

TUGAS AKHIR

ANALISIS LAJU SEDIMEN PADA SUNGAI PERCUT DALAM RANGKA MENINGKATKAN EFEKTIVITAS OPERASI KANTONG LUMPUR SEBELAH KANAN BENDUNG BANDAR SIDORAS (Studi kasus)

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat-Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Sipil Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

**ARIS MALAJOGI
1707210043**



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2021**

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Aris Malajogi

NPM : 1707210043

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : “Analisis Laju Sedimen Pada Sungai Percut Dalam Rangka Meningkatkan Efektivitas Operasi Kantong Lumpur Sebelah Kanan Di Bendung Bandar Sidoras (Studi Kasus)”

Bidang ilmu : Transportasi



DISETUJUI UNTUK DISAMPAIKAN KEPADA
PANITIA UJIAN SKRIPSI

Medan, 24 April 2022

Dosen Pembimbing



Sayed Iskandar Muda, S.T., M.T

UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

HALAMAN PENGESAHAN

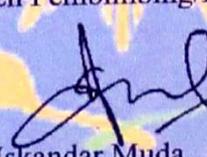
Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Aris Malajogi
NPM : 1707210043
Program Studi : Teknik Sipil
Bidang Ilmu : Transportasi
Judul Skripsi : Analisis Laju Sedimen Pada Sungai Percut Dalam Rangka Meningkatkan Efektivitas Operasi Kantong Lumpur Sebelah Kanan Di Bendung Bandar Sidoras (Studi Kasus)

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

Medan, Mei 2022

Mengetahui dan menyetujui:
Dosen Pembimbing/Penguji



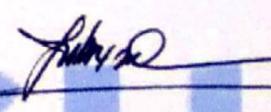
Sayed Iskandar Muda, S.T., M.T

Dosen Pembanding I

Dosen Pembanding II



Randi Gunawan S.T., MSi



Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc

Ketua Prodi Teknik Sipil



Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Lengkap : Aris Malajogi
Tempat /Tanggal Lahir : Medan, 05 November 1999
NPM : 1707210043
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa Laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

“Analisis Laju Sedimen Pada Sungai Percut Dalam Rangka Meningkatkan Efektivitas Operasi Kantong Lumpur Sebelah Kanan Di Bendung Bandar Sidoras (*Studi Kasus*) ”

Bukan merupakan plagiarism, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material serta segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinil dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidak sesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat serupa pembatalan kelulusan/kesarjana saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan keadaan sadar dan tidak dalam tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun, demi menegakkan integritas Akademik di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, Mei 2022

Saya yang menyatakan,


Aris Malajogi

ABSTRAK

ANALISIS LAJU SEDIMEN PADA SUNGAI PERCUT DALAM RANGKA MENINGKATKAN EFEKTIVITAS OPERASI KANTONG LUMPUR SEBELAH KANAN DI BENDUNG BANDAR SIDORAS

(STUDI KASUS)

Aris Malajogi
1707210043

Sayed Iskandar Muda , S.T., M.T

Sedimentasi adalah proses pengendapan material yang terangkut oleh aliran dari bagian hulu. Proses sedimentasi meliputi proses erosi, angkutan, pengendapan, dan pemadatan sedimen. Penelitian pada Bendung Air yang terletak di Kecamatan Percut Sei Tuan Kabupaten Deli Serdang dilakukan untuk mengetahui laju sedimentasi yang masuk pada kantong lumpur di Bendung Bandar Sidoras, memeriksa efisiensi dari kantong lumpur, mengevaluasi kecukupan dimensi kantong lumpur demi menyusun jadwal pembersihan kantong lumpur yang lebih baik dibanding waktu lalu.

Metode yang digunakan untuk menghitung jumlah angkutan sedimen adalah metode yang terdapat pada SNI-3414 yang juga memuat tentang pengambilan sampel. Dimana sample yang diambil nantinya akan diteliti di laboratorium demi menemukan data yang dicari. Tahapan pelaksanaan penelitian yaitu pengujian sampel sedimen, pengukuran kecepatan aliran dan dimensi saluran kemudian dilakukan perhitungan dan analisis data. Hasil dari salah perhitungan volume digunakan untuk perencanaan penjadwalan pembersihan kantong lumpur.

Hasil perhitungan menggunakan metode *Meyer Petter Muller*, didapatkan nilai debit laju sedimen pada kantong lumpur sebesar 568,8 ton/hari. Volume kantong lumpur Bendung Bandar sidoras adalah $2470 m^3$, kantong lumpur perlu dibilas selama dua belas hari sekali agar sedimen tidak menumpuk pada kantong lumpur.

Kata kunci: sedimen, bendung, kantong lumpur dan efisiensi

ABSTRACT

ANALYSIS OF PERCUT RIVERS SEDIMENT RATE IN ORDER TO INCREASE THE OPERATING EFFECTIVENESS OF RIGHT SIDE SANDTRAP OF BANDAR SIDORAS WEIR

(CASE STUDY)

Aris Malajogi

1707210043

Sayed Iskandar Muda , S.T., M.T

Sedimentation is the process of deposition of material transported by flow from the upstream. The sedimentation process includes the process of erosion, transportation, deposition, and sediment compaction. Research on the Weir located in Percut Sei Tuan District, Deli Serdang Regency was carried out to determine the rate of sedimentation entering the sandtrap at the Bandar Sidoras Weir, to check the efficiency of the sandtrap, to evaluate the adequacy of the dimensions of the sandtrap in order to arrange a schedule for cleaning the sandtrap which is better than the latter time.

The method used to calculate the amount of sediment transport is the method contained in SNI-3414 which also includes sampling. Where the sample taken will be examined in the laboratory in order to find the data sought. The stages of carrying out the research are testing sediment samples, measuring flow velocity and channel dimensions, then calculating and analyzing data. The result of the volume miscalculation is used for planning the schedule for cleaning the sandtrap.

The results of the calculation using the Meyer Petter Muller method, the sediment rate discharge value in the sandtrap is 568,8 tons/day. The volume of the Bandar Sidoras Dam sandtrap is 2470 m³, the sandtrap needs to be flushed every three days so that sediment does not accumulate in the sandtrap.

Keywords: *sediment, weir, sandtrap and efficiency*

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Analisis Laju Sedimen Pada Sungai Percut Dalam Rangka Meningkatkan Efektifitas Operasi Kantong Lumpur Sebelah Kanan Di Bendung Bandar Sidoras (*Studi Kasus*) ”** ini dengan baik.

Shalawat dan salam senantiasa tercurah kepada Rasulullah SAW yang telah mengantarkan umat manusia dari zaman kegelapan ke zaman yang terang benderang seperti saat ini. Penyusunan skripsi ini dimaksudkan untuk memenuhi sebagian syarat-syarat guna mencapai gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak dapat terselesaikan tanpa dukungan dari berbagai pihak baik moril maupun materil. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini terutama kepada:

1. Bapak Munawar Alfansuri Siregar S.T, M.Sc, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain S.T, MSc selaku Dosen Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dan Pembanding II yang telah mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Proposal Tugas Akhir ini.
3. Bapak Sayed Iskandar Muda , S.T., M.T Selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing, memberikan saran dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
4. Bapak Randi Gunawan S.T., MSi selaku Dosen Pembanding I yang telah mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Proposal Tugas Akhir ini.

5. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu ketekniksipilan kepada penulis.
6. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Sumatera utara.
7. Teristimewa sekali kepada kedua orang tua saya Bapak Amin Amir, dan Ibu Misiani, yang telah mendukung saya dan bersusah payah membesarkan dengan kasih sayang yang tiada habisnya.
8. Kepada seluruh keluarga besar saya yang telah memberi motivasinya sampai saat ini.
9. Sahabat-sahabat saya Andra Ayunda, Gilang Mahardika, Jefri Alrido Telaumbanua, dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu-persatu.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang membangun untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia Transportasi Teknik Sipil.

Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih dan rasa hormat yang sebesar besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tugas ini. Semoga Tugas Akhir ini bisa memberikan manfaat bagi kita semua terutama bagi penulis dan juga bagi teman-teman mahasiswa Teknik Sipil.

Medan, Mei 2022

Aris Malajogi

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PENGESAHAN	iii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	IV
ABSTRAK	V
ABSTRACT	VI
KATA PENGANTAR	VII
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Penelitian	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	2
1.6 Sistematika Pembahasan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Irigasi	4
2.1.1 Bangunan Utama Pada Jaringan Irigasi	4
2.1.2 Bendung	5
2.1.3 Macam - Macam Bendung	5
2.2 Bendung Karet	6

2.2.1 Perencanaan Bendung Karet	6
2.2.2 Kriteria Bendung Yang Baik	8
2.2.3 Perencanaan Bendung Karet	9
2.2.4 Perencanaan Tubuh Bendung	10
2.2.5 Perencanaan Instalasi	10
2.2.6 Permasalahan Bendung Karet	15
2.3 Kantong Lumpur	15
2.3.1 Pesyaratan Kantong Lumpur.	16
2.4 Daerah Irigasi Bandar Sidoras	23
2.4.1 Inventarisasi D.I. Bandar Sidoras	24
2.5 Hidrologi	27
2.5.1 Hidrolika Sungai	27
2.5.2 Saluran Terbuka	27
2.5.3 Luas Penampang Basah	32
2.5.4 Kecepatan Aliran	33
2.5.5 Tipe Aliran	35
2.6 Erosi	37
2.6.1 Defenisi Erosi	37
2.6.2 Gerusan	38
2.6.3 Tipe Erosi	40
2.6.4 Faktor Dan Dampak Erosi	40

2.7 Sedimentasi	42
2.7.1 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Sedimentasi	44
2.7.2 Mekanisme Pengangkutan Sedimen	45
2.7.3 Karakteristik Sedimen	46
2.7.4 Laju Sedimentasi	47
2.7.5 Analisis Sedimen	48
2.7.6 Metode Perhitungan Laju Angkutan Sedimen	50
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	54
3.1 Bagan Alir Penelitian	54
3.2 Lokasi Penelitian	55
3.3 Sumber Data Dan Teknik Pengumpulan Data	55
3.4 Metode Dan Instrumen Pengumpulan Data	56
3.4.1 Wawancara	56
3.4.2 Pengamatan/Observasi	56
3.5 Pengolahan Data	57
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	58
4.1 Pengolahan Data	58
4.2 Analisa Debit Aliran (Q)	58
4.3 Analisa Sedimen	59
4.3.1 Analisa Saringan	59
4.4 Analisa Laju Angkutan Sedimen	60
4.4.1 Angkutan Sedimen Melayang (Suspended Load)	60

4.4.2 Angkutan Sedimen Dasar (Bed Load)	61
4.5 Perhitungan Waktu Interval Pembilasan Kantong Lumpur	65
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	68
5.1 Kesimpulan	68
5.2 Saran	68
DAFTAR PUSTAKA	69
LAMPIRAN	71

DAFTAR GAMBAR

Nomor Gambar	Judul	Halaman
2.1	Sistem Ember	11
2.2	Sistem Pengapungan	12
2.3	Denah Bendung Karet	13
2.4	Gambar Potongan Melintang Bendung Karet	13
2.5	Denah Penjepitan Karet Bendung	13
2.6	Penampang Melintang bendung Dengan Angker Tunggal	14
2.7	Denah Penjepitan Ganda Karet Bendung	14
2.8	Penampang Melintang Bendung Dengan Angker Ganda	14
2.9	Detail Angker Penjepit Karet	15
2.10	Sekema Bagian-Bagian Bendung	16
2.11	Tata Letak Kantong Lumpur Yang Dianjurkan	17
2.12.	Ilustrasi Pola Sebaran Sedimen Kearah Vertikal	18
2.13.	Tata Letak Kantong Lumpur Dengan Saluran	19
2.14.	Saluran Pengarah	19
2.15.	Sekema Kantong Lumpur	20
2.16.	Potongan Melintang Kantong Lumpur	20
2.17.	Potongan Memanjang Kantong Lumpur	20
2.18.	Hubungan antara Diameter Saringan Dan Kecepatan Endap Untuk Air Tenang	23
2.19.	Masterplan Desain Banjir Sungai Percut	24
2.20.	Jarak Kecepatan Maksimum Dan Efek Kekasaran Dasar Saluran	34
2.21.	Distribusi Kecepatan Aliran Untuk Beberapa Macam Bentuk Saluran	34
2.22.	Pola Perjalanan Gelombang Disaluran Terbuka	36
2.23.	Bagan Alir Model Proses Oleh Air	38
2.24.	Siklus Terjadinya Sedimen	43
2.25.	Ragam Gerakan Sedimen Dalam Air	47
3.1.	Bagan Alir Penelitian	56
4.1.	Penampang Sungai	60

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air merupakan kebutuhan mutlak bagi makhluk hidup terutama bagi manusia, hewan dan tumbuh-tumbuhan, seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk, maka penggunaan air mesti mengalami peningkatan pula. Ini merupakan sebuah kondisi yang mana diantara satu dengan yang lainnya saling melengkapi. Menurut Veltrop (1992), saat ini dan di masa depan bendungan akan tetap memegang peranan penting dalam rangka pemenuhan kebutuhan air di dunia. Bendungan adalah salah satu infrastruktur yang berfungsi untuk menampung air yang dapat memenuhi kebutuhan air sesuai permintaan dengan berbagai pola operasi waduk (Morris, 1997:2.5).

Menurut SNI 3414(2008), besarnya angkutan sedimen pada suatu sungai merupakan salah satu komponen informasi hidrologi selain banjir, kekeringan dan potensi sumber daya air. Ada beberapa parameter yang mempengaruhi angkutan sedimen dalam suatu sungai antara lain vegetasi penutup (land covering), penggunaan lahan (landuse) jenis tanah/batuan, kemiringan lahan dan intensitas hujan yang mempengaruhi besarnya debit.

Erosi dan Sedimentasi terjadi pada berbagai tempat di permukaan bumi. Bendungan Bandar Sidoras berpotensi mengalami sedimentasi pada tampungannya di sebabkan karena erosi yang terjadi pada daerah aliran sungainya. Daerah irigasi Bandar Sidoras merupakan bagian dari proyek MFC (Medan Flood Control). Sebelum pembangunan peningkatan jaringan irigasi tahun 2008, DI Bandar Sidoras memiliki bendung dengan mercu tetap. Berdasarkan hasil analisis perencana MFC, karena pada saat banjir di Kota Medan, sebagian jumlah air banjir dimasukkan ke dalam sungai Percut dimana terdapat bendung tetap Bandar Sidoras. Karena beban air di sungai percut bertambah, dikhawatirkan akan merusak bendung Bandar Sidoras, sehingga dibangunlah bendung karet sebagai sebuah solusi dari dampak pembangunan MFC.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah diatas, maka rumusan masalah yang akan dikaji dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Berapa besar laju sedimentasi yang terjadi di bendung D.I. Bandar Sidoras ?
2. Apakah dimensi kantong lumpur bendung D.I. Bandar Sidoras masih mencukupi ?
3. Berapa kali operasi pembersihan lumpur bendung D.I. Bandar Sidoras harus dilakukan ?

1.3 Batasan Penelitian

Pada penulisan tugas akhir ini, penulis membatasi masalah pada parameter-parameter berikut ini:

1. Pengambilan sampel diambil dari kantong lumpur sebelah kanan.
2. Metode hitungan dilakukan dengan “metode laju sedimentasi” dengan metode MPM (Muller Peter Meyer), Engelund & Hansen serta metode Shen & Hungs

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan

1. Mengetahui besar terjadinya sedimentasi di bendung D.I. Bandar Sidoras.
2. Mengetahui pengaruh terjadinya sedimentasi yang terjadi di sistem bendung D.I. Bandar Sidoras.
3. Mengetahui cara meningkatkan efektivitas operasi kantong lumpur.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang didapat dari penelitian ini adalah:

1. Bagi penulis untuk dapat menerapkan ilmu yang didapat dibangku kuliah yang berupa teori, dengan kenyataan yang berupa permasalahan dalam kehidupan sehari-hari yang berkaitan dengan pelaksanaan teori dilapangan.
2. Menunjang pengambilan keputusan oleh pejabat terkait untuk sistem operasi kantong lumpur sehingga target produksi panen sesuai harapan.
3. Menjadi sumber informasi bagi pengelola operasi bendung atau TP irigasi yang bersangkutan.

1.6 Sistematika Pembahasan

Untuk memudahkan pembahasan dalam penelitian ini, maka sistematika penulisan penelitian disusun dalam lima bab. Adapun sistematika penulisan penelitian adalah sebagai berikut:

BAB 1. PENDAHULUAN

Bab ini akan mengawali penulisan dengan menjelaskan latar belakang masalah yang akan dibahas, rumusan masalah, ruang lingkup penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian serta sistematika penulisan.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menjelaskan tentang teori-teori yang digunakan sebagai landasan untuk menganalisis dan membahas permasalahan penelitian.

BAB 3. METODE PENELITIAN

Bab ini menjelaskan mengenai langkah-langkah atau prosedur pengambilan dan pengolahan data hasil penelitian meliputi bagan alir penelitian, tempat dan waktu pelaksanaan survei, data penelitian, variabel penelitian, instrument penelitian dan metode analisis data.

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan data-data hasil penelitian di lapangan, analisis data, hasil analisis data serta pembahasannya.

BAB 5. PENUTUP

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Irigasi

Irigasi adalah rangkaian usaha yang dilakukan untuk mendatangkan air dari sumbernya untuk kegiatan pertanian, mengalirkan dan mengatur pembagian air sesuai dengan tingkat ketersediaan dan kebutuhan serta melakukan pembuangan air jika sudah tidak dimanfaatkan lagi. Irigasi dapat dikategorikan menjadi dua bagian, yaitu :

a. Irigasi air permukaan

Irigasi yang sumber airnya dari air yang mengalir di atas permukaan tanah misalnya dari sungai atau air dari danau atau waduk.

b. Irigasi air tanah

Irigasi yang sumber airnya dari air yang berada dibawah permukaan tanah. Untuk dapat memanfaatkannya, air dipompa sampai permukaan tanah kemudian dialirkan ke lahan. Irigasi air permukaan dibangun jika di lokasi itu air permukaan tidak ada sementara air tanah berlebihan.

2.1.1 Bangunan Utama pada Jaringan Irigasi

Bangunan utama dapat didefinisikan sebagai: “semua bangunan yang direncanakan di sungai atau aliran air untuk membelokkan air ke dalam jaringan irigasi, biasanya dilengkapi dengan kantong lumpur agar bisa mengurangi kandungan sedimen yang berlebihan serta memungkinkan untuk mengukur dan mengatur air yang masuk”.

Pengaliran air dari sumber air berupa sungai atau danau ke jaringan irigasi untuk keperluan irigasi pertanian, pasokan air baku dan keperluan lainnya yang memerlukan suatu bangunan disebut dengan bangunan utama.

2.1.2 Bendung

Bendung adalah suatu bangunan yang dibuat dari pasangan batu kali, bronjong atau beton, yang terletak melintang pada sebuah sungai yang tentu saja bangunan ini dapat digunakan pula untuk kepentingan lain selain irigasi, seperti untuk keperluan air minum, pembangkit listrik atau untuk pengendalian banjir. Menurut macamnya bendung dibagi dua, yaitu bendung tetap dan bendung gerak, bendung tetap adalah bangunan yang sebagian besar konstruksi terdiri dari pintu yang dapat digerakkan untuk mengatur ketinggian muka air sungai sedangkan bendung gerak adalah bangunan yang dipergunakan untuk menaikkan muka air di sungai, sampai pada ketinggian yang diperlukan agar air dapat dialirkan ke saluran irigasi dan petak tersier. (Mangore et al. 2013)

Bendung merupakan bangunan utama yang direncanakan atau dibangun di palung sungai atau coupe, yang berfungsi untuk meninggikan muka air sungai atau untuk mendapatkan tinggi terjun, sehingga air sungai dapat disadap dan dialirkan secara gravitasi atau dengan pompa ke tempat tertentu yang membutuhkan seperti irigasi, air minum, pembangkit energi, pengendali banjir. Dan biasanya bendung ditempatkan di palung sungai atau di sudetan (Mangore et al. 2013)

2.1.3 Macam - Macam Bendung

Sesuai prinsip kerjanya ada 2 macam bendung, yaitu :

1. Bendung Tetap

Sebagaimana sebutannya bendung ini mempunyai konstruksi tetap tak dapat digerakkan.

2. Bendung Gerak

Sebagaimana namanya, bendung ini mempunyai bagian yang dapat digerakkan.

3. Bendung Gerak Otomatis

Sesuai dengan namanya yang disebut dengan bendung gerak otomatis disini adalah suatu konstruksi bangunan yang berfungsi sebagai bendung dan secara otomatis fungsi tersebut hilang pada waktu banjir dengan muka air yang melebihi muka air rencana.

2.2 Bendung Karet

Bendung karet merupakan hasil pengembangan jenis bendung tetap menjadi bendung gerak dengan membuat tubuh bendung dari tabung karet yang dikembangkan. Bendung karet berfungsi meninggikan muka air dengan cara mengembungkan tubuh bendung dan menurunkan muka air dengan cara mengempiskannya. Pembukaan bendung bisa dilakukan secara otomatis dengan pengempisan tabung karet tersebut, sedangkan pengembangannya hanya bisa dilakukan secara manual. Dibandingkan dengan bendung tetap dan bendung gerak pintu, bendung karet memiliki kelebihan di samping kekurangan yang ada.

Bendung karet pertama kali dibangun tahun 1957 di Amerika Serikat dengan menggunakan bahan tekstil untuk membentuk tubuh bendung. Pada tahun 1978 bahan tersebut dikembangkan menjadi serabut nilon yang dibungkus dengan karet sintesis. Pembangunan bendung karet di Indonesia dimulai tahun 1990. Pada penerapannya di lapangan banyak dijumpai berbagai masalah yang berakibat rendahnya kinerja bendung.

