

**PREDIKSI EROSI BERDASARKAN METODE UNIVERSAL SOIL  
LOSS EQUATION (USLE) DAN REVISED UNIVERSAL SOIL LOSS  
EQUATION (RUSLE) DI DAERAH ALIRAN SUNGAI LAWU**

***EROSION PREDICTION WITH THE UNIVERSAL SOIL LOSS  
EQUATION (USLE) METHOD AND THE REVISED UNIVERSAL  
SOIL LOSS EQUATION (RUSLE) METHOD IN THE LAWU RIVER  
BASIN***

**NURUL APRIANI**

**M012 17 1 003**



**PROGRAM MAGISTER ILMU KEHUTANAN  
FAKULTAS KEHUTANAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR**

**2020**



**PREDIKSI EROSI BERDASARKAN METODE UNIVERSAL SOIL LOSS  
EQUATION (USLE) DAN REVISED UNIVERSAL SOIL LOSS EQUATION  
(RUSLE) DI DAERAH ALIRAN SUNGAI LAWO**

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Magister

Program Studi

Magister Ilmu Kehutanan

Disusun dan Diajukan Oleh

**NURUL APRIANI**

Kepada

**FAKULTAS KEHUTANAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR**

**2020**



HALAMAN PENGESAHAN

TESIS

PREDIKSI EROSI BERDASARKAN METODE UNIVERSAL SOIL LOSS EQUATION (USLE) DAN REVISED UNIVERSAL SOIL LOSS EQUATION (RUSLE) DI DAERAH ALIRAN SUNGAI LAWU

Disusun dan diajukan oleh:

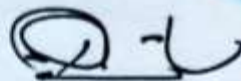
**NURUL APRIANI**  
Nomor Pokok: M012171003

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Tesis

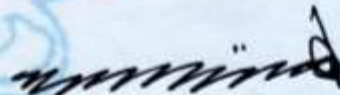
pada tanggal 2 September 2020

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui,  
Komisi Penasehat



Dr. Ir. Usman Arsyad, MS  
Ketua



Prof. Dr. Ir. Baharuddin Mappangaia, M.Sc  
Anggota

Ketua Program Studi S2  
Ilmu Kehutanan,



Dr. Ir. Muh. Dassir, M.Si

Dekan Fakultas Kehutanan  
Universitas Hasanuddin,



Dr. A. Muletahid, S.Hut., MP



## PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Nurul Apriani

Nomor Pokok Mahasiswa : M012171003

Program Studi : Ilmu Kehutanan

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan karya saya sendiri, bukan merupakan pengambil alihan tulisan atau pemikiran orang lain.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, September 2020

Yang menyatakan,



Nurul Apriani



## PRAKATA

*Alhamdulillahirabbil 'Aalamiin.*

Pujian dan dan rasa syukur hanya kepada Allah *Subhanahu Wata'ala* yang telah melimpahkan anugerah, rahmat, karunia dan izin-Nya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini. Penelitian dengan judul "***Prediksi Erosi Berdasakan Metode Universal Soil Loss Equation (USLE) dan Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) di Daerah Aliran Sungai Lawo***". Shalawat dan salam juga penulis panjatkan kepada Baginda Rasulullah *Shallallahu'alaihi wa Sallam* yang selalu menjadi suri tauladan bagi kita semua.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam penulisan skripsi ini, terutama kepada:

1. Bapak **Dr. Ir. H. Usman Arsyad, M.S.**, dan **Prof. Dr. Ir. Baharuddin Mappangaja, M.Sc.** selaku dosen pembimbing atas keikhlasannya meluangkan waktu untuk memberikan petunjuk dan saran – saran dari awal rencana penelitian sampai penyusunan tesis ini selesai.
2. Bapak **Andang Suryana Soma, S.Hut., M.P., PhD.**, Bapak **Dr. Ir Anwar Umar, M.S.** dan Bapak **Dr. Ir Beta Putranto, M,Sc**, selaku penguji yang telah banyak memberikan saran dan kritik guna perbaikan tesis ini.
3. Ibu **Wahyuni, S.Hut, M.Hut** serta seluruh Dosen yang mengajar pada Program Studi Kehutanan atas ilmunya.
4. Bapak dan Ibu seluruh Staf Administrasi Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin atas bantuannya selama ini.
5. Rekan Seperjuangan saya dilapangan **Fadil, Chairil, Abkar, Gisel, Puspa, Ucca, Kak Acca, Uci** dan **Fierda** yang selalu setia menemani saya selama penelitian dan sahabat-sahabat saya **Dede, Waafiah, Lara** dan **Fira** yang telah membantu saya selama penulisan tesis
6. Teman – teman angkatan 2017 Program Magister Ilmu Kehutanan yang telah memberikan dorongan, bantuan dan dukungan serta kebersamaan selama ini. Saudara – saudaraku di Laboratorium Pengelolaan DAS Universitas Hasanuddin atas doa dan dukungan dalam penyelesaian tesis



7. Seluruh pihak yang penulis tidak dapat sebutkan satu persatu

Terkhusus, sembah sujud dan hormat penulis khaturkan kepada Ibundaku tercinta dan Almarhum Ayahandaku , **Rosmini** dan **Hasan** , dan saudara saya Rahmah Iriani Marzuki, Reski Febrian, Putri Ariani beserta semua keluargaku yang telah memberikan kasih sayang, perhatian, pengorbanan materi, doa dan motivasi yang kuat dengan segala jerih payahnya yang tak ternilai dengan apapun sehingga penulis bisa menyelesaikan studi.

Penulis sangat menyadari sepenuhnya bahwa dalam penyusunan tesis ini masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu semua saran dan kritik dalam penyempurnaannya akan penulis terima dengan segala kerendahan hati. Semoga tesis ini dapat memberikan manfaat dan kiranya Allah SWT senantiasa melindungi dan meridhoi setiap langkah kita. Aamiin

Makassar, September 2020

Nurul Apriani



## ABSTRAK

**NURUL APRIANI**, Prediksi Erosi Berdasarkan Metode Universal Soil Loss Equation (USLE) dan Metode Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) di Daerah Aliran Sungai Lawo, (dibimbing oleh Usman Arsyad and Baharuddin Mappangaja)

Penelitian ini bertujuan (1) untuk mengetahui perbandingan nilai erosi dari metode usle dan rusle pada DAS Lawo (2) melakukan perencanaan konservasi tanah dan air pada DAS Lawo. Penelitian ini berbasis pemetaan yang tergolong penelitian non eksperimen dengan menggunakan metode survey. Nilai erosi diprediksi menggunakan model Universal Soil Loss Equation (USLE) dan Metode Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). Hasil Penelitian menunjukkan bahwa penggunaan lahan ada di daerah aliran sungai lawo adalah hutan sekunder, hutan tanaman, pertanian lahan kering, pertanian lahan kering campur semak, semak, pemukiman dan tanah terbuka.. Total nilai erosi untuk metode USLE adalah Rata – rata erosi yang terjadi di daerah aliran sungai lawo yaitu 12,59 ton/ha/tahun sedangkan total erosi untuk metode rusle adalah 13,02 ton/ha/tahun. Rencana pemulihan DAS Lawo dalam bentuk arahan pola penggunaan lahan guna menekan laju erosi yaitu pertanian lahan kering pola agroforestry, sedangkan untuk pemukiman berupa sumur resapan, pengkayaan tanaman untuk penggunaan lahan hutan tanaman, penyempurnaan teras bangku pada penggunaan lahan sawah dan penggunaan terasering yang sesuai berdasarkan keadaan lapangan, serta penghutanan kembali dan penanaman penutup tanah untuk penggunaan lahan semak belukar.

Kata Kunci : Erosi, USLE, RUSLE, Konservasi Tanah dan Air



## ABSTRACT

**NURUL APRIANI**, Erosion Prediction with the Universal Soil Loss Equation (USLE) Method and the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) Method in the Lawo River Basin, (supervised by Usman Arsyad and Baharuddin Mappangaja)

This study aims (1) to determine the comparison of the erosion value of the usle and rusle methods in the Lawo watershed (2) to plan soil and water conservation in the Lawo watershed. This research is based on mapping which is classified as non-experimental research using survey method. The erosion value is predicted using the Universal Soil Loss Equation (USLE) model and the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) Method. The research results show that land use in the lawo watershed is secondary forest, plantation forest, dry land agriculture, dry land agriculture mixed with bush, bush, settlement and open land. Total erosion value for USLE method is the average erosion that occurs in the Lawo river basin that is 12,59 tons /ha/ year while the total erosion for the rusle method is 13,02 tons /ha/ year. Lawo watershed recovery plan in the form of land use patterns to reduce the rate of erosion, namely agroforestry dry land farming, while for settlements in the form of infiltration wells, enrichment of plants for plantation forest land use, refinement of bench terraces on paddy land use and terracing use accordingly the field, as well as reforestation and planting of land cover for the use of shrub land.

