

TUGAS AKHIR

ANALISIS LAJU SEDIMEN MELAYANG PADA SUNGAI SADDANG



ANJASMARA DANDY NUGRAHA

D111 14 308

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2019





KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS HASANUDDIN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

Jalan Pahlawan Mako Kem. 6 Gowa, 92171, Sulawesi Selatan
☎ (0411) 586015, 586262 Fax (0411) 586013
http://civil.eng.unhas.ac.id E-mail:teknik@unhas.ac.id

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada Program Studi S1 Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar

Judul : Analisis Laju Angkutan Sedimen Melayang Pada Sungai Saddang

Disusun Oleh :

Nama : Anjasmara D. Nugraha D111 14 308

Telah diperiksa dan disetujui
Oleh Dosen Pembimbing

Makassar, 25 Januari 2019

Pembimbing I

Dr. Eng. Ir. H. Farouk Maricar, M.T.
Nip. 196410201991031002

Pembimbing II

Riswal K, S.T., M.T.
Nip. 197105052008041002

Mengetahui,

Ketua Departemen Teknik Sipil,



Prof. Dr. H. M. Wihardi Tjaronge, ST., M. Eng.
Nip. 196005292001121002

JTS-Unhas ... ITA-62142018



ANALISIS LAJU SEDIMEN MELAYANG PADA SUNGAI SADDANG

Anjasmara Dandy Nugraha¹, Farouk Maricar², Riswal Karamma².

1. Mahasiswa Departemen Teknik Sipil Universitas Hasanuddin Gowa 92173 Indonesia

2. Dosen Departemen Teknik Sipil Universitas Hasanuddin Gowa 92173 Indonesia

Abstrak :

Sungai Saddang merupakan salah satu sungai utama di Sulawesi Selatan dengan panjang sekitar $\pm 181,5$ km yang melintasi kabupaten Toraja Utara, Toraja, Enrekang, dan Pinrang di Provinsi Sulawesi Selatan. Salah satu permasalahan yang ada di daerah ini adalah perubahan penggunaan lahan di bagian hulu sungai yang berperan dalam meningkatnya erositivitas lahan, sehingga di beberapa daerah di sepanjang sungai Saddang terdapat area yang berpotensi mengalami pendangkalan yang mana dapat membahayakan sungai dan bangunan air disekitarnya serta mengganggu aktifitas lain disekitar sungai. Oleh sebab itu dibutuhkan kajian laju angkutan sedimentasi (*sedimentation rate*) diperlukan. Dimana dalam kajian tersebut dilihat pada parameter sedimen melayang (*suspended load*) pada hulu, tengah dan hilir sungai. Hasil dari penelitian ini yaitu Dalam penelitian dapat dilihat adanya fluktuasi sedimen melayang dalam beberapa tahun terakhir yang mana dapat dilihat aktivitas angkutan sedimen pada tengah lebih tinggi daripada hulu serta hilir sungai, hal ini dapat disebabkan oleh adanya pengikisan pada hulu sungai yang menyebabkan degradasi sehingga membawa angkutan sedimentasi dalam jumlah besar ke bagian tengah sungai lalu pada area tengah sungai mengalami pengendapan dan terjadi aggradasi sehingga beberapa tahun dapat dilihat ketika sampai dihilir aktivitas angkutan sedimen berkurang serta dengan menggunakan rumus empiris *meyer peter muller* hasil Analisa beberapa tahun terakhir pada hulu tengah dan hilir sungai saddang terjadi proses angkutan sedimen melayang yang berbeda-beda yaitu debit sedimen melayang (Q_s) pada hulu sebesar 104,204 kg/hari atau 0,104 ton/hari , pada tengah sebesar 1347,473 kg/hari atau 1,347 ton/hari serta pada hilir sebesar 2128,906 kg/hari atau 2,128 ton/hari.

Kata Kunci: Sungai Saddang , Sedimen Melayang, Laju Sedimen, *Meyer Peter Muller*



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat karunia dan petunjuk-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan tugas akhir yang berjudul “**ANALISIS LAJU ANGKUTAN SEDIMEN MELAYANG PADA SUNGAI SADDANG**”, sebagai salah satu syarat yang diajukan untuk menyelesaikan studi pada Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Penulis menyadari bahwa di dalam tugas akhir yang sederhana ini terdapat banyak kekurangan dan sangat memerlukan perbaikan secara menyeluruh. Tentunya hal ini disebabkan keterbatasan ilmu serta kemampuan yang dimiliki penulis, sehingga dengan segala keterbukaan penulis mengharapkan masukan dari semua pihak.

Tentunya tugas akhir ini memerlukan proses yang tidak singkat. Perjalanan yang dilalui penulis dalam menyelesaikan skripsi ini tidak lepas dari tangan-tangan berbagai pihak yang senantiasa memberikan bantuan, baik berupa materi maupun dorongan moril. Olehnya itu dengan segala kerendahan hati, ucapan terima kasih, penghormatan serta penghargaan yang setinggi-tingginya penulis ucapkan kepada semua pihak yang telah membantu.

Kepada Ibunda tercinta **Haida S.Pt** dan Ayahanda **La Hijira SH.** saudara penulis Rachmadini Safitri, Nahda Dewintha, Westin Dewanthy dan Anugrah Fokilano, juga seluruh keluarga besar di Kota Baubau atas kasih sayang yang diberikan dan doa yang tulus kepada penulis dan atas bantuan serta dukungan baik

pral maupun materil.



Dalam penyusunan tugas akhir ini pula penulis banyak mengalami hambatan, namun berkat bantuan, bimbingan dan kerjasama yang ikhlas dari berbagai pihak, akhirnya tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik. Untuk itu, dengan segala kerendahan hati penulis menghanturkan banyak terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Muh. Arsyad Thaha, ST., MT. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
2. Bapak Prof. Dr. H. M. Wihardi Tjaronge, S.T., M.Eng., selaku ketua Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar.
3. Bapak Dr.Eng Ir. H. Farouk Maricar, MT , selaku Dosen Pembimbing I dan Bapak Riswal K, ST, MT, selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan arahan dan masukan, meluangkan waktu di tengah kesibukannya selama penulis melaksanakan penelitian dan penyusunan tugas akhir ini, serta mengajarkan kepada penulis tentang pentingnya kerja keras, gigih, dan teliti dalam mengerjakan sesuatu.
4. Bapak/Ibu Dosen dan Staff serta Karyawan Fakultas Teknik Jurusan Sipil atas bimbingan, arahan, didikan, ilmu dan motivasi yang diberikan selama kurang lebih empat tahun perkuliahan.
5. Saudara Sepenanggungan pada masanya Fandi, Ichank, Fiky, Dirwan, Fikram, Tetap Kece! Anak Lorong Yus, Anti, Sari Isna. Crew KB Ashadul, Rustam, Hasan, Ainun, Alfiah dan Murniati serta keluarga RISE Wawan, Bos Geng Wilda, Ara, Ikha, Icha, yang telah menjadi tempat berkeluh duka dan melepas tawa.

Dr. Eng Hj. Rita Tahir Lopa.S.T.,M.T. Selaku kepala Laboratorium
lika dan Jajaran Tim Mukim Sungai yang telah berbagi cerita dan derita



dalam menyusun tugas akhir serta saudari Nabilah Shahnaz selaku *partner* Tugas Akhir yang sudah setia menanggung rintangan bersama.

7. Jajaran Presidium Angkatan Teknik Sipil 2014 (Alping,Doko,Cpk) dan Jajaran PORTAL 2015, Zpartan14, yang telah mengajarkan bagaimana ‘satu’ dan apa itu ‘semua’, perjalanan kita masih panjang namun dimanapun kalian berada dan setiap pijak yang akan di tempuh nanti selalu ada ruang untuk nama kalian di relung hati. Terimakasih untuk terus merangkul dan berbagai hal *Abstract* yang keren selama masa kuliah. *KEEP ON FIGHTING TILL THE END!*
8. Himpunan Mahasiswa Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas kesempatan mencicipi sebuah proses nikmat dari merangkah sampai berjalan yang takkan dilupa, khususnya Periode 2017/2018 Wahyu Winarno, Ashar-Iqbal dan Jajaran, Tim LPJ Muflih Pratama, Ummu Shabiha ,Diana Fauziah, dan Baso Rivaldi serta seluruh teman-teman pengurus yang rela mengorbankan keringat dan waktunya. Terimakasih atas Semangat dan segala Keberaniannya.
9. *Sebatikers* Cabang Kecamatan Sebatik Barat(Rara,Awan,Maha, Fadel,Athira,Nisa,Nunu,Tulang,Zul,Ayu) juga Khususnya Desa Bambang (Makcik Nikma, cdr. Eden, Eka BS, Diana sang Aktifis, Atri Sad, Ulfacu, Seto, Muflih(lagi) serta Maman serta makcik, pakcik .Terimakasih Empat Puluh hari lebihnya semoga kemanapun kita berjalan kita selalu saling mendoakan.
10. Semua pihak yang telah membantu dalam proses penyelesaian tugas akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih memiliki banyak

an, oleh karena itu penulis berharap rekan-rekan sekalian dapat
kan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan tugas akhir ini.



Akhir kata, penulis berharap agar tugas akhir ini dapat berguna bagi kita semua, bangsa, dan negara.

