

ESTIMASI ANGKUTAN SEDIMEN DASAR PADA SALURAN SAND TRAP DAERAH IRIGASI GUMBASA

Nina Bariroh Rustiati^{1*}, Nur Fahri Riza Fauzi¹, Ariesto Kristiadi²,
Wahyu Setyoaji², Ngarihin³

¹Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Tadulako

²Balai Wilayah Sungai Sulawesi 3

³UPTD Bendung Gumbasa

*neen211273@gmail.com

Pemasukan: 4 November 2023 Perbaikan: 23 November 2023 Diterima: 26 November 2023

Intisari

Informasi dari pihak Balai Wilayah Sungai Sulawesi 3 Daerah Irigasi Gumbasa membutuhkan data sedimentasi dasar (*bed load*) yang akan digunakan untuk memprediksi frekuensi penggelontoran jumlah sedimen dasar pada saluran *sand trap*. Daerah Irigasi Gumbasa terletak di Daerah lembah Palu yang memanjang dari kaki hulu Sungai Gumbasa mengalir hingga Sungai Kawatuna di Kota Palu. Daerah Irigasi Gumbasa melayani 5 Kecamatan yang berada di Kabupaten Sigi dan Kota Palu yaitu: Kecamatan Gumbasa, Tanambulaya, Dolo, Sigi Biromaru dan Palu Selatan, Daerah Irigasi Gumbasa memiliki luas area seluas 1.737 Ha. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jumlah angkutan sedimen dasar pada Saluran *Sand Trap* Daerah Irigasi Gumbasa. Pada penelitian ini dilakukan pengambilan sampel *bed load*, kecepatan aliran dan kedalaman alir pada saluran. Pengambilan sampel dilakukan di dua musim yaitu pada awal musim hujan (bulan Februari) dan akhir musim hujan (bulan Maret). Tujuan pengambilan sampel di dua waktu yang berbeda untuk mengetahui perbedaan jumlah angkutan sedimen pada waktu tersebut. Sampel sedimen kemudian diuji di laboratorium untuk mendapatkan ukuran diameter butiran dengan *prosentase* lolos 90% dan 50 (D_{90} dan D_{50}). Data-data yang telah diperoleh selanjutnya dianalisis menggunakan persamaan *Meyer-Peter-Muller*. Hasil analisis menunjukkan jumlah angkutan sedimen dasar pada awal musim hujan menggunakan persamaan *Meyer-Peter-Muller* sebesar 184,966 m³/hari sedangkan pada akhir musim hujan jumlah angkutan sedimen dasar menggunakan persamaan *Meyer-Peter-Muller* sebesar 38,494 m³/hari.

Kata Kunci: *Bed load*, *Sand trap*, Daerah irigasi, Gumbasa, Sedimentasi

Latar Belakang

Proses sedimentasi pada suatu sungai meliputi proses erosi, transportasi, pengendapan dan pemadatan dari sedimentasi itu sendiri (Sudira, 2013). Sebagaimana diketahui, sedimentasi di sungai terjadi karena adanya proses pengendapan konsentrasi sedimen pada aliran sungai yang bersumber dari hasil erosi di bagian hulu sungai. Hal ini berlaku juga pada saluran-saluran irigasi.

Kerusakan daerah aliran sungai menyebabkan meningkatnya angkutan sedimen yang terbawa aliran ke saluran irigasi. Jika kecepatan aliran ini rendah maka akan terjadi proses pengendapan di saluran irigasi tersebut. Penumpukan material terus berlangsung sehingga endapan semakin banyak dan akan membentuk delta. Dalam Asdak (2004), hasil sedimen biasanya diperoleh dari pengukuran sedimen terlarut dalam sungai (*suspended sediment*) atau pengukuran langsung di dalam waduk. Menurut Soewarno (1991), besarnya volume angkutan sedimen terutama tergantung dari kecepatan aliran, karena perubahan musim dan aktivitas manusia.

Aliran dalam mengalir pada dasar yang bergerak mempunyai kemampuan untuk mengangkut sedimen. Percampuran antara sedimen dan air akan menimbulkan konsekuensi menggerakkan dirinya sendiri dalam aliran. Pergerakan sedimen yang terdiri dari gerusan, angkutan dan sedimentasi tidak hanya merubah aliran tetapi juga dasar saluran sehingga elevasi, kemiringan dan kekasarannya juga mengalami perubahan (Rustiati, 2017). Terdapat beberapa penelitian yang memiliki relevansi dengan penelitian terkini.