Keywords: Erosion, USLE, RUSLE, Soil and Water Conservation





# DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PENGANTAR</b> .....	ii
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	iii
<b>PERNYATAAN KEAHLIAN TESIS</b> .....	iv
<b>PRAKATA</b> .....	v
<b>ABSTRAK</b> .....	vii
<b>ABSTRACT</b> .....	viii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	ix
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xiii
<b>I. PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	3
1.3. Tujuan Penelitian .....	4
1.4. Manfaat Penelitian .....	4
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1. Erosi.....	5
2.2. Prediksi Erosi.....	12
2.3. Daerah Aliran Sungai.....	18
2.4. Sistem Informasi Geografis.....	24
2.5. Soil and Water Assessment Tool.....	28
2.6. Kerangka Pikir Penelitian .....	31
<b>III. METODE PENELITIAN</b>	
3.1. Waktu dan Lokasi Penelitian.....	33
3.2. Pendekatan dan Jenis Penelitian.....	34
3.3. Alat dan Bahan .....	34
3.4. Sumber Data dan Variabel Penelitian.....	34
3.5. Prosedur Pengumpulan Data .....	35



3.5. Teknik Analisis Data .....	42
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1. Penggunaan Lahan .....	46
4.2. Pengamatan Kondisi Penggunaan Lahan .....	48
4.3. Prediksi Erosi .....	49
4.3.1. Faktor Erosivitas Hujan (Nilai R) .....	50
4.3.2. Faktor Erodibilitas Tanah (Nilai K) .....	51
4.2.3 Faktor Panjang dan Kemiringan Lereng (Nilai LS) .....	53
4.3.4. Faktor Pengelolaam Tanaman dan Tindakan Konservasi Tanah dan Air .....	54
4.3.5. Prediksi Erosi Daerah Aliran Sungai Lawo .....	57
4.4. Tingkat Bahaya Erosi .....	61
3.2. Alat dan Bahan .....	48
4.5.1. Pertanian Lahan Kering Campur Semak .....	64
4.5.2. Pemukiman .....	65
4.5.3. Hutan Lahan Kering Sekunder dan Hutan Tanaman .....	65
4.5.4. Pertanian Lahan Kering .....	65
4.5.5. Sawah .....	66
4.5.6. Semak Belukar .....	66
<b>V. SARAN DAN KESIMPULAN</b>	
5.1. Kesimpulan .....	67
5.2. Saran .....	68
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	69
<b>LAMPIRAN</b> .....	73



## DAFTAR TABEL

Nomor	Teks	Halaman
1.	Daftar kebutuhan data sekunder dan sumbernya.....	35
2.	Confusion Matrix .....	37
3.	Parameter Jenis Tanah SWAT .....	38
4.	Nilai Erodibilitas Tanah (Nilai K) .....	44
5.	Penggunaan Lahan Daerah Aliran Sungai Lawo .....	47
6.	Groundcheck Penggunaan Lahan Daerah Aliran Sungai Lawo .....	48
7.	Nilai Erosivitas Hujan DAS Lawo dengan model USLE .....	50
8.	Nilai Erosivitas Hujan DAS Lawo dengan model RUSLE .....	51
9.	Jenis – Jenis Tanah dan Nilai K DAS Lawo .....	52
10.	Nilai LS pada Daerah Aliran Sungai Lawo .....	53
11.	Pengelolaan Tanaman (C) dan Tindakan Konservasi Tanah dan Air (P) pada DAS Lawo .....	55
12.	Prediksi Erosi DAS Lawo Berdasarkan Metode USLE dan RUSLE .....	57
13.	Tingkat Bahaya Erosi DAS Lawo .....	61



## DAFTAR GAMBAR

Nomor	Teks	Halaman
1.	Kerangka Pikir Penelitian .....	32
2.	Peta Lokasi Penelitian.....	33



## DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Teks	Halaman
1.	Peta Penggunaan Lahan DAS Peta Curah .....	74
2.	Hasil Groundchek lapangan di DAS Lawo .....	75
3.	Erosivitas Stasiun Malanroe -040730004 DAS Lawo .....	78
4.	Peta Nilai R DAS Lawo .....	79
5.	Peta Nilai K DAS Lawo.....	80
6.	Tabel. Klasifikasi nilai K.....	81
7.	Nilai erodibilitas tanah (K) .....	81
8.	Peta Nilai LS DAS Lawo.....	82
9.	Peta Nilai CP DAS Lawo .....	83
10.	Indeks Penutupan Lahan (nilai C) .....	84
11.	Indeks Konservasi Tanah (Nilai P) .....	86
12.	Kelas Tingkat Bahaya Erosi .....	88
13.	Peta Tingkat Bahaya Erosi DAS Lawo .....	89
14.	Indeks Bahaya Erosi .....	90
15.	Arahan Penggunaan Lahan .....	91



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Kerusakan Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan masalah besar yang sampai saat ini masih belum mendapatkan perhatian sebagaimana mestinya. Di Indonesia, DAS yang saat ini memperoleh perhatian adalah sebanyak 458 DAS, dan 62 DAS diantaranya dalam kondisi kritis dan sangat kritis akibat erosi dari lahan kritis dan aktivitas manusia (Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia, 2011). Peningkatan pemanfaatan sumber daya alam, pertambahan penduduk dan kebijakan yang belum berpihak kepada pelestarian sumber daya alam, serta masih kurangnya kesadaran dan partisipasi masyarakat dalam konteks pemanfaatan dan pelestarian sumber daya alam, menjadi salah satu penyebab kerusakan DAS yang mengalami degradasi dan menjadi kritis atau bahkan akan sangat kritis.

Requiner (1977) dalam Suripin (2004) menyatakan bahwa erosi merupakan salah satu penyebab faktor kerusakan tanah dan menyebabkan penurunan produktivitas tanah/fungsi tanah. Erosi adalah peristiwa hilangnya atau terkikisnya tanah dari satu tempat ke tempat yang lain oleh media berupa air ataupun angin. Erosi menyebabkan hilangnya lapisan tanah yang subur yang baik untuk pertumbuhan tanaman serta berkurangnya kemampuan tanah untuk menyerap dan menahan air. Kerusakan yang dialami pada tanah tempat erosi terjadi yakni terjadi kemunduran sifat-sifat kimia dan fisik tanah seperti unsur hara dan bahan organik, meningkatnya kepadatan penetrasi dan menurunnya kapasitas infiltrasi tanah serta kemampuan tanah



menahan air. Akibat dari peristiwa ini adalah menurunnya produktivitas tanah, dan berkurangnya pengisian air tanah (Arsyad, 2010.)

Daerah Aliran Sungai Lawo merupakan salah satu sungai utama di Kabupaten Soppeng yang memiliki masalah serius untuk ditangani akibat degradasi dan transformasi hutan terus meningkat dan tidak terkendali (BPDAS Jeneberang Walanae, 2012). Aktivitas penduduk pada wilayah DAS secara tidak terkendali akan berdampak terhadap perubahan kondisi fisik sungai terutama dalam bentuk erosi dan sedimentasi. Menurut Pratiwi *et al* (2011) dan BPDAS Jeneberang Walanae, (2012) pada DAS Lawo, luas kawasan yang rawan erosi seluas 2 283.14 Ha (13.35%) dan Tingkat Bahaya Erosi sebesar 38,297. Selanjutnya di sepanjang sungai juga terjadi erosi tebing sungai. Akibat dari erosi tersebut maka di daerah hilir terjadi sedimentasi berlebihan yang menyebabkan penyempitan sungai hingga berukuran 6 meter. Akibatnya kapasitas tampung sungai semakin kecil dan sering terjadi banjir.

Laju erosi yang terjadi pada setiap penggunaan lahan dapat diprediksi. Prediksi erosi sangat bermanfaat untuk menentukan cara pencegahan erosi atau sistem pengelolaan tanah pada umumnya, sehingga kerusakan tanah oleh erosi dapat ditekan sekecil mungkin. Prediksi erosi adalah alat bantu untuk mengetahui besarnya erosi yang akan terjadi pada suatu penggunaan lahan, dengan pengelolaan tertentu dan untuk mengambil keputusan dalam perencanaan konservasi tanah pada suatu areal tanah (Arsyad, 2010).

Pendugaan laju erosi dapat dilakukan dengan beberapa persamaan seperti

*Loss Equation (USLE) dan Revised Universal Soil Loss Equation*



Universal Soil Loss Equation adalah model erosi yang dirancang untuk memprediksi rata-rata erosi tanah dalam waktu panjang dari suatu areal usaha tani dengan sistem pertanaman dan pengelolaan tertentu. Bentuk erosi yang dapat diprediksi adalah erosi lembar atau alur dibawah keadaan tertentu, tetapi tidak dapat memprediksi pengendapan dan tidak memperhitungkan hasil sedimen dari erosi parit, tebing sungai dan dasar sungai (Wischmeier dan Smith 1978 dalam Arsyad 2010). Sedangkan RUSLE adalah suatu model yang didesain untuk memprediksi besarnya erosi tahunan yang direvisi atau penyempurnaan oleh para ahli konservasi tanah, akan tetapi RUSLE ini masih mempertahankan struktur dasar persamaan USLE. Namun perkiraan laju erosi menggunakan RUSLE belum banyak digunakan, karena masih perlu diuji kecocokan untuk setiap DAS yang berbeda.

