

TUGAS AKHIR

**ANALISIS ANGKUTAN SEDIMEN DASAR SABO DAM
SUNGAI NAMO SEBAGAI BANGUNAN PENGENDALI
SEDIMEN**



Diajukan Kepada Universitas Tadulako untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh
derajat Sarjana Strata Satu Teknik Sipil

Oleh :

ARIANSYAH

F111 21 108

**JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS TADULAKO
PALU 2025**

TUGAS AKHIR

ANALISIS ANGKUTAN SEDIMEN DASAR SABO DAM SUNGAI NAMO SEBAGAI BANGUNAN PENGENDALI SEDIMEN



Diajukan Kepada Universitas Tadulako untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh
derajat Sarjana Strata Satu Teknik Sipil

Oleh :

ARIANSYAH

F111 21 108

**JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS TADULAKO**

PALU 2025

FINAL PROJECT

ANALYSIS OF BEDLOAD SEDIMENT TRANSPORT IN THE NAMO RIVER SABO DAM AS A SEDIMENT CONTROL STRUCTURE



*Submitted as a partial fulfillment of the requirements for Bachelor Degree
at Department of Civil Engineering*

Compiled by:

ARIANSYAH

F111 21 108

**DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING TADULAKO UNIVERSITY
PALU, 2025**



HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISIS ANGKUTAN SEDIMEN DASAR SABO DAM SUNGAI
NAMO SEBAGAI BANGUNAN PENGENDALI SEDIMEN**

Yang dipersiapkan dan disusun oleh:

ARIANSYAH

F11121108

SKRIPSI

Telah dipertahankan didepan Majelis Penguji dan dinyatakan diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Strata Satu (S1) Teknik Sipil

Pada tanggal 05 November 2025

Mengesahkan,

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Tadulako,



: **Andi Arham Adam, S.T., M.Eng., Ph.D.**
NIP. 19740323/199903 1 002

Ketua Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Tadulako,

Dr. Sriyati Ramadhani, S.T., M.T.
NIP. 19750925 200501 2 011

HALAMAN PERSETUJUAN

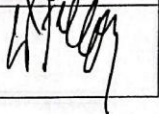
Panitia Ujian Tugas Akhir Program Studi S1 Teknik Sipil Universitas Tadulako yang ditetapkan berdasarkan SK Dekan Fakultas Teknik No.20157/UN.28.6//DK/2025, Tanggal 21 Oktober 2025 menyatakan menyetujui Tugas Akhir yang telah dipertanggungjawabkan di hadapan Majelis Penguji pada Hari Rabu Tanggal 05 November 2025 oleh:

Nama : ARIANSYAH

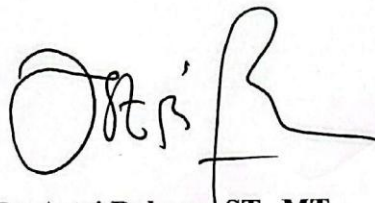
No. Stambuk : F11121108

Judul : ANALISIS ANGKUTAN SEDIMEN DASAR SABO DAM SUNGAI NAMO SEBAGAI BANGUNAN PENGENDALI SEDIMEN

Dosen Pembimbing:

No.	Nama/ NIP	Jabatan	Tanda Tangan
1.	Dr. Nina Bariroh Rustiati, S.T.,M.T. NIP. 19731221 200003 2 001	Pembimbing 1	
2.	Prof. Dr. Ir. I Gede Tunas, S.T., M. T NIP. 19750402 200004 1 001	Pembimbing 2	

Palu, 2025
Ketua Program Studi S1 Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Tadulako



Dr. Astri Rahayu, ST., MT
NIP. 19670705 199702 2 001

**PERNYATAAN
ORISINALITAS LAPORAN TUGAS AKHIR**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Ariansyah

No. Stambuk : F 111 21 108

Fakultas / Jurusan : Teknik / S1 – Teknik Sipil

Dengan ini menyatakan bahwa laporan Tugas Akhir ini adalah benar merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan duplikasi dari orang lain dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka. Apabila pada masa mendatang diketahui bahwa pernyataan ini tidak benar adanya, maka saya bersedia menerima sanksi yang diberikan dengan segala konsekuensinya

Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Palu, 2025

ARIANSYAH
F 111 21 108

HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Bismillahirrahmanirrahim...

“Sungguh, Kami telah memberikan kepadamu kemenangan yang nyata.”

(Q.S Al-Fath :1)

MOTTO

“ Sesungguhnya dibalik kesulitan pasti ada kemudahan, kalimat itu dua kali Allah jelaskan dalam Al-Quran Surah Al-Insyirah ”

“Selalu ada harga dalam sebuah proses. Nikmati saja lelah-lelah itu. Lebarkan lagi rasa sabar itu. Semua yang kau investasikan untuk menjadikan dirimu serupa yang kau impikan, mungkin tidak akan selalu berjalan lancar. Tapi gelombang-gelombang itu yang nanti bisa kau ceritakan”

(Boy Candra)

“God has perfect timing, never early, never late. It takes a little patience and it takes a lot of faith, but it’s a worth to wait.”

“Bila esok nanti kau sudah lebih baik, jangan lupa masa-masa sulitmu. Ceritakan kembali pada dunia, caramu merubah piluh jadi senyuman.”

(Andmesh Kamaleng)

Persembahan

Bismillahirrahmaanirrohim

Alhamdulillah, segala puji syukur bagi Allah Swt atas limpahan, rahmat, taufiq, hidayah dan innayah-Nya kepada penulis beserta keluarga dan saudara lainnya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Skripsi ini penulis persembahkan untuk :

1. Pintu surgaku seseorang yang sangat istimewa dan yang paling saya rindukan, Almarhum Ibunda tersayang Hasnah. Semoga Ibu melihat putra kecil ibu dari tempat terbaik di sisi-Nya . Skripsi ini penulis persembahkan sebagai wujud bakti dan cinta kasi kepada Ibu. Andai waktu mengizinkan, penulis ingin memeluk dan menyampaikan rasa rindu, terimakasih, serta permohonan maaf. Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan rahmat dan kasi sayang-Nya kepada ibu. *I love you more*
2. Kepada tante tercinta, Zaitun. Terimakasih telah menjadi Ibu kedua yang tak pernah lelah merawat dan memberikan dukungan tanpa henti. Segala pengorbananmu adalah inspirasi tersesarku. *I love you more*
3. Kepada kaka tercinta, Siti Rahma. Terimakasih sudah selalu berusaha memberikan yang terbaik untuk adik-adikmu, termasuk penulis. Kasih sayang dan dukunganmu sangat berarti dalam perjalanan ini. Kehadiranmu adalah kekuatan yang tak tergantikan bagi penulis. *I love you more*
4. Keluarga besar Nasri Sulaiman yang selalu memberikan dukungan baik secara moril dan material.
5. Kepada manusia satu ini kaka sepupu saya, Faddhila Nisa. Terimakasih telah menjadi tempat berbagi cerita, tawa dan dukungan selama perjalanan ini. Serta terimakasih juga selalu mencarikan jalan keluar untuk saya disetiap saya mengalami kesulitan finansial, semangat dan kehadiranmu yang tak pernah gagal untuk selalu menguatkan. *Proud of you*
6. Untuk semua teman teman penulis yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu. Terimakasih atas segala do'a dan bantuan dukungan yang telah diberikan selama perjalanan ini.

7. *Last but not least*. Terimakasih kepada diri saya sendiri , Ariansyah. Terimakasih sudah bertahan sejauh ini, terimakasih telah memilih berusaha dan merayakan dirimu sendiri sampai di titik ini, terimakasih karena telah bertanggung jawab untuk menyelesaikan apa yang telah dimulai, terimakasih kepada hati yang selalu ikhlas, meski tidak semua hal berjalan dengan baik dan sesuai keinginan. Penulis bangga kepada diri sendiri yang telah mampu melewati berbagai fase sulit dalam kehidupan. Semoga kedepannya, raga ini tetap kuat, hati tetap tegar dan jiwa tetap lapang dalam menghadapi setiap proses kehidupan.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, atas segala limpahan kasih karunia dan berkat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan Tugas Akhir ini. Penulisan Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan studi pada Program Studi Strata (S1) Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tadulako. Adapun Judul Tugas Akhir yang diambil adalah :

“ANALISIS ANGKUTAN SEDIMEN DASAR PADA SABO DAM SUNGAI NAMO SEBAGAI BANGUNAN PENGENDALI SEDIMEN ”

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa yang tercakup dalam Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna, oleh karena keterbatasan kemampuan dan pengetahuan yang penulis peroleh. Hal ini tidak terlepas dari kodrat manusia yang tidak luput dari kesalahan dan kekurangan. Oleh karena itu, dengan hati yang tulus dan terbuka, penulis mengharapkan masukan dan kritikan yang membangun sebagai bahan perbaikan kedepannya bagi penulis.

Dan dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini, penulis banyak mengalami hambatan, namun berkat bantuan, bimbingan dan kerja sama dari berbagai pihak dan berkat Tuhan Yang Maha Esa sehingga hambatan-hambatan yang dihadapi tersebut dapat diatasi.

Secara khusus kepada yang teristimewa untuk orang tua penulis, Almarhum ibunda tercinta **HASNAH**, yang senantiasa selalu menjadi semangat dan motivasi bagi penulis.

Secara khusus penulis juga ingin menyampaikan banyak terimakasih kepada Ibu **Dr. Nina Bariroh Rustianti. ST, MT., dan Bapak Dr. Ir. I Gede Tunas, ST.,MT** selaku Dosen Pembimbing yang dengan sabar, tekun, tulus dan ikhlas meluangkan waktu, tenaga serta pikiran untuk memberikan bimbingan, motivasi, arahan dan saran-saran terbaik kepada penulis selama menyusun Tugas Akhir ini.

Keberhasilan penulisan tugas akhir ini tidak terlepas dari partisipasi berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini perkenankanlah penulis menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada :

1. Bapak **Prof. Dr. Ir.H. Amar,ST.,MT., IAI., IPU., ASEAN. Eng.,** selaku Rektor Universitas Tadulako.
2. Bapak **Ir. Andi Arham Adam. ST., M.Sc (Eng), Ph.D.,IPM, ASEAN Eng.,** selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Tadulako.

3. Ibu **Dr.Ir. Yuli Asmi Rahman, S.T.,M.Eng.**, selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik Universitas Tadulako.
4. Bapak **Dr.Ir. Ar Fuad Zubaidi, S.T.,Msc.**, selaku Wakil Dekan II Fakultas Teknik Universitas Tadulako.
5. Bapak **Dr.Ir. Bakri,ST.,PG.Dipl.Eng.,M.Phil.**, selaku Wakil Dekan III Fakultas Teknik Universitas Tadulako.
6. Ibu **Dr. Sriyati Ramadhani, S.T., M.T.**, selaku Ketua Jurusan Fakultas Teknik Sipil Universitas Tadulako.
7. Ibu **Dr. Ir. Astri Rahayu, S.T., M.T.**, selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Sipil Universitas Tadulako Palu.
8. Ibu **Dr. Ratnasari Ramlan, S.T., M.T.**, selaku Sekretaris Jurusan Teknik Sipil.
9. Ibu **Dr. Yassir Arafat, S.T., MT.**, selaku Ketua KDK Keairan.
10. Ibu **Dr. Ir. H Syamsul Arifin, M.Sc.**, selaku Dosen Wali yang telah dengan sabar memberikan bimbingannya selama masa studi.
11. Tim Dosen Penguji Dr. Ir. Setiyawan, S.T.,M.T, Bapak Ir. Arody Tanga, S.T.,M.T. Bapak Prof. Dr.Ir. H. M. Galib Ishak, MS. dan Bapak Dr. Rudi Herman S.T., M.Sc .
12. Bapak dan Ibu Dosen Fakultas Teknik Universitas Tadulako atas segala ilmu pengetahuan yang telah diberikan.
13. Staf Tata Usaha Fakultas Teknik Universitas Tadulako.
14. Staf Laboratorium Mekanika Fluida dan Hidrolika Rugaiyah S.T Dan Herman Martin S.T
15. Terkhusus kepada Tante saya Zaitun dan Ketiga saudari dan satu saudara saya Siti Rahma, Chofifah Maya Damayanti, ayu pratiwi dan kurniawan yang telah membantu dan mendukung adiknya ini dalam proses menyelesaikan masa studi baik itu dukungan moral dan dukungan material

Palu, 2025

Ariansyah

Stb. F 111 21 108

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS LAPORAN TUGAS AKHIR	iii
HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	iv
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR ISTILAH.....	xiv
DAFTAR NOTASI.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	I-1
1.1 Latar Belakang	I-1
1.2 Rumusan Masalah	I-2
1.3 Tujuan Penelitian.....	I-2
1.4 Manfaat Penelitian.....	I-2
1.5 Batasan Masalah.....	I-2
1.6 Sistematika Penulisan	I-3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	II-1
2.1 Kajian Pustaka.....	II-1
2.2 Sungai	II-2
2.3 Alur Sungai	II-2
2.4 Daerah Aliran Sungai (DAS).....	II-3
2.3.1 Bentuk - bentuk DAS	II-3
2.4 Bangunan Sabo Dam	II-4
2.4.1 Jenis-jenis dan Fungsi Sabo Dam	II-6
2.5 Sedimentasi	II-7

2.5.1	Proses Sedimentasi	I-7
2.5.2	Karakteristik Sedimen	II-9
2.5.3	Mekanisme pergerakan sedimen	II-14
2.5.4	Aliran debris.....	II-15
2.5.5	Analisis Perhitungan Laju Sedimentasi	II-17
2.6	Intensitas Hujan	II-21
2.7	Perhitungan Hidrograf Debit Banjir Rencana	II-21
BAB III METODE PENELITIAN.....		III-1
3.1	Lokasi Penelitian	III-1
3.2	Alat dan bahan.....	III-2
3.3	Pengumpulan Data	III-2
3.4	Pelaksanaan Penelitian	III-4
3.5	Perhitungan Angkutan Sedimen	III-7
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		IV-1
4.1	Titik Pengambilan Sampel.....	IV-1
4.2	Perhitungan Laju Angkutan Sedimen	IV-2
4.2.1	Perhitungan Curah Hujan Rancangan	IV-2
4.2.2	Perhitungan debit banjir rancangan Metode Rasional.....	IV-4
4.2.3	Perhitungan Hidrolika Sungai.....	IV-5
4.3	Hasil pengujian laboratorium	IV-8
4.3.1	Analisa Saringan.....	IV-8
4.3.2	Berat Jenis	IV-9
4.3.3	Perhitungan laju angkutan sedimen dasar Metode <i>Meyer – Peter – Muller</i>	IV-9
4.4	Pembahasan.....	IV-16
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		V-1
5.1	Kesimpulan	V-1
5.2	Saran	V-1
DAFTAR PUSTAKA		P-1
LAMPIRAN.....		L-1

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Bentuk-Bentuk daerah aliran sungai	I-4
Gambar 2. 2 Bangunan Sabodam tipe Terbuka	II-6
Gambar 2. 3 Bangunan sabodam tipe Tertutup	II-6
Gambar 2. 4 Sketsa Pergerakan Sedimen	II-9
Gambar 2. 5 Gerakan butiran pasir dalam aliran air.....	II-15
Gambar 2. 6 Proses limpasan hujan di daerah pegunungan	II-15
Gambar 2. 7 Aliran debris.....	II-15
Gambar 2. 8 Proses pergerakan sedimen	II-16
Gambar 3. 1 Lokasi Sabo DAM Sungai Namo	III-1
Gambar 3. 2 Peta Sub DAS Namo.....	III-3
Gambar 3. 3 Sketsa Pengambilan Sampel	III-4
Gambar 4. 1 Titik pengambilan sampel sedimen	IV-1
Gambar 4. 1 Titik pengambilan sampel sedimen	IV-1
Gambar 4. 2 Sketsa Potongan Melintang.....	IV-5
Gambar 4. 3 Grafik hubungan antara diameter butiran dan % lolos	IV-8
Gambar 4. 4 Hasil uji berat jenis $CS_{7.5}$	IV-9
Gambar 4. 5 Diagram Shield	IV-11
Gambar 4. 6 Grafik hubungan antara ukuran butiran dengan Cross Section melintang Sungai (CS.7).....	IV-14
Gambar 4. 7 Grafik hubungan antara ukuran butiran dan jarak memanjang sungai pada titik 7	IV-15

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Klasifikasi Ukuran butiran sedimen (menurut AGU).....	I-11
Tabel 2. 2 Viskositas kinematik air (v).....	II-12
Tabel 2. 3 Tipikal Harga Koefisien Kekasaran Manning (n)	II-14
Tabel 2. 4 Tipikal Harga Koefisien Kekasaran Manning (c).....	II-22
Tabel 4.1 Hasil Rekapitulasi pemilihan curah hujan rancangan berbagai metode distribusi DAS Namo.	IV-xi
Tabel 4. 2 Perhitungan Kemiringan dasar dan lebar sungai	IV-2
Tabel 4. 3 hasil perhitungan debit banjir rancangan Metode Rasional.....	IV-5
Tabel 4. 4 Rekapitulasi hasil perhitungan hidrolika	IV-7
Tabel 4. 5 Hasil uji analisa saringan $CS_{7.5}$	IV-8
Tabel 4. 6 hasil pengujian sampel sedimen $CS_{7.5}$	IV-9
Tabel 4.7 Rekapitulasi jumlah angkutan sedimen menggunakan persamaan Meyer Peter Muller	IV-12

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil pengujian Analisa Saringa.....	L-2
Lampiran 2 Hasil pengujian berat jenis :	L-7
Lampiran 3 Grafik hubungan antara Ukuran Butiran Dan Jarak Melintang Sungai.....	L-10
Lampiran 4 Grafik hubungan antara ukuran butiran dan jarak memanjang :	L-11
Lampiran 5 Gambar pengambilan sampel sedimen :	L-12

DAFTAR ISTILAH

<i>Bedload</i>	Sedimen dasar
<i>Suspended-load</i>	Sedimen yang melayang (permukaan air)
<i>Wash load</i>	Muatan bilas
<i>Sand Trap</i>	Perangkap pasir
<i>Catchmen Area</i>	Cakupan Area
<i>Specific weight</i>	Berat spesifik
<i>Specific gravity</i>	Besaran suatu fluida yang menyatakan gaya gravitasi yang diterima suatu zat tiap satuan volumenya
<i>Settling velocity</i>	Kecepatan pengendapan
<i>Bilangan Froude</i>	Angka nondimensional hubungan antara gaya inerti dan gaya gravitasi pada aliran air
<i>Topografi</i>	Bentuk permukaan bumi dengan air
<i>Fluvial Movement</i>	Gerakan yang terbentuk oleh aliran permukaan air
<i>Bedload Transport</i>	Angkutan Sedimen Alas
<i>Saltation load transport</i>	Angkutan sedimen Loncat
<i>Suspended Load Transport</i>	Angkutan Sedimen Layang
<i>Wash Load Transport</i>	Angkutan sedimen cuci
<i>Sand flow</i>	Jenis aliran longsor campuran air, lumpur, dan Pasir
<i>Mud flow</i>	Jenis aliran longsor (banjir lumpur), aliran air yang mengandung banyak partikel dan endapan

DAFTAR NOTASI

Notasi	Keterangan	Satuan
U_{*c}	Kecepatan geser kritis butiran sedimen	m/detik
U_*	Kecepatan geser aliran	m/detik
τ_o	Tegangan geser dasar aliran	N/m ²
τ_c	Tegangan geser kritis butiran sedimen	N/m ²
τ_c^*	Nilai parameter tegangan geser kritis	
θ_c	Parameter Shield dapat dilihat pada grafik berdasarkan nilai bilangan <i>Reynold</i>	m
ν	Viskositas kinematik	m ² /dtk
Re	Bilangan <i>Reynold</i>	
I	Kemiringan dasar saluran	
G_s	Berat jenis sedimen (<i>Specific gravity</i>)	
W_s	Berat sampel sedimen	gr
W_w	Berat air suling	gr
Q	Debit aliran	m ³ /dtk
A	Luas penampang basah penampang	m ²
V	Kecepatan aliran penampang	m/dtk
R	Jari-jari hidrolis penampang	m
P	Keliling basah penampang	m
b	Lebar dasar penampang	m
h	Kedalaman aliran penampang	m
g	Percepatan gravitasi bumi	m/dtk ²
m	Kemiringan dinding penampang	
γ_w	Berat jenis air	ton/m ³
ϕ	Intensitas angkutan sedimen dasar	
Δ	Rasio perbandingan antara berat jenis butiran dengan berat jenis air	
γ_s	Berat jenis butiran	kg/m ³
γ_w	Berat jenis butiran	kg/m ³
Ψ'	Intensitas pengaliran efektif	

C	<i>Friction factor</i> angkutan	
C'	<i>Friction factor</i> intensif	
d_{35}	Diameter butiran lolos saringan 35%	mm
d_{50}	Diameter butiran lolos saringan 50%	mm
d_{60}	Diameter butiran lolos saringan 60%	mm
d_{90}	Diameter butiran lolos saringan 90%	mm
s	Jarak yang ditempuh	m
t	Waktu yang ditempuh	m
K_s	Koefisien <i>Stricker</i>	$m^{1/3}/dtk$
K_s'	Koefisien kekasaran akibat butiran	$m^{-1/6}$
q_b	Debit angkutan sedimen dasar di dalam air per satuan waktu per satuan lebar	$m^3/m.dtk$
Q_s	Total angkutan sedimen dalam sehari	$m^3/m.dtk$

ANALISIS ANGKUTAN SEDIMEN DASAR SABO DAM SUNGAI NAMO SEBAGAI BANGUNAN PENGENDALI SEDIMEN

Ariansyah, Nina Bariroh Rustiati, I Gede Tunas

ABSTRAK

Sungai Namo merupakan salah satu sungai yang memiliki peran penting dalam sistem hidrologi wilayah sekitarnya, namun juga rentan terhadap permasalahan sedimentasi akibat erosi di daerah aliran sungai (DAS). Sedimentasi yang berlebihan dapat mengurangi kapasitas alir sungai, meningkatkan risiko banjir, serta mengganggu fungsi infrastruktur sungai. Sabo Dam dibangun sebagai bangunan pengendali sedimen dengan tujuan menahan dan mengendapkan material sedimen, khususnya sedimen dasar (*bed load*), sebelum terbawa ke hilir. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis besarnya angkutan sedimen dasar yang tertahan pada Sabo Dam Sungai Namo serta mengevaluasi kinerjanya sebagai bangunan pengendali sedimen dengan menggunakan persamaan *Meyer Peter and Muller* (M.P.M). Penelitian ini dilakukan pengambilan sampel sedimen (*Bed Load*) secara langsung dan pengukuran luas penampang sungai di lapangan pada minggu awal bulan juni 2025 dari Cs_1 sampai Cs_{14} . Kemudian sampel sedimen di uji di laboratorium untuk pengujian analisa saringan dan berat jenis untuk mendapatkan ukuran diameter butiran dengan presentase lolos 35%, 50%, 60%, dan 90% (d_{35} , d_{50} , d_{60} , d_{90}). Pergerakan sedimen dasar sungai dipengaruhi oleh perubahan debit banjir dengan kala ulang tertentu. Selain itu bentuk penampang sungai (morfologi sungai) kemiringan dasar sungai dan kecepatan aliran juga mempengaruhi pergerakan sedimen. Dari hasil analisis dan perhitungan diperoleh jumlah angkutan sedimen dasar (*Bed Load*) terbesar terdapat pada $Cs_{7.5}$ dengan jumlah angkutan sedimen per meter sebesar $0,076 \text{ m}^3/\text{det.m}$ dan jumlah angkutan sedimen dasar (*Bed Load*) terkecil terdapat pada $Cs_{0.2}$ dengan jumlah angkutan sedimen per meter sebesar $0,039 \text{ m}^3/\text{det.m}$.

