

**(SKRIPSI)**

**STUDI LAJU SEDIMENTASI PADA HILIR BENDUNG BENTENG  
KABUPATEN PINRANG**



**Oleh :**

**R A H M A T : 105 81 0948 09**

**SAHABUDDIN : 105 81 1040 09**

**FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK SIPIL PENGAIRAN  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**

**2015**



**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**

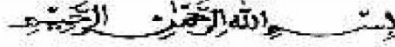
# **FAKULTAS TEKNIK**

**GEDUNG MENARA IQRA LT. 3**

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221

Website : [www.unismuh.ac.id](http://www.unismuh.ac.id), e-mail : [unismuh@gmail.com](mailto:unismuh@gmail.com)

Website : <http://teknik.unismuh.makassar.ac.id>



## **HALAMAN PENGESAHAN**

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi syarat ujian guna memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) Program Studi Teknik Pengairan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

Judul Skripsi : **STUDI LAJU SEDIMENTASI PADA BENDUNG BENTENG KAB. PINRANG .**

Nama : RAHMAT  
SAHABUDDIN

Stambuk : 105 81 0948 09  
105 81 1040 09

Makassar, 05 Oktober 2016

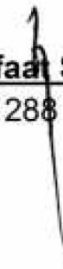
Telah Diperiksa dan Disetujui  
Oleh Dosen Pembimbing :

Pembimbing I

Pembimbing II

  
Dr. Ir. H. Muhammad Idrus Ompo, SP.

  
Dr. Ir. Nenny T. Karim, ST., MT.

Mengetahui,  
Juga Jurusan Teknik Sipil  
  
Dr. Ir. Syafaat S. Kuba, ST.  
NBM : 975 288





**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**

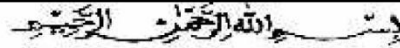
# **FAKULTAS TEKNIK**

**GEDUNG MENARA IQRA LT. 3**

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221

Website : [www.unismuh.ac.id](http://www.unismuh.ac.id), e-mail : [unismuh@gmail.com](mailto:unismuh@gmail.com)

Website : <http://teknik.unismuh.makassar.ac.id>



## **PENGESAHAN**

Skripsi atas nama Rahmat dengan nomor induk Mahasiswa 105 81 0948 09 dan Sahabuddin dengan nomor induk Mahasiswa 105 81 1040 09, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 1090/05.A.2-II/VII/38/2016, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari minggu tanggal 03 Oktober 2016.

Makassar, 02 Muharram 1437 H  
05 Oktober 2016 M

Panitia Ujian :

1. Pengawas Umum

a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar

Dr. H. Irwan Akib, M.Pd.

b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Dr. -Ing. Ir. Wahyu H. Piarah, MSME.

2. Penguji

a. Ketua : Dr. Ir. H. Muhammad Idrus Ompo, SP.

b. Sekertaris : Ir. Nenny T. Karim, ST., MT.


3. Anggota : 1. Dr. Ir. Hj. Fenty Daud S., MT.

2. Ir. H. Abd. Rakhim Nanda, MT.

3. Hj. Arsyuni Ali Mustari, ST., MT.

Mengetahui :

Pembimbing I

  
Dr. Ir. H. Muhammad Idrus Ompo, SP.

Pembimbing II

  
Dr. Ir. Nenny T. Karim, ST., MT.

Dekan

  
Ir. Hamzah Al Imran, ST., MT.

NBM : 855 500



## KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah penulis Panjatkan Kehadirat Allah SWT, atas Limpahan Rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyusun skripsi ini dan dapat menyelesaikan dengan baik. Salam serta Shalawat untuk junjungan Nabi Muhammad SAW, sebagai suritauladan untuk kita semua.

Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan Akademik yang harus ditempuh dalam rangka menyelesaikan program study pada Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

Adapun judul tugas akhir kami adalah : “ ***Study Laju Sedimentasi Pada Bendung Benteng Kabupaten Pinrang***”.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam penulisan ini masih terdapat kekurangan-kekurangan, sehingga penulis menerima dengan senang hati segala koreksi serta perbaikan guna penyempurnaan skripsi ini agar kelak dapat bermanfaat.

Dibalik rangkaian penulisan ini tentulah tidak dapat terselesaikan dengan baik tanpa bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, untuk itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimah kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada seluruh pihak yang telah membantu kami dalam penulisan tugas akhir ini.

Akhir kata penulis berharap skripsi ini dapat berguna bagi pengembangan ilmu pengetahuan khususnya di bidang Teknik Sungai.

Makassar, Maret 2015

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
DAFTAR ISI .....	v
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR NOTASI .....	viii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah.....	2
C. Tujuan Penelitian.....	2
D. Manfaat Penelitian.....	2
E. Batasan Masalah.....	2
F. Sistematika Penulisan.....	3
<b>BAB II TINJUAN PUSTAKA</b>	
A. Uraian Umum Tentang Sedimen.....	5

B. Jenis-jenis Angkutan Sedimen .....	8
C. Pembuatan Lengkung Debit Air .....	12
D. Pengukuran Sedimen Melayang .....	14
E. Pengolahan Data Sedimen Melayang .....	16
F. Pengukuran Sedimen Dasar .....	17
G. Pengolahan Data Sedimen Dasar .....	22
H Pengaruh Sedimentasi.....	26

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

A. Gambaran Umum Lokasi Penelitian.....	28
B. Tempat dan Waktu Penelitian .....	30
C. Prosedur Penelitian .....	31
D. Persiapan Penelitian.....	31
E. Teknik Pengumpulan Data.....	32
F. Analisa Data .....	33

### **DAFTAR PUSTAKA**

## DAFTAR GAMBAR

Nomor		Hal
1	Diagram Shields	23
2	Peta wilayah Sungai Saddang	28
3	Lokasi pengambilan sedimen	30

## DAFTAR NOTASI

Notasi	Defenisi dan keterangan
$\rho_{dry}$	: Rapat massa kering ( kg/m <sup>3</sup> )
$\rho_s$	: Rapat massa Sedimen ( kg/m <sup>3</sup> )
$p$	: Porositas
Q	: Debit, (m <sup>3</sup> /det)
A'	: Luas penampang basah (m <sup>2</sup> )
V	: kecepatan rata-rata (m/det)
H	: tinggi muka air
H <sub>0</sub>	: tinggi muka air pada aliran nol (saat Q=0)
Q <sub>sm</sub>	: angkutan sedimen beban melayang (ton/tahun)
Q <sub>w</sub>	: debit air (m <sup>3</sup> /det)
C	: konsentrasi sedimen beban melayang (gram/ltr)
K	: Faktor konversi (0.0864)
R	: jari –jari hidrolik (m)
Ss	: kemiringan energy
d	: diameter rata-rata sedimen (m)



$\rho$	: massa jenis ( $\text{kg/m}^3$ )
$\gamma_s$ dan $\gamma$	: berat jenis air dan sedimen ( $\text{kg/m}^3$ )
$q_b$	: tingkat bedload dalam saluran, berat per waktu dan lebar ( $\text{kg/s/m}$ )
$(K_s/K_r)S_s$	: Konstanta untuk mencari nilai $S_r$
$q_b \gamma_s$	: debit bed load dan air perunit lebar saluran
$\tau$	: $\gamma DS$
$d$	: diameter partikel sedimen
$\gamma \gamma_s$	: berat spesifik sedimen dan air
$\Phi$	: intensitas sedimen dasar
$f(\Psi)$	: intensitas aliran
$\rho_w$	: kerapatan massa air = $1000 \text{ kg/m}^3$
$\rho_s$	: kerapatan massa sedimen = $2650 \text{ kg/m}^3$
$\gamma_s$	: berat jenis sedimen ( $\text{kg/m}^3$ )
$q_c$	: laju perpindahan sedimen ( $\text{kg}/(\text{detik})(\text{m})$ )
$q_b$	: laju baban alas ( $\text{kg}/(\text{detik})(\text{m})$ )
$Q_b$	: debit muatan Sedimen dasar ( $\text{kg}/\text{det}$ )
$n'$	: koefisien kekasaran untuk dasar rata
$n$	: koefisien kekasaran actual
$W$	: lebar dasar (m)

$g$  : percepatan gravitasi (9,81 m/det<sup>2</sup>)

$D_{35}$  : ukuran median butir (m)

# **BAB I**

## **Pendahuluan**

### **A. Latar Belakang**

Sungai adalah saluran alamiah dipermukaan bumi yang menampung dan menyalurkan air hujan dari daerah yang tinggi ke daerah yang lebih rendah dan akhirnya bermuara di danau atau di laut. Di dalam aliran air terangkut juga material-material sedimen yang berasal dari proses erosi yang terbawa oleh aliran air dan dapat menyebabkan pendangkalan akibat sedimentasi dimana aliran air tersebut akan bermuara.

Sungai Saddang merupakan sungai terpanjang yang ada di Sulawesi Selatan, aliran sungai ini melewati kabupaten Tanah Toraja, Enrekang, Pinrang dan Polewali Sulawesi Barat. dengan panjang sungai sekitar 150 km, pada sungai tersebut terdapat bangunan air, seperti Bendung Benteng yang terletak di Kabupaten Pinrang.

Aliran sungai Saddang yang cukup deras mampu membawah partikel-partikel apapun mulai dari batuan-batuan besar (*large boards*) sampai dengan tanah liat (*slay*) sehingga menyebabkan pendangkalan akibat sedimentasi atau pengendapan yang terjadi pada daerah hilir Kabupaten Pinrang. dan semakin terus meningkatnya jumlah sedimentasi pada sungai Saddang akan memberi dampak yang sangat besar terhadap hilir bendung Benteng, sebab pada hilir sungai saddang Kabupaten

Pinrang terjadi sedimentasi yang sangat besar sehingga menyebabkan meluapnya air sungai Saddang pada musim hujan sehingga terjadi banjir pada lahan yang berada di hilir Sungai Saddang Kabupaten Pinrang, oleh sebab itu maka perlu di lakukan sebuah **Studi Laju Sedimentasi Pada Hilir Sungai Saddang Kabupaten Pinrang.**

### **B. Rumusan Masalah**

1. Berapa besar sedimen melayang (*suspended load*) pada hilir Sungai Saddang Kabupaten Pinrang.
2. Berapa besar sedimen dasar (*bed load*) berdasarkan data lapangan pada hilir Sungai Saddang Kabupaten Pinrang.
3. Berapa besar sedimen dasar dengan menggunakan pendekatan Meyer Peter dan pendekatan Einstein.

### **C. Tujuan Penelitian**

1. Untuk menghitung jumlah sedimen melayang di hilir Sungai Saddang Kabupaten Pinrang.
2. Untuk menghitung sedimen dasar di hilir Sungai Saddang Kabupaten Pinrang.
3. Untuk menghitung sedimen dasar di hilir Sungai Saddang dengan menggunakan pendekatan Meyer Peter dan pendekatan Einstein.

#### **D. Manfaat Penelitian**

Manfaat penelitian ini adalah:

1. Mendapatkan informasi laju sedimentasi pada hilir Sungai Saddang Kabupaten Pinrang.
2. Dapat di jadikan sebagai salah satu bahan referensi bagi pihak pengendali sedimentasi Bendung Benteng Kabupaten Pinrang.

#### **E. Batasan Masalah**

Penelitian ini di batasi pada hilir Sungai Saddang Kabupaten Pinrang dengan melakukan study laju sedimentasi yang terjadi pada Hilir Sungai Saddang Kabupaten Pinrang.

#### **F. Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan merupakan gambaran umum dari keseluruhan penulisan secara sistematis di uraikan sebagai berikut:

##### **BAB I            PENDAHULUAN**

Dalam bab ini di uraikan mengenai hal-hal yang melatar belakangi penelitian ini, dilanjutkan dengan uraian rumusan masalah, tujuan penelitan, manfaat penelitan, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

## BAB II KAJIAN PUSTAKA

Bab ini menguraikan tentang teori dasar permasalahan yang di timbulkan oleh sedimentasi pada Bendung Benteng Kabupaten Pinrang.

## BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini menjelaskan gambaran secara umum mengenai lokasi penelitian, tempat dan waktu penelitian, prosedur penelitian, persiapan penelitian, teknik pengumpulan data dan analisa data yang akan di gunakan.

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas dan menguraikan hasil penelitian laju sedimentasi pada Bendung Benteng Kabupaten Pinrang.

## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini merupakan penutup yang berisi tentang kesimpulan dari penelitian ini serta saran-saran dari penulis yang berkaitan dengan faktor pendukung dan faktor penghambat yang di alami selama penelitian berlangsung.

