

# ANALISIS ANGKUTAN SEDIMEN ANAK SUNGAI BENGAWAN SOLO PADA SUNGAI DENGKENG

Ratnasari Kusumaningrum<sup>1)</sup>, Suyanto<sup>2)</sup>, Solichin<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Mahasiswa Fakultas Teknik, Jurusan teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

<sup>2),3)</sup> Pengajar Fakultas Teknik, Jurusan teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

Jl. Ir. Sutami 36A, Surakarta 57126; Telp. 0271-634524. Email: [kusuma.ratnasari@gmail.com](mailto:kusuma.ratnasari@gmail.com)

## Abstract

*River is a natural stream of water that patch and flow the water from upstream to downstream. In addition, the river also has function to take up the sediment material. Its sediment can cause siltation of the river due to the sediment deposition. Dengkeng River is one of Bengawan Solo Tributary. The confluence of Dengkeng and Bengawan Solo River also contributes to sedimentation. The sample of bed load was carried out at the bottom of Dengkeng River by taking 3 points location. This study was conducted at Soil Mechanics Laboratory in order to test the Specific Gravity, sieve analysis and hydrometer analysis. In this study, the researches used Ackers-White Method, Englund Hansen Method and Yang's Method to sediment transport calculation. Based on the result of analysis and calculation, it shows that the highest point of transport sediment caused by the maximum discharge of Dengkeng River that use Ackers-White Method, Englund Hansen Method, and Yang's Method are  $2,77 \times 10^4$  kg/s,  $6,83 \times 10^4$  kg/s, and  $148,44$  kg/s. While the highest point of transport sediment caused by back water is  $7,35 \times 10^4$  kg/s by Ackers-White Method,  $6,22 \times 10^3$  kg/s by Englund Hansen Method and  $984,463$  kg/s by Yang's Method. Furthermore, the highest point of the increasing of riverbed is  $5,511 \times 10^{-6}$  m and the highest point of the decreasing of riverbed is  $4,891 \times 10^{-6}$  m in February caused by the maximum discharge of Dengkeng River. And the back water on Dengkeng River causes the river bed of Dengkeng increase. The highest increasing that occurs in July is  $4,325 \times 10^{-9}$  m.*

**Keywords:** *sediment transport, bed load, Dengkeng river, sediment deposition*

## Abstrak

Sungai merupakan saluran air alami yang menampung dan mengalirkan air dari hulu ke hilir. Selain itu sungai juga berfungsi untuk mengangkut material sedimen. Angkutan sedimen yang diangkut oleh aliran sungai dapat menyebabkan pendangkalan sungai dikarenakan adanya pengendapan sedimen. Sungai Dengkeng merupakan salah satu anak Sungai Bengawan Solo. Pertemuan Sungai Dengkeng dan Sungai Bengawan Solo juga menyumbang terjadinya sedimentasi. Pengambilan sampel sedimen dasar dilakukan di Sungai Dengkeng dengan mengambil 3 titik lokasi. Penelitian dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah dengan menguji berat jenis sedimen, analisis saringan dan analisis hidrometer. Perhitungan angkutan sedimen menggunakan Metode Ackers-White, Englund-Hansen dan Yang's. Hasil analisis dan perhitungan menunjukkan angkutan sedimen terbesar akibat debit maksimum Sungai Dengkeng terjadi pada Bulan Desember dengan Metode Ackers-White, Englund Hansen dan Yang's secara berurutan sebagai berikut:  $2,77 \times 10^4$  kg/dt,  $6,83 \times 10^4$  kg/dt dan  $148,44$  kg/dt. Angkutan sedimen terbesar akibat air balik Sungai Bengawan Solo dengan dengan Metode Ackers-White, Englund Hansen dan Yang's secara berurutan sebagai berikut:  $7,35 \times 10^4$  kg/dt,  $6,22 \times 10^3$  kg/dt dan  $984,463$  kg/dt. Akibat debit maksimum Sungai Dengkeng kenaikan dasar sungai terbesar yaitu  $1,835 \times 10^{-6}$  m dalam satu hari dan penurunan dasar sungai terbesar yaitu  $1,948 \times 10^{-6}$  m dalam satu hari pada Bulan Desember. Dan adanya air balik pada Sungai Dengkeng mengakibatkan sepanjang dasar sungai mengalami kenaikan. Kenaikan terbesar terjadi pada Bulan Juli yaitu sebesar  $2,883 \times 10^{-7}$  m dalam satu hari.