Kata kunci : Sungai, Bedload, Sedimen Dasar, Meyer Peter Muller

"Analysis of Bed Load Sediment Transport at the Namo River Sabo Dam as a Sediment Control Structure"

Ariansyah, Nina Bariroh Rustiati, I Gede Tunas

ABSTRAK

The Namo River is one of the rivers that plays an important role in the hydrological system of its surrounding area but is also vulnerable to sedimentation problems caused by erosion in its watershed (DAS). Excessive sedimentation can reduce the river's flow capacity, increase flood risk, and disrupt the function of river infrastructure. The Sabo Dam was constructed as a sediment control structure with the purpose of trapping and depositing sediment material, particularly bed load, before it is transported downstream. This study aims to analyze the amount of bed load sediment retained at the Namo River Sabo Dam and evaluate its performance as a sediment control structure using the Meyer-Peter and Müller (MPM) equation. The research involved direct collection of bed load sediment samples and measurement of river cross-sectional areas in the field during the first week of June 2025, from CS1 to CS14. The sediment samples were tested in the laboratory through sieve analysis and specific gravity tests to determine particle diameters at 35%, 50%, 60%, and 90% passing sizes (d_{35} , d_{50} , d_{60} , d_{90}). The movement of bed load sediment in the river is influenced by variations in flood discharge with certain return periods. In addition, the river cross-sectional shape (morphology), bed slope, and flow velocity also affect sediment transport. The results of analysis and calculation show that the highest bed load transport occurred at CS7.5 with a transport rate of $0.076 \text{ m}^3/\text{s}\cdot\text{m}$, while the lowest bed load transport occurred at CS0.2 with a transport rate of $0.039 \text{ m}^3/\text{s}\cdot\text{m}$.

Keywords : River, Bedload, Sediment, Meyer Peter Muller

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia memiliki potensi yang sangat besar dalam penyediaan sumber daya air yang banyak dimanfaatkan untuk pemenuhan kebutuhan masyarakat. Hal ini dimanfaatkan untuk pemenuhan kebutuhan masyarakat. Hal ini didukung dengan jumlah sungai dan anak-anak sungai yang sangat banyak dan tersebar diseluruh kawasan nusantara. Indonesia memiliki sedikitnya 5.950 sungai utama dan 65.017 anak sungai dengan panjang total mencapai 94.537 km dan luas Daerah Aliran Sungai (DAS) mencapai 1.512.466 km² (Fitra, 2016).

Sungai merupakan sumber daya alam yang terbentuk secara alamiah di bumi yang sangat berperan penting bagi kelangsungan ekosistem salah satunya kelangsungan hidup manusia. Sungai dapat menampung dan menyalurkan air hujan beserta material yang terbawa oleh air dari daerah hulu ke daerah hilir dan bermuara di laut atau di danau, sehingga dengan adanya aliran air pada sungai mengakibatkan erosi dan menyebabkan terjadinya angkutan sedimen dari daerah hulu dan mengendap di daerah hilir.

Sedimentasi merupakan salah satu permasalahan serius yang terjadi pada sungai- sungai di Indonesia dan termasuk juga pada sungai-sungai di Sulawesi Tengah. Sungai Namo merupakan salah satu sungai di Sulawesi Tengah yang memiliki permasalahan sedimen. Pada tahun 2018, akibat dari tingginya intensitas curah hujan terjadi banjir bandang yang membawa banyak material berupa lumpur, batu besar hingga batang kayu yang menyebabkan kerusakan pada rumah warga dan menutup akses jalan poros Palu- Kulawi selama 12 jam (Layaliya & Nugroho, 2024)

Untuk mengantisipasi hal tersebut agar tidak terjadi kembali, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) melalui Balai Wilayah Sungai Sulawesi (BWSS-III) membangun Sabo Dam di sekitar wilayah Kecamatan Kulawi salah satunya di Sungai Namo sebagai solusi untuk penanggulangan banjir juga untuk pengendalian sedimen. Secara umum fungsi Sabo Dam adalah untuk menahan sedimen yang terbawa oleh air, Sehingga sedimen berupa pasir yang tertampung di Sabo Dam Sungai Namo dapat dimanfaatkan oleh warga Desa

Namo untuk bahan material bangunan

Oleh karena itu, dengan permasalahan yang terkait dengan uraian diatas, topik ini sangat menarik untuk dikaji melalui penelitian ilmiah, sehingga penulis mengangkat judul “ Analisis angkutan sedimen dasar pada Sabo DAM Sungai Namu Sebagai Bangunan Pengendali Sedimen”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka rumusan masalah pada penelitian ini yaitu “

1. Bagaimana komposisi sedimen dasar pada sabo DAM sungai Namu
2. Bagaimana karakteristik sedimen dasar pada sabo DAM sungai Namu
3. Seberapa besar angkutan sedimen dasar pada sabo DAM sungi Namu

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan penelitian ini yaitu :

1. Untuk mengetahui komposisi sedimen dasar pada sabo DAM sungai Namu
2. Untuk mengetahui karakteristik sedimen dasar pada sabo DAM sungai Namu
3. Untuk mengetahui besarnya angkutan sedimen dasar pada sabo DAM sungai Namu.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dilakukannya penelitian ini yaitu memberikan tambahan informasi mengenai komposisi dan karakteristik sedimen dasar beserta angkutan sedimen dasar pada sabo DAM sungai Namu.

1.5 Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terarah dan memperjelas ruang lingkup pembahasannya maka penulis memberikan batasan-batasan masalah, sebagai berikut :

1. Letak titik pengambilan data dilakukan di Sungai Nam o pada Sabo DAM Kulawi sepanjang 850 meter arah hulu.
2. Pengukuran dilapangan terbatas pada titik atau ruas yang memiliki aliran dengan mempertimbangkan keadaan dilapangan dan tingkat kesulitannya.
3. Data sedimen yang diambil adalah sedimen dasar (*Bed Load*)

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk memberikan gambaran ringkas dari penyusunan tugas akhir ini maka penulis menyajikan sistematika penulisan yang dibagi sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan tentang latar belakang, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menjelaskan Teori Yang Mendukung Penelitian

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini berisi tentang ruang lingkup penelitian, bagan alir penelitian, jenis data yang dipakai serta cara pengolahan data.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini akan berisi pembahasan mengenai besaran angkutan sedimen dasar pada sabo DAM di Sungai Namo

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini menjelaskan mengenai kesimpulan yang diperoleh dari hasil pengolahan data terkait volume angkutan sedimen dasar pada sabo DAM Sungai Namo. Serta memberikan saran yang dapat dijadikan bahan pertimbangan bagi pengelola Sabo DAM.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Telah dilakukan penelitian oleh (Rustiati et al., 2023) yaitu mengestimasi angkutan sedimen dasar pada saluran *Sand Trap* Daerah Irigasi Gumbasa. Penelitian dilakukan dengan mengambil sampel *bed load*, kecepatan aliran dan kedalaman aliran pada saluran. Pengambilan sampel dilaksanakan di dua musim pada awal musim hujan (bulan Februari) dan akhir musim hujan (bulan Maret) dan tujuan pengambilan sampel di dua waktu berbeda untuk mengetahui perbedaan jumlah angkutan sedimen pada dua waktu tersebut. Kemudian sampel sedimen di uji di laboratorium untuk gradasi ukuran *presentase* lolos 50% dan 90% (D_{50} dan D_{90}) dan kemudian di analisis menggunakan persamaan *Meyer Peter-Muller*.

Telah dilakukan penelitian terdahulu oleh (Hermawan & Afiato, 2021) dengan menganalisis angkutan sedimen dasar pada saluran Irigasi Mataram Yogyakarta. Transportasi sedimen (*bed load*) menggunakan pendekatan empiris persamaan *Einstein*, *Meyer-Peter Muller*, dan *Frijlink*. Transportasi sedimen yang terjadi pada saluran dinyatakan berdasarkan besarnya tegangan geser aliran melebihi tegangan geser kritis partikel sedimen. Besarnya angkutan sedimen di saluran dinyatakan dalam kurva logaritmik hubungan antara bilangan *Froude* (fr) terhadap angkutan sedimen (qb). Kurva tersebut menjelaskan bahwa kenaikan bilangan *Froude* (fr) yang terjadi pada setiap bagian saluran akan berbanding lurus dengan kenaikan kuantitasnya sedimen transpor (qb).

(Munir, 2019) melakukan penelitian mengenai bangunan Sabo Dam, fungsi dan potensinya sebagai pendukung Geowisata Gunung Merapi di Yogyakarta. Menurutnya bangunan sabo dam merupakan struktur yang berfungsi sebagai bangunan penangkap sedimen debris atau lahar yang biasa ditempatkan pada sungai di gunung api. Bangunan ini bermanfaat dalam mengendalikan lahar atau debris terutama yang terjadi disebabkan oleh hujan yang leba. Keberadaan bangunan sabo tidak hanya berfungsi untuk mengendalikan bencana lahar tetapi juga dapat dijadikan pembelajaran ataupun studi serta masuk dalam bidang pariwisata. Tujuan dari kajian ini adalah untuk memperkenalkan fungsi bangunan Sabo dam dan mempelajari nilai bangunanya serta mengeksplorasi lingkungannya

sebagai objek yang merupakan pendukung dari geowisata Gunung Merapi di Yogyakarta. Dari penelitian ini diketahui terdapat potensi yang cukup baik dari bangunan sabo sebagai pendukung dari wisata Gunung Merapi. Potensi pariwisata yang timbul tidak hanya menjadi sebuah sarana rekreasi tetapi dapat dijadikan pembelajaran bagi masyarakat terhadap bencana baik bencana letusan maupun banjir lahar.

Telah dilakukan penelitian oleh (Kamis & Priambodo, 2021) Mengenai analisis laju sedimentasi pada hulu sungai Togurara Kota Ternate. Penelitian dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui besarnya angkutan sedimen dasar (*bed load*) dan sedimen melayang (*suspended load*) yang tertampung pada Sabodam Sta. 02+600 hulu Sungai Togurara menggunakan rumus-rumus empiris yaitu metode *Meyer-Petter Muller* (MPM).

Telah dilakukan penelitian oleh (Andayani & Yulianti, 2019) mengenai analisis debit muatan dasar pada Muara Sungai Ogan. Penelitian dilakukan untuk menanggulangi besarnya laju angkutan dasar (*bed load*) Sungai Ogan. Penelitian ini menggunakan metode *Meyer-Petter Muller* (MPM). Pengambilan sampel dilakukan pada 3 titik di muara Sungai Ogan dan hasil sampel di uji saringan dan ukuran sedimen di laboratorium. Adapun data sekunder yang dikumpulkan berupa data curah hujan 10 tahun dari BMKG dan data *Catchmen Area* yang akan dianalisis bersama hasil uji sampel.

2.2 Sungai

Sungai adalah saluran tempat air mengalir dengan permukaan air yang bebas. Di seluruh titik sepanjang saluran tersebut, tekanan di permukaan air cenderung seragam, biasanya sama dengan tekanan atmosfer. Variabel aliran bisa sangat bervariasi baik dalam hal ruang maupun waktu. Faktor-faktor tersebut meliputi luas penampang saluran, kekasaran, kemiringan dasar, belokan, debit aliran, dan sebagainya (Triatmodjo, 2008).

2.3 Alur Sungai

Sungai memiliki alur yang dapat dibedakan menjadi 3 (tiga) bagian yaitu :

1. Bagian Hulu

Bagian hulu sungai adalah area di mana aliran air sangat cepat, menjadikannya sebagai lokasi utama untuk erosi di bagian dasar sungai. Sedangkan di hilir, kondisinya berbeda.

2. Bagian Tengah

Bagian tengah sungai adalah zona transisi antara hulu dan hilir, di mana kemiringan dasar sungai cenderung lebih datar. Akibatnya, kecepatan aliran menjadi lebih rendah, sehingga kekuatan erosi juga tidak terlalu besar. Erosi di bagian ini cenderung terjadi di dasar dan sisi sungai, serta disertai dengan pengendapan material.

3. Bagian Hilir

Bagian hilir sungai adalah area di mana aliran air relatif lambat dan kemiringan dasar sungai cukup datar. Kondisi ini sangat mendukung terbentuknya endapan atau sedimen. Jenis endapan yang umum ditemukan di sini meliputi pasir halus, lumpur, bahan organik, dan berbagai jenis endapan lainnya.

2.4 Daerah Aliran Sungai (DAS)

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah sebuah wilayah tata air yang terbentuk secara alami, di mana seluruh air hujan yang jatuh di area tersebut akan mengalir melalui sungai dan anak sungai yang ada di dalamnya. (Arsitektur & Kebijakan, 2013)

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah wilayah yang dibatasi oleh punggung-punggungan gunung atau pegunungan, di mana air hujan yang jatuh di area tersebut akan mengalir menuju sungai utama pada titik atau stasiun tertentu yang dianalisis. (Triatmodjo, 2008)

Konsep Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah fondasi utama dalam perencanaan hidrologi. DAS yang lebih besar umumnya terdiri dari beberapa DAS yang lebih kecil, dan DAS kecil ini pada gilirannya terdiri dari DAS yang lebih kecil lagi. Secara umum, DAS didefinisikan sebagai area yang dibatasi oleh batas alam, seperti punggung bukit atau gunung, maupun batas buatan seperti jalan atau tanggul, di mana air hujan yang jatuh di wilayah tersebut mengalir menuju titik control. (Dr. Ir. Suripin, 2004)

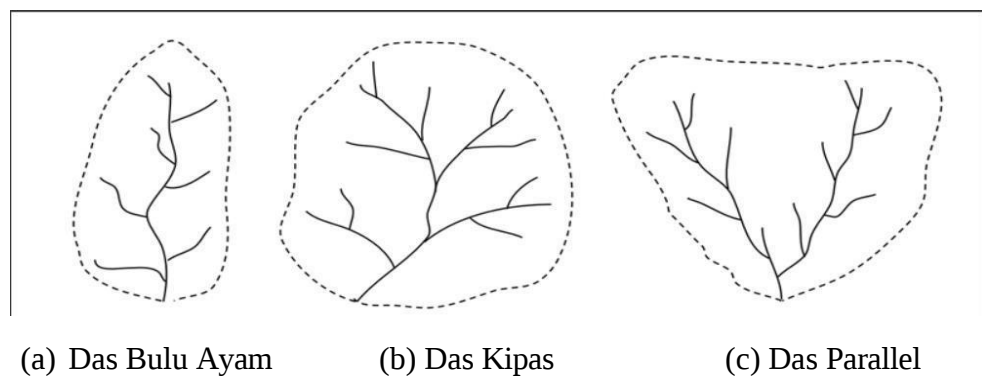
2.3.1 Bentuk - bentuk DAS

Menurut (Arfy et al., 2019) daerah aliran sungai dibedakan menjadi tiga bentuk, yaitu :

- a) Bentuk Bulu Ayam: DAS dengan bentuk seperti bulu ayam memiliki pola debit banjir yang sekuensial dan berturut-turut, serta memerlukan waktu lebih singkat untuk mencapai aliran utama. Topografinya juga cenderung lebih curam

dibandingkan dengan bentuk DAS lainnya.

- b) Bentuk Kipas: DAS dengan bentuk kipas mengumpulkan debit banjir dari berbagai arah sungai dan memerlukan waktu yang lebih lama dibandingkan bentuk bulu ayam untuk mencapai aliran utama. Topografinya juga cenderung lebih datar dibandingkan dengan bentuk bulu ayam..
- c) Bentuk parallel / Kombinasi: DAS merupakan kombinasi yang memiliki debit banjir yang terkumpul dari berbagai arah sungai di bagian hilir, sedangkan di bagian hulu, aliran terjadi secara sekuensial dan berurutan. Adapun tiga bentuk daerah aliran sungai dapat dilihat pada **Gambar 2.1** sebagai berikut :



Gambar 2. 1 Bentuk-Bentuk daerah aliran sungai
(sumber : Risnandar, 2020)

2.4 Bangunan Sabo Dam

Menurut (Saiya et al., 2022) Sabo Dam adalah struktur yang dibangun di sungai dengan tujuan untuk menahan dan mengendalikan sedimen, terutama bed load dan suspended load, yang dapat terbawa oleh aliran sungai saat terjadi banjir. Selain itu, Sabo Dam berfungsi untuk melindungi daerah atau infrastruktur pengairan lainnya di hilir dari ancaman banjir, terutama ketika banjir tersebut membawa banyak sedimen. Dengan adanya Sabo Dam, dasar sungai menjadi lebih landai, sehingga risiko erosi pada dasar sungai dapat diminimalkan.

Menurut Yokota dalam (Said, 2020) fungsi dari bangunan sabo antara lain yaitu:

1. Memperlambat dan mengontrol kecepatan aliran debris
2. menampung aliran debris sehingga debit aliran terminimalisir
3. Sebagai lokasi pengendapan aliran debris
4. Penyediaan lahan (hutan) berfungsi sebagai area untuk penyebaran dan penghambat aliran material debris.

5. Sebagai pengatur aliran untuk mengatasi penyebaran aliran debris
6. membatasi terjadinya aliran material debris

Menurut (Suryana et al., 2019) Sabo Dam (bangunan pengendali sedimen) memiliki keunggulan dan kelemahan dalam pembangunannya. Adapun Beberapa manfaat dari bangunan Sabo Dam, antara lain:

1. Pemanfaatan tampungan pasir di hulu dam pengendali sedimen atau bangunan lainnya sebagai bahan galian golongan C dapat memberikan kontribusi positif dengan mengembalikan kapasitas tampung bangunan untuk menghadapi banjir di masa mendatang.
 2. Penggunaan air sungai yang diambil dari bangunan pengendali sedimen dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan, seperti irigasi, pemnangkit listrik tenaga air skala kecil (*mini hydro power*), dan lain-lain
 3. Penggunaan dam pengendali sedimen untuk jembatan pelintas
 4. Pemanfaatan sumber daya atau pengoperasian bangunan sesuai dengan ketentuan teknis akan memberikan dampak positif bagi bangunan tersebut.
- Dampak negatif yang mungkin timbul dari pembangunan Sabo Dam terhadap lingkungan sekitar Sabo Dam, antara lain:

1. Kekhawatiran terkait degradasi dasar sungai di bagian hilir, yang dapat menyebabkan kerusakan pada pilar jembatan dan dasar revetment, serta menyulitkan pengambilan air pada bangunan intake irigasi akibat penurunan muka air.
2. Kekhawatiran mengenai akumulasi deposit sementara di bagian hulu, seperti genangan atau banjir di area endapan, serta perubahan erosi lateral pada tanggul.
3. Kekhawatiran terkait penurunan kualitas biologis, termasuk dampak terhadap perikanan darat, pengaruh terhadap upaya reboisasi atau penghijauan kembali, serta kerusakan lahan dan pemandangan.

2.4.1 Jenis-jenis dan Fungsi Sabo Dam

Menurut Khoirul dalam (Beno et al., 2022) jenis bangunan pengendali sedimen menurut fungsinya dibedakan menjadi :

1. *Check Dam* atau *Sabo Dam* adalah bendungan penahan sedimen yang perlu dibangun di lembah sungai yang cukup dalam untuk menahan, menampung, dan mengendalikan sedimentasi, sehingga jumlah sedimen yang mengalir dapat dikurangi.
2. *Sand Pocket* (Kantong Pasir) adalah struktur pengendali sedimen yang dibangun di daerah sungai berbentuk kipas alluvial untuk menampung sejumlah besar sedimen yang mengalir, sehingga sisa sedimen yang tidak tertahan oleh *check dam* dapat disimpan di sini.
3. *Groundsill* atau ambang pengendali dasar adalah *check dam* rendah yang dibangun melintang di sungai untuk menstabilkan dasar sungai dan mengarahkan aliran sedimen.
4. *Channel Works* adalah struktur berupa kanal yang dibangun di daerah kipas alluvial untuk menstabilkan arah alur dan mengalirkan banjir dengan aman, karena area tersebut cenderung mengalami perubahan akibat fluktuasi debit. Adapun Gambar sabo dam tipe terbuka dan tertutup dapat dilihat pada **Gambar 2.2 dan Gambar 2.3** dibawah ini :



Gambar 2. 2 Bangunan Sabodam tipe Terbuka

(Sumber: Hassan, 2019)



Gambar 2. 3 Bangunan sabodam tipe Tertutup

(Sumber:Hassan, 2019)

2.5 Sedimentasi

Sedimen adalah hasil dari proses erosi, yang dapat meliputi erosi permukaan, erosi parit, atau jenis erosi tanah lainnya. Sedimen biasanya mengendap di bagian bawah kaki bukit, daerah genangan banjir, saluran air, sungai, dan waduk. Sedimentasi merujuk pada proses pengendapan material tersebut. (Suryana et al., 2019)

2.5.1 Proses Sedimentasi

Sedimentasi adalah proses pengendapan material fragmental oleh air sebagai hasil dari erosi. Proses ini melibatkan pengumpulan butir-butir tanah yang terjadi ketika kecepatan aliran air yang membawa bahan sedimen mencapai kecepatan pengendapan (*settling velocity*). Sedimentasi dapat terjadi di lahan pertanian maupun di sepanjang dasar sungai, waduk, muara, dan lokasi lainnya. Menurut m. reza nurfanza dalam (Anugra, 2015)

Menurut Ponce dalam (Nugraha, 2019) Sedimen adalah hasil dari disintegrasi dan dekomposisi batuan. Disintegrasi mencakup proses di mana batuan yang rusak atau pecah menjadi butiran-butiran kecil tanpa mengubah substansi kimiawinya. Dekomposisi merujuk pada pemecahan komponen mineral batuan melalui reaksi kimia, termasuk proses karbonasi, hidrasi, oksidasi, dan pelarutan. Karakteristik butiran mineral dapat menggambarkan sifat sedimen, seperti ukuran (*size*), bentuk (*shape*), berat volume (*specific weight*), berat jenis (*specific gravity*), dan kecepatan jatuh atau pengendapan (*fall velocity*).

Menurut (Nugraha, 2019) Berdasarkan jenis sedimen, ukuran partikel tanah, serta komposisi mineral dan bahan induk yang menyusunnya, angkutan sedimen dapat dibagi menjadi beberapa jenis, yaitu :

4. Muatan dasar (*bed load transport*)

Muatan dasar (*bed load*) adalah partikel-partikel yang bergerak di dasar sungai dengan cara berguling, meluncur, dan meloncat. Muatan dasar terus-menerus bergerak, sehingga sepanjang aliran dasar sungai terjadi proses degradasi dan aggradasi. Umumnya, besarnya angkutan dasar pada sungai berkisar antara 5-25% dari angkutan melayang. Material kasar cenderung memiliki persentase yang lebih tinggi sebagai angkutan dasar.

5. Sedimen layang (*suspended load*)

Partikel sedimen dikategorikan sebagai melayang (*suspended load*) jika

partikel-partikel tersebut bergerak di dalam aliran air tanpa menyentuh dasar saluran. Karena pengaruh gaya berat, partikel-partikel ini cenderung untuk mengendap, namun kecenderungan ini terus-menerus dilawan oleh gerakan turbulensi aliran, sehingga butir-butir tanah tetap melayang di atas saluran. *Suspended load* biasanya terdiri dari pasir halus yang bergerak akibat turbulensi aliran, debit, dan kecepatan aliran. Semakin besar debit, semakin besar pula angkutan *suspended load*. Dengan kata lain, kondisi aliran akan menentukan apakah suatu fraksi sedimen akan bergerak sebagai sedimen melayang atau tidak.

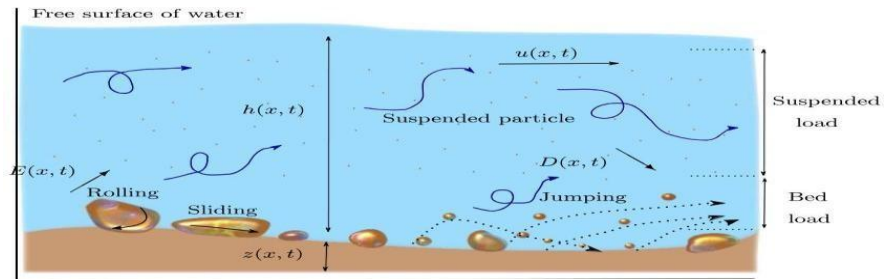
Angkutan sedimen melayang sering kali terjadi bersamaan dengan angkutan sedimen dasar, dan transisi antara kedua metode transportasi ini bisa terjadi secara bertahap, tergantung pada perubahan kondisi aliran. Biasanya, aliran sungai bersifat turbulen, sehingga gaya gravitasi yang menarik partikel sedimen dapat diimbangi oleh gerakan turbulensi dan pusaran arus yang mengangkat partikel sedimen kembali ke atas. Dari penjelasan ini, dapat disimpulkan bahwa angkutan sedimen melayang dapat dibedakan menjadi tiga kondisi :

- a. Jika gaya gravitasi yang mempengaruhi partikel sedimen lebih besar dibandingkan dengan gaya turbulensi aliran, maka partikel sedimen akan mengendap, menyebabkan pendangkalan di dasar sungai.
- b. Jika gaya gravitasi yang mempengaruhi partikel sedimen sama dengan gaya turbulensi aliran, maka akan tercapai keadaan seimbang, dan partikel sedimen tersebut akan tetap stabil, terus terbawa aliran sungai ke arah hilir.
- c. Jika gaya gravitasi yang mempengaruhi partikel sedimen lebih kecil dibandingkan dengan gaya turbulensi aliran, maka dasar sungai akan mengalami pengikisan dan akan terjadi erosi pada dasar sungai.

