

STUDI KARAKTERISTIK SEDIMEN DAN LAJU SEDIMENTASI SUNGAI DAENG – KABUPATEN BANGKA BARAT

Roby Hambali

Email : rhobee04@yahoo.com

Yayuk Apriyanti

Email : yayukapriyanti@ymail.com

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Bangka Belitung
Kampu Terpadu UBB Balunijuk, Merawang, Kab. Bangka

ABSTRAK

Pada banyak kasus yang ditemui di Pulau Bangka, sungai-sungai mengalami pendangkalan yang signifikan akibat sedimentasi yang bersumber dari erosi lahan yang dipercepat (accelerated erosion). Prediksi laju sedimentasi (sedimentation rate) diperlukan sebagai dasar perencanaan bangunan hidraulik sungai, pengelolaan scouring dan beberapa masalah lainnya di sungai. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik sedimen sungai di Pulau Bangka (studi kasus Sungai Daeng, Kabupaten Bangka Barat), sehingga dapat diperkirakan laju sedimentasi yang terjadi dengan menggunakan Persamaan Duboys. Prediksi kecepatan sedimentasi didasarkan pada karakteristik sedimen yang terdiri dari ukuran (size), bentuk (shape), berat volume (specific weigh) dan berat jenis (sepecific gravity) serta kecepatan jatuh (fall velocity). Hasil penelitian menunjukkan gradasi partikel sedimen terdiri dari pasir halus, pasir sedang, pasir kasar, kerikil halus dan kerikil kasar dengan diameter rata-rata (D_m) 1,39 – 13,25 mm dan diameter median (D_{50}) 0,5-1,52 mm. Berat volume sedimen berkisar antara 0,808 t/m³ sampai 0,934 t/m³, sedangkan nilai berat jenis berkisar antara 2,55 sampai 2,69. Kecepatan jatuh partikel sedimen menunjukkan hubungan logaritmik terhadap ukuran rerata sedimen dengan nilai 0,207-0,836 m/s. Laju transpor material dasar per satuan lebar sungai (q_s) meningkat dengan meningkatnya kedalaman mengikuti fungsi persamaan geometrik dengan nilai maksimal pada kedalaman 1,6 m sebesar 197.315 kg/s/m pada bagian hulu, 338.423 kg/s/m pada bagian tengah dan 435.97 kg/s/m pada bagian hilir.

Kata Kunci: *Sungai, Karakteristik sedimen, Laju sedimentasi*

PENDAHULUAN

Sungai Daeng memiliki nilai yang strategis bagi masyarakat Bangka Barat, di dalamnya terdapat ketergantungan masyarakat yang tinggi terhadap ketersediaan air bersih yang berasal dari sungai (PAM). Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (BPDAS) Baturusa-Cerucuk dalam Laporan Model DAS Mikro Sungai Daeng DAS Muntok SWPDAS Mancung (2011) menyatakan sekitar 2000 pelanggan PAM di Kabupaten Bangka Barat akan

terancam tidak terpenuhinya kebutuhan air bersih karena reservoir yang digunakan oleh PAM sudah mengalami pendangkalan parah akibat sedimentasi. Keberadaan sedimen dalam batas tertentu merupakan bagian dari dinamika keseimbangan alami di sungai. 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. Hal ini berdampak pada pengurangan kapasitas tampang sungai, atau dengan kata lain kemampuan sungai dalam mengalirkan air semakin kecil. Pada banyak kasus yang ditemui di Pulau Bangka, sungai-sungai mengalami pendangkalan yang signifikan akibat sedimentasi yang bersumber dari erosi lahan yang dipercepat (*accelerated erosion*).

