

# KAJIAN ANGKUTAN SEDIMEN PADA SUNGAI BENGAWAN SOLO (SERENAN-JURUG)

Nur Hidayah Y.N.<sup>1)</sup>, Mamok Suprpto<sup>2)</sup>, Suyanto<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret, Jl. Ir. Sutamai 36A, Surakarta 57126; Telp. 0271-634524. Email: nurnur39@yahoo.com

<sup>2), 3)</sup>Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret, Jl. Ir. Sutamai 36A, Surakarta 57126; Telp. 0271-634524. Email: mamok\_suprpto@yahoo.com

## Abstract

*Sediment problem is essential to the river. Most of the sediment problem is the result of human intervention. Many theories that can be used to estimate sediment transport but selection theory or approach is right for the transport of sediment in the river is still quite difficult. This study was done by taking the data flow and sediment directly on Serenan and Jurug in Bengawan Solo. Sediments were then tested in the laboratory and were compared with the results of a calculation using the method of sediment transport Ackers-White, Englund-Hansen, Laursen, Meyer-Peter Muller, Toffaleti and Yang. The test results indicate that the sediments in Serenan belongs to Coarse Silt size classes with a range from 0,032 to 0,0625 grains while sediments in Serenan belongs to Very Fine Sand size classes with a range from 0,0625 to 0,125 grains. Of the many methods being tested, Meyer Peter Muller method can be used to estimate the discharge of sediment transport on the river Bengawan Solo precisely on Serenan while in Jurug there is no method that can be used to estimate the discharge of sediment transport. The method of Meyer Peter Muller occurred error rate of 4.12%.*

**Keywords:** *sediment transport, Bengawan Solo, Serenean, Jurug.*

## Abstrak

Permasalahan sedimen merupakan hal yang esensial bagi suatu sungai. Sebagian besar permasalahan sedimen merupakan hasil campur tangan manusia. Banyak teori yang dapat digunakan untuk memperkirakan angkutan sedimen tetapi pemilihan teori atau pendekatan yang tepat untuk angkutan sedimen di sungai masih cukup sulit. Penelitian ini dilakukan dengan mengambil data debit dan sedimen secara langsung pada Serenan dan Jurug di Bengawan Solo. Sedimen kemudian diuji di laboratorium kemudian dibandingkan dengan hasil hitungan menggunakan metode angkutan sedimen yaitu Ackers-White, Englund-Hansen, Laursen, Meyer-Peter Muller, Toffaleti dan Yang. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sedimen yang diuji di Serenan mempunyai kelas ukuran Coarse Silt dengan range butiran 0,032-0,0625 sedangkan di Jurug mempunyai kelas ukuran Very Fine Sand dengan range butiran 0,0625-0,125. Dari banyak metode yang diujikan metode Meyer Peter Muller dapat digunakan untuk memperkirakan besarnya debit angkutan sedimen pada sungai Bengawan Solo tepatnya pada Serenan sedangkan pada Jurug belum ada metode yang dapat digunakan untuk memperkirakan besarnya debit angkutan sedimen. Pada metode Meyer Peter Muller terjadi tingkat kesalahan 4,12 %.

## PENDAHULUAN

Sungai merupakan salah satu sumber air untuk kehidupan makhluk hidup. Disisi lain, sungai memiliki karakter dan morfologi yang berbeda. Karakter dan morfologi sungai akan stabil bila di sepanjang alur dan diseluruh DAS tidak mengalami perubahan, termasuk hujan yang jatuh di permukaan DAS. Akan tetapi kondisi stabil tersebut tidak akan bisa dipertahankan bila aktivitas manusia disepanjang sungai maupun alur sungai masih terus berlangsung. Contohnya adalah penyempitan sungai yang terjadi di sungai Brantas di akibatkan adanya endapan tanah longsor. Peristiwa itu terjadi karena adanya bangunan yang berada di sekitar bantaran sungai.

Aktivitas manusia dapat menyebabkan erosi permukaan yang akan terbawa aliran, dalam bentuk sedimen. Sedimen tersebut akhirnya akan diendapkan pada tempat-tempat tertentu ketika aliran tidak mampu mengangkut sedimen. Sedimen akan mengurangi fungsi infrastruktur air yang telah terbangun.