Gowa, 25 Januari 2019

ANJASMARA D. NUGRAHA



DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Tujuan Penelitian	3
D. Manfaat Penelitian	4
E. Batasan Masalah.....	4
F. Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
A. Tinjauan Umum	6
B. Daerah Aliran Sungai	8
C. Karakteristik DAS	10
D. Saluran Terbuka	14
E. Erosi	16



F. Sedimentasi	19
G. Angkutan Sedimen	22
1. Muatan Alas (<i>Bed Load</i>)	22
2. Sedimen Melayang (<i>Suspended Load</i>)	23
3. Angkutan Total (<i>Total Load</i>)	24
H. Mekanisme Transport Sedimen	24
I. Analisis Laju Sedimen	28
1. Metode Einstein	28
2. Metode Bagnold	30
3. Metode Meyer-Peter dan Muller	31
4. Engelund dan Hansen	33
5. Persamaan Yang	34

BAB III METODE PENELITIAN 36

A. Bagan Alir/Flowchart Penelitian	36
B. Lokasi Penelitian	37
1. Hulu Sungai	38
2. Tengah Sungai	38
3. Hilir Sungai	38
C. Rancangan Penelitian	40
1. Studi Literasi	40
2. Pengumpulan Data	40
3. Analisis Data	41
D. Penarikan Kesimpulan	41



BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	43
	A. Investigasi Data Sedimen.....	43
	1. Hulu Sungai.....	43
	2. Tengah Sungai.....	44
	3. Hilir Sungai.....	47
	B. Analisa Data Sedimen.....	48
	1. Hulu Sungai.....	49
	2. Tengah Sungai.....	51
	3. Hilir Sungai.....	55
	C. Analisa Laju Sedimen Melayang (<i>Suspended</i> <i>Load</i>).....	58
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN.....	62
	A. Kesimpulan.....	62
	B. Saran.....	63
	DAFTAR PUSTAKA.....	64



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Ukuran Partikel untuk Berbagai Jenis Tanah menurut <i>AGU</i>	22
Tabel 4.1. Data Sedimen Sungai Rantepao (2008-2017).....	42
Tabel 4.2. Data Sedimen Sungai Mata Allo (2008-2017).....	44
Tabel 4.3. Data Sedimen Sungai Kabere (2008-2017)	45
Tabel 4.4. Data Sedimen Sungai Saddang Batu-Batu (2008-2017).....	47
Tabel 4.5. Analisa Debit Suspensi (Qs) Hulu Saddang	49
Tabel 4.6. Data Sedimen Per Tahun Hulu Sadang	50
Tabel 4.7. Analisa Debit Suspensi (Qs) Sungai Mata Allo.....	51
Tabel 4.8. Data Sedimen Per Tahun Sungai Mata Allo	52
Tabel 4.9. Analisa Debit Suspensi (Qs) Sungai Kabere	52
Tabel 4.10. Data Sedimen Per Tahun Sungai Kabere	53
Tabel 4.11. Data Sedimen Per Tahun Tengah Saddang.....	54
Tabel 4.12. Analisa Debit Suspensi (Qs) Hilir Sadang	56
Tabel 4.13. Data Sedimen Per Tahun Hilir Sadang	57
Tabel 4.14. Data Debit Sedimen Melayang Pada hulu, Tengah, dan Hilir Sungai Saddang	58



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Daerah Aliran Sungai	11
Gambar 2.2 Pengaruh Bentuk DAS pada Aliran Permukaan	12
Gambar 2.3 Panjang Sungai	13
Gambar 2.4 Potongan Memanjang Sungai.....	14
Gambar 2.5.a Gerakan butiran pasir dalam aliran air	25
Gambar 2.5.b Proses limpasan hujan di daerah pegunungan.....	25
Gambar 2.6 Bentuk banjir lahar yang mengandung batu-batu (batu batu besar berkonsentrasi di bagian depan dan kerikil ukuran kecil terdapat di bagian belakang aliran)	25
Gambar 2.7 Progres gerakan sedimen dan perpindahan daerah pengendapan karena terjadinya perubahan muka air	26
Gambar 2.8 Ragam Gerakan Sedimen Dalam Air	28
Gambar 2.9 Skema Angkutan Sedimen	28
Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian	36
Gambar 3.2 Peta Wilayah Sungai Saddang.....	37
Gambar 3.3 Pembagian Sub DAS dalam Daerah Aliran Sungai Saddang	38
Gambar 3.4 Peta Titik Lokasi Pemngambilan Data Sedimen.....	39
Gambar 4.1 Grafik Perbandingan Debit (Q) dan Debit Sedimen Melayang (Qs) Hulu Sungai.....	50
Gambar 4.2 Grafik Perbandingan Debit (Q) dan Debit Sedimen Melayang (Qs) Tengah Sungai.....	55



Gambar 4.3 Grafik Perbandingan Debit (Q) dan Debit Sedimen
Melayang (Qs) Hilir Sungai 57

Gambar 4.4 Grafik Analisa Laju Sedimen Melayang Hulu, Tengah dan
Hilir Sungai Saddang 60

Gambar 4.5 Skema Angkutan Sedimen dari Hulu Ke Hilir..... 61



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sungai adalah alur atau wadah air alami dan/atau buatan berupa jaringan pengaliran air beserta air di dalamnya, mulai dari hulu sampai muara, dengan dibatasi kanan dan kiri oleh garis sempadan. Sungai juga merupakan salah satu sumber daya alam yang keberadaannya sering dimanfaatkan oleh manusia untuk berbagai keperluan, antara lain untuk penyediaan air irigasi, air baku, industri, transportasi, sumber bahan baku tenaga listrik, dan sebagai tempat mata pencaharian.

Indonesia sendiri memiliki potensi yang banyak dalam pengembangan dan pengolahan sungai untuk masyarakat. Hal ini didukung dengan jumlah sungai dan anak-anak sungai yang sangat banyak dan tersebar di seluruh kawasan nusantara. Indonesia memiliki sedikitnya 5.950 sungai utama dan 65.017 anak sungai dengan panjang total mencapai 94.537 km dan luas Daerah Aliran Sungai (DAS) mencapai 1.512.466 km². Namun sungai dengan pola aliran dan arus yang tidak konstan sendiri serta pengaruh lingkungan sendiri dapat mempengaruhi kondisi dan stabilitas sungai. Salah satu sungai yang berada di Indonesia sendiri adalah Sungai Saddang. Sungai Saddang merupakan salah satu sungai utama di Sulawesi Selatan dengan panjang sekitar ±181,5 km yang melintasi beberapa kabupaten di Provinsi Sulawesi Selatan dengan luas DAS ± 5.453 km². Secara administratif wilayah DAS Saddang

kabupaten Toraja Utara, Toraja, Enrekang, dan Pinrang di Provinsi Sulawesi Selatan. Di Kabupaten Enrekang, sungai ini melewati tepat di pusat kota



Enrekang dan mengalir menuju Selat Makassar, alirannya yang deras dan kuat menjadikan sungai saddang sering dimanfaatkan untuk berbagai aktifitas. Salah satu permasalahan yang ada di daerah ini adalah perubahan penggunaan lahan di bagian hulu sungai yang berperan dalam meningkatnya erosivitas lahan, sehingga di beberapa daerah di sepanjang sungai Saddang terdapat area yang berpotensi mengalami pendangkalan.

Pendangkalan akibat sedimentasi pada sungai akan berdampak besar pada kondisi aliran sungai sehingga juga akan berpengaruh pada kegiatan manusia yang bergantung pada aliran sungai tersebut juga dapat mempengaruhi aliran sungai sendiri. Proses Sedimentasi pada daerah sungai merupakan kejadian yang simultan yang dapat menyebabkan pendangkalan pada dasar sungai dan perubahan elevasi sehingga akan mempengaruhi morfologi sungai, Sedimentasi yang dimaksud disini merupakan peristiwa pengendapan material batuan oleh aliran sungai, dimana material tersebut dapat dari pelapukan atau pengikisan batuan, hasil gerusan, erosi permukaan yang hanyut, dan sebagainya.

Aliran sungai dapat membawa banyak partikel. Apalagi pada aliran sungai Saddang yang cukup kuat maka partikel apapun bisa terbawa. Mulai dari batuan batuan besar (large boulders) sampai dengan tanah liat (clay), sehingga sedimen yang ada pada aliran sungai dapat bermacam-macam pula, yang mana dapat membahayakan sungai dan bangunan air disekitarnya serta mengganggu aktifitas lain disekitar sungai, sehingga kondisi semacam ini perlu mendapatkan perhatian

ensi sumber air yang ada bisa dimanfaatkan untuk kesejahteraan
at.



Oleh sebab itu dibutuhkan kajian laju angkutan sedimentasi (sedimentation rate) diperlukan sebagai dasar perencanaan bangunan hidraulik sungai, pengelolaan scouring, dan sebagainya dengan mengevaluasi parameter sedimen layang (*suspended sediment*).

Berdasarkan uraian diatas maka pada penelitian kali dilakukan studi tugas akhir dengan judul “**ANALISIS LAJU ANGKUTAN SEDIMEN MELAYANG PADA SUNGAI SADDANG**”.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah pada penelitian ini yaitu berapa debit sedimen melayang pada hulu,tengah dan hilir sungai saddang serta bagaimana hubungan debit sedimen melayang pada ketiganya.

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, adapun tujuan penelitian ini adalah:

- 1) Menganalisis laju sedimen melayang pada hulu, tengah dan hilir sungai.
- 2) Mengidentifikasi Perbandingan laju sedimen melayang antara hulu,tengah dan hilir sungai.
- 3) Mengetahui perbandingan debit aliran dengan aktivitas sedimen melayang pada hulu, tengah serta hilir sungai.



D. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1) Bagi Pemerintah

Sebagai tinjauan mengamati laju sedimentasi, untuk digunakan dalam menganalisis frekuensi pengendalian sedimentasi di Daerah Aliran Sungai Saddang.

2) Bagi Pendidikan.

Studi ini diharapkan dapat menjadi tambahan referensi pembelajaran, serta sebagai bahan acuan atau pembandingan untuk penelitian sejenis.

E. Batasan Masalah

Agar penelitian ini dapat lebih fokus, maka penelitian ini memiliki batasan-batasan sebagai berikut:

- 1) Data yang digunakan adalah data sekunder dari instansi terkait.
- 2) Penelitian tidak membahas debit alas (*bed load*) pada analisis data.
- 3) Penelitian menggunakan metode meyer peter muller untuk penyelesaian analisis data laju sedimen melayang.

F. Sistematika Penulisan

BAB I: PENDAHULUAN

Bab ini terdiri dari latar belakang masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, ruang lingkup penelitian serta sistematika penulisan penelitian.



