

ANALISIS KARAKTERISTIK SEDIMEN DAN LAJU SEDIMENTASI SUNGAI TINO KABUPATEN JENEPONTO

SEDIMENT CHARACTERISTICS AND ANALYSIS SEDIMENTATION RATE OF THE TINNO RIVER JENEPONTO REGENCY

Asnita Virlayani¹, Nenny², M. Isnan Munafry³, Muh. Ikhwanto Amir⁴, M. Amir Zainuddin⁵

¹²³⁴ Program Studi Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar
Jl. Sultan Alauddin No. 259 Makassar, Sulawesi Selatan
Email: ianmunafry@gmail.com

Abstrak

Dalam banyak kasus yang telah dilaporkan, Sungai Tino telah mengalami pendangkalan yang signifikan akibat dari sedimen yang bersumber dari lahan erosi yang terjadi dengan cepat. Keberadaan sedimen dalam batas tertentu merupakan bagian dari dinamika keseimbangan alami di sungai dan keberadaan sedimen yang berlebih dapat mempengaruhi karakteristik dan menimbulkan masalah yang berkaitan dengan kehidupan manusia. Seperti banjir dan penurunan kualitas air sebagai contoh, kedalaman sungai berkurang apabila terjadi sedimentasi. Prediksi laju sedimentasi diperlukan sebagai dasar perencanaan bangunan hidraulik sungai dan beberapa masalah lainnya di sungai. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik sedimen sungai Tino Kabupaten Jeneponto dan laju sedimentasi yang terjadi dengan menggunakan Persamaan Mayer-Peter. Karakteristik sedimen berdasarkan analisa saringan yaitu kerikil (18,4%), pasir (79,4%) dan lanau/lempung (2,2%). karakteristik sedimen berdasarkan hasil berat jenis yaitu Sedimen jenis pasir. Sedangkan untuk laju sedimen diperoleh hasil laju sedimen melayang (*Suspended Load*) sebesar 1,994 ton/10 tahun dan laju sedimen dasar (*Bed Load*) dengan menggunakan metode Mayer-Peter sebesar 1,084 ton/10 tahun

Kata Kunci: Sungai, Karakteristik Sedimen, Laju Sedimentasi

Abstract

*In many cases that have been reported, the Tino River has experienced significant shallowing due to sediment originating from rapidly eroding land. The presence of sediment within certain limits is part of the dynamics of natural balance in rivers and the presence of excess sediment can affect its characteristics and cause problems related to human life. Like floods and decreasing water quality for example, the depth of rivers decreases when sedimentation occurs. Prediction of sedimentation rates is needed as a basis for planning river hydraulic structures and several other problems in rivers. This research aims to determine the sediment characteristics of the Tino River, Jeneponto Regency and the rate of sedimentation that occurs using the Mayer-Peter equation. Sediment characteristics based on sieve analysis are gravel (18.4%), sand (79.4%) and silt/clay (2.2%). sediment characteristics based on specific gravity results, namely sand type sediment. Meanwhile, for the sediment rate, the results obtained were a floating sediment rate (*Suspended Load*) of 1,994 tons/10 years and a bed load rate using the Mayer-Peter method of 1,084 tons/10 years.*

Keywords: River, Sediment Characteristics, Sedimentation Rate

PENDAHULUAN

Sungai adalah saluran alami diatas permukaan bumi yang mengalirkan air hujan dari dataran tinggi ke dataran rendah yang akhirnya bermuara di danau atau lautan. Aliran sungai merupakan aliran permukaan yang dapat digunakan menjadi sumber air baku untuk memenuhi kebutuhan manusia akan air. Namun di dalam aliran air juga terdapat material-material sedimen yang dihasilkan dari proses erosi yang dipicu oleh keberadaan aliran tersebut dan dapat menyebabkan pendangkalan akibat sedimentasi di daerah aliran air tersebut berada.

