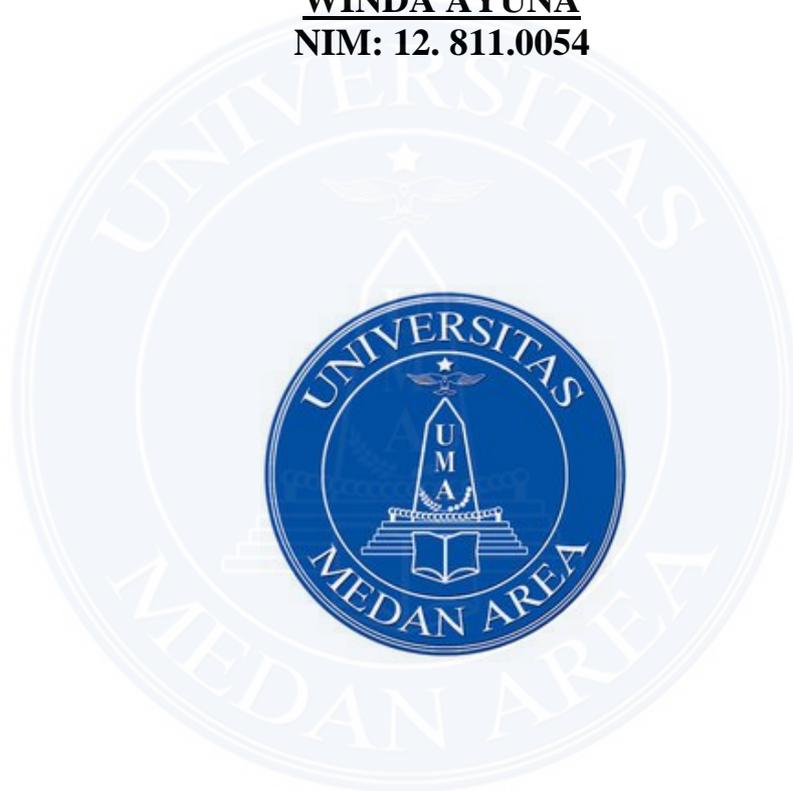


**ANALISA PENGENDALIAN SEDIMEN DI DAERAH IRIGASI
PERKOTAAN KAB. BATUBARA
(STUDI KASUS)**

SKRIPSI

OLEH :

**WINDA AYUNA
NIM: 12. 811.0054**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA**

2016

**ANALISA PENGENDALIAN SEDIMEN DI DAERAH IRIGASI
PERKOTAAN KAB. BATUBARA
(STUDI KASUS)**

SKRIPSI

Oleh :

**WINDA AYUNA
NIM: 12. 811.0054**

Diajukan sebagai bahan Sidang Sarjana dan sebagai salah satu syarat

Untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Sipil

Universitas Medan Area

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MEDAN AREA

2016

Judul Skripsi : Analisa Pengendalian Sedimen di Daerah Irigasi
Perkotaan Kab. Batubara (Studi Kasus).
Nama : Winda Ayuna
NPM : 12.811.0054
Fakultas : Teknik Sipil

Disetujui Oleh
Komisi Pembimbing

Dosen Pembimbing I


(Ir. Kamaluddin Lubis, MT.)

Dosen Pembimbing II


(Ir. Nurmaidah, MT.)

Mengetahui :


Dekan Fakultas Teknik
(Prof. DR. Dadan Rindan, M.Eng, M.Sc)


Kaprodi
(Ir. Kamaluddin Lubis, MT.)

Tanggal Sidang Sarjana: 02 Desember 2016

LEMBAR PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan,

Winda Ayuna
12.811.0054

ABSTRAK

Penumpukan sedimen di saluran irigasi akan mempersingkat umur pelayanan jaringan irigasi karena pendangkalan dan penurunan kapasitas. Selanjutnya, penumpukan sedimen di petak sawah akan menaikkan permukaan sawah, sehingga mempersulit air untuk mencapai permukaan sawah dan mengairi sawah. Partikel sedimen yang halus bahkan bisa menyumbat pori – pori tanah dan menghambat penyerapan air oleh tanaman.

Sejak dibangunnya Bendung Perkotaan, belum pernah dibangun sand trap yang berguna untuk mengendapkan sedimen. Akibat sedimentasi sungai berpengaruh terhadap daerah irigasi, dimana tinggi sedimen pada saluran primer mencapai 0,8 m. Maka dengan areal irigasi Perkotaan seluas 3.350 Ha diperkirakan akan mengalami penurunan hasil tanam apabila suplai air irigasi terus menurun terutama di daerah hilir.

Dengan demikian perlu dilakukan analisis laju sedimen untuk merencanakan kantong lumpur yang berguna untuk mengurangi sedimentasi di saluran primer. Namun apakah pembangunan kantong lumpur sudah tepat untuk mengurangi permasalahan akibat sedimentasi?

Kata Kunci : Sungai, Irigasi, Sedimen.

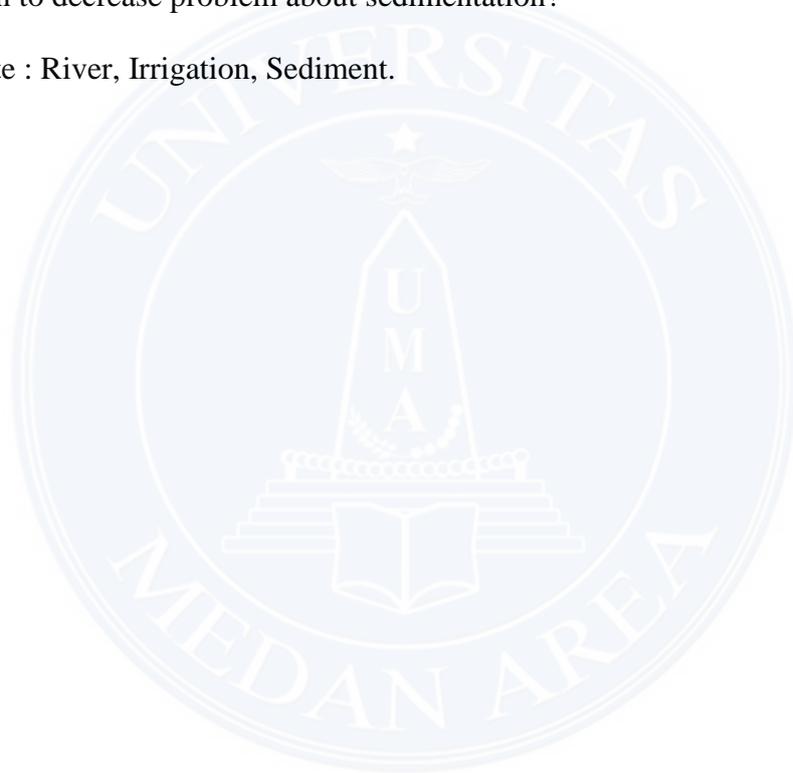
ABSTRACT

Accumulation of sedimentation especially in the delivery channel will decrease the irrigation system function. In case of sedimentation, it will accumulate in the bed of channel and impede water flow to the Paddy Field. Moreover more granular particle of sediment can impede water absorbed by plants.

After construction, Perkotaan weir has not fully equipped by sandtrap for its function to sediment control. For the result, height of sediment on top of bed channel increase to 0,8 m. furthermore, rice production will be decreased for 3.350 Ha of Paddy Field Area because irrigation water can not be supplied.

Finally, sediment analysis necessary needed. Sand trap can be built to decrease sediment cummulativeto irrigation system. But does sediment trap is the one solution to decrease problem about sedimentation?

Keynote : River, Irrigation, Sediment.



RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Kota Pematangsiantar pada tanggal Dua Puluh Tiga bulan Desember tahun Seribu Sembilan Ratus Delapan Puluh Delapan dari ayah Sugiono dan Ibu Darsini. Penulis merupakan putri keempat dari enam bersaudara.

Tahun 2007 penulis lulus dari SMA Negeri 4 Pematangsiantar dan pada tahun 2012 terdaftar sebagai mahasiswi Fakultas Teknik Universitas Medan Area.



KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan anugrah, berkat dan karunia-Nya hingga terselesaikannya skripsi ini dengan judul **“Analisa Pengendalian Sedimen di Daerah Irigasi Perkotaan Kab. Batubara (Studi Kasus)”**.

Skripsi ini disusun untuk diajukan sebagai syarat dalam ujian sarjana teknik sipil pada Fakultas Teknik Universitas Medan Area. Penulis menyadari bahwa isi dari skripsi ini masih banyak kekurangannya. Hal ini disebabkan keterbatasan pengetahuan dan kurangnya pemahaman penulis. Untuk penyempurnaannya, saran dan kritik dari bapak dan ibu dosen serta rekan mahasiswa sangatlah penulis harapkan.

Penulis juga menyadari bahwa tanpa bimbingan, bantuan dan dorongan dari berbagai pihak, skripsi ini tidak mungkin dapat diselesaikan dengan baik. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada kedua orang tua yang senantiasa penulis cintai yang dalam keadaan sulit telah memperjuangkan hingga penulis dapat menyelesaikan perkuliahan ini.

Ucapan terima kasih juga penulis ucapkan kepada :

1. Bapak Prof. Dr. H. A. Ya'kub Matondang, MA., Rektor Universitas Medan Area;
2. Bapak Prof. DR. Dadan Ramdan, M.Eng, M.Sc., Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area;
3. Bapak Ir. Kamaluddin Lubis, MT., selaku Ketua Prodi Teknik Sipil Universitas Medan Area sekaligus Dosen Pembimbing Skripsi I yang telah

banyak meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberikan bimbingan dalam menyelesaikan skripsi ini;

4. Ibu Ir. Nurmaidah, MT., selaku Dosen Pembimbing Skripsi II yang telah banyak meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberikan bimbingan dalam menyelesaikan skripsi ini;
5. Seluruh Dosen dan Pegawai Jurusan Teknik Sipil Universitas Medan Area;
6. Orang tuaku tercinta, kakak, abang dan adik – adikku yang telah memberi motivasi yang tiada henti –hentinya selama proses penulisan Tugas Akhir ini;
7. Untuk Hunnyku yang sudah sabar mengajari, mendukung dan memotivasi untuk segera menyelesaikan Skripsi ini. Thank you and Love you so much Mio Caro;
8. Seluruh rekan-rekan mahasiswa-mahasiswi jurusan teknik sipil;
9. Seluruh rekan-rekan kerja di Kantor Balai Wilayah Sungai Sumatera II Medan.

Akhir kata penulis mengharapkan skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Medan, Desember 2016
Hormat Saya Penulis

Winda Ayuna
12.811.0054

DAFTAR ISI

	Hal.
LEMBAR PENGESAHAN	
KATA PENGANTAR.....	i
Abstrak.....	iii
ABSTRACT	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Maksud dan Tujuan.....	3
1.3 Permasalahan.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Uraian Teori	4
2.1.1 Irigasi.....	4
2.1.2 Sedimentasi	5
2.1.3 Mekanisme Angkutan Sedimen	6
2.1.4 Konsentrasi Sedimen Suspensi.....	10
2.1.5 Pengukuran Debit Sedimen Suspensi.....	11
2.1.6 Botol Sampel dan Analisa Laboratorium	18
2.1.7 Debit Sedimen Suspensi Pengukuran.....	21
2.2 Perencanaan Kantong Lumpur.....	22

2.2.1	Sedimen.....	22
2.2.2	Kondisi-Kondisi Batas	23
2.2.3	Dimensi Kantong Lumpur.....	26
2.2.4	Pembersihan	33
2.2.5	Pencekan Terhadap Berfungsinya Kantong Lumpur	37
2.2.6	Tata Letak Kantong Lumpur, Pembilas dan Pengambilan di Saluran Primer.....	40
2.2.7	Perencanaan Bangunan	45
BAB III	METODE PENELITIAN.....	47
3.1	Deskripsi Lokasi dan Waktu Penelitian.....	47
3.2	Jenis dan Sumber Data.....	49
3.3	Teknik Pengumpulan Data.....	50
3.3.1	Pengumpulan Data Pengukuran Topografi	50
3.3.2	Pengumpulan dan Pengukuran Sedimen.....	56
3.4	Teknik Pengolahan Data	57
3.4.1	Pengolahan Data Topografi.....	57
3.4.2	Pengolahan Data Sedimen.....	59
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	64
4.1	Dimensi Kantong	64
4.1.1	Panjang dan Lebar Kantong Lumpur	64
4.1.2	Volume Tampungan.....	66
4.2	Pembersihan	71
4.3	Pengecekan terhadap Berfungsinya Kantong Lumpur.....	72
4.3.1	Efisiensi Pengendapan	72

4.3.2	Efisiensi Pembilasan	74
4.4	Perencanaan Pompa Pembilas.....	75
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN.....	95
5.1	Simpulan	95
5.2	Saran.....	96
DAFTAR PUSTAKA		97



DAFTAR TABEL

	Hal.
Tabel 2.1. Klasifikasi peralatan pengambilan sampel sedimen	15
Tabel 3.1. Ukuran diameter sedimen	61
Tabel 3.2. Faktor konversi c	50
Tabel 4.1. Nilai Hn Sand Trap untuk 1 kompartemen.....	71



DAFTAR GAMBAR

	Hal.
Gambar 2.1. Proses terjadinya sedimen	9
Gambar 2.2. Klasifikasi Angkutan Sedimen	12
Gambar 2.3. Alat Ukur Sedimen Jenis USDH-48.....	16
Gambar 2.4. Sketsa Pengukuran Lebar Untuk Setiap Rai2.....	16
Gambar 2.5. Sketsa kurva sebaran vertical kecepatan aliran, konsentrasi sedimen dan volume sedimen	18
Gambar 2.6 Sketsa Pengukuran sedimen cara integrasi kedalaman cara EDI ...	20
Gambar 2.7 Sketsa Pengukuran sedimen cara integrasi kedalaman cara EWI ..	20
Gambar 2.8 Konsentrasi sedimen ke arah vertikal.....	27
Gambar 2.9 Tipe tata letak kantong lumpur.....	28
Gambar 2.10 Skema kantong lumpur.....	29
Gambar 2.11 Hubungan antara diameter saringan dan kecepatan endap untuk air tenang	33
Gambar 2.12 Potongan melintang dan potongan memanjang kantong lumpur yang menunjukkan metode pembuatan tampungan	34
Gambar 2.13 Tegangan geser kritis dan kecepatan geser kritis	37
Gambar 2.14 Gaya tarik (traksi) pada bahan kohesif.....	38
Gambar 2.15 Grafik pembuangan sedimen camp untuk aliran turbulensi	41
Gambar 2.16 Tata letak kantong lumpur yang dianjurkan.....	43
Gambar 2.17 Tipe tata letak kantong lumpur dengan saluran primer berada pada trase yang sama.....	44
Gambar 2.18 Pengelak sedimen	45

Gambar 2.19 Saluran pengarah	46
Gambar 3.1. Lokasi kegiatan.....	49
Gambar 3.2. Kondisi intake D.I. Perkotaan	50
Gambar 3.3. Kondisi saluran primer D.I. Perkotaan	50
Gambar 3.4. Pengukuran topografi dengan total station.....	55
Gambar 3.5. Pengukuran beda tinggi	56
Gambar 3.6. Pengukuran penampang melintang dan memanjang saluran	57
Gambar 3.7. Pengambilan sampel sedimen layang.....	58
Gambar 3.8. Hasil pengolahan data topografi.....	60
Gambar 3.9. Hubungan antara diameter saringan dan kecepatan endap untuk air tenang	65
Gambar 4.1. Hubungan antara diameter saringan dan kecepatan endap.....	68
Gambar 4.2. Grafik pembunagan sedimen camp untuk aliran turbulensi	73

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sungai adalah salah satu sumber air yang dapat dipergunakan untuk memenuhi kebutuhan air pada tanaman di persawahan. Cara penyaliran air dari sungai ke sawah biasanya menggunakan sistem irigasi. Irigasi adalah pemberian air pada tanah dengan menggunakan bangunan dan saluran buatan bagi pertumbuhan tanaman, sehingga pada musim kemarau tanaman tidak kekurangan air dan pada musim penghujan air tidak berlebih. Salah satu Daerah Irigasi di Sumatera Utara adalah Daerah Irigasi Perkotaan, sekarang menjadi Daerah Irigasi Bah Bolon.