**Kata kunci:** angkutan sedimen, sedimen dasar, sungai Dengkeng, pendangkalan sungai

## PENDAHULUAN

Sungai merupakan saluran air alami yang menampung dan mengalirkan air dari hulu ke hilir. Selain itu sungai juga berfungsi untuk mengangkut material sedimen. Angkutan sedimen yang diangkut oleh aliran sungai dapat menyebabkan pendangkalan sungai dikarenakan adanya pengendapan sedimen. Akibatnya daya tampung air di sungai berkurang sehingga tidak dapat memaksimalkan fungsi sungai. Seperti yang terjadi di Sungai Dengkeng. Sungai Dengkeng merupakan salah satu anak Sungai Bengawan Solo. Hulu Sungai Dengkeng terletak di lereng Gunung Merapi yang merupakan percabangan dari Sungai Woro yang menuju ke arah timur. Sungai ini terletak di Kabupaten Klaten yang melewati Kecamatan Gantiwarno-Kecamatan Bayat-Kecamatan Cawas-Kecamatan Juwiring kemudian bermuara di Sungai Bengawan Solo di Desa Serenan. Dilihat dari letaknya sedimen di Sungai Dengkeng berasal dari material Gunung Merapi. Pada musim hujan dengan debit besar material dari Gunung Merapi ikut terbawa arus dan akan mengendap di kali Dengkeng. Pertemuan Sungai Dengkeng dan Sungai Bengawan Solo juga menyumbang terjadinya sedimentasi. Hal ini disebabkan karena debit aliran di Sungai Bengawan Solo dan Sungai Dengkeng yang tinggi sehingga menyebabkan aliran pada salah satu atau semua sungai akan terhalang. Maka dari itu pola arus balik di daerah tersebut perlu diperhatikan. Oleh sebab itu dilakukan penelitian untuk memprediksi perubahan kondisi dasar sungai. Maka diperlukan perhitungan pola angkutan sedimen dan besar angkutan sedimen yang terjadi di Sungai Dengkeng. Banyak metode yang dapat

digunakan untuk menghitung angkutan sedimen. Penelitian ini akan menggunakan metode Ackers-White, Englund-Hansen dan Yang's.

## LANDASAN TEORI

Sasaran utama dari penelitian ini ialah menentukan besar angkutan sedimen dasar dengan menggunakan metode Ackers-White, Englund-Hansen dan Yang's. Sebelum menentukan besar angkutan sedimen terlebih dahulu kita harus mengetahui permulaan gerak butiran sedimen dan kecepatan jatuh sedimen.

Ackers-White mengembangkan teori untuk angkutan sedimen beban total. Persamaan ini dikembangkan berdasarkan ukuran diameter butiran sedimen tak berdimensi dan mobilitas partikel sedimen. Parameter ukuran yang tidak berdimensi digunakan untuk membedakan antara ukuran sedimen halus, transisi dan kasar. Rumus umum Ackers-White (1973) sebagai berikut:

$$X = \frac{G_{gr} \cdot \gamma_s \cdot D_{50}}{H \cdot \left(\frac{U_*}{V}\right)^n} \dots \dots \dots [1]$$

Dimana  $X$  konsentrasi angkutan sedimen (ppm),  $G_{gr}$  tingkat angkutan sedimen tak berdimensi,  $\gamma_s$  dan  $\gamma$  berat jenis sedimen dan berat jenis air ( $\text{kg/m}^3$ ),  $D_{50}$  diameter butiran (m),  $H$  kedalaman air (m),  $U_*$  kecepatan geser (m/dt),  $V$  kecepatan aliran (m/dt) dan  $n$  transisi eksponen.

Englund-Hansen (1972) menerangkan konsep Bagnold dan prinsip persamaan

$$\phi = \frac{q_s}{\gamma_s} \left[ \left( \frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} \right) g D_{50}^3 \right]^{-1/2} \dots \dots \dots [2]$$

Dimana  $\phi$  parameter dari Englund Hansen,  $q_s$  konsentrasi angkutan sedimen ( $\text{kg/m} \cdot \text{dt}$ ),  $\gamma_s$  dan  $\gamma$  berat jenis sedimen dan berat jenis air ( $\text{kg/m}^3$ ),  $g$  percepatan gravitasi ( $\text{m/dt}^2$ ) dan  $D_{50}$  diameter butiran (m).