Prediksi laju sedimentasi (*sedimentation rate*) diperlukan sebagai dasar perencanaan bangunan hidraulik sungai, pengelolaan *scouring* dan beberapa masalah lainnya di sungai. Berbagai metode tersedia untuk prediksi kecepatan sedimentasi, antara lain Duboys Formula, Meyer-Peter Formula, Einstein Bed-Load Function, Modified Einstein Procedure, Colby's 1957 Method dan Colby's 1964 Method. Pada umumnya prediksi kecepatan sedimentasi dapat didasarkan pada karakteristik sedimen yang terdiri dari ukuran (*size*), bentuk (*shape*), berat volume (*specific weigh*) dan berat jenis (*sepecific gravity*) serta kecepatan jatuh (*fall velocity*). Dengan mengidentifikasi variabel-variabel karakteristik sedimen, maka laju sedimentasi di sungai (pada titik tinjauan) dapat diperkirakan.

TINJAUAN PUSTAKA

Sedimen dan Sedimentasi

Ponce (1989) menyebutkan bahwa sedimen adalah produk disintegrasi dan dekomposisi batuan. Disintegrasi mencakup seluruh proses dimana batuan yang rusak/pecah menjadi butiran-butiran kecil tanpa perubahan substansi kimiawi. Dekomposisi mengacu pada pemecahan

komponen mineral batuan oleh reaksi kimia. Dekomposisi mencakup proses karbonasi, hidrasi, oksidasi dan solusi. Karakteristik butiran mineral dapat menggambarkan properti sedimen, antara lain ukuran (*size*), bentuk (*shape*), berat volume (*specific weight*), berat jenis (*specipfic gravity*) dan kecepatan jatuh/endap (*fall velocity*).

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).

Ukuran Partikel Sedimen

Ukuran partikel merupakan karakteristik sedimen yang dapat diukur secara nyata. Abdul Ghani, dkk. (2012) menggunakan klasifikasi berdasarkan standar *U.S. Army Corps Engineer (USACE)* untuk analisa saringan sampel sedimen. Syahrul Purnawan, dkk. (2011) menggunakan teknik analisis penyaringan dengan metode ayak basah yang menggunakan saringan sedimen bertingkat dengan diameter berbeda-beda (4,75 mm, 1,7 mm, 250 μ m, 850 μ m, 150 μ m). Beberapa ahli hidraulika menggunakan klasifikasi ukuran butiran menurut AGU (*American Geophysical Union*) sebagaimana yang ditunjukkan pada Tabel 1. Ponce (1989) menyatakan bahwa batu besar (*boulders*) dan krakal (*cobbles*) dapat diukur tersendiri, kerikil (*gravel*) dapat diukur tersendiri atau dengan ayakan, dan pasir diukur dengan ayakan. Ayakan nomor 200 digunakan

untuk memisahkan partikel pasir dari partikel yang lebih halus seperti lumpur dan lempung, sedangkan lumpur dan

lempung dipisahkan dengan mengukur perbedaan kecepatan jatuhnya pada air diam.

Tabel 1. Klasifikasi ukuran butiran menurut *American Geophysical Union*

Interval/range (mm)	Nama	Interval/range (mm)	Nama
4096 - 2048	Batu sangat besar (<i>Very Large Boulders</i>)	1/2 - 1/4	Pasir sedang (<i>Medium Sand</i>)
2048 - 1024	Batu besar (<i>Large Boulders</i>)	1/4 - 1/8	Pasir halus (<i>Fine Sand</i>)
1024 - 512	Batu sedang (<i>Medium Boulders</i>)	1/8 - 1/16 (s/d 0.0625 mm)	Pasir sangat halus (<i>Very Fine Sand</i>)
512 - 256	Batu kecil (<i>Small Boulders</i>)	1/16 - 1/32	Lumpur kasar (<i>Coarse Silt</i>)
256 - 128	Kerakal besar (<i>Large Cobbles</i>)	1/32 - 1/64	Lumpur sedang (<i>Medium Silt</i>)
128 - 64	Kerakal kecil (<i>Small Cobbles</i>)	1/64 - 1/128	Lumpur halus (<i>Fine Silt</i>)
64 - 32	Kerikil sangat kasar (<i>Very Coarse Gravel</i>)	1/128 - 1/256	Lumpur sangat halus (<i>Very Fine Silt</i>)
32 - 16	Kerikil kasar (<i>Coarse Gravel</i>)	1/256 - 1/512	Lempung kasar (<i>Coarse Clay</i>)
16 - 8	Kerikil sedang (<i>Medium Gravel</i>)	1/512 - 1/1024	Lempung sedang (<i>Medium Clay</i>)
8 - 4	Kerikil halus (<i>Fine Gravel</i>)	1/1024 - 1/2048	Lempung halus (<i>Fine Clay</i>)
4 - 2	Kerikil sangat halus (<i>Very Fine Gravel</i>)	1/2048 - 1/4096	Lempung sangat halus (<i>Very Fine Clay</i>)
2 - 1	Pasir sangat kasar (<i>Very Coarse Sand</i>)		Koloid
1 - 1/2	Pasir kasar (<i>Coarse Sand</i>)		