Proses sedimentasi yang terus berlangsung akan mengakibatkan pendangkalan yang merugikan kapasitas produksi partikel pasir di sungai. Partikel sedimen yang dibawa oleh aliran sungai ke permukaan

laut akan menyebabkan pengendapan di daerah sekitarnya, yang akan menghalangi aliran sungai ke permukaan laut. Tingginya tingkat konsentrasi sedimen akan berpengaruh terhadap kekeruhan sehingga menurunkan kualitas sungai.

Sungai Tino merupakan sungai yang berhulu di pergunungan Lompo Battang di perbatasan Kabupaten Jeneponto dan Kabupaten Bantaeng. Sungai ini mengalir langsung ke laut melewati perbatasan Kabupaten Jeneponto dan Kabupaten Bantaeng, Secara geografis Daerah aliran sungai Tino terletak pada 5023'33" – 5034'35" LS dan 119056'28" – 119052'25" BT dengan total panjang Sungai 29,424 km.

Dalam sistem tata air Kabupaten Jeneponto, Sungai Tino sangatlah penting. Pelimpahan sungai Tino terhambat dengan kondisi yang semakin menyempit dan

tingkat sedimentasi yang tinggi. Dalam banyak kasus yang telah dilaporkan, Sungai Tino telah mengalami pendangkalan yang signifikan akibat dari sedimen yang bersumber dari lahan erosi yang terjadi dengan cepat. Keberadaan sedimen dalam batas tertentu merupakan bagian dari dinamika keseimbangan alami di sungai dan keberadaan sedimen yang berlebih dapat mempengaruhi karakteristik dan menimbulkan masalah yang berkaitan dengan kehidupan manusia. Seperti banjir dan penurunan kualitas air sebagai contoh, kedalaman sungai berkurang apabila terjadi sedimentasi. Fenomena ini mempengaruhi daya tampung sungai atau dengan kata lain kemampuan sungai untuk mengalirkan air semakin kecil.

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui karakteristik sedimen dan laju Sedimentasi yang ada pada sungai Tino Kabupaten Jeneponto

TINJAUAN PUSTAKA

Sungai adalah jaringan alur-alur yang terbentuk secara alami di permukaan bumi, yang terdiri dari aliran kecil di bagian hulu dan aliran besar di bagian hilir. Air hujan yang jatuh di atas permukaan bumi sebagian besar menguap, dan sebagian besar mengalir dalam bentuk alur-alur kecil kemudian menjadi alur-alur sedang sebelum mengumpul menjadi alur besar atau utama. Oleh karena itu, sungai berfungsi untuk menampung curah hujan dan mengalirkannya ke laut. (Wardhana, 2015)

Sedimen adalah hasil proses erosi, baik erosi permukaan, erosi parit, atau jenis erosi tanah lainnya. Sedimen umumnya mengendap di bagian bawah kaki bukit, didaerah genangan banjir, di saluran air, sungai, dan waduk. Hasil sedimen (*sediment yield*) adalah besarnya sedimen yang berasal dari erosi yang terjadi di daerah tangkapan air yang diukur pada periode waktu dan tempat tertentu. Proses erosi terdiri atas tiga bagian yaitu, pengelupasan (*detachment*), pengangkutan (*transportation*), dan pengendapan (*sedimentation*) (Asdak, 2014).

Sedimentasi adalah peristiwa pengendapan material batuan yang telah diangkut oleh tenaga air atau angin. Pada saat pengikisan terjadi, air membawa batuan mengalir ke sungai, danau, dan akhirnya sampai di laut. Pada saat kekuatan pengangkutannya berkurang atau habis, batuan diendapkan di daerah aliran air (Anwas, 1994).

Angkutan sedimen merupakan perpindahan tempat bahan sedimen granular (non kohesif) oleh air yang sedang mengalir searah aliran. Banyaknya angkutan sedimen dapat ditentukan dari perpindahan tempat suatu sedimen yang melalui suatu tampang lintang selama periode waktu yang cukup (Mardjikoen, 1987).

