

EVALUASI FUNGSI BANGUNAN PENGENDALI SEDIMEN (*CHECK DAM*) PENGKOL BERDASARKAN PERUBAHAN TATA GUNA LAHAN KALI KEDUANG KABUPATEN WONOGIRI

Tanty Rahayu¹⁾, Suyanto²⁾, Solichin³⁾

¹⁾Mahasiswa Program S1 Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret

²⁾ ³⁾Pengajar Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

Jalan Ir.Sutami No.36A Surakarta 57126.Telp.0271647069. Email : tantyr Rahayu94@gmail.com

Abstract

Check Dam Pengkol one check dam which is upstream Bengawan Solo Das Keduang. Check Pengkol Dam was completed in 2008. The purpose-built check dams to slow the rate of sedimentation The reservoir. The rate of erosion and sedimentation in the watershed area Keduang Check Dam area of 6260 ha Pengkol using USLE of 57136 m³ / year. The estimated volume of sediment during the 8 years using Equation Meyer - Peter Muller of 320064,9827 m³. Check Dam reservoir sediment Pengkol of 413553 m³ and the rest of the check dam age is 1.2 years. To extend the life of check dams, check dams should be redesigned. Redesign check dams based on ISO 2851: 2015. Based on design flood is calculated using the method HSS Nakayasu of 607.068 m³ / sec, high care Check Dam Pengkol redesigned to 1.5 m and the water level in the upper 3.2 m overflowing. The width of 2 m must be adapted to the type of sediment is sand and gravel. High dam planned major re 5 meters up the pitcher and the pitcher off the dynamic length. Bin check dam increased to 823846 m³ and age check dam to full capacity is for 2.5 years. The new design Check Dam Pengkol secure against sliding, rolling, piping and bearing capacity.

Keywords: : *Check Dam, Sediment*

Abstrak

Check Dam Pengkol merupakan salah satu check dam yang berada di Bengawan Solo hulu Das Keduang. Check Dam Pengkol selesai dibangun pada tahun 2008. Tujuan dibangun check dam untuk memperlambat laju sedimentasi ke Waduk Wonogiri. Laju erosi dan sedimentasi DAS Keduang pada daerah Check Dam Pengkol seluas 6260 ha menggunakan metode USLE sebesar 57136 m³/th. Estimasi volume sedimen selama 8 tahun menggunakan Persamaan Meyer – Peter Muller sebesar 320064,9827 m³. Tampungan sedimen Check Dam Pengkol sebesar 413553 m³ dan sisa umur check dam adalah 1,2 tahun. Untuk memperpanjang umur check dam, maka check dam perlu didesain ulang. Desain ulang check dam berdasarkan SNI 2851:2015. Berdasarkan debit banjir rencana yang dihitung menggunakan Metode HSS Nakayasu sebesar 607,068 m³/detik, tinggi jagaan Check Dam Pengkol didesain ulang menjadi 1,5 m dan tinggi muka air di atas peluap 3,2 m. Lebar mercu sebesar 2 m disesuaikan dengan jenis sedimen yaitu pasir dan kerikil. Tinggi bendung utama direncanakan ulang setinggi 5 meter sehingga tampungan mati dan tampungan dinamis semakin panjang. Tampungan check dam meningkat menjadi 823846 m³ dan umur check dam hingga tampungan penuh adalah selama 2,5 tahun. Desain baru Check Dam Pengkol aman terhadap geser, guling, piping dan daya dukung pondasi.

Kata kunci: : Check Dam, Sedimen

PENDAHULUAN

Daerah Aliran Sungai (DAS) Keduang termasuk dalam Sub DAS Bengawan Solo fungsi dari DAS adalah sebagai penampung air yang berasal dari air hujan dan sumber-sumber lainnya. Namun peran DAS terganggu dengan adanya perubahan tata guna seperti pembukaan lahan perumahan dan lahan pertanian dan hal tersebut menyebabkan berkurangnya fungsi resapan air, erosi dan sedimentasi. Sedimentasi menyebabkan naiknya permukaan air sehingga debit sungai apabila terjadi banjir air sungai dapat meluap ke daratan. Proses pencegahan sedimentasi tidak dapat dilakukan seiring masih ada air yang mengalir pada sungai, akan tetapi proses sedimentasi dapat diperlambat. Untuk memperlambat proses sedimentasi makan diperlukan data mengenai tipe sedimen yang dihasilkan dan cara pengangkutan, lokasinya, volume, intensitas evolusi dasar sungai, hujan, debit sungai dan lain sebagainya. Salah satu usaha untuk memperlambat proses sedimentasi ini dengan cara membangun bangunan pengendali sedimen.