Sumber: *Garde & Raju, 1985*

Volume dan Berat Jenis Sedimen

Berat volume (*specific weight*) sedimen adalah berat butir partikel sedimen setiap satu satuan volume, sedangkan berat jenis (*specific gravity*) sedimen adalah rasio berat butir partikel sedimen terhadap berat volume air (Ponce, 1989). Berat jenis sedimen pada umumnya diperkirakan sekitar 2,65, kecuali untuk material yang berat seperti magnetit (berat jenis 5,18).

Kecepatan Jatuh

Kecepatan jatuh (*fall velocity*) partikel merupakan kecepatan akhir sedimen untuk mengendap pada air diam. Menurut Ponce

(1989), kecepatan jatuh merupakan fungsi ukuran, bentuk, berat volume partikel, berat volume dan kekentalan air di sekitarnya. Untuk partikel dengan bentuk yang tidak bulat (*spherical*), kecepatan jatuhnya dapat dinyatakan dengan:

$$w = \left[\frac{4}{3} \frac{g d_s}{C_D} \frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} \right]^{1/2} \dots\dots\dots (1)$$

dimana:

- w = kecepatan jatuh (m/s)
- g = percepatan gravitasi (9,81 m/s²)
- d_s = diameter partikel (mm)
- C_D = koefisien larutan/*drag coefficient* (tidak berdimensi)
- γ_s = berat volume partikel (g/cm³)

γ = berat volume air (1,0 g/cm³)

Drag coefficient merupakan fungsi angka Reynold dari partikel R , yang ditentukan dengan:

$$R = \left[\frac{wd_s}{\nu} \right] \dots\dots\dots(2)$$

ν adalah kekentalan kinematik cairan. Untuk angka Reynold partikel lebih kecil dari 0,1, maka $C_D=24/R$. Dengan substitusi nilai C_D ini ke dalam Persamaan 2.1, maka mengarah pada hukum Stoke (Stokes' law):

$$w = \left[\frac{gd^2}{18\nu} \right] \left(\frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} \right) \dots\dots\dots(3)$$

Untuk angka Reynol partikel lebih besar dari 0,1, C_D masih merupakan fungsi angka Reynold, tetapi hubungannya tidak dapat digambarkan dalam bentuk analitis. Oleh karena kecepatan jatuh bervariasi terhadap suhu dan kekentalan, dua partikel dengan ukuran, bentuk dan berat jenis yang sama jatuh pada dua cairan dengan kekentalan yang berbeda atau pada cairan yang sama dengan suhu yang berbeda, maka akan memiliki kecepatan jatuh yang berbeda.

Laju Sedimentasi

Pada praktek di lapangan, muatan sedimen, debit sedimen dan laju transpor sedimen merupakan hal yang sama. Prediksi transpor sedimen berkenaan dengan perkiraan laju transpor sedimen dalam kondisi aliran seimbang (misal *steady uniform flow*). Banyak formula yang dapat digunakan untuk melakukan prediksi transpor sedimen, diantaranya adalah Persamaan Duboys sebagaimana berikut:

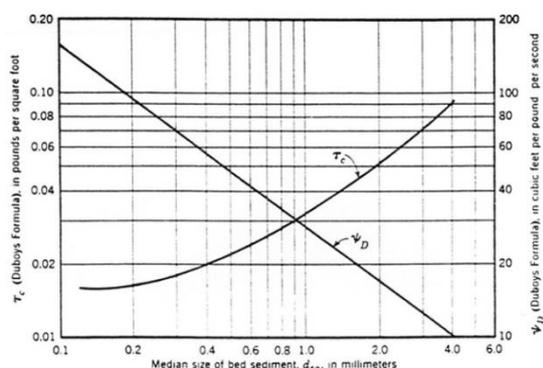
$$q_s = \Psi_D \tau_0 (\tau_0 - \tau_c) \dots\dots\dots(4)$$

$$\tau_0 = \gamma d S_0 \dots\dots\dots(5)$$

dimana:

- q_s = laju transpor material dasar per satuan lebar sungai (kg/s/m)
- Ψ_D = parameter dari fungsi ukuran partikel (m³/kg/s)
- τ_0 = tegangan geser dasar (kg/m²)
- τ_c = tegangan tarik kritis (kg/m²)
- S_0 = kemiringan energi

Nilai Ψ_D dan tegangan tarik kritis yang digunakan pada Persamaan Duboys ditunjukkan pada Gambar 1.

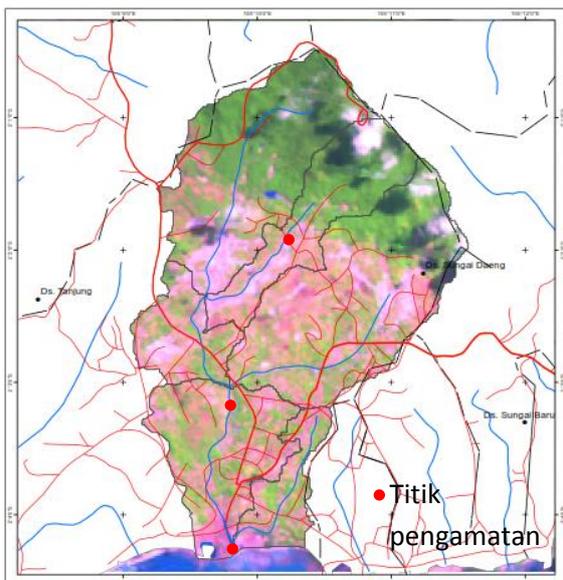


Gambar 1. Nilai Ψ_D dan τ_c yang digunakan pada Persamaan Duboys

METODE PENELITIAN

Lokasi Studi

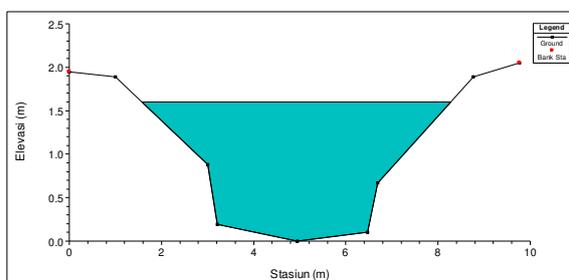
Lokasi penelitian yang ditetapkan adalah Sungai Daeng, DAS Muntok di Kabupaten Bangka Barat (Gambar 2). Sungai Daeng dipilih sebagai lokasi studi kasus karena memiliki permasalahan sedimen yang cukup berat. Selain itu beberapa data pendukung yang berkaitan dengan Sungai Daeng tersedia cukup banyak.



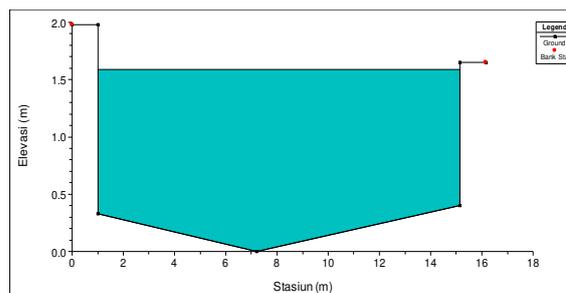
Gambar 2. Peta Model DAS Mikro Sungai Daeng