Berkaitan dengan hal tersebut perlu dilakukan penelitian tentang Prediksi erosi berdasarkan metode USLE dan RUSLE yang bertujuan untuk mengetahui berapa besar rasio perbandingan nilai erosi dari kedua metode tersebut. Adapun dari hasil laju erosi yang didapat diharapkan dapat digunakan sebagai masukan dan pertimbangan penanganan problem erosi lahan di Kabupaten Soppeng.

## 1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1.2.1. Seberapa besar perbandingan hasil erosi dengan metode USLE dan

pada Daerah Aliran Sungai Lawo?





1.2.2. Bagaimana rencana konservasi tanah dan air pada Daerah Aliran Sungai Lawo?

### **1.3. Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk :

1.3.1. Mengetahui perbandingan nilai erosi dari metode USLE dan RUSLE pada Daerah Aliran Sungai Lawo

1.3.2. Melakukan perencanaan konservasi tanah dan air pada Daerah Aliran Sungai Lawo.

### **1.4. Manfaat dan Kegunaan Penelitian**

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan informasi tentang erosi di Kabupaten Soppeng serta sebagai bahan masukan dalam mempertimbangkan program pengelolaan DAS yang mendukung kualitas dan keberlangsungan DAS Lawo.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Erosi

Erosi adalah peristiwa berpindahnya atau terangkutnya tanah atau bagian-bagian tanah dari suatu tempat ke tempat lain oleh media alami. Pada peristiwa erosi, tanah atau bagian-bagian tanah pada suatu tempat terkikis dan terangkut yang kemudian diendapkan di tempat lain. Pengikisan dan pengangkutan tanah tersebut terjadi oleh media alami, yaitu air dan angin (Arsyad, 2010). Sedangkan menurut Kartasapoetra (1991) erosi adalah proses penghanyutan tanah oleh desakan-desakan atau kekuatan air dan angin, baik yang berlangsung secara alamiah ataupun sebagai akibat tindakan manusia.

Proses erosi tanah yang disebabkan oleh air meliputi tiga tahap yang terjadi dalam keadaan normal di lapangan, yaitu tahap pertama pemecahan bongkah-bongkah atau agregat tanah ke dalam bentuk butir-butir kecil atau partikel tanah, tahap kedua pemindahan atau pengangkutan butir-butir yang kecil sampai sangat halus tersebut, dan tahap ketiga pengendapan partikel-partikel tersebut di tempat yang lebih rendah atau di dasar sungai atau waduk. Erosi menyebabkan hilangnya lapisan tanah yang subur dan baik untuk pertumbuhan tanaman serta berkurangnya kemampuan tanah untuk menyerap dan menahan air. Tanah yang terangkut tersebut akan terbawa masuk sumber air yang dinamai sedimen, di mana sedimen ini akan diendapkan di tempat yang aliran airnya melambat; di dalam sungai, waduk, danau, *reservoir*, saluran tanah pertanian dan sebagainya (Arsyad, 2010).



Menurut Asdak, (2010) proses erosi terdiri atas tiga bagian yang berurutan yaitu pengelupasan (*detachment*), pengangkutan (*transportation*), dan pengendapan (*sedimentation*). Dari kerusakan yang ditimbulkan oleh peristiwa erosi dapat terjadi di dua tempat, yaitu pada tanah tempat erosi terjadi dan pada tempat tujuan akhir tanah yang terangkut diendapkan (Arsyad, 2010).

Erosi merupakan kejadian alam yang pasti terjadi di permukaan dataran bumi. Besarnya erosi sangat tergantung dari faktor-faktor alam di tempat terjadinya erosi tersebut, akan tetapi saat ini manusia juga berperan penting atas terjadinya erosi. (As-Syakur, 2008) menyatakan akibat dari adanya pengaruh manusia dalam proses peningkatan laju erosi seperti pemanfaatan lahan yang tidak sesuai dengan peruntukannya dan atau pengelolaan lahan yang tidak didasari tindakan konservasi tanah dan air menyebabkan perlunya dilakukan suatu prediksi laju erosi tanah sehingga bisa dilakukan perencanaan penggunaan lahan

Erosi dapat dibedakan menjadi 2, yaitu erosi alam dan erosi dipercepat. Erosi alam adalah erosi yang belum dipengaruhi oleh campur tangan manusia atau proses erosi yang terjadi secara alami, di mana proses tersebut masih dapat diimbangi oleh proses pembentukan tanah. Apabila erosi terjadi karena campur tangan manusia maka umumnya proses erosi tersebut lebih cepat daripada proses pembentukan tanah sehingga disebut erosi yang dipercepat (Asdak, 2010).

Menurut Arsyad (2010), erosi dibedakan atas beberapa jenis yaitu



ut :

1. Erosi lembar (*sheet erosion*) adalah pengangkutan lapisan tanah yang merata tebalnya dari suatu permukaan bidang tanah.
2. Erosi alur (*riil erosion*) adalah erosi yang terjadi karena air terkonsentrasi dan mengalir pada tempat-tempat tertentu di permukaan tanah sehingga pemindahan tanah lebih banyak terjadi.
3. Erosi parit (*gully erosion*) adalah erosi yang proses terjadinya hampir sama dengan erosi alur, tetapi saluran-saluran yang terbentuk sudah sedemikian dalamnya sehingga tidak dapat diatasi dengan pengolahan biasa.
4. Erosi tebing sungai, terjadi sebagai akibat pengikisan tebing oleh air yang mengalir dari bagian atas atau oleh terjangan arus air yang kuat pada kelokan sungai.
5. Longsor adalah suatu bentuk erosi yang perpindahan tanahnya terjadi pada suatu saat dalam volume yang besar.
6. Erosi internal (erosi vertikal) adalah terangkutnya butir-butir primer ke bawah ke dalam celah-celah atau pori-pori tanah sehingga tanah menjadi kedap air dan udara.

### 2.1.2. Faktor yang Mempengaruhi Erosi

Asdak (2010) mengemukakan beberapa faktor penyebab terjadinya erosi yaitu iklim, sifat tanah, topografi, vegetasi penutup tanah dan aktifitas manusia. Faktor penyebab terjadinya erosi tersebut diuraikan satu persatu sebagai berikut

#### A. Faktor Curah Hujan

a kekuatan curah hujan dapat menghancurkan tanah dan lebih  
lingkan dengan kekuatan pengangkut dari aliran permukaan



(Hardjowigeno, 2007). Arsyad, (2010) menjelaskan bahwa besarnya curah hujan serta intensitas dan distribusi butir hujan menentukan kekuatan dispersi hujan terhadap tanah, jumlah dan kecepatan aliran permukaan, dan erosi. Air yang jatuh menimpa tanah-tanah terbuka akan menyebabkan tanah terdispersi, selanjutnya sebahagian dari air hujan yang jatuh tersebut akan mengalir di atas permukaan tanah. Banyaknya air yang mengalir di atas permukaan tanah tergantung pada kemampuan tanah untuk menyerap air (kapasitas infiltrasi).

Besarnya hujan adalah volume air yang jatuh pada suatu areal tertentu. Oleh karena itu, besarnya curah hujan dapat dinyatakan dalam meter kubik per satuan luas atau secara lebih umum dinyatakan dalam tinggi air yaitu millimeter. Besarnya curah hujan dapat dimaksudkan untuk satu kali hujan atau masa tertentu seperti per hari, per bulan, per tahun atau permusim (Sucandra, 2010).

## B. Faktor Tanah

Berbagai tipe tanah mempunyai kepekaan terhadap erosi yang berbeda-beda. Kepekaan erosi tanah adalah mudah tidaknya tanah tererosi yang merupakan fungsi dari berbagai interaksi sifat-sifat fisik dan kimia tanah. Sifat-sifat tanah yang mempengaruhi kepekaan erosi adalah (1) sifat-sifat tanah yang mempengaruhi laju *infiltrasi*; (2) *sifat-sifat tanah yang mempengaruhi ketahanan struktur tanah terhadap pengikisan oleh butir-butir hujan yang jatuh dan aliran permukaan* (Sucandra, 2010).

Menurut Arsyad (2010), beberapa sifat tanah yang mempengaruhi erosi

r, struktur, bahan organik, kedalaman, sifat lapisan tanah, dan  
uran tanah, sedangkan kepekaan tanah terhadap erosi yang



menunjukkan mudah tidaknya tanah mengalami erosi ditentukan oleh berbagai sifat fisika tanah. Tanah-tanah yang dalam memiliki permeabilitas kurang peka terhadap erosi daripada tanah yang dangkal. Kedalaman tanah sampai lapisan kedap air menentukan banyaknya air yang dapat diserap tanah yang kemudian mempengaruhi besarnya aliran permukaan.