Adapun karakteristik sedimen sebagai berikut :

1. Gradasi

Susunan butir, juga dikenal sebagai gradasi, adalah distribusi ukuran agregat yang bervariasi. Ada tiga jenis gradasi: gradasi sela (*gap grade*), gradasi menerus (*continuous grade*), dan gradasi seragam (*uniform grade*).

2. Ukuran Butir Sedimen

Ukuran butir sedimen merupakan karakter sedimen yang sangat penting karena dipakai untuk merepresentasikan resistensi terhadap agen pengangkut (Poerbondono dan Djunasjah, 2005).

3. Bentuk Butir Sedimen

Ukuran butir sedimen merupakan karakter sedimen yang sangat penting karena dipakai untuk merepresentasikan resistensi terhadap agen pengangkut (Poerbondono dan Djunasjah, 2005).

4. Volumen dan Berat Jenis Sedimen

Berat jenis (*specific gravity*) sedimen adalah rasio butir berat partikel sedimen terhadap berat volume air. Sebaliknya, berat volume sedimen adalah berat butir partikel sedimen setiap satuan volume (*ponce*, 1989). Berat jenis sedimen pada umumnya diperkirakan sekitar 2,65, kecuali untuk material yang berat seperti magnetit (berat jenis 5,18). (Roby Hambali & Yayuk Apriyanti, 2016).

5. Kecepatan Jatuh

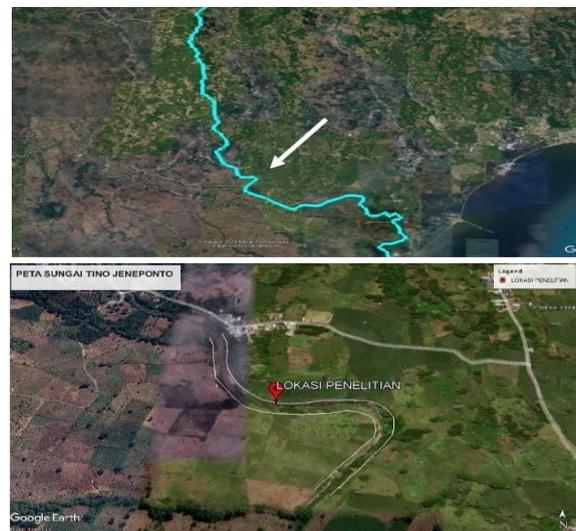
Kecepatan jatuh (*fall velocity*) partikel adalah kecepatan akhir sedimen untuk mengendap pada air diam menurut *ponce* (1989). Dipengaruhi oleh ukuran, bentuk, berat jenis, volume, dan kekentalan air di sekitarnya. Untuk partikel dengan bentuk yang tidak bulat (*spherical*).

METODE PENELITIAN

A. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di bagian tengah sungai Tino, Sungai Tino berhulu di pergunungan Lompo Battang di perbatasan Kabupaten Jeneponto dengan Kabupaten Bantaeng. Sungai ini mengalir langsung ke laut melewati perbatasan Kabupaten Jeneponto dan Kabupaten Bantaeng.

Secara geografis Daerah aliran sungai Tino terletak pada 5°23'33" – 5°34'35" LS dan 119°56'28" – 119°52'25" BT dengan total panjang Sungai 29,424 km, Wilayah Sungai tino memiliki 9 Sub DAS yaitu, Sub DAS Tino, Bonto loe, Bonto Cinde, Rumbia, Lebang manai, Bonto buddung, Tanete, Tompo bulu, dan Rappo lemba.



Gambar 1 Peta Lokasi Penelitian (Google earth)

B. Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan selama 6 (enam) bulan yaitu dari Agustus 2023 sampai pada bulan Januari 2024. Dimana pada bulan pertama dan kedua melakukan pengurusan administrasi, pada bulan ketiga melakukan studi literatur dan pengumpulan data, kemudian pada bulan keempat dan kelima melakukan analisis data, dan pada bulan keenam adalah proses penyelesaian penelitian.