## **BAB II**

### **KAJIAN PUSTAKA**

#### **A. Uraian Umum Tentang Sedimen**

Sedimen adalah hasil proses erosi, baik berupa erosi permukaan, erosi parit atau jenis tanah lainnya yang mengendap di bagianbawah kaki bukit, di daerah genangan banjir, saluran air, sungai, dan waduk (Hidrologi dang pengelolaan daerah aliran sungai, Chay Asdak). Sedangkan sedimenasi adalah proses mengendapnya material fragmental oleh air sebagai akibat dari adanya erosi. (Hidrologi Teknik, Ir. CD. Soemarto, BIE. Dipl. H)

Sedimen dapat didefinisikan sebagai pengangkutan, melayangnya (*suspensi*) atau mengendapnya material fragmental oleh air. Sedimentasi merupakan akibat dari adanya erosi, dan memberikan dampak yang banyak. Di waduk-waduk, pengendapan sedimen akan mengurangi volume efektifnya. Sebagian besar jumlah sedimen dialirkan oleh sungai-sungai yang mengalir ke waduk, hanya sebagian saja yang berasal dari longsoran tebing-tebing waduk, atau berasal dari longsoran tebing-tebingnya oleh limpasan permukaan. (Soemarto, 1987).

Sedimentasi adalah menumpuknya sedimen di suatu lokasi akibat terjadinya erosi baik erosi permukaan maupun erosi tebing yang terjadi di daerah tangkapan air dan terbawa oleh aliran air sampai ke lokasi tersebut (Loebis et al., 1993).

Sedimen adalah material dari hasil proses erosi, baik erosi permukaan, erosi parit, atau jenis erosi tanah lainnya. Besarannya ditentukan dengan parameter berikut.

### 1. Rapat Massa dan Berat Jenis

Rapat massa pasir dan mineral tanah pada umumnya diambil sekitar  $\rho_s = 2650 \text{ kg/m}^3$ , sedangkan berat jenis didefinisikan sebagai rapat massa sedimen dan rapat massa fluida:

$$S = \frac{\rho_s}{\rho} = 2,65 \quad (1)$$

Rapat massa kering adalah berat sedimen per- unit volume yang sama dengan:

$$\rho_{dry} = (1 - p) \rho_s \quad (2)$$

Keterangan:

$\rho_{dry}$  = rapat massa kering (  $\text{kg/m}^3$  )

$\rho_s$  = rapat massa sedimen ( $\text{kg/m}^3$ )

$p$  = porositas

### 2. Ukuran Butiran Partikel Sedimen

Dalam permasalahan dinamika dan perilaku sedimen, ukuran butiran material sedimen merupakan salah satu parameter yang sangat penting. Ukuran butiran merupakan salah satu faktor yang menentukan mudah tidaknya serta banyak sedikitnya sedimen akan mengalami mekanisme transport.



Metode yang umum digunakan untuk melakukan analisa distribusi butiran secara mekanis adalah dengan analisa ayakan berupa jaring kawat dengan ukuran berbeda berdasarkan standar internasional yang sudah baku. Hal ini dimaksudkan untuk mengelompokan material sedimen ke dalam beberapa kelompok yang berbeda. Salah satu ayakan yang umum dipakai khususnya di bidang transportasi sedimen adalah standard dari *American society of Testing Materials (ASTM)* yang mengeluarkan *United States Standard Sieve (USS)* dan seri dari *Tyler*.

Pengendapan akhir atau sedimentasi yang terjadi pada kaki bukit yang relatif datar, sungai dan waduk. Pada daerah aliran sungai partikel dan unsur hara yang larut dalam aliran permukaan akan mengalir ke sungai dan waduk, sehingga terjadi pendangkalan pada tempat tersebut. Keadaan tersebut menurut Soemarto (1978) akan mengakibatkan daya tampung sungai dan waduk menjadi turun sehingga timbul bahaya banjir dan penyuburan air secara berlebihan atau eutrofikasi.

Proses sedimentasi menurut manan (1979), Menghasilkan:

1. Bahan terlarut, semua bahan organik dan anorganik yang terangkut sebagai larutan oleh air yang mengalir.
2. Bahan padat atau *Bed load*, semua bahan kasar dari mineral dan batu yang terangkut di sepanjang dasar sungai.
3. Total bahan yang terangkut sungai atau total *stream load* adalah semua bahan organik dan anorganik yang terangkut lewat sebuah stasiun pengukur dalam bentuk suspensi atau *bed load*.

## **B. Jenis-jenis Angkutan Sedimen**

Partikel tanah yang terlepas kemudian diangkut oleh aliran permukaan ketempat yang lebih jauh dan lebih rendah melalui permukaan tanah. Pengangkutan partikel tersebut biasanya dekat atau jauh tergantung pada ukuran partikel tanah yang terangkut oleh aliran, keadaan kemiringan lereng, tanaman atau penutup tanah dan lain-lain.

Dari uraian di atas diperoleh kesimpulan dimana semakin kecil partikel tanah yang terangkut oleh aliran, dan semakin besar kemiringan lereng maka pengangkutan partikel tanah tersebut akan semakin jauh dari tempat asalnya.

Angkutan sedimen terjadi karena beberapa faktor yang diantaranya sebagian masih tergantung dari keberadaan sedimen itu sendiri dilihat dari sistim pengangkutannya, sedimen dapat dibagi tiga jenis yaitu:

### **1. *Wash load***

*Wash load* adalah angkutan partikel halus yang dapat berupa lempung (*silk*) dan debu (*dust*), yang terbawah oleh aliran sungai. Partikel ini akan terbawa aliran sampai ke laut, atau dapat juga menegndap pada aliran yang tenang atau pada air yang tergenang. Sumber utama dari *wash load* adalah hasil pelapukan lapian atas batuan atau tanah di dalam daerah aliran sungai. Hasil pelapukan itu akan terbawa oleh aliran permukaan atau angin ke dalam sungai di dalam DAS tersebut.

*Wash load* dengan jumlah yang besar dapat ditemui pada awal musim hujan, saat muka air mulai naik. Besar volume wash load yang

terbawa aliran sungai tidak terbatas, kadang-kadang merubah viscositas air sungai, pada keadaan demikian yang terlihat hanyalah aliran lumpur. Walaupun secara kuantitatif volumenya besar tetapi terhadap perilaku sungai pengaruhnya kecil. Tidak ada hubungan yang pasti antara besar aliran dan volume *wash load*. Penyebaran konsentrasi *wash load* di dalam suatu garis kedalaman adalah uniform, kecuali perbedaan konsentrasi akibat dari aliran turbulen.

Untuk mengukur *wash load* adalah mudah akan tetapi diperlukan analisa laboratorium untuk menentukan tingkat konsentrasi *wash load* berdasarkan contoh pengukuran lapangan. *Wash load* hanya dapat diambil dengan alat ukur sedimen yang dapat menangkap partikel-partikel yang lebih kecil dari 50 mikro meter hanya menggunakan alat ukur sedimen *US Depth-integrating* atau *US Point-Integrating sampler*. Pada umumnya hanya dapat diperkirakan penyebaran di arah vertikalnya sama, akan tetapi penyebaran ke arah horisontalnya sangat bervariasi. Dengan analisa laboratorium ukuran butir partikelnya juga dapat ditentukan. Apabilah dipandang dari ukuran butir seluruh angkutan sedimen maka ukuran butir *wash load* adalah yang paling kecil.

## **2. *Suspended Load***

*Suspended load* dapat dipandang sebagai material dasar sungai (*bed material*) yang melayang di dalam aliran dan terdiri dan terutama dari butir pasir yang halus yang senantiasa mengambang diatas dasar sungai karena selalu didorong ke atas oleh turbulensi aliran.

Pada bagian yang pendek di alur sungai, suspended load dapat dianggap tetap konsentrasinya. Pada seluruh panjang sungai konsentrasi suspended load akan sangat bervariasi, oleh karena partikelnya akan mengendap sedangkan pada suatu bagian lain akan terangkut dari dasar sungai dengan jumlah yang berbeda. Kecepatan aliran pada saat mengangkut lebih besar jika dibandingkan pada saat mengendapkan partikel, dengan demikian ada suatu bentuk hubungan antara besar aliran dengan konsentrasi sedimen, walaupun hubungan tersebut mempunyai angka korelasinya rendah. Titik maksimum konsentrasi suspended load biasanya tidak bersamaan waktunya dengan kejadian puncak hidrograf aliran.

Partikel sedimen tetap melayang di dalam aliran sungai apabila aliran itu turbulen, maka akan tetapi apabila aliran laminar maka konsentrasi sedimen akan berkurang dari waktu ke waktu dan akhirnya mengendap, sama seperti apabila keadaan aliran sungai itu tidak mengalir, seperti misalnya aliran menggenang.

Umumnya aliran sungai keadaannya adalah turbulen, oleh karena itu tenaga gravitasi partikel sedimen dapat ditahan oleh gerakan turbulensi aliran dan putaran arus (*eddies*) yang akan membawa partikel sedimen kembali keatas. Dari uraian itu jelas bahwa angkutan sedimen suspensi 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 aggradasi pada dasar sungai.
- b. Apabila tenaga gravitasi partikel sedimen sama dengan tenaga turbulensi aliran, maka akan terjadi keadaan seimbang (*equilibrium*) dan partikel sedimen 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 degradasi pada dasar sungai.

Secara keseluruhan permasalahan muatan sedimen melayang sangat rumit, sifat fisik dari partikel sedimen dan volume sedimennya sangat berbeda-beda dari tempat satu ke tempat yang lain dan dari waktu ke waktu. Demikian juga tentang turbulensi aliran merupakan variable yang tidak dapat diukur, akan menambah rumitnya permasalahan muatan sedimen melayang.

### **3. *Bed Load***

Partikel yang bergerak di sepanjang dasar sungai secara keseluruhan disebut dengan *bed load*. Adanya *bed load*. Ditunjukkan oleh gerakan partikel didasar sungai yang ukurannya besar, gerakan itu dapat digeser, menggelinding, atau meloncat-loncat, akan tetapi tidak akan pernah lepas dari dasar sungai. Gerakan ini kadang-kadang meliputi lapisan dasar sungai ditandai bercampurnya butiran partikel tersebut yang

bergerak bersama-sama ke arah hilir. Pada umumnya alur sungai di bagian hulu angkutan *bed load* merupakan bagian yang terbesar dari seluruh jumlah angkutan sedimen. Kualitas dan kuantitas material yang terbawa oleh aliran disepanjang dasar sungai tergantung pada penyabaran erosi di daerah pegunungan dan juga tergantung dari derajat kemiringan lereng, struktur geologi dan vegetasi. Dapat dikatakan apabila pada DAS yang bersangkutan kondisi batuan jenis keras dan tidak mudah pecah akibat dari proses erosi maka material *bed load* terdiri dari partikel besar. Apabila batuan jenis lunak dan mudah pecah oleh proses erosi maka material *bed load*nya terdiri dari partikel yang ukurannya tidak lebih besar dari ukuran pasir.

### **C. Pembuatan Lengkung Debit Air**

Lengkung aliran debit adalah kurva yang menunjukkan hubungan antara tinggi muka air (TMA) dan debit pada lokasi sungai tertentu. Debit sungai adalah volume air yang melalui penampang basah sungai dalam satuan waktu tertentu, biasanya dinyatakan dalam satuan  $m^3$ / detik atau l/detik.

Lengkung aliran disamping berguna untuk dipakai sebagai dasar penentuan besarnya debit sungai di lokasi dan tinggi muka air pada periode waktu tertentu, juga dapat digunakan untuk mengetahui adanya perubahan sifat fisik dan sifat hidraulis dari lokasi penampang sungai yang bersangkutan.

Metode pembuatan lengkung aliran (*Discharge Rating Curva*)

Lengkung aliran merupakan gambaran dari sifat fisik hidraulis dari penampang sungai, sehingga dirumuskan sebagai berikut:

$$Q = A' \times V \quad (3)$$

Dimana:

Q = Debit, (m<sup>3</sup>/det)

A' = Luas penampang basah (m<sup>2</sup>)

V = kecepatan rata-rata (m/det)

Metode pembuatan lengkung aliran yaitu sebagai berikut:

#### a. Metode Logaritmik

Persamaan *Rating curvanya* dalam bentuk:

$$Q = a (H - H_0)^b \quad (4)$$

Di mana :

Q = Debit

H = tinggi muka air

H<sub>0</sub> = tinggi muka air pada aliran nol (saat Q=0)

a dan b konstanta.

