

Efektifitas Bendungan Gesing Kerjo dalam Penanggulangan Dampak Timbunan Lumpur Akibat Muatan Transport Sedimen

Tri Prandono

Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Surakarta

Email: tri.prandono@gmail.com

ABSTRAK

Seiring berjalannya waktu dan diikutinya dengan pertumbuhan penduduk dan perkembangan wilayah, kebutuhan pangan juga semakin meningkat dan pada prakteknya justru faktor-faktor pendukung peningkatan produksi pangan ini terhambat oleh perkembangan jaman itu sendiri seperti pembukaan lahan baru pada Daerah Aliran Sungai / DAS sehingga memperbesar arus limpasan permukaan dan secara otomatis memperbesar aliran transport sedimen. Hal tersebut pastinya akan berdampak langsung pada umur baik bendung maupun bendungan sebagai tempat untuk sumber andalan suplesi air irigasi pada lahan pertanian. Penelitian ini berusaha membuat sebuah analisis efektifitas tampungan waduk dalam pengaruh langsung dari suplai air dari Daerah Aliran Sungai yang tentunya sangat terpengaruh oleh arus transport sedimen dan dalam penelitian ini mengambil lokasi pada Waduk Gesing Kerjo. Metode penelitian pada penelitian ini menggunakan metode analisis kuantitatif dengan mengambil 3 titik sampel air dan bahan sedimen 2 di daerah kanan kiri bendung dan 1 di daerah hulu bendung kemudian dilakukan pengumpulan data yang kemudian dianalisis datanya untuk diambil kesimpulan, dengan menggunakan rumus dari persamaan Einstein untuk analisis sedimen dasar dan menggunakan rumus persamaan Einstein untuk analisis sedimen melayang. Dari hasil analisis kedua rumus tersebut didapatkan besar laju sedimen total sebesar 0.0084 kg/dt dan harus dilakukan revitalisasi waduk setiap 10 tahun sekali.

Kata kunci: Debit aliran, sedimen, rumus Einstein

ABSTRACT

As time goes by and is followed by population growth and regional development, the need for food is also increasing and in practice the supporting factors for increasing food production are hampered by the development of the era itself, such as the opening of new land in the river basin area so that it increases surface run off. And automatically enlarge the sediment transport flow. This will certainly have a direct impact on the age of both the weir and the dam as a mainstay source of irrigation water supply on agricultural land. This study seeks to make an analysis of the effectiveness of the reservoir reservoir in direct influence of the water supply from the watershed which is of course greatly affected by sediment transport currents and in this study took the location at the Gesing Kerjo Reservoir. The research method in this study uses a quantitative analysis method by taking 3 sample points of water and sediment material 2 in the right and left areas of the

weir and I in the upstream area of the weir then collecting data and then analyzing the data to draw conclusions, using the formula from the Einstein equation for basic sediment analysis. And using Einstein's equations for floating sediment analysis. From the results of the analysis of the two formulas, it is found that the total sediment rate is 0.0084 kg/day and the reservoir must be revitalized every 10 years
Keywords: Flow discharge, sediment, Einstein's formula.

1. PENDAHULUAN

Seiring pertumbuhan penduduk dan perkembangan wilayah, kebutuhan pangan juga semakin meningkat dan pada prakteknya justru faktor-faktor pendukung peningkatan produksi pangan terhambat oleh perkembangan jaman itu sendiri seperti pembukaan lahan baru pada Daerah Aliran Sungai/DAS sehingga memperbesar arus limpasan permukaan dan secara otomatis memperbesar aliran tranport sedimen. Hal tersebut pastinya akan berdampak langsung pada umur baik bendung maupun bendungan sebagai tempat untuk sumber andalan suplesi air irigasi pada lahan pertanian

Dalam rangka pengembangan sektor pertanian langkah yang bisa diambil diantaranya adalah studi eksploitasi yang efektif dan efisien yang bertujuan agar supaya tingkat pelayanan jaringan dan umur pelayanan jaringan irigasi dapat bisa bertahan lebih lama. Secara umum kondisi Bendungan Gesing Kerjo Kabupaten Karanganyar yang dari tahun ke tahun semakin memburuk yang disebabkan oleh cukup tuanya umur jaringan dan diperparah oleh perubahan tata guna lahan yang seharusnya untuk pertanian banyak diubah menjadi lahan pemukiman dan pembukaan lahan pertanian yang baru. Hal tersebut dikhawatirkan akan mengurangi tingkat pelayanan maupun umur pelayanan yang telah direncanakan.

