

SKRIPSI

**ANALISIS KARAKTERISTIK SEDIMEN DAN LAJU
SEDIMENTASI SUNGAI NOLING KABUPATEN LUWU**



PROGRAM STUDI TEKNIK PENGAIRAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

2025



FAKULTAS TEKNIK

PENGESAHAN

Skripsi atas nama Juliandro dengan nomor induk Mahasiswa 10581108518 dan Ismail Pawara dengan nomor induk Mahasiswa 105811105418, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0002/SK-Y/22202/091004/2025, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Senin, 17 Februari 2025.

Panitia Ujian :

1. Pengawas Umum

Makassar,

14 Dzulhijjah 1446 H

10 Juni 2025 M

a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar

Dr. Ir. H. Abd. Rakhim Nanda, ST., MT., IPU

b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

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

2. Penguji

a. Ketua

: Prof. Dr. Eng. Ir. H. Farouk Maricar, MT., PU-SDA

b. Sekretaris

: Indriyanti, ST., MT.

3. Anggota

1. Dr. Ir. Nenny, ST., MT., IPU

2. Fauzan Hamdi, ST., MT.

3. Ir. M. Agusalm, ST., MT.

Mengesah

Pembimbing I

Pembimbing II

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

Dekan

Farida Gaffar, ST., MM., IPM

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

NBM : 975 288

Gedung Menara Iqra Lantai 3

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

Web: <https://teknik.unismuh.ac.id/>, e-mail: teknik@unismuh.ac.id



Analisis Karakteristik Sedimen Dan Laju Sedimentasi Sungai Noling Kabupaten Luwu

Muhammad Syafa'at S Kuba¹, Farida Gaffar², Juliandro^{3*}, Ismail Pawara⁴

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar, Jl. Sultan Alauddin No.259, Gn. Sari, Kec. Rappocini, Kota Makassar, 90221, Indonesia

*e-mail: juliandroando7@gmail.com

Abstract

Analysis of Sediment Characteristics and Sedimentation Rate of the Noling River, Luwu Regency. This study aims to analyze the sediment characteristics and sedimentation rates in the Noling River, Luwu Regency. The Noling River plays an important role in supporting the lives of the surrounding communities, but it is currently facing sedimentation issues that cause riverbed aggradation, infrastructure disruptions, and a reduction in flow capacity. Sediment samples were taken from the middle section of the river and analyzed in the laboratory to determine particle size distribution, specific gravity, and physical characteristics. The results showed that the sediments in the Noling River are dominated by sand (57.4%), gravel (31.8%), and silt/clay (10.9%), classified as sandy clay based on the USDA classification. Sedimentation rates were calculated using direct measurement and empirical approaches such as the Meyer-Peter and Dubois methods. The average suspended sediment discharge was found to be 5,251.97 tons per month, while the bed load sediment discharge was 1,102.91 tons per month. The river's flow velocity, which exceeds the sediment fall velocity, indicates that active sediment transport is occurring. This research is expected to serve as a reference for improved river management and future sedimentation mitigation efforts.

Keywords: Sediment, Sedimentation Rat, Noling River, Sediment Characteristics, River Management.

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik sedimen dan laju sedimentasi di Sungai Noling, Kabupaten Luwu. Sungai Noling memiliki peranan penting bagi kehidupan masyarakat sekitar, namun mengalami permasalahan sedimentasi yang berdampak pada pendangkalan, gangguan infrastruktur, dan penurunan kapasitas aliran. Pengambilan sampel sedimen dilakukan di bagian tengah sungai dan dianalisis di laboratorium untuk mengetahui distribusi ukuran butir, berat jenis, dan karakteristik fisik sedimen. Berdasarkan hasil analisis, sedimen Sungai Noling didominasi oleh pasir sebesar 57,4%, kerikil 31,8%, dan lanau/lempung 10,9%, dengan klasifikasi sedimen berupa lempung berpasir. Laju sedimentasi dihitung menggunakan metode langsung dan pendekatan empiris seperti metode Meyer Peter dan Dubois. Rata-rata debit sedimen melayang yang diperoleh sebesar 5251,97 ton/bulan dan debit sedimen dasar sebesar 1102,91 ton/bulan. Kecepatan aliran sungai yang lebih besar dari kecepatan jatuh sedimen menunjukkan bahwa pergerakan sedimen terjadi secara aktif. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi pengelolaan sungai yang lebih baik dan mitigasi permasalahan sedimentasi di masa mendatang.

Kata Kunci: Sedimen, Laju Sedimentasi, Sungai Noling, Karakteristik Sedimen, Pengelolaan Sungai.

PENDAHULUAN

Sungai adalah aliran air alamiah di atas permukaan bumi yang menampung air hujan sekaligus mengalirkannya ke daerah yang lebih rendah seperti danau atau laut. Di samping mengalirkan air, sungai juga mengangkut sedimen yang terdapat pada air sungai itu. Jadi sedimen terhanyut oleh aliran air sungai, yang bisa dibedakan sebagai muatan dasar (bed load) dan muatan melayang (*suspended load*) (Mansida A, 2017).

Masalah yang terjadi pada sungai rumit tidak seperti yang dipikirkan. Selain air mengalir, sungai juga melakukan aktifitas pengangkutan sedimen. sedimen berasal dari peristiwa pengikisan atau erosi. Rangkaian erosi pada sedimen akan terendapkan pada tempat yang kecepatan alirannya pelan atau terhenti. Pada saat sedimen memasuki sungai, terjadilah transportasi sedimen. Rangkaian proses sedimentasi bisa menyebabkan pendangkalan dan turunnya kualitas air. Jumlah partikel sedimen yang terbawa oleh aliran sungai akan terendapkan di wilayah muara sungai, sehingga terjadi banjir jika musim hujan tiba. Di samping itu, banyaknya

SKRIPSI

**ANALISIS KARAKTERISTIK SEDIMEN DAN LAJU SEDIMENTASI
SUNGAI NOLING KABUPATEN LUWU**



PROGRAM STUDI TEKNIK PENGAIRAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

2025

KATA PENGANTAR



Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, karena rahmat dan hidayah-Nyalah sehingga dapat menyusun tugas akhir yang berjudul **“ANALISIS KARAKTERISTIK SEDIMEN DAN LAJU SEDIMENTASI SUNGAI NOLING KABUPATEN LUWU”**

Penulis sangat menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih terdapat beberapa kekurangan, hal tersebut dikarenakan penulis hanya sebagai manusia biasa tidak dapat menghindari kesalahan dan kekurangan. Oleh karena itu penulis dengan tulus menerima segala koreksi dan perbaikan untuk menyempurnakan skripsi ini agar dapat bermanfaat di kemudian hari.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada berbagai pihak atas dukungan dan bantuannya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan. Ucapan terima kasih penulis kepada :

1. Bapak Dr. Ir. H. Abd Rakhim Nanda, ST.,MT.,IPU. selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar.
2. Ibu Dr. Ir. Hj. Nurnawaty, ST., MT., IPM. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
3. Bapak M. Aguslim, S.T., M.T. selaku Ketua Prodi Teknik Sipil Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar
4. Bapak Ir. Muhammad Syafa'at Kuba, ST., MT. selaku pembimbing I dan

Ibu Farida Gaffar, ST., MT., IPM. selaku pembimbing II yang sabar memberikan bimbingan dalam menyelesaikan proposal penelitian.

5. Bapak dan Ibu dosen serta staf pegawai di Fakultas Teknik atas segala waktunya telah mendidik dan melayani penulis selama mengikuti proses belajar mengajar di Universitas Muhammadiyah Makassar.
6. Saudara/Saudari kami di FAKULTAS TEKNIK, MEKANIKA 2018 yang telah berjuang bersama dan selalu memberikan doa serta dukungan kepada kami dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Kedua Orang Tua kami yang selalu memberi dukungan moral maupun material dan do'a kepada kami.

Semoga semua pihak tersebut mendapatkan pahala yang banyak dari Allah SWT dan skripsi sederhana ini dapat bermanfaat bagi penulis, rekan-rekan, masyarakat, bangsa dan negara Aamiin. ***“Billahi Fii Sabill Haq Fastabikul Khaerat”***.

Makassar, 25 Maret 2024

Tim Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	vii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
D. Manfaat Penelitian	4
E. Batasan Masalah	4
F. Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
A. Sungai	6
1. Pandangan Umum Tentang Sungai	6
2. Peranan Sungai	6
B. Sedimen Dan Sedimentasi	7
1. Pengertian Sedimen dan Sedimentasi	7
2. Proses Sedimen	8
3. Angkutan Sedimen (Transport Sedimen)	9
4. Mekanisme Pergerakan Sedimen	14
C. Karakteristik Sedimen	17
1. Gradasi	17
2. Ukuran Butir Sedimen	18
3. Bentuk Butir Sedimen	19
4. Volume dan Berat Jenis Sedimen	20
5. Kecepatan Jatuh	20
D. Pembuatan Lengkung Debit Air	22
E. Pengukuran Sedimen Dasar (Bed Load)	26

F. Pengolahan data sedimen dasar (<i>bed load</i>).....	31
BAB III METODE PENELITIAN	32
A. Lokasi Penelitian.....	32
B. Waktu Penelitian	33
C. Sumber Data.....	33
D. Prosedur Penelitian	34
F. Flow Chart.....	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	36
A. Perhitungan Karakteristik Sedimen	36
1. Analisa Saringan.....	36
2. Berat Jenis	43
3. Tegangan Geser (T_0) Dan Tegangan Geser Kritis (T_c).....	47
4. Kecepatan Jatuh (Fall Velocity).....	48
B. Analisis Sedimen Dasar	49
1. Pengukuran Lapangan.....	49
2. Analisis Sedimen Dasar dengan menggunakan Metode Meyer Peter	54
3. Analisis sedimen dasar dengan menggunakan metode Duboys.....	59
4. Analisis sedimen dasar menggunakan pendekatan Shields untuk mengetahui kondisi dasar Sungai	64
5. Analisis Gerakan Sedimen (Q_b)	68
C. Pembahasan.....	69
1. Karakteristik Sedimen	69
2. Laju sedimentasi	69
BAB V PENUTUP	71
A. Kesimpulan.....	71
B. Saran.....	71
DAFTAR PUSTAKA	73
LAMPIRAN	75

DAFTAR GAMBAR

<i>Gambar 1</i> .Berbagai macam penampang melintang	9
<i>Gambar 2</i> .Tampang panjang saluran dengan dasar granuler.....	10
<i>Gambar 3</i> .Angkutan sedimen pada tampang panjang dengan dasar granuler.	10
<i>Gambar 4</i> .Transpor sedimen dalam aliran sungai.	12
<i>Gambar 5</i> .Bagan mekanisme dan asal bahan sedimen (Tiara Luka, 2014).....	14
<i>Gambar 6</i> .Bentuk banjir lahar yang mengandung batu-batu (di depan aliran terdapat batu besar dan di belakang aliran terdapat kerikil ukuran kecil).(Sumber: Perbaikan dan Pengaturan sungai, Suyono Sudarsono dan Masateru Tominaga, 2008).....	15
<i>Gambar 7</i> .Progres gerakan sedimen dan perpindahan daerah pengendapan karena terjadinya perubahan muka air.....	16
<i>Gambar 8</i> .Grafik nilai yang digunakan persamaan Duboys (Ponce, 1989).	30
<i>Gambar 9</i> .Peta lokasi penelitian (Google earth).....	32
<i>Gambar 10</i> .Peta lokasi penelitian (ArcGIS).....	33
<i>Gambar 11</i> .Flow chart (Diagram alur penelitian).....	35
<i>Gambar 12</i> .USDA Textural Soil triangle	38
<i>Gambar 13</i> .Grafik Lengkung Gradasi Titik A.....	39
<i>Gambar 14</i> .Grafik Lengkung Gradasi Titik B.....	41
<i>Gambar 15</i> .Grafik hubungan volume sedimen dasar (Qsd) dengan Debit sungai (Qw). ..	70
<i>Gambar 16</i> .Grafik hubungan volume sedimen dasar (Qsd) dengan debit Sungai (Qw). ..	70

DAFTAR TABEL

<i>Tabel 1.</i> Proses sedimen dasar (Mardjikoen, 1987)	11
<i>Tabel 2.</i> Klasifikasi ukuran butiran sedimen (menurut AGU).....	19
<i>Tabel 3.</i> <i>Data hasil Analisa saringan titik A</i>	36
<i>Tabel 4.</i> <i>Data hasil Analisa saringan titik B</i>	37
<i>Tabel 5.</i> <i>Hasil persentasi jenis sedimen</i>	37
<i>Tabel 6.</i> Rekapitulasi Koefisien Keseragaman (Cu) dan Lengkungan (Cc).....	43
<i>Tabel 7.</i> Data berat jenis sedimen titik A	44
<i>Tabel 8.</i> Data berat jenis sedimen titik B	45
<i>Tabel 9.</i> rekapitulasi perhitungan berat jenis sedimen dasar.	47
<i>Tabel 10.</i> Perhitungan sedimen dasar dan sedimen melayang perhari.	52
<i>Tabel 11.</i> Perhitungan sedimen dasar dan sedimen melayang perbulan.	53
<i>Tabel 12.</i> Perhitungan sedimen dasar dan sedimen melayang pertahun	53
<i>Tabel 13:</i> hasil perhitungan sedimen dasar metode Mayer Peter:.....	58
<i>Tabel 14.</i> Hasil perhitungan sedimen dasar metode Duboys	63
<i>Tabel 15.</i> Rekapitulasi perhitungan sedimen dasar	67
<i>Tabel 16.</i> Hasil analisis pergerakan sedimen $T_0 > T_c$ dengan Metode Duboys	68



BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sungai adalah aliran air alamiah di atas permukaan bumi yang menampung air hujan sekaligus mengalirkannya ke daerah yang lebih rendah seperti danau atau laut. Di samping mengalirkan air, sungai juga mengangkut sedimen yang terdapat pada air sungai itu. Jadi sedimen terhanyut oleh aliran air sungai, yang bisa dibedakan sebagai muatan dasar (bed load) dan muatan melayang (suspended load). (menurut Amrullah Mansida 2017 dalam bahan ajar dengan judul *Morfologi sungai*).

Masalah yang terjadi pada sungai rumit tidak seperti yang dipikirkan. Selain air mengalir, sungai juga melakukan aktifitas pengangkutan sedimen. sedimen berasal dari peristiwa pengrusakan atau erosi. Rangkaian erosi pada sedimen akan terendapkan pada tempat yang kecepatan alirannya pelan atau terhenti. Pada saat sedimen memasuki sungai, terjadilah transport sedimen. Rangkaian proses sedimentasi bisa menyebabkan pendangkalan dan turunya kualitas air. Jumlah partikel sedimen yang terbawa oleh aliran sungai akan terendapkan di wilayah muara sungai, sehingga terjadi banjir jika musim hujan tiba. Di samping itu, banyaknya ukuran sedimen didalam air menyebabkan kekeruhan bahkan dapat membahayakan flora dan fauna sungai/laut lantaran menghalangi matahari untuk fotosintesis (Hardjojo dan Djokosetiyanto).

Daerah Sungai Noling merupakan area sungai provinsi Sulawesi Selatan yang berada pada Kabupaten Luwu. Sungai Noling yang mengalir dari lereng Gunung Latimojong dan lereng Gunung Batu yang melintasi 3 kecamatan yaitu; Kecamatan

Bupon, Kecamatan Ponrang, Kecamatan Ponrang Selatan. Sungai Noling merupakan salah satu aset alam yang sangat berharga bagi masyarakat lokal, tidak hanya sebagai sumber air yang penting namun juga sebagai pusat kegiatan sosial dan ekonomi juga sebagai sumber air pertanian dan perkebunan pada 3 kecamatan tersebut. Namun, sungai ini menghadapi tantangan serius dalam bentuk sedimentasi yang makin meningkat, mengancam kesejahteraan masyarakat sekitarnya.

Adapun kasus yang terjadi, yaitu:

1. Pendangkalan Sungai (2020). Pada tahun 2020, terjadi pendangkalan yang terjadi di beberapa titik Sungai Noling. Akumulasi sedimen mengurangi kapasitas aliran air, pendangkalan ini mengakibatkan genangan air di beberapa daerah pemukiman dan lahan pertanian di Kecamatan Ponrang dan Ponrang Selatan.
2. Pendangkalan Irigasi (2020-2024). Sejak tahun 2020, sistem irigasi yang bergantung pada Sungai Noling mengalami pendangkalan yang signifikan. saluran irigasi menjadi dangkal, mengurangi efisiensi pengaliran air.
3. Gangguan pada infrastruktur (Jembatan). Pada tahun 2024 bulan April, terjadi pergesekan pada pondasi tengah jembatan dimana penyebabnya yaitu erosi dan sedimen yang terbawa. Mengakibatkan peningkatan biaya pemeliharaan dan gangguan aktivitas ekonomi masyarakat karena jembatan ini menghubungkan desa Noling dengan desa Makating.
4. Bibir sungai amblas (2022). Pada tahun 2022, ada satu bagian bibir Sungai Noling amblas akibat erosi berlebihan. Peristiwa ini menyebabkan kerusakan

jalan dan membahayakan pemukiman dan lahan perkebunan jagung di dekatnya.

Peningkatan sedimentasi di Sungai Noling telah menjadi perhatian utama bagi otoritas setempat dan masyarakat yang tinggal di sepanjang sungai ini. Namun, pemahaman yang mendalam tentang karakteristik sedimen yang terbawa oleh sungai dan laju sedimentasi yang terjadi masih kurang, mempersulit upaya pengelolaan mitigasi.

Keberadaan sedimen yang tinggi sekarang ialah hasil dari stabilitas dinamik yang tinggi dan adanya sedimen sangat mempengaruhi karakteristik dan menyebabkan dinamika yang terkait dengan kesejahteraan manusia. Contohnya, kualitas air banjir yang perlu dipertimbangkan dan turunnya permukaan tanah akibat pengaruh dari sedimentasi. Keadaan tersebut menyebabkan sungai dalam mengalirkan air kurang optimal. Banyaknya kasus yang terjadi, sedimentasi di tepi Sungai Noling meningkat akibat sedimen tanah tersebut yang cepat terkikis.

Mengenai uraian pada bagian atas maka kami terdorong untuk mengambil judul **“ANALISIS KARAKTERISTIK SEDIMEN DAN LAJU SEDIMENTASI SUNGAI NOLING”**

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang diatas, adapun permasalahan dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut :

1. Bagaimana karakteristik sedimen pada Sungai Noling?
2. Berapa besar laju sedimen dasar pada Sungai Noling?

C. Tujuan Penelitian

Dalam penelitian ini tujuannya adalah untuk :

1. Untuk mengetahui karakteristik sedimen yang terdapat pada Sungai Noling.
2. Untuk mengetahui besar laju sedimen dasar (*bed load*) Sungai Noling.

D. Manfaat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan sebagai sarana yang dapat memberikan informasi kepada masyarakat tentang karakteristik dan laju sedimentasi pada Sungai Noling serta sebagai sumber pengetahuan dan pemahaman DAS, perhitungan hidrologi dan beberapa topik terkait lainnya.

E. Batasan Masalah

Agar tujuan penulisan dapat mencapai sasaran yang diinginkan dan terarah, maka diberikan batasan-batasan masalah, diantaranya sebagai berikut :

1. Penelitian ini dilaksanakan disungai Noling Desa Padang Ma'bud Kecamatan Bupon Kabupaten Luwu
2. Pengambilan data hanya dilakukan pada bagian tengah sungai.
3. Analisis karakteristik sedimen hanya mengulas tentang gradasi butir sedimen, volume sedimen, serta berat jenis sedimen.
4. Data yang digunakan hanya data sedimen dasar saja.