Data titik aliran nol (H<sub>0</sub>), berguna untuk menentukan arah lengkung aliran pada tinggi muka air rendah. Cara baik untuk menentukan H<sub>0</sub> dengan cara mengukur langsung pada lokasi penampang sungai yang bersangkutan. Nilai H<sub>0</sub> dapat juga diperkirakan dengan menggunakan persamaan.

$$H_0 = \frac{H_1 H_3 - H_2^2}{H_1 + H_3 - 2H_2} \quad (5)$$

Nilai  $H_1$  dan  $H_3$  ditentukan berdasarkan nilai  $Q_1$  dan  $Q_3$  yang dipilih dari grafik, sedang  $H_2$  adalah tinggi muka air pada nilai debit sama dengan  $Q_2$  dengan syarat sebagai berikut:

$$Q_2^2 = Q_1 \times Q_3 \quad (6)$$

#### **b. Metode Analitik**

Metode ini penentuan lengkung aliran ditentukan dengan cara kwadrat terkecil (*least square*). Pada cara ini diusahakan agar jumlah kwadrat penyimpangan harga debit hasil pengukuran aliran terhadap debit lengkung aliran, menjadi minimum atau terkecil. Yang dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Q = AH^2 + BH + C \quad (7)$$

Nilai A,B dan C adalah konstanta.

#### **D. Pengukuran Sedimen Melayang (*Suspended Load*)**

Pengukuran muatan sedimen atau sedimen melayang dilakukan dengan cara pengambilan sampel air melalui alat *sediment sampler U.S.DH 48* yang terbuat dari bahan semacam aluminium yang dilengkapi rongga untuk menempatkan botol sampel. Dua pengukuran muatan sedimen yang mempunyai mekanisme kerja pada prinsipnya sama, yaitu teknik *Depth-integrating suspended sediment sampler*. Bedanya alat yang pertama telah dibakukan (*USDH-48 Sediment sampler*) dan alat satunya lagi merupakan modifikasi dari alat yang pertama dan dibuat lebih sederhana. Pada kedua alat tersebut pada intinya terdiri atas botol



penampung air yang akan ditentukan konsentrasinya, galah penyangga untuk menahan agar botol penampung air atau *sediment sampler* dapat tetap di tempatnya. Alat tersebut juga dilengkapi dengan dua lubang, lubang pertama untuk tempat masuknya sampel air dan lubang lainnya adalah untuk buangan udara dalam botol. Pada bagian ekor terdapat alat seperti sirip yang berfungsi mengarahkan lubang penampung air agar selalu mengarah ke arah datangnya aliran air. Alat tersebut biasanya dilengkapi dengan lubang penampung sampel air yang berbeda ukurannya sehingga diperoleh muatan sedimen dengan berbagai ukuran.

Pada cara pengukuran muatan sedimen dengan teknik *depth integrating*, alat ukur sedimen diikatkan pada tongkat penduga, kemudian dimasukkan kedalam aliran sungai dengan gerakan ke bawah dan ditarik kembali keatas dengan kecepatan gerak yang sama. Kecepatan gerak tergantung pada kecepatan aliran sungai. Semakin deras aliran, semakin cepat gerakan yang harus dilakukan. Besarnya sampel air untuk sekali pengukuran diusahakan kurang lebih 2/3 isi botol (Gordon et al.,1992). Dengan sedikit berlatih, teknisi atau petugas pengambil sampel sedimen akan segera terbiasa. Pengukuran muatan sedimen dilakukan bersamaan dengan pengukuran debit aliran dan dengan prosedur yang sama pula, yaitu dengan cara membagi penampang melintang sungai menjadi beberapa sub-penampang. Pada tiap bagian sub penampang tersebut

dilakukan pengukuran sedimen. Hasil pengukuran sampel sedimen kemudian di analisis dilaboratoium.

Di laboratorium sampel air tersebut disaring dengan menggunakan kertas saring dengan ukuran yang sesuai dengan tingkat akurasi data yang diinginkan. Selanjutnya sampel air yang telah disaring tersebut dikeringanginkan dengan menggunakan oven. Sedimen kering angin kemudian ditimbang dan dinyatakan dalam bentuk presentase dari berat total gabungan air dan sedimen. Dengan asumsi bahwa konsentrasi sedimen merata pada seluruh bagian penampang melintang sungai.

#### **E. Pengolahan Data Sedimen Melayang**

Setelah pengambilan contoh air di lapangan kemudian di analisa sehingga debit sedimen melayang setiap hari dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$Q_{sm} = Q_w \times C \times k \quad (8)$$

Dimana:

$Q_{sm}$  = angkutan sedimen beban melayang (ton/tahun)

$Q_w$  = debit air ( $m^3/det$ )

$C$  = konsentrasi sedimen beban melayang (gram/ltr)

$K$  = Faktor konversi (0.0864)

## **F. Pengukuran Sedimen Dasar (*Bed Load*)**

Sesuai dengan namanya ukuran sedimen yang terakhir ini jauh lebih besar dan berat daripada ukuran sedimen melayang. Karena ukurannya yang besar itulah maka perjalanan sedimen berlangsung dengan cara merayap atau menggelinding dan, oleh karenanya, untuk mengukur besarnya sedimen merayap di suatu aliran air maka alat pengumpul sedimen perlu ditempatkan sedekat mungkin atau bahkan menempel pada bidang dasar sungai atau aliran air yang sedang dikaji.

Alat pengumpul sedimen dasar yang banyak digunakan pada dasarnya dibedakan menjadi tiga tipe, yaitu tipe *pit*, tipe keranjang, dan tipe alat ukur sedimen yang memanfaatkan beda tekanan yang dikembangkan oleh Helley-Smith. Bentuk masing-masing alat pengumpul sedimen merayap dapat dilihat pada gambar berikut

Idealnya alat pengumpul sedimen merayap mampu menangkap sedimen dengan ukuran yang berbeda dengan tingkat efisiensi yang sama. Tingkat efisiensi ( nisbah antara sampel sedimen terhadap keseluruhan tanspor sedimen) antara 60-70 % sudah dianggap memadai. Berikut ini akan di uraikan cara kerja masing-masing alat pengumpul sedimen merayap.

Alat pengumpul sedimen merayap tipe *pit* atau lubang adalah alat penangkap sedimen merayap yang dibuat dengan cara menggali dasar sungai atau aliran air yang akan diukur besarnya transport sedimennya sehingga berbagai bentuk sedimen merayap akan terperangkap bila

melalui *pit* tersebut. Ukuran alat pengumpul sedimen tipe *pit* ini dapat disesuaikan dengan lebar bidang dasar sungai atau disesuaikan dengan keperluan dilakukannya pengambilan sampel sedimen merayap. Pada tipe alat pengumpul sedimen yang lebih canggih, *pit*, atau lubang di dasar sungai tersebut dilengkapi dengan sabuk berjalan yang dapat memindahkan sedimen yang terperangkap tersebut ke tempat khusus yang dilengkapi dengan alat penimbang sedimen. Dalam bentuknya yang sederhana *pit* tersebut dibuat dalam bentuk lubang segi empat dimana permukaan ubang tersebut diusahakan sejajar dengan permukaan dasar sungai sehingga memungkinkan sedimen masuk kedalam *pit*. Selama periode waktu tertentu, sedimen yang terperangkap dalam di lubang tersebut diambil dan ditimbang beratnya.

Alat pengumpul sedimen tipe keranjang umumnya dibuat dengan menggunakan jarring dari bahan plastik atau bahan lainnya yang tahan air dengan ukuran lubang sedemikian rupa sehingga dapat meloloskan sedimen melayang dan menahan sedimen merayap. Ukuran lubang jaring biasanya ditentukan berdasarkan pembatasan ukuran antara sedimen melayang dan sedimen merayap. Bentuk keranjang segi empat Dengan ukuran panjang disesuaikan dengan lebar dasar sungai atau disesuaikan dengan keperluan studi. Mengingat bahwa alat pengumpul sedimen tipe keranjang kurang berfungsi efektif ketika isi keranjang hamper penuh. Maka periode waktu pengambilan sampel sedimen dan cara pengambilan atau penempatan kembali keranjang pengumpul sedimen menjadi

penting. Hal ini perlu dipertimbangkan diusahakan agar kedudukan keranjang tetap pada posisi dan tempatnya dan tidak malah menjadi bagian dari sedimen merayap ketika keranjang tersebut telah terisi sedimen. Untuk itu keranjang pengumpul sedimen harus kuat dan ditempatkan di dasar sungai dengan pengikat yang tidak mudah goyah.

Tipe alat pengumpul sedimen yang ketiga sering disebut alat pengumpul sedimen pada tekanan (air) *Helley-Smith* karena alat tersebut diciptakan oleh *Helley* dan *Smith* dan cara kerjanya memanfaatkan beda tekanan pada lubang keluaran alat pengumpul sedimen ini dirancang sedemikian rupa rupa sehingga diperoleh beda tekanan ( penurunan tekanan secara tiba-tiba ) pada bagian alat pengumpul sedimen yang berupa kantung (tempat keluarnya sedimen yang tidak terangkap). Dengan adanya beda/penurunan tekanan (air) inilah yang akan menyebabkan terjadi pemisahan antara sedimen melayang (tidak terperangkap dan lolos dari kantung pengumpul sedimen) dan sedimen merayap terperangkap dalam kantung. Tipe alat pengumpul sedimen yang ini telah banyak dimanfaatkan dan tampaknya telah menjadi alat standar untuk pengumpulan sedimen merayap. Ukuran sedimen merayap tipe *Helley-Smith* bervariasi tergantung pada cara pemakayannya. Pada tipe pengumpul sedimen yang kecil, yaitu dengan mulut penangkap sedimen berukuran 76 mm, dapat dioperasikan dengan tangan. Sedangkan untuk alat yang lebih besar ukuran mulut penangkap sedimen 152 mm cara pengoperasiannya dapat dilakukan dari jembatan. Cara pengambilan

sampel sedimen merayap dengan menggunakan alat *Helley-Smith* diusahakan pemakaiannya pada sungai dengan penampang melintang yang ukurang-lebih merata sebagai mana halnya ketika melakukan pengambilan sampel sedimen melayang. Penempatan alat pengumpul sedimen *Helley-Smith* umumnya ditempatkan pada permukaan batu besar dan rata yang terlertak di dasar sungai atau juga dapat ditempatkan permukaan banguna yang bersemen didasar sungai yang merupakan bagian dari bangunan jembatan. Kedua cara tersebut di atas diprioritaskan untuk dilakukan apabila keadaan memungkinkan.

Kenyataan bahwa untuk mengukur *bed load* adalah sangat sulit. Peralatan mekanis yang ditempatkan pada dasar sungai akan dapat merusak arah aliran dan besarnya angkutan *bed load*, besarnya angkutan sedimen dan kecepatan aliran didekat dasar sungai sangat berbeda. Sehingga dengan demikian ketelitian pengukuran *bed load* tidak hanya dipengaruhi oleh rumitnya sifat angkutan sedimen, tetapi juga oleh pengukuran, ketelitian dan kalibrasi alat ukur *bed load*. Pada dasar sungai yang bergelombang posisi alat ukur *bed load* sangat besar pengaruhnya terhadap besarnya volume material yang dapat tertangkap. Apabilah posisi alat terletak pada bagian atas dasar sungai yang begelombang maka volume angkutan *bed load* yang dapat ditangkap akan lebih besar jika dibandingkan apabilah alat itu terletak dibagian lembah. Pada kebanyakan sungai terutama di Jawa, Nusa Tenggara Barat dan Timur serta di Sulawesi mempunyai dasar yang mudah berubah, sehingga

dengan demikian angkutan *bed load* sanga bervariasi, baik pada penampang memanjang ataupun pada penampang melintang. Dengan demikian pengukuran *bed load* sebaiknya lebih satu kali agar hasilnya baik.

Pengukuran sedimen dasar (*bed load*) dilakukan dengan cara sebagai berikut:

### **1. Pengukuran Sedimen Dasar Cara Langsung**

Adalah pengukuran dengan cara mengambil sampel secara langsung dari sungai ( lokasi pos duga air ) dengan menggunakan alat ukur muatan sedimen dasar.

### **2. Pengukuran Sedimen Dengan Cara Tidak Langsung**

#### **a. Proses Sedimentasi**

Pengukuran dapat dilakukan dengan cara pemetaan endapan sedimen sacara berkala. Pada evaluasi muatan sedimen dasar maka material halus terutama yang berasal dari endapan muatan sediemen melayang dipisahkan dari total volume endapan. Volume endapan sedimen dasar diperoleh dengan cara mengurangi volume endapan dengan volume sedimen melayang yang masuk dan keluar waduk.

#### **b. Pemetaan Dasar Sungai**

Laju dari muatan sedimen dasar dapt diperoleh dengan cara memperkirakan posisi gugus pasir yang dihitung dengan cara pemetaan dasar sungai secara berkala.

Pemetaan dapat dilakukan dengan cara:

1. Teknik perahu gerak, untuk pemetaan profil penampang longitudinal
2. Dengan menggunakan *echo sounding*, untuk pengukuran kedalaman di suatu titik tepat atau beberapa titik disuatu penampang untuk memantau kadalam dan pergerakan gugus pasir.

