

PENGARUH SEDIMENTASI TERHADAP SALURAN PEMBAWA PADA PLTMH

Irma Wirantina Kustanrika, S.T, M.T
Jurusan Teknik Sipil, Sekolah Tinggi Teknik PLN
irma_wirantina@yahoo.com

ABSTRAK

Saat ini perkembangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) mengalami peningkatan yang cukup besar di Indonesia. PLTMH memanfaatkan sungai sebagai salah satu sumber untuk memproduksi energy listrik, namun sifat sungai di Indonesia pada umumnya membawa sedimen. Sedimen merupakan salah satu factor penghambat sehingga sedimen yang terbawa sampai ke saluran pembawa harus diperhatikan. Untuk menanggulangi sedimen-sedimen yang terbawa pada saluran pembawa dibuat bangunan pengendali sedimen. Pembuatan bangunan tersebut memperhatikan beberapa faktor.

Kata kunci : PLTMH, Sedimen, Saluran Pembawa

ABSTRACT

Currently the development of micro hydro power plant experienced a considerable increase in Indonesia. PLTMH used the river as a source to produce electrical energy, but the nature of the river in Indonesia is carrying sediment. Sediment is one of the inhibiting factors so that the sediment to the channel carrier must be considered. To cope with the sediments carried by the carrier channel created sediment control structures. Making the building noticed several factors.

Keyword : PLTMH, Sediment, Waterway

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Indonesia merupakan Negara yang sedang mengalami perkembangan yang pesat dimana pembangunan dalam sektor industri digencarkan dan perkembangan penduduk menyebabkan kebutuhan akan energi listrik merupakan hal yang sangat penting untuk diperhatikan. Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro merupakan pembangkit listrik yang murah, tidak menimbulkan polusi dan dapat membantu kebutuhan energi yang sedang meningkat. Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro merupakan suatu pembangkit skala kecil yang mengubah energi potensial air menjadi kerja mekanis dengan cara memutar turbin dan generator untuk menghasilkan daya listrik skala kecil.

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro memanfaatkan debit air sungai untuk memproduksi energi listrik. Pada umumnya sifat sungai di Indonesia membawa sedimen, baik sedimen dasar (*bed load*) maupun sedimen layang (*suspended load*). Sedimen dari sungai harus diperhatikan pada bagian bendung beserta bangunan – bangunan pelengkapanya sehingga tidak mencapai saluran pembawa. Saluran pembawa berfungsi untuk mengalirkan air dari *intake* ke bak penenang. Saluran pembawa dapat berupa saluran terbuka atau tertutup.

Sedimen merupakan salah satu faktor penghambat pada PLTMH. Banyaknya sedimen yang terbawa oleh aliran air akan menyebabkan berkurangnya volume tampungan air itu sendiri, sehingga menyebabkan air yang teraliri sampai ke turbin menjadi sedikit dan hanya akan menghasilkan energi listrik yang kecil. Salah satu hal untuk menanggulangi masalah tersebut adalah merencanakan dengan baik pembuatan saluran pembawa sebagai salah satu komponen pada PLTMH.

2. LANDASAN TEORI

2.1 Saluran Pembawa

Sebagai salah satu komponen pada PLTMH, saluran pembawa berfungsi untuk mengalirkan air dari *intake* ke bak penenang. Saluran pembawa dapat berupa saluran terbuka atau tertutup. Karena secara umum jumlah air yang terangkut kecil, saluran pembawa untuk sebuah pembangkit listrik tenaga air secara mendasar mengadopsi struktur terbuka.