Persamaan Yang's didasarkan pada konsep bahwa jumlah angkutan sedimen berbanding lurus dengan jumlah energi aliran. Dari hasil analisa dan interpretasi data, baik data lapangan maupun data percobaan diperoleh hubungan antara konsentrasi angkutan sedimen dengan unit stream power dengan persamaan:

$$\log C_t = 5,435 - 0,286 \log \left[ \frac{\omega \cdot D_{50}}{\nu} \right] - 0,457 \log \left[ \frac{U_*}{\omega} \right] + 1,799 - 0,409 \log \left[ \frac{\omega \cdot D_{50}}{\nu} \right] - 0,314 \log \left[ \frac{U_*}{\omega} \right] \log \left[ \frac{V \cdot S}{\omega} - \frac{V_{cr} \cdot S}{\omega} \right] \dots [3]$$

Dimana  $C_t$  konsentrasi angkutan sedimen (ppm),  $\omega$  kecepatan jatuh (m/dt),  $D_{50}$  diameter butiran (m),  $\nu$  viskositas ( $\text{m}^2/\text{dt}$ ),  $V$  kecepatan aliran (m/dt),  $V_{cr}$  kecepatan kritis (m/dt) dan  $S$  kemiringan saluran.

## Tahapan Penelitian

Langkah pertama dalam penelitian ini adalah mengumpulkan data hidraulik meliputi debit dan *cross section* Sungai Dengkeng dan Sungai Bengawan Solo. Dari data yang diperoleh, diambil debit maksimum yang terjadi pada kedua sungai. Selain itu dibutuhkan sampel sedimen Sungai Dengkeng. Lokasi pengambilan sampel sedimen dasar (*bed lod*) sebanyak 3 titik lokasi, yaitu pada 5 km, 7 km dan 9 km dari pertemuan Sungai Dengkeng dengan Sungai Bengawan Solo. Kemudian sampel sedimen dibawa ke laboratorium untuk dilakukan uji yang meliputi: analisis berat jenis sedimen, analisis saringan dan analisis hidrometer. Sebelum menghitung angkutan sedimen terlebih dahulu menghitung permulaan gerak sedimen. Bila sedimen bergerak maka dilakukan perhitungan angkutan sedimen. Perhitungan angkutan sedimen menggunakan Metode Ackers-White, Englund-Hansen dan Yang's.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisis Sedimen

Berat jenis sedimen dapat diketahui dengan percobaan Specific Gravity yang menggunakan Picnometer. Dari hasil percobaan didapat nilai  $\gamma_s = 3229,004 \text{ kg/m}^3$  dan  $\gamma = 996,27 \text{ kg/m}^3$ . Diameter butiran sedimen dapat diketahui dengan melakukan analisis hidrometer (hydrometer analysis) dan analisis saringan (sieve analysis). Awalnya sampel sedimen diuji dengan analisis hidrometer, kemudian sedimen yang tertinggal di saringan no 200 ASTM diuji dengan analisis saringan. Besar diameter butiran yang didapat sebesar  $D_{50} = 0,5747 \text{ mm}$ .

### Analisis Debit

Debit yang digunakan adalah debit maksimum yang terjadi antara tahun 2002-2013 pada Sungai Dengkeng dan Sungai Bengawan Solo. Besarnya debit Sungai Sungai Bengawan Solo adalah  $2401,5 \text{ m}^3/\text{dt}$ , sedangkan besarnya debit Sungai Dengkeng dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Debit Sungai Dengkeng

Bulan	Debit (m <sup>3</sup> /dt)	Bulan	Debit (m <sup>3</sup> /dt)
Januari	300,066	Juli	54,217
Februari	290,334	Agustus	62,879
Maret	233,870	September	229,559
April	241,144	Oktober	147,147
Mei	271,353	November	325,095
Juni	129,395	Desember	439,187

Sumber: BPSDA Bengawan Solo

### Analisis Angkutan Sedimen

#### Metode Ackers-White

Contoh perhitungan angkutan sedimen dengan Metode Ackers-White pada sta 1 bulan Januari akibat debit maksimum Sungai Dengkeng pada bulan Januari.

Data yang diketahui:

$$Q = 300,07 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$H = 4,031 \text{ m}$$

$$D_{50} = 0,000575 \text{ m}$$

$$S = 0,000597$$

$$B = 33,58 \text{ m}$$

$$\gamma_s = 3229,004 \text{ kg/m}^3$$

$$\gamma = 996,27 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

Langkah perhitungan:

$$A = (B+mH)H \\ = (33,58+2,4,031)4,031 = 167,836 \text{ m}^2$$

$$P = B + 2H\sqrt{1+m} \\ = 33,58 + 2,4,031\sqrt{1+2} = 51,605 \text{ m}$$

$$R = A/P \\ = 167,836/51,605 = 3,252 \text{ m}$$

$$U_* = \sqrt{g R S} \\ = \sqrt{9,81 \times 3,252 \times 0,000597} = 0,138 \text{ m/dt}$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{300,07}{167,836} \\ = 1,788 \text{ m/dt}$$

