

SKRIPSI
ANALISIS KINERJA PENGENDAPAN SEDIMEN PADA KANTONG
LUMPUR BENDUNG SEKKA-SEKKA

Diajukan untuk memenuhi persyaratan mencapai derajat Sarjana S1 pada Program
Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sulawesi Barat



INDRIFA

D0119511

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SULAWESI BARAT
MAJENE
2025

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

**ANALISIS KINERJA PENGENDAPAN SEDIMEN PADA KANTONG
LUMPUR BENDUNG SEKKA SEKKA**

Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil (ST)
Pada Program Strata Satu (S1) Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Sulawesi Barat.

Oleh:

INDRIFA

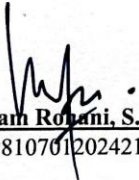
D0119511

Telah diperiksa dan disetujui untuk memenuhi syarat mendapatkan gelar Sarjana
Teknik (ST)

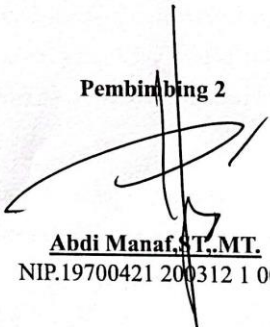
Menyetujui,

Tim Pembimbing,

Pembimbing 1


Dr. Ir. Imam Rohani, S.T., M.T.
NIP. 198107012024211007

Pembimbing 2


Abdi Manaf, S.T., MT.
NIP. 19700421 200312 1 009

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik


Dr. Ir. Hafsa Nirwana, M.T.
NIP. 19640405 199003 2 002

Koordinator Program Studi


Analia Nurdin, S.T., M.T.
NIP. 19871212 201903 2 017

ABSTRAK

ANALISIS KINERJA PENGENDAPAN SEDIMEN PADA KANTONG LUMPUR BENDUNG SEKKA-SEKKA

Gagalnya saluran irigasi dalam mengalirkan air dapat disebabkan oleh banyaknya sedimen yang mengendap di dalam saluran. Oleh karena itu, diperlukan bangunan kantong lumpur yang berfungsi untuk mengendapkan sedimen agar tidak terbawa masuk ke jaringan irigasi. Jika kantong lumpur tidak bekerja secara optimal, maka akan menimbulkan kendala pada sistem irigasi berikutnya. Penelitian ini dilakukan di kantong lumpur Bendung Sekka–Sekka yang terletak di Kecamatan Mapilli, Kabupaten Polewali Mandar, Sulawesi Barat, dengan fokus pada karakteristik aliran, karakteristik sedimen, dan efisiensi pengendapan sedimen.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah menghitung efisiensi pengendapan dengan membandingkan volume sedimen yang berhasil diendapkan terhadap total volume sedimen yang masuk. Berdasarkan hasil pembacaan grafik CAMP, diperoleh efisiensi sebesar 0,7 atau 70%, yang menunjukkan bahwa sebagian besar sedimen berhasil diendapkan.

Karakteristik aliran menunjukkan kecepatan aliran melambat dari titik A ke titik C, yang menyebabkan sedimentasi lebih banyak terjadi di bagian hilir kantong lumpur. Sedimen yang terkumpul didominasi oleh pasir halus hingga sangat halus berdasarkan hasil uji laboratorium. Dengan efisiensi pengendapan mencapai 70%, dapat disimpulkan bahwa kantong lumpur Bendung Sekka–Sekka mampu bekerja secara efektif dalam mengendapkan sedimen.

Kata Kunci : *kantong lumpur, sedimen, irigasi, efisiensi pengendapan, karakteristik aliran, pasir halus, Bendung Sekka–Sekka*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Irigasi merupakan usaha untuk memperoleh air dengan bangunan yang berbentuk saluran buatan yang kemudian dialirkan ke sektor pertanian. Proses ini mencakup perencanaan, pembuatan, pengelolaan, serta pemeliharaan sarana untuk mengambil dan mengontrol air secara teratur agar dapat terdistribusi dengan baik. Kebutuhan debit air irigasi ini diawali dengan mengalirkan debit air ke arah kanan dan kiri tepi sungai melalui pintu pengambilan (intake) menuju berupa bangunan kantong lumpur. Kantong lumpur merupakan bagian dari bangunan utama yang memiliki fungsi untuk mengendapkan sedimen yang akan masuk ke saluran induk irigasi dan meminimalisir agar sedimen yang mengganggu daerah irigasi tetap tertahan di bangunan tersebut. Berdasarkan letaknya, bendung sekka-sekka terletak di Polewali Mandar, Kelurahan Batupanga, Kecamatan Luyo.

Pada Daerah Irigasi Maloso (D.I Maloso) memiliki luas 12.585 ha dengan luas baku sawah seluas 8.789 ha dan tambak seluas 3.796 ha. Air dari sungai Maloso dibendung kemudian air tersebut dialirkan ke arah kanan dan kiri tepi sungai melalui pintu pengambilan (intake) menuju bangunan kantong lumpur ke saluran primer (induk), selanjutnya air mengalir menuju saluran sekunder kemudian mengalir ke saluran tersier hingga masuk ke petak-petak sawah. D.I Maloso terbagi atas 3 wilayah UPTD yaitu wilayah UPTD Bendung Sekka-Sekka, wilayah UPTD Irigasi Maloso Kiri, dan wilayah UPTD Maloso Kanan. Dan setiap wilayah UPTD terbagi atas beberapa wilayah pengairan (Maloso, 2022).

Pada penelitian ini akan berfokus pada wilayah UPTD Bendung Sekka-Sekka yaitu pada bangunan utama kantong lumpur bendung seka-seka. Gagalnya saluran dalam mengalirkan air bisa disebabkan karena terlalu banyaknya sedimen yang mengendap pada saluran irigasi. Untuk itu diperlukan suatu bangunan yang bisa digunakan untuk mengendapkan sedimen supaya tidak ikut masuk atau dapat meminimalisir sedimen yang masuk ke jaringan irigasi. Dari hal tersebut bangunan kantong lumpur perlu diperhatikan karena jika bangunan tersebut tidak mampu mengendapkan sedimen dengan baik, maka akan menjadi kendala bagi

jaringan irigasi berikutnya. Melihat dari pentingnya bangunan kantong lumpur di sebuah jaringan irigasi maka hal tersebut mendorong untuk melakukan penelitian yang berjudul “Analisis Kinerja Pengendapan Sedimen pada Kantong Lumpur Bendung Sekka-Sekka”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah penelitian analisis kinerja pengendapan sedimen pada kantong lumpur bendung sekka-sekka, maka dapat diambil rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik aliran di kantong lumpur bendung sekka-sekka
2. Bagaimana karakteristik sedimen di kantong lumpur bendung sekka-sekka
3. Berapa nilai kinerja pengendapan kantong lumpur bendung sekka-sekka

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang dirumuskan maka tujuan penelitian yakni sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui bagaimana karakteristik aliran di kantong lumpur bendung sekka-sekka
2. Untuk mengetahui bagaimana karakteristik sedimen di kantong lumpur bendung sekka-sekka
3. Untuk mendapatkan nilai kinerja pengendapan kantong lumpur bendung sekka-sekka

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari penelitian ini, yang telah ditetapkan agar memandu penelitian ini secara fokus dan efisien yakni sebagai berikut:

1. Penelitian dibatasi pada area kantong lumpur bendung sekka-sekka yang terletak Kecamatan Mapilli Kabupaten Polewali Mandar.
2. Faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja pengendapan seperti kecepatan aliran, karakteristik sedimen dan desain kantong lumpur akan dianalisis secara terbatas
3. Data yang diperoleh pada penelitian ini berupa data primer yakni pengukuran langsung dilapangan dan data sekunder dari instansi terkait

4. Metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini meliputi analisis deskriptif dan statistik sederhana untuk mengevaluasi kinerja pengendapan sedimen pada kantong lumpur bendung sekka-sekka
5. Variabel utama yang akan diteliti mencakup debit air yang masuk, konsentrasi sedimen dalam air serta volume sedimen yang terendapkan

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian pada penelitian analisis kinerja pengendapan sedimen pada kantong lumpur bendung sekka-sekka, yakni sebagai berikut:

1. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan pemahaman mengenai tentang mekanisme pengendapan sedimen pada kantong lumpur
2. Dengan memahami faktor-faktor yang mempengaruhi pengendapan sedimen, pihak pengelola bendung dapat mengimplementasikan langkah-langkah yang lebih efektif dalam pemeliharaan
3. Hasil penelitian ini dapat menjadi referensi bagi penelitian-penelitian selanjutnya yang ingin mendalami topik serupa

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk sistematika penulisan dalam penelitian ini untuk proposal penelitian terdiri dari 3 (tiga) bab yakni sebagai berikut :

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

BAB II TINJAUAN MASALAH Menyajikan teori yang menjadi landasan untuk menganalisis dan membahas permasalahan penelitian.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN menyajikan tahapan-tahapan atau prosedur penelitian yang terdiri atas lokasi dan waktu penelitian, metode pengumpulan data, alat yang digunakan, pengumpulan data dan perhitungan perkiraan biaya rehabilitasi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian sebelumnya mungkin telah melakukan analisis tentang berbagai faktor yang mempengaruhi efisiensi pengendapan sedimen, seperti kecepatan aliran, ukuran partikel, konsentrasi sedimen, dan faktor-faktor operasional lainnya. Adapun penelitian-penelitian terdahulu dapat dilihat pada tabel sebagai berikut :

Tabel 2. 1 Penelitian terdahulu

Nama Peneliti	Judul Penelitian	Persamaan	Perbedaan
Alviola Parentika Pramsetya, Ahmad Hakim BintangKunco ro, Abbas Abdurrahman, Diah Setyati Budiningrum (Bintang, 2023)	Analisis Efektivitas dan Waktu Pengurasan Kantong Lumpur Saluran Primer Daerah Irigasi Glapan Timur	Keduanya berfokus pada pengolahan dan pengendalian sedimen yang berakumulasi pada infrastruktur air (bendungan dan infrastruktur dan saluran irigasi).	Analisis kinerja lebih berfokus pada pengendapan sedimen di kantong lumpur sedangkan analisis efesektivitas lebih focus pada efektivitas dan waktu pengurasan kantong lumpur.
Dwi Anung Nindito1), Istiarto2), Bambang Agus Kironoto2	simulasi numeris tiga dimensi kantong lumpur	Keduanya bertujuan untuk mengendalikan akumulasi sedimen agar tidak mengurangi	Kinerja pengendapan sedimen biasanya mengukur hasil secara langsung, sehingga analisis lebih focus output

esar.(Nindito et al., 2008)	bendung sapon	kapasitas tampungan dan fungsi dari bendungan ke bendung.	pengendapan sedimen sedangkan simulasi numerik tiga dimensi memungkinkan analisis yang lebih mendalam karena memodelkan pola aliran.
Hudiono, Rahma (2012) (HUDIONO, n.d.)	Efektifitas Dan Efisiensi Pola Operasi Kantong Lumpur Di Bendung Gerak Waruturi Mrican Kabupaten Kediri	Keduanya bertujuan untuk mengelola sedimen agar kapasitas tampungan air tetap terjaga dan fungsi bendungan tidak terganggu.	Kinerja pengendapan sedimen lebih fokus pada efektivitas kantong lumpur dalam menahan sedimen di suatu lokasi sedangkan efektivitas dan efisiensi pola operasi lebih fokus pada cara pengolahan atau penanganan sedimen yang ada di kantong lumpur bendungan gerak.
Lilik Hendro W, Prof. Dr. Ir. Fatchan Nurrochmad, M.Agr., Prof. Dr. Ir.	Evaluasi kinerja kantong lumpur(studi kasus Bendung	Keduanya bertujuan untuk mengendapkan sedimen sehingga air yang keluar dari bendung atau	Kondisi geografis di Bendung Pendowo dan Pinjenan Bantul berbeda, yang bisa mempengaruhi karakteristik

Bambang Agus Kironoto .(LILIK HENDRO W, Prof. Dr. Ir. Fatchan Nurrochmad, M.Agr., 2017)	Pendowo dan Pinjenan Bantul)	kantong lumpur memiliki kandungan sedimen yang lebih rendah. Hal ini bertujuan untuk menjaga kualitas air yang mengalir ke saluran irigasi atau sungai lebih bersih dari partikel sedimen.	sedimen dan kebutuhan kantong lumpur. Misalnya, perbedaan kemiringan lahan, jenis tanah, dan curah hujan di lokasi dapat memengaruhi ukuran dan jenis sedimen yang harus diendapkan.
Dyah Ari Wulandari, Desyta Ulfiana, Priyo Nugroho Parmantoro (Wulandari et al., 2020)	Analisis Aplikasi Kantong Lumpur pada Sungai Sebagai Upaya Pengendalian Sedimentasi Waduk	Sedimen yang ditangkap di kantong lumpur sungai biasanya lebih bervariasi dalam ukuran, karena sedimen dari aliran hulu dapat membawa berbagai macam partikel, baik yang kasar maupun halus sedangkan Sedimen di kantong lumpur bendungan cenderung berukuran lebih halus karena partikel yang lebih besar sudah	Pengendalian Sedimentasi: Baik pada kantong lumpur di sungai maupun di bendungan, tujuannya sama yaitu mengurangi jumlah sedimen yang mencapai waduk atau bendungan. Dengan mengurangi sedimen di hulu, kualitas air yang masuk ke waduk atau bendungan menjadi lebih baik, sehingga umur operasional waduk atau bendungan bisa diperpanjang.

		diendapkan di area hulu atau di kantong lumpur sungai.	
--	--	--	--

2.2 Bangunan Utama

Bangunan utama dapat didefinisikan sebagai kompleks bangunan yang direncanakan di sepanjang sungai atau aliran air untuk membelokkan air ke dalam jaringan saluran agar dapat dipakai untuk keperluan irigasi. Bangunan utama bisa mengurangi kandungan sedimen yang berlebihan serta mengukur banyaknya air yang masuk. Bangunan terdiri dari bangunan-bangunan pengelak dengan peredam energi, satu atau dua pengambilan utama, pintu bilas, kolam olak, dan kantong lumpur, tanggul banjir pekerjaan sungai dan bangunan-bangunan pelengkap. Bangunan utama dapat diklasifikasi ke dalam sejumlah kategori, bergantung kepada perencanaannya, Berikut ini akan dijelaskan beberapa kategori, antara lain:

2.2.1 Bendung tetap atau bendung gerak

Bendung (weir) atau bendung gerak (barrage) dipakai untuk meninggikan muka air di sungai sampai pada ketinggian yang diperlukan agar air dapat dialirkan ke saluran irigasi dan petak tersier. Ketinggian itu akan menentukan luas daerah yang di airi (command area). Bendung gerak adalah bangunan yang dilengkapi pintu yang dapat dibuka untuk mengalirkan air pada waktu terjadi banjir besar dan ditutup apabila air kecil. Di Indonesia, bendung adalah bangunan yang paling umum dipakai untuk membelokkan air sungai untuk keperluan irigasi.