Sifat lapisan bawah tanah yang menentukan kepekaan erosi tanah adalah permeabilitas lapisan tersebut. Permeabilitas dipengaruhi oleh tekstur dan struktur tanah. Tanah dengan lapisan bawah berstruktur grannuler dan permeabilitas kurang peka terhadap erosi dibandingkan tanah yang lapisan bawahnya padat dan permeabilitasnya rendah (Sucandra, 2010).

Menurut Arsyad (2010) kepekaan tanah didefenisikan sebagai erosi per satuan indeks erosi hujan untuk satu tanah dalam keadaan standar. Kepekaan erosi tanah menunjukkan besarnya erosi yang terjadi dalam ton per hektar per tahun indeks erosi hujan, dari tanah yang terletak pada keadaan baku (standar). Tanah dalam standar adalah tanah yang terbuka tidak ada vegetasi sama sekali terletak pada lereng 9% dengan bentuk lereng yang seragam dengan panjang 72,6 kaki atau 22 m. nilai faktor kepekaan erosi tanah yang ditandai dengan huruf K, dinyatakan dalam persamaan berikut :

$$K = A/R$$

Dengan arti lambang huruf K adalah nilai faktor kepekaan erosi suatu tanah, A adalah besarnya erosi yang terjadi dari tanah pada petak standar (ton/(ha.tahun)), dan R adalah EI<sub>30</sub> tahunan.



### C. Faktor Topografi

Panjang dan kemiringan lereng merupakan dua unsur topografi yang paling berpengaruh terhadap aliran permukaan dan erosi. Kemiringan lereng dinyatakan dalam derajat atau persen. Kemiringan lereng 100% sama nilainya dengan kemiringan lereng  $45^{\circ}$ . Semakin curam dan miring suatu lereng maka akan memperbesar kecepatan aliran permukaan dan energi angkut aliran permukaan (Arsyad, 2010).

Panjang lereng dihitung mulai dari titik pangkal aliran permukaan sampai suatu titik air masuk ke dalam saluran atau sungai, atau dengan kemiringan lereng berkurang sedemikian rupa sehingga kecepatan aliran air berubah. Air yang mengalir di permukaan tanah akan berkumpul di ujung lereng. Dengan demikian, lebih banyak air yang mengalir dengan kecepatan besar akan menyebabkan erosi yang lebih besar pada bagian bawah daripada bagian atas. Akibatnya adalah tanah-tanah di bagian bawah lereng mengalami erosi lebih besar daripada bagian atas. Semakin panjang lereng permukaan tanah, maka semakin tinggi potensial erosinya karena akumulasi air aliran permukaan semakin tinggi. Kecepatan aliran permukaan semakin tinggi mengakibatkan kapasitas penghancuran dan deposisi semakin tinggi pula (Wischmeimer & Smith, 1978 dalam Sucandra, 2010).

### D. Faktor Vegetasi

Pengaruh vegetasi terhadap aliran permukaan dan erosi dapat dibagi dalam lima bagian, yakni (a) intersepsi hujan oleh tajuk, (b) mengurangi aliran permukaan dan kekuatan perusak air, (c) pengaruh akar dan struktur biologi yang berhubungan dengan pertumbuhan vegetatif, (d)



pengaruhnya terhadap stabilitas struktur dan porositas tanah, dan (e) transpirasi yang mengakibatkan kandungan air berkurang (Arsyad, 2010).

Menurut Arsyad Morgan, 2005 vegetasi merupakan lapisan pelindung atau penyangga antara atmosfer dan tanah. Vegetasi mempengaruhi siklus hidrologi melalui pengaruhnya terhadap air hujan yang jatuh dari atmosfer ke permukaan bumi, ke tanah, dan batuan di bawahnya. Bagian vegetasi yang berada di atas permukaan tanah seperti daun dan batang menyerap energi perusak hujan sehingga mengurangi dampaknya terhadap tanah, sedangkan bagian vegetasi yang ada di dalam tanah, yang terdiri atas sistem perakaran, meningkatkan kekuatan mekanik tanah.

#### E. Manusia

Manusia yang akan menentukan apakah tanah yang diusahakan akan rusak dan tidak berproduksi atau justru menjadi baik. Perbuatan manusia mengelola tanahnya dengan cara yang salah telah menyebabkan intensitas erosi semakin meningkat. Pengelolaan tanah yang salah antara lain pembukaan hutan, perladangan, dan lain sebagainya (Rahim, 2003). Menurut Suripin (2004) banyak faktor yang menentukan apakah manusia akan memperlakukan dan merawat serta mengusahakan tanahnya secara bijaksana sehingga menjadi lebih baik dan dapat memberikan pendapatan yang cukup untuk jangka waktu yang tidak terbatas, antara lain dengan (a) luas tanah pertanian yang diusahakan, (b) tingkat pengetahuan dan penguasaan teknologi, (c) harga hasil usaha tani, (d) perpajakan, (e) ikatan hutang, (f) pasar dan

luas usaha tani, dan (g) infrastruktur dan fasilitas kesejahteraan.

dan penanaman searah kontur dapat mengurangi erosi tanah





pada lahan miring hingga 50 %, selanjutnya tanah yang hilang pada strip kontur mengalami penurunan 25-40 %.

## 2.2. Prediksi Erosi

Laju erosi yang terjadi pada setiap penggunaan lahan bisa diprediksi. Prediksi erosi sangat bermanfaat untuk menentukan cara pencegahan erosi atau sistem pengelolaan tanah pada umumnya, sehingga kerusakan tanah oleh erosi dapat ditekan sekecil mungkin. Prediksi erosi adalah metode untuk memperkirakan laju erosi yang akan terjadi dari tanah yang digunakan untuk penggunaan lahan dan pengelolaan tertentu. Prediksi erosi umumnya digunakan pada saat ini adalah model parametrik, terutama tipe kotak kelabu (Banuwa, 2013).

Menurut Arsyad (2010), metode prediksi merupakan alat untuk menilai apakah suatu program atau tindakan konservasi tanah telah berhasil mengurangi erosi dari suatu bidang tanah atau suatu Daerah Aliran Sungai (DAS). Di samping itu, prediksi erosi juga sebagai alat bantu untuk mengambil keputusan dalam perencanaan konservasi tanah pada suatu areal.

### 2.2.1. Universal Soil Loss Equation (USLE)

Suatu model parametrik untuk memprediksi erosi dari suatu bidang tanah telah dilaporkan oleh Wischmeier dan Smith (1965, 1978), dinamai the Universal Soil Loss Equation (USLE). USLE memungkinkan perencanaan menduga laju rata-rata erosi suatu bidang tanah tertentu pada suatu kecuraman lereng dengan pola hujan tertentu untuk setiap macam penanaman dan pengelolaan (tindakan konservasi tanah) yang mungkin dilakukan atau digunakan (Arsyad, 2010).



USLE dikembangkan di National Runoff and Soil Loss Date Centre yang didirikan dalam tahun 1954 oleh The Science and Education Administration Amerika Serikat (dahulu namanya Agricultural Reseach Service) bekerja sama dengan Universitas Purdue (Wichmeier dan Smith,1978 dalam Arsyad, 2010).

Wishmeier dan Smith (1960) dalam Arsyad, (2010) mengembangkan rumus untuk memprediksi laju erosi yang dikenal dengan istilah “ Universal Soil Loss Equation” USLE yang persamaannya adalah :

$$A = R \times K \times L \times C \times P$$

dimana :

$A$  = Banyaknya tanah tererosi dalam ton/ha/tahun

$R$  = Faktor curah hujan, yaitu jumlah satuan indeks erosi hujan, yang merupakan perkalian antara energi hujan total ( $E$ ) dengan intensitas hujan maksimum 30 menit ( $I_{30}$ ),

$K$  = Faktor erodibilitas tanah, yaitu laju erosi per unit indeks erosi untuk suatu tanah yang diperoleh dari petak homogen percobaan standar, dengan panjang 72,6 kaki (22 m) terletak pada lereng 9 % tanpa tanaman;

$L$  = Faktor panjang lereng 9 %, yaitu nisbah erosi dari tanah dengan panjang lereng tertentu dan erosi dari tanah dengan panjang lereng 72,6 kaki (22 m) di bawah keadaan yang identik;

$S$  = Faktor kecuraman lereng, yaitu nisbah antara besarnya erosi dari suatu tanah dengan kecuraman lereng tertentu, terhadap besarnya erosi dari tanah dengan lereng 9 % di bawah keadaan yang identik;

$C$  = Faktor vegetasi penutup tanah dan pengelolaan tanaman, yaitu nisbah besarnya erosi dari suatu areal dengan vegetasi penutup dan



pengelolaan tanaman tertentu terhadap besarnya erosi dari tanah yang identik tanpa tanaman;

$P$  = Faktor tindakan konservasi tanah, yaitu nisbah antara besarnya erosi dari tanah yang diberi perlakuan tindakan konservasi tanah seperti pengelolaan menurut kontur, penanaman dalam strip atau teras terhadap besarnya erosi dari tanah yang diolah searah lereng dalam keadaan yang identik.

