



Program Pembelajaran Daring Kolaboratif  
Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan  
Tahun 2023

Kolaborasi Pembelajaran  
Program Studi Teknik Sipil  
Institut Teknologi Nasional Yogyakarta  
dengan  
Universitas Papua

### Dosen Pengampu :

1. Anggi Hermawan ST., M.Eng
2. Andrea Sumarah Asih ST., M.Eng
3. Ir. Sudarman ST., M.T

# KOLABORASI PEMBELAJARAN MATAKULIAH :

## Irigasi

TSS2501

&

## Sistem dan Bangunan Irigasi

D679503W

### Dosen Pengampu Matakuliah :



Anggi Hermawan S.T., M.Eng  
(Dosen ITNY)



Andrea Sumarah Asih S.T., M.Eng  
(Dosen ITNY)



Ir. Sudarman S.T., M.T  
(Dosen UNIPA)



Program Pembelajaran Daring Kolaboratif  
Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan  
Tahun 2023

# IRIGASI

TSS2501

Dosen Pengampu : Anggi Hermawan ST., M.Eng

Referensi Pustaka :

Kriteria Perencanaan Irigasi Bagian Perencanaan Jaringan  
Irigasi (KP-01)



Program Studi Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Nasional Yogyakarta

## Pertemuan 15 Sub-Materi

- Pengenalan Bangunan Kantong Lumpur Irigasi
- Sistem Kerja Bangunan Kantong Lumpur
- Sistem Operasional dan Pemeliharaan Jaringan Irigasi

## Tujuan Perkuliahan

- Mahasiswa mampu menjelaskan tentang bangunan kantong lumpur dan fungsinya

# Bangunan Kantong Lumpur

- Bangunan kantong lumpur di desain untuk mencegah masuknya sedimen ke saluran irigasi. Sedimen yang masuk ke saluran irigasi akan mengendap di saluran irigasi maupun bangunan – bangunan irigasi lainnya.
- Proses sedimentasi pada saluran irigasi dan bangunan irigasi dapat menyebabkan gangguan kinerja saluran maupun bangunan irigasi, sehingga perlu adanya pengendalian angkutan sedimen sebelum air irigasi masuk ke saluran primer.
- Bangunan kantong lumpur terletak di bagian hulu saluran primer atau setelah bangunan intake / pengambilan pada bendung irigasi. Bangunan kantong lumpur dilengkapi dengan bangunan / saluran pembilas.
- Saluran pembilas berfungsi untuk membilas/menguras sedimen yang tertangkap di saluran kantong lumpur. Biasanya pembilasan pada saluran kantong lumpur dilakukan selama 7 hari sekali.



# Kebutuhan Data Dalam Perencanaan Bangunan Kantong Lumpur



# Perencanaan Bangunan Kantong Lumpur

---

## Perencanaan Kantong Lumpur Meliputi :

- Panjang Total Kantong Lumpur
- Dimensi Penampang Kantong Lumpur
- Kecepatan Aliran Pengendap
- Pintu Air Sal. Primer dan Sal. Pembilas

## Data yang Diperlukan :

- Debit aliran pengambilan
- Pembagian Butir (Gradasi Butiran Tanah)
- Penyebaran ke Arah Vertikal
- Sedimen layang (*Suspended load*)
- Sedimen dasar (*Bed Load*)
- Volume Sedimen

# Perencanaan Bangunan Kantong Lumpur

## ❑ Data Gradasi Butiran Sedimen

Data Gradasi Butiran Sedimen merupakan data ukuran butiran sedimen yang akan diendapkan pada saluran kantong lumpur. Data ini diperoleh dari pengambilan sedimen layang (*Suspended Load*) dan Sedimen Dasar (*Bed Load*) pada alur sungai lokasi bendung dibangun.

## ❑ Contoh Pengambilan Sampel Sedimen pada Alur Sungai



Pengambilan sedimen dengan *sediment grab*



Pengambilan sampel air



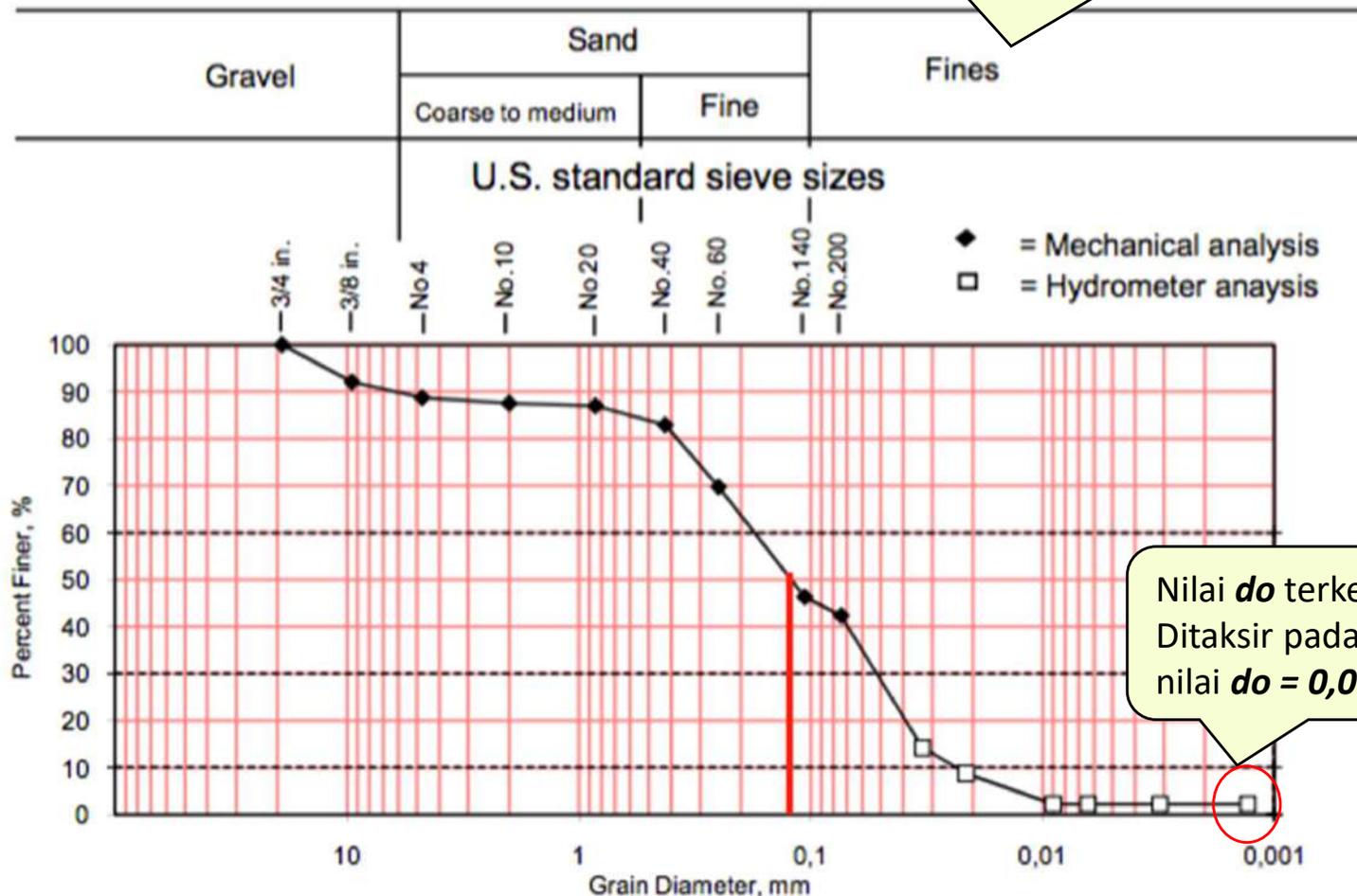
Persiapan turun ke muara melalui jalan darat

# Contoh Penentuan Ukuran Butiran Partikel Sedimen Rencana *do*

## □ Contoh Data Gradasi Butiran Sedimen

Specific Gravity : 2,69

Description of soil :