2.2.2 Pengambilan bebas

Pengambilan bebas adalah bangunan yang dibuat ditepi sungai yang mengalirkan air sungai ke dalam jaringan irigasi tanpa mengatur tinggi muka air sungai. Dalam keadaan demikian, jelas bahwa muka air disungai harus lebih tinggi dari daerah yang diairi dan jumlah air yang dibelokkan harus dapat dijamin cukup.

2.2.3 Pengambilan dari waduk

Waduk (reservoir) digunakan untuk menampung air irigasi pada waktu terjadi surplus air disungai agar dapat dipakai sewaktu-waktu terjadi kekurangan air. Jadi, fungsi utama waduk adalah untuk mengatur aliran sungai. Waduk yang berukuran

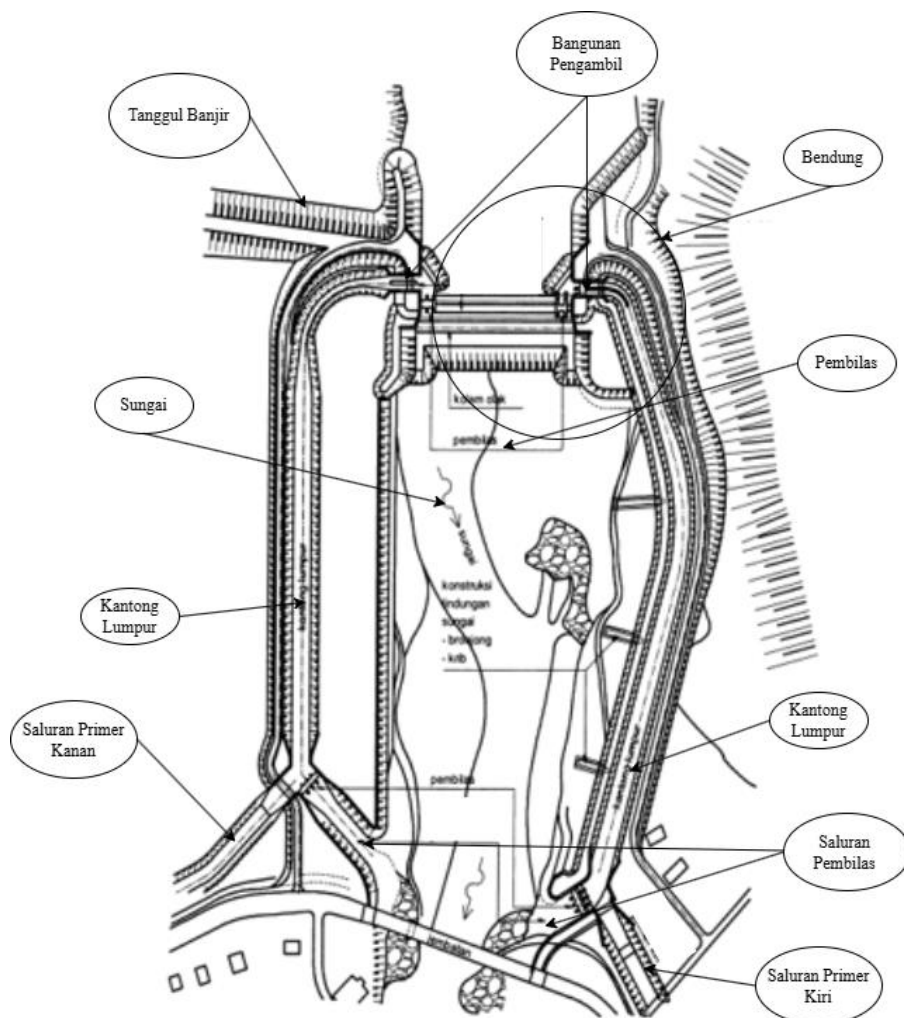
besar sering mempunyai banyak fungsi seperti untuk keperluan irigasi, tenaga air pembangkit listrik, pengendali banjir, perikanan dan sebagainya. Waduk yang berukuran kecil dipakai untuk irigasi saja.

2.2.4 Stasiun pompa

Irigasi dengan pompa bisa dipertimbangkan apabila pengambilan secara gravitasi ternyata tidak layak dilihat dari segi teknis maupun ekonomis. Pada mulanya irigasi pompa hanya memerlukan modal kecil, tetapi biaya eksploitasnya mahal. (Islammudin et al., 2024)

2.2.5 Bagian-bagian bangunan utama

Bangunan utama terdiri dari bagian yang akan di jelaskan secara terinci dalam sebagai berikut ini :



Gambar 2. 1 Bangunan Utama
Sumber : (Kementrian PUPR, 2013)

a. Bangunan bendung

Bangunan bendung adalah bagian dari bangunan utama yang benar-benar dibangun di dalam air. Bangunan ini diperlukan untuk memungkinkan dibelokkannya air sungai ke jaringan irigasi, dengan jalan menaikkan muka air di sungai atau dengan memperlebar pengambilan di dasar sungai seperti pada tipe bendung saringan bawah (bottom rack weir).

b. Pengambilan

Pengambilan adalah sebuah bangunan berupa pintu air. Air irigasi dibelokkan dari sungai melalui bangunan ini. Pertimbangan utama dalam merencanakan sebuah bangunan pengambilan adalah debit rencana pengelakan sedimen.

c. Pembilas

Pada tubuh bendung tepat di hilir pengambilan, dibuat bangunan pembilas guna mencegah masuknya bahan sedimen kasar ke dalam jaringan saluran irigasi.

d. Kantong Lumpur

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 disebelah 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. (Kementrian PUPR, 2013).

Kantong lumpur adalah perlengkapan dihilir intake (pengambilan) bendung atau bagian awal dari saluran Primer sebagai pengendali muatan sedimen dengan mengendapkan muatan sedimen yang terbawa aliran dengan fraksi dan jumlah yang tidak dikehendaki masuk ke saluran Primer atau ke

jaringan saluran. Pada dasarnya kantong lumpur ini merupakan pembesaran potongan melintang saluran sampai jarak tertentu untuk mengurangi kecepatan aliran dan memberi kesempatan kepada sedimen untuk mengendap.(Susanto, 2021).

2.3 Sedimentasi

Sedimentasi adalah terbawanya material dari hasil pengikisan dan pelapukan oleh air, angin atau gletser ke suatu wilayah yang kemudian di endapkan. Semua batuan dari hasil pelapukan dan pengikisan yang di endapkan lama-kelamaan akan menjadi batuan sedimen. Hasil proses sedimentasi di suatu tempat di tempat lain akan berbeda. Adapun proses sedimentasi itu sendiri dalam konteks hubungan dengan sungai meliputi, penyempitan palung, erosi, transportasi sedimentasi (transportsediment), pengendapan (deposition), dan pemadatan (compaction) dari sedimen itu sendiri. Karena prosesnya merupakan gejala sangat kompleks yang merupakan permulaan proses terjadinya erosi tanah menjadi partikel halus, lalu menggelinding bersama aliran, sebagian akan tertinggal di atas tanah, sedangkan bagian lainnya masuk ke dalam sungai terbawa aliran menjadi sedimen. (Aryangganis, 2020)