$$D_{gr} = D_{50} \cdot \left(\frac{\Delta \cdot g}{v^2}\right)^{1/3} \\ = 0,000575 \cdot \left(\frac{2,241 \times 9,81}{1,25 \cdot 10^{-6 \cdot 2}}\right)^{1/3} \\ = 13,875$$

$$m = 1,34 + \frac{9,66}{D_{gr}} \\ = 1,34 + \frac{9,66}{13,875} \\ = 2,036$$

$$n = 1 - (0,56 \log D_{gr}) \\ = 1 - (0,56 \log 13,875) = 0,360$$

$$C = 10^{(-3,53 + 2,86 \log D_{gr} + (\log D_{gr})^2)} \\ = 10^{(-3,53 + 2,86 \log 13,875 + (\log 13,875)^2)} \\ = 0,027$$

$$A_1 = 0,14 + \frac{0,23}{\sqrt{D_{gr}}} \\ = 0,14 + \frac{0,23}{\sqrt{13,875}} = 0,202$$

$$\begin{aligned}
F_{gr} &= \left( \frac{U_*^n}{\sqrt{\Delta \cdot g \cdot D_{50}}} \right) \cdot \left( \frac{V}{\sqrt{32} \log \left( \frac{\alpha \cdot H}{D_{50}} \right)} \right)^{1-n} \\
&= \left( \frac{0,138^{0,360}}{\sqrt{2,241,9,81 \cdot 0,000575}} \right) \cdot \left( \frac{1,788}{\sqrt{32} \log \left( \frac{10,4,031}{0,000575} \right)} \right)^{1-0,360} \\
&= 0,760 \\
G_{gr} &= C \cdot \left[ \frac{F_{gr}}{A_1} - 1 \right]^m \\
&= 0,027 \cdot \left[ \frac{0,760}{0,202} - 1 \right]^{2,036} \\
&= 0,215 \\
X &= \frac{G_{gr} \cdot \frac{\gamma_s}{\gamma} \cdot D_{50}}{H \cdot \left( \frac{U_*}{V} \right)^n} \\
&= \frac{0,215 \cdot \frac{3229,004}{996,27} \cdot 0,000575}{4,031 \cdot \left( \frac{0,138}{1,788} \right)^{0,360}} \\
&= 0,00025 \text{ ppm} \\
&= 2,50 \times 10^{-7} \text{ kg/m}^3 \\
Q_s &= X \cdot Q \\
&= 2,50 \times 10^{-7} \times 300,07 = 7,50 \times 10^{-5} \text{ kg/dt} \\
Q_s &= 7,50 \times 10^{-5} \times 86400 \\
&= 6,482 \text{ kg/hari}
\end{aligned}$$

### Metode Englund-Hansen

Contoh perhitungan angkutan sedimen dengan Metode Englund-Hansen pada sta 1 bulan Januari akibat debit maksimum Sungai Dengkeng pada bulan Januari.

Data yang diketahui:

$$\begin{aligned}
Q &= 300,07 \text{ m}^3/\text{s} \\
H &= 4,031 \text{ m} \\
D_{50} &= 0,000575 \text{ m} \\
S &= 0,000597 \\
B &= 33,58 \text{ m} \\
\gamma_s &= 3229,004 \text{ kg/m}^3 \\
\gamma &= 996,27 \text{ kg/m}^3 \\
g &= 9,81 \text{ m/s}^2
\end{aligned}$$

Langkah perhitungan:

$$\begin{aligned}
A &= (B+mH)H \\
&= (33,58+2,4,031)4,031 = 167,836 \text{ m}^2 \\
P &= B + 2H\sqrt{1+m} \\
&= 33,58 + 2,4,031\sqrt{1+2} = 51,605 \text{ m} \\
V &= \frac{Q}{A} = \frac{300,07}{167,836} \\
&= 1,788 \text{ m/dt} \\
\tau_o &= \gamma H S \\
&= 996,27 \times 4,031 \times 0,000597 = 2,397 \text{ kg/m}^2 \\
f' &= \frac{2gSH}{V^2} \\
&= \frac{2 \times 9,81 \times 0,000597 \times 4,031}{1,788^2} \\
&= 0,015 \\
\theta &= \frac{\tau_o}{(\gamma_s - \gamma)D_{50}}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{2,397}{(3229,004 - 996,27)0,000575} \\
&= 1,868 \\
\phi &= \frac{0,1}{f'} \theta^{1/2} \\
&= \frac{0,1}{0,015} 1,868^{1/2} \\
&= 32,285 \\
q_s &= \phi \cdot \gamma_s \left[ \left( \frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} \right) g D_{50}^3 \right]^{1/2} \\
&= 32,285 \times 3229,004 \left[ \left( \frac{3229,004 - 996,27}{996,27} \right) 9,81 \times 0,000575^3 \right]^{1/2} \\
&= 6,735 \text{ kg/m.dt} \\
Q_{s1} &= B q_s \\
&= 33,58 \times 6,735 = 226,148 \text{ kg/dt} \\
G_w &= \gamma B H V \\
&= 996,27 \times 33,58 \times 4,031 \times 1,788 = 241074,88 \text{ kg/dt} \\
C_t &= Q_{s1} / G_w \\
&= 226,148 / 241074,88 = 0,001 \text{ ppm} \\
&= 9,38 \times 10^{-7} \text{ kg/m}^3 \\
Q_s &= C_t \cdot Q \\
&= 9,38 \times 10^{-7} \times 300,07 = 2,81 \times 10^{-4} \text{ kg/dt} \\
Q_s &= 2,81 \times 10^{-4} \times 86400 \\
&= 24,320 \text{ kg/hari}
\end{aligned}$$

