

# PERENCANAAN SAND POCKET SEBAGAI BANGUNAN PENGENDALI ALIRAN SEDIMEN DI KALI OPAK YOGYAKARTA

Yeri Sutopo<sup>1</sup>, Karuniadi S. Utomo<sup>2</sup>, S. Z. Ghifari<sup>3</sup>, Nurokhman<sup>4</sup>  
<sup>1,2,3,4</sup> Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang (UNNES)  
Kampus Unnes Gd E4, Sekaran, Gunungpati, Semarang 50229,  
email: [yerisutopo@mail.unnes.ac.id](mailto:yerisutopo@mail.unnes.ac.id); [noer.rokhman@yahoo.com](mailto:noer.rokhman@yahoo.com)

**Abstract:** This research conducted in Opak River, in Yogyakarta. This river has broad (river flow area) 27,04 km<sup>2</sup>, and 20,11 km in length. The research objective is to make a planning about effective rainfall in 50 years and found the Opak Sand Pocket design. This research used methods with direct-survey in location, and collected secondary data from related agencies. From the data, it was obtained the value of precipitation the design, discharge flood design, dimensions of building hydrolic design (Main Dam, Sub Dam, Apron), and analysis the effectiveness of sand pocket in reducing the sediment that has happened. Based on the results of the research, discharge maximum ( Q50 ) that occurs in the river of 202,77 m<sup>3</sup>/s. So it can be calculated that sand pocket designed will have wide of apron 54,04 m, with total high of Main Dam 6 m, total high of Sub Dam 6 m, length of apron 10 m, thick of apron 0,96 m. Based on the ability of sand pocket in reducing the rate of the sediment that is happened, the building has effectiveness until 90,20 % in reducing bed load based on the calculation. Therefore, it can be argued that the building has been effective to reduce the speed of sediment occurring in Opak River.

**Keywords:** Sediment, Sand Pocket, Opak River

**Abstrak:** Penelitian dilakukan di Kali Opak, yang terletak di Yogyakarta. Kali Opak memiliki luas DAS 27,04 km<sup>2</sup>, dengan panjang 20,11 km. Tujuan penelitian merencanakan besar curah hujan efektif 50 tahunan di Kali Opak dan menemukan desain Sand Pocket. Metode yang digunakan dalam penelitian adalah dengan melakukan survey langsung di lokasi, serta mengumpulkan data-data sekunder dari instansi terkait. Data-data tersebut kemudian diperoleh nilai curah hujan rancangan, debit banjir rancangan, dimensi desain hidrolis bangunan (Main Dam, Sub Dam, Apron, dan bangunan pelengkap), serta analisis efektifitas Sand Pocket dalam meredam laju sedimen yang terjadi. Berdasarkan hasil penelitian, diketahui debit maksimum (Q50) yang terjadi pada sungai tersebut sebesar 202,77 m<sup>3</sup>/s, maka dapat diketahui bahwa Sand Pocket yang direncanakan akan memiliki lebar pelimpah dengan dimensi 54,04 m, dengan tinggi total Main Dam sebesar 6 meter, tinggi total Sub Dam sebesar 4 meter, panjang Apron sepanjang 10 m, tebal 0,96 m. Bangunan tersebut cukup efektif untuk meredam laju dari sedimen yang terjadi pada Kali Opak dengan kemampuan Sand Pocket dalam mengurangi laju sedimen yang terjadi, diperoleh hasil perhitungan bahwa bangunan tersebut memiliki efektifitas hingga 90,20 % dalam mengurangi bed load.

