

TRANSPOR SEDIMEN PADA SUNGAI GAJAH WONG DI KOTA YOGYAKARTA

Ratna Septi Hendrasari¹, Adeska²

^{1,2}Universitas Teknologi Yogyakarta
Email: ratnasepti.h@gmail.com

Abstrak

Transport sedimen di sungai merupakan proses alami yang terjadi secara berkelanjutan. Besarnya transport sedimen dipengaruhi oleh karakteristik aliran dan material yang dibawa. Adanya transport sedimen, dapat menyebabkan terjadinya perubahan morfologi sungai. Hal ini dapat mempengaruhi kegiatan pemanfaatan sungai tersebut. Lokasi penelitian berada di ruas Sungai Gajah Wong Yogyakarta. Sungai ini melewati pemukiman padat penduduk. Selain itu, di pinggiran sungai, banyak berdiri bangunan rumah warga dengan gang-gang sempit. Penelitian dilakukan dengan mengambil sampel sedimen dasar untuk selanjutnya dilakukan pengujian berat jenis, *void ratio*, *porosity* dan gradasi butiran. Pengambilan sampel dilakukan di ruas sungai Gajah Wong yang berada di belakang Taman Cendekia Gambiran. Pengujian sampel dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Gadjah Mada. Besarnya transport sedimen dihitung dengan menggunakan Metode Meyer Peter Muller. Dari hasil penelitian diperoleh bahwa besarnya transport sedimen yang terjadi pada aliran sungai Gajah Wong adalah $1,5265 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$.

Kata Kunci : Sungai Gajah Wong, Transport Sedimen, Meyer Peter Muller, Yogyakarta, Sedimen Dasar

1. PENDAHULUAN

Sungai merupakan bagian terendah di permukaan bumi dalam bentuk alur memanjang dari hulu menuju ke hilir. Selain itu sungai merupakan sistem alur alam yang dapat terdiri atas satu atau lebih alur-alur yang bertemu atau bercabang. Karakteristik aliran sungai antara lain dipengaruhi oleh kondisi morfologi serta mekanisme aliran yang terjadi pada sungai tersebut. (Hendrasari, R.S., 2012).

Pada dasarnya, aliran sungai juga membawa sejumlah sedimen. Transport sedimen yang terjadi pada aliran sungai merupakan proses alami yang terjadi secara berkelanjutan. Besarnya transport sedimen dipengaruhi oleh karakteristik aliran sungai ataupun material yang dibawanya. Adanya transport sedimen di sungai dapat menyebabkan terjadinya perubahan morfologi sungai. Perubahan ini misalnya terjadinya aggradasi dan degradasi sungai.

Sungai Code merupakan salah satu sungai yang melintasi wilayah Kota Yogyakarta. Sungai ini berhulu di Gunung Merapi. Kondisi ini menjadikan aliran sungai Code berpeluang besar terjadi transport sedimen yang berasal dari material vulkanik. Terjadinya transport sedimen ini menyebabkan perubahan morfologi sungai. Hal ini dapat mempengaruhi kegiatan pemanfaatan sungai. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui besarnya transport sedimen yang terjadi di Sungai Code.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Kajian laju angkutan sedimen dasar telah dilakukan pada Sungai Pondo-Poboyo yang berada di Kota Palu (Oktavia, S.R., dkk., 2019).

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui laju sedimen dasar pada Sungai Pondo-Poboyo. Laju angkutan sedimen dasar pada Sungai Pondo-Poboyo dihitung dengan menggunakan Meyer-Peter dan Muller berdasarkan pada debit banjir rencana periode ulang 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun dan 100 tahun. Hasil analisis memperlihatkan bahwa nilai laju angkutan sedimen dasar terbesar terjadi pada saat debit banjir periode ulang 100 tahun pada Lokasi 2 yaitu sebesar $1,26544 \text{ m}^3/\text{det}$ dan laju angkutan sedimen dasar terkecil terjadi pada lokasi 3 yaitu sebesar $0,37895 \text{ m}^3/\text{det}$.