### Metode Yang's

Contoh perhitungan angkutan sedimen dengan Metode Englund-Hansen pada sta 1 bulan Januari akibat debit maksimum Sungai Dengkeng pada bulan Januari.

Data yang diketahui:

Q	= 300,07 m <sup>3</sup> /s	B	= 33,58 m
H	= 4,031 m	$\gamma_s$	= 3229,004 kg/m <sup>3</sup>
D <sub>50</sub>	= 0,000575 m	$\gamma$	= 996,27 kg/m <sup>3</sup>
S	= 0,000597	g	= 9,81 m/s <sup>2</sup>

Langkah perhitungan:

$$\begin{aligned}
A &= (B+mH)H \\
&= (33,58+2,4 \times 4,031)4,031 = 167,836 \text{ m}^2 \\
P &= B + 2H\sqrt{1+m} \\
&= 33,58 + 2,4 \times 4,031\sqrt{1+2} = 51,605 \text{ m} \\
V &= \frac{Q}{A} = \frac{300,07}{167,836} \\
&= 1,788 \text{ m/dt} \\
\omega &= \frac{1}{18} \frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} g \frac{D_s^2}{v} \\
&= \frac{1}{18} \frac{3229,004 - 996,27}{996,27} 9,81 \frac{0,000575^2}{1,25 \times 10^{-6}} = 0,323 \text{ m/dt} \\
R &= A/P = 167,836 / 51,605 = 3,252 \text{ m} \\
U_* &= \sqrt{g R S} \\
&= \sqrt{9,81 \times 3,252 \times 0,000597} = 0,138 \text{ m/dt} \\
V_{cr} &= \left[ \frac{2,5}{\log \left( \frac{U_* \cdot D_{50}}{v} \right) - 0,06} + 0,66 \right] \times \omega \\
&= \left[ \frac{2,5}{\log \left( \frac{0,138 \times 0,000575}{1,25 \times 10^{-6}} \right) - 0,06} + 0,66 \right] \times 0,323 \\
&= 0,676 \text{ m/dt} \\
M_1 &= 5,435 - 0,286 \log \left[ \frac{\omega \cdot D_{50}}{v} \right] - 0,457 \log \left[ \frac{U_*}{\omega} \right]
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= 5,435 - 0,286 \log \left[ \frac{0,676 \times 0,000575}{1,25 \times 10^{-6}} \right] - 0,457 \log \left[ \frac{0,138}{0,323} \right] \\
&= 4,983 \\
N_1 &= 1,799 - 0,409 \log \left[ \frac{\omega \cdot D_{50}}{v} \right] - 0,314 \log \left[ \frac{U_*}{\omega} \right] \\
&= 1,799 - 0,409 \log \left[ \frac{0,676 \times 0,000575}{1,25 \times 10^{-6}} \right] - 0,314 \log \left[ \frac{0,138}{0,323} \right] \\
&= 1,027 \\
\log C_t &= M_1 + N_1 \log \left[ \frac{V \cdot S}{\omega} - \frac{V_{cr} \cdot S}{\omega} \right] \\
\log C_t &= 4,983 + 1,027 \log \left[ \frac{1,788 \times 0,000597}{0,323} - \frac{0,676 \times 0,000597}{0,323} \right] \\
\log C_t &= 2,224 \\
C_t &= 10^{2,224} = 167,383 \text{ ppm} \\
C_t &= 0,167 \text{ kg/m}^3 \\
Q_s &= C_t \times Q \\
&= 0,167 \times 300,07 = 50,226 \text{ kg/dt} \\
Q_s &= 50,226 \times 86400 \\
&= 4339515,457 \text{ kg/hari}
\end{aligned}$$

