

Analisis Karakteristik Sedimen dan Debit Sedimen di Sungai Batang Agam Kota Payakumbuh

Analysist of Sediment Characteristics and Sediment Discharge in Batang Agam River, Payakumbuh City

M. Dito Febrian¹, Ridha Sari^{2*}, Sutria Desman³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Sipil, Sekolah Tinggi Teknologi Payakumbuh, Sumatera Barat, Indonesia

*Penulis Korespondensi

Email: ridhasaridjanihar@gmail.com²

Abstrak. Normalisasi Batang Agam Kota Payakumbuh yang telah dimulai dari tahun 2017, dengan pengembangan kawasan sepanjang normalisasi menjadi pusat wisata bagi Kota Payakumbuh dan sekitarnya. Terlepas dari pemanfaatan tersebut, tujuan awal normalisasi Sungai Batang Agam ini adalah untuk mencegah terjadinya banjir dikawasan sepanjang sungai. Untuk tercapainya tujuan pencegahan banjir penampang sungai seharusnya bersifat tetap. Salah satu yang sangat menentukan terjadinya perubahan penampang sungai adalah sedimen. Untuk itu dilakukan penelitian untuk mengetahui karakteristik sedimen dan debit sedimen di hulu dan di hilir kawasan normalisasi sungai Batang Agam. Karakter sedimen yang diuji pada penelitian ini adalah karakter mekanik dari sedimen, dan debit sedimen dihitung dengan metode Shen dan Hungs. Dari hasil pengujian karakter sedimen didapatkan kadar air terbesar adalah 12,21%, berat jenis rata-rata terbesar adalah 1,0294 N/m³. Sedangkan untuk hasil pengujian ukuran butiran, jenis sedimen sungai Batang Agam termasuk kepada jenis agregat halus. Untuk perhitungan angkutan sedimen di hulu dan di hilir normalisasi Batang Agam 46,551 kg/hari dan 137,264 kg/hari.

Kata kunci: karakteristik sedimen, debit sedimen, Batang Agam

Abstract. *The Batang Agam Normalization in Payakumbuh City has started on 2017. The aim of this project is to make this area as tourists destination for Payakumbuh and surrounding communities. Other than the purpose mentioned above, the initial purpose of river normalization is to prevent flooding in the area along the river. To achieve the purpose of preventing floods, the river's cross section should be fixed. Sediment is one of the factors that determines the change of river's cross sections. Due to this reason, this study was carried out to determine the sediment characteristics and sediment discharge at the upstream and the down stream of normalization area in Batang Agam river, Payakumbuh City. The sediment characters tested in this study were the mechanical characteristics of the bed load sediment, and the sediment discharge was calculated using the Shen and Hungs method. The results showed from the sediment character test was that the largest water content was 12.21 %, the largest average specific gravity was 1.0294 N/m³. From the results of the sediment character test, it was found that the largest water content was 12.21%, the largest average specific gravity was 1.0294 N/m³. As for the results of the grain size test showed that the sediment in Batang Agam river belongs to the type of fine aggregate. For the calculation of sediment transport upstream and downstream the normalization of Batang Agam is 46.551 kg/day and 137.264 kg/day.*

Keywords: *sediment characteristics, sediment discharge, Batang Agam*

1. Pendahuluan

Sungai merupakan torehan dipermukaan bumi berfungsi sebagai saluran drainase alamiah. (Alianti, *at al.* 2021). Sungai mengalir secara gravitasi dari daerah dengan elevasi lebih tinggi menuju pada elevasi yang lebih rendah (Fitri. 2019). Sedimentasi pada sebuah sungai melewati proses erosi, dan sedimentasi akan terus berlangsung secara alami, gerusan badan sungai akibat erosi akan dibawa oleh aliran air dan akan menjadi sedimentasi dititik lainnya. Partikel ini lama kelamaan akan menjadi endapan dan akan mengurangi kapasitas penampang sungai yang pada akhirnya dapat berakibat banjir.(Harmani, & Soemantoro2017).

Normalisasi Batang Agam Kota Payakumbuh yang telah dimulai dari tahun 2017. (Helmi. 2020). Bentang sungai yang telah di normalisasi adalah sepanjang 2,8 km, mulai dari jembatan Kantor Camat Payakumbuh Barat hingga jembatan Taman Sahati, Ibh. Kawasan Normalisasi Batang Agam saat ini dikembangkan menjadi pusat wisata dan kuliner bagi masyarakat Kota Payakumbuh dan sekitarnya.