Bangunan pengendali sedimen (*Check Dam*) berfungsi unuk memperlambat gerakan dan berangsur-angsur mengurangi volume sedimen. *Check dam* yang sudah ada juga perlu dievaluasi untuk mengetahui *check dam* tersebut

masih mampu atau tidak menampung sedimen karena seiring berjalannya waktu dan perubahan tata guna lahan yang menyebabkan erosi volume sedimen cenderung meningkat. Setelah di evaluasi dapat diketahui kondisi *check dam* dan dilakukan redesain agar *check dam* dapat dipakai untuk waktu yang lebih lama.

Tujuan Penelitian

1. Mengetahui besaran sedimen yang terdapat pada *Check Dam* Pengkol
2. Mengetahui keamanan *Check Dam* Pengkol melalui perhitungan stabilitas
3. Mengetahui desain ulang bangunan *Check Dam* Pengkol guna pengendalian sedimen dalam jangka waktu yang lebih lama

TINJAUAN PUSTAKA

Erosi

Erosi merupakan salah satu faktor kerusakan lingkungan. Erosi cenderung bertambah setiap tahunnya. Erosi tanah yang meliputi proses pelepasan butir-butir tanah dan pemindahan tanah akan menyebabkan timbulnya bahan endapan atau sedimentasi. Erosi dapat menurunkan kesuburan tanah, karena saat terjadi erosi tanah bagian atas akan terkikis terlebih dahulu, padahal lapisan atas adalah lapisan yang paling subur karena banyak mengandung bahan organik, akibat erosi maka hanya tertinggal tanah yang bagian bawah yang cenderung tidak subur dan menghasilkan produk dengan kualitas yang kurang baik. Erosi dapat menimbulkan pendangkalan karena tanah mengalir bersama dengan alir, butir-butir tanah yang terlepas akibat erosi akan terangkut masuk ke dalam aliran sungai dan kemudian akan mengendap pada tempat tertentu berupa sedimentasi. Endapan sedimentasi akan semakin bertambah dan akan menimbulkan pendangkalan pada waduk dan muara sungai yang akan mengurangi umur dan kapasitas waduk. Besarnya tingkat erosi di pengaruhi oleh sedimen yang terangkut, semakin banyak sedimen yang terangkut semakin besar juga erosinya (Triana Susanti dan Muh Hendrie,2006).

Sedimen

Sedimentasi merupakan proses pengendapan material hasil erosi pada tempat tertentu. Proses sedimentasi dimulai dari jatuhnya air hujan yang mengalir kemudian membawa angkutan sedimen dan sedimen mengendap pada tempat tertentu. Materi yang mengendap dapat disebabkan oleh berbagai hal, misalnya materi terbawa angin dan aliran air. Sedimen yang ada mengendap pada saluran air, sungai, dan waduk. Proses sedimentasi dimulai dari jatuhnya air hujan yang mengalir kemudian membawa angkutan sedimen dan sedimen mengendap pada tempat tertentu.

Check Dam

Check dam merupakan bangunan pengendali sedimen, bangunan ini biasanya terdapat di sebelah hulu yang berfungsi memperlambat gerakan dan berangsur-angsur mengurangi volume sedimen. Dibutuhkan bangunan *check dam* yang kuat untuk menahan aliran air dan menahan benturan dari sedimen yang terangkut.

Check dam biasanya digunakan pada *chat ment* area yang kecil karena mempunyai daya tampung yang sangat kecil dan umur layan *check dam* sangat pendek. *Check dam* adalah bangunan yang berfungsi menampung atau menahan sedimen dalam jangka waktu sementara maupun tetap dan harus tetap melewatkan air baik melalui mercu maupun tubuh bangunan. *Check dam* juga digunakan untuk mengatur kemiringan dasar sungai sehingga mencegah terjadinya penggerusan yang membahayakan stabilitas bangunan di sepanjang sungai. (Boguslaw Michalec, 2014)