BAB II: TINJUAN PUSTAKA

Bab ini terdiri kajian pustaka yang mengulas tentang pandangan umum serta landasan teori yang memuat teori-teori yang digunakan dalam lingkup tugas akhir ini.

BAB III: METODOLOGI PENELITIAN

Dalam bab ini membahas tentang bagaimana perencanaan penelitian, lokasi data penelitian, metode penelitian, data yang digunakan, serta bagaimana kesimpulan penelitian nantinya.

BAB IV: ANALISIS DATA

Setelah data terkumpul maka dilakukan pengolahan data. Dalam bab inilah akan dijelaskan tentang pengolahan serta analisis data penelitian ini.

BAB V: KESIMPULAN DAN SARAN

Akhir dari penelitian ini dapat diambil kesimpulan dan saran yang nantinya diharapkan dapat menjadi masukan yang dapat digunakan dan dapat menjadi referensi pada penelitian serupa nantinya.

\



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Tinjauan Umum

Sungai merupakan jalan air alami, mengalir menuju samudera, danau, laut, atau ke sungai yang lain. Pada beberapa kasus, sebuah sungai secara sederhana mengalir meresap ke dalam tanah sebelum menemukan badan air lainnya. Melalui sungai merupakan cara yang biasa bagi air hujan yang turun di daratan untuk mengalir ke laut atau tampungan air yang besar seperti danau. Sungai terdiri dari beberapa bagian, bermula dari mata air yang mengalir ke anak sungai. Beberapa anak sungai akan bergabung untuk membentuk sungai utama. Aliran air biasanya berbatasan dengan saluran dasar dan tebing di sebelah kiri dan kanan. Penghujung sungai di mana sungai bertemu laut dikenal sebagai muara sungai. Manfaat terbesar sebuah sungai adalah untuk irigasi pertanian, bahan baku air minum, sebagai saluran pembuangan air hujan dan air limbah, bahkan sebenarnya potensial untuk dijadikan objek wisata sungai (Ahira,2011).

Sungai adalah badan air alamiah tempat mengalirnya air hujan dan air buangan menuju laut dan tempat bersemayamnya komponen biotik dan abiotik. Arus air di bagian hulu sungai (umumnya terletak di daerah pegunungan) biasanya lebih deras dibandingkan dengan arus sungai di bagian hilir. Aliran sungai seringkali berkeluk-luk karena terjadinya proses pengikisan dan pengendapan di sepanjang sungai. (Dinarta,2013).

Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 35 Tahun 1991, sungai adalah tempat-tempat dan wadah-wadah serta jaringan pengalir air mulai dari mata air sampai



muara dengan dibatasi kanan dan kirinya serta sepanjang pengalirannya oleh garis sempadan (garis batas luar pengamanan sungai).

Sungai mengalir dari hulu dalam kondisi kemiringan lahan yang curam berturut-turut menjadi agak curam, agak landai, dan relatif rata. Arus relatif cepat di daerah hulu dan bergerak menjadi lebih lambat dan makin lambat pada daerah hilir. Sungai sebagai sumber air merupakan salah satu sumber daya alam yang mempunyai fungsi serba guna bagi kehidupan dan penghidupan manusia. Ada dua fungsi utama sungai secara alami yaitu mengalirkan air dan mengangkut sedimen hasil erosi pada Daerah Aliran Sungai (DAS) dan alurnya. Kedua fungsi ini terjadi bersamaan dan saling mempengaruhi. (Mulyanto, 2007)

Sungai adalah air tawar yang mengalir dari sumbernya di daratan menuju dan bermuara di laut, danau atau sungai yang lebih besar, aliran sungai merupakan aliran yang bersumber dari limpasan, limpasan yang berasal dari hujan, gletser, limpasan dari anak-anak sungai dan limpasan dari air tanah. Sungai memiliki bentuk-bentuk yang berbeda antara yang satu dengan yang lain. (Fatmawati, 2016)

Secara umum sebuah sungai bisa dibagi menjadi tiga bagian yaitu bagian hulu, tengah dan hilir. Kita bisa menentukan mana sungai bagian hilir, sungai bagian tengah dan bagian hulu. Sungai bagian hulu merupakan bagian awal dari sebuah sungai biasanya bagian ini terletak di pegunungan, lembah sungai berbentuk huruf V yang memiliki ciri-ciri memiliki aliran air yang sangat deras dan sungainya lumayan dalam, pada sungai inilah proses erosi terjadi. Kemudian sungai bagian

adalah lanjutan dari sungai bagian hulu sungai bagian tengah memiliki ciri sungai berbentuk huruf U karena kondisi lokasinya yang sudah tidak curam melainkan landai. Hal ini mengakibatkan aliran air tidak begitu deras sehingga



proses erosi di sini tidak begitu dominan. Proses yang dominan terjadi di daerah ini adalah transportasi maksudnya adalah hasil erosi yang terjadi di bagian hulu dibawa oleh air menuju daerah bawahnya, ke arah hulu. Sungai bagian hilir adalah bagian sungai terakhir yang mengantar sungai kelaut (muara) ciri-ciri sungai bagian hilir ini memiliki lembah menyerupai huruf *U* yang lebar dan sungai bagian hilir ini biasanya sudah memiliki *meander-meander* (berliku-liku), proses yang lebih dominan di sini adalah sedimentasi karena hasil transportasi sedimen di bagian tengah akan diendapkan dibagian hilir. (Asdak,2010)

B. Daerah Aliran Sungai

Daerah aliran sungai adalah suatu kesatuan wilayah tata air yang terbentuk secara alamiah, dimana semua air hujan yang jatuh ke daerah ini akan mengalir melalui sungai dan anak sungai yang bersangkutan. Defenisi lain yaitu suatu daerah tertentu yang bentuk dan sifat alamnya sedemikian rupa, sehingga merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya yang melalui daerah tersebut dalam fungsinya untuk menampung air yang berasal dari air hujan dan sumber-sumber air lainnya yang penyimpanannya dan pengalirannya dihimpun dan ditata berdasarkan hukum-hukum alam sekelilingnya demi keseimbangan daerah tersebut; daerah sekitar sungai meliputi punggung bukit atau gunung merupakan tempat sumber air dan semua curahan air hujan yang mengalir ke sungai, sampai daerah dataran dan muara sungai (Suripin,2009)

Daerah aliran sungai (DAS) merupakan ruang di mana sumberdaya alam, vegetasi, tanah dan air, berada dan tersimpan serta tempat hidup manusia memanfaatkan sumberdaya alam tersebut untuk memenuhi kebutuhan . Sebagai wilayah, DAS juga dipandang sebagai ekosistem dari daur air,



sehingga DAS didefinisikan sebagai 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. Batas di darat merupakan pemisah topografi dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan (UU No 7 Tahun 2004).

Daerah aliran sungai adalah daerah yang dibatasi punggung-punggung gunung sehingga air hujan yang jatuh pada daerah tersebut akan ditampung dan dialirkan melalui sungai-sungai kecil ke sungai utama. Daerah aliran sungai (DAS) merupakan suatu wilayah yang dibatasi oleh pemisah topografi yang menerima hujan, menampung, menyimpan dan mengalirkan ke sungai dan seterusnya ke danau atau ke laut. Selain itu Daerah Aliran Sungai (DAS) juga merupakan suatu ekosistem dimana di dalamnya terjadi suatu proses interaksi antara faktor-faktor biotik, nonabiotik, dan manusia. Berdasarkan uraian diatas dapat disimpulkan bahwa Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah daerah yang dibatasi punggung-punggung gunung yang menerima hujan, menampung, menyimpan dan mengalirkan ke sungai, danau dan laut atau disebut kawasan pengumpul suatu sistem tunggal. (Asdak,2010)

Salah satu fungsi utama dari Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah sebagai pemasok air dengan kuantitas dan kualitas yang baik. Alih fungsi lahan hutan menjadi lahan pertanian akan mempengaruhi kuantitas dan kualitas tata air pada DAS yang akan dirasakan oleh masyarakat di bagian hilir. Persepsi umum yang

yang pada saat ini adalah konversi hutan menjadi lahan pertanian



mengakibatkan penurunan fungsi hutan dalam mengatur tata air, mencegah banjir, longsor, dan erosi pada DAS tersebut.(Wahid:2009)

C. Karakteristik DAS

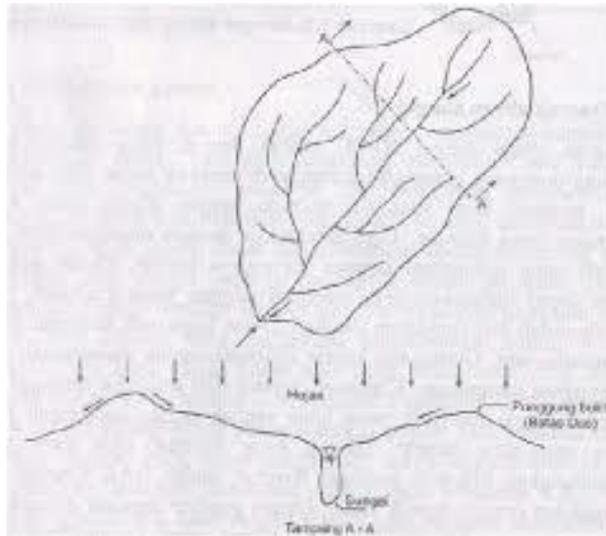
Daerah aliran sungai (DAS) adalah daerah yang dibatasi oleh punggung-punggung gunung/pegunungan dimana air hujan yang jatuh di daerah tersebut akan mengalir menuju sungai utama pada suatu titik/stasiun yang ditinjau. DAS ditentukan dengan menggunakan peta topografi yang dilengkapi dengan garis-garis kontur. Garis-garis kontur dipelajari untuk menentukan arah limpasan permukaan. Limpasan berasal dari titik-titik tertinggi dan bergerak menuju titik-titik yang lebih rendah dalam arah tegak lurus dengan garis-garis kontur. Daerah yang dibatasi oleh garis yang menghubungkan titik-titik tertinggi tersebut adalah DAS. Gambar 2.1. menunjukkan contoh bentuk DAS. Dalam gambar tersebut ditunjukkan pula penampang pada keliling DAS. Garis yang mengelilingi DAS tersebut merupakan titik-titik tertinggi. Air hujan yang jatuh di dalam DAS akan mengalir menuju sungai utama yang ditinjau, sedang yang jatuh di luar DAS akan mengalir ke sungai sebelahnya. (Triatmodjo:2010)

1) Luas DAS

Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan tempat pengumpulan presipitasi ke suatu sistem sungai. Luas daerah aliran dapat diperkirakan dengan mengukur daerah tersebut pada peta topografi. Daerah aliran sungai dapat



dibedakan berdasarkan bentuk atau pola dimana bentuk ini akan menentukan pola hidrologi dan luas yang ada.