Pengetahuan mengenai angkutan sedimen (sediment transport) yang terbawa oleh aliran sungai dalam kaitannya dengan debit sungai akan mempunyai arti penting bagi para teknisi yang terlibat langsung maupun tidak langsung dalam pengembangan dan pengelolaan dalam sumber daya air, konservasi tanah dan air serta perencanaan bangunan pengaman sungai. Misalnya, untuk menentukan perencanaan dan penentuan umur layan waduk (useful life of reservoir), menentukan perencanaan tanggul banjir sungai, perencanaan lebar dan kemiringan saluran irigasi, perencanaan jembatan dan lain-lain. Sedimen merupakan hasil akhir dari suatu proses erosi yang mengendap atau diam pada satu tempat sehingga menghasilkan suatu lapisan tanah tersendiri, berbagai macam sebab dan cara pengerosian tanah di hulu sungai dapat membawa sedimentasi, baik erosi akibat gerakan air, angin+ atau akibat gaya gravitasi bumi (Nugroho, 2014). Agar sebuah saluran dapat memberikan pelayanan yang berkesinambungan, maka dimensi saluran perlu dijaga secara berkala, terutama

pada daerah dengan tingkat sedimentasi yang tinggi. Pendangkalan, penyempitan, pergerakan dan penutupan saluran akibat sedimentasi telah menjadi permasalahan serius yang umum terjadi.(Rohani et al., 2023)

Hasil sedimen (*sediment yield*) suatu Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan bagian dari material hasil erosi yang terangkut melalui daerah aliran ke arah hilir atau di titik pengukuran. Hasil sedimen yang dinyatakan dalam satuan volume atau tebal sedimen per satuan luas DAS disebut dengan laju sedimentasi (*sediment yield rate*). Banyak faktor yang berpengaruh terhadap hasil sedimen, antara lain (Friedrich, 2023):

- a. jumlah dan intensitas curah hujan;
- b. vegetasi penutup lahan;
- c. penggunaan lahan;
- d. tipe tanah dan formasi geologi;
- e. jaringan pengaliran, seperti kemiringan, panjang, bentuk dan ukuran;
- f. karakteristik sedimen seperti ukuran dan mineralogi;
- g. karakteristik hidraulik alur

2.3.1 Mekanisme Angkutan Sedimen

Proses sedimentasi berawal dari proses erosi, angkutan (*transportation*), pengendapan (*deposition*), dan pemadatan (*compaction*) dari sedimentasi itu sendiri (Pangestu & Haki, 2013). Proses tersebut berjalan sangat kompleks, dimulai dari jatuhnya hujan yang menghasilkan energi kinetik yang merupakan permulaan dari proses erosi. Tanah yang berpartikel halus akan menggelinding bersama aliran, sebagian akan tertinggal di atas tanah sedangkan bagian lainnya masuk ke alur sungai terbawa aliran menjadi angkutan sedimen. Kemampuan tanah untuk terkikis tidak hanya tergantung pada ukuran-ukuran partikelnya tetapi juga pada sifat fisik bahan organik dan anorganik yang terikat bersama partikel-partikel tersebut. Apabila partikel tanah tersebut terkikis dari dasar dan tebing sungai, maka endapan yang dihasilkan akan bergerak atau berpindah secara kontinyu menurut arah aliran yang membawanya menjadi angkutan sedimen. Angkutan sedimen tersebut dapat diukur di lokasi pos duga air, sehingga dapat dihitung produksi sedimen (*sediment yield*) dari suatu DAS.

2.3.2 Konsentrasi Sedimen Suspensi

Konsentrasi sedimen suspensi adalah perbandingan antara berat kering dari kandungan sedimen itu terhadap berat campuran air dan sedimen tersebut, dan dinyatakan dengan satuan satu bagian per sejuta atau ditulis *part per million (ppm)* atau ekuivalen dalam satuan unit metrik mg/liter (Ayuna, 2018). Rumus untuk menghitung konsentrasi sedimen sebagai berikut: Konsentrasi sedimen suspensi dapat juga dinyatakan sebagai berat kering dari kandungan sedimen terhadap volume total campuran air dan sedimen dari suatu sampel sedimen suspensi, dan dinyatakan dalam satuan berat per volume (*mg/L, g/m³, kg/m³*). Untuk mengubah satuan konsentrasi sedimen dalam ppm menjadi mg/L adalah mengkalikan dengan bilangan 1,00 untuk konsentrasi kurang dari 15.900 ppm dan dikalikan dengan bilangan 1,02 – 1,50 untuk konsentrasi berkisar antara 16.000 – 542.000 ppm. Konsentrasi sedimen suspensi bervariasi terhadap kedalaman aliran.

Pada umumnya konsentrasi semakin besar mendekati dasar sungai dan semakin rendah mendekati permukaan aliran. Butiran halus seperti liat (*clay*) dan debu (*silt*) cenderung mempunyai sebaran konsentrasi yang seragam terhadap kedalaman, jika dibanding partikel yang lebih kasar. Pada bagian panjang alur sungai yang relatif pendek, muatan sedimen suspensi dapat dianggap tetap konsentrasinya. Tetapi pada alur sungai yang relatif lebih panjang konsentrasi sedimen suspensi akan sangat bervariasi dari suatu lokasi di hulu ke lokasi di hilir. Partikel sedimen dengan ukuran tertentu yang terendap di suatu lokasi, di bagian lokasi lain dapat terangkut dari dasar sungai dengan jumlah yang berbeda. Kecepatan aliran pada saat mengangkut akan lebih besar dibanding kecepatan aliran pada saat mengendapkan sedimen. Dengan demikian ada hubungan antara debit aliran dan konsentrasi sedimen tersuspensi.

2.3.3 Pengukuran Debit Sedimen Suspensi

Pengambilan sampel sedimen dilaksanakan sesaat setelah pengukuran debit di suatu sungai. Jadi pengambilan sampel sedimen tanpa melakukan pengukuran debit adalah cara yang salah. Pengambilan sampel sedimen tersebut berguna antara lain untuk menentukan:

- a) Konsentrasi sedimen suspensi saat pengukuran pada debit tertentu;

- b) Debit atau volume sedimen suspensi per satuan waktu yang terangkut saat pengukuran.

Lokasi pengukuran harus memenuhi syarat sebagai lokasi pengukuran debit dan konsentrasi sedimen suspensi, antara lain:

- a. Aliran tidak melimpah, bagian alur sungai yang lurus sepanjang lebih dari 3 x lebar aliran saat banjir dan mudah dicapai;
- b. Bebas dari arus balik, terjunan;
- c. Konsentrasi sedimen tercampur merata pada lebar penampang pengukuran;
- d. Aliran tampak turbulen sehingga sedimen tercampur meskipun turbulensinya tidak tinggi, bila turbulensinya tinggi, maka tidak tepat sebagai lokasi pengukuran debit;
- e. Terdapat kereta gantung atau sarana pengukuran lainnya pada saat banjir;
- f. Bentuk penampang sungai teratur, tidak berbatu-batu, tidak mempunyai dataran banjir, tidak terdapat penyempitan alur atau pelebaran alur yang berarti.