Dibutuhkan sebuah kajian studi yang efektif dan efisien yang bisa digunakan sebagai sebuah rekomendasi kegiatan eksploitasi serta pemeliharaan agar supaya tingkat pelayanan jaringan dan umur pelayanan jaringan irigasi dapat bertahan lebih lama. Meskipun pada dasarnya selama ini juga telah disediakan dana untuk melakukan kegiatan operasi dan pemeliharaan tetapi nilainya masih jauh dari yang dibutuhkan. Oleh karena itu kondisi jaringan irigasi yang telah direhabilitasi/dibangun selama ini dari tahun ke tahun semakin memburuk dan dikhawatirkan akan mengurangi tingkat pelayanan ataupun umur pelayanan yang telah direncanakan.

Dalam mendukung sektor pertanian ini penulis mencoba melakukan sebuah kajian tentang efektifitas sebuah bendungan terhadap endapan di lapangan yang mengambil lokasi di Bendungan Gesing Kerjo Kabupaten Karanganyar yang pada saat ini telah mengalami banyak sekali perubahan terutama di daerah Aliran Sungai akibat perkembangan penduduk dan perkembangan perumahan yang sangat cepat dan perubahan tata guna lahan lainnya dan diperparah dengan kurangnya kesadaran masyarakat dalam menjaga kelestarian lingkungannya.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Dalam teori transport sedimen secara umum sedimen atau perpindahan partikel oleh zat cair dibagi menjadi 3 kelompok besar yaitu :

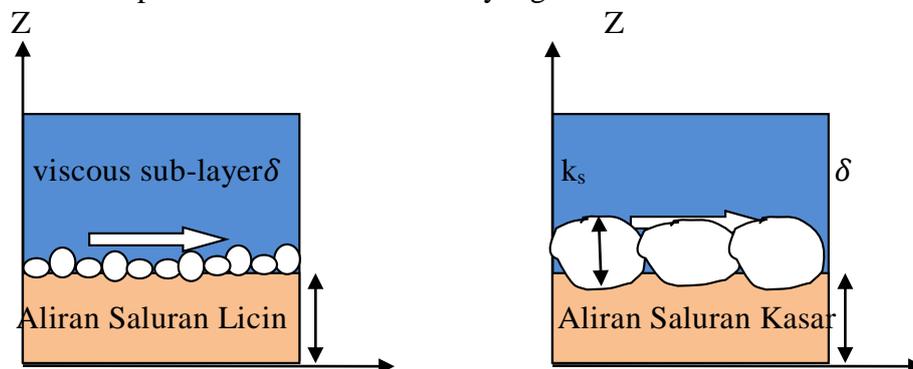
1. *Wash load* adalah yaitu sebuah partikel bendapadat yang karena kecilnya berat sendiri sehingga menjadi melayang dalam cairan / tersuspensi. Wash load adalah transpor sedimen dengan ukuran yang lebih besar jika dibandingkan dengan jenis partikel yang terdapat pada dasar saluran. Besarnya volume wash load banyak ditentukan oleh keadaan partikel sedimen yang ada pada daerah hulu dalam artian jika daerah hulu cenderung tanahnya berlumpur dari lempun akan sangat cenderung besar volumenya. Seringkali dalam sebuah perhitungan wash load ini kurang diperhitungkan / banyak diabaikan kecuali pada perhitungan sedimentasi dengan besar aliran rendah seperti waduk, pelabuhan, kantong lumpur dan lainnya.
2. *Suspended load* adalah jenis yang tersuspensi baik berat sendiri yang besar maupun kecil dikarenakan adanya perputaran arus pada aliran maka partikel ini akan terbawan. *Suspended load* ini adalah transpor sedimen yang tersuspensi oleh gaya grafitasi dan yang diimbangi gaya angkat yang terjadi pada turbulensi aliran.
3. *Bed load* adalah jenis partikel yang cenderung berat sendirinya besar sehingga besar arus tidak mampu menahanya untuk mengalir dan cenderung akan tenggelam pada dasar sungai dan berpindah dengan cara menggelinding, menggeser, melompat. Secara umum konfigurasi pergerakan sedimen ini membentuk konfigurasi dasar seperti dunes, ripple dan lainnya.