Pada metode USLE, perkiraan besarnya erosi adalah dalam kurun waktu per tahun (tahunan) dan, dengan demikian, harga rata-rata faktor R dihitung dari data curah hujan tahunan sebanyak mungkin. Besarnya erosi diperoleh dari perkalian faktor-faktor yang berkaitan dengan curah hujan, jenis tanah, panjang dan kemiringan lereng, sistem tanam dan tindakan konservasi tanah dan air yang diterapkan di lokasi kajian.

Wischmeier (1979) dan Seta (1987) dalam Triwanto (2012) mengemukakan bahwa USLE dapat dipergunakan untuk ;

1. Meramalkan kisaran kehilangan tanah tahunan dari suatu lahan miring dari kondisi penggunaan lahan yang khusus.
2. Meramalkan petunjuk dalam memilih sistem pengelolaan pertanaman dan praktek konservasi secara mekanis pada suatu lahan miring.
3. Meramalkan perubahan kehilangan tanah yang akan dihasilkan akibat adanya perubahan sistem pengelolaan pertanaman dan praktek konservasi secara mekanis pada suatu lahan.



an bagaimana praktik-praktik konservasi harus dilakukan agar  
n cara pengelolaan pengelolaan lahan yang lebih intensif.

5. Meramalkan kehilangan tanah dari penggunaan lahan diluar pertanian.
6. Memberikan perkiraan kehilangan tanah suatu lahan untuk para pakar konservasi, sehingga dapat digunakan sebagai referensi untuk menentukan strategi konservasi yang diinginkan

### 2.2.2. Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)

Nilai erosi juga bisa diprediksi dengan menggunakan metode RUSLE (*Revised Universal Soil Loss Equation*) yang merupakan pengembangan metode penaksiran erosi tanah dari metode USLE. RUSLE adalah metode perhitungan yang dapat digunakan untuk evaluasi tapak dan tujuan perencanaan dan untuk membantu dalam proses keputusan memilih tindakan pengendalian erosi. Ini memberikan perkiraan tingkat keparahan erosi. Hal ini juga akan memberikan nomor untuk membuktikan manfaat dari tindakan pengendalian erosi yang direncanakan, seperti keuntungan dari menambahkan parit pengalihan atau mulsa (Hadiharyanto, 2003).

Model RUSLE masih tetap mempertahankan struktur USLE yaitu tetap menggunakan variable R (erosivitas hujan/aliran permukaan), K (erodibilitas tanah), LS (Panjang lereng dan kemiringan lahan), C (Pengelolaan tanaman), P (tindakan konservasi) untuk menghitung laju erosi, hanya saja yang menjadi pembeda dari metode USLE yaitu faktor indeks erosivitas hujan (R) dimana curah hujan yang kurang dari 6,35 mm tidak dimasukkan dalam perhitungan, dan distribusi R sebagai persentase terhadap nilai tahunan, digunakan periode 15 hari yaitu untuk setiap penggalan 15 harian setiap bulan (Arsyad. S, 2010)

RUSLE (*Revised Universal Soil Loss Equation*) merupakan an metode penaksiran erosi tanah dari metode USLE (*Universal*



*Soil Loss Equation*) yang diperkenalkan oleh Wschmeier dan Smith (1978), yaitu dengan mengganti faktor faktor energi pukulan air hujan (*rainfall energy factor*) dengan faktor aliran permukaan (*runoff factor*) yang merupakan fungsi dari hasil volume aliran permukaan dan puncak laju aliran permukaan (*peak runoff rate*) (William, 1975; Onstad dan Foster *et al*, 1977; Foster *et al*, 1980) dalam Hadiharyanto (2003). Berikut di bawah ini persamaan RUSLE yang dikembangkan dari persamaan USLE yaitu dengan mengganti faktor indeks erosivitas hujan (R), diganti dengan faktor indeks erosivitas hujan (R), diganti dengan faktor indeks erosivitas hujan-aliran permukaan (*Rm/ rainfall-runoff erosivity*) sebagai berikut (Williams, 1975):

$$R_m = a (V Q_p)^b$$

Dimana :  $R_m$  = Erosivitas hujan-aliran permukaan

$V$  = Volume aliran permukaan dalam  $m^3$

$Q_p$  = Puncak laju aliran permukaan dalam  $m^3/dt$

$a$  = 11,80

$b$  = 0,56

(Catatan : nilai  $a$  dan  $b$  perlu dikalibrasi dengan penerapan di tempat berbeda)

Pada penetapan besarnya Metode RUSLE selengkapnya dapat ditulis persamaan yang dikembangkan berdasarkan dari metode USLE yaitu dengan mengganti faktor R dengan  $R_m$  sebagai berikut :

$$A = a (V Q_p)^b K L S C P$$

Dimana : Hasil sedimen (*sediment yield*) dalam ton/Ha



an Hidrologi Metode RUSLE

Dalam upaya memperkirakan besarnya tingkat erosi pada DAS dilakukan pendekatan dengan persamaan RUSLE (Williams, 1975) dalam Hadiharyanto (2003) nilai faktor tindakan konservasi adalah berdasarkan tabel yang telah disusun berdasarkan nilai-nilai penelitian erosi.

Model RUSLE dapat digunakan untuk memprediksi erosi lembar dan erosi alur. Kekuatan dari model RUSLE adalah disebabkan karena model tersebut dibangun berdasarkan hasil pertemuan nasional masyarakat konservasi tanah dan air di Amerika Serikat pada tahun 1993 yang membahas data erosi tanah pada areal lebih dari 10.000 plot peneliti erosi tahunan (Renald *et al.*, 1996 dalam Widjajanto, 2006).

Menurut Widjajanto (2006), model RUSLE telah diperbaiki berdasarkan kelemahan model USLE sehingga menghasilkan pokok-pokok pemikiran sebagai berikut ;

Model RUSLE dapat berjalan lebih efektif dan efisien dari pada penggunaan data erosi tanah absolut.

Prediksi kehilangan tanah pada jangka panjang dapat dimungkinkan dilakukan dengan lebih baik dibandingkan dengan penggunaan prediksi erosi tanah pada setiap kejadian hujan.

Verifikasi model yang dilakukan berdasarkan penggunaan data kelerengan dengan menggunakan sistem informasi geografi (SIG) dan *Digital Elevation Model* (DEM) memungkinkan untuk digunakan dalam mengevaluasi erosi dalam skala ruang yang lebih besar dan kompleks.



RUSLE dapat digunakan untuk prediksi erosi pada skala DAS  
DAS.

Model RUSLE juga dapat digunakan berdasarkan kawasan yang lebih luas dengan mempertimbangkan perubahan kondisi geografis setempat sehingga kesalahan-kesalahan dalam aplikasinya dapat dikurangi.

### 2.3. Daerah Aliran Sungai (DAS)

Menurut Departemen Kehutanan (2009), 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, yang batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan.

Daerah aliran sungai (DAS) memiliki 3 komponen utama yang menjadi ciri khas atau penciri utamanya, yaitu: (1) suatu wilayah yang dibatasi oleh puncak gunung/bukit dan punggung/igir-igirnya; (2) hujan yang jatuh di atasnya diterima, disimpan, dan dialirkan oleh sistem sungai; dan (3) sistem sungai itu keluar melalui satu outlet tunggal. Selanjutnya beberapa ahli DAS membuat suatu kesimpulan bahwa DAS merupakan: (1) suatu wilayah bentang lahan dengan batas topografi; (2) suatu wilayah kesatuan hidrologi; dan (3) suatu wilayah kesatuan ekosistem (Kementerian Kehutanan, 2013).

Daerah Aliran Sungai yang selanjutnya disebut 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, yang batas di

kan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah  
g masih terpengaruh aktivitas daratan (Peraturan Pemerintah



Nomor 37, 2012). Sub DAS adalah bagian DAS yang menerima air hujan dan mengalirkannya melalui anak sungai ke sungai utama. Setiap DAS terbagi habis di dalam Sub-sub DAS (Kementerian Kehutanan, 2013).

DAS disebut juga sebagai *watershed* atau *catchment area*. DAS ada yang kecil dan ada juga yang sangat luas. DAS yang sangat luas bisa terdiri dari beberapa sub DAS dan sub DAS bisa terdiri dari beberapa sub-sub DAS, tergantung dari banyaknya anak sungai dari cabang sungai yang ada, yang merupakan bagian dari suatu sistem sungai utama (Asdak, 2010).

### 2.3.1. Komponen-Komponen Ekosistem DAS

Ekosistem adalah suatu sistem ekologi yang terdiri atas beberapa komponen yang saling berintegrasi sehingga membentuk suatu kesatuan. Sistem tersebut mempunyai sifat tertentu, tergantung pada jumlah dan jenis komponen yang menyusunnya. Daerah aliran sungai dapatlah dianggap sebagai suatu ekosistem. Dalam suatu ekosistem tidak ada satu komponenpun yang berdiri sendiri, melainkan mempunyai keterkaitan dengan komponen lainnya, langsung tidak langsung, besar atau kecil. Sehingga setiap aktivitas suatu komponen ekosistem selalu memberi pengaruh pada komponen ekosistem yang lain.