C. Sumber Data

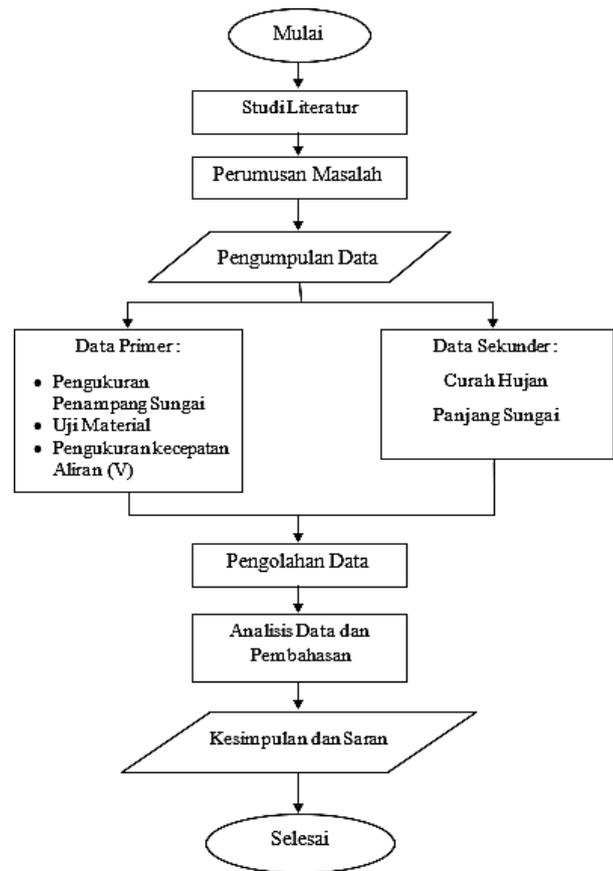
Terdapat dua sumber data pada penelitian ini antara lain sebagai berikut :

1. Data primer, yaitu data yang diperoleh langsung dari lokasi penelitian dengan melakukan observasi dan dokumentasi terhadap kondisi Sungai Tino Kabupaten Jeneponto.
2. Data sekunder yaitu data yang didapatkan dari berbagai instansi dan studi literatur yang terkait sebagai data pendukung dan pelengkap dari data primer.

D. Prosedur Penelitian

1. Prosedur Pengambilan Sampel Sedimen Melayang
 - a) Ambil sampel air ditengah sungai dengan menggunakan botol berukuran 1,5 liter.
 - b) Turunkan botol secara perlahan dari permukaan air sampai dasar sungai.
 - c) Beri label tanggal, waktu dan tempat pengambilan sampel pada botol
 - d) Diamkan selama 24 jam lalu sampel di uji di laboratorium
 - e) Setelah dilakukan pengujian laboratorium, didapatkan data berat jenis dan konsentrasi sedimen.
 - f) Dari data yang telah diperoleh maka perhitungan sedimen melayang sudah dapat diolah
2. Prosedur Pengambilan Data Sedimen Dasar
 - a) Pengambilan sampel dilapangan, tepatnya di Sungai Tino pada bagian tengah sungai.
 - b) Setelah itu sampel tanah yang telah diambil dikeringkan. Untuk percobaan analisa saringan
 - c) Analisa saringan dimaksudkan untuk menentukan jenis material sedimen berdasarkan butiran.
 - d) Dari pengujian ini didapatkan jumlah dan distribusi ukuran sedimen dengan menggunakan saringan yang sesuai dengan standar (ASTM D 422.)
 - e) Setelah mendapatkan sampel yang lolos saringan No. 40, sampel tersebut di masukkan kedalam wadah (pan) , setelah itu di oven selama 24 jam.
 - f) Setelah sampale dioven selama 24 jam, sampel siap untk diambil datanya.
 - g) Pada data yang telah di peroleh dari laboratorium, maka perhitungan sedimen dasar sudah dapat diolah.

