

SKRIPSI
STUDI ANGKUTAN SEDIMEN DASAR
PADA SUNGAI TALLO



Oleh

HASNAWIA

105 81 11013 18

WIDIA

105 81 11014 18

PROGRAM STUDI TEKNIK PENGAIRAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
MAKASSAR

2023



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

HALAMAN PERSETUJUAN

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

Judul Skripsi : **STUDI ANGKUTAN SEDIMEN DASAR PADA SUNGAI TALLO**

Nama : 1. HASNAWIA
2. WIDIA

Stambuk : 1. 105 81 11013 18
2. 105 81 11014 18

Makassar, 25 Januari 2024

Telah Diperiksa dan Disetujui
Oleh Dosen Pembimbing;

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Ir. Amrullah Mansida, ST., MT., IPM., Asean. Eng

Mahmuddin, ST., MT

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Pengairan

Ir. M. Agusalin, ST., MT
NBM : 947 993



FAKULTAS TEKNIK



Kampus
Merdeka
INDONESIA JAYA

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, e_mail: unismuh@gmail.com

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

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

PENGESAHAN

Skripsi atas nama **Hasnawia** dengan nomor induk Mahasiswa **105 81 11013 18** dan **Widia** dengan nomor induk Mahasiswa **105 81 11014 18**, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0001/SK-Y/22202/091004/2023, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Sabtu tanggal 9 Desember 2023.

Makassar, 13 Rajab 1445 H
25 Januari 2023 M

Panitia Ujian :

1. Pengawas Umum

a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar

Prof. Dr. H. Ambo ASsse, M.Ag

b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Prof. Dr. Eng. Muhammad Isran Ramli, ST., MT

2. Penguji

a. Ketua : Dr Ir. Muh. Yunus Ali, ST., MT., IPM

b. Sekertaris : Asnita Virलयani, ST., MT

3. Anggota : 1. Dr. Ir. Hamzah Al Imran, ST., MT., IPM

2. Ir. Muhammad Syafa'at S. Kuba, ST., MT

3. Ir. M. Agussalim, St., MT

Mengetahui :

Pembimbing I

Dr. Ir. Amrullah Mansida, ST.,MT.,IPM.,Asean.Eng

Pembimbing II

Mahmuddin, ST., MT.

Dekan Fakultas Teknik

Dr. Ir. Hj. Nurnawaty, ST., MT., IPM

NBM : 759 108

Studi Angkutan Sedimen Dasar Pada Sungai Tallo

Hasnawia Widia¹,
Amrullah Mansida²,
Mahmuddin^{3*}

^{1,2,3} Program Studi Pengairan/Jurusan Teknik Sipil/Fakultas Teknik,
Universitas Muhammadiyah Makassar, Indonesia
e-mail: *¹hasnawianannah@gmail.com *²widia11098@gmail.com

Abstrak

Sungai Tallo adalah salah satu Sungai yang sangat penting perannya bagi masyarakat kota Makassar sebagai jalur transportasi maupun dalam bidang perikanan. Kondisi air sungai Tallo yang sering meluap dari sungai karena debitnya bertambah dengan cepat sehingga melebihi daya tampung sungai, air hujan yang jatuh di permukaan mengikis tanah sehingga terbawa oleh aliran air ke dalam sungai. Kondisi inilah yang menghasilkan dampak dari proses sedimentasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui angkutan zedimen didasar sungai Tallo, sehingga dapat diperkirakan laju sedimentasi yang terjadi dengan menggunakan Persamaan Duboys dan Mayer Peter. Angkutan sedimen menggunakan metode Duboys pada musim hujan diperoleh sebesar 3,0651 m³/hari, dan pada musim kemarau diperoleh sebesar 1,8752 m³/hari. Untuk metode Mayer Peter pada musim hujan diperoleh sebesar 3,2154m³/hari dan pada musim kemarau diperoleh sebesar 2,0570 m³/hari.

Kata kunci : Angkutan Sedimen, Sedimen dasar, Sungai

Abstract

The Tallo River is one of the rivers that plays a very important role for the people of Makassar city as a transportation route and in the fisheries sector. The condition of the Tallo River is that the river often overflows because the discharge increases rapidly so that it exceeds the river's capacity. Rainwater that falls on the surface erodes the soil so that it is carried by the flow of water into the river. This condition produces the impact of the sedimentation process. This research aims to determine the transport of zedimen at the bottom of the Tallo river, so that sedimentation rates can be estimated using the Duboys and Mayer Peter equations. Sediment transport using the Duboys method in the rainy season was 3.0651 m³/day, and in the dry season it was 1.8752 m³/day. For the Mayer Peter method, in the rainy season it is obtained at 3.2154 m³/day and in the dry season it is obtained at 2.0570 m³/day.

Keywords: Bed load, River, Sediment Transport.

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum, Wr. Wb

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyusun Tugas Akhir ini, dan dapat kami selesaikan dengan baik.

Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan yang harus dipenuhi dalam rangka menyelesaikan Program Studi pada Jurusan Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar. Adapun judul tugas akhir kami adalah: **STUDI ANGKUTAN SEDIMEN DASAR PADA SUNGAI TALLO**

Tugas ini terwujud berkat adanya bantuan, arahan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dengan segala ketulusan dan kerendahan hati, kami mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada :

1. Bapak **Dr. H. Ambo Asse, SE., MM. IPM** sebagai Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar.
2. Bapak **Dr.Ir.Hj. Nurnawati ST., MT., IPM** sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
3. Bapak **M. Aguslim, ST.,MT** sebagai Ketua Pogram Studi Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

4. Bapak selaku pembimbing I **Amrullah Mansida, ST., MT. IPM** dan Bapak **Mahmuddin, ST.,MT., IPM** selaku pembimbing II, yang telah meluangkan banyak waktu, memberikan bimbingan dan pengarahan sehingga terwujudnya tugas akhir ini.
5. Bapak dan Ibu dosen serta staf pegawai pada Fakultas Teknik atas segala waktunya telah mendidik dan melayani kami selama mengikuti proses belajar mengajar di Universitas Muhammadiyah Makassar.
6. Ayahanda dan ibunda tercinta yang senantiasa memberikan limpahan kasih sayang, doa, serta pengorbanan kepada penulis.
7. Rekan-rekan mahasiswa Fakultas Teknik, terkhusus Saudaraku Angkatan 2018 dengan rasa persaudaraan yang tinggi banyak membantu dan memberi dukungan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Sebagai manusia biasa, penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Untuk itu penulis akan sangat menghargai saran dan kritik sehingga laporan tugas akhir ini dapat menjadi lebih baik dan menambah pengetahuan kami dalam upaya penyempurnaan laporan selanjutnya. Semoga laporan tugas akhir ini dapat berguna bagi penulis khususnya dan untuk pembaca pada umumnya.

Wassalamu`alaikum, Wr. Wb.

Makassar, 7 Desember 2023

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	II
DAFTAR ISI.....	IV
DAFTAR GAMBAR.....	VII
DAFTAR TABEL.....	X
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	3
C. Tujuan Penelitian.....	3
D. Manfaat Penelitian.....	3
E. Batasan Masalah.....	4
F. Sistematika Penulisan.....	4
BAB II.....	6
KAJIAN PUSTAKA.....	6
A. Sungai.....	6
B. Sedimen dan Sedimentasi.....	8
1. Pengertian Sedimen dan Sedimentasi.....	8

2. Proses Sedimen	9
3. Angkutan Sedimen	11
C. Mekanisme Pergerakan Sedimen.....	18
1. Wash Load Transport.....	21
2. Angkutan Sedimen Melayang (<i>suspended Load Transport</i>).....	22
3. Angkutan Sedimen Dasar (<i>Bed Load Transport</i>).....	22
D. Karakteristik Aliran.....	27
BAB III	32
METODE PENELITIAN	32
A. Lokasi dan Penelitian.....	33
B. Alat Pnelitian.....	33
C. Prosedur Penelitian.....	34
D. Analisa Data.....	35
E. Bagan Alur Penelitian.....	37
BAB IV.....	38
HASIL DAN PEMBAHASAN	38
A. Deskripsi Data.....	38
B. Analisis Angkutan Sedimen Dasar.....	42

C. Hubungan Pengaruh Angkutan Sedimen (Qb).....	46
D. Analisis Karakteristik Aliran.....	52
BAB V	55
PENUTUP	55
A. Kesimpulan.....	55
B. Saran.....	55
DAFTAR PUSTAKA.....	57
LAMPIRAN.....	59
DOKUMENTASI ALAT DAN BAHAN.....	64



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Tampang panjang saluran dengan dasar granuler (Mardjikoen, 1987).	12
Gambar 2. Angkutan sedimen pada tampang panjang dengan dasar granuler (Mardjikoen, 1987).	12
Gambar 3. Transpor sedimen dalam air sungai (Asdak, 2014).	14
Gambar 4. Bagan mekanisme dan asal bahan sedimen (Mardjikoen, 1987).	17
Gambar 5. Mekanisme gerakan sedimen.	19
Gambar 6. Bentuk banjir lahar yang mengandung batu-batu (Suyono Sudarsono dan Masateru Tominaga, 2008).	20
Gambar 7. Progres gerakan sedimen dan perpindahan daerah pengendapan karena terjadinya perubahan muka air (Suyono Sudarsono dan Masateru Tominaga, 2008).	21
Gambar 8. Parameter sedimen dan gaya geser kritis untuk persamaan bed load menurut DuBoys.	25
Gambar 9. Lokasi Penelitian.	32
Gambar 10. Van Veen	35
Gambar 11. Bagan alir penelitian.	37
Gambar 12. Sketsa pengukuran penampang sungai.	38

Gambar 13. Sketsa titik pengambilan sampel sedimen dasar pada musim hujan.....	41
Gambar 14. Sketsa titik pengambilan sampel sedimen dasar pada musim kemarau.....	41
Gambar 15. Grafik gabungan hubungan Kedalaman dengan Angkutan Sedimen Dasar menggunakan metode Duboys.	47
Gambar 16. Grafik hubungan Kedalaman dengan Angkutan Sedimen Dasar menggunakan metode Mayer Peter.	47
Gambar 17. Grafik hubungan Debit dengan Angkutan Sedimen Dasar menggunakan metode Duboys.....	48
Gambar 18. Grafik hubungan Debit dengan Angkutan Sedimen Dasar (qb) menggunakan metode Mayer Peter.	49
Gambar 19. Grafik hubungan kemiringan saluran dengan Angkutan Sedimen Dasar menggunakan metode Duboys.	50
Gambar 20. Grafik hubungan kemiringan saluran dengan Angkutan Sedimen Dasar menggunakan metode Mayer Peter.	50
Gambar 21. Grafik hubungan Kecepatan dengan Angkutan Sedimen Dasar menggunakan metode Duboys.....	51
Gambar 22. Grafik gabungan hubungan Kecepatan dengan Angkutan Sedimen Dasar menggunakan metode Mayer Peter.	52
Gambar 23. Grafik hubungan debit aliran dengan bilangan Froude bulan April.	54

Gambar 24. Grafik hubungan kemiringan saluran dengan bilangan Froude
bulan Mei. 55



DAFTAR TABEL

Tabel 1. Proses sedimen dasar (Mardjikoen, 1987).....	13
Tabel 2. Harga Koefisien Manning	31
Tabel 3. Data Uji Sampel Laboratorium.....	39
Tabel 4. Hail pengukuran kecepatan aliran menggunakan metode empiris.	40
Tabel 5. Analisis Data Angkutan Sedimen Musim Hujan Metode Mayer Peter.	42
Tabel 6. Analisis Data Angkutan Sedimen Musim Kemarau Metode Mayer Peter.	43
Tabel 7. Analisis Data Angkutan Sedimen Musim Hujan Metode DuBoys.	44
Tabel 8. Analisis Data Angkutan Sedimen Musim Kemarau DuBoys.....	45
Tabel 9. Analisis karakteristik aliran menggunakan bilangan Froude bulan April.....	53
Tabel 10. Analisis karakteristik aliran menggunakan bilangan Froude bulan Mei.....	53

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

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. Sifat-sifat sungai sangat dipengaruhi oleh luas dan bentuk Daerah Aliran Sungai (DAS) serta kemiringan sungai. Bentuk tebing, dasar muara dan pesisir di depan muara memberi pengaruh terhadap pembentukan sedimentasi terutama terhadap angkutan sedimen (Sudarman, 2011).

Sedimentasi merupakan proses pengendapan material yang sering terjadi di sungai dan pantai. Peristiwa erosi dan sedimentasi merupakan bagian dari keseimbangan dinamisasi sungai, namun menjadi persoalan jika erosi dan sedimentasi dapat menyebabkan dampak yang signifikan terhadap proses pengaliran di sungai. Erosi berlebihan dapat menyebabkan pendangkalan pada sungai sehingga berdampak terhadap menurunnya kapasitas sungai menjadi semakin kecil, akibatnya terjadi banjir dengan cepat melimpas kebagian kiri dan kanan sungai.

Kondisi air sungai Tallo yang sering meluap dari sungai karena debitnya bertambah dengan cepat sehingga melebihi daya tampung sungai, air hujan yang jatuh di permukaan mengikis tanah sehingga terbawa oleh aliran air ke dalam sungai. Kondisi inilah yang menghasilkan dampak dari proses sedimentasi (Zulfahmi, 2016).

Adanya sejumlah faktor penyebab banjir yakni curah hujan yang tinggi mencapai 300 milimeter berdasarkan data hujan per 20 tahun. Kapasitas Daerah Aliran Sungai (DAS) juga semakin kecil di sebabkan pertumbuhan kawasan permukiman yang tidak bisa dihindari. Juga dipengaruhi pasang surut air laut yang berdampak pada perubahan tinggi muka air menjadi masalah pada aliran air di permukaan. (Riswal, Cegah Banjir di Kota Makassar, PII Tawarkan Sejumlah Solusi, 2023)

Setiap musim penghujan tiba, Kota Makassar di hadapkan dengan masalah adanya banjir. Karena kondisi morfologi sungai Tallo yang berkelok-kelok atau (*meandering*), karena sungai tipe ini erosi secara umum lemah, sehingga mengakibatkan terjadinya pendangkalan sungai akibat sedimentasi.

Berdasarkan uraian di atas, penulis mencoba melakukan studi dalam tugas akhir ini dengan judul: ***“Studi Angkutan Sedimen Dasar Pada Sungai Tallo”***

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah di kemukakan di atas, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah :

- 1) Berapa sedimen dasar (*bed load*) menggunakan metode Duboys dan Meyer Peter ?
- 2) Bagaimana karakteristik aliran bilangan froude ?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah sebagaimana yang di uraikan diatas, maka tujuan penelitian adalah :

- 1) Menganalisis sedimen dasar (*bed load*) menggunakan metode Duboys dan Meyer Peter.
- 2) Menganalisis karakteristik aliran bilangan froude

D. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah :

- 1) Sebagai bahan pertimbangan dalam perenanaan dan evaluasi suatu system pengendalian sedimen.
- 2) Untuk mendapatkan pengetahuan tentang angkutan sedimenta dan karakteristik aliran dan berat jenis pada Sungai Tallo serta sebagai bahan informasi dan tambahan pengetahuan bagi Mahasiswa jurusan Teknik Pengairan pada khususnya serta Mahasiswa jurusan lain pada umumnya

mengenai daerah aliran sungai, perhitungan hidrologi, karakteristik aliran, volume sedimentasi dan sebagainya.

E. Batasan Masalah

Untuk menghindari pembahasan yang luas serta memudahkan dalam penyelesaian masalah sesuai rencana dengan tujuan yang ingin di capai, batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- 1) Lokasi penelitian di lakukan pada Sungai Tallo Kota Makassar.
- 2) Data sedimen yang diambil adalah sedimen sedimen dasar (*bed load*).
- 3) Data kecepatan aliran menggunakan alat *current meter*
- 4) Analisis karakteristik sedimen hanya membahas karakteristik aliran dan angkutan sedimen.
- 5) Penelitian menggunakan metode Duboys dan Meyer Peter untuk penyelesaian analisis data angkutan sedimen.

