

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Sedimen**

Usaha untuk mencegah sedimen yang masuk dan mengendap pada saluran irigasi adalah dengan pembuatan bangunan penangkap sedimen pada bagian awal saluran primer persis di belakang pengambilan. Bangunan penangkap sedimen 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 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.

Sedimentasi yaitu proses pengendapan dari suatu material yang berasal dari angin, erosi air, gelombang laut serta gletsyer. material yang dihasilkan dari erosi yang dibawa oleh aliran air dapat diendapkan di tempat yang ketinggiannya lebih rendah. Proses sedimentasi itu sendiri dalam konteks hubungan dengan sungai meliputi, penyempitan palung, erosi, transportasi sedimantas (*transport sediment*), pengendapan (*deposition*), dan pemadatan (*compaction*) dari sedimen itu sendiri. Karena prosesnya merupakan gejala sangat kompleks, dimulai dengan jatuhnya hujan yang menghasilkan energi kinetik yang merupakan permulaan proses terjadinya erosi tanah menjadi partikel halus, lalu menggelinding bersama aliran, sebagian akan tertinggal di atas tanah, sedangkan bagian lainnya masuk ke dalam sungai terbawa aliran menjadi sedimen. Besarnya volume sedimen terutama tergantung pada perubahan kecepatan aliran, karena perubahan pada musim penghujan dan kemarau, serta perubahan kecepatan yang dipengaruhi oleh aktivitas manusia.

### 2.1.1 Faktor-Faktor Pengaruh Sedimentasi

Proses terjadinya sedimentasi merupakan bagian dari proses erosi tanah. Timbulnya bahan sedimen adalah sebagai akibat terjadinya erosi tanah. Kegiatan ini berlangsung baik oleh air maupun angin. Proses erosi dan sedimentasi di Indonesia yang lebih berperan adalah faktor air, sedangkan faktor angin relatif kecil.

### 2.1.2 Gerakan Sedimen

Terdapat dua macam gerakan sedimen, yaitu gerakan fluvial (*fluvial movement*) dan gerakan massa (*mass movement*)

#### 1. Gerakan fluvial

Gerakan Fluvial adalah gaya-gaya yang menyebabkan bergeraknya butiran-butiran kerikil yang terdapat di atas permukaan dasar sungai terdiri dari komponen gaya-gaya gravitasi yang sejajar dengan dasar sungai dan gaya geser serta gaya angkat yang dihasilkan oleh kekuatan aliran air sungai.

#### 2. Gerakan massa

Gerakan massa sedimen adalah gerakan air bercampur massa sedimen dengan konsentrasi yang sangat tinggi, di hulu sungai-sungai arus deras di daerah lereng- lereng pegunungan atau gunung berapi. Gerakan massa sedimen ini disebut sedimen luruh yang biasanya dapat terjadi di dalam alur sungai arus deras (*torrent*) yang kemiringannya lebih besar dari  $15^{\circ}$ .

### 2.1.3 Ukuran dan Bentuk Butiran Sedimen

Bentuk sedimen beraneka ragam dan tidak terbatas. Bentuk yang pipih mempunyai kecepatan endap yang lebih kecil dan akan lebih sulit untuk diangkat dibandingkan dengan suatu partikel yang bulat. Kebulatan dinyatakan sebagai perbandingan diameter suatu lingkaran dengan daerah yang sama terhadap proyeksi butiran dalam keadaan diam pada ruangan terhadap bidang yang paling besar terhadap diameter yang paling kecil atau dengan kata lain kebulatan digambarkan sebagai perbandingan radius rata-rata kelengkungan ujung setiap butiran terhadap radius lingkaran yang paling besar.