### Analisis Penggerusan dan Pengendapan

Dari hasil perhitungan angkutan sedimen dapat digunakan untuk mengetahui kondisi dasar sungai mengalami penggerusan ataupun pengendapan. Yaitu dengan cara membandingkan besar angkutan sedimen pada dua penampang yang berdekatan. Untuk mengetahui besarnya perubahan dasar sungai dengan menggunakan persamaan  $\Delta s = \frac{\Delta T}{\gamma_s \times B \times \Delta x}$ , dimana  $\Delta S$  penurunan/kenaikan dasar sungai (m),  $\Delta T$  selisih angkutan sedimen (kg/dt),  $\gamma_s$  berat jenis sedimen (kg/m<sup>3</sup>), B lebar dasar sungai (m) dan  $\Delta x$  jarak antar penampang (m).

Contoh perhitungan perubahan dasar sungai pada sta 1 dan sta 2 pada bulan Januari akibat debit maksimum Sungai Dengkeng dengan Metode Englund Hansen.

Data yang diketahui:

$$\begin{aligned}
T_1 &= 0,281 \text{ kg/s} \\
T_2 &= 0,379 \text{ kg/s} \\
B &= 33,58 \text{ m} \\
\Delta x &= 100 \text{ m} \\
\gamma_s &= 3241,093 \text{ kg/m}^3
\end{aligned}$$

Penyelesaian :

$T_2 > T_1$ , mengalami pengendapan

$$\begin{aligned}
\Delta s &= \frac{\Delta T}{\gamma_s \times B \times \Delta x} \\
&= \frac{0,379 - 0,281}{3241,093 \times 33,58 \times 100} \\
&= 8,984 \times 10^{-9} \text{ m}
\end{aligned}$$

### Pembahasan Angkutan Sedimen

Metode Yang's menghasilkan angkutan sedimen paling besar, namun metode ini tidak dapat menghitung angkutan sedimen disetiap titik tinjauan. Metode Ackers-White dan Englund Hansen dapat menghitung angkutan sedimen disetiap titik. Metode Ackers-White menghasilkan nilai angkutan sedimen paling kecil. Sedangkan Metode Englund Hansen menghasilkan nilai angkutan sedimen diantara metode yang lain. Sehingga hasil angkutan sedimen yang digunakan untuk menghitung perubahan dasar sungai adalah perhitungan dengan Metode Englund Hansen, karena disetiap titik dapat menghasilkan hitungan angkutan sedimen. Besar angkutan sedimen terbesar pada setiap bulan akibat debit maksimum pada Sungai Dengkeng dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Angkutan Sedimen Terbesar Setiap Bulan Akibat Debit Maksimum pada Sungai Dengkeng

Bulan	Q	Ackers-White	Englund Hansen	Yang's
	(m <sup>3</sup> /dt)			
Januari	300,07	2,06 x10 <sup>-04</sup>	3,87 x10 <sup>-04</sup>	88,18
Februari	290,33	2,00 x10 <sup>-04</sup>	3,69 x10 <sup>-04</sup>	84,27
Maret	233,87	1,70 x10 <sup>-04</sup>	2,67 x10 <sup>-04</sup>	62,55

April	241,14	$1,74 \times 10^{-04}$	$2,79 \times 10^{-04}$	65,25
Mei	271,35	$1,90 \times 10^{-04}$	$3,33 \times 10^{-04}$	76,79
Juni	129,40	$1,13 \times 10^{-04}$	$1,09 \times 10^{-04}$	27,48
Juli	54,22	$6,31 \times 10^{-05}$	$2,88 \times 10^{-05}$	7,84
Agustus	62,88	$7,01 \times 10^{-05}$	$3,62 \times 10^{-05}$	9,79
September	229,56	$1,68 \times 10^{-04}$	$2,59 \times 10^{-04}$	60,96
Oktober	147,15	$1,23 \times 10^{-04}$	$1,33 \times 10^{-04}$	32,88
November	325,10	$2,19 \times 10^{-04}$	$4,37 \times 10^{-04}$	98,43
Desember	439,19	$2,77 \times 10^{-04}$	$6,83 \times 10^{-04}$	148,44