Daerah aliran sungai (DAS) biasanya dibagi menjadi daerah hulu, tengah dan hilir berdasarkan ekosistemnya. Daerah hulu merupakan daerah konservasi yang mempunyai kerapatan drainase lebih tinggi dan memiliki kemiringan lahan yang besar. Sementara daerah hilir merupakan daerah

kerapatan drainase lebih kecil dan memiliki kemiringan lahan sampai dengan sangat kecil. DAS bagian tengah merupakan daerah





transisi dari kedua bagian DAS yang berbeda tersebut. Ekosistem DAS hulu merupakan bagian yang penting, karena mempunyai fungsi perlindungan terhadap seluruh bagian DAS. Perlindungan ini antara lain dari segi fungsi tata air. Perencanaan DAS hulu sering kali menjadi fokus perencanaan mengingat bahwa dalam suatu DAS, daerah hulu dan hilir mempunyai keterkaitan biofisik melalui daur hidrologi (Asdak, 2010).

Menurut Kartodihardjo (2008) daerah aliran sungai merupakan suatu megasistem kompleks yang dibangun atas sistem fisik (*physical systems*), sistem biologis (*biological systems*) dan sistem manusia (*human systems*). Setiap sistem dan Sub-Sub sistem di dalamnya saling berinteraksi. Dalam proses ini peranan tiap-tiap komponen dan hubungan antar komponen sangat menentukan kualitas ekosistem DAS. Tiap komponen tersebut memiliki sifat yang khas dan keberadaannya tidak berdiri sendiri, melainkan berhubungan dengan komponen lainnya membentuk kesatuan sistem ekologis (ekosistem). Gangguan terhadap salah satu komponen ekosistem akan dirasakan oleh komponen lainnya dengan sifat dampak yang berantai. Keseimbangan ekosistem akan terjamin apabila kondisi hubungan timbal balik antar komponen berjalan dengan baik dan optimal.

Komponen-komponen ekosistem DAS khususnya ekosistem DAS bagian hulu umumnya dapat dipandang sebagai suatu ekosistem pedesaan. Ekosistem ini terdiri atas empat komponen utama yaitu desa, sawah/ ladang, sungai dan hutan. Komponen-komponen tersebut dapat berbeda dari satu DAS ke DAS

antung kepada keadaan daerah hulu DAS tersebut. Keempat tersebut berinteraksi timbal-balik sangat erat, sehingga apabila



terjadi perubahan pada salah satu komponennya, ia akan mempengaruhi komponen lainnya dan seterusnya. Sebagai contoh, masalah degradasi lingkungan yang sering terjadi akhir-akhir ini berpangkal pada komponen desa. Pertambahan jumlah penduduk yang cepat menyebabkan perbandingan antara jumlah penduduk dengan lahan pertanian tidak berimbang. Hal ini telah menyebabkan pemilikan lahan pertanian semakin sempit. Keterbatasan lapangan kerja dan kendala ketrampilan menyebabkan kecilnya pendapatan petani. Keadaan ini mendorong kebanyakan petani untuk merambah hutan dan lahan tidak produktif sebagai lahan pertanian. Lahan yang kebanyakan marginal apabila diusahakan dengan cara-cara yang mengabaikan kaidah-kaidah konservasi tanah rentan terhadap erosi dan tanah longsor ( Departemen kehutanan, 2006).

Waryono, (2004) mengemukakan bahwa komponen lingkungan hidup dalam DAS, ditelah berdasarkan penggunaan lahan/tanah. Pada dasarnya penggunaan tanah dibedakan menjadi: (a) hutan, (b) permukiman, (c) kebun/pekarangan, (d) perkebunan, (e) persawahan, (f) kawasan tandon air, dan sebagainya. Walaupun pemahaman terhadap komponen lingkungan hidup di sekitar sungai (tepi sungai) sama pengertiannya dalam DAS, akan tetapi jangkauan wilayahnya lebih sempit, yaitu antara 100-500 meter pada kanan dan kiri badan sungai. Pengertian komponen lingkungan hidup pada tepi sungai meliputi (a) badan sungai, (b) bantaran sungai, dan (c) hamparan lahan sejauh minimal 100 meter dari kanan dan kiri sungai.



### 2.3.2. Pengelolaan Daerah Aliran Sungai

Pengelolaan DAS adalah upaya manusia dalam mengendalikan hubungan timbal balik antara sumber daya alam dengan manusia di dalam DAS dan segala aktifitasnya, dengan tujuan membina kelestarian dan keserasian ekosistem serta meningkatkan kemanfaatan sumber daya alam bagi manusia secara berkelanjutan (Departemen Kehutanan, 2009b).

Pengelolaan DAS merupakan pengelolaan sumber daya alam yang dapat pulih dalam sebuah DAS yang dilakukan terus menerus untuk memelihara keseimbangan untuk pemanfaatannya. Menurut Departemen Kehutanan (2000), bahwa pengelolaan DAS meliputi :

- 1) Pengelolaan sumber daya alam yang dapat diperbaharui
- 2) Pemenuhan kebutuhan manusia untuk sekarang dan masa dating
- 3) Kelestarian dan keserasian ekosistem (lingkungan hidup)
- 4) Pengendalian hubungan timbal balik antara sumber daya alam dengan manusia
- 5) Penyediaan air, pengendalian erosi, banjir dan sedimentasi.

Pengelolaan DAS adalah upaya dalam mengelola hubungan timbal balik antara sumberdaya alam dengan sumber daya manusia di dalam DAS dan segala aktivitasnya untuk mewujudkan kemanfaatan sumberdaya alam bagi kepentingan pembangunan dan kelestarian ekosistem DAS serta kesejahteraan masyarakat Departemen Kehutanan (2009). Menurut Asdak 2010 dalam merencanakan pengelolaan DAS, perubahan tataguna lahan (perubahan dari

menjadi lahan pertanian atau bentuk tataguna lahan lainnya) serta pemiringan dan panjang lereng misalnya pembuatan teras menjadi



salah satu fokus aktivitas perencanaan pengelolaan DAS untuk mencegah terjadinya erosi dan dampak-dampak negatif lainnya.

Asdak (2010) menyatakan bahwa secara konseptual, pengelolaan DAS dipandang sebagai suatu sistem perencanaan terhadap: (1) aktivitas pengelolaan sumberdaya termasuk tata guna lahan, praktek pengelolaan dan pemanfaatan sumberdaya setempat dan praktek pengelolaan sumberdaya di luar daerah kegiatan program atau proyek; (2) alat implementasi untuk menempatkan usaha-usaha pengelolaan DAS se-efektif mungkin melalui elemen-elemen masyarakat dan perseorangan; dan (3) pengaturan organisasi dan kelembagaan di wilayah proyek dilaksanakan.

Konsep pengelolaan DAS yang baik perlu didukung oleh kebijakan yang dirumuskan dengan baik pula, sehingga mampu mendorong praktek-praktek pengelolaan lahan yang kondusif terhadap pencegahan degradasi tanah dan air. Program-program pengelolaan DAS yang bertujuan untuk meningkatkan produktivitas lahan sebaiknya tidak mengabaikan perlunya menerapkan praktek pengelolaan DAS yang berwawasan lingkungan. Demikian pula halnya praktek pengelolaan DAS untuk menurunkan laju erosi dan sedimentasi serta permasalahan yang berkaitan dengan sumberdaya air, seharusnya tidak mengabaikan pentingnya peranan DAS bagian hulu dalam menghasilkan barang dan jasa. Isu penting yang perlu dikemukakan adalah bagaimana dapat menyusun strategi pengelolaan DAS bagian hulu yang dapat meningkatkan pendapatan penghuni DAS yang bersangkutan melalui pemanfaatan

alam yang berwawasan lingkungan (Arsyad, 2010).



Meningkatnya erosi dan tanah longsor di daerah tangkapan air pada gilirannya akan meningkatkan muatan sedimen di sungai bagian hilir. Demikian juga dengan perambahan hutan untuk kegiatan pertanian telah meningkatkan koefisien air larian (runoff coefficient), dan seterusnya akan meningkatkan jumlah air hujan yang menjadi air larian dan debit sungai. Dalam skala besar, dampak kerusakan hutan akibat perambahan adalah terjadinya gangguan perilaku aliran sungai, yaitu pada musim hujan debit air meningkat tajam sementara pada musim kemarau debit air sangat rendah. Dengan demikian resiko banjir pada musim hujan dan kekeringan pada musim kemarau selalu meningkat (Departemen Kehutanan, 2003).