Masalah tersebut diakibatkan oleh kurangnya dukungan teori dan pengalaman. Selain itu, belum ada pedoman yang bisa dipakai sebagai acuan untuk perencanaan bendung karet. Oleh karena itu, disusun pedoman perencanaan bendung karet. Pedoman ini memuat garis besar tentang dasar pertimbangan untuk membangun bendung karet, persyaratan lokasinya, struktur bendung karet, dan perencanaan teknis.

2.2.1 Perencanaan Bendung Karet

Perencanaan dari pada bendung karet melibatkan banyak aspek seperti aspek pemilihan dari bendung karet itu sendiri.

1. Aspek yang dipertimbangkan meliputi :
 - a. Alternatif penerapan bendung jenis lain yang lebih murah tanpa mengabaikan efektifitasnya bagi tujuan dibangunnya bendung;
 - b. Bendung karet hanya diterapkan pada kondisi yang apabila digunakan bendung tetap akan menimbulkan peningkatan ancaman banjir yang sulit diatasi;

- c. Alternatif bendung karet dipilih apabila bendung gerak jenis lain tidak bisa menjamin kepastian pembukaan bendung pada saat banjir datang, mengingat daerah yang harus diamankan terhadap ancaman banjir merupakan kawasan Penting.

2. Persyaratan Pembangunan Bendung Karet

- a. Kondisi Alur Sungai;
- b. Memiliki aliran subkritik;
- c. Tidak terjadi sedimentasi yang sedemikian berat sehingga mengganggu mekanisme kembang- kempisnya tabung karet;
- d. Tidak mengangkut sedimen kasar;
- e. Aliran sungai tidak mengangkut sampah yang besar dan keras;
- f. Air sungai tidak mengandung limbah kimia yang bisa bereaksi dengan karet.
- g. Bahan
- h. Tabung karet terbuat dari bahan yang elastis, kuat, kedap udara, tidak mudah terabrasi, dan tahan lama;
- i. Perencanaan bahan karet baik jenis, kekuatan maupun dimensi hendaknya disesuaikan dengan kemampuan produsen untuk menyediakannya;

3. Persyaratan Operasi dan Pemeliharaan

Agar operasi bendung karet dapat terlaksana dengan baik disyaratkan hal-hal berikut :

- a. Kondisi bendung dapat mengembang dan mengempis dengan baik dan tidak bocor.
- b. Instalasi pengembangan/pengempisan dan pompa udara dapat berfungsi dengan baik.
- c. Tersedia petunjuk dan pola operasi yang direncanakan dengan baik sesuai dengan fungsi dan manfaat bendung karet.
- d. Operasi bendung harus dilakukan mengikuti pola yang sudah ditetapkan.

- e. Tersedia petugas operasi yang menguasai petunjuk dan pola operasi bendung karet.

Pemeliharaan bendung karet, terutama bagian karetnya, harus dilakukan dengan intensitas tinggi mengingat gangguan yang sepele terhadap karet bisa berakibat bendung tidak berfungsi sama sekali. Untuk mendukung keberhasilan pekerjaan pemeliharaan diperlukan :

- a. Rupa sehingga memudahkan pekerjaan pemeliharaan (lihat Pedoman perencanaan teknis bendung karet).
- b. Bahan karet berkualitas tinggi (kuat, elastis, tahan lama).
- c. Petugas yang disertai pekerjaan harus cakap dan bertanggung jawab.
- d. Fasilitas pemeliharaan harus terpenuhi.
- e. Radiasi sinar ultraviolet terhadap karet tubuh bendung harus dikurangi semaksimal mungkin.
- f. Bendung karet harus diamankan dari gangguan manusia yang tidak bertanggung jawab.

2.2.2 Kriteria Bendung yang Baik

Dalam kaitannya dengan operasi dan pemeliharaan, bendung karet yang baik mempunyai kriteria sebagai berikut.

- a. Bisa dikembangkan dengan baik tanpa mengalami kebocoran dengan mercu sesuai dengan elevasi yang direncanakan.
- b. Bisa mengempis secara otomatis pada kondisi yang direncanakan dan bisa di kempiskan secara manual.
- c. Tersedia landasan yang bisa dilakukan *dewatering* dengan mudah untuk keperluan penambalan karet.
- d. Tubuh bendung terlindungi dari sengatan sinar matahari, misalnya dengan jembatan penyeberangan.
- e. Tubuh bendung aman terhadap gangguan publik dan transportasi sungai.

- f. Tubuh bendung tahan terhadap abrasi sedimen aman terhadap arus air dan angkutan sedimen/sampah.

2.2.3 Perencanaan Bendung Karet

Perencanaan dari bendung karet sendiri harus memperhatikan beberapa hal seperti bahwa secara hidraulik bendung karet Harus Memenuhi Ketentuan sebagai berikut:

- a. Mampu melayani taraf muka air yang direncanakan.
- b. Dapat membuka secara otomatis jika terjadi banjir yang melampaui batas tertentu.
- c. Pada bendung yang berfungsi untuk menahan intrusi air asin, air asin yang terperangkap di hulu bendung harus bisa didorong ke hilir.
- d. Aman terhadap gerusan dasar sungai akibat energi terjunan air.
- e. Aman terhadap gangguan akibat arus air dan benda padat yang terangkut.
- f. Tinggi bendung karet umumnya tidak melebihi 5,00 m, dengan pertimbangan bahwa konstruksi bendung karet dengan tinggi >5,00 m tidak efisien lagi.

Sedangkan secara Secara Struktural Bendung Karet Harus Memenuhi Persyaratan sebagai berikut:

- a. Kuat dan stabil terhadap penggulingan penggeseran dan batas daya dukung tanah serta erosi dasar pondasi;
- b. Tata letak bendung direncanakan sedemikian rupa sehingga dapat memberikan fasilitas bagi pekerjaan perbaikan tubuh bendung dengan mudah dan murah.
- c. Tata Letak Bendung

Panjang bentang bendung diusahakan sama dengan lebar normal alur sungai. Panjang panel bendung dibatasi oleh kemampuan produsen dan kemudahan pengangkutan bahan ke lokasi. Panjang panel bendung bisa juga ditentukan oleh

sistem panelisasi yang ditujukan untuk pengaturan muka air hulu. Panjang lantai hulu harus dapat menyediakan landasan bagi penggelaran lembaran karet bendung.

Dasar tubuh bendung dan lantai hulu dibuat sedemikian tinggi sehingga permukaannya dapat dikeringkan dengan cara membuka pintu pembilas. Jika hal ini terkendala oleh timbulnya peningkatan ancaman banjir, permukaan dasar bendung dan lantai hulu tetap dibuat rendah dengan pilar saluran pembilas diperpanjang hingga ujung lantai hulu. Di ujung lantai hulu dan ujung hilir pondasi disediakan perletakan untuk pemasangan *cofferdam*

2.2.4 Perencanaan Tubuh Bendung

Adapun material dari bendung karet mempergunakan lembaran karet yang terbuat dari bahan karet asli atau sintetik yang elastik, kuat, keras, dan tahan lama. Pada umumnya bahan karet yang digunakan memiliki spesifikasi sebagai berikut:

- a. Kekerasan, untuk kekerasan ini, tes abrasi menggunakan metode H18 dengan beban 1 kg pada putaran 1000 kali tidak melampaui 0,8 m³/mil
- b. Kuat Tarik untuk kuat tarik ini, material karet harus memenuhi persyaratan kekuatan tarik pada suhu normal $\geq 150 \text{ kg/cm}^2$, Kuat tarik pada suhu 100o $\geq 120 \text{ kg/cm}$

Dikombinasikan dengan gaya tekanan udara dari dalam tubuh bendung. Tebal lembaran karet ditentukan oleh tebal susunan benang nilon ditambah lapisan penutup di kedua sisinya untuk menjamin kedap udara. Lapisan penutup sisi luar dibuat lebih tebal untuk pengamanan terhadap goresan ataupun abrasi oleh benda keras. Biasanya tebal lapisan penutup diambil sekitar 3 mm di permukaan dalam dan 7 mm di permukaan luar.

2.2.5 Perencanaan Instalasi

Perencanaan instalasi dari pada bendung karet sendiri terdiri atas:

- a. Lubang Angin

Lubang angin merupakan lubang bagi pemasukan dan pengeluaran udara pada tabung karet. Jumlah lubang minimum dua lokasi, yaitu dikedua ujung tabung karet dengan memasang pipa baja dalam tabung. Hal ini diperlukan untuk menghindari

terjebaknya udara pada satu sisi tabung karet ketika terjadi v-notch yang bisa menutup rongga tabung karet. Lubang angin bisa dibuat lebih dari dua, yang diletakkan merata di sepanjang pipa baja dalam tabung karet. Dalam tabung karet juga perlu dilengkapi lubang drainase yang diperlukan untuk menguras akumulasi air yang terjadi akibat pengembangan udara yang dimampatkan.

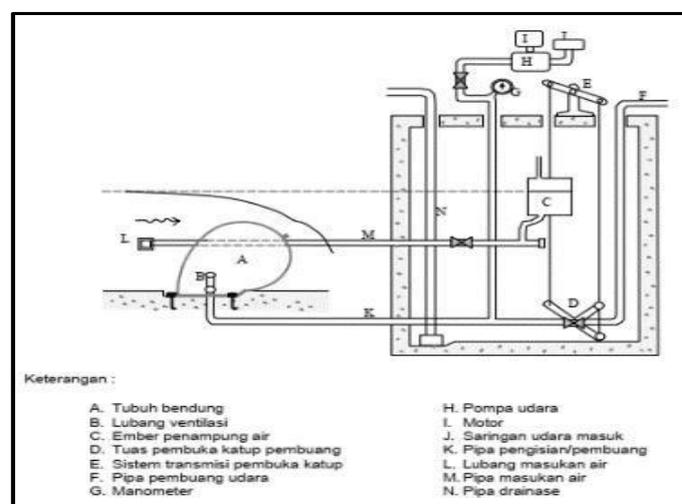
b. Pompa dan Saluran Udara

Pompa udara harus disediakan untuk mengembangkan tabung karet. Pemopaaan udara ke dalam tabung karet harus dilengkapi dengan instrument pengontrol tekanan udara (manometer).

1. Sistem Otomatisasi

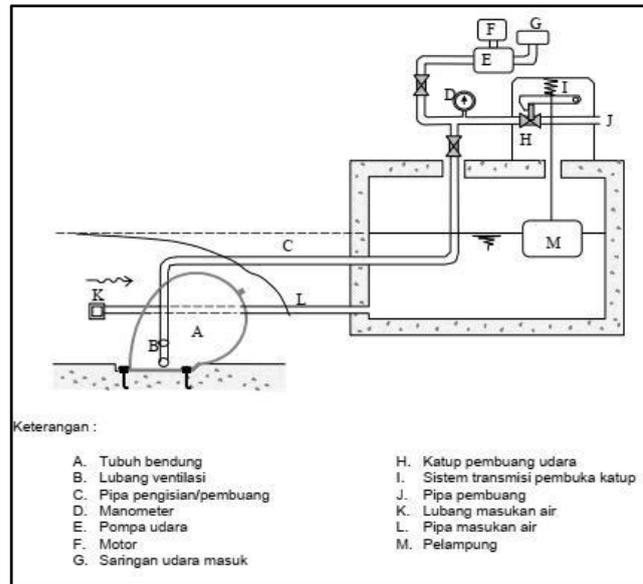
Prinsip kerja sistem otomatisasi adalah apabila muka air sungai di hulu bendung sudah mencapai muka air pengempisan yang direncanakan, akan terjadi aliran masuk ke dalam sistem, yang diatur untuk menggerakkan tuas pembuka tutup saluran udara dari tabung karet. Sistem penggerak tuas yang biasa digunakan, antara lain sebagai berikut. Sistem ember, aliran air ditampung dalam suatu ember yang diikatkan pada kotak otomatisasi. Dengan makin besar berat ember, posisi ember akan turun hingga memutar tuas pembuka tutup saluran udara.

Sistem pengapungan, aliran air ditampung dalam suatu bak yang di dalamnya dipasang pelampung. Pelampung diikat dengan tali yang dihubungkan dengan kotak otomatisasi



Gambar 2.1 Sistem Ember

Jika muka air naik, pelampung ikut naik dan menggerakkan tuas pembuka tutup.



Gambar 2.2 Sistem Pengapungan

2. Pola pengoperasian

Pada dasarnya bendung karet berada dalam keadaan mengembang untuk memenuhi fungsinya sebagai pelayan bangunan pengambilan maupun menahan intrusi air laut. Tekanan udara dalam tubuh bendung harus dipertahankan diatas batas minimum agar bendung cukup kaku dan tidak boleh melampaui tekanan maksimum agar bendung terhindar dari kerusakan.

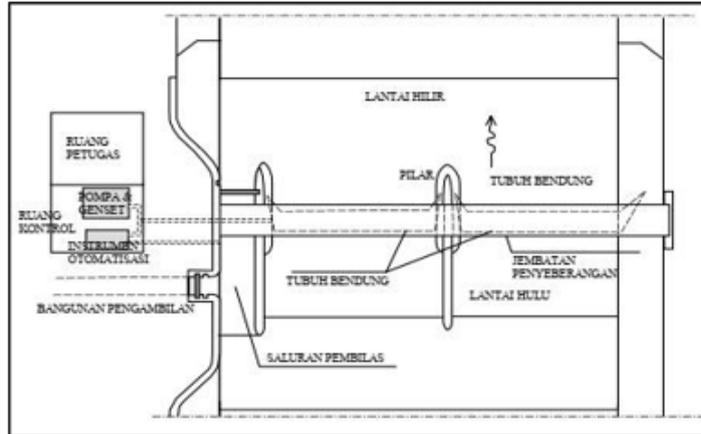
Apabila terjadi banjir, untuk menghindari peningkatan ancaman banjir, maka tubuh bendung akan di kempiskan secara otomatis melalui sensor muka air hulu mencapai muka air pengempisan. Bendung karet bisa di kempiskan secara manual untuk melayani suatu keperluan tertentu. Pengembangan kembali bendung karet diperlukan apabila muka air sungai turun hingga di bawah muka air normal. Pada bendung karet yang berfungsi untuk menahan intrusi air laut, pengembangan kembali harus segera dilakukan sebelum terjadi aliran air asin ke hulu bendung.

3. Pola pemeliharaan

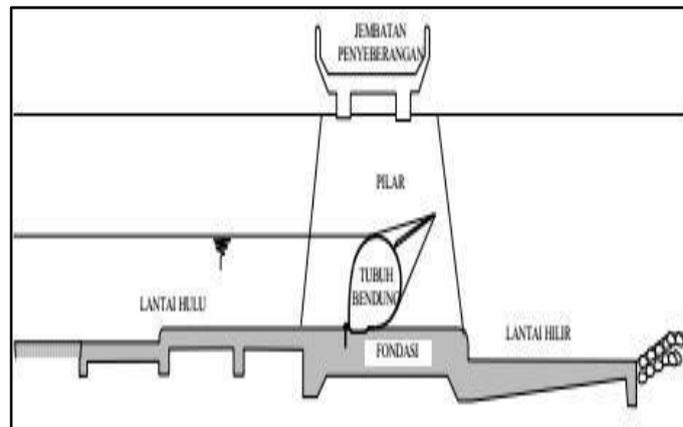
Pemeliharaan merupakan pencegahan maupun perbaikan terhadap kerusakan yang terjadi pada bendung karet. Pekerjaan pemeliharaan terbagi atas empat macam yaitu:

- a. Pemeriksaan yang dilakukan secara periodik untuk mengetahui kondisi bangunan.
- b. Perawatan yang dilakukan secara periodik terhadap masing-masing komponen bendung.
- c. Perbaikan yang dilakukan apabila terjadi kerusakan bendung.

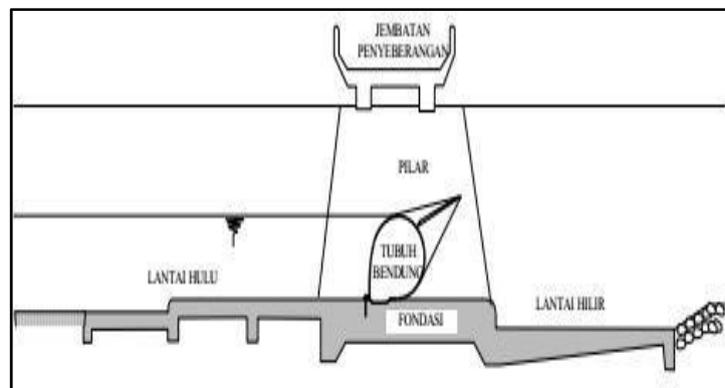
Pengamanan yang dilakukan menerus untuk mencegah kerusakan bendung akibat kondisi alam dan ulah manusia.



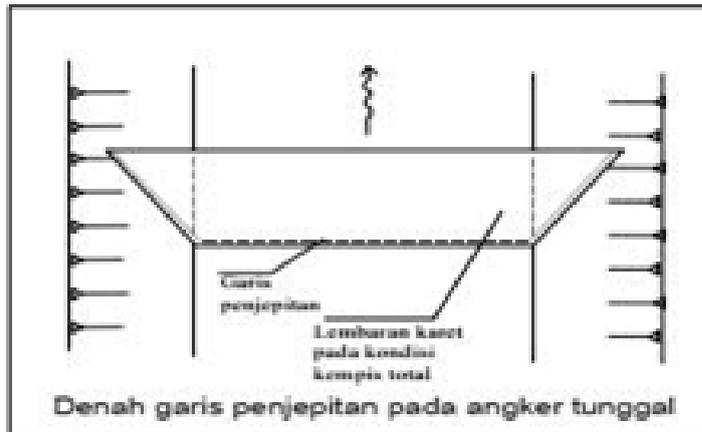
Gambar 2.3. Denah Bendung Karet



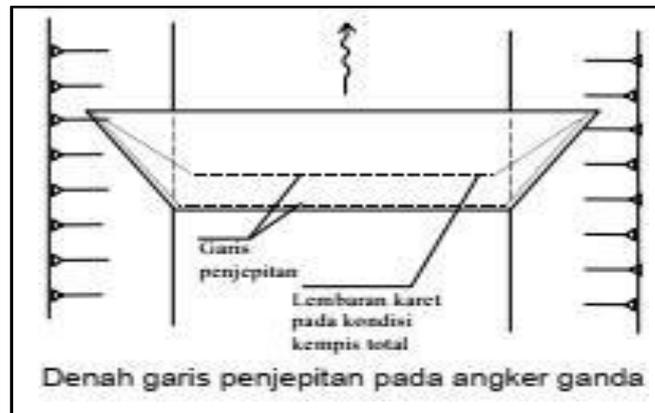
Gambar 2.4. Gambar Potongan Melintang Bendung Karet



Gambar 2.5. Denah Penjepitan Karet Bendung



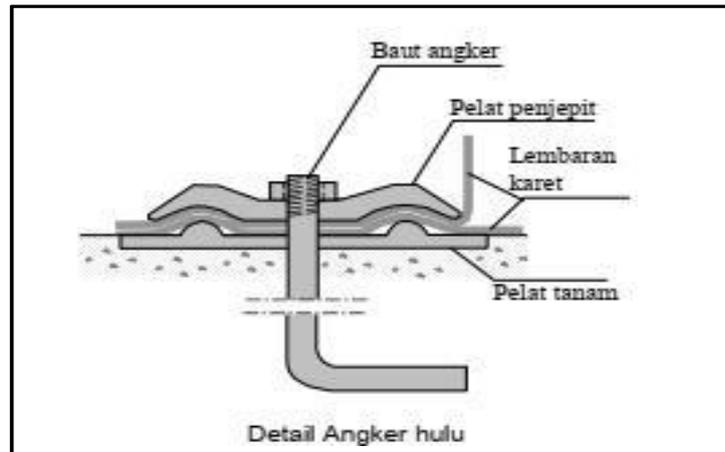
Gambar 2.6. Penampang Melintang Bendung dengan Anker Tunggal



Gambar 2.7. Denah Penjepitan Ganda Karet Bendung



Gambar 2.8. Penampang Melintang Bendung dengan Anker Ganda



Gambar 2.9. Detail Angker Penjepit Karet

2.2.6 Permasalahan Bendung Karet

Beberapa permasalahan pada konstruksi bendung karet yang terjadi dilapangan adalah :

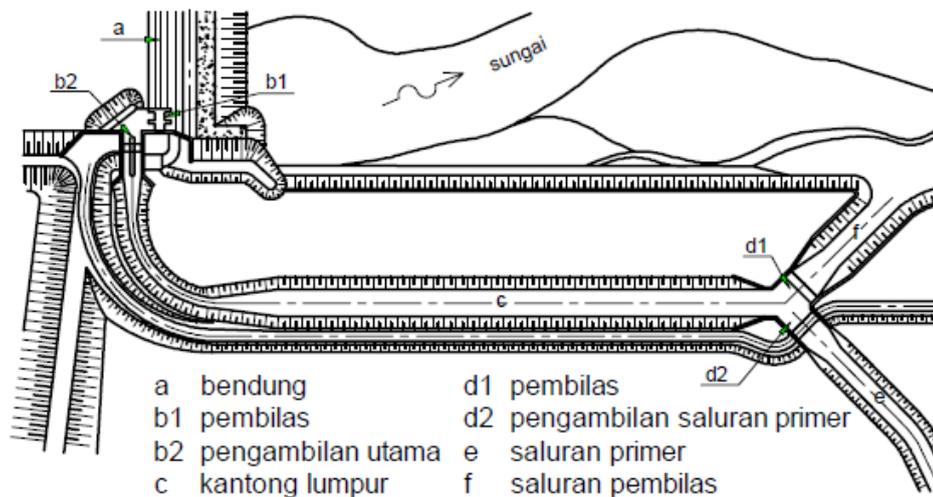
1. Rusaknya karet bendung karena ulah oknum dari para pengguna air, dimana karet bendung disobek.
2. Terjadinya kerusakan pada system pompa untuk meniup dan mengempeskan dari pada tubuh bendung
3. Terjadinya sedimentasi atau pendangkalan dibagian downstream bendung karet.