Dalam sebuah perhitungan beberapa variabel aliran / karakteristik aliran yang sangat berpengaruh besar dalam transpor antara lain sebagai berikut:

1. Rapat massa, ρ .
2. Viskositas, ν .
3. Variabel aliran :
 - a. kecepatan, $V(u,v,w)$
 - b. tegangan geser, τ

Pada aliran seragam turbulen rumus distribusi kecepatan dan kecepatan rata-rata secara hidrolis dapat dibedakan menjadi 2 bagian yaitu:

1. Kecepatan untuk dasar saluran yang licin.
2. Kecepatan untuk dasar saluran yang kasar.



δ : Tebal viscous sub-layer, ν : Viskositas kinematik = $0.01 \text{ cm}^2/\text{s}$ (air)
 $U_* \delta / \nu = 11.6$

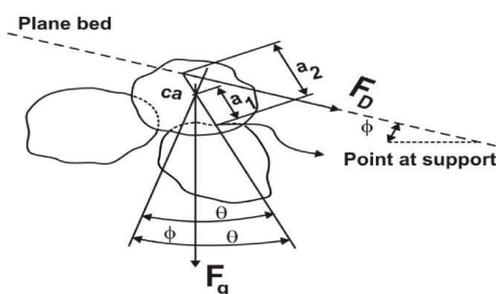
Gambar 1. Ilustrasi dasar saluran licin dan kasar.

Sumber : Diktat Kuliah Transpor Sedimen, Istiarto, Teknik Sipil UGM, 2004

Secara teoritis dan berdasarkan pada teori-teori yang sudah ada pergerakan awal sebuah partikel didekati dengan pendekatan:

1. Kecepatan / *competent velocity*, adalah yaitu adanya pergerakan partikel di dalam zat cair yang berhubungan dengan kecepatan maupun percepatan rerata yang ada pada dasar sungai.
2. Gaya angkat / *lift force*, yaitu sebuah keadaan yang disebabkan oleh adanya besar aliran saluran sehingga mengakibatkan partikel tersebut mulai bergerak ke atas maka pada kondisi inilah pergerakan partikel dimulai.
3. Konsep gaya seret (Tegangan geser kritis), yaitu sebuah teori pendekatan dimana peran gaya geser pada partikel dengan dasar saluran yang mengakibatkan partikel ini bergerak

Untuk memahami ketiga keadaan di atas bisa dipahami dengan gambar 2. berikut,



Gambar 2. Beberapa gaya yang mengakibatkan pergerakan partikel.

Dalam teori lain yang disampaikan oleh Valden (1989) menerangkan bahwa proses pengangkutan sedimen pada zat cair sebagai berikut,

1. *The stirring up of bottom*, yaitu keadaan dimana material partikel mulai terlepas atau disebut sebagai *saltation load*.
2. *The horizontal displacement*, yaitu keadaan dimana sebuah partikel mulai bergerak ke arah arus disebut sebagai *suspended load*.
3. *The re-sedimentation*, yaitu keadaan dimana sebuah partikel mulai bergerak kebawah dasar saluran disebut sebagai *contact load*.

Sedangkan teori lain yang disampaikan oleh seorang ilmuwan terkenal dan akan diterapkan dalam analisa ini adalah dari teori Albert Einstein pada tahun 1950.

Einstein mendapatkan rumus-rumus persamaan angkutan partikel dalam zat cair dasar dengan teori yang didapat dari percobaan meski pada awalnya dan masih belum memperhitungkan pengaruh keadaan dasar saluran dan baru pada tahun 1950 beliau menyempurnakan teorinya dengan memasukkan pengaruh konfigurasi dasar.

Einstein tidak sepaham dengan teori sebelumnya yang menjelaskan bahwa pergerakan butir sedimen dapat didefinisikan dengan jelas yaitu pada saat kondisi terbatas. Einstein berpendapat bahwa jika tegangan geser kritis sebagaimana yang didefinisikan oleh para ahli benar-benar ada, maka untuk bisa bergesernya sebuah partikel harus didapatkan gaya yang tepat. Sebenarnya gerakan partikel dalam zat cair sungguh sangat sulit untuk didekati, maka teori sudah ada masih

belum layak digunakan. Einstein kemudian menurunkan rumus yang diyakininya bahwa pergerakan partikel disebabkan kaerana adanya gaya angkat hidrodinamik sesaat (*Instantaneous hydrodynamic lift force*) yang melebihi berat partikel di dalam air dan einstein menjelaskan teorinya dengan statistik yang duat olehnya.

Dari uraian uraian teori yang telah dijelaskan di atas maka teori Einstein yang menjelaskan pergerakan partikel terdiri dari dua konsep utama yaitu,

1. Konsep kritis ditiadakan, hal ini mendasarkan karena sangatlah sulit mendekati kondisi di mana partikel mulai bergerak.
2. Angkutan dasar sedimen lebih banyak dipengaruhi oleh besarnya aliran yang terjadi pada zat cair yang ada dalam arti berhenti atau Bergeraknya sebuah partikel sedimen santlah tepat dihubungkan dengan hasil statistik gaya angkat hidrodinamik sesaat dengan berat partikel dalam air.