Gambar 2.1 Daerah aliran sungai (DAS)

(Sumber : B. Triadmodjo, Hidrologi Terapan,2010)

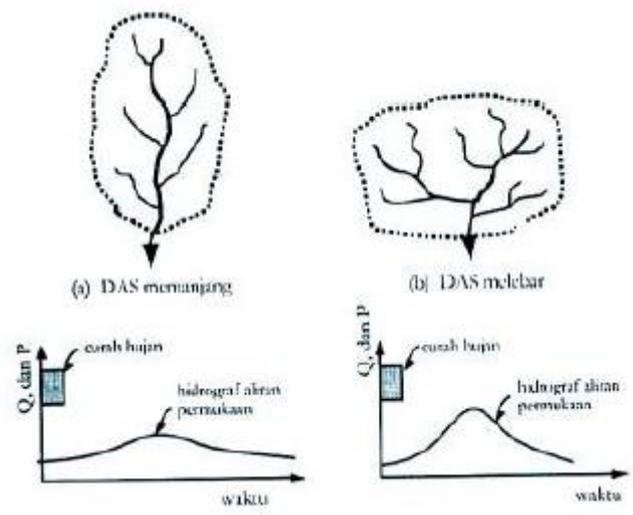
Bentuk DAS mempengaruhi waktu konsentrasi air hujan yang mengalir menuju outlet. Semakin bulat bentuk DAS berarti semakin singkat waktu konsentrasi yang diperlukan, sehingga semakin tinggi fluktuasi banjir yang terjadi. Sebaliknya semakin lonjong bentuk DAS, waktu konsentrasi yang diperlukan semakin lama sehingga fluktuasi banjir semakin rendah. Corak atau pola DAS dipengaruhi oleh faktor geomorfologi, topografi dan bentuk wilayah DAS.

a. **Paralel (melebar):** anak sungai utama saling sejajar atau hamper sejajar, bermuara pada sungai-sungai utama dengan sudut lancip atau langsung bermuara ke laut. Berkembang di lereng yang terkontrol oleh struktur (lipatan monoklinal, isoklinal, sesar yang saling sejajar dengan spasi yang

pendek) atau dekat pantai. DAS ini mempunyai dua jalur sub-DAS yang bersatu.



b. **Radial (memanjang)**: sungai yang mengalir ke segala arah dari satu titik. Berkembang pada vulkan atau dome. Anak sungainya memusat di satu titik secara radial sehingga menyerupai bentuk kipas atau lingkaran. DAS atau sub-DAS radial memiliki banjir yang relatif besar tetapi relatif tidak lama. Biasanya dijumpai di daerah lereng gunung api atau daerah dengan topografi berbentuk kubah.



Gambar 2.2 Pengaruh bentuk DAS pada Aliran Permukaan
(Sumber : B. Triadmodjo, Hidrologi Terapan,2010)

2) Panjang sungai

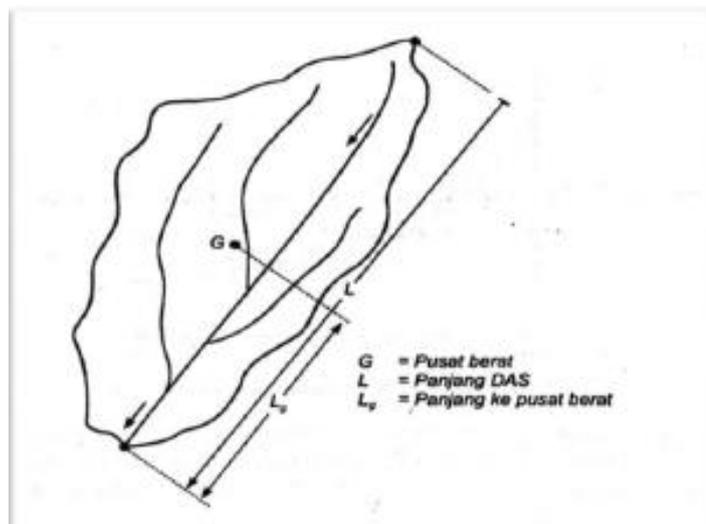
Panjang sungai adalah panjang yang diukur sepanjang sungai, dari stasiun yang ditinjau atau muara sungai sampai ujung hulu. Panjang sungai biasanya diukur pada peta. Sungai utama merupakan sungai terbesar pada daerah tangkapan dan yang membawa aliran menuju muara sungai. Dalam memperkirakan panjang sungai disarankan untuk mengukur beberapa kali lalu hitung panjang reratanya.

panjang DAS L adalah panjang maksimum sepanjang sungai utama dari stasiun yang ditinjau (atau muara) ke titik terjauh dari batas DAS. Panjang L_c adalah panjang sungai yang diukur sepanjang sungai dari stasiun



yang ditinjau sampai titik terdekat dengan titik berat daerah aliran sungai. Pusat berat DAS adalah pusat berat titik perpotongan dari dua atau lebih garis lurus yang membagi DAS menjadi dua DAS yang kira-kira sama besar. Gambar 2.2. menunjukkan panjang sungai.

Jumlah panjang sungai semua tingkat LT adalah jumlah dari panjang semua segmen sungai semua tingkat. LT digunakan untuk mengukur kerapatan sungai D , yaitu jumlah panjang sungai semua tingkat dalam DAS dibagi dengan dengan luas DAS.



Gambar 2.3 Panjang sungai

(Sumber : B. Triadmodjo, Hidrologi Terapan, 2010)

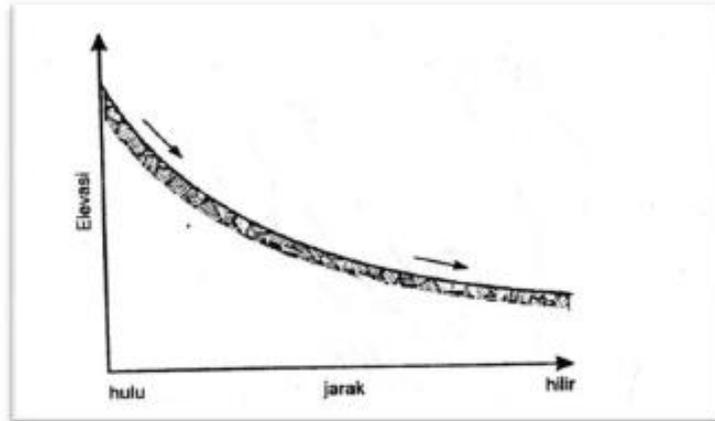
3) Kemiringan sungai

Kurva yang menunjukkan hubungan antara elevasi dasar sungai dan jarak yang diukur sepanjang sungai mulai dari ujung hulu sampai muara disebut profil memanjang sungai atau kemiringan sungai. Kemiringan sungai utama dapat digunakan untuk memperkirakan kemiringan DAS. Untuk menghitung

Kemiringan sungai, sungai dibagi menjadi beberapa pias, dan kemiringan
 ung untuk setiap pias. Pada umumnya bentuk kemiringan sungai di daerah



hulu lebih tajam dibandingkan dengan bagian sungai di hilir. Seperti ditunjukkan dalam **Gambar 2.4**.



Gambar 2.4 Potongan memanjang sungai

(Sumber : B. Triadmodjo, Hidrologi Terapan,2010)

Air bergerak ke hilir karena pengaruh gaya gravitasi, sehingga semakin besar kemiringan semakin besar pula kecepatan aliran dan sebaliknya waktu aliran menjadi semakin pendek. Kemiringan yang lebih tajam menyebabkan kecepatan limpasan permukaan lebih besar yang mengakibatkan kurang waktu untuk terjadinya infiltrasi, sehingga aliran permukaan terjadi lebih banyak.

D. Saluran Terbuka

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 peubah presipitasi (hujan) sebagai masukan sistem. Disamping itu DAS mempunyai karakter yang spesifik serta erat dengan unsur-unsur utamanya seperti jenis tanah, topografi, geologi, biologi, 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).

