

**PENDUGAAN SEDIMENTASI PADA DAS MAMASA DI
KAB. MAMASA PROPINSI SULAWESI BARAT**

AISYAH ALIMUDDIN L.
G 621 08 013



**PROGRAM STUDI KETEKNIKAN PERTANIAN
JURUSAN TEKNOLOGI PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2012**

**PENDUGAAN SEDIMENTASI PADA DAS MAMASA DI KAB.MAMASA
PROPINSI SULAWESI BARAT**

AISYAH ALIMUDDIN L.

G 621 08 013

Skripsi Hasil Pertanian
Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar
Sarjana Teknologi Pertanian

Pada

Program Studi Keteknikan Pertanian
Jurusan Teknologi Pertanian
Fakultas Pertanian
Universitas Hasanuddin

PROGRAM STUDI KETEKNIKAN PERTANIAN

JURUSAN TEKNOLOGI PERTANIAN

FAKULTAS PERTANIAN

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2012

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Penelitian : Pendugaan Sedimentasi pada DAS Mamasa di Kab.Mamasa
Propinsi Sulawesi Barat

Nama : Aisyah Alimuddin L.

Stambuk : G 621 08 013

Program Studi : Keteknikan Pertanian

Disetujui Oleh:

Tim Pembimbing

Pembimbing I

Pembimbing II

Ir. Totok Prawitosari, MS.
NIP. 19520217 198303 1 003

Dr. Suhardi, STP, MP
NIP. 19520217 198303 1 003.

Mengetahui,

Ketua Jurusan
Teknologi Pertanian

Ketua Panitia Ujian Sarjana
Jurusan Teknologi Pertanian

Prof. Dr. Ir. Mulyati M.Tahir, MS
NIP 19570923 198312 2 001

Dr.Ir. Sitti Nur Faridah, MP
NIP. 19681007 199303 2 002

Tanggal Pengesahan : 2012

ABSTRAK

AISYAH ALIMUDDIN L. (G62108013). Pendugaan Sedimentasi pada DAS Mamasa di Kab. Mamasa Propinsi Sulawesi Barat. Dibawah Bimbingan **TOTOK PRAWITOSARI** dan **SUHARDI**.

Daerah Aliran Sungai (DAS) Mamasa merupakan DAS multifungsi yang digunakan sebagai air baku bagi masyarakat diantaranya, sumber irigasi dan Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) yang saat ini beroperasi di Waduk PLTA Bakaru. Kondisi sedimentasi di PLTA Bakaru sudah memprihatinkan sehingga akan berdampak pada pengoperasian waduk yang tidak optimal lagi. Untuk itu dengan adanya perencanaan bangunan *Chek Dam* sebagai bangunan pengendali sedimen diharapkan dapat membantu untuk meminimalisir masuknya sedimen pada waduk. Penelitian ini bertujuan untuk menduga besarnya total sedimen serta nilai hasil/ produksi sedimen per satuan luas pada empat cakupan perencanaan *Chek Dam*. Penelitian ini menggunakan data primer berupa sampel air dan data sekunder berupa data debit aliran sungai dan laju erosi tanah pada tiap unit lahan, serta Aplikasi WMS (*Watershed Modeling System*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa besarnya total muatan sedimen yang dihasilkan dari keseluruhan cakupan perencanaan *Chek Dam* adalah sekitar 34,81 ton/hari dan termasuk dalam kategori sangat tinggi, kemudian untuk nilai Total Hasil/Produksi sedimen yang dihasilkan dari keseluruhan cakupan perencanaan *Chek Dam* yaitu sekitar 425,06 ton/ha/thn dengan luas DTA 101.768,30 ha, hasil sedimen tertinggi pada *Chek Dam* 3 (Rippung) sekitar 180,55 ton/ha/thn dan *Chek Dam* 4 (Messawa) yaitu sekitar 102,05 ton/ha/thn.

Kata Kunci :DAS Mamasa,Sedimen,*Chek Dam*,Daerah Tangkapan Air (DTA)

BIOGRAFI PENULIS



Aisyah Alimuddin L. lahir di Polewali Mandar pada tanggal 4 Juni 1990, merupakan anak kesembilan dari 9 bersaudara, dari pasangan Drs.H.Alimuddin Lidda dan Hj. Sitti Suhuriyah Aco.

Pendidikan formal yang pernah ditempuh yaitu :

1. TK Perwanida, Polewali Mandar (1995 – 1996)
2. SD Negeri 1 Polewali Mandar (1996 – 2002)
3. SMP Negeri 2 Polewali Mandar (2002 – 2005)
4. SMA Negeri 3 Polewali Mandar (2005 – 2008)
5. Universitas Hasanuddin Makassar Jurusan Teknologi Pertanian Program Studi Keteknikan Pertanian tahun 2008 – 2012

Penulis lulus di Jurusan Teknologi Pertanian Program Studi Keteknikan Pertanian melalui jalur JPPB pada tahun 2008. Penulis yang akrab dipanggil *aisyah* aktif dalam organisasi daerah (Organda).

Karya Ini Ku Persembahkan Untuk

Kedua Orang Tua Ku.....

Aba & Ummi tercinta.....

atas segala limpahan kasih sayang serta doa , nasehat dan didikan yang diberikan selama ini

juga untuk kedelapan kakak ku atas segala bentuk perhatian yang diberikan serta segenap keluarga besarku yang senantiasa memberikan semangat

Tak terkecuali juga kepada sahabat-sahabat ku,

(unhi, teten, devi, icca, imma, nika, fitri, nunu, ainun, itha,edha)

Terhusus untuk salah satu sahabat kami yang sudah lebih dulu menghadap Sang Khalik,

Almarhumah Vivin suryati, yang akan selalu ada di hati kami

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas berkat rahmat dan hidayah-Nya sehingga skripsi ini dapat diselesaikan. Skripsi ini merupakan laporan lengkap hasil penelitian yang berjudul “**Pendugaan Sedimentasi Pada DAS Mamasa di Kab.Mamasa Propinsi Sulawesi Barat**”.

Penyusunan dan penulisan skripsi ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan banyak pihak dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. **Ir. Totok Prawitosari, MS** dan **Dr. Suhardi, STP, MP** sebagai dosen pembimbing yang telah banyak memberikan ilmu, petunjuk, pengarahan, bimbingan, saran, dan dorongan semangat sejak penelitian sampai selesainya penyusunan skripsi ini.
2. **Prof. Dr. Ir. Mulyati M. Tahir, MS** selaku ketua jurusan Teknologi Pertanian atas segala arahan dan bimbingannya.
3. **Dr. Ir. Sitti Nur Faridah, MP** dan **Inge Scorpi Tulliza, STP, MP** selaku dosen penguji yang telah banyak memberikan saran dan koreksi dalam penyusunan skripsi ini.
4. **Dr. Suhardi, STP, MP** selaku penasehat akademik atas segala arahan dan bimbingannya.
5. Rekan-rekan Jurusan Teknologi Pertanian, khususnya Program Studi Keteknikan Pertanian angkatan 2008 dan semua pihak yang telah membantu selama penulis menempuh studi hingga selesainya skripsi ini.