Sifat sungai di Indonesia pada umumnya membawa sedimen, baik sedimen dasar (bed load) maupun sedimen melayang (suspended load). Proses sedimentasi bisa membawa dampak positif karena dapat menambah kesuburan tanah dan garapan baru ke arah hilir sungai. Tetapi kerugian yang ditimbulkan jauh lebih besar dari pada manfaatnya.

Penumpukan sedimen di saluran irigasi akan mempersingkat umur pelayanan jaringan irigasi karena pendangkalan dan penurunan kapasitas. Selanjutnya, penumpukan sedimen di petak sawah akan menaikkan permukaan sawah, sehingga mempersulit air untuk mencapai permukaan sawah dan mengairi sawah. Partikel sedimen yang halus bahkan bisa menyumbat pori – pori tanah dan menghambat penyerapan air oleh tanaman.

Pada Daerah Irigasi Bah Bolon terdapat Bendung Perkotaan yang dipergunakan sebagai bangunan untuk menaikkan elevasi muka air yang akan dialirkan untuk kegiatan irigasi. Bendung Perkotaan merupakan bendung gerak/ bendung pengatur yang terletak pada sungai sipare-pare yaitu pecahan dari Sungai Bah Bolon yang memiliki 5 pintu sorong vertical.

Sejak dibangunnya Bendung Perkotaan, belum pernah dibangun sand trap yang berguna untuk mengendapkan sedimen. Akibat sedimentasi sungai berpengaruh terhadap daerah irigasi, dimana tinggi sedimen pada saluran primer mencapai 0,8 m. pada saluran primer Sta 10 + 000 sudah tidak mampu lagi mensuplai air (debit air berkurang akibat sedimentasi), padahal saluran primer mencapai 19 km. maka dengan areal irigasi 3.350 Ha diperkirakan akan mengalami penurunan apabila suplai air irigasi terus menurun terutama di hilir.

Untuk mengatasi sedimen, instansi terkait yang berwenang menangani Daerah Irigasi Perkotaan melakukan pengerukan sedimen dengan alat berat di saluran primer dan beberapa saluran sekunder pada setiap tahunnya. Hal ini membutuhkan biaya operasional yang sangat mahal dan membutuhkan waktu yang lama. Selain itu, dinding dan lantai saluran akan mengalami kerusakan akibat seringnya dikeruk dengan alat berat.

Dengan demikian perlu dilakukan analisis laju sedimen untuk merencanakan kantong lumpur yang berguna untuk mengurangi sedimentasi di saluran primer.

Maka pada skripsi ini, penulis ingin mengetahui apakah dengan dibangunnya kantong lumpur akan mengurangi sedimentasi yang ada pada saluran primer.

1.2 Maksud dan Tujuan

Maksud dari penelitian ini adalah untuk mengetahui apa yang harus dilakukan untuk mengurangi sedimentasi pada jaringan primer.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengembalikan debit air pada jaringan primer yang selama ini sudah menurun akibat sedimentasi yang terlalu tinggi.

1.3 Permasalahan

Permasalahan yang timbul pada Daerah Irigasi Perkotaan yaitu :

- a. Apakah kantong lumpur dapat dibangun pada Bendung Perkotaan.
- b. Apakah dengan adanya kantong lumpur daerah irigasi perkotaan dapat terairi seluruhnya.

1.4 Batasan Masalah

Untuk mendapatkan sasaran penelitian yang optimal penulis membatasi ruang lingkup tugas akhir ini sebagai berikut :

- a. Pengamatan sedimen hanya dilakukan di hulu Bendung Perkotaan dan saluran primer.
- b. Analisa dilakukan untuk pembangunan kantong lumpur.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Uraian Teori

2.1.1 Irigasi

Dari segi sumber air, Irigasi dapat dikategorikan menjadi dua bagian, yaitu :

a. Irigasi air permukaan :

adalah 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 :

adalah 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. Daerah Irigasi yang ada di Indonesia pada umumnya masih menggunakan air permukaan. Hal ini disebabkan oleh jumlah air permukaan masih banyak yang belum dimanfaatkan. Selain itu, pemanfaatan air permukaan lebih mudah dalam hal pelaksanaan maupun pemeliharaannya dibandingkan dengan irigasi air tanah. Namun, pemanfaatan irigasi air permukaan ini memiliki beberapa tantangan, salah satunya yaitu sedimentasi yang berasal dari sumber air.

2.1.2 Sedimentasi

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.

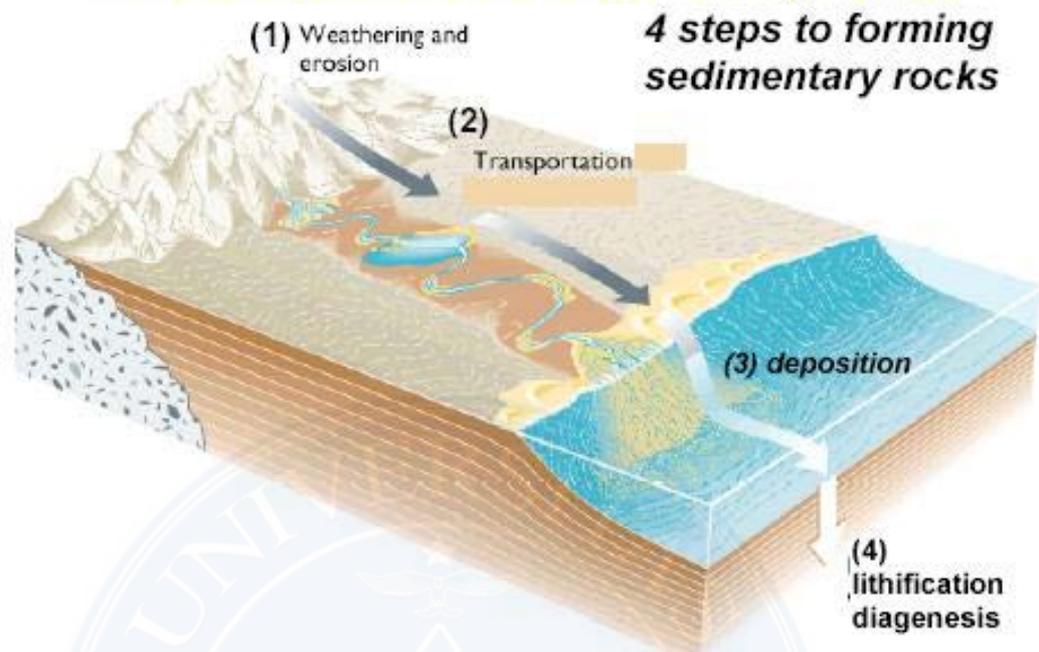
Hasil sedimen (*sediment yield*) suatu Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan bagian dari material hasil erosi yang terangkut melalui daerah aliran ke arah hilir atau di titik pengukuran. Hasil sedimen yang dinyatakan dalam satuan volume atau tebal sedimen per satuan luas DAS disebut dengan laju sedimentasi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

- 1) jumlah dan intensitas curah hujan;
- 2) vegetasi penutup lahan;
- 3) penggunaan lahan;
- 4) tipe tanah dan formasi geologi;
- 5) jaringan pengaliran, seperti kemiringan, panjang, bentuk dan ukuran;
- 6) karakteristik sedimen seperti ukuran dan mineralogi;
- 7) karakteristik hidraulik alur dan

2.1.3 Mekanisme Angkutan Sedimen

Proses sedimentasi berawal dari proses erosi, angkutan (*transportation*), pengendapan (*deposition*), dan pemadatan (*compaction*) dari sedimentasi itu sendiri. 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.

From Source to Sedimentary Rock



Gambar 2.1 Proses terjadinya sedimen

(Modul Pelatihan Hidrologi Dasar Kementerian PU)

Dasar sungai biasanya tersusun oleh endapan dari material angkutan sedimen yang terbawa oleh aliran sungai dan material tersebut dapat terangkut kembali apabila kecepatan aliran cukup tinggi. Besarnya volume angkutan sedimen, terutama tergantung pada perubahan kecepatan aliran, perubahan musim hujan dan kemarau, serta perubahan kecepatan yang dipengaruhi oleh aktivitas manusia. Sebagai akibat dari perubahan volume angkutan sedimen adalah terjadinya penggerusan di beberapa tempat serta terjadinya pengendapan di tempat lain pada dasar sungai, dengan demikian umumnya bentuk dari dasar sungai akan selalu berubah. Muatan sedimen atau debit sedimen (*sediment load or sediment discharge*) adalah seluruh sedimen total yang terangkut oleh aliran sungai di suatu lokasi pengukuran, umumnya

dinyatakan dengan satuan berat per satuan waktu (*ton/hari, kg/det*) atau satuan volume (*m³/hari*).

Berdasarkan cara pengangkutannya muatan sedimen diklasifikasikan menjadi 2 bagian, yaitu :

- 1) Muatan sedimen dasar (*bed load*);
- 2) Muatan sedimen suspensi (*suspended load*).

Muatan sedimen dasar adalah bagian dari muatan sedimen yang bergerak di sepanjang dasar sungai dengan cara menggelinding, meloncat-loncat ataupun bergeser. Muatan sedimen suspensi adalah bagian dari muatan sedimen yang bergerak tersuspensi atau melayang di dalam aliran dan hanya sedikit sekali berinteraksi dengan dasar sungai karena selalu terdorong ke atas oleh turbulensi aliran. Umumnya partikel muatan sedimen dasar lebih kasar jika dibandingkan dengan muatan sedimen tersuspensi.

Berdasarkan ukuran partikel sedimen, maka muatan sedimen dapat dibedakan menjadi 2 bagian, yaitu :

- 1) Muatan material dasar (*bed-material load*);
- 2) Muatan material halus (*fine-material load*).

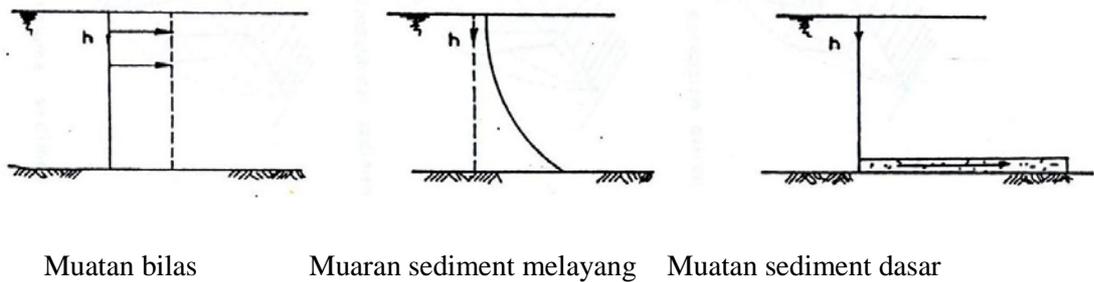
Muatan material dasar adalah bagian dari muatan sedimen yang berada di dasar sungai, umumnya ukuran partikelnya lebih kasar, bersumber dari dasar sungai dan cenderung mengendap pada kondisi aliran tertentu. Sedangkan muatan material halus, yang umumnya dinyatakan sebagai muatan bilas (*wash load*), adalah bagian dari muatan sedimen yang ukurannya halus, tidak berasal dari dasar sungai, dan cenderung mengendap. Sumber utama dari muatan bilas

adalah hasil pelapukan dari lapisan atas batuan atau tanah dari DAS yang bersangkutan. Muatan bilas akan dapat ditemui dengan jumlah yang besar pada saat awal musim hujan.

Bagian dari material dasar, di samping bergerak sebagai muatan sedimen dasar, ada juga yang bergerak sebagai muatan sedimen suspensi. Bagian itu disebut sebagai muatan material dasar tersuspensi (*suspended bed-material load*). Dari uraian itu, maka dapat dikatakan, bahwa muatan sedimen suspensi terdiri dari gabungan muatan bilas dan muatan material dasar tersuspensi.

Secara umum dapat dikatakan, bahwa permasalahan angkutan sedimen adalah sangat rumit, karena sifat fisik dari partikel dan jumlah angkutan sedimen sangat berbeda-beda merupakan variabel yang tidak dapat diukur. Walaupun demikian terdapat hubungan korelasi yang rendah. Saat mengendap kecepatan aliran lebih rendah dibandingkan pada saat sedimen terangkut. Di alur sungai sering dijumpai pulau-pulau kecil atau dataran banjir yang terdiri dari material lepas dan tebing sungai melalui daerah volkanik atau tebing sungai yang mengalami pelapukan dan mudah longsor, keadaan itu dapat menambah angkutan sedimen.

Muatan sedimen dasar umumnya sulit diukur di lapangan dan oleh karena itu umumnya ditaksir sebagai prosentase terhadap muatan sedimen suspensi atau dihitung dengan rumus-rumus empiris. Umumnya rumus-rumus itu dikembangkan dari hasil penelitian di luar negeri. Oleh karena itu penerapan rumus perhitungan muatan sedimen dasar masih perlu dikalibrasi sesuai dengan kondisi di Indonesia.



Gambar 2.2 Klasifikasi Angkutan Sedimen
(Standar Perencanaan Irigasi KP-02)

2.1.4 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. 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/m^3 , kg/m^3). 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.

