

**SKRIPSI**

**ANALISIS TINGKAT SEDIMENTASI PADA BANGUNAN BENDUNG  
(STUDI KASUS BENDUNG KELARA DI SUNGAI  
KELARA KAB. JENEPONTO)**



Oleh :

**ANDIBINTANG LANTARA**

**105 81 11052 18**

**AMRULLAH**

**105 81 11233 18**

**PROGRAM STUDI TEKNIK PENGAIRAN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**

**2024**

**ANALYSIS OF SEDIMENTATION LEVELS IN WEIR BUILDINGS  
(CASE STUDY OF THE KELARA WEIR IN THE KELARA RIVER,  
JENEPONTO DISTRICT)**

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Guna**

**Memperoleh Gelar Sarjana**

**Teknik Pengairan Fakultas Teknik**

**Universitas Muhammadiyah Makassar**

**Disusun dan Diajukan Oleh:**

**ANDI BINTANG LANTARA**

**105 81 11052 18**

**AMRULLAH**

**105 81 11233 18**

**PROGRAM STUDI TEKNIK PENGAIRAN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**

**2024**



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR  
PROGRAM STUDI TEKNIK PENGAIRAN  
FAKULTAS TEKNIK

GEDUNG MENAPA IQRA LT. 3

Jl. Sultan Hassanudin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90121

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

Website : [www.fakultasteknik.unismuh.ac.id](http://www.fakultasteknik.unismuh.ac.id)



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## HALAMAN PERSETUJUAN

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

Judul Skripsi : **ANALISIS TINGKAT SEDIMENTASI PADA BANGUNAN BENDUNG (STUDI KASUS BENDUNG KELARA DI SUNGAI KELARA KAB. JENEPONTO)**

Nama : **1. ANDI BINTANG LANTARA  
2. AMRULLAH**

No. Stambuk : **1. 105 81 11052 18  
2. 105 81 11233 18**

Makassar, 10 Juni 2024

Telah Diperiksa dan Disetujui  
Oleh Dosen Pembimbing

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Dr. Ir. Nenny, ST., MT.

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

Mengetahui,  
Ketua Program Studi Teknik Pengairan

Ir. M. Agusaini, ST., MT.

NBM : 947 993



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

PENGESAHAN

Skripsi atas nama **Andi Bintang Lantara** dengan nomor induk mahasiswa 105811105218 dan **Amrullah** dengan nomor induk mahasiswa 105811123318, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0005/SK-Y/22202/091004/2024, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Selasa tanggal 08 Juni 2024.

Panitia Ujian :

Makassar, 01 Dhu'l Hijjah 1445 H  
08 Juni 2024 M

1. Pengawas Umum

a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar

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

b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

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

2. Penguji :

a. Ketua : Dr. H. Riswal K, ST., MT.

b. Sekretaris : Dr. Marupah, SP., MP.

3. Anggota : 1. Dr. Ir. Andi Makbul Syamsun, ST., MT., IPM.

2. Ir. M. Agusalim, ST., MT.

3. Kasmawati, ST., MT.

Mengetahui:

Pembimbing I

Dr. Ir. Nenny, . ST., MT., IPM

Pembimbing II

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



Dekan Fakultas Teknik

Dr. Ni Nurnawaty, ST., MT., IPM

NBM : 759 108

**ANALISIS TINGKAT SEDIMENTASI PADA BANGUNAN  
BENDUNG (STUDI KASUS BENDUNG KELARA DI SUNGAI  
KELARA KAB. JENEPONTO)**

***ANALYSIS OF SEDIMENTATION LEVELS IN WEIR BUILDINGS  
(CASE STUDY OF THE KELARA WEIR IN THE KELARA RIVER,  
JENEPONTO DISTRICT)***

**Andi Bintang Lantara<sup>1</sup>, Amrullah<sup>2</sup>**

<sup>12</sup>Program Studi Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar  
Jl. Sultan Alauddin No. 259 Makassar, Sulawesi Selatan  
Email: [andibintang1999@gmail.com](mailto:andibintang1999@gmail.com)<sup>1</sup>, [amrullahullaa102@gmail.com](mailto:amrullahullaa102@gmail.com)<sup>2</sup>

**ABSTRAK**

Sedimentasi pada bendung dapat memiliki konsekuensi yang merugikan, termasuk penurunan kapasitas tampungan air, kemungkinan banjir, dan kerusakan ekosistem perairan dan lingkungan sekitarnya karena perubahan aliran air dan pengendapan bahan organik. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui karakteristik sedimen dan laju sedimentasi pada Bendung Kelara di Sungai Kelara Kabupaten Jeneponto. Berdasarkan data hasil uji sampel sedimen di laboratorium diperoleh analisa karakteristik sedimen, dimana karakteristik sedimen berdasarkan analisa saringan yaitu kerikil (21,5%), pasir (71,5%) dan lanau/lempung (7,0%). Sedangkan karakteristik sedimen berdasarkan hasil berat jenis yaitu Sedimen jenis humus soil. Analisa perhitungan laju sedimen diperoleh hasil untuk laju sedimen melayang pada hasil perhitungan di lapangan sebanyak 0,150 ton/hari dan dalam 10 tahun 547,5 ton. Sedangkan perhitungan dengan menggunakan metode USBR (United State Beureu Reclamation) sebanyak 0,453 ton/hari, dan dalam 10 tahun 1653,45 ton. Untuk laju sedimen dasar (Bed Load) pada hasil perhitungan di lapangan sebanyak 0,091 ton/hari dan dalam 10 tahun 332,15 ton. Untuk metode pendekatan digunakan dengan metode Mayer-Peter dan metode Einstein, yang mendekati hasil dari perhitungan di lapangan yaitu menggunakan metode Einstein sebanyak 0,064 ton/hari, dan dalam 10 tahun 233,6 ton.

**Kata kunci:** Kelara, Sedimen, Sedimentasi Pada Bendung.

## KATA PENGANTAR



Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, karena rahmat dan hidayah-Nyalah sehingga dapat menyusun tugas akhir yang berjudul **“ANALISIS TINGKAT SEDIMENTASI PADA BANGUNAN BENDUNG (STUDI KASUS BENDUNG KELARA DI SUNGAI KELARA KAB. JENEPONTO”**.

Penulis sangat menyadari bahwa dalam penulisan proposal 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 Prof Dr. H. Ambo Asse, M.Ag. 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., MT. selaku Ketua Prodi Teknik Sipil

Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar

4. Ibu Kasmawati, ST., MT. selaku Sekretaris Prodi Teknik Sipil Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar
5. Ibu Dr. Ir. Nenny, ST., MT., IPM. selaku pembimbing I dan Bapak Dr. Ir. Muhammad Syafa'at, ST., MT. selaku pembimbing II yang sabar memberikan bimbingan dalam menyelesaikan skripsi ini.
6. 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.
7. 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.
8. 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, 16 Mei 2024

Tim Penulis

## DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>i</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>iii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>vi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	3
C. Tujuan penelitian.....	3
D. Manfaat Penelitian.....	3
E. Batasan Masalah.....	4
F. Sistematika Penulisan.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
A. Sungai.....	5
1. Pengertian Sungai.....	5
2. Pola Aliran Air sungai.....	6
3. Bagian Sungai.....	9
4. Daerah Aliran Sungai.....	10
5. Debit Aliran Sungai.....	11
B. Bendung.....	12
1. Pengertian Bendung.....	12
2. Klasifikasi Bendung.....	13
3. Bagian Konstruksi Bendung.....	14
4. Perhitungan Hidraulik Bendung.....	17
C. Sedimen.....	21
1. Pengertian Sedimen dan Sedimentasi.....	21

2. Proses Sedimentasi .....	22
3. Faktor Penyebab Sedimentasi .....	23
4. Angkutan Sedimen .....	24
5. Karakteristik Sedimen .....	26
6. Perhitungan Besarnya Sedimen .....	28
D. Analisa Hidrologi .....	31
1. Analisa Curah Hujan .....	31
2. Perhitungan Debit Rencana .....	32
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>35</b>
A. Lokasi Penelitian .....	35
B. Jenis Penelitian dan Sumber Data .....	36
C. Alat dan Bahan .....	37
D. Prosedur Penelitian .....	37
E. Teknik Analisa Data .....	38
F. Diagram Penelitian .....	42
<b>BAB IV HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>43</b>
A. Hasil Analisis .....	43
1. Perhitungan Sedimen Melayang (Suspended Load) .....	43
2. Perhitungan Sedimen Dasar (Bed Load) .....	54
B. Pembahasan .....	86
1. Sedimen Melayang (Suspended Load) .....	86
2. Sedimen Dasar (Bed Load) .....	87
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>89</b>
A. Kesimpulan .....	89
B. Saran .....	90
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>91</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1</b> Pola Aliran Dendritik.....	6
<b>Gambar 2</b> Pola Aliran Rektangular .....	7
<b>Gambar 3</b> Pola Aliran Trellis.....	8
<b>Gambar 4</b> Pola Aliran Radial.....	8
<b>Gambar 5</b> Pola Aliran Sentripetal.....	9
<b>Gambar 6</b> Bagian-Bagian Sungai .....	10
<b>Gambar 7</b> Tubuh Bendung .....	14
<b>Gambar 8</b> Pintu Air Bendung .....	15
<b>Gambar 9</b> Pintu Pengambilan .....	16
<b>Gambar 10</b> Pintu Penguras Bendung.....	16
<b>Gambar 11</b> Peredam Energi.....	17
<b>Gambar 12</b> Proses Sedimentasi .....	23
<b>Gambar 13</b> Tampang panjang saluran dengan dasar granuler.....	24
<b>Gambar 14</b> Angkutan sedimen pada tampang panjang dengan dasar granuler ....	25
<b>Gambar 15</b> Hidrograf Satuan Sintetis Metode Nakayasu.....	33
<b>Gambar 16</b> Lokasi Penelitian .....	35
<b>Gambar 17</b> Alur Penelitian .....	42
<b>Gambar 18</b> Grafik hidrograf satuan Sintetik Nakayasu.....	47
<b>Gambar 19</b> Grafik Lengkung Gradasi Patok 1 .....	59
<b>Gambar 20</b> Grafik Lengkung Gradasi Patok 2 .....	60
<b>Gambar 21</b> Grafik Lengkung Gradasi Patok 3 .....	61
<b>Gambar 22</b> Grafik Lengkung Gradasi Patok 4 .....	62

<b>Gambar 23</b> Grafik Lengkung Gradasi Patok 5 .....	64
<b>Gambar 24</b> Grafik Hubungan Debit Aliran dan Debit Sedimen Melayang .....	86
<b>Gambar 25</b> Grafik Hubungan Debit Aliran dan Debit Sedimen Dasar .....	88
<b>Gambar 24</b> Grafik Hubungan Debit Aliran dan Debit Sedimen .....	88



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 1</b> Nilai Koef. Konstruksi Pilar.....	19
<b>Tabel 2</b> Nilai Koef Konstruksi Pangkal.....	19
<b>Tabel 3</b> Proses Sedimen Dasar .....	25
<b>Tabel 4</b> Klasifikasi Ukuran Butir Sedimen .....	28
<b>Tabel 5</b> Perhitungan curah hujan rencana metode Log Person Type III .....	43
<b>Tabel 6</b> Distribusi frekuensi metode Log Person Type III .....	44
<b>Tabel 7</b> Perhitungan HSS Nakayasu.....	46
<b>Tabel 8</b> Rangkuman debit Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu.....	48
<b>Tabel 9</b> Konsentrasi Sedimen Melayang .....	50
<b>Tabel 10</b> Rekapitulasi Sedimen Melayang .....	51
<b>Tabel 11</b> Hasil Perhitungan Analisa Saringan Patok 1.....	55
<b>Tabel 12</b> Hasil Perhitungan Analisa Saringan Patok 2.....	55
<b>Tabel 13</b> Hasil Perhitungan Analisa Saringan Patok 3.....	56
<b>Tabel 14</b> Hasil Perhitungan Analisa Saringan Patok 4.....	56
<b>Tabel 15</b> Hasil Perhitungan Analisa Saringan Patok 5.....	57
<b>Tabel 16</b> Hasil Persentase Jenis Sedimen.....	58
<b>Tabel 17</b> Rekapitulasi Koefisien Keceragaman (Cu) dan Lengkungan (Cc) .....	65
<b>Tabel 18</b> Hasil Berat Jenis Rata-rata .....	70
<b>Tabel 19</b> Tabel Rekapitulasi Debit Sedimen.....	85

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **A. Latar Belakang**

Sungai didefinisikan sebagai aliran terbuka yang dimensi geometrisnya (penampang, bagian membujur, dan lereng lembah) bervariasi dari waktu ke waktu, tergantung pada aliran, dasar dan material tepian, serta jumlah dan jenis sedimen. pengiriman melalui air. Di sepanjang jalurnya, sungai dibatasi ke kiri dan ke kanan oleh garis sempadan. Sungai sendiri merupakan bagian dari permukaan bumi yang letaknya lebih rendah dari daratan di sekitarnya. Jadi, sungai adalah tempat mengalirnya air, baik air tersebut berasal dari aliran hujan, gletser, atau aliran di benua. Aliran sungai merupakan aliran permukaan yang dapat menjadi sumber air baku untuk memenuhi kebutuhan manusia, dimana air juga membawa material sedimen dari proses erosi yang dibawa aliran air dan dapat menyebabkan sedimentasi.

Sedimentasi adalah pengendapan berbagai material oleh erosi yang terjadi di suatu daerah. Ada material yang terendapkan karena berbagai alasan, seperti material yang terbawa angin, terangkut oleh gletser, atau hanyut oleh air yang mengalir. Sedimentasi pada bendung dapat memiliki konsekuensi yang merugikan, termasuk penurunan kapasitas tampungan air, kemungkinan banjir, dan kerusakan ekosistem perairan dan lingkungan sekitarnya karena perubahan aliran air dan pengendapan bahan organik.

Bendung dapat digunakan untuk berbagai tujuan, seperti irigasi, dan penyediaan air minum. Bendung Kelara dibangun pada tahun 1969, dan

diresmikan oleh Presiden RI ke-2 Jenderal TNI Soeharto pada tahun 1973. Bendung ini merupakan jenis Pasangan Batu atau Bendung Tetap, panjang mercu 30,00 m, tinggi mercu 3,45 m, dan elevasi mercunya  $\pm 154,00$ .

Keberadaan sedimen yang terlalu banyak pada sekitar Bendung Kelara dapat mempengaruhi kinerja dan fungsi bendung. Karena adanya tambang pasir sekitar 50 meter sebelum bendung yang mengakibatkan material seperti pasir, lumpur, dan batuan terbawa oleh aliran air dan terendapkan di tempat tertentu. Pada analisis tingkat sedimentasi biasanya melibatkan pemantauan periodik terhadap volume sedimentasi yang terakumulasi disekitar bendung, serta evaluasi terhadap faktor-faktor lingkungan yang memengaruhi laju sedimentasi tersebut.

Untuk mencari solusi dalam mengurangi dampak negatif sedimentasi pada bendung, seperti peningkatan kapasitas tampungan dan metode pengendalian sedimentasi, dapat diidentifikasi tindakan perbaikan yang sesuai dan efisien. Dengan demikian, penelitian tingkat sedimentasi di bendung dapat membantu pengelolaan sumber daya air yang berkelanjutan, melindungi lingkungan sekitar bendung, serta merencanakan pemeliharaan bendung dan perawatan bendung.

Berdasarkan uraian di atas, maka kami melakukan penelitian dengan judul **“ANALISIS TINGKAT SEDIMENTASI PADA BANGUNAN BENDUNG (STUDI KASUS BENDUNG KELARA DI SUNGAI KELARA KAB. JENEPONTO)”**.

## **B. Rumusan Masalah**

Rumusan masalah penelitian ini adalah sebagai berikut berdasarkan latar belakang masalah di atas :

1. Bagaimana karakteristik sedimen pada sekitar Bendung Kelara di Sungai Kelara Kab. Jeneponto?
2. Bagaimana laju sedimentasi pada sekitar Bendung Kelara di Sungai Kelara Kab. Jeneponto?

## **C. Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah sebagaimana yang diuraikan diatas, maka tujuan dari penelitian ini sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui karakteristik sedimen pada Bendung Kelara di Sungai Kelara Kab. Jeneponto.
2. Untuk mengetahui bagaimana laju sedimentasi pada Bendung Kelara di Sungai Kelara Kab. Jeneponto.

## **D. Manfaat Penelitian**

Berikut adalah beberapa manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini :

1. Membantu pengelolaan sumber daya air dan lingkungan, serta merencanakan pemeliharaan dan perawatan Bendung.
2. Bertujuan untuk memberikan informasi kepada masyarakat tentang karakteristik sedimentasi dan laju sedimentasi Sungai Kelara. Ini juga bertujuan untuk meningkatkan pengetahuan dan pemahaman masyarakat tentang daerah aliran sungai, dan bidang terkait lainnya.

### **E. Batasan Masalah**

Berdasarkan identifikasi masalah yang sudah dijelaskan, maka masalah yang diteliti dibatasi pada : Perencanaan struktur, stabilitas struktur, material struktur, dan biaya pembangunan struktur.

### **F. Sistematika Penulisan**

Sistematika dalam penulisan proposal ini dapat diuraikan sebagai berikut :

**BAB I PENDAHULUAN**, memberikan pendahuluan yang menjelaskan materi pembahasan, termasuk latar belakang, rumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, serta batasan masalah dan sistematika penulisan.

**BAB II TINJAUAN PUSTAKA**, bab ini memberikan penjelasan dasar teori dan membahas teori singkat tentang tingkat Sedimentasi pada Bangunan Bendung.

**BAB III METODE PENELITIAN**, bab ini membahas lokasi penelitian, metode pengumpulan data, prosedur penelitian, dan analisis penelitian.

**BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**, dalam bab ini menguraikan tentang hasil yang diperoleh dari penelitian dan hasil pembahasan.

**BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**, bab ini berisi kesimpulan dari hasil penelitian, serta saran-saran penulis.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Sungai**

##### **1. Pengertian Sungai**

Sungai merupakan aliran yang cukup besar dan terus menerus mengalir dari hulu ke hilir. Bentuk sungai belum tentu berupa aliran air di permukaan bumi. Namun bisa juga berupa sungai bawah tanah atau lebih dikenal dengan sungai bawah tanah. Kemanapun aliran itu mengalir, akan terbentuk aliran tertentu yang nantinya akan beradaptasi dengan alam. Banyak jenis aliran sungai juga akan tenggelam dan akhirnya mengalir ke laut. Jenis sungai sendiri dapat diklasifikasikan berdasarkan genetik, volume air, dan juga sumber aliran air. Sungai mengalir dan melakukan aktivitas yang saling terkait. Salah satu kegiatan sungai adalah sedimentasi. Kegiatan ini bergantung pada koefisien kemiringan daerah tangkapan air, volume air sungai dan kecepatan aliran. Material yang diangkut oleh sungai meliputi material halus terapung dan material kasar berupa bongkahan batu yang menggelinding di dasar sungai.