Aliran air dapat terjadi pada saluran terbuka maupun pada saluran tertutup (*pipe flow*). Pada saluran terbuka, aliran air memiliki suatu permukaan bebas yang dipengaruhi kecepatan, kekentalan, gradien dan geometri saluran. Hal inilah yang biasanya menyebabkan kesulitan dalam memperoleh data yang akurat mengenai aliran pada saluran terbuka. Menurut asalnya, saluran dapat dibedakan menjadi saluran alam (*natural channels*) dan saluran buatan (*artificial channel*). Kondisi aliran dalam saluran terbuka yang rumit berdasarkan kenyataan bahwa kedudukan permukaan bebas cenderung berubah sesuai dengan ruang dan waktu, seperti kedalaman aliran, debit dan kemiringan dasar semuanya saling berhubungan satu sama lain. (Arsyad:2010)

Secara umum, persamaan dasar yang dipakai untuk menganalisa debit (Q) aliran pada saluran terbuka yang berlaku untuk suatu penampang saluran dapat dilihat dalam rumus berikut:

$$Q = V \cdot A \dots\dots\dots(1)$$

dengan :

Q = debit (m³/dtk)

V = Kecepatan rata-rata (m/dtk)

A = Luas penampang saluran (m²)

Untuk menghitung luas penampang saluran, dapat menggunakan rumus berikut:

$$= b \cdot h \dots\dots\dots(2)$$



dengan : $A = \text{Luas penampang saluran (m}^2\text{)}$
 $b = \text{Lebar saluran (m)}$
 $h = \text{Tinggi saluran (m)}$

Untuk kecepatan rata-rata, digunakan rumus:

$$V = Q/(b.h) \dots\dots\dots(3)$$

E. Erosi

Erosi merupakan proses alamiah yang tidak bisa atau sulit untuk dihilangkan sama sekali atau tingkat erosinya nol, khususnya untuk daerah-daerah pertanian. Tindakan yang masih dapat dilakukan adalah mengusahakan supaya erosi yang terjadi dibawah ambang batas yang maksimum (*soil loss tolerance*), yaitu besarnya erosi tidak melebihi laju pembentukan tanah.(Suripin,2004)

Erosi adalah suatu perubahan bentuk batuan, tanah lumpur yang disebabkan oleh kekuatan air, angin, es, pengaruh gaya berat dan organisme hidup. Selain itu erosi juga dapat dicitakan sebagai suatu proses hilangnya lapisan atas tanah yang memiliki unsur hara bagi keperluan tumbuhan dan kesuburan tanaman dan umumnya disebabkan karena pergerakan air. Erosi Pula di defenisikan sebagai suatu peristiwa hilangnya atau terkikisnya tanah atau bagian tanah yang terangkut dari suatu tempat ke tempat lain yang disebabkan oleh pergerakan air maupun pergerakan angin. (Dedy Hermon,2008)

Proses erosi tanah yang disebabkan oleh air meliputi tiga tahap yang terjadi dalam keadaan normal di lapangan, yaitu tahap pemecahan bongkah-bongkah atau

tanah ke dalam bentuk butir-butir kecil atau partikel tanah, tahap kedua
 erosi atau pengangkutan butir-butir kecil sampai sangat halus tersebut, dan



tahap ketiga pengendapan partikel-partikel tersebut di tempat yang lebih rendah atau dasar sungai atau waduk. (Suripin:2004)

Erosi adalah proses terkikisnya lapisan permukaan tanah oleh aliran air.

Fenomena erosi dapat berbentuk berbagai macam, seperti:

1. Erosi lembar yaitu erosi permukaan tanah (*sheet erosion*) yang biasanya terjadi di daerah pegunungan di waktu atau setelah terjadi hujan lebat
2. Erosi parit (*linier/gully erosion*) yang terjadi pada alur aliran air atau sungai baik pada dasar atau pada tebing sungai.
3. Erosi yang terjadi pada garis pantai (*abrasi*) yang disebabkan oleh adanya gelombang atau arus laut.

Erosi lembar akan mengikis permukaan tanah di berbagai tempat, seperti tanah pertanian, padang rumput yang terlalu banyak dibabat (*over grassing*), atau hutan yang tidak dikelola dengan baik sehingga dapat menyebabkan hilangnya lapisan tanah yang subur yang ada di permukaan tanah, yang kemudian tanah akan menjadi tandus, disamping itu tanah yang terangkut juga akan membawa problem di daerah dimana tanah tersebut mengendap atau yang sering dikenal dengan sedimentasi.(Joko Cahyono:2000)

Berdasarkan uraian diatas dapat disimpulkan bahwa erosi adalah suatu proses hilangnya lapisan atas tanah yang disebabkan oleh iklim, kondisi tanah dan aktivitas manusia. Proses erosi menimbulkan dampak yang sangat besar bagi kelangsungan hidup tumbuhan dan makhluk hidup lainnya.



di tanah yaitu proses hilangnya lapisan tanah yang jauh lebih cepat dari kehilangan tanah pada peristiwa erosi geologi. Proses erosi dapat

menyebabkan merosotnya produktivitas tanah, daya dukung tanah untuk produksi pertanian dan kualitas lingkungan hidup. Di daerah tropis yang lembab seperti di Indonesia dengan rata-rata curah hujan melebihi 1500 mm per tahun, maka air merupakan penyebab utama terjadinya erosi. (Frevert, et. Al,1950)

Proses erosi tanah yang disebabkan oleh air meliputi 3 tahap, yaitu :

1. Pemecahan bongkah-bongkah agregat tanah ke dalam bentuk butir-butir kecil atau partikel tanah
2. Pemindahan atau pengangkutan butir-butir yang kecil tersebut
3. Pengendapan butir-butir atau partikel tersebut di tempat yang lebih rendah, di dasar sungai atau waduk.

Sebagai negara yang memiliki iklim tropis basah, maka dalam hal ini proses erosi tanah lebih banyak disebabkan oleh air akibat hujan yang turun di permukaan tanah.

Erosi lempeng dari tanah bergantung pada sifat-sifat curah hujan yang jatuh, tahanan yang diberikan oleh tanah terhadap pukulan butir-butir hujan dan juga tergantung pada gerakan lapisan tipis air di atas permukaan tanah sebagai limpasan permukaan. (Asdak,2010)

Erosi tanah berkaitan dengan *accelerated erosion*, karena dalam hal ini erosi lahan diartikan sebagai proses hilangnya lapisan tanah yang lebih cepat dari proses pemindahan/hilangnya bagian-bagian tanah karena proses erosi alamiah.(Asdak,2010)



F. Sedimentasi

Menurut Asdak (2010:391) sedimen adalah hasil proses erosi baik berupa erosi permukaan, erosi parit, atau jenis erosi tanah lainnya Menurut Suripin (2002:72), erosi merupakan proses terlepasnya butiran tanah dari induknya di suatu tempat, dan sedimentasi merupakan terangkutnya material tersebut oleh gerakan air atau angin kemudian diikuti dengan pengendapan material yang terdapat di tempat lain. Proses pengendapan sementara terjadi pada lereng yang bergelombang yaitu bagian lereng yang cekung. Bagian lereng yang cekung ini akan menampung endapan partikel yang hanyut untuk sementara dan pada hujan berikutnya endapan ini akan terangkut kembali menuju dataran rendah atau sungai. Berdasarkan uraian diatas dapat disimpulkan bahwa sedimentasi adalah terlepasnya butiran tanah dari induknya dan terangkut, suatu proses hilangnya lapisan atas tanah yang disebabkan oleh iklim, kondisi tanah dan aktivitas manusia.

Sedimentasi yaitu proses pengendapan dari suatu material yang berasal dari erosi angin, air, gelombang laut serta gletsyer. material yang dihasilkan dari erosi yang dibawa oleh aliran air dapat diendapkan di tempat yang ketinggiannya lebih rendah (dalam diyon yudis). Proses sedimentasi itu sendiri dalam konteks hubungan dengan sungai meliputi, penyempitan palung, erosi, transportasi sedimentos (transport sediment), pengendapan (deposition), dan pemadatan (Compaction) dari sedimen itu sendiri. Karena prosesnya merupakan gejala sangat kompleks, dimulai dengan jatuhnya hujan yang menghasilkan energi kinetik yang merupakan permulaan proses terjadinya erosi tanah menjadi partikel halus, lalu menggelinding

aliran, sebagian akan tertinggal di atas tanah, sedangkan bagian lainnya dalam sungai terbawa aliran menjadi sedimen. Besarnya volume sedimen



terutama tergantung pada perubahan kecepatan aliran, karena perubahan pada musim penghujan dan kemarau, serta perubahan kecepatan yang dipengaruhi oleh aktivitas manusia. (Helmi,2013)

Proses terjadinya sedimentasi merupakan bagian dari proses erosi tanah. Timbulnya bahan sedimen adalah sebagai akibat terjadinya erosi tanah. Kegiatan ini berlangsung baik oleh air maupun angin. Proses erosi dan sedimentasi di Indonesia yang lebih berperan adalah faktor air, sedangkan faktor angin relatif kecil. (Helmi,2013)

Sedimentasi adalah proses pengendapan material yang terangkut oleh aliran dari bagian hulu akibat dari erosi. Sungai-sungai membawa sedimen dalam setiap alirannya. Sedimen dapat berada di berbagai lokasi dalam aliran, tergantung pada keseimbangan antara kecepatan ke atas pada partikel (gaya tarik dan gaya angkat) dan kecepatan pengendapan partikel (Asdak, 2004).

Sedimentasi adalah terbawanya material hasil dari pengikisan dan pelapukan oleh air, angin atau *gletser* ke suatu wilayah yang kemudian diendapkan. Semua batuan hasil pelapukan dan pengikisan yang diendapkan lama kelamaan akan menjadi batuan sedimen. Hasil proses sedimentasi di suatu tempat dengan tempat lain akan berbeda. Berikut adalah ciri bentang lahan akibat proses pengendapan berdasarkan tenaga pengangkutnya.(Suripin,2004)

Sedimen adalah produk disintegrasi dan dekomposisi batuan. Disintegrasi mencakup seluruh proses dimana batuan yang rusak/pecah menjadi butiran-butiran kecil tanpa perubahan substansi kimiawi. Dekomposisi mengacu pada pemecahan

mineral batuan oleh reaksi kimia. Dekomposisi mencakup proses hidrasi, oksidasi dan solusi. Karakteristik butiran mineral dapat



menggambarkan properti sedimen, antara lain ukuran (*size*), bentuk (*shape*), berat volume (*specific weight*), berat jenis (*specific gravity*) dan kecepatan jatuh/endap (*fall velocity*). (Ponce, 1989)

Sedimentasi adalah peristiwa pengendapan material batuan yang telah diangkut oleh tenaga air atau angin. Pada saat pengikisan terjadi, air membawa batuan mengalir ke sungai, danau, dan akhirnya sampai di laut. Pada saat kekuatan pengangkutannya berkurang atau habis, batuan diendapkan di daerah aliran air (Anwas, 1994).