Peralatan yang digunakan adalah alat ukur tinggi muka air jenis otomatis (AWLR), dilengkapi papan duga air. Alat ukur debit menggunakan alat ukur arus (*current meter*), alat ukur lebar dan kedalaman aliran. Alat pengambil sampel sedimen jenis USDH 48 untuk digunakan pada saat pengukuran debit dengan merawas dan USD 59 untuk pengukuran debit menggunakan perahu. Alat komunikasi, alat hitung dan botol sampel isi 500 ml lengkap dengan etiketnya. Selain itu, dilengkapi kartu pengukuran debit, blanko pembacaan muka air, alat penerangan untuk melaksanakan pengukuran pada malam hari dan baju pelampung. Berikut ini metode yang dapat digunakan:

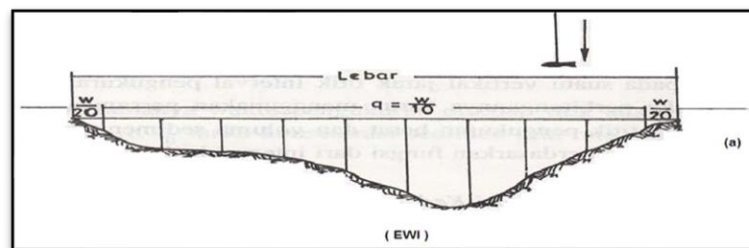
1) Metode Integrasi Titik

Jarak setiap vertikal ditentukan sedemikian rupa sehingga besarnya kecepatan aliran dan konsentrasi sedimen dari setiap vertikal diperkirakan perbedaannya relatif kecil terhadap vertikal di sebelah kanan atau kirinya. Minimal diperlukan 3 buah vertikal. Setiap vertikal dapat dilakukan minimal 5 titik pengambilan sampel (*multipoint method*) atau dengan cara sederhana (*simplified method*).

2) Metode Integrasi Kedalaman

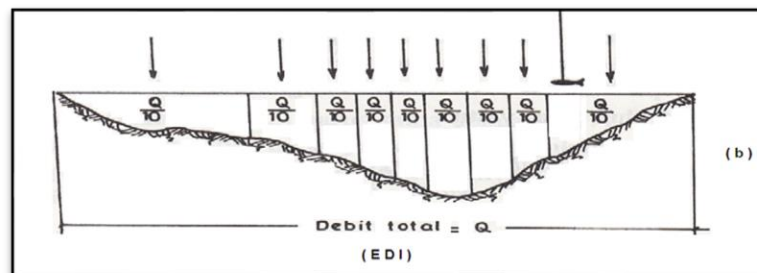
Pada metode integrasi kedalaman sampel sedimen suspensi diukur dengan cara menggerakkan alat pengambil sampel sedimen turun dan naik pada kecepatan gerak yang sama untuk setiap vertikal sehingga diperoleh volume sampel sesuai yang telah ditentukan. Umumnya ditentukan volume sampel sebesar 473 ml sampai 3000 ml, tergantung dari jenis alat yang digunakan terdapat dua metode integrasi kedalaman, yaitu (ARANI, 2006) :

- 1) EDI (*equal-discharge-increment*);
- 2) EWI (*equal-width-increment*) disebut juga ETR (*equal-transit-rate*).



Gambar 2. 2 Sketsa Pengukuran Sedimen Cara Integrasi Kedalaman Cara EDI (*equal discharge-increment*)

Sumber : (Ayuna, 2018)



Gambar 2. 3 Sketsa Pengukuran Sedimen Cara Integrasi Kedalaman Cara EDI (*equal discharge-increment*)

Sumber : (Ayuna, 2018)

2.4 Karakteristik Sedimen

2.4.1 Ukuran Partikel Sedimen

Partikel butiran sedimen alam memiliki bentuk yang tidak teratur. Oleh karena itu setiap Panjang dan diameter memberikan arti bentuk kelompok butiran. (Gianete, 2023).

Tabel 2. 2 Jenis dan Ukuran Partikel Sedimen

Jenis Sedimen	Ukuran Partikel (mm)
Pasir	0,06-2
Lanau	0,002-0,06
Lempung	< 2

Sumber: (Siswanto et al., 2021)

Beberapa ahli hidraulika menggunakan klasifikasi ukuran butiran menurut AGU (American Geophysical Union), Serta menggunakan teknik analisis penyaringan dengan metode ayak kering dan ayak basah menggunakan saringan sedimen bertingkat dengan diameter berbeda-beda. Ayakan nomor 200 digunakan untuk memisahkan partikel pasir dari partikel yang lebih halus seperti lumpur dan lempung. Ukuran butiran ditetapkan 20000an ber dasarkan ukuran saringan (untuk butiran kasar) dan ukuran/diameter sedimentasi (untuk butiran halus) (Hambali & Apriyanti, 2016)

Tabel 2. 3 Klasifikasi ukuran butiran menurut American Geophysical Union

Interval (mm)	Nama	Interval (mm)	Nama
4096-2048	Batu sangat besar (<i>Very Large Boulders</i>)	1/2-1/4	Pasir sedang (<i>Medium Sand</i>)
2048-1024	Batu besar (<i>Large Boulders</i>)	1/4-1/8	Pasir halus (<i>Fine Sand</i>)
1024-512	Batu sedang (<i>Medium Boulders</i>)	1/8-1/16 (s/d 0.0625 mm)	Pasir sangat halus (<i>Very Fine Sand</i>)
512-256	Batu kecil (<i>Small Boulders</i>)	1/16-1/32	Lumpur kasar (<i>Coarse Silt</i>)
256-128	Kerakal besar (<i>Large Cobbles</i>)	1/32-1/64	Lumpur sedang (<i>Medium Silt</i>)
128-64	Kerakal kecil (<i>Small Cobbles</i>)	1/64-1/128	Lumpur halus (<i>Fine Silt</i>)

Interval (mm)	Nama	Interval (mm)	Nama
64-32	Kerikil sangat kasar (<i>Very Coarse Gravel</i>)	1/128-1/256	Lumpur sangat halus (<i>Very Fine Silto</i>)
32-16	Kerikil kasar (<i>Coarse Gravel</i>)	1/256-1/512	Lempung kasar (<i>Course Clay</i>)
16-8	Kerikil sedang (<i>Medium Gravel</i>)	1/512-1/1024	Lempung sedang (<i>Medium Clay</i>)
8-4	Kerikil halus (<i>Fine Gravel</i>)	1/1024-1/2048	Lempung halus (<i>Fine Clay</i>)
4-2	Kerikil sangat halus (<i>Very Fine Gravel</i>)	1/2048-1/4096	Lempung sangat halus (<i>Very Fine Clay</i>)
2-1	Pasir sangat kasar (<i>Very Coarse Sand</i>)		
1-1/2	Pasir kasar (<i>Coarse Sand</i>)		

Sumber : (Hambali & Apriyanti, 2016)

2.4.2 Berat jenis

Berat jenis kering bulk (bulk density) adalah perbandingan antara massa sedimen (baik padatan maupun ruang pori) dengan volumenta, berat jenis ini memberikan informasi pentingtentang sifat fisik material sedimen. (Gianete, 2023)

$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana:

G_s = Berat Jenis (gr/cm³)

γ_s = Berat Volume Partikel (gr/cm³)

γ_w = Berat Volume Air (gr/cm³)

Untuk menentukan berat butir partikel sedimen (W_s) dengan berat volume air (W_w) menggunakan rumus sebagai berikut (SNI 1964, 2008) :

$$W_s = W_2 - W_1 \dots\dots\dots(2.2)$$

$$W_w = (W_s + W_4 - W_3) \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana:

W_1 = Berat Picnometer (gram)

W_2 = Berat Picnometer dengan sedimen (gram)

W_3 = Berat Picnometer dengan air dan sedimen (gram)

W_4 = Berat Picnometer dengan air (gram)

Selain dari ukuran partikel sedimen, jenis tanah dapat diklasifikasikan berdasarkan nilai berat jenisnya dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2. 4 Klasifikasi berat jenis tanah

Jenis Tanah	Gs
Pasir	2,65 - 2,68
Lanau Organik	2,62 - 2,68
Lempung organik	2,58 - 2,65
Lempung Anorganik	2,68 - 2,75
Gambut	< 2

Sumber: (Siswanto et al., 2021)

2.4.3 Analisa Saringan

Analisa saringan adalah pengelompokan besar butir analisa agregat kasar dan agregat halus menjadi komposisi gabungan yang ditinjau berdasarkan saringan. Hasil yang didapat dengan analisis ayakan dan distribusi ukuran butiran sedimen dasar (bed load). Dimana sampel yang didapatkan dioven sampai kondisi kering lalu dilakukan pengujian dengan menggunakan saringan (IB et al., 2022).