### G. Pengolahan Data Sedimen Dasar (*Bed Load*)

#### a. Perhitungan Sedimen Dasar dengan Metode Pengukuran Langsung

Karena di daerah penelitian tidak didapat data debit muatan dasar pengukuran maka perhitungan yang disarankan (Soewarno, 1991 : 711) dan standard RI, 1992 yang dalam penenlitian ini diambil 20% terhdap muatan melayang.

#### b. Perhitungan Sedimen Dasar dengan Metode Meyer Petter

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

$$\frac{q^{2/3} S}{D} - 9,27 \left( \frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} \right)^{10/9} = 0,462 \frac{|\gamma_s - \gamma|^{1/3}}{\gamma^{1/3} D} \times \left( \frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma_s} \times q_b \right)^{2/3} \quad (9)$$

Dimana:

$q$  = debit aliran per unit lebar ( $m^3/det$ )

$q_b$  = debit muatan sedimen dasar ( $kg/detk/m$ )

$\gamma$  = berat jenis (*specific gravity*) dan air ( $1,00 \text{ ton}/m^3$ )



$\gamma_s$  = berat jenis partikel muatan sedimen dasar (umumnya bervariasi antara 2,6 sampai 2,70 ton/ m<sup>3</sup>)

D = diameter butiran (m)

S = kemiringan garis energi (m)

Persamaan 9 dapat juga ditulis :

$$\frac{\gamma_s R (n' - n)^{3/2} S}{(\gamma_s - \gamma) D_{50}} = 0,467 + 0,25 \left(\frac{\gamma}{g}\right)^{1/3} \times \left(\frac{\Gamma_s - \Gamma}{\Gamma_s}\right)^{2/3} \times q_b^{2/3} \times \frac{1}{(\gamma_s - \gamma)} D_{50} \quad (10)$$

Keterangan :

$\Gamma_s, \Gamma$  = kerapatan (*density*) cairan dan partikel (kg/m<sup>3</sup>)

$D_{50}$  = ukuran median diameter butir (m)

$\gamma$  = berat jenis (*specific gravity*) dari air (1,00 ton/m<sup>3</sup>)

g = kecepatan gravitasi = 9,81 m/det<sup>2</sup>

R = jari-jari hidrolis = kedalaman rata-rata (m)

$n'$  = koefisien kekasaran dasar rata

n = koefisien kekasaran aktual

### c. Perhitungan Sedimen Dasar dengan Metode Shield

Shield (1936) dalam penelitiannya mengenai pergerakan awal dari sedimen dengan mengukur kondisi aliran dengan sedimen transport yang lebih besar dari nol dan kemudian memberikan hubungan terhadap penentuan kondisi aliran yang berhubungan pada gerak yang baru dimulai

$$\left(\frac{q_b \gamma_s}{q \gamma_s}\right) = 10 \left\{ \left(\frac{\tau - \tau_c}{\gamma_s - \gamma}\right) d_{50} \right\} \quad (11)$$

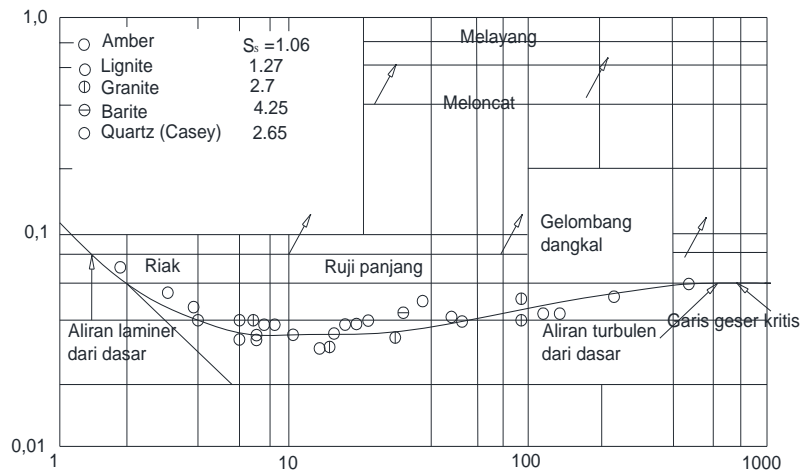
Dimana :

$q_b \gamma_s$  = debit bed load dan air perunit lebar saluran

$$\tau = \gamma DS$$

$d$  = diameter partikel sedimen

$\gamma \gamma_s$  = berat spesifik sedimen dan air



Gambar 1. Diagram Shields (Duke, M. K Jones., 1985)

#### d. Perhitungan Sedimen Dasar Dengan Metode Einstein

Persamaan muatan sedimen dasar dengan pendekatan dari Einstein berdasarkan fungsi pari pada:

$$\Phi = f(\Psi) \quad (12)$$

$$\Phi = \frac{qb}{\gamma_s} \left( \frac{\rho}{\rho_s - \rho} \times \frac{1}{gD^3} \right)^{1/2} \quad (13)$$

$$f(\Psi) = \frac{\rho_s - \rho}{\rho} \times \frac{D}{SR} \quad (14)$$

$R'$  adalah jari-jari hidrolis yang menampung muatan sedimen dasar

$$R' = R \left( \frac{n}{n} \right)^{3/2} \quad (15)$$

Dari pendekatan Einstein:

$$\Psi = \frac{\rho_s - \rho}{\rho} \cdot \frac{D_{35}}{R \left(\frac{n'}{n}\right)^{3/2} S} \quad (16)$$

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

$$\Phi = \frac{qb}{\gamma_s} \left( \frac{\rho}{\rho_s - \rho} \times \frac{1}{g D_{53}^3} \right)^{1/2} \quad (17)$$

Laju muatan sedimen seluruh lebar dasar sungai

$$Q_b = qb \times W \quad (18)$$

Keterangan:

$\Phi$	= intensitas sedimen dasar
$f(\Psi)$	= intensitas aliran
$\rho_w$	= kerapatan massa air = 1000 kg/m <sup>3</sup>
$\rho_s$	= kerapatan massa sedimen = 2650 kg/m <sup>3</sup>
$\gamma_s$	= berat jenis sedimen ( kg/m <sup>3</sup> )
$q_c$	= laju perpindahan sedimen (kg/(detik)(m))
$q_b$	= laju beban alas (kg/(detik)(m))
$Q_b$	= debit muatan Sedimen dasar (kg/det)
$n'$	= koefisien kekasaran untuk dasar rata
$n$	= koefisien kekasaran aktual
$W$	= lebar dasar (m)
$g$	= percepatan gravitasi (9,81 m/det <sup>2</sup> )
$D_{35}$	= ukuran median butir (m)

## H. Pengaruh Sedimentasi

Sedimentasi memberikan beberapa pengaruh terutama pada :

### 1. Sungai

Pengendapan sedimen di dasar sungai yang menyebabkan naiknya dasar sungai kemudian mengakibatkan tingginya muka air sehingga mengakibatkan banjir yang menimpa lahan-lahan yang tidak dilindungi. Hal di atas dapat pula mengakibatkan aliran mengering dan mencari aliran baru.

### 2. Saluran

Jika saluran dialiri air yang penuh sedimen, maka akan terjadi pengendapan sedimen di saluran. Tentu akan diperlukan biaya yang cukup besar untuk pengerukan sedimen tersebut dan pada keadaan tertentu pelaksanaan pengerukan menyebabkan terhentinya operasi saluran.

### 3. Waduk

Pengendapan sedimen di waduk akan mengurangi volume aktifnya. sebagian besar jumlah sedimen yang di alirkan oleh waduk adalah sedimen yang dialiri sungai-sungai ke waduk, hanya sebagian kecil saja dari longoran tebing-tebing waduk yang berasal dari gerusan tebing-tebing waduk oleh limpasan permukaan. Butir-butiran yang kasar akan diendapkan di bagian hulu waduk, sedangkan yang halus diendapkan dengan bedungan, dan sebagian dapat dibilas ke bawah jika terjadi banjir saat permukaan air waduk masih rendah.

#### 4. Bendung air atau pintu-pintu air

Pengendapan sedimen mengakibatkan pintu air kesulitan dalam mengoperasikan pintunya, mengganggu aliran air yang lewat melalui Bendung atau pintu air. Dan akan terjadi bahaya penggerusan terhadap bahaya hilir bangunan jika beban sedimen di sungai berkurang karena telah mengendap di bagian hulu Bendung. Sehingga dapat mengakibatkan terangkutnya material alas sungai.

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **A. Gambaran Umum Lokasi Penelitian**

Hilir Sungai Saddang Kabupaten Pinrang terletak di Kecamatan Patampanua, Jln. Bendung Benteng, Kabubapten Pinrang Sulawesi Selatan  $\pm 20$  km meter arah Utara Kota Pinrang yang dapat ditempuh melalui kendaraan roda dua atau roda empat dengan memerlukan waktu  $\pm 20$  menit melalui jalan darat.

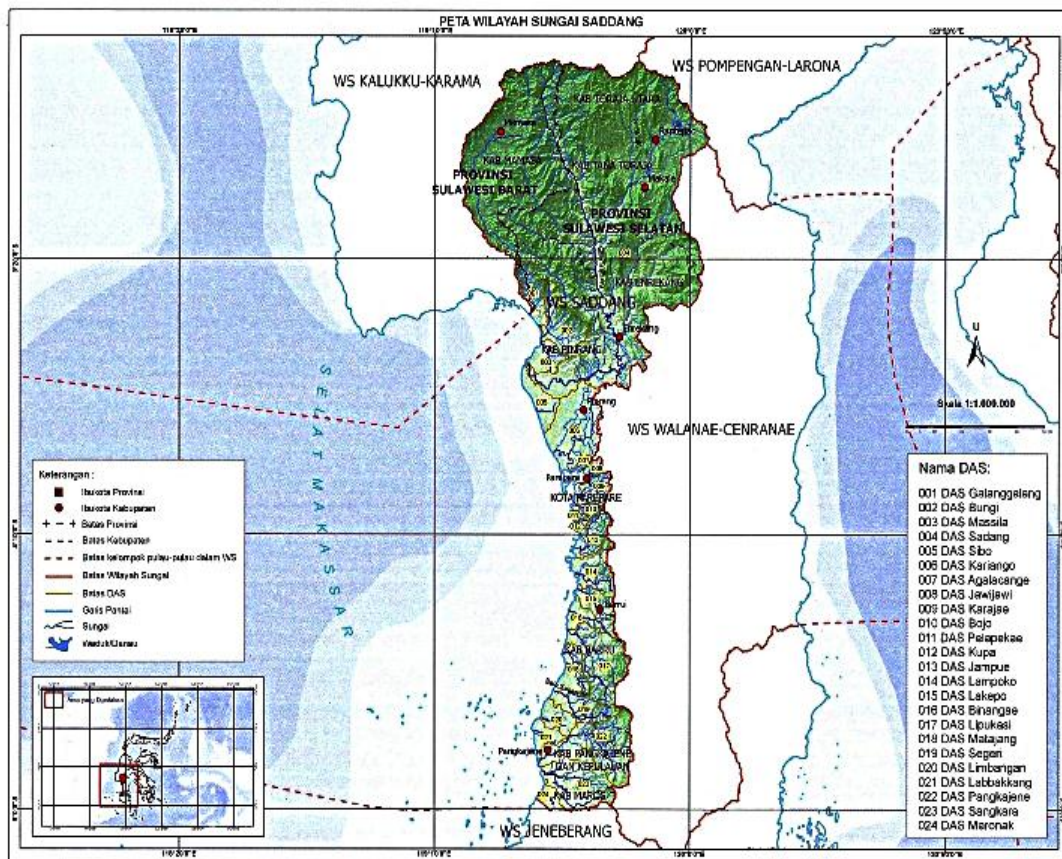
##### **1. Keadaan Geografis**

Secara geografis, Kabupaten Pinrang dengan Ibukota Pinrang terletak di sebelah 185 km utara Ibukota provinsi Sulawesi Selatan, berada pada posisi  $3^{\circ} 19' 13''$  sampai  $4^{\circ} 10' 30''$  lintang Selatan dan  $119^{\circ} 26' 30''$  sampai  $119^{\circ} 47' 20''$  bujur timur secara administratif, Kabupaten Pinrang terdiri atas 12 kecamatan, 39 kelurahan dan 65 desa. Batas Wilayah Kabupaten Pinrang adalah sebelah Utara dengan Tanah Toraja, sebelah timur dengan Kabupaten Sidenreng Rappang dan Enrekang, sebelah Barat dengan Kabupaten Polmas Provinsi Sulawesi Barat dan Selat Makassar sebelah Selatan dengan Kota Parepare luas wilayah kabupaten Pinrang Mencapai 1.961,77 km<sup>2</sup>

##### **2. Keadaan Topografi**

Wilayah Sungai Saddang yang luasnya 10.230 km<sup>2</sup> merupakan sungai lintas provinsi yaitu provinsi Sulawesi Selatan dan Provinsi

Sulawesi Barat meliputi 8 Kabupaten 1 Kota (Kota Parepare, Kab. Pangkep, Kab. Barru, Kab. Pinrang, Kab. Enrekang, Kab. Tanah Toraja, Kab. Toraja Utara, Kab. Polman, dan Mamasa). Sungai terbesar adalah sungai Saddang seluas 64.333 km<sup>2</sup>, panjang sungai rerata 182 km, lebar rerata 80 m, dan memiliki 294 anak sungai, terdapat sebuah Bendung Gerak Benteng untuk mensuplai D.I Saddang seluas 94.222 Ha dan PLTA Bakaru (2x64 MW) pada hilir sungai Mamasa. Potensi air tanah ada sekitar 1.354 juta m<sup>3</sup>/tahun



**Gambar.2** Peta Wilayah Sungai Saddang

## **B. Tempat dan Waktu Penelitian**

Persiapan dan pelaksanaan penelitian ini berlangsung selama 2 (dua) bulan yang dimulai dari bulan April 2015 sampai dengan pertengahan bulan juni 2015.