2.1.5 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;

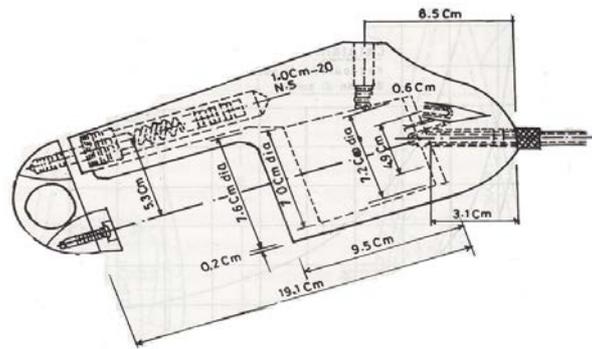
- c. Konsentrasi sedimen tercampur merata pada lebar penampang pengukuran;
- d. Aliran tampak turbulen sehingga sedimen tercampur meskipun turbulensinya tidak tinggi, bila turbulensinya tinggi, maka tidak tepat sebagai lokasi pengukuran debit;
- e. Terdapat kereta gantung atau sarana pengukuran lainnya 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. Peralatan pengambilan sampel sedimen secara umum dapat diklasifikasikan seperti pada tabel 4.1.

Tabel 2.1 Klasifikasi Peralatan Pengambilan Sampel Sedimen

Klasifikasi	Untuk operasi	Volume (l)	Deskripsi	Batas Kedalaman	
Sederhana (instan- tendous)	Titik	0,5	dapat dibuka atau ditutup secara	Tidak	
		1,0	elektris, dioperasikan dengan	Terbatas	
Integrasi	Integrasi titik	2,0	kabel duga atau batang duga		
		1	Seri USD dengan 3 ukuran	55 m	
		quart	nosel, dapat dibuka dan ditutup.		
		1,0	Seri JS atau JLC, nosel dapat	55 m	
		2,0	ditukar dapat dibuka dan ditutup.		
		1,0	Nozzel plastik dilengkapi	Tidak	
		3,0	dengan <i>plastic food Storage bag</i> .	Terbatas	
		Integrasi Kedalaman	1 pint (0,47)	Seri USD atau USDH	5 m (naik dan turun)
		1,0	Nosel plastik, dibuat khusus	Tidak	
		2,0	untuk kedalaman tak terbatas	Terbatas	
Akumulasi Sedimen	Pengukuran secara langsung	-	Botol Delft, atau tipe Neyrpic untuk mengukur material sedimen melayang, perlu menggunakan faktor koreksi debit	-	

Sumber : WMO, 1989 (tidak semua jenis alat dikutip)



Gambar 2.3 Alat Ukur Sedimen Jenis USDH-48 (Travaglio, 1981)
(Standar Perencanaan Irigasi KP-02)



Gambar 2.4 Sketsa Pengukuran Lebar Untuk Setiap Rai2
(Standar Perencanaan Irigasi KP-02)

Kecepatan aliran diukur dengan menggunakan alat *current meter*. Tipe alat ukur yaitu tipe baling-baling (*propeller current meter*). Karena adanya partikel air yang melintasinya maka baling-baling akan berputar. Baling-baling berputar terhadap sumbu horisontal. Jumlah putaran persatuan waktu dapat dikonversi menjadi kecepatan arus.

Karena perubahan kondisi aliran di sungai yang tidak dipengaruhi pasang surut relatif kecil pengukuran kecepatan dapat dilakukan dengan hanya menggunakan satu alat dari satu vertikal ke vertikal berikutnya dalam satu tampang lintang. Pengukuran dilakukan di beberapa titik pada vertikal, yang selanjutnya dievaluasi untuk mendapatkan kecepatan rerata. Untuk menyingkat waktu dan menghemat biaya, pengukuran dapat dilakukan hanya di beberapa

titik pada vertikal, pengukuran cara satu titik (0,6 d), cara dua titik (0,2;0,8 d), dan tiga titik (0,2;0,6;0,8 d) dengan d adalah kedalaman aliran.⁴ Kecepatan rerata di setiap vertikal dapat ditentukan dengan salah satu dari metode tersebut yang tergantung pada ketersediaan waktu, ketelitian yang diharapkan, lebar dan kedalaman sungai. Penggunaan metode, peralatan dan pemilihan lokasi pengukuran mengacu kepada SNI No. 03-2414-1991 Rev 2004.

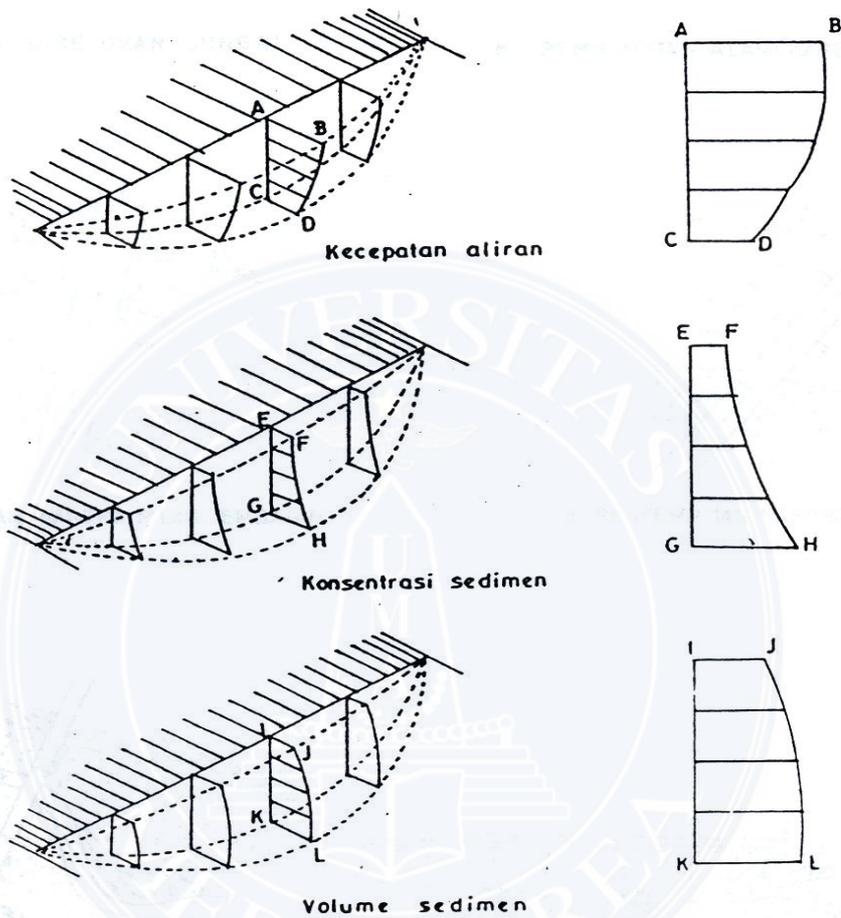
Pengukuran kadar sedimen dilaksanakan bersamaan dengan pengukuran debit. Sedimen yang akan diambil yaitu sedimen melayang (*suspended load*). Pengukuran sedimen melayang dilakukan dengan mengambil contoh air sungai melalui metode seluruh kedalaman. Dengan cara mengambil sampel air pada tiga tempat di penampang basah pengukuran yaitu di sisi kanan, tengah dan sisi kiri. Kemudian untuk mengetahui kadar dari sedimen melayang tersebut dilakukan pengujian di laboratorium.

Pengukuran konsentrasi sedimen dapat dilaksanakan dengan salah satu dari dua metode, yaitu :

- a. Integrasi titik (*point integration*), dan atau
- b. Integrasi kedalaman (*depth integration*).

Metode integrasi titik adalah pengambilan sampel untuk mendapatkan data distribusi konsentrasi sedimen suspensi terhadap kedalaman. Metode integrasi kedalaman diperlukan bila diinginkan analisa hidrologi yang terkait dengan sedimen suspensi dari suatu SWS atau DAS. Di Indonesia umumnya menggunakan metoda integrasi kedalaman. Penampang melintang sungai di lokasi pengukuran dibagi-bagi menjadi beberapa jalur vertikal. Jalur vertikal

adalah jalur ke arah vertikal dari dasar sungai ke permukaan air dari suatu penampang basah.



Gambar 2.5 Sketsa kurva sebaran vertikal Kecepatan aliran, Konsentrasi sedimen dan Volume sedimen

(Standar Perencanaan Irigasi KP-02)

a. 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*).

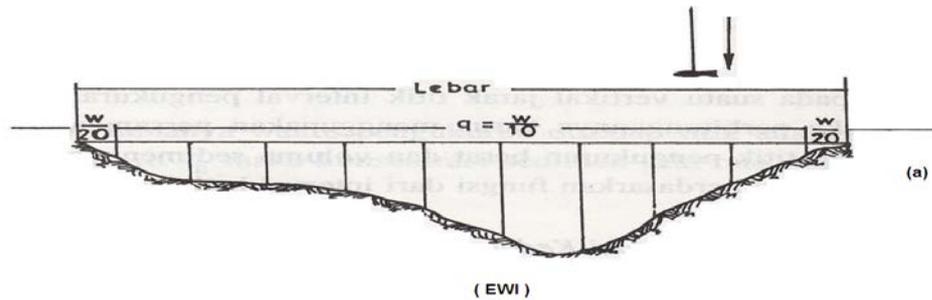
Cara sederhana ditentukan sesuai dengan metode pengukuran kecepatan pada proses pengukuran debit, yaitu cara satu titik pada 60% kedalaman, dua titik pada 20 % dan 80 % kedalaman atau tiga titik pada 20 %, 60 %, dan 80 % kedalaman, tergantung kedalaman aliran setiap jalur vertikal.

Jika sampel diperlukan untuk menghitung debit sedimen suspensi, maka kecepatan aliran di setiap titik pengambilan sampel harus diukur.

b. 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 :

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



Gambar 2.6 Sketsa Pengukuran Sedimen Cara Integrasi Kedalaman Cara EDI (*equal-discharge-increment*)
(Standar Perencanaan Irigasi KP-02)



Gambar 2.7 Sketsa Pengukuran Sedimen Cara Integrasi Kedalaman Cara EWI (*equal-width-increment*) disebut juga ETR (*equal transit rate*)
(Standar Perencanaan Irigasi KP-02)

2.1.6 Botol Sampel dan Analisa Laboratorium

Setelah sampel sedimen diambil dengan volume sesuai ketentuan, kemudian disimpan di dalam botol khusus yang tidak mudah pecah, bocor dan rusak. Botol setelah diisi harus tertutup rapat dan diberi label yang bertuliskan :

- a. Nomor sampel;
- b. Nama sungai dan lokasi;
- c. Tanggal, waktu dan nama pengukur;
- d. Tinggi muka air dan debit saat pengukuran.

Kemudian dianalisa di laboratorium untuk menentukan :

- a. Konsentrasi sedimen suspensi, distribusi ukuran butir, dan
- b. Berat jenis kering (*dry density, unit weight, specific weight*).

- a. Penentuan Konsentrasi Sedimen Melayang

Sampel sedimen melayang selalu dianalisa di laboratorium secara langsung. Sesudah diendapkan selama 1-2 hari, konsentrasi sedimen ditentukan dengan menimbang kandungan sedimen yang telah dikeringkan dan membagi dengan satuan: mg/l, atau g/l, atau g/m^3 , atau kg/m^3 , atau parts per million, atau dinyatakan dalam %.

Besarnya konsentrasi sedimen dapat ditentukan dari analisa sampel sedimen yang biasanya dilakukan di laboratorium. Ada dua metode yang biasanya dipakai untuk penentuan konsentrasi sedimen, yaitu metode pengendapan dan metode penyaringan (*filtration method*)

- 1). Metode Pengendapan

Metode pengendapan merupakan salah satu cara pengujian konsentrasi sedimen secara gravimetri dan merupakan cara yang sederhana. Ketentuan-ketentuan pengujian ini dilakukan berdasarkan SNI 03-3961-1995. Pelaksanaan analisisnya dimulai dari mengendapkan kadar sedimen selanjutnya mengeringkan endapan sedimen tersebut di dalam sebuah oven.

- 2). Metode Penyaringan

Metode penyaringan dilakukan apabila dalam analisa tidak akan dilakukan analisa butir partikel sedimen.

b. Penentuan Distribusi Ukuran Butir Partikel Sedimen

Distribusi butir sedimen adalah persentase butiran yang lolos butiran dari ayakan yang digambarkan dalam bentuk kurva. Salah satu kegunaan perhitungan distribusi sedimen adalah menghitung berat jenis (specific weight) sedimen yang terendap di dalam waduk. Penentuan distribusi ukuran butir dilakukan dengan secara gravimetri dengan ayakan. Pengujian ini dilaksanakan berdasarkan SNI 03-3962-1995.

Selain dengan metode ayakan pengukuran besar butir partikel dapat juga dilakukan dengan cara VAT (*Virtual Accumulation Tube*). Alat ini terdiri dari set tabung gelas dengan diameter tertentu yang digabungkan dengan suatu alat pencatat (recorder) yang secara langsung memberikan gambar grafik akumulasi dari masing-masing susunan butirnya. Prinsip kerja alat dalam metode ini adalah butir-butir pasir yang besar akan jatuh terlebih dahulu dan kemudian akan menumpuk pada ujung tabung gelas. Penumpukan (accumulation) butir-butir pasir ini diikuti dengan pencatatan pada kertas grafik pada recorder. Fraksi pasir yang dapat digunakan dalam sistem ini adalah fraksi pasir berukuran diameter antara 0,063 – 2,0 mm. % tembus dapat dibaca dari kertas grafiknya.

c. Penentuan Berat jenis (*Specific Gravity*)

Berat jenis sedimen adalah perbandingan berat antara sedimen dengan air destilasi pada volume dan temperature yang sama. Penentuan berat jenis dilakukan dengan mengukur berat dan volume secara langsung, yaitu dengan metode pengujian piknometer. Prosedur pengujian dilakukan berdasarkan SNI 03-4145-1996.

d. Berat Spesifik (*Specific Weight*)

Berat spesifik (*Specific Weight = Unit weight, dry density*) berbeda dengan berat jenis partikel. Berat spesifik yaitu berat partikel sedimen kering per satuan volume di tempat. Sebagai contoh, air mempunyai berat spesifik 62,4 pounds/feet³ (1000 kg/m³) sedangkan berat jenisnya adalah 1,0. Data tentang berat spesifik penting untuk menentukan perkiraan umur layan waduk (*life of the reservoir*).

Pada umumnya berat spesifik ditentukan dengan cara mengambil sampel utuh (*Undisturbed samples*) dari lapangan, selanjutnya dilakukan analisis di laboratorium. Jika pengambilan sampel utuh sulit dilakukan maka sampel tidak utuh (*Disturbed samples*) dapat digunakan sebagai pengganti dan selanjutnya berat spesifik diperkirakan dengan rumus empiris dari analisa ukuran butirnya.