Sedimen dikatakan melayang jika gaya angkatnya melebihi gaya beratnya.

6. Angkutan sedimen total (*total load*)

Angkutan Sedimen Total (*Total Load*) ditentukan dengan menjumlahkan debit angkutan sedimen alas dengan debit angkutan sedimen melayang. adapun sketsa pergerakan sedimen dapat dilihat pada **Gambar 2.4** sebagai berikut :



Gambar 2. 4 Sketsa Pergerakan Sedimen

(Sumber:González-Aguirre et al., 2023)

2.5.2 Karakteristik Sedimen

Adapun beberapa karakteristik sedimen yang berhubungan dengan transpor sedimen yaitu :

a. Gradasi

Menurut (Artia & Fatima, 2018) Gradasi atau susunan butir merujuk pada distribusi ukuran agregat. Distribusi ini dapat bervariasi dan dibedakan menjadi tiga jenis: gradasi sela (*gap grade*), gradasi menerus (*continuous grade*), dan gradasi seragam (*uniform grade*). Gradasi agregat dapat dibedakan menjadi :

- 1) Gradasi seragam (*uniform graded*) adalah jenis gradasi agregat di mana ukuran butir hampir seragam. Gradasi seragam ini juga dikenal sebagai gradasi terbuka (*open graded*) karena mengandung sedikit agregat halus, sehingga terdapat banyak rongga atau ruang kosong di antara agregat .
- 2) Gradasi rapat (*dense graded*) adalah jenis gradasi agregat yang mencakup butiran dari ukuran kasar hingga halus, sehingga sering disebut juga sebagai gradasi menerus atau gradasi baik (*well graded*).
- 3) Gradasi senjang (*gap graded*) adalah jenis gradasi agregat di mana ukuran agregat tidak merata, dengan beberapa fraksi agregat yang tidak ada atau jumlahnya sangat sedikit. Campuran beraspal dengan gradasi ini menunjukkan kualitas transisi dari keadaan campuran dengan gradasi yang telah disebutkan sebelumnya.

b. Ukuran Butir Sedimen

Menurut (Artia & Fatima, 2018) Ukuran butir sedimen adalah salah satu karakteristik yang paling penting dan sering digunakan dalam persamaan transportasi sedimen. Ukuran butiran diwakili oleh :

- 1) Diameter nominal (d_n), ialah diameter bola yang memiliki volume sama dengan volume butiran sedimen.
- 2) Diameter jatuh (*Fall velocity*), yaitu diameter bola dengan berat jenis spesifik 2,65 yang memiliki kecepatan jatuh yang sama dengan butir standar.
- 3) Diameter sedimen, yaitu diameter bola yang memiliki berat dan kecepatan endapan yang sama dengan butir sedimen dalam cairan yang sama dan dalam kondisi yang serupa.
- 4) Diameter saringan adalah ukuran yang sering digunakan untuk mengukur butir sedimen dengan menggunakan saringan standar. Pengukuran ini dilakukan untuk butir yang memiliki diameter lebih besar dari 0,0625 mm, sesuai dengan ukuran saringan terkecil. Adapun klasifikasi ukuran butiran sedimen dapat dilihat **pada Tabel 2.1** sebagai berikut :

Tabel 2. 1 Klasifikasi Ukuran butiran sedimen (menurut AGU)

Rentang Diameter (mm)	Nama	Rentang Diameter(mm)	Nama
4096-2048	Batu sangat besar (<i>very large boulders</i>)	1/2-1/4	Pasir Sedang (<i>Mediym Sand</i>)
2048-1024	Batu besar (<i>Large Boulders</i>)	1/4-1/8	Pasir Halus (<i>fine sand</i>)
1024-512	Batu sedang (<i>Medium Boulders</i>)	1/8-1/16	Pasir Sangat Halus (<i>very fine sand</i>)
512-256	Batu Kecil (<i>Small Boulders</i>)	1/16-1/32	Lumpur Kasar (<i>coarse silt</i>)
256-128	Kerakal besar (<i>Large Cabbles</i>)	1/32-1/64	Lumpur Sedang (<i>medium silt</i>)
128-64	Kerakal kecil (<i>Samll Cabbles</i>)	1/64-1/128	Lumpur halus (<i>fine silt</i>)
64-23	Kerikil Sangat Kasar (<i>Very Coarse gravel</i>)	1/128-1/256	Lumpur sangat halus (<i>very fine silt</i>)
32-16	Kerikil Kasar (<i>Coarse gravel</i>)	1/256-1/512	Lempung kasar (<i>coarse clay</i>)
16-8	Kerikil Sedang (<i>Medium gravel</i>)	1/512-1/1024	Lempung sedang (<i>medium clay</i>)
8-4	Kerikil Halus (<i>fine gravel</i>)	1/1024-1/2048	Lempung halus (<i>fine clay</i>)
42	Kerikil sangat halus (<i>very fine gravel</i>)	1/2048-1/4096	Lempung sangat halus (<i>very fine clay</i>)
21	Pasir Sagar Kasar (<i>very coare sand</i>)		Kaloid
11/2	Pasir Kasar (<i>coarse dand</i>)		

(Sumber : Artia & Fatima, 2018)

c. Berat Jenis Sedimen

Menurut Ponce dalam (Artia & Fatima, 2018) Berat jenis (*specitif gravity*) sedimen yaitu suatu perbandingan berat butiran sedimen terhadap berat volume air. Adapun persamaan dari berat jenis sedimen ialah :

$$\gamma_s = \frac{w_s}{w_w} \quad (2.1)$$

Keterangan :

 γ_s = Berat jenis sedimen w_s = Berat sampel sedimen (gr) w_w = Berat air (gr)

d. Viskositas Kinematik

Viskositas kinematik air adalah rasio antara berat jenis air (ρ) dengan

viskositas dinamik (μ) . misalnya harga yang mewakili $\nu = 1,000 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ untuk air bersih pada suhu 20°C . Sebagaimana ditunjukkan pada **Tabel 2.2** dibawah ini :

Tabel 2. 2 Viskositas kinematik air (ν)

Suhu $^\circ\text{C}$	Viskositas Kinematik ($10^{-6} \text{ m}^2 / \text{s}$)	Suhu $^\circ\text{C}$	Viskositas Kinematik ($10^{-6} \text{ m}^2 / \text{s}$)
11	1,270	26	0,873
12	1,235	27	0,854
13	1,201	28	0,836
14	1,169	29	0,818
15	1,138	30	0,802
16	1,108	31	0,785
17	1,080	32	0,769
18	1,053	33	0,753
19	1,027	34	0,738
20	1,000	35	0,724
21	0,978	36	0,711
22	0,955	37	0,697
23	0,933	38	0,684
24	0,911	39	0,671
25	0,893	40	0,658

(Sumber : Triatmodjo, 2008)

e. Tegangan Geser Kritis

Tegangan geser kritis dapat diartikan sebagai tegangan geser pada dasar di mana sedimen mulai tererosi dari permukaan dasar.(Achmad et al., 2017). Tegangan geser kritis adalah parameter penting dalam transportasi sedimen karena pergerakan sedimen dipengaruhi oleh tegangan geser, kecepatan kritis, dan gaya angkat. Partikel sedimen akan terangkat jika tegangan geser dasar melebihi tegangan kritis erosi. Berikut adalah persamaan untuk menghitung tegangan geser kritis :

$$\tau_0 = \gamma \times h \times S \quad (2.2)$$

Keterangan :

τ_0 = Tegangan geser kritis (kg/m^2)

γ = Berat jenis air

h = Kedalaman sungai (m)

S = Kemiringan sungai

f. Kedalaman Aliran Sungai

Kedalaman sungai dapat dihitung menggunakan persamaan debit, asalkan nilai debit telah diketahui sebelumnya dari perhitungan debit banjir yang dirancang dalam analisis hidrologi.

$$Q = A \times V \quad (2.3)$$

Dimana :

$$A = (b + m \times h) \times h \quad (2.4)$$

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}} \quad (2.5)$$

$$R = \frac{A}{P} \quad (2.6)$$

$$P = b + 2 \times h \times \sqrt{1 + m^2} \quad (2.7)$$

Keterangan :

Q = Debit banjir (m^3/s)

A = Luas Penampang sungai

(m^2) V = Kecepatan aliran
(m/s)

h = Kedalaman sungai (m)

b = Lebar dasar sungai rata-rata (m)

R = Jari-jari hidrolis (m)

S = Kemiringan dasar sungai rata-rata

P = Keliling basah sungai

n = Koefisien kekasaran *Manning*

m = Kemiringan talud sungai

Berikut tipikal harga koefisien kekasaran manning dapa dilihat pada **tabel 2.3** dibawah ini :

Tabel 2. 3 Tipikal Harga Koefisien Kekasaran Manning (n)

NO	Tipe Saluran dan jenis bahan	Harga n		
		Minimum	Normal	Maksimum
1	Beton			
	Gorong-gorong lurus dan bebas dari kotoran	0,010	0,011	0,013
	Gorong-gorong dengan lengkungan dan sedikit kotoran/gangguan	0,011	0,013	0,014
	Beton dipoles	0,011	0,012	0,014
	Saluran pembuang dengan baik kontrol	0,013	0,015	0,017
2	Tanah lurus dan seragam			
	Bersih baru	0,016	0,018	0,020
	Beraih telah melapuk	0,018	0,022	0,025
	Berkerikil	0,022	0,025	0,030
	Berumput pendek, sedikit tanaman pengganggu	0,022	0,027	0,033
3	Saluran alam			
	a, Bersih lurus	0,025	0,030	0,053
	b, Bersih, berkelok-kelok	0,033	0,040	0,045
	c, Banyak tanaman pengganggu	0,050	0,070	0,080
	d, Dataran banjir berumput pendek-tinggi	0,025	0,030	0,035
	e, Saluran di belukar	0,035	0,050	0,070

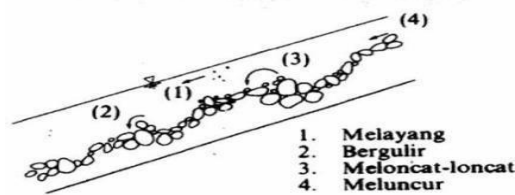
(Sumber : Chow, 1959)

2.5.3 Mekanisme pergerakan sedimen

Menurut Asdak dalam (Nugraha, 2019) Gerakan butiran tanah atau pasir secara individual akibat terkena titik-titik hujan atau terdorong oleh aliran air dalam saluran kecil disebut gerakan fluvial (*fluvial movement*). Gaya-gaya yang menyebabkan pergerakan butiran kerikil di permukaan dasar sungai meliputi komponen gaya gravitasi yang sejajar dengan dasar sungai, serta gaya geser dan gaya angkat yang dihasilkan oleh kekuatan aliran air sungai.

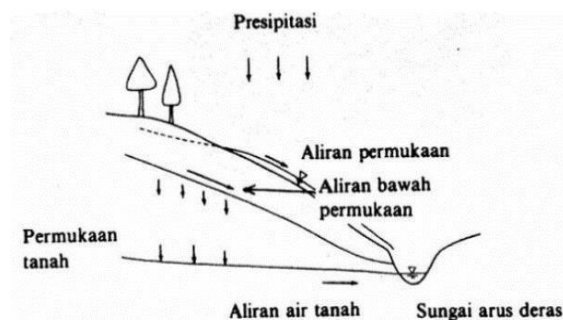
Karena muatan dasar selalu bergerak, permukaan dasar sungai kadang-kadang mengalami kenaikan (agradasi) atau penurunan (degradasi), dan perubahan naik- turunnya dasar sungai ini disebut alterasi dasar sungai (*river bed alternation*). Muatan melayang tidak memengaruhi alterasi dasar sungai, tetapi dapat mengendap di dasar waduk atau muara sungai, yang menyebabkan pendangkalan waduk atau muara dan menimbulkan berbagai masalah. Sumber sedimen terbesar berasal dari erosi permukaan lereng pegunungan, erosi sungai (baik dari dasar maupun tebing alur sungai), dan bahan hasil letusan gunung berapi yang masih aktif. (Sosrodarsono & Tominaga, 2008). Adapun mekanisme

pergerakan sedimen dalam aliran air dan proses limpasan yang ada di sungai seperti ditunjukkan pada **Gambar 2.5** dan **Gambar 2.6** dibawah ini



Gambar 2. 5 Gerakan butiran pasir dalam aliran air

(Sumber: Sosrodarsono & Tominaga, 2008)

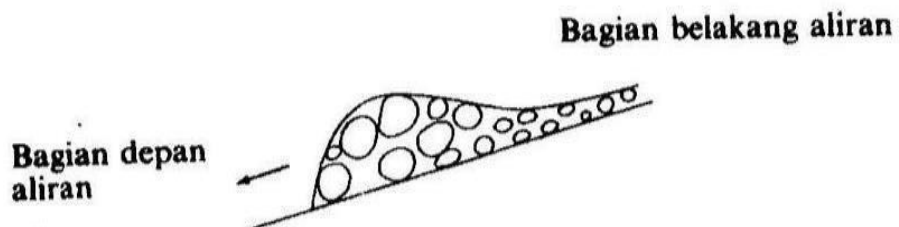


Gambar 2. 6 Proses limpasan hujan di daerah pegunungan

(Sumber: Sosrodarsono & Tominaga, 2008)

2.5.4 Aliran debris

Gerakan massa sedimen adalah pergerakan air yang tercampur dengan massa sedimen pada konsentrasi yang sangat tinggi, yang terjadi di hulu sungai dengan arus deras, di daerah lereng pegunungan atau gunung berapi. Gerakan sedimen ini, yang dikenal sebagai sedimen luruh, biasanya terjadi di dalam alur sungai dengan arus deras (*torrent*) yang memiliki kemiringan sekitar 15° . (Sosrodarsono & Tominaga, 2008) dapat dilihat pada **Gambar 2.7** berikut :

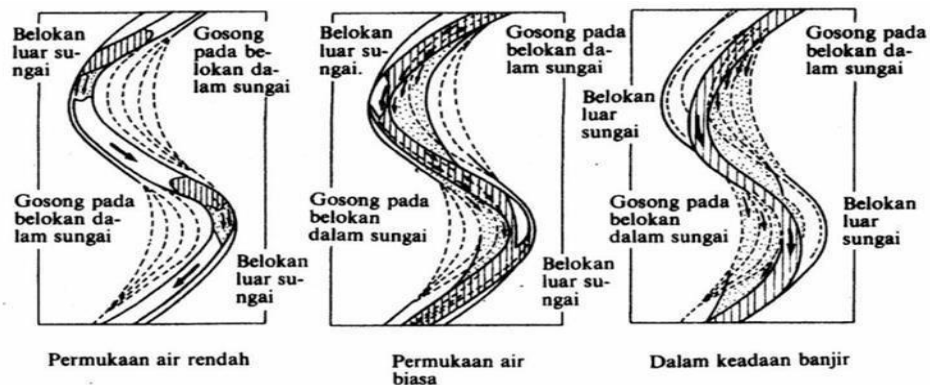


Gambar 2. 7 Aliran debris

(Sumber : Sosrodarsono & Tominaga, 2008)

Banjir lahar yang mengandung batu-batu ditandai dengan batu besar yang terkonsentrasi di bagian depan aliran dan kerikil berukuran kecil di bagian

belakang. Sedimen luruh biasanya terdiri dari pasir atau lumpur yang tercampur dengan kerikil dan batu-batu dengan berbagai ukuran dan proporsi. Ukuran batu dalam sedimen luruh dapat bervariasi dari beberapa *centimeter* hingga meter. Sedimen luruh yang sebagian besar terdiri dari pasir disebut pasir luruh (*sand flow*), sementara yang sebagian besar terdiri dari lumpur disebut lumpur luruh (*mud flow*). Sedimen luruh yang berasal dari endapan letusan gunung berapi disebut banjir lahar dingin atau banjir lahar. Jika suplai sedimen melebihi kapasitas transportasi, akan terjadi aggradasi. Sebaliknya, jika suplai sedimen kurang dari kapasitas transportasi, akan terjadi degradasi. Kemampuan transportasi dipengaruhi oleh debit, kecepatan aliran rata-rata, kemiringan, tegangan geser, dan karakteristik sedimen. Untuk mencegah aggradasi dan degradasi, perlu menciptakan kondisi seimbang di sungai, yaitu ketika suplai sedimen dari daerah aliran sungai (DAS) sama dengan kapasitas transportasi sedimen sungai. (Nugraha, 2019) seperti ditunjukkan pada **Gambar 2.8** dibawah ini :



Gambar 2. 8 Proses pergerakan sedimen

(Sumber : Sosrodarsono & Tominaga, 2008)

Berdasarkan **Gambar 2.8** Perubahan gerakan sedimen dan perpindahan area pengendapan disebabkan oleh fluktuasi muka air.

Menurut Soewarno dalam (Nugraha, 2019) Mekanisme transportasi butir-butir tanah yang dibawa oleh aliran air dapat dibagi menjadi beberapa kategori, sebagai berikut :

1. *Wash Load Transport* atau angkutan sedimen cuci, yaitu bahan sedimen yang berasal dari pelapukan lapisan permukaan tanah yang menjadi debu halus selama musim kering. Debu halus ini kemudian terbawa ke dalam sungai baik oleh angin maupun oleh air hujan yang turun pertama kali pada musim hujan,

sehingga jumlah sedimen pada awal musim hujan cenderung lebih banyak dibandingkan dengan periode lainnya.

2. *Suspended Load Transport* atau angkutan sedimen layang, yaitu proses di mana butir-butir tanah bergerak melayang dalam aliran air. Gerakan butir-butir ini terus-menerus didorong oleh turbulensi aliran, sehingga tetap melayang di atas saluran. *Suspended load* biasanya terdiri dari pasir halus yang terpengaruh oleh turbulensi aliran, debit, dan kecepatan aliran. Semakin besar debit, semakin besar pula angkutan *suspended load*.
3. *Saltation Load Transport* atau angkutan sedimen loncat, yaitu pergerakan butir-butir tanah dalam aliran air yang berada di antara *suspended load* dan *bed load*. Butir-butir tanah bergerak dengan cara meloncat-loncat (*skip*) dan melambung (*bounce*) sepanjang saluran tanpa menyentuh dasar saluran..
4. *Bed Load Transport* atau angkutan sedimen alas, yaitu merupakan proses transportasi butir-butir tanah seperti pasir kasar yang bergerak dengan cara menggelinding (*rolling*), mendorong, dan menggeser (*pushing and sliding*) di dasar aliran. Pergerakan ini dipengaruhi oleh gaya seret (*drag force*) dan dapat mencakup jarak tertentu, dengan butiran partikel bergerak ke arah hilir.

2.5.5 Analisis Perhitungan Laju Sedimentasi

Ada beberapa persamaan angkutan sedimen yang dipergunakan untuk memprediksi angkutan sedimen alas (*bed load*), diantaranya yaitu persamaan Einstein (1950), Engelund dan Hansen (1967), Yang (1973) serta Meyer-Peter dan Muller (1948). Dalam (Nugraha, 2019):

a) Persamaan Einstein (1950)

persamaan muatan sedimen dasar dengan pendekatan dari Einstein berdasarkan fungsi daripada:

$$\Phi = f(\Psi) \quad (2.8)$$

Dengan:

Φ = Intensitas muatan sedimen dasar

$f(\Psi)$ = intensitas aliran

$$\Phi = \frac{q_b}{\gamma_s - \rho} \left(\frac{\rho}{\rho_s - \rho} \times \frac{1}{g_D^3} \right)^{1/2} \quad (2.9)$$

$$f(\Psi) = \frac{\rho_s - \rho}{\rho} \times \frac{D}{SRb^{1/3}} \quad (2.10)$$

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

$$R' = \left(\frac{n'}{n}\right)^{\frac{3}{2}} \quad (2.11)$$

Dari pendekatan Einstein :

$$\psi = \frac{\rho s - \rho}{\rho} \times \frac{D_{35}}{R \left(\frac{n'}{n}\right)^2 s} \quad (2.12)$$

Laju angkutan sedimen dasar per unit lebar dasar sungai dihitung dengan rumus ϕ pada persamaan (2.10).

$$\phi b = q_b \cdot W \quad (2.13)$$

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

Dimana :

$$Z_1 = Z = \frac{\omega}{U_4 \cdot U'} \quad (2.14)$$

ω = Kecepatan jatuh partikel sedimen berdasarkan D_{65}

$$U' = U = (gRS)^{\frac{1}{2}} \quad (2.15)$$

Keterangan :

G = percepatan gravitasi ($9,81 \text{ m/det}^2$)

R = jari-jari hidrolis (m)

S = kemiringan dasar sungai

b) Persamaan Engelund dan Hansen (1967)

Persamaan ini berdasarkan dari pendekatan tegangan geser dan dapat ditulis sebagai berikut:

$$qs = 0.05 \gamma_s V^2 \left[\frac{d_{50}}{\gamma_s} \right]^{\frac{1}{2}} \left[\frac{\tau_0}{(\gamma - \gamma') d} \right]^{\frac{3}{2}} \quad (2.16)$$

γ_s = Berat jenis sedimen

V = Kecepatan aliran (m^2/det)

γ = Berat jenis air

D_{50} = Diameter ukuran sedimen (mm)

g = Gravitasi (m^2/det)

τ = Tegangan geser ($\tau_0 = \gamma * D * S$) (Kg/m^2)

Sehingga,

$$Q_s = W * q_s \quad (2.17)$$

Dimana :

Q_s = Muatan sedimen (kg/s)

W = Lebar sungai (m)

c) Persamaan Yang (1973)

$$\log C_1 = 5,435 - 0,286 \log \frac{\omega a_{50}}{v} - 0,457 \log \frac{U^*}{\omega} + ((1,799 - 0,409 \log \frac{\omega a_{50}}{v} - 0,314 \log \frac{U^*}{\omega}) \log (\frac{v_s}{\omega} - \frac{v_{cr}^3}{\omega})) \quad (2.18)$$

$$G_w = \gamma * W * D * V \quad (2.19)$$

$$Q_s = C_t * G_w \quad (2.20)$$

Dimana :

C_t = konsentrasi sedimen total

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

ω = Kecepatan jatuh (m/s)

V = kecepatan aliran (m/s)

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

S = kemiringan sungai

U^* = kecepatan geser (m/s)

W = lebar sungai (m)

D = Kedalaman sungai (m)

Q_s = angkutan sedimen (kg/s)

d. Meyer-peter dan Muller (1948)

$$\gamma_w R = \left(\frac{K_s}{K_s} \right)^2 S - 0,047 (\gamma_s - \gamma_w) d_m = 0,25 \left(\frac{\gamma_w}{g} \right)^{\frac{1}{3}} (q_B')^{\frac{2}{3}} \quad (2.21)$$

Dari persamaan tersebut diperoleh nilai laju angkutan sedimen dasar (q_B) dengan menyederhanakan persamaan diatas menjadi persamaan berikut :

$$q_B = \sqrt{\left(\frac{\gamma_w \cdot R \cdot \left(\frac{K_s}{K_s} \right)^2 \cdot S - 0,047 \cdot (\gamma_s - \gamma_w) \cdot d_{50}}{0,25 \cdot \left(\frac{\gamma_w}{g} \right)^{\frac{1}{3}}} \right)} \quad (2.22)$$

Dari persamaan di atas, beberapa parameter utama yang digunakan dapat dilihat, yaitu d_m yang merupakan diameter signifikan (representatif) atau biasa disebut diameter median, yang berada di antara d_{50} dan d_{60} . Selain itu, R adalah jari-jari hidrolis, yang pada sungai yang sangat lebar nilainya sama dengan kedalaman aliran (dengan asumsi pengaruh gesekan tebing dapat diabaikan). Sementara itu, q_B adalah berat angkutan sedimen dasar per satuan waktu dan per satuan lebar.