Pelaksanaan survey lokasi dan pengambilan data sekunder dari instansi yang terkait, dilaksanakan mulai dari tanggal 20 mei sampai dengan 27 mei 2015 serta pengambilan material sedimen dilaksanakan pada tanggal 28 mei 2015 sedangkan pengujian di Laboratorium yaitu, pengujian kadar air dan berat isi dilaksanakan pada tanggal 1 juni 2015 sampai dengan tanggal 2 juni 2015. Pengolahan data, baik diperoleh dari hasil pengujian di laboratorium maupun data-data sekunder yang diperoleh dari instansi yang terkait dilaksanakan selama 1 bulan 15 hari yaitu pertengahan bulan april 2015 hingga akhir bulan mei 2015.

Lokasi studi penelitian tugas akhir ini adalah di bagian hilir Sungai Saddang yang terletak di Kecamatan Patampanua Kabupaten Pinrang. Dari Kota Pinrang sejauh  $\pm$  20 km kearah utara menuju Bendung Benteng. Pengambilan sampel tanah dilakukan di hilir Bendung Benteng sungai Saddang Kab. Pinrang dan kemudian diuji di Laboratorium pengujian Tanah Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Makassar.

Penelitian ini dilaksanakan di bendung Benteng Kabupaten Pinrang Sulawesi Selatan, kecamatan patampanua, jalan benteng. Waktu penelitian mulai pada bulan april sampai dengan bulan Juni tahun 2015.



### **C. Prosedur Penelitian**

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah:

- a. Mengambil data yang sudah ada di Kantor Pengelolaan Sumber Daya Air dan Instansi yang terkait.
- b. Data yang sudah ada kemudian diolah dengan menggunakan alat satu set komputer.

### **D. Teknik Pengumpulan Data**

Untuk memperoleh informasi data yang baik, tepat dengan asumsi agar sasaran penulis dapat tercapai maka penulis menggunakan pengumpulan data sebagai berikut:

1. Penelitian pustaka untuk melengkapi penulisan dalam penelitian ini, maka penulis memperoleh informasi melalui membaca sejumlah buku referensi, literatur-literatur yang berkaitan dengan masalah ini.
2. Data sekunder diperoleh dari instansi yang terkait Bendung Benteng Kabupaten Pinrang Sulawesi Selatan antara lain:
  - a. Gambar alat ukur sedimen dasar
  - b. Data sedimen melayang sungai
  - c. Data debit harian sungai
  - d. Data hasil laboratorium pengujian berat isi
  - e. Data hasil laboratorium pengujian kadar air

## E. Analisa Data

Setelah mendapatkan data-data dari Dinas terkait maka dilakukan pengolahan dan analisa data dengan langkah-langkah sebagai berikut:

### 1. Perhitungan sedimen melayang sungai Saddang

Pada penelitian ini untuk perhitungan sedimen melayang berdasarkan kadar lumpur, dari persamaan (8)

$$K = \frac{68400 \text{ detik/hari} \times 1 \text{ ton/m}^3}{1000000} \quad (19)$$

Sedangkan kadar konsentrasi ( $C_s$ ) dapat diperoleh dengan mengendapkan material yang terkandung dalam air atau dengan cara menfliter atau menyaring. Sehingga dengan jalan ini konsentrasi  $C_s$  dapat dihitung dengan rumus:

$$C_s = \frac{W_s}{V_s} \text{ (mg/liter)} \quad (20)$$

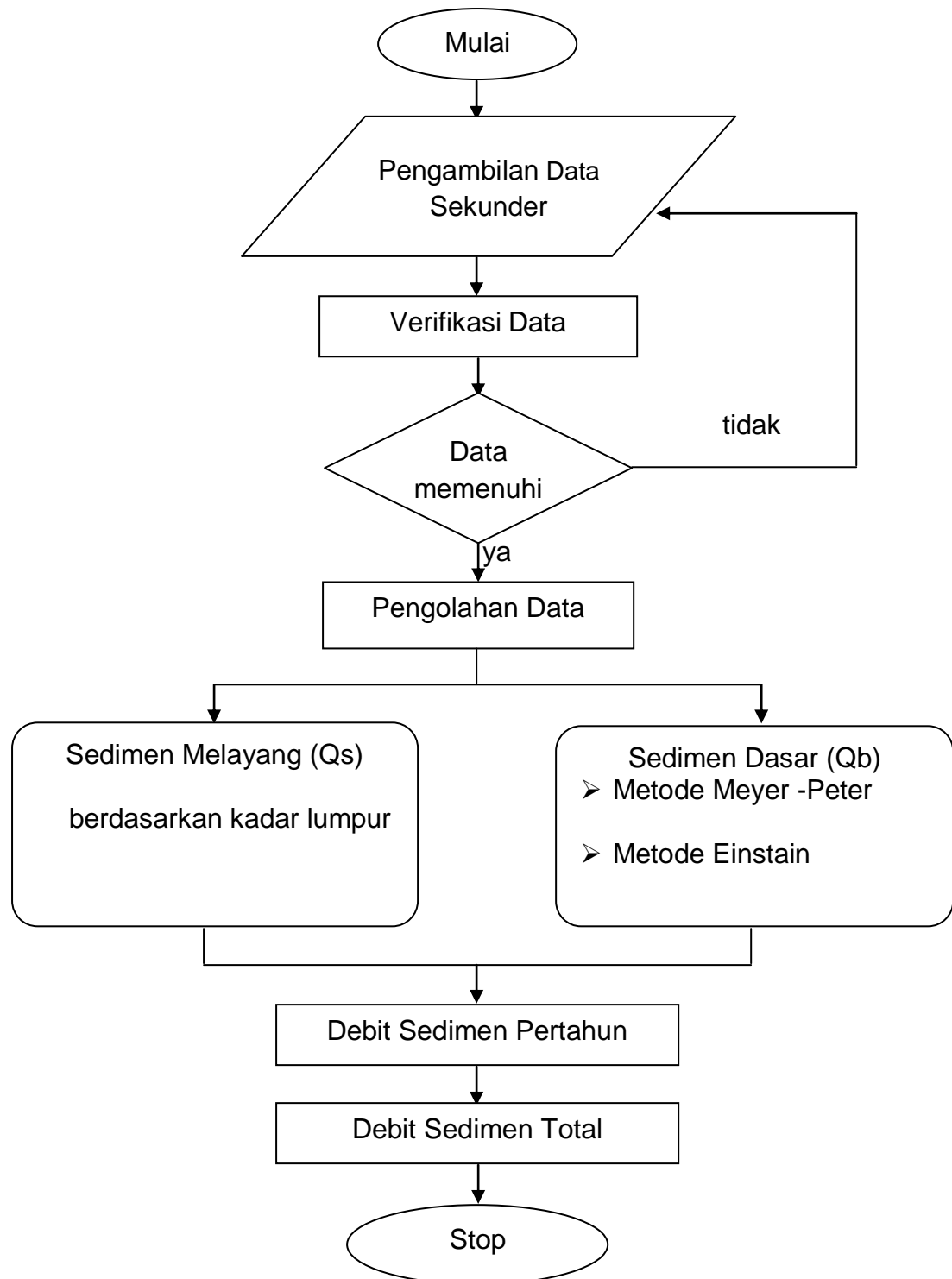
Di mana:

$W_s$  = berat kadar lumpur (gram)

$V_s$  = Volume air ( ml)

### 2. Perhitungan Sedimen Dasar Sungai Saddang

Pada penelitian ini untuk perhitungan sedimen dasar sungai digunakan metode, Meyer Peter dan metode Einstein.

**F. Flow chart Penelitian****Gambar 4.** Bagan Alir Pengolahan Data

## BAB IV

### ANALISA DAN PEMBAHASAN

#### A. Perkiraan Sedimen Melayang (*suspended Load*)

Dalam menganalisa sedimen melayang atau *suspended load*, perhitungan didasarkan atas data-data sekunder berupa analisa kadar lumpur, pengukuran debit air dan debit harian, yang diambil dari instansi yang terkait Bendung Benteng Kabupaten Pinrang.

Data-data yang diperoleh tersebut, yang selanjutnya menjadi dasar dalam pengolahan data untuk mendapatkan debit sedimen melayang sebelum membuat lengkung debit ( $Q$ ) dengan tinggi muka air ( $H$ ).

##### 1. Lengkung Debit Air ( $Q_w$ )

Sebelum membuat lengkung aliran, terlebih dahulu ditarik garis lurus yang menunjukkan hubungan antara debit sungai ( $Q_w$ ) dengan tinggi muka air ( $H$ ) yang digambarkan pada grafik logaritma. Dalam membuat lengkung aliran digunakan persamaan

$$Q_w = a (H)^b$$

Dapat diubah menjadi persamaan linear dengan transformasi logaritma sebagai berikut:

$$Y = \text{Log } Q_w$$

$$A = \log m$$

$$bX = n \log H$$

dari persamaan diatas diubah menjadi garis lurus yaitu:

$$Y = a + b X$$

Dimana :

$$X = \frac{\sum Xi}{n}$$

$$X = \frac{2,737}{21} = 0,1303$$

$$Y = \frac{\sum Yi}{n}$$

$$Y = \frac{45,978}{21} = 2,1894$$

Konstanta a dan b dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$b = \frac{\sum Xi.Yi - \{(\sum Xi)(\sum Yi)\}/n}{\sum Xi^2 - (\sum Xi)^2/n}$$

$$b = \frac{7,602 - \{(2,737)(45,978)\}/21}{1,420 - (2,737)^2/21}$$

$$b = \frac{1,609534}{1,063278}$$

$$b = 1,513748$$

$$\text{jadi } a = Y - b.X$$

$$a = 2,189 - (1,514 \times 0,1303)$$

$$a = 1,99218$$

Untuk mengetahui rumus empiris di atas apakah mendekati kebenaran, maka dicari terlebih dahulu nilai korelasi (r) yang rumusnya sebagai berikut:

$$r = \frac{\sum (Xi.Yi) - \{(\sum Xi)(\sum Yi)\}/n}{\sqrt{(\sum Xi^2 - (\sum Xi)^2/n) (\sum Yi^2 - (\sum Yi)^2/n)}}$$

$$r = \frac{(7,602) - \{(2,737)(45,978)\}/21}{\sqrt{(1,420 - (2,737)^2/21) (104,90 - (45,978)^2/21)}}$$