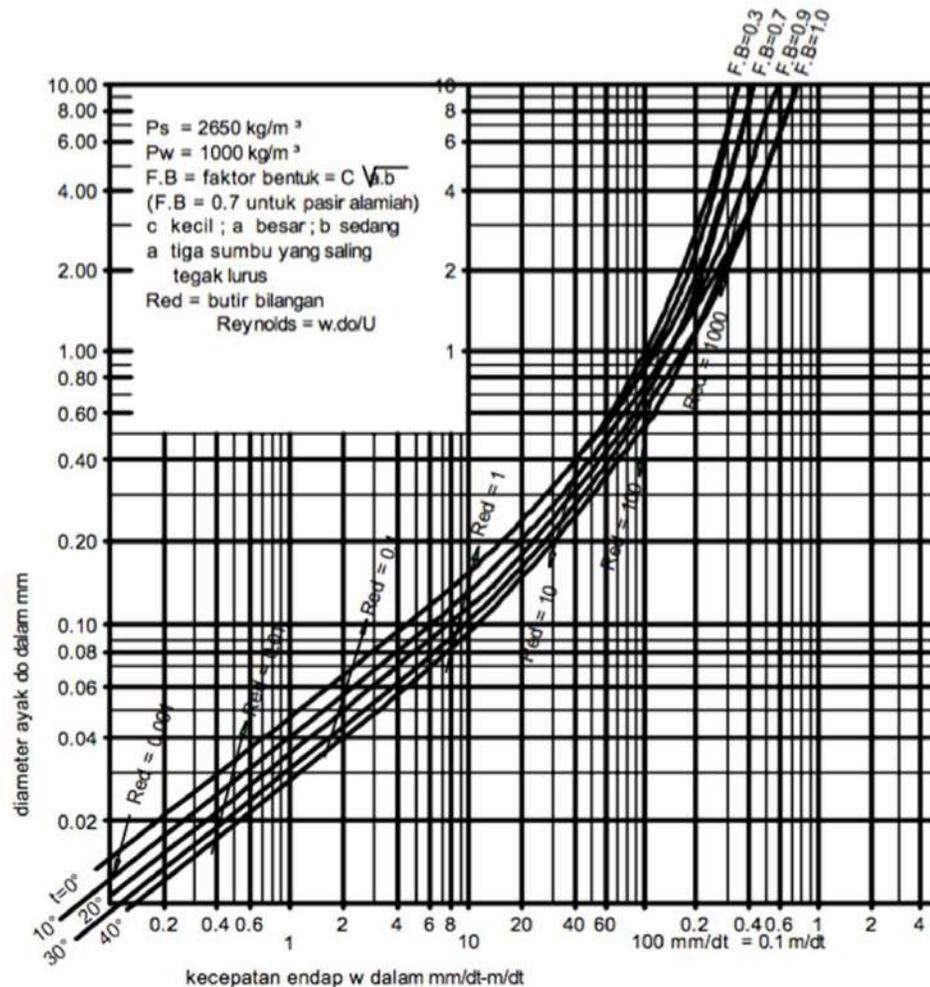
Nilai *do* merupakan nilai ukuran partikel sedimen yang akan diendapkan pada kantong lumpur

Dalam menentukan nilai *do* pilih nilai ukuran partikel sedimen yang terkecil pada grafik distribusi butiran sedimen, sebagai misal :

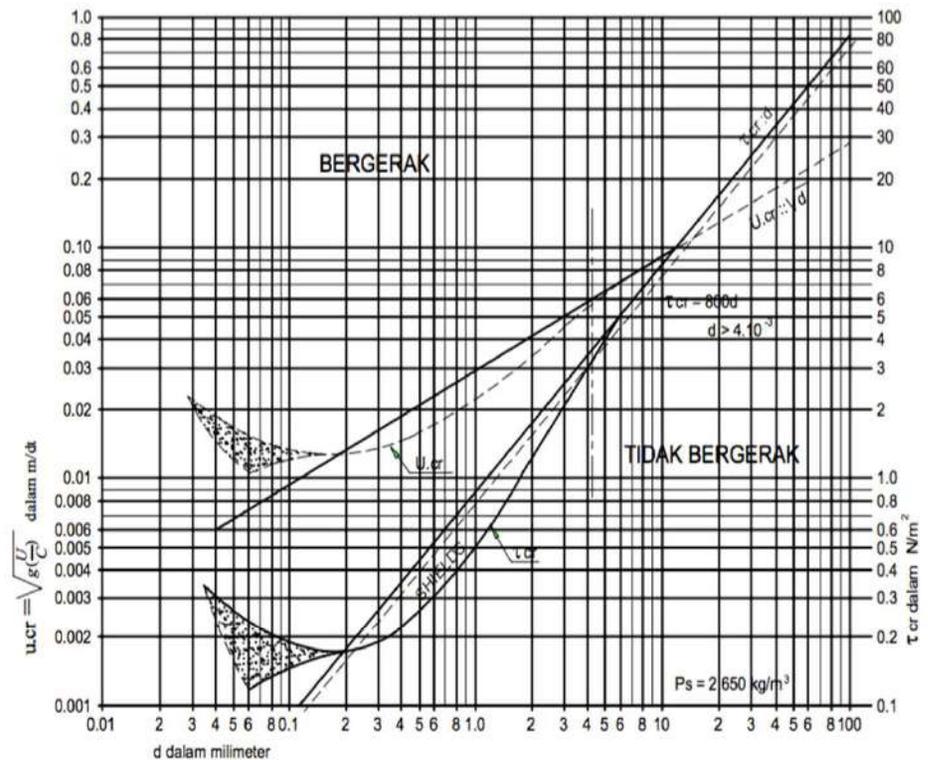
Nilai *do* terkecil.  
Ditaksir pada grafik tsb  
nilai *do* = 0,005 mm

# Grafik Kecepatan Endap & Tegangan Geser Kritis Partikel

Sumber : KP 02



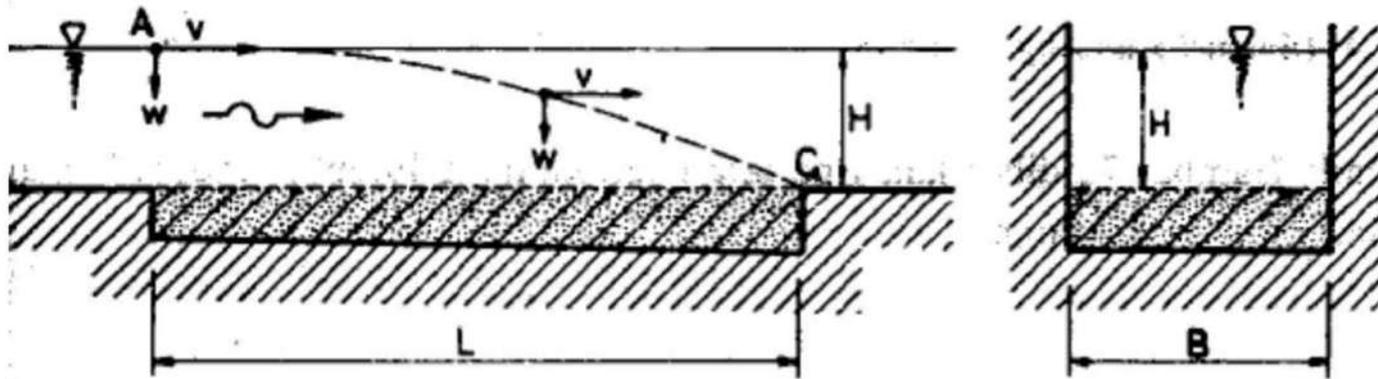
Gambar 7.4 Hubungan antara diameter saringan dan kecepatan endap untuk air tenang



Gambar 7.6 Tegangan geser kritis dan kecepatan geser kritis sebagai fungsi besarnya butir untuk  $\rho_s = 2.650 \text{ kg/m}^3$  (pasir)

# Perencanaan Kantong Lumpur

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  $L/v$ .