Estimasi sedimen yang mengendap di *check dam* untuk setiap jumlah material yang dapat tererosi, selain longsoran yang sudah ada, material sisa longsoran lama dan erosi sekunder secara praktis dilaksanakan dengan perhitungan pada suatu daerah yang termasuk dalam suatu DAS. Pada beberapa lokasi, variasi komposisi sedimen pada potongan memanjang dan melintang sungai dapat berupa pasir halus, pasir kasar, pasir kerikil, maupun batuan, hal ini menunjukkan bahwa proses pengendapan sedimen tergantung pada gradasi, yang meliputi variasi ukuran, kepadatan, bentuk, dan kebulatan butiran. Proses pengendapan sedimen pada suatu tampungan sangat dipengaruhi oleh penampang sungai dan kecepatan arus. (Boguslaw Michalec, 2014).

LANDASAN TEORI

Metode Thiessen

Waktu Naik

$$P = \frac{P_1A_1 + P_2A_2 + \dots + P_nA_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \dots \dots \dots [1]$$

Metode Gumbel

$$X = X + S \cdot Kt \dots\dots\dots [2]$$

Metode Log Pearson III

$$\text{Log } Xt = \log X + K \cdot si \dots\dots\dots [3]$$

Metode Log normal

$$Y_T = Y + K_T \cdot S \dots\dots\dots [4]$$

Metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu

$$Q_{maks} = \frac{\frac{1}{3.6} A R_o}{0.3 T_p + T_{0.3}} \dots\dots\dots [5]$$

$$T_p = T_g + 0.8 t_r \dots\dots\dots [6]$$

$$T_{0.3} = \alpha T_g \dots\dots\dots [7]$$

$$T_g = 0.4 + 0.058 L \quad \text{untuk } L > 15 \text{ km} \dots\dots\dots [8]$$

$$T_g = 0.21 L^{0.17} \quad \text{untuk } L > 15 \text{ km} \dots\dots\dots [9]$$

Metode Rasional

$$Q_t = 0.278 \text{ C.I.A} \dots\dots\dots [10]$$

$$R = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{T_c} \right)^{2/3} \dots\dots\dots [11]$$

$$T_c = L/W \dots\dots\dots [12]$$

$$W = 72 \left(\frac{H}{L} \right)^{0.6} \dots\dots\dots [13]$$

Analisa Sedimen menggunakan Metode USLE

$$SDR = \frac{S(1 - 0.8683 \cdot A^{-0.2018})}{2(S + 50 \cdot n)} + 0.08683 \cdot A^{-0.2018} \dots\dots\dots [14]$$

$$S_{pot} = E_{Akt} \cdot SDR \dots\dots\dots [15]$$

Persamaan Meyer-Peter Muller

$$\left(\frac{k}{k'} \right)^{3/2} \gamma_w R S = 0.047 (\gamma_s - \gamma_w) d_m + 0.25 \left(\frac{\gamma_w}{g} \right)^{1/3} \left(\frac{\gamma_s - \gamma_w}{\gamma_s} \right) g_{sb}^{2/3} \dots\dots\dots [16]$$

Stabilitas Check Dam

$$\text{Stabilitas geser} = FK_{geser} = \frac{(\sum PV \tan \phi + c b_2')}{\sum PH} > 1, 2 \dots\dots\dots [17]$$

$$\text{Stabilitas guling} FK_{guling} = \frac{\sum MV}{\sum MH} > 2 \dots\dots\dots [18]$$

$$\text{Stabilitas daya dukung} = \sigma_{1,2} = \frac{\sum PV}{D} \left[1 \pm \frac{6e}{D} \right] < \text{daya dukung ijin} \dots\dots\dots [19]$$

$$\text{Stabilitas piping} = Cl \text{ (hitung)} = \frac{\sum Lv + \frac{1}{3} l_H}{H} < 1,8 \dots\dots\dots [20]$$

e = eksentrisitas resultan gaya yang bekerja (m)