Proses Pembentukan Sungai terbentuk dari akumulasi air di permukaan bumi, baik air hujan, mata air, maupun cairan glasial. Air kemudian akan mengalir melalui saluran ke lokasi yang lebih rendah. Pada awalnya saluran yang dilalui air relatif sempit dan pendek. Kemudian, menurut proses alami, aliran tersebut akan mengikis daerah yang dilaluinya. Akibat erosi ini, saluran akan terbentuk lebih lebar dan panjang, sehingga membentuk sungai.

Dalam Kehidupan bermasyarakat sangat bergantung pada sungai. Sungai tidak hanya berfungsi sebagai tempat hidup berbagai flora dan fauna, tetapi juga

berfungsi sebagai sumber air dan tempat aktivitas sehari-hari masyarakat. Sungai memiliki banyak manfaat, terutama untuk irigasi pertanian, sumber air minum, dan saluran pembuangan air hujan dan limbah. Sungai juga dapat digunakan sebagai objek wisata.

## 2. Pola Aliran Air Sungai

Pola aliran air sungai adalah kumpulan sungai dengan bentuk yang sama yang menggambarkan keadaan profil dan genetiknya. Faktor-faktor alami seperti morfologi, jenis tanah dan batuan, tingkat erosi, dan struktur geologi membentuk pola aliran air sungai. Sebagian besar orang mengklasifikasikan pola aliran sungai menjadi lima kategori: pola aliran dendritik, pola aliran rektangular, pola aliran trellis, pola aliran radial, dan pola aliran radial sentripetal.

### 1.) Pola Aliran Dendritik

Pola aliran dendritik adalah pola sungai dengan cabang yang menyerupai batang pohon. Terletak di wilayah dengan struktur batuan yang homogen (granit) atau lapisan sedimen horizontal, dengan aliran sungai yang memiliki tekstur yang rapat.



Gambar 1. Pola dendritik (Desy Fatma, 2018)

## 2.) Pola Aliran Rektangular

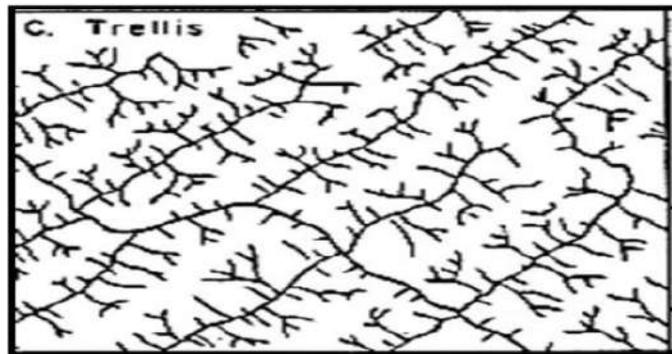
Pola aliran sungai rektangular biasanya muncul di daerah batuan beku, dengan bentuk aliran yang lurus mengikuti struktur patahan dan ditandai dengan bentuk sungai yang tegak lurus. Pola ini biasanya muncul pada batuan yang tahan terhadap erosi, tipe erosi yang cenderung seragam, tetapi dikontrol oleh kekar dua arah dengan sudut yang saling tegak lurus.



Gambar 2. Pola rektangular (Desy Fatma, 2018)

## 3.) Pola Aliran Trellis

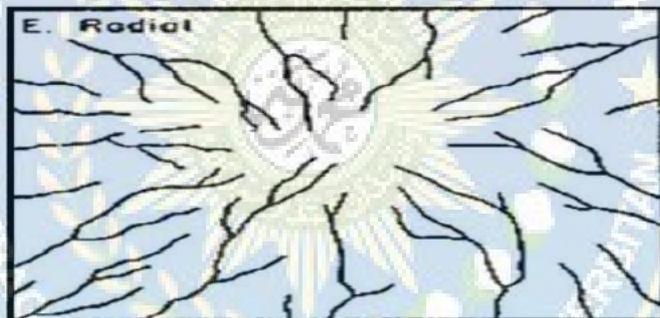
Sungai dengan pola aliran trellis memiliki karakteristik berupa kumpulan saluran air yang bentuknya sejajar, mengalir mengikuti kemiringan lereng, dan tegak lurus terhadap aliran utamanya. Pola aliran trellis dikenal sebagai pola pagar. Dalam kebanyakan kasus, jalur saluran utama sejajar dengan sumbu lipatan.



Gambar 3. Pola trellis (Desy Fatma, 2018)

#### 4.) Pola Aliran Radial

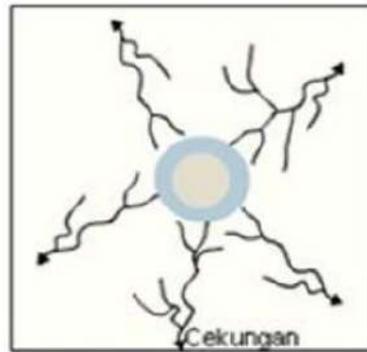
Seperti namanya, pola aliran sungai radial adalah jenis aliran sungai yang menyebar ke segala arah. Sungai dengan pola aliran ini memiliki satu pusat yang menyebarkan ke segala arah, seperti mata air di gunung. Pola aliran sungai radial juga dapat ditemukan pada bentukan bentangan-bentangan kubah.



Gambar 4. Pola radial (Desy Fatma, 2018)

#### 5.) Pola Aliran Radial Sentripetal

Alur sungai yang mengarah ke tempat cekung dapat dibentuk oleh pola radial sentripetal, yang juga dapat berkembang menjadi pola anular dan menghasilkan sungai subsekuen sejajar dan resukuen.



Gambar 5. Pola radial sentripetal (Desy Fatma, 2018)

### 3. Bagian Sungai

Menurut Undang-Undang Nomor 38 Tahun 2011, sungai adalah aliran air alami atau buatan yang memiliki air di dalamnya dan dibatasi kanan dan kiri oleh garis sempadan (batas perlindungan sungai). Adapun bagian sungai dibagi tiga bagian, yaitu bagian hulu, tengah, dan hilir.

#### 1.) Hulu

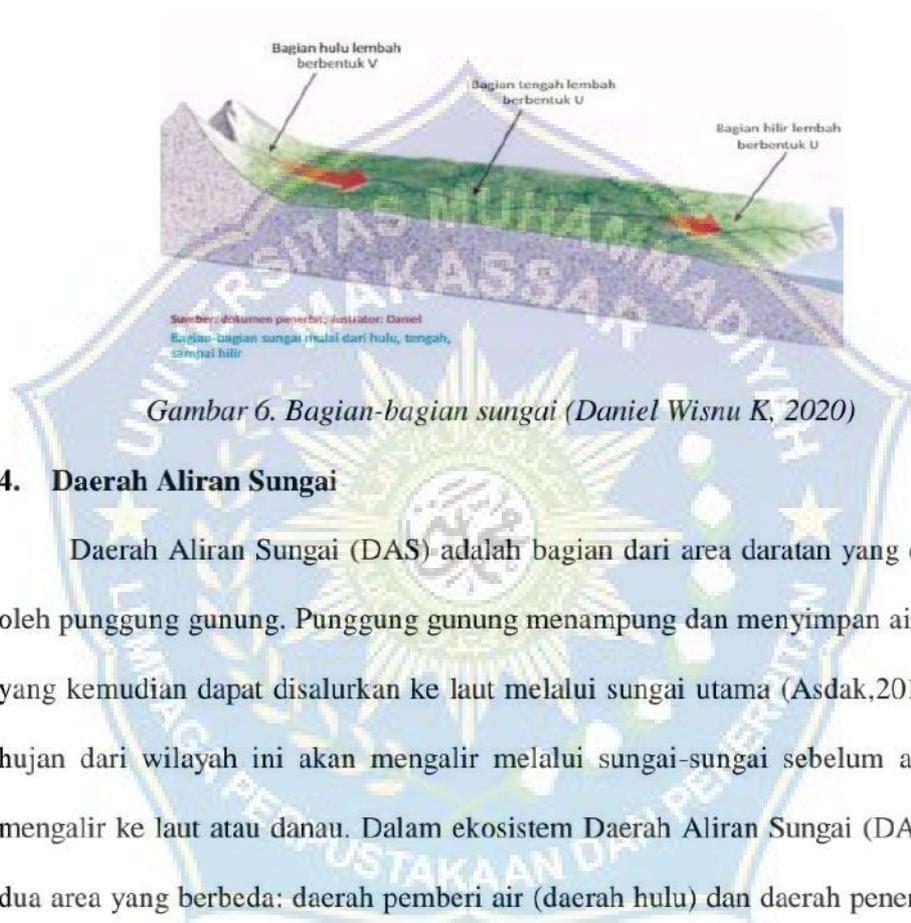
Hulu adalah daerah di mana aliran sungai berasal, seperti di dasar pegunungan atau perbukitan. Di bagian hulu, aliran sungai membawahi bahan berukuran besar seperti pasir, kerikil, bahkan batuan besar. Pada saat banjir, sulit untuk menggunakan pengukur debit secara langsung, jadi pengukuran debit biasanya dilakukan secara tidak langsung.

#### 2.) Tengah

Bagian tengah, yang merupakan pertengahan antara bagian hulu dan hilir, memiliki kemiringan dasar yang lebih rendah sehingga kecepatan aliran relatif lebih rendah dibandingkan di bagian hulu. Selain itu, arus atau kecepatan aliran di bagian tengah tidak selalu lebih deras daripada di bagian hulu, yang menyebabkan pengendapan.

### 3.) Hilir

Bagian hilir sungai, juga dikenal sebagai muara sungai, biasanya mengalirkan air sungai ke laut melalui daerah pedataran yang terdiri dari endapan pasir halus hingga kasar, lumpur, endapan organik, dan jenis endapan lainnya yang sangat labil.



Gambar 6. Bagian-bagian sungai (Daniel Wisnu K, 2020)

### 4. Daerah Aliran Sungai

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah bagian dari area daratan yang dibatasi oleh punggung gunung. Punggung gunung menampung dan menyimpan air hujan, yang kemudian dapat disalurkan ke laut melalui sungai utama (Asdak, 2010). Air hujan dari wilayah ini akan mengalir melalui sungai-sungai sebelum akhirnya mengalir ke laut atau danau. Dalam ekosistem Daerah Aliran Sungai (DAS), ada dua area yang berbeda: daerah pemberi air (daerah hulu) dan daerah penerima air (daerah hilir). Kedua area ini saling berhubungan dan mempengaruhi satu sama lain. Daerah Aliran Sungai berfungsi sebagai area penangkapan air (catchment area), penyimpanan air (water storage), dan penyalur air (distribution water) (Halim, 2014).

## 5. Debit Aliran Sungai

Laju aliran volume air yang melewati suatu penampang melintang sungai per satuan waktu disebut debit aliran. Meter kubik per detik ( $m^3/s$ ) adalah satuan debit yang digunakan (Asdak, 2007). Data debit adalah laju aliran air (dalam bentuk volume air) yang melewati suatu penampang persatuan waktu melalui sungai, dan satuan debitnya adalah  $m^3/detik$ . Ini adalah informasi yang paling penting untuk pengelolaan sumber daya air. Debit sungai dihitung dengan mengukur kecepatan air dengan pelampung atau alat pengukur (Asdak, 2022).

Kecepatan aliran saluran adalah perkalian luas penampang saluran dengan kecepatan rata-rata. Kecepatan aliran saluran dapat dihitung dengan current meter, tetapi jika alat tersebut tidak tersedia, kecepatan aliran rata-rata dapat diukur dengan metode apung.

Metode ini mengukur kecepatan air dalam aliran terbuka dengan menggunakan alat bantu benda ringan (terapung). Ini biasanya dilakukan pada sumber air dengan aliran yang seragam. Cara pengukurannya adalah dengan menghanyutkan benda terapung dari suatu titik tertentu (mulai), kemudian membiarkan aliran mengalir dengan kecepatan yang sama sampai batas titik tertentu (akhir), sehingga kita dapat mengetahui berapa lama benda terapung tersebut berada di benturan.

Persamaan matematis yang digunakan untuk menghitung luas penampang trapesium dengan metode apung adalah sebagai berikut:

$$A = (B + m \times h) h \quad \dots\dots\dots(1)$$

Dimana:  $A =$  Luas penampang basah ( $m^2$ )

$B$  = Lebar penampang basah ( $m$ )

$m$  = Kemiringan dinding saluran ( $m$ )

$h$  = Tinggi muka air ( $m$ )

Persamaan matematis yang digunakan untuk menghitung kecepatan aliran rata-rata adalah:

$$V = \frac{L}{\text{rata-rata}} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana:  $V$  = Kecepatan nilai rata-rata

$L$  = Panjang lintasan

$t$  = Waktu rata-rata

Persamaan matematis untuk menghitung debit aliran rata-rata adalah sebagai berikut:

$$Q = A \times V \dots\dots\dots(3)$$

Dimana:  $Q$  = Debit ( $m^3/det$ )

$A$  = Luas penampang ( $m^2$ )

$V$  = Kecepatan aliran ( $m/det$ )

## B. Bendung

### 1. Pengertian Bendung

Bendung adalah struktur bangunan yang meninggikan muka air sungai sampai ketinggian yang diperlukan agar air dapat mengalir ke saluran irigasi dan petak sawah. Bendung adalah struktur yang jauh lebih kecil dari pada bendungan, yang memungkinkan air menggenang dan membentuk kolam. Karena itu, air dapat meluap melalui bagian atas bendung, sehingga aliran air tetap konstan dan dalam debit yang sama bahkan sebelum sungai dibendung.

Menurut Kartasapoetra (1991:37), bendung adalah bangunan air yang melintang sungai sehingga permukaan air sungai di sekitarnya naik hingga ketinggian tertentu sehingga air sungai dapat dialirkan ke saluran pembagi melalui pintu sadap dan menuju lahan pertanian.

## 2. Klasifikasi Bendung

Menurut Sosrodarsono (2008), ada berbagai jenis bendung yang berbeda berdasarkan fungsinya dan jenis konstruksinya.

1.) Jenis bendung menurut fungsinya adalah sebagai berikut:

- a. Bendung pembagi banjir; dibangun di percabangan sungai untuk mengatur muka air dan membedakan debit banjir dan debit rendah sesuai dengan kapasitas.
- b. Bendung penahan air pasang; dibangun di daerah sungai di mana pasang-surut air laut terjadi untuk mencegah air asin masuk ke sungai dan menjaga aliran air sungai tetap dalam keadaan normal.
- c. Bendung penyadap; digunakan untuk mengatur muka air sungai agar air dapat disadap untuk keperluan irigasi, pembangkit listrik, dan tujuan lainnya.

2.) Tipe konstruksi bendung menentukan klasifikasi berikut:

- a. Bendung tetap; dibangun untuk meninggikan muka air sungai sampai ketinggian yang diperlukan agar air dapat dialirkan ke petak tersier dan saluran irigasi.
- b. Bendung gerak; dibuat dengan sebagian besar pintu yang dapat digerakkan untuk mengontrol ketinggian muka air sungai.

- c. Bendung kombinasi; bendung ini berfungsi sebagai bendung gerak dan tetap.

### 3. Bagian Konstruksi Bendung

Konstruksi bendung dibangun dengan menggunakan urugan tanah, pasangan batu kali, atau beton. Kemudian, bahan tersebut dibangun melintang sungai sesuai dengan perencanaan. Disarankan agar bendung dibangun di tepi sungai yang lurus. Manfaatnya adalah struktur pondasi akan lebih kokoh, tidak menyebabkan genangan yang luas, tanggul banjir dapat dibuat sependek mungkin, pekerjaannya tidak terlalu sulit, dan biaya yang dikeluarkan dapat diminimalkan. Secara umum, komponen konstruksi bendung terdiri dari:

#### 1.) Tubuh Bendung

Struktur utama atau tubuh bendung, membantu menahan laju aliran air dan menaikkan muka air dari elevasi awal. Bagian ini biasanya dibangun dengan urugan tanah, pasangan batu kali, dan beton. Kebanyakan struktur tubuh bendung ini dibangun melintang sungai. Tubuh bendung terdiri dari ambang dasar, mercu bendung, dan peredam energi.



Gambar 7. Tubuh bendung (Arafuru, 2022)

## 2.) Pintu Air

Pintu air adalah struktur bendung yang digunakan untuk mengatur aliran air yang keluar dari saluran, baik membuka maupun menutup. Pintu air terdiri dari daun pintu, rangka pengatur arah gerakan, angker, dan hoist. Daun pintu menahan tekanan air, dan rangka pengatur arah gerakan memastikan bahwa gerakan daun pintu tetap sesuai perencanaan.



*Gambar 8. Pintu air bendung (Dinkominfo Blora, 2022)*

## 3.) Pintu Pengambilan

Bagian dari bendung yang berperan dalam mengelola jumlah debit air yang masuk ke saluran dan mencegah benda-benda padat masuk ke saluran disebut pintu pengambilan. Struktur ini bisa dibuat sebanyak 1-2 buah di samping kanan dan kiri pintu utama. Perlu diperhatikan, jika pintu pengambilan yang dibuat 2 buah, maka dibutuhkan pula pendirian bangunan penguras sebanyak 2 buah untuk mendukungnya. Pilihan lain yakni membangun gorong-gorong pada tubuh bendung sebagai area pengambilan sehingga pembuatan bangunan pengambilan cukup sebuah.



Gambar 9. Pintu pengambilan (Admindpu Kulon, 2020)

#### 4.) Pintu Penguras

Pintu penguras adalah struktur yang berguna untuk menguras endapan di bagian udik pintu. Pintu penguras terletak di antara dinding tegak sebelah kiri atau kanan bendung dengan pilar atau pilar dengan pilar. Jika posisi pintu pengambilan berada di sebelah kanan, maka pintu penguras juga dibangun di sebelah kanan bendung. Sebaliknya juga berlaku.

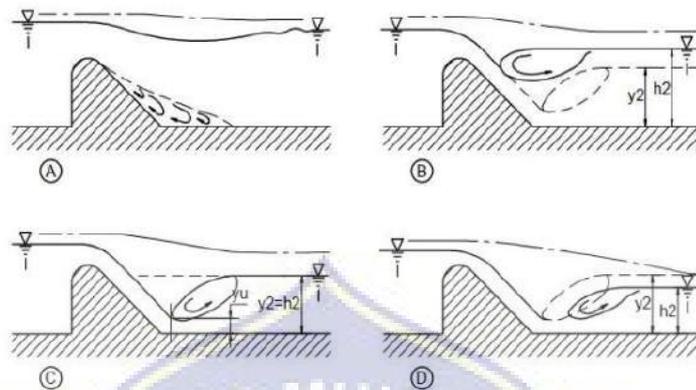


Gambar 10. Pintu Penguras Bendung Peudada Bireuen (Mapio.net)

#### 5.) Kolam Peredam Energi

Kolam peredam energi dibuat untuk mengurangi kecepatan aliran air pada palung dan sodetan, yang masih sangat deras. Dengan membangun struktur bendung ini, kemungkinan gerusan lokal dapat diminimalkan. Bentuk hidrolis

kolam peredam energi terdiri dari kombinasi penampang miring, lengkung, dan lurus.