**Kata kunci :** Sedimen, Sand Pocket, Kali Opak

## PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara pemilik gunung api terbanyak di dunia. Tatanan tektonik di Indonesia ini berupa pertemuan tiga lempeng tektonik, yaitu Hindia-Australia, Eurasia dan Pasifik. Hal ini menyebabkan terbentuknya rangkaian gunung api dan sumber gempa bumi. Indonesia sangat kaya gunung api, setidaknya terdapat 500 kerucut gunung api, 129 diantaranya gunung api aktif yang tersebar di jalur gunung api sepanjang

7000 km yang membentang dari Pulau Sumatra, Jawa, Bali, Nusa Tenggara, Banda hingga Halmahera dan Sulawesi Utara. Gunung Merapi dikenal sebagai gunung api teraktif di dunia. Gunung Merapi terletak di Jawa Tengah pada posisi 7° 32,5' LS dan 110° 26,5' BT dengan ketinggian Gunung Merapi adalah ± 2911 meter diatas permukaan laut (mdpl). Karakteristik erupsinya bersifat aktif permanen, yaitu guguran kubah lava atau lava pijar, membentuk aliran piroklastika (awan

panas ) atau '*nuee ardentes*' yang dalam bahasa setempat dikenal dengan sebutan "wedhus gembel".

Gunung Merapi terakhir kali mengalami erupsi pada tahun 2012 dan menimbulkan aliran lahar dingin dalam jumlah besar dan memiliki daya rusak tinggi. Aliran lahar dingin tersebut mengalir hampir ke seluruh sungai yang berda lereng Gunung Merapi, salah satunya yaitu Kali Opak. Kali Opak merupakan sungai yang memiliki potensi bahaya cukup besar dikarenakan lokasinya terletak cukup dekat dengan daerah pemukiman. Erupsi Gunung Merapi menyisakan sejumlah material vulkanik berupa batu, pasir, dan abu. Material – material tersebut apabila bercampur dengan air hujan dalam jumlah besar akan membentuk suatu aliran yang disebut lahar dingin. Tingginya curah hujan dan kondisi lereng yang ada dapat menimbulkan aliran lahar yang memiliki daya rusak tinggi. Untuk mengurangi dampak negatif, metode yang digunakan adalah dibuat suatu bangunan pengendali sedimen ( *Sand Pocket* ) yang diletakan di sungai – sungai yang berpotensi dilalui aliran lahar dingin seperti Kali Putih, Kali Krasak, Kali Gendol, Kali Opak dan lain sebagainya.

Dinamika Sungai Opak selain dipengaruhi oleh kondisi fisik wilayah, juga dipengaruhi oleh aktivitas Gunung Merapi. Sedimen yang terangkut aliran Sungai Opak berasal dari agregat material hasil erupsi yang tererosi di wilayah yang lebih tinggi. Volume aliran sedimen dari hasil erosi maupun reruntuhan tebing sungai dimulai dari sumber mata air di daerah gunungapi kemudian terangkut ke tempat yang lebih rendah. Sumber sedimen lainnya yaitu aliran lahar yang membawa banyak material piroklastis,

dan mempunyai kemungkinan prosentase volume sedimen pada saluran yang dilaluinya. Oleh karena maka perlu dibangun bangunan pengendali sedimen (*Sand Pocket*).

*Sand Pocket* dibangun diposisi paling hilir dari semua jenis bangunan pengendali sedimen yang ada pada suatu sungai yang pada umumnya berupa tanggul yang dibangun melintang di aliran sungai serta menutupi bagian sisi kanan dan kiri sungai di sekitar *Sand Pocket*, serta dilengkapi pelimpah sederhana untuk melewati air. Bentuk tipikal konstruksi *Sand Pocket* yang umum digunakan biasanya terdiri dari *main dam*, *sub dam*, *apron* atau lantai yang terletak diantara *main dam* dan *sub dam*

Erosi dan sedimentasi merupakan proses terlepasnya butiran tanah dari induknya di suatu tempat dan terangkutnya material tersebut oleh gerakan air atau angin kemudian diikuti dengan pengendapan material yang terdapat di tempat lain (Suripin, 2002). Sejumlah bahan erosi yang dapat mengalami secara penuh dari sumbernya hingga mencapai titik kontrol dinamakan hasil sedimen (*sediment yield*). Hasil sedimen tersebut dinyatakan dalam satuan berat (ton) atau satuan volume ( $m^3$ ) dan juga merupakan fungsi luas daerah pengaliran. Dapat juga dikatakan hasil sedimen adalah besarnya sedimen yang berasal dari erosi yang terjadi di daerah tangkapan air yang diukur pada periode waktu dan tempat tertentu (Asdak C., 2007).