$\sum Lv$ = tinggi bendungan

$\frac{1}{3} l_H$ = tinggi muka air diatas mercu

Desain Check Dam

Panjang bangunan penahan sedimen harus dapat menutup seluruh lebar sungai dengan baik. Peluap bendung utama harus dibuat berbentuk trapezium sungai, perhitungan dimensi peluap berdasarkan persamaan berikut,

$$Q = \frac{2}{15} C \sqrt{2g} [3B_1 + 2B_2] h_3^{3/2} \dots\dots\dots [21]$$

Tinggi jagaan pada bendung ditentukan berdasarkan debit desain. Lebar mercu peluap ditentukan berdasarkan jenis sedimen. Tinggi bendung utama direncanakan sesuai kapasitas tampung rencana. Tinggi kolam olak dan tebal lantai kolam olak ditentukan pada persamaan persamaan berikut,

$$L = l_w + X + b_2 \dots\dots\dots [22]$$

$$l_w = V_0 \sqrt{\frac{2(H_1 + \frac{1}{3}h_3)}{g}} \dots\dots\dots [23]$$

$$V_0 = \frac{q_0}{h_3} \dots\dots\dots [24]$$

$$X = \beta \cdot h_j \dots\dots\dots [25]$$

$$h_j = \frac{h_1}{2} \left(\sqrt{1 + 8Fr_1^2} - 1 \right) \dots\dots\dots [26]$$

$$h_1 = \frac{q_1}{v_1} \dots\dots\dots [27]$$

$$v_1 = \sqrt{2g(H_1 + h_3)} \dots\dots\dots [28]$$

$$Fr_1 = \frac{v_1}{\sqrt{gH_1}} \dots\dots\dots [29]$$

$$t = 0,1 (0,6 h_1 + 3h_3 - 1) \dots\dots\dots [30]$$

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif evaluatif. Langkah kegiatan penelitian ini dimulai dengan pencarian data dan survey lokasi di *Check Dam* Pengkol wilayah DAS Keduang Bengawan Solo Hulu kemudian dilakukan perhitungan Pengolahan data hujan untuk mencari curah hujan rencana metode yang digunakan adalah Metode Log Normal, Metode Gumbel dan Metode Log Pearson III, Perhitungan debit rencana menggunakan Metode Rasional dan Metode HSS Nakayasu, Evaluasi erosi dan sedimen pada DAS menggunakan metode USLE (*Universal Soil Loss Equation*) , Perkiraan Sedimen Tertampung dengan Persamaan Meyer -Peter Muller data yang digunakan pada persamaan ini adalah data diameter medium, Perhitungan Stabilitas *Check Dam* Pengkol meliputi stabilitas terhadap geser, stabilitas guling, stabilitas terhadap daya dukung dan stabilitas terhadap piping dan yang terakhir adalah Desain ulang check dam menggunakan peraturan SNI 2851;2015 sebagai dasar perencanaan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Curah Hujan Rencana

Hasil perhitungan curah hujan ketiga metode yang dipakai disajikan pada Tabel 1

Tabel 1 Rekapitulasi Curah Hujan Rencana (mm)

No	Periode	Metode Gumbel	Metode Log Person III	Metode Log Normal
1	2	82,9012	84,2786	85,8793
2	5	105,5736	103,2554	103,2104
3	10	120,5858	116,1230	112,2886
4	20	139,5521	124,1557	119,7163
5	50	153,6223	145,4356	128,1755
6	100	167,5905	158,4203	133,9526
7	200	181,5048	173,6103	139,1107
8	1000	213,7413	208,4042	149,6331

Untuk perhitungan debit curah hujan rencana yang dipakai adalah Metode Gumbel karena berdasarkan perhitungan parameter statistik Metode Gumbel memenuhi persyaratan distribusi.