F. Sistematika Penulisan

Sistematika dalam penulisan proposal tugas akhir ini dapat di uraikan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN yang berisi latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB II KAJIAN PUSTAKA yang berisi tentang teori-teori yang berhubungan dengan permasalahan yang diperlukan dalam melakukan

penelitian ini, meliputi teori tentang Sungai, sedimen dan sedimentasi, angkutan sedimen, karakteristik aliran. Dan kami memberikan kerangka awal yang aktif mengenai konsep yang akan digunakan untuk memecahkan permasalahan yang terjadi.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN terdiri dari Waktu dan lokasi penelitian, jenis penelitian dan sumber data, alat dan bahan, prosedur penelitian, tahap pengujian laboratorium, dan bagan penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN terdiri dari data hasil, analisis hasil dan pembahasan yang menguraikan tentang hasil-hasil yang diperoleh dari proses penelitian dan pembahasannya.

BAB V KESIMPULAN DAN ASARAN merupakan penutup yang berisi tentang kesimpulan dari hasil penelitian, serta saran-saran dari penulis yang berkaitan dengan faktor pendukung dan faktor penghambat yang di alami selama penelitian berlangsung yang tentunya di harapkan agar penelitian ini berguna untuk ilmu aplikasi kerekayasaan khususnya bangunan air dan dapat di jadikan acuan untuk penelitian selanjutnya.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Sungai

Sungai adalah suatu saluran drainase yang terbentuk secara alamiah. Akan tetapi disamping fungsinya sebagai saluran drainase dan dengan adanya air yang mengalir di dalamnya, sungai menggerus tanah dasarnya secara terus-menerus sepanjang existensinya dan terbentuklah lembah-lembah sungai. Volume sedimen yang sangat besar yang dihasilkan dari keruntuhan tebing-tebing sungai di daerah pegunungan dan tertimbun di dasar sungai tersebut, terangkut ke hilir oleh aliran sungai. Hal ini diakibatkan karena pada daerah pegunungan kemiringan sungainya curam dan gaya tarik alirannya cukup besar, setelah itu gaya tariknya menjadi sangat menurun ketika mencapai dataran. Dengan demikian beban yang terdapat dalam arus sungai berangsur-angsur diendapkan (sosrodarsono,1984:4) dalam Elshinta, (2017).

Menurut Triatmodjo, (2008:103) sungai adalah saluran dimana air mengalir dengan muka air bebas. Pada semua titik disepanjang saluran, tekanan dipermukaan air adalah sama, yang biasanya adalah tekanan atmosfer. Variabel aliran sangat tidak teratur terhadap ruang dan waktu. Variabel tersebut adalah tampang lintang saluran, kekasaran, kemiringan dasar, debit aliran dan sebagainya.

Menurut Wardani, (2018) proses terjadinya sungai adalah air yang berada di permukaan daratan, baik air hujan, mata air, maupun cairan gletser, akan mengalir melalui sebuah saluran menuju tempat yang lebih rendah. Namun, secara proses alamiah aliran ini mengikis daerah-daerah yang di laluinya. Akibatnya, saluran ini semakin lama semakin lebar dan panjang, dan terbentuklah sungai. Perkembangan suatu lembah sungai menunjukkan umur dari sungai tersebut. Umur disini merupakan unsur relatif berdasarkan ketampakan bentuk lembah tersebut yang terjadi dalam beberapa tingkat (stadium).

Berdasarkan Peraturan Pemerintah RI No. 35 Tahun 1991 Tentang Sungai. Ada bermacam-macam jenis sungai yang ada di Indonesia sungai tersebut dapat dibedakan berdasarkan sebagai berikut :

1. Berdasarkan sumber air sungai dibedakan menjadi beberapa macam yaitu :
 - a) Sungai yang bersumber dari air hujan atau dari mata air. Sungai jenis ini terdapat di Indonesia. Dikarenakan Indonesia yang beriklim tropis dengan curah hujan yang tinggi dan banyak sumber air.
 - b) Sungai gletser, sungai yang sumber airnya bersumber dari lelehan gletser yang mencair dari pegunungan. Sungai jenis ini terdapat di pegunungan.

- c) Sungai campuran, sungai yang sumber airnya dari lelehan gletser, air hujan dan dari sumber mata air yang mengalir dan mejadi satu. Contoh sungai campuran yang ada di Indonesia adalah sungai Digul dan sungai Mamberamo yang berada di Irian Jaya.
2. Alur sungai dikategorikan menjadi tiga, sebagai berikut :
- a) Bagian hulu sungai memiliki ciri khas arus deras, erosi yang besar pada bagian bawah sungai. Dengan demikian hasil erosi tidak hanya sedimen pasir, kerikil, atau batu dapat terbawa ke hilir.
 - b) Bagian tengah yang merupakan bagian perpindahan dari hulu sungai ke bagian hilir, dan memiliki kemiringan dasar sungai yang relatif lebih landai sehingga kekuatan erosinya tidak terlalu besar dan arah erosinya mengarah ke bagian dasar dan samping serta terjadinya pengendapan.
 - c) Bagian hilir yang memiliki bagian kemiringan dasar sungai yang landai sehingga kecepatan alirannya lambat, sehingga arusnya tenang, daya erosi akibat aliran kecil dengan arah ke samping dan akan banyak endapan.

B. Sedimen dan Sedimentasi

1. Pengertian Sedimen dan Sedimentasi

Sedimen adalah hasil proses erosi, baik erosi permukaan, erosi parit, atau jenis erosi tanah lainnya. Sedimen umumnya mengendap di bagian

bawah kaki bukit, di daerah genangan banjir, di saluran air, sungai dan waduk. Hasil sedimen (*sediment yield*) adalah besarnya seimen yang berasal dari erosi yang terjadi di daerah tangkapan air yang diukur pada periode waktu dan tempat tertentu. Proses erosi terdiri atas tiga bagian yaitu, pengelupasan (*detachment*), pengangkutan (*transportation*), dan pengendapan (*sedimentation*) (Asdak, 2014).

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).

2. Proses Sedimen

Sedimen yang dihasilkan oleh proses erosi dan terbawa terhenti. Peristiwa pengendapan ini dikenal dengan peristiwa atau proses sedimentasi. Proses sedimentasi berjalan sangat kompleks, dimulai dari jatuhnya hujan yang menghasilkan energy kinetic yang merupakan permulaan dari proses erosi. Begitu tanah menjadi pertikel halus, lalu menggelinding bersama aliran, sebagian akan tertinggal di atas tanah sedangkan bagian lainnya masuk ke sungai terbawa aliran menjadi angkutan sedimen. sedangkan sedimentasi merupakan proses pengendapan material yang sering terjadi di

sungai dan pantai. Sedimentasi terjadi akibat adanya degradasi atau erosi terjadi di lahan daerah aliran sungai maupun erosi tebing dan dasar sungai dengan dinamisasi dan keseimbangan sistem pengaliran sungai, maka terjadi aggradasi pada titik tertentu di bagian hilir pada kondisi pengaliran mempunyai energi kinetik mendekati nol sehingga terjadilah pengendapan (aggradasi).

Proses sedimentasi dapat dibedakan menjadi dua bagian yaitu :

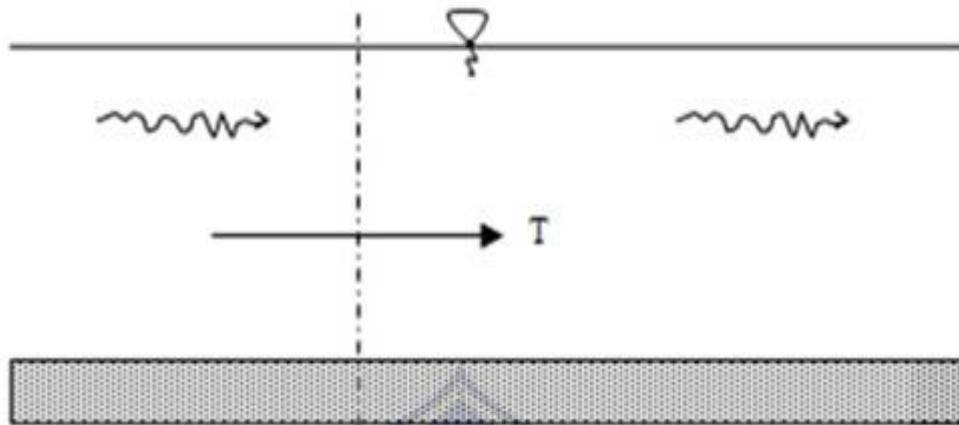
- a) Proses sedimentasi secara geologis, sedimentasi secara geologis merupakan proses erosi tanah yang berjalan secara normal, artinya proses pengendapan yang berlangsung masih dalam batas-batas yang diperkenankan atau dalam keseimbangan alam dari proses degradasi dan aggradasi pada permukaan kulit bumi akibat pelapukan.
- b) Proses sedimentasi yang dipercepat, Sedimentasi yang dipercepat merupakan proses terjadinya sedimentasi yang menyimpang dari proses secara geologi dan berlangsung dalam waktu yang cepat, bersifat merusak atau merugikan dan dapat mengganggu keseimbangan alam atau kelestarian lingkungan hidup. Kejadian tersebut biasanya disebabkan oleh kegiatan manusia dalam mengolah tanah. Cara mengolah tanah yang salah dapat menyebabkan erosi tanah dan sedimentasi yang tinggi.

3. Angkutan Sedimen

Akibat adanya aliran air, timbul gaya-gaya yang bekerja pada material sedimen. Gaya-gaya tersebut mempunyai kecenderungan untuk menggerakkan atau menyeret butiran material sedimen. Pada waktu gaya-gaya yang bekerja pada butiran sedimen mencapai suatu harga tertentu, sehingga apabila sedikit gaya ditambah akan menyebabkan butiran sedimen bergerak, maka kondisi tersebut disebut kondisi kritis. Parameter aliran pada kondisi tersebut, seperti tegangan geser (τ_0), kecepatan aliran (U) juga mencapai kondisi kritik (sumber: skripsi kajian perubahan pola gerusan pada tikungan sungai akibat penambahan debit)

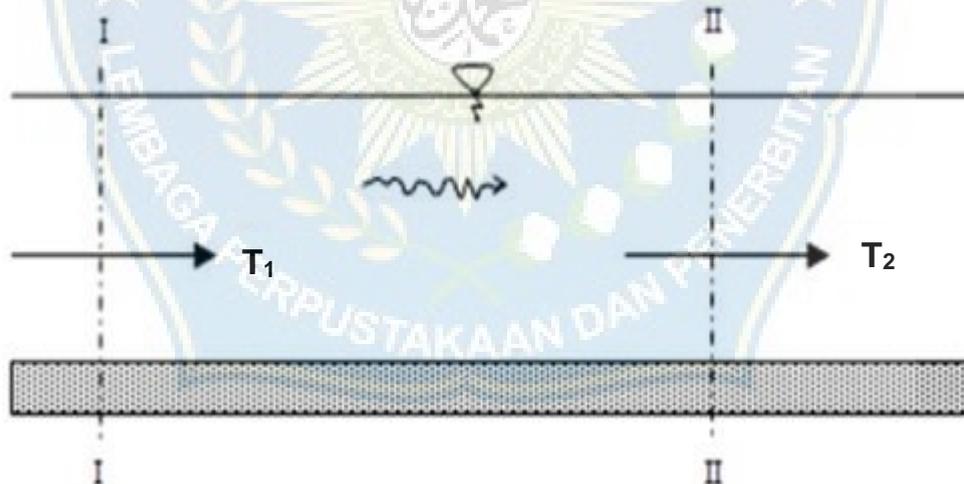
Menurut Mardjikoen (1987), angkutan sedimen merupakan perpindahan tempat bahan sedimen *granular (non kohesif)* oleh air yang sedang mengalir searah aliran. Banyaknya angkutan sedimen T dapat ditentukan dari perpindahan tempat suatu sedimen yang melalui suatu tampang lintang selama periode waktu yang cukup.

Lihat gambar 1 T dinyatakan dalam (berat, massa, volume) tiap satuan waktu.



Gambar 1. Tampang panjang saluran dengan dasar granuler. (Mardjikoen, 1987).

Laju sedimen yang terjadi biasa dalam kondisi seimbang (aquililibrium). Erosi (erosion), atau pengendapan (deposition), maka dapat ditentukan kuantitas sedimen yang terangkut dalam proses tersebut.



Gambar 2. Angkutan sedimen pada tampang panjang dengan dasar granuler. (Mardjikoen, 1987).)

Tabel 1. Proses sedimen dasar (Mardjikoen, 1987).

Perbandingan T	Proses yang terjadi	
	Sedimen	Dasar
$T_1 = T_2$	Seimbang	Stabil
$T_1 < T_2$	Erosi	Degradasi
$T_1 > T_2$	Pengendapan	Agradasi

Kondisi yang dikatakan sebagai awal gerakan butiran adalah salah satu dari peristiwa berikut :

1. Satu butiran bergerak,
2. Beberapa (sedikit) butiran bergerak,
3. Butiran bersama-sama bergerak dari dasar, dan
4. Kecenderungan pengangkutan butiran yang ada sampai habis.

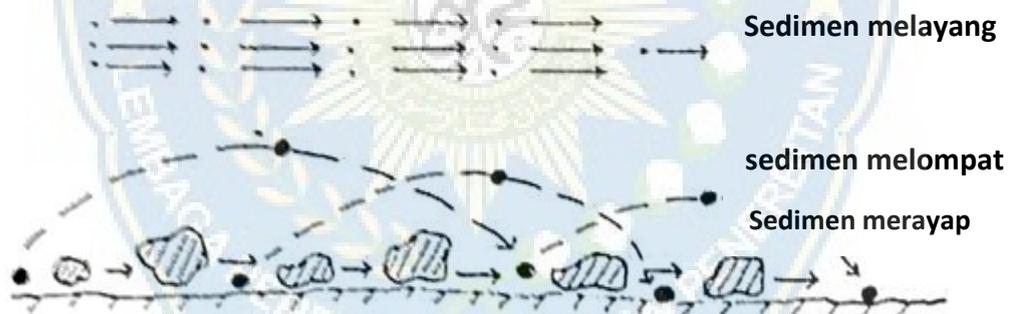
Tiga faktor yang berkaitan dengan awal gerak butiran sedimen yaitu

1. Kecepatan aliran dan diameter/ukuran butiran,
2. Gaya angkat yang lebih besar dari gerak berat butiran, dan
3. Gaya geser kritis.

Partikel-partikel kasar yang bergerak sepanjang dasar sungai secara keseluruhan di sebut dengan muatan sedimen dasar (*bed load*). Adanya muatan sedimen dasar di tunjukkan oleh gerakan partikel-partikel dasar sungai. Gerakan itu dapat bergeser, menggelinding, atau meloncat-loncat, akan tetapi tidak pernah lepas dari dasar sungai. Gerakan ini kadang-kadang dapat sampai jarak tertentu dengan di tandai bercampurnya butiran partikel

tersebut bergerak ke arah hilir.

Menurut Asdak (2014) dalam (Indra Mulia Lubis, 2022), proses transportasi sedimen adalah begitu sedimen memasuki badan sungai, maka berlangsunglah transpor sedimen. Kecepatan transpor merupakan fungsi dari kecepatan aliran sungai dan ukuran partikel sedimen. Partikel sedimen ukuran kecil seperti tanah liat dan debu dapat di angkut aliran air dalam bentuk terlarut (*wash load*). Sedangkan partikel yang lebih besar, antara lain, pasir cenderung bergerak dengan cara melompat. Partikel yang lebih besar dari pasir, misalnya kerikil (*gravel*) bergerak dengan cara merayap atau menggelinding di dasar sungai (*bed load*) seperti pada gambar berikut



Gambar 3. Transpor sedimen dalam air sungai (Asdak, 2014).