2.3 Kantong Lumpur

Walaupun telah ada usaha untuk merencanakan sebuah bangunan pengambilan dan pengelak sedimen yang dapat mencegah masuknya sedimen ke dalam jaringan saluran irigasi, masih ada banyak partikel-partikel halus yang masuk ke jaringan tersebut. Untuk mencegah agar sedimen ini tidak mengendap di seluruh saluran irigasi, bagian awal dari saluran primer persis di belakang pengambilan direncanakan untuk berfungsi sebagai kantong lumpur.

Kantong lumpur itu merupakan pembesaran potongan melintang saluran sampai panjang tertentu untuk mengurangi kecepatan aliran dan memberi kesempatan kepada sedimen untuk mengendap.

Untuk menampung endapan sedimen ini, dasar bagian saluran tersebut diperdalam atau diperlebar. Tampungannya ini dibersihkan tiap jangka waktu tertentu (kurang lebih sekali seminggu atau setengah bulan) dengan cara membilas sedimennya kembali ke sungai dengan aliran terkonsentrasi yang berkecepatan tinggi.



Gambar 2.10. Skema bagian-bagian bendung
(Perencanaan Bangunan Utama Bendung, 2016)

Kantong lumpur mengendapkan fraksi-fraksi sedimen yang lebih besar dari fraksi pasir halus tetapi masih termasuk pasir halus dengan diameter butir berukuran 0,088 mm dan biasanya ditempatkan persis di sebelah hilir pengambilan. Bahan-bahan yang lebih halus tidak dapat ditangkap dalam kantong lumpur biasa dan harus diangkut melalui jaringan saluran ke sawah-sawah. Bahan yang telah mengendap di dalam kantong kemudian dibersihkan secara berkala. Pembersihan ini biasanya dilakukan dengan menggunakan aliran air yang deras untuk menghanyutkan bahan endapan tersebut kembali ke sungai. Dalam hal-hal tertentu, pembersihan ini perlu dilakukan dengan cara lain, yaitu dengan jalan mengeruknya atau dilakukan dengan tangan.

2.3.1 Pesyaratan Kantong Lumpur.

Penentuan dasar kantong lumpur tergantung pada faktor-faktor sebagai berikut :

1. Kemiringan dasar kantong lumpur

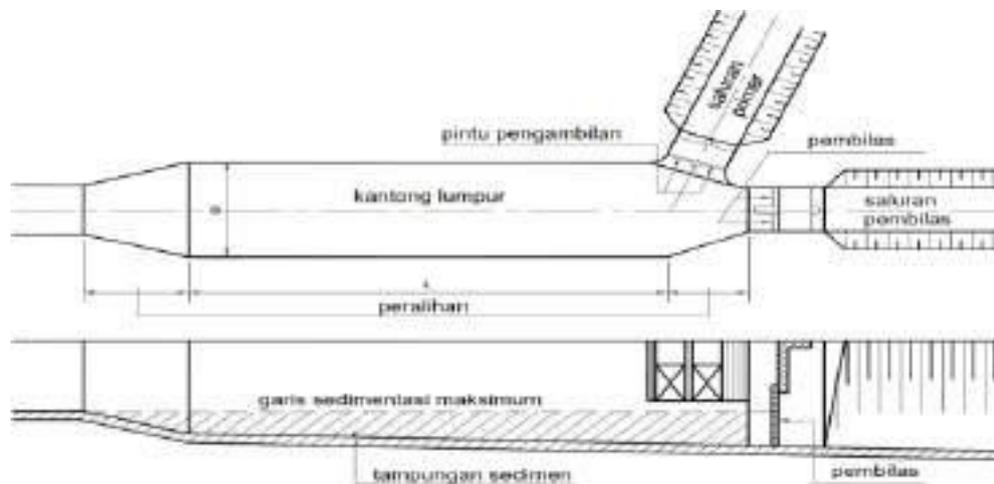
Kemiringan dasar kantong harus direncanakan sedemikian rupa, sehingga pada saat pembilasan mendapat tegangan geser minimum untuk menghanyutkan endapan di kantong lumpur.

2. Perbedaan elevasi

Perbedaan elevasi pada ambang intake dengan dasar saluran pembuangan hilir bangunan bilas atau dasar sungai tempat saluran pembilas tersebut bermuara.

Faktor-faktor lain yang akan dipertimbangkan dalam pemilihan dimensi kantong lumpur adalah :

- a. Kecepatan aliran dalam kantong lumpur hendaknya cukup rendah, sehingga partikel yang telah mengendap tidak menghambur lagi.
- b. Turbulensi yang mengganggu proses pengendapan harus dicegah.
- c. Kecepatan hendaknya tersebar secara merata di seluruh potongan melintang, sehingga sedimentasi juga dapat tersebar merata.
- d. Kecepatan aliran tidak boleh kurang dari 0,30 m/dt, guna mencegah tumbuhnya vegetasi.
- e. Peralihan / transisi dari pengambilan ke kantong dan dari kantong ke saluran primer harus mulus, tidak menimbulkan turbulensi atau pusaran.
(Standar Perencanaan Irigasi Kp 02 2013:165)



Gambar 2.11 Tata Letak Kantong Lumpur yang Dianjurkan
(Standar Perencanaan Irigasi Kp 02 2013:165)

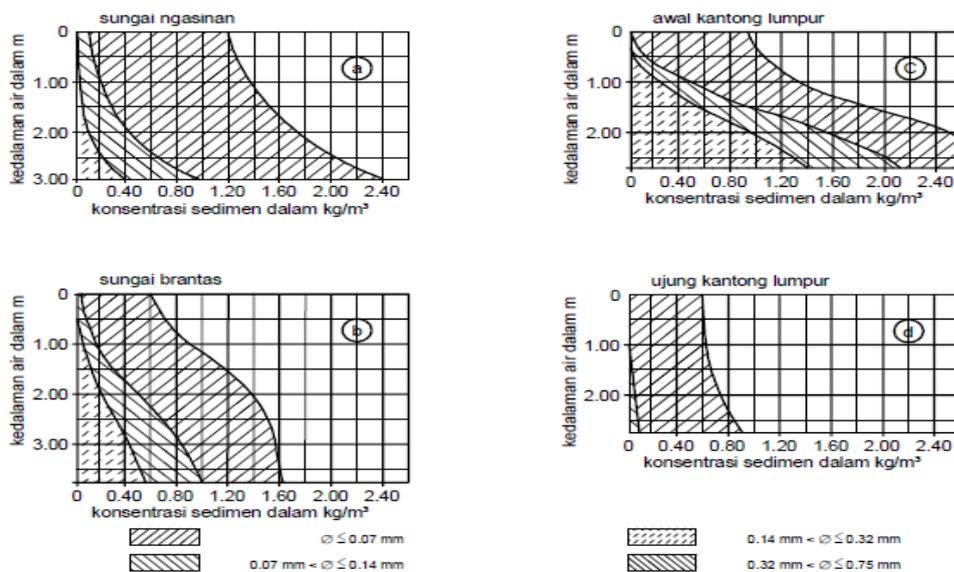
Perencanaan kantong lumpur yang memadai bergantung kepada tersedianya data-data yang memadai mengenai sedimen di sungai. Adapun data-data yang diperlukan adalah:

- a) pembagian butir
- b) penyebaran ke arah vertikal
- c) sedimen layang
- d) sedimen dasar
- e) volume

Jika tidak ada data yang tersedia, ada beberapa harga praktis yang bisa dipakai untuk bangunan utama berukuran kecil. Dalam hal ini volume bahan layang yang harus diendapkan, diandaikan 0,60/00 (permil) dari volume air yang mengalir melalui kantong.

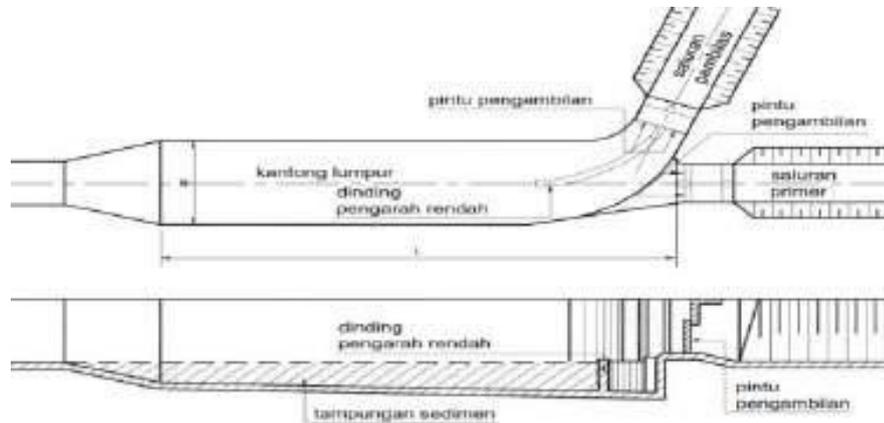
Ukuran butir yang harus diendapkan bergantung kepada kapasitas angkutan sedimen di jaringan saluran selebihnya. Dianjurkan bahwa sebagian besar (60-70%) dari pasir halus terendapkan: partikel-partikel dengan diameter di atas 0,06 – 0,07 mm.

Partikel-partikel yang lebih halus di sungai diangkat dalam bentuk sedimen layang dan tersebar merata di seluruh kedalaman aliran. Semakin besar dan berat partikel yang terangkut, semakin partikel-partikel itu terkonsentrasi ke dasar sungai; bahan-bahan yang terbesar diangkat sebagai sedimen dasar. Gambar 2.8 memberikan ilustrasi mengenai sebaran sedimen ke arah vertikal di dua sungai (a) dan (b); pada awal (c) dan ujung (d) kantong lumpur.

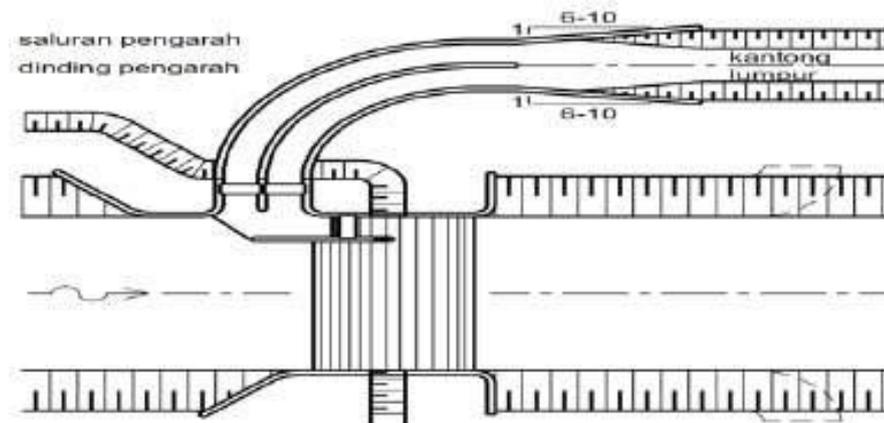


Gambar 2.12. Ilustrasi pola sebaran sedimen ke arah vertikal
(Perencanaan Bangunan Utama Bendung, 2016)

Dari gambar tersebut, jelas bahwa perencanaan pengambilan juga dimaksudkan untuk mencegah keadaan topografi tepi sungai maupun kemiringan sungai itu sendiri akan sangat berpengaruh terhadap kelayakan ekonomis pembuatan kantong lumpur.



Gambar 2. 13 Tata Letak Kantong Lumpur dengan Saluran
(Standar Perencanaan Irigasi Kp 02 2013:165)

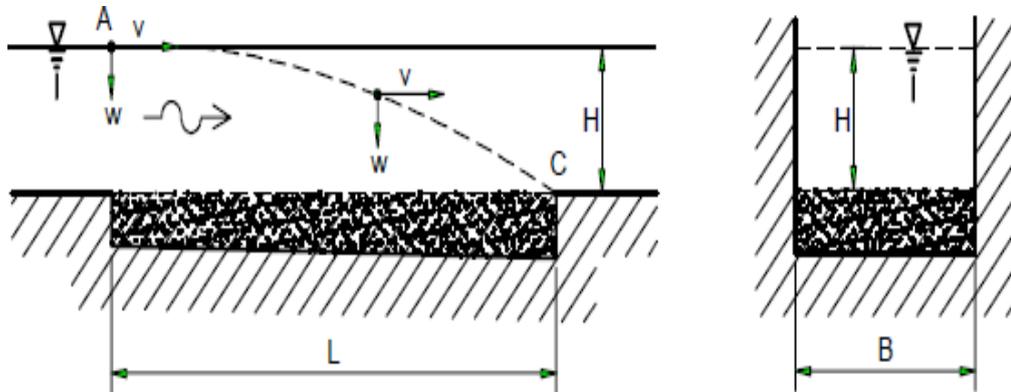


Gambar 2. 14 Saluran Pengarah
(Standar Perencanaan Irigasi Kp 02 2013:165)

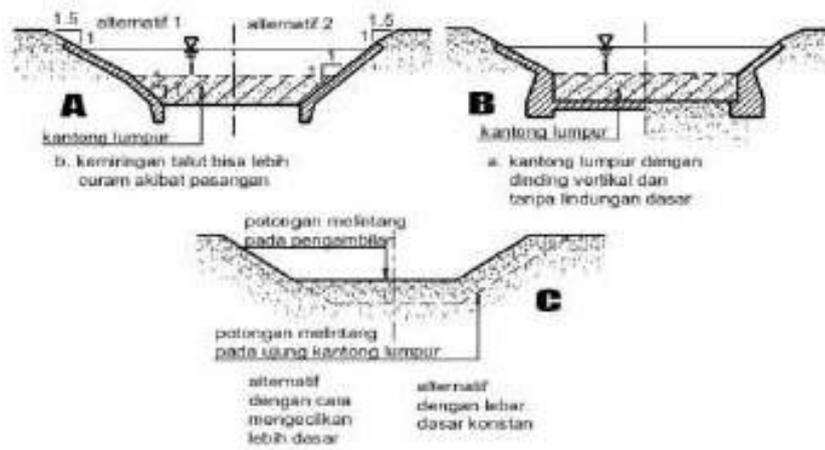
Kantong lumpur dan bangunan-bangunan pelengkapanya memerlukan banyak ruang, yang tidak selalu tersedia. Oleh karena itu, kemungkinan penempatannya harus ikut dipertimbangkan dalam pemilihan lokasi bangunan utama.

Dimensi-dimensi L (panjang) dan B (lebar) kantong lumpur dapat diturunkan dari Gambar 2.10. Partikel yang masuk ke kolam pada A, dengan kecepatan endap partikel w dan kecepatan air v harus mencapai dasar pada C. Ini berakibat bahwa, partikel, selama waktu (H/w) yang diperlukan untuk mencapai

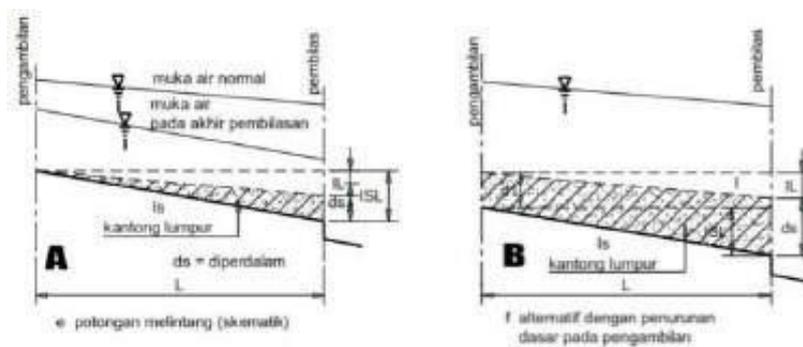
dasar, akan berjalan (berpindah) secara horisontal sepanjang jarak L dalam waktu L/v .



Gambar 2.15. Skema kantong lumpur (Perencanaan Bangunan Utama Bendung, 2016)



Gambar 2.16 Potongan Melintang Kantong lumpur (Standar Perencanaan Irigasi Kp 02 2013:165)



Gambar 2.17 Potongan Memanjang Kantong Lumpur (Standar Perencanaan Irigasi Kp 02 2013:165)

Jadi:

$$\frac{H}{w} = \frac{L}{v}, \text{ dengan } \frac{Q}{HB}$$

Dimana:

H = kedalaman aliran saluran, (m)

w = kecepatan endap partikel sedimen, (m/dt)

L = panjang kantong lumpur, (m)

v = kecepatan aliran air, (m/dt)

Q = debit saluran, (m³/dt)

B = lebar kantong lumpur, (m)

ini menghasilkan:

$$LB = \frac{Q}{W}$$

Karena sangat sederhana, rumus ini dapat dipakai untuk membuat perkiraan awal dimensi-dimensi tersebut. Untuk perencanaan yang lebih detail, harus dipakai faktor koreksi guna menyelaraskan faktor-faktor yang mengganggu, seperti:

- a) turbulensi air
- b) pengendapan yang terhalang
- c) bahan layang sangat banyak.

Velikanov menganjurkan faktor-faktor koreksi dalam rumus berikut:

$$LB = \frac{Q}{w} \cdot \frac{\lambda^2}{7.51} \cdot \frac{v}{w} \cdot \frac{(H^{0.5} - 0.2)^2}{H}$$

Dimana:

L = panjang kantong lumpur, (m)

B = lebar kantong lumpur, (m)

Q = debit saluran, (m^3/dt)

w = kecepatan endap partikel sedimen, (m/dt)

v = kecepatan rata-rata aliran, (m/dt)

H = kedalaman aliran air di saluran, (m)

λ = koefisiensi pembagian/distribusi Gauss

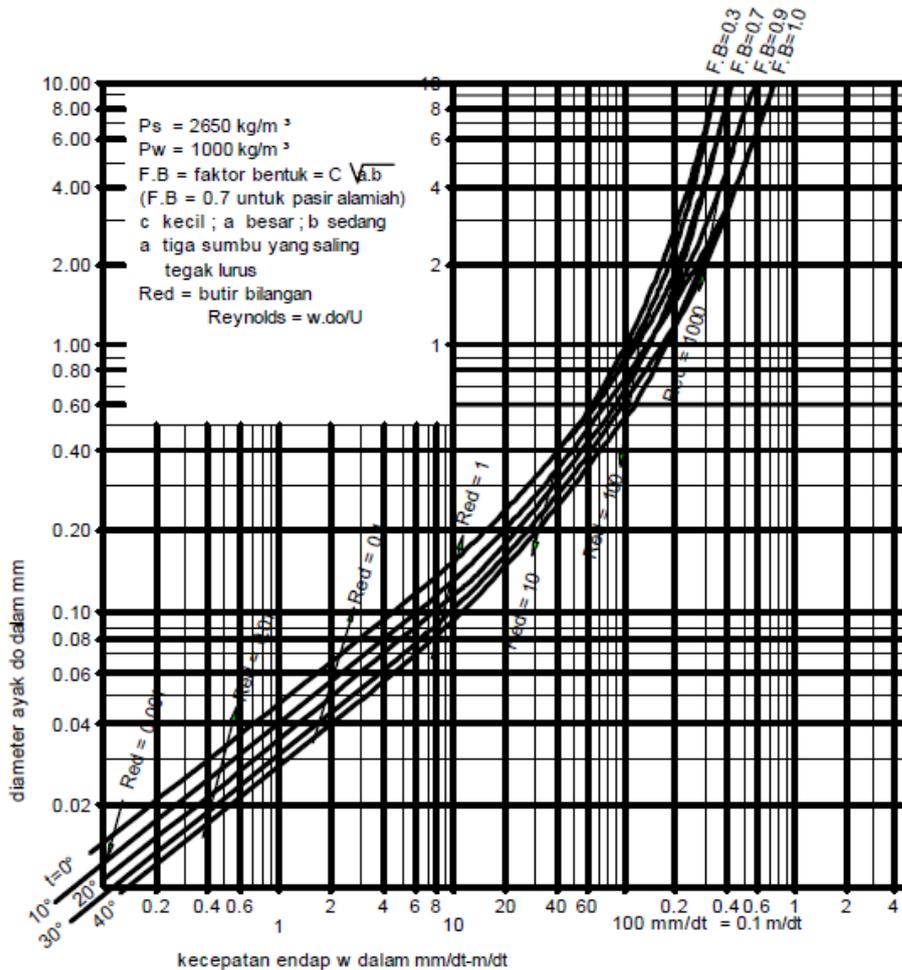
λ adalah fungsi D/T , di mana D = jumlah sedimen yang diendapkan dan T : jumlah sedimen yang diangkut $\lambda = 0$ untuk $D/T = 0,5$; $\lambda = 1,2$ untuk $D/T = 0,95$ dan $\lambda = 1,55$ untuk $D/T = 0,98$

Dimensi kantong sebaiknya juga sesuai dengan kaidah bahwa $L/B > 8$, untuk mencegah agar aliran tidak “meander” di dalam kantong.

Apabila topografi tidak memungkinkan diturutinya kaidah ini, maka kantong harus dibagi-bagi ke arah memanjang dengan dinding-dinding pemisah (divider wall) untuk mencapai perbandingan antara L dan B ini.