F. Sistematika Penulisan

Rangkaian sistem yang dibuat pada artikel ini dapat dijelaskan sebagai berikut:

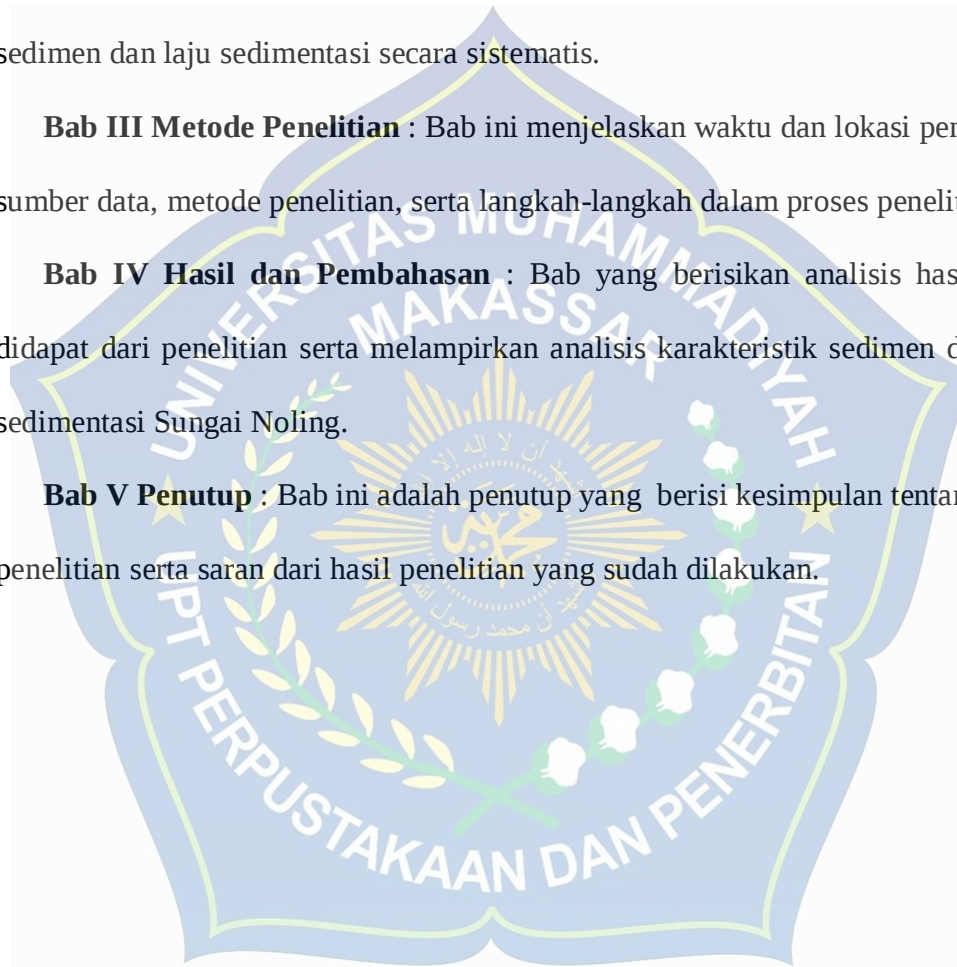
Bab I Pendahuluan : Pada bab ini, menguraikan dan menjelaskan tentang latar belakang, masalah penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian serta batasan masalah dan sistematika penulisan.

Bab II Kajian Pustaka : Dalam bab ini, terdapat uraian tentang landasan teori atau referensi yang digunakan dalam membahas penelitian mengenai karakteristik sedimen dan laju sedimentasi secara sistematis.

Bab III Metode Penelitian : Bab ini menjelaskan waktu dan lokasi penelitian, sumber data, metode penelitian, serta langkah-langkah dalam proses penelitian.

Bab IV Hasil dan Pembahasan : Bab yang berisikan analisis hasil yang didapat dari penelitian serta melampirkan analisis karakteristik sedimen dan laju sedimentasi Sungai Noling.

Bab V Penutup : Bab ini adalah penutup yang berisi kesimpulan tentang hasil penelitian serta saran dari hasil penelitian yang sudah dilakukan.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. Sungai

1. Pandangan Umum Tentang Sungai

Seperti yang telah diketahui bahwa sejalan dengan bertambahnya jumlah penduduk serta perkembangan sosial ekonomi masyarakat maka dari itu tingkat kebutuhan air akan berkembang dengan cepat. Disisi lain, banyaknya air di bumi hampir sama berubahnya hanya mengikuti bentuk siklus air yang biasanya disebut daur hidrologi yang terjadi sepanjang waktu. maka dari itu nilai ekonomi air semakin lama semakin bertambah. Sehingga harus diberikan perhatian khusus dalam pemanfaatan sumber alam tersebut.

Sumber air pada daratan yang paling berefek guna memenuhi kebutuhan hidup manusia merupakan air yang mengalir pada permukaan yaitu aliran sungai. Teknologi dan pengelolaan yang tepat sangat diperlukan dalam pemanfaatan aliran sungai, supaya tidak merusak lingkungan hidup. Sesuai dengan itu dibutuhkan data hidrologi sungai guna membantu pemanfaatan seefektif dan seefisien mungkin. Contohnya untuk menentukan tingkat kelayakan dari suatu bangunan air yang ada atau yang direncanakan pada suatu daerah khusus maupun di dalam perencanaan bangunan pengamanan sungai sangat dibutuhkan data hidrologi sungai.

2. Peranan Sungai

Sungai adalah jaringan alur-alur yang terdapat pada permukaan bumi yang terwujud secara alamiah dimulai dari aliran kecil pada bagian hulu hingga aliran besar dibagian hilir. Air hujan yang jatuh di permukaan bumi dalam perjalanannya separuh menguap dan separuhnya lagi mengalir dalam alur-alur kecil kemudian

berubah jadi alur-alur sedang seterusnya terkumpul menjadi satu alur besar atau utama. Dengan demikian dapat disimpulkan sungai berfungsi menampung curah hujan dan mengalirkannya ke laut.

Berdasarkan fungsi mengalirkan atau mendrainase, sungai biasanya disebut sebagai drainase alam dan daerah yang terkeringkan disebut sebagai drainage area. Jauh lebih, tempat dimana sungai memperoleh air adalah daerah tangkap hujan biasanya disebut Daerah Aliran Sungai (DAS).

B. Sedimen Dan Sedimentasi

1. Pengertian Sedimen dan Sedimentasi

Sedimen ialah hasil dari proses erosi, baik erosi permukaan, erosi parit, atau jenis erosi tanah lainnya. sedimen biasanya mengendap pada bagian bawah kaki bukit, didaerah genangan banjir, pada saluran air, sungai dan waduk. Hasil sedimen (*sediment yield*) merupakan besarnya sedimen berasal dari erosi yang terjadi pada daerah tangkapan air yang diukur pada masa waktu dan tempat tertentu. Tahap erosi terdiri atas tiga bagian ialah, pengelupasan (*detachment*), pengangkutan (*transportation*), dan pengendapan (*sedimentation*) (Asdak, 2014)

Sedimen adalah material lepas yang dihasilkan dari proses pelapukan batuan dan organisme, yang kemudian diangkut oleh media seperti air, angin, atau es, dan diendapkan di suatu lokasi tertentu seperti cekungan atau lembah. (Sukandarrumidi, 2009).

Sedimentasi merupakan peristiwa pengendapan material batuan yang terangkut oleh tenaga air atau angin. Pada saat pengikisan terjadi, air membawa batuan mengair ke sungai, danau, dan akhirnya sampai di laut. Pada saat kekuatan

pengangkutannya berkurang atau habis, batuan diendapkan di daerah aliran air (Anwas, 1994).

Sedimentasi merupakan proses pengendapan material hasil erosi atau pelapukan batuan yang terbawa oleh arus sungai, air hujan, atau gelombang laut, yang kemudian diendapkan di daerah rendah, seperti muara, delta atau dasar laut. (Sunarto, 1993).

2. Proses Sedimen

Hasil sedimen yang berasal dari proses erosi dan terbawa oleh aliran air akan terendapkan di suatu tempat yang tempo alirannya melambat atau stagnan. Pengendapan tersebut biasa disebut dengan kondisi atau proses pengendapan. Proses pengendapan sangat rumit, dimulai dengan curah hujan yang menimbulkan energi kinetik akan memulai proses erosi. Pada saat itu tanah awalnya menjadi partikel-partikel halus kemudian mengalir mengikuti arus, separuhnya akan tetap berada di tanah sedangkan separuhnya lagi akan mengalir ke sungai dan terbawa arus air menjadi transportasi pengangkut sedimen (Asdak 2014).

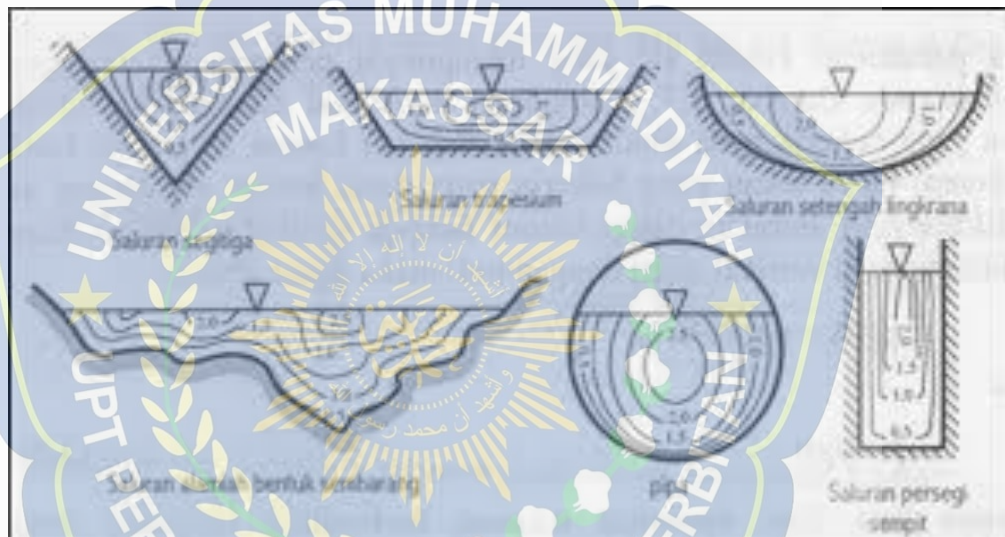
Proses sedimentasi bisa dibedakan menjadi dua bagian, yaitu:

1. Proses akresi geologis adalah suatu proses erosi tanah yang normal, yaitu proses akresi terjadi dalam batas yang dimungkinkan atau keseimbangan alami dari proses degradasi dan akresi ketika terjadi perataan kerak bumi akibat cuaca buruk.
2. Sedimentasi dipercepat merupakan pengendapan yang melenceng dari proses geologi dan terjadi secara cepat. Hal ini bisa merusak atau mengganggu keseimbangan atau kelestarian lingkungan. Kegiatan bertani manusia bisa

menyebabkan erosi tanah dan sedimentasi yang kritis, dimana ini merupakan penyebab umum dari peristiwa tersebut. (Anwas, 1994).

3. Angkutan Sedimen (Transport Sedimen)

Bentuk saluran, kekasaran dinding, permukaan bebas, dan debit aliran adalah beberapa faktor yang memengaruhi distribusi kecepatan aliran melalui saluran terbuka. Distribusi kecepatan tidak merata di setiap titik pada tampang melintang seperti pada gambar berikut:

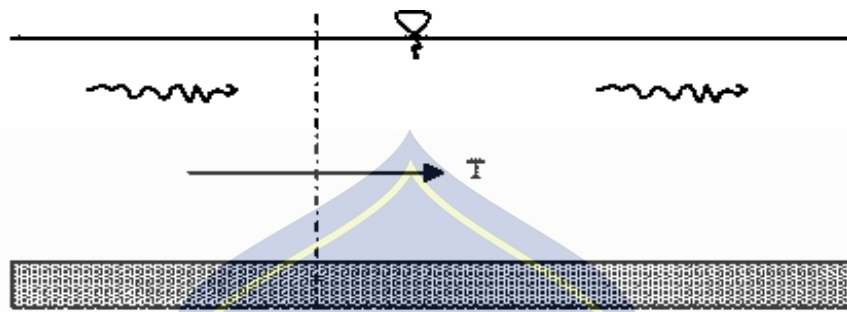


Gambar 1. Berbagai macam penampang melintang
(Triatmodjo, 1993)

Karena aliran air, gaya bekerja pada material sedimen. Ketika gaya tambahan yang kecil menyebabkan partikel sedimen bergerak, kondisi kritis terjadi. Parameter aliran seperti kecepatan aliran (U) dan tegangan geser (τ_0) juga mencapai kondisi kritis dalam kondisi ini. (Mardjiko, 1987).

Angkutan sedimen, didefinisikan oleh Mardjiko (1987), adalah perpindahan material granular (tidak kohesif) dari sedimen yang disebabkan oleh

aliran air yang bergerak searah dengan aliran. Besarnya transpor sedimen T dapat ditentukan dari pergerakan sedimen melintasi penampang selama periode waktu yang cukup.



Gambar 2. Tampang panjang saluran dengan dasar granuler.

(Mardjikoen, 1987)

Laju pengendapan umumnya terjadi pada kondisi tunak (equilibrium), Erosi (erosi), atau pengendapan (deposition); besarnya sedimen yang terangkut dapat ditentukan dalam proses tersebut. proses sedimentasi pada saluran dapat dilihat pada gambar selanjutnya.



Gambar 3. Angkutan sedimen pada tampang panjang dengan dasar granuler.

(Mardjikoen, 1987)

Tabel 1. Proses sedimen dasar (Mardjikoen, 1987)

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

Salah satu peristiwa berikut merupakan titik awal gerakan butiran:

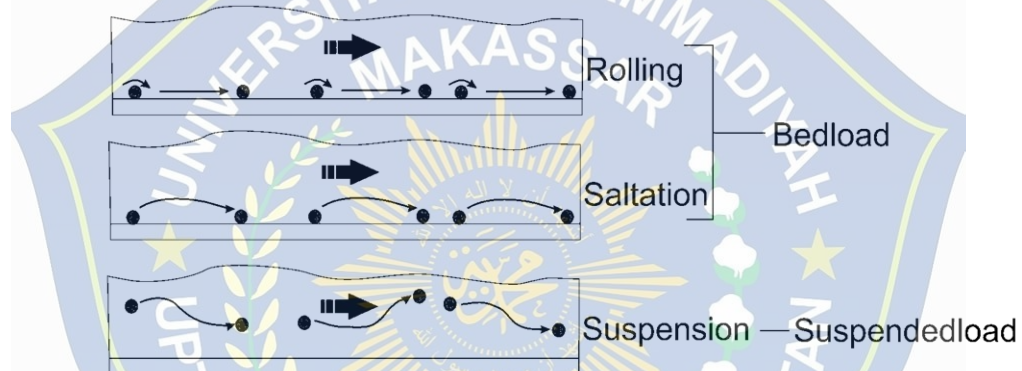
1. Satu butiran bergerak,
2. Beberapa (sedikit) butiran bergerak,
3. Butiran bergerak bersama-sama dari dasar, dan
4. Kecenderungan untuk mengangkat semua butiran sampai habis.

Tiga komponen yang terkait dengan awal gerak butiran sedimen adalah sebagai berikut:

1. Kecepatan aliran dan diameter (ukuran butiran)
2. Gaya angkat yang lebih mendasar dari gerak butiran, dan
3. Gaya geser kritis

Partikel kasar yang bergerak melalui dasar sungai disebut beban sedimen dasar. Lihat gerakan partikel-partikel ini. Mereka tidak pernah meninggalkan dasar sungai, meskipun mereka dapat bergerak, berguling, atau melompat. Dalam situasi tertentu, gerak ini terjadi pada jarak tertentu. Gerakan partikel campuran bergerak ke hilir adalah contohnya (Mardjikoen, 1987).

Menurut Asdak (2014), proses transpor sedimen terjadi ketika sedimen masuk ke badan sungai. Dua faktor yang mempengaruhi kecepatan transportasi adalah kecepatan aliran sungai dan ukuran partikel sedimen. Air yang mengalir dapat mengangkut partikel sedimen kecil seperti tanah liat dan lanau dalam bentuk terlarut (beban pencucian). Namun, partikel yang berukuran lebih besar, seperti pasir, biasanya bergerak dengan melompat. Kerikil (gravel), misalnya, bergerak merayap atau menggelinding di dasar sungai, yang dikenal sebagai bed load, seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 4. Transpor sedimen dalam aliran sungai.

Mas sugeng, 2003 (ilmubatugeologi.blogspot.com)

Faktor-faktor berikut mempengaruhi ukuran sedimen yang terbawa aliran air: ukuran sedimen yang masuk ke sungai atau saluran, karakteristik saluran, laju aliran, dan sifat fisik partikel sedimen. iklim, topografi, vegetasi, dan teknik pertanian di daerah tangkapan air asal sedimen menentukan banyaknya sedimen yang masuk ke sungai dan debit. sedangkan karakteristik sungai yang penting, terutama morfologi sungai, kekasaran dasar sumur, dan kekasaran dasar air jumlah, jenis, dan kecepatan angkutan sedimen akan dipengaruhi oleh interaksi dari masing-masing faktor di atas.

Berbagai jenis sedimen (seperti pasir, tanah liat, dll.) dan komposisi mineral dari bahan induk yang menyusunnya menentukan berapa banyak sedimen yang akan larut di sungai (disebut beban aluvial atau sedimen tersuspensi) dan merayap di dasar sungai (disebut beban dasar sungai).

Berdasarkan ukurannya, sedimen dibedakan menjadi:

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

Tiga proses pengangkutan sedimen (sediment transport), dapat diuraikan sebagai berikut:

- a) Air hujan dapat menggerakkan partikel tanah karena percikan erosi yang bertabrakan dengan material sedimen terestial sehingga terbawa oleh aliran permukaan.
- b) Limpasan permukaan juga menghanyutkan sedimen di permukaan tanah. Selanjutnya, material ini masuk ke dalam parit-parit, kemudian ke dalam sistem saluran pembuangan, dan akhirnya masuk ke sungai.
- c) Sedimentasi terjadi ketika laju hisap dipengaruhi oleh ukuran partikel sedimen dan laju aliran. (Mardjiko, 1987).

Angkutan beban dasar dan gantung mengangkut sedimen dari batuan dasar ke tempat pengendapan. Berikut ini adalah ringkasan keduanya:

- a) Suspensi

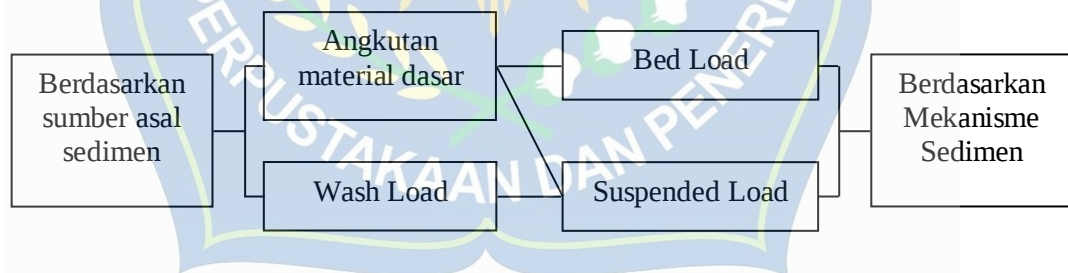
Jika arus kuat, setiap ukuran butir sedimen dapat diangkut dalam suspensi, tetapi di dunia nyata, hanya material halus yang dapat diangkut suspensi. Hasil pengendapan suspensi ini memiliki sifat sedimen yang mengandung prosentase masa besar yang tinggi yang menyebabkan butiran terlihat mengembang dalam jangka waktu yang lama dan biasanya disertai dengan pemilahan butiran yang buruk. Karakteristik tambahan dari jenis ini adalah butir sedimen yang diangkut tidak pernah menyentuh dasar aliran.

b) Bed load transport.