Ukuran partikel merupakan karakteristik sedimen yang dapat diukur secara nyata. Klasifikasi berdasarkan standar *U.S. Army Corps Engineer (USACE)* untuk Analisa saringan sampel sedimen. Syahrul Purnawan, dkk. (2011) menggunakan teknik analisis penyaringan dengan metode ayak basah yang menggunakan saringan sedimen bertingkat dengan diameter berbeda-beda (4,75 mm, 1,7 mm, 250 μ m, 850 μ m, 150 μ m). Beberapa ahli hidraulika menggunakan klasifikasi ukuran butiran menurut AGU (*American Geophysical Union*) sebagaimana yang ditunjukkan pada **Tabel 2.1**. Ponce (1989) menyatakan bahwa batu besar (*boulders*) dan krakal (*cobbles*) dapat diukur tersendiri, kerikil (*gravel*) dapat diukur tersendiri atau dengan ayakan, dan pasir diukur dengan ayakan. Ayakan nomor 200 digunakan untuk memisahkan partikel pasir dari partikel yang lebih halus seperti lumpur dan lempung, sedangkan lumpur dan lempung dipisahkan dengan mengukur perbedaan kecepatan jatuhnya pada air diam. (Abdul Ghani, 2012)



Tabel 2.1 Klasifikasi ukuran butiran menurut *American Geophysical Union*

Interval/range (mm)	Nama	Interval/range (mm)	Nama
4096 - 2048	Batu sangat besar (<i>Very Large Boulders</i>)	1/2 - 1/4	Pasir sedang (<i>Medium Sand</i>)
2048 - 1024	Batu besar (<i>Large Boulders</i>)	1/4 - 1/8	Pasir halus (<i>Fine Sand</i>)
1024 - 512	Batu sedang (<i>Medium Boulders</i>)	1/8 - 1/16 (s/d 0.0625 mm)	Pasir sangat halus (<i>Very Fine Sand</i>)
512 - 256	Batu kecil (<i>Small Boulders</i>)	1/16 - 1/32	Lumpur kasar (<i>Coarse Silt</i>)
256 - 128	Kerakal besar (<i>Large Cobbles</i>)	1/32 - 1/64	Lumpur sedang (<i>Medium Silt</i>)
128 - 64	Kerakal kecil (<i>Small Cobbles</i>)	1/64 - 1/128	Lumpur halus (<i>Fine Silt</i>)
64 - 32	Kerikil sangat kasar (<i>Very Coarse Gravel</i>)	1/128 - 1/256	Lumpur sangat halus (<i>Very Fine Silt</i>)
32 - 16	Kerikil kasar (<i>Coarse Gravel</i>)	1/256 - 1/512	Lempung kasar (<i>Coarse Clay</i>)
16 - 8	Kerikil sedang (<i>Medium Gravel</i>)	1/512 - 1/1024	Lempung sedang (<i>Medium Clay</i>)
8 - 4	Kerikil halus (<i>Fine Gravel</i>)	1/1024 - 1/2048	Lempung halus (<i>Fine Clay</i>)
4 - 2	Kerikil sangat halus (<i>Very Fine Gravel</i>)	1/2048 - 1/4096	Lempung sangat halus (<i>Very Fine Clay</i>)
2 - 1	Pasir sangat kasar (<i>Very Coarse Sand</i>)		Koloid
1 - 1/2	Pasir kasar (<i>Coarse Sand</i>)		

(Sumber: Gardi & Radju, 1985)

G. Angkutan Sedimen

Berdasarkan pada jenis sedimen dan ukuran partikel-partikel tanah serta komposisi mineral dan bahan induk yang menyusunnya dikenal bermacam sedimen:

1. Muatan alas (*bed load transport*).

Muatan alas (*bed load*) adalah partikel yang bergerak pada dasar sungai dengan cara berguling, meluncur dan meloncat. Muatan alas keadaannya selalu bergerak, oleh sebab itu pada sepanjang aliran dasar

sungai selalu terjadi proses degradasi dan agradasi dasar sungai. Pada umumnya, besarnya angkutan alas pada sungai adalah berkisar 5-25% dari



angkutan melayang. Dalam hal ini, material kasar tinggi persentasenya menjadi angkutan alas. (Muhammad Saleh Pallu, 2012).

2. Sedimen layang (*suspended load*).

Partikel sedimen dikatakan bergerak secara melayang (*suspended load*) bilamana partikel tersebut bergerak tanpa menyentuh dasar saluran dalam aliran air. Karena adanya pengaruh gaya berat, partikel-partikel tersebut cenderung untuk mengendap. Kecenderungan untuk mengendap ini akan dilawan terus menerus oleh gerak turbulensi aliran sehingga butir-butir tanah bergerak melayang di atas saluran. Bahan *suspended load* berupa pasir halus yang bergerak akibat pengaruh turbulensi aliran, debit, dan kecepatan aliran. Semakin besar debit, maka semakin besar pula angkutan *suspended load*. Dengan kata lain kondisi aliran yang ada akan menentukan apakah suatu fraksi sedimen akan bergerak sebagai sedimen melayang atau bukan.

Angkutan sedimen melayang sering disertai dengan angkutan sedimen alas, dan transisi antara dua metode transport tersebut dapat terjadi secara bertahap, sesuai dengan perubahan kondisi aliran. Umumnya aliran sungai keadaannya merupakan aliran turbulen, oleh karena itu tenaga gravitasi partikel sedimen dapat ditahan oleh gerakan turbulensi (fluktuasi) aliran dan pusaran arus yang akan membawa partikel sedimen kembali ke atas. Dari uraian ini jelas bahwa angkutan sedimen melayang dapat dibedakan menjadi tiga keadaan :

- a. Apabila tenaga gravitasi partikel sedimen lebih besar daripada tenaga turbulensi aliran, maka partikel sedimen akan mengendap dan akan terjadi pendangkalan pada dasar sungai.



- b. Apabila tenaga gravitasi partikel sedimen sama dengan tenaga turbulensi aliran, maka akan terjadi keadaan seimbang dan partikel sedimen tersebut tetap konstan terbawa aliran sungai ke arah hilir.
- c. Apabila tenaga gravitasi partikel sedimen lebih kecil daripada tenaga turbulensi aliran, maka dasar sungai akan terkikis dan akan terjadi penggerusan pada dasar sungai.

Suatu sedimen dikatakan melayang apabila gaya angkatnya lebih besar daripada gaya beratnya.

3. Angkutan Sedimen Total (*Total Load*)

Angkutan Sedimen Total (*Total Load*) ditentukan dengan menjumlahkan debit angkutan sedimen alas dengan debit angkutan sedimen melayang.

H. Mekanisme Pergerakan Sedimen

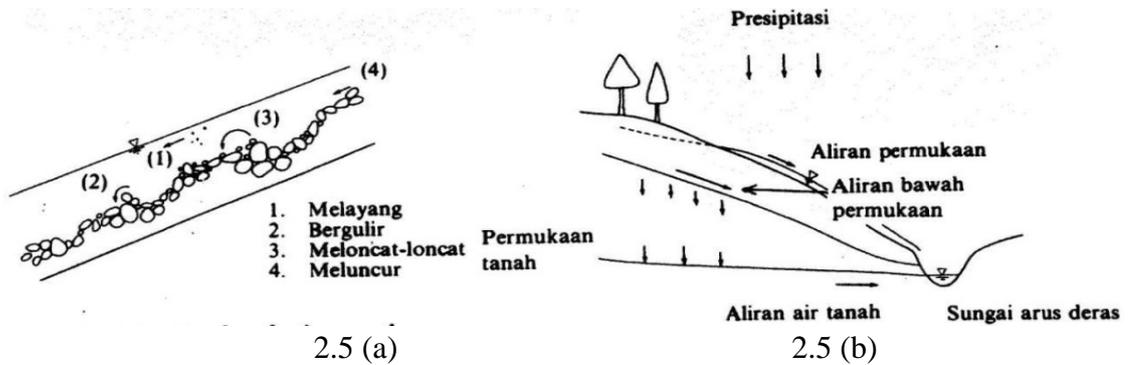
Gerakan butiran tanah atau butiran pasir secara individual akibat tertimpa titik-titik hujan atau terdorong aliran air dalam alur-alur kecil disebut gerakan fluvial (*fluvial movement*). Gaya-gaya yang menyebabkan bergeraknya butiran-butiran kerikil yang terdapat di atas permukaan dasar sungai terdiri dari komponen gaya-gaya gravitasi yang sejajar dengan dasar sungai dan gaya geser serta gaya angkat yang dihasilkan oleh kekuatan aliran air sungai. (Asdak,2010)

Karena muatan alas senantiasa bergerak, maka permukaan dasar sungai kadang naik (agradasi), tetapi kadang-kadang turun (degradasi) dan naik-turunnya dasar sungai disebut alterasi dasar sungai (*river bed alternation*). Muatan melayang tidak berpengaruh pada alterasi dasar sungai, tetapi dapat mengendap di

duk-waduk atau muara-muara sungai, yang menimbulkan pendangkalan atau muara sungai tersebut dan menyebabkan timbulnya berbagai masalah.



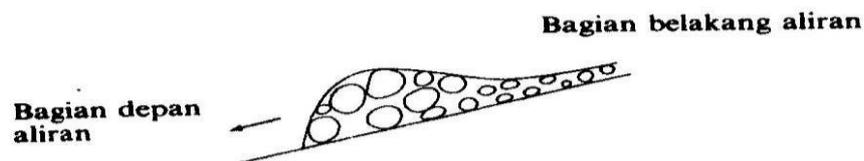
Penghasil sedimen terbesar adalah erosi permukaan lereng pegunungan, erosi ungai (dasar dan tebing alur sungai) dan bahan-bahan hasil letusan gunung berapi yang masih aktif. (Sudarsono, 2008)



Gambar 2.5 (a) Gerakan butiran pasir dalam aliran air.