Dengan kerendahan hati penulis mengharapkan adanya masukan dari pembaca apabila terdapat kesalahan/kekeliruan dalam penulisan skripsi ini, dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Makassar, Mei 2012

PENULIS

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
ABSTRAK.....	iii
BIOGRAFI PENULIS.....	iv
LEMBAR PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
I. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan dan Kegunaan.....	2
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Pengelolaan DAS (Daerah Aliran Sungai).....	3
2.2. Debit Aliran Sungai	4
2.3. Pengertian Sedimen dan Sedimentasi	5
2.3.1 Sumber dan Bahan Penggolongan Sedimen	6
2.3.2 Proses Sedimentasi.....	7
2.3.3 Perhitungan Sedimen Layang (<i>Suspended Load</i>).....	8
2.3.4 Perhitungan Sedimen Dasar (<i>Bed Load</i>)	9
2.3.5 Perhitungan SDR (<i>Sediment Delivery Ratio</i>).....	10
2.4. Permasalahan dan Penanggulangan Sedimentasi.....	11
2.5. Hasil Sedimen.....	13

2.6. Bangunan Pengendali Sedimen (<i>Chek Dam</i>).....	15
2.7. USLE (Universal Soil Loss Equation)	16
2.8. WMS (<i>Watershed Modeling System</i>)	16
III. METODOLOGI PERCOBAAN	
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian	18
3.2. Alat dan Peralatan	18
3.3. Metode Analisis Data	18
3.4. Metode Penelitian	18
3.4.1 Penentuan Lokasi	18
3.4.2 Pengambilan Data	19
3.4.3 Pengambilan Sampel Air	19
3.4.4 Analisis Sedimen	19
3.4.5 Perhitungan Total Sedimen	19
3.4.6 Perhitungan SDR (<i>Sediment Delivery Ratio</i>).....	20
3.5. Diagram Alir	22
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1. Keadaan Umum Lokasi.....	23
4.2. Nilai Pengukuran Debit Sungai Mamasa.....	28
4.3. Perhitungan Nilai Qs (Sedimen Melayang)	29
4.4. Perhitungan Nilai Ql (Sedimen Dasar)	29
4.5. Perhitungan Nilai Total Sedimen (S)	30
4.6. Luas Daerah Tangkapan Air (DTA) pada tiap cakupan <i>Chek Dam</i> ..	31
4.7. Perhitungan Nilai SDR	31
4.8. Perhitungan Nilai Hasil/Produksi Sedimen (S_V).....	33
4.8.1 <i>Sediment Rating Curve</i>	34

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan.....	35
5.2. Saran.....	35
DAFTAR PUSTAKA.....	36
LAMPIRAN	38

DAFTAR TABEL

No.	Halaman
1. Tabel Kelas Bahaya Erosi.....	8
2. Jenis Sedimen Menurut Ukurannya	14
3. Nilai Debit Terukur Sungai Mamasa	27
4. Hasil Perhitungan Nilai Cs (konsentrasi sedimen) dan Qs (sedimen melayang) `	28
5. Perhitungan Nilai Sedimen Dasar	28
6. Perhitungan Nilai Total Sedimen.....	29
7. Luas Daerah Tangkapan Air (DTA) pada tiap cakupan <i>Chek Dam</i>	30
8. Perhitungan Nilai SDR	31
9. Perhitungan Nilai Hasil/Produksi Sedimen (S_v)	32

DAFTAR GAMBAR

No	Halaman
1. Gambar Angkutan Sedimen pada Penampang Memanjang Sungai	8
2. Gambar Total Muatan Dasar yang Masuk Sebagai bagian dari sungai atau <i>Dam</i>	14
3. Gambar Diagram Alir	22
4. Gambar Wilayah Administrasi DAS Mamasa	24
5. Gambar Lokasi Pengambilan Sampel Air	25
6. Gambar Luas DAS Mamasa dan Lokasi <i>Chek Dam</i>	26
7. Gambar Sediment Rating Curva	33

DAFTAR LAMPIRAN

No.	Halaman
1. Peta Lokasi Pengambilan Sampel Air	38
2. Peta Wilayah Administrasi DAS Mamasa Propinsi Sulawesi Barat	39
3. Peta DEM DAS Mamasa	40
4. Peta Penggunaan Lahan DAS Mamasa Propinsi Sulawesi Barat	41
5. Hasil Uji Laboratorium Sampel Air di Tiap Cakupan <i>Chek Dam</i>	42
6. Hasil Perhitungan USLE Tahun 2010	46
7. Contoh-Contoh Perhitungan	47
8. Kriteria Penilaian Muatan Sedimen (MS)	49

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

DAS Mamasa merupakan Daerah Aliran Sungai multifungsi yakni merupakan sumber air baku bagi masyarakat yang bermukim di sekitarnya, sumber irigasi, dan sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA). DAS Mamasa berada di dua propinsi, yaitu Provinsi Sulawesi Barat yang merupakan bagian hulu DAS Mamasa dan Provinsi Sulawesi Selatan yang merupakan bagian hilir DAS Mamasa. Ada lima kabupaten yang berada di DAS Mamasa, Kabupaten Mamasa dan Kabupaten Polman di Sulawesi Barat dan Kabupaten Pinrang, Kabupaten Enrekang, serta Kabupaten Tator di Sulawesi Selatan. Secara umum DAS dapat didefinisikan sebagai suatu wilayah, yang dibatasi oleh batas alam, seperti punggung bukit atau gunung, maupun batas batuan seperti jalan atau tanggul, dimana air hujan yang turun di wilayah tersebut memberikan kontribusi aliran ke titik kontrol (*outlet*).

Sedimentasi merupakan salah satu permasalahan yang sangat penting dalam perencanaan bendungan atau *Chek Dam*, karena umur suatu waduk yang berkaitan dengan bendungan ditentukan oleh berapa lama volume tampungan mati (*dead storage*) akan terisi oleh material sedimen yang terendap. Sedimen merupakan hasil proses erosi, baik berupa erosi permukaan, erosi parit atau jenis erosi tanah lainnya. Karena adanya transpor sedimen dari tempat yang lebih tinggi (hulu) ke tempat yang lebih rendah (hilir) hilir dapat menyebabkan pendangkalan waduk, sungai, dan saluran irigasi.