Besarnya ukuran sedimen yang terangkut aliran air di tentukan oleh interaksi faktor-faktor sebagai berikut ukuran sedimen yang masuk ke dalam sungai/saluran air, karakteristik saluran, debit, dan karakteristik fisik partikel sedimen. Besarnya sedimen yang masuk ke sungai dan besarnya debit ditentukan oleh faktor iklim, topografi, geologi, vegetasi, dan cara bercocok

tanam di daerah tangkapan air yang merupakan asal datangnya sedimen. Sedangkan karakteristik sungai yang penting, dan kemiringan sungai. Interaksi dan masing-masing faktor tersebut di atas akan menentukan jumlah dan tipe sedimen serta kecepatan transpor sedimen.

Berdasarkan pada jenis sedimen dan ukuran partikel-partikel tanah serta komposisi mineral dari bahan induk yang menyusunnya, di kenal bermacam jenis sedimen seperti pasir, tanah liat, dan sebagainya. Tergantung dari ukuran partikelnya, sedimen di tentukan terlarut dalam sungai atau di sebut muatan sedimen (*suspended sediment*) dan menyerap di dasar sungai atau di kenal sebagai sedimen dasar (*bed load*).

Menurut ukurannya, sedimen di bedakan menjadi:

1. Liat ukuran partikelnya $<0,0039$ mm
2. Debu ukuran partikelnya $0,0039 - 0,0625$ mm
3. Pasir ukuran partikelnya $0,0625 - 2,0$ mm
4. Pasir besar ukuran partikelnya $2,0 - 64,0$ mm

Proses pengangkutan sedimen (*sediment transport*) dapat diuraikan meliputi tiga proses sebagai berikut:

- a) Pukulan air hujan (*rainfall detachment*) terhadap bahan sedimen yang terdapat diatas tanah sebagai hasil dari erosi percikan (*splash erosion*)

dapat menggerakkan partikel-partikel tanah tersebut dan akan terangkut bersama-sama limpasan permukaan (*overland flow*).

b) Limpasan permukaan (*overland flow*) juga mengangkat bahan sedimen yang terdapat di permukaan tanah, selanjutnya dihanyutkan masuk kedalam alur-alur (*rills*), dan seterusnya masuk ke dalam selokan dan akhirnya ke sungai.

c) Pengendapan sedimen terjadi pada saat kecepatan aliran yang dapat mengangkat (*pick up velocity*) yang dipengaruhi oleh besarnya partikel-partikel sedimen dan kecepatan aliran.

Ada dua kelompok cara mengangkut sedimen dari batuan induknya ke tempat pengendapannya, yakni suspensi (*suspended load*) dan (*bed load transport*). Di bawah ini di terangkan secara garis besar ke duanya.

a) Suspensi

Dalam teori segala ukuran butir sedimen dapat di bawah dalam suspensi, jika arus cukup kuat. Akan tetapi di alam, kenyataannya hanya material halus saja yang dapat di angkut suspensi. Sifat sedimen hasil pengendapan suspensi ini adalah mengandung prosentase masa besar yang tinggi sehingga butiran tampak mengambang dalam masa besar dan umumnya disertai pemilahan butir yang buruk. Ciri lain dari jenis ini adalah butir sedimen yang diangkut tidak pernah menyentuh dasar aliran.

b) Bed load transport

Berdasarkan tipe gerakan pembawanya, sedimen dapat di bagi menjadi tiga:

1. Endapan arus traksi
2. Endapan arus pekat (density current) dan
3. Endapan suspensi

Secara skematis angkutan sedimen dapat di gambarkan sebagai berikut :



Gambar 4. Bagan mekanisme dan asal bahan sedimen (Mardjikoen, 1987).

Berdasarkan pada jenis sedimen dan ukuran partikel-partikel tanah serta komposisi mineral dan bahan induk yang menyusunnya di kenal dengan berbagai macam sedimen:

a) Sedimen dasar (*bed load*)

Sedimen dasar (*bed load*) adalah yang bergerak pada dasar sungai dengan cara berguling, meluncur dan meloncat. Sedimen dasar keadaannya selalu

bergerak, oleh sebab itu sepanjang aliran pada dasar sungai selalu terjadi proses degradasi dan aggradasi pada dasar sungai. Pada umumnya, besarnya angkutan dasar pada sungai adalah berkisar 5- 25% dari angkutan melayang. Dalam hal ini, material kasar tinggi persentasenya menjadi angkutan dasar (Seilatuw, 2017).

1. Apabila tenaga gravitasi partikel sedimen yang lebih kecil dari pada tenaga turbulensi aliran, maka dasar sungai akan terkikis dan akan terjadi penggerusan pada dasar sungai. Suatu sedimen di katakan melayang apabila gaya angkatnya lebih besar dari pada gaya beratnya.

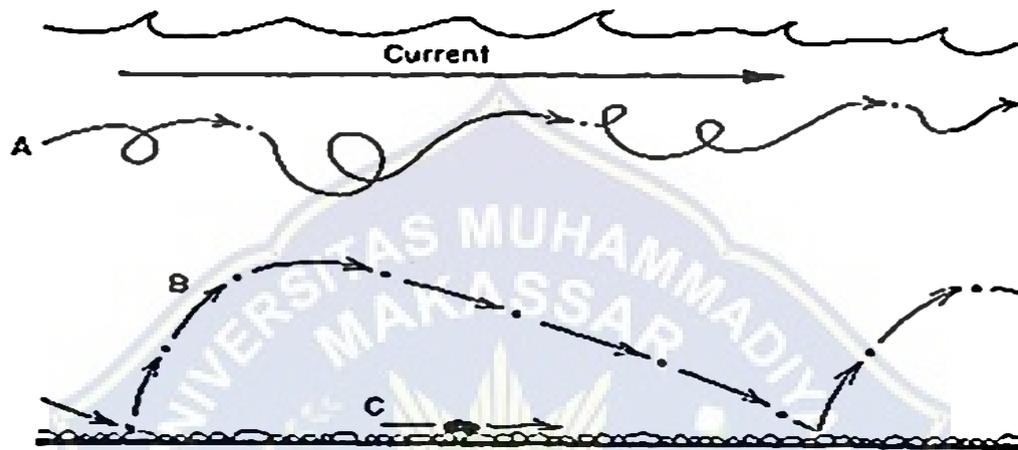
b) **Angkutan Sedimen Total (*total load*)**

Angkutan sedimen total (*total load*) ditentukan dengan menjumlahkan debit angkutan sedimen dasar dengan angkutan sedimen melayang.

C. Mekanisme Pergerakan Sedimen

Mekanisme pergerakan sedimen secara umum dibagi menjadi tiga macam, yaitu traksi (bergulung atau bergeser), saltasi (melompat), dan suspensi (melayang). Partikel akan bergulung atau bergeser jika kecepatan kritis. Apabila kecepatan geser terus meningkat maka partikel akan terus bergerak sepanjang dasar dengan cara melompat dan biasanya di sebut saltasi.

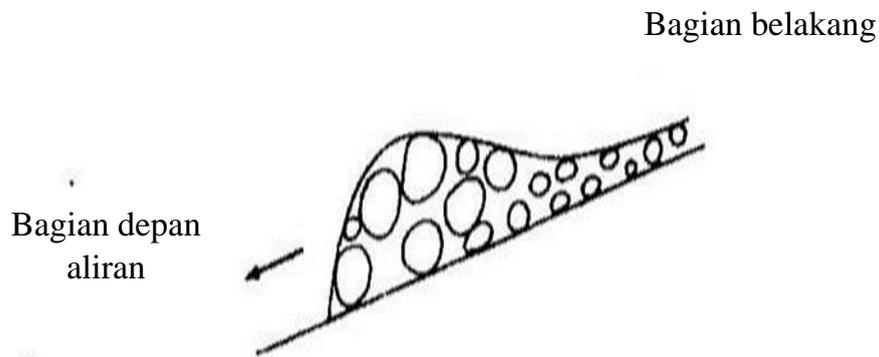
Sedimen akan bergerak melayang-melayang apabila kecepatan geser dasar partikel hingga gaya turbulen sebanding dengan atau lebih dari berat basah partikel (Misliniyati, 2011).



Gambar 5. Mekanisme gerakan sedimen A adalah pergerakan sedimen dalam larutan (suspension), B adalah pergerakan sedimen dengan cara menggelinding (rolling), C adalah pergerakan sedimen dengan cara menggeser (bouncing).

https://jurnal-geologi.blogspot.com/2010/02/transportasi-sedimen_23.html

Gerakan massa sedimen adalah gerakan air bercampur massa sedimen dengan konsentrasi yang sangat tinggi, di 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° .



Gambar 6. Bentuk banjir lahar yang mengandung batu-batu (Sumber : Perbaikan dan Pengaturan Sungai, Suyono Sudarsono dan Masateru Tominaga, 2008).

Bahan utama sedimen luruh biasanya terdiri dari pasir atau lumpur yang bercampur kerikil dan batu-batu dari berbagai proporsi dan ukuran. Ukuran batu-batu yang terdapat pada sedimen luruh sangat bervariasi mulai dari beberapa cm sampai m. 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 hasil letusan gunung berapi disebut banjir lahar dingin atau hanya dengan sebutan banjir lahar. Kalau suplai sedimen besar dari kemampuan transport maka akan terjadi aggradasi. Sedangkan kalau suplai sedimen, lebih kecil dari kemampuan transport maka akan terjadi degradasi. Kemampuan transport 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 dalam suatu sungai akan terjadi apa bila terjadi suplai sedimen (diminan dari DAS) sama dengan kapasitas transport sedimen sistem sungai.



Gambar 7. Progres gerakan sedimen dan perpindahan daerah pengendapan karena terjadinya perubahan muka air. (Sumber : Perbaikan dan pengaturan sungai, Suyono Sudarsono dan Masateru Tominaga, 2008).

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

1. Wash Load Transport

Wash Load Transport atau angkutan sedimen cuci, yaitu bahan *wash load* berasal dari pelapukan lapisan pelapukan lapisan permukaan tanah yang menjadi lepas beberapa debu-debu halus selama musim kering 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, sehingga jumlah sedimen pada awal musim a hujan lebih banyak dibandingkan dengan keadaan lain.

2. Angkutan Sedimen Melayang (Suspended Load Transport)

Suspended Load Transport atau angkutan sedimen layang. Yaitu butir-butir tanah bergerak melayang dalam air. Gerakan butir-butir tanah ini terus menerus dikompresir oleh gerak turbulensi aliran sehingga butir-butir tanah bergerak melayang diatas 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. Angkutan Sedimen Dasar (Bed Load Transport)

Material sedimen dasar bergerak karena adanya kecepatan dan aliran dengan cara menggelinding, meluncur dan meloncat di sepanjang dasar saluran disebut muatan dasar (*bed load*) . muatan tersebut berhubungan dengan keadaan aliran di dasar sungai yang berupa tegangan dasar (*bed shear stress*). Terjadinya angkutan dasar disebabkan oleh pergerakan sedimen dan pengaliran di dasar sungai yang dipengaruhi oleh tegangan dasar yang terdiri dari kekasaran dan formasi dasar.

Secara umum, rumus yang dikembangkan selalu didasarkan pada suatu besaran yang menentukan keadaan kritis pada saat sebelum terjadi pengangkutan sedimen, yang merupakan fungsi dari pengaliran dan sifat

butiran. Sifat butiran ini sangat bervariasi mulai dari ukuran, bentuk, rapat massa, maupun sifat kolesinya. Dengan demikian rumus angkutan sedimen yang dikembangkan oleh para ahli hidrolika aliran juga menggunakan parameter besaran seperti : hubungan $\tau_0 - \tau_c$ (tegangan kritis), $Q_0 - Q_c$ (debit kritis), dan U_0 dan U_c (kecepatan kritis).

Dalam menghitung angkutan sedimen dasar dapat digunakan beberapa persamaan diantaranya adalah Meyer-Peter-Muller (MPM), Schoklitsch, Kalinske, Rottner, Einstein, Shield, dan Duboys. Akan tetapi dalam penelitian ini kami hanya akan menggunakan 2 persamaan, yakni Meyer-Peter dan DuBoys.

1) Metode DuBoys

Pada tahun 1879 Duboys memberikan hipotesa bahwa dasar dari suatu aliran air dapat dianggap sebagai suatu rangkaian lapisan-lapisan yang saling menutupi dengan kecepatan yang berbeda secara linear dari nol dibawah permukaan, sampai dengan nilai maksimum pada pertemuan antara fluida dan dasar yang padat.

Untuk penggunaan persamaan metode duboys ini berdasarkan dari parameter ukuran partikel rata-rata sedimen dan tegangan gesek kritis. Ukuran partikel ini berkisar 0,1 mm sampai 0,4 mm (Soemarto,1999).

$$q_b = \psi h \frac{\tau_0}{\gamma_w} \cdot \left(\frac{\tau_0 - \tau_w}{\gamma_w} \right) \quad (1)$$

Nilai tegangan geser dapat dicari dengan persamaan :

$$\tau_0 = \gamma_w \cdot h \cdot S \quad (2)$$

Awal gerak butiran sedimen dipengaruhi oleh besarnya nilai tegangan geser aliran (τ_0) yang terjadi pada ruas penampang aliran dan tegangan geser kritis (τ_c). partikel sedimen akan bergerak apabila :

- 1) $\tau_0 < \tau_c$, maka butiran sedimen dalam kondisi tak bergerak atau diam
- 2) $\tau_0 = \tau_c$, maka butiran mulai bergerak
- 3) $\tau_0 > \tau_c$, maka butiran sedimen bergerak

Nilai tegangan geser kritis dinyatakan dalam persamaan :

$$\tau_c = \frac{\tau_0}{(\gamma_s - \gamma_w) h_s} \quad (3)$$

Nilai parameter dari fungsi ukuran partikel dapat dicari menggunakan persamaan :

$$\Psi_h = \left(\frac{\gamma_s \cdot d_{50} \cdot V}{2 \cdot \tau_c} \right) \quad (4)$$

Dimana :

τ_0 = tegangan geser (kg/m^2)

τ_c = tegangan geser kritis di dasar (kg/m^2)

q_b = sedimen dasar ($\text{m}^3/\text{detik/m}$)

d = diameter partikel d_{50} (mm)

h = kedalaman air (m)

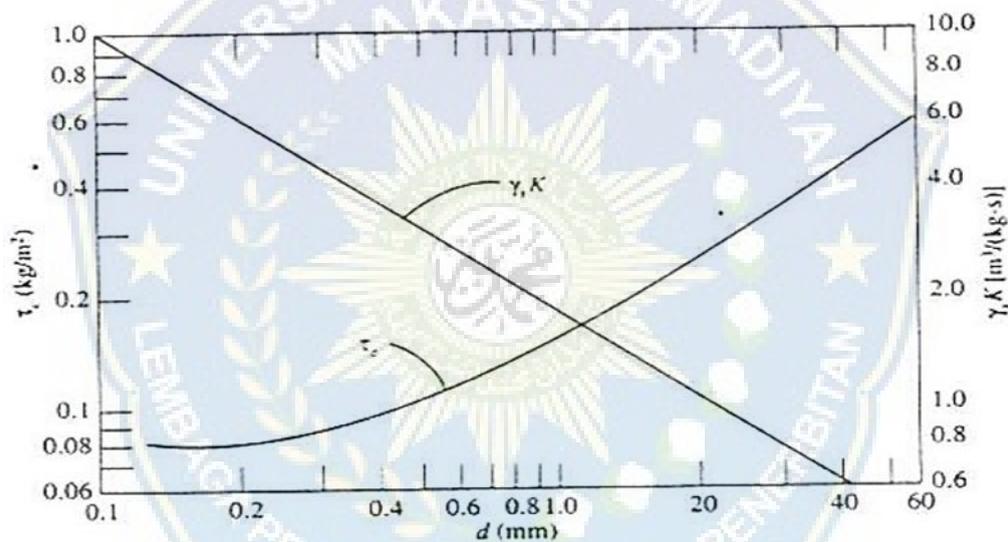
S = kemiringan saluran (%)

Ψ_h = fungsi dari ukuran partikel

γ_w = berat jenis air (kg/m^3)

γ_s = berat jenis sedimen (kg/m^3)

Kekuatan traksi kritis di dasar (τ_c) dapat dihitung dengan diagram yang diberikan oleh Shield.