Pabinta dkk., (2019), menggunakan Metode *Schoklitsch* dan *Haymood* untuk menghitung angkutan sedimen pada Hilir Sungai Kambu dengan melakukan pengukuran langsung pada tiga titik di hilir sungai Kambu untuk mendapatkan data morfologi sungai dan sampel sedimen dasar. Sedangkan Tandira dkk., (2022) menggunakan Metode *Van Rijn* untuk menghitung angkutan sedimen dasar dan untuk sedimen melayang menggunakan metode sesaat, untuk menghitung angkutan sedimen di Sungai Galang-Galang dilakukan pengambilan sampel sedimen dasar dan melayang secara langsung pada tiga titik sungai.

Marvin dan Pranoto, (2019) menggunakan metode *Einstein*, *Shields*, dan *Schoklitsch* untuk menghitung debit angkutan sedimen dasar Sungai Citarum, Penelitian ini dilakukan di laboratorium Mekanika Tanah dan laboratorium Hidrolika dengan menggunakan sirkular flum dilakukan dengan menggunakan 3 tabung sampel dan di tes dengan berbagai kecepatan. Andrian dan Pranoto, (2020) menggunakan beberapa metode untuk pengujian laboratorium dilakukan dengan alat *Circular Flume* dan untuk *HEC-RAS*. Metode yang digunakan adalah *Engelund-Hansen*, *Meyer-Peter-Muller* dan *Yang*. Zuhri, et.al (2022), melakukan penelitian untuk menanggulangi permasalahan banjir dengan pembangunan tanggul dan normalisasi untuk meningkatkan kapasitas sungai. Perubahan morfologi sungai dan pengendalian banjir Sungai Welang dilakukan pemodelan angkutan sedimen menggunakan bantuan aplikasi *HEC-RAS*. Sementara itu Zumardi et.al. (2018) menghitung angkutan sedimen di Sungai Air Kolongan dititik kontrol daerah Suwaan, di gunakan metode *Van Rijn* dan *Einstein*, yang akan dianalisis terhadap data debit aliran sungai selama 10 tahun.

Sedangkan Junaidi (2012) mengkaji angkutan sedimen dasar pada sungai vulkanik dengan studi kasus pada sungai Krasak di Yogyakarta. Penelitian ini menguji akurasi hasil hitungan angkutan sedimen dengan menggunakan persamaan angkutan sedimen tak berdimensi dari Einstein (1950) pada angkutan sedimen hasil pengukuran. Pagayang (2019) menganalisis angkutan sedimen di Sungai Dinamunen Kabupaten Minahasa Utara akibat pendangkalan dari proses

sedimentasi. Hidayati dkk. (2021) menganalisis berat total sedimen yang mengendap pada bagian hilir Tukad Unda dan membandingkan analisis sedimentasi metode Universal Soil Loss Equation (USLE) dengan metode analisis sedimentasi dalam HEC-RAS dengan bantuan aplikasi ArcGIS dan HEC-GeoRAS untuk menggambarkan bentuk profil tampak atas dari sebaran sedimen yang terbentuk, serta upaya dalam menanggulangnya.

Amri et.al (2023) mengadakan penelitian mengenai tingkat sedimentasi yang ada di Sungai Air Sambat dengan menggunakan metode yang berbeda agar dapat diketahui besarnya sedimentasi yang terjadi dan dampaknya terhadap kestabilan sungai serta untuk keberlangsungan warga sekitar yang tinggal di daerah Kecamatan Maje Kabupaten Kaur Bengkulu.

Informasi dari pihak Balai Wilayah Sungai Sulawesi 3 (BWSS3) bahwa D.I. Gumbasa membutuhkan data sedimentasi dasar (*bed load*) yang akan digunakan untuk memprediksi frekuensi penggelontoran jumlah sedimen dasar. Berdasarkan informasi dari pihak Balai Wilayah Sungai Sulawesi 3 meminta adanya penelitian tentang volume sedimentasi dasar (*bed load*) untuk mengetahui jumlah sedimen yang akan dibersihkan. Pada dasarnya, sangat sulit untuk mengamati pergerakan partikel sedimen di dalam saluran. Angkutan sedimen pada saluran terbuka dapat didekati dengan menggunakan persamaan empirik, diantaranya adalah Persamaan Einstein, Meyer – Peter Muler dan Frijlink (Hermawan, 2021). Berdasar informasi di atas maka penelitian ini memfokuskan untuk mengkaji jumlah angkutan sedimen dasar pada saluran *sandtrap* menggunakan persamaan dari MPM dan memperkirakan frekuensi penggelontoran yang seharusnya dilakukan. Hal ini berkenaan dengan efisiensi kinerja Bendung Gumbasa dalam pelayanan air irigasi ke lahan pertanian.