E. Prosedur Penelitian



Gambar 2 Flow Chart (Bagan alur penelitian)

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Perhitungan Sedimen Melayang

Analisa muatan sedimen melayang berdasarkan pengukuran dilapangan, besarnya kadar muatan sedimen melayang dalam aliran air dinyatakan dalam besaran laju sedimentasi (dalam satuan) ton/m3 atau pertahun.

Untuk perhitungan debit sedimen melayang 5 tahun nilai Debit Rencana diambil dari data hidrologi metode Iwai periode ulang 5 tahun. (dapat dilihat pada lampiran tabel rekapitulasi hasil perhitungan debit rencana)

$$Q_{sm} = 0,0864 \times Q \times C_s$$

$$Q_{sm} = 0,0864 \times 13,63 \times 1101,48$$

$$Q_{sm} = 1,297 \text{ ton / 5 tahun}$$

Untuk perhitungan debit sedimen melayang 10 tahun nilai debit rencana diambil dari data hidrologi metode Iwai periode ulang 10 tahun. (dapat dilihat pada lampiran tabel rekapitulasi hasil perhitungan debit rencana)

$$Q_{sm} = 0,0864 \times Q \times C_s$$

$$Q_{sm} = 0,0864 \times 20,96 \times 1101,48$$

$$Q_{sm} = 1.994 \text{ ton / 10 tahun}$$

2. Perhitungan Sedimen Dasar

a) Analisa saringan

Tabel 1. Hasil Perhitungan Analisa Saringan Patok 1

Nomor Saringan	Diameter (mm)	Berat (gram)	Persentase (%)	Berat Kumulatif (%)	
				Tertahan	Lolos
4	4.750	186.05	18.6	18.6	81.4
8	2.360	227.20	22.7	41.3	58.7
14	1.410	98.28	9.8	51.2	48.8
16	1.180	97.32	9.7	60.9	39.1
40	0.425	189.09	18.9	79.8	20.2
50	0.300	88.61	8.9	88.7	11.3
100	0.150	59.02	5.9	94.6	5.4
200	0.075	29.12	2.9	97.5	2.5
PAN	-	25.06	2.5	100.0	0.0
Jumlah		1000	100		

Tabel 2. Hasil Perhitungan Analisa Saringan Patok 2

Nomor Saringan	Diameter (mm)	Berat (gram)	Persentase (%)	Berat Kumulatif (%)	
				Tertahan	Lolos
4	4.750	171.08	17.1	17.1	82.9
8	2.360	187.71	18.8	35.9	64.1
14	1.410	194.28	19.4	55.3	44.7
16	1.180	87.62	8.8	64.1	35.9
40	0.425	124.43	12.4	76.5	23.5
50	0.300	65.14	6.5	83.0	17.0
100	0.150	59.12	5.9	88.9	11.1
200	0.075	89.22	8.9	97.9	2.1
PAN	-	21.12	2.1	100.0	0.0
Jumlah		1000	100		

Tabel 3. Hasil Perhitungan Analisa Saringan Patok 3

Nomor Saringan	Diameter (mm)	Berat (gram)	Persentase (%)	Berat Kumulatif (%)	
				Tertahan	Lolos
4	4.750	195.10	19.5	19.5	80.5
8	2.360	215.34	21.5	41.0	59.0
14	1.410	98.13	9.8	50.9	49.1
16	1.180	112.21	11.2	62.1	37.9
40	0.425	126.71	12.7	74.7	25.3
50	0.300	91.81	9.2	83.9	16.1
100	0.150	69.02	6.9	90.8	9.2
200	0.075	70.12	7.0	97.8	2.2
PAN	-	21.10	2.1	100.0	0.0
Jumlah		1000	100		

Tabel 4. Hasil Persentase Jenis Sedimen

Jenis Sedimen	Patok 1	Patok 2	Patok 3	Rata-Rata
Kerikil	18,6%	17,1%	19,5%	18,4%
Pasir	78,9%	80,8%	78,3%	79,3%
Lanau/Lempung	2,5%	2,1%	2,1%	2,2%

