbuh kembali dari bekas tanah terdegradasi juga dimasukkan dalam kelas ini.	Kenampakan hutan sekunder ditandai dengan adanya objek yang berwarna hijau tua (pada band 543) cenderung gelap dan bertekstur kasar dengan tajuk-tajuk pohon yang kelihatan bergerombol. Terdapat bekas tebangan. Pada citra, warna yang cenderung gelap karena posisi objek yang berada pada tebing pegunungan tinggi sehingga cahaya matahari kurang
3	Hutan rawa primer	Hutan yang lantai hutannya secara periodik atau sepanjang tahun terendam air (di daerah berawa, termasuk rawa payau dan rawa gambut) yang belum menampakkan bekas penebangan.	Kenampakan objek ditandai dengan adanya hutan rawa yang bertekstur halus, rapat dan berwarna hijau sampai dengan hijau tua (band 543). Tidak ada tanda bekas tebangan. Terdapat Sungai dan rawa di tengah areal
4	Hutan rawa sekunder/bekas tebangan	Hutan yang lantai hutannya secara periodik atau sepanjang tahun terendam air (di daerah berawa, termasuk rawa payau dan rawa gambut) yang telah menampakkan bekas penebangan, termasuk hutan sagu dan hutan rawa bekas terbakar dan sudah mengalami suksesi.	Pada citra Landsat kombinasi band 543, berwarna hijau segar cenderung agak tua bertekstur halus meliputi areal yang luas diselingi dengan garis-garis berwarna hijau sangat muda yang mengindikasikan jalur/jalan terbang.
5	Hutan mangrove primer	Hutan yang tumbuh di daerah pantai atau sekitar muara yang dipengaruhi oleh pasang surut air laut (bakau, nipah dan nibung yang berada di sekitar pantai, yang belum menampakkan bekas penebangan). Pada beberapa lokasi, hutan mangrove berada lebih ke pedalaman.	Kenampakan objek ditandai dengan adanya hutan mangrove yang bertekstur halus dan berwarna hijau muda (band 543) tidak terdapat bekas tebangan. Pada citra tampak adanya Sungai besar dan Sungai kecil yang membelah areal hutan mangrove

No	Kelas	Definisi	Spesifikasi
6	Hutan mangrove sekunder/bekas tebangan	Hutan yang tumbuh di daerah pantai atau sekitar muara yang dipengaruhi oleh pasang surut air laut (bakau, nipah dan nibung yang berada di sekitar pantai), yang telah memperlihatkan bekas penebangan dengan pola alur, bercak, dan genangan atau bekas terbakar.	Kenampakan objek ditandai dengan adanya hutan mangrove yang bertekstur halus dan berwarna hijau muda (band 543) terdapat bekas tebangan. Pada citra tampak adanya sungai besar dan sungai kecil yang membelah areal hutan mangrove
7	Semak belukar	Hutan lahan kering yang telah tumbuh kembali (mengalami suksesi) namun belum / tidak optimal, atau lahan kering dengan liputan pohon jarang (alami) atau lahan kering dengan dominasi vegetasi rendah (alami). Kenampakan ini biasanya tidak menunjukkan lagi adanya bekas / bercak tebangan.	Kenampakan objek ditandai dengan adanya vegetasi rendah dan bertekstur halus sampai dengan agak kasar, berwarna hijau muda pada band 543 yang mengindikasikan adanya semak belukar dan terdapat bekas tebangan. Karena pada lahan kering, terdapat areal berwarna merah yang menandakan tanah terbuka atau pemukiman
8	Hutan tanaman	Hutan tanaman yang dibangun dalam rangka meningkatkan potensi dan kualitas hutan produksi (sudah ditanami), termasuk hutan tanaman untuk reboisasi dan hutan tanaman industri.	Mempunyai umur seragam, tertata rapi dan mempunyai pola tertentu yang menunjukkan adanya manajemen dalam penanaman maupun pengelolaannya
9	Perkebunan/kebun	Kebun (perkebunan) adalah lahan pertumbuhan pohon-pohonan yang dibebani hak milik atau hak lainnya dengan penutupan tajuk didominasi pohon buah atau industri.	Kenampakan perkebunan coklat ditandai dengan adanya obyek yang berwarna hijau sangat muda dengan bercak coklat muda kekuningan (pada band 543) cenderung terang dengan tekstur halus. Batas-batas yang jelas dan teratur menunjukkan bahwa objek adalah perkebunan.
10	Semak belukar rawa	Hutan rawa / mangrove yang telah tumbuh kembali (mengalami suksesi) namun belum / tidak optimal, atau bekas hutan rawa / mangrove dengan liputan pohon jarang (alami), atau bekas hutan rawa / mangrove dengan dominasi vegetasi rendah (alami). Kenampakan ini biasanya tidak menunjukkan lagi adanya bekas / bercak tebangan.	Kenampakan objek ditandai dengan adanya vegetasi rendah dan bertekstur halus sampai dengan agak kasar yang mengindikasikan adanya semak belukar dan terlihat adanya genangan air musiman atau permanen.
11	Rumput	Hampan non hutan alami berupa padang rumput, kadang-kadang dengan sedikit semak atau pohon. Kenampakan ini merupakan kenampakan alami di sebagian Sulawesi Tenggara, Nusa Tenggara Timur dan bagian Selatan Papua.	Kenampakan objek ditandai dengan barisan tipis vegetasi yang bertekstur sangat halus berwarna hijau lumut (pada band 543). Lapisan berwarna merah merupakan tanah terbuka yang merupakan kondisi alami dari wilayah pegunungan yang sangat