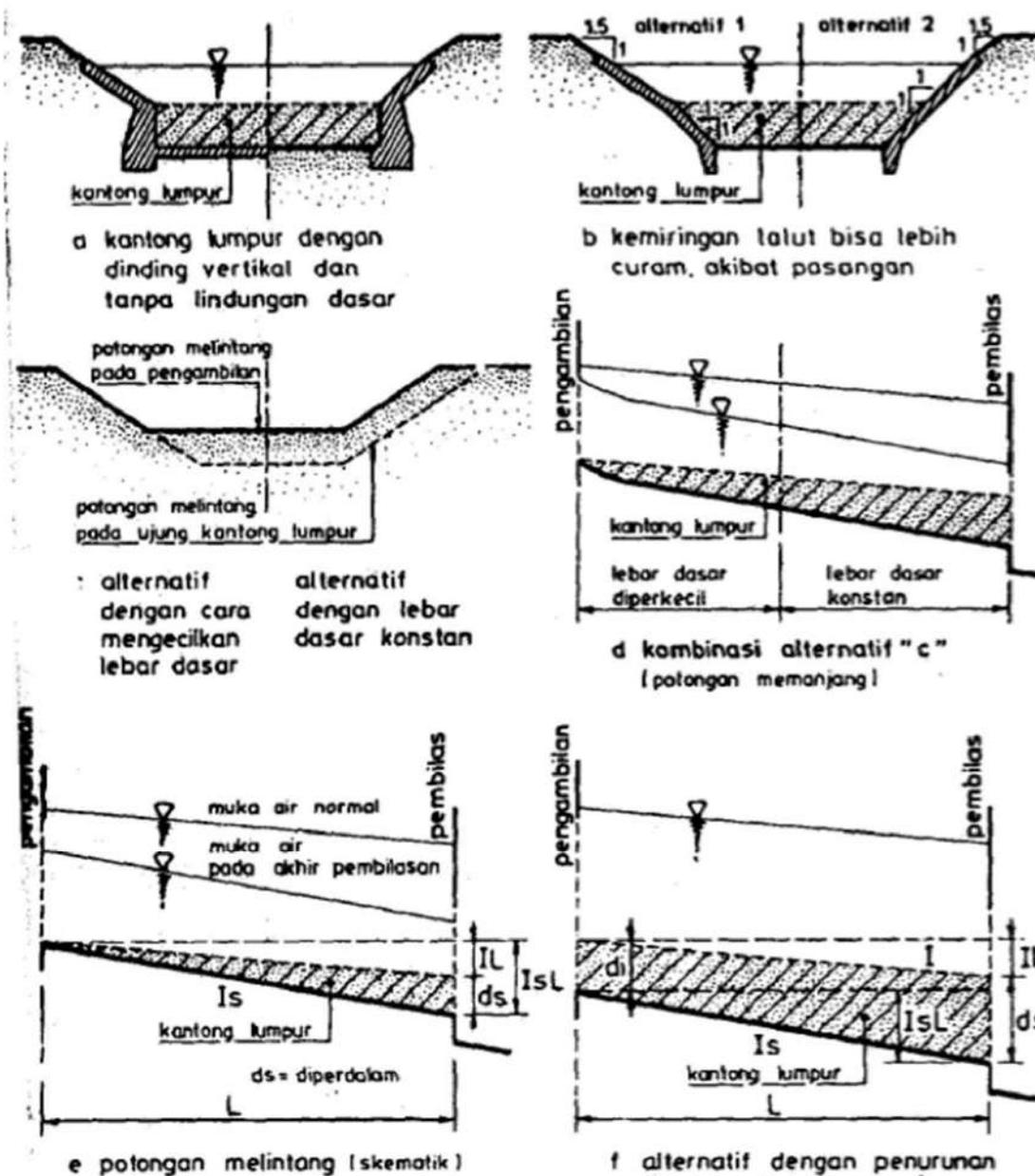
Gambar 7.2: Skema kantong lumpur

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

- 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<sup>3</sup>/dt
  - B = lebar kantong lumpur, m

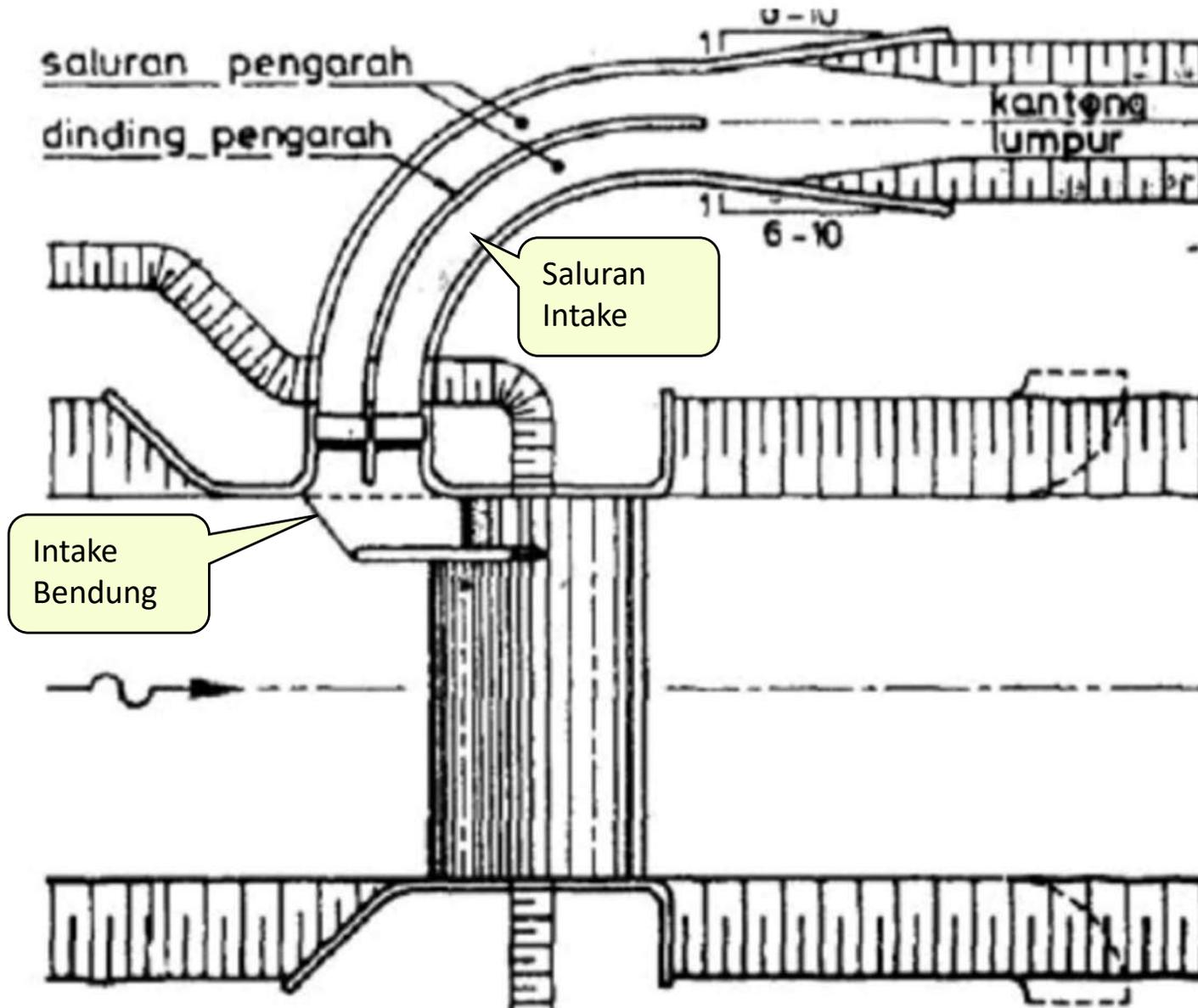
$$\text{ini menghasilkan: } LB = \frac{Q}{W}$$