Persamaan ini dianggap lebih unggul dibandingkan dengan persamaan lainnya karena cakupan data yang digunakan sangat luas. Metode E. Meyer-Peter dan R. Muller memiliki syarat data yang harus dipenuhi, antara lain sebagai berikut:

1. Kemiringan dasar sungai rata-rata $\rightarrow S \geq 0,0004$
2. Berat jenis sedimen dasar $\rightarrow \gamma_s \geq 0,25$
3. Diameter median butiran sedimen dasar $\rightarrow d_m \geq 0,4 \text{ mm}$
4. Kedalaman aliran sungai $\rightarrow h \geq 1 \text{ cm}$

Nilai $((K_s/K_s')^{3/2})$, dalam persamaan (14), adalah merupakan suatu kemiringan yang menunjukkan bahwa hanya sebagian dari kemiringan (Energi) total, yaitu kemiringan karena pengaruh gesekan butiran yang berperan terhadap proses angkutan sedimen. Nilai K_s/K_s' bervariasi antara 0,5 sampai dengan 0,1, dimana nilai $K_s/K_s' = 1$ untuk dasar sungai yang rata, dan nilai $K_s/K_s' = 0,5$ adalah untuk dasar sungai sangat bergelombang. Parameter K_s/K_s' sering juga dikenal sebagai *Ripple Factor*. Nilai laju angkutan sedimen dasar, $q_B = 0$ atau dalam keadaan kritis maka persamaan (2.9) berubah menjadi :

$$\tau_{*cr} = \frac{\gamma_w \times R \times S}{(\gamma_s - \gamma_w) \times d_m} = 0,047 \quad (2.23)$$

Dimana Persamaan memiliki kesamaan dengan korelasi *Shields*, bahwa nilai τ_{*cr} adalah konstan untuk angka *Reynolds* butiran atau Re^* bernilai besar. Perbedaan hanya terletak pada nilai konstan sebesar 0,047 yang digunakan dalam persamaan *E. Meyer – Peter and R. Muller* dan nilai konstan 0,06 untuk korelasi *shields*. Berikut adalah langkah – langkah perhitungan Laju Angkutan Sedimen Dasar (q_B) dengan menggunakan Metode *E. Meyer Peter and R. Muller*

1. Menghitung luas penampang basah (A)

$$A = (b + m \times h) \times h \quad (2.24)$$

2. Menghitung keliling basah (P)

$$P = (b + 2 \times h \times \sqrt{1 + m^2}) \quad (2.25)$$

3. Menghitung jari-jari hidrolis (R)

$$R = \frac{A}{P} \quad (2.26)$$

4. Menghitung nilai koefisien kekasaran akibat butir (K_s')

$$d_m = \frac{26}{d_{90}^{0.6}} \quad (2.27)$$

5. Menghitung diameter butiran (d_m)

$$dm = \frac{d_{50} + d_{50}}{2} \quad (2.28)$$

$$\gamma R_h \left(\frac{k}{k'} \right)^{3/2} S - 0,047 (\gamma_s - \gamma) d_m = 0,25 \left(\frac{\gamma}{g} \right)^{1/3} (qb')^{2/3} \quad (2.29)$$

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

R_h = jari jari hidraulik (untuk sungai yang sangat lebar

R_h = kedalaman aliran)

2.6 Intensitas Hujan

Menurut sosrodarsono dalam (Budiman et al., 2018) intensitas hujan merujuk Pada tingkat curah hujan yang jatuh dalam periode waktu tertentu dimana air terkonsentrasi intensitas curah hujan ini dapat diperoleh dari kemiringan kurva (tangen kurva) yang diukur oleh alat ukur hujan otomatis. Selain itu, intensitas hujan juga dapat dihitung menggunakan rumus monobe :

$$I = R \frac{24}{T_c} \quad (2.30)$$

I = Intensitas hujan (mm/jam)

T_c = Waktu Konsentrasi (jam)

R_{24} = Curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm)

2.7 Perhitungan Hidrograf Debit Banjir Rencana

Menurut (Herison et al., 2018) Metode rasional merupakan metode klasik yang masih digunakan hingga saat ini untuk memperkirakan debit puncak. Prinsip dasar dari metode ini adalah bahwa ketika hujan dengan intensitas I turun secara terus-menerus, limpasan permukaan akan terus meningkat hingga mencapai waktu konsentrasi (t_c). Waktu konsentrasi tercapai saat seluruh area DAS sudah berkontribusi terhadap aliran di outlet. Laju masukan sistem ditentukan oleh hasil curah hujan berintensitas I pada DAS dengan luas A . Rasio antara laju masukan dan debit puncak (Q_p) pada saat t_c disebut sebagai koefisien limpasan (C), dengan rentang nilai $0 \leq C \leq 1$.

Metode ini merupakan salah satu yang paling tua dan dikenal di antara metode empiris lainnya. Metode ini banyak diterapkan pada sungai-sungai biasa dengan daerah aliran yang luas, serta digunakan dalam perencanaan drainase untuk daerah

aliran yang relatif kecil. Bentuk umum metode rasional ini adalah sebagai berikut :

$$Q_P = 0,2778 \times C \times I \times A \quad (2.31)$$

Keterangan :

Q_P = debit banjir (m^3/det)

C = Koefisien limpasan pengaliran

A = Luas daerah aliran sungai (km^2)

I = Intensitas curah hujan rata-rata (mm/jam)

Tabel 2. 4 Tipikal Harga Koefisien Kekasaran Manning (c)

No	Deskripsi Lahan / Karakter Permukaan	Koefisien C
1	Bisnis	
	- Perkotaan	0,70 - 0,95
	- Pinggiran	0,50 - 0,70
2	Perumahan	
	- rumah tunggal	0,30 - 0,50
	- multiunit terpisah, terpisah	0,40 - 0,60
	- multiunit, tergabung	0,60 - 0,75
	- perkampungan	0,25 - 0,40
	- apartemen	0,50 - 0,70
3	Industri	
	- ringan	0,50 - 0,80
	- berat	0,60 - 0,90
4	Perkerasan	
	- aspal dan beton	0,70 - 0,95
	- bati bata, paving	0,50 - 0,70
5	Atap	0,75 - 0,95
6	Halaman, tanah berpasir	
	- datar 2%	0,05 - 0,10
	- rata-rata 2-7 %	0,10 - 0,15
	- curam 7 %	0,15 - 0,20
7	Halaman tanah berat	
	- datar 2%	0,13 - 0,17
	- rata-rata 2-7 %	0,18 - 0,22
	- curam 7 %	0,25 - 0,35
8	Halaman kereta api	0,10 - 0,35
9	Taman tempat bermain	0,20 - 0,35
10	Taman, pekuburan	0,10 - 0,25
11	Hutan	
	- datar, 0 - 5 %	0,10 - 0,40
	- bergelombang, 5 - 10 %	0,25 - 0,50
	- berbukit, 10 - 30 %	0,30 - 0,60

(Sumber : Suripin, 2003)

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini berada di Kabupaten Sigi Provinsi Sulawesi Tengah tepatnya di Desa Namo Kec. Kulawi, Kabupaten sigi, secara geografis Desa Namo berada di posisi $1^{\circ}26'07.77''\text{S}$ $119^{\circ}59'17.12''\text{E}$, sementara lokasi titik sabo dam berada di $1^{\circ}26'07.9''\text{S}$ $119^{\circ}59'17.09''\text{E}$ dan berjarak sekitar 54 km dari Kota Palu, Ibu Kota Provinsi Sulawesi Tengah. Secara administratif kabupaten Sigi berbatasan langsung dengan Kabupaten Poso dan Kabupaten Parigi Moutong di sebelah Timur, Kabupaten Luwu Utara Provinsi Sulawesi Selatan di sebelah selatan, kemudian Mamuju Provinsi Sulawesi Barat disebelah barat dan Kabupaten Donggala dan Kota Palu di sebelah Utara. Sebagaimana ditunjukkan pada **Gambar 3.1** di bawah ini :



Gambar 3. 1 Lokasi Sabo DAM Sungai Namo

Sumber : Google Earth (2025)

3.2 Alat dan bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

1. Kantong Sampel
2. *Rollmeter*
3. Buku catatan
4. Tali
5. Stopwatch
6. Patok kayu
7. Spidol
8. Sekop

3.3 Pengumpulan Data

Data yang diperlukan dalam penelitian ini digolongkan dalam dua jenis data yaitu :

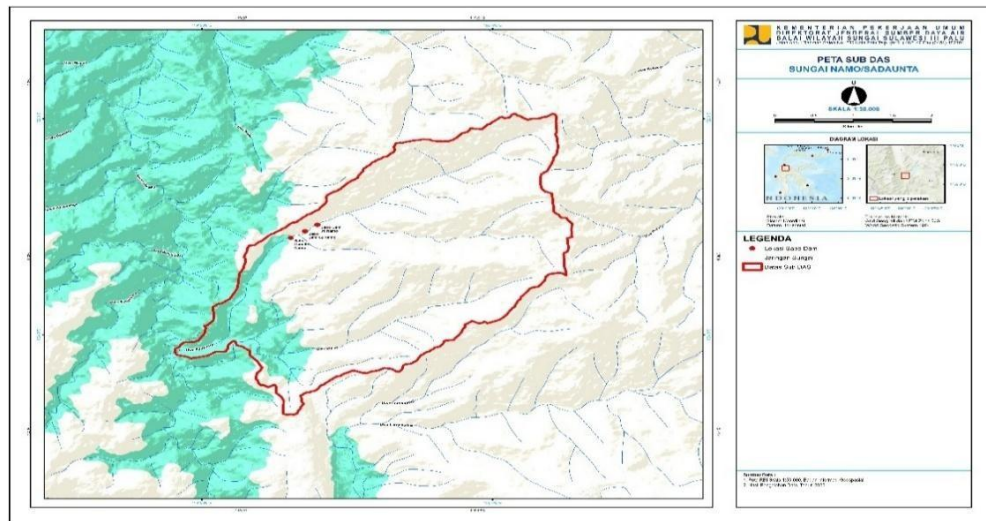
1. Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh langsung dari lokasi penelitian. Adapun dalam penelitian ini data primer yang akan digunakan adalah sebagai berikut:

- a. Sampel Sedimen

Untuk pengambilan sampel sedimen dilakukan pada tiga lokasi di bagian hulu dari sungai Namo. Satu lokasi terdapat empat titik pengambilan sampel atau lebih tergantung lebar sungai, Material yang diambil adalah material yang masih bisa di sekop dan dimasukkan dalam karung yang sudah diberi nama sesuai lokasi pengambilan sampel. Alat yang digunakan untuk mengambil sedimen yaitu sekop.

Adapun petas sub DAS namo dapat dilihat pada **Gambar 3.2** berikut:



Gambar 3. 2 Peta Sub DAS Namo
Sumber : Balai Wilayah Sungai III Palu (2025)

b. Data Pengukuran Lebar Dasar Sungai

Pengukuran lebar dasar sungai dilakukan pada ruas sungai yang ditentukan. Pengukuran dilakukan pada tiga titik pada setiap jarak 100 m pada satu bagian sungai.

c. Data Pengukuran Kemiringan Dasar Sungai

Pengukuran kemiringan dasar sungai dilakukan dengan menggunakan alat *Total Station* (TS), Rambu ukur dan meteran. Hasil akhir yang akan diperoleh yaitu berupa data elevasi setiap titik atau lokasi pengukuran sehingga akan diperoleh beda tinggi antara titik atau lokasi yang nantinya akan menjadi parameter untuk menghitung kemiringan rata-rata sungai.

2. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari instansi terkait atau sumber terpercaya lainnya yang meliputi:

a. Data Curah Hujan

Data curah hujan adalah data yang diambil dari Badan Wilayah Sungai Sulawesi III Palu.

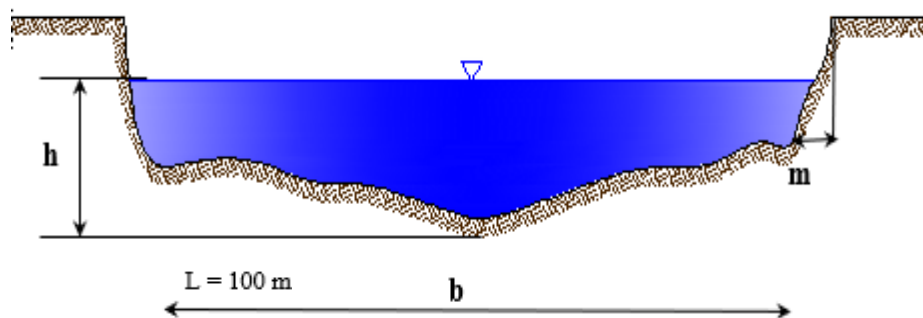
b. Peta daerah aliran sungai (DAS) Namo, Didapatkan dari Badan Wilayah Sungai Sulawesi III Palu.

c. Data teknis sabo Didapatkan dari Badan Wilayah Sungai Sulawesi III Palu.

3.4 Pelaksanaan Penelitian

Pengambilan data penelitian dilakukan secara langsung pada sabodam sungai Namo, untuk mengambil sedimen dasar (*bed load*) sungai pada Sabodam. Cara pengambilan sampel yaitu :

1. Mengukur jarak antar patok dan lebar sungai untuk menentukan titik (*cross section*) pengambilan sampel. Lokasi Pengambilan sampel sedimen dilakukan di 14 patok dengan jarak antar patok 50 m, dan masing-masing patok di bagi menjadi beberapa titik (*cross section*) melintang sungai dengan jarak menyesuaikan dari lebar sungai seperti ditunjukkan pada **Gambar 3.3** dibawah ini



Gambar 3. 3 Sketsa Pengambilan Sampel

2. Menyiapkan kantong sampel sedimen dan memberikan label notasi lokasi pengambilan sampel untuk mempermudah agar tidak ada sampel yang tertukar
3. Setelah itu pengambilan sampel dilakukan dengan menggunakan sekop dan dimasukan kedalam kantong sampel. Pengambilan sampel dilaksanakan di setiap titik pada patok dengan jarak patok 50 m dan jumlah titik (*cross section*) menyesuaikan lebar sungai. target titik yang diambil adalah 14 titik (*cross section*).
4. Setelah mengambil sampel sedimen, kemudian pengukuran kecepatan aliran sungai dengan cara manual menggunakan botol plastik dan *stopwatch*
5. Pengambilan data kecepatan aliran sungai dilakukan dengan mengalirkan botol plastik dengan jarak tertentu dan menggunakan *stopwatch* untuk mengukur waktu botol mengalir sepanjang jarak yang telah ditentukan. Dan percobaan dilakukan sebanyak 5 kali untuk mendapatkan data yang akurat
6. Dan setelah itu mengukur kedalaman sungai dengan menggunakan roll meter,

apabila sungai cukup dalam dapat menggunakan botol yang telah diisi dengan batu agar dapat tenggelam ke dasar sungaian diikat menggunakan tali.

7. Setelah pengukuran dan pengambilan sampel telah dilaksanakan, kantong sampel dibawa ke laboratorium untuk dilakukan pengujian gradasi (analisa saringan) dan berat jenis sampel sedimen
8. Menghitung Parameter Hidrolika Sungai Lainnya Yang Meliputi:
 - a. Luas penampang basah sungai (A)
 - b. Keliling basah sungai (P)
 - c. Jari jari hidrolis sungai (R)
 - d. Kedalaman air sungai (h)
 - e. Kecepatan aliran sungai (V)
9. Melakukan pengujian Analisa saringan di Laboratorium Struktur Dan Bahan Bangunan Fakultas Teknik Universitas Tadulako. Adapun Langkah pengujian Analisa saringan adalah sebagai berikut :
 - a. Siapkan alat dan bahan yang diperlukan terlebih dahulu seperti satu set saringan, alat pengguncang saringan (*sieve shaker*) penadah dan penutup saringan, timbangan / neraca dengan ketelitian 0,1 gram, oven yang dilengkapi dengan pengukur suhu 110 ± 50 C, cawan untuk menimbang dan sikat atau kuas untuk membersihkan saringan.
 - b. Mengambil sampel sedimen secukupnya dari lokasi penelitian.
 - c. Mengeringkan sampel beberapa waktu dan setelah itu memisahkan gumpalan tanah / sedimen dengan menggunakan cawan porselin dan penumbuh karet, Sampai butiran tanah terpisah satu sama lain (tidak ada lagi yang melekat).
 - d. Sampel sedimen dimasukkan dalam oven pada 105°C , selama kurang lebih 24 jam yang tujuannya untuk menghilangkan kadar air yang masih terkandung didalam sampel sedimen.
 - e. Membersihkan masing-masing saringan dari kotoran atau sisa tanah dari percobaan sebelumnya yang masih tertinggal.
 - f. Memasang rangkaian saringan didalam alat pengguncang, mulai dari yang paling kasar sampai yang paling halus.
 - g. Memasukkan contoh sampel sedimen yang telah kering pada saringan yang

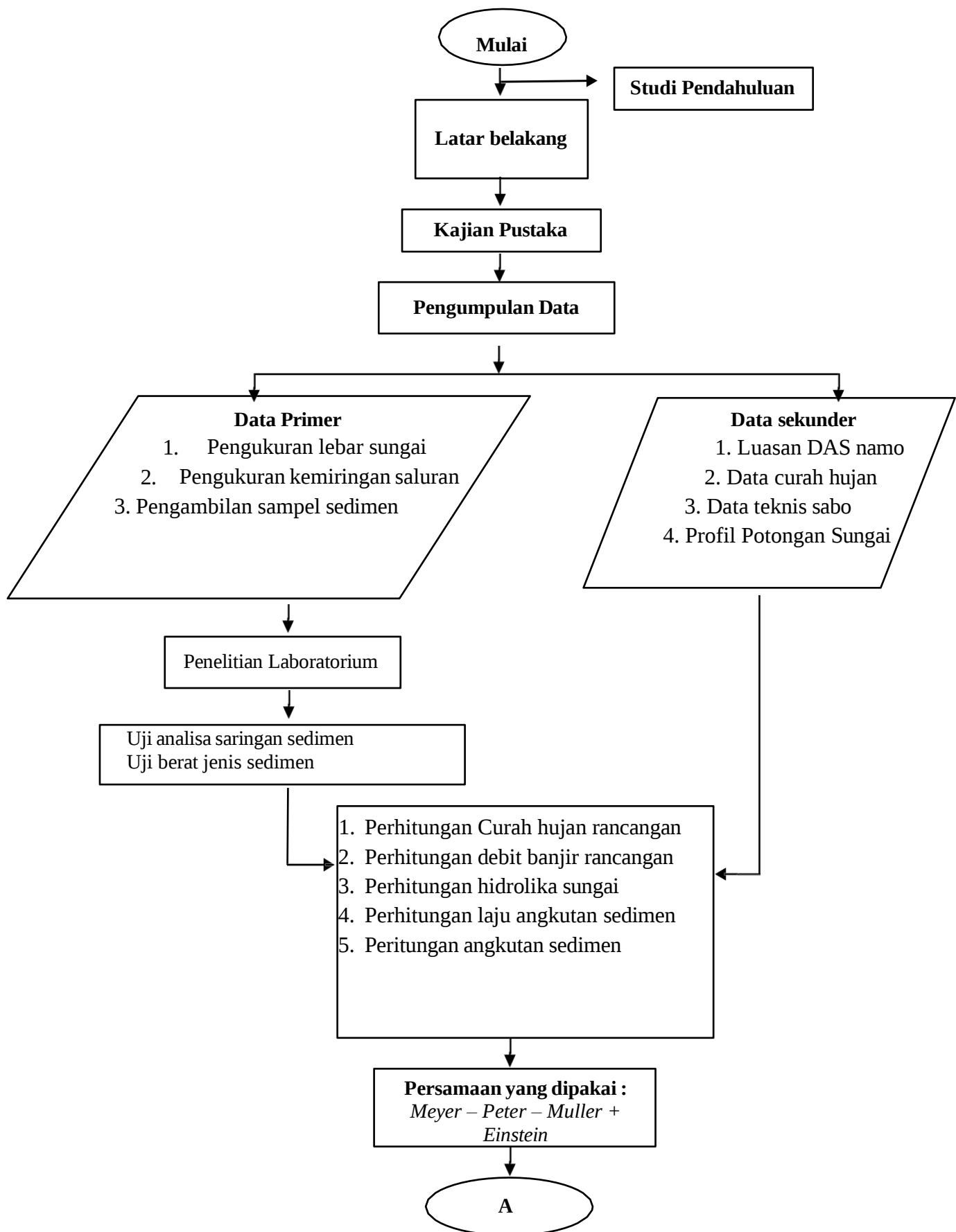
paling atas.

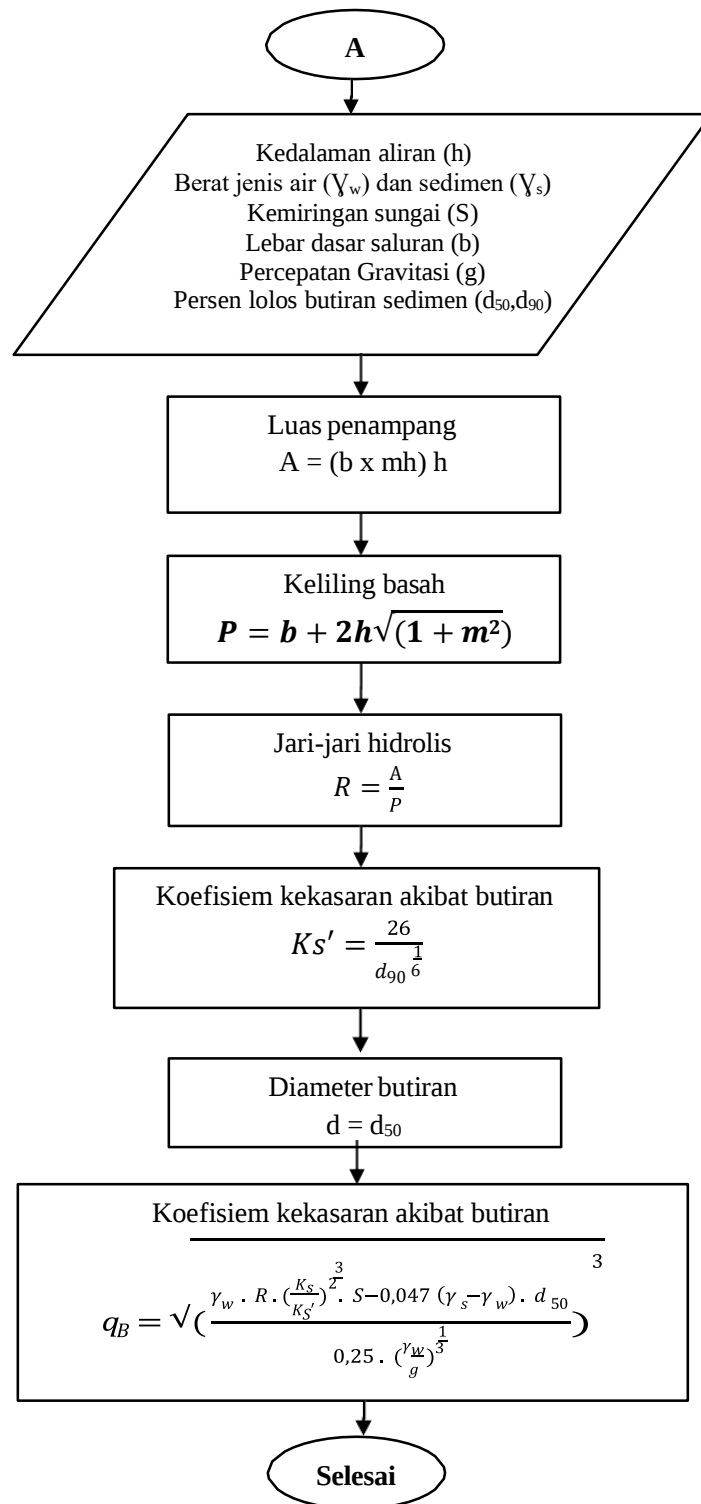
- h. Menutup dan jalankan mesin pengguncang saringan selama kurang lebih 15 menit.
 - i. Menimbang tanah yang tertahan pada masing-masing saringan.
 - j. Menghitung presentasi butiran yang lolos pada setiap saringan.
10. Melakukan pengujian berat jenis sedimen dasar di Laboratorium. Struktur dan Bahan Bangunan Fakultas Teknik Universitas Tadulako. Adapun Langkah pengujian Berat Jenis Sedimen Dasar adalah sebagai berikut.
- a. Siapkan alat dan bahan yang diperlukan terlebih dahulu.
 - b. Cuci Piknometer dengan air suling dan keringkan kemudian timbang Piknometer dan tutupnya dengan ketelitian 0,1 gram sehingga diperoleh berat W1.
 - c. Isi Piknometer dengan sampel sedimen (Sampel yang tertahan saringan No. 40) yang telah dikeringkan oven sampai kira-kira 1/4 isinya.
 - d. Timbang berat Piknometer + sampel sedimen sehingga diperoleh berat W2.
 - e). Isi dengan air suling sampai 3/4 isinya. Kemudian panaskan Piknometer diatas alat pemanas ± 15 menit sambil melepas tutupnya.
 - f. Amati air dalam piknometer, setelah air dalam piknometer mendidih segera angkat piknometer.
 - g. Masukkan piknometer kedalam bak perendam kemudian periksa suhu piknometer, Setelah suhu Kembali normal angkat piknometer dan keringkan kemudian tambah air suling kedalam masing-masing piknometer sampai penuh lalu tutup piknometer kemudian timbang piknometer + air sehingga diperoleh berat W3.
 - h. Cuci piknometer dan kemudian keringkan.
 - i. Masukkan air suling kedalam piknometer sehingga penuh, Lalu tutup piknometer kemudian timbang berat piknometer + air sehingga diperoleh W4.
 - j. Setelah pengujian selesai dilakukan, Hitung berat jenis sampel sedimen sesuai dengan prosedur yang telah ditetapkan.