Sehingga didapatkan teori akhir oleh teori Einstein untuk menghitung besar angkutan sedimen dengan persamaan sebagai berikut,

$$T_b = \varphi \cdot \rho_s \cdot g^{3/2} \cdot \Delta^{1/2} d_{35}^{3/2}$$

Di mana,

T_b : angkutan sedimen dasar (bed load), dalam N/m.s atau m³/s, ton/s.

φ : intensitas angkutan butiran, sebagai fungsi Einstein yang berhubungan dengan intensitas tegangan geser ψ , yang dapat diperoleh dari grafik fungsi Einstein. Sedang nilai ψ adalah,

$$\psi = \frac{\Delta d_{35}}{\mu R I}$$

ρ_s : Rapat massa sedimen kg/m³

g : percepatan gravitasi, dalam m/s².

Δ : Rapat massa relatif.

d_{35} : Diameter butiran yang lolos ayakan 35%.

R : Jari-jari hidrolis

I : Kemiringan slope.

μ : Ripple faktor.

Dan menurut Einstein berbeda dengan teori Muller Peter dan Mayer dengan menentukan nilai faktor Riplle dengan rumus sebagai berikut,

$$\mu = \left(\frac{C}{C_{d90}} \right)^{3/2}$$

Di mana, C = Koefisien Chezy total (kekasaran butiran + bentuk).

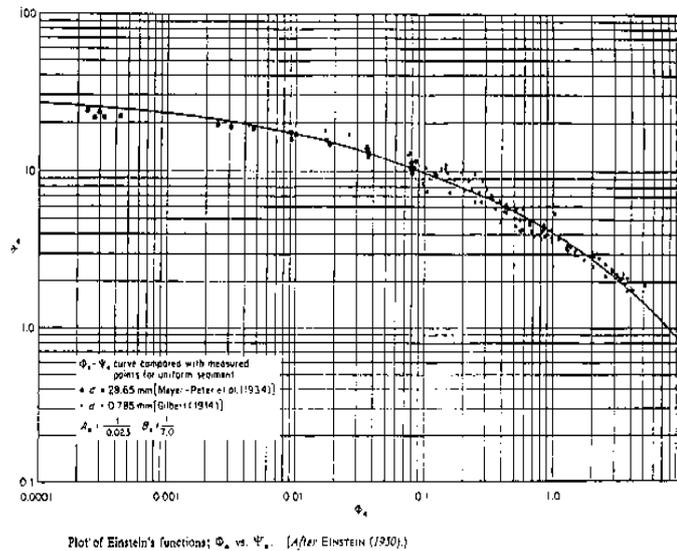
= 18 log (12.R)/K

R = Jari-jari hidroulis.

K = Koefisien kekasaran.

C_{d90} = Koefisien Chezy karena kekasaran.

Adapun grafik hubungan antara intensitas angkutan butiran φ sebagai fungsi Einsten dengan intensitas tegangan geser ψ dapat digunakan sebagai alat bantu untuk menentukan besar volume angkutan sedimen dasar bisa dilihat pada grafik Enstain no 1. di bawah ini,



Grafik 1. Grafik Einstein untuk menentukan besar angkutan sedimen dasar
 Sumber : Transpor sedimen, Jaji Abdurrasyid 2003

Sedimen melayang atau *suspended load* bisa dimungkinkan dikarenakan adanya pengaruh gaya luar berupa gaya angkat yang besarnya melebihi gaya gesek pada saluran yang bersifat turbulen dan akan terhenti pada saat tertentu dimana gaya yang bekerja berkurang. Pada saat belum terjadi atau bahkan pada saat awal biasanya air masih terlihat bening jika material ini terangkut bergerak dikarenakan adanya kelebihan gaya luar yang bekerja dan bergerak sebagai sedimen melayang dan secara fisik dapat diidentifikasi aliran akan menjadi lebih keruh.

Adapun teori-teori tentang persamaan angkutan sedimen melayang atau *suspended load* ini dibuat oleh beberapa peneliti yang lain (Biasa digunakan oleh para peneliti lain) salah satu yang dianggap memenuhi unsur pengetahuan yang digunakan dalam penelitian ini adalah dari teori Albert Einstein (1950) sebagai berikut,

Sebenarnya teori yang disamp[aikan oleh Einstein adalah sebuah pengembangan teori dari oleh Rouse (1937) yang meneliti tentang memperkirakan besaran konsentrasi sedimen di dasar saluran dengan jurak y .