Kondisi sedimentasi atau pengendapan yang terjadi di waduk PLTA Bakaru saat ini sudah sangat memprihatinkan dan berdampak terhadap pengoperasian waduk tersebut tidak optimal lagi. Pada kondisi tertentu, kekeruhan dan kekerasan sedimen yang terbawa bersama aliran air juga dapat menyebabkan kerusakan pada komponen turbin maupun komponen Pembangkit Listrik Tenaga Air lainnya, dan sudah pasti berdampak pula terhadap tenaga listrik yang dibangkitkan oleh PLTA Bakaru. Akibat besarnya sedimentasi yang terjadi pada Waduk PLTA Bakaru, maka ditetapkanlah bahwa hal tersebut merupakan masalah utama yang perlu dan harus mendapat perhatian oleh seluruh pihak yang terlibat dalam pengelolaan PLTA Bakaru (Balitbangda SulSel, 2002).

Berdasarkan dari uraian tersebut, maka dilakukan penelitian guna untuk mengetahui besarnya hasil atau angka produksi sedimen yang dihasilkan dari empat daerah *Chek Dam*, berdasarkan luas DTA pada masing kawasan hulu dan hilir sungai Mamasa, untuk selanjutnya dapat dikendalikan dari perencanaan pembangunan *Chek Dam* di kawasan hulu DAS Mamasa yang terletak di desa Lambanan,serta kawasan hilir yang terletak di desa Salu Bue,desa Rippung dan desa Messawa yang bermuara di waduk PLTA Bakaru, yang kemudian secara tidak langsung akan menimbulkan pengaruh besar terhadap kinerja operasional dari waduk PLTA Bakaru.

1.2. Rumusan Masalah

Dari uraian tersebut di atas maka rumusan masalah pada penelitian ini yaitu bagaimana distribusi total sedimen (S) (*Suspended Load dan Bed Load*) yang dihasilkan dari empat cakupan perencanaan *Chek Dam* diantaranya (Lambanan, Salu Bue, Rippung, dan Messawa) serta bagaimana hubungan antara nilai SDR (*sediment delivery ratio*) dengan Luas DTA untuk selanjutnya akan diperoleh hasil/produksi sedimen (S_Y) untuk tiap cakupan *Chek Dam*.

1.3. Tujuan dan Kegunaan

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah untuk menduga besarnya muatan total sedimen (S) yang dihasilkan, serta hasil/produksi sedimen (S_Y) pada masing-masing empat cakupan perencanaan *Chek Dam* diantaranya (Lambanan, Salu Bue, Rippung, dan Messawa) yang bermuara ke Waduk PLTA Bakaru.

Kegunaan dari penelitian ini adalah sebagai salah satu bahan pertimbangan dan informasi bagi penentuan kebijakan dalam pengembangan teknik konservasi tanah dan air pada DAS Mamasa serta menjadi dasar dalam penentuan efektifitas dalam perencanaan Bangunan Penahan Sedimen (BPS).

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengelolaan Daerah Aliran Sungai

Konsep daerah aliran sungai merupakan dasar dari semua perencanaan hidrologi. Mengingat DAS yang besar pada dasarnya tersusun dari DAS-DAS kecil, dan DAS kecil ini juga tersusun dari DAS-DAS yang lebih kecil lagi. Secara umum DAS dapat didefinisikan suatu wilayah yang dibatasi oleh batas alam, seperti punggung bukit-bukit atau gunung, maupun batas buatan, seperti jalan atau tanggul dimana air hujan yang turun di wilayah tersebut memberi kontribusi aliran ke titik kontrol (*outlet*). Menurut kamus Webster, DAS adalah suatu daerah yang dibatasi oleh pemisah topografi yang menerima hujan, menampung, menyimpan, dan mengalirkan ke sungai dan seterusnya ke danau atau ke laut (Suripin, 2002).

Sehingga usaha-usaha pengelolaan DAS adalah sebuah bentuk pengembangan wilayah yang menempatkan DAS sebagai suatu unit pengelolaan yang pada dasarnya merupakan usaha-usaha penggunaan sumberdaya alam di suatu DAS secara rasional untuk mencapai tujuan produksi yang optimum dalam waktu yang tidak terbatas sehingga distribusi aliran merata sepanjang tahun (Suripin, 2002).

Sungai mempunyai fungsi mengumpulkan curah hujan dalam suatu daerah tertentu dan mengalirkannya ke laut. Sungai itu dapat digunakan juga untuk berjenis-jenis aspek seperti pembangkit tenaga listrik, pelayaran, pariwisata, perikanan, dan lain-lain. Dalam bidang pertanian sungai berfungsi sebagai sumber air yang penting untuk irigasi (Sosrodarsono dan Tominaga, 1994).

Pengelolaan DAS hendaknya terintegrasi dari daerah hulu sampai hilir yang melibatkan semua pihak terkait (*stakeholder*) dengan prinsip satu sungai, satu rencana dan satu pengelolaan yang terpadu (*one river, one plan, one integrated management*), pengelolaan DAS bagian hulu merupakan bagian yang penting karena mempunyai fungsi perlindungan terhadap keseluruhan bagian DAS, perlindungan ini antara lain dari segi tata air, oleh karenanya perencanaan DAS hulu menjadi fokus perhatian mengingat dalam suatu DAS, bagian hulu dan hilir mempunyai keterkaitan biofisik melalui daur hidrologi (Anonim, 2012^a).

Pengelolaan DAS merupakan suatu bentuk pengembangan wilayah yang menempatkan DAS sebagai unit pengembangannya. Ada tiga aspek utama yang selalu menjadi perhatian dalam pengelolaan DAS yaitu jumlah air (*water yield*), waktu penyediaan (*water regime*) dan sedimen. DAS dapat dipandang sebagai suatu sistem hidrologi yang dipengaruhi oleh perubahan presipitasi (hujan) sebagai masukan ke dalam sistem. Disamping itu DAS mempunyai karakter yang spesifik serta berkaitan erat dengan unsur-unsur utamanya seperti jenis tanah, topografi, geologi, geomorfologi, vegetasi dan tata guna lahan. Karakteristik DAS dalam merespon curah hujan yang jatuh di tempat tersebut dapat memberi pengaruh terhadap besar kecilnya evapotranspirasi, infiltrasi, perkolasi, aliran permukaan, kandungan air tanah, dan aliran sungai (Asdak, 2002).