W. Brunner (2003) menyatakan bahwa banyak teori maupun pendekatan empiris yang dapat digunakan untuk mengetahui angkutan sedimen. Beberapa diantaranya adalah Ackers-White, Englund-Hansen, Laursen, Meyer-Peter Muller, Toffaleti dan Yang. Pemilihan teori atau pendekatan yang tepat untuk angkutan sedimen di sungai masih cukup sulit. Oleh sebab itu masalah sedimen menarik untuk diteliti.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kriteria sedimen dan menentukan metode yang mampu untuk menganalisis angkutan sedimen pada ruas Sungai Bengawan Solo (Serenan-Jurug)

Bambang Agus Kironoto (2008) memprediksi besarnya sedimen melayang dengan metode *point-integrated sampling*. Hasilnya menunjukkan bahwa konsentrasi sedimen suspensi rerata dapat ditentukan berdasarkan konsentrasi

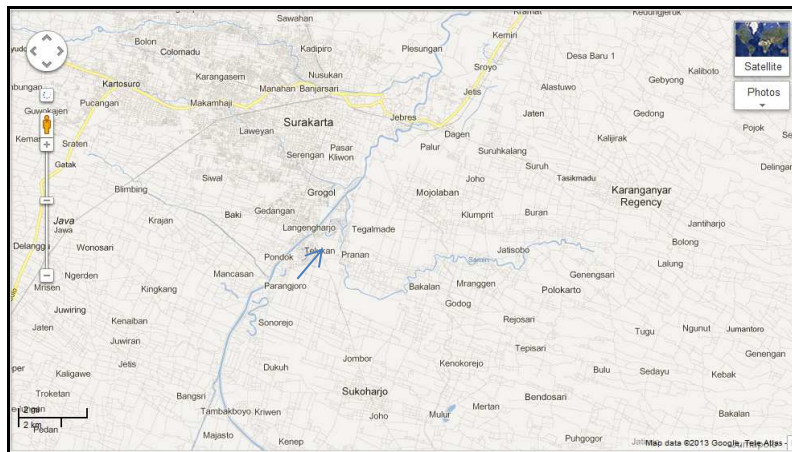
sedimen suspensi rerata titik pada posisi  $y = 0,4 D$  dari dasar saluran (untuk pengukuran 1 titik), pada  $y = 0,2 D$  dan  $0,8 D$  (2 titik), atau pada  $y = 0,2 D$ ;  $0,4 D$ ; dan  $0,8 D$  (3 titik).

Dalam penelitian ini dikaji teori Ackers-White, Englund-Hansen, Laursen, Meyer-Peter Muller, Toffaleti dan Yang untuk mengetahui sedimen yang terjadi di Sungai Bengawan Solo.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberi masukan kepada Balai Besar Wilayah Sungai Bengawan Solo dalam hal kriteria sedimen dan besarnya debit sedimen di ruas sungai Bengawan Solo tepatnya pada ruas Serenan sampai Jurug.

## METODE

Penelitian ini menggunakan metode survai eksperimen dengan mengambil data debit dan sedimen secara langsung pada Serenan dan Jurug di Bengawan Solo. Sedimen kemudian diuji di laboratorium dan hasil akhir mendapatkan parameter angkutan sedimen yaitu konsentrasi sedimen, debit sedimen, dan berat jenis sedimen serta gradasi butiran. Angkutan sedimen dari laboratorium kemudian dibandingkan dengan hasil hitungan menggunakan metode angkutan sedimen yaitu Ackers-White, Englund-Hansen, Laursen, Meyer-Peter Muller, Toffaleti dan Yang. Alat bantu yang digunakan dalam perhitungan adalah menggunakan HEC-RAS. Pengambilan sampel sedimen dilakukan pada 2 titik yaitu di AWLR Serenan dan AWLR Jurug ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Pengambilan Sampel

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel sedimen ditentukan berdasarkan debit total pada setiap penampang. Debit total yang terjadi untuk Serenan =  $67,04 \text{ m}^3/\text{dt}$  dan Jurug =  $133,42 \text{ m}^3/\text{dt}$ . Dari tabel 1 dapat dilihat letak titik pengambilan sampel sedimen.