Dengan meneliti tentang distribusi kecepatan logaritmik dan mendasarkan teori Rouse, maka teori persamaan Einstein ini dijabarkan sebagai berikut,

$$q_s = 11,6 U_*' C_a \cdot a \left[2,303 \cdot \log \left(\frac{30,2 D}{\Delta} \right) \cdot I_1 + I_2 \right]$$

dengan

q_s : angkutan sedimen melayang (lb/s/ft)

U_*' : kecepatan geser (ft/s)

C_a : konsentrasi sedimen (o/oo)

$a = 2d$; dengan $d = d_{65}$

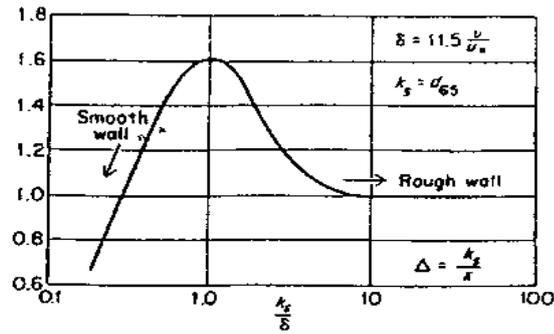
d_{65} : diameter lolos saringan 65 %.

D : kedalaman aliran (in)

Δ : rapat massa relatif

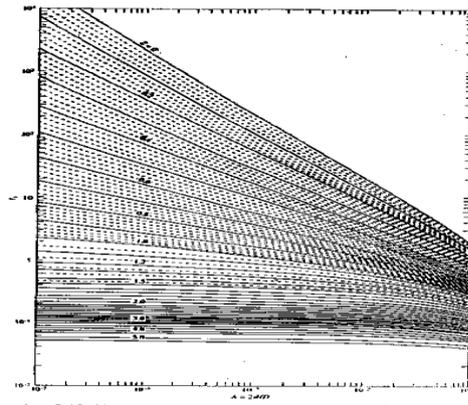
I_1, I_2 : nilai integral 1 dan 2 yang tergantung dari kedalam Z dan faktor koreksi $A = 2d/D$ untuk mencari nilai integral 1 dan 2 bisa menggunakan grafik 3 dan 4.

Dan untuk mendapatkan nilai rapat massa relatif Δ memanfaatkan sebuah grafik pada grafik 2. tentang hubungan grafik χ vs k_s/δ berikut ini,



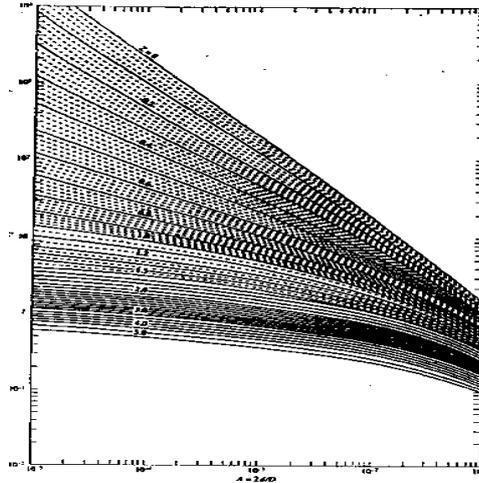
Grafik 2. Grafik Hubungan antara χ vs $\frac{k_s}{\delta}$ untuk sedimen melayang.

Sumber : Transpor sedimen, Jaji Abdurrasyid 2003



Grafik 3. Grafik Hubungan antara I_1 dan A untuk berbagai nilai Z.

Sumber : Transpor sedimen, Jaji Abdurrasyid 2003



Grafik 4. Grafik Hubungan antara I_2 dan A untuk berbagai nilai Z .
 Sumber : Transpor sedimen, Jaji Abdurrasyid 2003

3. METODOLOGI PENELITIAN

Jenis penelitian ini adalah penelitian kuantitatif yaitu dengan melakukan analisis data yang diambil langsung di lapangan. Dimana untuk kuantitatif sendiri adalah penelitian yang kemudian data yang diperoleh diolah dan dianalisis untuk diambil kesimpulan.

Pengumpulan data pada penelitian ini meliputi dua kegiatan utama yaitu kegiatan di lapangan untuk pengumpulan data primer dan kegiatan ruangan untuk pengumpulan data sekunder. Untuk data primer kegiatan yang dilakukan adalah mengambil sampel material langsung di lapangan, yaitu mengambil sampel sedimen dasar atau *Bed Load* dan sedimen melayang atau *Suspended load* pada 3 (Tiga) buah titik sampel yaitu,

1. Pada daerah hilir bendungan, yaitu pada posisi sebelah kiri bendungan yang berada pada ujung bendung sebelah kiri.
2. Pada daerah hilir bendungan, yaitu pada posisi sebelah kanan bendungan yang berada pada ujung bendung sebelah kanan.
3. Pada daerah hulu bendungan, yaitu pada titik pertemuan antara masuknya sungai dengan bendungan.