Gambar 2.5 (b) Proses limpasan hujan di daerah pegunungan
(Sumber : S.Sudarsono & M.Tominaga, Pengaturan Sungai 2008)

Gerakan massa sedimen adalah gerakan air bercampur massa sedimen dengan konsentrasi yang sangat tinggi, di hulu sungai arus deras, di daerah lereng-lereng pegunungan atau gunung berapi. Gerakan sedimen ini disebut sedimen luruh yang biasanya dapat terjadi di dalam alur sungai arus deras (torrent) yang kemiringan dari 15° . (Sudarsono, 2008)

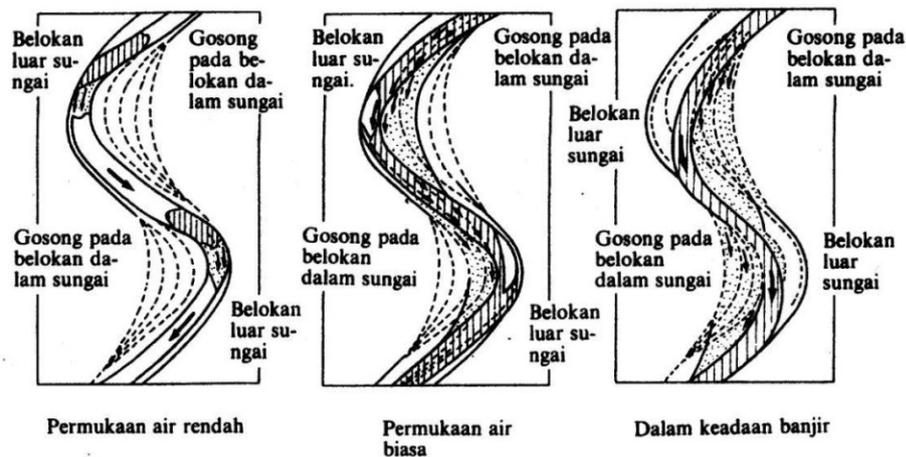


Gambar 2.6 Bentuk banjir lahar yang mengandung batu-batu (batu-batu besar berkonsentrasi di bagian depan dan kerikil ukuran kecil terdapat di bagian belakang aliran)

(Sumber : S.Sudarsono & M.Tominaga, Pengaturan Sungai 2008)



Bahan utama sedimen luruh biasanya terdiri pasir atau lumpur bercampur kerikil dan batu-batu dari berbagai proporsi dan ukuran. Ukuran batu-batu yang terdapat pada sedimen luruh sangat bervariasi mulai dari berukuran *centimeter* sampai *meter*. Sedimen luruh yang bahannya berasal dari pelapukan batuan yang sebagian besar berupa pasir disebut pasir luruh (*sand flow*) dan yang sebagian besar berupa lumpur disebut lumpur luruh (*mud flow*). Selain itu sedimen luruh yang bahannya berasal dari endapan hasil letusan gunung berapi disebut banjir lahar dingin atau hanya dengan sebutan banjir lahar. Kalau suplai sedimen, besar dari kemampuan transpor maka akan terjadi aggradasi. Sedangkan kalau suplai sedimen, lebih kecil dari kemampuan transpor akan terjadi degradasi. Kemampuan transpor sendiri dipengaruhi oleh debit, kecepatan aliran rata-rata, kemiringan (*slope*), tegangan geser dan karakteristik sedimen. Agar tidak terjadi aggradasi dan degradasi harus diciptakan kondisi seimbang dalam suatu sungai. Kondisi seimbang akan terjadi apabila suplai sedimen (dominan dari DAS) sama dengan kapasitas transport sedimen sungai.



Gambar 2.7 Progres gerakan sedimen dan perpindahan daerah pengendapan karena terjadinya perubahan muka air

Sumber : S.Sударsono & M.Tominaga, Pengaturan Sungai 2008)



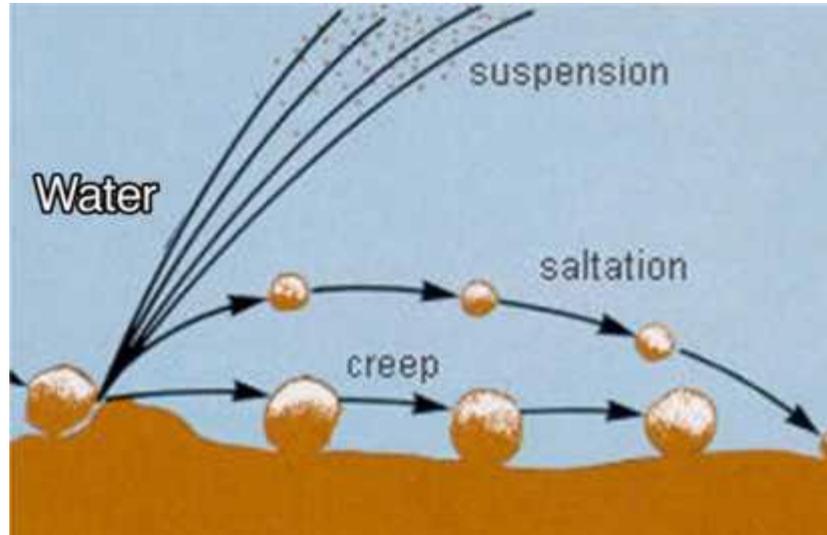
Mekanisme pengangkutan butir-butir tanah yang dibawa dalam air yang mengalir dapat digolongkan menjadi beberapa bagian, sebagai berikut :

1. *Wash Load Transport* atau angkutan sedimen cuci, yaitu bahan wash load berasal dari pelapukan lapisan permukaan tanah yang menjadi lepas berupa debu-debu halus selama musim kering. Debu halus ini selanjutnya dibawa masuk ke sungai baik oleh angin maupun oleh air hujan yang turun pertama pada musim hujan, sehingga jumlah sedimen pada awal musim hujan lebih banyak dibandingkan dengan keadaan yang lain.
2. *Suspended Load Transport* atau angkutan sedimen layang, yaitu butir-butir tanah bergerak melayang dalam aliran air. Gerakan butir-butir tanah ini terus menerus dikompresir oleh gerak turbulensi aliran sehingga butir-butir tanah bergerak melayang di atas saluran. Bahan suspended load terjadi dari pasir halus yang bergerak akibat pengaruh turbulensi aliran, debit, dan kecepatan aliran. Semakin besar debit, maka semakin besar pula angkutan suspended load.
3. *Saltation Load Transport* atau angkutan sedimen loncat, yaitu pergerakan butir-butir tanah yang bergerak dalam aliran air antara pergerakan *suspended load* dan *bed load*. Butir-butir tanah bergerak secara terus menerus meloncat-loncat (*skip*) dan melambung (*bounce*) sepanjang saluran tanpa menyentuh dasar saluran.
4. *Bed Load Transport* atau angkutan sedimen alas, yaitu merupakan angkutan butir-butir tanah berupa pasir kasar (*coarse sand*) yang bergerak secara

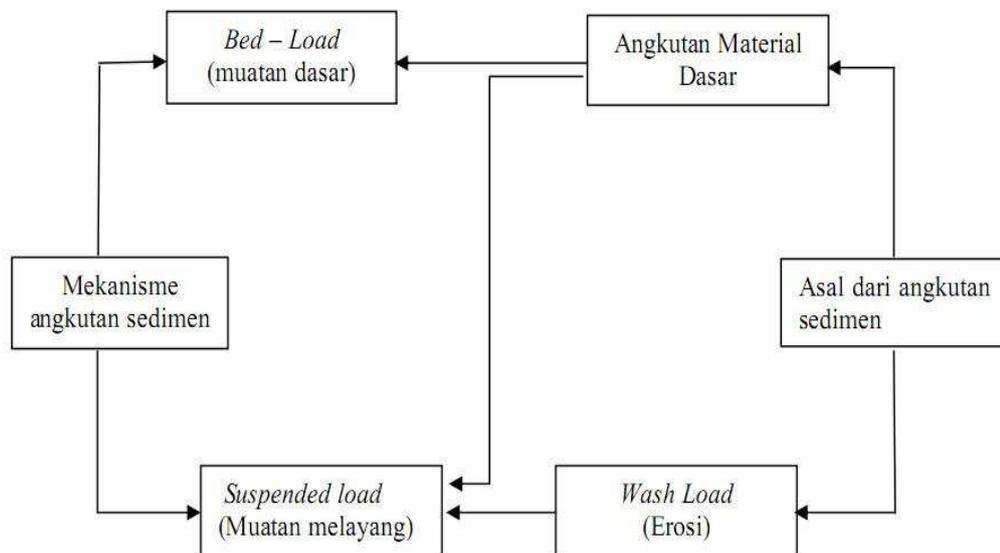
enggelinding (*rolling*), mendorong dan menggeser (*pushing and sliding*) terus menerus pada dasar aliran yang pergerakannya dipengaruhi oleh



adanya gaya seret (*drag force*). Gerakan ini kadang-kadang dapat sampai jarak tertentu dengan ditandai bercampurnya butiran partikel tersebut bergerak ke arah hilir (Soewarno, 1991).



Gambar 2.8 Ragam Gerakan Sedimen dalam Air
(Sumber : Aditya, 2003)



Gambar 2.9 Skema angkutan sedimen (Sedimen Transport)

(Sumber : Laporan pengukuran sedimentasi PSDA Semarang, 2004)



I. Analisis Perhitungan Laju Sedimentasi

Ada beberapa persamaan angkutan sedimen yang cukup terkenal dan sering dipergunakan untuk memprediksi angkutan sedimen alas (bed load), diantaranya persamaan Meyer-Peter dan Muller (1948), Einstein (1950), Frijlink (1952) serta Engelund an Hansen (1967) dan Yang (1973).