Sehingga dari hasil pengujian analisa saringan yang diperoleh bahwa sedimen yang terdapat pada sungai Tino berupa :

- 1) Kerikil : 18,4 %
- 2) Pasir : 79,3 %
- 3) Lanau/Lempung : 1,87 %

b) Berat Jenis

Perhitungan berat jenis sedimen dasar atau bed load di dasarkan atas sampel sedimen dasar yang lolos saringan no.40 sebanyak 50 gram dan di lakukan pengujian di laboratorium sehingga didapatkan berat jenis rata-rata sedimen dasar.

Tabel 5. Hasil Berat Jenis Rata-rata

Titik	Hasil Analisa
GS P1	2.65
GS P2	2.63
GS P3	2.69
Rata-Rata	2.66

Dari nilai berat jenis sedimen dasar tersebut diperoleh nilai sebesar 2.66 dan merujuk pada tabel klasifikasi berat jenis tanah (Hardiatmo, 1992) maka sedimen yang terdapat pada bagian tengah Sungai Tino terdiri dari atas sedimen berjenis Pasir.

c) Analisis sedimen dasar

Perhitungan sedimen dasar dengan pengukuran langsung pada lokasi pengamatan tidak diperoleh debit muatan sedimen dasar, maka perhitungan disarankan (Soewarno, 1991 : 711) dan standar RI, 1882 yang dalam penelitian ini diambil 20 % terhadap muatan sedimen layang.

Perhitungan Debit Sedimen Dasar 5 Tahun

$$Q_{sd} = Q_{sm} \times 20\%$$

$$Q_{sd} = 1,297 \times 20\%$$

$$Q_{sd} = 0,259 \text{ ton}$$

Perhitungan Debit Sedimen Dasar 10 Tahun

$$Q_{sd} = Q_{sm} \times 20\%$$

$$Q_{sd} = 1,994 \times 20\%$$

$$Q_{sd} = 0,398 \text{ ton}$$

d) Analisis sedimen dasar berdasarkan persamaan empiris metode Mayer-Peter

Perhitungan Sedimen Dasar 5 Tahun

Kecepatan Rata-rata Aliran

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$= \frac{13.63}{3.79}$$

$$= 3.59 \text{ m/s}$$

Kemiringan Dasar Sungai

$$I = \left(\frac{V}{k \times R^{2/3}} \right)^2$$

$$= \left(\frac{3.59}{40 \times 0.39^{2/3}} \right)^2$$

$$= \left(\frac{3.59}{40 \times 0.53} \right)^2$$

$$= \left(\frac{3.59}{21.352} \right)^2$$

$$= 0.028353 \%$$

Koefisien Kekasaran Actual

$$n' = \frac{(d90)^{1/6}}{26}$$

$$= \frac{(5200)^{1/6}}{26}$$

$$= 1,302$$

Nilai Intensitas Aliran (Ψ)

$$\Psi = \frac{y_s - y}{y} \times \frac{d50}{I \left(\frac{n'}{n} \right)^{3/2} \times R}$$

$$\Psi = \frac{2660 - 1000}{1000} \times \frac{0.00158}{0.028353 \left(\frac{1.302}{0.040} \right)^{3/2} \times 0.39}$$

$$\Psi = \frac{1660}{1000} \times \frac{0.00158}{0.028353 \times 185.67 \times 0.39}$$

$$\Psi = 1.66 \times 0.00077$$

$$\Psi = 0.00127$$

Nilai Muatan Sedimen Dasar (qb)

$$\Phi = \left(\frac{4}{\Psi} - 0.188 \right)^{3/2}$$

$$\Phi = \left(\frac{4}{0.00127} - 0.188 \right)^{3/2}$$

$$\Phi = 176744$$

$$qb = \left(\frac{\Phi \cdot y_s}{\frac{y}{y_s - y} \times \frac{1}{g \cdot d50^3}} \right)$$