$$r = \frac{1,609534}{\sqrt{4,502399}}$$

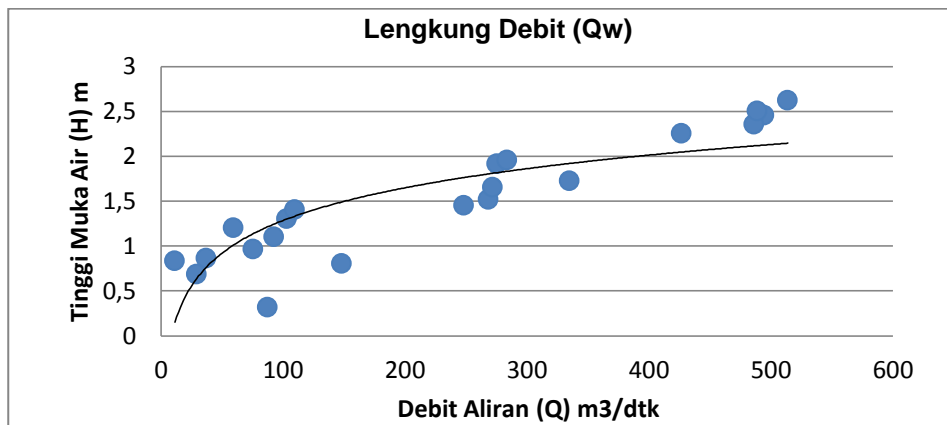
$$r = 0,758789$$

Tabel 1. Hasil Perhitungan Lengkung Debit Dengan regresi Linear

No.	Tanggal	TMA (H) (X) (m)	Debit Air (Qw) (y) (m <sup>3</sup> /dtk)	Log (Xi)	Log (Yi)	(Xi.Yi)	Xi <sup>2</sup>	Yi <sup>2</sup>
1	7/19/2001	0,31	87,73	-0,509	1,943	-0,988	0,259	3,776
2	08/09/2001	0,80	148,29	-0,097	2,171	-0,210	0,009	4,714
3	5/28/2003	1,30	103,19	0,114	2,014	0,229	0,013	4,055
4	6/16/2003	0,86	37,23	-0,066	1,571	-0,103	0,004	2,468
5	07/08/2003	0,96	75,52	-0,018	1,878	-0,033	0,000	3,527
6	11/06/2003	0,68	29,22	-0,167	1,466	-0,245	0,028	2,148
7	1/18/2004	1,72	335,01	0,236	2,525	0,595	0,055	6,376
8	3/26/2004	1,45	248,57	0,161	2,395	0,387	0,026	5,738
9	6/16/2004	1,51	268,60	0,179	2,429	0,435	0,032	5,901
10	5/30/2006	2,25	426,83	0,352	2,630	0,926	0,124	6,918
11	08/02/2006	0,83	11,57	-0,081	1,063	-0,086	0,007	1,131
12	12/27/2006	2,62	514,05	0,418	2,711	1,134	0,175	7,350
13	15/08/2007	1,20	59,38	0,079	1,774	0,140	0,006	3,146
14	25/06/2008	1,65	272,01	0,217	2,435	0,529	0,047	5,927
15	20/12/2008	2,45	494,44	0,389	2,694	1,048	0,151	7,258
16	13/03/2009	2,35	486,17	0,371	2,687	0,997	0,138	7,219
17	31/07/2009	1,40	110,05	0,146	2,042	0,298	0,021	4,168
18	02/10/2009	1,10	92,87	0,041	1,968	0,081	0,002	3,873
19	25/05/2010	2,50	488,92	0,398	2,689	1,070	0,158	7,232
20	17/08/2010	1,91	275,57	0,281	2,440	0,686	0,079	5,955
21	25/05/2011	1,95	284,04	0,290	2,453	0,712	0,084	6,019
	jumlah	31,80	4849,26	2,737	45,978	7,602	1,420	104,90
	rata-rata	1,51	230,917	0,130	2,189	0,362	0,068	5,00

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan data tinggi muka air dan debit air sungai ( $Q_w$ ) pada lampiran 1 dapat dibuat kurva debit sebelum menggunakan persamaan kuadrat terkecil (*least square*) seperti pada gambar 5.



**Gambar 5.** Lengkung Debit ( $Q_w$ )

Dengan menggunakan metode logaritmik dapat dibuat kurva debit dengan persamaan umum hubungan antara tinggi muka air dan debit adalah sebagai berikut:

$$Q = K (H - H_0)^n$$

Dimana :

Q = debit (m<sup>3</sup>/detik)

K = konstanta

n = konstanta

H = Tinggi muka air (m)

$H_0$  = kedalaman aliran nol (m)

a. Harga  $H_0$  ditentukan dengan persamaan :

$$H_0 = \frac{H_1 \cdot H_3 - H_2^2}{H_1 + H_3 - 2 \cdot H_2}$$

Dari data tinggi muka air pada lampiran 1.

$$H_1 = 0,31 \text{ m} \quad \longrightarrow \quad Q_1 = 87,73 \text{ m}$$

$$H_3 = 2,62 \text{ m} \quad \longrightarrow \quad Q_3 = 514,05 \text{ m}$$

$$Q_2 = (Q_1 \times Q_3)^{0,5} = (87,73 \times 514,05)^{0,5}$$

$$Q_2 = 262,32 \text{ m}$$

$$\text{Sehingga } H_2 = 2,50 \text{ m}$$

$$\text{Sehingga } H_0 = \frac{0,31 \times 2,62 - 2,50^2}{0,31 + 2,62 - 2 \times 2,50} = - 2,07 \text{ m}$$

b. Harga konstanta K dan n ditentukan dengan persamaan :

$$(\Sigma y) - m \log K - n (\Sigma x) = 0$$

$$(\Sigma xy) - (\Sigma x) \log K - n (\Sigma x^2) = 0$$

Dimana :

$$(\Sigma y) = \text{jumlah harga log Q}$$

$$(\Sigma x) = \text{jumlah harga log (H - H}_0\text{)}$$

$$(\Sigma x^2) = \text{jumlah kuadrat dari (x)}$$

$$(\Sigma xy) = \text{jumlah harga (x) dikalikan (y)}$$

$$m = \text{jumlah data}$$

Perhitungan K dan n data pengukuran debit dapat dilihat pada lampiran 2. Dari tabel perhitungan tersebut diperoleh :

$$45,98 - 21 \log K - 11,488 n = 0$$

$$25,78 - 11,488 \log K - 6,42 n = 0$$

$$528,22 - 241,248 \log K - 131,974 n = 0$$

$$\frac{541,38 - 241,248 \log K - 134,82 n = 0}{-13,16 - 0} \quad \frac{- 2,846 n = 0}{- 2,846 n = 0}$$



$$2,846 n = 13,16$$

$$n = 4,62$$

Dari salah satu persamaan :

$$25,78 - 11,488 \log K - 6,42 n = 0$$

$$25,78 - 11,488 \log K - (6,42 \times 4,6) = 0$$

$$25,78 - 11,488 \log K - 29,532 = 0$$

$$11,488 \log K = 3,75$$

$$\log K = 0,327$$

$$K = 2,122$$

Dari kedua persamaan tersebut diperoleh nilai :

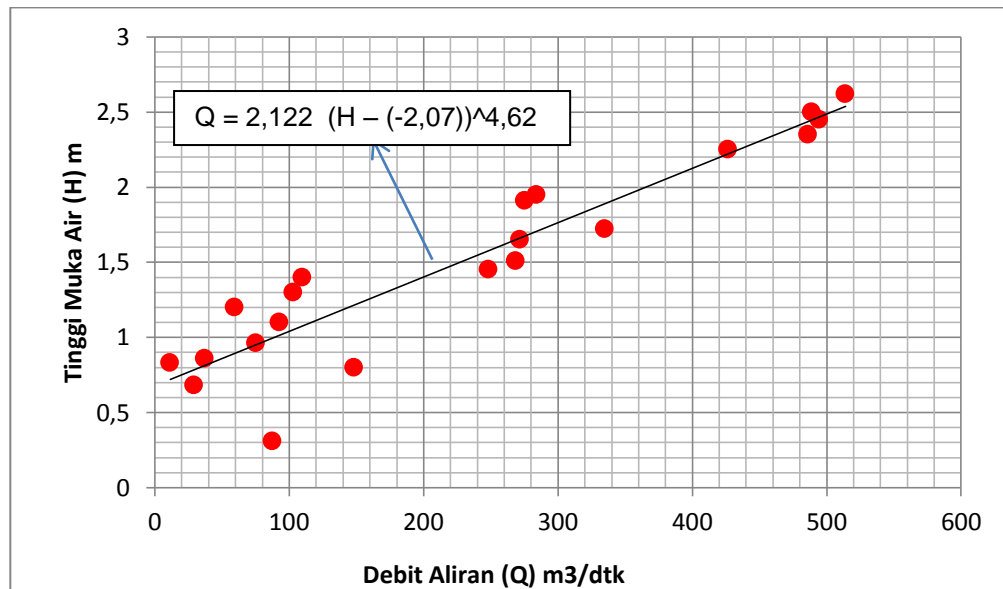
$$K = 2,122$$

$$n = 4,62$$

Dengan nilai  $H_0$ ,  $K$ , dan  $n$  tersebut maka diperoleh persamaan lengkung debit:

$$Q = 2,122 ( H - (-2,07) )^{4,62}$$

Dari persamaan di atas dapat dibuat lengkung debit seperti terlihat pada gambar 6.



**Gambar 6.** Lengkung Debit.

## 2. Lengkung Debit Sedimen Melayang ( $Q_{sm}$ )

### a. Perhitungan Konsentrasi Muatan Sedimen Melayang

Dari data sekunder pada lampiran, menunjukkan hasil contoh air di lapangan yang di analisa di laboratorium, diperoleh harga konsentrasi sedimen ( $C_s$ ) berdasarkan persamaan 20 yaitu :

$$C_s = \frac{W_s}{V_w}$$

Dimana :

$C_s$  = Konsentrasi sedimen (mg/ltr)

$W_s$  = berat kadar lumpur (mg)

$V_w$  = Volume air (ltr)

Contoh : ( data pada tanggal 7/19/2001)

$$C_s (1) = \frac{13,80}{0,25} = 55,20 \text{ mg/ltr}$$

$$C_s(2) = \frac{12,10}{0,25} = 48,40 \text{ mg/ltr}$$

$$C_s(3) = \frac{8,50}{0,25} = 34,00 \text{ mg/ltr}$$

$$C_s = \frac{55,20 + 48,40 + 34,00}{3} = 45,867 \text{ mg/ltr}$$

Perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada lampiran 3.

#### **b. Perhitungan Debit Sedimen Melayang ( $Q_{sm}$ )**

Dari hasil perhitungan konsentrasi sedimen ( $C_s$ ) pada lampiran 3, dan data debit air  $Q_w$  pada lampiran 3, maka besarnya debit sedimen melayang harian ( $Q_{sm}$ ) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 8 sebagai berikut:

$$Q_{sm} = 0,0864 \cdot C_s \cdot Q_w$$

Dimana :

$Q_{sm}$  = debit sedimen melayang (ton/hari)

$Q_w$  = debit air (  $m^3/dtk$  )

$C_s$  = konsentrasi sedimen melayang (mg/ltr)

Contoh perhitungan :

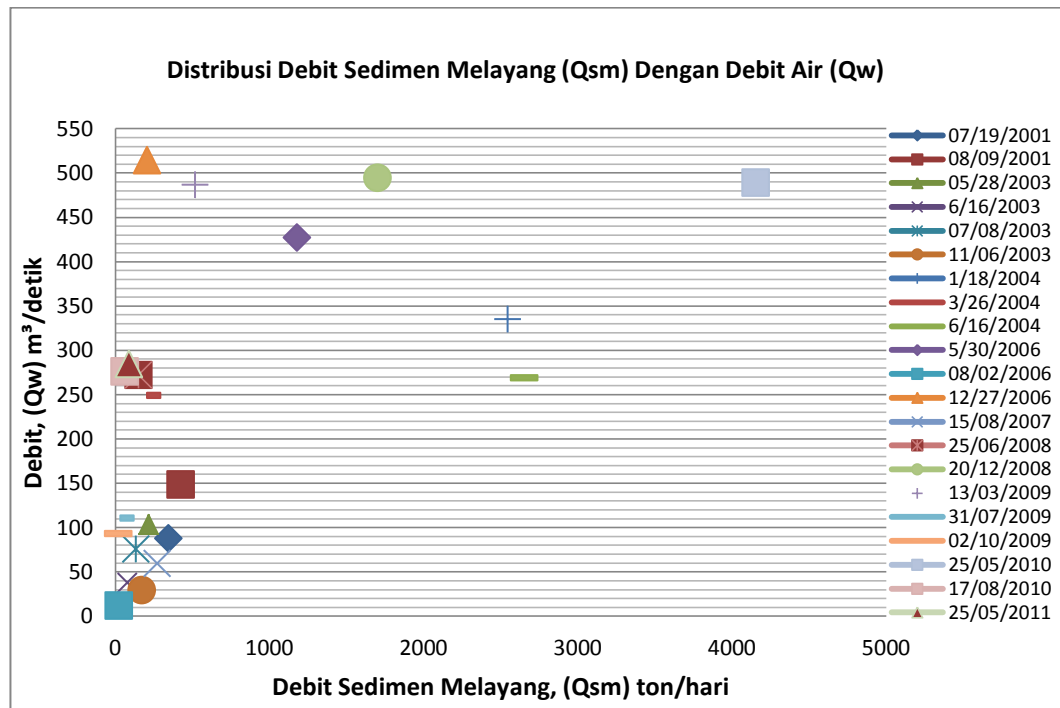
$$Q_{sm}(1) = 0,0864 \times 45,867 \times 87,73 = 347,666 \text{ ton/hari}$$

$$Q_{sm}(2) = 0,0864 \times 36,133 \times 148,29 = 426,945 \text{ ton/hari}$$

$$Q_{sm}(3) = 0,0864 \times 24,667 \times 103,19 = 219,922 \text{ ton/hari}$$

Perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada lampiran 4, data pengukuran debit air dan hasil analisa sedimen melayang.