Dalam rumus-rumus ini, penentuan kecepatan endap amat penting karena sangat berpengaruh terhadap dimensi kantong lumpur. Ada dua metode yang bisa dipakai untuk menentukan kecepatan endap, yakni:

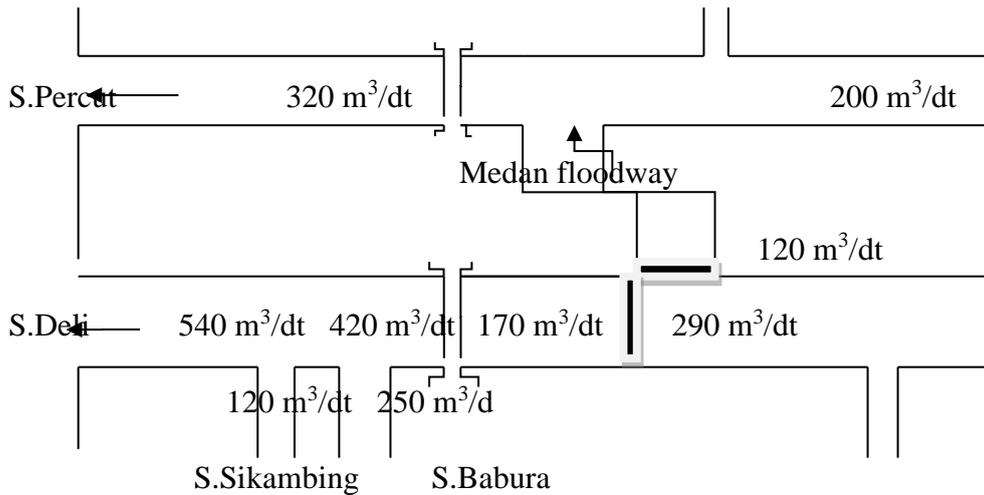
- a) Pengukuran di tempat; Pengukuran kecepatan endap terhadap contoh- contoh yang diambil dari sungai adalah metode yang paling akurat jika dilaksanakan oleh tenaga berpengalaman (DPMA, 1981). Dalam metode ini dilakukan analisis tabung pengendap (settling tube) terhadap contoh air yang diambil dari lapangan.
- b) Dengan rumus/grafik; Dalam metode kedua, digunakan grafik Shields (Gambar 2.18) untuk kecepatan endap bagi partikel-partikel individual (discrete particles) dalam air yang tenang. Rumus Velikanov menggunakan kecepatan endap ini.



Gambar 2.18 Hubungan antara diameter saringan dan kecepatan endap untuk air tenang (Perencanaan Bangunan Utama Bendung, 2016)

2.4 Daerah Irigasi Bandar Sidoras

Daerah irigasi Bandar Sidoras merupakan bagian dari proyek MFC (Medan Flood Control). Sebelum pembangunan peningkatan jaringan irigasi tahun 2008, DI Bandar Sidoras memiliki bendung dengan mercu tetap. Berdasarkan hasil analisis perencana MFC, karena pada saat banjir di Kota Medan, sebagian jumlah air banjir dimasukkan ke dalam sungai Percut dimana terdapat bendung tetap Bandar Sidoras. Karena beban air di sungai percut bertambah, dikhawatirkan akan merusak bendung Bandar Sidoras, sehingga dibangunlah bendung karet sebagai sebuah solusi dari dampak pembangunan MFC.



Gambar 2.19. Masterplan Desain Banjir Sungai Percut (MFC II)
(Hasil inventarisasi Bandar Sidoras,2021)

Berdasarkan Dinas Pengelolaan Sumber Daya Air Propinsi Sumut, areal persawahan DI Bandar Sidoras terbagi menjadi dua yaitu persawahan Bandar Sidoras Kiri dengan luas 1.048 Ha dan Persawahan Bandar Sidoras Kanan dengan Luas 1.969 Ha dimana terdapat pengembangan jaringan irigasi di daerah irigasi kanan dengan luas sekitar 115 Ha. Secara Administratif, DI Bandar Sidroas meliputi Wilayah sebagai berikut:

Kecamatan Percut Sei Tuan, Kabupaten Deli Serdang

- ❖ Desa Tj. Selamat;
- ❖ Desa Tj. Rejo;
- ❖ Desa Percut;
- ❖ Desa Cinta Rakyat;
- ❖ Desa Cinta Damai;

2.4.1. Inventarisasi D.I. Bandar Sidoras

1. Data Fisik

Berdasarkan hasil survei dan wawancara di lapangan secara teknis di Bandar Sidoras kanan diperoleh data-data sebagai berikut:

1. Luas Areal : 1.969 ha;
2. Debit air yang di butuhkan : 2.36 m³/s;
3. Pintu pengambilan (intake) : 1 unit;

4. Pintu pembilas di bendung	:	1 unit;
5. Pintu penguras kantong lumpur	:	2 unit;
6. Bangunan bagi sadap	:	6 unit;
7. Bangunan sadap	:	10 unit;
8. Bangunan terjun	:	1 unit;
9. Bangunan jembatan	:	1 unit;
10. Bangunan jembatan orang	:	- unit;
11. Bangunan pelimpah samping	:	- unit;
12. Bangunan gorong gorong	:	34 unit;
13. Bangunan tangga cuci	:	- unit;
14. Bangunan talang	:	3 unit;
15. Panjang saluran primer	:	6.230 m;
16. Panjang saluran sekunder	:	25.430 m;
17. Panjang saluran suplesi	:	- m;
18. Petak tersier	:	35 unit;
19. Pintu sekunder	:	9 unit;
20. Pintu sadap (tersier)	:	10 unit;

Petugas Operasi dan Pemeliharaan Daerah Irigasi Bandar Sidoras kanan:

1. Kepala unit Pelaksana Lapangan	:	1 orang;
2. Staf Umum	:	- orang;
3. Staf Operasi	:	2 orang;
4. Staf Pemeliharaan	:	4 orang;
5. Juru Pengairan	:	2 orang;
6. Penjaga Pintu Air	:	15 orang;
7. Pekerja Saluran	:	- orang;

Secara teknis di Bandar Sidoras kiri mempunyai data sebagai berikut:

1. Luas fungsional	:	1.068 ha;
2. Debit air yang di butuhkan	:	1.68 m ³ /s;
3. Pintu pengambilan (intake)	:	1 unit;
4. Pintu pembilas di bendung	:	1 unit;

5. Pintu penguras kantong lumpur	:	1 unit;
6. Bangunan bagi sadap	:	5 unit;
7. Bangunan sadap	:	5 unit;
8. Bangunan terjun	:	1 unit;
9. Bangunan jembatan	:	8 unit;
10. Bangunan jembatan orang	:	- unit;
11. Bangunan pelimpah samping	:	- unit;
12. Bangunan gorong gorong	:	- unit
13. Bangunan tangga cuci	:	- unit;
14. Bangunan talang	:	4 unit;
15. Panjang saluran primer	:	4.770 m;
16. Panjang saluran sekunder	:	30.100 m;
17. Panjang saluran suplesi	:	- m;
18. Petak tersier	:	25 unit;
19. Pintu sekunder	:	13 unit;
20. Pintu sadap (tersier)	:	25 unit;

Petugas Operasi dan Pemeliharaan Daerah Irigasi Bandar Sidoras kiri:

1. Kepala unit Pelaksana Lapangan	:	- orang;
2. Staf Umum	:	1 orang;
3. Staf Operasi	:	1 orang;
4. Staf Pemeliharaan	:	3 orang;
5. Juru Pengairan	:	2 orang;
6. Penjaga Pintu Air	:	12 orang;
7. Pekerja Saluran	:	- orang;

2.5 Hidrologi

2.5.1 Hidrolika Sungai

Menurut Chow (1992), Bahwa Saluran yang mengalirkan air dengan suatu permukaan bebas disebut saluran terbuka, menurut asalnya saluran dapat digolongkan menjadi saluran buatan Saluran alami meliputi semua alur air yang terdapat secara alamiah di bumi, mulai dari selokan kecil di pegunungan, kali, sungai besar sampai ke muara sungai, dan aliran air di bawah tanah dengan permukaan bebas.

Sifat-sifat hidrolika saluran alam biasanya sangat tidak menentu, Dalam beberapa hal dapat dibuat anggapan yang cukup sesuai dengan pengamatan dan pengalaman sesungguhnya, sehingga aliran pada saluran ini dapat diterima untuk menyelesaikan analisa hidrolika teoritis. Studi selanjutnya tentang perilaku aliran pada saluran alam memerlukan pengetahuan dalam bidang lain, seperti hidrologi, geomorfologi, angkutan sedimen dan sebagainya, Hal ini merupakan ilmu tersendiri yang disebut hidrolika sungai. (Chow,1992).

2.5.2 Saluran Terbuka

Saluran terbuka adalah saluran yang mengalirkan air dengan suatu permukaan bebas. Saluran terbuka menurut asalnya dibedakan menjadi dua macam yaitu saluran alam (natural channels) dan saluran buatan (artificial channels) (Anggrahini, 2005).

Saluran alam (natural channels) merupakan saluran yang terbentuk menurut proses alamiah dan tidak mengalami perubahan yang berarti oleh manusia. Saluran-saluran yang termasuk kedalam jenis ini adalah saluran-saluran kecil, sungai-sungai kecil maupun besar dan muara-muara sungai yang di pengaruhi oleh pasang surut air laut. Sedangkan saluran buatan (artificial channels) adalah semua saluran yang dibuat oleh manusia, meliputi saluran irigasi, saluran pembangkit listrik, saluran drainase dan lain-lain (Anggrahini, 2005).

Aliran pada saluran terbuka (sungai) dapat diklasifikasikan menjadi berbagai tipe tergantung kriteria yang digunakan. Berdasarkan perubahan kedalaman dan/atau kecepatan mengikuti fungsi waktu, maka aliran dibedakan menjadi permanen (steady) dan tidak permanen (unsteady). Sedangkan berdasarkan fungsi,

maka aliran dibedakan menjadi aliran seragam (uniform) dan tidak seragam/berubah (nonuniform or varied).

1) Aliran Permanen (Steady Flow)

Apabila karakteristik fisik aliran, terutama kedalaman aliran atau kecepatan aliran tidak berubah atau dapat dianggap konstan selama interval waktu yang ditinjau.

2) Aliran Non Permanen (Unsteady Flow)

Apabila karakteristik fisik aliran, terutama kedalaman aliran atau kecepatan aliran berubah atau dapat dianggap tidak konstan selama interval waktu yang ditinjau.

Sedangkan kriteria aliran menurut ruang dapat dibagi dalam :

1) Aliran Seragam (Uniform Flow)

Aliran disebut seragam apabila berbagai variabel aliran seperti kedalaman, tampang basah, kecepatan dan debit pada setiap tampang disepanjang aliran adalah konstan. Pada aliran seragam, garis energi, garis muka air dan dasar saluran adalah sejajar sehingga kemiringan dari ketiga garis tersebut adalah sama. Kedalaman air pada aliran seragam disebut dengan kedalaman normal (y_n). Untuk debit aliran dan luas tampang lintang saluran tertentu, kedalaman normal adalah konstan diseluruh sepanjang saluran.

Contoh aliran seragam adalah aliran melalui saluran irigasi yang sangat panjang dan tidak ada perubahan penampang. Aliran irigasi yang dekat bangunan irigasi tidak lagi seragam karena adanya bendungan atau terjunan, yang menyebabkan aliran menjadi tidak seragam (Non Uniform).

2) Aliran tidak seragam atau berubah (*Non Uniform Flow* atau *Varied Flow*)

Aliran disebut tidak seragam atau berubah (*Non Uniform Flow* atau *Varied Flow*) apabila variabel aliran seperti kedalaman, tampang basah, kecepatan disepanjang saluran tidak konstan.

Didalam aliran tidak seragam, garis tenaga tidak sejajar disepanjang garis muka air dan dasar saluran. Contoh aliran tidak seragam yaitu aliran yang melalui sungai atau juga saluran irigasi dekat bangunan (bendung) atau diujung saluran. Analisa

aliran tidak seragam biasanya bertujuan untuk mengetahui profil aliran disepanjang saluran dan sungai.

Apabila perubahan aliran terjadi pada jarak yang pendek maka disebut aliran berubah cepat, sedangkan apabila terjadi pada jarak yang panjang disebut aliran berubah beraturan.

1) Aliran Berubah Beraturan (Gradually Varied Flow)

Dimana parameter hidrolis (kecepatan, tampang basah) berubah secara progresif dari satu tampang ketampang yang lain. Kecepatan aliran disepanjang saluran dapat dipercepat atau diperlambat yang tergantung pada kondisi saluran. Apabila di ujung hilir saluran terdapat bendung maka akan terjadi profil muka air pembendungan dimana kecepatan aliran akan berkurang (diperlambat). Sedangkan apabila terdapat terjunan maka profil muka air akan menurun dan kecepatan akan bertambah (dipercepat). Aliran di dalam sungai biasanya termasuk dalam tipe ini.

2) Aliran Berubah Cepat (Rapidly Varied Flow)

Dimana parameter hidrolis berubah secara mendadak dan kadang-kadang juga tidak kontinyu (Discontinue). Contoh dari aliran ini adalah : perubahan penampang, loncatan air, terjunan, aliran melalui bangunan pelimpah dan pintu air dan sebagainya. Kehilangan tenaga karena turbulensi.

Sifat-sifat dari bagian-bagian geometri penampang saluran seluruhnya ditentukan oleh bentuk geometri dari saluran dan kedalaman aliran. Definisi dari beberapa bagian geometri penampang saluran adalah sebagai berikut:

- a) Kedalaman aliran, h (depth of flow) adalah jarak vertikal dari titik yang terendah dari penampang saluran sampai ke permukaan air.
- b) Lebar permukaan, T (top width) adalah lebar penampang saluran pada permukaan aliran (permukaan bebas).
- c) Luas penampang aliran atau penampang basah, A (flow area) adalah luas penampang aliran yang diambil tegak lurus arah aliran.

- d) Keliling basah, P (wetted perimeter) adalah panjang garis pertemuan antara cairan dan batas penampang melintang saluran yang tegak lurus arah aliran.
- e) Jari-jari hidrolis, R (hydraulic radius) adalah perbandingan antara luas penampang basah dan keliling basah atau $R = A/P$.

1. Debit Aliran

Debit aliran adalah laju aliran air (dalam bentuk volume air) yang melewati suatu penampang melintang sungai persatuan waktu. Dalam sistem satuan SI besarnya debit dinyatakan dalam satuan meter kubik per detik (m^3/det) (Chay Asdak, 2014).

Pengukuran debit aliran dilapangan pada dasarnya dapat dilakukan melalui empat kategori (Chay Asdak, 2014):

- 1) Pengukuran volume air sungai.
- 2) Pengukuran debit dengan cara mengukur kecepatan aliran dan menentukan luas penampang melintang sungai dan menggunakan rumus:

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

Dimana:

Q = debit aliran (m^3/det)

V = kecepatan aliran (m/det)

A = luas penampang (m^2)

- 3) Mengukur debit dengan menggunakan bahan kimia (pewarna) yang dialirkan dalam aliran sungai (*substance tracing method*).
- 4) Pengukuran debit dengan dengan membuat bangunan pengukur seperti weir (aliran air lambat) atau flume (aliran air cepat)

2. Debit Saluran

Debit adalah volume aliran yang mengalir melalui suatu penampang melintang saluran per satuan waktu. Biasanya dinyatakan dalam satuan meter kubik perdetik

(m^3 /detik) atau liter perdetik (l/detik). Debit saluran akan berubah-ubah menurut waktu (Soewarno, 1991).

Pengukuran debit harus dilakukan pada lokasi yang memudahkan pelaksanaan dimana aliran airnya tenang dan tidak banyak gangguan baik berupa vegetasi maupun bangunan utilitas lainnya dan dilakukan pada lokasi yang sama dengan pengukuran sedimen terapung, untuk mendapatkan hubungan antara angkutan sedimen terapung dan debit aliran saluran. Pengukuran debit aliran saluran diawali dengan pengukuran luas tampang melintang saluran. Pada titik yang sama dilakukan pengukuran kecepatan aliran sehingga debit aliran saluran dapat diketahui.

Cara pengukuran debit yang digunakan adalah metode luas kecepatan. Pada metode ini debit dari suatu tampang lintang saluran dihitung dengan cara mengukur atau menghitung luas tampang basah saluran dan kecepatan rerata. Kecepatan rerata didapat dari hasil pengukuran dengan menggunakan current meter pada titik tertentu sepanjang tampang yang dikehendaki.

Untuk mengetahui luas penampang basah dan keliling penampang basah dapat dicari dengan menggunakan aplikasi Microsoft Excel, sehingga nilai jari-jari hidrolis dapat dicari yakni :

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

Dimana :

A = luas penampang basah (m^2),

P = keliling penampang basah (m)

R = jari-jari hidrolis (m),

Parameter yang penting dalam menghitung besarnya debit suatu aliran adalah luas penampang (A) dan kecepatan aliran (V), setelah kedua parameter tersebut diketahui barulah dapat dicari besarnya debit aliran saluran. Sehingga persamaan yang digunakan untuk menghitung debit aliran saluran adalah (Soewarno,1991) :

$$Q = (\Sigma a \times \Sigma v)$$

Dimana :

$Q = \text{debit } (m^3/dt),$

$a = \text{luas bagian penampang basah } (m^2),$

$v = \text{kecepatan aliran } (m/dt).$

3. Pengukuran Kemiringan Dasar Saluran

Pengukuran kemiringan dasar saluran pada penelitian ini menggunakan data hasil pengukuran dilapangan yang menggunakan selang ukur. Dimana persamaan yang digunakan untuk mencari kemiringan yaitu :

Mencari beda tinggi muka air dapat di cari dengan Persamaan berikut :

$$\Delta h = \bar{h}_1 - \bar{h}_2$$

Setelah Δh didapatkan, maka kemiringan dasar saluran dapat dihitung dengan persamaan berikut yaitu:

$$I = \Delta h / L$$

Dimana :

$L = \text{Panjang bagian saluran } (m),$

$h_1 = \text{Elevasi dasar saluran di hulu } (m),$

$h_2 = \text{Elevasi dasar saluran di hilir } (m),$

$\Delta h = \text{Beda tinggi muka air } (m),$

$I = \text{Kemiringan dasar saluran.}$

2.5.3 Luas Penampang Basah

Menurut (Chow, 1959), Luas penampang basah adalah luas penampang melintang aliran yang tegak lurus arah aliran. Adapun beberapa rumus luas penampang basah, sesuai dengan bentuknya :

1) Penampang segiempat

$$A = b \times h$$

Dimana :

$A = \text{Luas penampang } (m^2)$

$b = \text{Lebar } (m)$

$h = \text{Kedalaman } (m)$

2) Penampang Trapesium

$$A = b.h + m. h^2$$

3) Penampang Segitiga

$$A = m. h^2$$

Dimana :

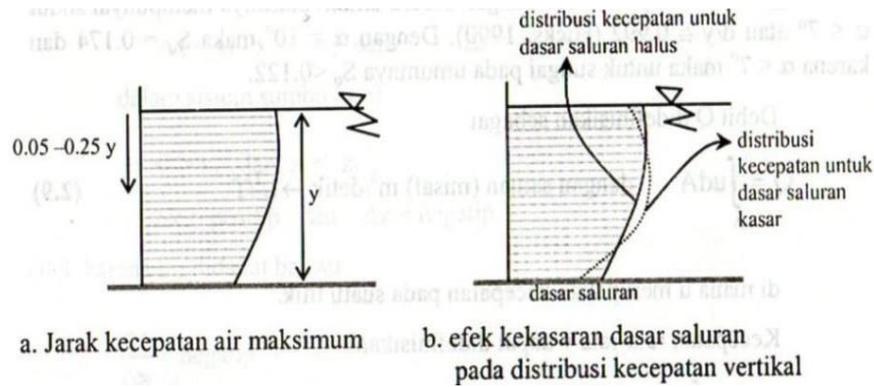
$m = \text{Kemiringan}$

$h = \text{Kedalaman } (m)$

2.5.4 Kecepatan Aliran

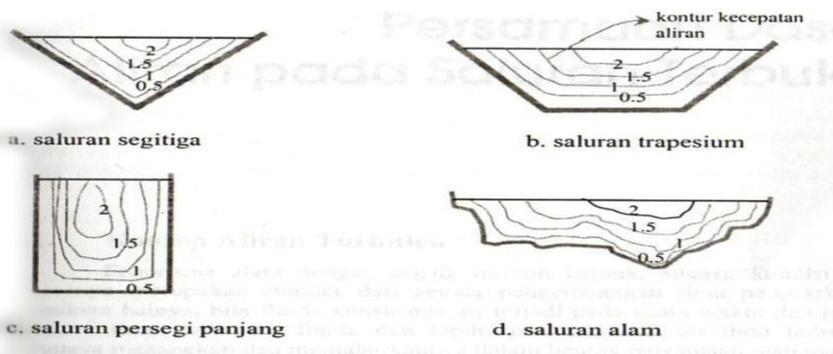
Kecepatan aliran disebabkan oleh tekanan pada muka air akibat adanya perbedaan fluida antara udara dan air juga akibat gaya gesekan pada dinding saluran (dasar maupun tebing saluran) maka kecepatan aliran pada suatu potongan melintang saluran tidak seragam (Chow 1959).