3.5 Perhitungan Angkutan Sedimen

Perhitungan laju angkutan sedimen dasar dilakukan setelah pengelolaan data. Adapun persamaan atau metode yang digunakan dalam perhitungan laju angkutan sedimen dasar pada sungai Namo adalah Metode *Mayer-Peterp-Muller*. Berikut adalah Langkah-langkah perhitungannya:

1. Menentukan data awal atau parameter perhitungan yang meliputi:
 - a. Lebar dasar sungai rata-rata (b).
 - b. Data debit banjir rancangan (Q) ksls ulang 2, 10, 25, 50, 100 tahun,
 - c. Kemiringan dasar sungai rata-rata (S).
 - d. Percepatan gravitasi bumi (g).
 - e. Berat jenis air (γ).
 - f. Berat jenis sedimen (γ_s).
 - g. Diameter butira yang bersesuaian dengan 50% lolos ayakan (d_{50}).
 - h. Diamter butiran yang bersesuaian dengan 60% lolos ayakan (d_{60}).
 - i. Diamter butiran yang bersesuaian dengan 90% lolos ayakan (d_{90}).
 - j. Koefisien kekasaran *Strickler* (K_s).
2. Langkah-Langkah perhitungan adalah sebagai berikut:
 - a. Menghitung kedalaman aliran (h) berdasarkan debit banjir kala ulang.
 - b. Menghitung luas penampang sungai (A).
 - c. Menghitung keliling basah sungai (P).
 - d. Menghitung jari-jari hidrolis (R).
 - e. Menghitung nilai koefisien kekasaran akibat butiran (K_s').
 - f. Menghitung diameter median butiran (d_m).
 - g. Menghitung laju angkutan sedimen dasar (q_B).Berikut bagan alir penelitian :





Gambar 3.5 Bagan alur perhitungan angkutan sedimen Dasar Metode E. Meyer-Peter and Muller

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah proses pelaksanaan penelitian dilapangan dan pengambilan sampel sedimen dasar sungai serta pengujian sampel di Laboratorium berikut hasil dan pembahasanya :

4.1 Titik Pengambilan Sampel



Gambar 4. 1 Titik pengambilan sampel sedimen
Sumber : Google Earth (2025)

Dari **Gambar 4.1** di atas titik pengambilan sampel sedimen dasar di ambil sepanjang 650 meter arah hulu sungai dan jarak masing-masing patok 50 meter, sehingga dibuat *cross section* mengikuti lebar sungai. Dan jumlah *cross section* pengambilan sampel yaitu 64 *cross section* dengan jumlah patok 14. Selain sungai namo Lokasi penelitian ini juga berdekatan dengan sungai tua dengan jarak antara sabo dam namo dan sungai tua yaitu 9.50 km. Sungai ini memiliki daerah tangkapan yang berbeda namun berada pada zona geomorfologi yang yang relatif serupa, yaitu perbukitan denga kemiringan sedang hingga curam. dengan optensi membawa sedimen cukup tinggi, terutama saat musim hujan atau setelah terjadi longsir di daerah hulu

4.2 Perhitungan Laju Angkutan Sedimen

4.2.1 Perhitungan Curah Hujan Rancangan

Langkah awal dari pembahasan ini adalah dengan menganalisis data curah hujan dengan perhitungan hidrologi yang bertujuan untuk mendapatkan data debit banjir maximum dengan priode ulang 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun. Data debit banjir tersebut akan digunakan pada perhitungan laju angkutan sedimen dasar pada perhitungan selanjutnya.

Untuk mengetahui besarnya nilai curah hujan rancangan maka dalam penelitian ini akan digunakan analisis frekuensi dengan metode *Log Person Type III*. Dengan mengacu pada data curah hujan stasiun terdekat yaitu stasiun Tuva. Berikut merupakan data hasil rekaptulasi pemilihan curah hujan rancangan berbagai metode distribusi DAS Tuva dengan periode ulang 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun pada **Tabel 4.1** dibawah ini :

Tabel 4. 1 Hasil Rekaptulasi pemilihan curah hujan rancangan berbagai metode distribusi DAS Namo.

Periode ulang (tahun)	Curah Hujan Rancangan Analisa Frekuensi Distribusi (mm/hari)						Keterangan
	Normal	Log Normal II	Log Normal III	Gumbel	Pearson	Log Pearson III	
5	103.85	102.83	102.36	105.46	105.42	102.51	Dipilih yang paling memenuhi persyaratan yaitu Log Pearson III berdasarkan yang tidak memiliki sifat khas distribusi
10	112.11	112.84	112.82	118.78	113.10	98.46	
25	120.93	124.59	125.46	135.64	125.74	119.85	
50	126.63	132.82	134.53	148.16	134.67	128.10	
100	131.75	140.69	143.36	160.58	143.24	136.07	

(Sumber : BWS-III, 2025)

4.2.2 Perhitungan Kemiringan dasar dan lebar sungai

Pada penelitian ini untuk mendapatkan nilai kemiringan dasar dan lebar sungai maka dilakukan pengukuran langsung di lapangan dengan menggunakan alat GPS sepanjang 650 m ke arah hulu sabo dengan jarak antar patok yaitu 50 m pada **Tabel 4.2** berikut :

Tabel 4. 2 Perhitungan Kemiringan dasar dan lebar sungai

Patok	Jarak antar patok	Tinggi titik	Beda tinggi	Kemiringan dasar sungai (%)	Lebar dasar Sungai (m)
P0	50	673.0	4.0	0.080	21.5
P1		669.0			
P1	50	669.0	6.0	0.120	22.5
P2		663.0			

Patok	Jarak antar patok	Tinggi titik	Beda tinggi	Kemiringan dasar sungai (%)	Lebar dasar Sungai (m)
P2	50	663.0	5.0	0.100	22.3
P3		658.0			
P3	50	658.0	1.0	0.020	22.35
P4		657.0			
P4	50	657.0	10.0	0.200	25
P5		647.0			
P5	50	647.0	3.0	0.060	24.55
P6		644.0			
P6	50	644.0	1.0	0.020	24.83
P7		643.0			
P7	50	643.0	4.0	0.080	30.29
P8		639.0			
P8	50	639.0	10.0	0.200	30.15
P9		629.0			
P9	50	629.0	3.0	0.060	20
P10		626.0			
P10	50	626.0	5.0	0.100	20
P11		621.0			
P11	50	621.0	4.0	0.080	20
P12		617.0			
P12	50	617.0	3.0	0.060	20
P13		614.0			
P13	50	614.0	4.0	0.080	20
P14		610.0			
Rata-rata				0.091	

4.2.2 Perhitungan debit banjir rancangan Metode Rasional

Perhitungan debit banjir rancangan menggunakan Metode Rasional dengan curah hujan rancangan periode ulang 50 tahun

Diketahui :

Luas Daerah Aliran Sungai (A)	= 6,59 km ²	→ (BWSS-III)
Panjang sungai (L)	= 7.54 km	→ (BWSS -III)
Kemiringan dasar sungai (s)	= 0.091	→ (Tabel 4.2)
Curah hujan periode 50 tahun (X _T)	= 128,10 mm	
Koefisien Pengaliran (C)	= 0.30	→ (Tabel 2.3) berdasarkan asumsi

Penyelesaian :

1. Menghitung waktu konsentrasi (T_c) :

$$TC = 0.0915 \times L^{0.77} \times S^{0.385}$$

$$TC = 0.0195 \times 7540^{0.77} \times 0.091^{0.385}$$

$$TC = 47,47 \text{ Jam}$$

2. Menghitung curah hujan (I)

$$I = \frac{X_t}{24} \left(\frac{24}{(T_c/60)} \right)^{2/3}$$

$$I = \frac{109.83}{24} \left(\frac{24}{(47.47/60)} \right)^{2/3}$$

$$I = 44,565 \text{ mm/jam}$$

3. Menghitung debit banjir rasional (QS)

$$Q_{50} = 0,278 \times C \times I \times A$$

$$Q_{50} = 0,278 \times 0,3 \times 44,565 \times 6,59 \text{ Km}^2$$

$$Q_{50} = 24,493 \text{ m}^3/\text{det}$$

Untuk hasil perhitungan debit banjir rasional kala ulang 5, 10, 25, 50, dan 100,

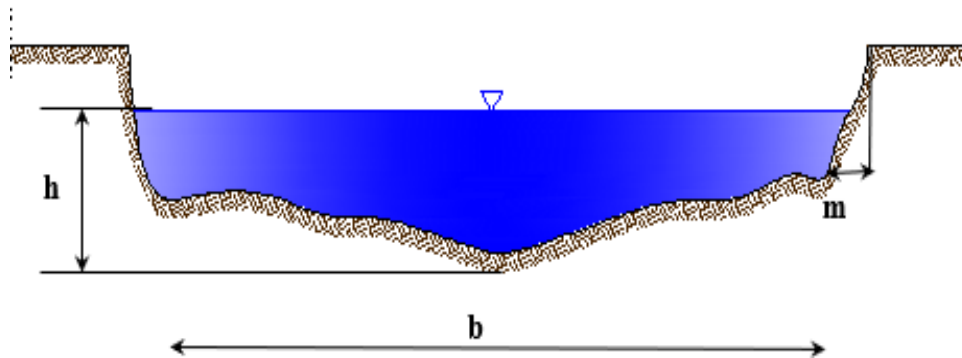
Di tabulasi dengan **Tabel 4.3** di bawah ini :

Tabel 4. 3 Rekapitulasi hasil perhitungan debit banjir rancangan Metode Rasional

T	A	L	Xt	C	Tc (jam)	I (mm/jam)	Qs (m ³ /det)
5	6.59	7.540	79.52	0.3	47.47	32.27	17.73
10	6.59	7.540	88.99	0.3	47.47	36.11	19.85
25	6.59	7.540	100.95	0.3	47.47	40.96	22.51
50	6.59	7.540	109.83	0.3	47.47	44.56	24.49
100	6.59	7.540	118.64	0.3	47.47	48.14	26.46

4.2.3 Perhitungan Hidrolika Sungai

Dalam penelitian ini hidrolika sungai dihitung berdasarkan debit banjir rancangan periode ulang 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun, 100 tahun pada masing-masing lokasi pengambilan sampel, adapun contoh sketsa potongan melintang sungai seperti ditunjukkan pada **Gambar 4.2** berikut :



Gambar 4. 2 Sketsa Potongan Melintang

Adapun langkah-langkah perhitungan hidrolika sungai adalah sebagai berikut :

1. Penentuan parameter awal perhitungan seperti :
 - a. Kemiringan dasar sungai = 0.091 → (Tabel 4.2)
 - b. Lebar dasar sungi = 30,29 m → (Tabel 4.2)
 - c. *Koefisien Manning (n)* = 0.030 → (Nilai 'n' di ambil dari Tabel 2.3)
2. Contoh perhitungan hidrolika sungai pada patok 9 pada saat debit banjir periode ulang 50 tahun → $Q_{50} = 24,493 \text{ m}^3/\text{det}$ (dalam perhitungan hidrolika sungai penampang sungai diasumsikan berbentuk trapesium).
 - a. Menghitung luas penampang basah sungai :

$$A = b \times h + m \times h^2$$

$$A = 30,29 \times h + 0,5 \times h^2$$

$$A = 30,790 h^2$$

b. Menghitung keliling basah sungai :

$$P = b + 2 \times \sqrt{1 + m^2}$$

$$P = 30,29 + 2 \times h \times \sqrt{(1 + 0,5^2)}$$

$$P = 30,29 + 2,236$$

$$P = 32,526 \text{ h}$$

c. Menghitung jari-jari hidrolis sungai :

$$R = \frac{A}{P}$$

$$R = \frac{30,79}{32,526}$$

$$R = 0,947 \text{ h}$$

d. Menghitung kecepatan aliran sungai :

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times s^{\frac{1}{2}}$$

$$V = \frac{1}{0,030} \times (0,947)^3 \times 0,0910^{\frac{1}{2}}$$

$$V = 33,333 \times (0,947)^3 \times 0,302^{\frac{1}{2}}$$

$$V = 9,694 \text{ h}^{\frac{2}{3}}$$

e. Menghitung debit banjir rancangan periode ulang 5 tahun :

$$Q_{50} = A \times V$$

$$24,493 = 30,79 \text{ h}^2 \times 9,694 \text{ h}^{\frac{2}{3}}$$

Melalui cara *Trial and error* berdasarkan nilai debit banjir rancangan, maka diperoleh nilai kedalaman aliran sungai (h) adalah sebesar 0,392 m.

f. Substitusi nilai h = 0,392 m kedalam persamaan hidrolika sebelumnya :

1) $A = 30,79 \text{ h}^2$

$$A = 30,79 \text{ h}^2 \times 0,392^2$$

$$A = 4,721 \text{ m}^2$$

2) $P = 32,526 \text{ h}$

$$P = 32,526 \times 0,392$$

$$P = 12,736 \text{ m}$$

3) $R = \frac{A}{P}$

$$R = \frac{4,721}{12,736}$$

$$R = 0,371 \text{ m}$$

$$4) \quad V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times s^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

$$V = \frac{1}{0,030} \times 0,371^{\frac{2}{3}} \times 0,091^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

$$V = 5,189 \text{ m/det}$$

$$5) \quad Q_{50} = A \times V$$

$$24,493 = 4,721 \times 5,189$$

$$24,493 = 24,493 \text{ m}^3/\text{det} \dots\dots\dots \text{OK !}$$

Selanjutnya untuk perhitungan hidrolikadengan kala ulang 5, 10, 25, 50, 100, tahun dapat dilihat pada **Tabel 4.4** :

Tabel 4. 4 Rekapitulasi hasil perhitungan hidrolika

Patok 7										
Periode Ulang (Tahun)	Debit Banjir Rancangan (Q _n) (m ³ /det)	S	b (m)	h (m)	A (m ²)	P (m)	R (m)	n	V (m/det)	Q (m ³ /det)
5	17.734	0.042	30.29	0.347	3.705	11.280	0.328	0.030	4.786	17.734
10	19.846	0.042	30.29	0.362	4.030	11.770	0.343	0.030	4.923	19.846
25	22.513	0.042	30.29	0.379	4.431	12.34	0.358	0.030	5.080	22.513
50	24.493	0.042	30.29	0.392	4.721	12.730	0.371	0.030	5.159	24.493
100	26.458	0.042	30.29	0.403	5.002	13.110	0.382	0.030	5.290	26.458

Patok 0										
Periode Ulang (Tahun)	Debit Banjir Rancangan (Q _n) (m ³ /det)	S	b (m)	h (m)	A (m ²)	P (m)	R (m)	n	V (m/det)	Q (m ³ /det)
5	17.734	0.091	21.5	0.396	3.440	9.390	0.367	0.030	5.151	17.734
10	19.846	0.091	21.5	0.413	3.740	9.790	0.382	0.030	5.298	19.846
25	22.513	0.091	21.5	0.433	4.110	10.270	0.401	0.030	5.468	22.513
50	24.493	0.091	21.5	0.447	4.380	10.600	0.414	0.030	5.580	24.493
100	26.458	0.091	21.5	0.460	4.640	10.900	0.426	0.030	5.693	26.458

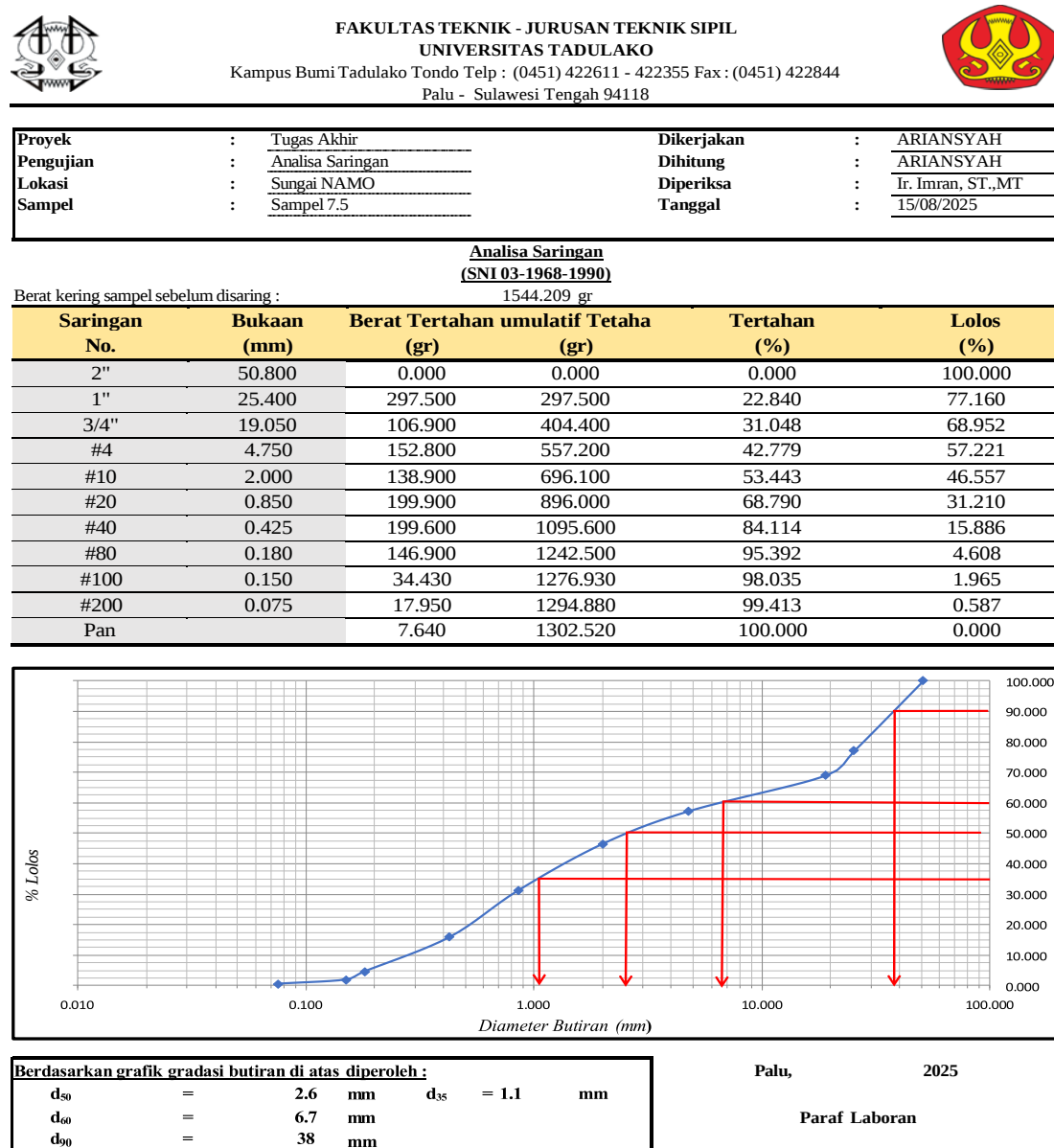
Dari hasil perhitungan pada **Tabel 4.4**. Didapatkan nilai debit kala ulang 50 Tahun di 24,493 m³/det.

4.3 Hasil pengujian laboratorium

4.3.1 Analisa Saringan

Tujuan dari pengujian analisa saringan adalah untuk mengetahui gradasi ukuran diameter sedimen yang berbeda yaitu D_{35} , D_{50} , D_{60} , dan D_{90} . Dibawah ini adalah contoh dari bagian Cs 7.5 seperti terlihat pada **Gambar 4.3** dan **Tabel 4.5** :

Tabel 4. 5 Hasil uji analisa saringan CS_{7.5}



Gambar 4. 3 Grafik hubungan antara diameter butiran dan % lolos

Dari hasil plot Grafik Analisa Saringan diperoleh gradasi ukuran butiran sedimen dasar yaitu $d_{35} = 1,1$ mm, $d_{50} = 2,6$ mm $d_{60} = 6,7$ mm $d_{90} = 38$ mm.