$$qb = \left(\frac{176744 \times 2660}{\frac{1000}{2660 - 1000} \times \frac{1}{9.81 \times 0.00158^3}} \right)$$

$$qb = 30,319 \text{ kg/s/m}$$

Jadi Besarnya Debit Sedimen Dasar (Qb)

$$Qb = qb \times B$$

$$Qb = 30,319 \times 9.7$$

$$Qb = 293,12 \text{ kg}$$

$$Qb = \frac{293,12}{1000}$$

$$Qb = 0,293 \text{ ton} / 5 \text{ tahun}$$

Tabel 6. Rekapitulasi Debit Sedimen Dasar

Besarnya Sedimen Dasar (Qb)	Berdasarkan Pendekatan Mayer-Peter	Berdasarkan Hit. di Lapangan	
		Sedimen Dasar (Qsd)	Sedimen Melayang (Qsm)
Qb (dalam 5 tahun)	0,293 ton	0,259 ton	1,297 ton
Qb (dalam 10 tahun)	1,084 ton	0,398 ton	1,994 ton

Berdasarkan pada Tabel 6 menunjukkan bahwa hasil dari pendekatan Mayer peter mendekati dengan hasil perhitungan di lapangan. Sehingga perhitungan cukup efisien digunakan untuk menghitung sedimen pada Sungai Tino.

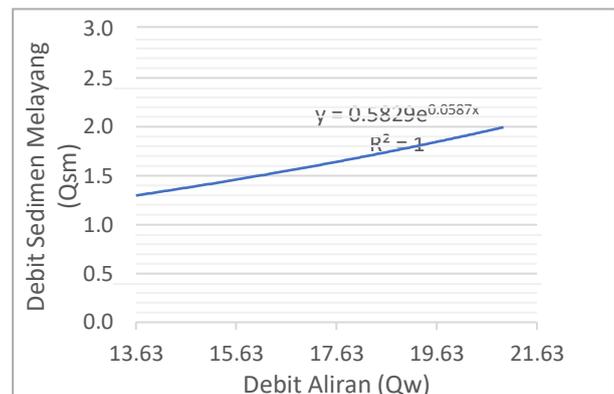
Jadi untuk jumlah angkutan sedimen totalnya adalah :

$$Qsm \text{ 10 tahun} = 0,398 \text{ ton}$$

$$Qb \text{ 10 tahun} = 1,084 \text{ ton}$$

$$= 1,482 \text{ ton} / 10 \text{ tahun}$$

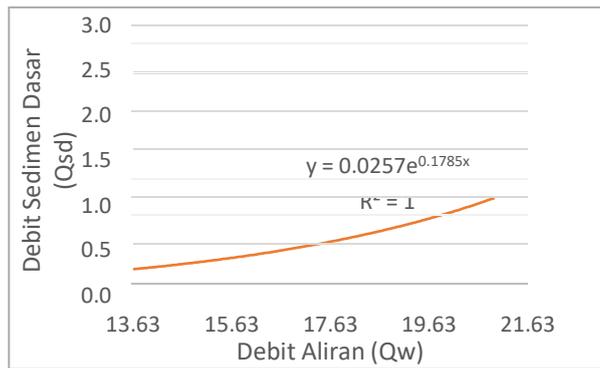
Berdasarkan pada perhitungan debit sedimen melayang (Qsm) yang diperoleh, didapatkan grafik hubungan debit sedimen melayang (Qsm) dengan debit sungai (Qw)