Terlepas dari pemanfaatan Kawasan normalisasi Batang Agam saat ini, tujuan dasar dari kegiatan normalisasi adalah untuk mencegah terjadinya banjir dengan mempertahankan bentuk penampang sungai. Dengan adanya normalisasi diharapkan penampang sungai lebih siap dalam menampung debit banjir. Bentuk penampang sungai ini tentunya akan terus berubah dari waktu ke waktu. Faktor utama yang mempengaruhi bentuk penampang sungai adalah erosi dan sedimentasi, dua hal yang saling berkaitan satu dengan lainnya (Desman & Edial. 2022), (Syelly. *et al.* 2021).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik sedimen dasar dan debit sedimen dasar yang ada di sungai Batang Agam, Kota Payakumbuh. Karakteristik sedimen yang dicari adalah karakteristik mekanis dari sedimen dasar sungai, sedangkan untuk perhitungan debit sedimen yang terjadi dilakukan dengan menggunakan metode Shen dan Hungs.

2. Metode Penelitian

Pentingnya ketersediaan data debit dan data sedimen di suatu Daerah Aliran Sungai (DAS) telah mendorong peneliti untuk melakukan pemodelan kendali mutu data sedimen (Yuningsih, *et al.* 2018). Penelitian ini dilakukan untuk dapat menyajikan data sedimen laying yang valid dan kontinyu di suatu DAS. Pemodelan dilakukan dengan tahapan; pengukuran debit dan pengambilan sedimen, pembuatan lengkung sedimen dan konversi data debit ke angkutan sedimen. Uji coba pengendalian mutu sedimen ini telah dilakukan di pos duga air Tabo tabo – Mangilu dan Maros – Lekopancing.

Pendangkalan yang terjadi di sungai-sungai di Pulau Bangka telah mendorong penelitian tentang karakteristik sedimen dan laju sedimen di Sungai Daeng, Kabupaten Bangka Barat (Hambali & Apriyanti. 2016). Pendangkalan ini diakibatkan oleh adanya erosi lahan yang dipercepat. Karakter sedimen yang diuji adalah ukuran butiran, bentuk butiran, berat volume dan berat jenis serta kecepatan jatuh. Dari hasil pengujian ukuran butiran, didapatkan diameter rata-rata butiran 1,39 – 13,25 mm, sedangkan diameter median adalah 0,5 – 1,52 mm. Untuk berat volume dan berat jenis sedimen didapat nilai 0,808 – 0,934 t/m³ dan 2,55 – 2,69. Analisa laju transport material dasar pada bagian hulu, tengah dan hilir adalah sebesar 197,315 kg/s/m, 338,423 kg/s/m dan 435,97 kg/s/m.

Sedimentasi menjadi salah satu factor penyebab banjir di Banjir Kanal Barat, Kota Semarang. Oleh karena itu dilakukan penelitian untuk mengetahui prediksi pola sebaran sedimen dan volume sedimen yang terjadi di wilayah tersebut (Prasetyo & Dermawan. 2015). Hasil simulasi menunjukkan terjadinya kenaikan elevasi dasar di tahun 2019 dan 2024 sebesar 1,379 m dan 1,922. Perkiraan volume endapan sedimen pada tahun 2019 dan 2024 yaitu sebesar 791.161 m³ dan 1.099.685 m³. Dengan kondisi tersebut, perkiraan biaya pengerukan dengan menggunakan dredger adalah sebesar Rp. 32.267.637.478,-.

Penelitian tentang sedimentasi sungai juga pernah dilakukan di sungai Saluwangko , Kabupaten Minahasa (Mokonio, *et al.* 2013). Pada penelitian ini dilakukan analisa sedimentasi yang terjadi dengan mengambil langsung sampel di muara sungai Saluwangko. Dari penelitian tersebut didapatkan hasil analisa sedimentasi dengan metode Meyer-Peter Qukur = 3,287 m³/dt didapatkan sedimen dasar $Q_b = 829,32$ m³/tahun. Sedangkan untuk Q hitung = 1,262 m³/dt didapatkan sedimen dasar $Q_b = 1513,86$ m³/tahun.