Dalam hal ini air hujan yang jatuh di dalam DAS akan mengalami proses yang dikontrol oleh sistem DAS menjadi aliran permukaan (*surface runoff*), aliran bawah permukaan (*interflow*) dan aliran air bawah tanah (*groundwater flow*). Ketiga jenis aliran tersebut akan mengalir menuju sungai, yang tentunya membawa sedimen dalam air sungai tersebut. Selanjutnya, karena daerah aliran sungai dianggap sebagai sistem, maka perubahan yang terjadi di suatu bagian akan mempengaruhi bagian yang lain dalam DAS (Anonim, 2012^a).

Pada pemeliharaan alur sungai pada bagian sungai sebelah hilir umumnya terjadi pengendapan. Akibat pengendapan tersebut luas penampang basah menjadi berkurang pula. Bila terjadi pengendapan pada suatu bagian sungai, maka pada bagian sungai tersebut perlu dilaksanakan pengerukan, agar kapasitas pengalirannya tidak semakin berkurang. Bagian-bagian tebing sungai yang cukup menonjol perlu dikepras, agar tidak terjadi arus menyilang pada waktu banjir yang dapat mengancam stabilitas baik tanggul maupun tebing sungai (Sosrodarsono dan Tominaga, 1994).

2.2. Debit Aliran Sungai

Debit aliran sungai merupakan volume air yang mengalir melewati penampang sungai pada luasan dan kecepatan tertentu yang saling mempengaruhi terutama curah hujan dan sifat fisik. Data debit atau aliran sungai merupakan informasi yang paling penting bagi pengelolaan sumber daya air. Debit aliran adalah laju aliran air (dalam bentuk volume air) yang

melewati suatu penampang melintasi sungai persatuan waktu, satuan debit adalah $m^3/detik$. Debit sungai diperoleh setelah mengukur kecepatan air dengan alat pengukur atau pelampung untuk mengetahui data kecepatan aliran sungai (Asdak,2002).

Menurut Seyhan (1995), faktor-faktor yang mempengaruhi debit dan karakteristik dikelompokkan menjadi :

- a. Faktor-faktor yang mempengaruhi volume total limpasan antara lain faktor iklim, banyaknya presipitasi , banyaknya evaporasi dan lain-lain.
- b. Faktor-faktor DAS yaitu ukuran DAS, topografi, tipe tanah, vegetasi, air drainase (urutan/tatanan sungai)dan limpasan drainase.
- c. Faktor manusia antara lain teknik pertanian dan urbanisasi.

Kecepatan aliran sungai biasanya lebih besar pada badan sungai dibandingkan di tempat dekat dengan permukaan tebing ataupun dasar sungai, dalam pola aliran sungai yang tidak menentu (*turbulance flow*) tenaga momentum yang diakibatkan oleh kecepatan aliran yang tak menentu tersebut akan dipindahkan ke arah aliran air yang lebih lambat oleh gulungan-gulungan air yang berawal dan berakhir secara tidak menentu juga (Anonim,2012^a).

2.3. Pengertian Sedimen dan Sedimentasi

Sedimen adalah hasil proses erosi, baik berupa erosi permukaan, erosi parit, atau jenis erosi tanah lainnya. Sedimen umumnya mengendap dibagian bawah kaki bukit, di daerah genangan banjir, di saluran air, sungai, dan waduk. Hasil sedimen (*sediment yield*) adalah besarnya sedimen yang berasal dari erosi yang terjadi di daerah tangkapan air yang diukur pada periode waktu dan tempat tertentu. Hasil sedimen biasanya diperoleh dari pengukuran sedimen terlarut dalam sungai (*suspended sediment*) atau dengan pengukuran langsung di dalam waduk, dengan kata lain bahwa sedimen merupakan pecahan, mineral, atau material organik yang ditransforkan dari berbagai sumber dan diendapkan oleh media udara, angin, es, atau oleh air dan juga termasuk didalamnya material yang diendapkan dari material yang melayang dalam air atau dalam bentuk larutan kimia (Asdak, 2007).

Sedimentasi sendiri merupakan suatu proses pengendapan material yang ditranspor oleh media air, angin, es, atau gletser di suatu cekungan. Delta yang terdapat di mulut-mulut sungai adalah hasil dan proses pengendapan material-material yang diangkut oleh air sungai, sedangkan bukit pasir (*sand dunes*) yang terdapat di gurun dan di tepi pantai adalah pengendapan dari material-material yang diangkut oleh angin. Proses tersebut terjadi terus menerus, seperti batuan hasil pelapukan secara berangsur diangkut ke tempat lain oleh tenaga air, angin, dan gletser. Air mengalir di permukaan tanah atau sungai membawa batuan halus baik terapung, melayang atau digeser di dasar sungai menuju tempat yang lebih rendah. Hembusan angin juga bisa mengangkat debu, pasir, bahkan bahan material yang lebih besar. Makin kuat hembusan itu, makin besar pula daya angkutnya. pengendapan material batuan yang telah diangkut oleh tenaga air atau angin tadi membuat terjadinya sedimentasi (Soemarto,1995).

2.3.1 Sumber dan Bahan Penggolongan Sedimen

Setiap sungai membawa sejumlah sedimen terapung (*suspended sediment*) serta menggerakkan bahan-bahan padat di sepanjang dasar sungai sebagai muatan dasar (*bed load*). Karena berat jenis bahan-bahan tanah adalah kira-kira 2,65 g/cc, maka partikel-partikel sedimen terapung cenderung untuk mengendap ke dasar alur, tetapi arus ke atas pada aliran turbulen menghalangi pengendapan secara gravitasi tersebut. Bila air yang mengandung sedimen mencapai suatu waduk, maka kecepatan dan turbulensinya akan sangat jauh berkurang. Muatan sedimen terapung pada sungai-sungai dikur dengan cara mengambil contoh air, menyaringnya untuk memisahkan sedimen, mengeringkannya, dan kemudian menimbang bahan-bahan yang disaring tersebut. Muatan sedimen dinyatakan dalam *parts per million* (ppm). Sedimen yang tererasi dalam suatu lembah sungai dalam suatu kejadian hujan dapat diendapkan di alur sungai dan tinggal disana hingga hujan berikutnya mendorongnya ke hilir. Bagian-bagian tertentu dari lembah sungai mungkin lebih peka terhadap erosi daripada bagian-bagian lainnya, sehingga muatan sedimen yang lebih besar dapat diharapkan bila curah hujan terpusat pada daerah semacam ini (Sasongko, 1991).