2.1.7 Debit Sedimen Suspensi Pengukuran

Pada suatu lokasi pos duga air dari suatu SWS atau DAS, bila suatu saat terukur debit sebesar Q dengan konsentrasi sedimen suspensi rata-rata sebesar C (hasil analisa laboratorium sampel sedimen suspensi).

Pengukuran debit sedimen harus selalu diikuti pengukuran debit, pengambilan sampel sedimen tanpa pengukuran debit datanya tidak akan bermanfaat untuk analisis hidrologi.

Data debit sedimen pengukuran dan debit pengukuran tersebut selanjutnya digunakan sebagai basis pengolahan :

- 1) Analisis lengkung sedimen;
- 2) Perhitungan debit sedimen runtut waktu (bila tersedia debit runtut waktu).

Dengan tahap itu, maka sedimen yield suatu DAS dapat ditentukan setelah menghitung *debit sedimen dasar* dan *sedimen suspensi* yang terletak di daerah *unsample zone* (lokasi setebal beberapa cm diantara alat pengambil sampel dan dasar sungai). Umumnya sedimen *unsample zone* diperkirakan 2 – 10 % dari sedimen suspensi.

2.2 Perencanaan 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. Tampungan 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.

2.2.1 Sedimen

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 vertical
- 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 $0,6^{0}/_{00}$ (*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.

2.2.2 Kondisi-kondisi batas

a. Bangunan Pengambilan

Yang pertama-tama mencegah masuknya sedimen ke dalam saluran irigasi adalah pengambilan dan pembilas, dan oleh karena itu pengambilan yang direncanakan dengan baik dapat mengurangi biaya pembuatan kantong lumpur yang mahal.

Penyebaran sedimen ke arah vertikal memberikan ancar-ancar diambilnya beberapa langkah perencanaan untuk membangun sebuah pengambilan yang dapat berfungsi dengan baik.

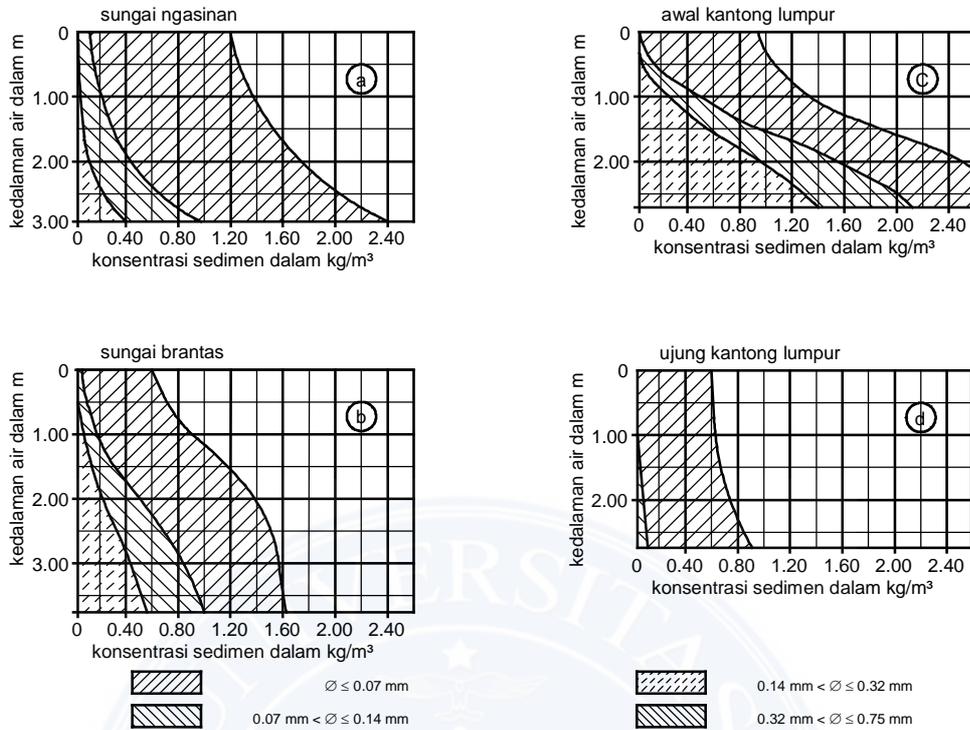
Partikel-partikel yang lebih halus di sungai diangkut dalam bentuk sedimen layang dan tersebar merata di seluruh kedalaman aliran. Semakin besar dan berat partikel yang terangkut, semakin partikel-partikel itu terkonsentrasi ke dasar sungai; bahan-bahan yang terbesar diangkut sebagai sedimen dasar. Gambar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

Dari gambar tersebut, jelas bahwa perencanaan pengambilan juga dimaksudkan untuk mencegah masuknya lapisan air yang lebih rendah, yang banyak bermuatan partikel-partikel kasar.

b. Jaringan Saluran

Jaringan saluran direncana untuk membuat kapasitas angkutan sedimen konstant atau makin bertambah di arah hilir. Dengan kata lain: sedimen yang memasuki jaringan saluran akan diangkut lewat jaringan tersebut ke sawah-sawah. Dalam kaitan dengan perencanaan kantong lumpur, ini berarti bahwa kapasitas angkutan sedimen pada bagian awal dari saluran primer penting artinya untuk ukuran partikel yang akan diendapkan.

Biasanya ukuran partikel ini diambil 0,06 – 0,07 mm guna memperkecil kemiringan saluran primer.



Gambar 2.8. Konsentrasi sedimen ke arah vertikal
(Standar Perencanaan Irigasi KP-02)

Bila kemiringan saluran primer serta kapasitas angkutan jaringan selebihnya dapat direncana lebih besar, maka tidak perlu menambah ukuran minimum partikel yang diendapkan. Umumnya hal ini akan menghasilkan kantong lumpur yang lebih murah, karena dapat dibuat lebih pendek.

c. Topografi

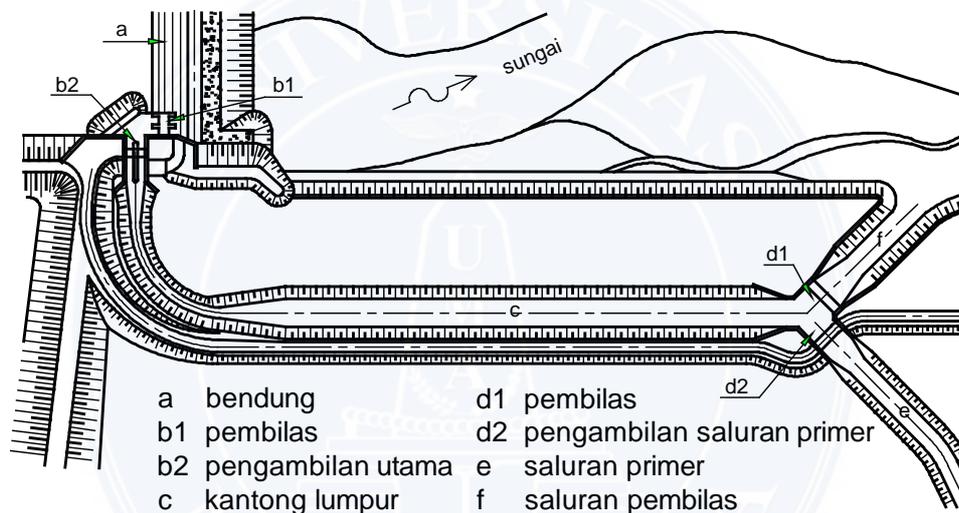
Keadaan topografi tepi sungai maupun kemiringan sungai itu sendiri akan sangat berpengaruh terhadap kelayakan ekonomis pembuatan kantong lumpur.

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

Kemiringan sungai harus curam untuk menciptakan kehilangan tinggi energi yang diperlukan untuk pembilasan di sepanjang kantong lumpur. Tinggi energi dapat diciptakan dengan cara menambah elevasi mercu, tapi hal ini jelas akan memperbesar biaya pembuatan bangunan.

2.2.3 Dimensi Kantong Lumpur

Pada Gambar 2.9. diberikan tipe tata letak kantong lumpur sebagai bagian dari bangunan utama.



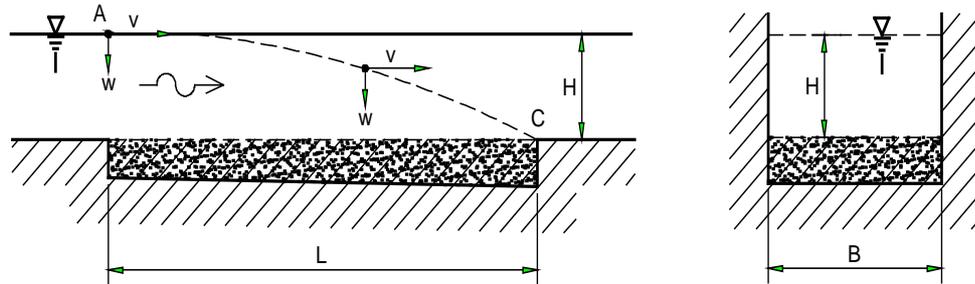
Gambar 2.9 Tipe tata letak kantong lumpur
(Standar Perencanaan Irigasi KP-02)

a. Panjang dan lebar kantong lumpur

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 2.10 Skema kantong lumpur
(Standar Perencanaan Irigasi KP-02)

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

di mana: 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, m^3/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:

- turbulensi air
- pengendapan yang terhalang
- bahan layang sangat banyak.

Velikanov menganjurkan faktor-faktor koreksi dalam rumus berikut:

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

Di mana: L = panjang kantong lumpur, m

B = lebar kantong lumpur, m

Q = debit saluran, m³/dt

w = kecepatan endap partikel sedimen, m/dt

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

v = kecepatan rata-rata aliran, m/dt

H = kedalaman aliran air di saluran, m

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:

- (1) Pengukuran di tempat
- (2) Dengan rumus/grafik

- (1) Pengukuran kecepatan endap terhadap contoh-contoh yang diambil dari sungai adalah metode yang paling akurat jika dilaksanakan oleh tenaga berpengalaman.

Metode ini dijelaskan dalam "Konstruksi Cara-cara untuk mengurangi Angkutan Sedimen yang Akan Masuk ke Intake dan Saluran Irigasi" (DPMA, 1981). Dalam metode ini dilakukan analisis tabung pengendap (*settling tube*) terhadap contoh air yang diambil dari lapangan.

- (2) Dalam metode kedua, digunakan grafik Shields (gambar 7.4) untuk kecepatan endap bagi partikel-partikel individual (*discrete particles*) dalam air yang tenang.

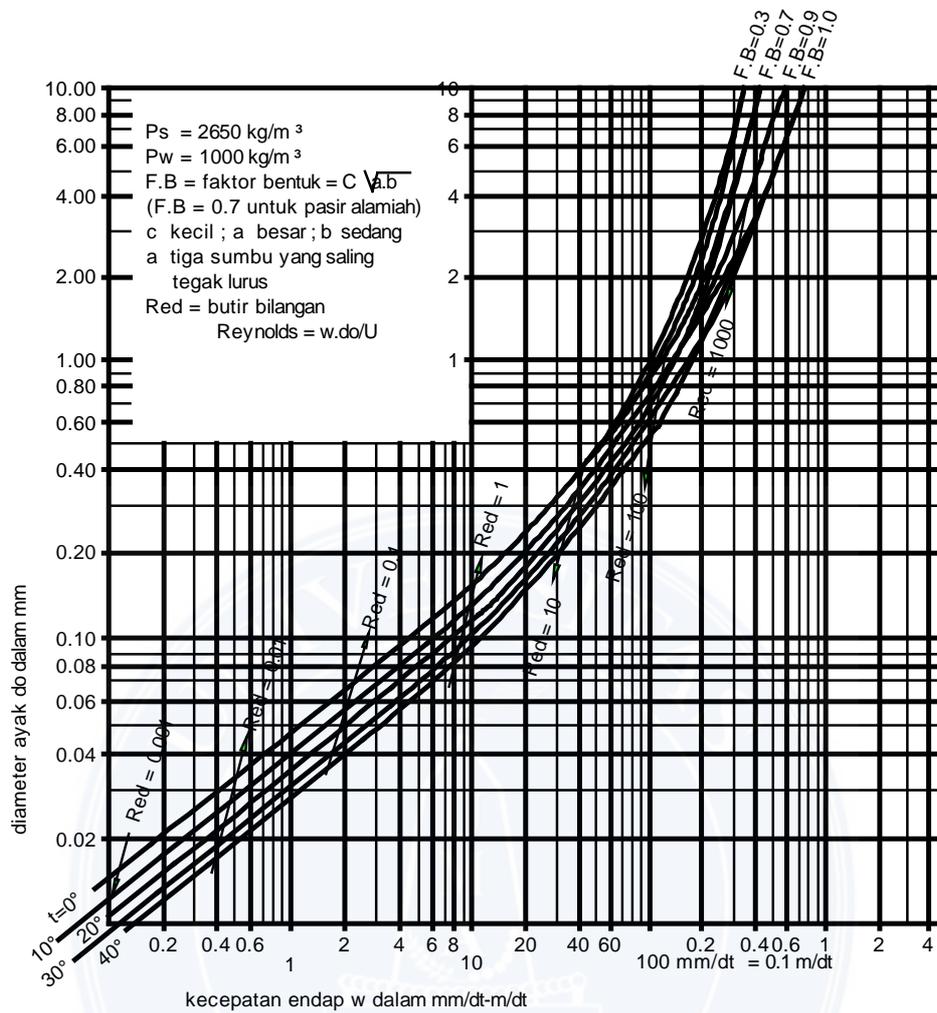
Rumus Velikanov menggunakan kecepatan endap ini.