# Contoh Gambar Desain Kantong Lumpur



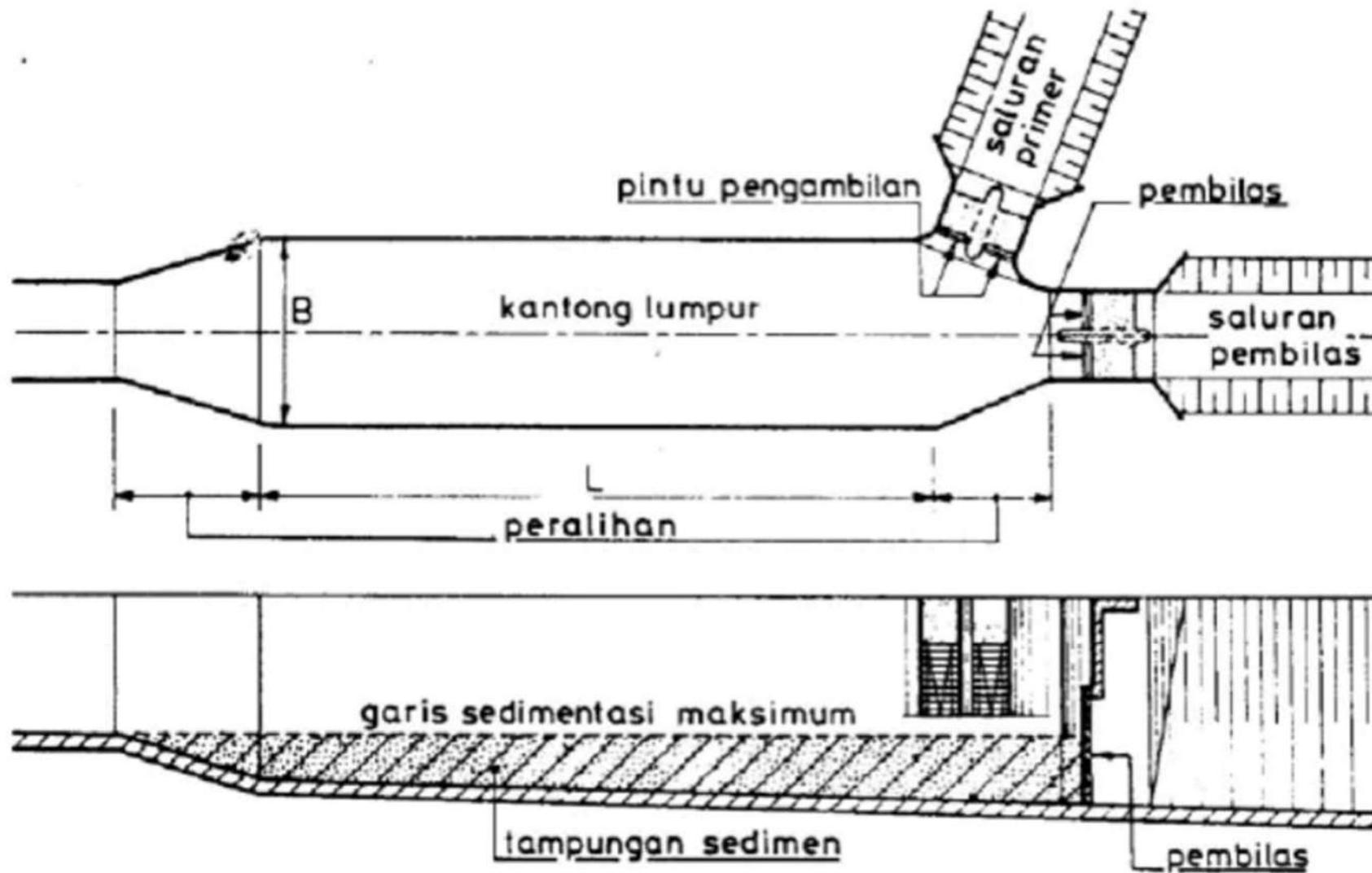
Gambar 7.3: Potongan melintang dan potongan memanjang kantong lumpur yang menunjukkan metode pembuatan tumpang