Gambar 11. Peredam energi (Standart Perencanaan irigasi KP -02, 1986)

#### 4. Perhitungan Hidraulik Bendung

Standar Nasional Indonesia No. 03-2401-1991 memberikan dasar untuk perencanaan hidrologi dan hidrolis untuk bangunan di sungai seperti bendung. Menurut Standar ini, desain bangunan di sungai dapat berupa bangunan tetap, bendung gerak, atau kombinasi. Tentu saja, fungsinya harus mengontrol aliran sungai dan mengangkat beban atau benda dengan meninggikan muka air sungai (dapat disesuaikan dengan kebutuhan).

##### 1.) Menentukan Ketinggian Mercu Bendung

Perencana biasanya harus menentukan jenis mercu bendung apa yang akan digunakan sebelum menentukan tinggi mercu bendung. Berikut beberapa jenis mercu bendung:

- a. Mercu Bulat; diantara jenis mercu lainnya memiliki harga koefisien debit tertinggi sebesar 44%. Salah satu keuntungan yang sangat dicari dari jenis

mercu ini adalah kemampuan mereka untuk mengurangi elevasi air di hulu saat banjir.

- b. Mercu Ogee; jenis mercu ini tidak banyak digunakan karena memiliki tirai luapan pada bagian bawah yang ambangnya tajam. Karena lantai muka akan dibangun pada tanah untuk menahan penggurunan, mercu ogee cocok untuk jenis tanah pada sungai yang baik.
- c. Mercu Vlughter: Jenis mercu ini hanya digunakan di tanah yang aluvial, di mana sungai tidak membawa batuan besar.

## 2.) Lebar Efektif Bendung

Lebar efektif bendung adalah lebar bendung yang membantu melewati debit karena pilar dan pintu penguras lebih kecil dari lebar bendung. Peraturan Perencanaan Irigasi KP02 (tahun 1986)

$$Be = Bn - 2 ( n \times Kp + Ka ) H1 \dots \dots \dots (4)$$

Dimana:

Be = Lebar efektif bendung (m)

B = Lebar mercu bendung (m)

n = Jumlah pilar

Kp = Koefisien kontraksi pilar

Ka = Koefisien kontraksi pangkal bendung

H1 = Tinggi energy

Tabel 1. Nilai Koef. Konstraksi Pilar (Andri Prakusumo,2019)

Jenis Pilar	Kp
Untuk pilar berujung segi empat dengan sudut – sudut yang dibulatkan pada jari-jari yang hampir sama dengan 0.1 dari tebal pilar	0.02
Untukl pilar berujung bulat	0.01
Untuk pilar berujung runcing	0

Tabel 2. Nilai Koef. Konstraksi Pangkal (Andri Prakusumo,2019)

Jenis pangkal tembok	Ka
Untuk pangkal tembok segi empat dengan tembok hulu pada 90° kearah aliran	0.20
Untuk pangkal tembok bulat dengan tembok hulu pada 90° ke arah aliran dengan 0.5 > r > 0.15 H1	0.10
Untuk pangkal tembok bulat dimana r > 0.5 H1 dan tembok hulu tidak lebih dari 45° kearah aliran	0

### 3.) Perhitungan Debit diatas Mercu

Menurut (KP-04,1986), perhitungan debit diatas mercu adalah sebagai berikut:

$$Q = \frac{2}{3} \times Cd \times Be \times H1^{1,5} \times \sqrt{\frac{2}{3} g} \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan:

Q = Debit banjir rencana ( $m^3/det$ )

Cd = Koefisien debit

Be = Lebar efektifits weir ( $m$ )

H1 = Ketinggian energi di atas mercu bendung ( $m$ )

g = Gravitasi ( $9,81 m/det^2$ )

#### 4.) Perhitungan Tinggi Air di Atas Mercu

Untuk mengetahui tinggi air di atas mercu, harus menghitung kecepatan aliran peralihan yang dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$V_a = Q / A \quad \dots\dots\dots (6)$$

Dimana:

$V_a$  = Kecepatan aliran peralihan ( $m^2/det$ )

$Q$  = Debit banjir rencana di atas mercu ( $m^3/det$ )

$A$  = Luas penampang basah ( $m^2$ )

Nilai  $H_d$  dapat ditemukan setelah mendapatkan nilai  $V_a$ . Nilai  $H_d$  dapat ditemukan dengan menggunakan rumus berikut ini:

$$H_d = H_1 - V_a^2 / 2g \quad \dots\dots\dots (7)$$

Dimana:  $V_a^2 / 2g$  = Kehilangan tinggi energi ( $m$ )

#### 5.) Perhitungan Hidraulik Kolam Olak

Untuk menentukan jenis kolam olak yang akan digunakan berdasarkan nilai Froude ( $Fr$ ), berikut adalah langkah-langkah yang harus diikuti:

- a. Menghitung kecepatan awal loncatan air

$$V_1 = \sqrt{2g \times \left(\frac{1}{2} \times H_1 + Z\right)} \quad \dots\dots\dots (8)$$

Dimana:  $V_1$  = Kecepatan awal loncatan air ( $m/det$ )

$H_1$  = Tinggi energi diatas mercu ( $m$ )

$Z$  = Tinggi jatuh ( $m$ )

$g$  = Percepatan gravitasi ( $m/det^2$ )

## b. Menghitung Debit Satuan

$$q = Q/B_e \dots\dots\dots(9)$$

Dimana:  $q$  = Debit satuan ( $m^3/det/m$ )

Untuk menemukan nilai  $Y_1$  setelah mendapatkan nilai  $q$ :

$$Y_1 = q^2/V_1 \dots\dots\dots(10)$$

## c. Menghitung nilai Froude

$$Fr = V_1 / \sqrt{g \times Y_1} \dots\dots\dots(11)$$

Sesuai dengan Standar Perencanaan Irigasi KP-02 Bangunan Utama, nilai  $Fr$  digunakan untuk menentukan jenis kolam olak yang dapat digunakan untuk perencanaan bendung.

**C. Sedimen****1. Pengertian Sedimen dan Sedimentasi**

Menurut Pipkin (1977), sedimen adalah batuan, mineral atau bahan organik yang diangkut dari berbagai sumber dan jarak, kemudian diendapkan oleh udara, angin, es dan air. Pecahan-pecahan material biasanya terdiri atas deskripsi fisik dan kimia batuan. Partikel seperti ini berukuran besar (boulder) hingga sangat halus (koloid), dan mereka memiliki berbagai bentuk, mulai dari bulat hingga persegi.

Sedimentasi menurut Pettijohn (1975), adalah proses di mana material pembentuk mengendap pada suatu lingkungan pengendapan, yang terdiri dari sungai, muara, danau, delta, estuaria, laut dangkal, dan laut dalam, dan membentuk lapisan sedimen atau batuan sedimen. Batuan sedimen umumnya

terbentuk sebagai hasil dari proses sedimentasi dan dapat ditemukan di permukaan bumi, di bawah tanah, atau di dalam air. Pengendapan dapat terjadi di darat, laut, dan sungai. Material yang tertarik berasal dari pengendapan yang terjadi akibat abrasi atau keropos. Pengendapan ini kemudian akan terbentuk dalam waktu yang lama dan menghasilkan batuan sedimen, yang berupa akibat proses sedimentasi.

## 2. Proses Sedimentasi

Banyak faktor eksternal berperan dalam proses sedimentasi ini, termasuk erosi, pengendapan atau deposition, transportasi atau angkutan, dan pemadatan. Sedimentasi dengan secara geologis dan sedimentasi yang dipercepat adalah dua kategori umum proses sedimentasi. Berikut penjelasannya;

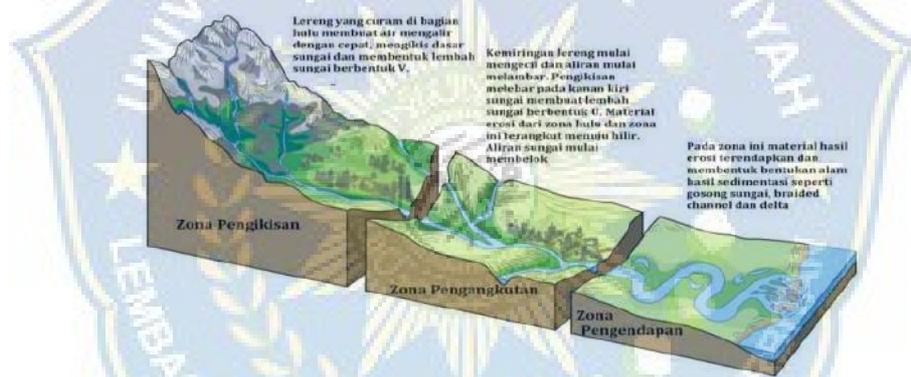
### a. Sedimentasi secara geologis

Pada dasarnya, proses sedimentasi dalam konteks geologis ini adalah proses erosi tanah yang berjalan normal atau biasa. Ini menunjukkan bahwa proses pengendapan yang berlangsung tersebut masih berada di bawah batas yang diizinkan atau bahwa proses agradasi masih berada dalam keseimbangan alam. Selain itu, pelapukan menyebabkan kerusakan pada permukaan kulit muka bumi.

### b. Sedimentasi yang dipercepat

Sedimentasi yang dipercepat ini menyimpang dan berbeda dari sedimentasi biologis dan berlangsung dalam waktu yang singkat. Proses sedimentasi yang dipercepat tersebut biasanya disebabkan oleh aktivitas atau kegiatan manusia yang terlibat dalam pengolahan tanah. Proses sedimentasi yang dipercepat tersebut memiliki efek yang merugikan, merusak, dan mengganggu keseimbangan alam atau kelestarian lingkungan hidup.

Kesalahan dalam pengolahan tanah kemudian menyebabkan erosi tanah dan tingkat sedimentasi tinggi. Hasil sedimentasi dapat berupa batuan breksi dan batuan konglomerat yang terendap jauh dari sumbernya atau asalnya, sementara batu pasir terendapkan lebih jauh dari batu breksi dan batu konglomerat. Sedimentasi terdiri dari erosi, transportasi, pengendapan (deposition), dan pemadatan (compaction). Proses ini sangat rumit. Ini dimulai dengan hujan yang menghasilkan energi kinetik, yang memulai proses erosi. Setelah tanah terurai menjadi partikel kecil, sebagian tertinggal di atas tanah dan sebagian lainnya masuk ke sungai melalui aliran dalam proses angkutan sedimen (Soewarno, 1991).



Gambar 12. Proses sedimentasi (Pendidikan.co.id)

### 3. Faktor Penyebab Sedimentasi

Sedimentasi, juga disebut sebagai pengendapan, adalah proses alam yang dapat terjadi berulang kali dalam waktu yang lama, menghasilkan segala macam bentukan. Berikut faktor-faktor yang menyebabkan sedimentasi:

- Adanya material seperti pasir, tanah, atau debu, yang kemudian mengendap.

- Terdapat lingkungan akresi yang sesuai baik di darat, di laut maupun di daerah peralihan.
- Munculnya transportasi material oleh air, angin, dan bahkan es.
- Pengendapan berlangsung karena perbedaan aliran dan gaya.
- Kompaksi, yang terjadi karena gaya berat material sedimen yang menyebabkan volume lapisan sedimen berkurang.
- Rekristalisasi, atau perubahan material, dan penggantian terjadi. Saat pengendapan berlangsung secara kimia atau fisik, terjadi perubahan yang disebut diagenesis.
- Lithifikasi, yang terjadi pada titik di mana lapisan sedimen menjadi lebih tipis.

#### 4. Angkutan Sedimen

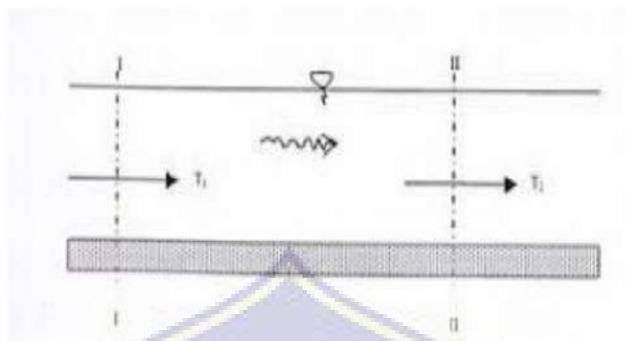
Menurut Mardjikoen (1987), angkutan sedimen didefinisikan sebagai perpindahan tempat bahan sedimen granular (non kohesif) oleh air yang mengalir searah aliran. Tingkat angkutan sedimen  $T$  dapat dihitung dengan melihat perpindahan tempat suatu sedimen melalui suatu tampang lintang selama waktu yang cukup lama.  $T$  dinyatakan dalam (berat, massa, volume) tiap satuan waktu.



Gambar 13. Tampang panjang saluran dengan dasar granuler (Mardjikoen, 1987)

Laju sedimen biasanya terjadi dalam kondisi seimbang (aquilibrium). Saat proses erosi (erosion), atau pengendapan (deposition), maka jumlah sedimen yang

diangkut dapat dihitung. Gambar dibawah ini menunjukkan proses sedimentasi di dasar saluran.



Gambar 14. Angkutan sedimen pada tampang panjang dengan dasar granuler. (Mardjikoen, 1987)

Tabel 3. 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

Ada tiga jenis angkutan sedimen terjadi di dalam alur sungai (Mulyanto, 2007), yaitu :

- 1.) Wash load, juga dikenal sebagai "beban cuci", terdiri dari partikel debu atau lanau yang terbawa masuk ke dalam sungai dan terus melayang di udara sampai mencapai laut atau genangan air lainnya.

- 2.) Suspended load atau sedimen terapung adalah partikel yang bergerak di pusaran arus yang digerakkan oleh aliran, terutama terdiri dari pasir halus yang hanyut mengikuti aliran saat didukung oleh turbulensi aliran air.
- 3.) Bed load atau muatan dasar sungai, yaitu butiran kasar yang bergerak di dasar media pengangkut dasar aliran sungai, yang ukuran partikelnya lebih besar akan meluncur, menggelinding, yang gerakannya mencapai kedalaman lapisan sungai tertentu.

#### **5. Karakteristik Sedimen**

Karakteristik sedimen mencakup berbagai sifat fisik dan kimia dari partikel yang terendapkan di permukaan bumi. Sifat-sifat ini termasuk ukuran, bentuk, komposisi mineral, distribusi ukuran, konsolidasi, tekstur, dan banyak faktor lainnya yang mempengaruhi bagaimana sedimen terbentuk dan berinteraksi dalam lingkungan geologisnya. Karakteristik sedimen yang relevan untuk transportasi sedimen adalah sebagai berikut:

##### **1.) Gradasi**

Susunan butir, juga dikenal sebagai gradasi, adalah distribusi ukuran agregat yang bervariasi. Ada tiga jenis gradasi yaitu;

- a. Gradasi seragam juga disebut sebagai agregat seragam, ialah agregat yang mempunyai ukuran yang sama, meningkat seiring dengan ukurannya, dan memiliki jumlah agregat halus yang sedikit.
- b. Gradasi rapat (dense graded) adalah gradasi agregat di mana terdapat butiran dari agregat kasar sampai halus. Ini juga sering disebut sebagai gradasi menerus atau gradasi baik (well graded).

- c. Gradasi senjang, juga dikenal sebagai "gap graded," adalah gradasi yang jumlahnya sedikit dengan ukuran agregat yang tidak lengkap atau sedikit.

## 2.) Ukuran Butir Sedimen

Dalam persamaan transpor sedimen, ukuran butir sedimen ditunjukkan sebagai berikut:

- a. Diameter nominal ( $d_n$ ), yaitu diameter bola dengan volume setara dengan butiran.
- b. Diameter jatuh, atau kecepatan jatuh butir standar, adalah diameter bola dengan berat jenis spesifik 2,65.
- c. Diameter sedimen, adalah ukuran bola yang memiliki berat dan kecepatan endapan butir sedimen dalam zat cair yang sama dan dalam kondisi yang sama.
- d. Untuk mengukur diameter saringan, saringan standar digunakan untuk butir sedimen dengan diameter lebih besar dari 0,0625 mm (ukuran saringan terkecil).

## 3.) Volume dan Berat Jenis Sedimen

Berat jenis sedimen adalah berat partikel terhadap berat volume air, dan berat volume sedimen adalah berat yang diperoleh dari butir sedimen setiap satuan volume.

Tabel 4. Klasifikasi Ukuran butir sedimen (menurut American Geophysical Union)

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)		

## 6. Perhitungan Besarnya Sedimen

### 1.) Perhitungan Sedimen Melayang

Untuk menghitung analisis sedimen, debit sedimen melayang dikalikan dengan konsentrasi sedimen dan debit aliran, menggunakan persamaan berikut:

$$Q_{sm} = Q_w \times C_s \times K \quad \dots \dots \dots (22)$$

Rumus berikut dapat digunakan untuk menghitung koefisien k:

$$K = \frac{86,400 \frac{\text{detik}}{\text{hari}} \times 1 \text{ ton/m}^3}{1.000.000} = 0,0864 \quad \dots \dots \dots (23)$$

Konsentrasi sedimen ( $C_s$ ) dapat dihitung dengan menggunakan metode berikut:

$$C_s = \frac{W_s}{V_w} \quad \dots \dots \dots (24)$$

Perhitungan debit sedimen melayang didasarkan pada lengkung debit sedimen. Tahapan pembuatan lengkung sedimen adalah sebagai berikut:

- Mengumpulkan data konsentrasi sedimen;
- Menghitung debit sedimen untuk setiap besaran konsentrasi;

- c. Membuat gambar data debit sedimen dan air di atas kertas logaritmik;  
 d. Menghitung persamaan lengkung dengan persamaan tersebut;

$$Q_{sm_{hit}} = a(Q_w)^b \quad \dots\dots\dots(25)$$

Selanjutnya, persamaan eksponensial diubah menjadi persamaan linier, yang ditunjukkan sebagai berikut:

$$Q_{sm_{hit}} = \log m + n \log Q_w \quad \dots\dots\dots(26)$$

Persamaan linier dapat diubah menjadi persamaan jika  $Q_{sm_{hit}} = x$ ,  $\log m = a$ , dan  $n \log Q_w = bY$ :

$$X = a + bY \quad \dots\dots\dots(27)$$

$$b = \frac{n \sum X_i \cdot Y_i - (\sum X_i) \cdot (\sum Y_i)}{n \cdot \sum Y_i^2 - (\sum Y_i)^2} \quad \dots\dots\dots(28)$$

$$\log a = \frac{\sum X_i}{n} - \frac{b \cdot \sum X_i}{n} \quad \dots\dots\dots(29)$$

Untuk mengetahui bagaimana debit sedimen melayang ( $Q_{sm_{hit}}$ ) dan debit air ( $Q_w$ ) berhubungan satu sama lain, ditulis menggunakan persamaan koefisien korelasi:

$$R = \frac{\sum(X_i - \bar{X}) \cdot (Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum(X_i - \bar{X})^2 \cdot \sum(Y_i - \bar{Y})^2}} \quad \dots\dots\dots(30)$$

## 2.) Perkiraan Sedimen Dasar

Perhitungan muatan sedimen dasar disarankan (Soewarno, 1991 : 711) dan (Standar RI, 1982), di mana 20% dari muatan sedimen melayang diambil. Debit muatan sedimen dasar sesaat dapat digunakan untuk menghitung perkiraan muatan sedimen dasar. Ada dua pendekatan persamaan empiris yang dapat digunakan dalam perhitungan sedimen dasar, yaitu:

a. Persamaan Mayer Peter Muller

Pada penelitian ini, persamaan Mayer Peter-Muller digunakan untuk menghitung sedimen dasar. Rumus Mayer Peter-Muller adalah sebagai berikut:

$$\frac{Q_s}{Q} \left( \frac{K_s}{K_r} \right)^{2/3} \cdot R \cdot I = 0,047 \left( \frac{\gamma_s - \gamma_w}{\gamma_w} \right) \cdot d_{50} + 0,25 \left( \frac{1}{g} \right)^{1/3} \cdot (Tb)^{2/3} \dots\dots\dots (31)$$

Untuk lebar dasar aliran keseluruhan, debit muatan sedimen dasar adalah sebagai berikut:

$$Q_s = W \times q_s \dots\dots\dots (32)$$

Dimana:

$q_s$  = debit muatan sedimen dasar (kg/det/m)

$Rh$  = radius hidroik (m)

$d$  = diameter butiran (m)

$\gamma_s$  = berat jenis muatan sedimen dasar

$\gamma_w$  = berat jenis air

$g$  = percepatan gravitasi (9,81 m/det)

$Q_s$  = muatan sedimen dasar (kg/s)

$W$  = lebar saluran

b. Persamaan Shield

$$\frac{qb \Delta}{Q \cdot I} = 10 \frac{\tau_p - \tau_c}{(\rho_w - \rho_s) \cdot g \cdot d_{50}} \dots\dots\dots (33)$$

$$\Delta = \frac{(\rho_s - \rho_w)}{\rho_w} \dots\dots\dots (34)$$

$$\tau_p = \rho_w \cdot g \cdot h \cdot I \dots\dots\dots (35)$$

$$R_e = \frac{U_* \cdot d_{50}}{\nu} \dots\dots\dots (36)$$

$$U_* = \sqrt{g \cdot R \cdot I} \dots\dots\dots (37)$$

$$v = v_1 + \frac{(T-T_1)}{(T_2-T_1)} \times (v_1 - v_2) \dots\dots\dots(38)$$

$$Q_b = W \times q_b \dots\dots\dots(39)$$

## D. Analisa Hidrologi

### 1. Analisa Curah hujan

#### a. Metode Log Pearson III

Pada umumnya di Indonesia digunakan salah satu dari empat metode yaitu, distribusi normal, distribusi log-normal, distribusi log Pearson III, dan distribusi gumbel. Pada penelitian ini menggunakan Metode Log Pearson III.