2.1.1 Saluran Terbuka

Keuntungan :

- Relatif murah
- Mudah konstruksi dan perawatannya

Permasalahan :

- Adanya sedimen yang masuk akibat terbawa oleh aliran permukaan di sekitar saluran

2.1.2 Saluran Tertutup

Keuntungan :

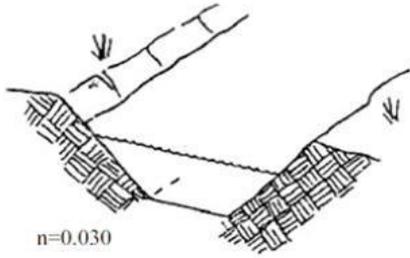
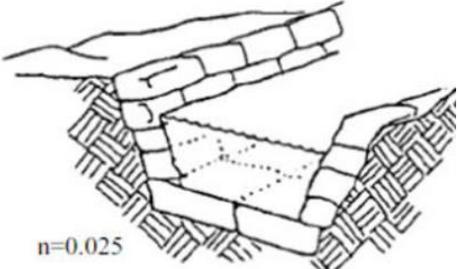
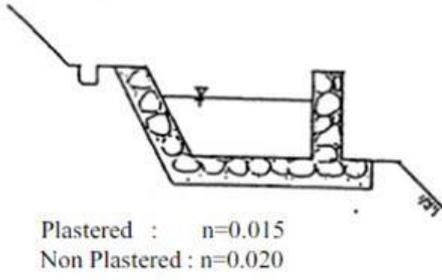
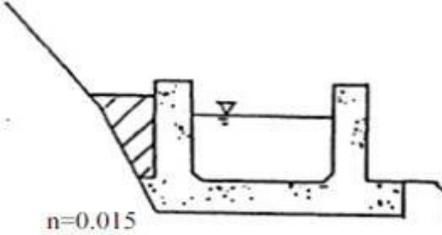
- Tidak ada sedimen yang masuk terbawa aliran permukaan

Permasalahan :

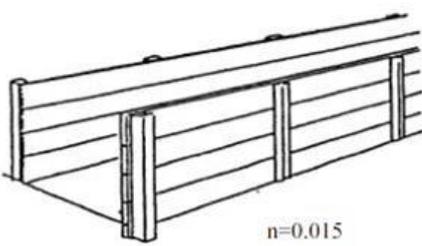
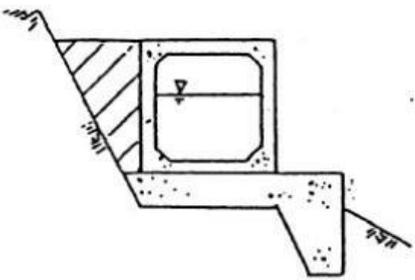
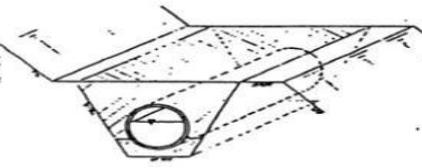
- Sulitnya merawat dan meninjau saluran, termasuk pembersihan dan perbaikannya

2.1.3 Tipe Struktur Dasar Saluran

Tabel 2.1. Tipe Struktur Dasar Saluran

| Tipe | Garis Besar Diagram | Keuntungan dan Permasalahan |
|-------------------------------------|--|---|
| Saluran Tanah Sederhana |  <p>n=0.030</p> | <p>Keuntungan :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mudah dikonstruksi - Murah - Mudah diperbaiki <p>Permasalahan :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mudah mengalami kerusakan pada dindingnya - Tidak dapat diterapkan pada tanah yang tinggi tingkat permeabilitasnya - Sulit untuk membersihkan timbunan sedimen. |
| Saluran lajur (batu dan batu keras) |  <p>n=0.025</p> | <p>Keuntungan :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Konstruksinya relatif mudah - Dapat dibangun dengan menggunakan bahan-bahan lokal - Ketahanan tinggi terhadap gerusan - Relatif mudah diperbaiki <p>Permasalahan :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tidak dapat diterapkan pada tanah permeabilitas tinggi |
| Saluran pasangan batu basah |  <p>Plastered : n=0.015 Non Plastered : n=0.020</p> | <p>Keuntungan :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dapat dibangun dengan menggunakan bahan – bahan lokal - Ketahanan yang tinggi terhadap gerusan - Dapat diterapkan pada tanah yang tinggi tingkat permeabelnya <p>Permasalahan :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Lebih mahal daripada saluran tanah sederhana atau saluran lajur - Relatif banyak memerlukan tenaga kerja |
| Saluran beton |  <p>n=0.015</p> | <p>Keuntungan :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tingkat kebebasan yang cukup tinggi untuk desain potongan melintang <p>Permasalahan :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Konstruksi sulit jika diameter dalamnya kecil - Masa konstruksinya relatif lama |