Kegiatan Lapangan

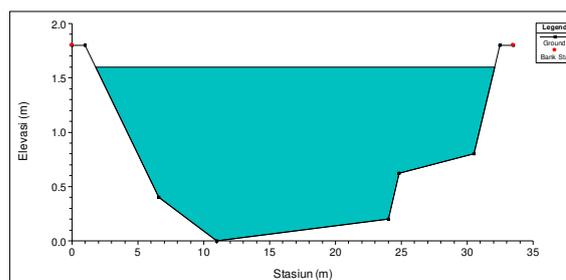
Kegiatan di lapangan terdiri dari pengambilan sampel sedimen dan pengukuran penampang sungai (lebar dan kedalaman). Pengambilan sampel sedimen dan pengukuran penampang sungai dilakukan pada alur sungai yang lurus dan pada belokan sungai. Sampel sedimen yang diambil adalah sedimen dasar (*bed-load*) pada tiga bagian penampang sungai, yaitu sisi tengah dan sisi pinggir (belokan dalam dan belokan luar pada sungai yang berbelok). Gambar Penampang Sungai disajikan pada Gambar 3 sampai Gambar 5.



Gambar 3. Penampang melintang sungai bagian hulu



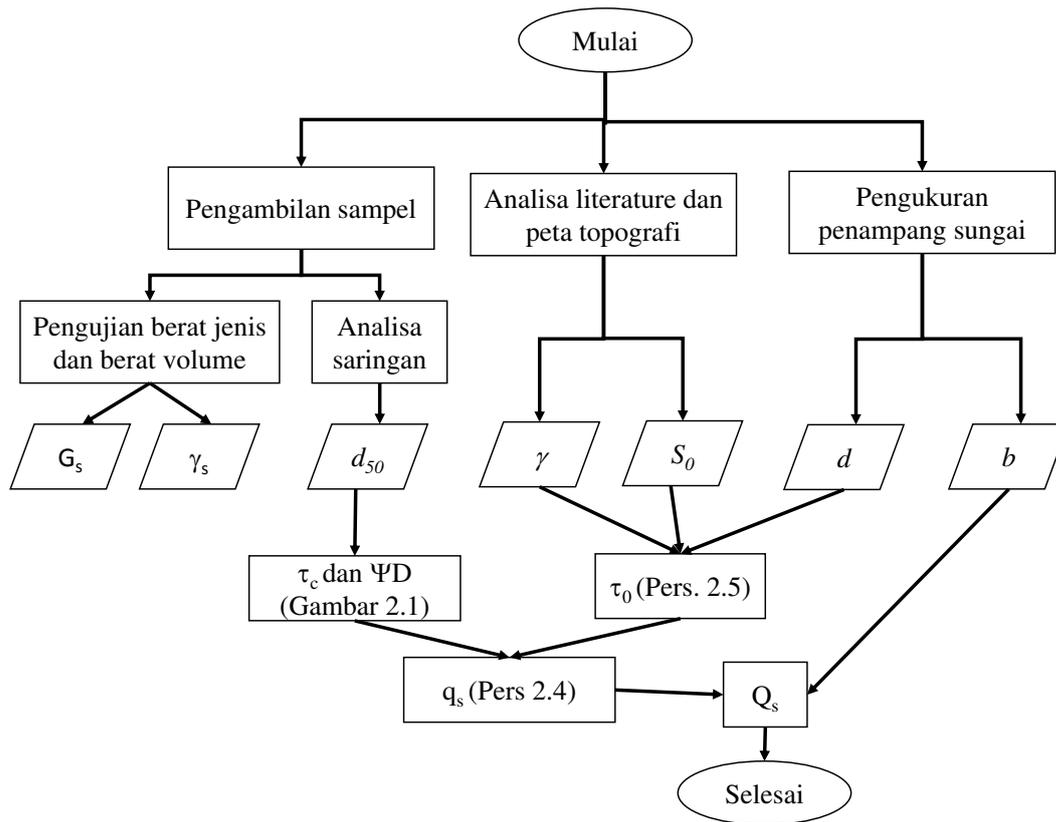
Gambar 4. Penampang melintang sungai bagian tengah