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

- (1) kecepatan aliran dalam kantong lumpur hendaknya cukup rendah, sehingga partikel yang telah mengendap tidak menghambur lagi.
- (2) turbulensi yang mengganggu proses pengendapan harus dicegah.
- (3) kecepatan hendaknya tersebar secara merata di seluruh potongan melintang, sehingga sedimentasi juga dapat tersebar merata.
- (4) kecepatan aliran tidak boleh kurang dari 0,30 m/dt, guna mencegah tumbuhnya vegetasi.
- (5) peralihan/transisi dari pengambilan ke kantong dan dari kantong ke saluran primer harus mulus, tidak menimbulkan turbulensi atau pusaran.

b. Volume tampungan

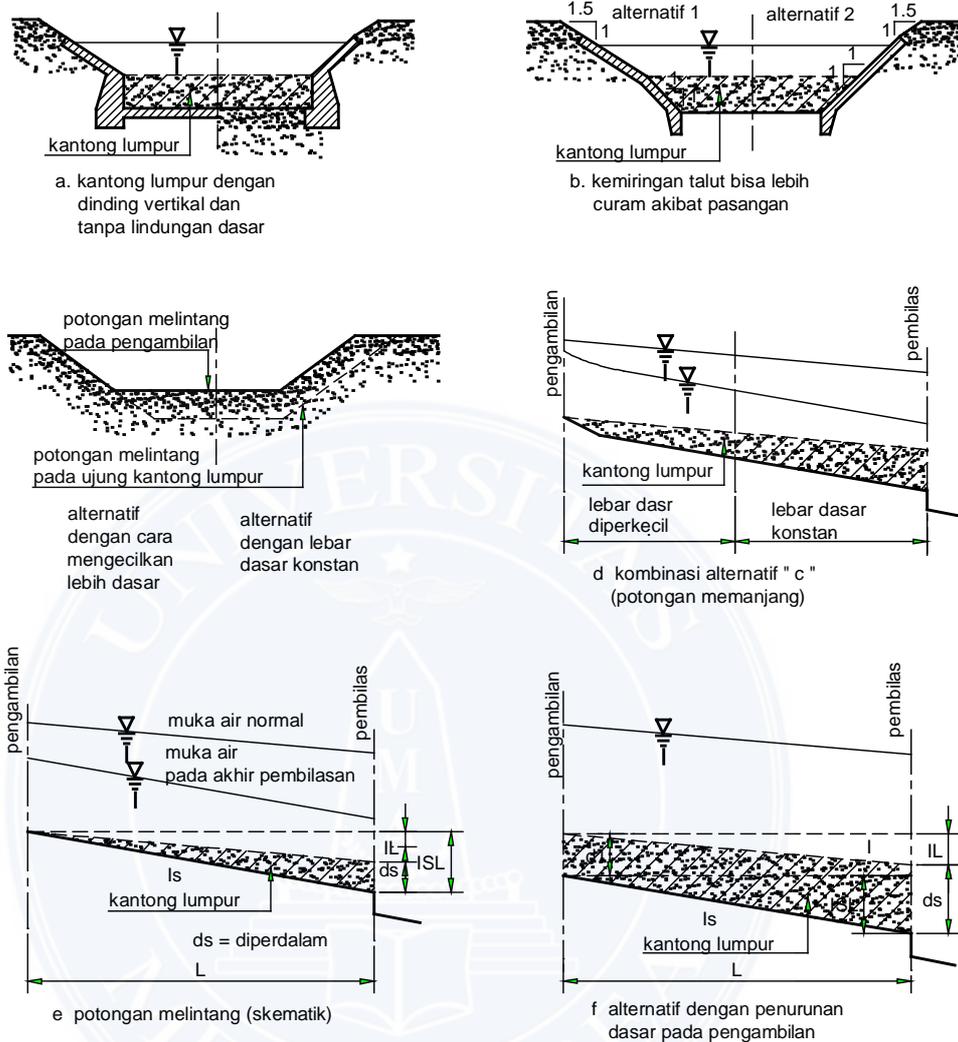
Tampungan sedimen di luar (di bawah) potongan melintang air bebas dapat mempunyai beberapa macam bentuk Gambar 7.5 memberikan beberapa metode pembuatan volume tampungan.



Gambar 2.11 Hubungan antara diameter saringan dan kecepatan endap untuk air tenang

(Standar Perencanaan Irigasi KP-02)

Volume tampungan bergantung kepada banyaknya sedimen (sedimen dasar maupun sedimen layang) yang akan hingga tiba saat pembilasan.



Gambar 2.12 Potongan melintang dan potongan memanjang kantong lumpur yang menunjukkan metode pembuatan tampungan

(Standar Perencanaan Irigasi KP-02)

Banyaknya sedimen yang terbawa oleh aliran masuk dapat ditentukan dari: (1) pengukuran langsung di lapangan (2) rumus angkutan sedimen yang cocok (Einstein – Brown, Meyer – Peter Mueller), atau kalau tidak ada data yang andal: (3) kantong lumpur yang ada di lokasi lain yang sejenis. Sebagai

perkiraan kasar yang masih harus dicek ketepatannya, jumlah bahan dalam aliran masuk yang akan diendapkan adalah 0,5‰.

Kedalaman tampungan di ujung kantong lumpur biasanya sekitar 1,0 m untuk jaringan kecil (sampai 10 m³/dt), hingga 2,50 m untuk saluran yang sangat besar (100 m³/dt).

2.2.4 Pembersihan

Pembersihan kantong lumpur, pembuangan endapan sedimen dari tampungan, dapat dilakukan dengan pembilasan secara hidrolis (hydraulic flushing), pembilasan secara manual atau secara mekanis.

Metode pembilasan secara hidrolis lebih disukai karena biayanya tidak mahal. Kedua metode lainnya akan dipertimbangkan hanya kalau metode hidrolis tidak mungkin dilakukan.

Jarak waktu pembilasan kantong lumpur, tergantung pada eksploitasi jaringan irigasi, banyaknya sedimen di sungai, luas tampungan serta tersedianya debit air sungai yang dibutuhkan untuk pembilasan. Untuk tujuan-tujuan perencanaan, biasanya diambil jarak waktu satu atau dua minggu.

a. Pembersihan secara hidrolis

Pembilasan secara hidrolis membutuhkan beda tinggi muka air dan debit yang memadai pada kantong lumpur guna menggerus dan menggelontor bahan yang telah terendap kembali ke sungai. Frekuensi dan lamanya pembilasan bergantung pada banyaknya bahan yang akan dibilas, tipe bahan kohesif atau nonkohesif) dan tegangan geser yang tersedia oleh air.

Kemiringan dasar kantong serta pembilasan hendaknya didasarkan pada besarnya tegangan geser yang diperlukan yang akan dipakai untuk menggerus sedimen yang terendap.

Dianjurkan untuk mengambil debit pembilasan sebesar yang dapat diberikan oleh pintu pengambilan dan beda tinggi muka air. Untuk keperluan-keperluan perencanaan, debit pembilasan di ambil 20% lebih besar dari debit normal pengambilan. Tegangan geser yang diperlukan tergantung pada tipe sedimen yang bisa berupa:

- (1) Pasir lepas, dalam hal ini parameter yang terpenting adalah ukuran butirnya, atau
- (2) Partikel-partikel pasir, lanau dan lempung dengan kohesi tertentu.

Jika bahan yang mengendap terdiri dari pasir lepas, maka untuk menentukan besarnya tegangan geser yang diperlukan dapat dipakai grafik Shields. Besarnya tegangan geser dan kecepatan geser untuk diameter pasir terbesar yang akan dibilas sebaiknya dipilih di atas harga kritis. Dalam grafik ini ditunjukkan dengan kata “bergerak” (*movement*).

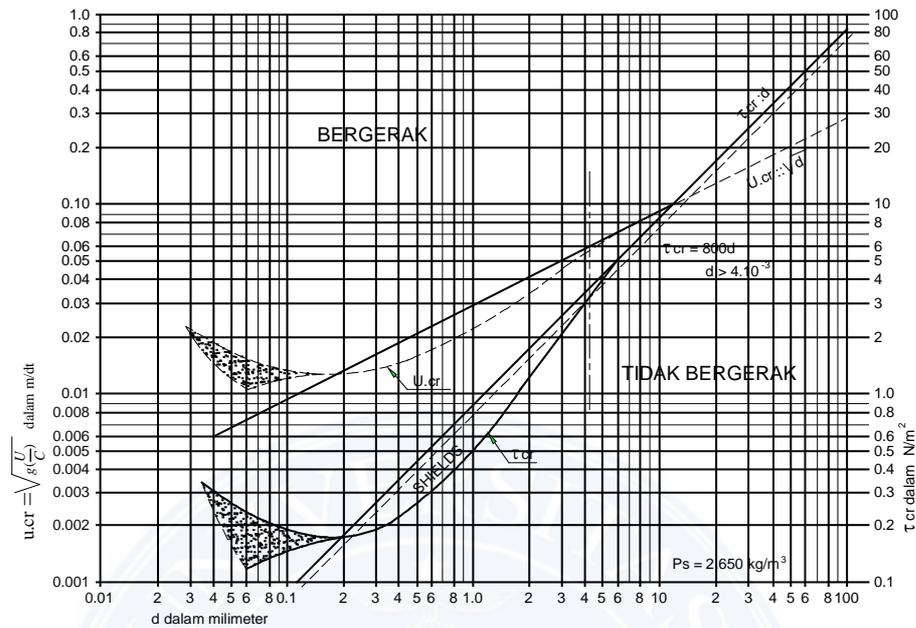
Untuk keperluan perhitungan pendahuluan, kecepatan rata-rata yang diperlukan selama pembilasan dapat diandaikan sebagai berikut:

1,0 m/dt untuk pasir halus

1,5 m/dt untuk pasir kasar

2,0 m/dt untuk kerikil dan pasir kasar.

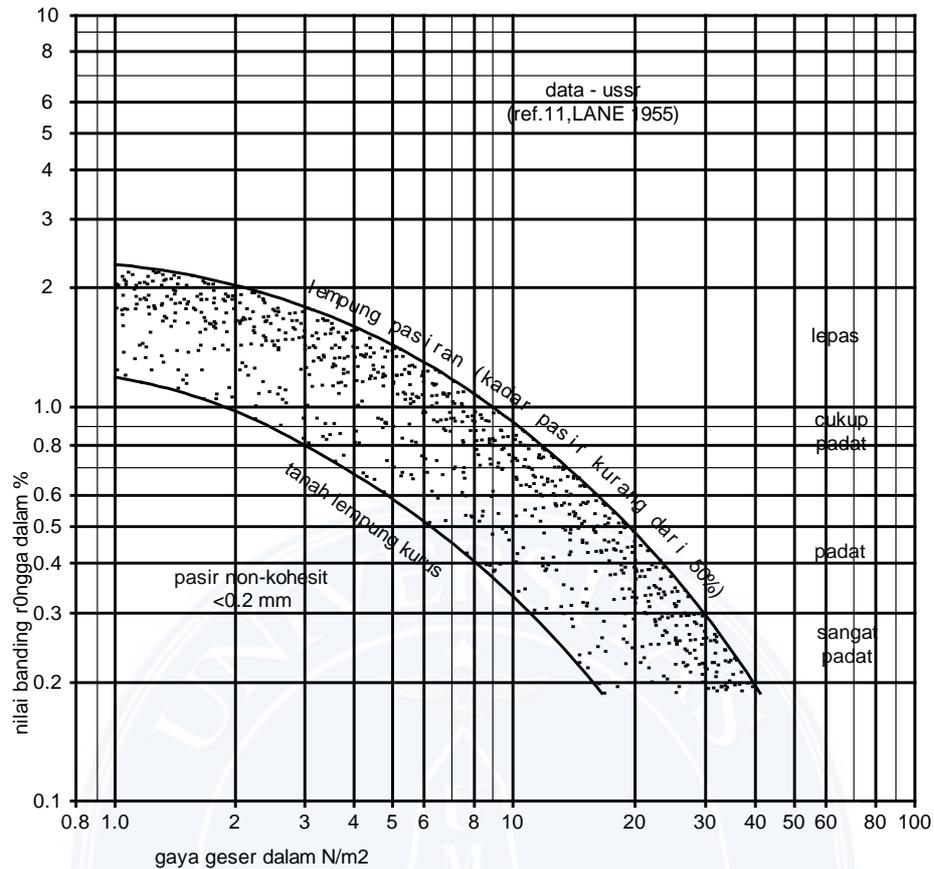
Bagi bahan-bahan kohesif, dapat dipakai Gambar 7.7, yang diturunkan dari data USBR oleh Lane.



Gambar 2.13 Tegangan geser kritis dan kecepatan geser kritis sebagai fungsi besarnya butir untuk $\rho_s = 2.650 \text{ kg/m}^3$ (pasir)

(Standar Perencanaan Irigasi KP-02)

Makin tinggi kecepatan selama pembilasan, operasi menjadi semakin cepat. Namun demikian, besarnya kecepatan hendaknya selalu dibawah kecepatan kritis, karena kecepatan superkritis akan mengurangi efektivitas proses pembilasan.



Gambar 2.14 Gaya tarik (traksi) pada bahan kohesif

b. Pembersihan secara manual/mechanis

Pembersihan kantong lumpur dapat juga dilakukan dengan peralatan mekanis. Pembersihan kantong lumpur secara menyeluruh jarang dilakukan secara manual. Dalam hal-hal tertentu, pembersihan secara manual bermanfaat untuk dilakukan di samping pembilasan secara hidrolis terhadap bahan-bahan kohesif atau bahan-bahan yang sangat kasar. Dengan menggunakan tongkat, bahan endapan ini dapat diaduk dan dibuat lepas sehingga mudah terkuras dan hanyut.

Pembersihan secara mekanis bisa menggunakan mesin penggerak, pompa (pasir), singkup tarik/backhoe atau mesin-mesin sejenis itu. Semua peralatan ini mahal dan sebaiknya tidak usah dipakai.

2.2.5 Pencekan Terhadap Berfungsinya Kantong Lumpur

Perencanaan kantong lumpur hendaknya mencakup cek terhadap efisiensi pengendapan dan efisiensi pembilasan.

a. Efisiensi pengendapan

Untuk mengecek efisiensi kantong lumpur, dapat dipakai grafik pembuangan sedimen dari Camp. Grafik pada Gambar 7.8 memberikan efisiensi sebagai fungsi dari dua parameter.