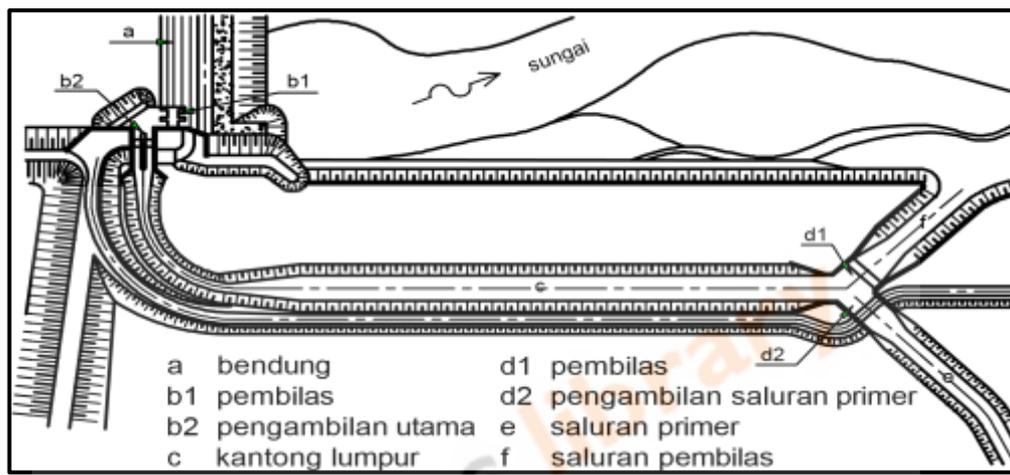
#### 2.1.4 Angkutan Sedimen (*Sediment Transport*)

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

1. “*Wash load*“ atau muatan kikisan terdiri dari partikel lanau dan debu yang terbawa masuk ke dalam sungai dan tetap tinggal melayang sampai mencapai laut, atau genangan air lainnya. Sedimen jenis ini hampir tidak mempengaruhi sifat-sifat sungai meskipun jumlahnya yang terbanyak dibanding jenis-jenis lainnya terutama pada saat-saat permulaan musim hujan datang. Sedimen ini berasal dari proses pelapukan Daerah Aliran Sungai yang terutama terjadi pada musim kemarau sebelumnya.
2. “*Suspended load*” atau sedimen layang terutama terdiri dari pasir halus yang melayang di dalam aliran karena terangkut oleh turbulensi aliran air. Pengaruh sedimen ini terhadap sifat-sifat sungai tidak begitu besar. Tetapi bila terjadi perubahan kecepatan aliran, jenis ini dapat berubah menjadi angkutan jenis ketiga. Gaya gerak bagi angkutan jenis ini adalah turbulensi aliran dan kecepatan aliran itu sendiri. Dalam hal ini dikenal kecepatan angkat atau “*pick up velocity*”. Untuk besar butiran tertentu bila kecepatan angkatnya dilampaui, material akan melayang. Sebaliknya, bila kecepatan aliran yang mengangkutnya mengecil di bawah kecepatan angkatnya, material akan turun ke dasar aliran.
3. “*Bed load*”, tipe ketiga dari angkutan sedimen adalah angkutan dasar di mana material dengan besar butiran yang lebih besar akan bergerak menggelincir atau translate, menggelinding atau *rotate* satu di atas lainnya pada dasar sungai; gerakannya mencapai kedalaman tertentu dari lapisan sungai. Tenaga penggerakannya adalah gaya seret *drag force* dari lapisan dasar sungai.

## 2.2 Dimensi bangunan penangkap sedimen

Dimensi Bangunan penangkap sedimen harus didesain dengan memperhatikan kebutuhan untuk menampung volume total sedimen yang mengendap selama penangkap sedimen dioperasikan dalam selang waktu desain antar pembilasan. Tata letak Bangunan penangkap sedimen ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Sumber: Standar Perencanaan Irigasi, K.P – 02.2013

**Gambar 2.1** Tata Letak Bangunan penangkap sedimen

Bangunan penangkap sedimen merupakan bagian dari pengendapan yang berfungsi untuk menyimpan sementara endapan sedimen sebelum dibilas kembali ke sungai. Faktor-faktor yang harus dipertimbangkan dalam penentuan dimensi Bangunan penangkap sedimen, antara lain:

1. Kecepatan aliran dalam bangunan penangkap sedimen harus cukup rendah, sehingga partikel dapat mengendap dan partikel yang telah mengendap tidak menghambur lagi.
2. Turbulensi yang mengganggu proses pengendapan harus dicegah.
3. Kecepatan agar tersebar secara merata di seluruh potongan melintang, sehingga sedimentasi juga dapat tersebar merata.
4. Kecepatan aliran tidak boleh kurang dari 0,30 m/s, guna mencegah tumbuhnya vegetasi.

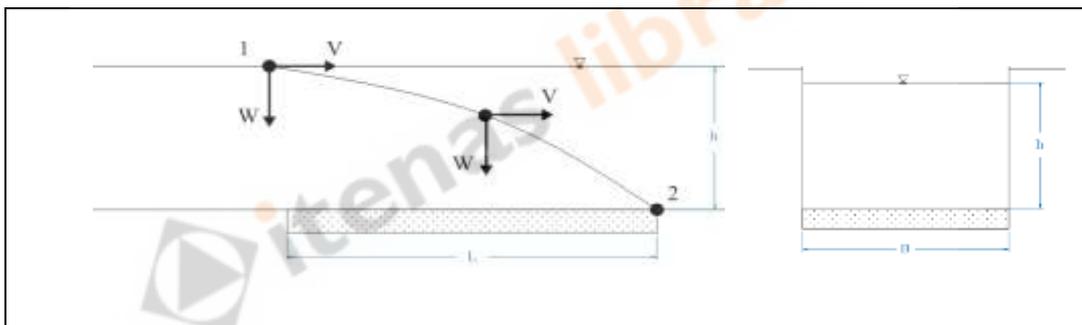
5. Peralihan/transisi dari pengambilan ke kantong dan dari kantong ke saluran primer harus mulus, tidak menimbulkan turbulensi atau pusaran.

Kemiringan lantai kantong sedimen, didesain dengan memperhatikan kebutuhan untuk mendapatkan gaya seret aliran, yang lebih besar dari gaya seret kritik butir sedimen terbesar yang diijinkan masuk ke saluran pembuang.

Untuk mendapatkan efektivitas pembilasan yang tinggi, Bangunan penangkap sedimen dapat dilengkapi dengan dinding-dinding rendah pengarah aliran. Tinggi dinding pengarah didesain dengan memperhatikan kedalaman aliran di Bangunan penangkap sedimen saat operasi pembilasan.

Dimensi Bangunan penangkap sedimen mencakup:

1. Luas bidang pengendapan,  $L \times B$



Sumber: Standar Perencanaan Irigasi, K.P – 02.2013

**Gambar 2.2** Skematisasi Ruang Pengendap Sedimen

Agar butir sedimen di titik 1 dapat mengendap di Bangunan penangkap sedimen, diperlukan estimasi awal kebutuhan luas bidang pengendap sebagai berikut:

$$\frac{h}{W} = \frac{L}{V} \dots\dots\dots (2.1)$$

Karena  $v = \frac{Q}{h \cdot B} \dots\dots\dots (2.2)$

Keterangan:

$v$  = Kecepatan Aliran (m/s)

- $Q$  = Debit Rencana ( $\text{m}^3/\text{s}$ )  
 $h$  = Tinggi Muka Air Normal (m)  
 $B$  = Lebar Bangunan penangkap sedimen (m)

Maka didapat hubungan:

$$L \times B = \frac{Q}{W} \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan:

- $L$  = Panjang bangunan penangkap sedimen (m)  
 $W$  = Kecepatan endap sedimen (m/s)  
 $Q$  = Debit rencana ( $\text{m}^3/\text{s}$ )  
 $B$  = Lebar bangunan penangkap sedimen (m)