Gambar 5. Penampang melintang sungai bagian hilir

Kegiatan Laboratorium

Kegiatan laboratorium terdiri dari analisa saringan (*shive analysis*), berat jenis dan berat volume tanah. Analisa saringan dimaksudkan untuk menentukan jenis material sedimen berdasarkan butiran. Dari pengujian ini didapatkan jumlah dan distribusi ukuran sedimen dengan menggunakan saringan yang sesuai dengan standar ASTM D 422. Pengujian berat volume dilakukan melalui dua pengujian, yaitu berat volume lepas dan berat volume padat. Pengujian berat jenis sedimen dilakukan berdasarkan SNI 1964:2008. Standar ini menetapkan prosedur uji untuk menentukan berat jenis tanah lolos saringan 4,75 mm (no.4) menggunakan alat piknometer. Apabila tanah mengandung partikel lebih besar dari saringan No.4, maka bagian tertahan saringan No.4 diuji sesuai dengan SNI 03-1969-1990. Bagan alir analisis disajikan pada Gambar 6.

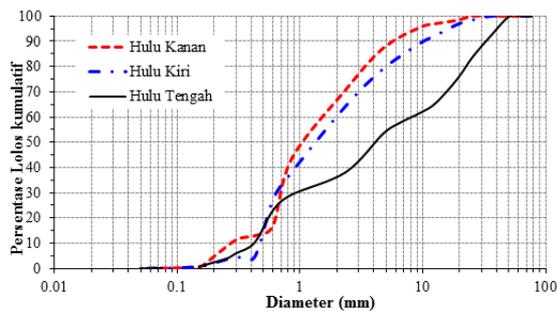


Gambar 6. Bagan alir analisis

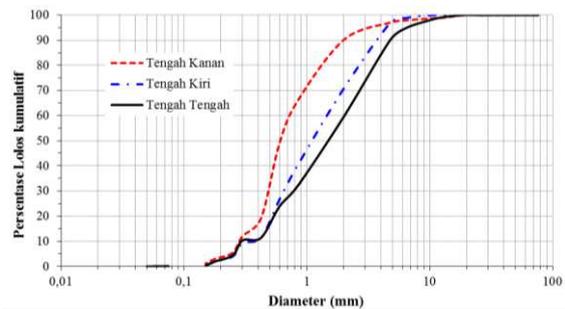
HASIL DAN PEMBAHASAN

Gradasi Butiran Sedimen

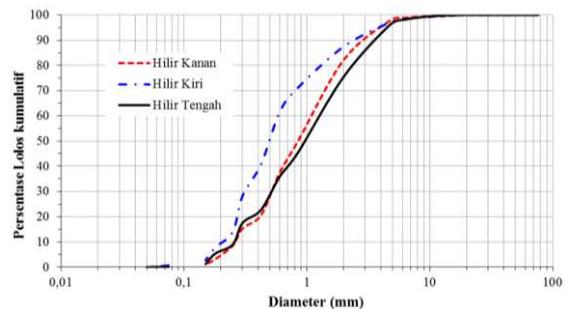
Hasil analisis saringan disajikan dalam grafik gradasi butiran sedimen. Selain itu, sedimen akan diklasifikasi berdasarkan standar AGU dan cara unifikasi tanah. Gambar 7 sampai Gambar 9 menunjukkan grafik gradasi butiran sedimen pada tiap bagian sungai.