Selanjutnya Chow (1959), mengatakan bahwa kecepatan maksimum umumnya terjadi pada jarak 0,05 sampai 0,25 dikalikan kedalaman airnya dihitung dari permukaan air seperti pada gambar (2.2). Namun pada sungai yang sangat lebar dengan kedalaman dangkal (shallow), kecepatan maksimum terjadi pada permukaan air (Robert. J Kodatie, 2009). Makin sempit saluran kecepatan maksimumnya makin dalam. Kekasaran dasar saluran juga mempengaruhi distribusi kecepatan seperti ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 2.20 Jarak kecepatan maksimum dan efek kekasaran dasar saluran

Sumber : (Addison.1944;Chow.1959 dalam Robert. J Kodatie, 2009)



Gambar 2.21. Distribusi kecepatan aliran untuk beberapa macam bentuk saluran

Sumber : (Chow,1959 dalam Robert. J Kodatie, 2009)

Current Meter Kecepatan aliran (V) didapat dari pengukuran current meter (tipe propeller atau tipe prise). Hubungan antara putaran per detik (N) dari alat ukur ini dengan kecepatan air dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut :

$$V = a (N) + b(4)$$

$$N = \frac{r}{t}$$

Dimana :

- a dan b = Konstanta yang didapat dari kalibrasi alat;
- N = Banyaknya putaran propeller per detik.
- r = Jumlah putaran baling-baling current meter
- t = Waktu (detik)

Alat ini dilengkapi penghitung elektronik yang menunjukkan putaran baling-baling. Dengan adanya kalibrasi, maka alat ini dapat langsung digunakan dimana

banyaknya putaran perdetik dicatat dalam alat dan tinggal masukkan dalam rumus (tidak perlu mencari luas penampang basah dari saluran).

Rumus kecepatan aliran dapat diketahui sesuai dengan tipe oss current meter yang digunakan.

1) PC. No. 88 – 51, jika :

$$N < 3,9 \text{ maka } V = 0,0593 N + 0,0131 \text{ (m/det)}$$

$$N > 3,19 \text{ maka } V = 0,0526 N + 0,0345 \text{ (m/det)}$$

2) PC. No. 2-85-11, jika :

$$N < 0,50 \text{ maka } V = 0,4533 N + 0,0106 \text{ (m/det)}$$

$$N > 0,50 \text{ maka } V = 0,4905 N + 0,008 \text{ (m/det)}$$

2.5.5 Tipe Aliran

Berdasarkan gaya berat terhadap inersia, aliran dapat merupakan aliran sub kritis, kritis dan super kritis. Ketiganya dipengaruhi oleh bilangan Froude yang merupakan fungsi dari kecepatan (V) dan kedalaman aliran (h). Perbandingan gaya inersia dengan berat suatu aliran disebut bilangan Froude.

Ada tiga macam aliran (Rinaldi, 2002:20) sebagai berikut :

1. Aliran Sub Kritis

Aliran dikatakan sub kritis apabila lebih besar dari pada gaya inersia, sehingga air akan mengalir dengan kecepatan rendah.

Pada aliran sub kritis $V < \sqrt{g \cdot h}$ dan $Fr < 1$

Dalam mekanisme gelombang $\sqrt{g \cdot h}$ dapat disamakan dengan kecepatan perambatan gelombang dangkal. Jika $V = \sqrt{g \cdot h}$ maka kecepatan perambatan gelombang akan lebih besar dari pada kecepatan rata-rata aliran, sehingga gelombang dapat bergerak kearah hulu.

2. Aliran Super Kritis

Aliran dikatakan super kritis apabila gaya berat sangat lemah bila dibandingkan dengan gaya inersia, sehingga air akan mengalir dengan kecepatan tinggi.

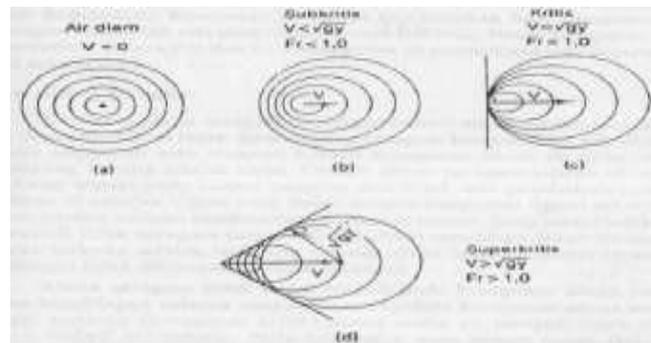
Pada aliran super kritis $V > \sqrt{g \cdot h}$ dan $Fr > 1$

Jika $V > \sqrt{g \cdot h}$ maka kecepatan perambatan gelombang akan hanya lebih kecil dari pada kecepatan aliran rata-rata aliran, sehingga gelombang hanya bergerak kearah hilir.

3. Aliran kritis

Antara keadaan sub kritis dan super kritis terdapat keadaan kritis Pada aliran kritis $V = \sqrt{g \cdot h}$ dan $Fr = 1$

Jika $V = \sqrt{g \cdot h}$ maka kecepatan perambatan gelombang sama dengan kecepatan rata-rata aliran, sehingga tidak ada pergerakan gelombang. Kedalaman pada keadaan kritis disebut kedalaman kritis.



Gambar 2.22 Pola perjalanan gelombang di saluran terbuka

(sumber : Bambang Triatmodjo, 2008)

Pada gambar diatas diperlihatkan suatu saluran panjang dengan tiga jenis kemiringan : sub kritis, kritis dan super kritis. Pada kemiringan sub kritis permukaan air di zona peralihan tampak bergelombang. Aliran dibagian tengah saluran bersifat seragam namun kedua ujungnya bersifat berubah. Pada kemiringan kritis permukaan air dari aliran kritis ini tidak stabil.

Dibagian tengah dapat terjadi gelombang tetapi kedalaman rata-rata konstan dan alirannya dapat dianggap seragam. Dibagian hilir zona peralihan aliran mendekati seragam. Kedalaman aliran seragam disebut kedalaman normal (normal depth). Pada Gambar tersebut, garis panjang terputus- putus menyatakan garis

kedalaman normal, disingkat dengan G.K.N dan garis pendek terputus-putus atau garis titik-titik menyatakan garis kedalaman kritis atau G.K.K.

Panjang zona peralihan tergantung pada debit dan keadaan fisik saluran, seperti keadaan tempat pemasukan air, bentuk kemiringan dan kekasarannya. Panjang zona peralihan tergantung pada debit dan keadaan fisik saluran, seperti keadaan tempat pemasukan air, bentuk kemiringan dan kekasarannya.

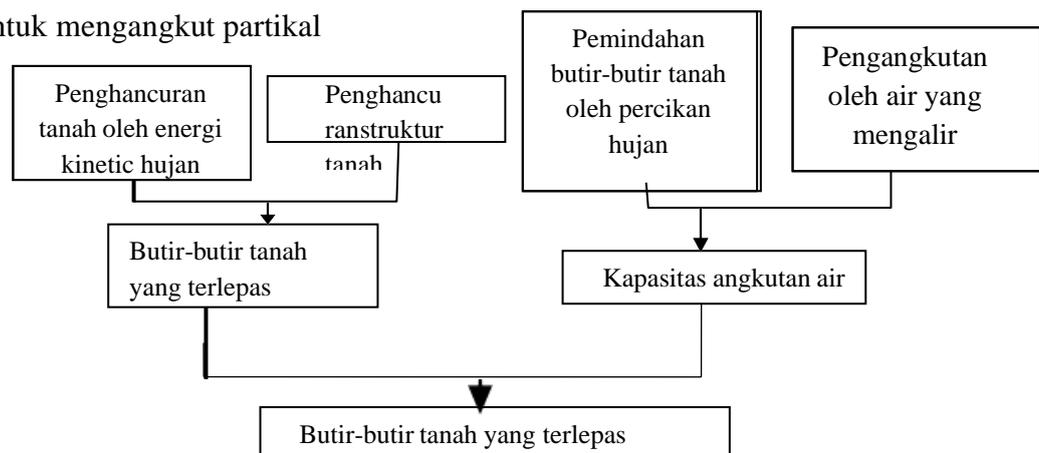
2.6 Erosi

2.6.1 Defenisi Erosi

Erosi adalah suatu proses atau peristiwa hilangnya lapisan permukaan tanah atas, baik di sebabkan oleh pergerakan air maupun angin (suripin 2004). Erosi merupakan tiga proses yang berurutan, yaitu pelepasan (*detachment*), pengangkutan (*transportation*), dan pengendapan (*deposition*), bahan-bahan tanah oleh penyebab erosi (Asdak, 1995).

Di Daerah-Daerah tropis yang lembab seperti di Indonesia maka air merupakan penyebab utama terjadinya erosi, Erosi tanah yang di sebabkan oleh air meliputi 3 tahap (Suripin, 2004).

- Tahap pelepasan partikel tunggal dari massa tanah.
- Tahap pengangkutan oleh media yang tererosi seperti aliran air dan angin.
- Tahap pengendapan, pada kondisi dimana energi yang tersedia tidak cukup lagi untuk mengangkut partikal



Gambar 2.23. bagan alir model proses oleh air.

(sumber ; Suripin, 2004)

2.6.2 Gerusan

Proses erosi dan deposisi di sungai pada umumnya terjadi karena perubahan pola aliran, terutama pada sungai alluvial. Perubahan tersebut terjadi karena adanya rintangan pada aliran sungai, berupa rintangan bangunan sungai seperti abutment jembatan, pilar jembatan, crib sungai, revetment dan sebagainya. Bangunan semacam ini dipandang dapat mengubah geometri alur serta pola aliran selanjutnya diikuti dengan terjadinya gerusan lokal di dekat bangunan (Legono: 1990).

1. Macam-macam Gerusan

Menurut Legono (1990), gerusan dibedakan menjadi:

- a) Gerusan umum di alur sungai, gerusan ini tidak berkaitan sama sekali dengan terdapat atau tidaknya bangunan sungai. Gerusan ini disebabkan oleh energi dari aliran sungai.
- b) Gerusan terlokalisir di alur sungai, terjadi karena penyempitan alur sungai, sehingga aliran menjadi lebih terpusat.
- c) Gerusan lokal disekitar bangunan, terjadi karena pola aliran lokal disekitar bangunan sungai.

Gerusan dari jenis b dan c selanjutnya dapat dibedakan menjadi gerusan dengan air bersih (clear water scour) maupun gerusan dengan air bersedimen (live bed scour). Gerusan dengan air bersih berkaitan dengan suatu dimana dasar sungai atau saluran di sebelah hulu bangunan dalam keadaan diam (tidak ada material yang terangkut) atau secara teoritik $\tau < \tau_c$, sedangkan gerusan dengan air bersedimen terjadi disertai dengan adanya angkutan sedimen, akibat aliran dalam saluran yang menyebabkan material dasar bergerak atau secara teoritik $\tau > \tau_c$ (Legono: 1990).

2. Mekanisme Gerusan

Menurut Legono (1990), gerusan yang terjadi di sekitar abutmen jembatan merupakan akibat dari sistem pusaran (vortex system) yang timbul karena aliran dirintangi oleh abutment tersebut. Sistem pusaran yang menyebabkan adanya lubang gerusan tersebut dimulai dari sebelah hulu abutmen yaitu saat mulai munculnya komponen aliran dari arah bawah. Selanjutnya pada bagian bawah komponen tersebut, aliran akan berbalik arah menjadi vertikal yang kemudian

diikuti dengan terbawanya material dasar sehingga terbentuk aliran spiral di daerah gerusan.

Menurut Breusers dan Raudkivi (1991), proses gerusan dimulai pada saat partikel yang terbawa bergerak mengikuti pola aliran dari bagian hulu ke bagian hilir saluran. Pada kecepatan tinggi, partikel yang terbawa akan semakin banyak dan lubang gerusan akan semakin besar baik ukuran maupun kedalamannya. Kedalaman gerusan maksimum akan tercapai pada saat kecepatan aliran mencapai kecepatan kritik.

Dijelaskan lebih lanjut bahwa kecepatan gerusan relatif tetap meskipun terjadi peningkatan kecepatan yang berhubungan dengan transpor sedimen, baik yang masuk maupun yang keluar lubang gerusan. Jadi kedalaman rata-rata gerusan pada kondisi seimbang (equilibrium scour dept, Y_s), dengan sendirinya menjadi lebih kecil dari kedalaman gerusan maksimum.

Menurut Larsen (1952) dalam Legono (1990), sifat alami gerusan mempunyai fenomena sebagai berikut :

- a) Besar gerusan akan sama dengan selisih antara jumlah material yang ditranspor keluar daerah gerusan dengan jumlah material yang ditranspor masuk kedalam daerah gerusan.
- b) Besar gerusan akan berkurang apabila penampang basah di daerah gerusan bertambah (misal: karena erosi).
- c) Untuk kondisi aliran akan terjadi suatu keadaan gerusan yang disebut gerusan batas, besarnya akan asimtotik terhadap waktu.

3. Awal Gerak Butiran

Menurut Ranga Raju (1986), suatu saluran terbuka yang mempunyai sedimen lepas (loose sediment) diatur pada kemiringan tertentu dimana aliran seragam terjadi pada debit yang berbeda. Sebagai akibatnya, pada debit yang rendah ketika kedalaman dan tegangan geser kecil, partikel sedimen akan berhenti dan aliran itu sama dengan yang ada pada saluran batas kukuh. Apabila debit secara berangsur bertambah, suatu tahap dicapai apabila sedikit partikel pada dasar yang bergerak secara terputus-putus. Keadaan ini dinamakan keadaan kritis (*critical condition*) keadaan gerak awal (*incipient motion condition*).

Selain dari batasan yang menunjukkan permulaan gerak sedimen, keadaan kritis mempengaruhi desain saluran peka erosi (*erotic channels*) yang mengangkut air dan pada dasarnya mempengaruhi susunan endapan lumpur di dalam waduk. Dengan demikian ada manfaat memahami secara seksama kondisi hidraulika yang mengawali gerak pada dasar yang mempunyai sedimen yang diketahui karakternya.

2.6.3 Tipe Erosi

Menurut Asdak (2004), proses erosi terdiri atas tiga bagian yang berurutan: pengelupasan (*detachment*), pengangkutan (*transportation*), dan pengendapan (*sedimentation*). Beberapa tipe erosi yang ditemukan untuk daerah tropis adalah:

1. Erosi percikan (*flash erosion*), yaitu proses terkelupasnya partikel-partikel tanah bagian atas oleh tenaga kinetik air hujan bebas atau air lolos.
2. Erosi permukaan (*sheet erosion*), yaitu erosi yang terjadi ketika lapisan tipis permukaan tanah di daerah berlereng terkikis oleh kombinasi air hujan dan air aliran (*run off*).
3. Erosi alur (*rill erosion*), yaitu pengelupasan yang diikuti dengan pengangkutan partikel-partikel tanah oleh air aliran yang terkonsentrasi di dalam saluran air.
4. Erosi parit (*gully erosion*), yaitu erosi yang membentuk jajaran parit yang lebih dalam dan lebar serta merupakan lanjutan dari erosi alur.
5. Erosi tebing (*streambank erosion*), yaitu pengikisan tanah pada tebing-tebing sungai dan penggerusan dasar sungai oleh aliran air sungai.

2.6.4 Faktor dan Dampak Erosi

Faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya erosi adalah iklim, tanah, topografi, vegetasi dan pengelolaan. Faktor iklim yang terbesar pengaruhnya adalah hujan yang melalui tenaga kinetiknya menghancurkan partikel-partikel tanah dan kontribusinya terhadap aliran permukaan. Faktor tanah meliputi tekstur, struktur, infiltrasi dan kandungan bahan organik. Faktor topografi umumnya dinyatakan dalam kemiringan dan panjang lereng.

Erosi akan meningkat dengan semakin besarnya kemiringan dan panjang lereng. Pengaruh vegetasi penutup lahan terhadap erosi adalah melindungi

permukaan tanah dari tumbukan air hujan, menurunkan kecepatan dan volume run off, menahan partikel-partikel tanah pada tempatnya melalui sistem perakaran dan serasa yang dihasilkan, serta mempertahankan kemantapan kapasitas tanah dalam menyerap air.

Menurut Arsyad (2006), beberapa dampak erosi di tempat kejadian erosi (*on-site*) yaitu antara lain :

1. kehilangan unsur hara dan kerusakan struktur tanah;
2. kemerosotan produktivitas tanah atau bahkan menjadi tidak dapat dipergunakan untuk berproduksi;
3. kerusakan bangunan konservasi dan bangunan lainnya; dan
4. pemiskinan petani. Sedangkan dampak yang terjadi di luar tempat kejadian

Tabel 2.1. Dampak Erosi Tanah

Dampak	Dampak di tempat kejadian erosi	Dampak diluar tempat kejadian erosi
Langsung	<ol style="list-style-type: none"> a. Kehilangan lapisan tanah yang baik bagi berjangkarnya akar tanaman b. Kehilangan unsur haradan kerusakan struktur tanah c. Peningkatan penggunaan energi untuk produksi d. Kemerosotan produktifitas tanah atau bahkan menjadi tidak dapat dipergunakan untuk berproduksi e. Kerusakan bangunan konservasi dan bangunan lainnya f. Pemiskinan petani penggarap/pemilik tanah 	<ol style="list-style-type: none"> a. Pelumpuran dan pendangkalan waduk, sungai, saluran dan badan air lainnya b. Tertimbunnya lahan pertanian, jalan dan bangunan lainnya c. Menghilangkan mata air dan memburuknya kualitas air d. Kerusakan ekosistem perairan (tempat bertelur ikan, terumbu karang dan sebagainya) e. Kehilangan nyawa dan harta oleh banjir f. Meningkatnya frekuensi dan masa kekeringan

Tidak langsung	<ul style="list-style-type: none"> a. Berkurangnya alternatif penggunaan tanah b. Timbulnya dorongan/tekanan untuk membuka lahan baru c. Timbulnya keperluan perbaikan lahan dan bangunan yang rusak 	<ul style="list-style-type: none"> a. Kerugian oleh berkurangnya umur waduk b. Meningkatnya frekuensi dan besarnya banjir
----------------	---	---

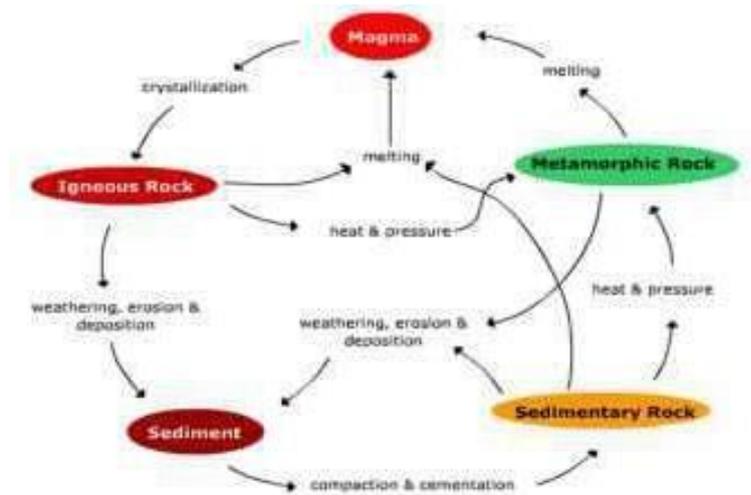
(Sumber : Arsyad, 2006)

2.7 Sedimentasi

Kata sedimen berasal dari bahasa latin “*Sedimentum*” yang artinya “Pengendapan” (Friedman 1978). Terkait dengan kata sedimen, Rifardi (2008) mendefinisikan Sedimen sebagai proses terbentuknya endapan dari partikel – partikel yang terbawa oleh air, angin, es maupun gletser. Partikel sedimen ini biasanya merupakan material yang berasal dari hasil pelapukan batuan dan pengikisan permukaan bumi.

Menurut Friedman (1978), mengatakan sedimen adalah kerak bumi yang ditransformasikan dari suatu tempat ketempat lain baik secara vertical maupun secara horizontal.

Sedimen adalah hasil proses erosi, baik berupa erosi permukaan, erosi parit, atau jenis erosi tanah lainnya. Sedimen umumnya mengendap di bagian bawah kaki bukit, di daerah genangan banjir, di saluran air, sungai, dan waduk. Hasil Sedimen (sedimen yield) adalah besarnya sedimen yang berasal dari erosi yang terjadi di daerah tangkapan air yang diukur pada periode waktu dan tempat tertentu. Hasil sedimen biasanya diperoleh dari pengukuran sedimen yang terlarut dalam sungai (suspended sediment) atau dengan pengukuran langsung di waduk. (Asdak 2002:392)



Gambar 2.24. Siklus Terjadinya Sedimen
(Sumber : Tambanga, 2008)

Berdasarkan proses terjadinya erosi tanah dan proses sedimentasi, maka proses terjadinya sedimentasi dapat dibedakan menjadi dua bagian yaitu:

a) Proses sedimentasi secara geologis (Normal)

Yaitu proses erosi tanah dan sedimentasi yang berjalan secara normal atau berlangsung secara geologi, artinya proses pengendapan yang berlangsung masih dalam batas-batas yang diperkenankan atau dalam keseimbangan alam dari proses degradasi dan agradasi pada permukaan kulit bumi akibat pelapukan.

b) Proses sedimentasi dipercepat

Yaitu proses terjadinya sedimentasi yang menyimpang dari proses secara geologi dan berlangsung dalam waktu yang cepat, bersifat merusak atau merugikan dan dapat mengganggu keseimbangan alam atau kelestarian lingkungan hidup. Kejadian tersebut biasanya disebabkan oleh kegiatan manusia dalam mengolah tanah. Cara mengolah tanah yang salah dapat menyebabkan erosi tanah dan sedimentasi yang tinggi.

Menurut Soemarto 1999, sebagai akibat dari adanya erosi, sedimentasi memberikan beberapa dampak, yaitu:

a) Di sungai

Pengendapan sedimen di dasar sungai yang menyebabkan naiknya dasar sungai, kemudian mengakibatkan tingginya muka air sehingga berakibat sering terjadi banjir.

b) Di saluran

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

c) Di waduk

Pengendapan sedimen di waduk akan mengurangi volume efektif waduk yang berdampak terhadap berkurangnya umur rencana waduk.

d) Di bendung atau pintu-pintu air

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

Sedangkan sedimentasi adalah proses mengendapnya material fragmental oleh air sebagai akibat dari adanya erosi. Proses mengendapnya material tersebut yaitu proses terkumpulnya butir-butir tanah yang terjadi karena kecepatan aliran air yang mengangkut bahan sedimen mencapai kecepatan pengendapan (*settling velocity*). Proses sedimentasi dapat terjadi pada lahan-lahan pertanian maupun di sepanjang dasar sungai, dasar waduk, muara, dan sebagainya.