Menurut Soewarno (1991), angkutan sedimen dapat bergerak, bergeser, disepanjang dasar sungai atau bergerak melayang pada aliran sungai, tergantung pada ; 1) komposisi (ukuran, berat jenis, dan lain-lain)2)

Kondisi aliran meliputi kecepatan aliran, kedalaman aliran dan sebagainya. Menurut sumber asalnya angkutan sedimen dibedakan menjadi muatan material dasar (*bed material load*), dan muatan bilas (*wash load*). Sedangkan menurut mekanisme pengangkutannya dibedakan menjadi muatan sedimen melayang (*suspended load*), dan muatan sedimen dasar (*bed load*).

Pada sungai-sungai aluvial besarnya muatan material dasar yang terangkut dapat dibedakan menjadi muatan sedimen dasar dan muatan sedimen melayang. Disamping material dasar ada juga angkutan sedimen yang sangat halus yang disebut dengan muatan bilas. Besarnya volume muatan bilas umumnya tidak tergantung pada kondisi hidrologis sungai, melainkan kondisi daerah pengaliran sungai. Jumlah total ketiga tipe angkutan sedimen tersebut merupakan debit sedimen total (*total sediment discharge*) (Anonim, 2012^b).

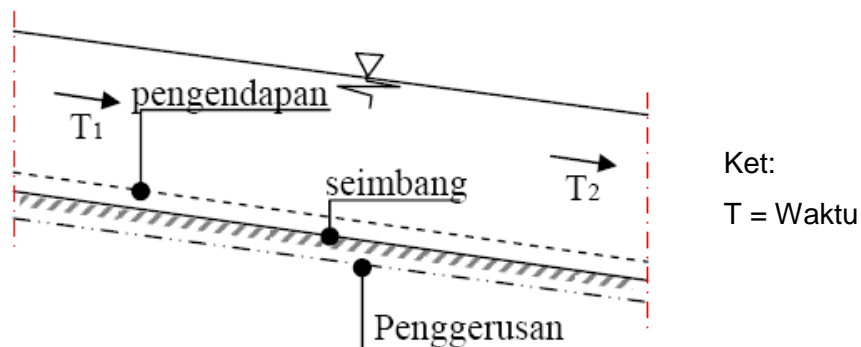
2.3.2 Proses Sedimentasi

Proses sedimentasi meliputi proses erosi, angkutan (transportasi), pengendapan (*deposition*), dan pemadatan (*compaction*) dari sedimen itu sendiri. Dimana proses ini berjalan sangat kompleks, dimulai dari jatuhnya hujan yang menghasilkan energi kinetik yang merupakan permulaan dari proses erosi. Begitu tanah menjadi partikel halus lalu menggelinding bersama aliran, sebagian tertinggal di atas tanah sedangkan bagian lainnya masuk ke sungai terbawa aliran menjadi angkutan sedimen (Soewarno, 1991).

Sedimen yang sering dijumpai di dalam sungai, baik terlarut atau tidak terlarut, adalah merupakan produk dari pelapukan batuan induk yang dipengaruhi oleh faktor lingkungan, terutama perubahan iklim. Hasil pelapukan batuan induk tersebut kita kenal sebagai partikel-partikel tanah. Pengaruh tenaga kinetis air hujan dan aliran air permukaan (untuk kasus di daerah tropis), partikel-partikel tanah tersebut dapat terkelupas dan terangkut ke tempat yang lebih rendah untuk kemudian masuk ke dalam sungai dan dikenal sebagai sedimen. Oleh adanya transpor sedimen dari tempat yang lebih tinggi ke daerah hilir dapat menyebabkan pendangkalan waduk, sungai, saluran irigasi, dan terbentuknya tanah-tanah baru di pinggir-pinggir sungai (Asdak, 2007).

Sedimentasi menjadi penyebab utama berkurangnya produktivitas lahan pertanian, dan berkurangnya kapasitas saluran atau sungai akibat pengendapan material hasil erosi. Dengan berjalannya waktu, aliran air terkonsentrasi kedalam suatu lintasan-lintasan yang agak dalam, dan megangkut partikel tanah dan diendapkan ke daerah di bawahnya yang mungkin berupa; sungai, waduk, saluran irigasi, ataupun area pemukiman penduduk (Hardiyatmo,2006).

Kapasitas angkutan sedimen pada penampang memanjang sungai adalah besaran sedimen yang lewat penampang tersebut dalam satuan waktu tertentu. Terjadinya penggerusan, pengendapan atau mengalami angkutan seimbang perlu diketahui kuantitas sedimen yang terangkut dalam proses tersebut. Sungai disebut dalam keadaan seimbang jika kapasitas sedimen yang masuk pada suatu penampang memanjang sungai sama dengan kapasitas sedimen yang keluar dalam satuan waktu tertentu. Pengendapan terjadi dimana kapasitas sedimen yang masuk lebih besar dari kapasitas sedimen seimbang dalam satuan waktu. Sedangkan penggerusan adalah suatu keadaan dimana kapasitas sedimen yang masuk lebih kecil dari kapasitas sedimen seimbang dalam satuan waktu (Saud, 2008).



Gambar 1. Angkutan Sedimen Pada Penampang Memanjang Sungai

Tabel1. Kelas Bahaya Erosi

Kelas	Bahaya Erosi	ton/ha/thn	mm/tahun
I	Sangat ringan	<1,75	<0,1
II	Ringan	1,75 – 17,50	0,1 – 1,0
III	Sedang	17,50 – 46,25	1,0 – 2,5
IV	Berat	46,25 – 92,50	2,5 – 5,0
V	Sangat Berat	>92,50	>5,0

Sumber : Suripin, 2002

2.3.3 Perhitungan Sedimen Layang (*Suspended Load*)

Indikator terjadinya sedimentasi dapat dilihat dari besarnya kadar lumpur dalam air yang terangkut oleh aliran air sungai, atau banyaknya endapan sedimen pada badan-badan air dan atau waduk. Makin besar kadar sedimen yang terbawa oleh aliran berarti makin tidak sehat kondisi DAS. Besarnya kadar muatan sedimen dalam aliran air dinyatakan dalam besaran laju sedimentasi (dalam satuan ton atau m³ atau mm per tahun). Rumus laju sedimentasi harian (Seta,1995) :

$$Q_s = 0.0864 \times C_s \times Q \dots\dots\dots (1)$$

di mana Q_s (ton/hari) adalah debit sedimen, C_s (mg/l) adalah kadar muatan sedimen, dan Q (m³/dt) adalah debit air sungai.

Kadar muatan sedimen dalam aliran air diukur dari pengambilan contoh air pada berbagai tinggi muka air (TMA) banjir saat musim penghujan. Q_s dalam ton/hari dapat dijadikan dalam ton/ha/thn dengan membagi nilai Q_s dengan luas DAS. Selanjutnya nilai Q_s dalam ton/ha/th dikonversikan menjadi Q_s dalam mm/tahun dengan mengalikannya dengan berat jenis (BJ) tanah menghasilkan nilai tebal endapan sedimen (Seta, 1995).