Gambar 8. Parameter sedimen dan gaya geser kritis untuk persamaan bed load menurut DuBoys (Satuan meter).

2) Metode Meyer-Peter

Persamaan Meyer-Peter untuk sedimen dasar dapat diuraikan sebagai berikut :

$$\frac{\gamma R(n'/n)^{3/2} S}{(\gamma_w - \gamma) D_{50}} = 0.047 + 0.25 \left(\frac{\gamma}{g}\right)^{1/3} x \left(\frac{\gamma_w - \lambda}{\lambda_w}\right)^{2/3} x q_b^{2/3} x \frac{1}{(\gamma_w - \gamma)} D_{50} \quad (5)$$

Langkah-langkah dalam menghitung menggunakan metode Mayer Peter sebagai berikut :

1). Koefisien kekasaran manning

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2} \quad (6)$$

2). Nilai n' ^{1/6}

$$n' = \frac{d_{90}^{1/6}}{26} \quad (7)$$

3). Nilai jari-jari hidrolis yang menampung muatan sedimen dasar

$$R' = R \left(\frac{n'}{n} \right)^{3/2} \quad (8)$$

4). Intensitas pengaliran

$$\Psi = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{\gamma_w} \cdot \frac{d_{35}}{R \left(\frac{n'}{n} \right)^{3/2} I} \quad (9)$$

5). Intensitas angkutan sedimen

$$\phi = \left(\left(\frac{\Psi}{\phi} \right) - 0,188 \right)^{1,5} \quad (10)$$

Debit muatan sedimen dasar per unit lebar adalah :

$$\phi = \frac{q_b}{\gamma_s} \left(\frac{\gamma}{\gamma_s - \gamma} \times \frac{1}{q \times D_{50}^3} \right)^{1/2} \quad (11)$$

Debit sedimen dasar untuk seluru lebar dasar sungai adalah :

$$Q_b = q_b \times B \quad (12)$$

Keterangan :

Q_b = debit muatan sedim dasar (kg/dt)

q = debit aliran (m^3/dt)

q_b = debit muatan sedimen dasar (kg/dt/m),

γ_w = berat jenis dan kerapatan air (kg/m^3)

γ = berat jenis dan kerapatan partikel (kg/m^3)

D_{50} = ukuran median diameter butir (mm)

S = kemiringan sungai (m/m)

g = percepatan gravitasi ($9,81 m/dt^2$)

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

n' = koefisien kekasarana manning dasar rata

n = koefisien kekasarana actual

q_b = debit muatan sedimen dasar (kg/dt)

b = lebar dasar sungai (m)

B = lebar dasar aliran (m)

D. Karakteristik Aliran

Karakteristik aliran merupakan perilaku suatu fluida yang mengalir pada suatu penampang saluran. Dalam suatu saluran aliran air dapat dibagi menjadi dua berdasarkan tekanan muka air yaitu aliran saluran terbuka (*open channel flow*) dan aliran pipa (*pipe flow*). Perbedaan mendasar diantara kedua jenis aliran tersebut adalah saluran terbuka harus memiliki permukaan bebas (*free surface*) yang dipengaruhi oleh tekanan udara atau disebut juga tekanan

atmosfer kecuali oleh tekanan hidrolik, sedangkan aliran pipa tidak demikian dikarenakan air harus mengisi saluran (Chow, 1985).

a) Bilangan Froude (Fr)

Bilangan Froude adalah angka nondimensional hubungan inerti dan gaya gravitasi pada aliran air. Froude seorang ilmuwan Inggris mengamati bahwa hambatan sebuah perahu Ketika ditarik dalam air, jumlah gelombang yang terjadi akan sama jika perbandingan kecepatan perahu terhadap akar Panjang gelombangnya sama. Dalam hidrolika Panjang gelombang adalah sama dengan kedalaman hidrolik.

$$Fr = \frac{u}{\sqrt{g \cdot h}} \quad (13)$$

Dengan :

u= Kecepatan aliran (m/det)

g= Gravitasi (m/det²)

h= Kedalaman aliran (m)

Jika $Fr < 1$ gaya gravitasi lebih dominan dan alirannya adalah subkritik.

Jika $Fr > 1$ gaya inerti lebih dominan dan alirannya adalah superkritik.

Angka Froude digunakan untuk menentukan jenis aliran. Untuk aliran subkritik kondisi pembatas (boundary condition) ada di hilir sementara untuk

superkritik kondisi pembatasnya ada di hulu dan pada saat $Fr = 1$ jenis alirannya adalah kritik.

b) Bilangan Reynolds (Re)

Bilangan Reynolds adalah angka nondimensional hubungan antara gaya inersia dan gaya kekentalan digunakan untuk menentukan suatu aliran laminar atau turbulen. Osborne Reynold seorang ilmuwan Inggris abad 17 mengamati hambatan sebuah percobaan terowong angin.

Inersia adalah hasil perkalian antara kecepatan dan radius hidrolik dibagi dengan kekentalan kinematic. Jika $Re > 12500$ aliran turbulen, $Re < 500$ aliran laminar dan Re terletak diantara $500 - 12500$ disebut aliran transisi.

Angka Reynold digunakan dalam analisis angkutan sedimen. Dalam hal ini kecepatan menjadi kecepatan gesek (*shear velocity*) dan radius hidrolik menjadi diameter butiran dasar pembentuk alur.

$$Re = \frac{\gamma_w \cdot u \cdot L}{\mu} \quad (14)$$

Dimana :

γ_w = Berat jenis air (kg/m^3)

u = Kecepatan aliran (m/det)

μ = Viskositas kinematic (m^2/det)

L = Panjang karakteristik aliran (m), pada muka air bebas $L=R$

R = Jari-jari hidrolis (m)

c) Rumus Manning

Seorang ahli dari Islandia, Robert Manning mengusulkan rumus berikut ini.

$$C = \frac{1}{n} R^{1/6} \quad (15)$$

Dengan koefisien tersebut maka rumus kecepatan aliran menjadi.

$$C = \frac{1}{n} R^{1/6} I^{1/2} \quad (16)$$

Koefisien n merupakan fungsi dari bahan dinding saluran yang mempunyai nilai sama dengan n untuk rumus Gangullet dan Kutter.

d) Rumus Strickler

Strickler merupakan hubungan nilai koefisien n dari rumus Manning dan Gangullet dan Kutter, sebagai dari dimensi material yang membentuk dinding saluran. Untuk dinding (dasar dan tebing) dari material yang tidak koheren, koefisien Strickler k, diberikan oleh rumus berikut :

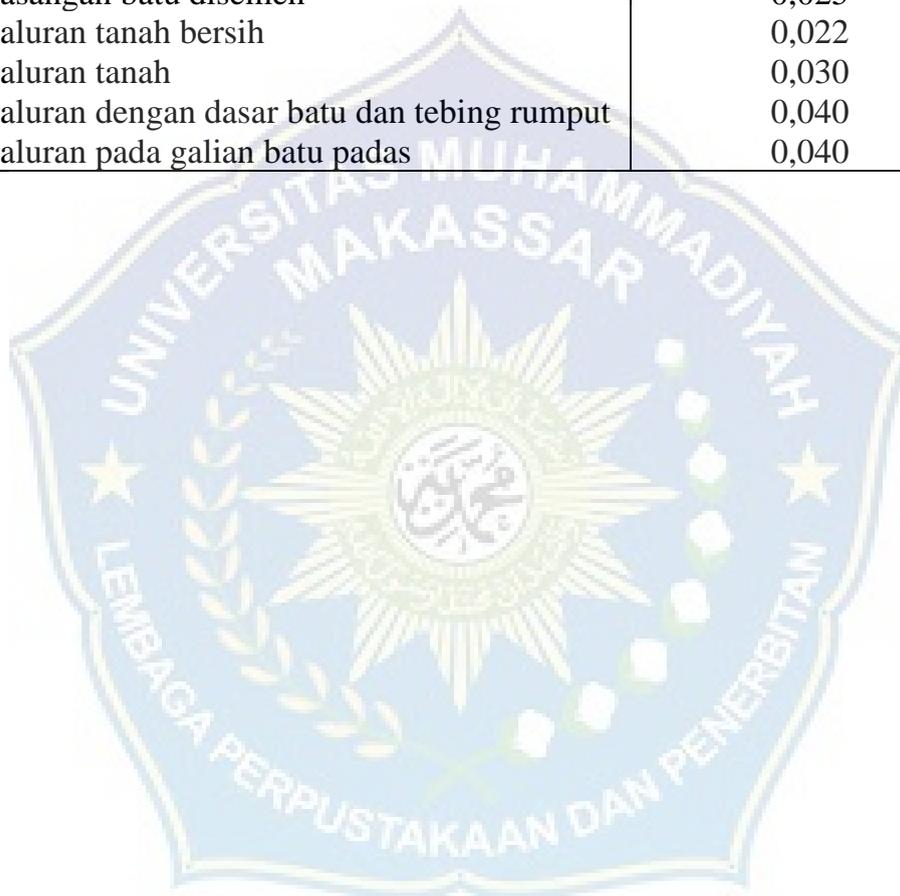
$$k_s = \frac{1}{n} = 26 \left(\frac{R}{d_{35}} \right)^{1/6} \quad (17)$$

Dengan R adalah jari-jari hidrolis, dan d_{35} adalah diameter (dalam meter) yang berhubungan dengan 35% berat dari material dengan diameter yang lebih besar. Dengan menggunakan koefisien tersebut maka rumus kecepatan aliran menjadi :

$$V = k_3 R^{2/3} I^{1/2} \quad (18)$$

Tabel 2. Harga Koefisien Manning

Bahan	Koefisien Manning n
Besi tuang lapis	0,014
kaca	0,010
Saluran Beton	0,013
Bata dilapis Mortar	0,015
Pasangan batu disemen	0,025
Saluran tanah bersih	0,022
Saluran tanah	0,030
Saluran dengan dasar batu dan tebing rumput	0,040
Saluran pada galian batu padas	0,040



BAB III

METODE PENELITIAN

A. Lokasi dan Penelitian

Penelitian ini berlokasi pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Tallo yaitu salah satu sungai yang berada di kota Makassar, dan bertepatan di Kecamatan Tamalanrea.

Secara geografis DAS Tallo mempunyai titik koordinat: 50 6' – 50 16' Lintang Selatan dan 1190 3' – 1190 46' Bujur Timur, dan di lakukan peneliatian di Daerah Aliran Sungai Tallo tepatnya di Kecematan Tamalanrea kota Makassar. Bentuk sungai Tallo memanjang menyerupai daun dengan pola aliran dendritic.



Gambar 9. Lokasi Penelitian (Sumber : Google Earth Pro) Jenis Penelitian dan Sumber Data.

Penelitian ini menggunakan 2 (dua) sumber data antara lain sebagai berikut:

1. Data Primer

Adapun data yang diambil antara lain :

- a) Pengukuran penampang sungai pada Sungai Tallo.
- b) Pengambilan sampel sedimen, dimana sampel sedimen adalah sedimen dasar.
- c) Pengambilan data kecepatan aliran
- d) Pengukuran kedalaman aliran

2. Data sekunder

Adapun data yang diantara lain :

- a) Peta topografi
- b) Data laboratorium

B. Alat Penelitian

Secara umum, ada beberapa alat dan bahan yang digunakan sebagai penunjang penelitian ini terdiri dari:

1. Alat yang digunakan saat pengambilan sampel yaitu :

- a) Current Meter
- b) Ember,
- c) Kantong plastik untuk sampel,

- d) Van veen grab
 - e) Tali,
 - f) Meteran,
 - g) Sieve shaker,
 - h) Satu set saringan,
 - i) Timbangan,
 - j) Peralatan tulis untuk mencatat data pengukuran dan data pengujian.
2. Bahan yang diperlukan saat pengujian laboratorium :
- a) Material sedimen dasar (*bed load*)
 - b) Air suling yang digunakan dalam pengujian berat jenis

C. Prosedur Penelitian

Adapun prosedur penelitian dilakukan antara lain :

Pengambilan sampel dilapangan, pada bagian tengah dengan tiga titik tepatnya di Sungai Tallo Makassar.

- 1) Setelah itu sampel tanah yang telah diambil diangin-anginkan, untuk percobaan analisa saringan maupun berat jenis.
- 2) Analisa saringan dimaksudkan untuk menentukan jenis material sedimen berdasarkan butiran.
- 3) Dari pengujian ini didapatkan jumlah dan distribusi ukuran sedimen dengan menggunakan saringan yang sesuai standar ASTM 422.

- 4) Pengujian berat jenis sedimen dilakukan berdasarkan SNI 1964 : 2008. Standar ini menetapkan prosedur uji untuk menentukan berat menentukan berat jenis tanah lolos saringan yang diameter 0,425 mm (NO.40).
- 5) Setelah mendapatkan sampel yang lolos saringan NO.40, sampel yang telah dilarutkan tersebut dimasukkan kedalam wadah (pan), setelah itu di oven selama 24 jam.
- 6) Setelah sampel di oven setelah 24 jam, sampel siap untuk diambil datanya. Selanjutnya, untuk penentuan berat jenis.
- 7) Pada data yang telah diperoleh dari laboratorium, maka perhitungan sedimen dasar sudah dapat di olah.



Gambar 10. Van Veen (Alat untuk pengambilan sampel sedimen dasar pada sungai yang dalam).

D. Analisa Data

Dari data yang diolah sebagai bahan analisa pada hasil studi ini, sesuai dengan tujuan penelitian. Data yang diolah ialah data yang relevan

yang dapat mendukung dalam menganalisa hasil penelitian.

Analisa data yang menyangkut hubungan variabel-variabel pada penelitian dilakukan dengan tahap berikut :

- 1) Perhitungan sedimen dasar dengan menggunakan persamaan empiris yaitu :

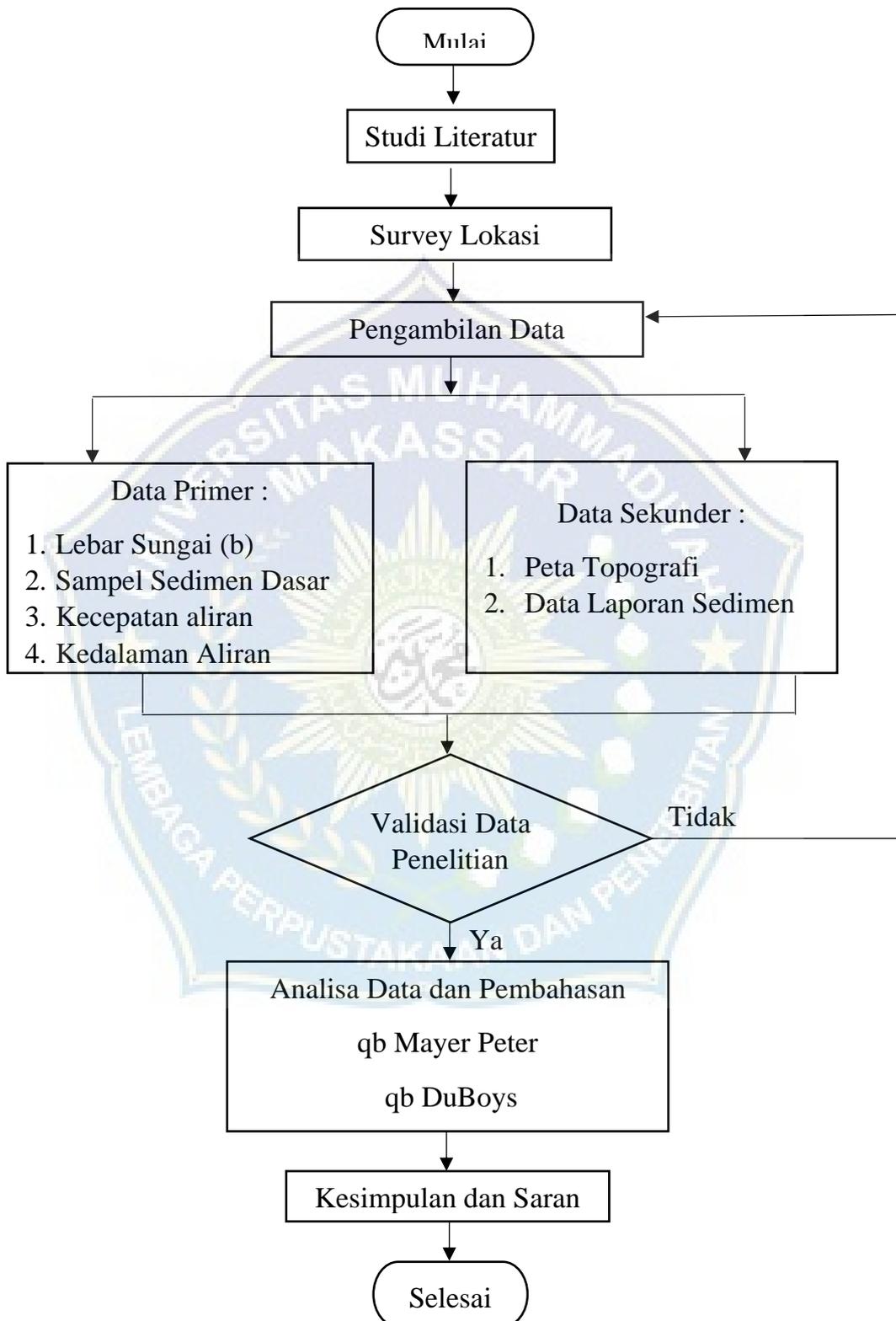
- a) Pendekatan DuBoys : $q_b = \psi h \frac{\tau_0}{\gamma_w} \cdot \left(\frac{\tau_0 - \tau_w}{\gamma_w} \right)$

- b) Pendekatan Meyer-Peter : $\phi = \frac{q_b}{\gamma_s} \left(\frac{\gamma}{\gamma_s - \gamma_w} \times \frac{1}{q_x D^{5/3}} \right)^{1/2}$

- 2) Perhitungan karakteristik aliran menggunakan persamaan :

- a) $Fr = \frac{u}{\sqrt{g \cdot h}}$

E. Bagan Alur Penelitian



Gambar 11. Bagan alir penelitian.