Tabel 2. 5 Klasifikasi ukuran butiran sedimen

Rentang Diameter (mm)	Nama	Rentang Diameter (mm)	Nama
4096-2048	Batu sangat besar	1/2 - 1 /4	Pasir sedang
1024-512	Batu sedang	1/8 - 1/16	Pasir sangat halus

Rentang Diameter (mm)	Nama	Rentang Diameter (mm)	Nama
256-128	Kerikil besar	1/32 – 1/64	Lumpur sedang
64-32	Kerikil sangat kecil	1/128 – 1/256	Lumpur sangat halus
32-16	Kerikil kasar	1/256 – 1/512	Lempung kasar
16 – 8	Kerikil sedang	1/512 – 1/1024	Lempung sedang
8-4	Kerikil halus	1/1024 – 1/2048	Lempung halus
4 - 2	Kerikil sangat halus	1/2048 -1/ 4096	Lempung sangat halus
2 – 1	Pasir sangat kasar		Koloid
1 – 1/2	Pasir kasar		

Sumber : (Hambali & Apriyanti, 2016)

Parameter-parameter analisis distribusi ukuran butir sedimen yakni dengan menghitung berat tertahan pada setiap saringan (W_n) yang dimana berat total saringan dan sedimen di kurangi dengan berat saringan kosong, kemudian persen tertahan pada saringan ke-n (R_n), persen kumulatif tertahan pada saringan ke-n (ΣR_n), serta persen kumulatif lolos pada saringan ke-n. Dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$R_n = \frac{W_n}{\text{Berat total sedimen}} \times 10 \dots\dots\dots (2.4)$$

$$\Sigma R_n = \Sigma R_n \dots\dots\dots (2.5)$$

$$\% \text{Lolos} = 100 - \Sigma R_n \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana:

W_n = Berat tertahan pada saringan ke-n, (gram)

Rn= Persen tertahan pada saringan ke-n, (%)

ΣRn= Persen kumulatif tertahan pada saringan ke-n (%)

2.4.4 Kecepatan Jatuh

Kecepatan jatuh partikel sedimen merupakan kecepatan akhir suatu sedimen untuk mengendap.

$$W = \left(\frac{g \cdot d^2}{18 \cdot V} \right) \left(\frac{\rho_s - \rho_w}{\rho_w} \right) \dots \dots \dots (2.7)$$

Dimana:

g = Percepatan gravitasi

d = Diameter sedimen

ρ_s = Berat jenis partikel (kg/m^3)

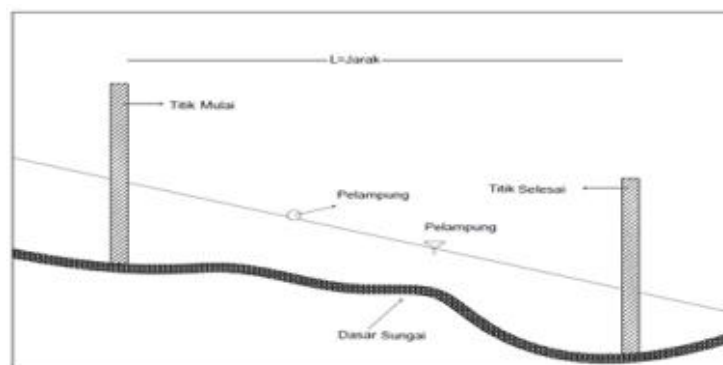
ρ_w = Berat jenis air (1000 kg/m^3)

V = Viskositas

2.5 Karakteristik aliran

2.5.1 Kecepatan aliran

Pengukuran kecepatan aliran sungai maupun saluran irigasi dibutuhkan untuk menghitung sebuah debit aliran. Pengukuran menggunakan metode pelampung permukaan (float) (Rahman N & Khaidir, 2021).



Gambar 2. 4 Pengukuran kecepatan aliran

2.5.2 Debit

Debit air adalah volume air yang melalui penampang basah sungai dan satu satuan waktu tertentu yang biasanya dinyatakan dalam satuan meter kubik per detik (m^3/detik) atau liter per detik (l/detik)

Rumus yang digunakan untuk menghitung debit adalah:

$$Q = 1.71 \times B \times h^{3/2} \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana:

Q = Debit aliran (m³/s)

B = lebar dasar saluran (m)

h = kedalaman air (m).

2.5.3 Kondisi Aliran

Penentuan kondisi aliran didasarkan pada nilai angka Froude (Fr) dengan persamaan sebagai berikut (Binilang, 2014):

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g \cdot h}} \dots\dots\dots(2.8)$$

Dengan :

Fr = Bilangan Froude

V = Kecepatan aliran (m/det)

g = Percepatan gravitasi (10 m/s²)

h = Kedalaman air (m)

aliran dikatakan sub kritis apabila mempunyai nilai $Fr < 1$. Kritis $Fr = 1$, dan super kritis $Fr > 1$.

2.5.4 Viskositas

Rumus yang digunakan untuk menentukan nilai viskositas adalah sebagai berikut (Asyifa & Hadi, 2023):

$$V = V_1 + \left(\frac{T - T_1}{T_2 - T_1} \times (V_2 - V_1) \right) \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana:

V =Viskositas (m²/det)

V_1 = Viskositas kinematik 1

V_2 = Viskositas kinematik 2

T = Suhu (°C)

T_1 = Suhu 1

T_2 = Suhu 2

Nilai V_1 dan V_2 serta T_1 dan T_2 ditentukan berdasarkan tabel sebagai berikut :

Tabel 2.6 Nilai Viskositas dan Suhu

T	0	5	10	15	20	25	30	35	40	°C
V	1.79	1.52	1.31	1.14	1.01	0.90	0.80	0.72	0.65	10 ⁻⁶ m ² /det

Sumber : (Asyifa & Hadi, 2023)

2.6 Tegangan Geser Kritis

Tegangan geser yang terjadi di dasar maupun dinding saluran disebabkan oleh aliran saluran. Apabila tegangan geser yang terjadi di dasar saluran (τ_b) lebih besar dari tegangan kritis (τ_o) cr, maka akan terjadi erosi. Tegangan geser kritis yaitu tegangan geser yang terjadi pada saat butiran dasar /tebing Sungai/saluran mulai bergerak.(Mattotorang, 2019).