Data-data yang dibutuhkan dalam menggunakan metode ini adalah nilai rata-rata, standar deviasi dan koefisien kepercengan. Rumus yang digunakan dalam metode ini adalah (Triatmodjo,2009):

$$\text{Log}X_t = \text{Log}X + K \times S_i \dots\dots\dots(19)$$

Dimana :

Log  $X_t$  = Logaritma curah hujan yang dicari

$X$  = logaritma rerata dari curah ujan

$K$  = Faktor frekuensi, yang merupakan fungsi dari kala ulang dan koefisien kemencengan.

$S_i$  = Standar deviasi

## 2. Perhitungan Debit Rencana

Pada penelitian ini menggunakan perhitungan debit rencana dengan metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu (HSS Nakayasu).

### a. Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu (HSS Nakayasu).

Parameter-parameter untuk menghitung debit banjir rencana menggunakan metode HSS Nakayasu disajikan dalam rumus-rumus berikut sebagai berikut :

Tegangan waktu dari permulaan hujan sampai puncak banjir ( $T_p$ )

$$T_p = T_g + 0.8 \cdot T_r \dots\dots\dots (20)$$

Lama Hujan Efektif ( $T_r$ )

$$T_r = 0.5 T_g \text{ s/d } T_g \dots\dots\dots (21)$$

Waktu antara hujan sampai debit puncak banjir  $T_g$  ( $L > 15 \text{ Km}$ )

$$T_g = 0.4 + 0.058 \cdot L \dots\dots\dots (22)$$

Nilai  $T_{0.3}$

$$T_{0.3} = \alpha \cdot T_g \dots\dots\dots (23)$$

Debit Puncak Banjir ( $Q_p$ )

$$Q_p = \left[ \frac{C \cdot A \cdot R_0}{3.6((0.3 \cdot T_p) + T_{0.3})} \right] \dots\dots\dots (24)$$

Dimana :

$Q_p$  = Debit puncak banjir ( $\text{m}^3/\text{det}$ )

$A$  = Luas daerah aliran sungai (km)

$R_0$  = hujan satuan : 1 mm

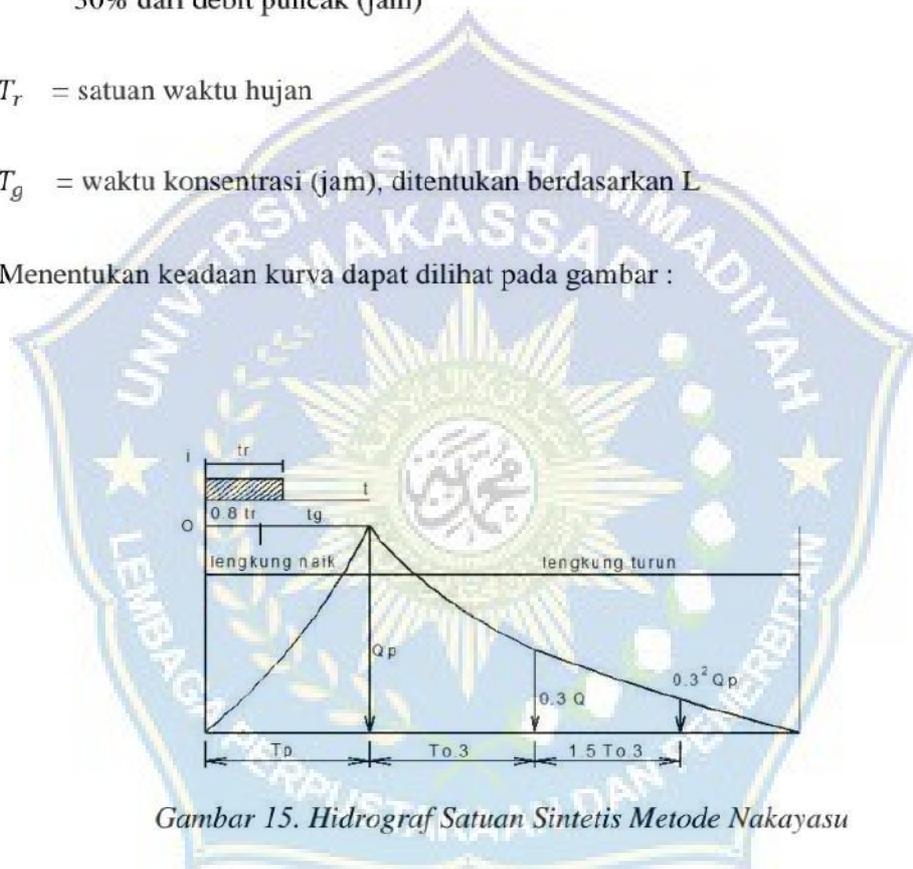
$T_p$  = waktu puncak (jam)

$T_{0.3}$  = Waktu yang diperlukan untuk penurunan debit, dari debit puncak menjadi 30% dari debit puncak (jam)

$T_r$  = satuan waktu hujan

$T_g$  = waktu konsentrasi (jam), ditentukan berdasarkan  $L$

Menentukan keadaan kurva dapat dilihat pada gambar :



Gambar 15. Hidrograf Satuan Sintetis Metode Nakayasu

a. Keadaan kurva naik dengan  $0 < Q < Q_p$

$$Q = Q_p \left( \frac{t}{Q_p} \right)^{2,4} \dots\dots\dots(25)$$

b. Keadaan kurva dengan  $Q > 0,3 Q_p$

$$Q_p = Q \times 0,3^{\frac{(t-Q_p)}{T_{0.3}}} \dots\dots\dots(26)$$

c. Keadaan kurva turun  $0.32 \cdot Q_p < Q < 0.3 Q_p$

$$Q_t = Q_p \times 0,3 \frac{t - T_p + 0,5T_{0.3}}{1,5T_{0.3}} \dots\dots\dots(27)$$

d. Keadaan kurva turun  $Q < 0.32 Q_p$

$$Q_t = Q_p \times 0,3 \frac{t - T_p + 0,5T_{0.3}}{2T_{0.3}} \dots\dots\dots(28)$$

Selanjutnya hubungan antara 't' dan Q/Ro untuk setiap kondisi kurva dapat digambarkan melalui grafik.



### BAB III

#### METODE PENELITIAN

##### A. Lokasi Penelitian

Secara geografis Bendung Kelara terletak di Kecamatan Kelara Desa Tolo Utara Kabupaten Jeneponto, dengan letak geografis yaitu  $5^{\circ}31'21.36''$  Lintang Selatan -  $119^{\circ}49'2.44''$  Bujur Timur. Batas wilayah ini meliputi Sebelah Utara dengan Desa Garing (Kab. Gowa), Sebelah Selatan dengan Desa Tolo Timur (Kab. Jeneponto), sebelah Barat Desa Garing (Kab. Gowa) dan Sebelah Timur Desa Tolo Timur (Kab. Jeneponto).



Gambar 16. Lokasi Penelitian di Bendung Kelara (Sumber: Google Earth Zulvyah Faisal, 2019)

## B. Jenis Penelitian dan Sumber Data

### 1.) Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian kuantitatif, yang berarti pengumpulan data dilakukan melalui observasi lokasi, termasuk pengukuran debit aliran dan pengambilan sampel sedimen. Selain itu, eksperimen yang dilakukan bertujuan untuk meneliti variabel-variabel penelitian yang dapat diprediksi dan tetap. Selanjutnya, menggunakan prosedur yang ada, menganalisis data dari hasil penelitian tersebut.

### 2.) Sumber Data

Data primer dan sekunder pada dasarnya diperlukan untuk penelitian ini. Antara lain sebagai berikut;

#### a. Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh secara langsung di lokasi penelitian, yaitu:

- Kecepatan aliran (V)
- Lebar sungai (m)
- Sampel sedimen yang terangkut

#### b. Data Sekunder

Data sekunder berasal dari dinas atau lembaga yang terkait, seperti:

- Peta DAS
- Data curah hujan
- Data konsentrasi lumpur (Cs)
- Data debit sungai (Q)

### C. Alat dan Bahan

#### 1.) Alat

- Meter roll digunakan untuk mengukur lebar sungai
- Current meter untuk mengukur kecepatan aliran
- Mistar kayu untuk mengukur ketinggian dan kedalaman air
- Botol untuk pengambilan material sedimen
- Tali dan Patok untuk menentukan titik-titik pengukuran
- Alat tulis untuk mencatat data pengukuran

#### 2.) Bahan

- Sampel air
- Bahan sedimen dasar

### D. Prosedur Penelitian

Beberapa langkah-langkah yang dapat diikuti untuk melakukan penelitian ini, adalah sebagai berikut:

- 1.) Melakukan survey kondisi lokasi penelitian
- 2.) Menentukan titik-titik pengukuran sekitar 15 meter dari kolam olak Bendung
- 3.) Pengambilan Data; Adapun data yang diambil dalam penelitian ini adalah data primer yang mencakup data kecepatan aliran air pada sungai, kedalaman air, lebar dasar sungai, ukuran penampang basah sungai, dan pengambilan bahan sedimen.
- 4.) Tahap Pengukuran; Pengukuran dan perhitungan Debit air ( $Q$ ) merupakan hasil perkalian antara luas penampang basah saluran ( $A$ ) dengan kecepatan aliran air ( $V$ ). Langkah-langkah untuk mengetahui debit aliran yakni:

- Pengukuran kedalaman dilakukan dengan menggunakan alat ukur di setiap vertikal yang telah diukur jaraknya.
- Untuk mengukur kedalaman menggunakan mistar kayu yang berarti menurunkan mistar kayu secara vertikal sampai mencapai dasar sungai.
- Pengukuran kecepatan aliran dengan menggunakan current meter

#### E. Teknik Analisa Data

Pada tahap ini, perhitungan dilakukan berdasarkan data yang dikumpulkan dengan menggunakan rumus berikut:

##### 1.) Analisa Hidrologi

###### a. Perhitungan Curah Hujan Rencana

- Metode Log Perso III

$$\text{Log}X_t = \text{Log}X + K \times S_i$$

###### b. Perhitungan Debit Rencana

- Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu (HHS Nakayasu).

Rata-rata hujan dari awal hingga jam ke - T

$$T_p = \frac{R_{24}}{24} \frac{24^{2/3}}{T}$$

- Distribusi hujan pada jam ke - T

$$R_T = t \cdot R_t - (t - I) \cdot R_{(t-1)}$$

- Hujan efektif

$$R_e = C \cdot R_T$$

- Menentukan  $T_p$ ,  $T_{0.3}$  dan  $Q_p$

$$T_p = T_g + (0.8 \cdot T_r)$$

$$T_r = 0.5 T_g \text{ s/d } T_g$$

$$T_g = 0.4 + 0.058 \cdot L, \text{ untuk } L > 15 \text{ Km}$$

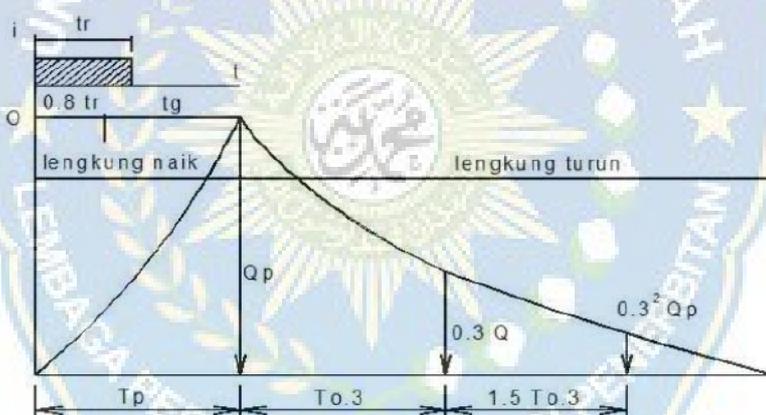
$$T_g = 0.21 + L^{0.7}, \text{ untuk } L < 15 \text{ Km}$$

$$T_{0.3} = \alpha \cdot T_g, \alpha = 1.5 - 3$$

$$Q_p = \left[ \frac{C \cdot A \cdot R_G}{3.6((0.3 \cdot T_p) + T_{0.3})} \right]$$

$$T_b = T_p + T_{0.3} + 1.5 T_{0.3} + 2 T_{0.3}$$

Menentukan keadaan kurva dapat di lihat pada gambar berikut :



- a. Keadaan kurva naik dengan  $0 < Q < Q_p$

$$Q = Q_p \left( \frac{t}{Q_p} \right)^{2.4}$$

- b. Keadaan kurva dengan  $Q > 0.3 Q_p$

$$Q_p = Q_p \times 0.3 \frac{(t - Q_p)}{T_{0.3}}$$

c. Keadaan kurva turun  $0.32 \cdot Q_p < Q < 0.3 Q_p$

$$Q_t = Q_p \times 0,3 \frac{t - T_p + 0,5T_{0.3}}{1,5T_{0.3}}$$

d. Keadaan kurva turun  $Q < 0.32 Q_p$

$$Q_t = Q_p \times 0,3 \frac{t - T_p + 0,5T_{0.3}}{2T_{0.3}}$$

2.) Metode penjelasan yang akan digunakan untuk pengolahan data sedimen dasar dan melayang:

a.) Sedimen Melayang

Menghitung konsentrasi muatan sedimen melayang, harga konsentrasi sedimen ( $C_s$ ) diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut:

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

Dimana:

$V_w$  = Volume Air (*ltr*)

$C_s$  = Konsentrasi Sedimen (*mg/ltr*)

$W_s$  = Berat Kadar Lumpur (*mg*)

Persamaan berikut digunakan untuk menghitung debit sedimen melayang:

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

Dimana:

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

$Q_w$  = Debit air (*m<sup>3</sup>/det*)

$C_s$  = Konsentrasi sedimen melayang (*mg/ltr*)

b.) Sedimen Dasar

Disarankan untuk menggunakan perhitungan sedimen dasar (Soewarno, 1991: 711) dan standar RI, 1882 dalam penelitian mengambil beban drift 20%.

Dalam menghitung sedimen dasar ada dua metode percobaan, yaitu:

- Perhitungan sedimen dasar menggunakan Persamaan Mayer Peter Muller

$$\frac{Q_s}{Q} \left( \frac{K_s}{K_r} \right)^{2/3} \cdot R \cdot I = 0,047 \left( \frac{\gamma_s - \gamma_w}{\gamma_w} \right) \cdot d_{50} + 0,25 \left( \frac{1}{g} \right)^{1/3} \cdot (Tb)^{2/3}$$