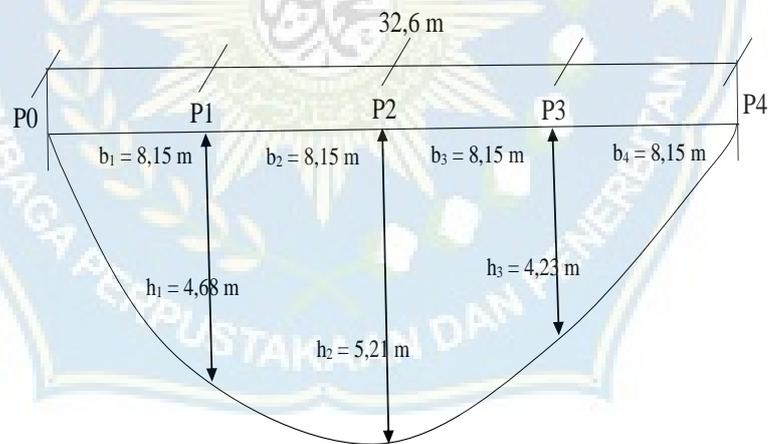
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Deskripsi Data

1. Data Sedimen Dasar

Data sedimen dasar pada penelitian ini diperoleh dari data primer, dimana data diambil langsung dari lapangan dan yang diambil adalah kecepatan aliran sungai dan sampel sedimen dasar, dari sampel yang sudah diambil, diuji di laboratorium. Adapun hasil uji laboratorium :



Gambar 12. Sketsa pengukuran penampang sungai.

2. Analisis Data Uji Laboratorium

Tabel 3. Data Uji Sampel Laboratorium.

Tanggal	Diameter Butiran Sedimen					
	d ₁₀ mm	d ₃₀ mm	d ₃₅ mm	d ₅₀ mm	d ₆₀ mm	d ₉₀ mm
Musim Hujan	0,148	0,187	0,198	0,225	0,245	1,588
02-Apr-23						
Musim Kemarau	0,178	0,297	0,449	0,573	0,667	1,139
18-Mei-23						
Rata-Rata	0,163	0,242	0,3235	0,399	0,456	1,3635
Keterangan	Fine Sand (Halus)	Fine Sand (Halus)	Medium Sand (Sedang)	Medium Sand (Sedang)	Medium Sand (Sedang)	Very Coarse Sand (Kasar)

3. Validasi Kecepatan

Hasil validasi kecepatan menggunakan persamaan empiris Manning, dan Strickler dapat dilihat pada Tabel 4 sebagai berikut :

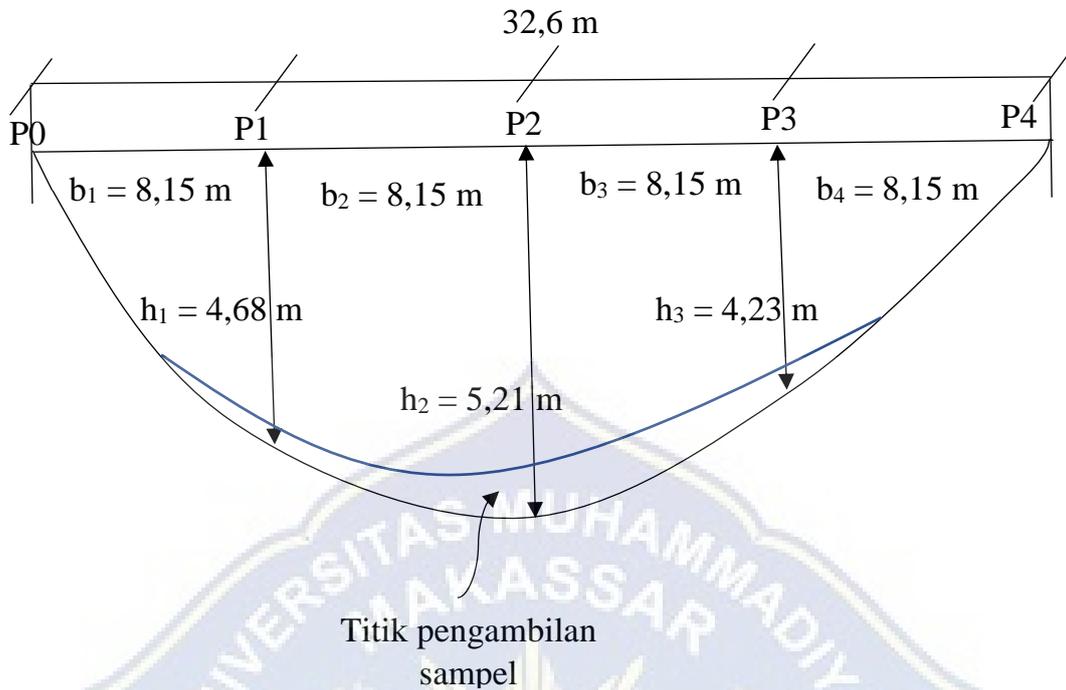
Tabel 4. Hasil pengukuran kecepatan aliran menggunakan metode empiris.

No. Patok	Jarak (b)		Kedalaman (h) (m)		Kec. rata-rata (v)		Manning (u)		Manning Strickler	
	Musim Hujan	Musim Kemarau	Musim Hujan	Musim Kemarau	Musim Hujan	Musim Kemarau	Musim Hujan	Musim Kemarau	Musim Hujan	Musim Kemarau
	(m)		(m)		(m/dt)		(m/dt)		(m/dt)	
P0			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	8.15	7.45								
P1			2.68	1.47	0.35	0.27	0.0654	0.0574	0.7298	0.5804
	8.15	7.45								
P2			4.21	2.51	0.33	0.25	0.1892	0.3683	0.9707	0.8258
	8.15	7.45								
P3			3.23	1.87	0.37	0.30	0.0663	0.0497	0.7989	0.7111
	8.15	7.45								
P4			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Rata-Rata	8.15	7.45	4.71	3.61	0.25	0.16	0.1070	0.1585	0.8331	0.7058

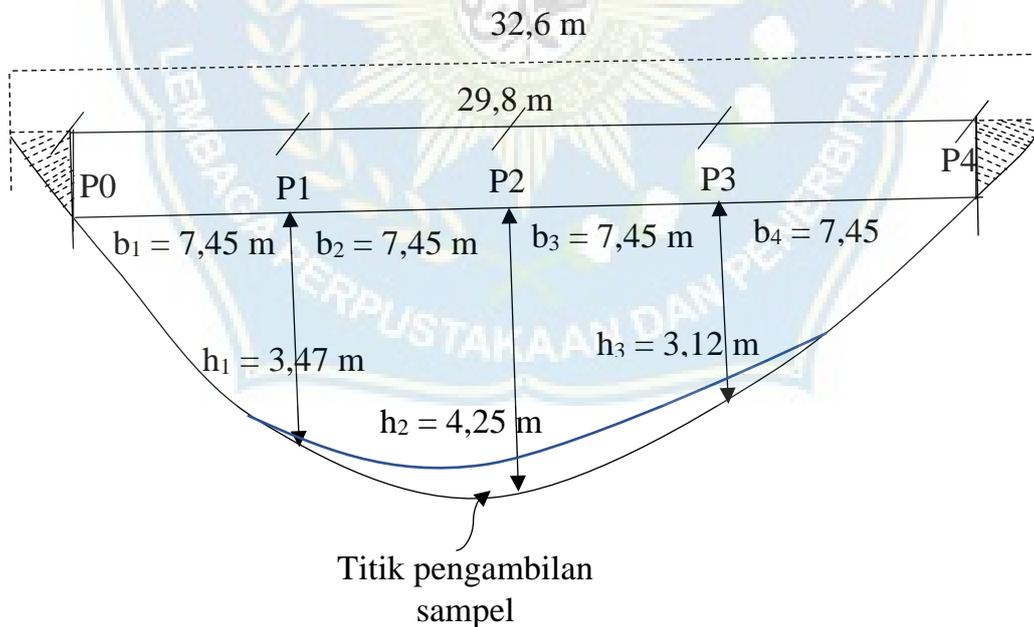
Validasi kecepatan digunakan rumus hambatan dengan metode empiris yang terbagi atas Manning (n) yang terdapat pada tabel yang disediakan sesuai dengan bentuk salurannya.

4. Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel di sungai Tallo dengan menggunakan alat *Van Veen Grab* yang dilakukan di titik tengah sungai, dengan cara menurunkan alat pengambilan sampel atau *van veen grab* sampai ke dasar sungai menggunakan tali kemudian di tarik naik ke permukaan.



Gambar 13. Sketsa titik pengambilan sampel sedimen dasar pada musim hujan.



Gambar 14. Sketsa titik pengambilan sampel sedimen dasar pada musim kemarau.

B. Analisis Angkutan Sedimen Dasar

Hasil angkutan sedimen dasar menggunakan metode Mayer Peter di uraikan pada tabel 5 dan 6. Sedangkan analisis angkutan sedimen dasar menggunakan metode DuBoys diuraikan pada tabel 7 dan 8.

Tabel 5. Analisis Data Angkutan Sedimen Musim Hujan Metode Mayer Peter.

No. Patok	Jarak (b) (m)	Ked. air (h) (m)	Luas (A) (m ²)	Debit (Q) (m ³ /dtk)	Jari-jari Hidrolis (R) (m)	Kec.Aliran (V) (m/dtk)	Kemiringan (I) (%)	n	n'	R'	ψ	ϕ	Qb (kg/dt)	Qb (m ³ /dtk)	Qb (m ³ /hari)
P0		0.00		0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	8.15		10.921		1.27										
P1		2.68		3.822		0.350	0.000125	0.0621	0.0131	0.6744	6.5260	0.2770	0.000023	0.000041	3.5636
	8.15		28.077		3.39										
P2		4.21		10.953		0.330	0.000085	0.1085	0.0131	1.7939	7.9780	0.1754	0.000015	0.000026	2.2569
	8.15		38.305		4.67										
P3		3.23		4.870		0.370	0.000106	0.0541	0.0131	1.2760	6.3140	0.2974	0.000025	0.000044	3.8256
	8.15		13.162		1.50										
P4		0		0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rata-rata	8.15	3.37	22.616	6.548	2.71	0.350	0.000106	0.0749	0.0131	1.2481	6.9393	0.2499	0.000021	0.000037	3.2154

Tabel 6. Analisis Data Angkutan Sedimen Musim Kemarau Metode Mayer Peter.

No. Patok	Jarak (b) (m)	Ked. air (h) (m)	Luas (A) (m ²)	Debit (Q) (m ³ /dtk)	Jari-jari Hidrolis (R) (m)	Kec.Aliran (V) (m/dtk)	Kemiringan (I) (%)	n	n'	R'	ψ	φ	Qb (kg/dt)	Qb (m ³ /dtk)	Qb (m ³ /hari)
P0		0		0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	7.45		5.476		0.721										
P1		1.47		1.478		0.270	0.000206	0.0428	0.0124	0.3533	6.5260	0.2770	0.000014	0.000024	2.0667
	7.45		14.826		1.971										
P2		2.51		4.489		0.250	0.000107	0.1481	0.0124	0.8808	7.9780	0.1754	0.000010	0.000017	1.4315
	7.45		21.084		2.820										
P3		1.87		2.090		0.300	0.000169	0.0406	0.0124	0.4443	6.3140	0.2974	0.000018	0.000031	2.6729
	7.45		6.966		0.907										
P4		0		0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rata-rata	7.45	1.95	12.088	2.686	1.60	0.273	0.000161	0.0772	0.0124	0.5595	6.9393	0.2499	0.000014	0.000024	2.0570

Tabel 5 menunjukkan hasil analisis besar volume angkutan sedimen pada saat musim hujan di sungai Tallo dengan menggunakan metode Mayer Peter diperoleh nilai rata-rata sebesar 3,2154 m³/hari, Sedangkan pada tabel 6 di musim kemarau memperoleh hasil sebesar 2,0570 m³/hari.

Tabel 7. Analisis Data Angkutan Sedimen Musim Hujan Metode DuBoys.

No. Patok	Jarak (b) (m)	Ked. air (h) (m)	Luas (A) (m ²)	Debit (Q) (m ³ /dtk)	Jari-jari Hidrolis (R) (m)	Kec.Aliran (V) (m/dtk)	Kemiringan (I) (%)	Kecepatan geser (u* , m/dt)	Tegangan geser (τ _o , kg/m ²)	Garfik Shields	Tegangan geser kritik (τ _c)	ΨD	qb	qb	qb
													kg/dt	m ³ /dt	m ³ /hari
P0		0		0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	8.15		10.921		1.273										
P1		2.68		3.822		0.350	0.000125	0.040	3.2938	0.500	0.00110	0.06	0.000022	0.000039	3.3801
	8.15		28.077		3.386										
P2		4.21		10.953		0.330	0.000085	0.058	3.5105	0.870	0.00192	0.03	0.000014	0.000024	2.0800
	8.15		38.305		4.666										
P3		3.23		4.870		0.370	0.000106	0.040	3.3676	0.500	0.00110	0.07	0.000029	0.000043	3.7352
	8.15		13.162		1.501										
P4		0		0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rata-rata	8.15	3.37	22.616	6.548	2.71	0.350	0.000106	0.046	3.391	0.623	0.00138	0.05	0.0000217	0.000035	3.0651

Tabel 8. Analisis Data Angkutan Sedimen Musim Kemarau DuBoys.