Tegangan geser aliran (τ_o) merupakan tegangan yang ditimbulkan akibat adanya gaya pergerakan aliran, dimana gaya yang terjadi merupakan kecepatan geser aliran (u^*) yang dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut (Hermawan & Afiato, 2021).

$$u^* \sqrt{g \cdot R \cdot S} \dots\dots\dots (2.10)$$

Dengan:

G = percepatan gravitas

R = radius hidraulik penampang saluran

S = kemiringan dasar saluran

u^* = kecepatan geser

Nilai tegangan geser kritis dinyatakan pada persamaan:

$$\tau c^* = \frac{\tau c}{(\rho_s - \rho_w) D_s} \dots\dots\dots (2.11)$$

Dengan:

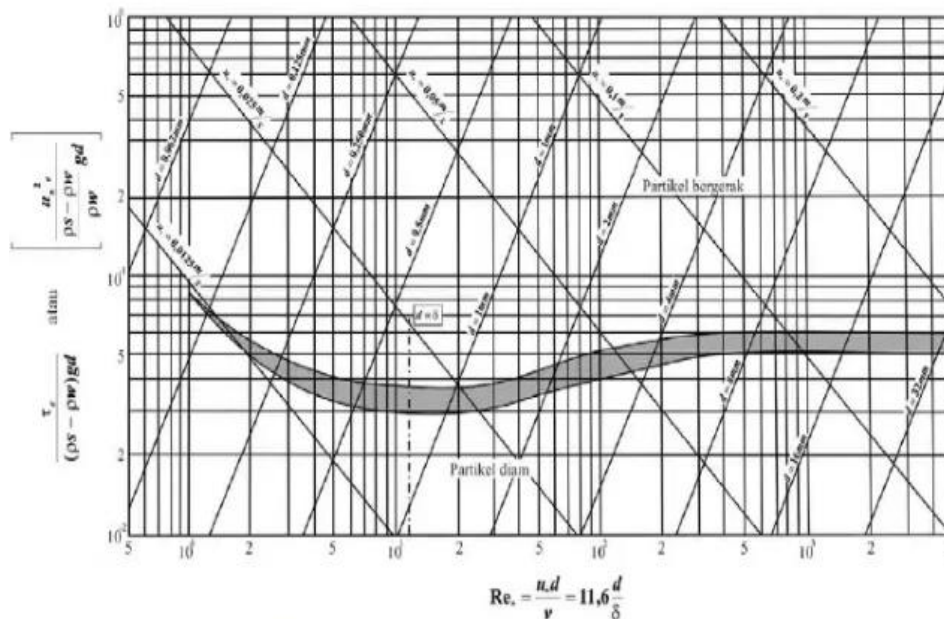
τc^* = parameter tegangan geser

D_s = diameter ukuran butiran (mm)

ρ_s = berat jenis butiran sedimen (kg/m³)

ρ_w = berat jenis air (1000 kg/m³)

Kecepatan geser dasar kritis dapat di hitung dengan diagram yang di berikan oleh Shield:



Gambar 2. 5 Grafik kecepatan geser dasar kritis menurut Shield

2.7 Kinerja Pengendapan Sedimen

Keberhasilan sebuah perencanaan kantong lumpur terletak pada efisiensi pengendapan sedimen dan efisiensi pembilasan. Untuk mengetahui berfungsinya kantong lumpur, maka dilakukan pengecekan efisiensi pengendapan dan efisiensi pembilasan (Kementrian PUPR, 2013).

2.7.1 Efisiensi Pengendapan

Parameter yang digunakan untuk pengecekan efisiensi pengendapan yaitu (w) kecepatan endap partikel-partikel yang ukurannya diluar ukuran partikel yang direncanakan dalam satuan m/s, (w_0) kecepatan endap rencana dalam satuan m/s, dan (v_0) kecepatan rata-rata aliran kantong lumpur dalam satuan m/s. pengecekan efisiensi pengendapan dapat menggunakan grafik Camp. Dengan menggunakan grafik Camp, efisiensi proses pengendapan untuk partikel partikel dengan kecepatan endap yang berbeda-beda dari kecepatan endap partikel rencana, dapat dicek. Suspensi sedimen dapat dicek dengan menggunakan kriteria Sh inohara Tsubaki. Bahan akan tetap berada dalam suspensi penuh jika:

$$\frac{v^*}{w} > \frac{5}{3} \dots\dots\dots (2.12)$$

Dimana:

$$v^* = (\text{kecepatan geser}) = (g h I)^{0.5}, \text{ m/dt}$$

g = percepatan gravitasi, m/dt^2 ($\approx 9,8 \text{ m/dt}^2$)

h = kedalaman air (m)

I = kemiringan energi

w = kecepatan endap sedimen, m/dt

Efisiensi pengendapan sebaiknya dicek untuk dua keadaan yang berbeda:

- untuk kantong kosong
- untuk kantong penuh

Untuk kantong kosong, kecepatan minimum harus dicek. Kecepatan ini tidak boleh terlalu kecil yang memungkinkan tumbuhnya vegetasi atau mengendapnya partikel-partikel lempung.

Menurut *Vlugter*, untuk:

$$v < \frac{w}{1,6 I} \dots\dots\dots (2.13)$$

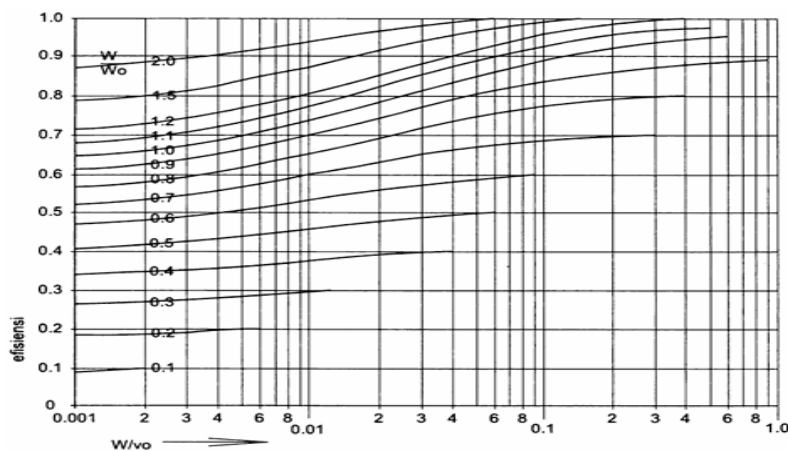
dimana:

v = kecepatan rata-rata, m/dt

w = kecepatan endap sedimen, m/dt

I = kemiringan energi

semua bahan dengan kecepatan endap w akan berada dalam suspensi pada sembarang konsentrasi. Pengecekan efisiensi pengendapan dapat menggunakan grafik Camp seperti pada Gambar 2. 6 Grafik pembuangan sedimen Camp untuk aliran turbulensi.



Gambar 2. 6 Grafik pembuangan sedimen Camp untuk aliran turbulensi

2.7.2 Efisiensi Pembilasan

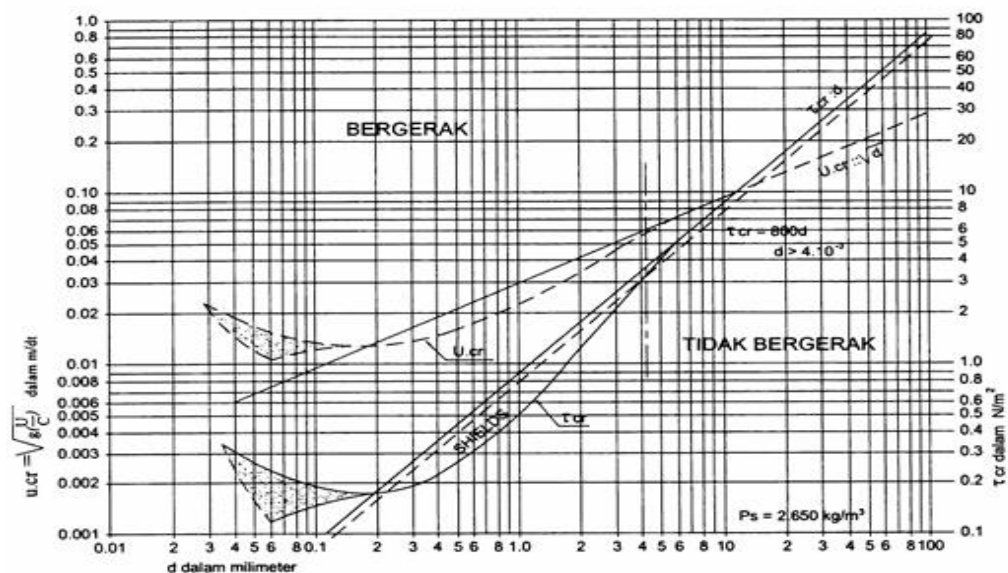
Efisiensi pembilasan bergantung kepada terbentuknya gaya geser yang memadai pada permukaan sedimen yang telah mengendap dan pada kecepatan yang cukup untuk menjaga agar tetap dalam keadaan suspensi sesudah itu dapat dilihat pada gambar 2.7 Tegangan geser geser kritis dan kecepatan geser kritis sebagai fungsi besarnya butir untuk $\rho_s = 2.650 \text{ kg/m}^3$ pasir .(Kementrian PUPR,2013).