#### **2.4. Sistem Informasi Geografis (SIG)**

Sistem Informasi Geografi (SIG) merupakan suatu komponen yang terdiri dari perangkat keras, perangkat lunak, data geografis, dan sumberdaya manusia yang bekerja secara efektif untuk memasukkan, menyimpan, memperbaiki, memperbaharui, mengelola, memanipulasi, mengintegrasikan, menganalisa, dan menampilkan data dalam suatu informasi berbasis geografis (GIS Konsorsium Aceh Nias, 2007).

Sistem informasi geografis (SIG) adalah sistem yang berbasiskan komputer (CBIS) yang digunakan untuk menyimpan dan memanipulasi informasi-informasi geografis. SIG dirancang untuk mengumpulkan, menyimpan, dan menganalisis objek-objek dan fenomena di mana lokasi geografis merupakan karakteristik yang penting atau kritis untuk dianalisis.

Sistem informasi geografis diperlukan dalam analisis sumberdaya yang memiliki kemampuan dalam menyimpan, menganalisis, dan



memanipulasi informasi-informasi geografi dan kemampuan untuk melakukan tumpang susun antar beberapa parameter, serta mampu memvisualisasikan hasil pengolahan spasial citra penginderaan jauh (Sari, *et al* 2013).

Secara umum, sistem informasi geografis dapat memberikan informasi yang mendekati, kondisi dunia nyata, memprediksi suatu hasil dan perencanaan strategis. Sumber informasi geografi selalu mengalami perubahan dari waktu ke waktu (bersifat dinamis), sejalan dengan perubahan gejala alam dan gejala sosial. Setidaknya informasi yang diperlukan harus memiliki ciri-ciri yang dimiliki ilmu lain, yaitu (Romenah, 2005):

- a. Merupakan pengetahuan (*knowledge*) hasil pengalaman.
- b. Tersusun secara sistematis, artinya merupakan satu kesatuan yang tersusun secara berurut dan teratur.
- c. Logis, artinya masuk akal dan menunjukkan sebab akibat.
- d. Objektif, artinya berlaku umum dan mempunyai sasaran yang jelas dan teruji.

Sistem Informasi Geografis (SIG) terdiri dari sub sistem pemrosesan, sub sistem analisis data dan sub sistem yang menggunakan informasi. Sub sistem pemrosesan data mencakup pengambilan data, input dan penyimpanan. Sub sistem analisis data mencakup perbaikan, analisis dan keluaran informasi dalam berbagai bentuk. Sub sistem yang memakai informasi memungkinkan informasi relevan diterapkan pada suatu masalah (Lo, 1996 dalam Anila 2017).

Sistem Informasi Geografis (SIG) dipergunakan untuk membentuk basis

data yang mantap sebagai bahan pengambilan keputusan yang berkaitan dengan areal atau kawasan hutan. Karena data



yang dikelola dalam basis data ini berkaitan dengan ruang atau posisi geografis data dimaksud, maka data ini disebut data spasial. Dengan adanya SIG, maka data dan informasi kehutanan baik yang bersifat deskriptif, maupun numerik/angka akan tertata dengan baik dan terpetakan secara rapi menggunakan teknologi digital, sehingga memudahkan kita untuk memperbarui dan mengaktualkan datanya (*editing*), serta mempergunakannya secara akurat dan cepat untuk keperluan analisis (Lillesand dan Kiefer,1994).

SIG tidak terlepas dari perangkat lunak yang digunakan dalam sistem komputernya. Banyak perangkat lunak yang telah digunakan untuk mendukung kemudahan pengolahan data seperti ER Mapper, Map Info, Arc Info, ER DAS, Arc View dan Arc GIS. Arc View merupakan sebuah perangkat lunak pengolah data spasial yang memiliki berbagai keunggulan yang dapat dimanfaatkan oleh kalangan pengolah data spasial. Arc View memiliki kelebihan pada fasilitas pengolah data spasial seperti penajaman, penghalusan, penyaringan dan klasifikasi. Selain itu perangkat lunak ini sangat berperan dalam editing data digital berformat vektor, yang berkemampuan mengolah data digital dan editing serta layout hasil olahan data digital tersebut (Budiyanto, 2002).

Sistem informasi geografi dapat diuraikan menjadi beberapa sub-sistem sebagai berikut, (GIS Konsorsium Aceh Nias, 2007):

a. Data Input

Sub-sistem ini bertugas untuk mengumpulkan, mempersiapkan, dan

ata spasial dan atributnya dari berbagai sumber. Sub sistem ini bertanggung jawab dalam mengonversikan atau mentransformasikan



format-format data aslinya ke dalam format yang dapat digunakan oleh perangkat sistem informasi geografis yang bersangkutan.

b. Data Ouput

Sub-sistem ini bertugas untuk menampilkan atau menghasilkan keluaran (termasuk mengekspornya ke format yang dikehendaki) seluruh atau sebagian basis data (spasial) baik dalam bentuk *softcopy* maupun *hardcopy* seperti halnya tabel, grafik, report, peta, dan lain sebagainya.

c. Data Management

Sub-sistem ini mengorganisasikan baik data spasial maupun tabel-tabel atribut terkait ke dalam sebuah sistem basis data sedemikian rupa sehingga mudah dipanggil kembali atau diupdate, dan diedit.

d. Data Manipulation dan Analisis

Sub-sistem ini menentukan informasi-informasi yang dapat dihasilkan oleh sistem informasi geografi. Selain itu sub-sistem ini juga melakukan manipulasi (evaluasi dan penggunaan fungsi-fungsi dan operator matematis dan logika) dan permodelan data untuk menghasilkan informasi yang diharapkan.

Manfaat utama penggunaan sistem informasi spasial dengan komputer dibandingkan dengan metode pembuatan peta tradisional dan masukan data manual atau informasi manual, adalah memperkecil kesalahan manusia, kemampuan memanggil kembali peta tumpangsusun dari data SIG secara cepat, menggabungkan tumpangsusun tersebut, tetapi penggabungan batas

an untuk memperbaharui dengan memperhatikan perubahan data statistik dan batas-batas dan area yang nampak pada peta.





Pelabelan perubahan dapat dicek secara cepat pada layer video dari sistem tersebut (Howard, 1996 dalam Anila 2017).

Sistem Informasi Geografis dapat mempermudah proses visualisasi dan eksplorasi geografis dari data sekunder yang diperoleh khususnya dalam mengidentifikasi tingkat bahaya erosi (Giyanti, 2014). Dengan SIG akan dimudahkan dalam melihat fenomena kebumihan dengan perspektif yang lebih baik. SIG mampu mengakomodasi penyimpanan, pemrosesan, dan penayangan data spasial digital bahkan integrasi data yang beragam, mulai dari citra satelit, foto udara, peta bahkan data statistik. Dengan tersedianya komputer dengan kecepatan dan kapasitas ruang penyimpanan besar seperti saat ini, SIG akan mampu memproses data dengan cepat dan akurat dan menampilkannya. SIG juga mengakomodasi dinamika data, pemutakhiran data yang akan menjadi lebih mudah (Wibowo *et al.*, 2015).

## **2.5. SWAT (*Soil and Water Assessment Tool*)**

SWAT (*Soil and Water Assessment Tool*) merupakan model hidrologi berbasis fisik (*physics based*) untuk kejadian kontinyu (*continuous event*) yang dikembangkan untuk memprediksi dampak praktek pengelolaan lahan terhadap air, sedimen dan kimia pertanian dalam skala yang besar, yaitu Daerah Aliran Sungai (DAS) yang kompleks dengan mempertimbangkan variasi jenis tanah, penggunaan lahan, dan kondisi pengelolaan yang bervariasi untuk jangka waktu yang lama. Model ini dikembangkan oleh Dr. Jeff Arnold pada awal tahun 1990-an dari hasil kerjasama antara Universitas Purdue, Universitas A & M,

*United States Department of Agriculture (USDA)-Agricultural Service (ARS) dari gabungan berbagai model seperti Simulator for*



*Water Resources in Rural Basin (SWWRRB), Chemical, Runoff, and Erosion from Agricultural Management System (CREAMS), Groundwater Loading Effects on Agricultural Management System (GREAMS) dan Erosian Productivity Impact Calculator (EPIC) (Neitsch et al., 2011). Model SWAT terus berkembang dan menggabungkan model kinematik untuk distribusai aliran dan kualitas air dengan model QUAL2K (Mulyana, 2012 dalam Anila, 2017).*

Permodelan SWAT membagi analisis menjadi lokasi yang lebih kecil berupa unit perhitungan dimana variasi spasial sifat fisik utama terbatas, dan Proses hidrologi dapat diperlakukan dalam pola yang sama. Perilaku tangkapan total adalah analisis dari sub-sub DAS penyusun DAS. Dalam analisis salah satu data yang digunakan yaitu Peta tanah dan peta tutupan lahan di dalam batas sub-DAS yang akan menghasilkan kombinasi unik. Setiap kombinasi akan dianggap homogen dalam bentuk fisik, yaitu Unit Respon Hidrologi (HRU). Total air untuk HRU dihitung berdasarkan data harian. Oleh karena itu, SWAT akan membagi wilayah sungai menjadi satuan yang memiliki karakteristik serupa di tanah dan tutupan lahan dan berada di sub-basin yang sama (Droogers dan Loon, 2007).