## 2. Panjang dan lebar bidang pengendapan

- a. Panjang dan lebar bidang pengendapan ditentukan dengan memperhatikan persyaratan  $\frac{L}{B} \geq 8$ . Jika hal ini tidak dapat dipenuhi, maka bidang pengendapan perlu dibagi menjadi beberapa bilik dengan memasang dinding pemisah (kompartemen), sehingga angka perbandingan panjang dan lebar bidang pengendapan untuk masing-masing bilik,  $\frac{L}{B_i} \geq 8$ .
- b. Berdasarkan gambaran perbandingan panjang dan lebar tersebut, terapkan pada lahan yang tersedia. Cadangkan ruang untuk bangunan kelengkapan yang diperlukan, antara lain: saluran pengantar, sistem pembilas, dan saluran pembuang, saluran transisi hilir, pelimpah ukur dan penghubung ke saluran induk.
- c. Jika hal ini tidak dipenuhi, maka dapat diambil nilai  $B$  yang lebih besar dengan konsekuensi perlu penambahan dinding pemisah agar

pada masing-masing bilik pengendapan tetap dipenuhi persyaratan

$$\text{dasar } \frac{L}{B_i} \geq 8.$$

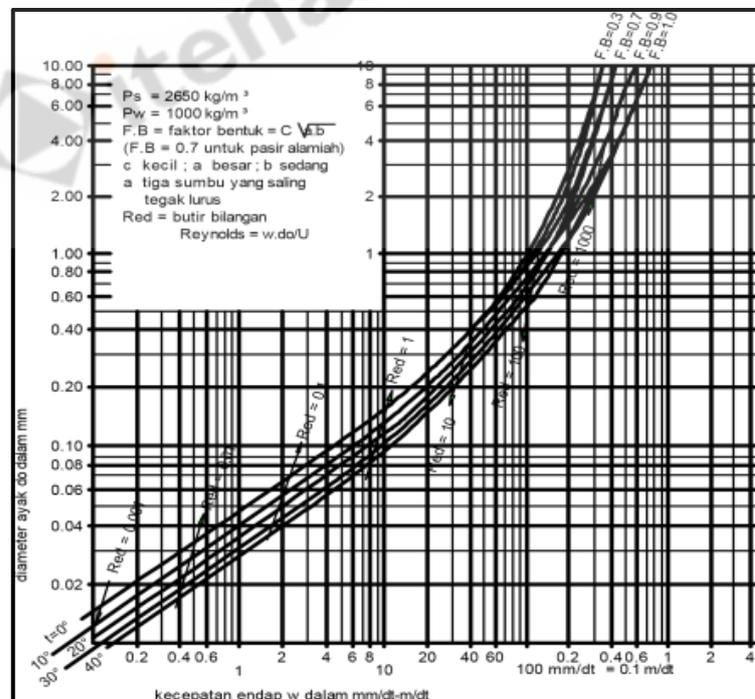
### 2.3 Kecepatan Endap

Kecepatan endap butir sedimen dipengaruhi oleh besar butir, temperatur fluida, berkaitan dengan sifat teknik ini, maka dalam desain perlu ditentukan hal-hal sebagai berikut:

1. Diameter butir sedimen yang akan dianalisis.
2. Kondisi cuaca di Indonesia

Kecepatan endap sangat menentukan dimensi bangunan penangkap sedimen dari bangunan penangkap sedimen. Penentuan parameter kecepatan endap,  $w$ :

1. Penentuan kecepatan endap dapat dilakukan juga menggunakan grafik hubungan antara diameter saringan dan kecepatan endap bagi partikel-partikel individual (*discrete particle*) dalam air tenang (Gambar 2.3)