2.7.1 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Sedimentasi

Proses terjadinya sedimentasi merupakan bagian dari proses erosi tanah. Timbulnya bahan sedimen adalah sebagai akibat dari erosi tanah yang terjadi. Proses erosi dan sedimentasi di Indonesia yang lebih berperan adalah faktor air, sedangkan faktor angin relatif kecil. Faktor-faktor yang mempengaruhi sedimentasi yaitu :

- a) Iklim
- b) Tanah
- c) Topografi
- d) Tanaman
- e) Macam penggunaan lahan
- f) Kegiatan manusia
- g) Karakteristik hidrolika sungai
- h) Karakteristik penampung sedimen, check dam, dan waduk
- i) Kegiatan gunung berapi

2.7.2 Mekanisme Pengangkutan Sedimen

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

a) Wash Load Movement

Butir-butir tanah yang sangat halus berupa lumpur yang bergerak bersama-sama dalam aliran air, konsentrasi sedimen merata di semua bagian pengaliran. Bahan wash load berasal dari pelapukan lapisan permukaan tanah yang menjadi lepas berupa debu-debu halus selama musim kering. Debu halus ini selanjutnya dibawa masuk ke saluran atau sungai baik oleh angin maupun oleh air hujan yang turun pertama pada musim hujan, sehingga jumlah sedimen pada awal musim hujan lebih banyak dibandingkan dengan keadaan yang lain.

b) Suspended Load Movement

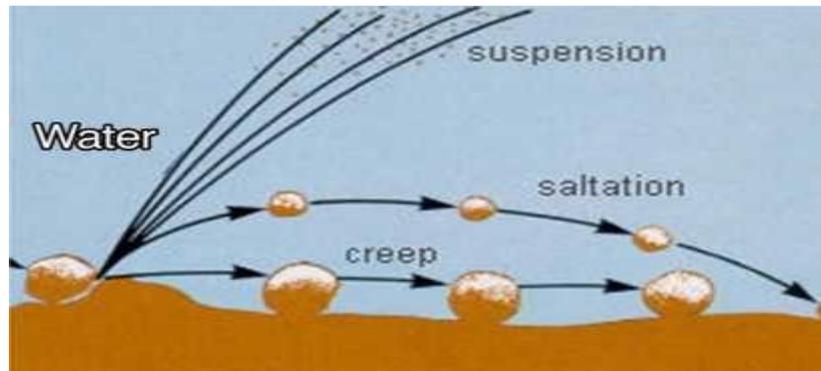
Butir-butir tanah bergerak melayang dalam aliran air. Gerakan butir-butir tanah ini terus menerus dikompresir oleh gerak turbulensi aliran sehingga butir-butir tanah bergerak melayang di atas saluran. Bahan suspended load terjadi dari pasir halus yang bergerak akibat pengaruh turbulensi aliran, debit, dan kecepatan aliran. Semakin besar debit, maka semakin besar pula angkutan suspended load.

c) Saltation Load Movement

Pergerakan butir-butir tanah yang bergerak dalam aliran air antara pergerakan suspended load dan bed load. Butir-butir tanah bergerak secara terus menerus meloncat-loncat (skip) dan melambung (bounce) sepanjang saluran tanpa menyentuh dasar saluran. Bahan-bahan saltation load terdiri dari pasir halus sampai dengan pasir kasar.

d) Bed Load Movement

Merupakan angkutan butir-butir tanah berupa pasir kasar (coarse sand) yang bergerak secara menggelinding (rolling), mendorong dan menggeser (pushing and sliding) terus menerus pada dasar aliran yang pergerakannya dipengaruhi oleh adanya gaya seret (drag force) aliran yang bekerja di atas butir-butir tanah yang bergerak.



Gambar 2.25. Ragam Gerakan Sedimen dalam Air
(Sumber : Aditya, 2003)

2.7.3 Karakteristik Sedimen

Siswanto (2007), Mendefinisikan sedimen sebagai sekumpulan rombakan material (batuan, mineral dan bahan organik) dengan ukuran butiran tertentu, Ukuran Partikel Sedimen Ukuran partikel merupakan karakteristik sedimen yang dapat di ukur secara nyata.

Partikel-partikel sedimen akan memiliki bentuk yang tidak teratur. Oleh karena itu setiap panjang dan diameter akan memberikan ciri kepada bentuk kelompok butiran. Secara garis besar skala butiran adalah sebagai berikut :

1. Brangkal (Boulders) : 4000 – 250 mm
2. Krakal (Cobbles) : 250 – 64 mm

3. Krikil (Gravel) : 64 – 2 mm
4. Pasir (Sand) : 2000 – 62 μ
5. Lanau (Silt) : 62 – 4 μ
6. Lempung (Clay) : 4 – 0.24 μ

Konsentrasi sedimen (C_s) adalah banyaknya sedimen yang tersuspensi dalam volume air tertentu. Pengukuran dilakukan dengan caramengambil sampel/ccontoh air dan membawa ke laboratorium untuk dapat diketahui konsentrasi sedimen dalam satuan ppm (*part per million*) atau mg/liter (Supangat,2014).

Perhitungan konsentrasi sedimen (C_s) dengan rumus yang digunakan persamaan yaitu :

$$C_s = \frac{W_s}{W_{total}}$$

Dimana :

- C_s = Konsentrasi Sedimen Melayang
- W_s = Berat Kadar Lumpur
- W_{total} = Air + Berat Kadar Lumpur

2.7.4 Laju Sedimentasi

Menurut Syamsuddin Aris (2016), Laju sedimentasi adalah jumlah hasil sedimen per satuan luas daerah tangkapan air (DTA) atau daerah aliran sungai (DAS) per satuan waktu (dalam satuan ton/ha/th atau mm/th)

Faktor yang menentukan laju sedimentasi, antara lain :

- 1) Jumlah dan intensitas hujan
- 2) Tipe tanah dan formasi geologi
- 3) Penutupan tanah
- 4) Penggunaan lahan
- 5) Topografi
- 6) Kondisi drainasi alami yang meliputi: bentuk, jaringan, kerapatan, gradien, ukuran, dan arah
- 7) Runoff

- 8) Karakteristik sedimen, seperti ukuran butir dan mineralogi; dan
- 9) Karakteristik hidrolika saluran (sungai)

Perhitungan besarnya debit sedimen harian menurut Suripin(2002), dihitung dengan rumus :

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

$$Q_{sd} = 65\% \times Q_{sm}$$

$$Q_{total} = Q_{sm} \times Q_{sd}$$

Dimana :

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

Q_w = Debit aliran harian (m^3/det)

C_s = Konsentrasi sedimen layang (mg/ltr)

Q_{sd} = Debit sedimen dasar (ton/hari)

0,0864 = Konversi satuan dari kg/s ke ton/hari = $60 \times 60 \times 24 \times 365$
(ton/hari)

2.7.5 Analisis Sedimen

1. Berat Jenis (Specific gravity)

Berat jenis (Specific gravity) adalah perbandingan antara berat volume butiran (γ_s) dengan berat volume air (γ_w) pada volume yang sama.

$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} = \frac{\rho_s}{\rho_w}$$

G_s tidak berdimensi, secara tipikal berat jenis berbagai jenis tanah berkisar antara 2,65 sampai 2,75. (Hary, 2010). Untuk mencari nilai berat jenis melalui pengujian laboratorium digunakan persamaan :

$$G_x = \frac{(W_2 - W_1)}{(W_5 - W_1) - (W_3 - W_2)}$$

Dimana :

W_1 = berat piknometer

W2 = berat piknometer + sampel

W3 = berat piknometer + sampel + air

W4 = berat piknometer + air

W5 = berat piknometer + air terkoreksi

k = faktor koreksi temperatur

2. Analisis Saringan Butiran

Analisa ukuran butiran atau penentuan ukuran butiran berarti memisahkan/mengelompokkan tanah berdasarkan perbedaaan fraksi (butiran). Perbedaaan fraksi tersebut dinyatakan dalam persentase dan berat kering total. Metode yang umum dan paling banyak digunakan dalam menganalisa ukuran butiran ini adalah analisis ayakan.

Digunakan satu set saringan, baik dengan menggunakan standar ASTM (inch) atau SI (mm). Angkutan Dasar (Bed Load)

Angkutan dasar (bed load) adalah partikel yang bergerak pada dasar saluran dengan cara berguling, meluncur dan meloncat. Muatan dasar saluran keadaanya selalu bergerak, oleh sebab itu pada sepanjang aliran dasar saluran selalu terjadi proses degradasi dan agradasi yang disebut sebagai “alterasi saluran”. Beberapa formulasi untuk menghitung jumlah muatan dasar telah dikembangkan oleh beberapa peneliti dari tahun ke tahun.

Dalam perhitungan angkutan sedimen, kesukarannya adalah tidak adanya aturan yang pasti sehingga kita hanya mengikuti saran dan aturan-aturan yang telah dilakukan oleh para peneliti sebelumnya.

2.7.6 Metode Perhitungan Laju Angkutan Sedimen

Berikut metode pendekatan empirik yang sering digunakan dalam memprediksi laju angkutan dasar (bed load) (Priyantoro, 1987).

a. Metode Meyer-Petter dan Muller

M.P.M (1948) melakukan percobaan beberapa kali pada flume dengan coarse-sand dan menghasilkan hubungan empiris antara ϕ dan Ψ' sebagai berikut:

$$Q_b = \phi (g \cdot \Delta \cdot Dm^2)^{\frac{1}{2}}$$

$$\Phi = (4\Psi' - 0,188)^{\frac{3}{2}}$$

Dimana :

Q_b = volume angkutan persatuan waktu (m³/dt/m),

Φ = intensitas angkutan sedimen,

g = gravitasi (m/dt²),

Δ = rasio perbandingan antara rapat massa butiran dengan rapat massa air = $(\rho_s - \rho_w) / \rho_w$

Dm = diameter efektif = D50 – D60 (m),

Ψ = intensitas pengaliran,

ρ_s = rapat massa butiran (kg/m³),

ρ_w = rapat massa air (kg/m³).

Intensitas pengaliran dirumuskan sebagai berikut :

$$\phi = \frac{\mu \times g \times R \times I}{\Delta \times Dm}$$

Dimana :

Ψ = intensitas pengaliran,

μ = ripple factor = $(C/C')^{\frac{3}{2}}$

- R = jari-jari hidrolis (m),
- I = kemiringan dasar saluran,
- Dm = diameter butiran efektif = D50 – D60 (m),
- C = friction factor angkutan,
- C' = friction factor intensif.

Sedangkan untuk mencari friction factor angkutan (C) dan friction factor intensif (C') adalah :

$$C = \frac{V}{\sqrt{R \times I}}$$

$$C' = 18 \text{ Log } x \frac{12 \times R}{D_{90}}$$

Dimana :

- V = kecepatan rerata (m/dt),
- R = jari-jari hidraulik (m),
- I = kemiringan dasar saluran,
- D₉₀ = diameter butiran lolos saringan 90%.

Dengan demikian jumlah sedimen yang terangkut permeter persatuan waktu dapat dihitung dengan rumus :

$$S = (\Phi (g \cdot \Delta \cdot D_{55}^3)^{\frac{1}{2}})$$

Dimana :

- Φ = intensitas angkutan sedimen,
- g = percepatan gravitasi (9,81 m/dt²),
- Δ = rasio perbandingan rapat massa butiran dengan rapat massa air,
- D₅₅ = diameter butiran lolos saringan 55% (mm).

b. Metode Engelund and Hansen

$$q_s = 0,05 \gamma_s V^2 \left[\frac{D_{50}}{g \left(\frac{\gamma_s}{\gamma} \right)} \right]^{\frac{1}{2}} \left[\frac{\tau_0}{(\gamma_s - \gamma)} \right]^{\frac{3}{2}}$$

$$\tau_0 = \gamma \times D \times S_s$$

$$Q_s = B \times q_s$$

Dimana :

γ = berat jenis air

γ_s = berat jenis sedimen

τ_0 = tegangan geser (kh/m^2)

Q_s = muatan sedimen (kg/s)

B = lebar saluran (m)

D = kedalaman saluran (m)

S_s = kemiringan saluran

c. Metode Shen And Hungs

$$Y = \left[\frac{v \cdot S_s}{w^{0,32}} \right]^{0,0075}$$

$$\text{Log } C_t = - 107404,459 + 324214,747(Y) - 326309,589(Y)^2 + 109503,872(Y)^3$$

$$Q_t = \frac{Q \times C_t}{10^6} \times \gamma$$

$$V_s = \frac{Q_t}{\gamma_s}$$

Dimana :

Y = parameter Y

V = kecepatan aliran

S_s = kemiringan sungai

Q = debit air

W = kecepatan jatuh

γ = berat jenis air

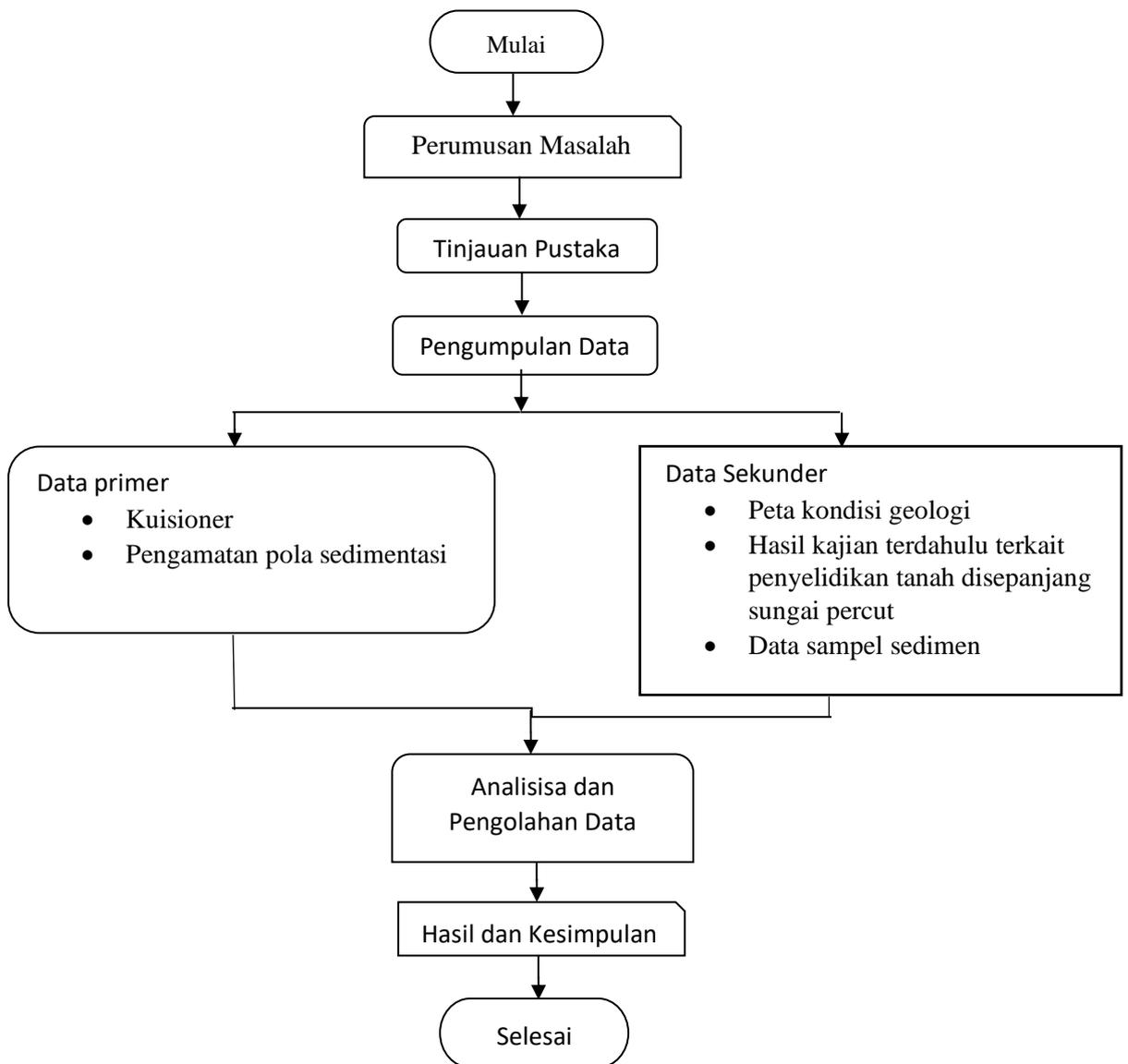
γ_s = berat jenis sedimen

Q_t = debit sedimen total

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Bagan Alir Penelitian

Berdasarkan studi pustaka yang telah di bahas pada bab sebelumnya, maka untuk mempermudah dalam pembahasan penelitian dan analisa data penelitian maka dibuat suatu bagan alir, adapun bagan alirnya yaitu:

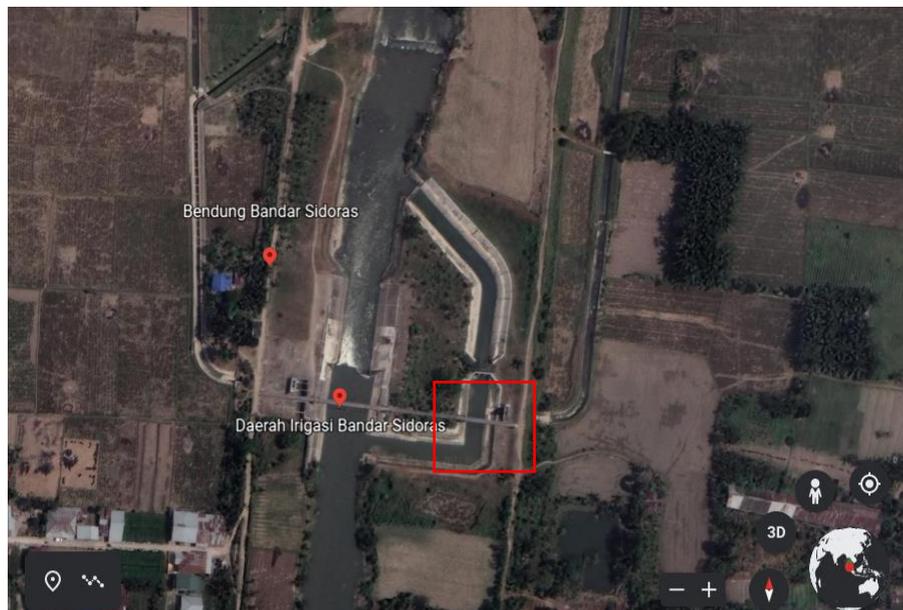


Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian

3.2 Lokasi Penelitian

Pada penelitian ini, lokasi penelitian adalah Bendung bandar sidoras yang terletak di kecamatan Percut Sei Tuan, Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara. Adapun pembatas pada pemilihan lokasi penelitian ini untuk mencari :

- a. Efektivitas operasi Bandar Sidoras dalam pembersihan sedimen di kantong lumpur
- b. Kantong lumpur yang disurvei adalah kantong lumpur yang berada disisi kanan
- c. Survei dilakukan untuk melihat laju sedimentasi yang terjadi pada kantong lumpur



3.3 Sumber Data dan Teknik Pengumpulan Data

Pada penelitian ini akan menggunakan dua sumber data yakni:

- a. Data primer yakni data yang diperoleh langsung dari data pengalaman di lapangan. Data yang diambil juga meliputi wawancara kepada Petani disekitar lokasi dan penjaga bendung.
- b. Data sekunder yakni data yang diperoleh dari literatur dan hasil penelitian yang sudah ada.

3.4 Metode dan Instrumen Pengumpulan Data

3.4.1 Wawancara

Wawancara ialah mengumpulkan informasi yang berisi pengalaman, sikap, dan pendapat pribadi dari informan. Sebelum dilakukan wawancara, penjelasan secara ringkas tanpa mengarahkan opini informan akan dilakukan oleh peneliti. Adapun kisi-kisi pertanyaannya sebagai berikut:

Dalam wawancara ini dilakukan pada para petani, dengan menggunakan sampel yang dibagikan kepada 30 orang yaitu 5 orang penjaga bendungan, dan 25 orang warga sekitar sepanjang D.I Bandar Sidoras.

a. Kuesioner

Bandar sidoras medan percut deli serdang, dengan menggunakan sampel yang dibagikan kepada 30 orang yaitu 5 orang penjaga bendungan, dan 25 orang warga sekitar sepanjang D.I Bandar Sidoras.

Tabel data 3.4.1 kuesioner

NO	Pertanyaan	Tanggapan
1	Berapa kali pengurasan sedimen dikantong lumpur dilakukan?	
2	Apakah pada saat banjir air sungai berwarna keruh?	
3	Berapa kali terjadi banjir dalam setahun	
4	Pernahkan sedimen mengganggu air masuk ke intake ?	
5	Apakah ada komplain dari petani terkait sedimen ?	

3.4.2 Pengamatan/observasi

Pengamatan dan pencatatan secara sistematis terhadap apa yang tampak pada objek penelitian. 3 observasi yang digunakan adalah observasi langsung, dimana pengamatan dan pencatatan dilakukan disaat berlangsungnya peristiwa atau kegiatan pembelajaran, yaitu

a. Pengambilan dokumentasi

- b. Melakukan pengukuran dengan menggunakan meteran/mistar
- c. Pengukuran debit air sungai

3.5 Pengolahan Data

Setelah data yang dibutuhkan terkumpul, maka selanjutnya data tersebut akan di olah. Pada tahap ini akan diketahui jawaban dari rumusan masalah dan akan diketahui pula bagaimana pengaruh dimensi bendung karet terhadap debit banjir, pengaruh curah hujan yang meningkat, dan bagaimana kebutuhan ketersediaan air pada bangunan pengambilan bendung Bandar sidoras tersebut.