- Persamaan Shield

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

$$\Delta = \frac{(\rho_s - \rho_w)}{\rho_w}$$

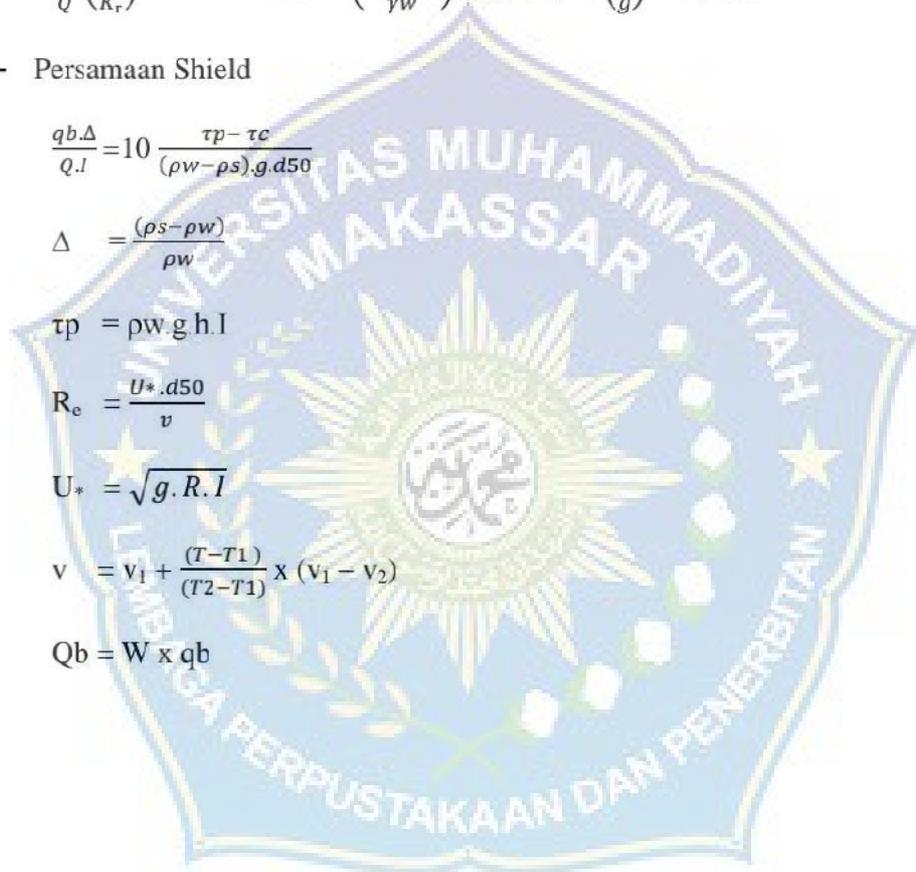
$$\tau_p = \rho_w \cdot g \cdot h \cdot I$$

$$R_e = \frac{U_* \cdot d_{50}}{v}$$

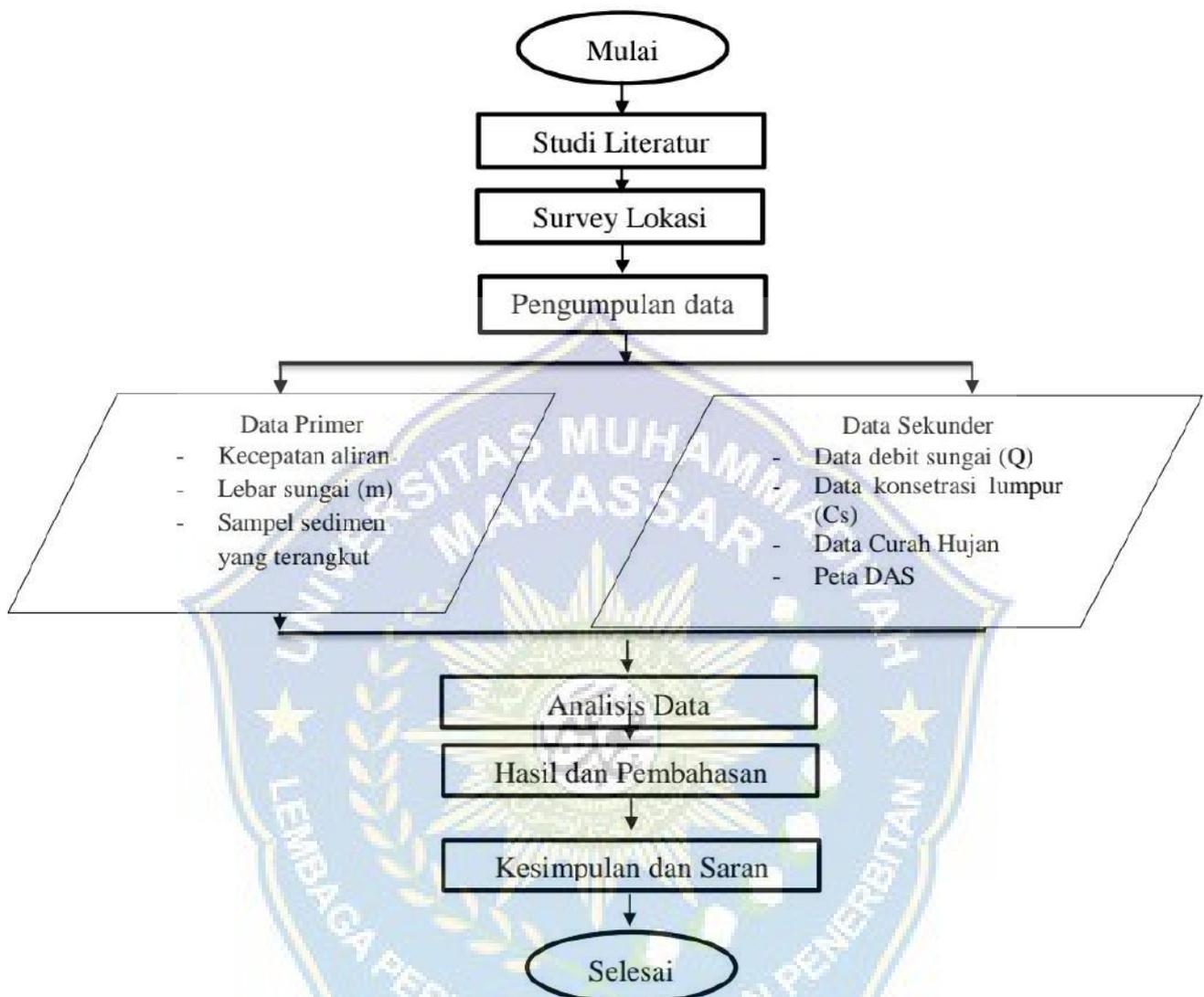
$$U_* = \sqrt{g \cdot R \cdot I}$$

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

$$Q_b = W \times q_b$$



## F. Diagram Penelitian



Gambar 17. Alur Penelitian

## BAB IV

### HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN

#### A. Hasil Analisis

##### 1. Perhitungan Sedimen Melayang (*Suspended Load*)

###### a. Analisa Perhitungan Debit Rencana

Berdasarkan data curah hujan sangat diperlukan dalam setiap analisa hidrologi, terutama untuk menghitung debit banjir rencana baik secara rasional, empiris, dan matematis. Analisa curah hujan ini dilakukan dengan maksud untuk menentukan curah hujan lebih yang dipakai untuk menghitung debit rencana. Perhitungan curah hujan pada studi ini menggunakan metode Log Pearson Type III.

Adapun data-data yang dibutuhkan dalam yaitu nilai rata-rata, standar deviasi dan koefisien kepeccengan.

Tabel 5. Perhitungan curah hujan rencana metode Log Person Type III

No	Kala Ulang ( tahun )	P (%)	Xi	Log Xi	( log Xi-log Xr )	(log Xi-log Xr) <sup>2</sup>	(log Xi-log Xr) <sup>3</sup>
1	11,00	9,09	34,00	1,53	-0,19	0,0369	-0,0071
2	5,50	18,18	75,00	1,88	0,15	0,0230	0,0035
3	3,67	27,27	25,33	1,40	-0,32	0,1023	-0,0327
4	2,75	36,36	80,67	1,91	0,18	0,0335	0,0061
5	2,20	45,45	96,00	1,98	0,26	0,0669	0,0173
6	1,83	54,55	63,33	1,80	0,08	0,0061	0,0005
7	1,57	63,64	33,00	1,52	-0,21	0,0420	-0,0086
8	1,38	72,73	51,33	1,71	-0,01	0,0002	0,0000
9	1,22	81,82	73,33	1,87	0,14	0,0201	0,0028
10	1,10	90,91	53,33	1,73	0,00	0,0000	0,0000
11	1,00	100,00	43,33	1,64	-0,09	0,0075	-0,0007
<b>Jumlah</b>	<b>33,22</b>	<b>600,00</b>	<b>628,67</b>	<b>18,96</b>	<b>0,00</b>	<b>0,3386</b>	<b>-0,0188</b>

$$\text{Rata-rata Log Xi} = 1,724$$

$$\text{Standar defiasi (s) log x} = 0,184$$

$$C_s = 0,014$$

Setelah di hitung parameter statistik logaritma nilai-nilai tersebut akan digunakan dalam perhitungan curah hujan rencana metode Log Person Type III. Hasil perhitungan distribusi frekuensi metode Log Person Type III priode ulang (Tr) 5 tahun sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Log}X_t &= \text{Log}X + K \times S_i \\ &= 1,724 + (0,847 \times 0,184) \\ &= 1,88 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_t &= 10^{\text{log}X_t} \\ &= 10^{1,88} \\ &= 75,75 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan priode selanjutnya menggunakan rumus yang sama dan dapat dilihat pada tabel.

Tabel 6. Distribusi frekuensi metode Log Person Type III

NO	Periode ulang	G	Log Xt	Xt (mm)
1	2	-0.004	1.72	52.82
2	5	0.847	1.88	75.75
3	10	1.286	1.96	91.24
4	25	1.760	2.05	111.54
5	50	2.068	2.10	127.07
6	100	2.341	2.15	142.64
7	200	2.590	2.20	158.51

Untuk mengetahui besarnya debit banjir dengan kala ulang tertentu, maka terlebih dahulu data-data hujan didekatkan pada suatu sebaran distribusi, sehingga dalam memperikan besatnya debit banjir tidak sampai jauh melenceng dari

kenyataan banjir yang terjadi. Dalam perhitungan debit rencana yang digunakan yaitu Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu.

$$\text{Luas DAS} \quad (A) = 367,5 \text{ Km}^2$$

$$\text{Panjang sungai} \quad (L) = 70 \text{ km}$$

$$\text{Hujan satuan} \quad (R_0) = 1.00 \text{ mm}$$

$$\text{Koefisien limpasan} \quad (C) = 1.45 \text{ m}$$

$$\text{Konstanta} \quad (k) = 0,8$$

Waktu antara hujan sampai debit puncak banjir  $T_g$  ( $L > 15 \text{ Km}$ ):

$$T_g = 0,4 + 0,058 \times L$$

$$T_g = 0,4 + (0,058 \times 70)$$

$$T_g = 4,46 \text{ jam}$$

Lama Hujan Efektif  $T_r$ :

$$T_r = 0,5 T_g$$

$$T_r = 0,5 \times 4,46$$

$$T_r = 2,23 \text{ jam}$$

Menghitung tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak banjir ( $T_p$ ):

$$T_p = T_g + (0,8 \times T_r)$$

$$T_p = 4,46 + (0,8 \times 2,23)$$

$$T_p = 6,24 \text{ jam}$$

Nilai  $T_{0,3}$ :

$$T_{0,3} = \alpha \cdot T_g$$

$$T_{0,3} = 0,8 \times 4,46$$

$$T_{0,3} = 3,57 \text{ jam}$$

Debit puncak ( $Q_p$ ):

$$Q_p = \left[ \frac{C \cdot A \cdot R_0}{3,6((0,3 \cdot T_p) + T_{0,3})} \right]$$

$$Q_p = \left[ \frac{1,45 \times 367,5 \times 1}{3,6((0,3 \times 6,24) + 3,57)} \right]$$

$$Q_p = 27,20 \text{ m}^3/\text{det}$$

Tabel 7. Perhitungan HSS Nakayasu

t (jam)	Q m <sup>3</sup> /dtk	Keterangan
0	0.00	
1	0.34	
2	1.77	
3	4.68	
4	9.34	
5	15.96	
6	24.72	
6.24	27.20	Qp
7	21.08	
8	15.04	Qturun 1
9	10.73	
9.81	3.66	
10	3.51	Qturun 2
11	2.80	
11.60	2.45	
12	2.24	
13	1.79	
14	1.43	
15	1.14	
16	0.91	
17	0.73	Qturun 3
18	0.58	
19	0.46	
20	0.37	
21	0.30	
22	0.24	

23	0.19
24	0.15
25	0.12
26	0.10
27	0.08
28	0.06
29	0.05
30	0.04
31	0.03
32	0.02
33	0.02
34	0.02



*Gambar 18. Grafik hidrograf satuan Sintetik Nakayasu*

Dari grafik hidrograf satuan di atas, debit puncak terjadi pada waktu 6,24 jam, dengan unit hidrograf sebesar 27,20 m<sup>3</sup>/det.

Tabel 8. Rangkuman debit Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu

t (jam)	Q total						
	2 tahun	5 tahun	10 tahun	25 tahun	50 tahun	100 tahun	200 tahun
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	3.36	4.66	5.68	7.14	8.35	9.66	11.08
2	18.60	25.82	31.45	39.56	46.25	53.49	61.33
3	52.14	72.37	88.13	110.87	129.62	149.91	171.90
4	109.49	151.98	185.09	232.85	272.21	314.83	361.00
5	195.73	271.67	330.87	416.23	486.59	562.80	645.32
6	315.58	438.03	533.48	671.11	784.56	907.42	1040.48
6.24	387.23	537.47	654.59	823.47	962.67	1113.43	1276.69
7	366.80	509.13	620.07	780.04	911.90	1054.71	1209.36
8	320.79	445.25	542.27	682.18	797.50	922.38	1057.63
9	272.20	377.81	460.14	578.86	676.71	782.68	897.45
9.81	182.62	253.48	308.72	388.37	454.02	525.12	602.12
10	141.18	195.96	238.66	300.24	350.99	405.96	465.48
11	100.54	139.55	169.96	213.81	249.96	289.10	331.49
11.6	72.85	101.12	123.16	154.93	181.12	209.48	240.20
12	54.99	76.32	92.95	116.93	136.70	158.11	181.29
13	40.47	56.18	68.42	86.07	100.62	116.38	133.44
14	33.77	46.87	57.09	71.81	83.95	97.10	111.34
15	27.64	38.36	46.72	58.77	68.70	79.46	91.12
16	22.64	31.43	38.27	48.15	56.29	65.10	74.65
17	18.38	25.51	31.07	39.09	45.70	52.85	60.60
18	14.68	20.37	24.81	31.21	36.49	42.21	48.39
19	11.72	16.27	19.81	24.93	29.14	33.70	38.65
20	9.36	12.99	15.82	19.91	23.27	26.91	30.86
21	7.47	10.37	12.64	15.90	18.58	21.49	24.64
22	5.97	8.28	10.09	12.69	14.84	17.16	19.68
23	4.77	6.62	8.06	10.14	11.85	13.71	15.71
24	3.81	5.28	6.43	8.09	9.46	10.94	12.55
25	3.04	4.22	5.14	6.46	7.56	8.74	10.02
26	2.43	3.37	4.10	5.16	6.03	6.98	8.00
27	1.94	2.69	3.28	4.12	4.82	5.57	6.39
28	1.55	2.15	2.62	3.29	3.85	4.45	5.10
29	1.24	1.72	2.09	2.63	3.07	3.55	4.07
30	0.99	1.37	1.67	2.10	2.45	2.84	3.25
31	0.79	1.09	1.33	1.68	1.96	2.27	2.60
32	0.63	0.87	1.06	1.34	1.56	1.81	2.08
33	0.50	0.70	0.85	1.07	1.25	1.45	1.66
34	0.40	0.56	0.68	0.85	1.00	1.15	1.32

### b. Analisa Konsentrasi Sedimen Melayang

Hasil data dan analisa sedimen melayang yang diperoleh dari uji laboratorium (dapat dilihat pada lampiran 4 dan 5). Dalam menganalisa sedimen melayang (suspended load), dasar perhitungannya adalah data berat kadar lumpur (dapat dilihat pada tabel 4). Data yang diperoleh kemudian menjadi dasar pengolahan data untuk mendapatkan konsentrasi sedimen melayang.

Untuk menghitung konsentrasi sedimen dapat menggunakan persamaan berikut:

$$C_s = \frac{W}{V}$$

Dimana :

$C_s$  = Konsentrasi sedimen

$W$  = Berat kadar lumpur (mg)

$V$  = Volume air (1,5 liter)

$P_0 : 0$

$$P_1 \quad C_s a : \frac{W}{V} = \frac{2950}{1,5} = 1966,67 \text{ mg/l}$$

$$C_s b : \frac{W}{V} = \frac{540}{1,5} = 360,00 \text{ mg/l}$$

$$C_s c : \frac{W}{V} = \frac{1340}{1,5} = 893,33 \text{ mg/l}$$

$$P_2 \quad C_s a : \frac{W}{V} = \frac{1060}{1,5} = 706,67 \text{ mg/l}$$

$$C_s b : \frac{W}{V} = \frac{1540}{1,5} = 1026,67 \text{ mg/l}$$

$$C_s c : \frac{W}{V} = \frac{840}{1,5} = 560,00 \text{ mg/l}$$

$$P_3 \quad C_s a : \frac{W}{V} = \frac{670}{1,5} = 446,67 \text{ mg/l}$$

$$Cs\ b : \frac{W}{V} = \frac{4890}{1,5} = 3260,00\ mg/l$$

$$Cs\ c : \frac{W}{V} = \frac{640}{1,5} = 426,67\ mg/l$$

$$P4\ Cs\ a : \frac{W}{V} = \frac{660}{1,5} = 440,00\ mg/l$$

$$Cs\ b : \frac{W}{V} = \frac{620}{1,5} = 413,33\ mg/l$$

$$Cs\ c : \frac{W}{V} = \frac{790}{1,5} = 526,67\ mg/l$$

$$P5\ Cs\ a : \frac{W}{V} = \frac{1280}{1,5} = 853,33\ mg/l$$

$$Cs\ b : \frac{W}{V} = \frac{130}{1,5} = 86,67\ mg/l$$

$$Cs\ c : \frac{W}{V} = \frac{380}{1,5} = 253,33\ mg/l$$

P6 : 0

Tabel 9. Konsentrasi Sedimen Melayang

Titik	Berat Sedimen (mg)	Konsentrasi Sedimen (mg/l)	Rata-Rata (mg/l)
P1	a	2950,00	1073,33
	b	540,00	
	c	1340,00	
P2	a	1060,00	764,44
	b	1540,00	
	c	840,00	
P3	a	670,00	1377,78
	b	4890,00	
	c	640,00	
P4	a	660,00	460,00
	b	620,00	
	c	790,00	
P5	a	1280,00	397,78
	b	130,00	
	c	380,00	
<b>Rata-Rata Cs</b>			<b>814,67</b>

Tabel 10. Rekapitulasi Sedimen Melayang

Titik	Konsentrasi Sedimen (Cs)	Berat Sedimen
	(mg/l)	(mg)
P0	0,00	0,00
P1	1073,33	1610,00
P2	764,44	1146,67
P3	1377,78	2066,67
P4	460,00	690,00
P5	397,78	596,67
P6	0,00	0,00
<b>Rata-Rata</b>	<b>814,67</b>	<b>1222,00</b>

Dari nilai konsentrasi sedimen melayang (Cs) yang didapatkan 814,67 masuk dalam konsentrasi sedimen kecil dengan bahan asal sedimen layang; pasir, kerikil dan batu, clay, silt, dengan sedikit pasir (dapat dilihat pada lampiran 5).

c. Analisa Debit Sedimen Melayang

Dari hasil perhitungan konsentrasi sedimen dan data debit air dari hasil perhitungan lapangan (dapat dilihat pada lampiran 1), maka besarnya debit sedimen melayang harian (Qsm) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

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

Dimana :

Qsm = Debit Sedimen Melayang (ton/hari)

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

Cs = Konsentrasi Sedimen (814,67 mg/l)

Q = Debit Air ( $m^3$ /det)

$$C_s = 814,67 \text{ mg/l} \Rightarrow \text{dikonversi ke gr/l}$$

$$= 814,67 \times 0,001$$

$$= 0,81467 \text{ gr/l}$$

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

$$Q_{sm} = 0,0864 \times 0,81467 \times 1,44$$

$$Q_{sm} = 0,101 \text{ ton/hari}$$

Untuk pertahun:

$$Q_{sm} = 0,101 \text{ ton/hari} \times 365$$

$$Q_{sm} = 36,865 \text{ ton/tahun}$$

Untuk dalam 5 tahun:

$$Q_{sm} = 36,865 \text{ ton/tahun} \times 5$$

$$Q_{sm} = 184,325 \text{ ton}$$

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

$$Q_{sm} = 0,0864 \times 0,81467 \times 2,13$$

$$Q_{sm} = 0,150 \text{ ton/hari}$$

Untuk pertahun:

$$Q_{sm} = 0,150 \text{ ton/hari} \times 365$$



$$Q_{sm} = 54,75 \text{ ton/tahun}$$

Untuk dalam 10 tahun:

$$Q_{sm} = 54,75 \text{ ton/tahun} \times 10$$

$$Q_{sm} = 547,5 \text{ ton}$$

Dari hasil perhitungan konsentrasi sedimen dan data debit air pada hasil perhitungan debit rencana, maka besarnya debit sedimen melayang harian ( $Q_{sm}$ ) dapat dihitung dengan menggunakan metode USBR (United State Beureu Reclamation). Pada metode ini hanya menghitung sedimen melayang dan memerlukan data pengukuran debit ( $Q$ ) dalam satuan  $m^3/det$ , yang dipadukan dengan data konsentrasi sedimen ( $C_s$ ) dalam satuan  $gr/ltr$ , kemudian menghasilkan debit sedimen ( $Q_{sm}$ ) dalam satuan  $ton/hari$  kemudian dihitung 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.