Berdasarkan tipe gerakan media pembawanya, sedimen dapat dibagi menjadi dua:

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

Angkutan sedimen dapat digambarkan dengan skema berikut:



Gambar 5. Bagan mekanisme dan asal bahan sedimen (Tiara Luka, 2014)

4. Mekanisme Pergerakan Sedimen

Sebagian besar air hujan yang jatuh ke permukaan bumi menguap, dan sebagian besar mengalir keluar menjadi aliran kecil atau aliran sedang sebelum menyatu menjadi aliran besar atau arus utama. Sungai adalah jaringan saluran yang

terbentuk secara alami di permukaan bumi. Oleh karena itu, sungai memiliki fungsi menampung air hujan dan membuangnya ke laut (Wardana, 2015).

Pergerakan air yang dicampur dengan sedimen dalam jumlah besar di sungai yang sangat deras, di lereng gunung, atau di lereng gunung berapi dikenal sebagai pergerakan massa sedimen. Peluruhan sedimen adalah pergerakan sedimen yang sering terjadi di dasar sungai dengan kemiringan 15° . (Pengawal, 2015)



Gambar 6. Bentuk banjir lahar yang mengandung batu-batu (di depan aliran terdapat batu besar dan di belakang aliran terdapat kerikil ukuran kecil). (Sumber: Perbaikan dan Pengaturan sungai, Suyono Sudarsono dan Masateru Tominaga, 2008).

Sedimen luruh sebagian besar terdiri dari pasir atau lumpur yang dicampur dengan kerikil dan batu-batu dengan berbagai ukuran dan proporsi. Batu-batu dalam sedimen luruh memiliki bentuk yang sangat beragam, berkisar dari beberapa millimeter hingga ratusan sentimeter. Sedimen luruh yang terbentuk sebagian besar dari pasir atau lumpur yang berasal dari letusan gunung berapi disebut banjir lahar dingin, atau hanya banjir lahar.

Degradasi terjadi ketika jumlah sedimen melebihi daya dukungnya. Sebaliknya, jika jumlah sedimen kurang dari daya dukungnya, maka akan terjadi akresi. Debit, kecepatan aliran rata-rata, kemiringan, tegangan geser, dan sifat

sedimen mempengaruhi kapasitas angkut. Untuk mencegah akresi dan degradasi, kondisi keseimbangan di sungai harus diciptakan jika suplai sedimen (Dominan DAS) sistem sungai sama dengan daya dukung sedimen.



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

Proses pengangkutan butir-butir tanah yang dibawa dalam air mengalir dapat dibagi menjadi beberapa bagian berikut:

- Pengangkutan washout load, juga dikenal sebagai wash load transport adalah washout load yang berasal dari debu halus yang digali dari lapisan tanah pada musim kemarau dan diangkut di sungai oleh angin dan air hujan pada awal musim hujan. Oleh karena itu, jika dibandingkan dengan kondisi lainnya, jumlah lanau lebih tinggi pada awal musim hujan.
- Mengangkut beban tersuspensi atau sedimen terapung, akibat jimpresi terus menerus aliran turbulen, pasir halus bergerak dan membentuk bahan pengisi tersuspensi. Saat bongkar muat meningkat, beban transportasi yang ditanggihkan meningkat.

- c) Muatan garam pengangkutan juga dikenal sebagai pengangkutan sedimen loncatan, terjadi ketika partikel tanah bergerak dalam aliran air antara gerakan beban tersuspensi dan beban dasar. Mereka melompat dan memantul tanpa menyentuh bagian bawah saluran.
- d) Angkutan beban dasar, juga dikenal sebagai angkutan sedimen dasar, adalah pergerakan partikel pasir kasar yang menggelinding, mendorong, dan meluncur melintasi dasar sungai dengan gaya tarik (force drag). Kadang-kadang, gerakan ini dapat mencapai jarak tertentu, yang ditunjukkan dengan campuran partikel yang bergerak ke hilir. (Soewarno, 1991).

C. **Karakteristik Sedimen**

Adapun karakteristik sedimen ialah:

1. **Gradasi**

Pengaturan butir, juga disebut gradasi, adalah distribusi ukuran agregat yang berbeda. Terdiri dari tiga kategori : gradien jarak, kontinu, dan homogen. Gradasi agregat dapat dibedakan sebagai berikut:

- a) Grading homogen merupakan gradasi agregat dengan ukuran partikel yang hamper sama. Ini disebut lapisan terbuka karena memiliki sedikit agregat halus, yang menyebabkan banyak lubang atau rongga antar agregat.
- b) Kelas agregat yang mencakup partikel dari agregat kasar hingga agregat halus disebut sebagai Kelas menerus. ini juga disebut fading terus menerus atau bertahap.

- c) Hirarki populasi yang ukuran populasinya tidak lengkap atau fraksi populasinya sangat kecil disebut sebagai hierarki diskontinu (hierarki deviasi). Mutu peralihan campuran aspal yang telah mengalami grading ini tidak sama dengan yang disebutkan di atas. (Roby Hambali & Yayuk Apriyanti, 2016).

2. Ukuran Butir Sedimen

Sifat sedimen yang sangat penting adalah ukuran butir sedimen karena digunakan untuk menunjukkan ketahanan sedimen terhadap agen transportasi (Poerbondono dan Djunasjah, 2005).

Ukuran butiran dipresentasikan :

- a) Diameter bola (d_n) adalah diameter yang memiliki volume yang sama dengan partikel.
- b) Kecepatan jatuh, yaitu, peluru dengan berat jenis 2,65 memiliki kecepatan jatuh standar.
- c) Diameter sedimen, yaitu diameter bola dengan berat dan laju pengendapan partikel sedimen dalam cairan dan kondisi yang sama.
- d) Diameter ayakan biasa digunakan untuk mengukur butir sedimen dengan ayakan standar. Ukuran ini dilakukan untuk partikel dengan diameter lebih besar dari 0,0625 mm, tergantung yang terkecil ukuran saringan.

Tabel 2. Klasifikasi ukuran butiran sedimen (menurut AGU)

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

3. Bentuk Butir Sedimen

Salah satu sifat sedimen yang dapat memengaruhi proses pengangkutan sedimen adalah bentuk butir sedimen, yang diwakili oleh koefisien atau parameter yang terdiri dari tiga bagian:

a) Sphericity

Spehericity adalah parameter atau faktor yang umum digunakan untuk menentukan bentuk partikel sedimen berdasarkan volumenya.

- Untuk bentuk butir sedimen berbentuk bola, nilai *sphericity* sama dengan satu
- Untuk bentuk yang lain, nilai *sphericity* kurang dari satu.

b) Roundness

Parameter atau koefisien yang paling umum digunakan untuk menentukan bentuk sedimen adalah kebulatan, yang didasarkan pada luas proyeksi partikel sedimen.

- Koefisien roundness digunakan untuk menunjukkan keruncingan ujung-ujung butir sedimen.

c) Shape Factor

Untuk faktor bentuk, nilainya didasarkan pada nilai tiga sumbu yang saling tegak lurus (panjang a, rata-rata b, dan pendek c).

$$\text{Shape factor} = c/\sqrt{(a.b)} \dots \dots \dots (1)$$

- Nilai form factor adalah satu untuk partikel spherical, tetapi untuk partikel non-spherical, nilai form factor kurang dari satu

- Faktor bentuk mempengaruhi besarnya resistansi arus CD.

$$CD = (24 \mu)/WdP = 24/Re \dots \dots \dots (2)$$

4. Volume dan Berat Jenis Sedimen

Berat satuan sedimen adalah berat partikel sedimen per satuan volume, sedangkan berat jenis sedimen adalah perbandingan antar berat partikel sedimen dengan berat volume air (Ponce, 1989). Kecuali untuk material berat seperti magnetit, yang memiliki kerapatan 5,18, padatan sedimen umumnya sekitar 2,65. Menurut Robby Hambali dan Yayuk Apriyanti (2016).

5. Kecepatan Jatuh

Ponce (1989) menyatakan bahwa kecepatan akhir pengendapan sedimen di air tenang adalah kecepatan jatuh partikel. Bentuk, ukuran, berat jenis, volume, dan viskositas air di sekitarnya memengaruhinya. Ketika kecepatan jatuh partikel berbentuk bulat, kecepatan jatuh dapat diwakili sebagai berikut:

$$W = \left[\frac{4}{3} \cdot \frac{g d_s}{C_D} \cdot \frac{Y_s - Y}{Y} \right]^{1/2} \dots \dots \dots (3)$$

Dimana:

w = kecepatan jatuh (m/s)

g = percepatan gravitasi (9,81 m/s²)

d_s = diameter partikel (mm)

C_D = koefisien larutan / *drag coefficient* (tidak berdimensi)

y_s = berat volume partikel (g/cm³)

y = berat volume air (1,0 g/cm³)

Koefisien drag merupakan fungsi dari bilangan Reynolds R partikel, yang dapat dihitung sebagai:

$$R = \left[\frac{wd_s}{\nu} \right] \dots \dots \dots (4)$$

ν adalah viskositas kinematis cairan. Untuk bilangan Reynolds, partikelnya kurang dari 0,1 jadi $C_D = 24/R$. Mengganti nilai C_D ini ke dalam persamaan 3.2 menghasilkan hukum Stokes :

$$w = \left[\frac{gd^2}{18\nu} \right] \left(\frac{y_s - y}{y} \right) \dots \dots \dots (5)$$

C_D selalu merupakan fungsi bilangan Reynolds jika bilangan Reynolds partikel lebih besar dari 0,1; namun, korelasi ini tidak dapat dijelaskan secara matematis. Oleh karena itu, laju jatuh bergantung pada suhu dan viskositas. Dua partikel dengan ukuran, bentuk, dan berat yang sama tidak akan jatuh pada cairan dengan viskositas yang berbeda atau pada cairan yang sama dengan suhu yang berbeda. (Roby Hambali & Yayuk Apriyanti, 2016).

D. Pembuatan Lengkung Debit Air

Arah kembali area dilakukan untuk drainase. Suatu penampang sungai dapat digunakan untuk mengukur kedua parameter ini. Penampang melintang sebuah sungai dapat dihitung dengan mengukur elevasi permukaan air di dasar sungai. jika erosi atau sedimentasi tidak mengubah tebing dan dasar sungai.

Setelah mengukur elevasi dasar sungai, Anda dapat menghitung luas sungai dengan mengukur tinggi muka air pada berbagai kondisi, dari aliran rendah hingga aliran tinggi, menggunakan karakteristik banjir.

Bagian ini dapat digunakan untuk berbagai ketinggian permukaan air. Selain mengukur kecepatan aliran, pengukuran ketinggian air juga digunakan untuk mengetahui hubungan antara debit dan muka air. Setelah kurva aliran dibuat, aliran sungai hanya dapat dihitung dengan mengukur ketinggian air, dan kurva aliran hanya dapat digunakan untuk menghitung debit sungai jika pasang surut tidak mempengaruhi aliran.

Bentuk tidak teratur terlihat di bagian sungai yang memanjang dan melintang. Karena kekentalan air dan kekasaran dinding sungai, kecepatan tidak seragam melintasi lebar dan panjang sungai.

Distribusi kecepatan vertikal adalah parabola ketika permukaan memiliki kecepatan nol di bawahnya. Di dua tebing, kecepatan sungai nol; di tengah sungai, kecepatan sedikit meningkat. Untuk melihat distribusi, pengukuran kecepatan harus dilakukan pada beberapa vertikal melintang lebar sungai. Semakin banyak titik vertikal dan pengukuran yang digunakan, semakin bagus hasilnya.

Luas distribusi kecepatan dibandingkan dengan luas kecepatan rata-rata di seluruh kedalaman digunakan untuk menghitung kecepatan rata-rata data kecepatan pada beberapa titik sepanjang garis bujur.

Kurva aliran dibuat dengan melihat data pengukuran aliran pada kertas grafik logaritmik atau aritmatika. Untuk mengetahui bentuk dan lokasi kurva aliran yang tepat, Anda harus memahami sifat dasar sungai, hidroliknya, dan teknik pembuatan kurva aliran.

Untuk membuat lengkung debit air, teknik berikut digunakan:

1. Metode Grafis

Data pengukuran aliran digambarkan dalam kertas putih lengkung debit. Pada skala horizontal, nilai aliran untuk kedua kondisi aliran ditampilkan, dan pada skala vertikal, ketinggian air ditampilkan. Kurva aliran membuat aliran pada tinggi muka air konstan lebih rendah.

2. Metode Logaritmik

Metode ini menampilkan kurva debit menggunakan kertas logaritmik. Grafik dapat berupa segmen garis (kira-kira segmen garis) atau segmen garis. Kepala aliran nol (H_0) ditambahkan atau dikurangi untuk setiap ketinggian air (H). Salah satu keuntungan menggunakan metode logaritmik adalah ini. Busur pelepasan yang dapat diperluas dengan mudah.

Persamaan umum hubungan antara tinggi muka air dan debit adalah.

$$Q = K(H - H_0)^n \dots\dots\dots(6)$$

Dimana :

$$Q = \text{Debit (m}^3/\text{det)}$$

K = Konstanta N = Konstanta

H = Tinggi muka air (m)

H_0 = Kedalaman aliran nol (m)

a) Penentuan Harga H_0

Pada penerapan rumus 6 maka langkah pertama adalah penentuan harga H_0 ada 2 cara penentuan H_0 yaitu:

1) Coba-coba (*Trial and error*)

Kertas grafik logaritmik digunakan untuk menampilkan semua data pengukuran. Tambahkan atau kurangi nilai H_0 untuk setiap data H untuk mendapatkan garis lurus

2) Aritmatik

Semua data pengukuran aliran ditampilkan dalam kertas grafik logaritmik. Pilih kurva throughput untuk harga throughput Q_1 , Q_2 dan Q_3 ; Harga Q_2 ditentukan dengan persamaan rata-rata geometris berikut:

$$Q_2 = (Q_1 \times Q_3)^{0,5} \dots\dots\dots(7)$$

Lihat pada kurva lengkung debitnya harga H_1 , H_2 , H_3 , berdasarkan Q_1 , Q_2 dan Q_3 . Harga H_0 ditentukan dengan persamaan :

$$H_0 = \frac{H_1 \cdot H_3 - H_2^2}{H_1 + H_3 - 2 \cdot H_2} \dots\dots\dots(8)$$

b) Penentuan Konstanta K dan n

Setelah semua data pengukuran aliran diplot pada kertas log log dan garis ditentukan dengan menjumlahkan atau mengurangi nilai H dari H_0 , langkah selanjutnya adalah menemukan nilai K dan n pada Persamaan 6. Nilai-nilai ini dapat dihitung dengan salah satu cara berikut:

1) Statistik

Produser kuadrat terkecil dipilih menggunakan metode statistik harga K dan n. Misalnya, kita dapat mengubah persamaan ini menjadi persamaan linier sebagai berikut:

$$\log Q = \log K + n \log(H - H_0) \dots \dots \dots (9)$$

Persamaan berikut digunakan untuk menghitung harga konstanta K dan n :

$$(\sum y) - m \log K - n(\sum x) = 0 \dots \dots \dots (10)$$

$$(\sum xy) - (\sum x) \log K - n(\sum x^2) = 0 \dots \dots \dots (11)$$

Dimana :

$(\sum y)$ = jumlah harga log Q.

$(\sum x)$ = jumlah harga log (H - H₀).

$(\sum x^2)$ = jumlah harga kuadrat dari (x).

$(\sum xy)$ = jumlah harga (X) dikalikan (Y).

M = jumlah data

2) Aritmatik

Secara umum, pada kertas grafik aritmatika, persamaan garis akan menunjukkan dua buah titik (x₁ y₁) dan (x₂ y₂), sehingga persamaan sebagai berikut diperoleh:

$$\frac{x-x_1}{y-y_1} = \frac{x_2-x_1}{y_2-y_1} \dots \dots \dots (12)$$

Persamaan 12 apabila digambarkan pada kertas logaritmik akan mengikuti persamaan berikut:

$$\frac{\log x - \log x_1}{\log y - \log y_1} = \frac{\log x_2 - \log x_1}{\log y_2 - \log y_1} \dots \dots \dots (13)$$

Apabila koordinat (x₁y₁) dan (x₂y₂) diganti dengan koordinat ketinggian

muka air yang sesuai dengan debit (H_1 Q_1) dan (H_2 Q_2), Persamaan 14 dapat ditulis sebagai berikut :

$$\frac{\log Q - \log Q_1}{\log(H - H_0) - \log H_1} = \frac{\log Q_2 - \log Q_1}{\log H_2 - \log H_1} \dots\dots\dots(14)$$

Nilai n adalah kemiringan kurva debit lurus, diperoleh dari :

$$n = \frac{a}{b} \dots\dots\dots(15)$$

keterangan :

a = proyeksi horizontal garis lurus kurva lengkung debit

b = proyeksi vertikal garis lurus kurva lengkung debit

Harga K adalah sama dengan harga debit Q , apabila harga $(H - H_0) = 1,00$.

Kurva aliran sungai dapat dibuat dengan dua cara, yaitu logaritmik dan grafis. Metode logaritmik dipilih untuk tugas akhir ini karena hasilnya diperoleh dengan menggunakan persamaan yang lebih tepat.

E. Pengukuran Sedimen Dasar (Bed Load)

Muatan sedimen dasar dapat diukur dengan berbagai cara, seperti:

1. Pengukuran langsung

Proses ini dilakukan dengan mengambil sampel langsung dari sungai di tempat stasiun pembacaan tinggi muka air berada. Ini dilakukan dengan menggunakan alat pengukur beban sedimen dasar yang dibagi menjadi empat bagian.

- a. Tipe basket
- b. Tipe perbedaan tekanan
- c. Tipe PAN

d. Tipe pit atau slot

2. Pengukuran tidak langsung

Untuk mencapai tujuan ini, pemetaan sedimen reservoir dilakukan, yang dikenal sebagai survei berulang. Pemetaan ini dapat dilakukan melalui penggunaan kapal bergerak atau teknik yang disebut *in situ echometers*.