Sumber: Standar Perencanaan Irigasi, K.P – 02.2013

**Gambar 2.3** Grafik hubungan antara diameter ayak ( $d_0$ ) dalam milimeter dan kecepatan endap untuk air tenang

2. Selain menggunakan grafik (Gambar 2.3), kecepatan endap butir sedimen dalam air tenang yang jernih dapat dihitung berdasarkan rumus berikut:

$$W_s = \frac{\Delta \cdot g \cdot D^2}{18 \cdot \nu} \dots \dots \dots (2.4)$$

Keterangan:

$W_s$  = kecepatan endap butir sedimen pada air tenang yang jernih

$$\Delta = \frac{\rho_s - \rho_a}{\rho_a}$$

$\rho_s$  = rapat massa sedimen (2650 kg/m<sup>3</sup>)

$\rho_a$  = rapat massa air (kg/m<sup>3</sup>)

$g$  = percepatan gravitasi (m/s)

$\nu$  = koefisiensi viskositas kinematik (m<sup>2</sup>/s)

Nilai rapat massa air,  $\rho_a$  dan viskositas kinematik,  $\nu$  sangat dipengaruhi oleh suhu dengan kisaran nilai dapat dilihat pada Tabel 2.1.

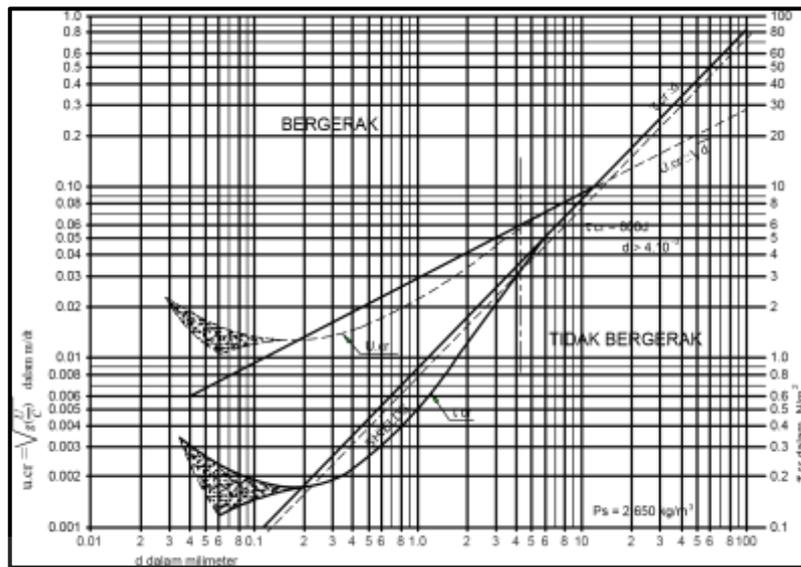
**Tabel 2.1** Pengaruh Suhu Terhadap Rapat Massa dan Viskositas Kinematik

Suhu, T (°C)	0	4	12	16	20	30	40
$\rho_a$ (kg/m <sup>3</sup> )	999,87	1000,0	999,5	999,5	998,3	995,7	922,3
$\nu$ (10 <sup>-6</sup> m <sup>2</sup> /s)	1,79	1,56	1,24	1,11	1,01	0,80	0,66

Sumber: Standar Perencanaan Irigasi, K.P – 02.2013

#### 2.4 Pembilasan Secara Hidraulis

Pembilasan secara hidraulis membutuhkan beda tinggi muka air dan debit yang memadai pada Bangunan penangkap sedimen guna menggerus dan menggelontor bahan yang telah terendap kembali ke sungai. 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 (Gambar 2.4). Besarnya tegangan geser dan kecepatan geser untuk diameter pasir terbesar yang akan dibilas sebaiknya dipilih di atas nilai kritis. Pada grafik ini ditunjukkan dengan kata “bergerak” (*movement*).



Sumber: standar perencanaan irigasi, K.P – 02.2013

**Gambar 2.4** Grafik Tegangan geser kritis dan kecepatan geser kritis sebagai fungsi besarnya butir untuk  $\rho_s = 2.650 \text{ kg/m}^3$

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

## 2.5 Pemeriksaan Nilai Kerja dan Nilai Fungsi

Perancangan Bangunan penangkap sedimen hendaknya mencakup pemeriksaan terhadap efisiensi pengendapan.