# Contoh Gambar Desain Kantong Lumpur



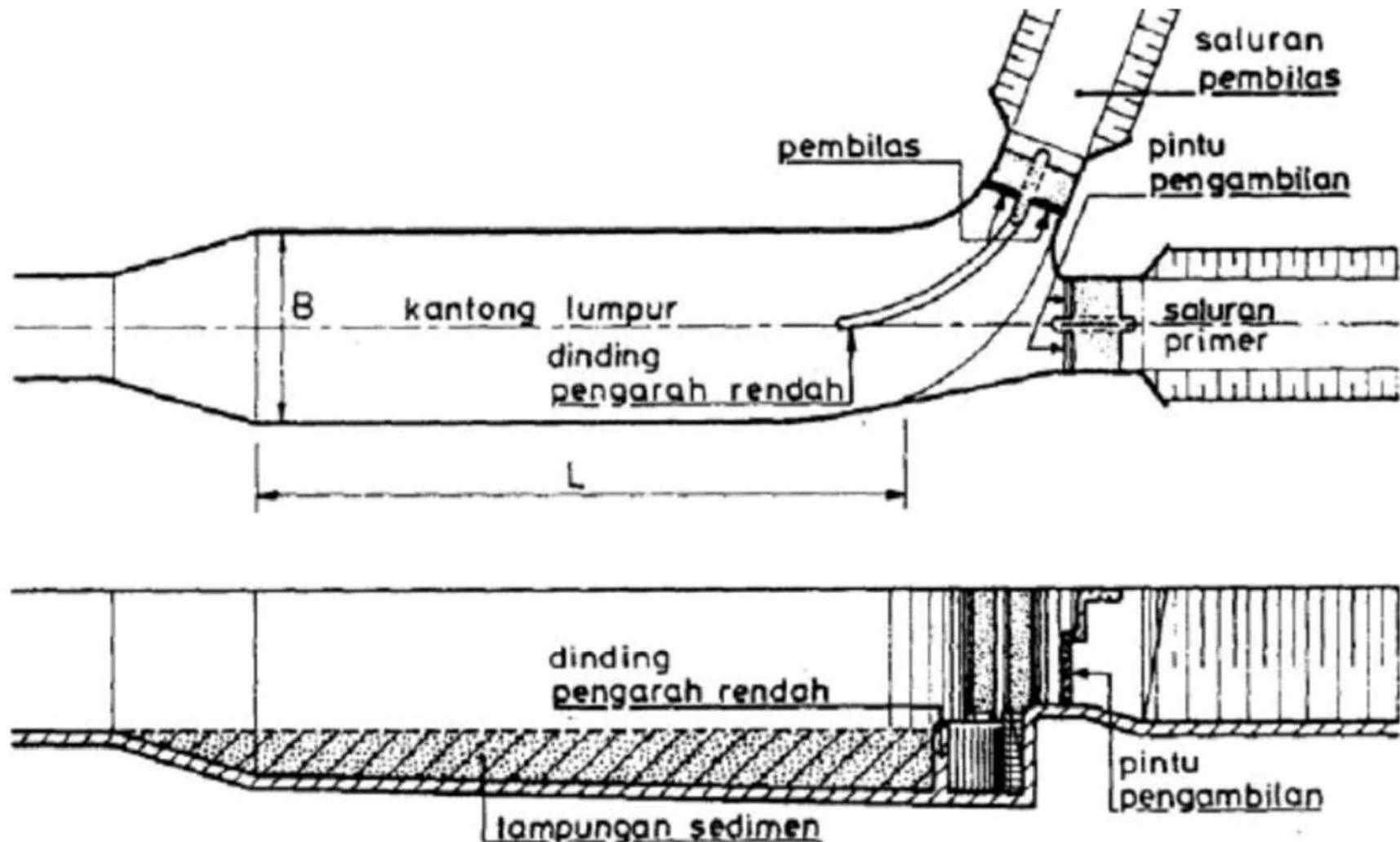
Gambar 7.7: Saluran pengarah

# Contoh Gambar Desain Kantong Lumpur



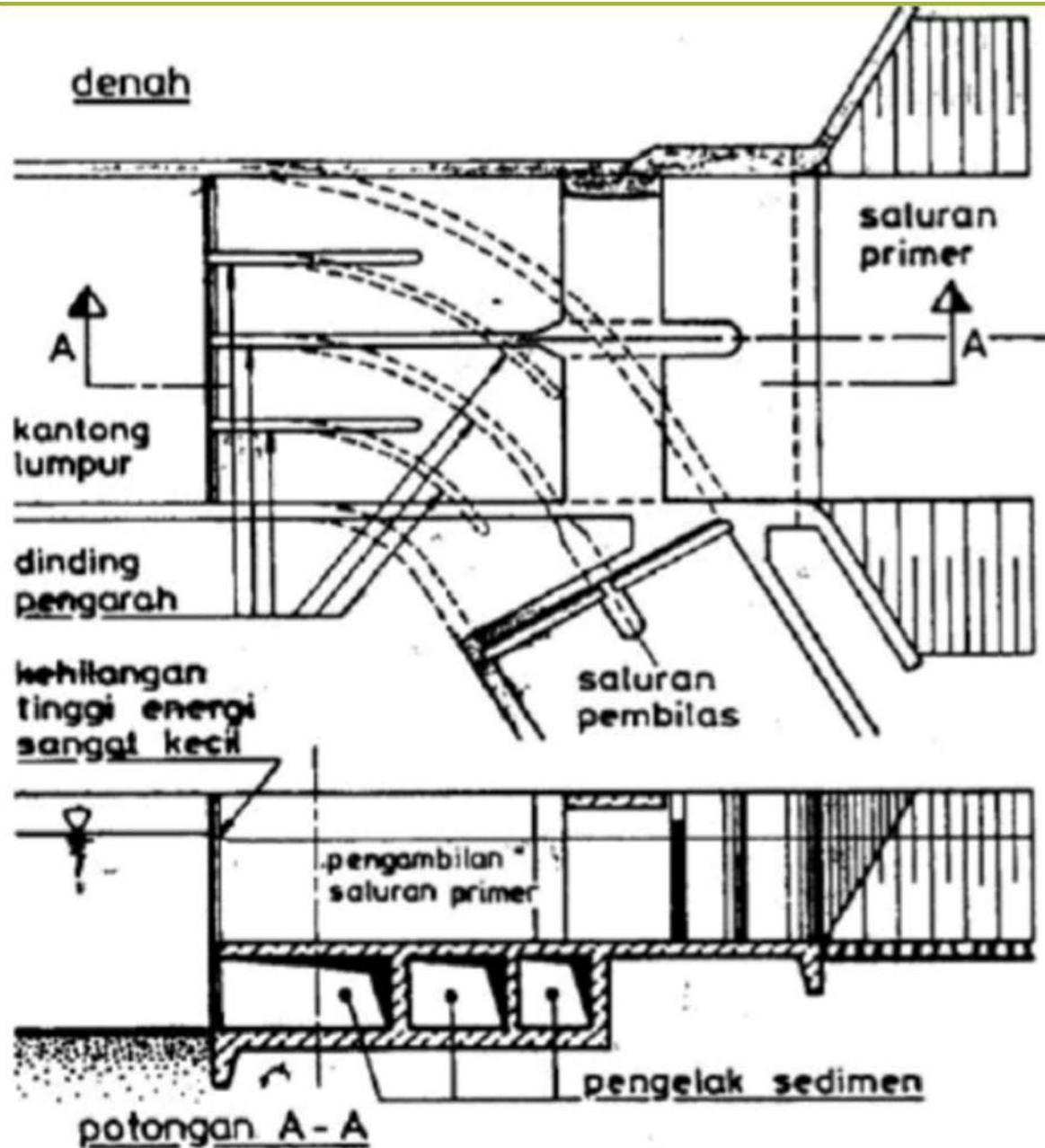
Gambar 7.4: Tata letak kantong lumpur yang dianjurkan

## Contoh Gambar Desain Kantong Lumpur



Gambar 7.5: Tata letak kantong lumpur dengan saluran primer berada pada trase yang sama dengan kantong

# Contoh Gambar Desain Kantong Lumpur



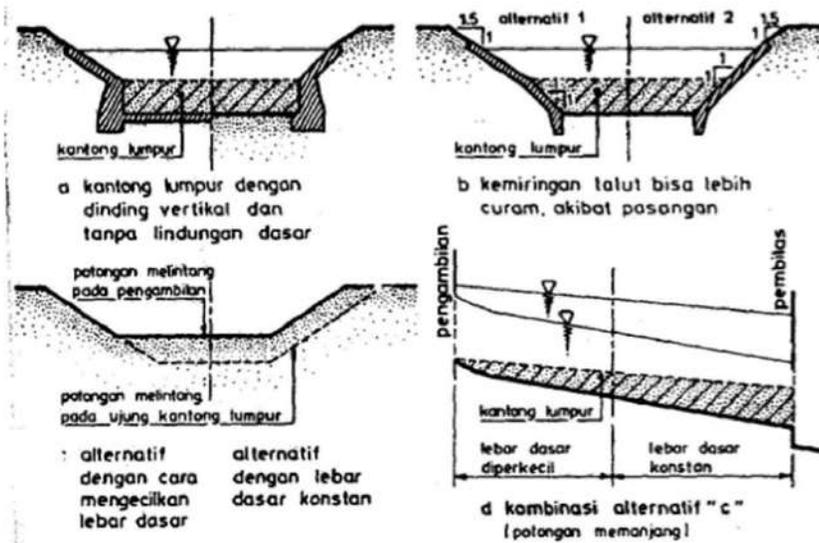
Gambar 7.6: Pengelak sedimen

---

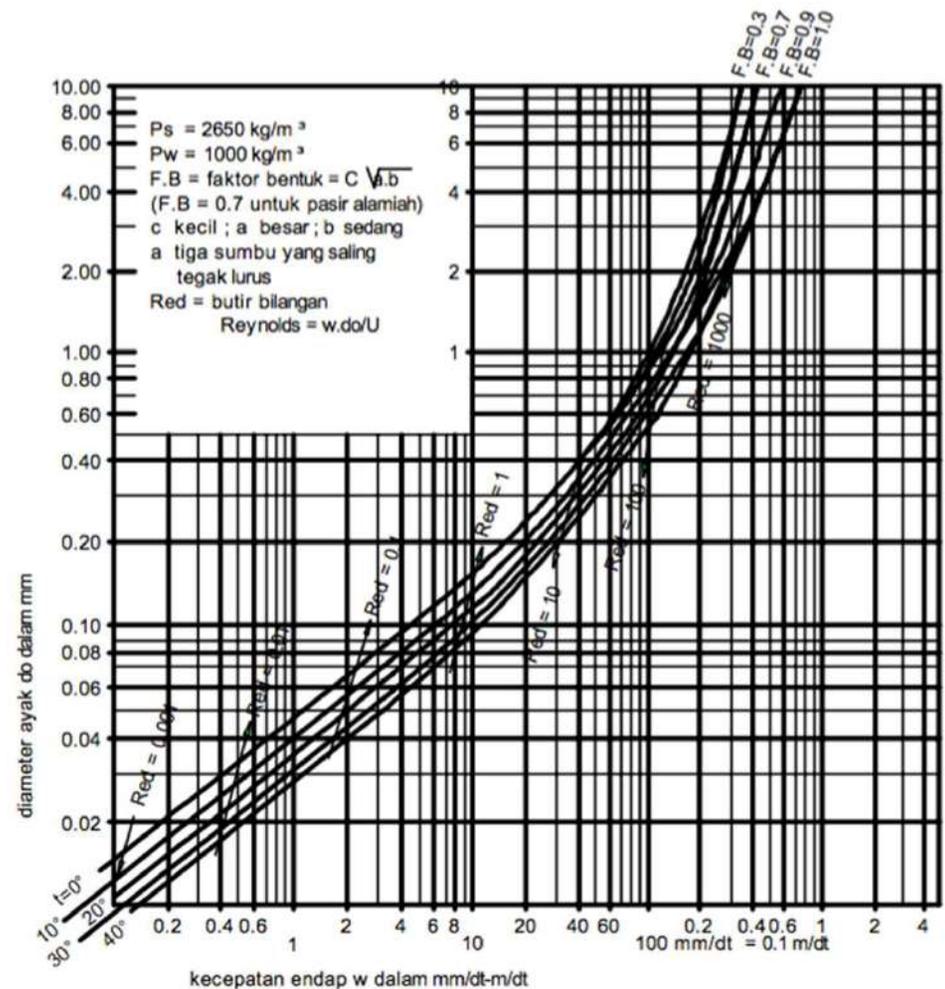
# Sistem Kerja Bangunan Kantong Lumpur

# Volume Penampungan Sedimen

- ❑ Tampang sedimen di luar (di bawah) potongan melintang air bebas dapat mempunyai beberapa macam bentuk Gambar 7.5 memberikan beberapa metode pembuatan volume tampungan
- ❑ 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 (ds pada Gambar 7.5) biasanya sekitar 1,0 m untuk jaringan kecil (sampai 10 m<sup>3</sup>/dt), hingga 2,50 m untuk saluran yang sangat besar (100 m<sup>3</sup>/dt)



Gambar 7.5 Potongan melintang dan potongan memanjang kantong lumpur



Gambar 7.4 Hubungan antara diameter saringan dan kecepatan endap untuk air tenang

Sumber : Kriteria Perencanaan Irigasi – 02 (Bangunan Utama)

# Pembersihan Kantong Lumpur

---

- ❑ 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.