Hermawan. A., dan Afianto. E. N., 2021, telah melakukan penelitian tentang angkutan sedimen dasar (*bed load*) pada saluran irigasi Mataram Yogyakarta. Penelitian ini dilakukan dengan menghitung angkutan sedimen dasar menggunakan persamaan Einstein, Meyer - Peter Muller, and Frijlink. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kuantitas angkutan sedimen (*qb*) yang bervariasi, dengan nilai terbesar berada pada ruas saluran Gambang dan Nambongan dengan nilai $3,57 \text{ m}^3/\text{hari}$ dan $3,67 \text{ m}^3/\text{hari}$.

2.1. Kecepatan Aliran

Kecepatan aliran diukur dengan menggunakan pelampung. Nilai kecepatan aliran dihitung dengan persamaan 1.

$$v = \frac{L}{t} \dots\dots\dots (1)$$

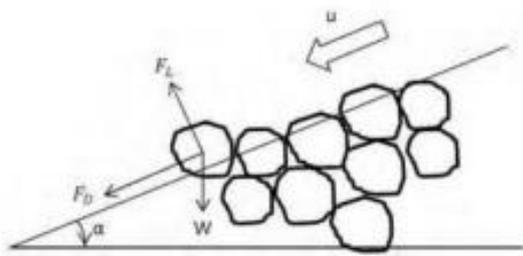
dengan :

v = kecepatan aliran (m/detik)

L = jarak antara dua titik yang dilalui (m).
 t = waktu yang dibutuhkan untuk melalui L (detik). (Tangkudung, H., 2011)

2.2. Awal Gerak Butiran Partikel Sedimen

Transpor sedimen pada dasar saluran dipengaruhi oleh awal gerak butiran partikel sedimen pada saat tegangan kritisnya terlampaui. Ketika tegangan geser belum melampaui nilai tegangan kritis, maka material dasar akan diam atau tak bergerak. Sangat sulit untuk mengukur Gerakan partikel pada dasar saluran. Hal tersebut disebabkan karena Gerakan partikel sedimen merupakan fenomena yang acak dalam ruang dan waktu (Simon et al., 2004) dalam (Hermawan. A., dan Afianto. E. N., 2021).



Gambar 1. Parameter pada awal gerak butiran

Faktor-faktor yang berkaitan dengan awal gerak butiran sedimen adalah kecepatan aliran, diameter ukuran butiran, gaya angkat yang lebih besar dari gaya berat butiran, dan gaya geser kritis. Parameter yang bekerja pada partikel sedimen non kohesif dapat dilihat pada Gambar 1. (Hassanzadeh, 2012) dalam (Hermawan. A., dan Afianto. E. N., 2021).

Tegangan geser aliran (τ_0) merupakan tegangan yang ditimbulkan akibat adanya gaya pergerakan aliran, dimana gaya yang terjadi merupakan fungsi dari kecepatan geser aliran (u_*).

$$\tau_0 = \rho_w \cdot u_*^2 \dots\dots\dots (2)$$

dengan,

τ_0 = Tegangan geser aliran (N/m²)

ρ_w = rapat massa air (kg/m³)

u_* = kecepatan geser aliran (m/s)

$$u_* = \sqrt{g \cdot R \cdot S} \dots\dots\dots (3)$$

dengan,

g = percepatan gravitasi (m²/s)

R = radius hidraulik penampang saluran,

S = kemiringan dasar saluran

Awal gerak butiran sedimen dipengaruhi oleh besarnya nilai tegangan geser aliran (τ_0) yang terjadi pada ruas penampang aliran dan tegangan geser kritis (τ_c).

- 1). $\tau_0 < \tau_c$, maka butiran sedimen dalam kondisi tak bergerak atau diam,
- 2). $\tau_0 = \tau_c$, maka butiran mulai bergerak,
- 3). $\tau_0 > \tau_c$, maka butiran sedimen bergerak.

Nilai tegangan geser kritis dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (4).

$$\tau_{c*} = \frac{\tau_c}{(\rho_s - \rho_w) D_s} \dots\dots\dots (4)$$

dengan,

τ_{c*} = parameter tegangan geser.