Lanjutan Tabel 2.1. Tipe Struktur Dasar Saluran

| Tipe | Garis Besar Diagram | Keuntungan dan Permasalahan |
|-----------------------------------|--|---|
| <p>Saluran berpagar kayu</p> |  <p style="text-align: center;">n=0.015</p> | <p>Keuntungan :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Lebih murah bila dibandingkan dengan saluran beton - Susunannya fleksibel jika terjadi deformasi tanah yang kecil <p>Permasalahan :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Penggunaan yang terbatas jika menggunakan pondasi tanah - Kurang cocok untuk <i>cross-section</i> yang cukup besar - Sulit untuk memastikan kerapatan air yang sempurna - Mudah rusak |
| <p>Saluran <i>box culvert</i></p> |  <p style="text-align: center;">n=0.015</p> | <p>Keuntungan :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Konstruksi yang mudah bila dibandingkan dengan pipa hume pada lereng curam dengan kemiringan potongan melintang - Periode konstruksi yang relatif singkat dapat diterapkan pada potongan melintang yang kecil jika produk siap pakainya digunakan - Kaya dengan berbagai jenis variasi produk siap pakai <p>Permasalahan :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Beban yang berat - Biaya transportasi tinggi jika menggunakan produk siap pakai - Periode konstruksi cukup lama jika dibuat langsung pada daerah yang bersangkutan |
| <p>Saluran pipa hume</p> |  <p style="text-align: center;">n=0.015</p> | <p>Keuntungan :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mudah dikonstruksi di daerah tidak terlalu curam - Periode konstruksinya relatif singkat - Ketahanan yang tinggi - Dapat diterapkan pada potongan melintang yang kecil - Memungkinkan untuk konstruksi yang tinggi dengan bentangan yang pendek <p>Permasalahan :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Biaya transportasi yang cukup tinggi dan beban berat |

2.2 Sedimentasi

Sedimentasi merupakan proses pengendapan yg dihasilkan oleh proses erosi yg terbawa oleh suatu aliran air atau angin pada suatu tempat yg kecepatannya lambat atau berhenti. Apabila tenaga angkut semakin berkurang, maka material yang berukuran besar dan lebih berat akan terendap terlebih dulu, baru kemudian material yang lebih halus dan ringan. Pada umumnya, cara pergerakan angkutan sedimen dibagi menjadi 3 macam :

- a. bergulung dan atau meluncur,
- b. bergeser atau meloncat,
- c. melayang.

Partikel yang bergerak dengan cara bergulung, meluncur dan meloncat disebut angkutan muatan dasar (*bed load transport*), sedangkan partikel yang melayang disebut angkutan muatan layang (*suspended load transport*).

Bed load adalah angkutan dasar dimana material dengan besar butiran yang lebih besar akan bergerak menggelincir atau menggelinding satu di atas lainnya pada dasar sungai. Tenaga penggerakannya adalah gaya seret dari lapisan dasar sungai.

Suspended load atau sedimen layang terutama terdiri dari pasir halus yang melayang di dalam aliran karena tersangga oleh turbulensi aliran air. Tetapi bila terjadi perubahan kecepatan aliran, jenis ini dapat berubah menjadi angkutan dasar. Gaya gerak bagi angkutan jenis ini adalah turbulensi aliran dan kecepatan aliran itu sendiri. Dalam hal ini dikenal kecepatan pungut atau *pick up velocity*. Untuk besar butiran tertentu bila kecepatan pungutnya dilampaui, material akan melayang. Sebaliknya, bila kecepatan aliran yang mengangkutnya mengecil di bawah kecepatan pungutnya, material akan tenggelam ke dasar aliran.