2.3.4 Perhitungan Sedimen Dasar (*Bed Load*)

Sedimen ini bergerak di dasar saluran dengan cara menggelinding (*rolling*), menggeser (*sliding*), dan meloncat (*jumping*) atau dengan kata lain partikel-partikel kasar yang bergerak sepanjang dasar sungai secara keseluruhan. Adanya muatan dasar ditunjukkan oleh gerakan-gerakan partikel-partikel dasar sungai,akan tetapi tidak akan lepas dari dasar sungai. Pengukuran sedimen dasar (*bed load*) secara langsung sangat sulit dilakukan. Pengukuran sedimen dasar (*bed load*) biasanya dilakukan dengan pengambilan sampel dengan alat penangkap sedimen. Bila pengukuran sedimen dasar (*bed load*) tidak dilakukan, besarnya sedimen tersebut dapat diperkirakan dengan menggunakan tabel *Borland dan Maddock* (1951) dalam Puslitbang PU tahun 1989, yang tergantung pada konsentrasi dan gradasi butiran sedimen layang (*suspended load*) berupa *clay*, *silt*, dan pasir (Soewarno, 1991).

Di bagian hulu sungai, muatan sedimen dasar umumnya merupakan bagian terbesar dari seluruh jumlah angkutan sedimen. Kualitas dan kuantitas material yang terbawa oleh aliran sepanjang dasar sungai tergantung dari penyebaran erosi di daerah pegunungan dan juga tergantung dari derajat kemiringan lereng, struktur geologi dan vegetasi. Pengambilan bed load lebih sulit jika dibandingkan dengan pengambilan suspended load karena (Anonim, 2012^b):

- (1) Partikel-partikelnya bergerak tidak secepat aliran.
- (2) Karena bentuk dasar sungai akan mempengaruhi terjadinya variasi dalam besarnya pengangkutan sedimen.
- (3) Setiap alat yang ditempatkan pada atau di dekat dasar sungai akan merubah kondisi aliran yang mengakibatkan pengukuran beban tidak betul.
- (4) Jika alat ditempatkan di daerah loncatan (*saltation zone*) beberapa contoh yang diperoleh merupakan *suspended* material. Beberapa persamaan untuk memperkirakan muatan sedimen dasar pada umumnya dikembangkan dari penyelidikan di laboratorium dengan skala kecil.

2.3.5 Perhitungan SDR (*Sediment Delivery Ratio*)

Sediment Delivery Ratio (SDR) didefinisikan sebagai perbandingan jumlah antara sedimen yang betul-betul terbawa oleh aliran sungai/mengendap di dalam waduk terhadap jumlah tanah yang tererosi pada suatu daerah aliran sungai/daerah tangkapan waduk. Nilai SDR mendekati satu berarti bahwa semua tanah yang tererosi masuk kedalam sungai/waduk, hal ini hanya mungkin terjadi pada daerah aliran sungai yang kecil dan tidak mempunyai daerah-daerah yang datar atau yang mempunyai lereng-lereng yang curam, mempunyai kerapatan drainase yang tinggi, dan tanah yang terangkut mempunyai banyak butir-butir halus, atau secara umum dikatakan bahwa daerah terbut tidak memiliki sifat yang cenderung menghambat pengendapan sedimen di dalam daerah aliran sungainya (sistem konservasi tanah belum ada). Makin luas suatu daerah aliran sungai, ada kecenderungan makin kecil nilai SDR (Kironoto,2000).

Menurut Asdak (2007), metode analisis terhadap perhitungan hasil sedimen yang digunakan, besarnya perkiraan hasil sedimen (*sediment yeald*) dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$S_Y = E_A \cdot (SDR) \cdot A \dots\dots\dots (2)$$

Dimana :

- S_Y = Hasil sedimen persatuan luas
- E_A = Erosi Total tiap satuan luas
- SDR = Sedimen *delivery ratio*
- A = Luas DAS

Besarnya nilai SDR dalam perhitungan hasil sedimen suatu DAS umumnya ditentukan dengan menggunakan tabel hubungan antara luas DAS dan besarnya SDR.

2.4 Permasalahan dan Penanggulangan Sedimentasi

Menurut Soemarto (1995), Dalam konteks pengelolaan DAS, kegiatan pengelolaan yang dilakukan umumnya bertujuan untuk mengendalikan dan menurunkan laju sedimentasi karena kerugian yang ditimbulkan oleh adanya proses sedimen jauh lebih besar daripada manfaat yang diperoleh. Adapun beberapa dampak yang diakibatkan dari sedimentasi yaitu sebagai berikut:

1. Di sungai, pengendapan sedimen di dasar sungai yang menyebabkan naiknya dasar sungai, kemudian menyebabkan tingginya permukaan air sehingga dapat mengakibatkan banjir yang menimpa lahan-lahan yang tidak dilindungi. Hal tersebut diatas dapat pula mengakibatkan aliran mengering dan mencari alur baru.
2. Di saluran, jika saluran irigasi atau saluran pelayaran dialiri air yang penuh dengan sedimen akan terjadi pengendapan di saluran tersebut, sedangkan untuk pengerutan sedimen itu diperlukan biaya yang cukup besar dan akan menyebabkan terhentinya operasi saluran.
3. Di waduk, pengendapan sedimen di waduk-waduk akan mengurangi volume aktifnya. Sebagian besar jumlah sedimen yang dialirkan oleh waduk adalah sedimen yang dialiri sungai-sungai ke waduk, hanya sebagian kecil saja yang berasal dari longsor-tebing-tebing waduk yang berasal dari geruan tebing-tebing waduk oleh limpasan permukaan. Butir-butiran yang kasar akan diendapkan dibagian hulu waduk, sedangkan yang halus diendapkan dengan bendungan, dan

sebagian dapat dibilas ke bawah jika terjadi banjir saat permukaan air waduk masih rendah.

4. Di bendungan atau pintu-pintu air, yang menyebabkan terjadinya kesulitan dalam mengoperasikan pintu-pintu tersebut. Juga karena pemebentukan pulau-pulau pasir (*sand bars*) di hulu bendungan atau pintu air sehingga aliran air yang lewat bendungan atau pintu terganggu.
5. Di daerah sepanjang sugai, akan lebih sering terjadi banjir pada daerah yang tidak dilindungi, selamanya tanggulnya selalu dipertinggi sesuai dengan kenaikan dasar sungai dan muka airnya akan mempengaruhi drainase daerah sekitarnya, lama kelamaan drainase dengan air gravitasi tidak dimungkinkan lagi.