D_s = diameter ukuran butiran (m)

ρ_s = massa jenis butiran sedimen (kg/m³)

Nilai parameter tegangan geser (τ_{c*}) ditentukan dengan menggunakan diagram Shields pada Gambar 2, yang didasarkan pada nilai Bilangan Reynold. Nilai Bilangan Reynold dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (5).

$$Re_e = \frac{u_* \cdot D_s}{\nu} \dots\dots\dots (5)$$

dengan,

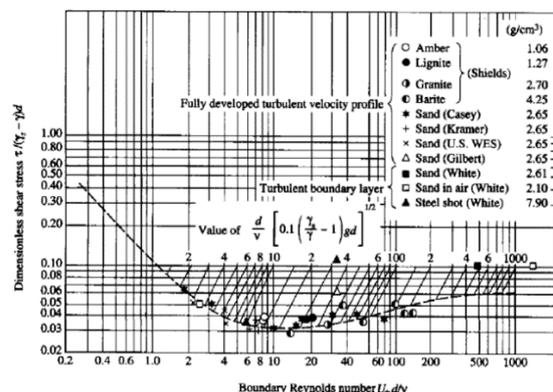
Re_e = Bilangan Reynold

u_* = Kecepatan geser (m/s)

D_s = Diameter butiran (m)

ν = viskositas (m²/s)

(Hermawan. A., dan Afianto. E. N., 2021).



Gambar 2. Grafik Shield Modifikasi (Rouse 1939, ASCE 1975) dalam (Ahmad., N., 2011)

2.3. Transpor sedimen dasar sungai (Bed Load)

Muatan dasar (*bed load*) adalah partikel yang bergerak pada dasar sungai. Pergerakan partikel yaitu dengan cara berguling, meluncur dan meloncat. Karena kondisi muatan dasar

yang selalu bergerak, menyebabkan pada sepanjang dasar sungai terjadi proses degradasi dan agradasi. Formulasi untuk menghitung jumlah transport muatan dasar, didasarkan pada prinsip bahwa kapasitas aliran sediment transport sepanjang dasar bervariasi secara langsung dengan perbedaan antara shear stress pada partikel dasar dan *shear stress* (tegangan geser) kritis yang diijinkan untuk partikel yang bergerak.

Transport sedimen menurut Meyer-Petter Muller, (dalam Hermawan. A, 2021) didasarkan pada prinsip dari pergerakan sedimen akibat adanya kemiringan energi. Massa angkutan sedimen ($g'sb$) dinyatakan dalam bobot terendam dalam satuan (kg/s/m). Persamaan transport sedimen menurut Meyer -Peter Muller ditampilkan pada Persamaan 6 dan 7.

$$0,25 \rho^{1/3} \frac{(g'sb)^{2/3}}{(\rho_s - \rho)} = \frac{\rho \cdot R_h \cdot \mu \cdot S}{(\rho_s - \rho) d} - 0,047 \quad \dots (6)$$

$$q_{sb} = \frac{g'sb}{(\rho_s - \rho) g} \quad \dots (7)$$

dengan,

q_{sb} = total sedimen dasar per meter lebar saluran ($m^3/s/m$).

μ = factor kekasaran dasar saluran (*ripple factor*).

ρ_w = rapat massa sedimen (kg/m^3)

ρ_s = rapat massa sedimen (kg/m^3)

g = percepatan gravitasi (m^2/s)

d = diameter butiran sedimen (m)

R_h = radius hidraulik penampang saluran (m)

S = kemiringan dasar saluran.

g'_{sb} = debit sedimen dalam bobot terendam, ($kg/s/m$).

Faktor kekasaran dasar saluran (μ) dihitung dengan menggunakan Persamaan 8.

$$\mu = \left(\frac{C}{C_{d90}} \right)^{3/2} \quad \dots (8)$$

$$C = 18 \cdot \log \frac{12 \cdot R_h}{k_s} \quad \dots (9)$$

$$C_{d90} = 18 \cdot \log \frac{12 \cdot R_h}{d_{90}} \quad \dots (10)$$

dengan,

k_s = tinggi kekasaran hidraulik dasar saluran (m)

d_{90} = diameter ukuran butiran (m)

Tinggi kekasaran hidraulik saluran ditentukan dengan menggunakan persamaan 11.

$$u_z = 5,75 u_* \log \left(\frac{33h}{k_s} \right) \quad \dots (11)$$

dengan,

u_z = kecepatan aliran pada posisi z (m/s)

h = kedalaman aliran (m)