No	Kelas	Definisi	Spesifikasi
			tinggi di papua. Kenampakkan rumput rawa sangat spesifik pada kondisi basah, namun pada kondisi kering cukup sulit dibedakan dengan tanah terbuka karena sama-sama berwarna merah pada band 543 citra Landsat. Oleh karena itu diperlukan data pendukung seperti foto lapangan.
12	Pertanian lahan kering	Aktivitas pertanian di lahan kering seperti tegalan dan ladang.	Biasanya berada di sekitar permukiman.
13	Pertanian lahan kering campur semak	Aktivitas pertanian lahan kering dan kebun yang berselang-seling dengan semak, belukar dan hutan bekas tebangan. Sering muncul pada areal perladangan berpindah, dan rotasi tanam lahan karst.	Biasanya meliputi areal yang luas dan belum terlihat adanya kepadatan permukiman dengan prosentase merata atau seimbang antara pertanian lahan kering, kebun dan semak.
14	Sawah/persawahan	Hamparan lahan untuk aktivitas pertanian yang dicirikan oleh pola pematang (di jawa), biasanya di luar jawa tidak menggunakan pola pematang. Yang perlu diperhatikan adalah fase rotasi tanam yang terdiri atas fase penggenangan, fase tanaman muda, fase tanaman tua dan fase bera. Kelas ini juga memasukkan sawah musiman, sawah tadah hujan, dan sawah irigasi. Khusus untuk sawah musiman di daerah rawa disebut sawah sonor, yaitu penanaman padi pada areal rawa yang sedang kering dengan melakukan pembakaran pada awal musim kemarau kemudian menanam pada musim kemarau (dengan penaburan benih) dan memanen padi sebelum lokasi tersebut terbenam air kembali.	Berbentuk petak yang teratur (jawa) dan kadang tergenang air atau kering dan mempunyai keseragaman umur tanam dalam satu petak/areal yang tidak dibatasi oleh pematang.
15	Tambak	Lahan untuk aktivitas perikanan darat (ikan / udang) atau penggaraman yang dicirikan dengan pola pematang (umumnya), serta biasanya tergenang dan berada di sekitar pantai.	Umumnya berada di sekitar pantai dan atau dekat dengan pantai, membentuk petak-petak tergenang air dan ada yang terlihat kering.
16	Permukiman/lahan terbangun	Lahan yang digunakan untuk permukiman, baik perkotaan, pedesaan, industri, fasilitas umum dll, dengan memperlihatkan bentuk-bentuk yang jelas.	Dicirikan oleh sekumpulan pola bangunan yang rapat di permukiman kota, Jaringan jalan nampak padat. Permukiman di

No	Kelas	Definisi	Spesifikasi
			pedesaan lebih jarang dan terlihat adanya pola jalan penghubung antar kelompok permukiman.
17	Transmigrasi	Lahan yang digunakan untuk areal permukiman perdesaan (transmigrasi) beserta pekarangan di sekitarnya. Sedangkan areal transmigrasi yang telah berkembang, polanya menjadi kurang teratur dan susah dipisahkan lagi antara kebun, pertanian dan pemukimannya, dikelaskan menjadi kelas transmigrasi.	Kenampakan transmigrasi ditandai dengan bentuk lahan terbangun dan tanaman pertanian atau tegakan pohon yang teratur dengan batas yang jelas dan pada tampilan citra band 543 terlihat bahwa tegakan tersebut berwarna hijau muda dengan tekstur kasar dan dibatasi oleh lahan terbuka atau pemukiman yang ditandai dengan warna merah muda.
18	Tanah terbuka	Lahan terbuka tanpa vegetasi (singkapan batuan puncak gunung, puncak bersalju, kawah vulkan, gosong pasir, pasir pantai, endapan sungai), dan lahan terbuka bekas kebakaran. Kenampakan lahan terbuka untuk pertambangan dikelaskan pertambangan, sedangkan lahan terbuka bekas pembersihan lahan-land clearing dimasukkan kelas lahan terbuka. Lahan terbuka dalam kerangka rotasi tanam sawah/ tambak tetap dikelaskan sawah / tambak.	Kenampakan objek (pada citra Landsat band 543) ditandai dengan areal berwarna merah muda hingga merah tua, kadang berwarna coklat, tergantung pada kandungan material tanahnya, dan berwarna putih apabila material tersusun dari kapur.
19	Pertambangan/ tambang	Lahan terbuka yang digunakan untuk aktivitas pertambangan terbuka-open pit (spt.: batubara, timah, tembaga dll.), serta lahan pertambangan tertutup skala besar yang dapat diidentifikasi dari citra berdasar asosiasi kenampakan objeknya, termasuk tailing ground (penimbunan limbah penambangan). Lahan pertambangan tertutup skala kecil atau yang tidak teridentifikasi dikelaskan menurut kenampakan permukaannya.	Kenampakan tambang terbuka pada tampilan citra band 543 ditandai dengan warna bervariasi, tergantung kandungan materialnya, seperti pada tanah terbuka, untuk tambang tertutup (minyak) ditandai dengan adanya pola jaringan jalan penghubung antar titik pengeboran atau penimbunan.
20	Tubuh air	Perairan, termasuk laut, sungai, danau, waduk, dll. Kenampakan tambak, sawah dan rawa-rawa telah digolongkan tersendiri.	Kenampakan objek ditandai dengan adanya areal berwarna biru muda, biru keputihan atau hitam (pada kombinasi band 543) meliputi areal cukup luas.
21	Rawa	Lahan rawa yang sudah tidak berhutan (tidak ada vegetasi pohon).	Kenampakan rawa sangat spesifik jika pada kondisi basah, yaitu adanya genangan air yang terkadang meliputi wilayah cukup luas dan dalam yang ditandai dengan warna hitam pada