Untuk menjaga kapasitas waduk supaya tetap lestari diantaranya adalah dengan mengurangi laju sedimentasi yang masuk ke waduk dengan cara program konservasi DAS, bangunan pengendali erosi, penangkap sedimen di daerah hulu waduk dan lain sebagainya. Salah satu upaya adalah membuat struktur pengendali sedimen atau yang sering disebut *Chek Dam* untuk sungai, sudah dikembangkan juga struktur ambang bawah air (*underwater sill*) atau tanggul dibawah laut (Sasongko,1991).

Erosi dapat juga disebut pengikisan atau kelongsoran yang merupakan suatu proses dimana tanah dihancurkan (*detached*) dan kemudian dipindahkan ke tempat lain oleh kekuatan air, angin, atau gravitasi. Di Indonesia erosi yang terpenting adalah yang disebabkan oleh air (Hardjowigeno,2010)

Erosi mengakibatkan terjadinya pemindahan butiran-butiran ke tempat lain melalui suatu proses yang dinamakan angkutan sedimen. Pengendapan butiran tanah hasil erosi di tempat perairan menjadi permasalahan lain yang juga terkait langsung dengan erosi. Tentu saja pengendapan tersebut paling banyak terjadi di sungai dan waduk. Apabila ir sungai atau waduk digunakan untuk memenuhi kebutuhan irigasi, tidak menutup kemungkinan terjadi pula pengendapan di bagian hulu bending irigasi maupun disaluran pembawa (primer, sekunder, tersier) air irigasi (Sunaryo, 2004).

2.5 Hasil Sedimen

Hasil sedimen (*sediment yield*) adalah besarnya sedimen yang berasal dari erosi yang terjadi di daerah tangkapan air yang diukur pada periode waktu dan tempat tertentu. Hasil sedimen biasanya diperoleh dari pengukuran sedimen terlarut dalam sungai (*suspended sediment*) atau dengan pengukuran langsung di dalam waduk. Bentuk hubungan antara erosi yang berlangsung di daerah tangkapan dan besarnya sedimen yang terukur di daerah hilir mempunyai mekanisme kausalitas yang rumit dan belum banyak dimengerti (Anonim, 2012^b).

Hasil sedimen tergantung pada besarnya erosi total di DAS/sub-DAS dan tergantung pada transpor partikel-partikel tanah yang tererosi tersebut keluar dari daerah tangkapan air DAS/sub-DAS. Produksi sedimen umumnya mengacu kepada besarnya laju sedimen yang mengalir melewati satu titik pengamatan tertentu dalam suatu sistem DAS. Sebagian tanah tererosi akan terdeposisi di cekungan-cekungan permukaan tanah, di kaki-kaki lereng dan bentuk-bentuk penampungan sedimen lainnya. Oleh karenanya, besarnya hasil sedimen biasanya bervariasi mengikuti karakteristik fisik DAS/sub-DAS. Besarnya hasil sedimen dinyatakan sebagai volume atau berat sedimen per satuan daerah tangkapan air per satuan waktu (ton per km² per tahun) (Rahim, 2006).

Hasil sedimen dari suatu daerah aliran tertentu dapat ditentukan dengan pengukuran pengangkutan sedimen terlarut (*suspended sediment*) pada titik kontrol dari alur sungai. Sedimen yang sering dijumpai dalam sungai baik terlarut maupun tidak terlarut adalah merupakan produk dari pelapukan batuan induk yang dipengaruhi oleh faktor lingkungan terutama perubahan iklim. Hasil pelapukan batuan-batuan tersebut dikenal sebagai partikel-partikel tanah, oleh karena itu pengaruh dari tenaga kinetis air hujan (Anonim, 2012^b).

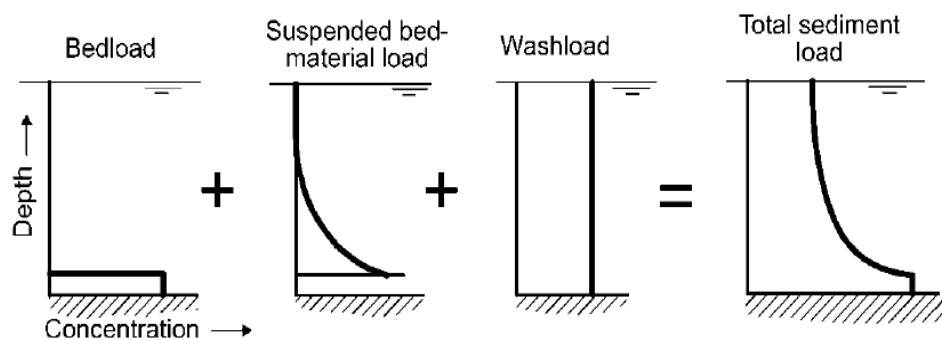
Berdasarkan pada jenis sedimen dan ukuran partikel-partikel tanah serta komposisi mineral dari bahan induk yang menyusunnya dikenal berbagai jenis sedimen seperti pasir, liat dan lainnya tergantung pada ukuran partikelnya. Menurut ukurannya, sedimen dibedakan menjadi beberapa jenis seperti pada tabel berikut (Asdak, 2007).

Jenis Sedimen	Ukuran Partikel (mm)
Liat	<0,0039
Debu	0,0039-0,0625
Pasir	0,0625-2,00
Pasir Besar	2,00-64

Sumber : Asdak, 2007

Beban sedimen yang diangkut melewati suatu penampang alur sungai terdiri atas beban bilas (*wash load*), beban layang (*suspended load*), dan beban alas (*bed load*). Beban bila terdiri atas partikel-partikel yang sangat halus dan koloid, yang mengendap sangat lambat meskipun dalam air tenang sekalipun. Jenis bahan ini didapat dari bahan alas (*bed material*) dalam jumlah yang sangat sedikit, atau jumlahnya sangat terbatas. Beban layang dan beban alas kadang-kadang dikelompokkan bersama dan disebut beban bahan alas (*bed material load*), karena terbentuk oleh partikel-partikel yang terdapat pada bahan alas (*bed material*) dalam jumlah yang besar (Soemarto, 1995).

Berdasarkan distribusi vertikal sedimen untuk muatan dasar terletak pada dasar sungai sedangkan muatan layang persentasenya lebih besar terletak di atas muatan dasar. Total *sediment load* (muatan sedimen) adalah akumulasi dari semua jenis sedimen yang masuk pada bagian outlet atau aliran sungai yang dapat digambarkan sebagai berikut (Anonim, 2012°).