Sebelum merencanakan *Sand Pocket*, langkah pertama yang dilakukan adalah merencanakan debit banjir rancangan yang akan digunakan. Data-data hidrologi yang diperoleh dianalisis untuk memperoleh besarnya debit banjir rancangan dengan

periode ulang tertentu yang dapat dialirkan tanpa membahayakan lingkungan sekitar dan stabilitas bangunan sungai (Departemen Pekerjaan Umum, 1983), data hujan yang diperlukan adalah data hujan harian maksimum tahunan yang tercatat pada stasiun hujan terdekat yang berpengaruh terhadap aliran air pada DAS Opak yaitu dari stasiun hujan Randugunting dan Sorasan.

Tujuan penelitian adalah

1. Menemukan besar curah hujan efektif 50 tahunan di Kali Opak;
2. Menemukan hidrograf banjir 50 tahunan ( $Q_{50}$ ) di lokasi penelitian;
3. Menguji hidrograf satuan sintesis Nakayatsu;
4. Menguji parameter tanah untuk kestabilan struktur *Sand Pocket*;
5. Menguji kemampuan konstruksi *Sand Pocket* dalam mengatasi gaya-gaya yang terjadi;
6. Menemukan desain *Sand Pocket* secara keseluruhan.

## METODE PENELITIAN

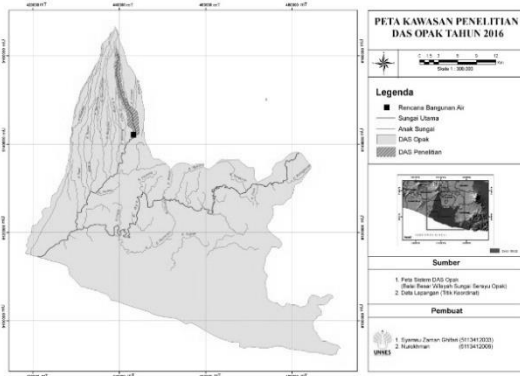
Langkah awal studi perencanaan *Sand Pocket* ini adalah dimulai dengan melakukan *survey* lapangan terlebih dahulu untuk mengetahui kondisi serta aspek-aspek penting yang menjadi latar belakang timbulnya gagasan perencanaan *Sand Pocket*. Kemudian dilanjutkan dengan kegiatan pengumpulan data primer dan data-data sekunder yang menunjang pencapaian tujuan studi yang dilakukan. Setelah semua data-data terkumpul dilanjutkan dengan menganalisis data-data tersebut. Lingkup perencanaan pembangunan *Sand Pocket* Kali Opak diuraikan menjadi empat bagian, yaitu

identifikasi masalah, pengumpulan data, analisis data, perencanaan konstruksi. Identifikasi masalah penting dilakukan untuk memprediksi, permasalahan yang mungkin terjadi, baik teknis maupun non teknis, sejauh mungkin.

Data-data yang dibutuhkan pada perencanaan *Sand Pocket* antara lain :

1. Data hidrologi, didapat dari Balai Sabo Yogyakarta, berupa data curah hujan harian selama 10 tahun terakhir dari tiga pospengamatan di daerah tersebut;
2. Data peta topografi, geometri sungai, dan data geologi diperoleh dari BBWSSO (Balai Besar Wilayah Sungai Serayu Opak) dan BNPB Yogyakarta;
3. Data mekanika tanah diperoleh dari Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil UNNES berupa jenis dan lapisan tanah pada kedalaman tertentu beserta parameter-parameter lainnya seperti berat jenis, kohesi, sudut geser, uji butiran dari Balai Sabo.