Simulasi hidrologi pada daerah aliran sungai dapat dibagi menjadi dua yaitu:

- a. Fase lahan pada daur hidrologi yang mengatur jumlah air, sedimen, unsur hara dan pestisida pada pengisian saluran utama pada tiap sub das.
- b. Fase air pada daur hidrologi yang berupa pergerakan air, sedimen dan melalui saluran sungai pada DAS menuju outlet.



Pada studi DAS umumnya akan dilakukan klasifikasi berdasarkan tipe penutupan lahan dominan dan jenis tanah dominan. Perhitungan limpasan menggunakan dengan metode *Soil Conservation Cervices* (SCS) dan modifikasi nilai *curve number* (CN) yang telah berhasil digunakan pada berbagai tipe grup hidrologi. Model SWAT berbasis DAS, kontinyu dengan step waktu harian, yang didesain untuk mengatur sumberdaya air, sedimen, dan limbah kimiawi dari pertanian dalam suatu DAS. Pemodelan SWAT dapat mensimulasikan dalam jangka waktu lama, efisien, dengan komponen model yang terdiri dari parameter cuaca, hidrologi, tanah, nutrient, pestisida, bakteri patogen dan sistem pengolahan tanah.

Menurut Neitsch *et al* (2011), SWAT memungkinkan untuk diterapkan dalam berbagai analisis serta simulasi dalam suatu DAS. Informasi data masukan pada tiap sub das kemudian dilakukan pengelompokan atau disusun dalam kategori: iklim, unit respon hidrologi (HRU), tubuh air, air tanah, dan sungai utama sampai pada drainase pada sub das. Unit respon hidrologi pada tiap subdas terdiri dari variasi penutup lahan, tanah dan manajemen pengelolaan. Siklus hidrologi, proses yang diperhitungkan dalam model SWAT yang terjadi di dalam DAS didasarkan kepada neraca air. Persamaan matematis, komponen hidrologi neraca air yang berlaku pada model SWAT yaitu:

$$SW_t = SW_0 + \sum^t (R_{day} - Q_{surf} - E_a - W_{sep} - Q_{gw})$$

Keterangan:



: Kandungan lengas tanah pada akhir waktu t (mm)

: Kandungan lengas tanah pada awal waktu i (mm)

- $R_{\text{day}}$  : Presipitasi/hujan harian pada waktu/hari  $i$  (mm)
- $Q_{\text{surf}}$  : Jumlah limpasan permukaan pada waktu/hari  $i$  (mm)
- $E_a$  : Jumlah evapotranspirasi pada waktu/hari  $i$  (mm)
- $W_{\text{sep}}$  : Jumlah air yang memasuki zona vadose pada profil tanah (perkolasi) pada waktu/hari  $i$  (mm)
- $Q_{\text{gw}}$  : Jumlah air, aliran balik/kembali (mm)
- $i$  dan  $t$  :  $i = 1, t =$  menunjukkan waktu (hari)

Hasil utama model SWAT adalah kondisi hidrologi berupa nilai debit, erosi, dan sedimen terangkut. Nilai-nilai tersebut mencerminkan kondisi hidrologi terkait kinerja DAS seperti Koefisien Regim Sungai (KRS), *Sediment Delivery Ratio* (SDR), dan nilai *coefficient runoff* (C). Kinerja model diukur dengan cara validasi, yaitu kalibrasi dan verifikasi menggunakan kriteria statistik  $R^2$  (*Coefficient of Determination*), Ef atau NSE (*Nash-Sutcliffe model Efficiency*) dan PBIAS (*percent bias*) (Hidayat *et al.*, 2016).

## 2.6. Kerangka Pikir Penelitian

Kerangka penelitian ini dimulai dari, erosi adalah peristiwa hilangnya atau terkikisnya tanah dari satu tempat ke tempat yang lain oleh media berupa air ataupun angin. Erosi menyebabkan hilangnya lapisan tanah yang subur dan baik untuk pertumbuhan tanaman serta berkurangnya kemampuan tanah untuk menyerap dan menahan air.

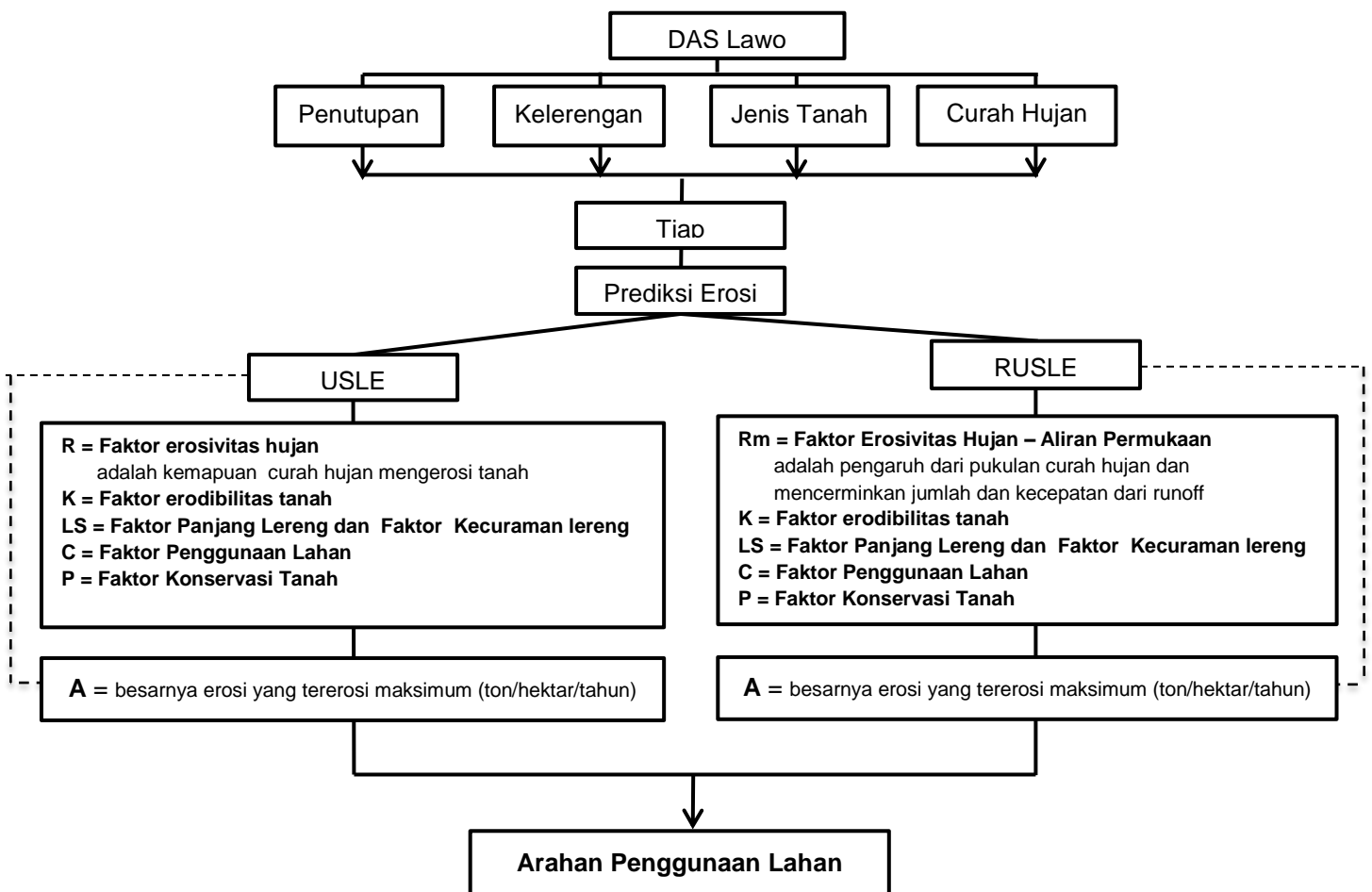
Daerah Aliran Sungai Lawo adalah salah satu DAS yang mengalami erosi. Lalu erosi yang terjadi pada setiap penggunaan lahan bisa diprediksi.

Hal ini sangat bermanfaat untuk menentukan cara pencegahan erosi dan pengelolaan tanah pada umumnya, sehingga kerusakan tanah oleh



erosi dapat ditekan sekecil mungkin. Prediksi erosi adalah metode untuk memperkirakan laju erosi yang akan terjadi dari tanah yang digunakan untuk penggunaan lahan dan pengelolaan tertentu.

Pendugaan laju erosi dapat dilakukan dengan beberapa persamaan seperti Universal Soil Loss Equation (*USLE*) dan Revised Universal Soil Loss Equation (*RUSLE*). Kedua model ini merupakan alat untuk memprediksi erosi dalam perencanaan konservasi tanah pada suatu lahan usaha tani. Sehingga menghasilkan kerangka penelitian seperti pada bagan Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka Pikir Penelitian