Sedimentasi juga telah mendorong dilakukannya penelitian untuk mengetahui volume sedimentasi di sungai Batang Sinamar (Fatmawati. 2016). Dari hasil perhitungan debit rata-rata pada musim kemarau 3 m³/dt menghasilkan endapan $Q_s = 26,12$ ton/tahun. Dan untuk debit rata-rata pada musim penghujan 71,2 m³/dt menghasilkan besar endapan $Q_s = 6.028,53$ ton/tahun.

Penelitian berlokasi di sungai Batang Agam, Kelurahan Tanjung Pauh, Kecamatan Payakumbuh Barat, Kota Payakumbuh, Sumatera Barat. Lebih tepatnya yaitu di bagian hulu dan hilir dari normalisasi sungai Batang Agam



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Gambar di atas menunjukkan lokasi dilakukannya penelitian. Titik A merupakan hulu dari normalisasi Batang Agam. Sedangkan titik B merupakan bagian hilir dari lokasi normalisasi Batang Agam.



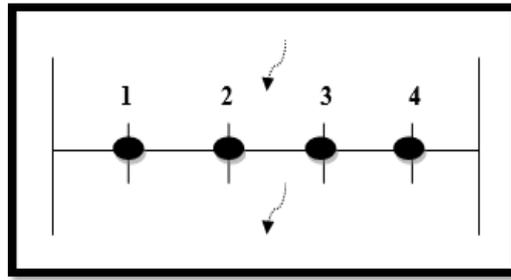
Gambar 2. Lokasi Hulu

Lokasi hulu penelitian bertempat di hulu dari jembatan Kantor Camat Payakumbuh Barat.



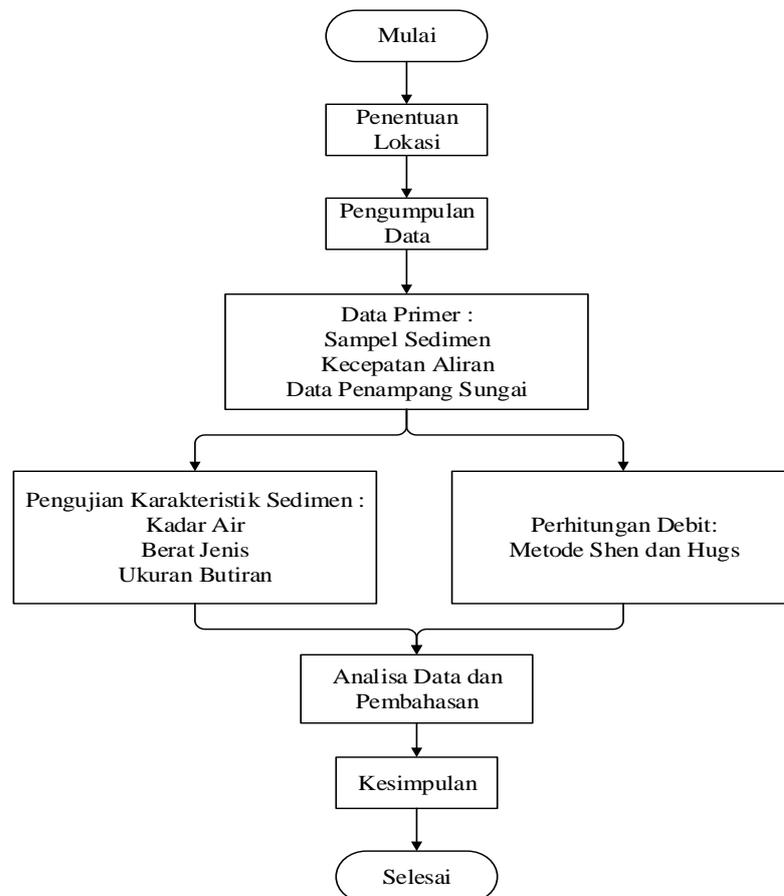
Gambar 3. Lokasi Hilir

Untuk lokasi kedua penelitian, diambil di hilir normalisasi, yaitu di hulu jembatan Taman Sahati, Ibh. Pengambilan sampel sedimen dilakukan di kedua lokasi di atas, hulu dan hilir normalisasi. Dan jenis sedimen yang diambil adalah sedimen dasar. Pada gambar berikut ditampilkan titik-titik pengambilan sampel pada masing-masing penampang sungai