## ❑ Pembilasan 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

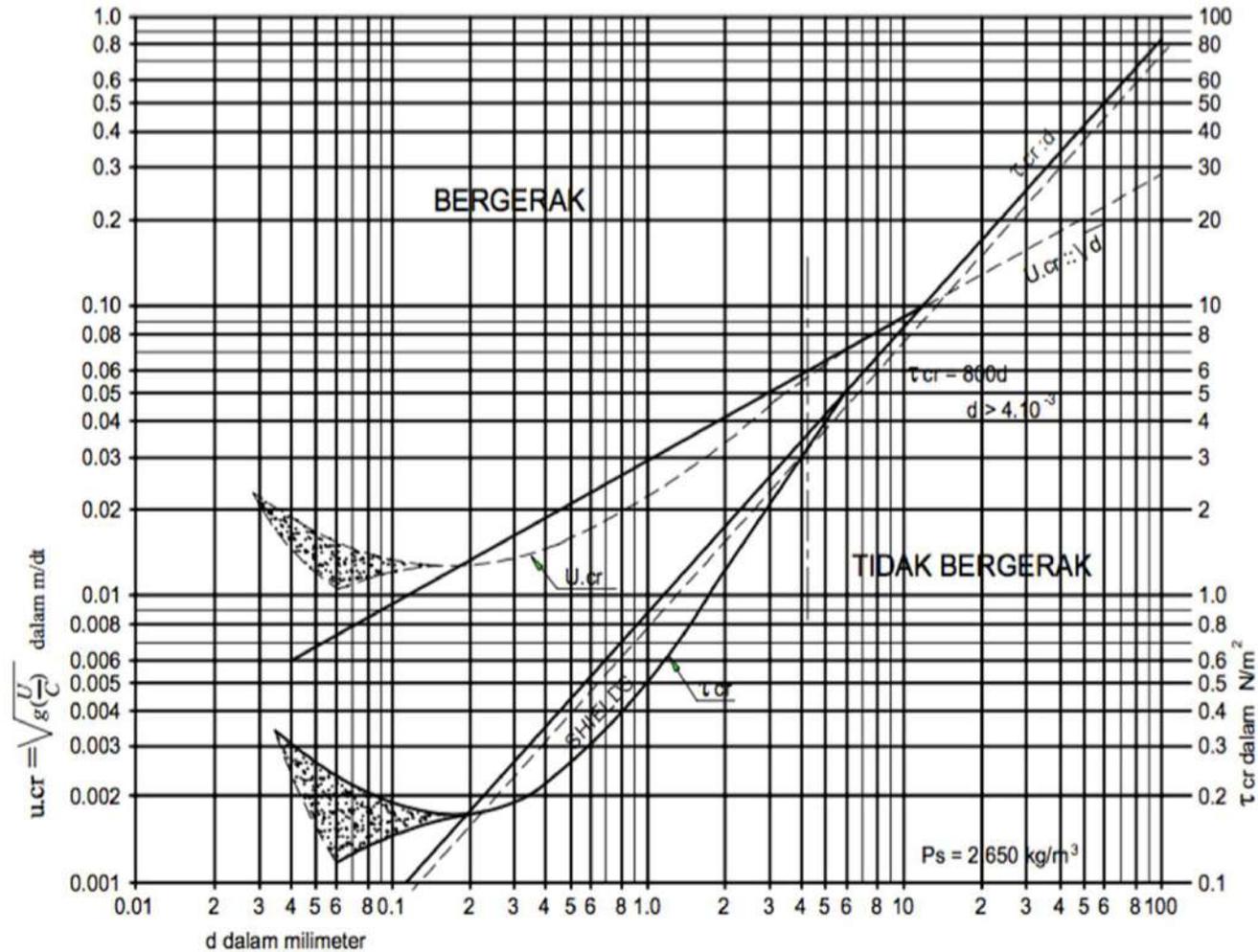
- ❖ Dianjurkan untuk mengambil debit pembilasan sebesar yang dapat diberikan oleh pintu pengambilan dan beda tinggi muka air. Untuk keperluan-keperluan perencanaan, debit pembilasan di ambil 20% lebih besar dari debit normal pengambilan. Tegangan geser yang diperlukan tergantung pada tipe sedimen yang 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. Lihat Gambar 7.6. 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

# Grafik Shields



Gambar 7.6 Tegangan geser kritis dan kecepatan geser kritis sebagai fungsi besarnya butir untuk  $\rho_s = 2.650 \text{ kg/m}^3$  (pasir)

# Pembersihan Kantong Lumpur

## ❑ Pembilasan Secara Manual/Mekanis

- ❖ 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

## ❑ 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 dalam 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/dt<sup>2</sup> ( $\approx 9,8$ )

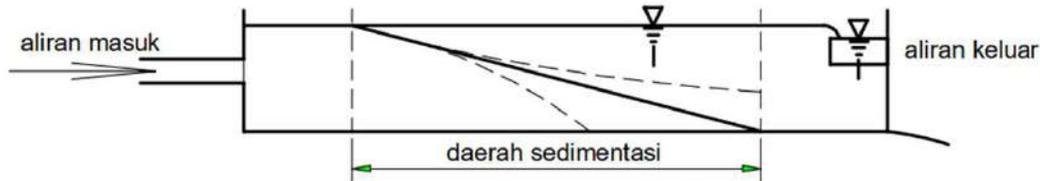
$h$  = kedalaman air, m

$I$  = kemiringan energi

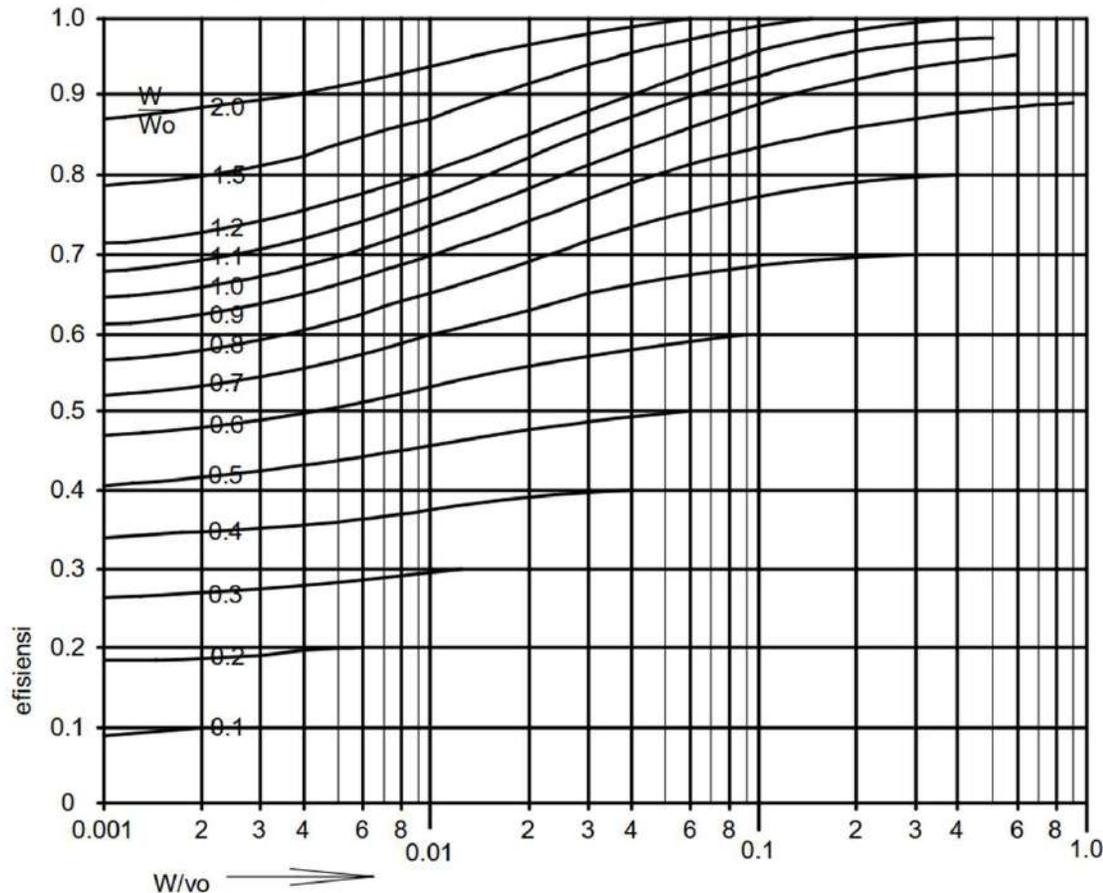
$w$  = kecepatan endap sedimen, m/dt

# Pembersihan Kantong Lumpur

a. pengaruh aliran turbulensi terhadap sedimentasi



b. efisiensi sedimentasi partikel-partikel individual untuk aliran turbulensi



- ❖ 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 (lihat Gambar 7.8) dan yang kedua dengan grafik Shields (lihat Gambar 7.6).