3. Perkiraan dengan menggunakan rumus empiris

Dalam penelitian laboratorium skala kecil, beberapa persamaan telah ditemukan untuk menghitung beban sedimen dasar. Persamaan-persamaan ini termasuk:

a. Persamaan Meyer Peter

Dengan menggunakan persamaan Meyer Peter yang disederhanakan, hitung beban bawah:

$$\frac{q^{2/3} s}{D} - 9,27 \left(\frac{Y_s - Y}{Y} \right)^{10/9} = 0,462 \frac{|Y_s - Y|^{1/3}}{Y^{1/3} / D} \times \left(\frac{Y_s - Y}{Y_s} \times q_b \right)^{2/3} \dots\dots\dots(16)$$

Keterangan :

q = debit aliran perunit lebar (m³/det)

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

Y = berat jenis (*specific gravity*) dari air (1,00 ton/m³)

Y_s = berat jenis partikel muatan sedimen dasar (umumnya bervariasi antara 2,6 sampai 2,70 ton/m³)

D = diameter butiran (m)

S = kemiringan garis energi (m/m)

Persamaan 2,34 dapat juga ditulis sebagai berikut :

$$\frac{Y.R.(n.n)^{\frac{3}{2}}S}{(Y_s-Y) \cdot D_{50}} = 0,467 + 0,25 \left(\frac{Y}{g}\right)^{1/3} \cdot \left(\frac{\Gamma_s-\Gamma}{\Gamma_s}\right)^{\frac{2}{3}} \cdot q_b^{2/3} \cdot \frac{1}{(Y_s-Y)} D_{50} \dots \dots \dots (17)$$

Keterangan :

$\Gamma_s - \Gamma$ = kerapatan (*density*) cairan dan partikel (kg/m³)

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

Y = berat jenis (*specific gravity*) dari air (1,00 ton/m³)

g = kecepatan gravitasi = 9,81 m/det²

Y_s = berat jenis partikel muatan sedimen dasar (umumnya bervariasi antara 2,6 sampai 2,70 ton/m³)

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

n^1 = koefisien kekerasan untuk dasar rata

n = koefisien kekasaran actual

apabila intensitas aliran dihitung dengan rumus :

$$\Psi = \frac{\Gamma_s - \Gamma}{\Gamma_s} \times \frac{D_{50}}{S \left(\frac{n}{n^1}\right)^{3/2} R} \dots \dots \dots (18)$$

dan intensitas angkutan sedimen dasar :

$$\Phi = \frac{q_b}{Y_s} \left(\frac{\Gamma}{\Gamma_s - \Gamma} \times \frac{1}{g D^3} \right)^{1/2} \dots \dots \dots (19)$$

$$\text{Dengan : } \frac{\Gamma}{\Gamma_s - \Gamma} = \frac{Y}{Y_s - Y} \dots \dots \dots (20)$$

maka kombinasi persamaan 2.36, 2.37, 2.38 :

$$\Phi = \left(\frac{4}{\Psi} - 0,188 \right)^{3/2} \dots \dots \dots (21)$$

sehingga diperoleh muatan sedimen dasar per unit :

$$\Phi = \frac{ab}{Y_s} \left(\frac{\Gamma}{\Gamma_s - \Gamma} \times \frac{1}{g D_{50}^3} \right)^{1/2} \dots \dots \dots (22)$$

debit sedimen dari dasar sungai melintasi lebar dasar sungai :

$$Qb = qb \times B \dots\dots\dots(23)$$

Dimana :

Qb = debit muatan sedimen dasar (kg/det)

B = lebar dasar (m)

b. Persamaan DuBoys

DuBoys (1979) berpendapat bahwa gaya traksi di sepanjang dasar menyebabkan partikel sedimen bergerak di sepanjang lapisan. Setiap lapisan memiliki ketebalan ε , dan dalam kondisi kesetimbangan, gaya traktif di antara lapisan ini harus diimbangi oleh gaya tahanan total, yaitu:

$$qb = \Psi \cdot \frac{T_0}{\gamma_w} \cdot \left(\frac{T_0 - T_w}{\gamma_w} \right) \dots\dots\dots(24)$$

Nilai tegangan geser dapat dicari dengan persamaan

$$T_0 = \gamma_w \cdot h \cdot S \dots\dots\dots(25)$$

Nilai tegangan geser aliran (T_0) yang terjadi pada arus penampang aliran serta tegangan geser kritis (T_c) partikel sedimen akan bergerak jika:

1. $T_0 < T_c$ maka butiran sedimen dalam kondisi tak bergerak atau diam
2. $T_0 = T_c$ maka butiran mulai bergerak
3. $T_0 > T_c$ maka butiran sedimen bergerak

Nilai tegangan geser kritis dinyatakan dalam persamaan:

$$T_c = \frac{T_0}{(\gamma_s - \gamma_w) h_s} \dots\dots\dots(26)$$

Nilai parameter dari fungsi ukuran partikel dapat dicari menggunakan persamaan:

$$\Psi_h = \left(\frac{\gamma_s \cdot d_{50} \cdot v}{2 \cdot T_c} \right) \dots\dots\dots(27)$$

Dimana:

τ_0 = tegangan geser (kg/m^2)

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

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

d = diameter partikel d_{50} (mm)

h = kedalaman air (m)

S = kemiringan saluran (%)

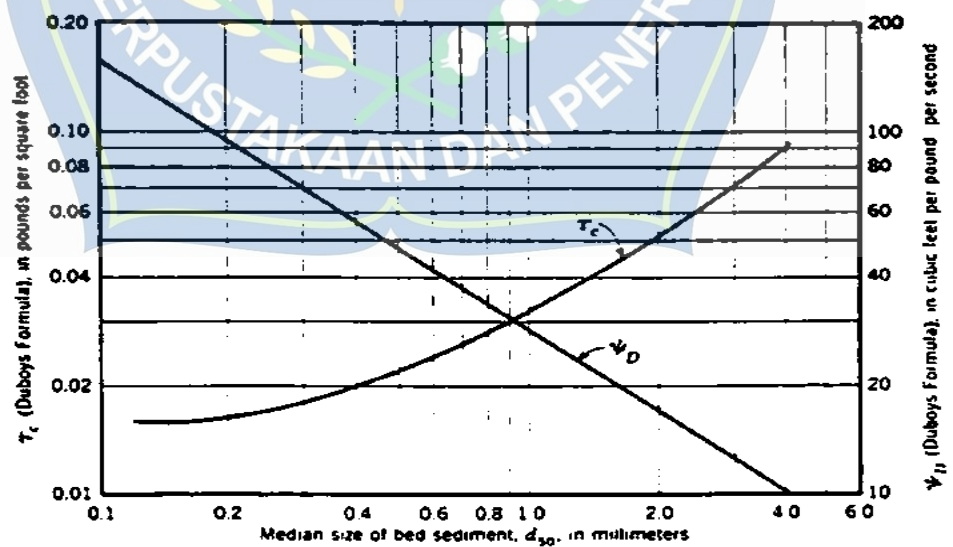
Ψ_h = Fungsi dari jenis ukuran partikel

γ_w = berat jenis air (kg/m^3)

γ_s = berat jenis sedimen (kg/m^3)

Kekuatan traksi kritis d

Gambar 8. menunjukkan tegangan tarik kritis dasar dan nilai τ_c yang digunakan pada persamaan Duboys.



Gambar 8. Grafik nilai yang digunakan persamaan Duboys (Ponce, 1989).

Muatan sedimen dasar (Bed Load) dapat dihitung menggunakan rumus:

$$q_b = \frac{0,173}{D^{0,75}} \cdot T \cdot (T - T_c) \dots\dots\dots(28)$$

Dimana:

D = diameter partikel sedimen 50% yang lolos saringan.

Muatan sedimen dasar (Bed Load) per satuan lebar, dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$q_m = \frac{\sqrt{q_b}}{B} \cdot C_m \dots\dots\dots(29)$$

Dimana:

q_m = muatan sedimen dasar (Bed Load) per satuan lebar

B = lebar saluran

C_m = konsentrasi berat kering sedimen

F. Pengolahan data sedimen dasar (*bed load*)

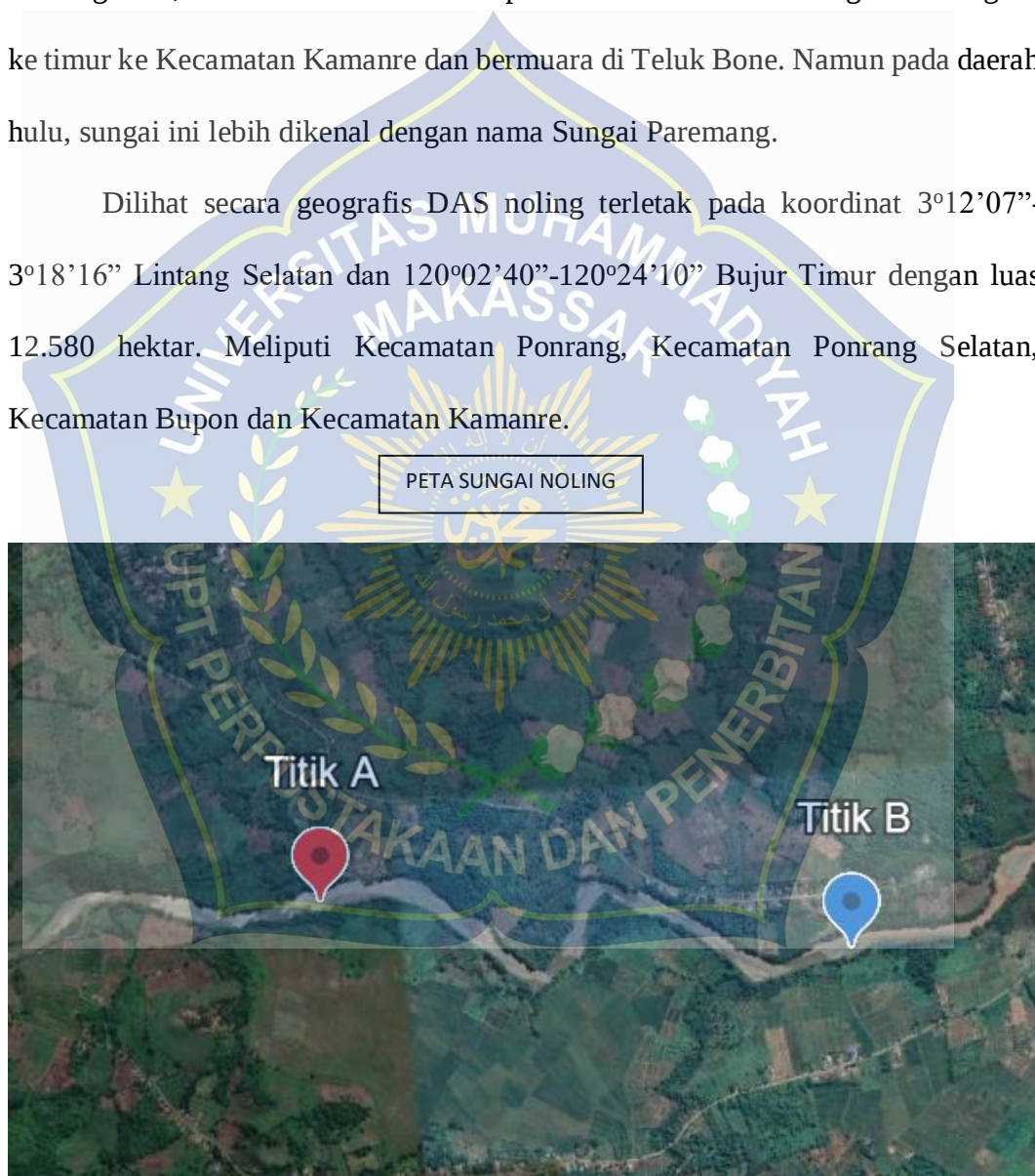
Pengukuran langsung beban sedimen dasar di lokasi survei dijelaskan dalam subbab di atas. Rumus empiris aliran sungai pada muka air pada muka air tertentu juga digunakan untuk membuat perkiraan beban sedimen dasar. Oleh karena itu, sedimen dasar memiliki kecepatan sesaat (kg/s). Setelah sejumlah pengukuran yang memadai dilakukan, busur pelepasan sedimen dasar dapat dicapai. Saat aliran rendah, pengukuran langsung dilakukan.

BAB III METODE PENELITIAN

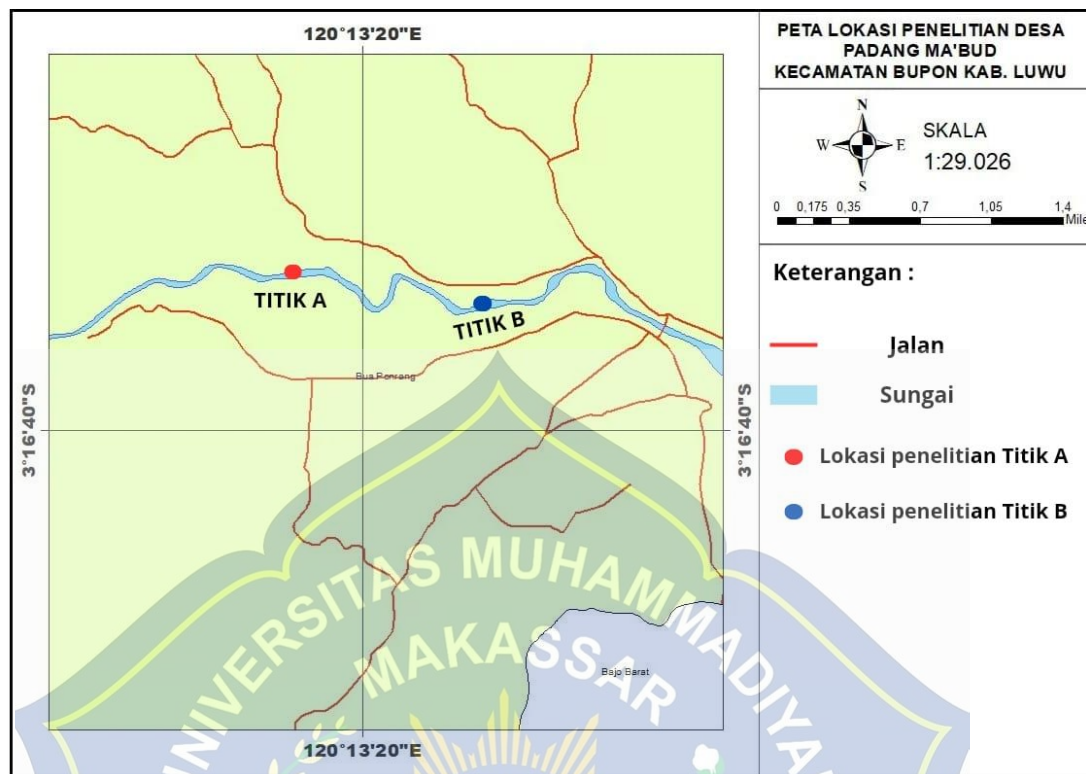
A. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Desa Padang Ma'bud tepat pada pertengahan dari Sungai Noling. Dimana Sungai Noling berhulu pada lereng gunung Latimojong dan Gunung Batu, kemudian melintasi Kabupaten Luwu. Kemudian sungai ini mengalir ke timur ke Kecamatan Kamanre dan bermuara di Teluk Bone. Namun pada daerah hulu, sungai ini lebih dikenal dengan nama Sungai Paremang.

Dilihat secara geografis DAS noling terletak pada koordinat $3^{\circ}12'07''$ - $3^{\circ}18'16''$ Lintang Selatan dan $120^{\circ}02'40''$ - $120^{\circ}24'10''$ Bujur Timur dengan luas 12.580 hektar. Meliputi Kecamatan Ponrang, Kecamatan Ponrang Selatan, Kecamatan Bupon dan Kecamatan Kamanre.



Gambar 9. Peta lokasi penelitian (Google earth)



Gambar 10. Peta lokasi penelitian (ArcGIS)

B. Waktu Penelitian

Studi dilakukan selama enam (enam) bulan, mulai April 2024 hingga September 2024. Pada bulan pertama dan kedua, administrasi dilakukan, penelitian, kepustakaan, dan pengumpulan data dilakukan pada bulan ketiga. Pada bulan keempat dan kelima, penelitian, kepustakaan, dan analisis data dilakukan, dan pada bulan keenam, penelitian diselesaikan.

C. Sumber Data

Dua sumber data penelitian ini adalah sebagai berikut:

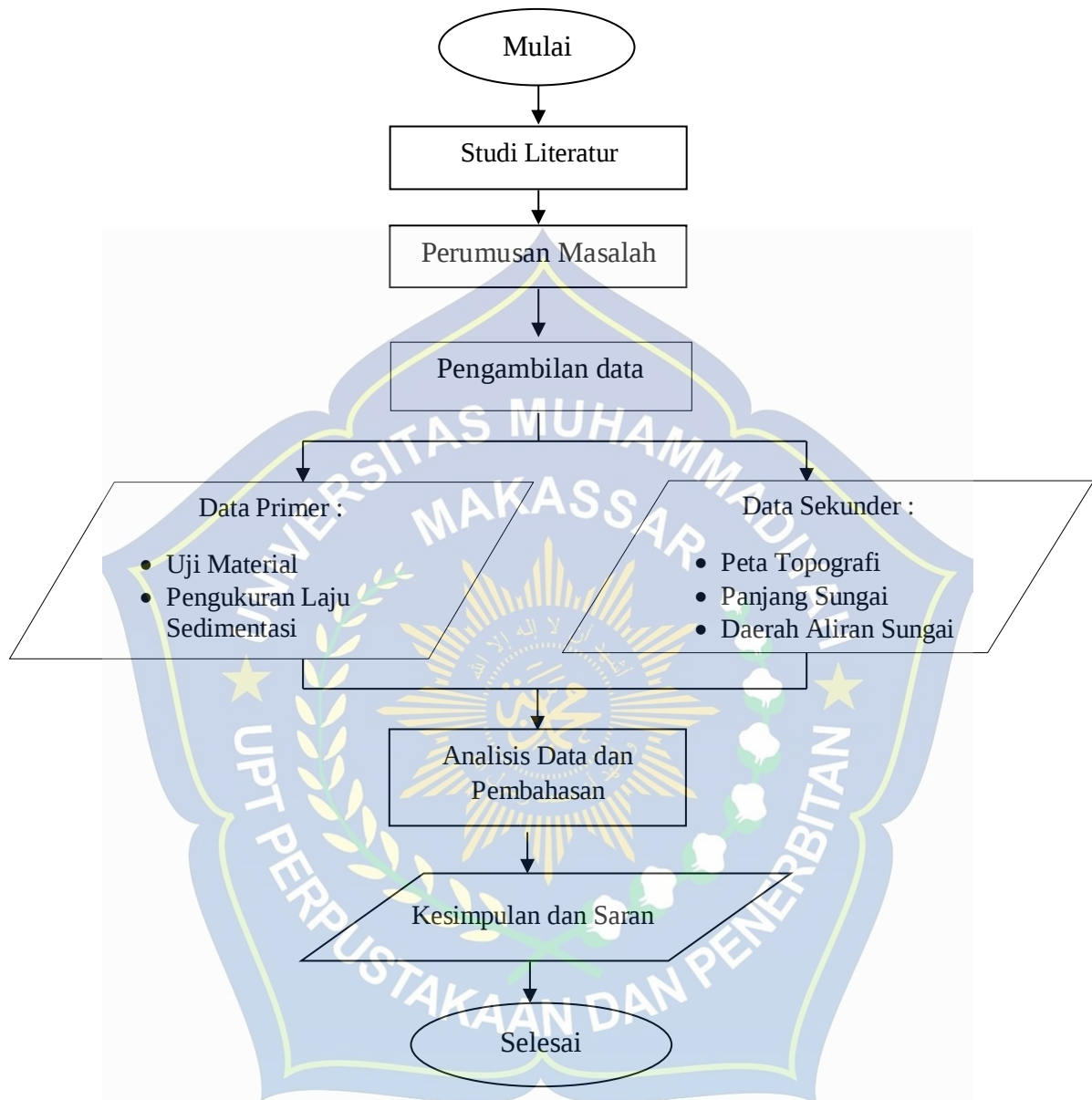
1. Data primer merupakan data yang dikumpulkan secara langsung di lokasi penelitian melalui pengamatan dan dokumentasi kondisi Sungai Noling

2. Data sekunder data yang dikumpulkan dari berbagai lembaga dan studi pustaka digunakan sebagai pelengkap dan pendukung data primer.

D. Prosedur Penelitian

Proses penelitian dilakukan dengan cara:

1. Pengambilan sampel di lokasi tertentu, atau lebih tepatnya di tengah Sungai Noling.
2. Sampel dikeringkan, diayak, dan diperiksa berat jenisnya
3. Analisis ayakan dilakukan untuk mengetahui jenis material sedimen berdasarkan butiran
4. Pengujian ini menghasilkan distribusi dan ukuran partikel sedimen dengan menggunakan filter yang sesuai dengan ASTM D 422.
5. Pengujian berat jenis sedimen dilaksanakan berdasarkan SNI 1964:2008. Standar Internasional ini menentukan metode uji untuk mengukur kepadatan tanah yang melewati saringan berdiameter 0,425 mm (No. 40)
6. Setelah sampel diambil dengan saringan no. 40, sampel yang telah terlarut dimasukkan ke dalam wajan (tong) dan dimasukkan ke dalam oven selama 24 jam.
7. Sampel siap untuk pengumpulan data dan pengukuran berat jenis setelah dikalsinasi selama 24 jam.
8. Perhitungan sedimen dasar dan sedimen terapung dapat dilakukan dengan menggunakan kandungan sedimen, berdasarkan data laboratorium.