Dari lima buah titik sampel tersebut kemudian diuji material di laboratorium mekanika tanah di Universitas Surakarta untuk mengetahui nilai / besar parameter antara lain,

1. Berat jenis sedimen dasar.
2. Grafik gradasi sedimen dasar.
3. Komposisi butiran dasar.
4. Konsentrasi sedimen melayangnya.

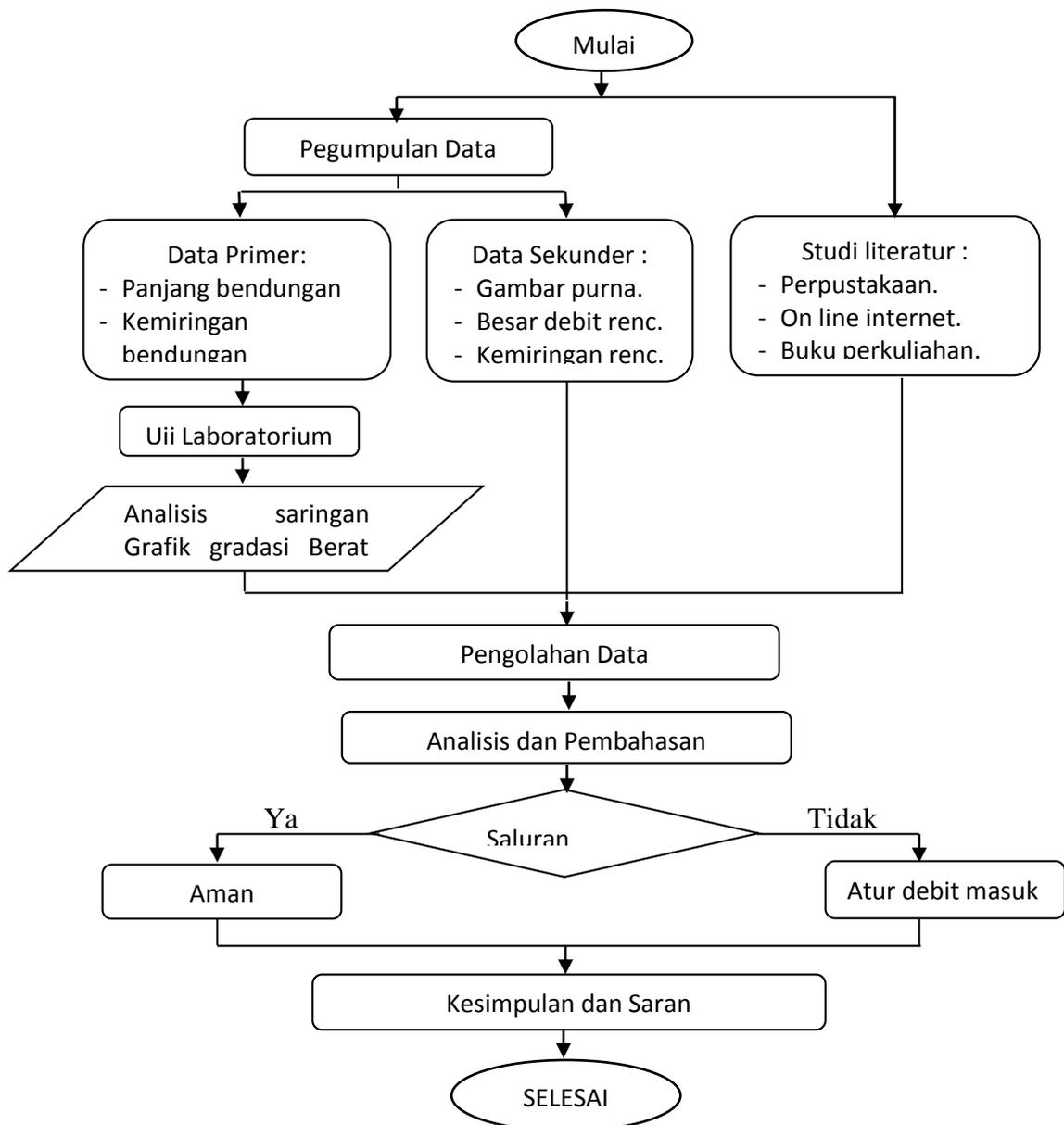
Adapun pengumpulan data sekunder adalah mengambil data pada instansi terkait yaitu di Balai Besar Wilayah Sungai Bengawan Solo berupa gambar detail bendungan serta besaran debit rata-rata saluran inlet. Selain itu pengumpulan data sekunder juga berupa studi literatur dan studi pustaka yang dikumpulkan dari

buku – buku yang berkaitan dengan penelitian ini meliputi jurnal atau tulisan ilmiah lainnya.