No	Kelas	Definisi	Spesifikasi
			kombinasi band 543 citra Landsat. Sedangkan pada kondisi kering genangan tersebut akan terlihat merah atau coklat pada kombinasi band 54.
22	Tertutup awan	Seluruh kenampakan awan dan bayangan awan yang menutupi lahan suatu kawasan dengan ukuran lebih dari 4 cm ² pada skala penyajian. Jika liputan awan tipis atau adanya haze (kabut) masih memperlihatkan kenampakan di bawahnya dan memungkinkan ditafsir, maka tetap di delineasi.	Terlihat dengan warna putih atau biru atau semburat pink dan hitam (bayangan awan).
23	Bandara/pelabuhan	Bandara dan pelabuhan yang berukuran besar dan memungkinkan untuk di delineasi tersendiri.	Terlihat jalur panjang dan lebar dengan ukuran tertentu serta tidak dihubungkan dengan jaringan jalan ke tempat lain.
24	Terumbu karang	Batuan yang terbentuk dari sedimen kulit kerang/mikroorganisme lainnya yang biasanya terdapat pada laut dangkal, permukaan laut dan menjadi habitat berkembangnya kerang/biota laut lainnya.	Biasa terdapat di laut dangkal.

Penentuan indeks tutupan lahan ditentukan dari peta tutupan lahan (*landcover*) dan keterangan tutupan lahan pada peta sebagai satuan lahan ataupun data yang langsung diperoleh dari lapangan. Indeks penutupan lahan (C) dan indeks pengelolaan lahan atau tindakan konservasi tanah (P) dapat digabung menjadi faktor CP dengan asumsi tidak adanya tindakan konservasi.

Berikut nilai yang menunjukkan faktor nilai CP tiap jenis tutupan lahan pada Tabel 2.12 di bawah ini pada (Isma et al., 2017).

Tabel 2.12 Nilai Faktor CP Tutupan Lahan

No	Jenis Tata Guna Lahan	CP
1	Belukar Rawa	0,01
2	Rawa	0,01
3	Semak/Belukar	0,3
4	Pertanian Lahan Kering Campur	0,19
5	Pertanian Lahan Kering	0,28
6	Perkebunan	0,5
7	Pemukiman	0,95
8	Hutan Lahan Kering Primer	0,03
9	Hutan Lahan Kering Sekunder	0,01
10	Hutan Mangrove Sekunder	0,01
11	Hutan Rawa Sekunder	0,01
12	Hutan Tanaman	0,05
13	Sawah	0,01
14	Tambak	0,001
15	Tanah Terbuka	0,95
16	Industri	0,7
17	Tegalan	0,7
18	Bandara/Pelabuhan	0,95
19	Tubuh Air	0,001
20	Pertambangan	0,95

Faktor konservasi Tanah (P) merupakan suatu tindakan konservasi tertentu terhadap besarnya erosi pada lahan tanpa konservasi untuk mengurangi erosi tanah yang terjadi sehingga kegiatan usaha pengelolaan lahan terutama wilayah pertanian dapat dilakukan secara berkelanjutan. Konservasi yang dimaksud termasuk pengolahan tanah dengan kontur, maupun teras. Nilai P 1 (satu) diberikan pada

kondisi lahan tanpa konservasi pengendalian erosi dan nilai P kurang dari 1 (satu) untuk penggunaan lahan dengan adanya penanganan konservasi. Tabel 2.13 berikut merupakan nilai faktor P pada konservasi tanah pada (Isma et al., 2017).

Tabel 2.13 Nilai Faktor P Tindakan Konservasi Tanah

No	Tindakan Konservasi Tanah	Nilai P
1	Teras Bangku	0,04
2	Teras Gulud: Padi - Jagung Ketela Pohon Jagung – Kacang + Mulsa Sisa Tanaman Kacang Kedelai	0,01 0,06 0,01 0,11
2	Strip Tanaman Rumput Bahia	0,40
3	Pengolahan Tanah dan Penanaman Menurut Garis Kontur: Kemiringan 0% - 8% Kemiringan 9% - 20% Kemiringan >20%	0,50 0,75 0,90
4	Tanpa Tindakan Konservasi	1,0

Dalam pemilihan konservasi tanah wilayah pertanian didasarkan pada kondisi kemiringan lahan, kedalaman tanah dan kepekaan tanah terhadap erosi lahan. Berikut Tabel 2.14 yang merupakan pemilihan teknologi konservasi tanah secara mekanis dan vegetatif yang diambil pada (Idjudin, 2011).