F. Flow Chart

Gambar 11. Flow chart (Diagram alur penelitian)

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perhitungan Karakteristik Sedimen

1. Analisa Saringan

Analisa saringan dilakukan untuk menentukan distribusi ukuran butir sedimen pada sampel yang dianalisa serta untuk mengetahui karakteristik fisik sedimen. Adapun hasil analisa yang dilakukan di laboratorium adalah sebagai berikut:

Tabel 3. Data hasil Analisa saringan titik A

No. Saringan	Berat Tertahan (gram)	Persentase Tertahan (%)	Berat Kumulatif	
			Tertahan (%)	Lolos (%)
4	242	16,13	16,1	83,9
8	248	16,5	32,7	67,3
16	88	5,9	38,5	61,5
30	85	5,7	44,2	55,8
40	310	20,7	64,9	35,1
50	135	9	73,9	26,1
100	245	16,3	90,2	9,8
200	8	0,53	90,7	9,3
pan	139	9,27	100,0	0,0
jumlah	1500	100,00	551,20	

Pada perhitungan analisa saringan titik A, saringan no 8 menunjukkan nilai persentase sebesar 16,5% untuk jenis kerikil kasar dan pasir kasar sedangkan pada saringan no 40 menunjukkan nilai 20,7% untuk jenis sedimen pasir sedang dan pasir halus. Nilai persentase tertahan pada PAN adalah 9,3% untuk jenis sedimen lanau-lempung.

Tabel 4. Data hasil Analisa saringan titik B

No. Saringan	Berat Tertahan (gram)	Persentase Tertahan (%)	Berat Kumulatif	
			Tertahan (%)	Lolos (%)
4	238	15,9	15,9	84,1
8	225	15	30,9	69,1
16	95	6,3	37,2	62,8
30	80	5,3	42,5	57,5
40	290	19,3	61,9	38,1
50	140	9,3	71,2	28,8
100	234	15,6	86,8	13,2
200	10	0,67	87,5	12,5
pan	188	12,53	100	0
jumlah	1500	100,00	534	

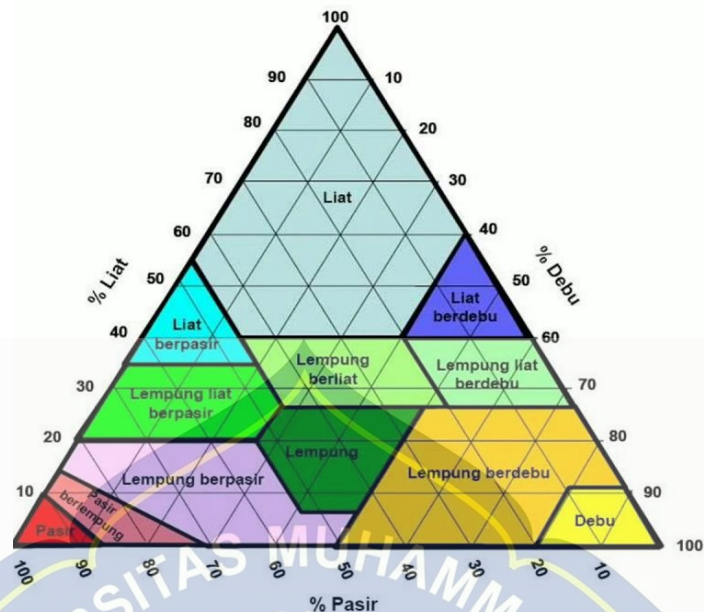
Pada perhitungan analisa saringan titik B, saringan no 4 menunjukkan nilai persentase sebesar 15,9% untuk jenis kerikil kasar dan pasir kasar sedangkan pada saringan no 40 menunjukkan nilai 19,3% untuk jenis sedimen pasir sedang dan pasir halus. Nilai persentase tertahan pada PAN adalah 12,5% untuk jenis sedimen lanau-lempung.

Tabel 5. Hasil persentasi jenis sedimen

Jenis Sedimen	Titik A	Titik B
Kerikil	32,7%	30,9%
Pasir	58,1%	56,6%
Lanau/Lempung	9,3%	12,5%

Dari tabel hasil uji analisa saringan di atas menunjukkan jenis sedimen Sungai Noling berupa:

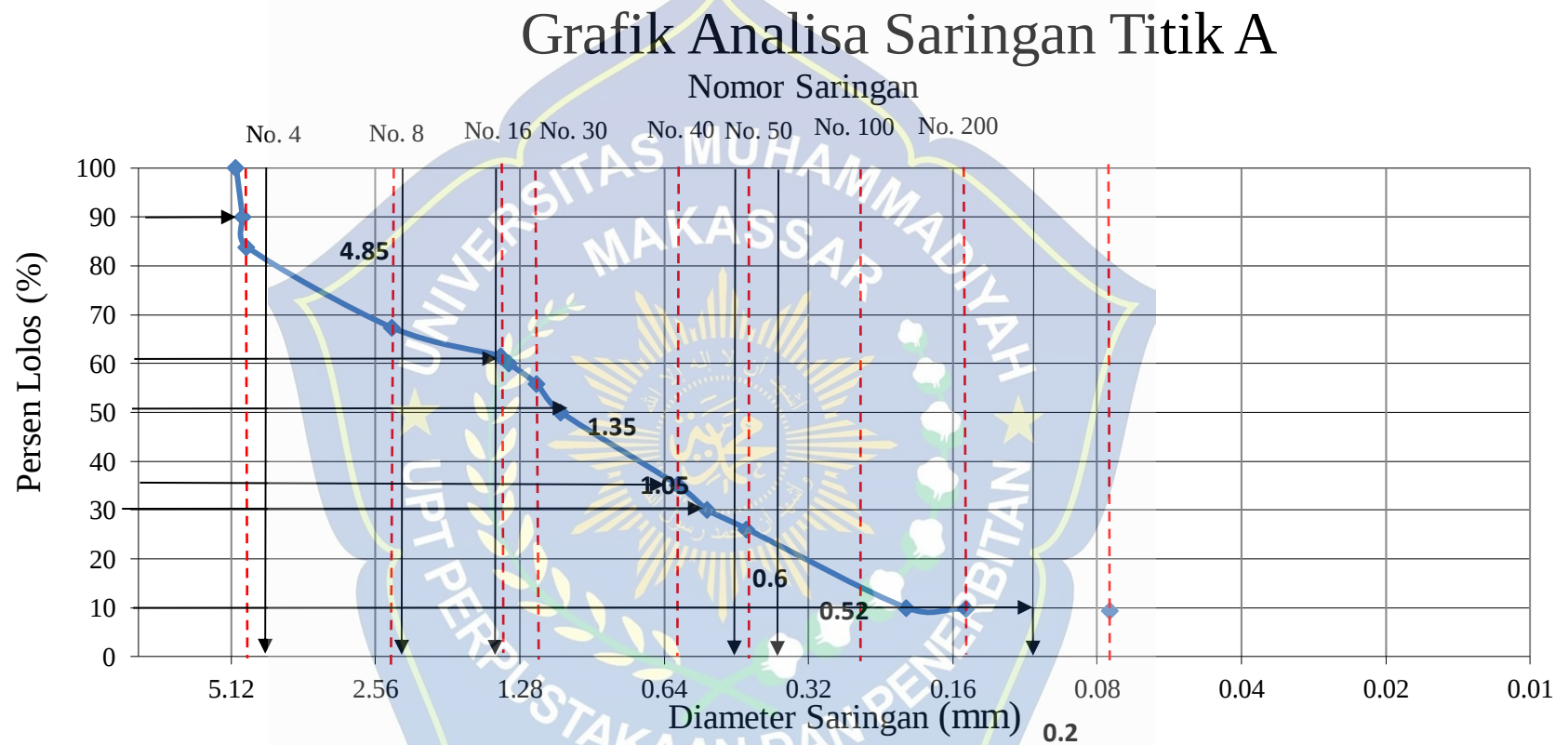
- 1.) Kerikil : 31,8%
- 2.) Pasir : 57,4%
- 3.) Lanau/Lempung : 10,9%



Gambar 12. USDA Textural Soil triangle

Berdasarkan data analisa saringan, untuk klasifikasi sedimen berdasarkan segitiga USDA (United States Department of Agriculture) yang biasanya digunakan berdasarkan pasir (sand), Lempur (silt), dan tanah liat (clay), bukan kerikil. Dalam hal ini kita bisa mengabaikan komponen kerikil karena terlalu besar untuk dimasukkan dalam klasifikasi segitiga USDA dan kita hanya mempertimbangkan pasir, lanau dan lempung. Jadi kita posisikan pasir (57,3%) pada sisi bawah dan lanau (10,9%) pada sisi kiri kemudian kita tarik garis dari sisi pasir sesuai dengan persentasinya ke atas sisi kiri lalu kemudian kita tarik garis lurus dari sisi liat ke sisi debu. Barulah kita dapatkan pertemuan dari dua garis tersebut berada pada lempung berpasir. Jadi klasifikasi sedimen berdasarkan segitiga USDA didapatkan jenis sedimen Lempung Berpasir.

Untuk Koefisien keseragaman (Cu) dan Koefisien Lengkungan (Cc) disajikan dalam grafik lengkung gradasi



Gambar 13. Grafik Lengkung Gradasi Titik A

Berdasarkan grafik lengkung gradasi titik A di atas, didapatkan nilai pada $d_{10} = 0,200$, $d_{30} = 0,520$, $d_{35} = 0,600$, $d_{50} = 1,050$, $d_{60} = 1,350$, dan $d_{90} = 4.850$. Nilai tersebut merupakan nilai yang tertahan pada setiap peresentase yang ditentukan untuk menghitung koefisien keseragaman (C_u) dan koefisien lengkungan (C_c), berikut adalah Langkah-langkah dalam menghitungnya:

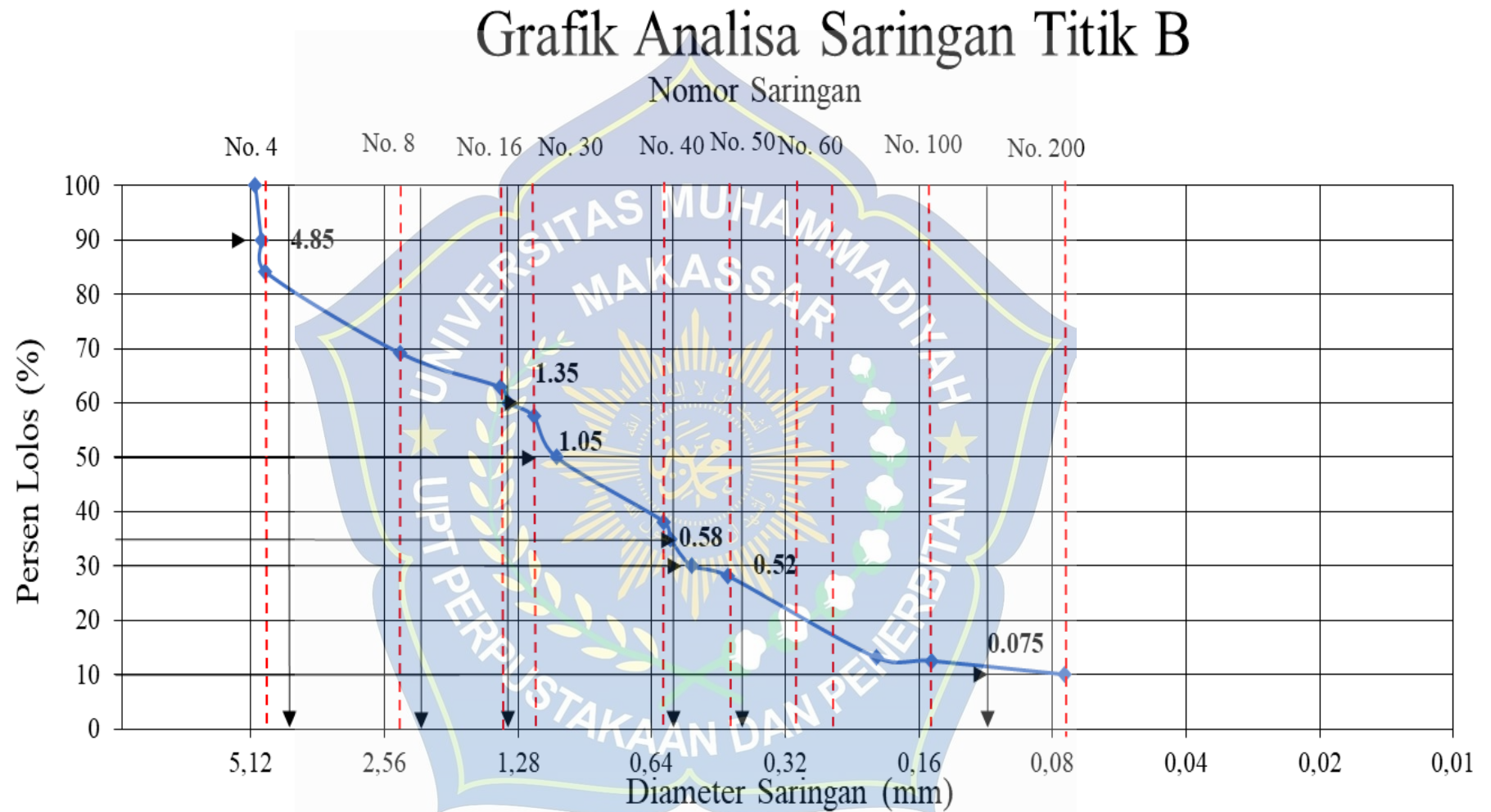
Koefisien Keseragaman (C_u) :

$$\begin{aligned} C_u &= \frac{d_{60}}{d_{10}} \\ &= \frac{1,350}{0,2} \\ &= 6,750 \text{ mm} \end{aligned}$$

Koefisien Lengkungan (C_c) :

$$\begin{aligned} C_c &= \frac{\frac{d_{30}^2}{d_{10}} \times \frac{d_{60}}{d_{30}}}{\frac{0,520^2}{0,200} \times \frac{1,350}{0,520}} \\ &= \frac{0,27040}{0,27} = 1,001 \text{ mm} \end{aligned}$$

Nilai koefisien keseragaman (C_u) dan koefisien lengkungan (C_c) yang ditunjukkan di atas, nilai C_u (6,750) menunjukkan variasi ukuran partikel yang cukup besar dan sangat tidak seragam dalam material tersebut. Sedangkan Koefisien lengkungan (C_c) yang mendekati 1 (1,001) menunjukkan bahwa distribusi ukuran partikel lebih seragam dan mendekati distribusi ideal, dengan bentuk kurva yang hampir parabolis. Secara keseluruhan, meskipun material memiliki koefisien lengkungan yang hampir ideal, ketidaksempurnaan distribusi ukuran partikel (ditunjukkan oleh C_u yang tinggi) menunjukkan bahwa material tersebut memiliki ukuran partikel yang tidak seragam.



Gambar 14. Grafik Lengkung Gradasi Titik B

Berdasarkan grafik lengkung gradasi titik B di atas, didapatkan nilai pada $d_{10} = 0,075$, $d_{30} = 0,520$, $d_{35} = 0,580$, $d_{50} = 1,050$, $d_{60} = 1,100$, dan $d_{90} = 2,650$. Nilai tersebut merupakan nilai yang tertahan pada setiap peresentase yang ditentukan untuk menghitung koefisien keseragaman (C_u) dan koefisien lengkungan (C_c), berikut adalah Langkah-langkah dalam menghitungnya:

Koefisien Keseragaman (C_u) :

$$\begin{aligned} C_u &= \frac{d_{60}}{d_{10}} \\ &= \frac{1,350}{0,075} \\ &= 18,000 \text{ mm} \end{aligned}$$

Koefisien Lengkungan (C_c) :

$$\begin{aligned} C_c &= \frac{\frac{d_{30}^2}{d_{10}} \times \frac{d_{60}}{d_{30}}}{\frac{d_{30}^2}{d_{10}} \times \frac{d_{60}}{d_{30}}} \\ &= \frac{\frac{0,520^2}{0,075} \times \frac{1,350}{0,520}}{\frac{0,520^2}{0,075} \times \frac{1,350}{0,520}} \\ &= \frac{0,27040}{0,10125} = 2,671 \text{ mm} \end{aligned}$$

Berdasarkan data di atas. Koefisien keseragaman (C_u) yang sangat tinggi (18,000) menunjukkan bahwa material ini memiliki ukuran partikel yang sangat tidak seragam dan variasinya yang sangat besar, yang berarti terdapat perbedaan ukuran partikel yang sangat besar. Sedangkan Koefisien lengkungan (C_c) yang sangat tinggi (2,671) menunjukkan bahwa distribusi ukuran partikel lebih tajam dan tidak mengikuti distribusi ideal. Material ini memiliki kurva distribusi partikel yang lebih curam karena memiliki lebih banyak partikel dengan ukuran ekstrem yang sangat kecil dan sangat besar. Secara keseluruhan, material ini memiliki distribusi ukuran partikel yang sangat tidak seragam dan terpolarisasi pada ukuran ekstrem, yang dapat mempengaruhi perilaku material, terutama dalam aplikasi yang

memerlukan keseragaman ukuran partikel, seperti dalam konstruksi atau penyaringan.

Tabel 6: Rekapitulasi Koefisien Keseragaman (Cu) dan Lengkungan (Cc)

Titik	d10	d30	d35	d50	d60	d90	CU	CC
A	0,200	0,520	0,600	1,050	1,350	4,850	6,750	1,001
B	0,075	0,520	0,580	1,050	1,350	4,850	18,000	2,671
Rata-rata	0,138	0,520	0,590	1,050	1,350	4,850	12,375	1,836

Berdasarkan table rekapitulasi di atas, didapatkan nilai pada $d_{10} = 0,138$, $d_{30} = 0,520$, $d_{35} = 0,590$, $d_{50} = 1,050$, $d_{60} = 1,350$, $d_{90} = 4,850$, Koefisien keseragaman (Cu) = 12,375 dan koefisien lengkungan (Cc) = 1,836. Menunjukkan bahwa sedimen Sungai Noling memiliki ukuran butir yang tidak seragam (poorly graded) karena jika nilai Cu lebih dari 4 untuk jenis pasir dan lebih dari 6 untuk kerikil maka material dikategorikan sebagai tidak seragam karena ukuran butirnya bervariasi. Untuk nilai Cc = 1,836 berada dalam rentang 1,0 dan 3,0 (SNI 637:2015) yang menunjukkan bahwa distribusi ukuran butir berada dalam kondisi ideal (well-graded secara umum di tengah kurva). Untuk klasifikasi ukuran butiran sedimen menurut AGU berada di angka 1.050 mm berjenis pasir sangat kasar (very coarse sand).