Dari kedua data primer dan sekunder kemudian dilanjutkan dengan langkah selanjutnya yaitu memasukan sampel baik dari sedimen dasar / bad load maupun sedimen melayang / suspended load ke laboratorium untuk dilakukan pengujian guna mendapatkan variabel-variabel nilai antara lain grafik gradasi butiran, berat jenis agregat, konsentrasi sedimen pada sampel air.

Langkah selanjutnya melakukan analisa perhitungan dengan mendasarkan pada data dari laboratorium dan menggabungkan dengan data pendukung dari data sekunder untuk mendapatkan besar sedimen yang terangkut

Penelitian akan dilaksanakan dengan urutan rencana sesuai bagan alir yang ditunjukkan pada gambar di bawah,



4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Adapun data yang telah dikumpulkan kemudian dibuatkan tabel dengan hasil adalah sebagai berikut :

Tabel 1. Data sedimen dasar Waduk Gesing Kerjo

No	Data	Lokasi Pengambilan Sampel		
		Hilir Kiri	Hulu	Hilir Kanan
1.	Lebar dasar saluran rerata, b (m).	150	45	150
2.	Kedalaman aliran, h (m)	0.38	0.48	0.47
3.	Kemiringan dasar saluran, S	1.3×10^{-2}	1.4×10^{-3}	1.2×10^{-2}
4.	Debit aliran, m ³ /dt	0.0505	0.1450	0.0412
5.	Komposisi butiran dasar :			
	d ₃₅ (mm) ¹⁾	0.124	0.915	0.315
	d ₅₀ (mm) ¹⁾	0.115	0.911	0.845
	d ₆₅ (mm) ¹⁾	0.412	1.044	0.145
	d ₉₀ (mm) ¹⁾	6.254	5.223	4.711
6.	Rapat massa :			
	ρ_s (kg/m ³) ¹⁾	2.45	2.74	2.44
	ρ_w (kg/m ³) ¹⁾	1,00	1,00	1,00
7.	Rapat massa relatif, Δ	1.14	1.47	1.64
8.	Suhu air, T (°C)	28°	25°	27°
9.	Kekentalan Kinematis, ν (cm ² /s) ²⁾	0,00563	0,00745	0,00455
10.	Konsentrasi sedimen, Ca ($\times 10^6$ ppm) ¹⁾	0.000140 216	0.000122 445	0.0004152 85
11.	Kekasaran saluran, n ³⁾	0.014	0.015	0.017

Keterangan : ¹⁾ Hasil uji Laboratorium, lihat lampiran.

²⁾ Appendix-2 Sedimentation Engineering, Vanoni, 1975.

³⁾ Tabel 5-6, Open Channel Flow, Chow, 1985.

Tabel 2. Data sedimen melayang Waduk Gesing Kerjo

No	Data	Lokasi Pengambilan Sampel		
		Hilir Kiri	Hulu	Hilir Kanan
1	Kedalaman Pengambilan Sampel	80 cm	60 cm	75 cm
2	Konsentrasi Sedimen (gr/l)	0,0161	0,1579	0,0323
3	Berat Volume (kg/m ³)	0,0100	0,0900	0,0200
4	Berat Jenis butiran dlm Air (kg/m ³)	0,61419	0,56379	0,61588
5	Kemiringan Dasar Waduk	$1,40 \times 10^{-2}$	$1,14 \times 10^{-3}$	$1,25 \times 10^{-2}$

Sumber : Hasil Survey

Dari hasil perhitungan besaran sedimen baik itu sedimen dasar ataupun besar sedimen melayang dengan menggunakan rumus dasar yang diturunkan oleh Albert Einstein didapatkan hasil seperti pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil analisa perhitungan sedimen dasar Waduk Gesing Kerjo.