$C_s$  = Konsentrasi Sedimen (814,67 mg/l)

$Q$  = Debit Air ( $m^3/det$ )

- Perhitungan Debit Sedimen Melayang Q5 Tahun:

$$C_s = 814,67 \text{ mg/l} \Rightarrow \text{dikonversi ke gr/l}$$

$$= 814,67 \times 0,001$$

$$= 0,81467 \text{ gr/l}$$

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

$$Q_{sm} = 0,0864 \times 0,81467 \times 5,28$$

$$Q_{sm} = 0,372 \text{ ton/hari}$$

- Perhitungan Debit Sedimen Melayang Q10 Tahun :

$$C_s = 814,67 \text{ mg/l} \Rightarrow \text{dikonversi ke gr/l}$$

$$= 814,67 \times 0,001$$

$$= 0,81467 \text{ gr/l}$$

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

$$Q_{sm} = 0,0864 \times 0,81467 \times 6,43$$

$$Q_{sm} = 0,453 \text{ ton/hari}$$

## 2. Perhitungan Sedimen Dasar (*Bed Load*)

### a. Analisa Saringan

Perhitungan untuk analisa saringan sedimen dasar atau bed load dapat dilihat pada lampiran 6, dan dari data tersebut di peroleh tabel hasil perhitungan analisa saringan.

Tabel 11. Hasil Perhitungan Analisa Saringan Patok 1

Nomor Saringan	Diameter Lubang	Berat Tertahan (gram)	Persentase Tertahan (%)	Berat Kumulatif	
	Ayakan (mm)			Tertahan (%)	Lolos (%)
8	2.360	442.83	22.1	22.1	77.9
16	1.180	323.98	16.2	38.3	61.7
30	0.595	333.73	16.7	55.0	45.0
40	0.425	300.80	15.0	70.1	29.9
50	0.300	250.90	12.5	82.6	17.4
100	0.150	244.98	12.2	94.9	5.1
PAN	-	100.81	5.1	100.0	0.0
Jumlah		2000	100		

Pada tabel 11, hasil perhitungan analisa saringan patok 1 menunjukkan nilai persentase tertahan pada saringan nomor 8 sebesar 22,1% untuk jenis sedimen Kerikil, dan pada saringan nomor 16 hingga 100 sebesar 72,8% untuk jenis sedimen pasir. Nilai persentase tertahan pada PAN adalah 5,1% untuk jenis sedimen Lanau/Lempung.

Tabel 12. Hasil Perhitungan Analisa Saringan Patok 2

Nomor Saringan	Diameter Lubang	Berat Tertahan (gram)	Persentase Tertahan (%)	Berat Kumulatif	
	Ayakan (mm)			Tertahan (%)	Lolos (%)
8	2.360	410.09	20.5	20.5	79.5
16	1.180	302.28	15.1	35.6	64.4
30	0.595	334.02	16.7	52.3	47.7
40	0.425	360.14	18.0	70.3	29.7
50	0.300	220.43	11.0	81.3	18.7
100	0.150	251.08	12.6	93.9	6.1
PAN	-	123.87	6.1	100.0	0.0
Jumlah		2000	100		

Pada tabel 12, hasil perhitungan analisa saringan patok 2 menunjukkan nilai persentase tertahan pada saringan nomor 8 sebesar 20,5% untuk jenis sedimen

Kerikil, dan pada saringan nomor 16 hingga 100 sebesar 73,4% untuk jenis sedimen pasir. Nilai persentase tertahan pada PAN adalah 6,1% untuk jenis sedimen Lanau/Lempung.

*Tabel 13. Hasil Perhitungan Analisa Saringan Patok 3*

Nomor Saringan	Diameter Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertahan (gram)	Persentase Tertahan (%)	Berat Kumulatif	
				Tertahan (%)	Lolos (%)
8	2.360	421.35	21.1	21.1	78.9
16	1.180	292.58	14.6	35.7	64.3
30	0.595	344.31	17.2	52.9	47.1
40	0.425	332.48	16.6	69.5	30.5
50	0.300	215.96	10.8	80.3	19.7
100	0.150	254.18	12.7	93.0	7.0
PAN	-	139.93	7.0	100.0	0.0
Jumlah		2000	100		

Pada tabel 13, hasil perhitungan analisa saringan patok 3 menunjukkan nilai persentase tertahan pada saringan nomor 8 sebesar 21,1% untuk jenis sedimen Kerikil, dan pada saringan nomor 16 hingga 100 sebesar 71,9% untuk jenis sedimen pasir. Nilai persentase tertahan pada PAN adalah 7,0% untuk jenis sedimen Lanau/Lempung.

*Tabel 14. Hasil Perhitungan Analisa Saringan Patok 4*

Nomor Saringan	Diameter Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertahan (gram)	Persentase Tertahan (%)	Berat Kumulatif	
				Tertahan (%)	Lolos (%)
8	2.360	432.61	21.6	21.6	78.4
16	1.180	271.20	13.6	35.2	64.8
30	0.595	320.61	16.0	51.2	48.8
40	0.425	251.82	12.6	63.8	36.2
50	0.300	260.49	13.0	76.8	23.2

100	0.150	280.10	14.0	90.8	9.2
PAN	-	200.99	10.0	100.0	0.0
Jumlah		2000	100		

Pada tabel 14, hasil perhitungan analisa saringan patok 4 menunjukkan nilai persentase tertahan pada saringan nomor 8 sebesar 21,6% untuk jenis sedimen Kerikil, dan pada saringan nomor 16 hingga 100 sebesar 68,4% untuk jenis sedimen pasir. Nilai persentase tertahan pada PAN adalah 10,0% untuk jenis sedimen Lanau/Lempung.

*Tabel 15. Hasil Perhitungan Analisa Saringan Patok 5*

Nomor Saringan	Diameter Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertahan (gram)	Persentase Tertahan (%)	Berat Kumulatif	
				Tertahan (%)	Lolos (%)
8	2.360	445.87	22.3	22.3	77.7
16	1.180	305.18	15.3	37.6	62.4
30	0.595	324.89	16.2	53.8	46.2
40	0.425	332.16	16.6	70.4	29.6
50	0.300	221.02	11.1	81.5	18.5
100	0.150	240.38	12.0	93.5	6.5
PAN	-	132.05	6.6	100.0	0.0
Jumlah		2000	100		

Pada tabel 15, hasil perhitungan analisa saringan patok 5 menunjukkan nilai persentase tertahan pada saringan nomor 8 sebesar 22,3% untuk jenis sedimen Kerikil, dan pada saringan nomor 16 hingga 100 sebesar 71,1% untuk jenis sedimen pasir. Nilai persentase tertahan pada PAN adalah 6,6% untuk jenis sedimen Lanau/Lempung.

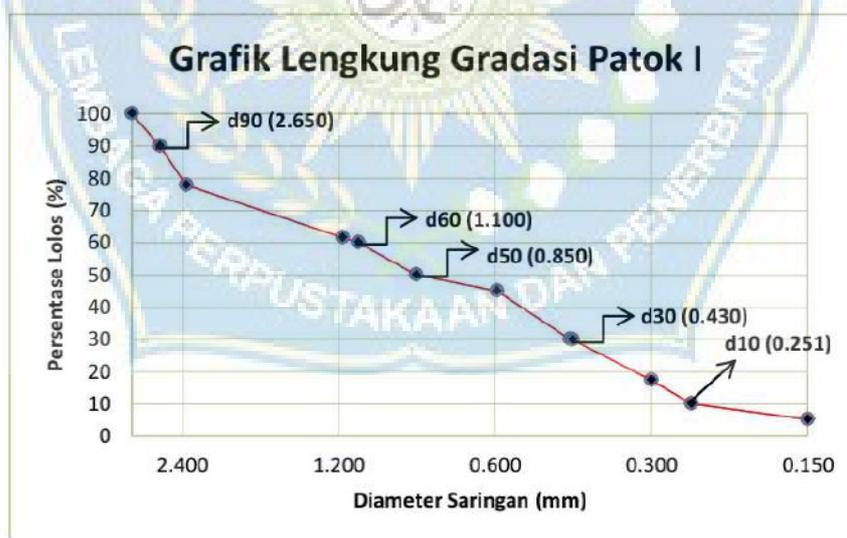
Tabel 16. Hasil Persentase Jenis Sedimen

Jenis Sedimen	Patok 1	Patok 2	Patok 3	Patok 4	Patok 5
Kerikil	22.1%	20.5%	21.1%	21.6%	22.3%
Pasir	72.8%	73.4%	71.9%	68.4%	71.1%
Lanau/Lempung	5.1%	6.1%	7.0%	10.0%	6.6%

Hasil pengujian analisa saringan menunjukkan bahwa sedimen di Sungai Kelara berupa:

- 1.) Kerikil : 21,5%
- 2.) Pasir : 71,5%
- 3.) Lanau/Lempung : 7,0%

Selain itu, koefisien keseragaman ( $C_u$ ) dan koefisien lengkungan ( $C_c$ ) dihitung melalui grafik lengkung gradasi:



Gambar 19. Grafik Lengkung Gradasi Patok I

Berdasarkan Grafik Lengkung Gradasi Patok 1, diperoleh Data :

$$d_{10} = 0,251$$

$$d_{30} = 0,430$$

$$d_{50} = 0,850$$

$$d_{60} = 1,100$$

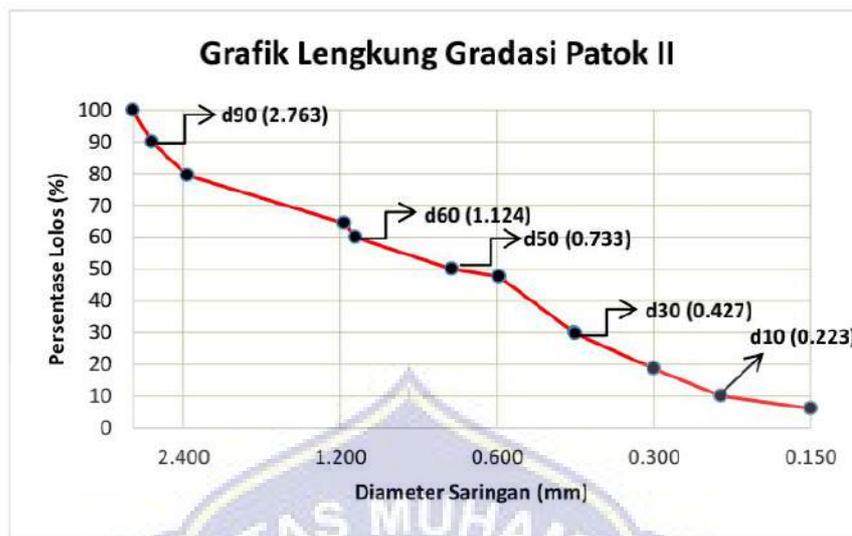
$$d_{90} = 2,650$$

Koefisien keseragaman ( $C_u$ ) :

$$\begin{aligned} C_u &= \frac{d_{60}}{d_{10}} \\ &= \frac{1,100}{0,251} \\ &= 4,382 \text{ mm} \end{aligned}$$

Koefisien Lengkungan ( $C_c$ ) :

$$\begin{aligned} C_c &= \frac{d_{30}^2}{d_{10} \times d_{60}} \\ &= \frac{0,430^2}{0,251 \times 1,100} \\ &= \frac{0,18490}{0,2761} \\ &= 0,670 \text{ mm} \end{aligned}$$



*Gambar 20. Grafik Lengkung Gradasi Patok 2*

Berdasarkan Grafik Lengkung Gradasi Patok 2, diperoleh Data :

$$d_{10} = 0,223$$

$$d_{30} = 0,427$$

$$d_{50} = 0,733$$

$$d_{60} = 1,124$$

$$d_{90} = 2,763$$

Koefisien keseragaman ( $C_u$ ) :

$$C_u = \frac{d_{60}}{d_{10}}$$

$$= \frac{1,124}{0,223}$$

$$= 5,040 \text{ mm}$$

Koefisien Lengkungan ( $C_c$ ) :

$$\begin{aligned}
 C_c &= \frac{d_{30}^2}{d_{10} \times d_{60}} \\
 &= \frac{0,427^2}{0,251 \times 1,124} \\
 &= \frac{0,18233}{0,250652} \\
 &= 0,727 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



Gambar 21. Grafik Lengkung Gradasi Patok 3

Berdasarkan Grafik Lengkung Gradasi Patok 3, diperoleh Data :

$$d_{10} = 0,236$$

$$d_{30} = 0,420$$

$$d_{50} = 0,741$$

$$d_{60} = 1,132$$

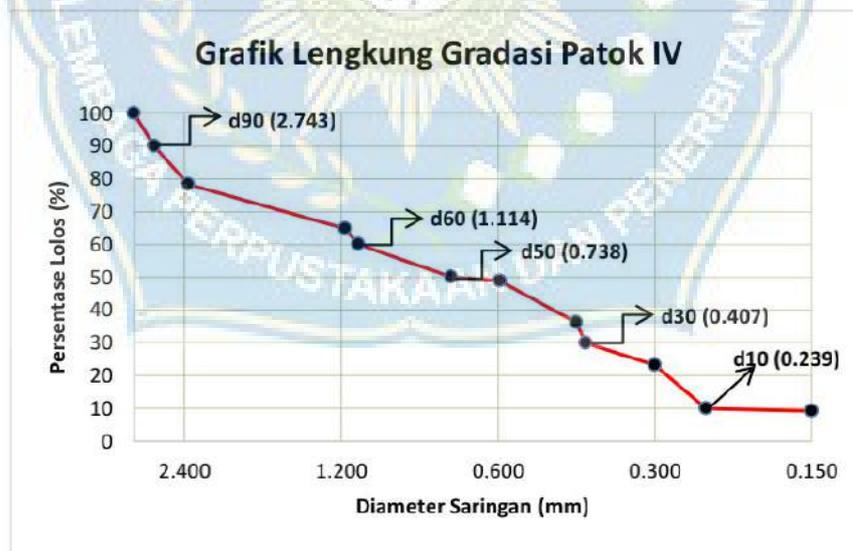
$$d_{90} = 2,786$$

Koefisien keseragaman (Cu) :

$$\begin{aligned} Cu &= \frac{d_{60}}{d_{30}} \\ &= \frac{1,132}{0,236} \\ &= 4,797 \text{ mm} \end{aligned}$$

Koefisien Lengkungan (Cc) :

$$\begin{aligned} Cc &= \frac{d_{30}^2}{d_{10} \times d_{60}} \\ &= \frac{0,420^2}{0,236 \times 1,132} \\ &= \frac{0,17640}{0,267152} \\ &= 0,660 \text{ mm} \end{aligned}$$



Gambar 22. Grafik Lengkung Gradasi Patok 4

Berdasarkan Grafik Lengkung Gradasi Patok 4, diperoleh Data :

$$d_{10} = 0,239$$

$$d_{30} = 0,407$$

$$d_{50} = 0,738$$

$$d_{60} = 1,114$$

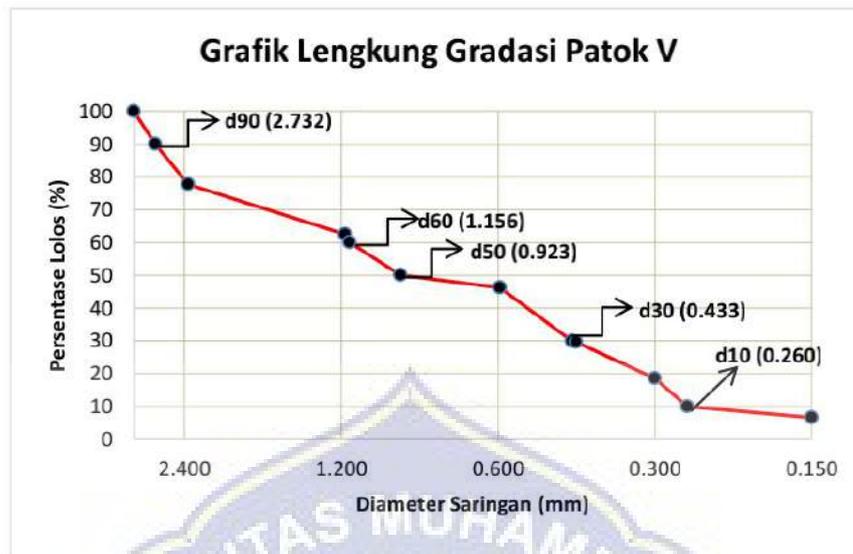
$$d_{90} = 2,743$$

Koefisien keseragaman ( $C_u$ ) :

$$\begin{aligned} C_u &= \frac{d_{60}}{d_{10}} \\ &= \frac{1,114}{0,239} \\ &= 4,661 \text{ mm} \end{aligned}$$

Koefisien Lengkungan ( $C_c$ ) :

$$\begin{aligned} C_c &= \frac{d_{30}^2}{d_{10} \times d_{60}} \\ &= \frac{0,407^2}{0,239 \times 1,114} \\ &= \frac{0,16565}{0,266246} \\ &= 0,622 \text{ mm} \end{aligned}$$



*Gambar 23. Grafik Lengkung Gradasi Patok 5*

Berdasarkan Grafik Lengkung Gradasi Patok 5, diperoleh Data :

$$d_{10} = 0,260$$

$$d_{30} = 0,433$$

$$d_{50} = 0,923$$

$$d_{60} = 1,156$$

$$d_{90} = 2,732$$

Koefisien keseragaman ( $C_u$ ) :

$$C_u = \frac{d_{60}}{d_{10}}$$

$$= \frac{1,156}{0,260}$$

$$= 4,446 \text{ mm}$$

Koefisien Lengkungan (Cc) :

$$\begin{aligned}
 Cc &= \frac{d_{30}^2}{d_{10} \times d_{60}} \\
 &= \frac{0,433^2}{0,260 \times 1,156} \\
 &= \frac{0,18749}{0,30056} \\
 &= 0,624 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Tabel 17. Rekapitulasi Koefisien Keseragaman (Cu) dan Lengkungan (Cc)

Titik	d10	d30	d50	d60	d90	CU	CC
P1	0.251	0.430	0.850	1.100	2.650	4.382	0.670
P2	0.223	0.427	0.733	1.124	2.763	5.040	0.727
P3	0.236	0.420	0.741	1.132	2.786	4.797	0.660
P4	0.239	0.407	0.738	1.114	2.743	4.661	0.622
P5	0.260	0.433	0.923	1.156	2.732	4.446	0.624
<b>Rata-rata</b>	<b>0.242</b>	<b>0.423</b>	<b>0.797</b>	<b>1.125</b>	<b>2.735</b>	<b>4.665</b>	<b>0.661</b>