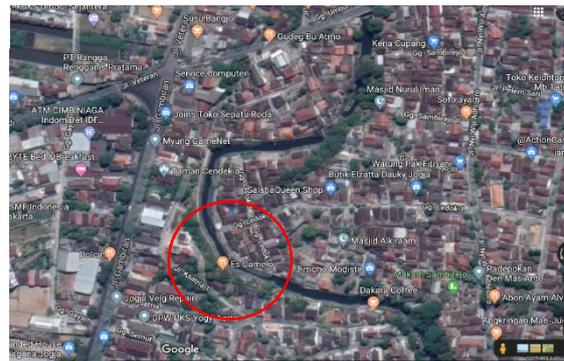
u_* = Kecepatan geser (m/s)

k_s = tinggi kekasaran hidraulik dasar saluran (m)

3. METODE PENELITIAN

3.1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di ruas Sungai Gajah Wong di desa Gambiran, Pandeyan, Kecamatan Umbulharjo, Kota Yogyakarta. Pengambilan sampel sedimen dilakukan pada ruas sungai yang berada di belakang Taman Cendekia Gambiran pada koordinat $7^{\circ}48'54''S$ $110^{\circ}23'31''$. Sampel yang sudah diambil, kemudian dibawa ke Laboratorium Mekanika Tanah UGM untuk dilakukan pengujian gradasi butiran. Lokasi penelitian ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Lokasi Penelitian

3.2. Pengukuran Kecepatan Aliran

Pengukuran kecepatan dilakukan bersamaan dengan pengambilan sampel sedimen. Pengukuran kecepatan dilakukan dengan menggunakan pelampung. Pengukuran ini dilakukan pada 3 sisi aliran yaitu sisi tengah, sisi kanan dan sisi kiri aliran. Setiap sisi dilakukan 3 kali pengukuran yang kemudian dirata-rata.

3.3. Pengukuran Tampang Melintang Sungai

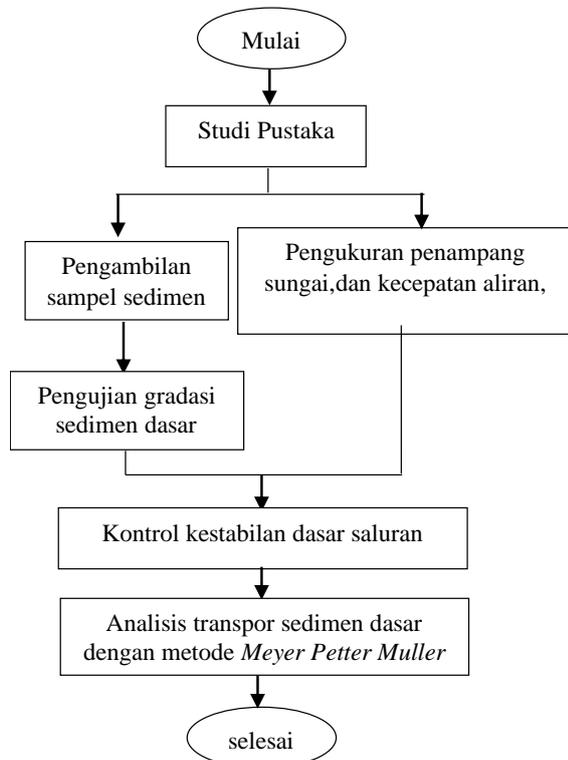
Pengukuran tampang melintang sungai dilakukan dengan cara mengukur kedalaman aliran pada beberapa titik pada setiap jarak tertentu. Selain itu juga dilakukan pengukuran lebar saluran. Kegiatan ini dilakukan secara bersamaan dengan pengukuran kecepatan aliran.

3.4. Kestabilan Dasar Saluran

Keseimbangan partikel sedimen terhadap gaya-gaya yang bekerja pada aliran menunjukkan kondisi kestabilan dasar saluran. Gerakan partikel sedimen ditentukan berdasarkan awal gerak partikel sedimen. Prinsip dari awal gerak partikel sedimen adalah bahwa partikel sedimen akan bergerak dan menyebabkan adanya angkutan sedimen apabila tegangan geser aliran (τ_0) melampaui dari tegangan geser kritik partikel (τ_c).

3.5. Perhitungan Transpor Sedimen

Perhitungan transport sedimen dikerjakan setelah melakukan perhitungan kestabilan dasar saluran. Perhitungan transport sedimen dasar dilakukan dengan menggunakan metode Meyer-Petter dan Muller. Bagan alir penelitian ditampilkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Bagan alir penelitian.