4.3.2 Berat Jenis

Setelah melakukan pengujian analisa saringan pada sampel sedimen dasar sungai selanjutnya dilakukan pengujian berat jenis sedimen untuk mengetahui sifat fisik tanah dan kepadatan massa tanah secara rata-rata. Berikut adalah **tabel 4.6** dan

Gambar 4.4 Hasil pengujian sampel sedimen CS_{7.5} :

Tabel 4. 6 Hasil pengujian sampel sedimen CS_{7.5}

NOMOR PICNOMETER		Sebelum Terkoreksi		Setelah Terkoreksi	
		1	2	1	2
Berat Picnometer	W ₁ (gr)	42.35	39.91	42.35	39.91
Berat Picnometer + Contoh	W ₂ (gr)	87.41	86.35	87.41	86.35
Berat Picnometer + Contoh + Air	W ₃ (gr)	169.72	174.47	169.72	174.47
Berat Picnometer + Air pada t ^o	W ₄ (gr)	141.38	145.78	141.38	145.78
Suhu	°C	28	28	28	28
suhu terkoreksi	w4'	141.2669	145.6634	141.2669	145.6634
Berat Contoh. Wt = W ₂ - W ₁	(gr)	45.06	46.44	45.06	46.44
W ₅ = W ₂ - W ₁ + W ₄	(gr)	186.44	192.22	186.3269	192.1034
Isi Contoh Tanah. V = W ₅ - W ₃	(gr)	16.72	17.75	16.606896	17.633376
Berat Jenis Contoh. Gs = Wt/V		2.69	2.62	2.71	2.63
Berat Jenis Rata-rata Gs		2.66		2.67	

Gambar 4. 4 Hasil uji berat jenis CS_{7.5}

Dari hasil pemeriksaan berat jenis tanah di atas diperoleh nilai berat jenis sampel sedimen yaitu 2.67

4.3.3 Perhitungan laju angkutan sedimen dasar Metode Meyer – Peter – Muller

Dalam penelitian ini laju angkutan sedimen dasar dihitung menggunakan Metode Meyer Peter Muller dan berdasarkan debit banjir rancangan periode ulang 50 tahun pada CS_{7.5} Adapun langkah -langkah perhitungannya adalah sebagai berikut :

1. Perhitungan laju angkutan sedimen dasar (q_B) pada CS_{7.5} pada saat debit banjir

Periode ulang 50 tahun → Q₅₀ = 24,493 m³/det

Diketahui :

Kemiringan dasar sungai (S) = 0.091 → (Tabel 4.4)

Lebar dasar sungai (b) = 30,29 m → (Tabel 4.4)

Jari-jari hidrolis sungai (R) = 0,371 m → (Tabel 4.4)

Kecepatan aliran sungai (V) = 5,159 m/det → (Tabel 4.4)

Berat isi air (γ_w)	= 1 ton/m ³
Berat jenis sedimen dasar	= 2,67
Berat isi sedimen dasar(γ_s)	= 2,67 x 1 ton/m ³ = 2,67 ton/m ³
Percepatan gravitasi bumi (g)	= 9,81 m/det ²
Diameter butiran sedimen (d_{50})	= 2,6 mm = 0,00260 m → (Tabel 4.5)
Diameter butiran sedimen (d_{60})	= 6,7 mm = 0,00670 m → (Tabel 4.5)
Diameter butiran sedimen (d_{90})	= 38 mm = 0,03800 m → (Tabel 4.5)

a. Menghitung nilai koefisien kekasaran akibat butiran (K_s')

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

$$K_s' = \frac{26}{0,03800^{(1/6)}}$$

$$K_s' = 44,743 \text{ m}^{-1/6}$$

b. Menghitung nilai Koefisien Strickler (K_s)

$$K_s = \frac{v}{R^{2/3} \times S^{1/2}}$$

$$K_s = \frac{5,16}{0,37100^{2/3} \times 0,091^{1/2}}$$

$$K_s = 32,911 \text{ m}^{1/3}/\text{det}$$

c. Menghitung laju angkutan sedimen dasar per meter lebar sungai (q_B)

$$q_B = \frac{\left[\frac{1 \cdot \gamma_w \cdot R \cdot \left(\frac{K_s}{K_s'} \right)^{3/2} \cdot S - 0,047 \cdot (\gamma_s - \gamma_w) \cdot d_{50}}{0,25 \cdot \left(\frac{\gamma_w}{g} \right)^{1/3}} \right]^{3/2}}{\sqrt{h}}$$

$$q_B = \frac{\left[\frac{1 \cdot 0,371 \cdot \left(\frac{44,743}{32,911} \right)^{3/2} \cdot 0,091 - 0,047 \cdot (2,67 - 1) \cdot 0,0026}{0,25 \cdot \left(\frac{1}{9,81} \right)^{1/3}} \right]^{3/2}}{\sqrt{0,021}}$$

$$q_B = \sqrt{\frac{0,021}{0,118}}$$

$$q_B = 0,076 \text{ m}^3/\text{det.m}$$

- d. Menghitung laju angkutan sedimen dasar per jam (Q_s)

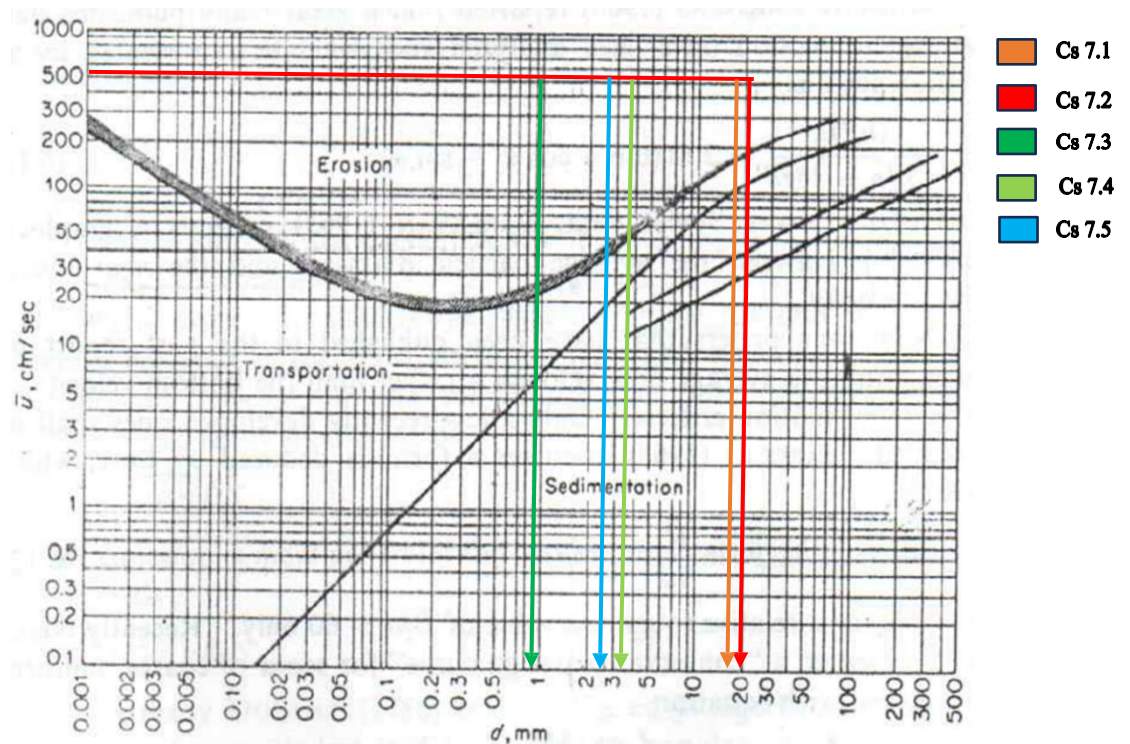
$$Q_s = qB \times b$$

$$Q_s = 0,076 \times 30,29$$

$$Q_s = 2,301 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Dari hasil perhitungan laju angkutan sedimen menggunakan persamaan *Meyer-Peter-Muller* didapatkan nilai laju angkutan sedimen dasar per-lebar sungai (Q_s) = 2,301 m³/detik

Untuk mengetahui butiran sedimen bergerak atau tidak bergerak dapat menggunakan diagram *Shield* dengan cara mengeplot diameter butiran (d_{50}) dan kecepatan aliran. Berikut adalah grafik *shield* untuk patok 7 dengan kecepatan aliran sungai yaitu 5,159 m/det = 515.9 cm/det serta ukuran butiran $Cs_{7.1} = 18 \text{ mm}$, $Cs_{7.2} = 20 \text{ mm}$, $Cs_{7.3} = 0,9 \text{ mm}$, $Cs_{7.4} = 3,7 \text{ mm}$, $Cs_{7.5} = 2,6 \text{ mm}$.



Gambar 4. 5 Diagram Shield

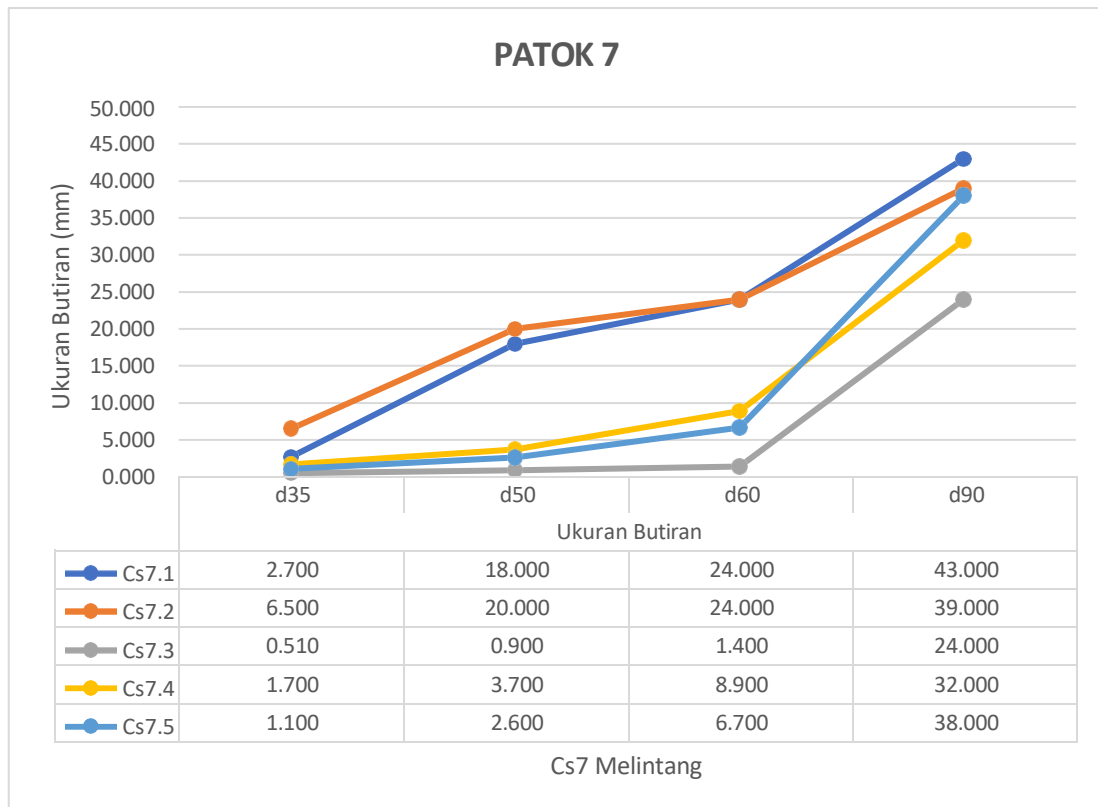
Sumber : (Rustiati et al., 2023)

Dari hasil plot grafik diagram Shield diatas dengan ukuran butiran (d_{50}) patok dan kecepatan aliran (V) yang sama menunjukan bahwa sedimen dasar sungai tergerus atau mengalami erosi.

Tabel 4. 7 Rekapitulasi jumlah angkutan sedimen menggunakan persamaan Meyer Peter Muller

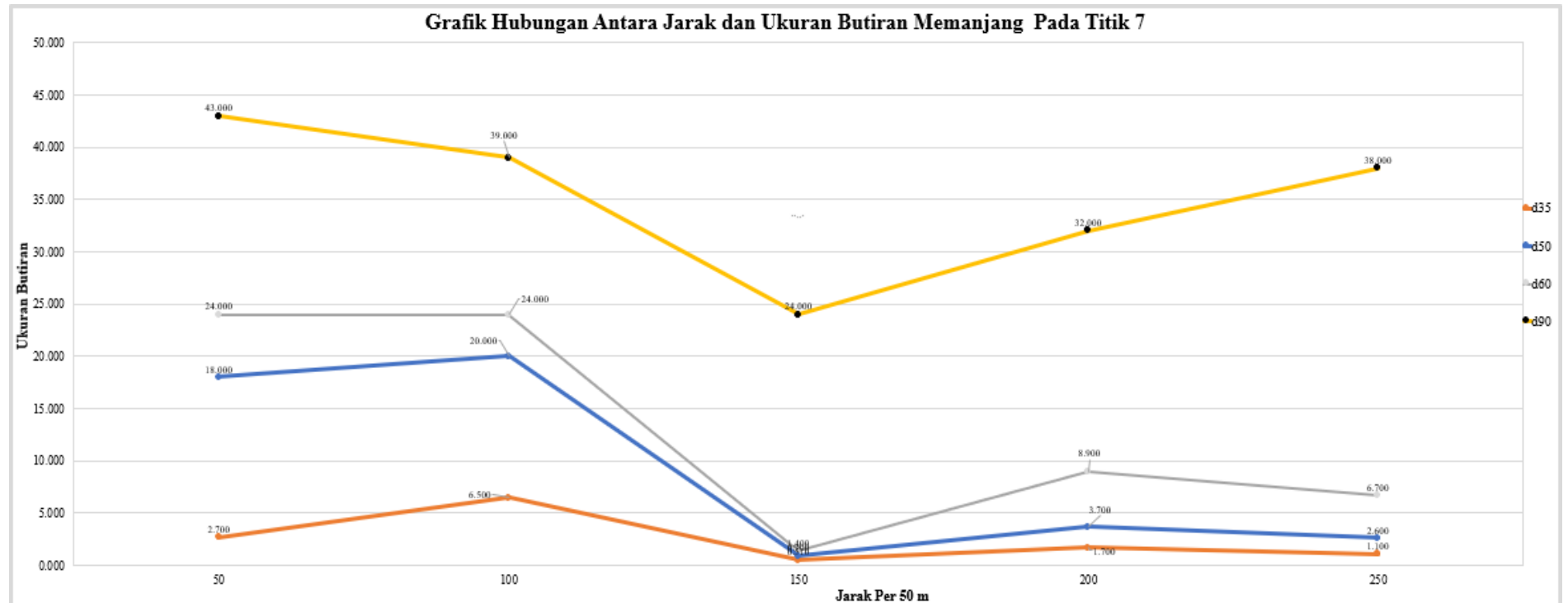
Tabel Rekapitulasi Jumlah Angkutan Sedimen Menggunakan Persamaan MPM											
No	Lebar	Debit Banjir	Tinggi	Luas	Keliling	Jari Jari	Kecepatan	Kemiringan	Percepatan	Berat Jenis	Berat Jenis
	Sungai (b)	Rancangan	Air (h)	Penampang (A)	Basah (P)	Hidrolis (R)	Aliran (v)	Sungai (S)	Gravitasi (g)	Air (yw)	Sedimen (ys)
	(m)	(m³/detik)	(m)	(m²)	(m²)	(m)	(m/detik)		(m/detik)	(Ton/m³)	
Cs 0.1	21.50	24.493	0.447	4.390	10.590	0.414	5.58	0.091	9.81	1	2.650
Cs 0.2	21.50	24.493	0.447	4.390	10.590	0.414	5.58	0.091	9.81	1	2.630
Cs 0.3	21.50	24.493	0.447	4.390	10.590	0.414	5.58	0.091	9.81	1	2.690
Cs 0.4	21.50	24.493	0.447	4.390	10.590	0.414	5.58	0.091	9.81	1	2.690
Cs 1.1	22.50	24.493	0.439	4.430	10.850	0.408	5.53	0.091	9.81	1	2.660
Cs 1.2	22.50	24.493	0.439	4.430	10.850	0.408	5.53	0.091	9.81	1	2.750
Cs 1.3	22.50	24.493	0.439	4.430	10.850	0.408	5.53	0.091	9.81	1	2.690
Cs 1.4	22.50	24.493	0.439	4.430	10.850	0.408	5.53	0.091	9.81	1	2.580
Cs 2.1	22.30	24.493	0.440	4.420	10.80	0.409	5.54	0.091	9.81	1	2.650
Cs 2.2	22.30	24.493	0.440	4.420	10.80	0.409	5.54	0.091	9.81	1	2.730
Cs 2.3	22.30	24.493	0.440	4.420	10.80	0.409	5.54	0.091	9.81	1	2.580
Cs 2.4	22.30	24.493	0.440	4.420	10.80	0.409	5.54	0.091	9.81	1	2.620
Cs 3.1	22.35	24.493	0.440	4.420	10.820	0.409	5.53	0.091	9.81	1	2.680
Cs 3.2	22.35	24.493	0.440	4.420	10.820	0.409	5.53	0.091	9.81	1	2.720
Cs 3.3	22.35	24.493	0.440	4.420	10.820	0.409	5.53	0.091	9.81	1	2.680
Cs 3.4	22.35	24.493	0.440	4.420	10.820	0.409	5.53	0.091	9.81	1	2.690
Cs 4.1	25.00	24.493	0.421	4.530	11.470	0.395	5.41	0.091	9.81	1	2.620
Cs 4.2	25.00	24.493	0.421	4.530	11.470	0.395	5.41	0.091	9.81	1	2.670
Cs 4.3	25.00	24.493	0.421	4.530	11.470	0.395	5.41	0.091	9.81	1	2.670
Cs 4.4	25.00	24.493	0.421	4.530	11.470	0.395	5.41	0.091	9.81	1	2.670
Cs 5.1	24.55	24.493	0.424	4.510	11.360	0.397	5.43	0.091	9.81	1	2.670
Cs 5.2	24.55	24.493	0.424	4.510	11.360	0.397	5.43	0.091	9.81	1	2.680
Cs 5.3	24.55	24.493	0.424	4.510	11.360	0.397	5.43	0.091	9.81	1	2.680
Cs 5.4	24.55	24.493	0.424	4.510	11.360	0.397	5.43	0.091	9.81	1	2.730
Cs 6.1	24.83	24.493	0.422	4.520	11.430	0.395	5.41	0.091	9.81	1	2.660
Cs 6.2	24.83	24.493	0.422	4.520	11.430	0.395	5.41	0.091	9.81	1	2.680
Cs 6.3	24.83	24.493	0.422	4.520	11.430	0.395	5.41	0.091	9.81	1	2.680
Cs 6.4	24.83	24.493	0.422	4.520	11.430	0.395	5.41	0.091	9.81	1	2.680
Cs 7.1	30.29	24.493	0.392	4.720	12.730	0.371	5.16	0.091	9.81	1	2.680
Cs 7.2	30.29	24.493	0.392	4.720	12.730	0.371	5.16	0.091	9.81	1	2.670
Cs 7.3	30.29	24.493	0.392	4.720	12.730	0.371	5.16	0.091	9.81	1	2.680
Cs 7.4	30.29	24.493	0.392	4.720	12.730	0.371	5.16	0.091	9.81	1	2.660
Cs 7.5	30.29	24.493	0.392	4.720	12.730	0.371	5.16	0.091	9.81	1	2.670
Cs 8.1	30.15	24.493	0.392	4.710	12.700	0.371	5.19	0.091	9.81	1	2.620
Cs 8.2	30.15	24.493	0.392	4.710	12.700	0.371	5.19	0.091	9.81	1	2.660
Cs 8.3	30.15	24.493	0.392	4.710	12.700	0.371	5.19	0.091	9.81	1	2.670
Cs 8.4	30.15	24.493	0.392	4.710	12.700	0.371	5.19	0.091	9.81	1	2.640
Cs 8.5	30.15	24.493	0.392	4.710	12.700	0.371	5.19	0.091	9.81	1	2.670
Cs 9.1	20.00	24.493	0.459	4.320	10.210	0.423	5.67	0.091	9.81	1	2.590
Cs 9.2	20.00	24.493	0.459	4.320	10.210	0.423	5.67	0.091	9.81	1	2.750
Cs 9.3	20.00	24.493	0.459	4.320	10.210	0.423	5.67	0.091	9.81	1	2.600
Cs 9.4	20.00	24.493	0.459	4.320	10.210	0.423	5.67	0.091	9.81	1	2.710
Cs 9.5	20.00	24.493	0.459	4.320	10.210	0.423	5.67	0.091	9.81	1	2.690
Cs 10.1	20.00	24.493	0.459	4.320	10.210	0.423	5.67	0.091	9.81	1	2.720
Cs 10.2	20.00	24.493	0.459	4.320	10.210	0.423	5.67	0.091	9.81	1	2.740
Cs 10.3	20.00	24.493	0.459	4.320	10.210	0.423	5.67	0.091	9.81	1	2.740
Cs 10.4	20.00	24.493	0.459	4.320	10.210	0.423	5.67	0.091	9.81	1	2.700
Cs 10.5	20.00	24.493	0.459	4.320	10.210	0.423	5.67	0.091	9.81	1	2.660
Cs 11.1	20.00	24.493	0.459	4.320	10.210	0.423	5.67	0.091	9.81	1	2.680
Cs 11.2	20.00	24.493	0.459	4.320	10.210	0.423	5.67	0.091	9.81	1	2.650
Cs 11.3	20.00	24.493	0.459	4.320	10.210	0.423	5.67	0.091	9.81	1	2.650
Cs 11.4	20.00	24.493	0.459	4.320	10.210	0.423	5.67	0.091	9.81	1	2.610
Cs 11.5	20.00	24.493	0.459	4.320	10.210	0.423	5.67	0.091	9.81	1	2.630
Cs 12.1	20.00	24.493	0.459	4.320	10.210	0.423	5.67	0.091	9.81	1	2.650
Cs 12.2	20.00	24.493	0.459	4.320	10.210	0.423	5.67	0.091	9.81	1	2.700
Cs 12.3	20.00	24.493	0.459	4.320	10.210	0.423	5.67	0.091	9.81	1	2.670
Cs 12.4	20.00	24.493	0.459	4.320	10.210	0.423	5.67	0.091	9.81	1	2.680
Cs 12.5	20.00	24.493	0.459	4.320	10.210	0.423	5.67	0.091	9.81	1	2.680
Cs 13.1	20.00	24.493	0.459	4.320	10.210	0.423	5.67	0.091	9.81	1	2.650
Cs 13.2	20.00	24.493	0.459	4.320	10.210	0.423	5.67	0.091	9.81	1	2.660
Cs 13.3	20.00	24.493	0.459	4.320	10.210	0.423	5.67	0.091	9.81	1	2.670
Cs 13.4	20.00	24.493	0.459	4.320	10.210	0.423	5.67	0.091	9.81	1	2.730
Cs 13.5	20.00	24.493	0.459	4.320	10.210	0.423	5.67	0.091	9.81	1	2.680
Cs 14.1	20.00	24.493	0.459	4.320	10.210	0.423	5.67	0.091	9.81	1	2.630
Cs 14.2	20.00	24.493	0.459	4.320	10.210	0.423	5.67	0.091	9.81	1	2.700
Cs 14.3	20.00	24.493	0.459	4.320	10.210	0.423	5.67	0.091	9.81	1	2.680
Cs 14.4	20.00	24.493	0.459	4.320	10.210	0.423	5.67	0.091	9.81	1	2.690
Cs 14.5	20.00	24.493	0.459	4.320	10.210	0.423	5.67	0.091	9.81	1	2.690