Tabel 2.14 Rancangan Teknik Konservasi Tanah

Lereng (%)	Kedalaman Solum (cm)/Erodibilitas					
	> 90 cm		40 - 90 cm		< 40 cm	
	Rendah	Tinggi	Rendah	Tinggi	Rendah	Tinggi
< 15	B/G	B/G	B/G	B/G	G	G
15 - 30	B/G	B/G	B/G	G	G	G
30 - 45	B/G	G	G	G	G/I	I
> 45	G/I	I	I	I	I	I

Keterangan:

B = teras bangku+rumput/legum penguat teras,

G = teras gulud+rumput/legum penguat teras,

I = teras individu+rumput/legum penutup tanah.

2.3 Pelepasan Sedimen Akibat Erosi dengan perhitungan *Sediment Delivery Ratio* (SDR)

Sediment Delivery Ratio merupakan perkiraan rasio tanah yang diangkut akibat erosi lahan saat limpasan terjadi (Wischmeier and Smith, 1978). Nilai SDR sangat dipengaruhi oleh bentuk permukaan bumi dan faktor lingkungan. Menurut (Guanabara et al., 1975) *Sediment Delivery Ratio* dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$SDR = 0,41 A^{-0,3} \quad (2.16)$$

dimana:

SDR = *Sediment Delivery Ratio*

A = Luas Das (mil²)

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

$$Y = E \times SDR \times Ws \quad (2.17)$$

dimana:

Y = Besarnya Laju Sedimen (ton/tahun)

E = Erosi Total (ton/ha/tahun)

SDR = *Sediment Delivery Ratio*

Ws = Luas Daerah Tangkapan Air (ha)

Jika faktor-faktor yang menentukan nilai energi dalam hal ini hujan, limpasan permukaan, angin, dan lereng semua tinggi, sementara faktor ketahanan tanah dalam hal ini erodibilitas, kapasitas infiltrasi dan pengolahan tanah jelek, kemudian faktor pelindung yakni vegetasi penutup tanah, tekanan penduduk terhadap lahan dan pengolahan lahan tersebut juga kurang baik, maka terjadilah proses erosi. Sebaliknya jika faktor penentu nilai energi rendah, nilai faktor ketahanan tanah baik, dan nilai faktor perlindungan tanah juga baik, maka proses erosi dapat dikurangi.

2.4 Sedimentasi

Foster & Meyer (1977) berpendapat bahwa erosi sebagai penyebab terjadinya sedimentasi yang disebabkan oleh air yang melibatkan proses pelepasan (*detachment*), pengangkutan (*transportation*), dan pengendapan (*deposition*) partikel-partikel tanah terutama akibat tumbukan air hujan dan aliran air.

Proses sedimentasi dapat dibedakan menjadi dua bagian yaitu:

1. Proses sedimentasi secara geologis

Sedimentasi secara geologis merupakan proses erosi tanah yang normal, artinya proses sedimentasi berada dalam toleransi atau keseimbangan alami antara proses degradasi dan aggradasi perataan kulit bumi akibat pelapukan.

2. Proses sedimentasi yang dipercepat

Sedimentasi yang dipercepat merupakan proses sedimentasi yang menyimpang dari proses geologis, terjadi dalam waktu singkat, dan dapat merusak atau merugikan, mengganggu keseimbangan alam atau kelestarian ekosistem. peristiwa tersebut biasanya disebabkan oleh aktivitas manusia dalam mengolah tanah. Cara pengolahan tanah yang salah dapat menyebabkan erosi tanah dan sedimentasi yang tinggi. Hasil sedimentasi ini dapat berupa batuan breksi dan juga batuan konglomerat yang diendapkan tidak jauh dari sumber atau asalnya, sedangkan batu pasir terendapkan lebih jauh dari batu breksi dan juga batu konglomerat, sedangkan lempung diendapkan jauh dari sumbernya.

2.4.1 Klasifikasi Sedimen

Klasifikasi sedimen dibagi menjadi lempung (*clay*), lumpur (*silt*), pasir (*sand*), kerikil (*gravel*), koral (*pebble*), atau kerakal (*cabbles*), dan batu (*boulders*). Dibawah ini adalah skala kelas pengelompokan partikel yang diusulkan oleh Persatuan Geofisika Amerika (*American Geophysical Union*). Berikut Tabel 2.16 Klasifikasi Ukuran Butir Sedimen menurut (Rizkika et al., 2020).