Gambar 3. Grafik Hubungan Debit Aliran dan Debit Sedimen Melayang

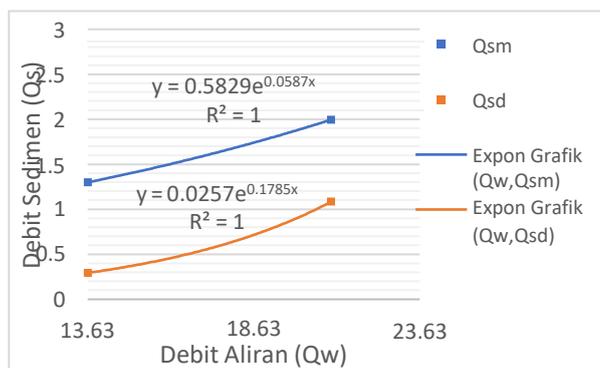
Pada grafik debit sedimen melayang (Qsm) dan debit aliran (Qw). Dilihat bahwa debit aliran sungai Tino cenderung lebih tinggi dan nampak dibandingkan dengan debit sedimen melayang. Namun karena tingginya debit aliran sungai tersebut sedimen melayang akan dibawah dengan cepat.

Pada perhitungan debit sedimen dasar (Qsd) yang diperoleh dapat dilihat grafik debit sedimen dasar (Qsd) dengan debit aliran (Qw)



Gambar 4. Grafik Hubungan Debit Aliran dan Debit Sedimen Dasar

Dari grafik tersebut terlihat bahwa debit aliran sungai Tino lebih tinggi dibandingkan dengan debit sedimen dasar. Dikarenakan sudah terlalu banyak sedimen dasar yang mengendap dan tertahan oleh bendung yang berada di sekitar lokasi penelitian hal ini yang menyebabkan volume tampungan sungai berkurang atau mengalami pendangkalan.



Gambar 5. Grafik Hubungan Debit Aliran dan Debit Sedimen

Pada grafik hubungan debit aliran dengan debit sedimen terlihat bahwa tingginya debit aliran sungai mempengaruhi kecepatan sedimen melayang, dan debit sedimen melayang mempengaruhi besarnya debit sedimen dasar. Oleh karena itu debit sedimen dasar hampir sama besar dengan debit sedimen melayang.

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Berdasarkan data hasil uji sampel sedimen di laboratorium diperoleh analisa karakteristik sedimen, Dimana karakteristik sedimen berdasarkan analisa saringan yaitu kerikil (18,4%), pasir (79,4%) dan lanau/lempung (2,2%). Sedangkan karakteristik sedimen berdasarkan hasil berat jenis yaitu Sedimen jenis pasir.
2. Berdasarkan analisa perhitungan laju sedimen diperoleh hasil, untuk laju sedimen melayang (Suspended Load) Sebesar 1,994 ton/10 tahun dan laju sedimen dasar (Bed Load) dengan

menggunakan metode Mayer-Peter sebesar 1,084 ton/10 tahun

REFERENSI

Asdak,C. 2014. Hidrologi Dan Pengelolaan Daerah Aliarn Sungai. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.

ASTM D 422, 2007, Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils.

Anwas, M, 1994, Bentuk Muka Bumi, [http://elcom.umy.ac.id/elschool/nuallimin_muhammadiyah/file.php/1/materi/Geografi Bentuk%20muka%20bumi.Pdf](http://elcom.umy.ac.id/elschool/nuallimin_muhammadiyah/file.php/1/materi/Geografi%20Bentuk%20muka%20bumi.Pdf), diakses pada tanggal 20 April 2015.

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).

Hardiyatmo, Hary Christady. 1992. Mekanika Tanah 1. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.

Mardijikoen, P., 1987. Angkutan Sedimen. Diktat, Pusat Antar Universitas (PAU) Ilmu Teknik, UGM, Yogyakarta

Poerbondono, E. D., & Djunarsjah, E. (2005). Hydrographic survey.

Ponce, V.M., 1989, Engineering Hydrology, Principles and Practice, Prentice-Hall Inc., New Jersey.

Soewarno, S. (1991). Hidrologi Pengukuran dan Pengolahan Data Aliran Sungai (Hidrometri). Nova, Bandung, hal. xx, 825.

Wardhana, P. N. (2015). Analisis transpor sedimen Sungai Opak dengan menggunakan program HEC-RAS 4.1. 0. Teknisia, 22-31.