2. Berat Jenis

Untuk mengetahui berat jenis sedimen dasar, terlebih dahulu sampel sedimen diambil di Sungai Noling. Kemudian, sampel dikeringkan menggunakan oven dan ditimbang menjadi 1500 gram, dan sampel yang telah disaring kemudian ditimbang dan dipisah berdasarkan saringan. Setelah sampel disaring, timbang dan pisahkan jumlah tertahan berdasarkan nomor saringan. Kemudian, 100 gram dengan 3 sampel yang paling halus dicampur dengan air dan dimasukkan ke dalam cawan dan di oven selama 24 jam. Setelah 24 jam di oven, timbang sampel

untuk membandingkan berat basah dan basah. Halaman berikut menampilkan tabel berat jenis hasil uji laboratorium:

Tabel 7. Data berat jenis sedimen titik A

TITIK A			
Uraian	Sampel		
	I	II	III
Berat Sampel W1(gram)	100	100	100
Berat Picnometer W2 (gram)	133	133	133
Berat Setelah Dioven W3 (gram)	124	164	151
Berat Picno+Air+Sampel W4 (gram)	337	365	350
Berat Picnometer+Air W5 (gram)	259	263	254
Suhu W6 (°C)	30	30	30
Faktor Koreksi W7	0,9957	0,9957	0,9957
Berat Jenis (Gs)	2,68	2,63	2,73
Berat Jenis Rata-Rata (Gs)	2,68		

Berdasarkan tabel data berat jenis titik B di atas didapat nilai berat jenis pada sampel I = 2,68, sampel II = 2,63, sampel III = 2,73 dengan berat jenis rata-rata = 2,68. Adapun langkah perhitungan untuk mendapatkan berat jenis dari sedimen dasar titik A yaitu:

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Jenis GS I} &: \frac{W3}{(W3 + W5 - W4)} \times W7 \\
 &: \frac{124}{46} \times 0,9957 \\
 &: 2,684
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Jenis GS II} &: \frac{W3}{(W3 + W5 - W4)} \times W7 \\
 &: \frac{164}{62} \times 0,9957 \\
 &: 2,634
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat Jenis GS III} &: \frac{W3}{(W3 + W5 - W4)} \times W7 \\ &: \frac{151}{55} \times 0,9957 \\ &: 2,734 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat Jenis Rata-rata} &: \frac{\text{GS I} + \text{GS II} + \text{GS III}}{3} \\ &: \frac{2,684 + 2,634 + 2,7}{3} \\ &: \frac{8,018}{3} \\ &: 2,673 \end{aligned}$$

Tabel 8. Data berat jenis sedimen titik B

TITIK B			
Uraian	Sampel		
	I	II	III
Berat Sampel W1(gram)	100	100	100
Berat Picnometer W2 (gram)	133	133	133
Berat Setelah Dioven W3 (gram)	161	157	159
Berat Picno+Air+Sampel W4 (gram)	357	360	330
Berat Picnometer+Air W5 (gram)	257	260	230
Suhu W6 (°C)	30	30	30
Faktor Koreksi W7	0,9957	0,9957	0,9957
Berat Jenis (Gs)	2,63	2,74	2,72
Berat Jenis Rata-Rata (Gs)	2,70		

Berdasarkan tabel data berat jenis titik B di atas didapat nilai berat jenis pada sampel I = 2,63, sampel II = 2,74, sampel III = 2,72 dengan berat jenis rata-rata = 2,70. Adapun langkah perhitungan untuk mendapatkan berat jenis dari sedimen dasar titik B yaitu:

$$\text{Berat Jenis GS I} : \frac{W3}{(W3 + W5 - W4)} \times W7$$

$$: \frac{161}{61} \times 0,9957$$

$$: 2,628$$

$$\text{Berat Jenis GS II} : \frac{W3}{(W3 + W5 - W4)} \times W7$$

$$: \frac{157}{57} \times 0,9957$$

$$: 2,743$$

$$\text{Berat Jenis GS III} : \frac{W3}{(W3 + W5 - W4)} \times W7$$

$$: \frac{161}{59} \times 0,9957$$

$$: 2,717$$

$$\text{Berat Jenis Rata-rata} : \frac{GS I + GS II + GS III}{2}$$

$$: \frac{2,628 + 2,743 + 2,717}{3}$$

$$: \frac{8,088}{3}$$

$$: 2,696$$

Tabel 9.rekapitulasi perhitungan berat jenis sedimen dasar.

Titik	Hasil Analisa
GS TA	2,68
GS TB	2,70
Rata-Rata	2,69

Berdasarkan nilai berat jenis diatas, dapat disimpulkan bahwa sedimen dasar Sungai Noling berjenis pasir ("Sedimentology and Stratigraphy" oleh Gary Nichols.)

3. Tegangan Geser (τ_0) Dan Tegangan Geser Kritis (τ_c)

Tegangan geser dan tegangan geser kritis digunakan untuk mengetahui karakteristik dasar saluran dan digunakan untuk mengetahui pergerakan sedimen.

Diketahui:

Berat Jenis Air (γ_w) = 1000 kg/m^3
 Kedalaman Saluran (h) = 0,5 m
 Kemiringan Dasar Sungai (I) = 0,01647 %
 Berat Jenis Sedimen Dasar (γ_s) = 2684 kg/m^3

untuk mencari nilai tegangan geser (τ_0):

$$\begin{aligned}\tau_0 &= \gamma_w \cdot h \cdot I \\ &= 1000 \times 0,5 \times 0,01647 \\ &= 8,239 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

Untuk mencari nilai tegangan kritis dasar (τ_c) digunakan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\tau_c &= \frac{\tau_0}{(\gamma_s - \gamma_w) h_s} \\ &= \frac{8,239}{(2684 - 1000) 0,5 \times 0,016479} \\ &= \frac{8,329}{13,8749} = 0,594\end{aligned}$$

4. Kecepatan Jatuh (Fall Velocity)

Ketika kecepatan jatuh partikel berbentuk bulat, kecepatan jatuh dapat diwakili sebagai berikut:

$$W = \left[\frac{4}{3} \cdot \frac{g d_s}{C_D} \cdot \frac{\rho_s - \rho_w}{\rho_w} \right]^{1/2}$$

Dimana:

w = kecepatan jatuh (m/s)

g = percepatan gravitasi (9,81 m/s²)

d_s = diameter partikel (mm)

C_D = koefisien larutan / *drag coefficient* (tidak berdimensi)

ρ_s = berat volume partikel (g/cm³)

ρ_w = berat volume air (1000 kg/m³)

Koefisien drag merupakan fungsi dari bilangan Reynolds (R_e) partikel, yang dapat dihitung sebagai:

$$R_e = \left[\frac{w d_{50}}{\nu} \right]$$

ν adalah viskositas kinematis cairan. Untuk bilangan Reynolds, partikelnya kurang dari 0,1 jadi $C_D = 24/R$. Mengganti nilai C_D ini ke dalam persamaan 3.2 menghasilkan hukum Stokes :

$$w = \left[\frac{g d_{50}^2}{18 \nu} \right] \left(\frac{\rho_s - \rho_w}{\rho_w} \right)$$

Jadi untuk menghitung kecepatan jatuh partikel:

Percepatan Gravitasi (g) = 9,81 m/s²

Analisa Saringan Butir d_{50} = 1,050 mm → 0,00105 m

Berat Jenis Sedimen Dasar	(ρ_s)	= 2696	kg/m ³
Berat Jenis Air	(ρ_w)	= 1000	kg/m ³
Viskositas dinamis air pada 20°C	(μ)	= 0.001002	kg/(m·s)

Mencari nilai
$$V = \frac{\mu}{\rho_w} = \frac{0.001002}{1000} = 1,0 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$w = \left[\frac{9,81 \cdot 0,00105^2}{18 \times 1,0 \times 10^{-6}} \right] \left(\frac{2696 - 1000}{1000} \right)$$

$$= (0,6008625)(1,696)$$

$$= 1,019 \text{ m/s}$$

Jadi kecepatan jatuh partikel sedimen pada sungai noling didapatkan 1,019 m/s. untuk kecepatan aliran dapat dilihat pada analisis sedimen dasar sebesar 3,08 m/s. dengan ini dapat disimpulkan bahwa pergerakan sedimen terjadi dikarenakan kecepatan aliran lebih besar dari kecepatan jatuh sedimen.

B. Analisis Sedimen Dasar

1. Pengukuran Lapangan

Perhitungan sedimen dasar dengan pengukuran langsung di Lokasi pengamatan tidak diperoleh debit muatan sedimen dasar, sehingga dianjurkan menggunakan perhitungan (Soewarno, 1991:711) dan standar RI, 1882. Yang dalam penelitian ini diambil 20% terhadap muatan sedimen melayang.

a. Analisis sedimen melayang (Q_{sm})

Untuk mendapatkan nilai debit sedimen melayang, yang pertama adalah menghitung konsentrasi sedimen melayang dan data konsentrasi sedimen didapatkan dari perhitungan kadar lumpur sedimen melayang, untuk menghitung konsentrasi sedimen melayang rumus yang digunakan adalah:

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

Dimana:

C_s = Konsentrasi sedimen

W_s = Berat kadar lumpur (mg)

V_w = Volume air (ltr)

Contoh: (data pada tanggal 15/06/2010)

$$C_s(1) = \frac{3,20}{0,25} = 12,80 \frac{mg}{ltr}$$

$$C_s(2) = \frac{3,20}{0,25} = 12,80 \frac{mg}{ltr}$$

$$C_s(3) = \frac{3,04}{0,25} = 12,16 \frac{mg}{ltr}$$

$$C_s(1) = \frac{12,80 + 12,80 + 12,16}{3} = 12,587 \frac{mg}{ltr}$$

Kemudian mencari debit sedimen melayang (Q_{sm}) menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Q_{sm} = K \times C_s \times Q$$

Dimana:

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

K = Konstanta (0,0864) konversi dari satuan berat, volume, waktu. dari nilai

$$1 \text{ hari} = 86,400 \text{ detik dan } 1 \text{ ton} = 1.000.000 \text{ gram } \frac{864000}{1.000.000} = 0,0864. \text{ Untuk}$$

memastikan bahwa hasil perhitungan langsung dalam satuan ton/hari

C_s = Konsentrasi sedimen (12,667 mg/ltr)

Q = Debit air (m^3/det)

Perhitungan debit sedimen melayang perhari:

$$Q_{sm} = K \times C_s \times Q$$

$$Q_{sm} = 0,0864 \times 12,587 \times 11,78$$

$$Q_{sm} = 12,811 \text{ ton/hari}$$

Jadi, debit sedimen melayang sebesar 12,811 ton/hari.

Perhitungan debit sedimen melayang perbulan dan pertahun adalah:

$$Q_{sm} \text{ perbulan} = 12,811 \times 30$$

$$= 384,328 \text{ ton/bulan}$$

$$Q_{sm} \text{ pertahun} = 12,811 \times 365$$

$$= 4675,996 \text{ ton/tahun}$$

b. Analisis Sedimen Dasar (Qsd)

Dari analisis sedimen melayang di atas kita dapat menghitung debit sedimen dasar (Qsd) menggunakan perhitungan (Soewarno, 1991:711) Adapun perhitungannya sebagai berikut:

Perhitungan debit sedimen dasar (Qsd) perhari:

$$Q_{sd} = Q_{sm} \times 20\%$$

$$Q_{sd} = 12,811 \times 20\%$$

$$Q_{sd} = 2,562 \text{ ton/hari}$$

Perhitungan debit sedimen dasar (Qsd) perbulan:

$$Q_{sd} = Q_{sm} \times 20\%$$

$$Q_{sd} = 384,328 \times 20\%$$

$$Q_{sd} = 78,866 \text{ ton/bulan}$$

Perhitungan debit sedimen dasar (Qsd) pertahun:

$$Qsd = Qsm \times 20\%$$

$$Qsd = 4675,996 \times 20\%$$

$$Qsd = 935,199 \text{ ton/tahun}$$

Untuk hasil perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 10. Perhitungan sedimen dasar dan sedimen melayang perhari.

No urut	Tanggal	Cs (gram)	Qw (m3/det)	Qsm (ton/hari)	Qsd (ton/hari)
1	15-Jun-10	12,587	11,78	12,811	2,562
2	16-Aug-10	3,333	12,51	3,603	0,721
3	10-Jan-11	26,667	11,37	26,197	5,239
4	23-Sep-11	74,067	4,936	31,587	6,317
5	10-Jul-14	24,000	35,112	72,808	14,562
6	22-Dec-14	637,000	28,56	1571,851	314,370
7	22--des-2014	18,000	3,294	5,123	1,025
8	16-Sep-15	52,000	9,824	44,137	8,827
9	10/01/2016	66,000	8,863	50,540	10,108
10	13-Apr-16	646,000	219,965	12277,214	2455,443
11	13-Jul-16	89,000	36,963	284,231	56,846
12	30-Nov-16	159,333	71,435	983,401	196,680
13	03-Feb-17	9,667	17,574	14,678	2,936
14	17-Jun-17	10,000	90,600	78,278	15,656
15	15-Jun-17	303,333	81,260	2129,660	425,932
16	14-Sep-17	20,667	12,700	22,677	4,535
17	11-Nov-17	7,667	9,740	6,452	1,290
18	02-Feb-18	4,333	6,946	2,600	0,520
19	05-Apr-18	184,667	47,400	756,278	151,256
20	02-Aug-18	3,667	11,303	3,581	0,716
21	04-Nov-18	12,667	3,808	4,168	0,834
Jumlah				18381,876	3676,375
Rata-rata				875,327	175,065

Tabel 11. Perhitungan sedimen dasar dan sedimen melayang perbulan.

No urut	Qsm (ton/bulan)	Qsd (ton/bulan)
1	384,328	76,866
2	108,076	21,615
3	785,904	157,181
4	947,621	189,524
5	2184,247	436,849
6	47155,530	9431,106
7	153,685	30,737
8	1324,118	264,824
9	1516,211	303,242
10	368316,435	73663,287
11	8526,921	1705,384
12	29502,022	5900,404
13	440,349	88,070
14	2348,352	469,670
15	63889,792	12777,958
16	680,325	136,065
17	193,562	38,712
18	78,011	15,602
19	22688,335	4537,667
20	107,433	21,487
21	125,028	25,006
Jumlah	551456,286	110291,257
Rata-rata	26259,823	5251,965

Tabel 12. Perhitungan sedimen dasar dan sedimen melayang pertahun

No urut	Tahun	Qsm (ton/tahun)	Qsd (ton/tahun)
1	2010	2995,458	599,092
2	2011	10545,615	2109,123
3	2014	200723,486	40144,697
4	2015	573725,618	114745,124
5	2016	1240578,998	248115,800
6	2017	164377,457	32875,491
7	2018	69954,707	13990,941
Jumlah		2262901,340	452580,268
Rata-rata		565725,335	113145,067

Berdasarkan tiga tabel perhitungan di atas didapatkan rata-rata sedimen perhari yaitu 175,065 ton hari, untuk perbulan 5251,965 dan untuk pertahun didapatkan nilai tertinggi pada tahun 2016 yaitu sebesar 248115,800 ton/tahun.

2. Analisis Sedimen Dasar dengan menggunakan Metode Meyer Peter

Berdasarkan persamaan Mayer Peter, langkah pertama dalam menghitung koefisien kekasaran, atau bed load, adalah menghitung kecepatan aliran rata-rata. Perhitungan ini dapat diuraikan sebagai berikut:

Diketahui :

Debit	(Q)	= 43,44	m ³ /s
Luas Penampang	(A)	= 14,10	m ²
Lebar Sungai	(B)	= 30	m
Berat Jenis Sedimen Dasar	(ρ_s)	= 2684	kg/m ³
Berat Jenis Air	(ρ_w)	= 1000	kgm/3
Percepatan Gravitasi	(g)	= 9,81	m/s
Analisa Saringan Butir	d ₉₀	= 4,850	mm → 0,00485 m
	d ₆₀	= 1,350	mm
	d ₅₀	= 1,050	mm → 0,00105 m
	d ₃₀	= 0,520	mm
	d ₁₀	= 0,200	mm

Kecepatan Rata-rata Aliran

$$\begin{aligned}
 V &= \frac{Q}{A} \\
 &= \frac{43,44}{14,10} \\
 &= 3,08 \quad \text{m/s}
 \end{aligned}$$

Kemiringan Dasar Sungai

$$\begin{aligned}
 I &= \left(\frac{V}{k \cdot R^{2/3}} \right)^2 \\
 &= \left(\frac{3,08}{40 \cdot 0,47^{2/3}} \right)^2 \\
 &= \left(\frac{3,08}{40 \cdot 0,60} \right)^2 \\
 &= \left(\frac{3,08}{24,2} \right)^2 \\
 &= 0,01647 \%
 \end{aligned}$$

Koefisien Kekasaran Actual

$$\begin{aligned}
 n' &= \frac{(d_{90})^{1/6}}{26} \\
 &= \frac{(0,00485)^{1/6}}{26} \\
 &= 0,0158
 \end{aligned}$$

Nilai Intensitas Aliran (Ψ)

$$\begin{aligned}
 \Psi &= \frac{y_s - y}{y} \times \frac{d_{50}}{I \left(\frac{n'}{n} \right)^{3/2} \times R} \\
 &= \frac{2684 - 1000}{1000} \times \frac{0,00105}{0,01647 \times \left(\frac{0,0158}{0,0148} \right)^{3/2} \times 0,47} \\
 &= \frac{1684}{1000} \times \frac{0,00105}{0,01647 \times 1,103 \times 0,47} \\
 &= 1,684 \times 0,1230 \\
 &= 0,2071
 \end{aligned}$$

Nilai Muatan Sedimen Dasar (qb)

$$\begin{aligned}\Phi &= \left(\frac{4}{\Psi} - 0,188 \right)^{3/2} \\ &= \left(\frac{4}{0,2071} - 0,188 \right)^{3/2} \\ &= 83,70772\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}q_b &= \left(\frac{\Phi \cdot \gamma_s}{\frac{\gamma}{\gamma_s - \gamma} \times \frac{1}{gd50^3}} \right) \\ &= \left(\frac{83,70772 \times 2684}{\frac{1000}{2684 - 1000} \times \frac{1}{9,81 \times 0,00105^3}} \right) \\ &= 0,00043 \text{ kg/s/m}\end{aligned}$$

Jadi Besarnya Sedimen Dasar (Qb)

$$\begin{aligned}Q_b &= q_b \times B \\ &= 0,00043 \times 30 \\ &= 0,0129 \text{ kg} \\ &= \frac{0,0129}{1000} \times 3600 \times 24 \\ &= 1,113 \text{ ton/hari}\end{aligned}$$

Untuk mengetahui sedimen perbulan, per 5 bulan, dan pertahun. adalah:

$$\begin{aligned}Q_b \text{ perbulan} &= 1,113 \times 30 \\ &= 33,386 \text{ ton/bulan}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Q_b \text{ per 5 bulan} &= 1,113 \times 30 \times 5 \\ &= 166,93 \text{ ton/5bulan}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Q_b \text{ pertahun} &= 1,113 \times 365 \\ &= 406,20 \text{ ton/tahun}\end{aligned}$$

Kemudian, untuk menghitung laju sedimentasi, yaitu:

$$\text{Laju sedimentasi} = \frac{Qb}{A}$$

Dimana: Qb = volume sedimen

A = Luas penampang sungai

$$\begin{aligned} \text{Jadi: Laju sedimentasi} &= \frac{Qb}{A} \\ &= \frac{1,113}{14,10} \\ &= 0,0789 \text{ ton/hari} \end{aligned}$$

Untuk hasil perhitungan sampel sedimen dasar selanjutnya dapat di lihat pada tabel halaman berikutnya:



Tabel 13: hasil perhitungan sedimen dasar metode Mayer Peter:

Titik	B (m)	A (m ²)	Q (m ³ /dt)	V (m)	I (%)	N	n'	Ψ	Φ	qb (kg/dt)	Qb (m ³ /hri)	Qb (m ³ /bulan)	Qb (m ³ /tahun)
A	30	14,10	43,44	3,08	0,01647	0,0148	0,0158	0,2071	83,708	0,0129	1,113	33,386	406,20
B	30	17,90	42,48	2,37	0,00678	0,01647	0,0158	0,51188	21,0658	0,00582	0,502	15,074	183,40
Rata-rata sedimen dasar menggunakan metode Mayer Peter :											0,808	24,230	294,80

Berdasarkan table di atas dari hasil analisis dapat di lihat pada metode Mayer Peter didapatkan volume sedimen yaitu : pada Titik A = 4061,97 m³/tahun. Titik B = 1034,88 m³/tahun. Maka rata-rata sedimen pertahun yang di hasilkan adalah = 82548,42 m³/tahun.