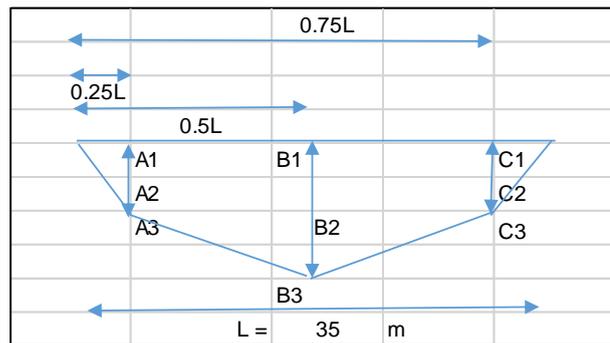
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengolahan Data

Setelah data yang dibutuhkan terkumpul, maka langkah selanjutnya data tersebut akan diolah. Pada tahap ini akan diketahui jawaban dari rumusan masalah dan akan diketahui besar debit sedimentasi di bendung Bandar sidoras serta mengetahui kapasitas kantong lumpur.

4.2 Analisa Debit Aliran (Q)

Dari hasil pengambilan data di lapangan berupa pengukuran kecepatan aliran dan luas penampang sungai, selanjutnya dilakukan pengolahan data untuk mengetahui besarnya debit rata-rata air.



Gambar 4.1 Penampang sungai

Tabel 4.1 Perhitungan debit sungai

No Urut Survei	Bacaan V	h	Δx	W	A	Q
A1	0,10	0,80	8,75	8,75	7,00	0,70
A2	0,09	0,82	8,75	8,75	7,18	0,65
A3	0,08	0,84	8,75	8,75	7,35	0,59
$Q = \frac{0,70+0,65+0,59}{3}$ $= 0,64 \text{ m}^3/\text{detik}$						
B1	0,12	1,40	17,50	8,75	12,25	1,47
B2	0,11	1,43	17,50	8,75	12,51	1,38
B3	0,10	1,46	17,50	8,75	12,78	1,28

$Q = \frac{1,47 + 1,38 + 1,28}{3}$ $= 1,37 \text{ m}^3/\text{detik}$						
C1	0,09	0,55	26,25	8,75	4,81	0,43
C2	0,08	0,57	26,25	8,75	4,99	0,40
C3	0,07	0,59	26,25	8,75	5,16	0,36
$Q = \frac{0,43 + 0,40 + 0,36}{3}$ $= 0,40 \text{ m}^3/\text{detik}$						

Maka Q total = 0,64 + 1,37 + 0,40
= 2,42 m³/detik

4.3 Analisa Sedimen

Analisis sedimen dilakukan dengan mengambil sampel sedimen di kantong lumpur. Hal ini bertujuan untuk mengetahui gradasi butiran dan klasifikasi sampel sedimen berdasarkan uji analisis saringan dan berat jenis yang nantinya data tersebut digunakan sebagai parameter untuk perhitungan angkutan.

4.3.1 Analisa Saringan

Tabel 4.2 Analisa Saringan

Saringan No	Diameter	Berat Tertahan	Berat Kumulatif	Persen	
	(mm)			gram	gram
3"-3/4"	75,0000	0,00	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,2500	0,00	0,00	0,00	100,00
4	4,7500	0,00	0,00	0,00	100,00
10	2,0000	0,63	0,63	0,32	99,69
20	1,9000	46,19	46,82	23,10	76,59
40	0,4250	12,95	59,77	6,48	70,12
80	0,1250	33,62	93,39	16,81	53,31
100	0,1000	8,55	101,94	4,28	49,03
200	0,0750	28,24	130,18	14,12	34,91
Pan	0,0000	70	200,00	34,91	0,00
		200,00			

Tabel 4.3 Hasil Uji Analisis Saringan (%)

Jenis sedimen	%
Kerikil	0,00
Pasir	65,09
Lanau/ Lempung	34,91

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Konsentrasi Sedimen

Volume air sedimen	1.506 m ³
Volume air bersih	1.428 m ³
Konsentrasi	5,4622

Konsentrasi sedimen:

$$C = \frac{1506 - 1428}{1428 \times 100}$$

$$C = 5,4622$$

4.4 Analisa Laju Angkutan Sedimen

Angkutan sedimen dapat dihitung menggunakan pendekatan rumus empiris yang membutuhkan parameter-parameter untuk mendapatkan hasil angkutan sedimen yang terjadi pada Saluran Induk Bendung Bandar Sidoras. Perhitungan angkutan sedimen pada penelitian ini menggunakan metode empiris, yaitu metode Meyer-Peter and Muller.

4.4.1 Angkutan Sedimen Melayang (Suspended Load)

Muatan layang (suspended load) adalah partikel yang bergerak dalam pusaran aliran yang cenderung terus menerus melayang bersama aliran.

Rumus:

$$Q_{SL} = 0,0864 \times C \times Q_w$$

Dimana :

Q_{SL} = debit sedimen suspensi (ton/hari),

C = konsentrasi sedimen suspensi (mg/liter),

Q_w = debit aliran (m³/s),

0,0864 = merupakan faktor perubahan unit

Diketahui :

$$c = 5,46 \text{ mg/L}$$

$$Q_w = 2,42 \text{ m}^3/\text{s}$$

Sehingga:

$$Q_{SL} = 0,0864 \times c \times Q_w$$

$$= 0,0864 \times 5,46 \times 2,42$$

$$= 1,14 \text{ ton/hari}$$

4.4.2 Angkutan Sedimen Dasar (Bed Load)

Angkutan dasar (bed load) adalah partikel yang bergerak pada dasar saluran dengan cara berguling, meluncur dan meloncat. Muatan dasar saluran keadaanya selalu bergerak, oleh sebab itu pada sepanjang aliran dasar saluran selalu terjadi proses degradasi dan aggradasi yang disebut sebagai “alterasi saluran”. Perhitungan sedimen dasar (bed load) pada penelitian ini digunakan persamaan Meyer Peter Muller dan tiga pendekatan lainnya. Adapun rumus yang disederhanakan oleh M-P-M sebagai berikut :

a. Metode Meyer-Petter dan Muller

Rumus :

$$Q_B = \varphi \times \sqrt{\left(\frac{\rho_s}{\rho} - 1\right) \times (g \times d^3)}$$

$$\tau_B = \frac{(R_b \times S)}{\left(\frac{\rho_s}{\rho} - 1\right) d_m}$$

$$\varphi = 6 \times (\tau_B^* - 0.047)$$

Dengan :

- ρ_s = Berat jenis sedimen hasil uji lab
- d_{90} = Sampel sedimen yang lolos 90% uji saringan
- d_m = Sampel sedimen yang lolos 50% uji saringan
- R_b = Jari-jari Hidrolis Penampang Melintang Sungai yang diukur
- S = Kemiringan dasar rata-rata sungai dari lokasi sampling

Diketahui :

$$\begin{aligned} \rho &= 1,00 \text{ ton}/m^3 \\ \rho_s &= 2,6500 \text{ ton}/m^3 \\ d_{90} &= 0,001 \text{ m} \\ d_m &= 0,013 \text{ m} \\ R_b &= 37,92 \text{ m} \\ S &= 0,0006 \end{aligned}$$

Sehingga:

$$\tau_B^* = \frac{(R_b \times S)}{\left(\frac{\rho_s}{\rho} - 1\right) d_m}$$

$$\tau_B^* = 1,064452177$$

$$\varphi = 6 \times (\tau_B^* - 0,047)^{5/3}$$

$$\varphi = 6,1047131$$

Maka dengan nilai diatas diketahui akan didapat :

$$\begin{aligned} Q_B &= \varphi \times \sqrt{\left(\frac{\rho_s}{\rho} - 1\right) \times (g \times d^3)} \\ &= 9,9377529 \text{ m}^3 /s/m \end{aligned}$$

Demikian maka nilai Q_{SB} adalah :

$$Q_{SB} = Q_B \times \rho_s \times B \times \frac{24 \times 3600}{1000}$$

$$Q_{SB} = 568,83697 \text{ ton/hari}$$

b. Metode Engelund and Hansen

$$q_s = 0,05 \gamma_s V^2 \left[\frac{D_{50}}{g \left(\frac{\gamma_s}{\gamma}\right)} \right]^{\frac{1}{2}} \left[\frac{\tau_0}{(\gamma_s - \gamma)} \right]^{\frac{3}{2}}$$

Dimana :

V = kecepatan aliran

γ = berat jenis air

γ_s = berat jenis sedimen

D_{50} = Sampel sedimen yang lolos 50% uji saringan

τ_0 = tegangan geser (kh/m^2)

q_s = muatan sedimen (kg/s)

g = nilai gravitasi

Diketahui :

$$v = 0,03$$

$$\gamma = 1000$$

$$\gamma_s = 2650$$

$$D_{50} = 0,013$$

$$\tau_0 = 0,876$$

$$g = 9,81$$

Sehingga :

$$q_s = 0,05 \gamma_s V^2 \left[\frac{D_{50}}{g \left(\frac{\gamma_s}{\gamma} \right) - 1} \right]^{\frac{1}{2}} \left[\frac{\tau_0}{(\gamma_s - \gamma) D_{50}} \right]^{\frac{3}{2}}$$

$$q_s = 0,05 \times 2650 \times 0,03^2 \left[\frac{0,013}{9,81 \left(\frac{2650}{1000} \right) - 1} \right]^{\frac{1}{2}} \left[\frac{0,876}{(2650 - 1000)0,013} \right]^{\frac{3}{2}}$$

$$q_s = 3,487$$

Maka dengan nilai diatas diketahui akan didapat:

$$Q_s = B \times q_s$$

Dimana :

B = lebar saluran (m)

Diketahui :

$$B = 35 \text{ (m)}$$

$$q_s = 3,487$$

Sehingga :

$$Q_s = B \times q_s$$

$$Q_s = 35 \times 3,487$$

$$Q_s = 122,045$$

c. Metode Shen And Hungs

$$Y = \left[\frac{v \cdot S_s}{w^{0,32}} \right]^{0,0075}$$

$$\text{Log Ct} = - 107404,459 + 324214,747(Y) - 326309,589(Y)^2 + 109503,872(Y)^3$$

Dimana :

Y = parameter Y

v = kecepatan aliran

Ss = kemiringan sungai

w = kecepatan jatuh

Diketahui:

$$v = 0,03 \text{ m/s}$$

$$S_s = 0,0006$$

$$w = 0,044$$

Sehingga:

$$Y = \left[\frac{v \cdot S_s}{w^{0,32}} \right]^{0,0075}$$

$$Y = \left[\frac{0,03 \times 0,0006}{0,044^{0,32}} \right]^{0,0075}$$

$$Y = 0,950$$

$$\text{Log } C_t = - 107404,459 + 324214,747(Y) - 326309,589(Y)^2 + 109503,872(Y)^3$$

$$\text{Log } C_t = - 107404,459 + 324214,747(0,950) - 326309,589(0,950)^2 + 109503,872(0,950)^3$$

$$\text{Log } C_t = - 8,971$$

$$C_t = 10^{-8,971} = 1,069 \text{ ppm} = 1 \text{ kg/m}^3$$

Maka dengan nilai diatas diketahui akan didapat:

$$Q_t = \frac{Q \times C_t}{10^6} \times \gamma$$

Dimana :

Q_t = nilai sedimen total

γ = berat jenis air

Diketahui :

$$\gamma = 1000 \text{ kg/m}^3$$

Sehingga :

$$Q_t = \frac{Q \times C_t}{10^6} \times \gamma$$

$$Q_t = \frac{2,42 \times 1}{10^6} \times 1000$$

$$Q_t = 0,0024 \text{ kg/s}$$

$$Q_t = 0,207 \text{ ton/hari}$$

Estimasi yang dipilih adalah Formula Meyer Peter Muller (MPM) karena mengacu kepada estimasi yang lebih tinggi, atau dengan kata lain laju sedimentasi yang terjadi adalah 568,83697 ton/hari.

4.5 Perhitungan Waktu Interval Pembilasan Kantong Lumpur

Pembilasan kantong lumpur pada Bendung Bandar Sidoras dilakukan setiap 1 (satu) minggu sekali. Oleh sebab itu, dilakukan perhitungan waktu interval pembilasan kantong lumpur yang efektif sehingga sedimen tidak lagi menumpuk dan terbawa ke saluran primer dan sekunder.

Berdasarkan hasil pengumpulan data, Bendung Bandar sidoras memiliki kantong lumpur yang panjangnya 190 meter, lebar bawah 4 meter, lebar atas 9 meter dan kedalaman 2 meter. Maka volume kantong lumpur adalah sebagai berikut:

$$v = \frac{(a+b) \times t}{2} \times L$$
$$v = \frac{(9+4) \times 2}{2} \times 190$$
$$v = 2470 \text{ m}^3$$

Berdasarkan hasil perhitungan, didapatkan volume kantong lumpur sebesar 2470 m^3 . Setelah itu, mencari interval waktu yang efektif untuk pembilasan kantong lumpur dengan berat jenis sedimen yang masuk sebesar $2,65 \text{ ton/m}^3$.

Dengan mengalihkan berat jenis dengan luas volume kantong lumpur maka akan didapatkan jumlah sedimen yang mengendap di kantong lumpur:

$$2470 \text{ m}^3 \times 2,65 \text{ ton/m}^3 = 6545,5 \text{ ton}$$

Angkutan sedimen yang mengendap berkisar $6545,5 \text{ ton}$ dibagikan dengan debit sedimen layang sebesar $568,83697 \text{ ton/hari}$ untuk mencari lamanya hari untuk mengisi kantong lumpur. Didapatkan perhitungan sebagai berikut :

$$6545,5 \text{ ton} : 568,83697 \text{ ton/hari} = 11,51 \text{ hari (12 hari)}$$

Maka interval waktu pembilasan yang efektif yaitu dilakukan dalam jangka waktu 12 hari atau tiga kali dalam sebulan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Hasil analisis laju sedimen menggunakan metode Meyer-Peter and Muller didapatkan volume sedimen layang adalah 1,14 ton/hari dan nilai debit sedimen dasar 568,83697 ton/hari serta Interval waktu pembilasan kantong lumpur yang efektif yaitu dilakukan setiap 12 (dua belas) hari sekali.
2. Dari data yang didapat dilapangan maka dapat disimpulkan bahwa sediementasi di D.I Bandar Sidoras berpengaruh pada saluran irigasi, lahan pertanian dan waktu pengaliran air.
3. Peningkatan efektifitas operasi kantong lumpur dapat dilakukan dengan membuat jadwal pembersihan yang dilakukan secara berkala.

5.2 Saran

1. Dalam penelitian ini dapat disimpulkan bahwa petugas bendung dapat menggunakan metode *flushing* untuk membersihkan Kantong lumpur.
2. Pembersihan sebaiknya dilakukan dalam jangka waktu sekitar 12 hari sekali sehingga dapat menghindari penumpukkan sedimen di kantong lumpur yang dapat menghambat air masuk ke irigasi warga.

DAFTAR PUSTAKA

- Arrizka Yanuar Adipradana. 2013, Hidrometri Dan Hidrografi.
- Arsyad, .2010. *Konservasi Tanah dan Air. Edisi Kedua*. IPB Press, Bogor.
- Artono, Andri; Mulyawati, F. (2020). Peranan Bendung Karet dalam Pengembangan Sumberdaya Air. *Jurnal TIARSIE*, 17(04), 7.
- Asdak, Chay. 2014. Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Chow, 1992, Hidrolika Saluran Terbuka. Penerbit Erlangga, Jakarta, 1992.
- Harfiani T, Amri K, Mase LZ, et al. Kajian Laju Kantong Lumpur Bendung Air Lais. :315-324.
- Hidrologi P. Rancang Bangun Pembelajaran Mata Diklat (RBPMD).
- Indonesia SN, Nasional BS. Tata cara pengukuran debit aliran sungai dan saluran terbuka menggunakan alat ukur arus dan pelampung. Published online 2015.
- Nasional S, Ics I, Nasional BS. *Sni 3414:2008*. Published online 2008.
- Nasional S, Indonesia BSN. SNI 8066:2015. Published online 2015.
- Pengantar K. *Perencanaan Bangunan Utama (Bendung)*.; 2016.
- Perencanaan K, Utama B. Standar Perencanaan Irigasi. Published online 2013.
- Program D, Teknik S, Fakultas S, et al. Analisis Sedimentasi Pada Bendung Beringen Sila Desa Stowe Berang Kecamatan Utan Kabupaten Sumbawa. 2017;2:78-87.
- Rahayu AS, Razali MR, Studi P, Sipil T, Limun K. Kajian Laju Angkutan Sedimen Total Pada Kantong Lumpur Bendung Air Musi Kejalo. *Inersia*. 2018;10(1):1-14.
- Robert. J Kodatie, 2009 Hidrolika Terapan Aliran Pada Saluran Terbuka Dan

Pipa penerbit Andi

Sari L, Nasjono JK, Rizal AH. Perkiraan Sedimentasi Menggunakan Metode USLE di Bendungan Rotikolot. 2020;IX(1):127-140.

Sumarto R, Amri K, Fauzi M, et al. Kajian Laju Angkutan Sedimen Total Pada Kantong Lumpur Bendung Air Alas. Published online 2019:237-245.

Supriadi, A. (n.d.). *Jurnal Tugas Akhir Perencanaan Kantong Lumpur Jaringan Irigasi Bendung Kotto Kabupaten Jember. i(V)*.

Suripin. 2002 Pengelolaan Sumber Daya Tanah dan Air. Andi. Yogyakarta

Suripin. 2004. *Sistem Drainase Yang Berkelanjutan*. Penerbit Andi Offset, Yogyakarta

Tanjung D, Harahap R, Tanjung R, et al. Evaluasi Kapasitas Kantong Lumpur Pada Bendung Sei Padang Kota Tebing Tinggi Provinsi Sumatera Utara. 2021;17(1):7-13.

Trianto R, Andawayanti U, Asmaranto R. *Analisis Laju Sedimentsasi Terhadap Ketersediaan Air Irigasi dan Arahan Konservasi pada Bendung Lakitan*. Published online 2012.

Wiwik Yunarni, Sri Wahyuni, Entin Hidayah, Gusfan Halik dan RE. Evaluasi Kinerja Kantong Lumpur Berdasarkan Laju Angkutan Sedimen Pada Bendung Talang Kabupaten Jember. Published online 2019:871-879.

LAMPIRAN



Intake Kanan



Saluran Kantong lumpur Kanan



Pintu pembilas



Bendungan Karet



Pengisian Kuisioner

KUISIONER

Bapak/Ibu yang saya hormati, saya mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Dalam hal ini saya sedang mengadakan penelitian Tugas Akhir. Hasil kuisisioner ini tidak untuk dipublikasikan, melainkan untuk kepentingan penelitian semata.

Atas bantuan, kesediaan waktu, dan kerjasamanya saya ucapkan terima kasih.

Nama Responden : Azeti
Alamat Responden : Tj 2030
Umur responden : 40

Pertanyaan :

1. Berapa kali pembersihan lumpur di bendungan bagian kanan dalam seminggu?
..... Dua kali Seminggu
2. Berapa kali terjadi banjir dalam setahun ?
..... 1 kali
3. Pernahkan lumpur mengganggu aliran air untuk masuk kedalam intake ?
..... Ya pernah
4. Apa tanggapan bapak/ibu terhadap lumpur yang masuk kedalam saluran irigasi sawah?
..... Terganggu

KUISIONER

Bapak/Ibu yang saya hormati, saya mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Dalam hal ini saya sedang mengadakan penelitian Tugas Akhir. Hasil kuisisioner ini tidak untuk dipublikasikan, melainkan untuk kepentingan penelitian semata. Atas bantuan, kesediaan waktu, dan kerjasamanya saya ucapkan terima kasih.

Nama Responden : SURYO
Alamat Responden : Cinta Perpad
Umur responden : 50

Pertanyaan :

1. Berapa kali pembersihan lumpur di bendungan bagian kanan dalam seminggu?
1 kali
2. Berapa kali terjadi banjir dalam setahun ?
3 kali
3. Pernahkan lumpur mengganggu aliran air untuk masuk kedalam intake ?
pernah
4. Apa tanggapan bapak/ibu terhadap lumpur yang masuk kedalam saluran irigasi sawah?
Terganggu

KUISIONER

Bapak/Ibu yang saya hormati, saya mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Dalam hal ini saya sedang mengadakan penelitian Tugas Akhir hasil kuisioner ini tidak akan dipublikasikan, melainkan untuk kepentingan penelitian semata. Atas bantuan, kesediaan waktu, dan kerjasamanya saya ucapkan terima kasih.

Nama Responden : *Harwati*
Alamat Responden : *P. 50 Perhut*
Umur responden : *33*

Pertanyaan :

1. Berapa kali pembersihan lumpur di bendungan bagian kanan dalam seminggu?
2 kali
2. Berapa kali terjadi banjir dalam setahun?
1 kali
3. Pernahkan lumpur mengganggu aliran air untuk masuk kedalam intake?
ya pernah
4. Apa tanggapan bapak/ibu terhadap lumpur yang masuk kedalam saluran irigasi sawah?
Terganggu air tidak bisa mengalir sawah

KUISIONER

Bapak/Ibu yang saya hormati, saya mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Dalam hal ini saya sedang mengadakan penelitian Tugas Akhir. Hasil kuisisioner ini tidak untuk dipublikasikan, melainkan untuk kepentingan penelitian semata. Atas bantuan, kesediaan waktu, dan kerjasamanya saya ucapkan terima kasih.