Metodologi Studi

Lokasi penelitian berada di Kabupaten Sigi Provinsi Sulawesi Tengah tepatnya di Desa Pakuli Kabupaten Sigi. Secara geografis terletak di 0°30" LU dan 2°20" LS, serta antara 119°45" -121°45" BT. Daerah ini berbatasan dengan Kota Palu di Utara, Kabupaten Donggala di Barat, Provinsi Sulawesi Tengah di Selatan dan Kabupaten Parigi Moutong di Timur. Daerah Irigasi Gumbasa memiliki luas area seluas 1.737 Ha.

Peta lokasi penelitian pada Gambar 1 ditujukan untuk menjelaskan mengenai metode dan teknis pelaksanaan studi.

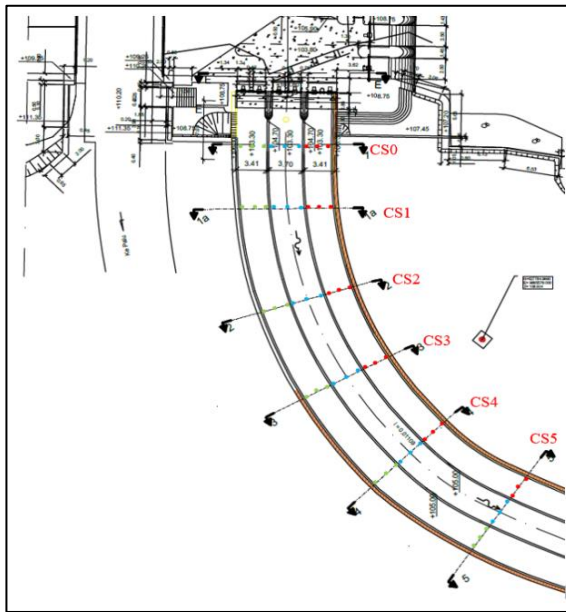


Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian (Sumber: BWS Sulawesi 3)

Pengambilan sampel sedimen dilakukan secara langsung di Saluran *Sand Trap*. menggunakan alat angkut sedimen dasar (*bed load*) yang di pinjam di Balai Wilayah Sungai Sulawesi 3. Apabila alat angkut sedimen tidak ada di Balai Wilayah Sungai Sulawesi 3 maka pengambilan sampel sedimen di ambil dengan cara di skop lalu dimasukan ke dalam karung sampel. Adapun, cara pengambilan sampel yaitu:

1. Menyiapkan karung sampel dengan memberikan label notasi lokasi pengambilan sampel (misal ST_{lkiri} berarti Sand Trap titik sebelah kiri).
2. Setelah itu mengambil sampel sedimen dengan menggunakan skop lalu dimasukan ke dalam karung yang sudah diberi label terlebih dahulu sesuai dengan notasi pengambilan sampel. Adapun, sampel diambil di waktu berbeda.
3. Kemudian dibawa ke laboratorium Mekanika Tanah untuk diuji analisa saringan dan berat Jenis.
4. Mengalirkan botol untuk mengukur kecepatan aliran menggunakan *stopwatch* sebanyak 10 kali dengan jarak 10 meter.
5. Setelah botol mencapai jarak yang ditentukan yaitu 10 m, maka *stopwatch* dimatikan dan waktu dicatat.
6. Pengukuran dimensi saluran menggunakan meteran tetapi apabila saluran tersebut dalam maka pengukuran dimensi dibantu dengan botol yang diisi batu agar botol tersebut bisa tenggelam dan ujung botol tersebut diikat dengan tali. Kemudian kedalaman aliran diukur dari panjang tali yang masuk di dalam aliran.
7. Pengukuran kedalaman aliran sekaligus penampang saluran diambil pada posisi melintang (*cross section*) pada masing masing saluran.

Gambar 2 berikut menunjukkan lokasi pengambilan sampel sedimen, kecepatan dan kedalaman aliran



Gambar 2. Lokasi titik pengambilan sampel

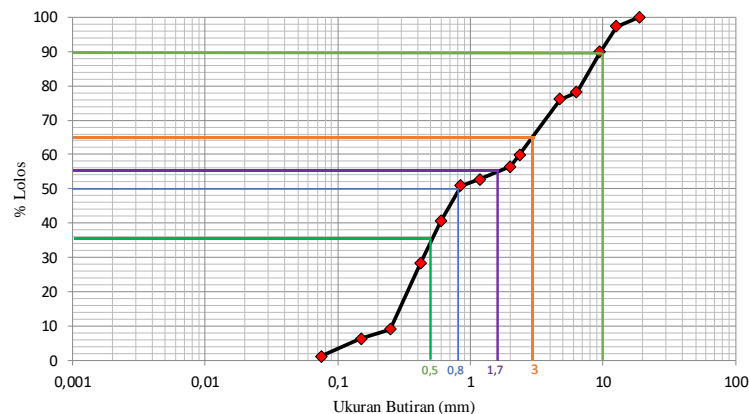
Dari Gambar 2 diatas titik pengambil sampel sedimen dasar di ambil sepanjang 50 meter, sehingga dibuat 5 *cross section* dengan jarak antar *cross section* 10 meter. Pada titik warna hijau sampel sedimen dasar berada di saluran kanan, titik warna biru sampel sedimen dasar berada di saluran tengah dan titik warna merah sampel sedimen dasar berada di saluran kiri. Berikut adalah metode pengambilan sampel di saluran Sandtrap Bendung Gumbasa.