Tabel 2.15 Klasifikasi Ukuran Butir Sedimen

Ukuran			Kelas
Millimeter (mm)	Mikron	Inchi	
4000 – 2000		160 - 80	Berangkal sangat besar
2000 – 1000		80 - 40	Berangkal besar
1000 – 500		40 - 20	Berangkal besar
500 – 250		20 -10	Berangkal kecil
250 – 130		10 - 5	Kerakal besar
130 - 64		5 - 2,5	Kerakal kecil
64 - 32		2,5 - 1,3	Kerakal sangat berkwarasa
32 - 16		1,3 - 0,6	Kerikil berkwarasa
16 - 8		0,6 - 0,3	Kerikil Sedang
8 - 4		0,3 - 0,16	Kerikil Halus
4 - 2		0,16 - 0,08	Kerikil Sangat Halus
2 – 1	2000 - 1000		Pasir Sangat Berkwarasa
1 – 0,5	1000 - 500		Pasir Berkwarasa
0,5 – 0,25	500 - 250		Pasir Sedang
0,25 - 0,125	250 - 125		Pasir Halus
0,125 - 0,062	125 - 62		Pasir Sangat Halus
0,062 – 0,031	62 - 31		Lanau berkwarasa
0,031 - 0,016	31- 16		Lanau Sedang
0,016 - 0,008	16 - 8		Lanau Halus
0,008 - 0,004	8 - 4		Lanau Sangat Halus
0,004 - 0,002	4 - 2		Lempung Berkwarasa
0,002 - 0,001	2 – 1		Lempung Sedang
0,001 - 0,0005	1 – 0,5		Lempung Halus
0,0005 - 0,00025	0,5 – 0,25		Lempung Sangat Halus

2.4.2 Faktor yang Mempengaruhi Terjadinya Sedimentasi

Sedimentasi atau pengendapan merupakan proses alami yang berulang secara terus menerus. Dalam waktu lama, sedimentasi ini akan menghasilkan berbagai

jenis bentukan. Beberapa faktor yang mempengaruhi terjadinya sedimentasi antara lain sebagai berikut (Fatma, 2017):

1. Adanya material, seperti pasir, tanah atau debu yang akan menjadi bahan yang mengendap.
2. Terdapat lingkungan pengendapan yang cocok, baik di darat, laut dan peralihan.
3. Terjadinya pengangkutan sumber material melalui air, angin ataupun es.
4. Berlangsungnya pengendapan yang terjadi karena perbedaan arus dan juga gaya.
5. Terjadinya pertukaran atau penggantian dan juga rekristalisasi atau perubahan material.
6. Diagenesis yakni terjadinya perubahan saat pengendapan berlangsung baik secara kimia maupun secara fisika.
7. Kompaksi merupakan akibat dari adanya gaya yang berat dari material sedimen yang mengurangi volume lapisan sedimen.
8. Lithifikasi, merupakan akibat dari adanya kompaksi terus menerus sehingga sedimen akan mengeras seiring waktu.

2.4.3 Dampak Sedimentasi

Sebagai hasil dari pengendapan sedimen di saluran air, sungai, waduk dan hilir sungai, maka akan menyebabkan pendangkalan badan-badan air, naiknya dasar sungai serta kemudian menyebabkan tingginya muka air sehingga berakibat seringnya banjir di lahan yang tidak terlindungi. Sedimentasi tidak hanya berdampak negatif, tetapi juga memberikan manfaat karena membentuk dataran aluvial yang luas dan proses sedimentasi yang terjadi di belahan bumi ini juga dapat menyediakan lahan untuk pertanian dan perluasan pemukiman.

2.4.4 Analisis Perhitungan Sedimen Dasar (*Bed Load*)

Muatan dasar (*bed load*) adalah bagian dari muatan sedimen yang berada di dasar sungai atau saluran dengan ukuran butir lebih kasar yang cenderung mengendap pada kondisi aliran tertentu. Karena beban dasar selalu bergerak, maka

selalu terjadi proses degradasi dan agradasi sepanjang aliran dasar saluran yang disebut “alterasi dasar saluran” (Rizkika, 2020).

Berikut metode Meyer-Peter Müller digunakan untuk memprediksi laju sedimen dasar (*bed load*). Meyer-Peter Müller menurunkan persamaan angkutan sedimen dimana prinsip dari pergerakan sedimen didasarkan akibat adanya kemiringan energi. Berikut persamaannya:

$$\gamma_w \left(\frac{Q_s}{Q} \right) \left(\frac{k}{k'} \right)^{3/2} hS = 0,047(\gamma_s - \gamma_w)d_m + 0,25 \left(\frac{\gamma_w}{g} \right)^{1/3} \left(\frac{\gamma_s - \gamma_w}{\gamma_s} \right) q_s^{2/3} \quad (2.18)$$

dimana:

q_s = Total sedimen dasar per meter lebar penampang (ton/m.det)

γ_w = berat jenis air (g/m³)

γ_s = berat jenis sedimen (g/m³)

d_m = Diameter butiran sedimen (mm), d50

g = Percepatan gravitasi (m/det²)

ρ = Rapat massa air (kg/m³), 1000 kg/m³

ρ_s = Rapat massa sedimen (kg/m³), 2680 kg/m³

h = tinggi muka air (m)

S = Kemiringan dasar saluran.