Dari hasil perhitungan diatas didapatkan data sebagai berikut:

$$d_{10} = 0,242$$

$$d_{30} = 0,423$$

$$d_{50} = 0,797$$

$$d_{60} = 1,125$$

$$d_{90} = 2,735$$

$$\text{Koefisien Keseragaman (Cu)} = 4,665$$

$$\text{Koefisien Lengkungan (Cc)} = 0,661$$

Jika koefisien keseragaman ( $C_u$ ) untuk kerikil dan pasir lebih dari 4,0 dan 6,0 dan jika  $C_u$  lebih dari 15,0 tanah dianggap bergradasi baik. Selain itu, koefisien gradasi lengkungan ( $C_c$ ) untuk kerikil dan pasir berkisar antara 1.0 dan 3.0. (SNI 637:2015)

Jadi berdasarkan koefisien keseragaman, sedimen dasar pada bagian Sungai Kelara (setelah kolam olak Bendung Kelara) termasuk dalam kategori pasir bergradasi jelek atau kurang baik.

b. Berat Jenis Sedimen Dasar

Hasil data uji berat jenis sedimen dapat dilihat pada lampiran 7. Perhitungan berat jenis sedimen dasar atau didasarkan atas sampel sedimen dasar yang lolos saringan no.40 sebanyak 200gram dan dilakukan pengujian di laboratorium sehingga didapatkan berat jenis rata-rata sedimen dasar. Adapun perhitungan berat jenis sebagai berikut:

1.) Patok I

$$\begin{aligned} \text{Berat jenis GS I} &= \frac{w_1}{(W_5 + w_1 - w_4)} \times W_7 \\ &= \frac{200}{179} \times 0,9957 \\ &= 1,113 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat jenis GS II} &= \frac{w_1}{(W_5 + w_1 - w_4)} \times W_7 \\ &= \frac{200}{192} \times 0,9957 \end{aligned}$$

$$= 1,037$$

$$\text{Berat jenis rata-rata} = \frac{GS I + GS II}{2}$$

$$= \frac{1,113 + 1,037}{2}$$

$$= \frac{2,150}{2}$$

$$= 1,07$$

2.) Patok 2

$$\text{Berat jenis GS I} = \frac{w_1}{(w_5 + w_1 - w_4)} \times W_7$$

$$= \frac{200}{181} \times 0,9957$$

$$= 1,100$$

$$\text{Berat jenis GS II} = \frac{w_1}{(w_5 + w_1 - w_4)} \times W_7$$

$$= \frac{200}{189} \times 0,9957$$

$$= 1,054$$

$$\text{Berat jenis rata-rata} = \frac{GS I + GS II}{2}$$

$$= \frac{1,100 + 1,054}{2}$$

$$= \frac{2,154}{2}$$

$$= 1,08$$

### 3.) Patok 3

$$\text{Berat jenis GS I} = \frac{W_1}{(W_5 + W_1 - W_4)} \times W_7$$

$$= \frac{200}{179} \times 0,9957$$

$$= 1,113$$

$$\text{Berat jenis GS II} = \frac{W_1}{(W_5 + W_1 - W_4)} \times W_7$$

$$= \frac{200}{193} \times 0,9957$$

$$= 1,032$$

$$\text{Berat jenis rata-rata} = \frac{GS I + GS II}{2}$$

$$= \frac{1,113 + 1,032}{2}$$

$$= \frac{2,144}{2}$$

$$= 1,07$$

### 4.) Patok 4

$$\text{Berat jenis GS I} = \frac{W_1}{(W_5 + W_1 - W_4)} \times W_7$$

$$= \frac{200}{177} \times 0,9957$$

$$= 1,125$$

$$\text{Berat jenis GS II} = \frac{W1}{(W5 + W1 - W4)} \times W7$$

$$= \frac{200}{190} \times 0,9957$$

$$= 1,048$$

$$\text{Berat jenis rata-rata} = \frac{GS I + GS II}{2}$$

$$= \frac{1,125 + 1,048}{2}$$

$$= \frac{2,173}{2}$$

$$= 1,09$$

5.) Patok 5

$$\text{Berat jenis GS I} = \frac{W1}{(W5 + W1 - W4)} \times W7$$

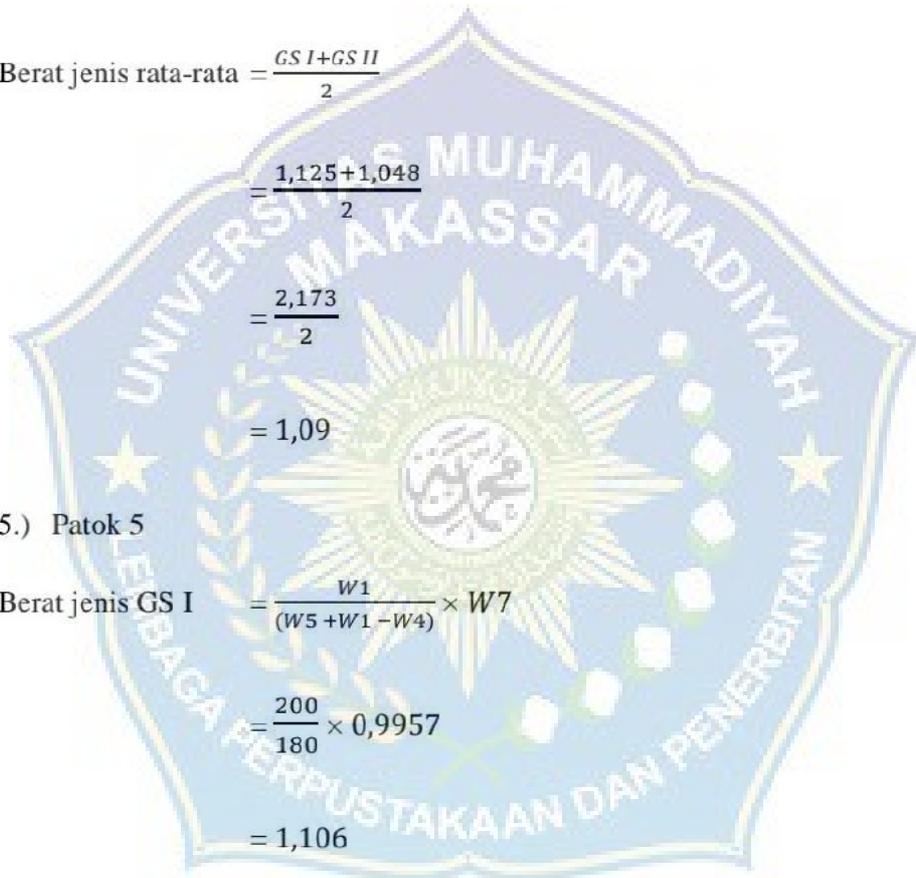
$$= \frac{200}{180} \times 0,9957$$

$$= 1,106$$

$$\text{Berat jenis GS II} = \frac{W1}{(W5 + W1 - W4)} \times W7$$

$$= \frac{200}{190} \times 0,9957$$

$$= 1,048$$



$$\begin{aligned}
 \text{Berat jenis rata-rata} &= \frac{GS I + GS II}{2} \\
 &= \frac{1,106 + 1,048}{2} \\
 &= \frac{2,154}{2} \\
 &= 1,08
 \end{aligned}$$

*Tabel 18. Hasil Berat Jenis Rata-rata*

Titik	Hasil Analisa
GS P1	1,07
GS P2	1,08
GS P3	1,07
GS P4	1,09
GS P5	1,08
<b>Rata-Rata</b>	<b>1,08</b>

Dari nilai berat jenis sedimen dasar tersebut diperoleh nilai bahwa sedimen yang terdapat pada bagian Sungai Kelara (setelah kolam olak Bendung Kelara) terdiri dari atas sedimen berjenis humus soil (I. D. Wesley, Mektan, Cetakan IV hal. 5, Tabel 1.1, Badan Penerbit Pekerjaan Umum).

c. Analisis Sedimen Dasar

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 layang.

- Perhitungan Debit Sedimen Dasar Q5 Tahun :

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

$$Qsd = 0,372 \times 20\%$$

$$Qsd = 0,074 \text{ ton/hari}$$

Untuk pertahun:

$$Qsd = 0,074 \text{ ton/hari} \times 365$$

$$Qsd = 27,01 \text{ ton/tahun}$$

Untuk dalam 5 tahun:

$$Qsd = 27,01 \text{ ton/tahun} \times 5$$

$$Qsd = 135,05 \text{ ton}$$

- Perhitungan Debit Sedimen Dasar Q10 Tahun :

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

$$Qsd = 0,453 \times 20\%$$

$$Qsd = 0,091 \text{ ton/hari}$$

Untuk pertahun:

$$Qsd = 0,091 \text{ ton/hari} \times 365$$

$$Qsd = 33,215 \text{ ton/tahun}$$

Untuk dalam 10 tahun:

$$Qsd = 33,215 \text{ ton/tahun} \times 10$$

$$Qsd = 332,15 \text{ ton}$$

d. Analisis sedimen dasar berdasarkan persamaan empiris metode Mayer Peter

Berdasarkan persamaan Mayer Peter perhitungan sedimen dasar (bed load), atau koefisien kekasaran, dimulai dengan menghitung besarnya kecepatan aliran rata-rata yang merupakan langkah pertama dalam menghitung sedimen dasar. Berikut perhitungan yang dapat diuraikan sebagai berikut:

- Perhitungan Sedimen Dasar 5 Tahun:

Berikut perhitungan sedimen dasar menggunakan metode Mayer Peter, diketahui :

Debit  $(Q) = 5,28 \text{ m}^3/\text{s}$

Luas Penampang  $(A) = 12,18 \text{ m}^2$

Lebar Sungai  $(B) = 18,12 \text{ m}$

Berat Jenis Sedimen Dasar  $(\gamma_s) = 1080 \text{ kg/m}^3$

Berat Jenis Air  $(\gamma) = 1000 \text{ kg/m}^3$

Percepatan Gravitasi  $(g) = 9,81$

Analisa Saringan Butir  $d_{90} = 2,735 \text{ mm}$

$$d_{60} = 1,125 \text{ mm}$$

$$d_{50} = 0,817 \text{ mm} \rightarrow 0,00817 \text{ m}$$

$$d_{30} = 0,423 \text{ mm}$$

$$d_{10} = 0,222 \text{ mm}$$

Kecepatan Rata-rata Aliran:

$$\begin{aligned} V &= \left( \frac{Q}{A} \right) \\ &= \left( \frac{5,28}{12,18} \right) \\ &= 0,43 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Kemiringan Dasar Sungai:

$$\begin{aligned} I &= \left( \frac{V}{k \times R^{2/3}} \right)^2 \\ &= \left( \frac{0,43}{40 \times 0,67^{2/3}} \right)^2 \\ &= \left( \frac{0,43}{40 \times 0,76} \right)^2 \\ &= \left( \frac{0,43}{30,4} \right)^2 \\ &= 0,000200 \% \end{aligned}$$

Koefisien Kekasaran Actual:

$$\begin{aligned} n' &= \frac{(d90)^{1/6}}{26} \\ &= \frac{(2,735)^{1/6}}{26} \\ &= 0,045 \end{aligned}$$

Nilai Intensitas Aliran ( $\Psi$ ):

$$\begin{aligned}
 \Psi &= \frac{y_s - y}{y} \times \frac{d_{50}}{I \left( \frac{n'}{n} \right)^{3/2} \times R} \\
 &= \frac{1080 - 1000}{1000} \times \frac{0,00817}{0,000200 \times \left( \frac{0,045}{0,040} \right)^{3/2} \times 0,67} \\
 &= \frac{80}{1000} \times \frac{0,00817}{0,000200 \times 1,193 \times 0,67} \\
 &= 0,08 \times 51,07739 \\
 &= 4,08619
 \end{aligned}$$

Nilai Muatan Sedimen Dasar (qb):

$$\begin{aligned}
 \Phi &= \left( \frac{4}{\Psi} - 0,188 \right)^{3/2} \\
 &= \left( \frac{4}{4,08619} - 0,188 \right)^{3/2} \\
 &= 0,703 \\
 qb &= \left( \frac{\Phi \times y_s}{\frac{y}{y_s - y} \times \frac{1}{g \times d_{50}^3}} \right) \\
 &= \left( \frac{0,703 \times 1080}{\frac{1000}{1080 - 1000} \times \frac{1}{9,81 \times 0,00817^3}} \right) \\
 &= 3,249 \times 10^{-4} \text{ kg/s/m}
 \end{aligned}$$

Jadi Besarnya Sedimen Dasar (Qb):

$$\begin{aligned}
 Qb &= qb \times B \\
 &= 3,249 \times 10^{-4} \times 18,2 \\
 &= 5,913 \times 10^{-3} \text{ kg/s} \\
 &= 5,913 \times 10^{-6} \text{ ton/s} \\
 &= 5,913 \times 10^{-6} \times 60 \times 60 \times 24 \\
 &= 0,511 \text{ ton/hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Qb &= 0,511 \text{ ton/hari} \times 365 \\
 &= 186,515 \text{ ton/tahun}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Qb &= 186,515 \text{ ton/tahun} \times 5 \\
 &= 932,575 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

- Perhitungan Sedimen Dasar 10 Tahun:

Berikut perhitungan sedimen dasar menggunakan metode Mayer Peter, diketahui :

Debit  $(Q) = 6,43 \text{ m}^3/\text{s}$

Luas Penampang  $(A) = 12,18 \text{ m}^2$

Lebar Sungai  $(B) = 18,12 \text{ m}$

Berat Jenis Sedimen Dasar  $(\gamma_s) = 1080 \text{ kg/m}^3$

Berat Jenis Air  $(\gamma) = 1000 \text{ kg/m}^3$

Percepatan Gravitasi (g) = 9,81

Analisa Saringan Butir  $d_{90} = 2,735 \text{ mm}$

$d_{60} = 1,125 \text{ mm}$

$d_{50} = 0,817 \text{ mm} \rightarrow 0,00817 \text{ m}$

$d_{30} = 0,423 \text{ mm}$

$d_{10} = 0,222 \text{ mm}$

Kecepatan Rata-rata Aliran:

$$\begin{aligned} V &= \left( \frac{Q}{A} \right) \\ &= \left( \frac{6,43}{12,18} \right) \\ &= 0,53 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Kemiringan Dasar Sungai:

$$\begin{aligned} I &= \left( \frac{V}{k \times R^{2/3}} \right)^2 \\ &= \left( \frac{0,53}{40 \times 0,67^{2/3}} \right)^2 \\ &= \left( \frac{0,53}{40 \times 0,76} \right)^2 \\ &= \left( \frac{0,53}{30,4} \right)^2 \\ &= 0,000304 \% \end{aligned}$$

Koefisien Kekasaran Actual:

$$\begin{aligned} n' &= \frac{(d_{90})^{1/6}}{26} \\ &= \frac{(2,735)^{1/6}}{26} \\ &= 0,045 \end{aligned}$$

Nilai Intensitas Aliran ( $\Psi$ ):

$$\begin{aligned} \Psi &= \frac{y_s - y}{y} \times \frac{d_{50}}{I \left( \frac{n'}{n} \right)^{3/2} \times R} \\ &= \frac{1080 - 1000}{1000} \times \frac{0,00817}{0,000304 \times \left( \frac{0,045}{0,040} \right)^{3/2} \times 0,67} \\ &= \frac{80}{1000} \times \frac{0,00817}{0,000200 \times 1,193 \times 0,67} \\ &= 0,08 \times 33,62125 \\ &= 2,68970 \end{aligned}$$

Nilai Muatan Sedimen Dasar ( $q_b$ ):

$$\begin{aligned} \Phi &= \left( \frac{4}{\Psi} - 0,188 \right)^{3/2} \\ &= \left( \frac{4}{2,68970} - 0,188 \right)^{3/2} \\ &= 1,481 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 qb &= \left( \frac{\Phi \times \gamma_s}{\frac{\gamma}{\gamma_s - \gamma} \times \frac{1}{g \times d^{50^3}}} \right) \\
 &= \left( \frac{1,481 \times 1080}{\frac{1000}{1080 - 1000} \times \frac{1}{9,81 \times 0,00817^3}} \right) \\
 &= 6,845 \times 10^{-4} \text{ kg/s/m}
 \end{aligned}$$

Jadi Besarnya Sedimen Dasar (Qb):

$$\begin{aligned}
 Qb &= qb \times B \\
 &= 6,845 \times 10^{-4} \times 18,2 \\
 &= 1,246 \times 10^{-2} \text{ kg/s} \\
 &= 1,246 \times 10^{-5} \text{ ton/s} \\
 &= 1,246 \times 10^{-5} \times 60 \times 60 \times 24 \\
 &= 1,077 \text{ ton/hari} \\
 Qb &= 1,077 \text{ ton/hari} \times 365 \\
 &= 393,105 \text{ ton/tahun} \\
 Qb &= 393,105 \text{ ton/tahun} \times 10 \\
 &= 3931,05 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

e. Analisis sedimen dasar berdasarkan persamaan Metode Einstein

Einstein (1950) menetapkan persamaan muatan dasar sebagai persamaan yang menghubungkan material dasar dengan pengaliran setempat (local flow). Einstein menggunakan  $D = D_{35}$  untuk parameter angkutan, sedangkan untuk kekasaran digunakan  $D = D_{65}$ . Hubungan antara kemungkinan butiran akan terangkut dengan intensitas angkutan dasar dijabarkan sebagai berikut :

$$Q_b = \phi (g \cdot \Delta \cdot D_{35}^3)^{1/2}$$

$$\phi = 0,044638 + 0,36249 \Psi' - 0,226795 \Psi'^2 + 0,036 \Psi'^3$$

- Perhitungan Sedimen Dasar 5 Tahun:

Diketahui :

Luas penampang	(A)	= 12,18 m <sup>2</sup>
Lebar sungai	(B)	= 18,2 m
Debit aliran	(Q)	= 5,28 m <sup>3</sup> /dtk
Kecepatan rata-rata	(V)	= 0,43 m/dtk
Jari-jari hidrolis	(R)	= 0,67 m
Kemiringan dasar saluran	(I)	= 0,000200
Berat jenis sedimen	( $\gamma_s$ )	= 1,080 gr/cm <sup>3</sup> → (1080 kg/m <sup>3</sup> )
Berat jenis air	( $\gamma_w$ )	= 1000 kg/m <sup>3</sup>
$\Delta = (\gamma_s - \gamma_w) / \gamma_w$		= 0,08
$S = (\gamma_s - \gamma_w)$		= 80
Gaya gravitasi	(g)	= 9,81 m/dtk
Diameter butiran	(D <sub>35</sub> )	= 0,000572 m

$$(D_{65}) = 0,001267 \text{ m}$$

Mencari nilai friction factor angkutan (C) sedimen menggunakan persamaan ,yaitu :

$$C = \frac{V^*}{\sqrt{R \cdot I}}$$

$$C = \frac{0,43}{\sqrt{0,67 \times 0,000200}}$$

$$= 37,146$$

Mencari nilai friction factor intensif (C') sedimen menggunakan persamaan ,yaitu:

$$C' = 18 \log \frac{12 \cdot R}{D_{65}}$$

$$C' = 18 \log \frac{12 \times 0,67}{0,001267}$$

$$= 68,445$$

Sehingga dapat di hitung ripple factor nya sebagai berikut:

$$\mu = \left(\frac{C}{C'}\right)^{3/2}$$

$$\mu = \left(\frac{37,146}{68,445}\right)^{3/2}$$

$$= 0,400$$

Intensitas pengaliran efektif dirumuskan sebagai berikut :

$$\Psi' = \frac{\mu \cdot R \cdot I}{\Delta \cdot D_{35}}$$

$$\Psi' = \frac{0,400 \times 0,67 \times 0,000200}{0,08 \times 0,000572}$$

$$= 1,171$$

Selanjutnya menghitung intensitas laju sedimen ( $\phi$ ) menggunakan persamaan yaitu:

$$\begin{aligned}\phi &= 0,044638 + 0,36249 \Psi' - 0,226795 \Psi'^2 + 0,036 \Psi'^3 \\ \phi &= 0,044638 + 0,36249 \times 1,171 - 0,226795 \times 1,171^2 + 0,036 \times 1,171^3 \\ &= 0,044638 + 0,424 - 0,311 + 0,058 \\ &= 0,0997\end{aligned}$$