3. Analisis sedimen dasar dengan menggunakan metode Duboys

Untuk perhitungan sedimen dasar dengan menggunakan metode Duboys langkah pertama adalah mencari nilai tegangan geser dan nilai tegangan geser kritis di dasar. Perhitungan ini dapat diuraikan sebagai berikut:

Diketahui:

Debit	(Q)	= 43,44	m ³ /s
Luas Penampang	(A)	= 14,10	m ²
Lebar Sungai	(B)	= 30	m
Berat Jenis Sedimen Dasar	(γ_s)	= 2684	kg/m ³
Berat Jenis Air	(γ)	= 1000	kg/m ³
Percepatan Gravitasi	(g)	= 9,81	
Kedalaman Saluran	(S)	= 0,5	m
Analisa Saringan Butir	d_{90}	= 4,850	mm → 0,00485 m
	d_{60}	= 1,350	mm
	d_{50}	= 1,050	mm → 0,00105 m
	d_{30}	= 0,520	mm
	d_{10}	= 0,200	mm

Kemiringan Dasar Sungai

$$\begin{aligned}
 I &= \left(\frac{V}{k \cdot R^{2/3}} \right)^2 \\
 &= \left(\frac{3,08}{40 \cdot 0,47^{2/3}} \right)^2 \\
 &= \left(\frac{3,08}{40 \cdot 0,60} \right)^2 \\
 &= \left(\frac{3,08}{24,2} \right)^2 \\
 &= 0,01647 \%
 \end{aligned}$$

Kecepatan Rata-rata Aliran

$$\begin{aligned}
 V &= \frac{Q}{A} \\
 &= \frac{43,44}{14,10} \\
 &= 3,08 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

Dari data di atas maka dapat di olah dengan menggunakan perhitungan seperti di bawah ini untuk mencari nilai tegangan geser (T_0):

$$\begin{aligned}
 T_0 &= \gamma_w \cdot h \cdot S \\
 &= 2686 \times 0,5 \times 0,01647 \\
 &= 8,239 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

Untuk mencari nilai tegangan kritis dasar (T_c) digunakan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 T_c &= \frac{T_0}{(\gamma_s - \gamma_w) h \cdot s} \\
 &= \frac{8,239}{(2684 - 1000) 0,5 \times 0,016479} \\
 &= \frac{8,329}{13,8749} \\
 &= 0,594
 \end{aligned}$$

Kemudian mencari nilai fungsi dari jenis partikel (Ψ_h) adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\Psi &= \left(\frac{y_s \cdot d_{50} \cdot v}{2 \cdot T_c} \right) \\ &= \left(\frac{2684 \times 0,00105 \times 3,08}{2 \times 0,594} \right) \\ &= \frac{8,6800}{1,188} \\ &= 7,311\end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas telah didapatkan nilai tegangan dasar dan nilai tegangan kritis dasar. Kemudian dapat dihitung muatan sedimen dasar per unit lebar, Adapun perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}q_b &= \Psi \cdot \frac{T_0}{y} \cdot \left(\frac{T_0 - T_c}{y} \right) \\ &= 7,311 \cdot \frac{8,329}{1000} \cdot \left(\frac{8,329 - 0,594}{1000} \right) \\ &= 0,000472 \text{ (kg/dtk)/m}\end{aligned}$$

Maka dapat diketahui besaran seluruh sedimen dasar sungai yang dapat dihitung menggunakan rumus:

$$\begin{aligned}Q_b &= q_b \times B \\ &= 0,000472 \times 30 \\ &= 0,014160 \text{ (kg/dtk)/m}\end{aligned}$$

Untuk mengetahui besaran sedimen dasar perhari, perbulan, per 5 bulan dan pertahun adalah:

$$\begin{aligned}Q_b \text{ perhari} &= \frac{0,014160}{1000} \times 3600 \times 24 \\ &= 1,223 \text{ ton/hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Q_b \text{ perbulan} &= 1,223 \times 30 \\ &= 36,703 \text{ ton/bulan}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Q_b \text{ per 5 bulan} &= 1,223 \times 30 \times 5 \\ &= 183,517 \text{ ton/5bulan}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Q_b \text{ pertahun} &= 11,129 \times 365 \\ &= 446,559 \text{ ton/tahun}\end{aligned}$$

Kemudian, untuk menghitung laju sedimentasi, yaitu:

$$\text{Laju sedimentasi} = \frac{Qb}{A}$$

Dimana: Qb = volume sedimen

A = Luas penampang sungai

$$\begin{aligned} \text{Jadi: Laju sedimentasi} &= \frac{Qb}{A} \\ &= \frac{1,223}{14,10} \\ &= 0,0867 \text{ ton/hari} \end{aligned}$$

Untuk hasil perhitungan sampel sedimen dasar selanjutnya dapat di lihat pada tabel halaman berikutnya:



Tabel 14. Hasil perhitungan sedimen dasar metode Duboys

Patok	B (m)	A (m ²)	Q (m ³ /dt)	I (%)	τ_0 (kg/m)	τ_c	qb (kg/dt) (m ³ /hari)	Qb (m ³ /bulan)	Qb (m ³ / 5bulan)	Qb (m ³ /tahun)	
1	30	14,10	43,44	0,01647	8,239	0,594	0,01416	1,223	36,703	183,517	446,559
2	30	17,90	42,48	0,00678	2,786	0,590	0,01045	0,903	27,102	135,511	329,744
Rata-rata sedimen dasar menggunakan metode Duboys:								1,063	32,903	159,514	388,152

Berdasarkan table di atas dari hasil analisis dapat dilihat pada metode Duboys didapatkan volume sedimen yaitu : pada Titik A = 446,559 m³/tahun. Titik B = 1328,744 m³/tahun. Maka rata-rata sedimen pertahun yang di hasilkan adalah = 388,152 m³/tahun.

4. Analisis sedimen dasar menggunakan pendekatan Shields untuk mengetahui kondisi dasar Sungai.

Pendekatan shields digunakan untuk menganalisis kondisi dasar Sungai, apakah didominasi oleh sedimen kasar atau sedimen halus. Analisis ini sangat penting untuk memahami stabilitas dasar Sungai dan pergerakan material sedimen. Adapun rumus yang digunakan:

$$\frac{qb\Delta}{Q.I} = 10 \frac{\tau_p - \tau_c}{(\rho_w - \rho_s)g.d_{50}}$$

untuk mendapatkan nilai Δ

$$\begin{aligned}\Delta &= \frac{(\rho_s - \rho_w)}{\rho_w} \\ &= \frac{(2696 - 1000)}{1000} \\ &= 1,696 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

Untuk mencari nilai τ_p

$$\tau_p = \rho_w \cdot g \cdot h \cdot I$$

$$\tau_p = 1000 \times 9.81 \times 0,5 \times 0,006964$$

$$= 34.158 \text{ kg/m}$$

Untuk mencari nilai τ_c

$$R_e = \frac{U_* D_{50}}{\nu}$$

Dimana:

$$U_* = \sqrt{g \cdot R \cdot I}$$

$$= \sqrt{9,81.14,10.0,006964}$$

$$= 0,981$$

Mencari nilai V

$$V = v_1 + \frac{(T-T_1)}{(T_2-T_1)} \times (v_2 - v_1)$$

$$T_1 = 15^\circ\text{C}, v_1 = 1.14 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{det}$$

$$T_2 = 25^\circ\text{C}, v_2 = 0.90 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{det}$$

$$V = 1,14 + \frac{(20-15)}{(25-15)} \times (0,90 - 1,14)$$

$$= 1,02 \rightarrow 1,02 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{det}$$

Kemudian menghitung bilangan reynold (R_e)

$$\begin{aligned} R_e &= \frac{U_* d_{50}}{v} \\ &= \frac{0,981 \times 0,00105}{1,02 \times 10^{-6}} \\ &= 1009,852 \end{aligned}$$

$$\text{Dari grafik shield} = \frac{\tau_c}{\rho_s - \rho_w} = 0,045$$

Sehingga:

$$\tau_c = 0,045 (2696-1000).9,81.(0,006964)$$

$$= 5,214$$

$$\frac{qb.1,696}{43,44.0,006964} = 10 \frac{34,158-5,214}{1,696.9,81.0,00105}$$

$$\frac{qb.1,696}{0,302} = 29,129$$

$$qb.(1.696).(29,129) = 0,302$$

$$49.402 \cdot q_b = 0,302$$

$$q_b = \frac{0,302}{49,402}$$

$$q_b = 0,00611 \text{ (kg/det) met}$$

$$Q_b = B \times q_b$$

$$Q_b = 30 \times 0,00611$$

$$Q_b = 0,183 \text{ Kg/det}$$

Untuk mengetahui besaran sedimen dasar perhari, perbulan, dan pertahun adalah:

$$Q_b \text{ perhari} = \frac{0,183}{1000} \times 3600 \times 24$$

$$= 15,811 \text{ ton/hari}$$

$$Q_b \text{ perbulan} = 15,811 \times 30$$

$$= 474,33 \text{ ton/bulan}$$

$$Q_b \text{ pertahun} = 11,129 \times 365$$

$$= 5771,015 \text{ ton/tahun}$$

Berdasarkan perhitungan shield di atas didapatkan nilai parameter shield (τ_p) = 34,158 kg/m dan nilai shield kritis (τ_c) = 5,124. Sesuai dengan pendekatan shield jika $\tau_p > \tau_c$ gaya gesek yang diterapkan oleh aliran air cukup besar dengan kata lain sedimen akan bergerak dan kondisi aliran air sangat kuat untuk menggerakkan sedimen dengan signifikan. Untuk kondisi dasar saluran menunjukkan nilai τ_p jauh lebih besar dari nilai τ_c maka dasar saluran tersebut terdiri dari sedimen kasar yang bisa tergeser atau terkikis oleh aliran air yang ada.

Tabel 15. Rekapitulasi perhitungan sedimen dasar

Besar Sedimen Dasar (Qb)	Berdasarkan Pengukuran Langsung	Berdasarkan Pendekatan Mayer-Peter	Berdasarkan Pendekatan Duboys	Berdasarkan Pendekatan Shield
Qb ton/hari	2,562 ton	0,808 ton	1,063 ton	15,811 ton
Qb Ton/bulan	76,866 ton	24,330 ton	32,903 ton	474,33 ton
Qb Ton/tahun	935,199 ton	294,80 ton	388,152 ton	5771,015 ton

Berdasarkan tabel diatas pengukuran langsung menghasilkan nilai yang lebih kecil dibandingkan dengan pendekatan lainnya. Untuk pendekatan shield menghasilkan nilai yang lebih besar dari pendekatan lainnya sedangkan untuk pendekatan Mayer-Peter dan Duboys lebih mendekati satu sama lain. Hal ini menunjukkan kemungkinan bahwa parameter yang digunakan dalam pendekatan teoritis perlu dikalibrasi lebih lanjut agar sesuai dengan kondisi nyata di lokasi penelitian.

5. Analisis Gerakan Sedimen (Qb)

Permulaan pergerakan sedimen dasar merupakan awal mula angkutan sedimen. Faktor yang menyebabkan permulaan gerak sedimen adalah kecepatan, diuraikan dalam tabel berikut:

Tabel 16. Hasil analisis pergerakan sedimen $\tau_0 > \tau_c$ dengan Metode Dubois

Titik	Q (m ³ /dt)	V (m/dtk)	h (m)	τ_0 (kg/m)	τ_c (kg/m)	Keterangan
A	43,44	3,08	0,5	8,239	0,594	$\tau_0 > \tau_c$ (Bergerak)
B	42,48	2,37	0,4	2,786	0,590	$\tau_0 > \tau_c$ (Bergerak)
Rata-rata	42,96	2,72	0,45	5,523	0,592	$\tau_0 > \tau_c$ (Bergerak)

Berdasarkan tabel di atas dapat dijelaskan bahwa berdasarkan teori tegangan geser (τ_0) lebih besar dari tegangan geser kritis dasar (τ_c) atau $\tau_0 > \tau_c$ maka terjadi pergerakan sedimen dasar pada Sungai Noling, dan juga terjadi pengangkutan sedimen sebagaimana dapat dilihat pada tabel di atas bahwa pada titik A: $\tau_0 = 8,239 > \tau_c = 0,594$. Titik B $\tau_0 = 2,786 > \tau_c = 0,590$. Dimana sebab terjadinya pergerakan sedimen adalah kecepatan aliran.

C. Pembahasan

1. Karakteristik Sedimen

Hasil analisis saringan menunjukkan bahwa sedimen di Sungai Noling terdiri dari fraksi kerikil sebesar 31,8%, pasir 57,4%, dan lanau/lempung 10,9%. Berdasarkan klasifikasi segitiga tekstur USDA, sedimen ini termasuk dalam kategori lempung berpasir.

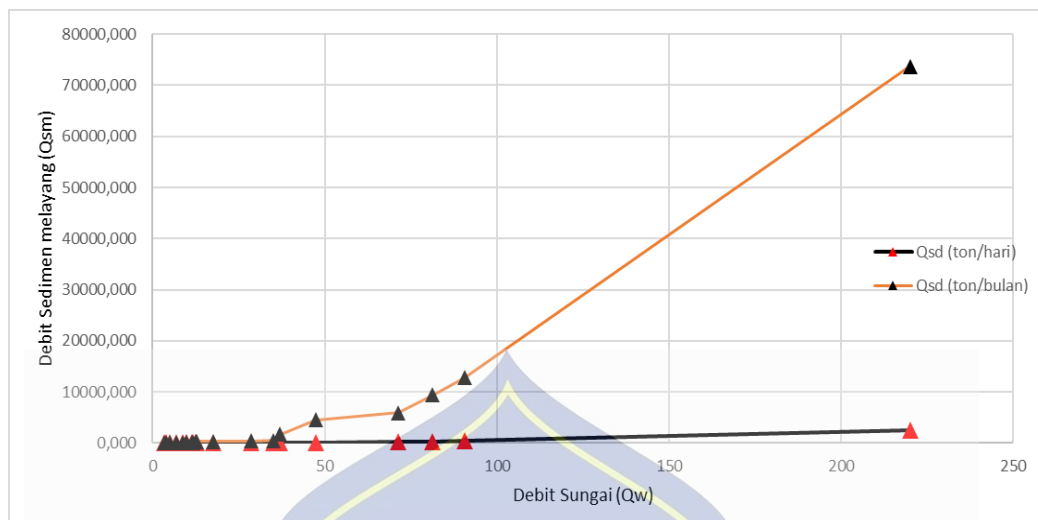
Nilai koefisien keseragaman (C_u) dan koefisien lengkungan (C_c) pada kedua titik pengamatan memberikan gambaran lebih rinci tentang karakteristik sedimen. Di titik A, C_u sebesar 6,750 menunjukkan variasi ukuran butiran yang cukup besar. Selain itu, hasil analisis kecepatan jatuh partikel (fall velocity) menunjukkan bahwa rata-rata kecepatan jatuh partikel sedimen di Sungai Noling adalah 1,019 m/s.

2. Laju sedimentasi

Laju sedimentasi di Sungai Noling dianalisis menggunakan lima pendekatan, yaitu pengukuran langsung, metode Meyer Peter, metode Duboys, pendekatan Shields, dan analisis hubungan tegangan geser aktual (τ_0) dan tegangan geser kritis (τ_c). Analisis hubungan tegangan geser menunjukkan bahwa sedimen di dasar Sungai Noling masih bergerak, terutama di titik A, di mana tegangan geser aktual jauh lebih besar dari tegangan kritisnya ($\tau_0 = 8,239 \text{ kg/m} > \tau_c = 0,594 \text{ kg/m}$).

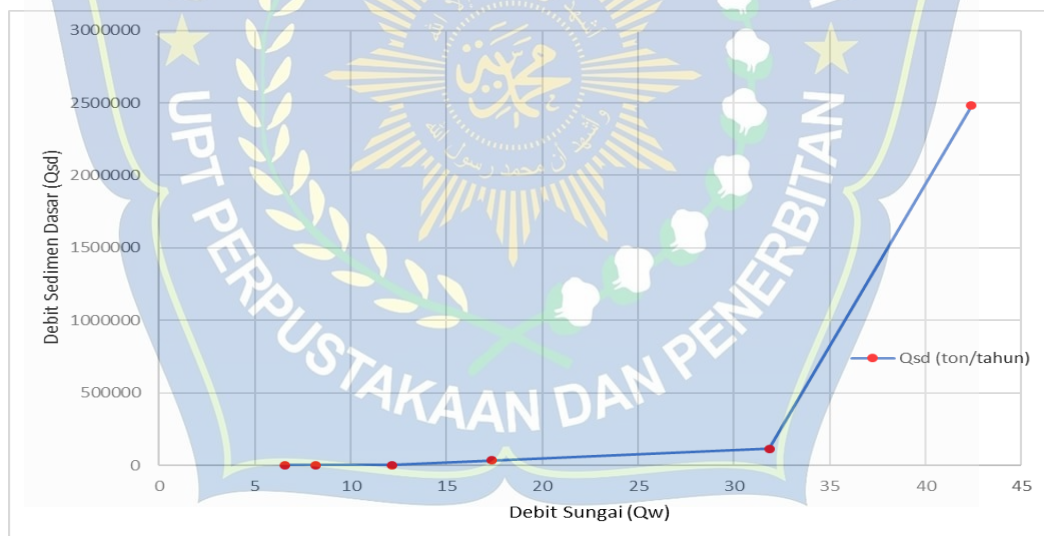
Untuk pendekatan shield menghasilkan nilai yang lebih besar dari pendekatan lainnya seangkan untuk pendekatan Mayer-Peter dan Duboys lebih mendekati satu sama lain, tetapi tetap lebih besar dari pengukuran langsung. Hal ini menunjukkan kemungkinan bahwa parameter yang digunakan dalam pendekatan teoritis perlu dikalibrasi lebih lanjut agar sesuai dengan kondisi nyata di lokasi penelitian.

Untuk hubungan debit sedimen dasar dapat dilihat pada table berikut:



Gambar 15. Grafik hubungan volume sedimen dasar (Q_{sd}) dengan Debit sungai (Q_w).

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa semakin tinggi debit air semakin tinggi pula debit sedimen dasar. Data dari grafik di atas adalah data perhari dan perbulan, untuk pertahun dapat dilihat grafik berikutnya.



Gambar 16. Grafik hubungan volume sedimen dasar (Q_{sd}) dengan debit Sungai (Q_w).

Dari grafik untuk sedimen dasar pertahun di atas dapat dilihat semakin tinggi debit air semakin tinggi pula volume sedimen.

Sedimentasi yang tinggi akan menyebabkan dampak negatif diantaranya yaitu. Penurunan kualitas air, gangguan infrastruktur, banjir dan kerusakan ekosistem Sungai.

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan temuan dan diskusi di bab sebelumnya, kita dapat sampai pada kesimpulan berikut:

1. Dari data hasil uji sample sedimen, gradasi partikel dan karakteristik sedimen dasar di Sungai Noling adalah kerikil (31,9%), Pasir (57,3%), dan lanau/lempung (10,9%). untuk ukuran butir sedimen sebesar 1.050 mm. Dan untuk gradasi sedimen seragam (homogen). Berdasarkan hasil berat jenis sedimen didapatkan sedimen pasir, dan kecepatan jatuh sebesar 1,019 m/s.
2. Berdasarkan hasil analisa perhitungan, Laju sedimentasi di Sungai Noling bervariasi, dengan metode pengukuran langsung menghasilkan nilai terkecil (935,199 ton/tahun), sementara metode Meyer Peter dan Duboys memberikan hasil lebih tinggi dan konsisten (294,80–388,152 ton/tahun). Metode Shields menunjukkan estimasi tertinggi (5771,015 ton/tahun), menandakan perlunya kalibrasi parameter teoritis agar sesuai dengan kondisi lapangan.