Kedua parameter itu adalah w/w_0 dan w/v_0

di mana: w = kecepatan endap partikel-partikel yang ukurannya di luar ukuran partikel yang direncana, m/dt

w_0 = kecepatan endap rencana, m/dt

v_0 = kecepatan rata-rata aliran daalm kantong lumpur, m/dt

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 Shinohara Tsubaki. Bahan akan tetap berada dalam suspensi penuh jika:

$$\frac{v^*}{w} > \frac{5}{3}$$

di mana: v^* (kecepatan geser) = $(g h I)^{0.5}$, m/dt

g = percepatan gravitasi, m/dt² ($\approx 9,8$)

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:

$$v > \frac{w}{1,61}$$

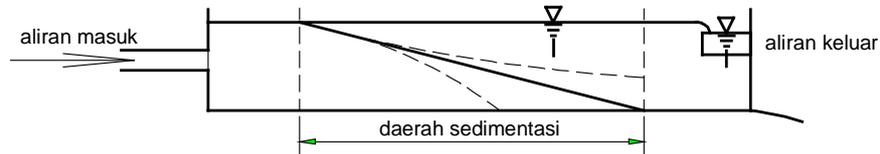
di mana: v = kecepatan rata-rata, m/dt

w = kecepatan endap sedimen, m/dt

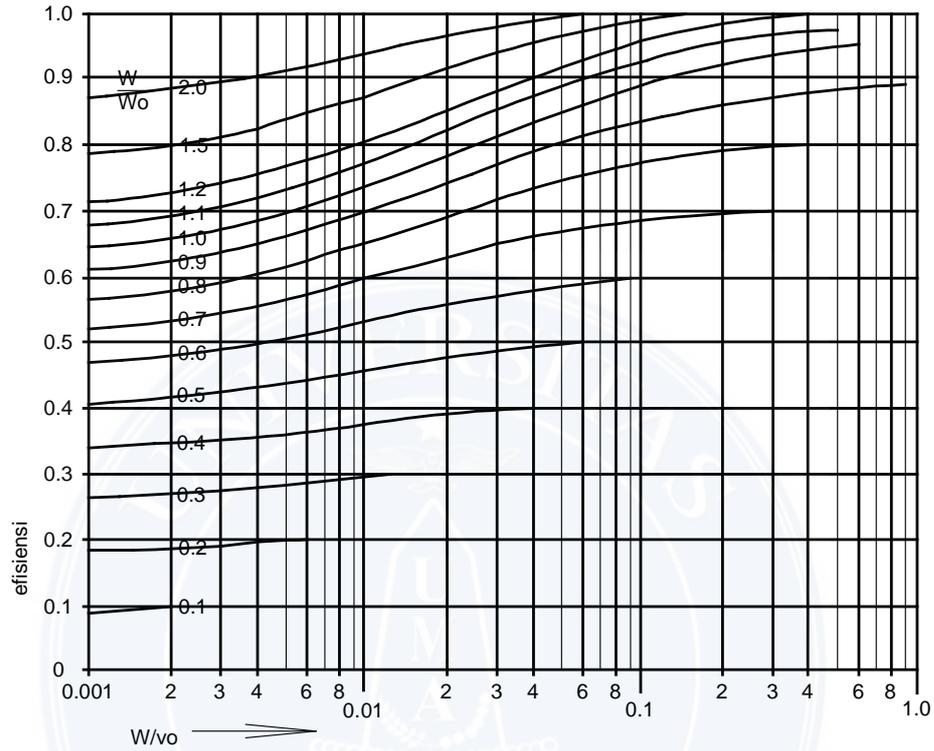
I = kemiringan energi

semua bahan dengan kecepatan endap w akan berada dalam suspensi pada sembarang konsentrasi.

a. pengaruh aliran turbulensi terhadap sedimentasi



b. efisiensi sedimentasi partikel-partikel individual untuk aliran turbulensi



Gambar 2.15 Grafik pembuangan sedimen Camp untuk aliran turbelensi (Camp, 1945)

Apabila kantong penuh, maka sebaiknya dicek apakah pengendapan masih efektif dan apakah bahan yang sudah mengendap tidak akan menghambur lagi. Yang pertama dapat dicek dengan menggunakan grafik Camp dan yang kedua dengan grafik Shields.

b. 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.

Gaya geser dapat dicek dengan grafik Shields; dan kriteria suspensi dari Shinohara/Tsubaki.

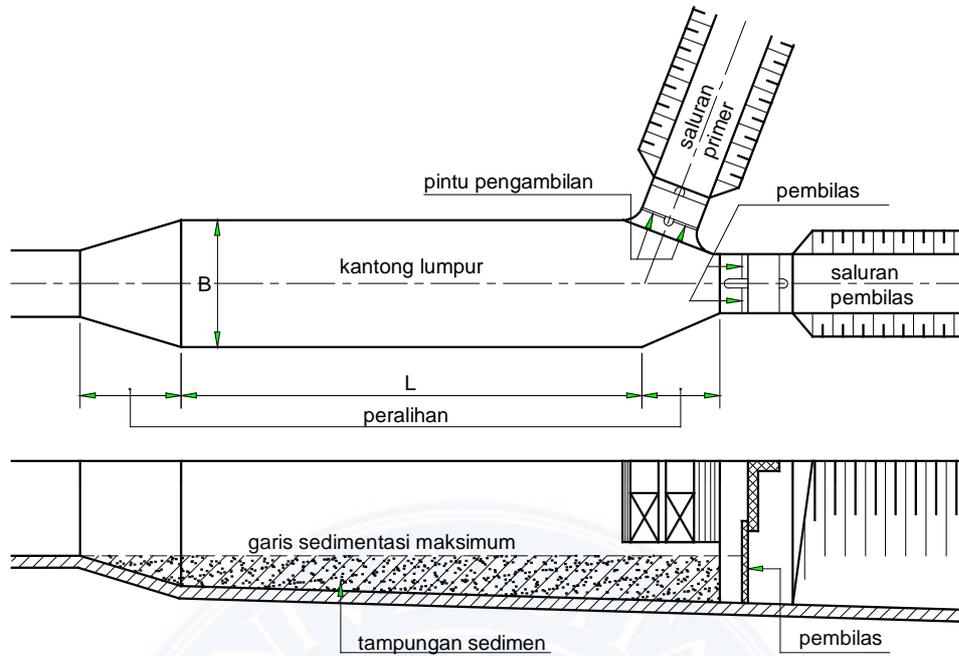
2.2.6 Tata Letak Kantong Lumpur, Pembilas dan Pengambilan di Saluran Primer

a. Tata letak

Tata letak terbaik untuk kantong lumpur, saluran pembilas dan saluran primer adalah bila saluran pembilas merupakan kelanjutan dari kantong lumpur dan saluran primer mulai dari samping kantong.

Ambang pengambilan di saluran primer sebaiknya cukup tinggi di atas tinggi maksimum sedimen guna mencegah masuknya sedimen ke dalam saluran.

Kemungkinan tata letak lain diberikan pada Gambar 2.16. Di sini saluran primer terletak di arah yang sama dengan kantong lumpur.

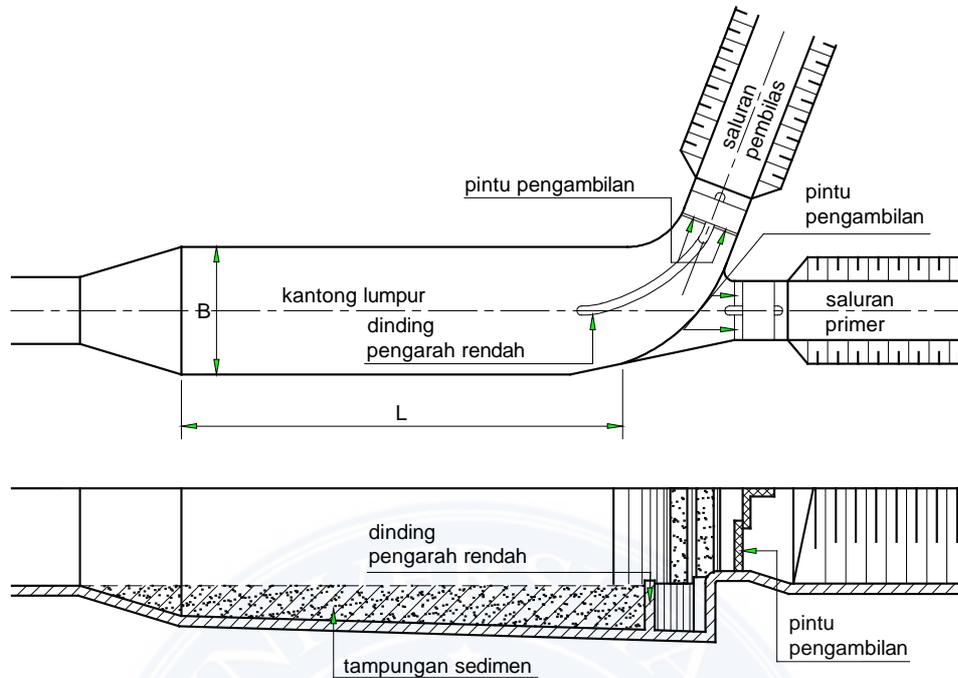


Gambar 2.16 Tata letak kantong lumpur yang dianjurkan

Pembilas terletak di samping kantong. Agar pembilasan berlangsung mulus, perlu dibuat dinding pengarah rendah yang mercunya sama dengan tinggi maksimum sedimen dalam kantong.

Dalam hal-hal tertentu, misalnya air yang tersedia di sungai melimpah, pembilas dapat direncanakan sebagai pengelak sedimen/sand ejector (lihat Gambar 2.16).

Kadang-kadang karena keadaan topografi, kantong lumpur dibuat jauh dari pengambilan. Kedua bangunan tersebut akan dihubungkan dengan saluran pengarah (feeder canal). Lihat Gambar 2.17.



Gambar 2.17 Tata letak kantong lumpur dengan saluran primer berada pada trase yang sama dengan Kantong

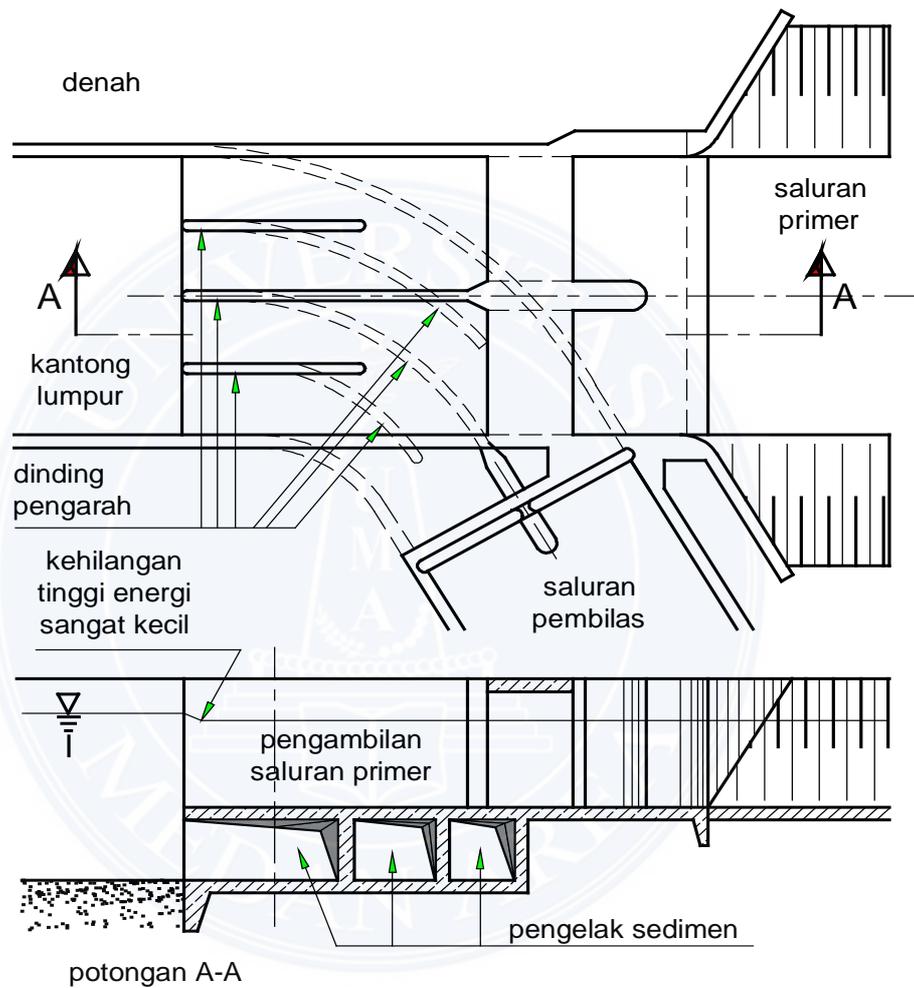
Kecepatan aliran dalam saluran pengarah harus cukup memadai agar dapat mengangkut semua fraksi sedimen yang masuk ke jaringan saluran pada lokasi pengambilan ke kantong lumpur. Di mulut kantong lumpur kecepatan aliran harus banyak dikurangi dan dibagi secara merata di seluruh lebar kantong. Oleh karena itu peralihan/transisi antara saluran pengarah dan kantong lumpur hendaknya direncanakan dengan seksama menggunakan dinding pengarah dan alat-alat distribusi aliran lainnya.

b. Pembilas

Dianjurkan agar aliran pada pembilas direncanakan sebagai aliran bebas selama pembilasan berlangsung. Dengan demikian pembilasan tidak akan terpengaruh oleh tinggi muka air di hilir pembilas.

Kriteria utama dalam perencanaan bangunan ini adalah bahwa operasi pembilasan tidak boleh terganggu atau mendapat pengaruh negatif dari lubang pembilas dan bahwa kecepatan untuk pembilasan akan tetap dijaga.

Dianjurkan untuk membuat bangunan pembilas lurus dengan kantong lumpur.



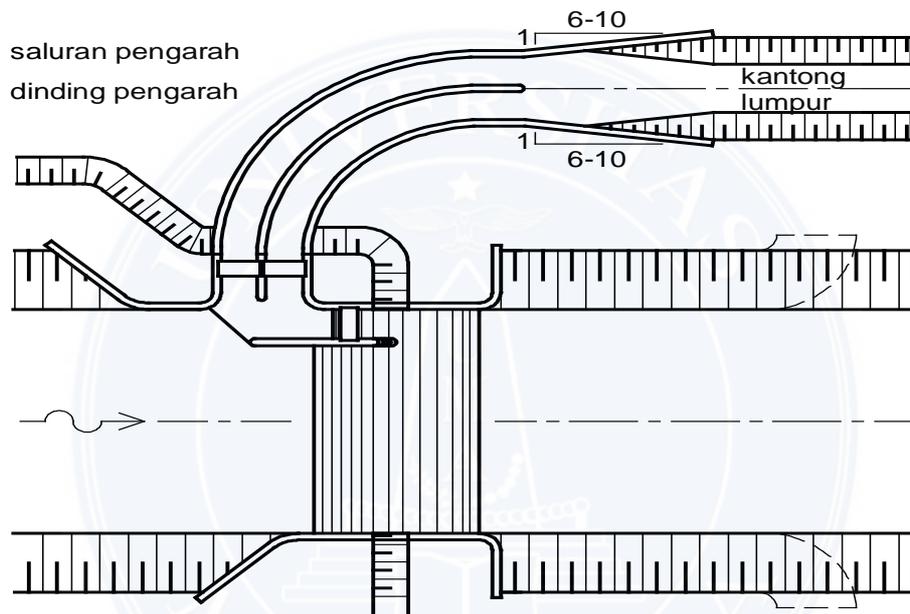
Gambar 2.18 Pengelak Sedimen

Agar aliran melalui pembilas bisa mulus, lebar total lubang pembilas termasuk pilar dibuat sama dengan lebar rata-rata kantong lumpur.