Tabel 1. Titik Pengambilan Sampel Sedimen

| No | Lokasi  | $Q_{total}$<br>( $\text{m}^3/\text{dt}$ ) | Nama Sampel | $Q_i$<br>( $\text{m}^3/\text{dt}$ ) | Letak<br>(m) | Dari         |
|----|---------|---|-------------|-------------------------------------|--------------|--------------|
| 1. | SERENAN | 67,04                                     | S-1/6Q      | 11,17                               | 10,82        | Kanan sungai |
| 2. |         |   | S-3/6Q      | 33,52                               | 22,75        | As Pilar     |
| 3. |         |   | S-5/6Q      | 55,87                               | 9,79         | As Pilar     |
| 4. | JURUG   | 133,42                                    | J-1/6Q      | 22,24                               | 11,8         | Kanan sungai |
| 5. |         |   | J-3/6Q      | 66,71                               | 10,1         | As Pilar     |
| 6. |         |   | J-5/6Q      | 111,18                              | 25,4         | As Pilar     |

### Analisis Butiran Sedimen

Pengujian sampel sedimen dilakukan di laboratorium Mekanika Tanah Universitas Sebelas Maret Surakarta. Adapun analisis laboratorium yang akan di uji meliputi analisis konsentrasi sedimen, berat jenis sedimen, analisis hidrometer dan analisis saringan.

### Konsentrasi Sedimen

Konsentrasi sedimen dianalisis dari hasil laboratorium yang hasilnya dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Konsentrasi Sedimen

| No | Nama Sampel | Konsentrasi Sedimen (mg/l) | Konsentrasi Sedimen Rerata (mg/l) |
|----|-------------|----------------------------|-----------------------------------|
| 1. | S-1/6Q      | 600                        |                                   |
| 2. | S-3/6Q      | 600                        | 622                               |
| 3. | S-5/6Q      | 667                        |                                   |
| 4. | J-1/6Q      | 572                        |                                   |
| 5. | J-3/6Q      | 667                        | 657                               |
| 6. | J-5/6Q      | 733                        |                                   |

### Debit Sedimen Melayang

Debit Sedimen Melayang dengan menggunakan rumus:  $g_s = k.C.Q$  dengan  $k$  sebesar 0,0864,  $C$  merupakan konsentrasi sedimen (mg/l) dan  $Q$  merupakan debit sungai ( $m^3/s$ ). Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Debit Sedimen Melayang

| No | Nama Sampel | $g_s$ (ton/hari) | $g_s$ rerata (ton/hari) |
|----|-------------|------------------|-------------------------|
| 1. | S-1/6Q      | 579,21           |                         |
| 2. | S-3/6Q      | 1737,64          | 1844,90                 |
| 3. | S-5/6Q      | 3217,86          |                         |
| 4. | J-1/6Q      | 1099,39          |                         |
| 5. | J-3/6Q      | 3842,53          | 3995,52                 |
| 6. | J-5/6Q      | 7044,64          |                         |

### Berat Jenis Sedimen

Berat jenis sedimen didapat dari hasil laboratorium yang hasilnya dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Berat Jenis Sedimen

| No | Nama Sampel | Berat Jenis | Berat Jenis Rerata |
|----|-------------|-------------|--------------------|
| 1. | S-3/6Q      | 3,21        |                    |
| 2. | S-5/6Q      | 3,01        | 3,51               |
| 3. | J-1/6Q      | 3,01        |                    |
| 4. | J-3/6Q      | 3,21        | 2,74               |
| 5. | J-5/6Q      | 2,00        |                    |

### Analisis Hidrometer

Butiran sedimen melayang pada semua sampel sedimen merupakan butiran yang lolos saringan 0,075 mm sehingga dilakukan pengujian menggunakan hidrometer.

Setelah analisis hidrometer, kemudian dicari ukuran butiran yang akan digunakan dalam analisis angkutan sedimen yang dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Diameter Butiran Dalam Analisis Angkutan Sedimen

| Sampel | $D_{90}$ | $D_{84}$ | $D_{50}$ |
|--------|----------|----------|----------|
| S-1/6Q | 0,108    | 0,1      | 0,061    |
| S-3/6Q | 0,108    | 0,099    | 0,060    |
| S-5/6Q | 0,108    | 0,098    | 0,059    |
| J-1/6Q | 0,111    | 0,103    | 0,069    |
| J-3/6Q | 0,11     | 0,102    | 0,067    |
| J-5/6Q | 0,11     | 0,102    | 0,067    |

Dari  $D_{50}$  terlihat bahwa ukuran butiran sedimen di Serenan berkisar antara 0,032–0,0625 sedangkan ukuran butiran sedimen di Jurug berkisar antara 0,0625–0,125. Menurut American Geophysical Union sedimen di Serenan termasuk butiran Coarse Silt sedangkan untuk Jurug termasuk butiran Very Fine Sand.