Dengan demikian jumlah sedimen yang terangkut persatuan waktu dapat dihitung dengan persamaan yaitu :

$$\begin{aligned}Qb &= \left( \phi (g \cdot \Delta \cdot D_{35}^3)^{1/2} \right) \\ Qb &= \left( 0,0997 (9,81 \times 0,08 \times 0,000572^3)^{1/2} \right) \\ &= \left( 0,0997 (0,785 \times 0,000572^3)^{1/2} \right) \\ &= 1,208 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{det}\end{aligned}$$

Selanjutnya menghitung jumlah sedimen yang terangkut persatuan hari dapat dihitung dengan persamaan yaitu :

$$\begin{aligned}Qb &= 1,208 \times 10^{-6} \times 60 \times 60 \times 24 \\ &= 0,104 \text{ m}^3/\text{hari}\end{aligned}$$

Jadi satuan volume ( $\text{m}^3$ ) ditransfer ke satuan berat (ton):

$$\begin{aligned}Qb &= 0,104 \times 0,353 \\ &= 0,037 \text{ ton/hari}\end{aligned}$$

$$Qb = 0,037 \text{ ton/hari} \times 365$$

$$= 13,505 \text{ ton/tahun}$$

$$Qb = 13,505 \text{ ton/tahun} \times 5$$

$$= 67,525 \text{ ton}$$

- Perhitungan Sedimen Dasar 10 Tahun:

Diketahui :

Luas penampang	(A)	= 12,18 m <sup>2</sup>
Lebar sungai	(B)	= 18,2 m
Debit aliran	(Q)	= 6,43 m <sup>3</sup> /dtk
Kecepatan rata-rata	(V)	= 0,53 m/dtk
Jari-jari hidrolis	(R)	= 0,67 m
Kemiringan dasar saluran	(I)	= 0,000304
Berat jenis sedimen	( $\gamma_s$ )	= 1,080 gr/cm <sup>3</sup> → (1080 kg/m <sup>3</sup> )
Berat jenis air	( $\gamma_w$ )	= 1000 kg/m <sup>3</sup>
$\Delta = (\gamma_s - \gamma_w) / \gamma_w$		= 0,08
$S = (\gamma_s - \gamma_w)$		= 80
Gaya gravitasi	(g)	= 9,81 m/dtk
Diameter butiran	(D35)	= 0,000572 m
	(D65)	= 0,001267 m

Mencari nilai friction factor angkutan (C) sedimen menggunakan persamaan ,yaitu :

$$C = \frac{V^*}{\sqrt{R \cdot I}}$$

$$C = \frac{0,53}{\sqrt{0,67 \times 0,000304}}$$

$$= 37,137$$

Mencari nilai friction factor intensif (C') sedimen menggunakan persamaan ,yaitu:

$$C' = 18 \log \frac{12 \cdot R}{D_{65}}$$

$$C' = 18 \log \frac{12 \times 0,67}{0,001267}$$

$$= 68,445$$

Sehingga dapat di hitung ripple factor nya sebagai berikut:

$$\mu = \left(\frac{C}{C'}\right)^{3/2}$$

$$\mu = \left(\frac{37,137}{68,445}\right)^{3/2}$$

$$= 0,400$$

Intensitas pengaliran efektif dirumuskan sebagai berikut :

$$\Psi' = \frac{\mu \cdot R \cdot I}{\Delta \cdot D_{35}}$$

$$\Psi' = \frac{0,400 \times 0,67 \times 0,000304}{0,08 \times 0,000572}$$

$$= 1,780$$

Selanjutnya menghitung intensitas laju sedimen ( $\phi$ ) menggunakan persamaan yaitu:

$$\phi = 0,044638 + 0,36249 \psi' - 0,226795 \psi'^2 + 0,036 \psi'^3$$

$$\begin{aligned} \phi &= 0,044638 + 0,36249 \times 1,780 - 0,226795 \times 1,780^2 + 0,036 \times 1,780^3 \\ &= 0,174 \end{aligned}$$

Dengan demikian jumlah sedimen yang terangkut persatuan waktu dapat dihitung dengan persamaan yaitu :

$$Qb = \left( \phi (g \cdot \Delta \cdot D_{35}^3)^{1/2} \right)$$

$$Qb = \left( 0,174 (9,81 \times 0,08 \times 0,000572^3)^{1/2} \right)$$

$$= \left( 0,174 (0,785 \times 0,000572^3)^{1/2} \right)$$

$$= 2,109 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{det}$$

Selanjutnya menghitung jumlah sedimen yang terangkut persatuan hari dapat dihitung dengan persamaan yaitu :

$$Qb = 2,109 \times 10^{-6} \times 60 \times 60 \times 24$$

$$= 0,182 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Jadi satuan volume ( $\text{m}^3$ ) ditransfer ke satuan berat (ton):

$$Qb = 0,182 \times 0,353$$

$$= 0,064 \text{ ton/hari}$$

$$Qb = 0,064 \text{ ton/hari} \times 365$$

$$= 23,36 \text{ ton/tahun}$$

$$Q_b = 23,36 \text{ ton/tahun} \times 10$$

$$= 233,6 \text{ ton}$$

Tabel 19. Tabel Rekapitulasi Debit Sedimen Dasar

Besarnya Sedimen Dasar (Q <sub>b</sub> )	Berdasarkan Pendekatan Mayer-Peter	Berdasarkan Pendekatan Einstein	Berdasarkan Hitungan di Lapangan		Sedimen Melayang Berdasarkan Metode USBR
			Sedimen Dasar (Q <sub>sd</sub> )	Sedimen Melayang (Q <sub>sm</sub> )	
Q <sub>b</sub> 5 tahun (ton/hari)	0,511 ton	0,037 ton	0,074 ton	0,101 ton	0,372 ton
Q <sub>b</sub> 10 tahun (ton/hari)	1,077 ton	0,064 ton	0,091 ton	0,150 ton	0,453 ton
Q <sub>b</sub> dalam 5 tahun	932,575 ton	67,525 ton	135,05 ton	184,325 ton	678,9 ton
Q <sub>b</sub> dalam 10 tahun	3931,05 ton	233,6 ton	332,15 ton	547,5 ton	1653,45 ton

Pada Tabel 16 menunjukkan bahwa hasil dari pendekatan Metode Einstein yang mendekati dengan hasil perhitungan di lapangan, sehingga adapun perhitungan yang cukup efisien untuk menghitung sedimen di Sungai Kelara.

Yaitu, jumlah total angkutan sedimennya adalah:

$$\text{Angkutan sedimen melayang selama 10 tahun} = 547,5 \text{ ton}$$

$$\underline{\text{Angkutan sedimen dasar selama 10 tahun}} = \underline{233,6 \text{ ton}}$$

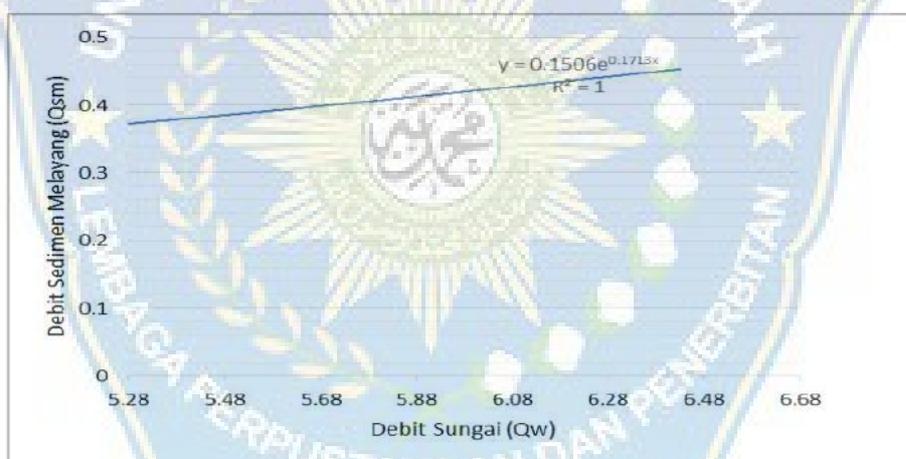
$$= 781,1 \text{ ton}$$

## B. Pembahasan

### 1. Sedimen Melayang (*Suspended Load*)

Berdasarkan data yang disajikan dalam lampiran 5, berat sedimen melayang (*suspended load*) dan data konsentrasi sedimen ( $C_s$ ) diperoleh melalui pengambilan sampel dan pengujian sampel di laboratorium. Hasil dari tabel persentase konsentrasi sedimen menurut Borland dan Maddock menunjukkan bahwa konsentrasi sedimen (814,67 ppm) termasuk dalam kategori konsentrasi sedimen kecil.

Berdasarkan pada perhitungan debit sedimen melayang ( $Q_{sm}$ ) yang diperoleh, Gambar 24 menunjukkan hubungan antara debit sedimen melayang ( $Q_{sm}$ ) dan debit sungai ( $Q_w$ ).



Gambar 24. Grafik Hubungan Debit Aliran dan Debit Sedimen Melayang

Seperti yang ditunjukkan oleh grafik debit sedimen melayang ( $Q_{sm}$ ) dan debit aliran ( $Q_w$ ) pada gambar 24, debit aliran sungai Kelara nampaknya lebih besar dari pada debit sedimen melayang. Namun, karena debit aliran sungai Kelara lebih besar, sedimen melayang akan terbawa dengan cepat.

## 2. Sedimen Dasar (*Bed Load*)

Hasil analisis perhitungan berat jenis sedimen dasar (*bed load*) dilakukan setelah sampel diambil dan diuji di laboratorium. Dari data ini, kami dapat mengetahui gradasi, ukuran butir, dan volume sedimen pada bagian Sungai Kelara (setelah kolam olak Bendung Kelara). Selain itu, pengukuran muatan sedimen dasar dilakukan pada tugas akhir ini dengan menggunakan pendekatan Mayer-Peter dan pendekatan Einstein.

Berdasarkan tabel hasil perhitungan analisa saringan (lampiran 6) grafik lengkung gradasi, susunan butir atau gradasi masuk dalam jenis gradasi seragam (*uniform graded*) atau gradasi kurang baik dimana terdapat butiran kasar sampai halus.

Untuk hasil analisis perhitungan berat jenis ( $G_s$ ) sedimen dasar juga menunjukkan bahwa berat jenis ( $G_s$ ) sedimen dasar (*bed load*) pada bagian Sungai Kelara (setelah kolam olak Bendung Kelara) adalah 1,08 dengan sedimen yang biasanya terdiri dari gambut.

Banyak persamaan untuk memperkirakan muatan sedimen dasar telah dikembangkan, tetapi penerapannya untuk penyelidikan di lapangan masih membutuhkan penelitian lebih lanjut. Beberapa persamaan untuk memperkirakan biasanya berasal dari penyelidikan di laboratorium skala kecil. Selain itu, penerapannya terbatas pada kesamaan kondisi hidrolis dan material sedimen seperti kondisi awal persamaan tersebut dikembangkan. Namun, dalam tugas akhir ini, hanya persamaan Mayer-Peter dan Einstein yang digunakan. Dari hasil

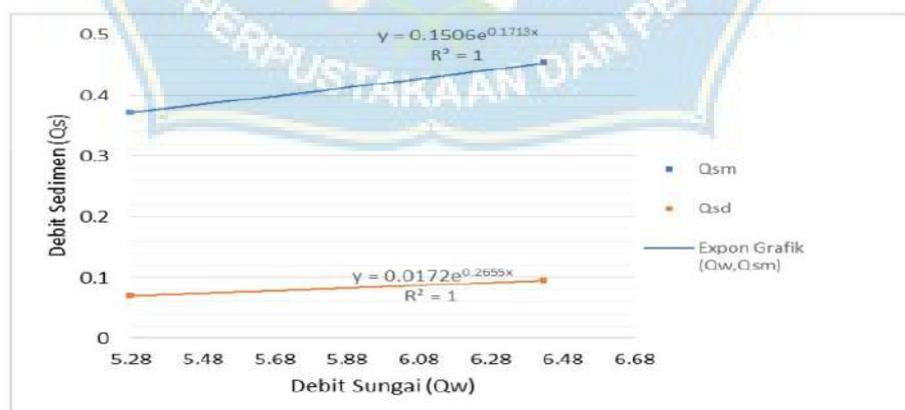
perhitungan yang dapat dilihat pada tabel 19, menunjukkan bahwa persamaan Einstein yang mendekati dengan hasil perhitungan di lapangan.

Pada perhitungan debit sedimen dasar (Qsd) yang diperoleh dapat dilihat grafik debit sedimen dasar (Qsd) dengan debit aliran (Qw) pada gambar 25. Dari gambar terlihat bahwa debit aliran sungai Kelara lebih Tinggi dibandingkan dengan debit sedimen dasar.



Gambar 25. Grafik Hubungan Debit Aliran dan Debit Sedimen Dasar

Pada gambar 26 grafik hubungan debit aliran dengan debit sedimen terlihat bahwa tingginya debit aliran sungai mempengaruhi kecepatan sedimen melayang, dan debit sedimen melayang mempengaruhi besarnya debit sedimen dasar.



Gambar 26. Grafik Hubungan Debit Aliran dan Debit Sedimen

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **A. Kesimpulan**

Adapun kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Berdasarkan tingkat sedimentasi berat sedimen melayang dan data konsentrasi sedimen (Cs) yang diperoleh melalui pengambilan sampel dan pengujian sampel di laboratorium, hasil dari persentase konsentrasi sedimen menurut Borland dan Maddock menunjukkan bahwa konsentrasi sedimen (814,67 ppm) termasuk dalam kategori kecil.
2. Berdasarkan data hasil uji sampel sedimen di laboratorium diperoleh analisa karakteristik sedimen, dimana karakteristik sedimen berdasarkan analisa saringan yaitu kerikil (21,5%), pasir (71,5%) dan lanau/lempung (7,0%). Sedangkan karakteristik sedimen berdasarkan hasil berat jenis yaitu sedimen jenis humus soil.
3. Berdasarkan analisa perhitungan laju sedimen diperoleh hasil, untuk laju sedimen melayang (Suspended Load) pada hasil perhitungan di lapangan sebanyak 0,150 ton/hari dan dalam 10 tahun 547,5 ton. Sedangkan perhitungan dengan menggunakan metode USBR (United State Beureu Reclamation) sebanyak 0,453 ton/hari, dan dalam 10 tahun 1653,45 ton. Untuk laju sedimen dasar (Bed Load) pada hasil perhitungan di lapangan sebanyak 0,091 ton/hari dan dalam 10 tahun 332,15 ton. Untuk metode pendekatan digunakan dengan metode Mayer-Peter dan metode Einstein,

yang mendekati hasil dari perhitungan di lapangan yaitu menggunakan metode Einstein sebanyak 0,064 ton/hari, dan dalam 10 tahun 233,6 ton.

## **B. Saran**

1. Perlu dilakukan pemantauan rutin terhadap sedimentasi disekitar bendung tersebut oleh dinas yang terkait.
2. Masyarakat juga perlu paham, terutama yang berdomisili di daerah aliran sungai Kelara agar masyarakat sadar betapa pentingnya melestarikan alam dan lingkungan, sehingga tidak melakukan tindakan-tindakan yang dapat menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungannya.
3. Untuk mendapatkan hasil data yang lebih baik, disarankan titik pengambilan data yang lebih banyak dan lebih kompleks untuk penelitian selanjutnya.



**DAFTAR PUSTAKA**

- Muhammad Akbar, Rahmawati, 2023. Analisis Sedimentasi Pada Bendung Awo Kabupaten Wajo. *Jurnal Karajata Engineering* Vol.3 No.1, Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Parepare.
- Andri Prakusumo Dewo. 2019. Analisis Hidrolis Tubuh Bendung dan Kolam Olak pada Perencanaan Irigasi di Universitas Internasional Batam. *UIB Repository*.
- Zahrah Septina Nur Jamal, Andi Nurtini Awaliyah, 2022. Studi Laju Sedimen dan Pengendapan Sungai Cakura Kabupaten Takalar. *Jurnal Teknik Sipil Macca* Vol.X No.X, November 2022.
- Mochammad Harris. Pola Aliran Sungai: Pengertian, Jenis, Proses Terbentuknya. Diakses pada Senin 7 Agustus 2023.  
[https://www.gramedia.com/literasi/pola-aliran-sungai/#Pengertian\\_Sungai](https://www.gramedia.com/literasi/pola-aliran-sungai/#Pengertian_Sungai)
- Ikrima Staddal, Oteng Haridjaja, Yayat Hidayat, 2016. Analisis Debit Aliran Sungai DAS Bila Sulawesi Selatan. *Jurnal Departemen Mesin dan Peralatan Pertanian, Politeknik Gorontalo*.
- Zulvyah Faisal, Aksan Djamal, 2019. Tinjauan Elevasi Bendung Kelara Terhadap Elevasi Sawah Tertinggi di Daerah Irigasi Kelara-Karallo Kabupaten Jeneponto. *Jurnal Prosiding Seminar Nasional Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat 2019* (pp.23-26).
- Badaruddin, Tri Satriawansyah, Faturrahman, 2017. Analisis Sedimentasi Pada Bendung Sila Desa Stowe Berang Kecamatan Utan Kabupaten Sumbawa. *Jurnal Saintek UNSA* Vol. 2 No.1.
- Wahyudi Akbar, Andang Suryana Soma, Usman Arsyad, 2022. Analisis Perubahan Penutupan Lahan di Daerah Aliran Sungai Kelara Menggunakan Citra Sentinel 2. *Jurnal Hutan dan Masyarakat* Vol.14(2):73-87, Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin.
- Indarto, 2016. *Hidrologi (Metode Analisis dan Tool Untuk Interpretasi Hidrograf Aliran Sungai)*. Bumi Aksara : Jakarta.

Lubna, Bagus Budianto, Anid Supriyadi, 2020. Analisis Penyebaran Stasiun Hujan Dengan Metode Kagan-Rodda Di Das Babak Dan Pengaruhnya Terhadap Debit Banjir Rancangan.

Andi Syahrul Hidayat, 2019. Analisis Debit Banjir Rencana Embung Kelara Kabupaten Jeneponto. Jurnal Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar.