Pintu bangunan pembilas harus kedap air dan mampu menahan tekanan air dari kedua sisi. Pintu-pintu itu dibuat dengan bagian depan tertutup.

c. Pengambilan saluran primer

Pengambilan dari kantong lumpur ke saluran primer digabung menjadi satu bangunan dengan pembilas agar seluruh panjang kantong lumpur dapat dimanfaatkan. Agar supaya air tidak mengalir kembali ke saluran primer selama pembilasan, pengambilan harus ditutup (dengan pintu) atau ambang dibuat cukup tinggi agar air tidak mengalir kembali.



Gambar 2.19 Saluran Pengarah

Selain mengatur debit, bangunan ini juga harus bisa mengukurnya. Kedua fungsi tersebut, mengukur dan mengatur, dapat digabung atau dipisah.

Untuk tipe gabungan, pintu Romijn atau Crump-de Gruyter dapat dianjurkan untuk dipakai sebagai pintu pengambilan.

Khususnya untuk mengukur dan mengatur debit yang besar, kedua fungsi ini lebih baik dipisah. Dalam hal ini fungsi mengatur dilakukan dengan pintu sorong atau pintu radial, dan fungsi mengukur dengan alat ukur ambang lebar.

Pintu dari alat-alat ukur diuraikan dalam KP – 04 Bangunan.

d. Saluran pembilas

Selama pembilasan, air yang penuh dengan sedimen dialirkan kembali ke sungai asal, atau sungai yang sama tetapi di hilir bangunan utama, sungai lain atau ke cekungan.

Untuk perencanaan potongan memanjang saluran, diperlukan kurve muka air – debit sungai pada aliran keluar dan bagan frekuensi terjadinya muka air tinggi di tempat itu.

Pengalaman telah menunjukkan bahwa perencanaan yang didasarkan pada kemungkinan pembilasan dengan menggunakan muka air sungai dengan periode ulang 20% - 40%, akan memberikan hasil yang memadai.

Lebih disukai jika saluran pembilas dihubungkan langsung dengan dasar sungai. Bila sungai sangat dalam pada aliran keluar, maka pembuatan salah satu dari kemungkinan-kemungkinan berikut hendaknya dipertimbangkan:

- bangunan terjun dengan kolam olak dekat sungai
- got miring di sepanjang saluran
- bangunan terjun dengan kolam olak dengan kedalaman yang cukup, tepat di hilir bangunan pembilas.

2.2.7 Perencanaan Bangunan

Pasangan (*lining*) kantong lumpur harus mendapat perhatian khusus berhubung adanya kecepatan air yang tinggi selama dilakukan pembilasan serta fluktuasi muka air yang sering terjadi dengan cepat.

Pasangan hendaknya cukup berat dan dengan permukaan yang mulus agar mampu menahan kecepatan air yang tinggi. Untuk menahan tekanan ke atas akibat fluktuasi muka air, sebaiknya dilengkapi dengan filter dan lubang pembuang.

Bila kantong lumpur dipisah dengan sebuah dinding pengarah dan adalah mungkin bahwa sebuah ruang kering dan bersih sementara yang lainnya penuh, maka stabilitas dinding pemisah terhadap pembebanan ini harus dicek.



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Deskripsi Lokasi dan Waktu Penelitian

Daerah Irigasi Perkotaan terletak di Kecamatan Perkotaan Kabupaten Batubara. Daerah irigasi ini mempunyai luas 3.350 Ha yang mengambil air melalui bendung dari Sungai Bah Bolon. Untuk menuju lokasi ini bias ditempuh dengan kendaraan roda empat dari Kota Medan \pm 105 Km, dengan waktu tempuh \pm 3 jam.



Gambar 3.1 Lokasi Kegiatan

Penelitian dilakukan pada Bulan September Tahun 2015. Pada saat penelitian, secara visual terlihat bahwa kondisi saluran primer sudah dipenuhi oleh sedimen yang berasal dari Sungai Bah Bolon.



Gambar 3.2 Kondisi Intake D.I. Perkotaan



Gambar 3.3 Kondisi Saluran Primer D.I. Perkotaan

3.2. Jenis dan Sumber Data

Data yang diperlukan untuk melakukan penelitian ini adalah data hasil pengukuran yang diperoleh dari Instansi pemerintah dalam hal ini yaitu Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. Dan data yang diperoleh adalah data hasil pengukuran topografi dan sedimen.

3.2.1 Data hasil pengukuran topografi

Data hasil pengukuran topografi yang diperoleh adalah sebagai berikut :

a. Pengukuran Polygon

Pengukuran Poligon dilakukan untuk menentukan letak dan posisi koordinat masing-masing patok.

b. Pengukuran Waterpass

Pengukuran waterpass dilakukan untuk mengetahui beda tinggi masing-masing titik.

c. Perhitungan Koordinat dan Elevasi

Setelah pengukuran polygon dan waterpass dilakukan, selanjutnya dilakukan perhitungan koordinat dan elevasi pada masing-masing titik.

3.2.2. Data pengukuran sedimen

Data sedimen yang diperlukan adalah angkutan sedimen melayang (suspended load) dan angkutan sedimen dasar (bed load).

Angkutan sedimen melayang (suspended load), merupakan partikel sedimen yang bergerak melayang didalam air dan terbawa oleh aliran sungai.

Angkutan sedimen dasar (Bed load), merupakan partikel sedimen yang bergerak tidak jauh dari dasar sungai dan bergerak secara bergeser, merayap, menggelinding atau meloncat.

Pengukuran sedimen layang bertujuan agar supaya dapat menentukan konsentrasi sedimen dan kuantitas angkutan sedimen persatuan waktu pada suatu lokasi dan waktu tertentu, dan dapat menentukan besarnya endapan dalam hubungannya dengan angkutan sedimen tersebut. Pengukuran sedimen suspensi dilakukan dengan cara mengambil sampel/ccontoh air dan membawa ke laboratorium untuk dapat diketahui konsentrasi sedimen dalam satuan mg/liter atau ppm (part per million), selain itu dalam analisa laboratorium dapat diketahui Berat Jenis (BD) dan besaran ukuran butir. Untuk dapat mengetahui kandungan sedimen (dalam satuan ton/hari) maka selain data hasil pemeriksaan laboratorium pada saat yang bersamaan perlu dilakukan pengukuran debit/aliran sungai.

3.3. Teknik Pengumpulan Data

3.3.1. Pengumpulan data pengukuran topografi

a. Pembuatan dan Pemasangan Patok Kayu

Dalam hal ini konsultan mengadakan dan memasang patok-patok kayu pada salah satu sisi saluran rencana sand trap guna menentukan lokasi pengukuran tampang melintang (*cross section*) dan tampang memanjang profil saluran. Selanjutnya ketentuan-ketentuan mengenai dimensi, kuantitas serta jarak pemasangannya dan lain-lain mengikuti ketentuan-ketentuan sebagai berikut :

- 1) Patok kayu berukuran (5 x 7) cm², panjang 70 cm;

- 2) Patok kayu dipilih yang betul-betul dari jenis kayu yang keras dan tidak mudah lapuk;
- 3) Patok kayu dipasang tepat pada jalur saluran yang akan diukur dan betul-betul tegak;
- 4) Patok kayu ditanam cukup kuat sedalam 40 cm sehingga yang tampak di permukaan tanah asli 30 cm dan dicat;
- 5) Patok kayu dipasang setiap jarak 50 m sepanjang saluran yang akan diukur;
- 6) Semua patok diberi tanda / nomor yang jelas;
- 7) Bagian atas patok diberi paku, untuk *centering* dalam pengukuran poligon;
- 8) Semua patok yang telah dipasang diberi tanda supaya mudah dicari.

Patok kayu yang dibuat akan dicat warna merah untuk memudahkan identifikasi awal.

b. Pembuatan dan Pemasangan Patok Beton BM dan CP

Dalam Pengukuran Topografi, patok-patok beton BM dan CP akan berfungsi sebagai titik-titik ikat pada pengukuran berikutnya, baik jangka pendek maupun jangka panjang. Oleh sebab itu patok-patok BM dan CP ini diletakkan di tempat-tempat yang strategis, aman dan tidak mudah berubah posisinya. Untuk itu dalam pembuatan dan pemasangan patok-patok BM dan CP ini mengikuti ketentuan-ketentuan yang termuat dalam SK Dir Jen Air No. 185 / th. 1986, seri PT 02 dan ketentuan-ketentuan dibawah ini :

Penempatan BM dan CP berdekatan dengan nomor urut yang sama, diletakkan di lokasi yang disajikan pada pada tabel dibawah ini.

c. Pengukuran Poligon (Traversing)

Pengukuran poligon dilakukan untuk mendapatkan koordinat planimetris dari benchmark referensi terhadap titik-titik kontrol poligon ataupun titik bantu lainnya yang dipasang sepanjang jalur perencanaan dilokasi survey dan akan dijadikan sebagai jaring kerangka dasar pengukuran detail situasi maupun pengukuran penampang memanjang dan melintang.

Prosedur pelaksanaan:

- 1) Sudut horisontal diukur menggunakan alat ukur Electronic Total Station dengan pengamatan sudut dalam dan sudut luar. Setiap pembacaan pada target belakang (*backsight*) di set pada bacaan $00^{\circ} 00' 00''$. Sudut vertikal juga diukur untuk keperluan perhitungan jarak datar.
- 2) Deviasi sudut dalam dan sudut luar dijaga agar tetap memenuhi toleransi ($-10'' \leq d \leq 10''$). Jika tidak dipenuhi selang toleransi tersebut maka pengamatan sudut dilakukan pengulangan hingga diperoleh nilai yang memenuhi batas toleransi.
- 3) Jarak diukur dari dua arah menggunakan pengamatan jarak miring (*slope distance*) dan jarak datar dihitung terhadap bacaan sudut vertikal.
- 4) Pembacaan dilakukan dengan dengan dua kondisi teropong biasa (Direct) dan luar biasa (Reverse).

Jaringan pengukuran poligon utama dilakukan membentuk jaringan tertutup (loop) yang dimulai dari titik BM referensi melalui BM existing dan/atau BM baru dan juga patok-patok poligon. Sedangkan poligon cabang dilakukan terikat awal dan/atau akhir yang dimulai dari titik poligon utama.



Gambar 3.4 Pengukuran Topografi dengan Total Station

- d. Pengukuran Beda Tinggi (Leveling)
- 1) Pengukuran beda tinggi dilakukan dengan menggunakan alat ukur automatic level (waterpass)
 - 2) Jaringan utama dilakukan membentuk loop tertutup yang dimulai dari titik referensi.
 - 3) Metode pengukuran dilakukan dengan dua kali pengamatan (*double stand*) pada tiap slag / seksi dengan selang toleransi antara stand-1 dan stand-2 adalah ≤ 3 mm.



Gambar 3.5 Pengukuran Beda Tinggi

- e. Pengukuran Penampang Melintang, Penampang Memanjang dan Situasi Sand Trap

Pengukuran penampang melintang, penampang memanjang dan detail situasi dilakukan secara bersamaan dengan metoda pengukuran trigonometris. Pada metode trigonometris ini data yang diperoleh adalah sudut horisontal, sudut vertikal dan jarak miring dari dari stasiun terhadap objek pengukuran.

Prosedur pelaksanaan:

- 1) Pengukuran dilakukan dengan menggunakan alat ukur electronic Total Station (TS).
- 2) Metode pengukuran dilakukan dengan cara radial yang dimulai dari titik referensi atau patok poligon terdekat.

- 3) Setting awal kearah belakang (*backsight*) dilakukan dengan setting sudut horisontal pada $00^{\circ} 00' 00''$, sedangkan sudut vertikal dan jarak miring direkam secara otomatis.
- 4) Pengumpulan pengukuran data dilakukan secara sistematis pada arah *cross* (melintang) relatif tegak lurus terhadap arah memanjang dengan lebar koridor 25 meter ke arah luar tebing saluran, sedangkan pengukuran pada bagian dalam tebing dilakukan pada dasar saluran.
- 5) Pengambilan data pengukuran saluran dilakukan dengan interval patok 100 meter untuk daerah yang lurus, sedangkan untuk daerah berbelok dengan interval patok 50 meter.
- 6) Semua data pengukuran tiap objek direkam pada memory card alat Total Station untuk di download ke computer dengan perangkat lunak pemroses data topografi (*Topographic Software*).



Gambar 3.6 Pengukuran Penampang Melintang dan Memanjang Saluran

f. Pengukuran Spot Height

Pengukuran titik-titik ketinggian (*spot height*) dilakukan disekitar lokasi kegiatan guna mendapatkan data ketinggian sebagai data penunjang untuk perencanaan desain bendung bajayu. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan alat Total Station dengan metode pengukuran trigonometris. Prosedur pengukuran dilakukan sama seperti pada pengukuran situasi yang telah disebutkan diatas.

3.3.2. Pengumpulan data pengukuran sedimen

Jumlah sampel sedimen suspensi yang harus dikumpulkan pada waktu tertentu harus direncanakan dengan baik terutama persiapan yang perlu dilakukan mengingat kondisi lapangan dan keselamatan kerja.

Sebaiknya pengambilan sampel sedimen suspensi dilakukan pada saat banjir atau pada saat debit tinggi.

Sedimen melayang diukur dengan mengambil sampel air dari saluran irigasi priemer, sekunder dan tersier. Adapun urutan kegiatan adalah :

1. Pada masing-masing titik pengamatan sampel air diambil menggunakan botol. Pengambilan dilakukan 2 kali pada setiap pengamatan.
2. Botol sampel di masukkan ke sebagian tengah aliran yang berlawanan dengan arus aliran pada 0,5 cm dari kedalamn aliran untuk mengambil sampel air.



Gambar 3.7 Pengambilan Sampel Sedimen Layang

Penentuan konsentrasi sedimen di laboratorium dengan cara menguapkan sampel air pada cawan porselin ke dalam oven listrik dengan temperature 105°C , dengan prosedur sebagai berikut:

1. Siapkan cawan petri yang bersih kemudian timbang bobot keringnya
2. Tuang air sampel kedalam cawan kemudian ovenkan pada suhu 105°C selama 24 jam.
3. Timbang kembali cawan + sampel yang sudah dikeringkan, tentukan konsentrasinya (mg/ml) atau dalam (g/liter).

Menentukan hasil sedimen per satuan waktu (kg/hari) dengan mengalikan bobot sedimen per volume dengan debit aliran.