R = Radius hidraulik penampang saluran (m)

Kemiringan sungai didapat dengan persamaan berikut ini:

$$Q = V \cdot A \quad (2.19)$$

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} \quad (2.20)$$

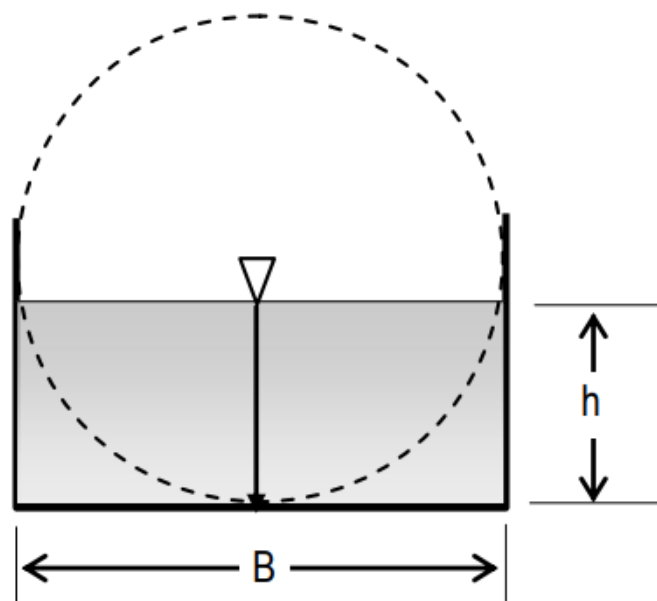
$$S = \sqrt{\frac{V \times n}{R^{2/3}}} \quad (2.21)$$

dimana:

Q = Debit (m³/det)

- A = Luas penampang (m²)
 V = Kecepatan aliran (m/det)
 n = Kekasaran dinding alur penampang berdasarkan Manning
 R = Radius hidraulik penampang (m)
 S = Kemiringan dasar penampang

Untuk penampang persegi (Suripin et al., 2008), rumus persamaan untuk Radius hidraulik penampang saluran (Rh):



Gambar 2.5 Penampang Persegi

$$R = \frac{A}{P} = \frac{B \cdot h}{B + 2h} \quad (2.22)$$

dimana:

- P = Keliling basah (m)
 A = Luas penampang (m²)
 B = Lebar saluran (m)
 h = Kedalaman air (m)

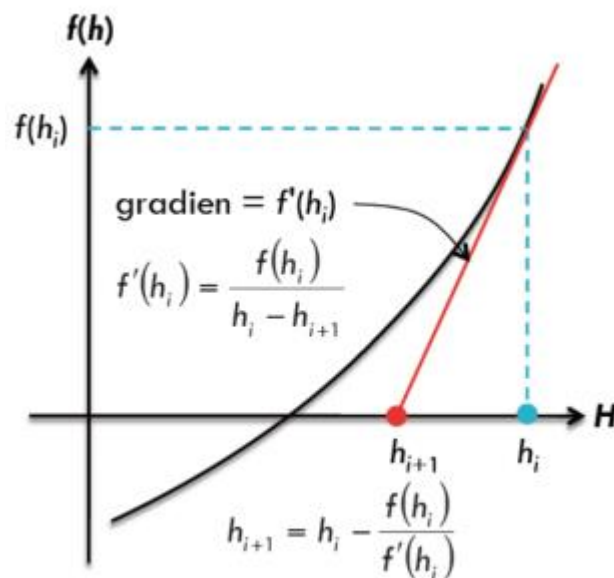
Nilai h (kedalaman air) apabila tidak diketahui, maka dapat ditentukan dengan menggunakan metode Newton Raphson. Metode Newton Raphson merupakan salah satu metode untuk menemukan aproksimasi akar suatu

persamaan. Metode ini diimplementasikan dalam satu variabel h : $f(h) = 0$. Metode ini dimulai dengan fungsi f yang didefinisikan sebagai bilangan real h , turunan fungsi f' , dan tebakan awal h_0 untuk akar fungsi f . Jika fungsi memenuhi asumsi yang dibuat dalam turunan rumus dan tebakan awal yang dekat dengan akar sebenarnya, maka pendekatan h_1 diformulasikan:

$$h_i = h_0 - \frac{f(h_0)}{f'(h_0)} \quad (2.23)$$

Secara geometris, $(h_1, 0)$ adalah perpotongan sumbu x dan garis singgung dari grafik f pada $(h_0, f(h_0))$. Proses ini diulang-ulang sampai prosesnya cukup akurat, sehingga secara umum persamaan metode Newton-Raphson (Batarius et al., 2018) yang diformulasikan sebagai berikut.

$$h_{i+1} = h_i - \frac{f(h_i)}{f'(h_i)} \quad (2.24)$$



Gambar 2.6 Metode Newton Raphson

Jika h_i adalah h awal, maka:

- perpanjang garis singgung pada kurva melalui titik $[h_i, f(h_i)]$.
- titik potong garis singgung tersebut dengan absis merupakan nilai h_{i+1} sebagai pendekatan akar persamaan yang lebih baik daripada h_i .
- Kemungkinan ditemui $f(h)$ tidak dapat didiferensialkan.