Gambar 3. Pengambilan sampel di Saluran

Hasil Studi dan Pembahasan

Ukuran butir sedimen sangat berpengaruh pada banyak sedimentasi yang mengendap di dasar saluran, sehingga akan berpengaruh juga pada debit air yang mengalir di saluran (Susetyaningsih, 2016). Hasil perhitungan angkutan sedimen pada awal musim hujan (Februari 2022). Pengujian analisa saringan bertujuan untuk mendapatkan ukuran diameter sedimen dasar (d_{50} dan d_{90}). Sampel sedimen dasar yang akan diuji diambil dari tiga saluran. Berikut ini adalah grafik analisa saringan/gradasi butiran untuk CS_{1,2} :



Gambar 3. Gradasi butiran untuk CS_{1.2}

Dari hasil plot grafik analisa saringan diperoleh ukuran butiran sedimen dasar: $d_{90} = 10 \text{ mm}$, $d_{65} = 3 \text{ mm}$, $d_{55} = 1,7 \text{ mm}$, $d_{50} = 0,8 \text{ mm}$ $d_{35} = 0,5 \text{ mm}$. Perhitungan angkutan sedimen dasar dengan metode MPM pada CS_{1.2} (Oktavia, 2019):

Diketahui :

Lebar Saluran (b)	= 2,97 m
Tinggi Muka Air (h)	= 0,54 m
Kemiringan Saluran (I)	= 0,011
Kecepatan Aliran (\underline{U})	= 0,417 m/dt
Percepatan Gravitasi (g)	= 9,81 m/dt
Berat Jenis Air (γ_w)	= 1 Ton/m ³
Berat Jenis Sedimen (γ_s)	= 2,648
M.P.M Diameter Butiran (d_{90})	= 0,01000 m = 10 mm
M.P.M Diameter Butiran (d_{50})	= 0,00080 m = 8 mm

- a. Menghitung Luas Penampang (A)

$$= b \times h$$

$$= 2,97 \times 0,54$$

$$= 1,60 \text{ m}^2$$
- b. Menghitung debit aliran (Q)

$$= A \times U$$

$$= 1,60 \times 0,417$$

$$= 0,669 \text{ m}^3/\text{dt}$$
- c. Menghitung Keliling Basah (P)

$$= b + (2 \times h)$$

$$= 2,97 + (2 \times 0,54)$$

$$= 4,050 \text{ m}$$
- d. Menghitung Jari-Jari Hidrolis (R)

$$= A / P$$

$$= 1,60 / 4,050$$

$$= 0,396 \text{ m}$$
- e. Menghitung nilai koefisien

$$= \frac{26}{d_{90}^{(1/6)}}$$

$$\text{Kekasaran akibat butiran (Ks')} = \frac{26}{0,0100^{(1/6)}} = 54,322 \text{ m}$$

f. Menghitung nilai *Koefisien Strickler* (K_s)

$$= \frac{V}{R^{\left(\frac{2}{3}\right)} \times S^{\left(\frac{1}{2}\right)}} = \frac{0,417}{0,396^{\left(\frac{2}{3}\right)} \times 0,011^{\left(\frac{1}{2}\right)}} = 7,304 \text{ m/det}$$

g. Menghitung laju angkutan sedimen dasar per meter (q_B)

$$q_B = \sqrt{\left(\frac{\gamma_w \cdot R \cdot \left(\frac{K_s}{K_s}\right)^{\frac{3}{2}} \cdot S - 0,047 \cdot (\gamma_s - \gamma_w) \cdot d_{50}}{0,25 \cdot \left(\frac{\gamma_w}{g}\right)^{\frac{1}{3}}} \right)^3}$$

$$q_B = \sqrt{\left(\frac{1 \cdot 0,396 \cdot \left(\frac{7,304}{54,322}\right)^{\frac{3}{2}} \cdot 0,011 - 0,047 \cdot (2,648 - 1) \cdot 0,0008}{0,25 \cdot \left(\frac{1}{9,81}\right)^{\frac{1}{3}}} \right)^3}$$