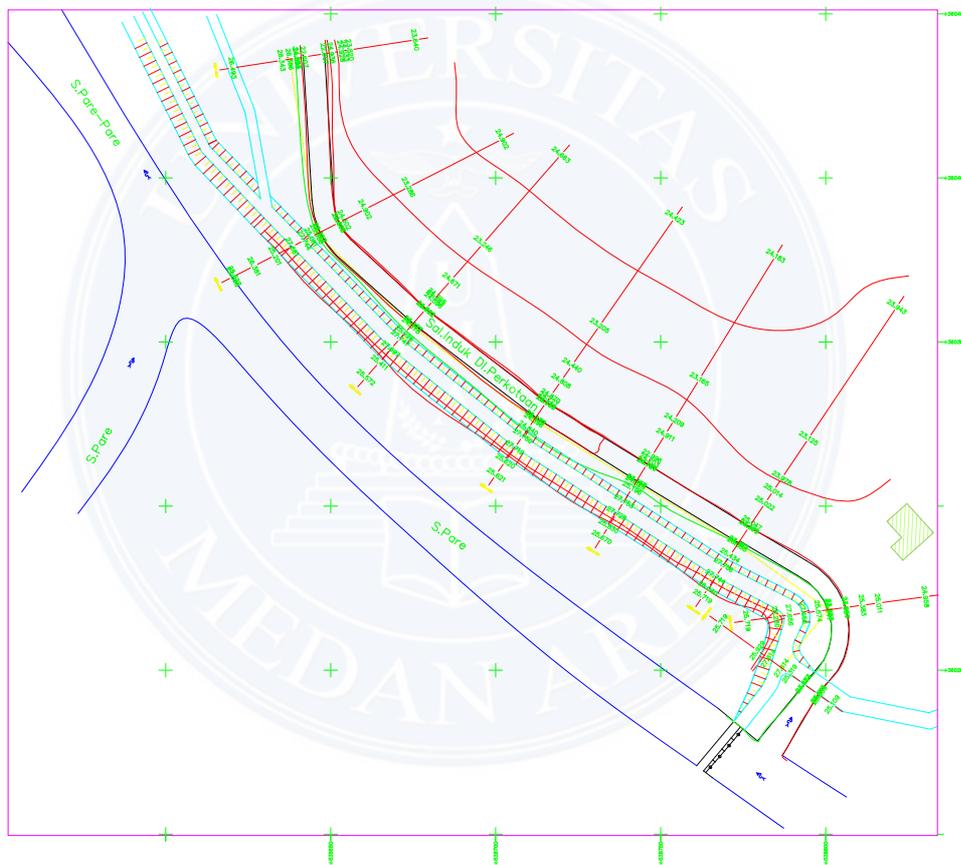
3.4. Teknik Pengolahan Data

3.4.1. Pengolahan data topografi

Semua data yang telah dikumpulkan dilapangan atau data direkam pada datacard Total Station kemudian didown load ke computer menggunakan Topographic Software untuk menghasilkan posisi XYZ dan sebagai Quality Control mengetahui tingkat ketelitian data hasil pengukuran.

Data hasil survey topografi pada pekerjaan ini diproses sesuai dengan jenis kegiatan pengumpulan data yang dilakukan dilapangan dan secara garis besar terdiri dari 4 (empat) jenis data yaitu data polygon/ traversing, waterpass / leveling, dan situasi detail/ topographic.

Keseluruhan data yang tersaji dan tersusun dalam bentuk XYZ selanjutnya diproses untuk penggambaran format AutoCAD menggunakan perangkat computer *Land Development Desktop (LDD)* atau *Civil3D Software*.



Gambar 3.8 Hasil Pengolahan Data Topografi

3.4.2. Pengolahan data sedimen

Sampel sedimen yang diambil di lapangan kemudian diuji konsentrasi sedimen, berat jenis sedimen dan diameter butiran sedimen. Hasil Pengujian adalah sebagai berikut:

a. Konsentrasi Sedimen

Seperti yang telah diuraikan pada Sub Bab 3.2. di atas maka didapat hasil pengujian konsentrasi sedimen sebagai berikut:

Sebagai contoh untuk sampel sedimen 1 yaitu:

Volume sampel + air = 3,00 Liter

Berat sampel sedimen kering setelah dioven = 201 gr

Konsentrasi sedimen $\frac{\text{berat sedimen kering (gr)}}{\text{volume air+sampel (liter)}}$

$$\text{Konsentrasi Sedimen} = \frac{201 \text{ gr}}{3,00 \text{ liter}} = 67 \text{ gr/liter}$$

Sedangkan sampel sedimen 2 memiliki konsentrasi 64 gr/liter

Sampel sedimen 3 memiliki konsentrasi 70 gr/liter

$$\text{Konsentrasi Sedimen} = \frac{(67 \frac{\text{gr}}{1} + 64 \frac{\text{gr}}{1} + \frac{70\text{gr}}{1})}{3} = 67 \text{ gr/liter}$$

b. Diameter Butiran

Penentuan diameter butiran dilakukan dengan menggunakan sieve analysis untuk butiran di atas 0,070 mm dan pengujian hidrometer untuk pengujian butiran sedimen dengan diameter di bawah 0,070 mm.

Hasil pengujian rata-rata sampel adalah sebagai berikut:

Tabel 3.1 Ukuran Diameter Sedimen

Ukuran diameter	diameter sedimen (mm)
d10	0,0035
d20	0,012
d30	0,038
d40	0,089
d50	0,14
d60	0,15
d70	0,17
d80	0,18
d90	0,23
d100	2,00

Sumber: Hasil Analisis Laboratorium

c. Perhitungan Kandungan Sedimen

Pengambilan sampel sedimen sebaiknya dilakukan secara bersamaan dengan kegiatan pengukuran debit dan setiap sampel sedimen harus dikirim ke laboratorium untuk di analisa.

Data lapangan yang diperoleh adalah data debit sebagai hasil pengukuran langsung dan data konsentrasi sedimen diperoleh dari berdasarkan hasil analisa sedimen dilaboratorium.

Nilai kandungan sedimen diperoleh berdasarkan hasil perkalian konsentrasi sedimen dengan debit, dan dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Q_s = k C_s Q_w$$

Dimana:

$$Q_s = \text{Debit sedimen (kg/hari)}$$

Cs = Konsentrasi sedimen (mg/l)

Qw = Debit (m³/dt)

K = faktor konversi yaitu 0.0864

Konsentrasi sedimen suspensi (Cs) umumnya ditulis dalam mg/l atau dalam satuan part per million (ppm).

Untuk mendapatkan nilai konsentrasi dalam mg/l maka nilai konsentrasi dalam satuan ppm sebagai hasil analisa dari laboratorium harus dikoreksi dengan nilai c.

Tabel 3.2. Faktor konversi c (mengkonversi satuan ppm menjadi mg/l)

Konsentrasi (ppm)	c	Konsentrasi (ppm)	C
0 – 15900	1.00	322000 – 341000	1.26
16000 – 46800	1.02	342000 – 361000	1.28
46900 – 76500	1.04	362000 – 380000	1.30
76600 – 105000	1.06	381000 – 399000	1.32
106000 – 133000	1.08	400000 – 416000	1.34
134000 – 159000	1.10	417000 – 434000	1.36
160000 – 185000	1.12	435000 – 451000	1.38
186000 – 210000	1.14	452000 – 467000	1.40
211000 – 233000	1.16	468000 – 483000	1.42
234000 – 256000	1.18	484000 – 498000	1.44
257000 – 279000	1.20	499000 – 514000	1.46
280000 – 300000	1.22	515000 – 528000	1.48
301000 – 321000	1.24	529000 – 542000	1.50

Maka, $Q_s = k C_s Q_w$

$Q_s = 0,0864 \cdot 67000 \cdot 5,243$

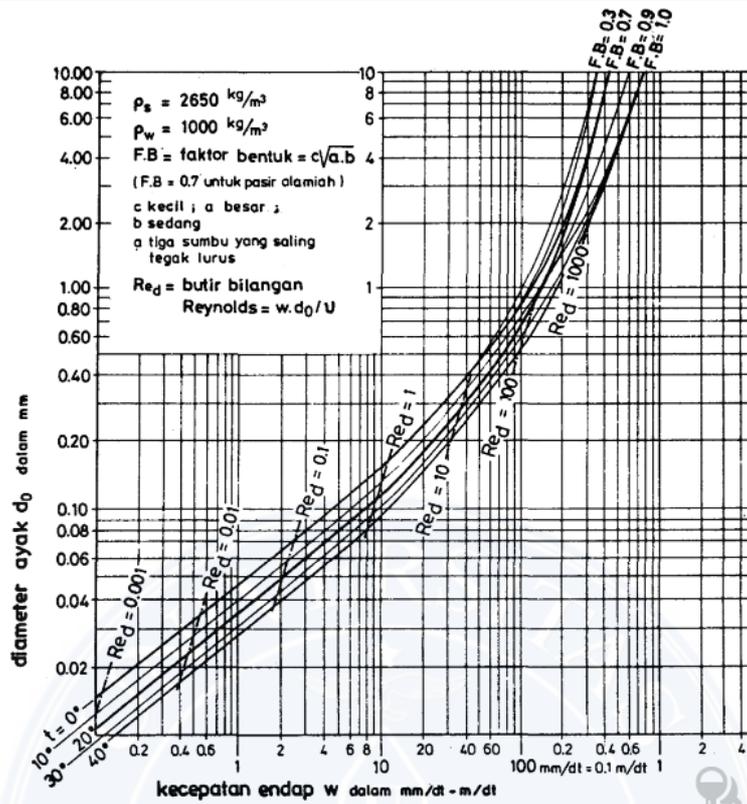
$Q_s = 21.244 \text{ kg/hari}$

d. Kecepatan Endap

Penentuan kecepatan endap amat penting karena sangat berpengaruh terhadap dimensi Sand Trap. Ada dua metode yang bisa digunakan untuk menentukan kecepatan endap yakni

Pengukuran di tempat, yaitu pengukuran kecepatan endap terhadap contoh-contoh yang diambil dari sungai adalah metode yang paling akurat jika dilaksanakan oleh tenaga berpengalaman. Metode ini dijelaskan dalam “Konstruksi Cara-Cara untuk Mengurangi Angkutan Sedimen yang akan Masuk ke Intake dan Saluran Irigasi” (DPMA,1981). Dalam metode ini dilakukan analisis tabung pengendap (settling tube) terhadap contoh air yang diambil dari lapangan.

Dalam metode kedua, digunakan grafik Shields untuk kecepatan endap bagi partikel-partikel individual (discrete particles) dalam air yang tenang. Rumus Velikanov menggunakan faktor koreksi guna mengkompensasi penggunaan harga-harga kecepatan endap ini.



Gambar 3.9 Hubungan antara diameter saringan dan kecepatan endap untuk air tenan

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat dari analisa Pengendalian Sedimen di Daerah Irigasi Perkotaan adalah sebagai berikut :

- a. Kantong Lumpur dapat dibangun di Bendung Perkotaan dengan data sebagai berikut :

Panjang	:	46 m
Lebar total	:	18 m
Jumlah Compartemen	:	3 buah
Lebar compartemen	:	6 m
Kemiringan kantong lumpur	:	0,00217
Kedalaman kantong lumpur	:	1,2 m
Interval pembersihan	:	7 hari

- b. Pembilasan secara hidrolis tidak dapat dilakukan karena Dari hasil pengukuran topografi, elevasi yang diperoleh pada dasar sungai yaitu + 23,8 sementara elevasi di daerah ujung rencana sand trap yang memungkinkan untuk melakukan pembilasan adalah + 22,6. Dengan demikian tidak dapat dilakukan pembilasan secara hidrolis. Oleh karena itu, pembilasan yang akan dilakukan adalah dengan cara pembilasan secara manual/mekanis.

- c. Sedimen rencana yang diendapkan adalah sedimen dengan diameter 0,140 mm. Hal ini dikarenakan sedimen yang dominan berada di lokasi adalah jenis pasir.
- d. Dengan dibangunnya kantong lumpur, maka sedimen akan tertampung terlebih dahulu pada kantong lumpur dan tidak akan masuk ke dalam saluran primer. Sehingga kapasitas tampung saluran tidak akan terganggu oleh adanya endapan. Dengan demikian daerah irigasi perkotaan dapat terairi.
- e. Telah terjadi kerusakan DAS Bah Bolon yang mengakibatkan banyaknya sedimen yang masuk ke Sungai Bah Bolon.
- f. Spesifikasi Hasil Perencanaan Pompa
- | | |
|------------------------------------|--------------------------------|
| Kapasitas pompa (Q) | = 100 m ³ /jam |
| Head pompa (H _p) | = 8 m |
| Jenis pompa | = Pompa Radial/ Pompa Diagonal |
| Putaran Spesifik (N _s) | = 2.623 rpm |
| Tipe impeler | = Francis |
| Efisiensi Pompa (η _p) | = 95,08 % |
| Daya Pompa (N _p) | = 2,29 kW |
| Daya motor (N _m) | = 2,52 kW |
| Penggerak Pompa | = Elektromotor |
| Putaran / frekuensi | = 1.450 rpm / 50 Hz |
| Perbandingan Pasir : Air | = 30 % : 70 % |

5.2. Saran

Dari hasil penelitian, penulis menyarankan beberapa hal sebagai berikut :

- a. Pembersihan harus dilakukan secara teratur sehingga efektifitas dari kantong lumpur tetap terjaga.
- b. Pembilasan mekanis/manual hendaknya dilakukan dengan hati – hati sehingga tidak mengubah dimensi kantong lumpur yang mungkin akan mengakibatkan menurunnya pefisiensi kantong lumpur.
- c. Perlu dilakukan konservasi DAS Bah Bolon untuk mengembalikan fungsi DAS.



DAFTAR PUSTAKA

- Direktur Jenderal Pengairan KP – 02. 2013, *Standar Perencanaan Irigasi Kriteria Perencanaan Bangunan Utama*.
- Limantara, Lily Montarcih. 2010. *Hidrologi Praktis*, Bandung : Penerbit Lubuk Agung.
- Chow, V. T. 1985. *Hidrologi Saluran Terbuka*, Jakarta : Penerbit Erlangga.
- Sunggono Kh.Ir. 1995. *Buku Teknik Sipil*, Bandung : Nova.
- Linsley. JR, dkk. 1989. *Hidrologi untuk Insinyur*, Jakarta : Erlangga.
- Yang, Chih Ted. 1996. *Sediment Transport Theory and Practice*, Singapore : The Mc Grow-Hill Companies, Inc.
- Mokonio, Olviana, T. Mananoma, L. Tanudjaja, A. Binilang. 2013, *Analisis Sedimentasi di Muara Sungai Saluwangko di Desa Tounalet Kecamatan Kakas Kabupaten Minahasa*, Manado : Universitas Sam Ratulangi.
- Yudian, Andri Tri Hartono, Rini Wahyu Sayekti. *Kajian Fungsi Pengendapan Kantong Lumpur Bendung Kedung Cabak*, Malang ; Universitas Brawijaya.
- Wahid, Abdul. *Model Perkembangan Laju Sedimentasi di Waduk Bakarua Akibat Erosi yang Terjadi di Hulu Sub DAS Mamasa Propinsi Sulawesi Selatan*, Palu : Universitas Tadulako.