Wash load atau sedimen cuci terdiri dari partikel lanau dan debu yang terbawa masuk ke dalam sungai dan tetap tinggal melayang sampai mencapai laut atau genangan air lainnya. Jumlahnya 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.

2.3 Bangunan Pengendali Sedimen

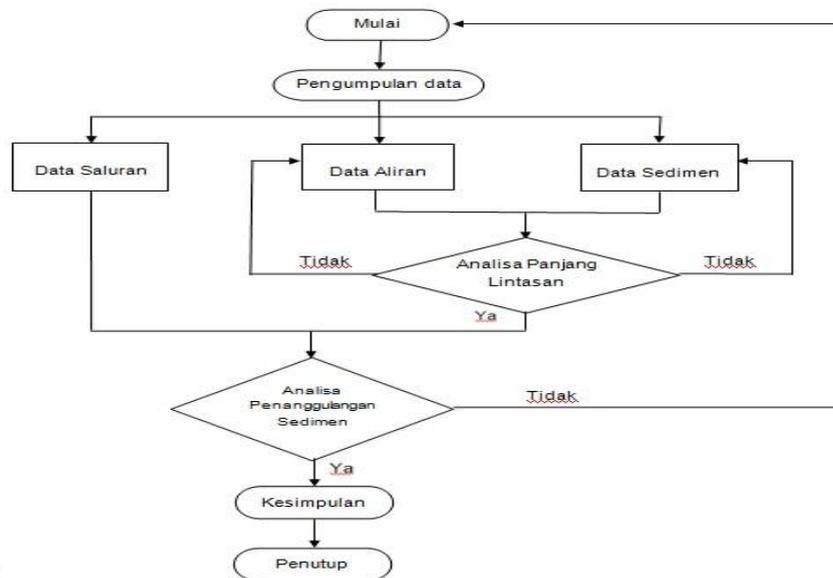
Pada prinsipnya pengendalian angkutan sedimen adalah mengusahakan agar sedimen dapat terbawa oleh aliran sungai sampai ke tempat tertentu yang tidak merugikan. Dalam rangka pengendalian angkutan sedimen, dibuat bangunan-bangunan seperti bangunan penangkap sedimen, dan kantong lumpur, dan sebagainya.

Manfaat lain dari pembuatan bangunan penangkap sedimen antara lain :

- a. Mampu mengurangi sedimentasi dengan cara yang lebih mudah operasi dan pemeliharaannya serta lebih murah biaya konstruksinya.
- b. Mengurangi dan melokalisir penambangan pasir liar oleh masyarakat.
- c. Hasil endapan sedimen bias bernilai ekonomis tinggi dan menjadi sumber mata pencaharian masyarakat yang ada di sekitar lokasi.

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir



Gambar 3. Diagram Alir Metodologi Penelitian

3.2 Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini data – data yang dibutuhkan adalah data aliran, data saluran dan data sedimentasi. Dimana data aliran meliputi debit dan kecepatan aliran tersebut. Data saluran meliputi jenis saluran. Serta data sedimentasi berupa jenis sedimen.

3.3 Analisa Panjang Lintasan

Pengolahan data yang pertama kali dilakukan adalah menentukan debit dan kecepatan aliran, serta ukuran dan kecepatan pengendapan sedimen yang kemudian akan dilakukan perhitungan untuk dapat menentukan panjang lintasan masing-masing jenis sedimen. Panjang lintasan yang dimaksud adalah panjang jarak yang dibutuhkan oleh sedimen hingga mengendap atau tidak mampu digerakkan lagi oleh aliran.

3.4 Analisa Penanggulangan Sedimen

Setelah dapat menentukan panjang lintasan, maka selanjutnya menentukan cara – cara yang tepat dalam menanggulangi sedimen tersebut. Dalam analisa penanggulangan sedimen perhitungan diperoleh melalui data saluran dan panjang lintasan sedimen.

4. ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Aliran

a. Saluran Tanah Tanpa Pasangan

Pada saat merencanakan saluran yang perlu diperhatikan adalah biaya konstruksi dan biaya pemeliharaan yang ekonomis. Saluran tanah tanpa pasangan relatif lebih kecil biaya

konstruksinya. Saluran tanah memiliki kekasaran yang lebih tinggi dibanding saluran dengan pasangan. Semakin tinggi kekasaran permukaan saluran akan menyebabkan berkurangnya kecepatan sehingga mempercepat sedimentasi.

b. Saluran Pasangan

Bahan untuk pembuatan pasangan sangat tergantung dari ketersediaan material setempat. Bahan untuk pasangan saluran yang biasa digunakan antara lain adalah pasangan batu (*masonry lining*), pasangan beton (*concrete lining*), pasangan bronjong (*gabion lining*), dan tanah.

Tabel 4.1. Ketebalan Minimum Bahan Pasangan

| Jenis | Ketebalan Minimum (cm) |
|--------------------------|------------------------|
| pasangan batu | 30 |
| pasangan beton tumbuk | 7 |
| pasangan beton bertulang | 8-10 |
| pasangan semen tanah | 10 -15 |
| pasangan tanah | 60 -75 |

c. Geometri Penampang Saluran

Penampang saluran diharapkan bisa mengalirkan debit tertentu dengan luas penampang basah yang sekecil – kecilnya (minimum), penampang demikian biasa disebut penampang efisien atau penampang ekonomis. Untuk saluran dengan kapasitas debit yang besar dibuat dengan memperhatikan perbandingan lebar dasar (B) dengan kedalaman (h) yang tinggi, hal ini untuk menghindari agar kecepatan rencana tidak melebihi batas kecepatan maksimum yang diizinkan. Berikut ini disajikan tabel karakteristik saluran.

Tabel 4.2. Karakteristik Saluran

| Q (m ³ /dtk) | M | b/h | K |
|-------------------------|-----|-----------|------|
| 0,15 - 0,30 | 1,0 | 1,0 | 35 |
| 0,30 - 0,50 | 1,0 | 1,0 - 1,2 | 35 |
| 0,50 - 0,75 | 1,0 | 1,2 - 1,3 | 35 |
| 0,75 - 1,00 | 1,0 | 1,3 - 1,5 | 35 |
| 1,00 - 1,50 | 1,0 | 1,5 - 1,8 | 40 |
| 1,50 - 3,00 | 1,5 | 1,8 - 2,3 | 40 |
| 3,00 - 4,50 | 1,5 | 2,3 - 2,7 | 40 |
| 4,50 - 5,00 | 1,5 | 2,7 - 2,9 | 40 |
| 5,00 - 6,00 | 1,5 | 2,9 - 3,1 | 42,5 |
| 6,00 - 7,50 | 1,5 | 3,1 - 3,5 | 42,5 |
| 7,50 - 9,00 | 1,5 | 3,5 - 3,7 | 42,5 |
| 9,00 - 10,00 | 1,5 | 3,7 - 3,9 | 42,5 |
| 10,00 - 11,00 | 2,0 | 3,9 - 4,2 | 45 |
| 11,00 - 15,00 | 2,0 | 4,2 - 4,9 | 45 |
| 15,00 - 25,00 | 2,0 | 4,9 - 6,5 | 45 |
| 25,00 - 40,00 | 2,0 | 6,5 - 9,6 | 45 |

Sumber : Buku Irigasi dan Bangunan Air, Penerbit Gunadarma

4.2 Data Saluran

Dalam menentukan bentuk dan dimensi saluran yang akan digunakan dalam pembangunan saluran baru maupun dalam kegiatan perbaikan penampang saluran yang sudah ada, salah satu hal penting yang perlu dipertimbangkan adalah ketersediaan lahan.