Gambar 4. Titik Pengambilan Sampel di Tiap Penampang Sungai

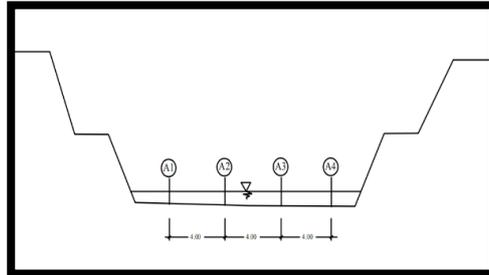
Sampel dikumpulkan dalam 3 hari. Pengambilan sampel dilakukan dua kali dalam satu hari, yaitu pada pagi hari dan sore hari. Jadi terdapat 48 sampel secara total. Untuk pengukuran data hidrometri juga dilakukan di kedua lokasi di atas. Data yang diambil adalah data penampang, berupa kedalaman dan lebar sungai serta kecepatan aliran. Sampel sedimen yang telah diambil, diuji karakteristik mekanisnya. Adapun karakter mekanis yang diuji pada penelitian ini adalah kadar air, berat jenis dan ukuran butiran sedimen. Semua pengujian karakteristik sedimen dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil, Sekolah Tinggi Teknologi Payakumbuh. Pada perhitungan debit sedimen, metode yang digunakan adalah metode Shen dan Hungs. Selanjutnya tahap pelaksanaan penelitian dapat dilihat dalam bagan alir berikut ini.



Gambar 5. Bagan Alir Penelitian

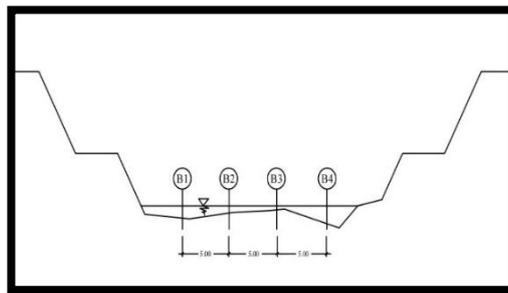
3. Hasil dan Pembahasan

Penelitian dimulai dengan pengambilan data-data penampang sungai. Pengambilan penampang sungai dilakukan di kedua lokasi penelitian, yaitu di hulu dan di hilir normalisasi. Dari hasil pengukuran penampang didapatkan hasil yang digambarkan seperti berikut ini.



Gambar 6. Penampang Melintang Hulu

Gambar di atas menunjukkan bentuk penampang melintang sungai di hulu normalisasi. Setiap segmen penampang dibagi dalam jarak yang sama yaitu 4 m.



Gambar 7. Penampang Melintang Hilir

Sedangkan untuk penampang melintang bagian hilir dibagi menjadi lima segmen dengan jarak masing-masing segmen adalah 5 m. Untuk hasil perhitungan luas penampang basah, kecepatan dan debit pada penampang di hulu normalisasi disajikan dalam tabel berikut.

Tabel 1. Luas Penampang, Kecepatan dan Debit Penampang di Hulu

Segmen	Luas (m ²)	Kecepatan (m/dt)
1	0,598	0,0639
2	1,018	0,0791
3	1,22	0,1695
4	1,72	0,1766
5	0,86	0,1702
Total	5,416	0,1319

Jadi debit di hulu :

$$Q = A \times v$$

$$Q = 5,416 \times 0,1319$$

$$Q = 0,7142 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Tabel 2. Luas Penampang, Kecepatan dan Debit Penampang di Hilir

Segmen	Luas (m ²)	Kecepatan(m/dt)
1	0,14	0,2351
2	0,265	0,1872
3	0,6625	0,1547
4	1,625	0,2812
5	2,2	0,0735
Total	4,8925	0,1863

Jadi debit di hilir :

$$Q = A \times v$$

$$Q = 4,8925 \times 0,1863$$

$$Q = 0,9116 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Karakteristik Sedimen Dasar

Dari hasil pengujian kadar air didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 3. Kadar Air Sedimen

Hari	Kadar Air Rerata (Pagi),%		Kadar Air Rerata (Sore),%	
	Hulu	Hilir	Hulu	Hilir
1	7,16	7,74	2,02	5,50
2	4,88	2,29	3,97	5,76
3	1,40	1,32	0,85	12,21