No. Patok	Jarak (b) (m)	Ked. air (h) (m)	Luas (A) (m ²)	Debit (Q) (m ³ /dtk)	Jari-jari Hidrolis (R) (m)	Kec.Aliran (V) (m/dtk)	Kemiringan (I) (%)	Kecepatan geser (u*, m/dt)	Tegangan geser (τ _o , kg/m ²)	Garfik Shields	Tegangan geser kritik (τ _c)	ψD	qb	qb	qb
													kg/dt	m ³ /dt	m ³ /hari
P0		0		0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	7.45		5.476		0.721										
P1		1.47		1.478		0.270	0.000206	0.038	2.973	0.180	0.00101	0.05	0.000013	0.000022	1.9207
	7.45		14.826		1.971										
P2		2.51		4.489		0.250	0.000107	0.050	2.635	0.290	0.00163	0.04	0.000008	0.000014	1.2060
	7.45		21.084		2.820										
P3		1.87		2.090		0.300	0.000169	0.039	3.096	0.170	0.00096	0.06	0.000017	0.000029	2.4989
	7.45		6.966		0.907										
P4		0		0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rata-rata	7.45	1.95	12.088	2.686	1.60	0.273	0.000161	0.042	2.901	0.213	0.00120	0.05	0.000013	0.000022	1.8752

Tabel 7 menunjukkan hasil analisis volume angkutan sedimen pada musim hujan di sungai Tallo dengan menggunakan metode DuBoys diperoleh nilai rata-rata sebesar 3,0651 m³/hari, Sedangkan pada tabel 8 di musim kemarau memperoleh hasil sebesar 1,8752 m³/hari.

Dapat dilihat dari tabel 5 sampai 8 bahwa besar volume angkutan sedimen dasar menggunakan metode Mayer Peter lebih tinggi dibandingkan dengan metode DuBoys.



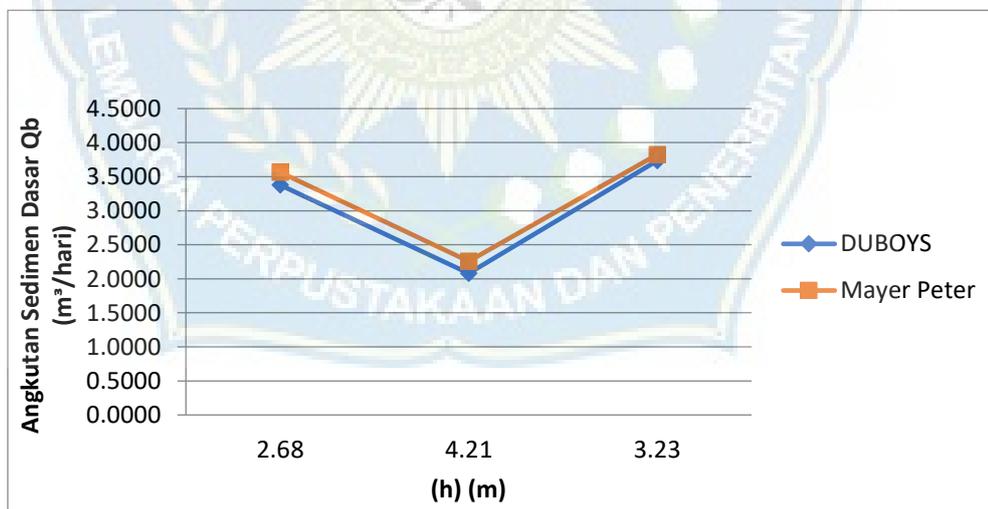
C. Hubungan Pengaruh Angkutan Sedimen (q_b)

1. Hubungan antara h terhadap q_b pada Mayer Peter dan DuBoys

Gambar 15 dan 16 dijelaskan hubungan kedalaman aliran terhadap angkutan sedimen (q_b) sebagaimana berikut :



Gambar 15. Grafik gabungan hubungan Kedalaman (h) dengan Angkutan Sedimen Dasar (q_b) menggunakan metode Duboys.



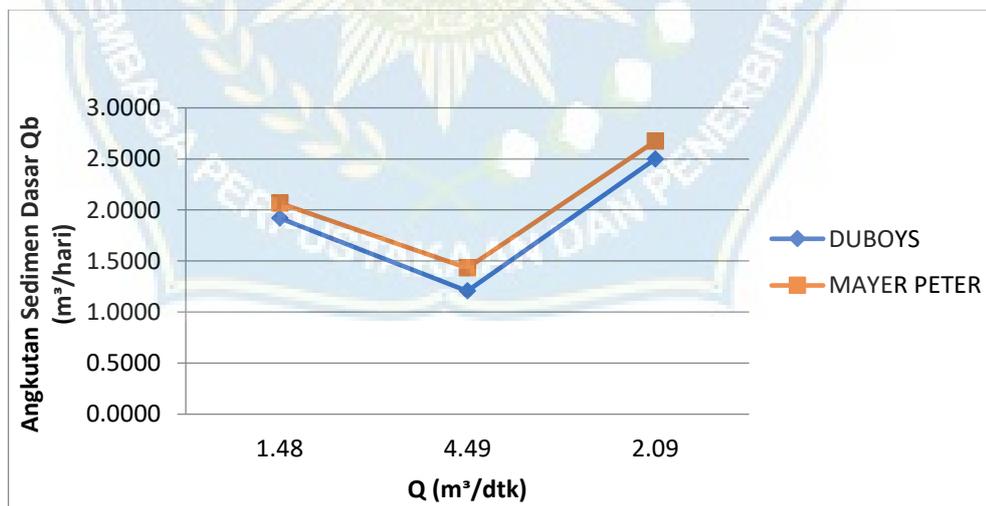
Gambar 16. Grafik hubungan Kedalaman (h) dengan Angkutan Sedimen Dasar (q_b) menggunakan metode Mayer Peter.

Berdasarkan gambar 15 dan 16 dapat disimpulkan bahwa besar laju sedimen tertinggi yang terjadi di kedalaman 2,51 m pada metode Mayer

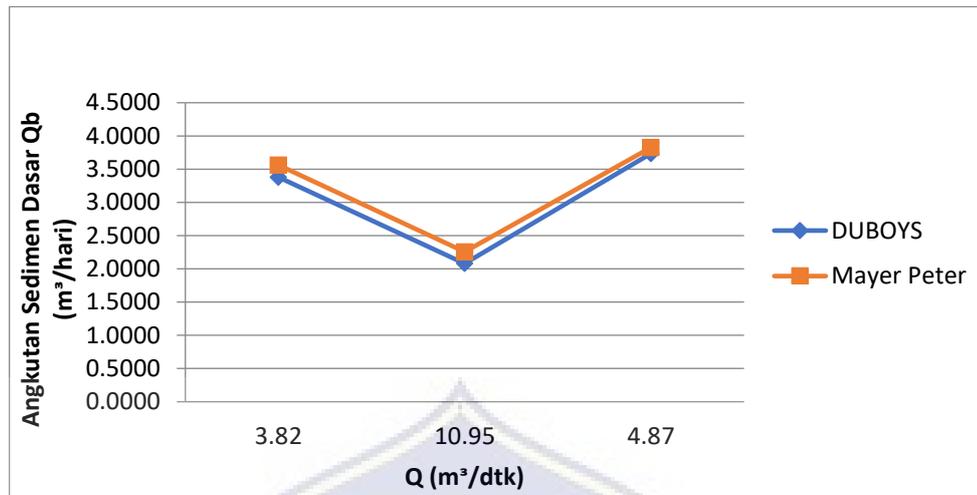
Peter. Pada gambar 15 metode Mayer Peter menghasilkan nilai q_b tertinggi sebesar $3,8256 \text{ m}^3/\text{hari}$, sedangkan pada metode Duboys menghasilkan nilai q_b sebesar $3,7352 \text{ m}^3/\text{hari}$. Kemudian pada gambar 16 dapat dilihat bahwa besar laju sedimen tertinggi yang terjadi pada metode Mayer Peter laju sedimen diperoleh sebesar $2,6729 \text{ m}^3/\text{hari}$, Sedangkan pada metode Duboys nilai q_b tertinggi diperoleh sebesar $2,4989 \text{ m}^3/\text{hari}$. Hal ini disebabkan oleh besarnya debit aliran pada kedalaman (h) membuat banyak sedimen dasar ikut terbawa aliran air.

2. Hubungan antara Q terhadap q_b pada Mayer Peter dan DuBoys

Gambar 17 dan 18 dijelaskan hubungan debit aliran terhadap angkutan sedimen (q_b) sebagaimana berikut :



Gambar 17. Grafik hubungan Debit (Q) dengan Angkutan Sedimen Dasar (q_b) menggunakan metode Duboys.

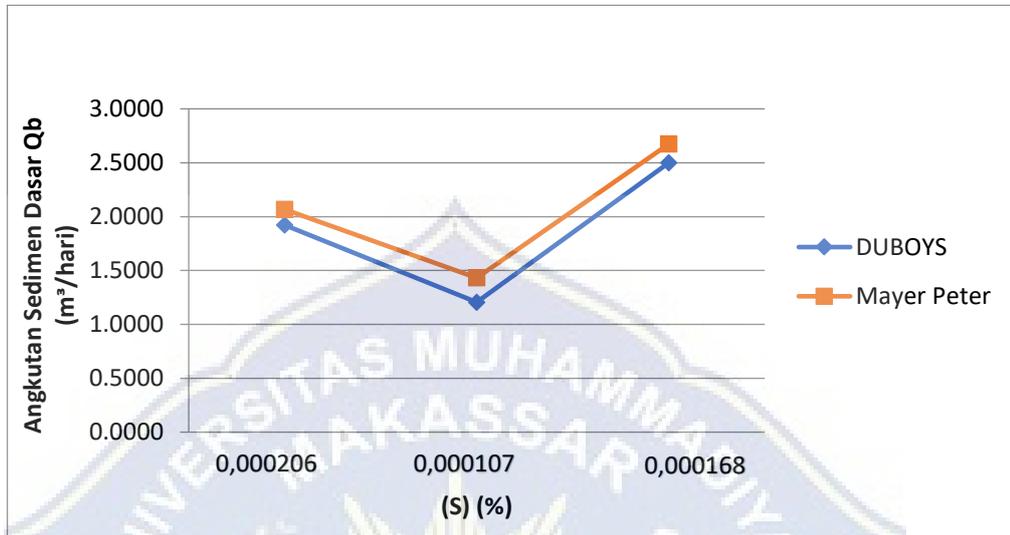


Gambar 18. Grafik hubungan Debit (Q) dengan Angkutan Sedimen Dasar (qb) menggunakan metode Mayer Peter.

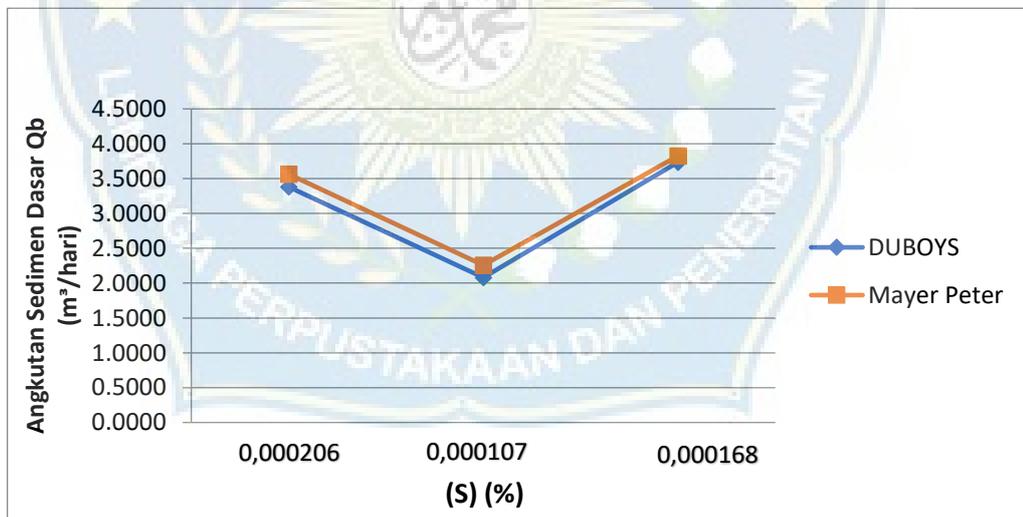
Berdasarkan gambar 18 dapat dilihat bahwa besar laju sedimen tertinggi yang terjadi pada metode Mayer Peter dengan debit aliran $10,95 \text{ m}^3/\text{dtk}$ pada metode Mayer Peter. Pada gambar 17 nilai qb tertinggi dihasilkan oleh Metode Mayer Peter sebesar $3,8256 \text{ m}^3/\text{hari}$, sedangkan pada metode Duboys menghasilkan nilai qb sebesar $3,7352 \text{ m}^3/\text{hari}$. Kemudian pada gambar 18 dapat dilihat bahwa besar laju sedimen tertinggi yang terjadi pada metode Mayer Peter dengan laju sedimen diperoleh sebesar $2,6729 \text{ m}^3/\text{hari}$, Sedangkan pada metode Duboys nilai qb tertinggi diperoleh sebesar $2,4989 \text{ m}^3/\text{hari}$. Hal ini disebabkan oleh besarnya debit aliran pada sungai sehingga membuat partikel sedimen banyak terbawa air.

3. Hubungan antara Kemirigan Saluran (S) terhadap qb pada Mayer Peter dan DuBoys

Gambar 19 dan 20 dijelaskan hubungan kemiringan saluran terhadap angkutan sedimen (q_b) sebagaimana berikut :



Gambar 19. Grafik hubungan kemiringan saluran (S) dengan Angkutan Sedimen Dasar (q_b) menggunakan metode Duboys.



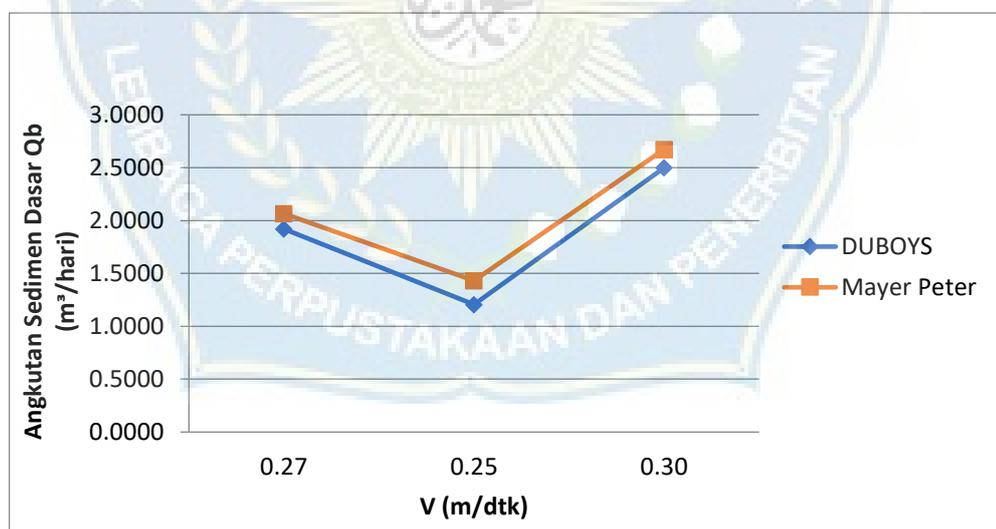
Gambar 20. Grafik hubungan kemiringan saluran (S) dengan Angkutan Sedimen Dasar (q_b) menggunakan metode Mayer Peter.