$$q_B = 0,0000476 \text{ m}^3/\text{dt.m}$$

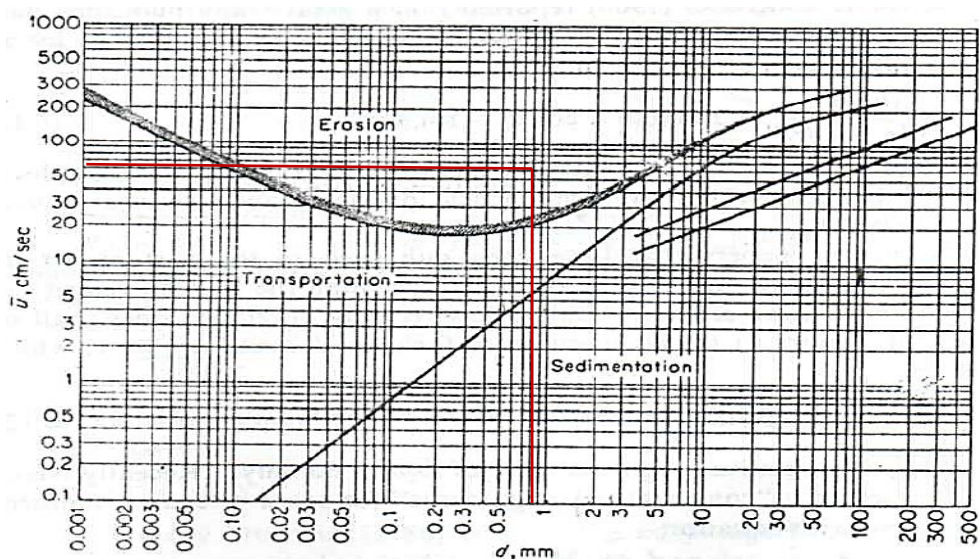
h. Menghitung laju angkutan sedimen dasar untuk lebar saluran kanan (Q_s)

$$(Q_s) = (q_B) \times b$$

$$= 0,0000476 \times 2,97 = 0,0001414 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Dari hasil perhitungan laju angkutan sedimen didapatkan $Q_s = 0,0001414 \text{ m}^3/\text{dt}$ atau $1,414 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{dt}$. Kondisi ini dikalikan dengan waktu sehari untuk mengetahui volume angkutan sedimen yang terjadi. Sehingga nilai $Q_s = 1,414 \times 10^{-4} \times 60 \times 60 \times 24 = 12,21 \text{ m}^3/\text{hari}$.

Kestabilan dasar saluran merupakan kondisi keseimbangan partikel sedimen terhadap gaya-gaya yang bekerja pada aliran (Hermawan, 2021). Untuk mengetahui apakah butiran sedimen dengan diameter (d_{50}) 0,8 mm mengalami pergerakan atau tidak mengalami pergerakan, dengan cara mengeplot diameter butiran dan kecepatan aliran ke dalam diagram Shield sebagai berikut



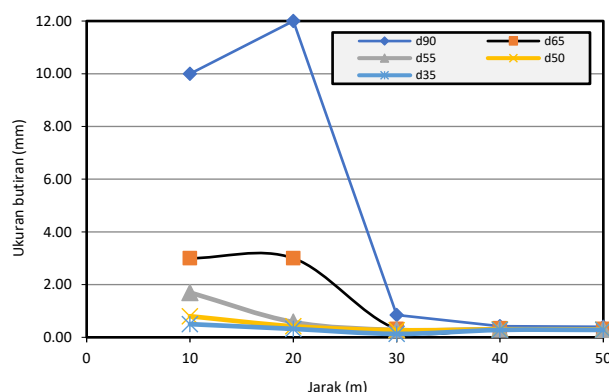
Gambar 4. Diagram Shield (Graf, 1998)

Dari grafik di atas, menunjukkan untuk diameter butiran (d_{50}) = 0,8 mm dan kecepatan aliran (\bar{U}) = 41,7 cm/dt terjadi proses erosi yang artinya untuk diameter dengan ukuran tersebut akan mengalami pergerakan atau transport sedimen. Untuk ukuran diameter butiran yang kurang dari 0,8 mm dengan kecepatan aliran yang sama maka butiran tersebut akan mengalami erosi dan angkutan sedimen. Adapun untuk ukuran butiran yang lebih besar dari 0,8 mm pada kecepatan yang sama akan mengalami proses sedimentasi ataupun angkutan sedimen. Tabel berikut menunjukkan hubungan ukuran butiran dan jarak saluran sepanjang 50 meter untuk masing diameter lolos d_{90} , d_{65} , d_{55} , d_{50} dan d_{35} .