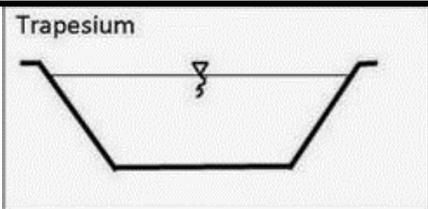
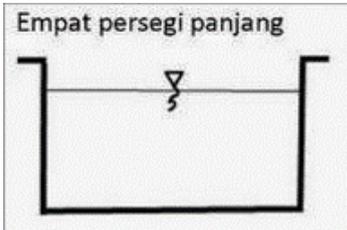
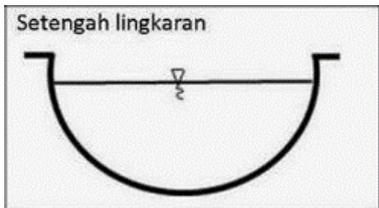
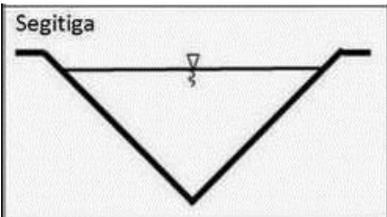
a. Saluran Tertutup

Berfungsi mengalirkan air, baik yang sudah tercemar maupun yang belum tercemar, saluran ini dibangun untuk daerah dengan kepadatan tinggi dan lahan yang sempit, misalnya komersil, perkantoran, dll.

b. Saluran Terbuka

Saluran terbuka berfungsi untuk menyalurkan air yang belum tercemar atau kualitasnya tidak membahayakan. Lokasinya terletak pada daerah yang masih tersedia lahan serta tidak pada daerah yang sibuk.

Tabel 4.3 Bentuk – bentuk dan Fungsi Dasar Penampang Saluran Terbuka

| Bentuk Saluran | Fungsi |
|--|--|
|  <p>Trapesium</p> | <p>Berfungsi untuk menampung dan menyalurkan limpasan air hujan dengan debit yang besar.</p> <p>Sifat alirannya terus menerus dengan fluktuasi yang kecil. Bentuk saluran ini dapat digunakan pada daerah yang masih cukup tersedia lahan.</p> |
|  <p>Empat persegi panjang</p> | <p>Berfungsi untuk menampung dan menyalurkan limpasan air hujan dengan debit yang besar.</p> <p>Sifat alirannya terus menerus dengan fluktuasi yang kecil.</p> |
|  <p>Setengah lingkaran</p> | <p>Berfungsi untuk menyalurkan limpasan air hujan untuk debit yang kecil.</p> <p>Bentuk saluran ini umumnya digunakan untuk saluran rumah penduduk dan pada sisi jalan perumahan yang padat.</p> |
|  <p>Segitiga</p> | <p>Berfungsi untuk menampung dan menyalurkan limpasan air hujan untuk debit yang kecil.</p> <p>Bentuk saluran ini digunakan pada lahan yang cukup terbatas.</p> |

Sumber : http://lorenskambuaya.blogspot.com/2014/05/bentuk-dan-dimensi-saluran-terbuka_18.html

4.3 Data Sedimentasi

Sedimentasi pada saluran disebabkan karena kecepatan aliran tidak bisa mengangkut partikel sedimen yang ada dalam saluran.

Untuk mengupayakan agar tidak terjadi sedimentasi maka ruas – ruas saluran hendaknya mengikuti kriteria $I\sqrt{R}$ konstan atau makin besar kearah hilirnya. Dimana I adalah kemiringan dasar saluran, dan R adalah jari – jari hidrolis penampang saluran.

Tabel 4.4 Waktu Pengendapan dari Masing – Masing Ukuran Sedimen

| Ukuran Sedimen (m) | Ketinggian Lumpur (m) | Waktu Pengendapan (s) | Ketinggian Sedimen (m) |
|-----------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|
| 0,02 | 5,94 | 0,18 | 0,01 |
| 0,00085 | 5,93 | 1,00 | 0,02 |
| 0,000425 | 5,92 | 4,01 | 0,07 |
| 0,000125 | 5,87 | 45,97 | 0,19 |
| 0,000075 | 5,75 | 125,07 | 0,64 |
| 0,0000097 | 5,30 | 6893,11 | 0,66 |
| 0,0000071 | 5,28 | 12810,14 | 0,68 |
| 0,000005 | 5,26 | 25717,81 | 0,71 |
| 0,0000036 | 5,23 | 49392,84 | 0,73 |
| 0,0000025 | 5,21 | 101974,26 | 0,75 |