Berdasarkan gambar 19 dan dapat disimpulkan bahwa kemiringan saluran terhadap besarnya laju sedimen pada metode Mayer Peter dapat dilihat bahwa nilai q_b tertinggi diperoleh sebesar $3,8256 m^3/hari$, sedangkan

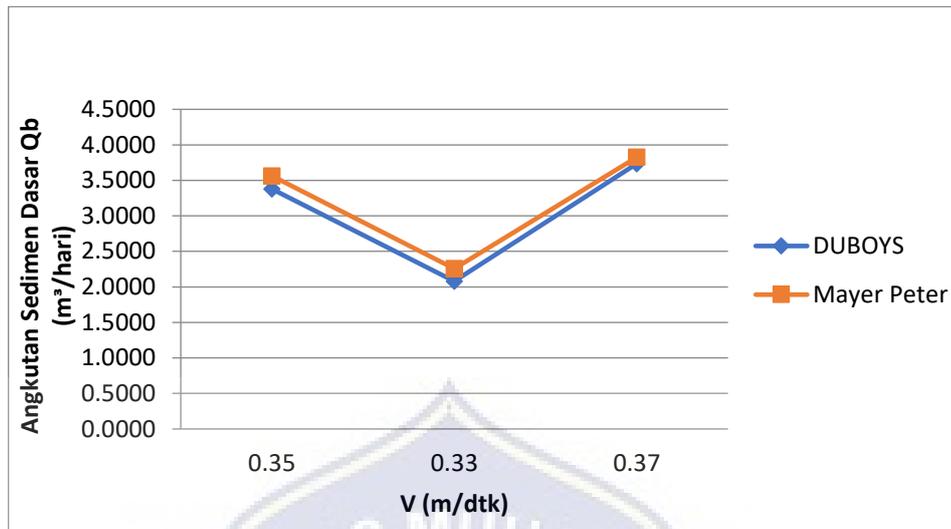
pada metode DuBoys nilai q_b paling rendah diperoleh sebesar 3,7352 $m^3/hari$. Pada gambar 20 dapat dilihat bahwa besar laju sedimen tertinggi yang terjadi pada metode Mayer Peter dapat dilihat bahwa nilai q_b paling rendah diperoleh sebesar 1,4135 $m^3/hari$, Sedangkan pada metode Duboys nilai q_b tertinggi diperoleh sebesar 2,4989 $m^3/hari$. Hal ini disebabkan oleh kemiringan saluran yang digunakan pada S membuat kecepatan aliran menjadi besar sehingga banyak sedimen yang ikut terbawa.

4. Hubungan antara V terhadap q_b pada Mayer Peter dan DuBoys

Gambar 21 dan 22 dijelaskan hubungan kecepatan aliran terhadap angkutan sedimen (q_b) sebagaimana berikut :



Gambar 21. Grafik hubungan Kecepatan (V) dengan Angkutan Sedimen Dasar (q_b) menggunakan metode Duboys.



Gambar 22. Grafik gabungan hubungan Kecepatan (V) dengan Angkutan Sedimen Dasar (qb) menggunakan metode Mayer Peter.

Berdasarkan gambar 21 dan 22 dapat disimpulkan bahwa besar laju sedimen tertinggi terjadi pada metode Mayer Peter dengan kecepatan 0,33 m/dtk maka besar laju sedimen yang diperoleh pada metode Mayer Peter dapat dilihat yaitu sebesar 2,2569 m³/hari, sedangkan pada metode Duboys nilai qb tertinggi diperoleh sebesar 3,7352 m³/hari. Kemudian pada gambar 22 dapat dilihat bahwa besar laju sedimen tertinggi yang terjadi pada metode Mayer Peter dapat dilihat bahwa nilai qb paling rendah terjadi pada kecepatan aliran 0,25 m/dtk diperoleh sebesar 1,4135 m³/hari, Sedangkan pada metode Duboys nilai qb paling rendah terjadi pada kecepatan aliran 0,25 m/dtk diperoleh sebesar 1,2060 m³/hari. Hal ini disebabkan oleh besarnya debit aliran yang digunakan pada V membuat kecepatan aliran meningkat sehingga membuat partikel sedimen dasar lebih banyak terangkut.

D. Analisis Karakteristik Aliran

Tabel 9 menguraikan analisis karakteristik aliran menggunakan bilangan Froude pada bulan April, sedangkan pada tabel 10 menguraikan analisis karakteristik aliran pada bulan Mei sebagai berikut :

Tabel 9. Analisis karakteristik aliran menggunakan bilangan Froude bulan April (Musim Hujan).

Debit (Q, m ³ /dtk)	Kemiringan Saluran (S, %)	Waktu Pengamatan	Kedalaman Aliran (h, m)	pw (kg/m ³)	Lebar Saluran (b, m)	Kecepatan Aliran (v,m/s)	Luas Penampang (A, m ²)	Keliling Basah (P, m)	Jari-Jari Hidrolis (R, m)	Bilangan Froude (Fr)	Sifat Aliran
Q1= 4,768	0.000048	April	2.680	1000	8.150	0.350	19.071	9.400	2.029	0.068	Sub Kritis
Q2= 9,977	0.000085		4.210	1000	8.150	0.330	86.757	16.380	5.297	0.051	Sub Kritis
Q3= 4,654	0.000058		3.230	1000	8.150	0.370	17.237	9.180	1.878	0.066	Sub Kritis
		Rata-rata	3.373	1000	8.150	0.350	41.022	11.653	3.068	0.062	Sub Kritis

Tabel 10. Analisis karakteristik aliran menggunakan bilangan Froude bulan Mei (Musim Kemarau).

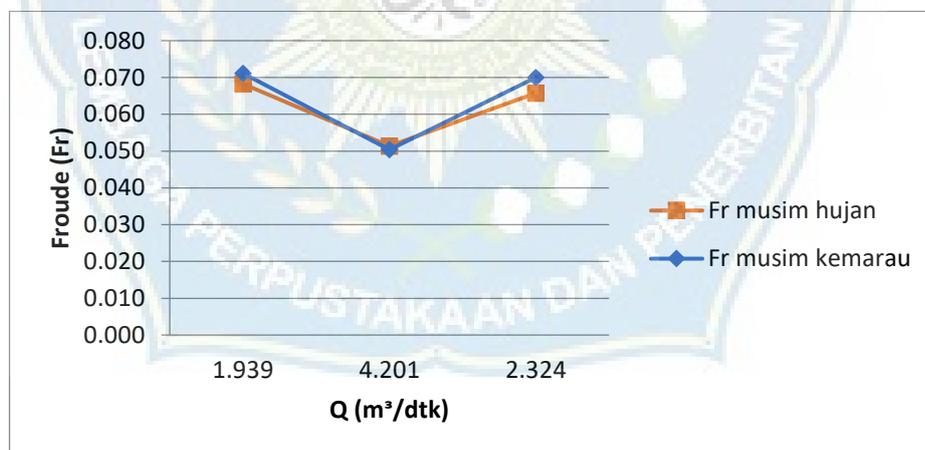
Debit (Q, m ³ /dtk)	Kemiringan Saluran (S, %)	Waktu Pengamatan	Kedalaman Aliran (h, m)	pw (kg/m ³)	Lebar Saluran (b, m)	Kecepatan Aliran (v,m/s)	Luas Penampang (A, m ²)	Keliling Basah (P, m)	Jari-Jari Hidrolis (R, m)	Bilangan Froude (Fr)	Sifat Aliran
Q1= 1,939	0.000040	Mei	1.470	1000	7.450	0.270	12.926	8.220	1.573	0.071	Sub Kritis
Q2= 4,201	0.000082		2.510	1000	7.450	0.250	64.629	15.030	4.300	0.050	Sub Kritis

Q3= 2,324	0.0000 61	1.870	1000	7.450	0.300	11.622	8.080	1.438	0.070	Sub Kritis
	Rata-rata	1.950	1000	7.450	0.273	29.726	10.44 3	2.437	0.064	Sub Kritis

Berdasarkan hasil analisis karakteristik aliran bilangan Froude (Fr) menunjukkan perubahan nilai Fr tertinggi pada bulan April namun tetap pada aliran sub kritis. Hal ini dipengaruhi oleh kondisi kecepatan aliran yang relative tinggi pada bulan April.

a) Pengaruh variasi Debit Aliran (Q) terhadap bilangan Froude (Fr)

Gambar 23 dijelaskan hubungan kecepatan aliran terhadap nilai bilangan Froude (Fr) sebagaimana berikut :



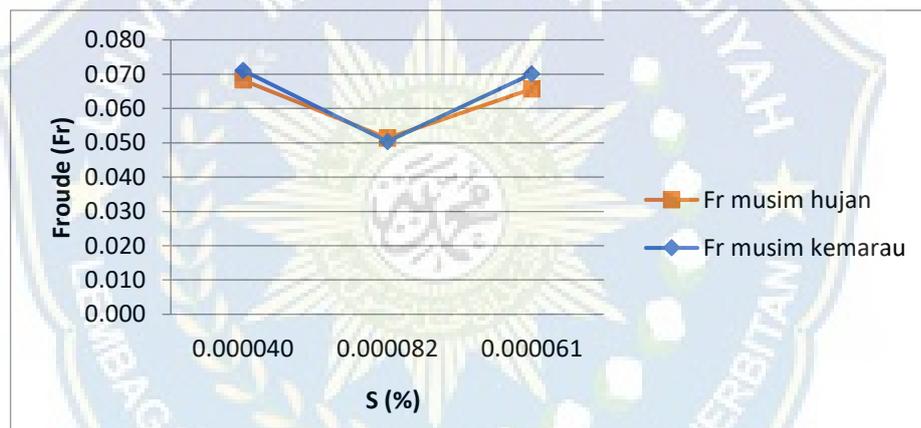
Gambar 23. Grafik hubungan debit aliran dengan bilangan Froude bulan April.

Berdasarkan gambar 23 nilai Fr tertinggi pada musim hujan ada pada aliran 4,768 sebesar 0,068 dan terendah pada aliran 9,977 sebesar 0,051. Sedangkan pada nilai Fr tertinggi pada musim kemarau ada pada aliran 1,939

sebesar 0,071 dan terendah pada aliran 4,201 sebesar 0,050. Hal ini disebabkan oleh perubahan kedalaman aliran yang meningkat pada kemiringan yang berbeda. Dapat disimpulkan pula kedalaman aliran berbanding terbalik dengan dengan Froude yaitu ketika semakin tinggi kedalaman aliran maka nilai Fr semakin kecil, begitupun sebaliknya.

b) Pengaruh Variasi Kemiringan Saluran (S) terhadap Bilangan Froude (Fr)

Gambar 24 dijelaskan hubungan kemiringan saluran (S) terhadap nilai bilangan Froude (Fr) sebagaimana berikut :



Gambar 24. Grafik hubungan kemiringan saluran dengan bilangan Froude bulan Mei.

Berdasarkan gambar 26 nilai Fr tertinggi pada musim hujan ada pada kemiringan 0,000048 sebesar 0,068 dan terendah pada kemiringan 0,000085 sebesar 0,051. Sedangkan pada nilai Fr tertinggi pada musim kemarau ada pada kemiringan sebesar 0,000040 sebesar 0,071 dan terendah pada kemiringan 0,000082 sebesar 0,050. Hal ini disebabkan oleh perubahan kedalaman aliran berbanding lurus dengan bilangan Froude. Semakin tinggi

kedalaman aliran maka kedalaman aliran akan semakin tinggi begitu pula sebaliknya.



BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan pada bab sebelumnya, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa :

- 1) Besarnya angkutan sedimen dasar pada musim hujan dengan menggunakan pendekatan Mayer Peter diperoleh hasil sebesar 3,2154 m³/hari, dan pada musim kemarau diperoleh sebesar 2,0570 m³/hari. Sedangkan untuk DuBoys pada musim hujan diperoleh sebesar 3,0651 m³/har, dan pada musim kemarau diperoleh sebesar 1,8752 m³/hari.
- 2) Angkutan sedimen dapat mempengaruhi pola aliran, dimana bilangan Froude (Fr) mengalami penurunan pada debit aliran 4,201 sebesar 0,050 dengan sifat aliran tetap subkritis, sedangkan untuk kemiringan saluran 0,000082 diperoleh nilai bilangan Froude sebesar 0,050 dengan sifat aliran tetap subkritis.

B. Saran

- 1) Pada penelitian ini telah diketahui seberapa besar volume angkutan sedimen pada sungai Tallo, maka kami selaku penulis menyarankan agar penelitian selanjutnya dapat menentukan langkah selanjutnya terhadap sedimen tersebut.

- 2) Untuk penelitian selanjutnya jika menggunakan judul yang sama sebaiknya pada saat pengambilan sampel sedimen dihitung waktu yang dibutuhkan pada pengambilan sampel.
- 3) Pada penelitian ini penulis hanya menggunakan dua metode dalam menganalisis angkutan sedimen, maka kami menyarankan agar peneliti lainnya dapat menambahkan metode lainnya sebagai pembandingan agar dapat lebih akurat.



DAFTAR PUSTAKA

- Ajeng Aprilia Romdhon, K. D. (2014). Perencanaan konservasi Sub DAS Cimuntur Kabupaten Ciamis. Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang Jawa Tengah.
- Andi Parasetyo, N. E. (2007). *Penggunaan Check DAM Dalam Usaha Menanggulangi Erosi Alur*. Skripsi Sarjana, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, Semarang.
- Anwas, M. (1994). Bentuk Muka Bumi. Diambil kembali dari http://elcom.umy.ac.id/elschool/muallimin_muhammadiyah/file.php/1/materi/Geografi/Bentuk%20muka%20bumi. Pdf, diakses padatanggal 20 April 2015.
- Artia, S. (2018). *Analisis Karakteristik Sedimen dan Laju Sedimentasi Sungai Walanae Kabupaten Wajo*. Skripsi Sarjana, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar, Makassar.
- Asdak, C. (2002). Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Gajah Mada Univesity. 630 hal. Kabupaten Bantul.
- Fauzi, A. (2019). *Panduan Tanggap Darurat Bencana Banjir*. Jakarta : Erlangga Group.
- Ilham Alimuddin, R. (2016). *Analisis Laju Sedimentasi Sungai Pappa Kabupaten Takalar*. Skripsi Sarjana, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
- Indra Mulia Lubis, A. J. (2022). Analisa Sediment Transpoirt Pada Saluran Terbuka Model Trapesium (Studi Laboratorium). Fakultas Teknik, Universitas Graha Nusantara Padangsidempuan.
- Karlina, R. E. (2020). *Analisis Erosi Dan Sedimentasi Di SUB DAS Pengga Kecamatan Praya Barat*. Skripsi Sarjana, Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Mataram, Mataram.
- Misliniyati, R. (2011). Studi Proses Geomorfologi dengan Pendekatan Analisis Ukuran Butir Sedimen (Studi Kasus Proses Sedimentasi Muara Sungai Banyuasin Sumatera Selatan). Fakultas Teknik Universitas Bengkulu. Kota Bengkulu.

- Nurhidayah Basri, A. P. (2018). *Studi Laju sedimentasi Bagian Hilir sungai saddang*. Skripsi Sarjana, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar, Makassar.
- Nurpatima, M. R. (2019). *Analisis laju sedimentasi dan karakteristik sedimen pasca banjir bandang di sub DAS Jenelana*. Skripsi Sarjana, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar, Kabupaten Gowa.
- Ratag. (2006). Peran Koordinasi dan Kerja Sama Para Pihak Dalam Forum Komunikasi Pengelolaan DAS Tondano, Manado, Sulawesi Utara. 1.
- Riswal. (2023). *Cegah Banjir di Kota Makassar, PII Tawarkan Sejumlah Solusi*. Makassar: SINDONEWS.COM. Diambil kembali dari <https://daerah.sindonews.com/newsread/990595/711/cegah-banjir-di-kota-makassar-pii-tawarkan-sejumlah-solusi-1673218875>
- Seilatuw, R. (2017). *Analisis Sedimentasi Pada Sungai Way Yori Ambon*. Skripsi Sarjana, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Kota Makassar.
- Setiawan, A. (2021). *Studi sedimentasi serta penanggulangannya pada pantai sontolo, Jawa Barat*.
- Suciyono, M. Z. (2020). *Analisa Karakteristik dan Laju Sedimentasi di Bagian Hilir Sungai Maros*. Skripsi Sarjana, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
- Sudarman. (2011). Sifat sungai dipengaruhi oleh bentuk DAS. Diambil kembali dari (<http://sudarman28.blogspot.com>).
- Suripin. (2002). *Pelestarian Sumber Daya Tanah dan Air*, Yogyakarta.
- Zulfahmi, N. S. (2016, Oktober). *Dampak Sedimentasi Sungai Tallo Terhadap Kerawanan Banjir di Kota Makassar*.