NO	DATA	LOKASI PENGAMBILAN		
		Hilir Kiri	Hulu	Hilir Kanan
I	Besarnya Angkutan Sedimen Dasar (<i>Bed Load</i>) Metode Einstein	0.0048	0.0057	0.0055
II	Besarnya Angkutan Sedimen melayang (<i>Suspended Load</i>) Metode Einstein	0.0024	0.0034	0.0033
III	Besarnya Angkutan Sedimen total (<i>Total Load</i>) Metode Einstein	0.0072	0.0091	0.0088

Nilai total rata-rata besaran transport sedimen pada waduk Gesing Kecamatan Kerjo Kabupaten Karanganyar ini dengan perhitungan sebagai berikut,

$$\begin{aligned} Q_x &= (Q_1 + Q_2 + Q_3) / n \\ &= (0.0072 + 0.0091 + 0.0088) / 3 \\ &= 0.0084 \text{ Kg/det.} \end{aligned}$$

Dari hasil pengukuran rapat massa dilapangan didapatkan nilai rata-rata rapat massanya adalah = 2.54 kg/m³ maka besaran angkutan sedimen jika dihitung dengan satuan m³ pertahunnya adalah sebagai berikut,

$$\begin{aligned} Q_x &= 0.0084 \times 60 \times 24 \times 365 / 2.54 \text{ m}^3/\text{tahun} \\ &= 1.738,2045 \text{ m}^3/\text{tahun} \end{aligned}$$

Jika diketahui volume *dead Storage* waduk Gesing Kerjo ini adalah 16.845,55 m³ maka waduk ini harus dilakukan perawatan berupa pengangkatan konsentrasi sedimen dengan cara pengerukan dasar waduk setiap saat dengan satuan waktu pertahun.

$$\begin{aligned} T_{op} &= Q_{ds} / Q_x \\ &= 16.845,55 / 1.738,20 \\ &= 9,68 \text{ pertahun} \end{aligned}$$

Dibulatkan = 10 tahun.

Jadi waduk Gesing Kerjo ini seharusnya setiap 10 tahun sekali dilakukukan operasi dan pemeliharaan berupa pengerukan kembali dasar waduk dan pembersihan lingkungannya atau pekerjaan revitalisasi.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan dan pembahasan sebelumnya maka dapat disimpulkan sebagai berikut ini :

1. Dari hasil data dan pengolahan data di lapangan didapatkan bahwa menunjukkan bahwa kecenderungan adanya ketidakstabilan endapan baik dari hasil sedimen melayang maupun dari sedimen dasar.
2. Dari hasil analisis perhitungan besaran konsentrasi sedimen sebagai nilai total rata-rata besaran transport sedimen baik sedimen melayang ataupun sedimen dasar pada waduk Gesing Kecamatan Kerjo Kabupaten Karanganyar ini adalah sebesar 0.0084 Kg/det.
3. Untuk tindakan preventif dalam rangka memeperpanjang umur waduk Gesing Kerjo ini maka diperlukan tindakan revitalisasi waduk berupa pengedukan dan pembersihan lingkungan waduk setiap 10 tahun sekali.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim 2016 *Buku Ajar Perkuliahan*. Universitas Surakarta.
- Abdurachman, A., Abuyamin, S., dan Kurnia, U., 1984. *Pengelolaan Tanah dan Tanaman Untuk Usaha Konservasi*. Pusat Penelitian Tanah, Bogor.
- Asdak, C., 2004. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah. 2002. *Metode, Spesifikasi dan tata cara : Bendung, Bendungan, Sungai, Irigasi dan Pantai*. Edisi Pertama.
- Direktorat Jendral Reboisasi dan Rehabilitasi Lahan. 1998. *Pedoman Penyusunan Rencana Teknik Lapangan Rehabilitasi Lahan dan Konservasi Tanah Daerah Aliran Sungai*. Departemen Kehutanan RI. Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum. 22 Agustus 2008. *Seminar Nasional Bencana Alam Sedimen*. Yogyakarta,
- Departemen Pekerjaan Umum Badan Penelitian dan Pengembangan. 1987. *Penelitian Erosi / Sedimentasi di Daerah Pengaliran Waduk Kedung Ombo*.
- Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Kabupaten Sragen Bidang Sumber Daya Air 2011 *Buku Laporan Debit, Curah Hujan* Jakarta, .
- Legono, D. (2002). *"River Sedimentation, Yogyakarta: Master of Engineering in Natural Disaster Management"*, Yogyakarta.
- Mutreja, K.N., 1986. *Applied Hydrology*. Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited. New Delhi.
- Sri Harto, 2000. *Hidrologi Teori Masalah penyelesaian*. Nafiri, Jakarta.
- Suripin. 2002. *Pelestarian Sumber Daya Tanah dan Air*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Triatmodjo, Bambang.2008. *Hidrologi Terapan*. Beta Offset, Yogyakarta.
- Sucipto, 2007. *Analisis Erosi Yang Terjadi si Lahan Karena Pengaruh Kepadatan Tanah*. Wahana Teknik Sipil, Universitas Negeri Semarang,
- Yuliman Ziliwu. 2002. *Pengaruh Beberapa Macam Tanaman Terhadap Aliran Permukaan dan Erosi*. Tesis: tidak dipublikasikan. Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro Semarang.