### 2.5.1 Efisiensi pengendapan

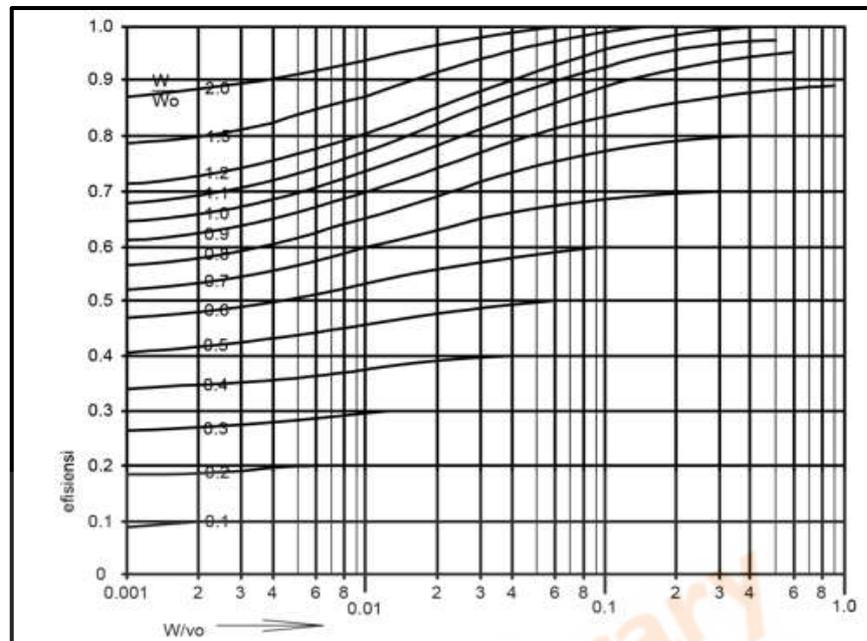
Efisiensi pengendapan bangunan penangkap sedimen adalah untuk memeriksa efisiensi pada pembilasan dari bangunan Bangunan penangkap sedimen, dapat dipakai grafik *Camp* (Gambar 2.5). Efisiensi pembilasan sebagai fungsi dari dua parameter, kedua parameter itu adalah  $W/W_0$  dan  $W/V_0$ .

keterangan:

$W$  = kecepatan endap partikel-partikel yang ukurannya di luar ukuran partikel yang direncanakan ( $m/s$ )

$W_0$  = kecepatan endap rencana ( $m/s$ )

$V_0 =$  kecepatan rata-rata aliran dalam penangkap sedimen (m/s)



Sumber: Standar Perencanaan Irigasi, K.P – 02.2013

**Gambar 2.5** Grafik pembuangan sedimen *camp* untuk aliran turbulensi (*camp, 1945*)

Sedimen akan tetap berada dalam suspensi penuh jika:

$$\frac{V_0}{w} \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan:

$$V_0 = V_n$$

$W =$  Kecepatan endap grafik (m/s)

$W_0 =$  kecepatan endap hasil perhitungan (m/s)

$V_n =$  kecepatan air normal (m/s)

$V_0 =$  kecepatan air normal (m/s)

## 2.6 Pemodelan Hidraulik Fisik

Kumala (2018) mengatakan pemodelan hidraulik fisik diperlukan untuk mensimulasi perilaku hidraulik bangunan air yang akan dilaksanakan atau akan direhabilitasi dengan skala yang lebih kecil. Suatu bangunan air perlu dibuat model 2 dimensi atau 3 dimensi untuk melaksanakan pemodelan hidraulik fisik.

Prinsip pembuatan skala model adalah membentuk kembali masalah yang ada di prototip dengan suatu angka pembanding, sehingga kejadian yang ada di model sebangun dengan kondisi di prototipe. (Chow, 1959).