Rumus atau persamaan dalam menghitung besaran angkutan sedimen dasar (*Bed load*) haruslah memperhitungkan konfigurasi dasar sungai secara khusus. Dalam hal tersebut MPM menjabarkan nilai Strickler dalam (Fauziyah et al., 2018) sebagai berikut:

$$\mu = \left(\frac{K_s}{K'_s} \right)^{3/2} \quad (2.25)$$

dimana:

μ = *Ripple factor*

K_s = Nilai kekasaran butiran (m/det)

K'_s = Koefisien akibat kekasaran butiran (m/det)

$$K_s = \frac{V}{R^{2/3} \cdot S^{1/2}} \quad (2.26)$$

$$K'_s = \frac{26}{d_{90}^{1/6}} \quad (2.27)$$

2.4.5 Analisis Perhitungan Sedimen Layang (*Suspended Load*)

Muatan layang (*suspended load*) yaitu partikel yang bergerak dalam pusaran aliran yang cenderung terus menerus melayang bersama aliran. Ukuran partikelnya lebih kecil dari 0,1 mm. Muatan sedimen layang bergerak bersama dengan aliran air sungai, terdiri dari pasir halus yang senantiasa didukung oleh air, dan hanya sedikit sekali berinteraksi dengan dasar sungai karena sudah didorong ke atas oleh turbulensi aliran.

Rumus atau persamaan dalam menghitung besaran angkutan sedimen layang (*suspended load*) di *Check Dam* Margaluyu dilakukan dengan rumus pendekatan perbandingan nilai muatan sedimen yang terdapat pada PDA Cirahong dan DAS Cikalang lalu dikalikan dengan nilai sedimen layang yang terukur di PDA Cirahong, persamaannya dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$SL_1 = \frac{E_1 \times SDR_1}{E_2 \times SDR_2} \times SL_2 \quad (2.28)$$

dimana:

SL_1 = Sedimen layang pada *Check Dam* Margaluyu (ton/tahun)

SL_2 = Sedimen layang pada PDA Cirahong (ton/tahun)

E_1 = Laju erosi pada *Check Dam* Margaluyu (ton/ha/tahun)

E_2 = Laju erosi pada PDA Cirahong (ton/ha/tahun)

SDR_1 = Pelepasan sedimen di *Check Dam* Margaluyu

SDR_2 = Pelepasan sedimen di PDA Cirahong

2.5 Bangunan Pengendali Sedimen (*Check Dam*)

Bangunan pengendali sedimen adalah bangunan air yang melintang sungai berfungsi sebagai penahan sedimen yang dapat mengendalikan kecepatan, debit, dan arah aliran sedimen, menampung sedimen seara tetap maupun sementara. Bangunan penahan sedimen terdiri dari tubuh utama bendung, pelimpah yang dapat dilimpasi sedimen, sayap dan bangunan pelengkap lainnya (Standard Nasional Indonesia 2851, 2015).

Salah satu cara untuk mengendalikan sedimen adalah membuat bangunan pengendali sedimen (*check dam*). *Check dam* adalah bangunan yang dibuat melintang sungai yang berfungsi untuk menghambat kecepatan aliran permukaan dan menangkap sedimen yang dibawa aliran air sehingga kedalaman dan kemiringan sungai berkurang (Suripin et al., 2008). Sistem pengendali sedimen dengan pendekatan struktural (bangunan) sangat efektif dalam penangkapan serta pengurangan sedimen dan juga mengurangi banjir pada musim hujan.

Check dam sangat efektif dalam mengelola dan mengendalikan sedimentasi ke bagian hilir suatu DAS. Bendung-bendung penahan dibangun di sebelah hulu DAS yang berfungsi memperlambat gerakan dan berangsur-angsur mengurangi volume banjir lahar. Untuk menghadapi gaya-gaya yang terdapat pada banjir lahar maka diperlukan bendung penahan yang cukup kuat. Selain itu untuk menampung benturan batu-batu besar, maka mercu dan sayap bendung harus dibuat dari beton atau pasangan yang cukup tebal dan dianjurkan sama dengan diameter maksimum batu-batu yang diperkirakan akan melintasi. Walaupun terdapat sedikit perbedaan perilaku gerakan sedimen, tetapi metode pembuatan desain untuk pengendaliannya hampir sama, kecuali perbedaan pada konstruksi sayap mercu serta ukuran

pelimpah dan bahan tubuh bendung. Persyaratan dan informasi dalam perencanaan teknis bangunan penahan sedimen adalah sebagai berikut:

- 1) Parameter desain meliputi parameter desain topografi, hidrologi, dan geoteknik.
- 2) Data lain yang diperlukan seperti bahan bangunan tersedia, pemukiman, sarana prasarana, serta tenaga kerja.