Nama Responden : Surya
Alamat Responden : Percut
Umur responden : 30

Pertanyaan :

1. Berapa kali pembersihan lumpur di bendungan bagian kanan dalam seminggu?
2 atau 3 kali seminggu
2. Berapa kali terjadi banjir dalam setahun ?
tidak pernah
3. Pernahkan lumpur mengganggu aliran air untuk masuk kedalam intake ?
Pernah
4. Apa tanggapan bapak/ibu terhadap lumpur yang masuk kedalam saluran irigasi sawah?
mengganggu karena ~~air~~ aliran air tidak masuk ke saluran irigasi

KUISIONER

Bapak/Ibu yang saya hormati, saya mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Dalam hal ini saya sedang mengadakan penelitian Tugas Akhir. Hasil kuisisioner ini tidak untuk dipublikasikan, melainkan untuk kepentingan penelitian semata.

Atas bantuan, kesediaan waktu, dan kerjasamanya saya ucapkan terima kasih.

Nama Responden : Iskandar
Alamat Responden : Cinta Paksi
Umur responden : 45

Pertanyaan :

1. Berapa kali pembersihan lumpur di bendungan bagian kanan dalam seminggu?
Trikalans dua kali seminggu
2. Berapa kali terjadi banjir dalam setahun?
Banjir biasanya terjadi dua kali setahun
3. Pernahkan lumpur mengganggu aliran air untuk masuk kedalam intake?
Mempengaruhi hanya saat sudah menumpuk penuh
4. Apa tanggapan bapak/ibu terhadap lumpur yang masuk kedalam saluran irigasi sawah?
Lumpur dari aliran sungai memperlambat air masuk ke irigasi

KUISIONER

Bapak/Ibu yang saya hormati, saya mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Dalam hal ini saya sedang mengadakan penelitian Tugas Akhir. Hasil kuisioner ini tidak untuk dipublikasikan, melainkan untuk kepentingan penelitian semata. Atas bantuan, kesediaan waktu, dan kerjasamanya saya ucapkan terima kasih.

Nama Responden : Juna
Alamat Responden : Cinta Rakrang
Umur responden : 60

Pertanyaan :

1. Berapa kali pembersihan lumpur di bendungan bagian kanan dalam seminggu?
Sekitar 3 sampai 4 kali
2. Berapa kali terjadi banjir dalam setahun ?
Setahun paling 3 kali
3. Pernahkan lumpur mengganggu aliran air untuk masuk kedalam intake ?
Pernah bahkan masuk ke aliran sawah
4. Apa tanggapan bapak/ibu terhadap lumpur yang masuk kedalam saluran irigasi sawah?
Kadang membuat aliran sawah di penghujung lumpur

KUISIONER

Bapak/Ibu yang saya hormati, saya mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Dalam hal ini saya sedang mengadakan penelitian Tugas Akhir. Hasil kuisisioner ini tidak untuk dipublikasikan, melainkan untuk kepentingan penelitian semata.

Atas bantuan, kesediaan waktu, dan kerjasamanya saya ucapkan terima kasih.

Nama Responden : AKiani
Alamat Responden : Teseo
Umur responden : 40

Pertanyaan :

1. Berapa kali pembersihan lumpur di bendungan bagian kanan dalam seminggu?

Satu kali Seminggu

2. Berapa kali terjadi banjir dalam setahun ?

Satu kali

3. Pernahkan lumpur mengganggu aliran air untuk masuk kedalam intake ?

Pernah

4. Apa tanggapan bapak/ibu terhadap lumpur yang masuk kedalam saluran irigasi sawah?

air nya keruh

KUISIONER

Bapak/Ibu yang saya hormati, saya mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Dalam hal ini saya sedang mengadakan penelitian Tugas Akhir. Hasil kuisisioner ini tidak untuk dipublikasikan, melainkan untuk kepentingan penelitian semata.

Atas bantuan, kesediaan waktu, dan kerjasamanya saya ucapkan terima kasih.

Nama Responden : Nulza

Alamat Responden : Sawahis

Umur responden : 45

Pertanyaan :

1. Berapa kali pembersihan lumpur di bendungan bagian kanan dalam seminggu?

2 kali seminggu

2. Berapa kali terjadi banjir dalam setahun ?

2 kali setahun

3. Pernahkan lumpur mengganggu aliran air untuk masuk kedalam intake ?

mengganggu kalau lumpur mengalir ke sawah

4. Apa tanggapan bapak/ibu terhadap lumpur yang masuk kedalam saluran irigasi sawah?

air susah masuk

KUISIONER

Bapak/Ibu yang saya hormati, saya mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Dalam hal ini saya sedang mengadakan penelitian Tugas Akhir. Hasil kuisisioner ini tidak untuk dipublikasikan, melainkan untuk kepentingan penelitian semata. Atas bantuan, kesediaan waktu, dan kerjasamanya saya ucapkan terima kasih.

Nama Responden : Mustika
Alamat Responden : TJ 1210
Umur responden : 20

Pertanyaan :

1. Berapa kali pembersihan lumpur di bendungan bagian kanan dalam seminggu?
seminggu satu kali
2. Berapa kali terjadi banjir dalam setahun ?
2 kali
3. Pernahkan lumpur mengganggu aliran air untuk masuk kedalam intake ?
airan air tidak masuk keirigasi dan sangat mengganggu
4. Apa tanggapan bapak/ibu terhadap lumpur yang masuk kedalam saluran irigasi sawah?
mengganggu aliran

KUISIONER

Bapak/Ibu yang saya hormati, saya mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Dalam hal ini saya sedang mengadakan penelitian Tugas Akhir. Hasil kuisisioner ini tidak untuk dipublikasikan, melainkan untuk kepentingan penelitian semata. Atas bantuan, kesediaan waktu, dan kerjasamanya saya ucapkan terima kasih.

Nama Responden : Darul
Alamat Responden : PORCUT
Umur responden : 40

Pertanyaan :

1. Berapa kali pembersihan lumpur di bendungan bagian kanan dalam seminggu?
.....
.....
Seminggu sekali
2. Berapa kali terjadi banjir dalam setahun ?
.....
.....
2-3 kali
3. Pernahkan lumpur mengganggu aliran air untuk masuk kedalam intake ?
.....
.....
Menggangu kalau lumpur sudah penuh
4. Apa tanggapan bapak/ibu terhadap lumpur yang masuk kedalam saluran irigasi sawah?
.....
.....
menggangu aliran air

KUISIONER

Bapak/Ibu yang saya hormati, saya mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Dalam hal ini saya sedang mengadakan penelitian Tugas Akhir. Hasil kuisisioner ini tidak untuk dipublikasikan, melainkan untuk kepentingan penelitian semata. Atas bantuan, kesediaan waktu, dan kerjasamanya saya ucapkan terima kasih.

Nama Responden : Sukinern
Alamat Responden : cinta rakyat
Umur responden : 53

Pertanyaan :

1. Berapa kali pembersihan lumpur di bendungan bagian kanan dalam seminggu?
maksimal 2 kali
2. Berapa kali terjadi banjir dalam setahun ?
2 kali
3. Pernahkan lumpur mengganggu aliran air untuk masuk kedalam intake ?
Pernah
4. Apa tanggapan bapak/ibu terhadap lumpur yang masuk kedalam saluran irigasi sawah?
mempersempit irigasi

KUISIONER

Bapak/Ibu yang saya hormati, saya mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Dalam hal ini saya sedang mengadakan penelitian Tugas Akhir. Hasil kuisisioner ini tidak untuk dipublikasikan, melainkan untuk kepentingan penelitian semata. Atas bantuan, kesediaan waktu, dan kerjasamanya saya ucapkan terima kasih.

Nama Responden : JUMINAH
Alamat Responden : TS SELAMAT
Umur responden : 35

Pertanyaan :

1. Berapa kali pembersihan lumpur di bendungan bagian kanan dalam seminggu?
2 kali seminggu
2. Berapa kali terjadi banjir dalam setahun ?
tidak pernah
3. Pernahkan lumpur mengganggu aliran air untuk masuk kedalam intake ?
Sepertinya tidak
4. Apa tanggapan bapak/ibu terhadap lumpur yang masuk kedalam saluran irigasi sawah?
tidak tau

KUISIONER

Bapak/Ibu yang saya hormati, saya mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Dalam hal ini saya sedang mengadakan penelitian Tugas Akhir. Hasil kuisisioner ini tidak untuk dipublikasikan, melainkan untuk kepentingan penelitian semata. Atas bantuan, kesediaan waktu, dan kerjasamanya saya ucapkan terima kasih

Nama Responden : Tukien
Alamat Responden : 12 Rejo
Umur responden : 50

Pertanyaan :

1. Berapa kali pembersihan lumpur di bendungan bagian kanan dalam seminggu?
satu kali
2. Berapa kali terjadi banjir dalam setahun ?
dua kali
3. Pernahkan lumpur mengganggu aliran air untuk masuk kedalam intake ?
menurut saya tidak
4. Apa tanggapan bapak/ibu terhadap lumpur yang masuk kedalam saluran irigasi sawah?
mengganggu jalannya air bersih

KUISIONER

Bapak/Ibu yang saya hormati, saya mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Dalam hal ini saya sedang mengadakan penelitian Tugas Akhir. Hasil kuisisioner ini tidak untuk dipublikasikan, melainkan untuk kepentingan penelitian semata. Atas bantuan, kesediaan waktu, dan kerjasamanya saya ucapkan terima kasih.

Nama Responden : Gunawan
Alamat Responden : Percut
Umur responden : 40

Pertanyaan :

1. Berapa kali pembersihan lumpur di bendungan bagian kanan dalam seminggu?
1 kali
2. Berapa kali terjadi banjir dalam setahun?
2 kali setahun
3. Pernahkan lumpur mengganggu aliran air untuk masuk kedalam intake?
mengganggu
4. Apa tanggapan bapak/ibu terhadap lumpur yang masuk kedalam saluran irigasi sawah?
mengganggu karena air tidak masuk ke irigasi

KUISIONER

Bapak/Ibu yang saya hormati, saya mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Dalam hal ini saya sedang mengadakan penelitian Tugas Akhir. Hasil kuisisioner ini tidak untuk dipublikasikan, melainkan untuk kepentingan penelitian semata. Atas bantuan, kesediaan waktu, dan kerjasamanya saya ucapkan terima kasih.

Nama Responden : Matyan
Alamat Responden : TJ Selamat
Umur responden : 60

Pertanyaan :

1. Berapa kali pembersihan lumpur di bendungan bagian kanan dalam seminggu?
Ketika penuh maka sedimen dibersihkan seminggu sekali
2. Berapa kali terjadi banjir dalam setahun ?
sekali setahun
3. Pernahkan lumpur mengganggu aliran air untuk masuk kedalam intake ?
Lumpur yang menumpuk membuat air lambat mengalir
4. Apa tanggapan bapak/ibu terhadap lumpur yang masuk kedalam saluran irigasi sawah?
karena talim dibersihkan tidak ada lumpur di irigasi

KUISIONER

Bapak/Ibu yang saya hormati, saya mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Dalam hal ini saya sedang mengadakan penelitian Tugas Akhir. Hasil kuisisioner ini tidak untuk dipublikasikan, melainkan untuk kepentingan penelitian semata.

Atas bantuan, kesediaan waktu, dan kerjasamanya saya ucapkan terima kasih.

Nama Responden : JUNI
Alamat Responden : TO Selamat
Umur responden : 27

Pertanyaan :

1. Berapa kali pembersihan lumpur di bendungan bagian kanan dalam seminggu?
sekarang dilakukan Sekali seminggu
2. Berapa kali terjadi banjir dalam setahun ?
3 kali setahun
3. Pernahkan lumpur mengganggu aliran air untuk masuk kedalam intake ?
Pernah
4. Apa tanggapan bapak/ibu terhadap lumpur yang masuk kedalam saluran irigasi sawah?
mempersempit irigasi

KUISIONER

Bapak/Ibu yang saya hormati, saya mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Dalam hal ini saya sedang mengadakan penelitian Tugas Akhir. Hasil kuisioner ini tidak untuk dipublikasikan, melainkan untuk kepentingan penelitian semata.

Atas bantuan, kesediaan waktu, dan kerjasamanya saya ucapkan terima kasih.

Nama Responden : Rukita

Alamat Responden : Percut

Umur responden : 52

Pertanyaan :

1. Berapa kali pembersihan lumpur di bendungan bagian kanan dalam seminggu?
2 Kali seminggu
2. Berapa kali terjadi banjir dalam setahun?
2 Kali setahun
3. Pernahkan lumpur mengganggu aliran air untuk masuk kedalam intake?
pernah karna lumpur menyumbat intake
4. Apa tanggapan bapak/ibu terhadap lumpur yang masuk kedalam saluran irigasi sawah?
lumpur membuat irigasi menyempit

KUISIONER

Bapak/Ibu yang saya hormati, saya mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Dalam hal ini saya sedang mengadakan penelitian Tugas Akhir. Hasil kuisisioner ini tidak untuk dipublikasikan, melainkan untuk kepentingan penelitian semata.

Atas bantuan, kesediaan waktu, dan ketjasamaanya saya ucapkan terima kasih

Nama Responden : Mas Hidayat
Alamat Responden : RT 02/001
Umur responden : 32

Pertanyaan :

1. Berapa kali pembersihan lumpur di bendungan bagian kanan dalam seminggu?
1 kali seminggu
2. Berapa kali terjadi banjir dalam setahun ?
3 kali setahun
3. Pernahkan lumpur mengganggu aliran air untuk masuk kedalam intake ?
Pernah
4. Apa tanggapan bapak/ibu terhadap lumpur yang masuk kedalam saluran irigasi sawah?
memperlambat air mengalir ke sawah

KUISIONER

Bapak/Ibu yang saya hormati, saya mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Dalam hal ini saya sedang mengadakan penelitian Tugas Akhir. Hasil kuisisioner ini usiak untuk dipublikasikan, melainkan untuk kepentingan penelitian semata. Atas bantuan, kesediaan waktu, dan kerjasamanya saya ucapkan terima kasih.

Nama Responden : YUSI
Alamat Responden : Cinta damai
Umur responden : 30

Pertanyaan :

1. Berapa kali pembersihan lumpur di bendungan bagian kanan dalam seminggu?
..... biasanya 2 kali seminggu
2. Berapa kali terjadi banjir dalam setahun ?
..... 2 kali
3. Pernahkan lumpur mengganggu aliran air untuk masuk kedalam intake ?
..... Ya pernah
4. Apa tanggapan bapak/ibu terhadap lumpur yang masuk kedalam saluran irigasi sawah?
..... Air menjadi keruh

KUISIONER

Bapak/Ibu yang saya hormati, saya mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Dalam hal ini saya sedang mengadakan penelitian Tugas Akhir. Hasil kuisisioner ini tidak untuk dipublikasikan, melainkan untuk kepentingan penelitian semata. Atas bantuan, kesediaan waktu, dan kerjasamanya saya ucapkan terima kasih.

Nama Responden : *Arman*
Alamat Responden : *Tj Pejo*
Umur responden : *40*

Pertanyaan :

1. Berapa kali pembersihan lumpur di bendungan bagian kanan dalam seminggu?
Sekali
2. Berapa kali terjadi banjir dalam setahun ?
4 kali
3. Pernahkan lumpur mengganggu aliran air untuk masuk kedalam intake ?
Pernah
4. Apa tanggapan bapak/ibu terhadap lumpur yang masuk kedalam saluran irigasi sawah?
Kurang tau

KUISIONER

Bapak/Ibu yang saya hormati, saya mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Dalam hal ini saya sedang mengadakan penelitian Tugas Akhir. Hasil kuisisioner ini tidak untuk dipublikasikan, melainkan untuk kepentingan penelitian semata. Atas bantuan, kesediaan waktu, dan kerjasamanya saya ucapkan terima kasih.

Nama Responden : *Supratno*
Alamat Responden : *Desa Cinta Rakyat*
Umur responden : *66*

Pertanyaan :

1. Berapa kali pembersihan lumpur di bendungan bagian kanan dalam seminggu?
Minimal 2 Kali
2. Berapa kali terjadi banjir dalam setahun ?
1 Kali
3. Pernahkan lumpur mengganggu aliran air untuk masuk kedalam intake ?
Ya pernah
4. Apa tanggapan bapak/ibu terhadap lumpur yang masuk kedalam saluran irigasi sawah?
menyebabkan intake tersumbat

KUISIONER

Bapak/Ibu yang saya hormati, saya mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Dalam hal ini saya sedang mengadakan penelitian Tugas Akhir. Hasil kuisisioner ini tidak untuk dipublikasikan, melainkan untuk kepentingan penelitian semata. Atas bantuan, kesediaan waktu, dan kerjasamanya saya ucapkan terima kasih.

Nama Responden : Darmeno
Alamat Responden : Cimen Rakat
Umur responden : 30

Pertanyaan :

1. Berapa kali pembersihan lumpur di bendungan bagian kanan dalam seminggu?
2 kali seminggu
2. Berapa kali terjadi banjir dalam setahun?
setahun sekali
3. Pernahkan lumpur mengganggu aliran air untuk masuk kedalam intake?
mengganggu aliran
4. Apa tanggapan bapak/ibu terhadap lumpur yang masuk kedalam saluran irigasi sawah?
ganggu, aliran air tidak masuk ke irigasi

KUISIONER

Bapak/Ibu yang saya hormati, saya mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Dalam hal ini saya sedang mengadakan penelitian Tugas Akhir. Hasil kuisisioner ini tidak akan dipublikasikan, melainkan untuk kepentingan penelitian semata. Atas bantuan, kesediaan waktu, dan kerjasamanya saya ucapkan terima kasih.

Nama Responden : *Sandi Natrasolara*
Alamat Responden : *RS Rasio*
Umur responden : *70*

Pertanyaan :

1. Berapa kali pembersihan lumpur di bendungan bagian kanan dalam seminggu?
sekali
2. Berapa kali terjadi banjir dalam setahun ?
1 kali
3. Pernahkan lumpur mengganggu aliran air untuk masuk kedalam intake ?
mengganggu
4. Apa tanggapan bapak/ibu terhadap lumpur yang masuk kedalam saluran irigasi sawah?
Terganggu air irigasi tidak mengalir

KUISIONER

Bapak/Ibu yang saya hormati, saya mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Dalam hal ini saya sedang mengadakan penelitian Tugas Akhir. Hasil kuisisioner ini tidak untuk dipublikasikan, melainkan untuk kepentingan penelitian semata.

Atas bantuan, kesediaan waktu, dan kerjasamanya saya ucapkan terima kasih.

Nama Responden : REZA ALASUTION

Alamat Responden : Tj Selamat

Umur responden : 55

Pertanyaan :

1. Berapa kali pembersihan lumpur di bendungan bagian kanan dalam seminggu?
..... 2 kali
2. Berapa kali terjadi banjir dalam setahun ?
..... 2 kali
3. Pernahkan lumpur mengganggu aliran air untuk masuk kedalam intake ?
..... pernah karena ~~ada~~ lumpur penuh
4. Apa tanggapan bapak/ibu terhadap lumpur yang masuk kedalam saluran irigasi sawah?
..... terganggu

KUISIONER

Bapak/Ibu yang saya hormati, saya mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Dalam hal ini saya sedang mengadakan penelitian Tugas Akhir. Hasil kuisisioner ini tidak untuk dipublikasikan, melainkan untuk kepentingan penelitian semata. Atas bantuan, kesediaan waktu, dan kerjasamanya saya ucapkan terima kasih.

Nama Responden : Ika Pasahby
Alamat Responden : Percut
Umur responden : 65

Pertanyaan :

1. Berapa kali pembersihan lumpur di bendungan bagian kanan dalam seminggu?
..... 1 kali seminggu
2. Berapa kali terjadi banjir dalam setahun ?
..... 1 kali setahun
3. Pernahkah lumpur mengganggu aliran air untuk masuk kedalam intake ?
..... Pernah
4. Apa tanggapan bapak/ibu terhadap lumpur yang masuk kedalam saluran irigasi sawah?
..... Terganggu

KUISIONER

Bapak/Ibu yang saya hormati, saya mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Dalam hal ini saya sedang mengadakan penelitian Tugas Akhir. Hasil kuisisioner ini tidak untuk dipublikasikan, melainkan untuk kepentingan penelitian semata.

Atas bantuan, kesediaan waktu, dan kerjasamanya saya ucapkan terima kasih.

Nama Responden : Hendra Pasahibu

Alamat Responden : Cinta Rakyat

Umur responden : 43

Pertanyaan :

1. Berapa kali pembersihan lumpur di bendungan bagian kanan dalam seminggu?

..... 2 kali

2. Berapa kali terjadi banjir dalam setahun ?

..... 1 kali

3. Pernahkan lumpur mengganggu aliran air untuk masuk kedalam intake ?

..... Pernah

4. Apa tanggapan bapak/ibu terhadap lumpur yang masuk kedalam saluran irigasi sawah?

..... Mengganggu, aliran irigasi tidak masuk

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA DIRI PENYUSUN

Nama Lengkap : Aris Malajogi
Tempat, Tanggal Lahir : Medan, 05 November 1999
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Alamat : Dusun Sidoharjo Pematang Johar, Desa
Pematang Johar, Kec. Labuhan Deli
Agama : Islam
Nama Ayah : Amin Amir
Nama Ibu : Misiani
No. Handphone : 081260562635
E_mail : arismalajogi@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

No	Tingkat Pendidikan	Nama dan Lokasi	Tahun
1	Taman Kanak-Kanak	TK Siaga Muda	2004-2005
2	Sekolah Dasar	SD Negeri 101783	2005-2011
3	Sekolah Menengah Pertama	SMP Negeri 3 Percut Sei Tuan	2011-2014
4	Sekolah Menengah Atas	SMA Negeri 1 Percut Sei Tuan	2014-2017
5	Perguruan Tinggi (Strata 1)	Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan	2017- Sekarang