Tabel Rekapitulasi Jumlah Angkutan Sedimen Menggunakan Persamaan MPM								
No	MPM Diameter	MPM Diameter	MPM Diameter	MPM Diameter	Koefisien kekasaran	Koefisien Strickler	laju angkutan sedimen	laju angkutan sedimen
	Butiran (D90)	Butiran (D50)	Butiran (D35)	Butiran (D60)	akibat butiran (Ks')	(Ks)	dasar per meter (q _B)	dasar per lebar sungai(QS)
	(m)	(m)	(m)	(m)	m ⁻¹⁶	m ^{1/3} /det	(m ³ /m.detik)	(m ³ /detik)
Cs 0.1	0.04100	0.01200	0.00220	0.02300	44.183	33.105	0.089	1.919
Cs 0.2	0.00400	0.00089	0.00055	0.00130	65.018	33.105	0.039	0.847
Cs 0.3	0.03800	0.00120	0.00120	0.01200	44.743	33.105	0.091	1.966
Cs 0.4	0.04300	0.00800	0.00160	0.02300	43.835	33.105	0.093	1.991
Cs 1.1	0.02900	0.00950	0.00220	0.02100	46.797	33.126	0.077	1.741
Cs 1.2	0.04600	0.02700	0.00240	0.03200	43.347	33.126	0.084	1.892
Cs 1.3	0.04300	0.01800	0.00650	0.02800	43.835	33.126	0.086	1.939
Cs 1.4	0.03900	0.00085	0.00031	0.00160	44.551	33.126	0.091	2.039
Cs 2.1	0.04200	0.02200	0.00440	0.02400	44.006	33.132	0.084	1.878
Cs 2.2	0.03700	0.00071	0.00049	0.01300	44.942	33.132	0.089	1.990
Cs 2.3	0.03500	0.00710	0.00210	0.01800	45.358	33.132	0.085	1.890
Cs 2.4	0.03900	0.01200	0.00210	0.02200	44.551	33.132	0.086	1.921
Cs 3.1	0.04100	0.01700	0.00260	0.02300	44.183	33.073	0.085	1.901
Cs 3.2	0.02200	0.00220	0.00130	0.00380	48.993	33.073	0.073	1.621
Cs 3.3	0.02300	0.00220	0.00130	0.00390	48.632	33.073	0.074	1.649
Cs 3.4	0.01900	0.00210	0.00120	0.00350	50.200	33.073	0.069	1.535
Cs 4.1	0.03200	0.00092	0.00049	0.00150	46.038	33.107	0.080	2.000
Cs 4.2	0.01100	0.00130	0.00071	0.00180	54.967	33.107	0.053	1.337
Cs 4.3	0.02400	0.00230	0.00200	0.00320	48.290	33.107	0.071	1.781
Cs 4.4	0.02300	0.002100	0.00070	0.00550	48.632	33.107	0.070	1.755
Cs 5.1	0.04200	0.02400	0.00900	0.02800	44.006	33.119	0.079	1.945
Cs 5.2	0.02900	0.00280	0.00098	0.00910	46.797	33.119	0.077	1.889
Cs 5.3	0.03000	0.00380	0.00140	0.00370	46.534	33.119	0.078	1.903
Cs 5.4	0.04000	0.01200	0.00160	0.02200	44.364	33.119	0.083	2.029
Cs 6.1	0.03000	0.00130	0.00068	0.00250	46.534	33.107	0.078	1.935
Cs 6.2	0.02200	0.00290	0.00180	0.00380	48.993	33.107	0.069	1.706
Cs 6.3	0.03700	0.00280	0.00140	0.00410	44.942	33.107	0.084	2.077
Cs 6.4	0.04100	0.00280	0.00120	0.01500	44.183	33.107	0.087	2.159
Cs 7.1	0.04300	0.01800	0.00270	0.02400	43.835	32.911	0.073	2.209
Cs 7.2	0.03900	0.02000	0.00650	0.02400	44.551	32.911	0.069	2.101
Cs 7.3	0.02400	0.00090	0.00051	0.00140	48.290	32.911	0.064	1.953
Cs 7.4	0.03200	0.00370	0.00170	0.00890	46.038	32.911	0.071	2.141
Cs 7.5	0.03800	0.00260	0.00110	0.00670	44.743	32.911	0.076	2.30
Cs 8.1	0.02300	0.00180	0.00090	0.00270	48.632	33.102	0.064	1.929
Cs 8.2	0.02200	0.00210	0.00120	0.00310	48.993	33.102	0.063	1.893
Cs 8.3	0.02100	0.02100	0.00120	0.00300	49.372	33.102	0.054	1.639
Cs 8.4	0.03700	0.00100	0.00052	0.00180	44.942	33.102	0.077	2.316
Cs 8.5	0.02700	0.00130	0.00055	0.00250	47.355	33.102	0.068	2.054
Cs 9.1	0.02400	0.00130	0.00065	0.00200	48.290	33.165	0.080	1.596
Cs 9.2	0.05100	0.02400	0.00750	0.03000	42.611	33.165	0.095	1.895
Cs 9.3	0.03200	0.00200	0.00062	0.00600	46.038	33.165	0.089	1.772
Cs 9.4	0.05700	0.03000	0.02300	0.03300	41.831	33.165	0.097	1.931
Cs 9.5	0.04000	0.01900	0.00080	0.02300	44.364	33.165	0.089	1.770
Cs 10.1	0.03700	0.00320	0.00130	0.00810	44.942	33.165	0.093	1.859
Cs 10.2	0.03200	0.00260	0.00120	0.00450	46.038	33.165	0.088	1.765
Cs 10.3	0.03100	0.00260	0.00120	0.00500	46.281	33.165	0.087	1.744
Cs 10.4	0.04100	0.01300	0.00330	0.02200	44.183	33.165	0.092	1.842
Cs 10.5	0.03900	0.00500	0.00140	0.01600	44.551	33.165	0.094	1.881
Cs 11.1	0.03800	0.00270	0.00095	0.00810	44.743	33.165	0.094	1.883
Cs 11.2	0.03600	0.00370	0.00130	0.02000	45.147	33.165	0.092	1.836
Cs 11.3	0.03900	0.00790	0.00240	0.01900	44.551	33.165	0.093	1.855
Cs 11.4	0.04000	0.00170	0.00220	0.01900	44.364	33.165	0.096	1.929
Cs 11.5	0.01800	0.00091	0.00044	0.00230	50.652	33.165	0.072	1.436
Cs 12.1	0.03300	0.00310	0.00130	0.00960	45.804	33.165	0.089	1.782
Cs 12.2	0.03700	0.00320	0.00100	0.00810	44.942	33.165	0.093	1.859
Cs 12.3	0.02500	0.00130	0.00079	0.00180	47.964	33.165	0.081	1.620
Cs 12.4	0.05000	0.02800	0.02200	0.03600	42.751	33.165	0.093	1.853
Cs 12.5	0.04200	0.00490	0.00120	0.02200	44.006	33.165	0.097	1.935
Cs 13.1	0.04000	0.00190	0.00075	0.00790	44.364	33.165	0.096	1.927
Cs 13.2	0.03900	0.00280	0.00089	0.01200	44.551	33.165	0.095	1.901
Cs 13.3	0.04800	0.02700	0.02300	0.02900	43.041	33.165	0.092	1.832
Cs 13.4	0.03000	0.00099	0.00070	0.00680	46.534	33.165	0.087	1.737
Cs 13.5	0.04000	0.00180	0.00051	0.00600	44.364	33.165	0.096	1.928
Cs 14.1	0.04100	0.00330	0.00070	0.02100	44.183	33.165	0.097	1.933
Cs 14.2	0.03500	0.00061	0.00033	0.00220	45.358	33.165	0.092	1.844
Cs 14.3	0.03200	0.00180	0.00080	0.00510	46.038	33.165	0.089	1.773
Cs 14.4	0.05100	0.02900	0.02200	0.03600	42.611	33.165	0.093	1.857
Cs 14.5	0.05100	0.02900	0.02200	0.03600	42.611	33.165	0.093	1.857



Gambar 4. 6 Grafik hubungan antara ukuran butiran dengan Cross Section melintang Sungai (CS.7)

Terlihat dari hasil grafik **Gambar 4.6** gradasi ukuran butiran dan jarak melintang sungai menunjukkan D_{35} , D_{90} , bahwa dominan sedikit seragam dan untuk D_{50} dan D_{60} , dominan bervariasi atau tak seragam. Hal ini dikarenakan pengaruh oleh bentuk penampang sungai yang tak seragam dan juga dipengaruhi kecepatan aliran.



Gambar 4. 7 Grafik hubungan antara ukuran butiran dan jarak memanjang sungai pada titik 7

4.4 Pembahasan

Dari hasil perhitungan debit banjir rancangan menggunakan metode rasional dengan curah hujan rancangan periode ulang 50 tahun yaitu 109,83 mm diperoleh nilai debit banjir rancangan periode ulang 50 tahun yaitu 24,493 m³/det

Dari hasil pengujian laboratorium menunjukkan bahwa plot grafik pengujian analisa saringan pada tabel 4.5 Gambar 4.3 CS_{7.5} diperoleh ukuran butiran sedimen dasar $d_{90} = 38$ mm, $d_{60} = 6,7$ mm, $d_{50} = 2,6$ mm, $d_{35} = 1,1$ mm. Dan untuk nilai pengujian berat jenis pada tabel 4.6 dan Gambar 4.4 diperoleh 2,67 gr/cm³. Dari hasil tersebut bisa dikategorikan bahwa termasuk dalam jenis material Pasir (*Sand*). Dan untuk hasil analisa saringan dan berat jenis pada *cross section* bisa dilihat pada lampiran 1 (L-2) untuk analisa saringan dan lampiran 2 untuk berat jenis (L-70).

Dari hasil perhitungan angkutan sedimen dasar (*bedload*) menggunakan persamaan *meyer peter muller* (M.P.M) pada CS 7 diperoleh prediksi angkutan sedimen dasar per-meter sebesar 0,076 m³/det.m. Dan jumlah angkutan sedimen dasar (*bedlload*) per-lebar sungai sebesar 2,301 m³/detik. Untuk nilai Rekapitulasi hitungan angkutan sedimen dasar bisa dilihat pada tabel 4.7 (IV-12). Nilai laju angkutan sedimen dasar per-meter terbesar terdapat pada CS_{7.5} yaitu 0.076 m³/det.m dan nilai laju angkutan sedimen terkecil terdapat pada CS_{0.2} yaitu 0.039 m³/det.m

Pada Gambar 4.5 diagram *Shield* merupakan diagram hubungan antara kecepatan aliran cm/s dan dengan diameter butiran untuk mengetahui mengikis, mengangkut, atau mengendapnya suatu sedimen. Dan bisa dilihat contoh dari plot diagram pada patok 7 menunjukkan bahwa dengan nilai kecepatan 5,850 m/det dan dengan ukuran butiran $Cs_{7.1} = 18$ mm, $Cs_{7.2} = 20$ mm, $Cs_{7.3} = 0,9$ mm, $Cs_{7.4} = 3,7$ mm dan $Cs_{7.5} = 2,6$ mm, sedimen tersebut mengalami erosi atau tergerus.

Untuk mengetahui sebaran ukuran butiran melintang pada *cross section* 7 bisa dilihat pada Gambar 4.6 terlihat dari hasil grafik tersebut menunjukkan ukuran butiran dan jarak melintang sungai d_{35} , d_{90} , dominan sedikit seragam dan untuk d_{50} dan d_{60} dominan bervariasi atau tak seragam. Hal ini dikarenakan pengaruh oleh penampang sungai yang tak seragam dan juga dipengaruhi

kecepatan aliran. Dan untuk hasil grafik *Cross Section* yang lain bisa dilihat pada lampiran 3 (L-104)

Dapat dilihat Gambar 4.7 adalah grafik menggambarkan hubungan antara ukuran butiran sedimen dan jarak memanjang sungai, memberikan gambar penting tentang proses sedimentasi dan transportasi material disepanjang aliran sungai. Biasanya, grafik ini menunjukkan bahwa ukuran butiran cenderung lebih besar dekat dengan sumber sungai dan menjadi lebih halus saat mendekati hilir sungai. Hal ini disebabkan oleh proses erosi dan transportasi sedimen yang terus menerus sepanjang perjalanan sungai. Faktor yang mempengaruhi biasanya, seperti kecepatan aliran, kemiringan sungai, dan kekasaran dasar sungai mempengaruhi perubahan ukuran butiran sepanjang jarak memanjang. Kecepatan aliran yang tinggi umumnya dapat mengangkut butiran yang lebih besar, sementara aliran yang lebih lambat akan deposit ukuran yang lebih kecil. Grafik ini berguna untuk memahami dinamika sedimentasi dalam sistem sungai dan dapat membantu dalam perencanaan pengelolaan sungai dan pengendalian erosi. Dan untuk hasil grafik *cross section* yang lain bisa dilihat pada lampiran 4 (L-116).

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian Analisis Angkutan Sedimen Dasar Pada Sabo dam 1, 2, dan 3, Sungai namo dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Dari hasil pengujian dan perhitungan karakteristik sedimen analisa saringan pada $CS_{7.5}$ diperoleh ukuran butiran sedimen dasar $d_{90} = 38$ mm, $d_{60} = 6,7$ mm, $d_{50} = 2,6$ mm, $d_{35} = 1,1$ mm. Dan untuk nilai pengujian berat jenis pada dapat dilihat pada Tabel 4.6 dan Gambar 4.4 diperoleh $2,67 \text{ gr/cm}^3$ yang termasuk dalam jenis material pasir (*Sand*).
2. Dari hasil perhitungan debit banjir rancangan menggunakan metode rasional dengan curah hujan rancangan periode ulang 50 tahun yaitu 109,83 mm diperoleh nilai debit banjir rancangan periode ulang 50 tahun yaitu $24,493 \text{ m}^3/\text{det}$
3. Dari hasil perhitungan angkutan sedimen dasar (*Bedload*) Sabo dam Sungai namo pada $CS_{7.5}$ menggunakan persamaan *Meyer Peter & Muller* (M.P.M) diperoleh Nilai laju angkutan Sedimen dasar permeter terbesar terdapat pada $CS_{7.5}$ yaitu $0,076 \text{ m}^3/\text{det.m}$ dan Nilai laju angkutan sedimen dasar perjam terkecil terdapat pada $CS_{0.2}$ yaitu $0,039 \text{ m}^3/\text{det}$.

5.2 Saran

Adapun beberapa saran yang dapat disampaikan terkait dengan hasil penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk penelitian selanjutnya disarankan memasukan nilai *Suspended Load* untuk menghasilkan *Total Load* sehingga bisa diketahui jumlah angkutan sedimen total yang harus dikuras pada Sabo Dam Sungai Namo
2. Dalam pengambilan sampel sedimen dan kecepatan aliran masih digunakan cara manual karena keterbatasan alat, untuk selanjutnya bisa digunakan alat yang khusus seperti *current meter* dan pada saat pengambilan sampel harap untuk memperhatikan cuaca untuk menghindari terjadinya banjir di area Sungai

DAFTAR PUSTAKA

- Andayani, R., & Yulianti, D. (2019). Analisis debit muatan sedimen dasar pada Muara Sungai Ogan. *Jurnal Desiminasi Teknologi*, 7(1), 9–19.
- Anugra, P. (2015). Teknik Penyediaan Air Minum, 1–15. Retrieved from https://www.academia.edu/11210282/TUGAS_TEKNIK_PENYEDIAAN_AIR_MINUM
- Arfy, M. C., Yunus, I., & Kasmuri, M. (2019). Kajian Sistem Aliran Pada Daerah Aliran Sungai (Das) Bendung Kota Palembang. *Jurnal Teknik Sipil*, 7(2), 41–52. <https://doi.org/10.36546/tekniksipil.v7i2.242>
- Arsitektur, S., & Kebijakan, P. (2013). Rosyidie, Arief. *Fakta Dan Dampaknya, Serta Pengaruh Dari Perubahan Guna Lahan Jurnal Perencanaan Wilayah Dan Kota*, 24(3), 241–249.
- Artia, & Fatima, S. (2018). Sedimentasi Sungai Walanae Kabupaten Wajo Disusun Oleh : *UNISMUH Makassar*, 96. Retrieved from https://digilibadmin.unismuh.ac.id/upload/1711-Full_Text.pdf
- Belanting, K., Desa, D. I., & Kecamatan, B. (n.d.). *Skripsi Perencanaan Sabo Dam Di Down Stream Sungai Nangka*.
- Beno, J., Silen, A. ., & Yanti, M. (2022). Perencanaan Sabo Dam Sebagai Bangunan Pengendali Sedimen Pada Sungai Talang Kota Padang Panjang Title. *Braz Dent J.*, 33(1), 1–12.
- Suripin, M. E. (2004). *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*.
- Fitra, F. S. (2016). Studi Keandalan Tampung Sedimen Sabo Dam Sehati Pulau Seram Maluku Tengah, II–1. Retrieved from <https://core.ac.uk/download/pdf/77627428.pdf>
- Herison, A., Romdania, Y., Purwadi, O. T., & Effendi, R. (2018). Kajian Penggunaan Metode Empiris dalam Menentukan Debit Banjir Rancangan pada Perencanaan Drainase (Review). *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, 16(2), 77. <https://doi.org/10.12962/j2579-891x.v16i2.3819>
- Hermawan, A., & Afiato, E. (2021). Analisis Angkutan Sedimen Dasar (Bed Load) Pada Saluran Irigasi Mataram Yogyakarta. *Teknisia*, XXVI(1). <https://doi.org/10.20885/teknisia.vol26.iss1.art3>
- Irmawati, T. (2014). Perencanaan Sabo Dam Untuk Pengendalian Aliran Debris Di Kali Nangka Desa Belanting Kecamatan Sambelia Kabupaten Lombok Timur.

- Kadli, M. A., Alam, M., Musa, R., Mallombasi, A., Sar, M., Adillah, A., & Azis, F. (2025). Analisa Angkutan Sedimen di Sungai Tello , Kota Makassar, 7(1), 67–78.
- Kamis, M., & Priambodo, Y. A. (2021). Analisis Laju Sedimentasi pada Hulu Sungai Togurara Kota Ternate. *JurnalSIPILsains*, 10 2(September), 151–156.
- Layaliya, H. N., & Nugroho, J. (2024). Analisis Efektivitas Bangunan Pengendali Sedimen dalam Mengatasi Sedimentasi dan Erosi di Sungai Namo dengan Simulasi HEC-RAS 2D, 07(01), 8491–8500.
- Munir, M. D. (2019). Bangunan Sabodam, Fungsi dan Potensinya sebagai Bagian dari Geowisata Gunung Api Merapi. *Jurnal Lingkungan Dan Bencana Geologi*, 10(2), 15–26. <https://doi.org/10.34126/jlbg.v10i2.202>
- Nugraha, A. D. (2019). *Analisis laju Sedimen Melayang Pada Sungai Sadang*.https://www.minsal.cl/wp-content/uploads/2019/01/2019.01.23_PLAN-NACIONAL-DE-CANCER_web.pdf
- Rustiati, N., Fauzi, N. R., Keristiadi, A., Setiaji, W., & Ngaripin. (2023). Estimasi Angkutan Sedimen Dasar pada Saluran Sand Trap Daerah Irigasi Gumbasa. *Jurnal Teknik Sumber Daya Air*, 3(2), 165–176. <https://doi.org/10.56860/jtsda.v3i2.88>
- Saiya, K., Tiwery, C. J., & A. Sakliressy. (2022). Analisis Volume Tampung Sedimen Pada Bangunan Sabo Dam Way Sakula Di Negeri Hatu Kecamatan Leihitu Barat Maluku Tengah Klein. *Manumata*, 8, 28–41.
- Suryana, I., Lisnawati, D., Sabo, D., & Jeneberang, S. (2019). Muhammad Syafa ' at S. Kuba 1) Irma Suryana 2) Dan Lisnawati 3) 1), 12(1), 54–64. Teknik, A. S. (n.d.). Suma purwokerto.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil pengujian Analisa Saringa :



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
FAKULTAS TEKNIK - JURUSAN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS TADULAKO

Kampus Bumi Tadulako Tondo Telp : (0451) 422611 - 422355 Fax : (0451) 422844
Palu - Sulawesi Tengah 94118



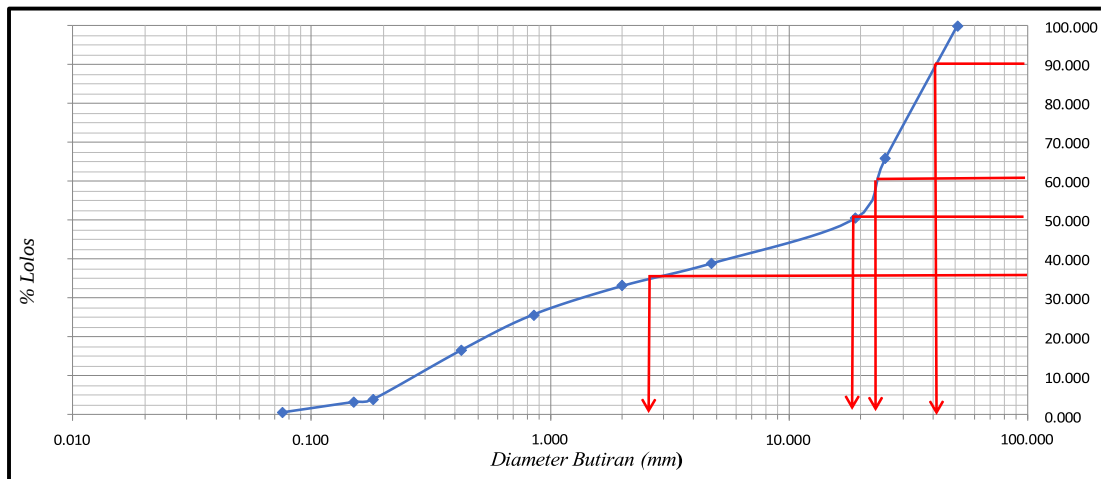
Proyek	: Tugas Akhir	Dikerjakan	: ARIANSYAH
Pengujia	: Analisa Saringan	Dihitung	: ARIANSYAH
Lokasi	: Sungai NAMO	Diperiksa	: Ir. Imran, ST.,MT
Sampel	: Sampel 7.1	Tanggal	: 15/08/2025

Analisa Saringan
(SNI 03-1968-1990)

Berat kering sampel sebelum disaring :

1553.840 gr

aringa No.	Bukaan (mm)	Berat Tertahan (gr)	Kumulatif Tertahan (gr)	Tertahan (%)	Lolos (%)
2"	50.800	0.000	0.000	0.000	100.000
1"	25.400	443.040	443.040	34.014	65.986
3/4"	19.050	200.390	643.430	49.399	50.601
#4	4.750	150.500	793.930	60.953	39.047
#10	2.000	75.550	869.480	66.754	33.246
#20	0.850	95.640	965.120	74.096	25.904
#40	0.425	118.280	1083.400	83.177	16.823
#80	0.180	165.800	1249.200	95.906	4.094
#100	0.150	8.180	1257.380	96.534	3.466
#200	0.075	35.040	1292.420	99.225	0.775
Pan		10.100	1302.520	100.000	0.000



Berdasarkan grafik gradasi butiran di atas diperoleh :

d_{50}	=	18	mm	d_{35}	=	2.7	mm
d_{60}	=	24	mm				
d_{90}	=	43	mm				

Palu, 2025

Paraf Laboran

Ir. Imran, ST.,MT



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
FAKULTAS TEKNIK - JURUSAN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS TADULAKO

Kampus Bumi Tadulako Tondo Telp : (0451) 422611 - 422355 Fax : (0451) 422844
Palu - Sulawesi Tengah 94118

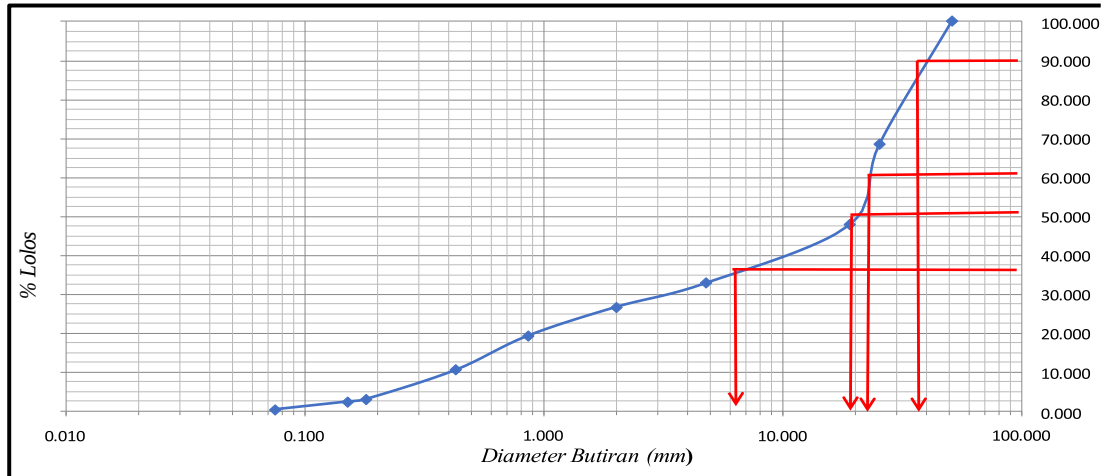


Proyek	: Tugas Akhir	Dikerjakan	: ARIANSYAH
Pengujian	: Analisa Saringan	Dihitung	: ARIANSYAH
Lokasi	: Sungai NAMO	Diperiksa	: Ir. Imran, ST.,MT
Sampel	: Sampel 7.2	Tanggal	: 15/08/2025

Analisa Saringan
(SNI 03-1968-1990)

Berat kering sampel sebelum disaring : 1793.870 gr

Saringan No.	Bukaan (mm)	Berat Tertahan (gr)	Kumulatif Tertahan (gr)	Tertahan (%)	Lolos (%)
2"	50.800	0.000	0.000	0.000	100.000
1"	25.400	409.530	409.530	31.441	68.559
3/4"	19.050	270.440	679.970	52.204	47.796
#4	4.750	195.540	875.510	67.217	32.783
#10	2.000	79.950	955.460	73.355	26.645
#20	0.850	97.300	1052.760	80.825	19.175
#40	0.425	114.200	1166.960	89.592	10.408
#80	0.180	96.680	1263.640	97.015	2.985
#100	0.150	8.130	1271.770	97.639	2.361
#200	0.075	25.930	1297.700	99.630	0.370
Pan		4.820	1302.520	100.000	0.000



Berdasarkan grafik gradasi butiran di atas diperoleh :

$d_{50} = 20 \text{ mm}$ $d_{35} = 6.5 \text{ mm}$
 $d_{60} = 24 \text{ mm}$
 $d_{90} = 39 \text{ mm}$

Palu, 2025

Paraf Laboran

Ir. Imran, ST.,MT



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
FAKULTAS TEKNIK - JURUSAN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS TADULAKO

Kampus Bumi Tadulako Tondo Telp : (0451) 422611 - 422355 Fax : (0451) 422844
Palu - Sulawesi Tengah 94118