1. Metode Einstein (1950)

Persamaan muatan sedimen alas dengan pendekatan dari Einstein berdasarkan fungsi daripada:

$$\phi = f(\Psi) \dots\dots\dots (4)$$

Dengan:

ϕ = intensitas muatan sedimen alas

$f(\Psi)$ = intensitas aliran

$$\phi = \frac{q_b}{Y_s} \left(\frac{\rho}{\rho_s - \rho} \cdot \frac{1}{gD^3} \right)^{1/2} \dots\dots\dots (5)$$

$$f(\Psi) = \frac{\rho_s - \rho}{\rho} \cdot \frac{D}{SR_{b'}} \dots\dots\dots (6)$$

R' adalah jari-jari hidrolis yang menampung muatan sedimen alas.

$$R' = R_b \left(\frac{n'}{n} \right)^{3/2} \dots\dots\dots (7)$$

Dari pendekatan Einstein :

$$\Psi = \frac{\rho_s - \rho}{\rho} \cdot \frac{D_{35}}{R \left(\frac{n'}{n} \right)^{3/2}_s} \dots\dots\dots (8)$$

Laju muatan sedimen alas per unit lebar dasar sungai dihitung dengan rumus :

$$\phi = \frac{q_b}{Y_s} \left(\frac{\rho}{\rho_s - \rho} \cdot \frac{1}{gD_{35}^3} \right)^{1/2} \dots\dots\dots (9)$$

tan sedimen seluruh lebar dasar sungai adalah :

$$q_b = q_b \cdot W \dots\dots\dots (10)$$



Untuk angkutan sedimen melayang, Einstein mengasumsikan bahwa $\beta = 1$ dan $k = 0,4$. Dengan menggantikan U_* dengan U'_* maka kecepatan geser sehubungan dengan kekasaran butir dapat dihitung dengan persamaan:

$$z_1 = z = \frac{\omega}{0.4U'_*} \dots\dots\dots (11)$$

Dimana :

ω = Kecepatan jatuh partikel sedimen berdasarkan D_{65} .

$$U'_* = U_* = (gRS)^{1/2} \dots\dots\dots (12)$$

Keterangan :

g = percepatan gravitasi (9.81 m/det²)

R = Jari-jari hidrolis (m)

S = Kemiringan dasar sungai

2. Metode Bagnold

Bagnold (1966) memperkenalkan angkutan sedimen fungsi dari konsep energi. Bagnold menganggap hubungan antara dasar energi yang tersedia untuk sebuah sistem alluvial dan dasar dari kerja dilakukan dalam sistem angkutan sedimen. Persamaan Bagnold dapat ditulis sebagai berikut :

$$\frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} q_b \tan a = \tau V e_b \dots\dots\dots (13)$$

Dimana :

q_b = debit muatan sedimen melayang (kg/det/m)

γ_s dan γ = berat jenis sedimen dan berat jenis air (kg/m²)

τV = menurut Bagnold adalah 'stream power' atau daya per unit area

sepanjang dasar sungai. τ adalah tegangan geser (kg/m²) dan V adalah kecepatan aliran (m/s)

e_b = koefisien efisiensi angkutan sedimen alas



Bagnold mencatat bahwa angkutan sedimen melayang dapat ditulis dengan persamaan berikut:

$$\frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} q_s \frac{\omega}{\bar{u}} = \tau V (1 - e_b) e_s \dots \dots \dots (13)$$

Dimana:

e_s = koefisien efisiensi angkutan sedimen melayang

ω = kecepatan jatuh partikel sedimen berdasarkan D_{50}

Bagnold mengasumsi $\bar{u} = V$ dan menemukan $(1 - e_b) e_s = 0,01$ dari 'flume' data.

Sehingga sedimen melayang dapat dihitung sebagai berikut:

$$\frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} q_s = 0,01 \frac{\tau V^2}{\omega} \dots \dots \dots (14)$$

Total angkutan sedimen menurut Bagnold adalah jumlah dari angkutan sedimen dasar dan sedimen melayang. Dilihat dalam persamaan berikut :

$$q_T = q_b + q_s = \frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} \tau V \left(\frac{e_b}{\tan \alpha} + 0,01 \frac{\tau V^2}{\omega} \right) \dots \dots \dots (15)$$

3. Metode Meyer-Peter dan Muller (1948)

$$\gamma R_h \left(\frac{k}{k'} \right)^{3/2} S - 0,047 (\gamma_s - \gamma) d_m = 0,25 (\gamma/g)^{1/3} (qb')^{2/3} \dots \dots \dots (16)$$

dengan :

d_m = diameter signifikan (representatif) bervariasi antara $d_{50} - d_{60}$

R_h = jari-jari hidraulik (untuk sungai yang sangat lebar R_h = kedalaman aliran)

berat angkutan sedimen alas di dalam air persatuan waktu persatuan lebar

(ton/m.det)

ripple faktor



Rumus Meyer-Peter dan Muller (MPM) diperoleh secara empirik, dianggap cukup baik untuk memprediksi angkutan sedimen di sungai, karena range data yang digunakan sangat besar. Dikembangkan untuk sedimen seragam dan tidak seragam, serta memperhitungkan adanya faktor gesek yang disebabkan oleh pengaruh bentuk gelombang (*form roughness*) dan pengaruh ukuran butiran (*grain roughness*).

Kapasitas *Bed Load* dan *Suspended Load*

a. Beban Layang (*Suspended Load*)

Besarnya beban layang dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Q_s = 0,0864 \times c \times Q_w \dots \dots \dots (17)$$

dengan:

Q_s = beban layang (ton/hari)

C = konsentrasi sedimen rata-rata (mg/lt)

Biasanya data konsentrasi sedimen didapatkan dengan menggunakan rumus konsentrasi pada umumnya yaitu membagi antara berat zat terlarut dengan volume zat pelarut (Styarini, L. W. 20012).

Q_w = debit sungai (m³/det)

b. Beban alas (*Bed Load*)

Besarnya beban alas dihitung dengan menggunakan rumus Meyer-Petter Muller sebagai berikut:

$$G = 1,606Bx \left[3,306 \times \left(\frac{Q_B}{Q} \right) \times \left(\frac{D_{90}^{1/6}}{n_s} \right)^{3/2} \cdot d \cdot S - 0,627Dm \right]^{3/2} \dots \dots (18)$$

a:
beban alas (ton/hari)



B = lebar sungai (m)

QB = debit yang mengalir di atas beban layang (m³/det)

$$= \frac{Q}{1 + \frac{2d}{B} \left(\frac{nw}{ns}\right)^{3/2}}$$

Q = debit sungai (m³/det)

D90 = presentase diameter butiran lolos 90% (mm)

ns = koefisien Manning pada dasar sungai

$$= nm \left[1 + \frac{2d}{B} \left\{ 1 - \left(\frac{nw}{nm}\right)^{3/2} \right\} \right]^{2/3}$$

nm = koefisien Manning untuk seluruh bagian sungai

nw = koefisien Manning untuk talud sungai

Dm = diameter efektif (diameter rata-rata)

d = rata-rata kedalaman air (m)

S = kemiringan sungai

4. Persamaan Engelund dan Hansen (1967)

Persamaan Engelund and Hansen didasarkan pada pendekatan tegangan geser.

Persamaannya dapat ditulis sebagai berikut:

$$qs = 0.05 \gamma_s V^2 \left[\frac{d_{50}}{g(\frac{\gamma_s}{\gamma} - 1)} \right]^{1/2} \left[\frac{\tau_0}{(\gamma_s - \gamma) d_{50}} \right]^{3/2} \dots\dots\dots (19)$$

Dimana

γ_s = Berat Jenis Sedimen

V = Kecepatan Aliran (m²/det)

γ = Berat Jenis Air

τ_0 = ukuran diameter sedimen (mm)

g = Gravitasi (m²/det)



$$\tau_0 = \text{Tegangan Geser (Kg/ m}^2\text{)} (\tau_0 = \gamma * D * S)$$

Sehingga,

$$Q_s = W * q_s \dots\dots\dots (20)$$

Dimana

$$Q_s = \text{muatan sedimen (kg/s)}$$

$$W = \text{Lebar Sungai (m)}$$

5. Persamaan Yang (1973)

$$\begin{aligned} \text{Log } C_1 = & 5.435 - 0.286 \log \frac{\omega d_{50}}{v} - 0.457 \log \frac{U_*}{\omega} \\ & + \left(1.799 - 0.409 \log \frac{\omega d_{50}}{v} - 0.314 \log \frac{U_*}{\omega} \right) \log \left(\frac{VS}{\omega} - \frac{V_{cr}S}{\omega} \right) \dots\dots (21) \end{aligned}$$

$$G_w = \gamma * W * D * V \dots\dots\dots (22)$$

$$Q_s = C_t * G_w \dots\dots\dots (23)$$

Dimana:

C_t = konsentrasi sedimen total

d_{50} = diameter sedimen 50% dari material dasar (mm)

ω = kecepatan jatuh (m/s)

V = kecepatan aliran (m/s)

V_{cr} = kecepatan kritis (m/s)

S = kemiringan sungai

U^* = kecepatan geser (m/s)

W = lebar sungai (m)

D = kedalaman sungai (m)

atan sedimen (kg/s)



Prinsip dasar angkutan sedimen yaitu untuk mengetahui perilaku sedimen pada kondisi tertentu apakah terjadi keadaan seimbang, erosi, maupun sedimentasi. Juga untuk memprediksi kuantitas angkutan sedimen pada proses tersebut. Proses yang terjadi secara alami ini kuantitasnya ditentukan oleh gaya geser aliran serta diameter butiran sedimen.

Angkutan sedimen dapat menyebabkan terjadinya perubahan dasar sungai. Angkutan sedimen pada suatu ruas sungai yang dibatasi oleh tampang 1 dan 2 akan mengalami erosi atau pengendapan tergantung dari besar kecilnya angkutan sedimen yang terjadi sebagaimana yang dijelaskan berikut ini.

Keberadaan bed load ditunjukkan oleh gerakan partikel di dasar sungai yang ukurannya besar. Suspended load dapat dipandang sebagai material alas sungai (bed material) yang melayang di dalam aliran dan terutama terdiri dari gbutiran halus. Besar kecilnya angkutan sedimen sangat dipengaruhi oleh sifat-sifat material sedimen, dasar sungai dan karakteristik dari aliran yang terjadi.