Tabel 1. Hubungan ukuran butiran dan jarak pada Saluran Kanan

Jarak	Saluran Kanan				
	Ukuran Butiran				
	d_{90}	d_{65}	d_{55}	d_{50}	d_{35}
10	10,00	3,00	1,70	0,80	0,50
20	12,00	3,00	0,58	0,42	0,32
30	0,85	0,32	0,28	0,27	0,13
40	0,42	0,34	0,31	0,30	0,28
50	0,40	0,32	0,30	0,29	0,28

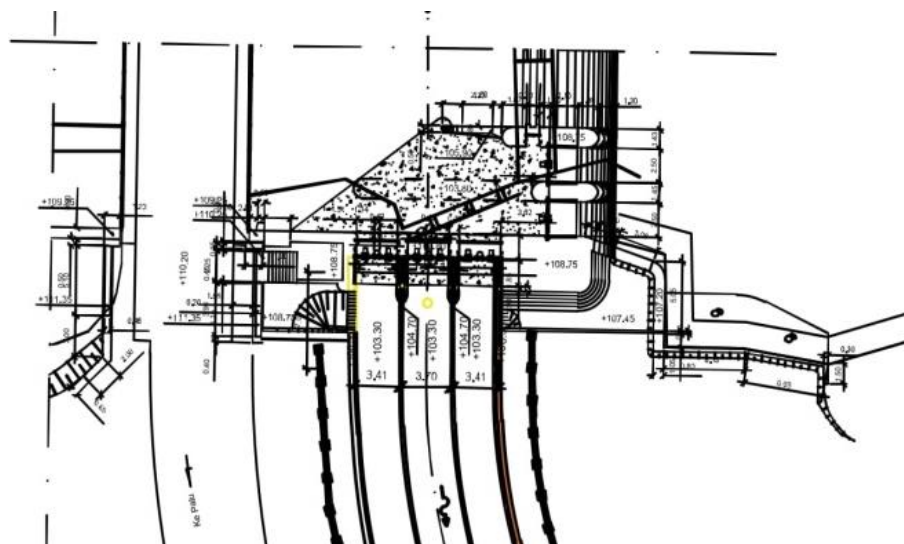
Berdasar tabel 1 di atas dibuatlah grafik hubungan tersebut untuk menunjukkan relevansi ukuran diameter butiran dengan panjang saluran sejauh 50 meter ke arah hilir saluran.



Gambar 5. Hubungan diameter butiran dan panjang saluran kanan

Berdasarkan grafik hubungan antara ukuran butiran dengan jarak diatas dapat diketahui bahwa semakin ke hilir ukuran diameter butiran yang didapatkan semakin kecil. Sesuai dengan fungsi *sandtrap* sebagai penangkap material sedimen pasir, maka diharapkan hasil studi menunjukkan kecenderungan seperti di atas. Hal ini bersesuaian pula dengan fungsi saluran *sandtrap* bagian kanan sebagai penangkap sedimen dengan ukuran pasir kurang dari 0,8 mm. Sedangkan untuk saluran bagian tengah berfungsi sebagai penangkap butiran sedimen dengan ukuran minimal 0,8 mm dan saluran bagian kiri penangkap sedimen dengan ukuran minimal 1,0 mm. Pada bagian bawah masing – masing saluran terdapat bukaan bawah (*undersluice*) yang berfungsi sebagai penghubung aliran yang membawa material sedimen.

Selanjutnya menganalisis tampungan sandtrap untuk mengetahui frekuensi penggelontoran sedimen sesuai dengan jumlah sedimen yang terbawa aliran. Laju angkutan sedimen yang melebihi keseimbangan dapat menimbulkan beberapa masalah diantaranya adalah dapat mengurangi kapasitas aliran pada saluran pada bangunan irigasi, menghambat operasional bangunan irigasi, dan mengurangi kapasitas tampung waduk (Hermawan, 2021). Berikut gambar yang menunjukkan penampang sandtrap.



Gambar 6. Denah *Sandtrap* (Sumber: BWSS 3, 2022)