Kadar air di hulu berkisar antara 0,85 % hingga 7,16 %, sedangkan di hilir berkisar antara 1,32 sampai 12,21 %. Jika dilihat dari waktu pengambilan sampel, nilai kadar air yang dari sampel yang diambil di pagi hari memiliki nilai simpangan lebih kecil dibandingkan dengan kadar air yang didapatkan dari sampel yang diambil di sore hari. Hasil untuk pengujian berat jenis sampel sedimen dapat dilihat pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Berat Jenis Sedimen

Hari	Berat Jenis Rerata (Pagi),N/m ³		Berat Jenis Rerata (Sore), N/m ³	
	Hulu	Hilir	Hulu	Hilir
1	1,0807	1,0951	1,0423	1,0854
2	1,0898	1,0637	1,0797	1,1321
3	1,0487	1,0568	1,0294	1,1936

Berat jenis sampel sedimen yang diambil di hilir pada sore hari memiliki kecenderungan lebih tinggi dibandingkan sampel sedimen lainnya.

Tabel 5. Ukuran Butiran Sedimen

# (mm)	Hari 1		Hari 2		Hari 3	
	Tahan %	Lolos %	Tahan %	Lolos %	Tahan %	Lolos %
38,1	42,41	57,59	9,66	90,34	9,31	90,69
19	65,55	34,45	39,40	60,60	43,49	56,51
9,5	78,39	21,61	65,14	34,86	68,26	31,74
4,75	84,95	15,05	76,12	23,88	78,83	21,17
2	90,35	9,65	83,50	16,50	86,20	13,80
1,18	92,93	7,07	86,56	13,44	89,50	10,50
0,6	95,42	4,58	90,14	9,86	92,57	7,43
0,425	96,13	3,87	91,47	8,53	93,88	6,12
0,15	99,04	0,96	97,40	2,60	98,33	1,67
Pan	100,00	0,00	100,00	0,00	100,0	0,00

Dari pengujian ukuran butiran sedimen didapatkan hasil bahwa sedimen yang melewati atau lolos di saringan ukuran 4,75 mm di hari 1, 2 dan 3 berturut-turut adalah 15,05; 23,88; dan 21,17 %. Dari angka tersebut dapat disimpulkan bahwa ukuran sedimen dasar di sungai Batang Agam termasuk kepada agregat berukuran sedang.

Debit Sedimen Dengan Metode Shen dan Hungs

Berikut perhitungan besarnya angkutan sedimen pada bagian hulu sebagai berikut . Ukuran diameter sedimen (d_{50}) = 0,38 mm Kemiringan sungai Hulu (S) = 0,033

Lebar sungai Hulu (W) = 24 m

Berat jenis air (γ) = 999,14 kg/m³

Gravitasi (g) = 9,81 m/s²

Kecepatan jatuh (ω) = 0,136 m/dt

Kedalaman rerata sungai (D) = 0,46 m (kedalaman pias terbesar)

Debit rata-rata sungai (Q) = 0,1551 m³/dtk

Perhitungan besarnya angkutan sedimen pada bagian hulu sebagai berikut

Luas penampang (A) = 5,416 m², Kecepatan rata-rata, $V = Q/A$

$$= 0,1551 \text{ m}^3/\text{dtk} / 5,416 \text{ m}^2$$

$$= 0,0286 \text{ m/dtk}$$

Menghitung konsentrasi sedimen total

$$Y = \{(V \cdot S^{0,57}) / (\omega^{0,32})\}^{0,0075}$$

$$Y = \{(0,0286 \cdot 0,033^{0,57}) / (0,136^{0,32})\}^{0,0075}$$

$$Y = 0,9939$$

$$\text{Log Ct} = -107404,459 + 324214,747 \times Y - 326309 \times Y^2 + 109503,872 \times Y^3$$

$$\text{Log Ct} = -107404,459 + 324214,747 \times 0,9939 - 326309 \times 0,9939^2 + 109503,872 \times 0,9939^3$$

$$\text{Log Ct} = 3,2318$$

$$\text{Ct} = 1705,34 \text{ ppm}$$

Volume air berat (Gw)

$$Gw = \gamma \times W \times D \times V$$

$$Gw = 999,14 \times 24 \text{ m} \times 0,46 \text{ m} \times 0,0286 \text{ m/dt}$$

$$Gw = 316 \text{ kg/dt}$$

Muatan sedimen (Qs)

$$Qs = Ct \times Gw$$

$$Qs = 1705,34 \text{ ppm} \times 316 \text{ kg/dt}$$

$$Qs = 0,5388 \text{ kg/dt}$$

Maka muatan sedimen untuk bagian hulu adalah sebagai berikut:

Muatan sedimen dalam 1 hari:

$$Qs_{1 \text{ hari}} = 0,5388 \times 86400 = 46.551 \text{ kg/hari}$$

Muatan sedimen dalam setahun:

$$Qs_{1 \text{ tahun}} = 46,551 \times 365 = 16.991.235 \text{ kg/tahun}$$

$$= 16.991,235 \text{ ton/tahun}$$

Berikut perhitungan besarnya angkutan sedimen pada bagian hilir sebagai berikut . Ukuran

diameter sedimen (d_{50}) = 0,38 mm Kemiringan sungai Hulu (S) = 0,0357

Lebar sungai Hulu (W) = 25 m

Berat jenis air (γ) = 999,14 kg/m³

Gravitasi (g) = 9,81 m/s²

Kecepatan jatuh (ω) = 0,136 m/dt

Kedalaman rerata sungai (D) = 0,88 m (kedalaman pias terbesar)

Debit rata-rata sungai (Q) = 0,1607 m³/dtk

Perhitungan besarnya angkutan sedimen pada bagian hilir sebagai berikut

Luas penampang (A) = 4,8925 m²

Kecepatan rata-rata, $V = Q/A$

$$= 0,1607 \text{ m}^3 / \text{dtk} / 4,8925 \text{ m}^2$$

$$= 0,0329 \text{ m/dtk}$$

Menghitung konsentrasi sedimen total

$$Y = \{(V \cdot S^{0,57}) / (\omega^{0,32})\}^{0,0075}$$

$$Y = \{(0,0329 \cdot 0,0357^{0,57}) / (0,136^{0,32})\}^{0,0075}$$

$$Y = 0,9951$$

$$\text{Log Ct} = -107404,459 + 324214,747 \times Y - 326309 \times Y^2 + 109503,872 \times Y^3$$

$$\text{Log Ct} = -107404,459 + 324214,747 \times 0,9951 - 326309 \times 0,9951^2 + 109503,872 \times 0,9951^3$$

$$\text{Log Ct} = 3,3424$$

$$Ct = 2200,1 \text{ ppm}$$

Volume air berat (Gw)

$$Gw = \gamma \times W \times D \times V$$

$$Gw = 999,14 \times 25 \text{ m} \times 0,88 \text{ m} \times 0,0329 \text{ m/dt}$$

$$Gw = 722 \text{ kg/dt}$$

Muatan sedimen (Qs)

$$Qs = Ct \times Gw$$

$$Qs = 2200,1 \text{ ppm} \times 722 \text{ kg/dt}$$

$$Qs = 1,5887 \text{ kg/dt}$$

Maka muatan sedimen untuk bagian hulu adalah sebagai berikut:

Muatan sedimen dalam 1 hari:

$$Qs_{1 \text{ hari}} = 1,5887 \times 86400 = 137.264 \text{ kg/hari}$$

Muatan sedimen dalam setahun:

$$\begin{aligned} Qs_{1 \text{ tahun}} &= 137,264 \times 365 = 50.101.304 \text{ kg/tahun} \\ &= 50.101,304 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian pada sedimen yang terdapat pada Sungai Batang Agam Kota Payakumbuh dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari perhitungan karakteristik diatas disimpulkan bahwa rata-rata kadar air terbesar terjadi pada hari ketiga pada bagian hilir diwaktu sore hari sebesar 12,21%, dan yang terkecil terjadi di hari ketiga pada bagian hulu diwaktu sore hari dengan nilai 0,85%. Dan rata-rata berat jenis terbesar terjadi pada hari ketiga pada bagian hilir diwaktu sore hari sebesar 1,1936 N/m³, dan yang terkecil terjadi di hari ketiga pada bagian hulu diwaktu sore hari dengan nilai 1,0294 N/m³. Untuk pengujian analisa saringan, yang lolos saringan no 4,75 mm antara 15,05 sampai 23,88 %. Nilai tersebut dapat disimpulkan bahwasannya sedimen dasar pada lokasi kajian berdasarkan ukuran butirannya tergolong kepada jenis agregat berukuran sedang. Dan kadar lumpur yang terdapat pada sedimen di Sungai Batang Agam Kota Payakumbuh memiliki kadar lumpur yang tinggi, yang mana untuk hari pertama didapat kadar lumpur 13,33%, hari kedua 10% dan hari ketiga 8,82%. Sesuai dengan yang diijinkan dalam SNI S-04-1989-F untuk agregat halus (pasir) maksimal 5%.
2. Setelah melakukan perhitungan angkutan besarnya angkutan sedimen menggunakan metode shen and hungs didapatkan hasil angkutan sedimen pada bagian hulu dalam sehari sebanyak 46,551 kg/hari dan 16.991.235kg dalam setahun. Sedangkan untuk angkutan sedimen pada bagian hilir dalam sehari didapat sebanyak 137,264 kg/hari dan 50.101.304 kg dalam setahun. Dari angka diatas dapat dilihat bahwa debit sedimen dihilir lebih besar dibandingkan dengan debit sedimen di hulu. Dapat dilihat bahwasannya terjadi penambahan transport sedimen sebesar 194,867% di hilir terhadap hulu sungai, hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor, diantaranya kemiringan dasar sungai dan kecepatan aliran.

Daftar Pustaka

- Alianti, A., Sukri, A. S., Sudardjat, C., & Ilham, V. A. (2021). Analisis Normalisasi Sungai Baubau. *Sultra Civil Engineering Journal*, 2(2), 81-89.
- Desman, S., & Edial, H. (2022). Antisipasi Potensi Penurunan Debit Air Melalui Analisis Daya Dukung Lahan Dan Daya Tampung Air Kota Payakumbuh. *Technologica*, 1(2), 41-50.
- Fatmawati, F. (2016). Analisis Sedimentasi Aliran Sungai Batang Sinamar Bagian Tengah Di Kenagarian Koto Tuo Kecamatan Harau Kabupaten Lima Puluh Kota. *Jurnal Geografi*, 8(2), 156-164.

- Fitri, R. (2019). Pengelolaan Pencemaran Sungai Deli. *Jurnal Ilmiah Abdi Ilmu*, 11(2), 86-93.
- Mokonio, O., Mananoma, T., Tanudjaja, L., & Binilang, A. (2013). Analisis Sedimentasi Di Muara Sungai Saluwangko Di Desa Tounolet Kecamatan Kakas Kabupaten Minahasa. *Jurnal Sipil Statik*, 1(6).
- Prasetyo, D., & Dermawan, V. (2015). Kajian Penanganan Sedimentasi Sungai Banjir Kanal Barat Kota Semarang (Study of Sedimentation Mitigation West Floodway Semarang City). *Jurnal Teknik Pengairan: Journal of Water Resources Engineering*, 6(1), 76-87.
- Hambali, R., & Apriyanti, Y. (2016, December). Studi Karakteristik Sedimen dan Laju Sedimentasi Sungai Daeng–Kabupaten Bangka Barat. In *FROPIL (Forum Profesional Teknik Sipil)* (Vol. 4, No. 2, pp. 165-174).
- Harmani, E., & Soemantoro, M. (2017). Kolam retensi sebagai alternatif pengendali banjir. *Jurnal Teknik Sipil Unitomo*, 1(1).
- Helmi, P. (2020). *Analisis Partisipasi Masyarakat Dalam Pembangunan Rth Tepi Sungai Batang Agam Kota Payakumbuh* (Doctoral dissertation, Universitas Andalas).
- Seilatuw, R. (2017). Analisis Laju Sedimentasi Pada Sungai Way Yori Ambon.
- Syelly, R., Hati, I., Laksana, I., & Rozi, S. (2021). Model Konseptual Sistem Irigasi Padi Sawah Otomatis Menggunakan Arduino Berbasis Android. *Progresif: Jurnal Ilmiah Komputer*, 17(2), 51-62.
- Yuningsih, S. M., Ferdiansyah, A., & Fauzi, M. (2018). Pembuatan Model Kendali Mutu Data Sedimen. *JURNAL TEKNIK HIDRAULIK*, 9(2).