Gambar2. Total muatan dasar yang masuk sebagai bagian dari sungai

2.6 Bangunan Pengendali Sedimen (*Chek Dam*)

Kegiatan pembuatan bangunan pengendali sedimen selain dimaksudkan untuk mengendalikan berkembangnya jurang/alur kecil yang ada, juga berfungsi untuk menangkap sedimen dari hasil erosi yang masih

terjadi, yang disebabkan karena kurang efektifnya pengendalian erosi secara vegetatif (Kironoto,2000).

Mencegah terjadinya proses sedimentasi adalah hasil suatu proses gejala alam yang sangat kompleks akan tetapi intensitas proses sedimentasi tersebut secara teknis dapat diperlambat mencapai tingkat yang tidak membahayakan. Oleh karena itu usaha untuk memperlambat sedimen yaitu dengan menggerakkan sedimen ke bagian hilir secara teknik dengan membangun bendungan penahan (*Chek Dam*), bendungan pengatur, pengendali erosi di lereng pengunungan, dan lain-lain (Sosrodarsono,1994).

Ada beberapa lokasi yang dimungkinkan dapat dibangun *Chek Dam*, yaitu pada alur-alur sungai (anak sungai) di daerah dimana tingkat erosi di daerah sekitarnya adalah berat dan sangat berat, dan dimana pengendalian secara vegetatif sulit untuk dilaksanakan. Mengingat bahwa bahan sedimen yang mengganggu usia operasi waduk adalah merupakan fraksi halus, pemasangan *Chek Dam* disungai akan mempunyai efektifitas rendah terhadap penahan sedimen halus, lebih-lebih bila arus aliran air cukup kuat, disamping itu biaya konstruksi yang digunakan juga sangat mahal (Kironoto,2000).

Suatu usaha untuk mengendalikan erosi adalah suatu usaha untuk memperkecil erosi saja. Oleh karena itu masih terdapat sedimen (lumpur) yang masih perlu diamankan. Proses sedimentasi yang terjadi di dalam waduk, dasar saluran irigasi, muara sungai dan sebagainya, telah menimbulkan banyak kerugian. Salah satu bangunan pengendali sedimen yang dikenal adalah *Chek Dam* (Dam Pengendali). Bangunan ini adalah suatu suatu bendung kecil yang terbuat dari urugan tanah yang berfungsi untuk menampung sedimen serta pengawetan air (Hardjoamidjojo dkk,2008).

Menurut Hardjoamidjojo (2008), ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pembuatan *Chek Dam* adalah sebagai berikut:

- a. Terletak pada DAS yang kritis dengan kemiringan 15 – 35%
- b. Luas daerah tangkapan maksimum 250 ha
- c. Luas genangan maksimum 2,5 ha
- d. Tinggi bendung maksimum 8 m

Bendung dibuat pada alur-alur jurang atau ujung sungai kecil dengan maksud untuk menampung sedimen yang diangkut oleh aliran permukaan dari daerah tangkapannya (*Catchment area*).

2.7 USLE (*Universal Soil Loss Equation*)

Universal Soil Loss Equation (USLE) adalah suatu persamaan untuk memperkirakan kehilangan tanah yang telah dikembangkan oleh *Smith* dan *Wichmeier* tahun 1978 Apabila dibandingkan dengan persamaan kehilangan tanah lainnya. USLE mempunyai kelebihan yaitu variabel-variabel yang berpengaruh terhadap besarnya kehilangan tanah dapat diperhitungkan secara terperinci dan berpisah. Sampai saat ini USLE masih dianggap rumus yang paling mendekati kenyataan, sehingga lebih banyak digunakan daripada rumus lainnya. Berdasarkan persamaan kehilangan tanah yang dikemukakan oleh *Wischmeier* dan *Smith* (1978) maka, dapat dirumuskan sebagai berikut (*Hardjoamidjojo dkk,2008*) :

$$E_A = R \times K \times L \times S \times C \times P \dots\dots\dots (3)$$

Dimana :

- A = Laju erosi tanah (ton/ha/tahun)
- R = Indeks erosivitas hujan
- K = Indeks erodibilitas tanah
- L = Indeks panjang lereng
- S = Indeks kemiringan lereng
- C = Indeks penutupan vegetasi
- P = Indeks pengolahan lahan atau tindakan konservasi tanah

2.8 WMS (*Watershed Modeling System*)

DAS (Daerah Aliran Sungai) adalah padanan kata *drainage area*, *drainage basin* atau *river basin*. Batas DAS dirupakan oleh garis bayangan sepanjang punggung pegunungan atau lahan meninggi, yang memisahkan sistem aliran yang satu dengan sistem aliran yang lain di sebelahnya. Atas dasar pengertian tersebut di atas maka secara teori semua kawasan darat habis terbagi menjadi sejumlah DAS. Suatu DAS terdiri atas dua bagian utama, yaitu daerah tadahan (*catchment area*) yang membentuk daerah hulu atau "daerah kepala sungai" dan daerah penyaluran air yang berada di bawah daerah tadahan. Daerah penyaluran air dapat dibagi menjadi dua daerah, yaitu daerah tengah dan daerah hilir. *Watershed Modeling System*

merupakan sebuah aplikasi komputer berbasis data grid dimana didalamnya terdapat aplikasi *Gridded Surface Subsurface Hydrologic Analysis* (GSSHA). GSSHA mampu menghitung komponen hidrologi baik di permukaan tanah maupun bawah permukaan, serta interaksi antar keduanya. Komponen permukaan tanah yaitu, distribusi hujan (presipitasi), volume air di permukaan tanah dan saluran setelah simulasi berakhir, evapotranspirasi potensial dan aktual, volume *discharge*, serta intersepsi (Anonim, 2012^c).

Sistem Pemodelan Daerah Aliran Sungai (WMS) adalah Pemodelan lingkungan grafis untuk semua fase DAS hidrologi dan hidrolika. WMS termasuk alat yang kuat untuk mengotomatisasi proses pemodelan seperti otomatis cekungan delineasi, perhitungan parameter geometris, GIS *overlay* perhitungan (CN, curah hujan kedalaman, koefisien kekasaran, dan lain sebagainya 2D hidrologi model terdistribusi (termasuk hidrolika saluran dan interaksi tanah) sekarang dapat dibuat dengan GSSHA, yang dikembangkan oleh US *Army Corps of Insinyur*. Pemodelan Semua ditangani oleh GIS data berbasis pengolahan kerangka yang membuat tugas DAS pemodelan dan pemetaan lebih mudah dibandingkan sebelumnya (Anonim, 2012^c).