Dari hasil perhitungan sebelumnya, debit sedimen pada awal pengambilan sampel (awal Februari 2022), debit sedimen untuk saluran *sandtrap* keseluruhan $Q_s = 184,966 \text{ m}^3/\text{hari}$. Tampungan saluran *sandtrap* adalah $3,41 \times 1,5 \times 85,6 = 437,844 \text{ m}^3$. Sehingga tampungan sedimen untuk saluran sandtrap akan penuh setelah $437,844 \text{ m}^3 / 184,966 \text{ m}^3 = 2,37$ hari atau 3 hari. Sedangkan perhitungan debit sedimen pada pengambilan sampel ke dua (akhir Maret 2022) adalah sebesar (Q_s) = $38,494 \text{ m}^3/\text{hari}$. Sehingga tampungan sedimen untuk saluran sandtrap akan penuh setelah $437,844 \text{ m}^3 / 38,494 \text{ m}^3 = 11,374$ hari atau 12 hari. Terjadi perbedaan yang cukup signifikan untuk jumlah angkutan sedimen dasar saat awal pengambilan data (Februari 2022) dan akhir pengambilan data (Maret 2022). Hal ini disebabkan dibulan Februari masih merupakan akhir musim penghujan dan dibulan Maret sudah masuk ke musim awal musim kemarau. Sehingga material sedimen yang terbawa aliran dan masuk ke Bendung mengalami perubahan. Proses penggelontoran (*flushing*) pada kedua masa tersebut termasuk sangat singkat. Hal ini disebabkan selama proses pengambilan data sedimen, Bendung Gumbasa masih dalam masa konstruksi rehabilitasi pasca bencana gempa 2018. Sehingga proses *flushing* yang biasanya dilakukan 2 minggu sekali selama musim penghujan dan sebulan sekali selama musim kemarau tidak dapat dilaksanakan. Rekomendasi untuk pihak BWS untuk menggelontor saluran *sandtrap* sesuai dengan kebutuhan. Mengingat kelancaran pengaliran ke saluran sekunder, tersier dan kuarter sangat penting untuk menjamin ketersediaan air irigasi.

Untuk penelitian selanjutnya diharapkan pengambilan data sedimen dilakukan untuk sedimen dasar (*bed-load*) dan sedimen melayang (*suspended load*) untuk mendapatkan jumlah sedimen total (*total-load*) yang masuk ke saluran *sandtrap*. Selain itu proses pengambilan sedimen dilakukan di dua musim yang berbeda, yaitu di musim kemarau dan musim penghujan untuk mendapatkan data yang lebih komprehensif dan perhitungan frekuensi penggelontoran lebih efektif dan tepat.

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil pengujian analisa saringan di laboratorium diperoleh gradasi butiran sedimen pada tiap-tiap titik pengambilan sampel. Sehingga dapat diketahui bahwa karakteristik butiran sedimen pada awal musim hujan dan akhir musim hujan memiliki ukuran butiran yang berbeda jauh.
2. Ukuran butiran sedimen pada CS_{1.2} pada awal musim hujan ($d_{90} = 1,0 \text{ mm}$, $d_{50} = 0,8 \text{ mm}$) pada akhir musim hujan ($d_{90} = 0,6 \text{ mm}$, $d_{50} = 0,33 \text{ mm}$).
3. Hasil perhitungan didapatkan Jumlah Angkutan Sedimen Dasar pada Saluran *Sand Trap* Daerah Irigasi Gumbasa pada awal musim hujan menggunakan persamaan *Meyer Peter and Muller* sebesar $184,966 \text{ m}^3/\text{hari}$ dan sedangkan pada akhir musim hujan Jumlah Angkutan Sedimen Dasar pada Saluran *Sand Trap* Daerah Irigasi Gumbasa menggunakan persamaan *Meyer Peter and Muller* sebesar $38,494 \text{ m}^3/\text{hari}$.
4. Berdasarkan hasil perhitungan Jumlah angkutan sedimen dasar terbesar terjadi pada awal musim hujan dikarenakan diameter butiran yang didapatkan pada awal musim hujan lebih besar dibandingkan pada akhir musim hujan dan juga sedimen dasar pada awal musim hujan disaluran *Sand Trap* belum digelontorkan sehingga hasil jumlah angkutan sedimen yang di dapatkan jumlahnya besar.

Saran

Adapun beberapa saran yang dapat disampaikan terkait dengan hasil penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk penelitian selanjutnya disarankan memasukan nilai *Suspended Load* untuk menghasilkan *Total Load* sehingga bisa diketahui jumlah angkutan sedimen total yang harus dikuras pada saluran Irigasi Gumbasa tersebut
2. Dalam pengambilan sampel sedimen dan kecepatan aliran masih digunakan cara manual karena keterbatasan alat, untuk selanjutnya bisa digunakan alat yang khusus untuk pengambilan kecepatan aliran dan sedimen pada saluran

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Balai Wilayah Sungai Sulawesi 3 dan UPTD Gumbasa yang telah berkontribusi dalam pelaksanaan studi ini terkait penyediaan data sekunder dan perijinan pengambilan data primer.