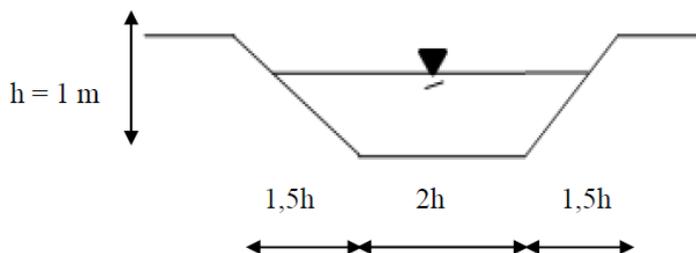
Sumber : <http://digilib.its.ac.id/public/ITS-Undergraduate-11552-4304100026-Paper.pdf>

4.4 Analisa Panjang Lintasan

Untuk mendapatkan panjang lintasan sedimen perlu diketahui debit dan kecepatan aliran, data saluran, serta ukuran dan kecepatan pengendapan sedimen yang kemudian akan dilakukan perhitungan.

Contoh Perhitungan :

- a. Sedimen dengan Ukuran Butir 0,125 mm
Diketahui dimensi saluran terbuka berbentuk trapesium.
 $Q = 3 \text{ m}^3/\text{s}$
 $h = 1 \text{ m}$
Dari tabel 4.2. diperoleh data sebagai berikut :
 $b / h = 2$ karena $h = 1 \text{ m}$, maka $b = 2 \text{ m}$ $m = 1,5 h$



$$A = \frac{1}{2} \times (2m+5m) \times 1m = 3,5 m^2$$

$$Q = V \times A$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{3 m^3/s}{3,5 m^2} = 0,857 m/s$$

$$\text{Sehingga, Panjang Lintasan (L)} = V \times T = 0,857 m/s \times 45,97 s = 39,396 m$$

- b. Sedimen dengan Ukuran Butir 0,425 mm

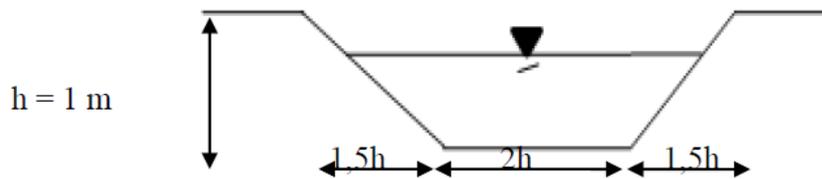
Diketahui dimensi saluran terbuka berbentuk trapesium.

$$Q = 3 m^3/s$$

$$h = 1 m$$

Dari tabel 4.2. diperoleh data sebagai berikut :

$$b/h = 2 \quad \text{karena } h = 1 m, \text{ maka } b = 2 m \quad m = 1,5 h$$



$$A = \frac{1}{2} \times (2m+5m) \times 1m = 3,5 m^2$$

$$Q = V \times A$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{3 m^3/s}{3,5 m^2} = 0,857 m/s$$

$$\text{Sehingga, Panjang Lintasan (L)} = V \times T = 0,857 m/s \times 4,01 s = 3,437 m$$

- c. Sedimen dengan Ukuran Butir 0,85 mm

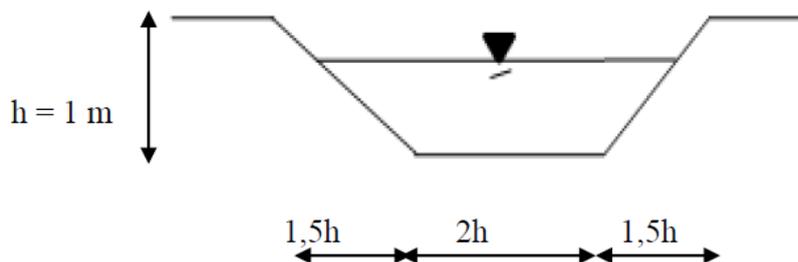
Diketahui dimensi saluran terbuka berbentuk trapesium.