Gambar 7.8 Grafik pembuangan sedimen Camp untuk aliran turbelensi (Camp, 1945)

# Saluran Kantong Lumpur Bendung Pengasih Kulonprogo



<https://dpu.kulonprogokab.go.id/detil/338/pengurusan-kantong-lumpur>

# Saluran Kantong Lumpur Bendung Pengasih Kulonprogo



**Petugas Penjaga Bendung Sedang Membuka Pintu Air**

# Saluran Kantong Lumpur Bendung Pengasih Kulonprogo

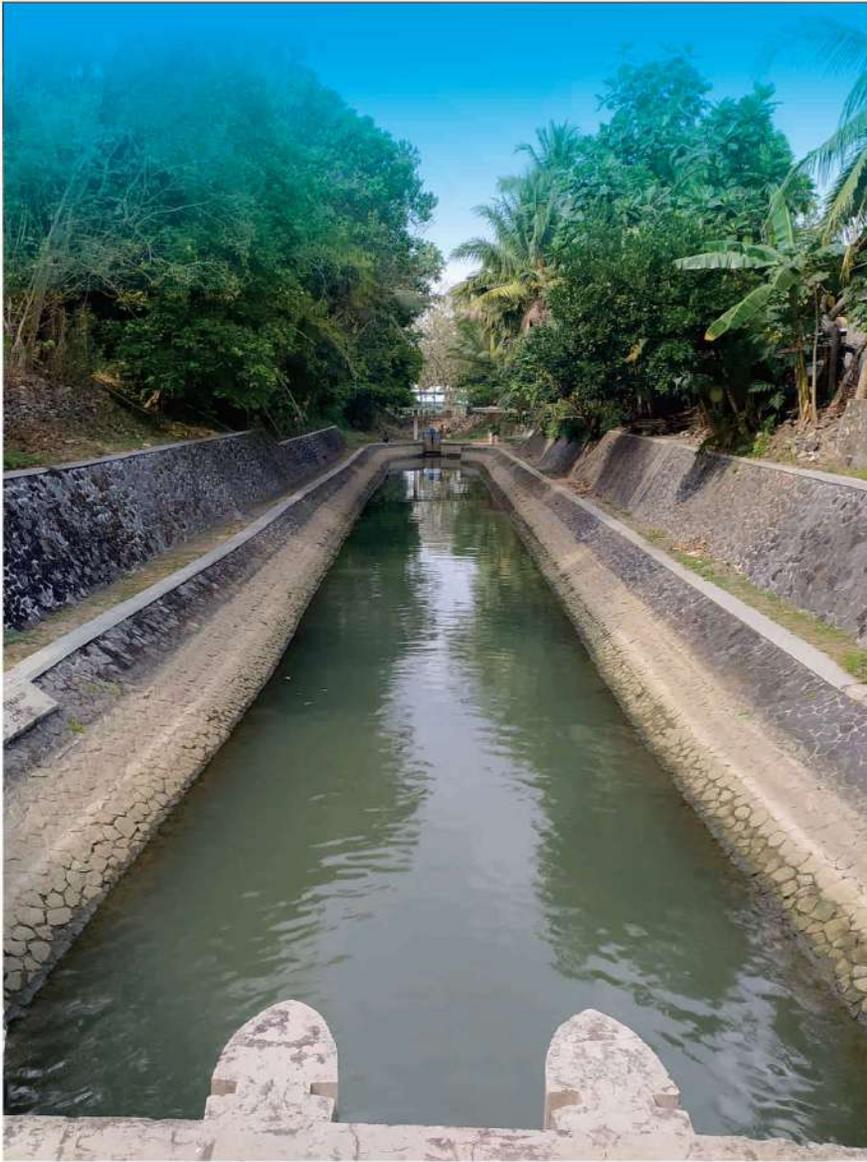


# Saluran Kantong Lumpur Bendung Pengasih Kulonprogo

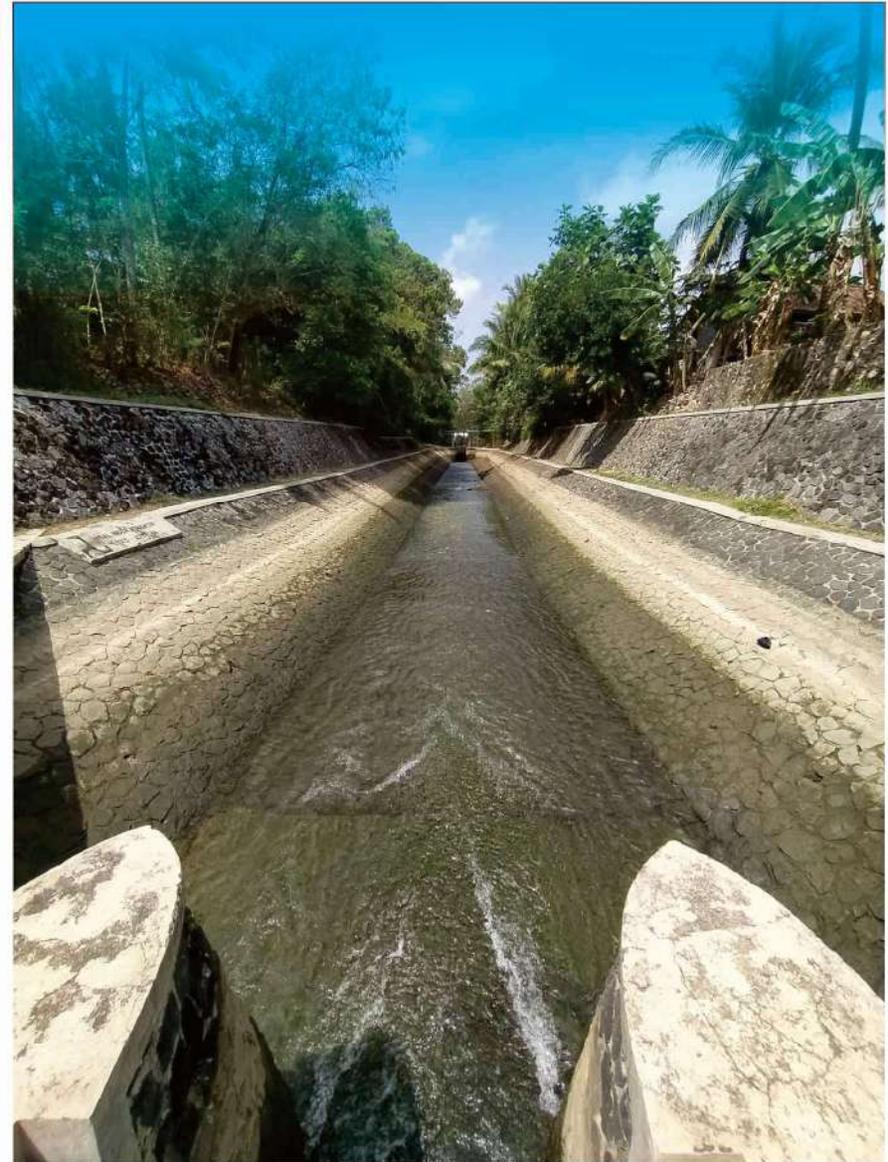


**Kondisi Kantong Lumpur Saat Pengurasan Air**

# Saluran Kantong Lumpur Bendung Pengasih Kulonprogo



Sebelum Pengurasan



Setelah Pengurasan

## Tantangan Pengelolaan Kantong Lumpur di Lapangan (Zulfian, J., 2019)

1. **Kurang efektifnya penyaringan sedimen pada sungai-sungai dengan laju angkutan sedimen yang tinggi.** Untuk sungai dengan laju angkutan sedimen normal, satu kali penyaringan sudah cukup. Namun, untuk sungai dengan laju sedimentasi tinggi seringkali belum efektif. Hal tersebut menyebabkan aliran sungai yang disadap oleh bangunan pengambilan (*intake*) bendung masih membawa sedimen sungai yang dapat berdampak buruk secara kualitas dan kuantitas
2. **Dalam kondisi yang ekstrim, Kantong Lumpur yang tidak didesain dengan baik dapat membuat proses penyaringan sedimen tidak efektif dimana proses pengendapan dan proses pengurasan menjadi tidak sempurna.** Hal ini membuat proses pengurasan sedimen harus dibantu oleh tenaga manual atau dibantu dengan alat berat. Sejatinya, sedimen yang terendapkan di saluran Kantong Lumpur dapat dibilas secara hidrolis dengan periodik tertentu dengan mengatur bukaan sistem pintu air yang ada.