Daftar Referensi

- Amri K., Mase, L. Z., Putra, A. M., 2023. Analisis Laju Sedimentasi pada Sungai Air Sambat Kabupaten Kaur Menggunakan Metode Meyer Peter Muller dan Van Rijn. *Indonesian Journal of Contemporary Multidisciplinary Research (MODERN)*. 2(2): 151-164. <https://doi.org/10.55927/modern.v2i2.3427>
- Andrian, I. dan Pranoto, W.A., 2020. Analisis Angkutan Sedimen Dasar Sungai Cibeet Dengan HEC-RAS dan Uji Laboratorium. *JMTS. Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 3(1): 31- 38. <https://doi.org/10.24912/jmts.v3i1.7050>
- Artia, Fatima., 2018. Analisa Karakteristik Sedimen dan Laju Sedimentasi Sungai Walanae Kabupaten Wajo. *Skripsi*, Jurusan Sipil Pengairan. Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
- Asdak, C., 2004. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Badaruddin, Satriawansyah, T. Faturrahman, 2017. Analisis Sedimentasi Pada Bendung Beringen Sila Desa Stowe Berang Kecamatan Utan Kabupaten Sumbawa. *Jurnal Saintek Unsa*, 2(1): 78 – 87. <https://osf.io/preprints/inarxiv/26tmk/download>
<https://doi.org/10.31227/osf.io/26tmk>
- Giri Putra, I. B., Saadi, Y., Suroso, A., Hasim, Y., 2016. Analisis Sedimentasi Pada Saluran Utama Bendung Jangkok. *Spektrum Sipil*, 3(2): 208 – 214. <https://spektrum.unram.ac.id/index.php/Spektrum/article/view/83>
- Hermawan, A., dan Afianto, E.M., 2021. Analisis Angkutan Sedimen Dasar (Bed Load) Pada Saluran Irigasi Mataram Yogyakarta. *Jurnal Teknisia*, 26(1): 20 – 30. <https://journal.uui.ac.id/teknisia/article/view/17716>
<https://doi.org/10.20885/teknisia.vol26.iss1.art3>
- Hidayati, A.M., Yekti, M. I., Sujana, G.F.E.A., 2021. Analisis Besaran Sedimentasi dan Penanggulangannya di Hilir Tukad Unda Klungkung dengan Aplikasi Hec-GeoRAS, Media Komunikasi Teknik Sipil. 27(2): 161-169. <https://doi.org/10.14710/mkts.v27i2.32225>
- Junaidi, 2016. Kajian Angkutan Sedimen Dasar Pedekatan Laju Angkutan Sedimen Tak Berdimensi Einstein (1950). *Wahana Teknik Sipil*, 17(1): 11 -22. <https://jurnal.polines.ac.id/index.php/wahana/article/download/110/103>
- Marvin dan Pranoto, W. A., 2019. Studi Debit Angkutan Sedimen Dasar Sungai Citarum dengan Rumus Einstein, Shields, Schoklitsch dan Laboratorium. *Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 22(4): 221 – 228. <https://doi.org/10.24912/jmts.v2i4.6194>
- Oktavia S. R, Lipu, S., Amaliah, T., Mesi, E., 2019. Kajian Laju Angkutan Sedimen Dasar Pada Sungai Pondo Poboya. *STABILITA Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 7(3): 287-297. https://ojs.uho.ac.id/index.php/stabilita_jtsuho/article/view/10061/7212
- Pabinta, M., Sukri, S. A., Putri, S. T., 2019. Analisis Angkutan Sedimen Dasar Pada Hilir Sungai Kambu Kota Kendari. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 7(2): 109 – 116. <http://dx.doi.org/10.55679/jts.v7i2.8191>

- Pagayang, E.T., Halim, F., Hendratta, L.A., 2019. Analisis Angkutan Sedimen di Sungai Dinamuna Kabupaten Minahasa Utara. *Jurnal Sipil STATIK*. 7(7): 859-568. <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jss/article/view/24384>
- Rustiati N., B., 2017. Pemodelan Gerusan dan Sedimentasi Pada Saluran Berbahan Dasar Non-Kohesif dengan Aliran Tenggelam. *Disertasi*, Jurusan Teknik Sipil Konsentrasi Teknik Sumber daya Air Universitas Brawijaya. Malang.
- Sudira, I. W., 2013. Analisis Angkutan Sedimen Pada Sungai Manhasan. *Jurnal Ilmiah Media Engineering*. 3(1): 54-57. <https://media.neliti.com/media/publications/96952-ID-analisis-angkutan-sedimen-pada-sungai-ma.pdf>
- Sumardi, M.A., Hendrata, L.A., Halim, F., 2018. Analisis Angkutan Sedimen di Sungai Air Kolongan, Kabupaten Minahasa Utara, *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, 3(1): 1043-1054. <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jss/article/view/20862/20550>
- Susetyaningsih, A. dan Permana, S., 2016. Pengaruh Sedimentasi terhadap Penyaluran Debit Pada Daerah Irigasi Cimanuk. *Jurnal Konstruksi Sekolah Tinggi Teknologi Garut*. 14(1): 149 – 153. <https://doi.org/10.33364/konstruksi/v.14-1.402>