Adapun untuk menentukan nilai tegangan gesernya dapat dilihat pada persamaan sebagai berikut:

$$\tau_0 = \rho_w \cdot g \cdot R \cdot S \dots\dots\dots (2.14)$$

Dimana:

- τ_0 = Tegangan geser (N/m^2)
- g = Kecepatan gravitasi (m/s^2)
- ρ_w = Berat jenis air (kg/m^3)
- R = Jari-jari hidraulik
- S = Kemiringan saluran



Gambar 2. 7 Tegangan geser kritis dan kecepatan geser kritis

DAFTAR PUSTAKA

- ARANI, S. A. (2006). *ANALISA PENGENDALIAN SEDIMEN DI DAERAH IRIGASI PERKOTAAN KAB. BATUBARA*. 44(2), 8–10.
- Aryangganis, R. (2020). *ANALISA ANGKUTAN SEDIMEN DASAR PADA HILIR SABODAM KALI NANGKA DESA BELANTING KECAMATAN SAMBELIA KABUPATEN LOMBOK TIMUR*. 2507(February), 1–9.
- Asyifa, Y., & Hadi, S. H. (2023). Analisis Optimalisasi Jadwal Pengurasan Kantong Lumpur Daerah Irigasi Glapan Barat. *Eskripsi. Usm.Ac.Id*. <https://eskripsi.usm.ac.id/files/skripsi/C11A/2019/C.111.19.0113/C.111.19.0113-15-File-Komplit-20230904062311.pdf>
- Ayuna, W. (2018). *Analisa Pengendalian Sedimen Di Daerah Irigasi Perkotaan Kab. Batubara*. 1–71.
- Binilang, A. (2014). Kajian Pengaruh Hubungan Antar Parameter Hidrolis Terhadap Sifat Aliran Melewati Pelimpah Bulat Dan Setengah Lingkaran Pada Saluran Terbuka. *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, 4(1), 55–61.
- Bintang, A. H. (2023). *Efektivitas Primer Daerah Irigasi Glapan Timur*. 98–107.
- Friedrich, R. (2023). *Analisis Sedimen Menggunakan Model Soil and Water Assesment Tool Di Daerah Aliran Sungai Batu-Batu= Analysis of Sediment*
- Hambali, R., & Apriyanti, Y. (2016). STUDI KARAKTERISTIK SEDIMEN DAN LAJU SEDIMENTASI SUNGAI DAENG – KABUPATEN BANGKA BARAT. *Jurnal Fropil*, 4(2), 165–174.
- Hermawan, A., & Afiato, E. (2021). ANALISIS ANGKUTAN SEDIMEN DASAR (BED LOAD) PADA SALURAN IRIGASI MATARAM YOGYAKARTA. *Teknisia*, XXVI(1). <https://doi.org/10.20885/teknisia.vol26.iss1.art3>
- HUDIONO, R. (n.d.). *EFEKTIFITAS DAN EFISIENSI POLA OPERASI KANTONG LUMPUR DI BENDUNG GERAK WARUTURI MRICAN KABUPATEN KEDIRI*.
- Islammudin, R., Fahrezi, A. A., Alumni, Y., Diponegoro, U., Sipil, T. J., & Semarang, U. (2024). *REHABILITASI BANGUNAN UTAMA DAERAH IRIGASI*.
- Kementrian PUPR. (2013). *Kriteria Perencanaan Bangunan Utama (KP-02). Standar Perencanaan Irigasi*, 89.
- LILIK HENDRO W, Prof. Dr. Ir. Fatchan Nurrochmad, M.Agr., P. D. I. B. A. K. (2017). *Evaluasi Kinerja Kantong Lumpur (Studi Kasus Bendung*

Pendowo dan Pijenan Bantul). 0–1.

- Maloso, skema D. . (2022). *SKEMA AJARINGAN IRIGASI D.I MALOSO*. 400.
- Mattotorang, U. H. (2019). Studi Pengaruh Lebar Sungai Terhadap Karakteristik Aliran Sedimen Di Dasar. *PENA TEKNIK: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Teknik*, 4(1), 77. https://doi.org/10.51557/pt_jiit.v4i1.217
- Nindito, D. ., Istiarto, & Kironoto, B. . (2008). Simulasi Numeris Tiga Dimensi Kantong Lumpur Bendung Sapon. *Journal of the Civil Engineering Forum*, 18(1), 712–724.
- Nugroho, A. G. A. (2014). EFEKTIFITAS DAN EFISIENSI POLA OPERASI KANTONG LUMPUR di BENDUNG GERAK WARUTURI MRICAN KAB.KEDIRI. In *Ayan* (Vol. 8, Issue 5, p. 55).
- Pangestu, H., & Haki, H. (2013). analisis angkutan sedimen total pada sungai dawaskabupaten musi banyuasin. *Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 1(1), 12.
- Rahman N, M. F., & Khaidir, M. (2021). Pengukuran Aliran Air Dan Tinggi Muka Air Pada Saluran Irigasi Dengan Hall Effect Sensor Dan Ultrasonik. *Jurnal Teknologi Dan Komputer (JTEK)*, 1(01), 61–65. <https://doi.org/10.56923/jtek.v1i01.54>
- RINDI ARYANGGANIS. (2020). *ANALISA ANGKUTAN SEDIMEN DASAR PADA HILIR SABODAM KALI NANGKA DESA BELANTING KECAMATAN SAMBELIA KABUPATEN LOMBOK TIMUR*. 2507(February), 1–9.
- Rohani, I., Paroka, D., Thaha, M. A., & Hatta, M. P. (2023). The Regulate Section Channel Model for Maintenance Channel in Estuary. *International Journal of Engineering Trends and Technology*, 71(10), 305–313. <https://doi.org/10.14445/22315381/IJETT-V71I10P227>
- Siswanto, R., Kartini, & Herawati, H. (2021). Studi Karakteristik dan Laju Angkutan Sedimen Parit Langgar Desa Wajok Hilir Kecamatan Siantan Kabupaten Mempawah. *JeLAST: Jurnal PWK, Laut, Sipil, Tambang*, 8(1), 1–9.
- SNI 1964. (2008). *Cara Uji Berat Jenis Tanah*. Badan Standarisasi Nasional.
- Susanto, A. (2021). *Perencanaan Kantong Lumpur Jaringan Irigasi Bendung Kertosari Kabupaten Jember*. i(V). <https://repository.unmuhjember.ac.id/12262/>
- Wulandari, D. A., Ulfiana, D., & Parmantoro, P. N. (2020). Analisis Aplikasi Kantong Lumpur pada Sungai Sebagai Upaya Pengendalian Sedimentasi Waduk. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 26(2), 229–236.