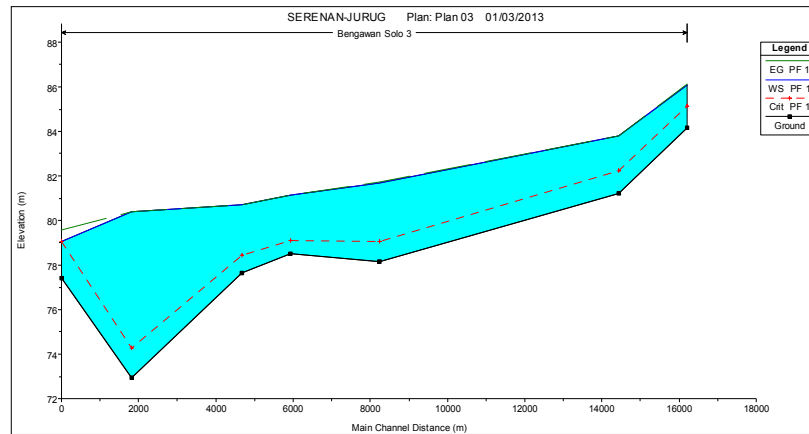
### Analisis Angkutan Sedimen

Analisis angkutan sedimen dilakukan dengan menggunakan alat bantu *software* HEC-RAS.

### Analisis Steady Flow

Data yang diperlukan dalam analisis *steady flow* berupa data geometri *long profile* dari jembatan Serenan sampai jembatan Jurug serta *cross section* di ruas sungai tersebut sebanyak 7 buah dengan STA awal (6) merupakan letak jembatan Serenan sedangkan STA akhir (0) merupakan letak jembatan Jurug. Koefisien manning yang digunakan adalah 0,08. Data debit digunakan data debit pengukuran aktual yaitu di jembatan Serenan sebesar 67,04 m<sup>3</sup>/s dan di jembatan Jurug sebesar 133,42 m<sup>3</sup>/s. Batas hulu menggunakan tinggi muka air yang telah diketahui sebesar 1,61 m sedangkan pada batas hilir menggunakan *critical depth*.

Hasil analisis steady flow ditampilkan dalam Tabel 6 dan dapat dilihat profil dari ruas sungai Bengawan Solo seperti yang ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Profil Ruas Sungai Bengawan Solo

Tabel 6. Hasil Output Analisis *Steady Flow* HEC-RAS

| STA Sungai | Q Total<br>(m <sup>3</sup> /s) | El. Min<br>(m) | El. Muka Air<br>(m) | El. Critical Muka Air<br>(m) | El. Energi Gradien<br>(m) | Slope<br>(m/m) | Kecepatan Aliran<br>(m/s) | Luas Aliran<br>(m <sup>2</sup> ) | Lebar Atas Saluran<br>(m) | Angka Froude |
|------------|--------------------------------|----------------|---------------------|------------------------------|---------------------------|----------------|---------------------------|----------------------------------|---------------------------|--------------|
| 6          | 67,04                          | 84,15          | 86,06               | 85,12                        | 86,10                     | 0,00430        | 0,93                      | 71,94                            | 58,83                     | 0,27         |
| 5          | 67,04                          | 81,23          | 83,80               | 82,22                        | 83,82                     | 0,00062        | 0,47                      | 141,38                           | 73,50                     | 0,11         |
| 4          | 67,04                          | 78,14          | 81,70               | 79,07                        | 81,71                     | 0,00022        | 0,34                      | 198,04                           | 78,16                     | 0,07         |
| 3          | 67,04                          | 78,50          | 81,12               | 79,11                        | 81,13                     | 0,00030        | 0,36                      | 189,48                           | 94,94                     | 0,08         |
| 2          | 67,04                          | 77,66          | 80,71               | 78,43                        | 80,72                     | 0,00034        | 0,40                      | 169,21                           | 73,92                     | 0,08         |
| 1          | 67,04                          | 72,94          | 80,40               | 74,29                        | 80,40                     | 0,00006        | 0,27                      | 256,62                           | 59,60                     | 0,04         |
| 0          | 133,4                          | 77,40          | 79,07               | 79,07                        | 79,55                     | 0,06400        | 3,09                      | 43,11                            | 44,37                     | 1,00         |

### Analisis Debit Angkutan Sedimen

Data yang diperlukan dalam analisis debit angkutan sedimen adalah data hasil analisis *steady flow*, data analisis butiran sedimen dari analisis hidrometer, berat jenis butiran sedimen rerata sebesar 3,12, suhu air sebesar 27<sup>o</sup> C, kecepatan jatuh menggunakan Van Rijn dan data geometri sungai.