LAMPIRAN

1. Tabel Debit Aliran sungai Tallo pada musim hujan

No. Patok	Jarak (b) (m)	Kedalaman air (h) (m)	Kecepatan rata-rata (u) (m/dtk)	Luas (A) (m ²)	Debit (Q) (m ³ /dtk)
P0		0.00	0.00		0
	8.15			10.921	
P1		2.68	0.35		9.8268625
	8.15			28.077	
P2		4.21	0.33		12.64065
	8.15			38.305	
P3		3.23	0.37		4.8700325
	8.15			13.162	
P4		0.00	0.00		
Jumlah	32.6	10.12	1.05	90.465	27.337545
Rata-Rata	8.15	2.024	0.21	22.61625	6.83438625

2. Tabel Debit Aliran sungai Tallo pada musim kemarau

No. Patok	Jarak (b) (m)	Kedalaman air (h) (m)	Kecepatan rata-rata (u) (m/dtk)	Luas (A) (m ²)	Debit (Q) (m ³ /dtk)
P0		0.00	0.00		0
	7.45			5.476	
P1		1.47	0.27		1.4784525
	7.45			14.826	
P2		2.51	0.25		8.97725
	7.45			21.084	
P3		1.87	0.30		2.089725
	7.45			6.966	
P4		0.00	0.00		
Jumlah	29.8	5.85	0.82	48.3505	12.5454275
Rata-Rata	7.45	1.17	0.164	12.087625	3.13635688

3. Tabel Kedalaman Rata-rata

No. Patok	Lebar (b)	Kedalaman Aliran (H)	
	(m)	(m)	
P0		0,00	0,00
	8,15		
P1		2,68	1,47
	16,3		
P2		4,21	2,21
	24,45		
P3		3,23	1,87
	32,6		
P4		0,00	0,00

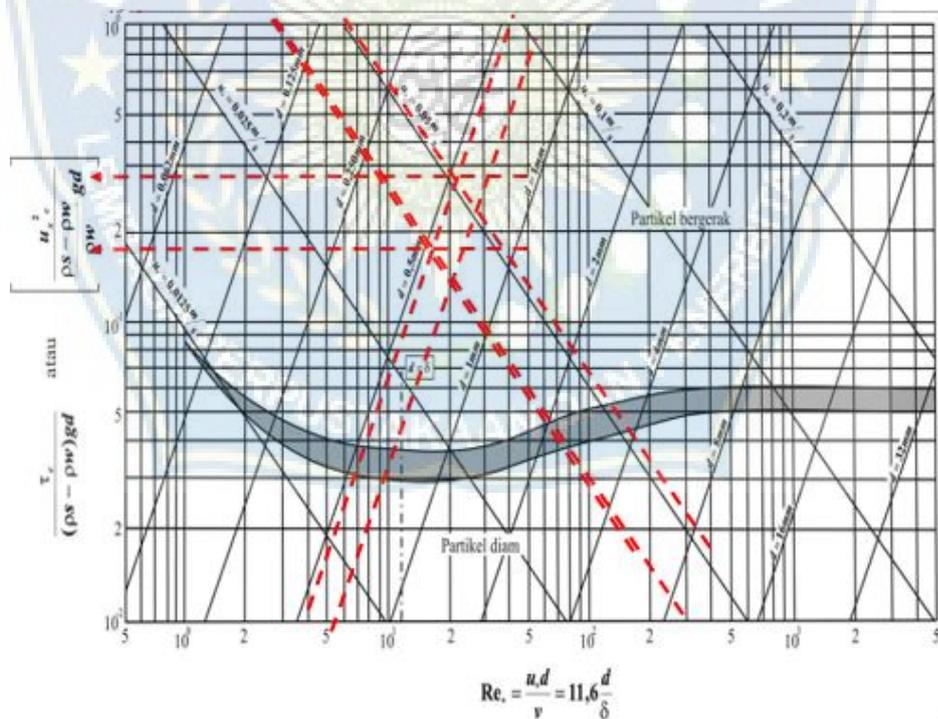
4. Tabel Karakteristik Sedimen

Gradasi	Sampel 1 Musim Hujan	Sampel 2 Musim Kemarau	Rata- rata	keterangan
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
D10	0,148	0,178	0,163	Fine sand (halus)
D30	0,187	0,297	0,242	Fine sand (halus)
D35	0,198	0,449	0,3235	Medium sand (sedang)
D50	0,225	0,573	0,399	Medium sand (sedang)
D60	0,245	0,667	0,456	Medium sand (sedang)
D90	1,588	1,139	1,3635	Very coarse sand (sangat kasar)

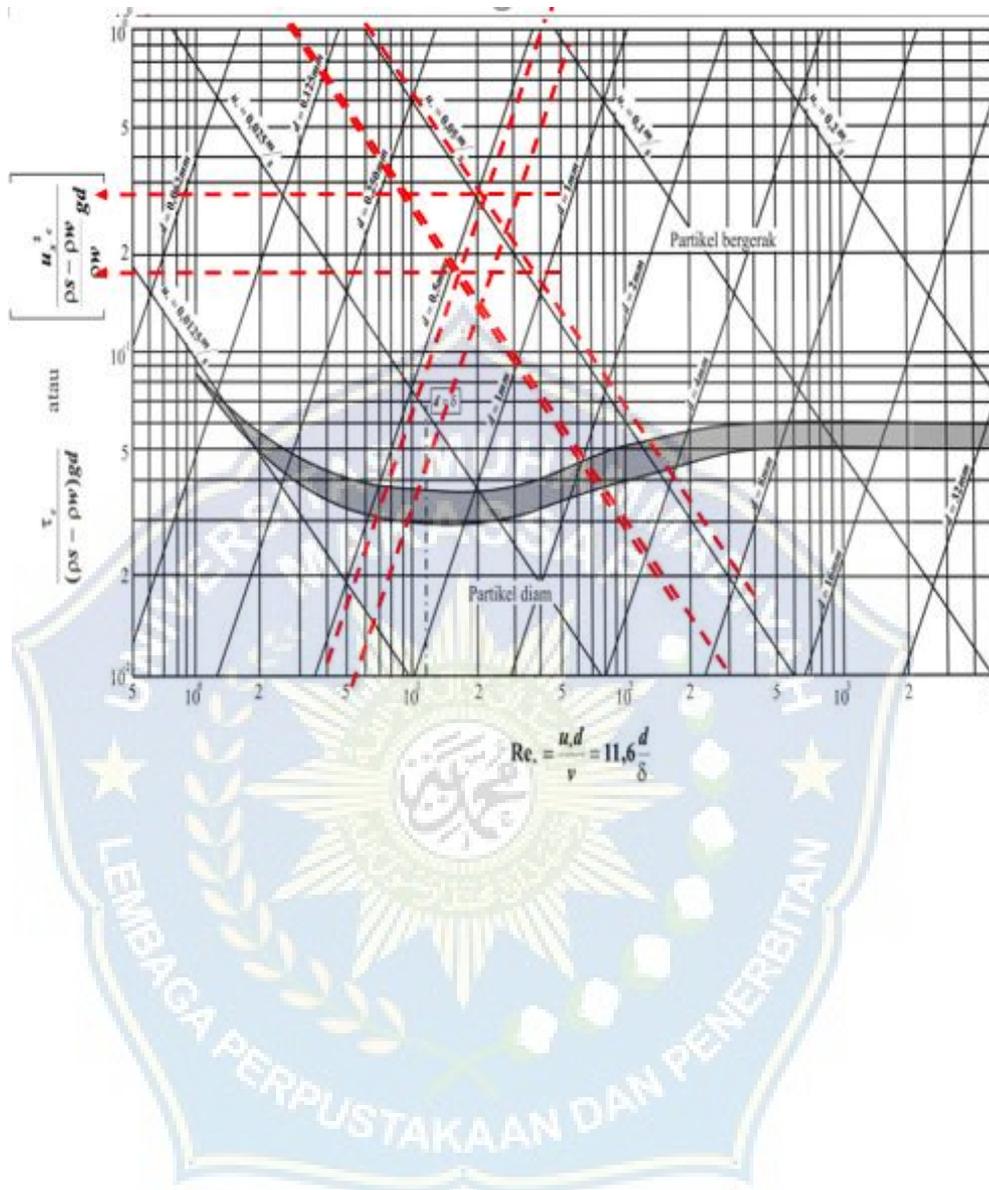
5. Tabel penggolongan gradasi butiran sedimen

NAMA PARTIKEL		DIAMETER PARTIKEL (mm)
Kerikil (garvel)	Boulders	>256
	Cobbles (bongkah)	64 - 256
	Pebbles (kerikil)	4 - 64
	Granules (butir)	2 - 4
Pasir (sand)	Very coarse sand (sangat kasar)	1 - 2
	Coarse sand (kasar)	0,5 - 1
	Medium sand (sedang)	0,25 - 0,5
	Fine sand (halus)	0,125 - 0,25
	Very fine sand (sangat halus)	0,0625 - 0,125
Lanau (silt)	0,004 - 0,0625 (1/256 - 1/16)	
lempung (clay)	<0,004 (<1/256)	

6. Grafik Analisis Angkutan Sedimen DuBoys Musim Hujan



7. Grafik Analisis Angkutan Sedimen DuBoys Musim Kemarau



Tabel 7. Rekap Hasil analisis data metode Mayer Peter

Ket.	Jarak (b) (m)	Ked. air (h) (m)	Luas (A) (m ²)	Debit (Q) (m ³ /dtk)	Jari-jari Hidrolis (R) (m)	Kec.Aliran (V) (m/dtk)	Kemiringan (I) (%)	n	n'	R'	ψ	φ	Qb (kg/dt)	Qb (m ³ /dtk)	Qb (m ³ /hari)
Sampel 1 Musim Hujan	8.15	3.37	22.616	6.548	2.71	0.350	0.000106	0.0749	0.0131	1.2481	6.9393	0.2499	0.000021	0.000037	3.2154
Sampel 2 Musim Kemarau	7.45	1.95	12.088	2.686	1.605	0.273	0.000161	0.0772	0.0124	0.5595	6.9393	0.2499	0.000014	0.000024	2.0570
Rata-Rata	7.8	2.66	17.352	4.617	2.16	0.312	0.000133	0.0760	0.0128	0.9038	6.9393	0.2499	0.000018	0.000031	2.6362

Tabel 9. Rekap Hasil analisis data Metode DuBoys

Ket.	Jarak (b) (m)	Ked. air (h) (m)	Luas (A) (m ²)	Debit (Q) (m ³ /dtk)	Jari-jari Hidrolis (R) (m)	Kec.Aliran (V) (m/dtk)	Kemiringan (I) (%)	Kecepatan geser (u* , m/dt)	Tegangan geser (τ _o , kg/m ²)	Garfik Shields	Tegangan geser kritik (τ _c)	ψD	qb	qb	qb
													kg/dt	m ³ /dt	m ³ /hari
Sampel 1 Musim Hujan	8.15	3.37	22.616	6.548	2.71	0.350	0.000106	0.0457	3.3907	0.6233	0.0014	0.0544	0.000022	0.000035	3.0651
Sampel 2 Musim Kemarau	7.45	1.95	12.088	2.686	1.605	0.273	0.000161	0.0424	2.9014	0.2133	0.0012	0.0500	0.000013	0.000022	1.8752
Rata-Rata	7.8	2.661666667	17.352	4.617	2.156	0.312	0.000133	0.0440	3.1460	0.418333333	0.0013	0.0522	0.000017	0.000029	2.4702



DOKUMENTASI ALAT DAN BAHAN



Current Meter



Van Veen Grab



Ember



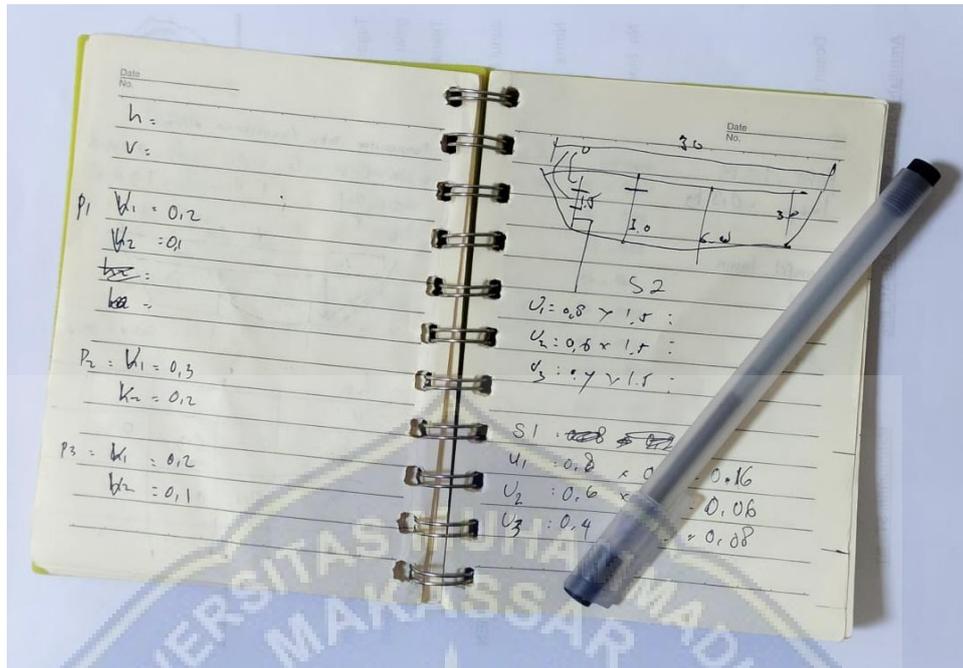
Tali



Kantong Plastik



Meteran



Alat Tulis



Mesin Ayakan & Saringan (Sieve Shaker)



Oven



Timbangan



Cawan



Labu Ukur



Pompa Vakum



Sampel Sedimen

DOKUMENTASI PELAKSANAAN



Pengukuran Lebar Sungai



Pengukuran Kedalaman Sungai



Pengambilan sampel menggunakan alat Van Veen Grab



Pengambilan Data Kecepatan



Pengambilan Data Kecepatan



DOKUMENTASI PELAKSANAAN UJI ANALISA SARINGAN



Proses penimbangan sampel tanah



Proses penyaringan



Proses Penimbangan sampel tanah yang telah disaring



DOKUMENTASI PELAKSANAAN UJI BERAT JENIS



Proses penimbangan sampel tanah yang akan digunakan pada uji berat jenis



Proses memasukkan sampel tanah kedalam labu ukur



Proses penimbangan labu ukur dan sampel tanah



Proses mengeluarkan gelembung-gelembung udara yang terperangkap di dalam labu ukur



Proses mengeluarkan sampel tanah dari labu ukur



Sampel tanah setelah di oven



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
UPT PERPUSTAKAAN DAN PENERBITAN

Alamat Kantor: Jl. Sultan Alauddin, NO 259 Makassar 90221 Tlp. (0411) 866972, 881593, Fax. (0411) 865588

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

SURAT KETERANGAN BEBAS PLAGIAT

UPT Perpustakaan dan Penerbitan Universitas Muhammadiyah Makassar,
Menerangkan bahwa mahasiswa yang tersebut namanya di bawah ini:

Nama : Hasnawia / Widia

Nim : 105811101318 / 105811101418

Program Studi : Teknik Pengairan

Dengan nilai:

No	Bab	Nilai	Ambang Batas
1	Bab 1	7 %	10 %
2	Bab 2	25 %	25 %
3	Bab 3	5 %	10 %
4	Bab 4	4 %	10 %
5	Bab 5	4 %	5 %

Dinyatakan telah lulus cek plagiat yang dilakukan oleh UPT- Perpustakaan dan Penerbitan Universitas Muhammadiyah Makassar Menggunakan Aplikasi Turnitin.

Demikian surat keterangan ini diberikan kepada yang bersangkutan untuk dipergunakan seperlunya.

Makassar, 11 September 2023

Mengetahui,

Kepala UPT- Perpustakaan dan Penerbitan,

Nurisulih, S.Hum., M.I.P.
NBM. 964 591