Perencanaan konstruksi bangunan pengendali sedimen Kali Opak ini difokuskan pada perencanaan konstruksi *Main Dam*, *Sub Dam*, *Apron*, dan bangunan pelengkap ( *drainase* ), berikut merupakan lokasi penelitian dalam peta gambar 1. Peta penelitian DAS Opak:



**Gambar 1.** Peta penelitian DAS opak tahun 2016

Urutan kegiatan pada perencanaan *Sand Pocket* Kali Opak, antara lain:

1. Mengumpulkan data-data umum hasil survey;
2. Melakukan pengecekan kelengkapan data-data yang ada;
3. Menganalisis data yang ada dan mengolahnya agar dapat digunakan untuk perhitungan selanjutnya;
4. Melakukan perhitungan desain perencanaan teknis struktur;
5. Melakukan pengecekan terhadap stabilitas struktur;
6. Membuat gambar desain.

Perencanaan *Sand Pocket* sebagai pengendali aliran sedimen menggunakan beberapa persamaan berikut ini;

(a) Perencanaan tinggi *Main Dam*

Tinggi tanggul pada bangunan *Sand Pocket* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$H = H_e + H_s + H_u + H_f \quad (1)$$

(b) Perencanaan *Sub Dam* dan bangunan pelengkap

*Sub Dam* berfungsi untuk mencegah pondasi *dam* dan dasar sungai di hilir dari erosi dan penurunan yang

disebabkan oleh terjunan air dan sedimen yang melalui *Main Dam*.

1. Lebar dan tebal peluap *Sub Dam*, direncanakan sesuai dengan perhitungan lebar dan tebal peluap *Main Dam*.

2. Tinggi *Sub Dam*, digunakan rumus rumus :

$$H_2 = \frac{1}{3} s / d \frac{1}{4} (h_m + h_p) \quad (2)$$

3. Kemiringan tubuh *Sub Dam*, sama dengan kemiringan tubuh pada *Main Dam*.

4. Kedalaman pondasi *Sub Dam*, sama dengan kedalaman pondasi *Main Dam*.

5. Konstruksi sayap *Sub Dam*, sama dengan konstruksi sayap *Main Dam*

6. Tebal lantai terjun dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$t = 0,2 \times (0,6h_1 + 3h_w - 1) \quad (3)$$

7. Panjang lantai terjun, merupakan jarak antara *Main Dam* dan *Sub Dam*, dengan Syarat tinggi *Main Dam* < 15 m, dapat ditentukan dengan:  $L = 1,5 - 2,0 (h_1 + h_3)$  (4)

## ANALISIS DAN PEMBAHASAN

### Hasil Analisis Hidrologi

1. Distribusi Curah Hujan Rancangan

Berdasarkan data pada interval pengulangan atau kemungkinan prosentase yang terpilih dengan metode distribusi Log Pearson III. Berikut adalah hasil analisisnya: yang terpilih dengan metode

**Tabel 1.** Hasil perhitungan analisis distribusi

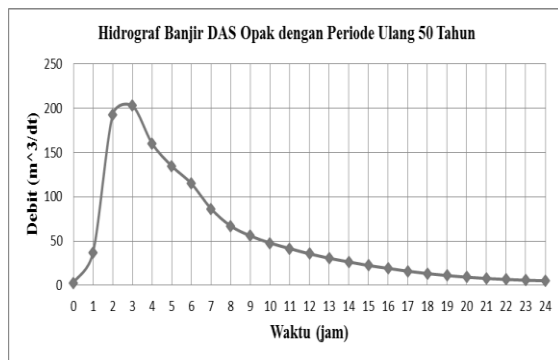
Jenis Distribusi	Syarat	perhitungan	Ket.
Normal	$C_s \approx 0$	-0,08	-
Log Normal	$C_s \approx 0$ $3 C_v + C_v^3 \approx 0,09$	1,45	-
Gumbel	$C_s \leq 1,1396$ $C_k \leq 5,4002$	-0,08 2,43	-
Log Pearson III	$C_s \leq 0$	$C_s = -$ 0,230 0	Dipilih

2. Perhitungan Debit Banjir Rancangan periode ulang 50 tahun dengan metode *Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu*.