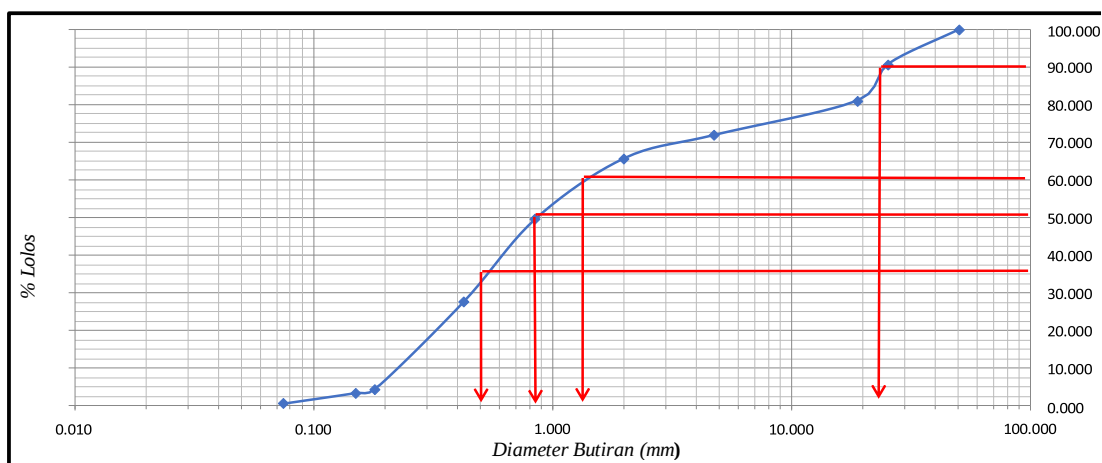
Proyek	: Tugas Akhir	Dikerjakan	: ARIANSYAH
Pengujian	: Analisa Saringan	Dihitung	: ARIANSYAH
Lokasi	: Sungai NAMO	Diperiksa	: Ir. Imran, ST.,MT
Sampel	: Sampel 7.3	Tanggal	: 15/08/2025

Analisa Saringan
(SNI 03-1968-1990)

Berat kering sampel sebelum disaring :

1503.560 gr

Saringan No.	Bukaan (mm)	Berat Tertahan (gr)	Kumulatif Tertahan (gr)	Tertahan (%)	Lolos (%)
2"	50.800	0.000	0.000	0.000	100.000
1"	25.400	120.760	120.760	9.271	90.729
3/4"	19.050	125.350	246.110	18.895	81.105
#4	4.750	119.940	366.050	28.103	71.897
#10	2.000	79.930	445.980	34.240	65.760
#20	0.850	208.650	654.630	50.259	49.741
#40	0.425	286.510	941.140	72.255	27.745
#80	0.180	303.080	1244.220	95.524	4.476
#100	0.150	12.730	1256.950	96.501	3.499
#200	0.075	36.440	1293.390	99.299	0.701
Pan		9.130	1302.520	100.000	0.000



Berdasarkan grafik gradasi butiran di atas diperoleh :

d_{50}	=	0.9 mm	d_{35}	=	0.51 mm
d_{60}	=	1.4 mm			
d_{90}	=	24 mm			

Palu, 2025

Paraf Laboran

Ir. Imran, ST.,MT



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
FAKULTAS TEKNIK - JURUSAN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS TADULAKO

Kampus Bumi Tadulako Tondo Telp : (0451) 422611 - 422355 Fax : (0451) 422844
Palu - Sulawesi Tengah 94118



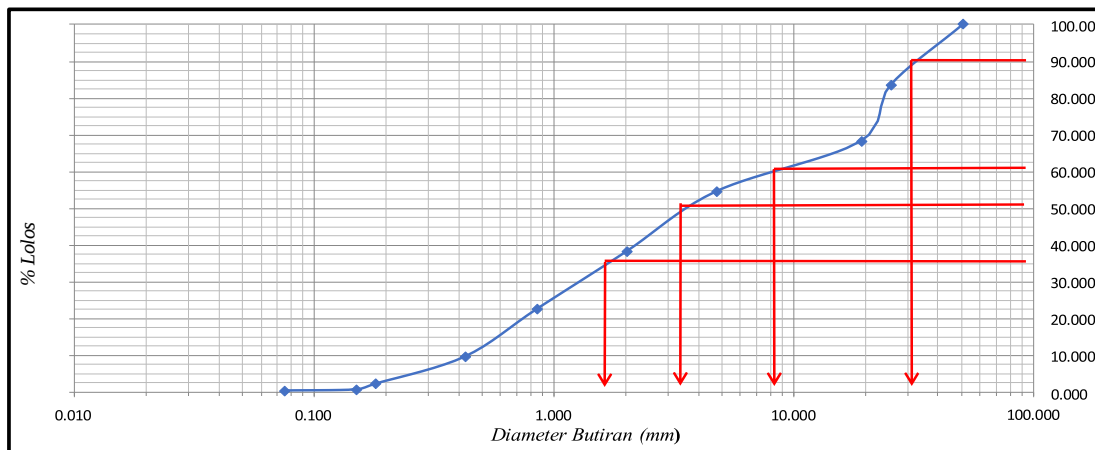
Proyek	: Tugas Akhir	Dikerjakan	: ARIANSYAH
Pengujian	: Analisa Saringan	Dihitung	: ARIANSYAH
Lokasi	: Sungai NAMO	Diperiksa	: Ir. Imran, ST.,MT
Sampel	: Sampel 7.4	Tanggal	: 15/08/2025

Analisa Saringan
(SNI 03-1968-1990)

Berat kering sampel sebelum disaring :

1416.900 gr

Saringan No.	Bukaan (mm)	Berat Tertahan	umulatif Tetaha (gr)	Tertahan (%)	Lolos (%)
2"	50.800	0.000	0.000	0.000	100.000
1"	25.400	214.800	214.800	16.491	83.509
3/4"	19.050	199.200	414.000	31.785	68.215
#4	4.750	178.200	592.200	45.466	54.534
#10	2.000	214.010	806.210	61.896	38.104
#20	0.850	203.000	1009.210	77.481	22.519
#40	0.425	169.360	1178.570	90.484	9.516
#80	0.180	96.000	1274.570	97.854	2.146
#100	0.150	20.100	1294.670	99.397	0.603
#200	0.075	4.000	1298.670	99.704	0.296
Pan		3.850	1302.520	100.000	0.000



Berdasarkan grafik gradasi butiran di atas diperoleh :

d_{50}	=	3.7 mm	d_{35}	=	1.7 mm
d_{60}	=	8.9 mm			
d_{90}	=	32 mm			

Palu, 2025

Paraf Laboran

Ir. Imran, ST.,MT



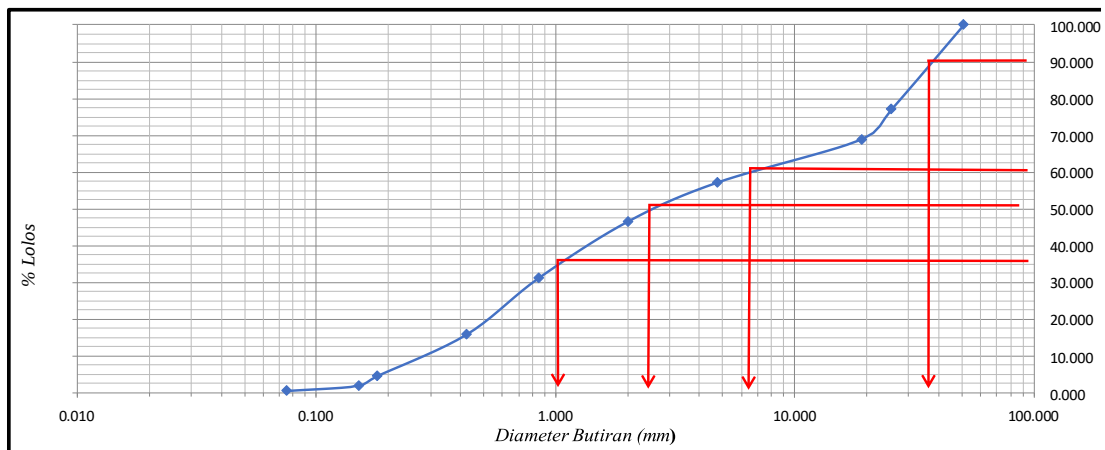
Proyek	: Tugas Akhir	Dikerjakan	: ARIANSYAH
Pengujian	: Analisa Saringan	Dihitung	: ARIANSYAH
Lokasi	: Sungai NAMO	Diperiksa	: Ir. Imran, ST.,MT
Sampel	: Sampel 7.5	Tanggal	: 15/08/2025

Analisa Saringan
(SNI 03-1968-1990)

Berat kering sampel sebelum disaring :

1544.209 gr

Saringan No.	Bukaan (mm)	Berat Tertahan umulatif Tetaha (gr)	Tertahan (%)	Lolos (%)
2"	50.800	0.000	0.000	100.000
1"	25.400	297.500	22.840	77.160
3/4"	19.050	106.900	31.048	68.952
#4	4.750	152.800	42.779	57.221
#10	2.000	138.900	53.443	46.557
#20	0.850	199.900	68.790	31.210
#40	0.425	199.600	84.114	15.886
#80	0.180	146.900	95.392	4.608
#100	0.150	34.430	98.035	1.965
#200	0.075	17.950	99.413	0.587
Pan		7.640	100.000	0.000



Berdasarkan grafik gradasi butiran di atas diperoleh :

d_{50}	=	2.6 mm	d_{35}	=	1.1 mm
d_{60}	=	6.7 mm			
d_{90}	=	38 mm			

Palu, 2025

Paraf Laboran

Ir. Imran, ST.,MT

Lampiran 2 Hasil pengujian berat jenis :



LABORATORIUM MEKANIK TANAH FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS TADULAKO Kampus Bumi Tadulako Tondo Palu, Telp. 422611 Psw 166

PROYEK	: PRAKTIKUM	DIKERJAKAN	: ARIANSYAH
PEKERJAAN	: BERAT JENIS TANAH	DIHITUNG	: ARIANSYAH
LOKASI	: LAB. MEKANIK TANAH FATEK	DIPERIKSA	: Ir. Imran, ST.,MT
NO. CONTOH	: SAMPEL 7.1	TANGGAL	:

PEMERIKSAAN BERAT JENIS TANAH (Gs) PB - 0108 - 76

NOMOR PICNOMETER		Sebelum Terkoreksi		Setelah Terkoreksi	
		1	2	1	2
Berat Picnometer	$W_1(\text{gr})$	47.94	69.31	47.94	69.31
Berat Picnometer + Contoh	$W_2(\text{gr})$	79.72	96.23	79.72	96.23
Berat Picnometer + Contoh + Air	$W_3(\text{gr})$	169.68	192.36	169.68	192.36
Berat Picnometer + Air pada t^0	$W_4(\text{gr})$	150.1	175.41	150.1	175.41
Suhu	$^{\circ}\text{C}$	28	28	28	28
suhu terkoreksi	w_4'	149.9799	175.2697	149.9799	175.2697
Berat Contoh. $W_t = W_2 - W_1$	(gr)	31.78	26.92	31.78	26.92
$W_s = W_2 - W_1 + W_4$	(gr)	181.88	202.33	181.7599	202.1897
Isi Contoh Tanah. $V = W_5 - W_3$	(gr)	12.20	9.97	12.07992	9.829672
Berat Jenis Contoh. $G_s = W_t/V$		2.60	2.70	2.63	2.74
Berat Jenis Rata-rata G_s		2.65		2.68	



LABORATORIUM MEKANIK TANAH FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS TADULAKO Kampus Bumi Tadulako Tondo Palu, Telp. 422611 Psw 166

PROYEK	: PRAKTIKUM	DIKERJAKAN	: ARIANSYAH
PEKERJAAN	: BERAT JENIS TANAH	DIHITUNG	: ARIANSYAH
LOKASI	: LAB. MEKANIK TANAH FATEK	DIPERIKSA	: Ir. Imran, ST.,MT
NO. CONTOH	: SAMPEL 8.1	TANGGAL	:

PEMERIKSAAN BERAT JENIS TANAH (Gs) PB - 0108 - 76

NOMOR PICNOMETER		Sebelum Terkoreksi		Setelah Terkoreksi	
		1	2	1	2
Berat Picnometer	$W_1(\text{gr})$	39.98	46.6	39.98	46.6
Berat Picnometer + Contoh	$W_2(\text{gr})$	70.97	75.83	70.97	75.83
Berat Picnometer + Contoh + Air	$W_3(\text{gr})$	162.27	160.94	162.27	160.94
Berat Picnometer + Air pada t^0	$W_4(\text{gr})$	140.5	146.89	140.5	146.89
Suhu	$^{\circ}\text{C}$	28	28	28	28
suhu terkoreksi	w_4'	140.3876	146.7725	140.3876	146.7725
Berat Contoh. $W_t = W_2 - W_1$	(gr)	30.99	29.23	30.99	29.23
$W_s = W_2 - W_1 + W_4$	(gr)	171.49	176.12	171.3776	176.0025
Isi Contoh Tanah. $V = W_5 - W_3$	(gr)	9.22	15.18	9.1076	15.062488
Berat Jenis Contoh. $G_s = W_t/V$		3.36	1.93	3.40	1.94
Berat Jenis Rata-rata G_s		2.64		2.67	



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS TADULAKO
Kampus Bumi Tadulako Tondo Palu, Telp. 422611 Psw 166

PROYEK : PRAKTIKUM
 PEKERJAAN : BERAT JENIS TANAH
 LOKASI : LAB. MEKANIKA TANAH FATEK
 NO. CONTOH : SAMPEL 7.3

DIKERJAKAN : ARIANSYAH
 DIHITUNG : ARIANSYAH
 DIPERIKSA : Ir. Imran, ST.,MT
 TANGGAL :

PEMERIKSAAN BERAT JENIS TANAH (Gs)
PB - 0108 - 76

NOMOR PICNOMETER		Sebelum Terkoreksi		Setelah Terkoreksi	
		1	2	1	2
Berat Picnometer	$W_1(\text{gr})$	48.22	69.48	48.22	69.48
Berat Picnometer + Contoh	$W_2(\text{gr})$	81.53	105.31	81.53	105.31
Berat Picnometer + Contoh + Air	$W_3(\text{gr})$	170.79	197.1	170.79	197.1
Berat Picnometer + Air pada t^0	$W_4(\text{gr})$	149.1	175.91	149.1	175.91
Suhu	$^{\circ}\text{C}$	28	28	28	28
suhu terkoreksi	w_4'	148.9807	175.7693	148.9807	175.7693
Berat Contoh. $W_t = W_2 - W_1$	(gr)	33.31	35.83	33.31	35.83
$W_s = W_2 - W_1 + W_4$	(gr)	182.41	211.74	182.2907	211.5993
Isi Contoh Tanah. $V = W_s - W_3$	(gr)	11.62	14.64	11.50072	14.499272
Berat Jenis Contoh. $G_s = W_t/V$		2.87	2.45	2.90	2.47
Berat Jenis Rata-rata G_s		2.66		2.68	



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS TADULAKO
Kampus Bumi Tadulako Tondo Palu, Telp. 422611 Psw 166

PROYEK : PRAKTIKUM
 PEKERJAAN : BERAT JENIS TANAH
 LOKASI : LAB. MEKANIKA TANAH FATEK
 NO. CONTOH : SAMPEL 7.4

DIKERJAKAN : ARIANSYAH
 DIHITUNG : ARIANSYAH
 DIPERIKSA : Ir. Imran, ST.,MT
 TANGGAL :

PEMERIKSAAN BERAT JENIS TANAH (Gs)
PB - 0108 - 76

NOMOR PICNOMETER		Sebelum Terkoreksi		Setelah Terkoreksi	
		1	2	1	2
Berat Picnometer	$W_1(\text{gr})$	48.22	69.48	48.22	69.48
Berat Picnometer + Contoh	$W_2(\text{gr})$	79.95	94.49	79.95	94.49
Berat Picnometer + Contoh + Air	$W_3(\text{gr})$	169.19	191.05	169.19	191.05
Berat Picnometer + Air pada t^0	$W_4(\text{gr})$	149.1	175.91	149.1	175.91
Suhu	$^{\circ}\text{C}$	28	28	28	28
suhu terkoreksi	w_4'	148.9807	175.7693	148.9807	175.7693
Berat Contoh. $W_t = W_2 - W_1$	(gr)	31.73	25.01	31.73	25.01
$W_s = W_2 - W_1 + W_4$	(gr)	180.83	200.92	180.7107	200.7793
Isi Contoh Tanah. $V = W_s - W_3$	(gr)	11.64	9.87	11.52072	9.729272
Berat Jenis Contoh. $G_s = W_t/V$		2.73	2.53	2.75	2.57
Berat Jenis Rata-rata G_s		2.63		2.66	



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS TADULAKO
Kampus Bumi Tadulako Tondo Palu, Telp. 422611 Psw 166

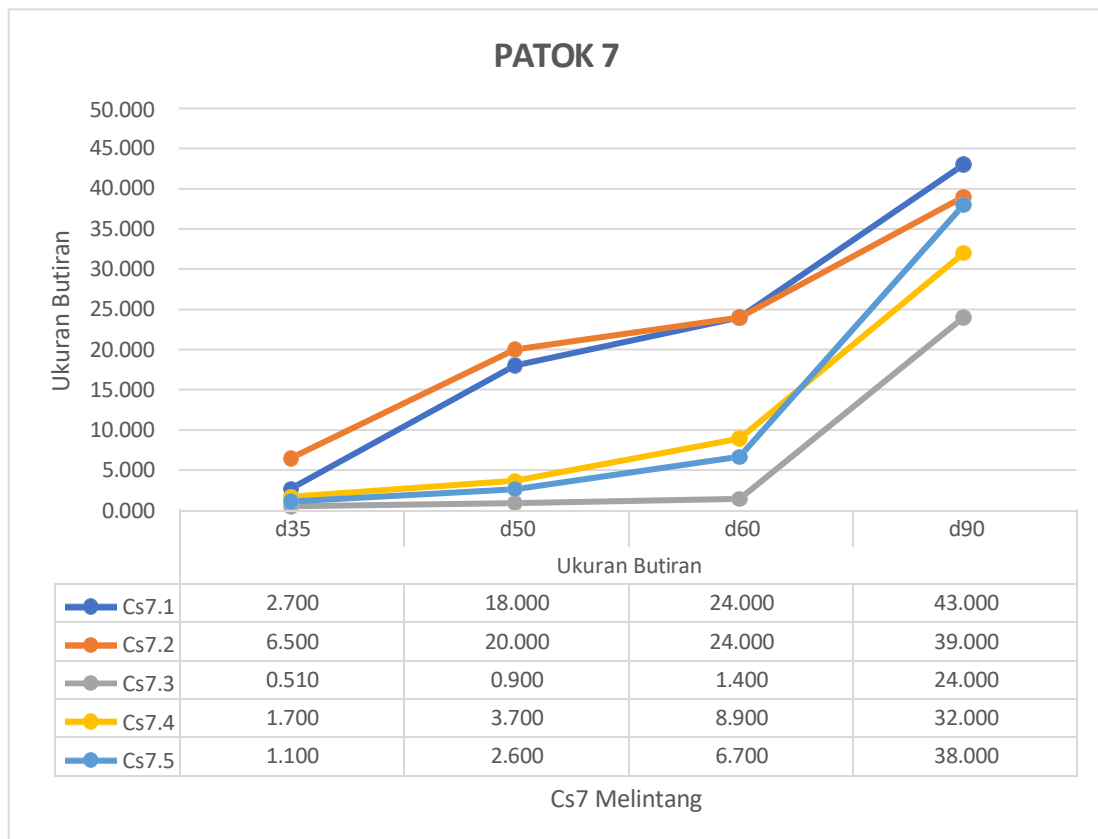
PROYEK : PRAKTIKUM
PEKERJAAN : BERAT JENIS TANAH
LOKASI : LAB. MEKANIKA TANAH FATEK
NO. CONTOH : SAMPEL 7.5

DIKERJAKAN : ARIANSYAH
DIHITUNG : ARIANSYAH
DIPERIKSA : Ir. Imran, ST., MT
TANGGAL :

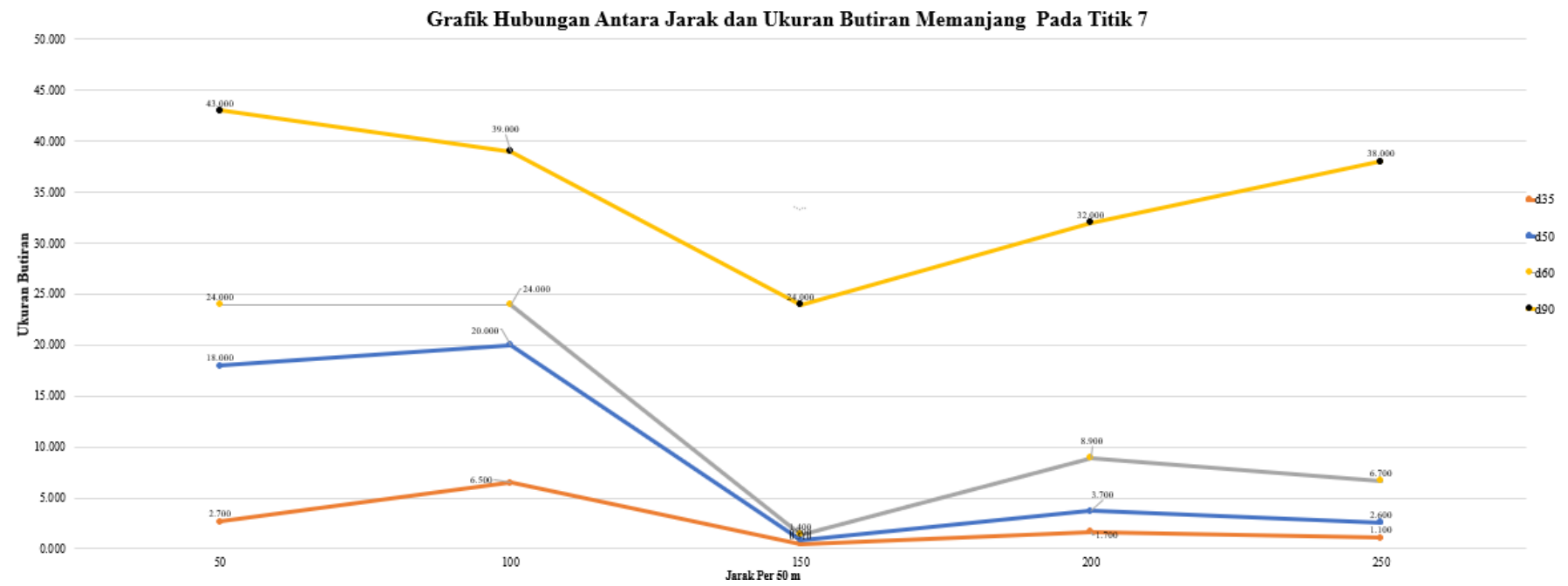
PEMERIKSAAN BERAT JENIS TANAH (Gs)
PB - 0108 - 76

NOMOR PICNOMETER	Sebelum Terkoreksi		Setelah Terkoreksi	
	1	2	1	2
Berat Picnometer $W_1(\text{gr})$	42.35	39.91	42.35	39.91
Berat Picnometer + Contoh $W_2(\text{gr})$	87.41	86.35	87.41	86.35
Berat Picnometer + Contoh + Air $W_3(\text{gr})$	169.72	174.47	169.72	174.47
Berat Picnometer + Air pada t^0 $W_4(\text{gr})$	141.38	145.78	141.38	145.78
Suhu $^{\circ}\text{C}$	28	28	28	28
suhu terkoreksi w_4'	141.2669	145.6634	141.2669	145.6634
Berat Contoh. $W_t = W_2 - W_1$ (gr)	45.06	46.44	45.06	46.44
$W_s = W_2 - W_1 + W_4$ (gr)	186.44	192.22	186.3269	192.1034
Isi Contoh Tanah. $V = W_s - W_3$ (gr)	16.72	17.75	16.606896	17.633376
Berat Jenis Contoh. $G_s = W_t/V$	2.69	2.62	2.71	2.63
Berat Jenis Rata-rata G_s	2.66		2.67	

Lampiran 3 Grafik hubungan antara Ukuran Butiran Dan Jarak Melintang Sungai :



Lampiran 4 Grafik hubungan antara ukuran butiran dan jarak memanjang :



Lampiran 5 Gambar pengambilan sampel sedimen :