Dari hasil perhitungan debit sedimen ( $Q_{sm}$ ) pada lampiran 4 dapat dilihat grafik penyebaran distribusi hubungan antara  $Q_w$  dan  $Q_{sm}$  pada , Gambar 7.



**Gambar 7.** Distribusi Debit Sediemen Melayang ( $Q_{sm}$ ) dengan Debit Air ( $Q_w$ )

### c. Perhitungan Debit Sedimen Melayang Berdasarkan Lengkung Debit ( $Q_w$ )

Untuk menghitung besarnya lengkung sedimen melayang berdasarkan data pengukuran kadar lumpur dan besarnya debit sungai dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$Q_{sm_{hit}} = a (Q_w)^b$$

Dimana :

$$Q_{sm_{hit}} = \text{debit sedimen melayang (ton/hari)}$$

$Q_w$  = debit air (m<sup>3</sup>/dtk.)

a,b = konstanta

Dimana konstanta a dan b dapat dihitung dengan persamaan di atas dan bersamaan berikut :

$$b = \frac{n \cdot \sum X_i \cdot Y_i - (\sum X_i) \cdot (\sum Y_i)}{n \cdot \sum Y_i^2 - (\sum Y_i)^2}$$

$$\log a = \frac{\sum X_i}{n} - \frac{b \cdot \sum X_i}{n}$$

dimana :

$X_i$  = data X yang ke – i

$Y_i$  = data Y yang ke – i

i = 1, 2, 3 . . . . . , n

n = banyaknya data

berdasarkan persamaan-persamaan di atas maka dilakukan langkah-langkah perhitungan sebagai berikut :

#### a. Perhitungan Konstanta a dan b

Untuk memperoleh nilai konstanta a dan b maka dilakukan perhitungan nilai-nilai dari log  $Q_{sm}$  dan log  $Q_w$  sebagai berikut.

Contoh perhitungan data (19/07/2001).

Diketahui :

$$Q_w = 87,73 \text{ m}^3/\text{dtk.}$$

$$Q_{sm} = 347,666 \text{ ton/hari}$$

Penyelesaian :

$$\text{Log } Q_{sm} (X_i) = \log 347,666 = 2,541$$

$$\text{Log } Q_w (Y_i) = \log 87,73 = 1,943$$

$$X_i, Y_i = 2,541 \times 1,943 = 4,937$$

$$X_i^2 = (2,541)^2 = 6,457$$

$$X = \frac{\sum x_i}{n} = \frac{50,496}{21} = 2,405$$

$$Y = \frac{\sum y_i}{n} = \frac{45,975}{21} = 2,189$$

$$X_i - X = 2,541 - 2,405 = 0,136$$

$$Y_i - Y = 1,943 - 2,189 = -0,246$$

$$(X_i - X)(Y_i - Y) = 0,136 \times (-0,246) = -0,034$$

$$(X_i - X)^2 = (0,136)^2 = 0,019$$

$$(Y_i - Y)^2 = (-0,246)^2 = 0,061$$

Perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada lampiran 5.

Dari hasil perhitungan pada lampiran 5 dapat dihitung nilai konstanta b dan a sebagai berikut :

Nilai konstanta b :

$$b = \frac{n \cdot \sum X_i \cdot Y_i - (\sum X_i) \cdot (\sum Y_i)}{n \cdot \sum Y_i^2 - (\sum Y_i)^2}$$

$$b = \frac{21 \times 114,208 - 50,496 \times 45,975}{21 \times 104,884 - (45,975)^2}$$

$$b = \frac{76,814}{88,863}$$

$$b = 0,864$$

nilai a :

$$\log a = \frac{\sum Xi}{n} - \frac{b \sum Xi}{n}$$

$$\log a = \frac{50,496}{21} - \frac{0,864 \times 50,496}{21}$$

$$\log a = 2,405 - 2,078$$

$$\log a = 0,327$$

$$a = 3,733$$

#### b. Perhitungan $Q_{sm_{hit}}$

Dari hasil perhitungan konstanta b dan a dengan menggunakan nilai debit air ( $Q_w$ ) yang terdapat pada lampiran 5 , maka dapat dihitung nilai  $Q_{sm_{hit}}$  sebagai berikut :

$$Q_{sm_{hit}} = a (Q_w)^b$$

$$Q_{sm_{hit}} (1) = 3,733 \times (87,73)^{0,864} = 178,212 \text{ ton/hari}$$

$$Q_{sm_{hit}} (2) = 3,733 \times (148,29)^{0,864} = 280,478 \text{ ton/hari}$$

$$Q_{sm_{hit}} (3) = 3,733 \times (103,19)^{0,864} = 205,041 \text{ ton/hari}$$

Perhitungan  $Q_{sm_{hit}}$  selanjutnya dapat dilihat pada tabel berikut.

**Tabel 2. Perhitungan nilai  $Q_{sm_{hit}}$** 

$$Q_{sm_{hit}} = 3,733 (Q_w)^{0,864}$$

No.	Tanggal	Debit ( $Q_w$ ) (m <sup>3</sup> /dtk.)	$Q_{sm_{hit}}$ (ton/hari)
1	07/19/2001	87,73	178,212
2	08/09/2001	148,29	280,478
3	05/28/2003	103,19	205,041
4	6/16/2003	37,23	84,979
5	07/08/2003	75,52	156,568
6	11/06/2003	29,22	68,930
7	1/18/2004	335,01	567,163
8	3/26/2004	248,57	438,254
9	6/16/2004	268,60	468,604
10	5/30/2006	426,83	699,195
11	08/02/2006	11,57	30,958
12	12/27/2006	514,05	821,044
13	15/08/2007	59,38	127,199
14	25/06/2008	272,01	473,739
15	20/12/2008	494,44	793,912
16	13/03/2009	486,17	782,425
17	31/07/2009	110,05	216,766
18	02/10/2009	92,87	187,199
19	25/05/2010	488,92	786,248
20	17/08/2010	275,57	479,091
21	25/05/2011	284,04	491,788

Sumber : Hasil Perhitungan

Untuk mengetahui besarnya penyimpangan/selisih (delta) antara  $Q_{sm}$  lampiran 5 dengan  $Q_{sm_{hit}}$  lampiran 6 digunakan persamaan sebagai berikut :

$$\Delta = \log Q_{sm} - \log Q_{sm_{hit}}$$

$$\Delta (1) = \log 347,666 - \log 178,212 = 2,541 - 2,251 = 0,29$$

$$\Delta (2) = \log 426,945 - \log 280,478 = 2,63 - 2,448 = 0,182$$

$$\Delta (3) = \log 219,922 - \log 205,041 = 2,342 - 2,312 = 0,03$$



**Tabel 3. Perhitungan Logaritma Debit Sedimen Melayang Bendung Benteng ( 2001 – 2011)**

No.	Tanggal	Sedimen Melayang ( $Q_{sm}$ )(ton/hari)	Log ( $Q_{sm}$ )	$Q_{sm}$ (hit)	Log $Q_{sm}$ (hit)	Delta
1	07/19/2001	347,666	2,541	178,21	2,251	0,290
2	08/09/2001	426,945	2,630	280,48	2,448	0,182
3	05/28/2003	219,922	2,342	205,04	2,312	0,030
4	6/16/2003	80,417	1,905	84,98	1,929	-0,024
5	07/08/2003	137,023	2,137	156,57	2,195	-0,058
6	11/06/2003	173,357	2,239	68,93	1,838	0,401
7	1/18/2004	2547,148	3,406	567,16	2,754	0,652
8	3/26/2004	207,613	2,317	438,25	2,642	-0,324
9	6/16/2004	2653,331	3,424	468,60	2,671	0,753
10	5/30/2006	1180,100	3,072	699,20	2,845	0,227
11	08/02/2006	23,992	1,380	30,96	1,491	-0,111
12	12/27/2006	207,280	2,317	821,04	2,914	-0,598
13	15/08/2007	275,335	2,440	127,20	2,104	0,335
14	25/06/2008	148,836	2,173	473,74	2,676	-0,503
15	20/12/2008	1704,513	3,232	793,91	2,900	0,332
16	13/03/2009	518,049	2,714	782,43	2,893	-0,179
17	31/07/2009	34,867	1,542	216,77	2,336	-0,794
18	02/10/2009	20,381	1,309	187,20	2,272	-0,963
19	25/05/2010	4156,680	3,619	786,25	2,896	0,723
20	17/08/2010	63,499	1,803	479,09	2,680	-0,878
21	25/05/2011	89,992	1,954	491,79	2,692	-0,738

Sumber : Hasil Perhitungan

Adapun tingkat hubungan antara debit air ( $Q_w$ ) dan debit sedimen melayang ( $Q_{sm_{hit}}$ ) dapat dinyatakan dengan koefisien koreksi (R) yang secara matematis menggambarkan penyebaran titik disekitar persamaan itu. Koefisien korelasi dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$R = \frac{\sum (X_i - \bar{X}) \cdot (Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum (X_i - \bar{X})^2 \cdot \sum (Y_i - \bar{Y})^2}}$$

Dimana :

R = koefisien korelasi

Nilai koefisien korelasi diperoleh berdasarkan hasil perhitungan pada lampiran 5 . Hasil perhitungan R diuraikan sebagai berikut :

$$R = \frac{\sum (X_i - \bar{X}) \cdot (Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum (X_i - \bar{X})^2 \cdot \sum (Y_i - \bar{Y})^2}}$$

$$R = \frac{3,940}{\sqrt{9,306 \cdot 4,232}}$$

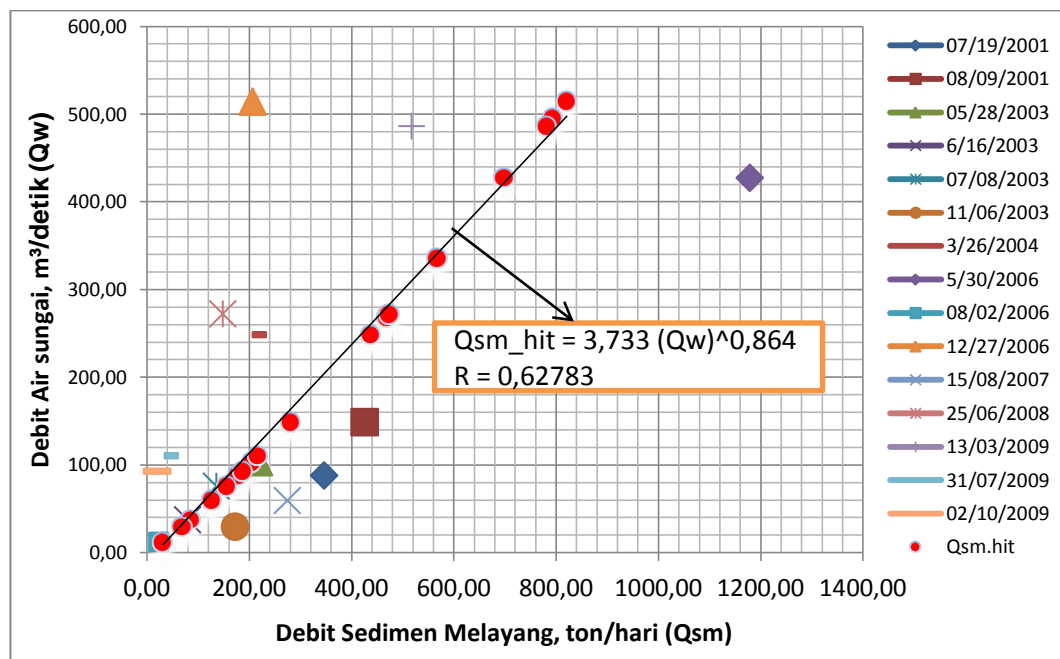
$$R = 0,62783$$

Berdasarkan hasil perhitungan di atas, diperoleh kesimpulan konstanta a,b, dan koefisien korelasi (R), sebagai berikut :

$$X = a + b \cdot Y$$

$$X = 3,733 + 0,864 Y \text{ dengan koefisien korelasi } R = 0,62783$$

Dari persamaan  $X = 3,733 + 0,864 Y$  dengan koefisien korelasi 0,62783 dapat dinyatakan dengan gambar sebagai berikut :



**Gambar 8.** Distribusi Hubungan Antara Debit Sedimen Melayang ( $Q_{sm}$ ) dengan Debit Air Sungai ( $Q_w$ ) Tahun (2001-2011)