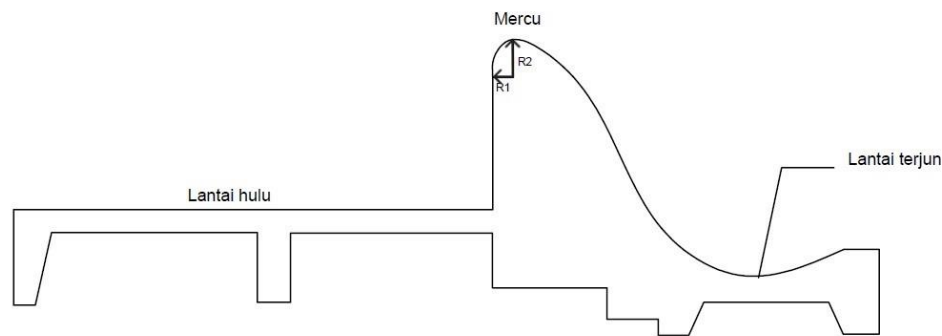
Tata letak bendung penahan harus memenuhi ketentuan sebagai berikut (Standard Nasional Indonesia 2851, 2015):

- 1) Lokasi *check dam* harus direncanakan pada tempat yang dasar sungainya dikhawatirkan akan turun.
- 2) Penentuan lokasi agar dapat menghasilkan bangunan paling ekonomis sehingga biaya pembuatan per daya tampungnya menghasilkan nilai paling kecil.
- 3) Di sekitar titik pertemuan kedua sungai dengan lokasi di sebelah hilirnya;
- 4) Sumbu bendung penahan sedimen harus tegak lurus arah aliran di bagian hilirnya.
- 5) Apabila lokasi bendung penahan pada tikungan sungai, harus dilakukan tinjauan hidraulik terhadap kemungkinan limpasan dan gerusan pada tebing luar baik di hulu maupun hilir bangunan.

Adapun fungsi *check dam* antara lain:

- 1) Menampung sebagian angkutan sedimen dalam suatu kolam penampung.
- 2) Mengatur jumlah sedimen yang bergerak secara fluvial dalam kepekaan yang tinggi, agar jumlah sedimen yang meluap ke hilir tidak berlebihan. Dengan demikian, besarnya sedimen yang masuk akan seimbang dengan daya angkut aliran sungainya, sehingga sedimentasi pada lepas pengendapan terhindarkan.
- 3) Membentuk suatu kemiringan dasar alur sungai baru pada alur sungai hulu.

Check dam baru akan terlihat manfaatnya jika dibangun dalam jumlah yang banyak pada alur sungai yang sama. Berikut ini merupakan sketsa memanjang *check dam* tipe mercu.



Gambar 2.7 Sketsa Memanjang *Check Dam* Tipe Mercur

2.6 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu yaitu kegiatan membandingkan penelitian sedang dilakukan oleh peneliti saat ini dengan penelitian yang telah diselesaikan oleh para peneliti sebelumnya. Tujuan dari kegiatan ini adalah untuk mengidentifikasi persamaan dan perbedaan antara penelitian yang sedang berlangsung dengan hasil-hasil penelitian sebelumnya. Melalui perbandingan ini, peneliti dapat mengevaluasi kelebihan dan kekurangan yang ada pada hasil penelitian yang penulis laksanakan.

Penelitian yang dilakukan oleh (Fauzi, 2022) yang berjudul “Analisis Laju dan Pemetaan Erosi Lahan DAS Citanduy Hulu”. Hasil penelitiannya yaitu rata-rata erosi pada DAS Citanduy Hulu masuk ke dalam kategori III (Erosi Sedang) sebesar 152,66 ton/ha/tahun dengan luas total 71.599,5 ha. Perbedaannya dengan penelitian saat ini yaitu melakukan analisis terhadap tampungan *Check Dam* yang terdapat di DAS Citanduy Hulu serta menganalisis sedimen dasar dengan Metode Meyer-Peter Müller. Persamaannya yaitu keduanya sama-sama menganalisis laju erosi untuk mendapatkan nilai muatan sedimen.

Penelitian yang dilakukan oleh (Gratiana, 2019) yang berjudul “Studi Efektivitas Bangunan Penahan Sedimen Tanjung Kerta dalam Pengendalian Sedimen Waduk Leuwikeris”. Hasil penelitiannya yaitu melakukan pemodelan sedimen pada bangunan penahan sedimen Tanjung Kerta dengan dua kondisi dengan menggunakan bantuan perangkat lunak HEC-RAS dengan hasil pada pemodelan tanpa bangunan penahan sedimen seluruh penampang melintang sungai

mengalami degradasi dan total sedimen pada bagian hilir sebesar 11.273 ton/tahun sedangkan pada pemodelan dengan bangunan penahan sedimen, tidak seluruh penampang melintang mengalami degradasi tetapi juga aggradasi terutama di bagian hulu bangunan penahan sedimen. Total sedimen pada bagian hilir pada pemodelan dengan bangunan penahan sedimen berkurang menjadi 7.699,62 ton/tahun. Dengan kata lain bangunan penahan sedimen Tanjung Kerta efektif mengurangi sedimen yang masuk ke hilir sungai sebesar 31% dengan laju sedimentasi sebesar 0,66 mm/tahun. Jika dibandingkan dengan sedimentasi di Waduk Leuwikeris yang memiliki laju sedimentasi 1,85 mm/tahun efektivitas pengurangan sedimen akibat bangunan penahan sedimen Tanjung Kerta sebesar 0,9%. Perbedaannya dengan penelitian saat ini yaitu melakukan analisis sedimen berbasis erosi dengan bantuan Sistem Informasi Geografis (SIG). Persamaannya yaitu keduanya sama-sama menghitung nilai sedimen total dengan menggunakan butiran diameter sedimen yang terukur oleh BBWS Citanduy.