Pengerukan sedimen pada kantong lumpur secara manual/mekanis

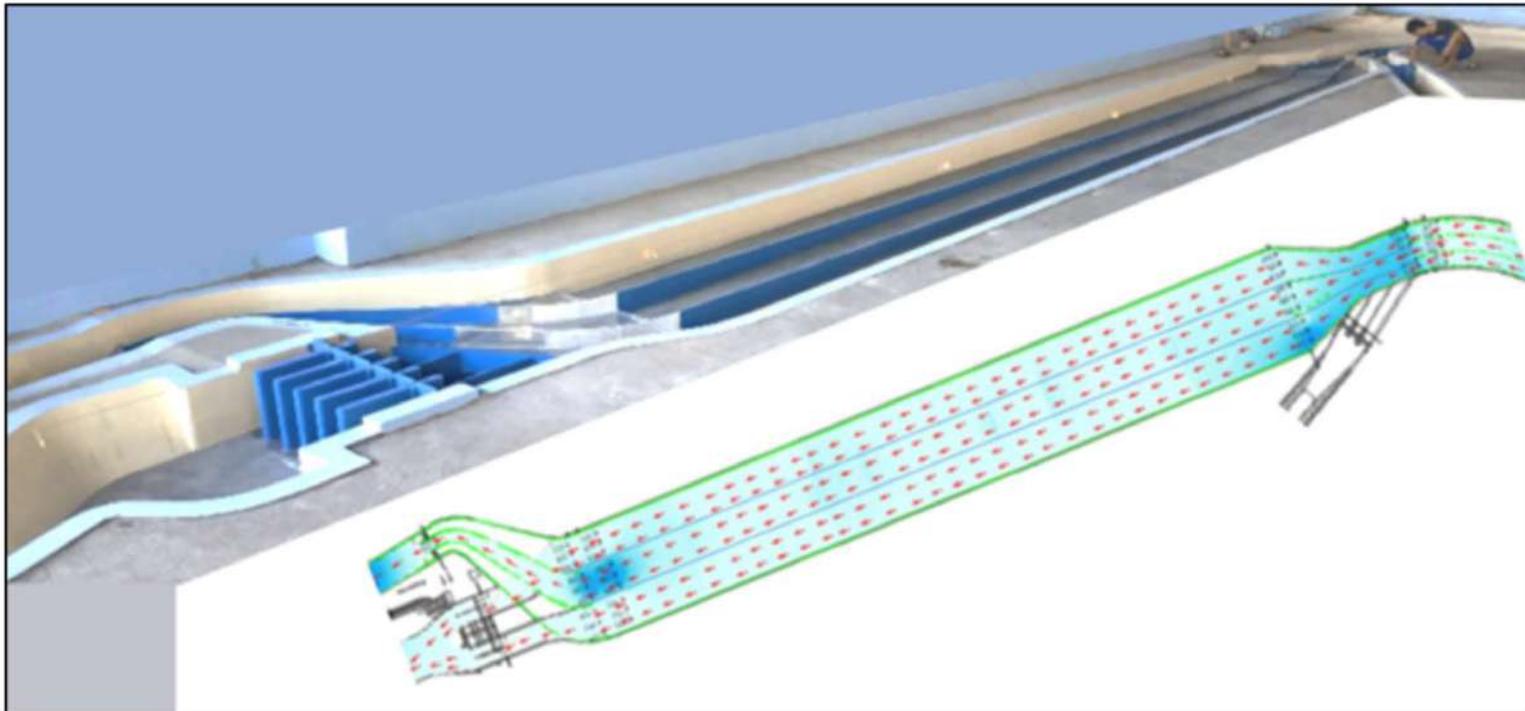


3. **Terjadi konflik kepentingan dan ketidaksinambungan suplai air irigasi karena pintu air irigasi harus ditutup sementara saat proses pemeliharaan Kantong Lumpur berlangsung.** Dengan sistem Kantong Lumpur konvensional, pintu air yang menuju saluran irigasi harus ditutup sementara karena ada proses pembilasan sedimen. Tentu harapan dari masyarakat khususnya yang bermata pencaharian sebagai petani menginginkan suplai air irigasi bisa menerus dan tanpa terganggu

# Inovasi Kantong Lumpur Tipe PUSAIR



Gambar 3. Desain Kantong Lumpur tipe PUSAIR (sumber: Zulfan, J. 2019)



Gambar 4. Pengujian model fisik dan numerik di Laboratorium (sumber: Zulfan, J., 2019)

# Inovasi Kantong Lumpur Tipe PUSAIR

---

- ❑ Untuk menjawab permasalahan tersebut, inovasi telah dilakukan dengan melakukan modifikasi dan rekayasa teknik pada bangunan Kantong Lumpur yang ada, yaitu **teknologi Kantong Lumpur tipe PUSAIR** yang dikembangkan oleh peneliti bangunan air di Balai Hidrolika dan Geoteknik Keairan PUSAIR, Kementerian PUPR. Teknologi ini juga sudah terdaftar paten di Direktorat Jenderal Kekayaan Intelektual, Kementerian Hukum dan HAM pada tahun 2019
- ❑ Kantong Lumpur tersebut didesain menggunakan sistem kompartemen dengan kombinasi ***open channel*** dan ***under sluice*** untuk **mendukung dua kali sistem penyaringan** material sedimen kasar dan halus yang akan alirkan ke sungai aslinya maupun ke saluran irigasi primer. (Ilustrasi desain dapat dilihat pada Gambar 3)
- ❑ Desain Kantong Lumpur tipe PUSAIR telah diuji coba melalui pemodelan fisik dan numerik di Laboratorium Hidrolika BHGK untuk mendapatkan parameter hidrolis dan geoteknik yang paling optimal. (Simulasi pengujian dapat dilihat pada Gambar 4.)

## Manfaat Kantong Lumpur Tipe PUSAIR

---

Inovasi Bangunan Kantong Lumpur ini menawarkan berbagai manfaat dibandingkan tipe konvensional, antara lain:

- 1. Memiliki dua kali sistem penyaringan** yang dapat menyaring material sedimen bergradasi kasar sampai halus.
- 2. Memudahkan aktivitas operasional dan pemeliharaan saluran dikarenakan antar saluran memiliki jalurnya masing-masing.** Sehingga aktivitas pengendapan dan pengurasan dapat dilakukan secara bersamaan (paralel) antar masing-masing saluran.
- 3. Sistem kompartemen dan *undersluice* dapat memisahkan aliran saluran secara sempurna** sehingga proses pengendapan dan pengurasan dapat dilakukan secara sempurna karena kecepatan aliran lebih mudah diatur.

## Penerapan Kantong Lumpur Tipe PUSAIR

---

Desain Kantong Lumpur tipe PUSAIR ini telah diaplikasikan pada bendung-bendung yang dibangun di Indonesia, salah satunya adalah pada sistem **Bendung Gumbasa di kota Palu Provinsi Sulawesi Tengah** yang saat ini berfungsi untuk melayani penyediaan suplai air untuk daerah irigasi seluas 8.180 ha.



Gambar 5. Penerapan Lapangan Bangunan Kantong Lumpur tipe PUSAIR (Sumber: BHGK, 2022)

# Sistem Operasi dan Pemeliharaan Bangunan Kantong Lumpur

---

## □ Rencana Pembilasan Kantong Lumpur

- Pembilasan / Pengurasan saluran kantong lumpur, merupakan salah satu kegiatan Operasi dan Pemeliharaan saluran irigasi yang dimana tujuan dari kegiatan ini adalah untuk menguras endapan sedimen yang tertangkap pada saluran kantong lumpur.
- Pembilasan dilakukan dengan cara menutup pintu aliran yang menuju ke saluran primer, dan membuka pintu pada saluran pembilas. Dengan demikian kecepatan aliran yang terjadi pada kantong lumpur akan meningkat dan membilas endapan sedimen untuk dibuang ke sungai.
- Pembilasan pada umumnya dilakukan selama **7 hari sekali**

# Sistem Operasi dan Pemeliharaan Bangunan Irigasi



*Sumber Video : Youtube Channel - Irigasi Purworejo*