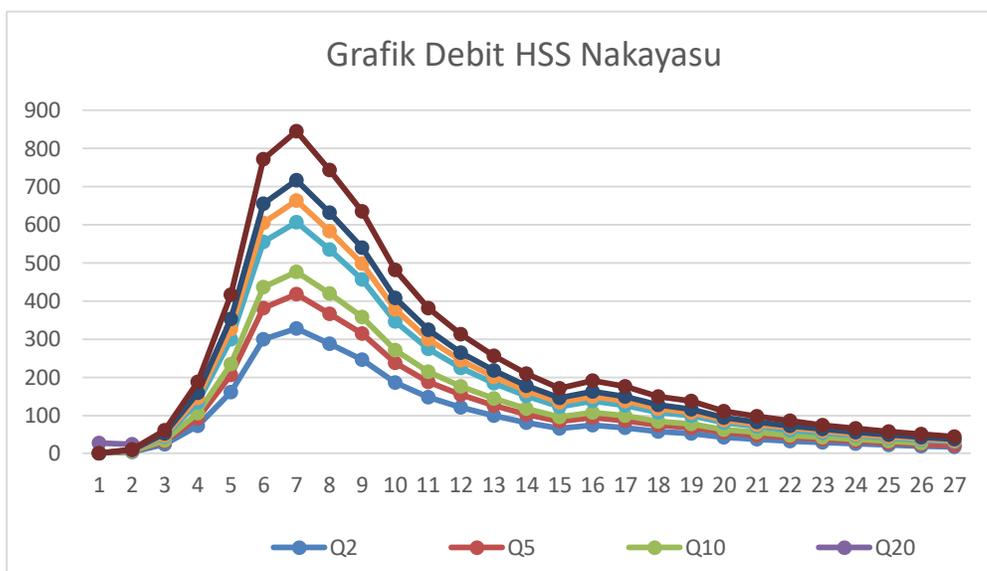
Debit Rencana

Hasil perhitungan debit rencana dari kedua metode yang dipakai disajikan pada Tabel 2

Tabel 2 Rekapitulasi Debit Rencana

NO	Periode Ulang (tahun)	Metode Rasional (m ³ /det)	Metode HSS Nakayasu (m ³ /det)
1	2	355,9063	327,6003
2	5	453,2418	417,1946
3	10	517,6914	476,5183
4	20	599,1164	551,4674
5	50	659,5218	607,0686
6	100	719,4892	662,2667
7	200	779,2249	717,2515
8	1000	917,6207	844,6403

Dari tabel diatas dapat disimpulkan bahwa perhitungan debit dengan metode yang berbeda menghasilkan nilai yang berbeda. Debit yang dipakai dalam perhitungan selanjutnya adalah perhitungan dari Metode HSS Nakayasu karena cocok diterapkan untuk sungai-sungai di Pulau Jawa. Grafik Debit HSS Nakayasu dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Grafik Debit HSS Nakayasu

Untuk keamanan bangunan dan efisiensi serta ketidakpastian debit yang akan terjadi maka dipakai debit Q₅₀ maksimum dari kedua metode diatas yaitu dari Metode HSS Nakayasu sebesar 607,0686 m³/det.

Analisis Erosi Sedimentasi

Perkiraan Laju sedimentasi pada penelitian ini menggunakan metode USLE (*Universal Soil Equation*) untuk mengetahui berapa besar erosi yang masuk ke *Check Dam* Pengkol. Dari hasil perhitungan metode ini didapat hasil EI₃₀ = 22,608 ton.cm/ha.jam, LS = 10,197, E_{pot} = 3.172.079,4059 ton/th , E_{akt} = 63441,588 ton/ha/th, SDR = 0,546, S_{pot} = 34627,77 ton/th dan total Sedimentasi yang terjadi pada daerah *Check Dam* Pengkol adalah sebesar 57136 m³/th.

Prediksi sedimen yang mengendap di *Check Dam* Pengkol menggunakan persamaan Meyer-Peter Muller dalam sehari = 109,611 m³, dalam setahun = 40008,1228 m³ Jadi sedimen rata-rata yang tertimbun dalam sehari adalah 109,611 m³ dan selama 8 tahun (2008 -2016) sebesar 320064,9827 m³.

Tampungan Check Dam

Rumus yang digunakan dalam perhitungan tampungan *Check Dam* berdasarkan Laporan Akhir Pembangunan *Check Dam* Bengawan Solo yang didapat dari Balai Besar Wilayah Bengawan Solo. Setelah diketahui tampungan total *Check Dam* Pengkol sebesar 413353 m³ dan estimasi sedimen yang tertimbun berdasarkan persamaan Meyer-Peter Muller sebesar 320064,9827 m³, maka dapat diketahui umur sisa *Check Dam* Pengkol yaitu sebesar 1,2 tahun

Stabilitas Check Dam Pengkol

Hasil perhitungan stabilitas geser adalah 2,0492 lebih besar dari 1,2 sehingga aman terhadap geser, hasil perhitungan stabilitas guling adalah 2,7174 lebih besar dari 2 sehingga aman terhadap guling, hasil perhitungan stabilitas terhadap daya dukung adalah 29,4178 t/m³ dan 27,0021 t/m³ lebih kecil dari daya dukung ijin yaitu sebesar < 32 t/m³ sehingga masih aman terhadap daya dukung pondasi, dan hasil perhitungan stabilitas guling adalah sebesar 4,8084 lebih besar dari 1,8 sehingga aman terhadap piping. *Check Dam* Pengkol hingga saat ini masih aman terhadap geser, guling, piping maupun terhadap daya dukung sehingga masih aman apabila untuk didesain ulang dengan penambahan dimensi.