Jenis skala yang dapat digunakan dalam uji model hidraulik ada 2 macam, yaitu:

1. Skala model sama/tanpa distorsi (*undistorted model*)

Skala model sama adalah skala model yang dibuat dengan perbandingan antara skala horizontal dan vertikal sama. Skala besaran dan parameter model tanpa distorsi ditunjukkan pada Tabel 2.2.

**Tabel 2.2** Skala Besaran dan Parameter Model Tanpa Distorsi

Parameter	Lambang notasi	Skala besaran
Panjang, tinggi	L, h	$n_L = n_h$
Kecepatan aliran	v	$n_v = n_h^{1/2}$
Debit	Q	$n_Q = n_h^{5/2}$
Waktu aliran	t	$n_t = n_h^{1/2}$
Kekasaran	k	$n_k = n_h$
Diameter butir	d	$n_d = n_h$
Koefisien Chezy	C	$n_c = 1$
Koefisien Manning	n	$n_n = n_h^{1/6}$
Volume	V	$n_v = n_h^3$

Sumber: (Pusat Litbang SDA, 2013)

2. Skala model tidak sama/dengan distorsi (*distorted model*)

Skala model tidak sama adalah skala yang dibuat dengan perbandingan antara skala horizontal dan vertikal tidak sama. Model ini pada umumnya digunakan jika cakupan kondisi lapangan yang harus dimodelkan sangat luas.

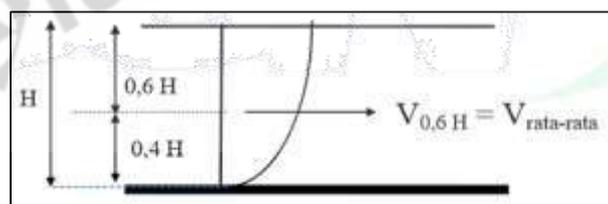
### 2.6.2 Pengukuran Kecepatan Aliran

Salah satu pengukuran pada pengujian model fisik adalah pengukuran kecepatan aliran, karena kecepatan adalah faktor utama dalam menentukan besar gaya hidraulik yang mungkin akan mempengaruhi bangunan. Pengukuran kecepatan dapat dilakukan secara vertikal dan horizontal menggunakan *current meter* dengan acuan SNI 3408:2015 tentang Tata Cara Pengukuran Kecepatan Aliran pada Uji Model Hidraulik Fisik (UMH-Fisik) dengan Alat Ukur Arus Tipe Baling-baling.

Perhitungan kecepatan aliran rata-rata bidang vertikal tergantung dari kedalaman air dan penempatan baling-baling terhadap muka air. Metode yang dapat digunakan dalam menentukan kecepatan rata-rata aliran adalah sebagai berikut:

#### 1. Metode satu titik

Metode ini digunakan jika kedalaman air ( $H$ ) kurang dari 4 kali diameter baling-baling. Baling-baling *current meter* diletakkan pada  $0,4H$  dari dasar atau  $0,6H$  dari muka air seperti pada Gambar 2.6.



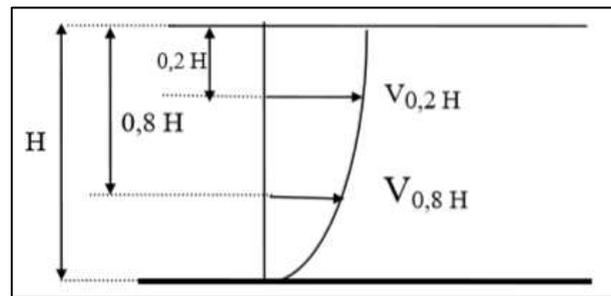
Sumber: (SNI 3408:2015)