B. Saran

Dari pengamatan di dalam penelitian ini penulis memberikan saran-saran yaitu:

1. Penelitian mengenai karakteristik dan laju sedimentasi ini perlu dilakukan lagi dengan mempertimbangkan jumlah variasi debit.
2. Agar data yang dikumpulkan lebih jelas dan akurat, titik pengambilan data, atau pias, harus lebih dekat dan lebih banyak.
3. Pada penelitian ini penulis hanya menggunakan dua metode dalam menganalisis karakteristik sedimen dan laju sedimentasi, penulis menyarankan agar peneliti selanjutnya menambahkan dan menggunakan metode pendekatan lainnya sebagai pembanding.
4. Ada beberapa cara yang dapat dilakukan untuk mengurangi laju sedimentasi secara konsisten, antara lain:

- a. Dengan menggunakan vegetasi penutup untuk melestarikan tanah dan air, konservasi secara agronomis mengurangi daya rusak air. Metode konservasi ini dapat mencakup reboisasi atau penghutanan kembali.
- b. Normalisasi aliran sungai dan penataan lahan terutama di bagian hilir harus dilakukan secara teratur untuk menjaga kelancaran aliran sungai.
- c. Semua pihak yang terkait (pemerintah, masyarakat, dan swasta) harus mematuhi kebijakan pengelolaan DAS Noling secara konsisten dan berkelanjutan, dan sanksi hukum yang tegas dan jelas untuk pelanggaran.



DAFTAR PUSTAKA

- Asdak, C. (2023). Hidrologi dan pengelolaan daerah aliran sungai. UGM PRESS.
- Asdak, C. 2014. Hidrologi Dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Anwas, M, 1994, Bentuk Muka Bumi, [http:// elcom.umi.ac. id/elschool /muallimin_muhammadiyah /file. php/1/materi/Geografi /Bentuk%20 muka%20bumi. Pdf](http://elcom.umi.ac.id/elschool/muallimin_muhammadiyah/file.php/1/materi/Geografi/Bentuk%20muka%20bumi.Pdf), diakses pada tanggal 20 April 2015.
- Bambang. Triatmojo, 1993, *Hidraulika I*, Beta offset, Yogyakarta
- Hambali, R., & Apriyanti, Y. (2016, December). Studi Karakteristik Sedimen dan Laju Sedimentasi Sungai Daeng–Kabupaten Bangka Barat. In *FROPIL (Forum Profesional Teknik Sipil)* (Vol. 4, No. 2, pp. 165-174).
- Luka, Tiara. “Pengendalian Sedimen dan Erosi” www.slideserve.com. Diakses pada Rabu, 16 Agustus 2023. <https://www.slideserve.com/tiara/pengendalian-sedimen-dan-erosi>
- Mardijikoen, P., 1987. Angkutan Sedimen. Diklat, Pusat Antar Universitas (PAU) Ilmu Teknik, UGM, Yogyakarta
- Mansida, A (2017), Morfologi sungai
- Musa, R. (2021). Studi Karakteristik dan Laju Sedimen Sungai Maros. *Jurnal Teknik Sipil MACCA*, 6(1), 26-35.
- Pradipta, Y., Saputro, S., & Satriadi, A. (2013). Laju Sedimentasi Di Muara Sungai Slamaran Pekalongan. *Journal of Oceanography*, 2(4), 378-386.
- Poerbondono, E. D., & Djunarsjah, E. (2005). Hydrographic survey.
- Soewarno, S. (1991). Hidrologi Pengukuran dan Pengolahan Data Aliran Sungai (Hidrometri). *Nova, Bandung*, hal. xx, 825.
- Sembiring, A. E., Mananoma, T., Halim, F., & Wuisan, E. M. (2014). Analisis Sedimentasi Di Muara Sungai Panasen. *Jurnal Sipil Statik*, 2(3).
- Sugeng, Mas. “Batuan Sedimen Hasil Peta” www.ilmubatugeologi.blogspot.com Diakses Pada Rabu 16 Agustus 2023. <https://ilmubatugeologi.blogspot.com/2015/06/batuan-sedimen-hasil-peta.html>

- Sulfikar, A., & Musa, R. (2018). ANALYSIS OF DAMAGE CONTROL OF WATER TAROWANG RIVER, JENEPONTO REGENCY. UNDERPASS *Journal of Civil Engineering, Applied Sciences, and Technology*, 2(2), 101-108.
- Wardhana, P. N. (2015). Analisis transpor sedimen Sungai Opak dengan menggunakan program HEC-RAS 4.1. 0. *Teknisia*, 22-31.
- Damayanti, Novi Argita, Nurhayati Nurhayati, and Mochammad Meddy Danial.(2023). KARAKTERISTIK SEDIMEN DASAR DI SALURAN DRAINASE GERTAK KUNING. *JeLAST Jurnal Teknik Kelautan, PWK, Sipil, dan Tambang* 10.4.
- Nichols, Gary, 1999, *Sedimentology and. Stratigraphy*, Blackwell Publishing, Kanada. Parker, A. And Sellwood, B. W., 1983,. *Sediment Diagenesis. Sed.Rsch.*



LAMPIRAN

1. Dokumentasi Alat dan Bahan



Current meter



Oven Elektrik



Timbangan Ketelitian



Piknometer



Meteran

2. Dokumentasi Pelaksanaan.



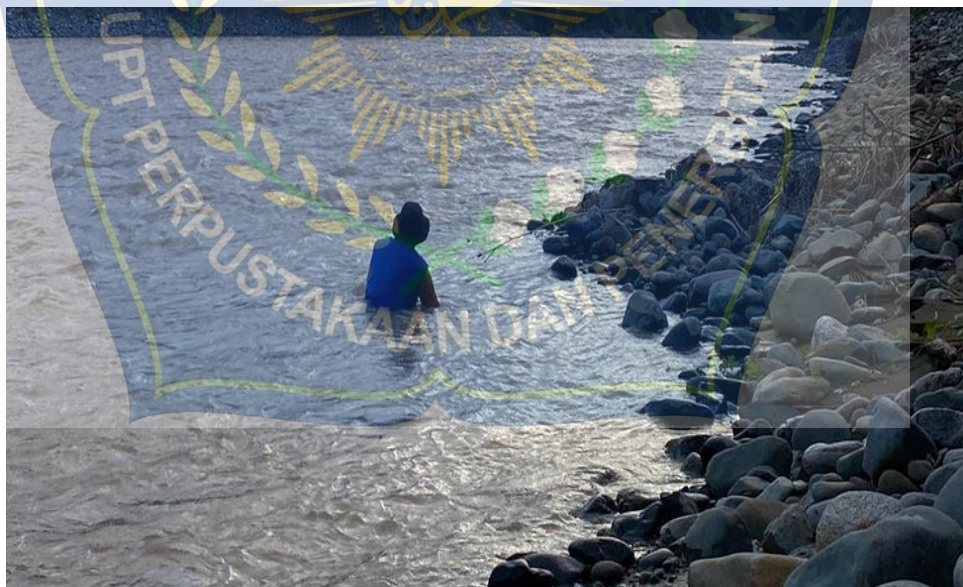
Pengukuran Lebar Sungai



Pengukuran kecepatan aliran



Pengukuran kedalaman Sungai



Pengambilan sedimen dasar

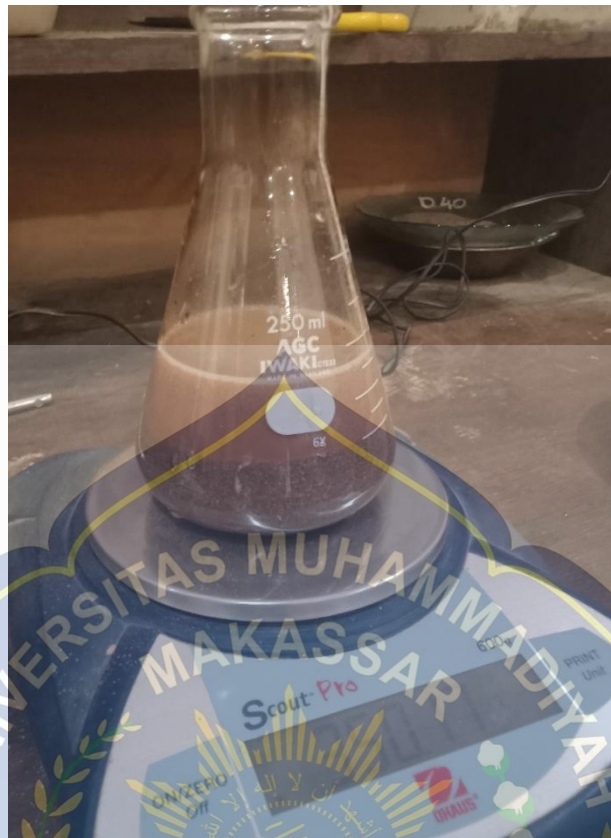
3. Dokumentasi Uji Laboratorium



Uji Analisa saringan



Penimbangan sampel sedimen setelah uji Analisa saringan



Penimbangan sampel berat jenis sebelum dimasukkan kedalam oven.



Proses memasukkan sampel berat jenis kedalam oven



Penimbangan sampel kering setelah dioven untuk mengetahui berat jenis.

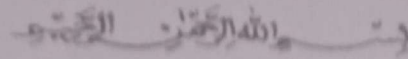
Data sedimen melayang Sungai Noling.

Sedimen Sungai Noling Kab. Luwu								
No. Urut	Tanggal	Volume Air (ml)	Berat Lumpur (gram)	Rata2 Berat Lumpur	Berat Lumpur/isi air (mg/ltr)	Rata2 Berat Lumpur/isi air (mg/ltr)	Muka Air (m)	Debit (m3/det)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	15-Jun-2010	250 250 250	3,20 3,20 3,04	3,147	12,80 12,80 12,16	12,587	1,62	11,78
2	16-Aug-2010	250 250 250	0,50 1,00 1,00	0,833	2,00 4,00 4,00	3,333	1,33	12,51
3	10-Jan-2011	250 250 250	7,50 5,00 7,50	6,667	30,00 20,00 30,00	26,667	1,25	11,37
4	23-Sep-2011	250 250 250	48,75 6,13 0,68	18,517	195,00 24,50 2,70	74,067	0,86	4,936
5	10-Jul-2014	250 250 250	6,25 5,75 6,00	6,000	25,00 23,00 24,00	24,000	1,42	35,112
6	22-Dec-2014	250 250 250	159,25 161,00 157,50	159,250	637,00 644,00 630,00	637,000	1,32	28,56
7	16-Sep-2015	250 250 250	3,50 4,00 6,00	4,500	14,00 16,00 24,00	18,000	0,13	3,294
8	4-Dec-2015	250 250 250	14,00 11,50 13,50	13,000	56,00 46,00 54,00	52,000	0,35	9,824
9	10-Jan-2016	250 250 250	14,50 11,50 23,50	16,500	58,00 46,00 94,00	66,000	0,30	8,863
10	13-Apr-2016	250 250 250	161,00 166,25 157,25	161,500	644,00 665,00 629,00	646,000	2,45	219,695
11	13-Apr-2016	250 250 250	21,25 20,50 25,00	22,250	85,00 82,00 100,00	89,000	1,50	36,963
12	30-Nov-2016	250 250 250	37,25 44,50 37,75	39,833	149,00 178,00 151,00	159,333	1,65	71,435
13	3-Feb-2017	250 250 250	2,50 2,50 2,25	2,417	10,00 10,00 9,00	9,667	1,60	17,574
14	17-Jun-2017	250 250 250	2,25 2,00 3,25	2,500	9,00 8,00 13,00	10,000	1,75	90,600
15	15-Jul-2017	250 250 250	85,50 70,00 72,00	75,833	342,00 280,00 288,00	303,333	2,00	81,260
16	14-Sep-2017	250 250 250	7,50 4,50 3,50	5,167	30,00 18,00 14,00	20,667	1,55	12,700
17	11-Nov-2017	250 250 250	1,75 1,75 2,25	1,917	7,00 7,00 9,00	7,667	1,57	9,740
18	2-Feb-2018	250 250 250	0,75 1,50 1,00	1,083	3,00 6,00 4,00	4,333	1,45	6,946
19	5-Apr-2018	250 250 250	47,00 46,25 45,25	46,167	188,00 185,00 181,00	184,667	1,80	47,400
20	2-Aug-2018	250 250 250	0,75 0,75 1,25	0,917	3,00 3,00 5,00	3,667	1,62	11,303
21	4-Nov-2018	250 250 250	1,75 5,75 2,00	3,167	7,00 23,00 8,00	12,667	1,40	3,808



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

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



SURAT KETERANGAN BEBAS PLAGIAT

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

Nama : Juliandro /Ismail Pawara

Nim : 105811108518/105811105418

Program Studi : Teknik Sipil Pengairan

Dengan nilai:

No	Bab	Nilai	Ambang Batas
1	Bab 1	9 %	10 %
2	Bab 2	11 %	10 %
3	Bab 3	6 %	10 %
4	Bab 4	2 %	10 %
5	Bab 5	5 %	10 %

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

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

Makassar, 14 Februari 2025

Mengetahui

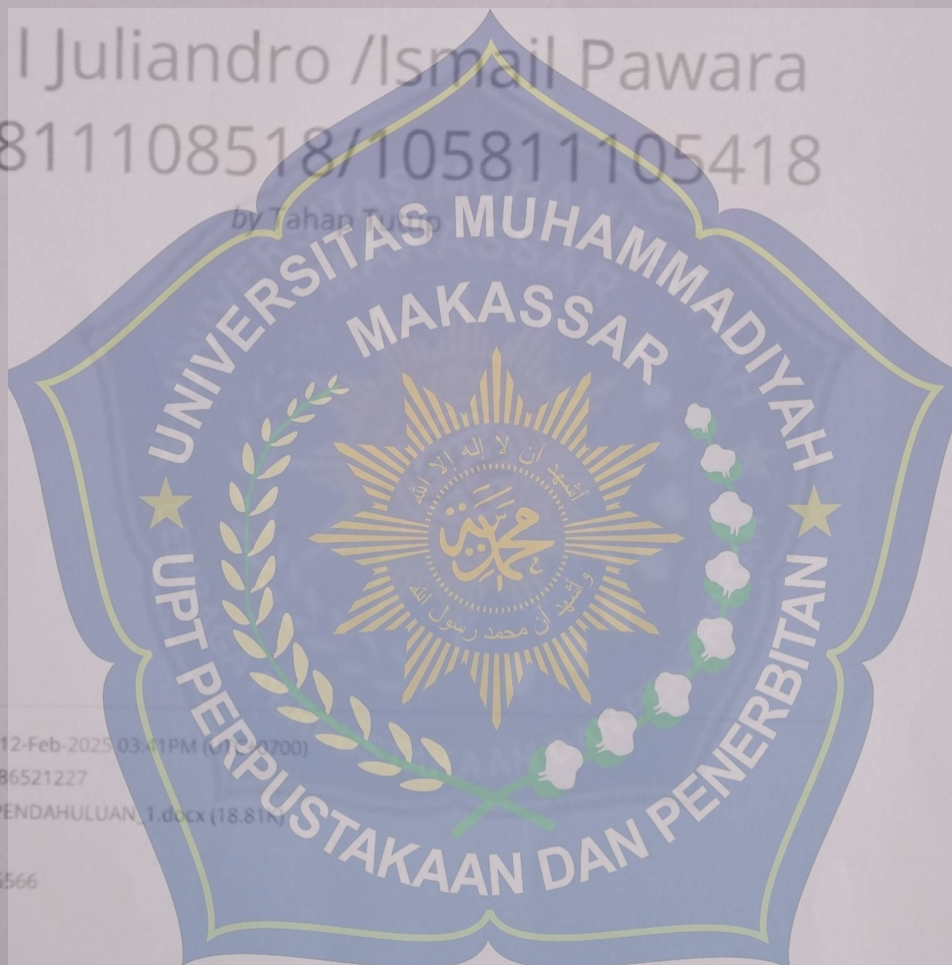
Kepala UPT Perpustakaan dan Penerbitan,

Nursyah S Hum, M.I.P

NBM. 964 591

BAB I Juliandro /Ismail Pawara
/105811108518/105811105418

by Tahan Tahan



Submission date: 12-Feb-2025 03:41PM (GMT+700)

Submission ID: 2586521227

File name: BAB_I_PENDAHULUAN_1.docx (18.81K)

Word count: 863

Character count: 5566

ORIGINALITY REPORT

9%

SIMILARITY INDEX

9%

INTERNET SOURCES

0%

PUBLICATIONS

0%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1

ar.scribd.com

Internet Source

4%

2

digilibadmin.unismuh.ac.id

Internet Source

3%

3

fr.scribd.com

Internet Source

2%

Exclude quotes

Off

Exclude bibliography

Off



BAB II Juliandro /Ismail Pawara
/105811108518/105811105418

by Tahap Tutup



Submission date: 12-Feb-2025 03:42PM (UTC+0700)
Submission ID: 2586521437
File name: BAB_II_TINJAUAN_PUSTAKA.docx (816.65K)
Word count: 3941
Character count: 24185

ORIGINALITY REPORT

11%
SIMILARITY INDEX

16%
INTERNET SOURCES

2%
PUBLICATIONS

5%
STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	journal.ubb.ac.id Internet Source	4%
2	digilib.unhas.ac.id Internet Source	2%
3	edoc.pub Internet Source	2%
4	istiarto.staff.ugm.ac.id Internet Source	2%
5	jurnal.untan.ac.id Internet Source	2%

Exclude quotes ☐ Off
Exclude bibliography ☐ Off



BAB III Juliandro /Ismail Pawara
/105811108518/105811105418



Submission date: 12-Feb-2025 03:43PM (UTC+0700)

Submission ID: 2586521685

File name: BAB_III_METODE_PENELITIAN_2.docx (527.34K)

Word count: 353

Character count: 2196

BAB III Juliandro /Ismail Pawara
/105811108518/105811105418

ORIGINALITY REPORT

8%

SIMILARITY INDEX

8%

INTERNET SOURCES

0%

PUBLICATIONS

0%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1

fr.scribd.com

Internet Source

3%

2

www.scribd.com

Internet Source

3%

3

palopo.inews.com

Internet Source

2%

Exclude quotes

Exclude bibliography



BAB IV Juliandro /Ismail Pawara
/105811108518/105811105418

by Tahap Tutup



Submission date: 12-Feb-2025 03:57PM (UTC+0700)

Submission ID: 2586525157

File name: BAB_IV_HASIL_DAN_PEMBAHASAN_2.docx (335,94K)

Word count: 3557

Character count: 20264

BAB IV Juliandro /Ismail Pawara
/105811108518/105811105418

ORIGINALITY REPORT

2%

SIMILARITY INDEX

2%

INTERNET SOURCES

0%

PUBLICATIONS

0%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES



jurnal.ardenjaya.com

Internet Source

2%

Exclude quotes

Off

Exclude bibliography

Off

Exclude matches

2%



BAB V Juliandro /Ismail Pawara
/105811108518/105811105418



Submission date: 12-Feb-2025 03:45PM (UTC+0700)

Submission ID: 2586521966

File name: BAB_V_PENUTUP_2.docx (17.59K)

Word count: 320

Character count: 2081

ORIGINALITY REPORT

5%

SIMILARITY INDEX

5%

INTERNET SOURCES

0%

PUBLICATIONS

0%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1

repository.syekhnurjati.ac.id

Internet Source

3%

2

katulis.com

Internet Source

3%

Exclude quotes

Off

Exclude bibliography

Off

Exclude matches

< 2%