### c. Perhitungan Total Debit Sedimen Melayang Dalam 1 Tahun

Dengan menggunakan data debit aliran harian ( $Q_w$ ) yang terdapat pada lampiran 6, maka dapat dihitung ( $Q_{sm}$ ) dengan persamaan :

$$Q_{sm} = 3,733 (Q_w)^{0,864}$$

Contoh perhitungan : (data debit pada bulan januari tanggal 1, 2, dan 3 tahun 2005)

$$Q_{sm} (1) = 3,733 (393)^{0,864} = 651,048 \text{ ton/hari}$$

$$Q_{sm} (2) = 3,733 (422)^{0,864} = 692,354 \text{ ton/hari}$$

$$Q_{sm} (3) = 3,733 (538)^{0,864} = 853,992 \text{ ton/hari}$$

Perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada lampiran 16

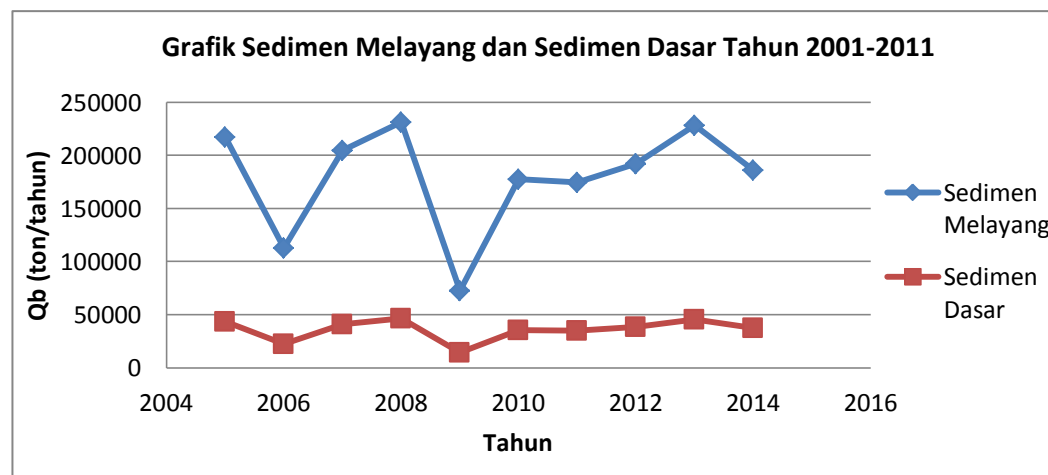
### B. Perkiraan Sedimen Dasar (*bed load*)

Karena pada lokasi pengamatan tidak diperoleh debit muatan sedimen dasar maka perhitungan yang disarankan (Soewarno,1991 : 711) dan standar RI, 1982 yang dalam penelitian ini diambil 20 % terhadap muatan sedimen melayang yang sehingga diperoleh hasil pada tabel di bawah ini:

**Tabel 3. Debit Sedimen Tahunan**

No.	Tahun	Sedimen Melayang Qs (ton/tahun)	Sedimen Dasar (Qb) ton/tahun (Qs) 20% x SM
1	2005	216925	43385
2	2006	112848	22569,6
3	2007	204629	40925,8
4	2008	231103	46220,6
5	2009	72440	14488
6	2010	177613	35522,6
7	2011	174336	34867,2
8	2012	192218	38443,6
9	2013	228282	45656,4
10	2014	185974	37194,8
Jumlah		1. 796. 368	359. 273,6
Rata-rata		179. 636,8	35. 927,36

Sumber : Hasil Perhitungan.

**Gambar 9.** Sedimen Melayang dan Sedimen Dasar Tahunan

Untuk menghitung besarnya sedimen dasar pada hulu bendung benteng digunakan data sekunder berupa pengukuran aliran sungai, hasil pengujian terhadap material bed load,.

Langkah awal dalam perhitungan bed load adalah menentukan koefisien kekasaran namun terlebih dahulu harus menentukan besarnya kecepatan aliran rata-rata. Dengan menggunakan data aliran sungai yang terdapat pada lampiran maka dapat dihitung besarnya debit sedimen dasar. Adapun perhitungannya diuraikan sebagai berikut :

### 1. Pendektan Meyer-Peter

Diketahui:

$$V = 2,76 \text{ m}^2/\text{detk}$$

$$Q = 285,856 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

$$H = 1,45 \text{ m}$$

$$I = 0,0165 \text{ m}$$

$$P = 77,5 \text{ m}$$

$$R = 2,391 \text{ m}$$

$$D_{50} = 0,70 \text{ mm} = 0,00070 \text{ m}$$

$$D_{90} = 3,06 \text{ mm} = 0,00306 \text{ m}$$

$$B = 90,25 \text{ m}$$

$$g = 9,81 \text{ m}^2/\text{dtk}$$

penyelesaian :

1. Nilai koefisien kekasaran aktual (n)

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2}$$

$$n = \frac{R^{2/3} I^{1/2}}{V}$$

$$n = \frac{2,391^{2/3} 0,0165^{1/2}}{2,76}$$

$$n = 0,08322$$

2. Nilai koefisien kekasaran untuk dasar rata ( $n'$ )

$$n' = \frac{D_{90}^{1/6}}{26}$$

$$n' = \frac{0,00306^{1/6}}{26}$$

$$n' = 0,0147$$

3. Nilai intensitas aliran ( $\psi$ )

$$\psi = \frac{\rho_s - \rho}{\rho} \times \frac{D_{50}}{R \left(\frac{n'}{n}\right)^{3/2} I}$$

$$\psi = \frac{3,23 - 1,00}{1,00} \times \frac{0,70}{2,391 \times \left(\frac{0,0147}{0,08322}\right)^{3/2} 0,0165}$$

$$\psi = 317,872$$

4. Nilai muatan sedimen dasar ( $q_b$ )

$$\phi = \frac{q_b}{\rho_s} \left( \frac{\rho}{\rho_s - \rho} \cdot \frac{1}{g \cdot D_{50}^3} \right)$$

$$q_b = \frac{\phi \cdot \rho_s}{\left( \frac{\rho}{\rho_s - \rho} \cdot \frac{1}{g \cdot D_{50}^3} \right)}$$

$$\phi = \left( \frac{4}{\psi} - 0,188 \right)^{3/2}$$

$$\phi = \left( \frac{4}{317,872} - 0,188 \right)^{3/2}$$

$$\phi = 0,0732$$

$$q_b = \frac{0,0732 \cdot 2,65}{\left( \frac{1,00}{3,23 - 1,00} \cdot \frac{1}{9,81 \cdot 0,00070^3} \right)}$$

$$q_b = 0,0536 \times 10^{-3} \text{ kg/detk/m}$$

besarnya sedimen dasar ( $Q_b$ ) adalah :

$$Q_b = q_b \times B$$

$$Q_b = 0,0536 \times 10^{-3} \times 90,25$$

$$Q_b = 0,937 \text{ kg/ dtk}$$

Jika satuan berat (kg) ditransfer ke satuan berat (ton) dan satuan waktu ditransfer ke satuan waktu (hari), maka :

$$Q_b = \frac{0,937}{1000}$$

$$Q_b = 0,000937 \text{ ton/detik}$$

$$Q_b = 0,000937 \times 3600 \times 24$$

$$Q_b = 80,9568 \times 365 \text{ ton/hari}$$

$$Q_b = 29. 549,23 \text{ ton/tahun}$$

Total sedimen dasar pada hilir Bendung Benteng dengan Menggunakan metode Meyer - Peter maka produkifitas sedimen dasar ( $Q_b$ ) sebesar 29. 549,23 ton/tahun.

Perkiraan total debit sedimen

Perkiraan total sedimen pada hilir Bendung Benteng :

Jumlah volume sedimen melayang = 179636,8 ton/tahun

Jumlah volume sedimen dasar = 29. 549,23 ton/tahun

Jumlah volume sedimen = 209. 186 ton/tahun

Jadi besarnya sedimen total di hilir Bendung Benteng pertahunnya yaitu 209. 186ton/tahun.

## 2. Pendekatan Einstein

$$\text{Rapat massa sedimen } (\rho_s) = 3230 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Rapat massar air } (\rho_w) = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$\phi = f(\psi)$$

$$\psi = \frac{\rho_s - \rho_w}{\rho_w} \cdot \frac{D_{35}}{R \left(\frac{n}{n}\right)^{3/2} S}$$

$$\psi = \frac{3230 - 1000}{1000} \cdot \frac{0,00050}{2,391 \left(\frac{0,0147}{0,08322}\right)^{3/2} 0,0165}$$

$$\psi = 0,9777$$

Dari grafik Einstein dimana hubungan antara  $\phi$  dengan  $\psi$  didapat

$$\phi = 1,67$$

$$\phi = \frac{q_b}{\gamma_s} \left( \frac{\rho_w}{\rho_s - \rho_w} \cdot \frac{1}{g D_{35}^3} \right)^{1/2} \left( \frac{1000}{3230 - 1000} \times \frac{1}{9,81 \cdot 0,00050^3} \right)$$

$$\phi = \frac{q_b}{3230} \left( \frac{1000}{3230 - 1000} \times \frac{1}{9,81 \cdot 0,00050^3} \right)^{1/2}$$

$$1,67 = 8,3892 q_b$$

$$q_b = 0,1991 \text{ kg/dtk}$$

Besarnya sedimen dasar ( $q_b$ ):

$$Q_b = q_b \times B$$

$$Q_b = 0,05991 \times 90,25$$

$$Q_b = 5,406878 \text{ kg/dtk}$$



Jika satuan berat (kg) ditransfer kesatuan berat (ton) dan satuan waktu ditransfer kesatuan waktu (hari)

$$Q_b = \frac{5,406878}{1000}$$

$$Q_b = 0,005407 \text{ ton/detik}$$

$$Q_b = 0,005407 \times 3600 \times 24$$

$$Q_b = 467,1543 \times 365 \text{ ton/hari}$$

$$Q_b = 170.511,3 \text{ ton/tahun}$$

Total sedimen dasar pada hilir Bendung Benteng dengan menggunakan metode Einstein maka produkifitas sedimen dasar ( $Q_b$ ) sebesar 170.511,3 ton/tahun.

Perkiraan total debit sedimen

Perkiraan total sedimen pada hilir Bendung Benteng :

$$\text{Jumlah volume sedimen melayang} = 179.636,8 \text{ ton/tahun}$$

$$\text{Jumlah volume sedimen dasar} = 170.511,3 \text{ ton/tahun}$$

$$\text{Jumlah volume sedimen} = 350.148,1 \text{ ton/tahun}$$

Jadi besarnya sedimen total di hulu Bendung Benteng pertahunnya yaitu 350.148,1 ton/tahun.

## BAB V

### PENUTUP

#### A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Jumlah volume sedimen melayang (*suspended load*) pada hilir Bendung Benteng yang diperoleh berdasarkan hasil perhitungan adalah 179. 636,8ton/tahun.
2. Jumlah sedimen dasar (*bed load*) pada hilir Bendung Benteng yang diperoleh berdasarkan hasil perhitungan adalah 35. 927,36 ton/tahun
3. Jumlah volume sedimen dasar (*bed load*) pada hilir Bendung Benteng yang diperoleh menggunakan pendekatan Meyer Peter adalah 29. 549,23 ton/tahun.
4. Jumlah volume sedimen dasar (*bed load*) pada hilir Bendung Benteng yang diperoleh menggunakan pendekatan Einstein adalah 170. 511,3 ton/tahun.

**B. Saran**

1. Perlu dilakukan dan pengambilan sampel secara berkelanjutan sehingga didapatkan hasil yang akurat.
2. Sebelum memulai melakukan analisis perhitungan, maka sebaiknya melengkapi dan melihat ketersediaan data untuk menunjang kelancaran perhitungan.
3. Untuk mengantisipasi laju peningkatan sedimen perlu dilakukan langkah-langkah yang harus diambil untuk penanggulangan sedimen seperti pembuatan saluran pengelak, chek dam, tanggul, sabo dam, dan sebagainya.

## DAFTAR PUSTAKA

Asdak Chay, 2007, *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*, Gadjah Mada University press, Yogyakarta

Einstain, H.A., 1950, *The Bed Load Function For Sediment Transportation in open Channel Flows*, USDA Soil Conservation Service, Washington DC

Meyer-peter, E., et R-Muller, 1948, *formula for Bed load Transport*, pages 39-64 in IAHSR, Stockholm

[www.google.com/mayong .staff.ugm.ac.id/hidrologi](http://www.google.com/mayong.staff.ugm.ac.id/hidrologi), 14 mei 2011, 19.30

Soemarto, C.D (1987), *Hidrologi Teknik*, Erlangga

Soemarto, *Hidrologi Teknik*. Penerbit usaha Nasional Surabaya-Indonesia.

Pragjono., *Angkutan Sedimen* penerbit Jurusan Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada Yogiakarta tahun 1985

Suripin (2000), *Evaluasi penggunaan Teknik Debit Lengkung Sedimen dalam memprediksi Sedimen Layang*

Mardjikoen, Pragnyono, *Transportasi Sedimen*, UGM

Soemarto, CD, *Hidrologi Teknik*, Erlangga, 1995