Dari Tabel 3 diketahui besar angkutan sedimen terbesar terjadi pada Bulan Desember yaitu sebesar  $2,77 \times 10^{-4}$  kg/dt menurut Metode Ackers-White,  $6,83 \times 10^{-4}$  kg/dt menurut Metode Englund Hansen dan 148,44 menurut Metode Yang's. Angkutan sedimen terkecil terjadi pada Bulan Juli yaitu sebesar  $6,31 \times 10^{-5}$  kg/dt menurut Metode Ackers-White,  $2,88 \times 10^{-5}$  kg/dt menurut Metode Englund Hansen dan 148,44 menurut Metode Yang's. Angkutan sedimen yang dipengaruhi air balik akibat debit maksimum dari Sungai Bengawan Solo menghasilkan tiga nilai yang berbeda antar metode. Dari ketiga metode yang digunakan Metode Yang's menghasilkan nilai yang terbesar. Dari perhitungan dapat diketahui bahwa saat terjadi air balik angkutan sedimen lebih besar dari pada saat debit maksimum di Sungai Dengkeng. Dan dapat dilihat pada saat terjadi air balik terjadi pengendapan/sedimentasi. Hasil angkutan sedimen yang digunakan untuk menghitung perubahan dasar sungai akibat air balik Sungai Bengawan Solo adalah perhitungan dengan Metode Englund Hansen.

#### Pembahasan Laju Penggerusan dan Pengendapan

Dari perhitungan angkutan sedimen dapat diketahui pula berapa besar laju penggerusan dan pengendapan yang terjadi di Sungai Dengkeng akibat debit maksimum yang terjadi. Sehingga dapat diketahui besar kenaikan dan penurunan dasar Sungai Dengkeng dengan mengalikan dengan waktu. Besar kenaikan dan penurunan terbesar dasar Sungai Dengkeng dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Besar Kenaikan dan Penurunan Terbesar Dasar Sungai Dengkeng pada Debit Maksimum dalam 1 Hari

Bulan	Q	Kenaikan	Penurunan
	( $m^3/dt$ )	(m)	(m)
Januari	300,07	$1,167 \times 10^{-6}$	$-1,153 \times 10^{-6}$
Februari	290,33	$1,122 \times 10^{-6}$	$-1,100 \times 10^{-6}$
Maret	233,87	$8,662 \times 10^{-7}$	$-8,108 \times 10^{-7}$
April	241,14	$8,986 \times 10^{-7}$	$-8,469 \times 10^{-7}$
Mei	271,35	$1,035 \times 10^{-6}$	$-1,001 \times 10^{-6}$
Juni	129,40	$4,227 \times 10^{-7}$	$-3,411 \times 10^{-7}$
Juli	54,22	$1,427 \times 10^{-7}$	$-1,079 \times 10^{-7}$
Agustus	62,88	$1,723 \times 10^{-7}$	$-1,314 \times 10^{-7}$
September	229,56	$8,470 \times 10^{-7}$	$-7,896 \times 10^{-7}$
Oktober	147,15	$4,945 \times 10^{-7}$	$-4,134 \times 10^{-7}$
November	325,10	$1,285 \times 10^{-6}$	$-1,289 \times 10^{-6}$
Desember	439,19	$1,835 \times 10^{-6}$	$-1,948 \times 10^{-6}$

Dari hasil perhitungan dapat diketahui pada debit maksimum Sungai Dengkeng sepanjang Sungai Dengkeng lebih banyak mengalami penggerusan dari pada pengendapan. Kenaikan terbesar terjadi pada Bulan Desember sebesar  $1,835 \times 10^{-6}$  m dalam satu hari. Dan penurunan terbesar terjadi pada Bulan Desember sebesar  $1,948 \times 10^{-6}$  m dalam satu hari.

Besar perhitungan kenaikan dan penurunan dasar Sungai Dengkeng akibat air balik Sungai Bengawan Solo dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Besar Kenaikan dan Penurunan Dasar Sungai Dengkeng Terbesar Akibat Air Balik dalam 1 Hari

Bulan	Panjang Air Balik	Kenaikan	Penurunan
	(m)	(m)	(m)
Januari	18906,345	$2,797 \times 10^{-7}$	-
Februari	18318,119	$2,802 \times 10^{-7}$	-
Maret	17855,807	$2,832 \times 10^{-7}$	-
April	18205,206	$2,828 \times 10^{-7}$	-
Mei	17508,156	$2,813 \times 10^{-7}$	-
Juni	17008,797	$2,870 \times 10^{-7}$	-
Juli	17368,755	$2,883 \times 10^{-7}$	-

Agustus	17778,025	$2.882 \times 10^{-7}$	-
September	17677,020	$2.834 \times 10^{-7}$	-
Oktober	17570,468	$2.865 \times 10^{-7}$	-
November	17608,926	$2.781 \times 10^{-7}$	-
Desember	17541,977	$2.695 \times 10^{-7}$	-

Dari Tabel 5 dapat dilihat bahwa sepanjang dasar Sungai Dengkeng terjadi pengendapan akibat adanya air balik Sungai Bengawan Solo. Kenaikan dasar sungai terbesar terjadi pada Bulan Juli sebesar  $2,883 \times 10^{-7}$  m dalam satu hari.

## SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Perhitungan angkutan sedimen di Sungai Dengkeng sebagai berikut:
  - a. Besar angkutan sedimen akibat debit maksimum Sungai Dengkeng dan akibat air balik Sungai Bengawan Solo menggunakan Metode Ackers-White, Englund Hansen dan Yang's menghasilkan nilai yang berbeda-beda. Metode Yang's menghasilkan angkutan sedimen terbesar, namun tidak dapat menghasilkan angkutan sedimen di tiap titik. Sehingga untuk perhitungan pengendapan dan penggerusan digunakan Metode Englund Hansen.
  - b. Besar angkutan sedimen terbesar akibat debit maksimum Sungai Dengkeng terjadi pada Bulan Desember dengan Metode Ackers-White, Englund Hansen dan Yang's secara berurutan sebagai berikut:  $2,77 \times 10^{-4}$  kg/dt,  $6,83 \times 10^{-4}$  kg/dt dan  $148,44$  kg/dt.
  - c. Besar angkutan sedimen terbesar akibat air balik Sungai Bengawan Solo dengan dengan Metode Ackers-White, Englund Hansen dan Yang's secara berurutan sebagai berikut:  $7,35 \times 10^{-4}$  kg/dt,  $6,22 \times 10^{-3}$  kg/dt dan  $984,463$  kg/dt.
  - d. Pada saat debit Sungai Bengawan Solo maksimum dan terjadi air balik di Sungai Dengkeng angkutan sedimen lebih besar dari pada tanpa pengaruh air balik.
2. Laju penggerusan dan pengendapan di Sungai Dengkeng sebagai berikut:
  - a. Akibat debit maksimum Sungai Dengkeng sepanjang titik yang ditinjau sebagian besar mengalami penggerusan. Dan akibat air balik Sungai Bengawan Solo sepanjang Sungai Dengkeng mengalami pengendapan.
  - b. Akibat debit maksimum Sungai Dengkeng kenaikan dasar sungai terbesar yaitu  $1,835 \times 10^{-6}$  m dalam satu hari dan penurunan dasar sungai terbesar yaitu  $1,948 \times 10^{-6}$  m dalam satu hari pada Bulan Desember.
  - c. Akibat air balik Sungai Bengawan Solo sepanjang Sungai Dengkeng mengalami kenaikan dasar sungai. Kenaikan terbesar terjadi pada Bulan Juli yaitu sebesar  $2,883 \times 10^{-7}$  m dalam satu hari.

## UCAPAN TERIMAKASIH

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

## REFERENSI

- Bambang Triatmodjo, 2003, *Hidrolika II*, Beta Offset, Yogyakarta.
- Chow, Ven Te, 1992, *Hidrolika Saluran Terbuka* (terjemahan), Erlangga, Jakarta.
- Dake, JMK., 1985, *Hidrolika Teknik*, Erlangga, Jakarta.
- G. Harb, dkk, 2012, *Numerical Analysis of Sediment transport Processes in a Reservoir*, River Flow 2012, Volume 1, <http://books.google.co.id/books?id=UpstaU6fAJwC&printsec=frontcover&hl=id#v=onepage&q&f=false>, 2 Juli 2014.
- Kamiran dan Danang B., 2010, *Analisis Morfologi Sungai pada Pola Distribusi Sedimen*, Jurusan Matematika FMIPA ITS, Surabaya.
- Khanif Kurniati, 2001, *Analisa Transportasi Sedimen pada Anak Sungai Bengawan Solo dengan Metode Frijlink, MPM, dan Einstein (Studi Kasus Sungai Kalianyar)*, Jurusan Teknis Sipil FT UNS, Surakarta.
- Nur Hidayah, 2013, *Kajian Angkutan Sedimen pada Sungai Bengawan Solo (Serenan-Jurug)*, Jurusan Teknis Sipil FT UNS, Surakarta.
- Suyanto, dkk, 2001, *Analisis Hidrolika dan Angkutan Sedimen pada Jaringan Anak Sungai Bengawan Solo*, Jurusan Teknis Sipil FT UNS, Surakarta.
- Suyono Sosrodarsono, 1994, *Perbaikan dan Pemeliharaan Sungai*, Pradnya Paramita, Bandung.
- W Burner, Garry, 2002, *HEC-RAS: River Analysis System Hydraulic Reference Manual US Army Corp of Engineers*, United State.
- Yang, Chih Ted, 2006, *Erosion and Sedimentation Manual*, Sedimentation and River Hydraulics Group, Denver, Colorado.