**Gambar 2.6** Pengukuran kecepatan metode satu titik

#### 2. Metode dua titik

Metode ini digunakan jika kedalaman air lebih besar dari 5 kali diameter baling-baling. Baling-baling *current meter* diletakkan pada  $0,2H$  dan  $0,8H$  dari muka air seperti pada Gambar 2.7. Hasil kecepatan rata-rata dihitung dengan Rumus 2.6.

$$V_{\text{rata-rata}} = \frac{V_{0,2H} + V_{0,8H}}{2} \dots\dots\dots(2.6)$$



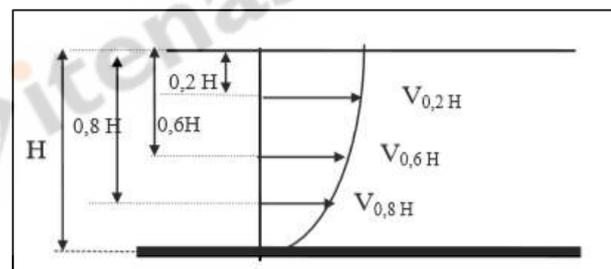
Sumber: (SNI 3408:2015)

**Gambar 2.7** Pengukuran kecepatan metode dua titik

### 3. Metode tiga titik

Metode ini biasa digunakan karena cukup teliti dan dipakai jika kedalaman air lebih besar dari 6 kali diameter baling-baling seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.8. Hasil kecepatan rata-rata dihitung dengan Rumus 2.7.

$$V_{\text{rata-rata}} = \frac{V_{0,2H} + 2V_{0,6H} + V_{0,8H}}{4} \dots\dots\dots(2.7)$$



Sumber: (SNI 3408:2015)

**Gambar 2.8** Pengukuran kecepatan metode tiga titik

#### 2.6.3 Pengukuran Tinggi Muka Air

Ketinggian muka air merupakan unsur pokok yang harus diketahui di dalam uji aliran air di laboratorium. Pada dasarnya, hasil dari pengukuran tinggi muka air adalah untuk mendapatkan profil aliran pada model dan untuk mengetahui perbedaan antara tinggi muka air di lapangan. Pengukuran ini mengacu pada SNI 3411:2008 tentang Tata Cara Pengukuran Tinggi Muka Air pada Model Fisik.

Peralatan yang digunakan berupa alat ukur sipat datar (*waterpass*), theodolit, dan beberapa alat bantu antara lain bangku, jembatan bantu, dan meteran dengan kondisi peralatan yang laik pakai, sudah dikalibrasi, dan untuk alat ukur harus memiliki ujung jarum yang runcing. Alat ukur sipat datar juga diatur agar sesuai dengan elevasi *bench mark* dan didirikan dengan posisi tegak lurus.

## 2.7 Kajian Terdahulu

Penelitian ini disusun dengan dasar dari studi yang pernah dilakukan sebelumnya yang digunakan sebagai bahan perbandingan dan kajian. Kajian terdahulu yang menjadi acuan untuk penelitian ini yaitu oleh James Zulfan (2019) dengan judul penelitian Model Test Bangunan penangkap sedimen Bendung Gumbasa di Kabupaten Sigi, Sulawesi Tengah.

Berdasarkan analisis dengan menggunakan grafik Ake-Sundborg, pada proses pembilasan di saluran *Gravel trap*, diameter sedimen maksimum yang dapat terbilas yaitu 180 mm. Sedangkan pada saluran *Sand trap*, diameter sedimen maksimum yang dapat terbilas yaitu 55 mm. Secara umum, dapat dikatakan bahwa Bangunan penangkap sedimen ini mampu membilas sedimen pada klasifikasi *sand* (pasir) hingga *cobbles* (kerakal).

Hasil evaluasi dan analisis terhadap semua skenario seri perubahan yang dilakukan pada model Seri 1, dapat disimpulkan bahwa Model Seri 1 dapat menjadi pilihan yang paling optimum dan dijadikan usulan hidraulik desain hidraulik saluran *Gravel trap* dan *Sand trap* Bendung Gumbasa.