Desain ulang Check Dam Pengkol

Hasil perhitungan desain ulang check dam tinggi muka air pelimpah = 3,2m, lebar mercu pelimpah = 2m, tinggi main dam = 5m, tebal lantai kolam olak = 1m, panjang kolam olak = 18m, tinggi sub dam = 2,9m, dan lebar mercu sub dam = 2m.

Stabilitas Bendung Desain Baru

Kestabilan *Check Dam* dengan desain yang baru juga perlu dihitung untuk mengetahui keamanan check dam. Perhitungan stabilitas dihitung pada saat kondisi muka air banjir. Hasil perhitungan stabilitas geser adalah 2,5337 lebih besar dari 1,2 sehingga aman terhadap geser, hasil perhitungan stabilitas guling adalah 2,8058 lebih besar dari 2 sehingga aman terhadap guling, hasil perhitungan stabilitas terhadap daya dukung adalah 29,4345 t/m³ dan 27,0022 t/m³ lebih kecil dari daya dukung ijin yaitu sebesar < 32 t/m³ sehingga masih aman terhadap daya dukung pondasi, dan hasil perhitungan stabilitas guling adalah sebesar 4,9804 lebih besar dari 1,8 sehingga aman terhadap piping. Dengan desain yang baru *Check Dam* Pengkol aman terhadap geser, guling, piping maupun terhadap daya dukung.

Perhitungan Tampungan Check Dam Desain Baru

Tampungan total check dam dengan desain baru sebesar 823846 m³. Dengan adanya desain *Check Dam* yang baru dapat membuat umur *Check Dam* 2,5 tahun lebih lama hal tersebut berarti dapat memperlambat laju sedimen yang masuk ke Waduk Wonogiri.

KESIMPULAN

1. Berdasarkan perhitungan analisis sedimen menggunakan metode USLE sedimentasi yang terjadi pada daerah Check Dam Pengkol adalah sebesar 57136 m³/th dan volume sedimen selama 8 tahun sejak check dam dibangun menggunakan Persamaan Meyer – Peter Muller di sebesar 320064,9827 m³
2. Kondisi bangunan Check Dam Pengkol saat ini masih aman terhadap geser, guling, piping maupun terhadap daya dukung sehingga masih aman apabila untuk didesain ulang dengan penambahan dimensi.
3. Penambahan tinggi check dam menjadi 5 meter membuat tampungan check dam menjadi lebih besar yaitu sebesar 823846 m³ dengan estimasi waktu sampai tampungan penuh selama 2,5 tahun. Hal tersebut berarti semakin lama juga laju sedimentasi yang akan menuju Waduk Wonogiri.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih kepada Ir. Suyanto, MM dan Ir. Solichin, MT yang telah membimbing dan memberi arahan serta masukan dalam penelitian ini.

REFERENSI

- Badan Standarisasi Nasional .2015. *Desain Bangunan Penahan Sedimen SNI 2851:2015*. Standar Nasional Indonesia.
- Hudson, N.W. 1976. *Soil Conservation*. Batsford Ltd. London.
- M, Suripin. 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Michalec, Boguslaw. 2014. *Penilaian Distribusi Sedimen pada Kolam Penampungan Kecil*.

- Prasuhn, Alan L. 1995. *Fundamentals of Hydraulic Engineering*. Oxford University Press
- Susanti, Triana. dan Hendrie, Muh. 2006. *PERENCANAAN BANGUNAN PENGENDALI SEDIMEN WADUK SELOREJO KABUPATEN MALANG*. Skripsi. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Suyanto. 2014. *Pengaruh Hidrologi terhadap Sedimen Sungai Bah Bolon*. Surakarta.
- USBR. 1973., *Design of Small Dams, second edition*. Oxford and IBH Publishing, New D
- Wischmeier,W.H., and D.D.,Smith. 1958. *Rainfall Energy and its Relationship to Soil Loss*. *Trans. Am. Geographys. Union*.