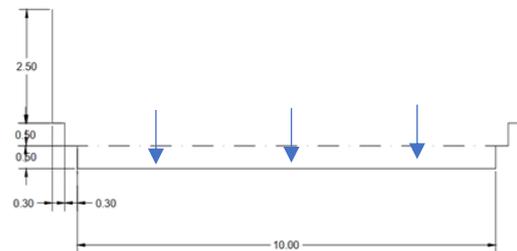
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Diameter Butiran

Sampel sedimen yang telah diambil kemudian dilakukan pengujian gradasi butiran. Dari hasil pengujian, diperoleh nilai massa jenis butiran adalah 2130 kg/m³. Sedangkan untuk ukuran butiran, diperoleh bahwa nilai $d_{50} = 0,7$ mm, dan $d_{90} = 10$ mm.

4.2. Kecepatan aliran

Kecepatan diukur dalam dimensi satuan panjang suatu waktu, yang dinyatakan dalam (m/s). Pengukuran kecepatan aliran dilakukan dengan menggunakan metode pelampung (*float*). Pengukuran ini dilakukan pada 3 posisi aliran yaitu posisi tengah, kanan dan kiri aliran. Setiap posisi dilakukan 3 kali pengukuran yang kemudian dirata-rata. Posisi pengukuran kecepatan aliran dapat dilihat pada Gambar 5 dan hasil pengukuran kecepatan aliran dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 5. Posisi pengukuran kecepatan aliran

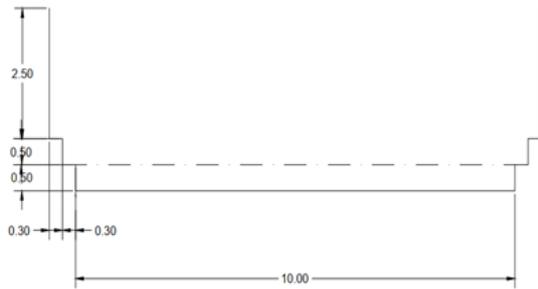
Tabel 1. Kecepatan aliran

Posisi pengukuran	Kecepatan aliran (m/s)		
	kiri	tengah	Kanan
1	0,625	0,831	0,769
2	0,621	0,892	0,740
3	0,652	0,819	0,750

Berdasarkan data kecepatan yang diperoleh pada setiap posisi pengukuran, kemudian dihitung nilai kecepataannya. Dari hasil hitungan, diperoleh bahwa nilai kecepatan adalah 0,750 m/s. Nilai kecepatan yang diperoleh merupakan nilai kecepatan permukaan.

4.3. Tampang melintang sungai.

Pada penelitian ini, pengukuran tampang melintang sungai dilakukan dengan cara mengukur lebar dan tinggi muka air pada posisi pengambilan sampel. Pengukuran ini dilakukan bersamaan dengan pengambilan sampel, dan pengukuran kecepatan aliran. Berdasarkan hasil dari pengukuran tersebut, diperoleh bahwa lebar sungai adalah 10 m, sedangkan tinggi aliran sebesar 0,5 m. Talud pada bagian kiri kanan sungai berupa susunan bronjong yang berundak. Bentuk penampang melintang sungai dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Bentuk Tampang Melintang Sungai

Dari hasil pengukuran lebar dan kedalaman aliran, diperoleh bahwa luasampang basah pada saat penelitian adalah 5 m².

4.4. Kontrol kestabilan dasar saluran

Kontrol kestabilan dasar saluran dilakukan dengan menentukan nilai tegangan geser aliran (τ_0) dan tegangan geser kritik partikel (τ_c). Nilai tegangan geser aliran ditentukan berdasarkan nilai kecepatan geser aliran (u^*). Sedangkan nilai tegangan geser kritik ditentukan berdasarkan parameter tegangan geser. Parameter tegangan geser (τ_{c*}) ditentukan dengan menggunakan diagram Shields yang didasarkan pada nilai Bilangan Reynold.

1. Perhitungan dengan menggunakan Persamaan 11, diperoleh nilai $k_s = 0,786$ dan $u^* = 0,0987$ m/s.
2. Nilai u^* dipakai untuk menentukan besarnya tegangan geser (τ_0). Hasil perhitungan menunjukkan bahwa besarnya tegangan geser (τ_0) adalah 9,742 N/m².
3. Nilai Re dihitung berdasarkan persamaan 6. Hasil perhitungan menunjukkan nilai $Re = 89,015$.
4. Dengan menggunakan nilai Re dan berdasarkan Grafik Shields, diperoleh nilai parameter tegangan geser (τ_{c*}) yaitu 0,045.
5. Dengan menggunakan persamaan 4, dihitung nilai tegangan geser kritik (τ_c). Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai tegangan geser kritik (τ_c) = 0,036 N/m².