$$Q = 3 m^3/s$$

$$h = 1 m$$

Dari tabel 4.2. diperoleh data sebagai berikut :

$$b/h = 2 \quad \text{karena } h = 1 m, \text{ maka } b = 2 m \quad m = 1,5 h$$



$$A = \frac{1}{2} \times (2m+5m) \times 1m = 3,5 m^2$$

$$Q = V \times A$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{3 m^3/s}{3,5 m^2} = 0,857 m/s$$

$$\text{Sehingga, Panjang Lintasan (L)} = V \times T = 0,857 m/s \times 1 s = 0,857 m$$

4.5 Analisa Penanggulangan Sedimen

Untuk mengendalikan angkutan sedimen, dibuat bangunan penangkap sedimen dan kantong lumpur. Bahan yang telah mengendap di kantong kemudian dibersihkan secara berkala. Pembersihan biasanya dilakukan dengan menggunakan aliran air yang deras untuk menghanyutkan bahan endapan tersebut kembali ke sungai. Dalam hal – hal tertentu, pembersihan dilakukan dengan cara yang lain, yaitu dengan jalan mengeruk.

Hal – hal yang perlu diperhatikan untuk bangunan kantong lumpur :

- a. Panjang dan lebar kantong lumpur dipengaruhi oleh diameter sedimen yang akan mengendap, topografi dan kemungkinan dilakukannya pembilasan.
- b. Kedalaman tampungan di ujung kantong Lumpur ± 1 m untuk jaringan kecil (debit aliran sampai dengan $10 \text{ m}^3/\text{detik}$) dan ± 2 m untuk jaringan sangat besar (debit aliran sampai dengan $100 \text{ m}^3/\text{detik}$).
- c. Struktur dasar saluran kantong lumpur sebaiknya saluran dengan pasangan karena saluran tanah tanpa pasangan akan tergerus pada saat sedimen dialirkan kembali ke sungai.

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan pada bab IV maka dapat diambil kesimpulan :

- a. Jenis sedimen yang masuk ke dalam saluran pembawa memiliki ukuran dan waktu kecepatan pengendapan yang berbeda-beda.
- b. Sedimen dengan ukuran butir $0,12 \text{ mm}$ memiliki panjang lintasan pengendapan terjauh yaitu sebesar $39,396 \text{ m}$.
- c. Untuk menanggulangi angkutan sedimen pada saluran pembawa, dibuat bangunan penangkap sedimen dan kantong lumpur.
- d. Pembuatan bangunan penangkap sedimen dipasang pada jarak 40 meter yang merupakan jarak terjauh dari panjang lintasan sedimen – sedimen yang ada, agar bangunan tersebut dapat berfungsi secara efektif.

DAFTAR PUSTAKA

- Sidharta, S.K., 1997. *Irigasi Dan Bangunan Air*, Gunadarma 1997.
- Dandekar, *Pembangkit Listrik Tenaga Air*, Universitas Indonesia, Jakarta 1991.
- Ray K Lingsley, *Teknik Sumber Daya Air, Jilid 1*, Erlangga, Jakarta 1986.
- Ray K Lingsley, *Teknik Sumber Daya Air, Jilid 2*, Erlangga, Jakarta 1986.
- <http://lorenskambuaya.blogspot.com/2014/05/bentuk-dan-dimensi-saluran-terbuka-18.html>
- I Made Kamiana, *Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air*, Graha Ilmu, Yogyakarta 2011
- Yanbo Chen, Kaoru Takara, Ian Cluckie and Hilaire, *GIS and Remote Sensing in Hydrologi, Water Resources & Environmen*, IAHS, China 2004
- CD.Soemarto, BIE, *Hidrologi Teknik*, Usaha Nasional, Surabaya 1986.