Pada perhitungan debit sedimen diasumsikan dibagi menjadi 2 kondisi perhitungan yaitu:

1. Kondisi perhitungan pertama dilakukan perhitungan dari stasiun 6 sampai 3 dengan data ukuran butiran dari Serenan dan ukuran butiran diluar rumus diperhitungkan.
2. Kondisi perhitungan kedua dilakukan perhitungan dari stasiun 2 sampai 0 dengan data ukuran butiran dari Jurug dan ukuran butiran diluar rumus tidak diperhitungkan.

Sebelum dilakukan perhitungan dilakukan konversi satuan dari sistem SI ke sistem US.

Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Analisis Debit Angkutan Sedimen *Output* HEC-RAS

| STA Sungai | Profil | Metode             | Debit Sedimen (tons/hari) |
|------------|--------|--------------------|---------------------------|
| 6          | PF 1   | Ackers-White       | $3,319 \times 10^{27}$    |
|            |        | Engelund-Hansen    | $2,6 \times 10^6$         |
|            |        | Laursen (Copeland) | $1,6 \times 10^9$         |
|            |        | MPM                | 1.921                     |
|            |        | Toffaleti          | $6,6 \times 10^5$         |
|            |        | Yang               | $1,1 \times 10^{11}$      |
| 0          | PF 1   | Ackers-White       | $3,3 \times 10^8$         |
|            |        | Engelund-Hansen    | 0                         |
|            |        | Laursen (Copeland) | $8,9 \times 10^6$         |
|            |        | MPM                | 0                         |
|            |        | Toffaleti          | 9.767                     |
|            |        | Yang               | $2,8 \times 10^7$         |

### Pembahasan

Dari hasil output analisis debit angkutan sedimen diambil angka yang paling mendekati yaitu untuk Serenan menggunakan metode MPM dan Jurug menggunakan metode Toffaleti. Perbandingan hasil debit angkutan sedimen perhitungan dengan pengukuran debit angkutan sedimen dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Perbandingan Debit Sedimen Perhitungan Dengan Pengukuran

| Lokasi pengukuran | Debit Angkutan Sedimen (ton/hari) |            | Kesalahan % |
|-------------------|-----------------------------------|------------|-------------|
|                   | Perhitungan                       | Pengukuran |             |
| Serenan           | 1921                              | 1844,90    | 4,12        |
| Jurug             | 9767                              | 3995,52    | 144,45      |

Data pengukuran debit angkutan sedimen pada Serenan dibandingkan dengan angkutan sedimen menggunakan metode MPM dan pengukuran debit angkutan sedimen pada Jurug dibandingkan dengan angkutan sedimen menggunakan metode Toffaleti karena kemiripan data. Terlihat bahwa untuk Serenan terjadi perbedaan data sebesar 4,12 % dan untuk Jurug terjadi perbedaan data sebesar 144,45 %.

### SIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah:

- Sedimen melayang yang ada pada sungai Bengawan Solo yaitu pada Serenan mempunyai kelas ukuran *Coarse Silt* dengan *range* butiran 0,032 – 0,0625 sedangkan pada Jurug mempunyai kelas ukuran *Very Fine Sand* dengan *range* butiran 0,0625 – 0,125.
- Metode Meyer Peter Muller mampu untuk digunakan dalam memperkirakan besarnya debit angkutan sedimen pada sungai Bengawan Solo tepatnya pada Serenan sedangkan pada Jurug belum ada metode yang dapat digunakan untuk memperkirakan besarnya debit angkutan sedimen. Pada metode Meyer Peter Muller terjadi tingkat kesalahan 4,12 %.

### UCAPAN TERIMAKASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Balai Besar Wilayah Sungai Bengawan Solo atas kesediannya membantu dalam pengambilan sampel sedimen di Bengawan Solo.

### REFERENSI

- Bambang Agus Kironoto, 2008, "Konsentrasi Sedimen Suspensi Rata-Rata Kedalaman Berdasarkan Pengukuran 1, 2, Dan 3 Titik Pada Aliran Seragam Saluran Terbuka", Teknik Sipil dan Lingkungan UGM, Yogyakarta
- W Burner, Garry, 2002, "HEC-RAS: River Analysis System Hydraulic Reference Manual US Army Corp of Engineers", United State