$$Q_{50} = U_1 R_i + U_2 R_{i+1} + U_3 R_{i+2} + \dots + U_n R_n$$

$$Q_{50} = 202,77 \text{ m}^3/\text{det.}$$

Berdasarkan Metode perhitungan Hidrograf Satuan Sintetik *Nakayasu*, diperoleh hasil perhitungan rancangan dengan periode ulang 50 tahunan, berikut Hidrograf banjir DAS kali Opak;



**Gambar 2.** Hidrograf banjir DAS opak dengan periode ulang 50 tahun

### Hasil Perhitungan Perencanaan Sand Pocket

#### 1. Perencanaan *Main Dam*

a. Tinggi efektif *main dam* direncanakan 4 m. (Pd T-12-2004-A)

b. Peluap

$$\text{Lebar Peluap : } Br = K_w \cdot Q_p^{1/2}$$

$$Br = 54,04 \text{ m}$$

Tinggi limpasan air :  $H_w = H_u + H_s$

$$H_w = 0,38 + 1,13$$

$$H_w = 1,51 \text{ m}$$

Tinggi Jagaan : (  $H_f$  ) = 0,8 m. ( Pd T-16-2004-A)

Lebar mercu peluap: (b), berdasarkan jenis material yang didominasi pasir dan kerikil maka ditetapkan lebar mercu = 2 m. ( Pd T-12-2004-A )

c. Kedalaman Pondasi

$$d_1 = \frac{S}{d} \frac{1}{4} (H_e + H_w)$$

$d_1 = 1,41 \text{ m}$  (namun berdasarkan tabel kedalaman minimum pondasi *Main Dam* maka kedalaman pondasi *Main Dam* ( $d_1$ ) sebesar 2 meter)

d. Kemiringan tubuh

Kemiringan hilir = 0,2 ;

Kemiringan hulu = 0,2

e. Konstruksi sayap

Kemiringan sayap ditetapkan 2 : 1;

Lebar mercu sayap diambil sama dengan lebar mercu peluap = 2 m;

Penetrasi masuk kedalam tebing minimal = 1,99 m.

#### 2. Perencanaan Sub Dam

a. Lebar Peluap

Lebar peluap *sub dam* direncanakan sesuai dengan perhitungan lebar peluap *main dam* yaitu = 54,04 m

b. Tebal peluap *sub dam* direncanakan sesuai dengan perhitungan tebal peluap *main dam* yaitu = 2 m.

c. Tinggi *Sub Dam*

$$H_{\text{sub}} = \frac{1}{3} \frac{S}{d} \frac{1}{4} (H_e + H_p)$$

$$H_{\text{sub}} = 2 \text{ m}$$

d. Kedalaman Pondasi *Sub Dam*

Penentuan kedalaman pondasi *sub dam* sama dengan kedalaman pondasi *maindam*, yaitu = 2 m

e. Kemiringan tubuh

Penentuan kemiringan tubuh *sub dam* sama dengan kemiringan tubuh pada *main dam*, yaitu :

Kemiringan hilir = 0,2 ;

Kemiringan hulu = 0,2

f. Konstruksi sayap

Kemiringan sayap ditetapkan 2 : 1;

Lebar mercu sayap diambil sama dengan lebar mercu peluap = 2 m

Penetrasi masuk kedalam tebing minimal = 1,99 m

3. Perencanaan *Apron* ( Lantai Terjun)

a. Tebal *apron*

$$t = 0,2 \times (0,6H_e + 3H_s - 1)$$

$$t = 0,96 \text{ m}$$

b. Panjang *apron*

$$L = 1,5 \text{ s/d } 2,0 ( h_e + d1)$$

$$L = 10 \text{ m}$$

4. Perencanaan *Drain Hole* (Lubang Drainase)

a. Luas lubang drainase

$$Q = 2Cd . A . ( 2g . h_o )^{0,5}$$

$$A = 44,80 \text{ m}^2$$

b. Jumlah lubang drainase

$$A = n . (\text{sisi} . \text{sisi})$$

$$n = 20 \text{ buah}$$

**Stabilitas Main Dam**

1. Stabilitas terhadap guling

$$Sf1 = \frac{Mt}{Mg} > 1,2$$

2. Stabilitas terhadap Geser

$$Sf2 = \frac{f \sum V}{\sum H} > 1,2$$

Hasil perhitungan stabilitas:

a. Pada kondisi banjir

$$Sf1 = 2,98$$

$$Sf2 = 1,59$$

b. Pada kondisi normal

$$Sf1 = 2,98$$

$$Sf2 = 1,43$$

c. Pada kondisi gempa

$$Sf1 = 3,43$$

$$Sf2 = 2,06$$

**Hasil Analisis Tampung Sedimen**

1. Perhitungan Erosi Lahan

$$A = R . K . L . S . C . P$$

$$A = 577,43 \text{ Ton/Ha/Tahun}$$

a. Menghitung *Sediment Delivery Ratio*

$$SDR = 0,41 A^{-0,3}$$

$$SDR = 0,15$$

b. Kapasitas Tampung Sedimen *Sand Pocket*

$$V_s = \frac{1}{2} \frac{B}{l_o - l_s} h m^2$$

$$V_s = 9276,7 \text{ m}^3$$

2. Pengaruh *Sand Pocket* terhadap Angkutan Sedimen Dasar

*Bed load sebelum* dibangunnya *Sand Pocket*

$$Q_b = 18650,3 \text{ m}^3$$

*Bed load setelah* dibangunnya *Sand Pocket*

$$Q_b = 1828,63 \text{ m}^3$$

**KESIMPULAN**

Pertama, debit banjir rancangan untuk periode ulang 50 tahun sebesar 202,77 m<sup>3</sup>/det;

Kedua, bangunan *Sand Pocket* direncanakan dapat menanggulangi erosi dan sedimentasi di DAS Opak, dengan kapasitas tampungan sebesar 9276,7 m<sup>3</sup>;

Ketiga, terjadi pengurangan sedimentasi yang cukup signifikan setelah dibangun *Sand Pocket* di Kali Opak dari semula 18650,3 m<sup>3</sup> menjadi 1828,63 m<sup>3</sup> dengan efisiensi sebesar 90,20 %.

Berdasarkan hasil studi, saran-saran yang dapat disampaikan yaitu :

Pertama, ketersediaan stasiun curah hujan di sekitar DAS Sungai Opak yang rusak ataupun terkena aliran debris, perlu adanya pengawasan, pemeriksaan secara berkala bahkan diharapkan kepada pihak-pihak yang terkait agar bias melakukan penggantian dan penambahan jumlah stasiun curah hujan;

Kedua, menjaga fungsi *Sand Pocket* dapat maksimal maka perlu di adakan penyuluhan terhadap masyarakat di sekitar Kali Opak khususnya para penambang pasir, tentang fungsi dari *Sand Pocket* dan pemberian penjelasan untuk penambangan pasir tidak boleh terlalu dekat dengan bangunan *Sand Pocket* karena dapat mengurangi fungsi dan kestabilan bangunan *Sand Pocket*;

Ketiga, perlu pemeriksaan secara berkala terhadap kondisi konstruksi agar kerusakan - kerusakan yang terjadi dapat ditangani dengan cepat dan pengerukan dilakukan setiap empat bulan, menggunakan alat berat *Excavator*.

#### DAFTAR PUSTAKA

Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah (2004). *Perencanaan Teknis Bendung Pengendali Dasar Sungai (Pd T-12-2004-A)*. Pedoman. Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah.

Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah (2004). *Perencanaan teknis tanggul pada sungai lahar (Pd T-16-2004-A)*. Pedoman.

Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah.

Asdak, Chay, 2010. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.

Efendi, N. 2014. Studi Pengendalian Aliran Sedimen Sungai Hera Menggunakan *Sand Pocket*. *Skripsi*. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Makasar.

Suripin, Ir, M. Eng, Dr. 2002. *Pelestarian Sumber Daya Tanah dan Air*, Andi Offsite, Yogyakarta.