Berdasarkan perhitungan terhadap kestabilan dasar saluran diperoleh bahwa $\tau_0 > \tau_c$. Hal ini menunjukkan bahwa partikel butiran sedimen dalam kondisi bergerak.

4.5. Transpor Sedimen

Perhitungan nilai transpor sedimen, mendasarkan pada transport untuk sedimen dasar. Metode yang digunakan adalah metode Meyer Peter Muller. Data-data untuk

menghitung transport sedimen diperoleh dari hasil pengukuran sebelumnya.

Lebar sungai	= 10 m
Kedalaman aliran	= 0,5 m
Luas penampang basah (A)	= 5 m ²
Rapat massa air (ρ)	= 1000 kg/m ³
Gravitasi (g)	= 9,81 m/s
Rapat massa sedimen (ρ_s)	= 2130 kg/m ³
d_{50}	= 0,7 mm
d_{90}	= 10 mm

Dengan menggunakan persamaan (6) dan (7), maka dapat dihitung besarnya transport sedimen dasar. Dari hasil perhitungan diperoleh bahwa radius hidrolis dasar sungai (R_h) = 0,455 m, dan nilai $S = 0,00218$.

Parameter kekasaran dasar sungai dapat dihitung berdasarkan koefisien Chezy yang didasarkan pada d_{90} .

$$C_{d90} = 18 \log \frac{12R_h}{d_{90}}$$

$$= 18 \log \frac{12 \times 0,455}{10 \times 10^{-3}}$$

$$= 49,269 \text{ m}^{1/2}/\text{s}$$

$$C = 18 \log \frac{12R_h}{k_s}$$

$$= 18 \log \frac{12 \times 0,455}{0,786}$$

$$= 15,152$$

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

$$= \left(\frac{15,152}{49,269} \right)^{3/2}$$

$$= 0,17$$

Setelah mendapatkan nilai μ maka nilai transport sedimen dihitung dengan menggunakan Metode Meyer Peter Muller sesuai dengan Persamaan 6. Dari perhitungan diperoleh nilai debit sedimen dalam bobot terendam (g'_{sb}) = 0,0171 kg/s/m. Dengan menggunakan Persamaan 7 ditentukan nilai total sedimen dasar per meter lebar saluran (q_{sb}). Nilai q_{sb} hasil perhitungan adalah 0,000015265 m³/s/m.

Debit sedimen untuk lebar sungai sebesar 10 m adalah 1,5265x10⁻⁴ m³/s. Debit tersebut merupakan debit sedimen yang terjadi pada seluruh lebar sungai yang ditinjau.

5. KESIMPULAN

- a. Nilai tegangan geser (τ_0) adalah $9,742 \text{ N/m}^2$ dan nilai tegangan geser kritis (τ_c) = $0,036 \text{ N/m}^2$. Hal ini menunjukkan bahwa $\tau_0 > \tau_c$, sehingga partikel butiran sedimen dalam kondisi bergerak.
- b. Besarnya transport sedimen yang terjadi pada ruas sungai Gajah Wong yang ditinjau adalah $1,5265 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, Nizar, "Persamaan Angkutan Sedimen Sungai", 2011.
- Hermawan, A., dan Afiato, E. N., "Analisis Angkutan Sedimen Dasar (Bed Load) Pada Saluran Irigasi Mataram Yogyakarta", *Teknisia*, 20-30, 2021.
- Hendrasari, R. S., "Model Aliran *Steady Non Uniform* (Studi kasus pada sungai Bedog Daerah Istimewa Yogyakarta)", *Inersia: Jurnal Teknik Sipil dan Arsitektur*, 8(1), 2012.
- Oktavia, S.R., dkk., "Kajian Laju Angkutan Sedimen Dasar Pada Sungai Pondo – Poboya", *Stabilita: Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 7(3), 2019.
- Tangkudung, H., "Pengukuran kecepatan aliran dengan menggunakan pelampung dan current meter", *Tekno*, 9(55), 2011.