Gambar 7. Grafik gradasi butiran sedimen bagian hulu



Gambar 8. Grafik gradasi butiran sedimen bagian tengah



Gambar 9. Grafik gradasi butiran sedimen bagian hilir

Bagian hulu kanan merupakan belokan dalam, sedangkan bagian hulu kiri merupakan belokan luar sungai. Bagian tengah dan bagian hilir semuanya merupakan bagian sungai yang lurus. Hasil klasifikasi sedimen bagian hulu dengan cara unifikasi tanah sebagaimana menunjukkan bahwa pada bagian kanan (belokan dalam) dan bagian kiri (belokan luar) didominasi oleh sedimen dengan butiran pasir sedang, sedangkan pada bagian tengah lebih didominasi oleh pasir sedang, kerikil kasar, dan kerikil halus. Sedangkan berdasarkan AGU (*American Geophysical Union*) ditunjukkan pada Tabel 2. Hasil klasifikasi sedimen bagian tengah dengan cara unifikasi tanah menunjukkan bahwa pada bagian kanan dan bagian kiri didominasi oleh sedimen dengan butiran pasir sedang, sedangkan pada bagian tengah didominasi pasir sedang dan pasir kasar. Klasifikasi butiran sedimen berdasarkan AGU ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 2. Klasifikasi ukuran butiran sedimen bagian hulu berdasarkan AGU

No	Sampel Tanah	Klasifikasi Berdasarkan AGU
1	Hulu bagian kanan	Terdiri dari tanah kerikil kasar, kerikil sedang, kerikil halus, kerikil sangat halus, pasir sangat kasar, pasir kasar, pasir sedang, pasir halus, pasir sangat halus serta terdiri dari 0,08 % tanah lumpur dan lempung.
2	Hulu bagian tengah	Terdiri dari tanah kerikil sangat kasar, kerikil kasar, kerikil sedang, kerikil halus, kerikil sangat halus, pasir sangat kasar, pasir kasar, pasir sedang, pasir halus, pasir sangat halus serta terdiri dari 0,12 % tanah lumpur dan lempung.
3	Hulu bagian kiri	Terdiri dari tanah kerikil kasar, kerikil sedang, kerikil halus, kerikil sangat halus, pasir sangat kasar, pasir kasar, pasir sedang, pasir halus, pasir sangat halus serta terdiri dari 0,13% tanah lumpur dan lempung.

Tabel 3. Klasifikasi ukuran butiran sedimen bagian tengah berdasarkan AGU

No	Sampel Tanah	Klasifikasi Berdasarkan AGU
1	Tengah bagian kanan	Terdiri dari tanah kerikil sedang, kerikil halus, kerikil sangat halus, pasir sangat kasar, pasir kasar, pasir sedang, pasir halus, pasir sangat halus serta terdiri dari 0,07 % tanah lumpur dan lempung
2	Tengah bagian tengah	Terdiri dari tanah kerikil sedang, kerikil halus, kerikil sangat halus, pasir sangat kasar, pasir kasar, pasir sedang, pasir halus, pasir sangat halus serta terdiri dari 0,05 % tanah lumpur dan lempung
3	Tengah bagian kiri	Terdiri dari tanah kerikil sedang, kerikil halus, kerikil sangat halus, pasir sangat kasar, pasir kasar, pasir sedang, pasir halus, pasir sangat halus serta terdiri dari 0,05 % tanah lumpur dan lempung

Hasil klasifikasi sedimen bagian hilir dengan cara unifikasi tanah menunjukkan bahwa pada bagian kanan dan bagian tengah didominasi oleh sedimen dengan butiran pasir sedang, sedangkan pada bagian kiri didominasi pasir sedang dan pasir halus. Tabel 4 merupakan klasifikasi sedimen bagian hilir berdasarkan AGU.

Tabel 4. Klasifikasi ukuran butiran sedimen bagian hilir berdasarkan AGU

No	Sampel Tanah	Klasifikasi Berdasarkan AGU
1	Hilir bagian kanan	Terdiri dari tanah kerikil sedang, kerikil halus, kerikil sangat halus, pasir sangat kasar, pasir kasar, pasir sedang, pasir halus, pasir sangat halus serta terdiri dari 0,14 % tanah lumpur dan lempung
2	Hilir bagian tengah	Terdiri dari tanah kerikil sedang, kerikil halus, kerikil sangat halus, pasir sangat kasar, pasir kasar, pasir sedang, pasir halus, pasir sangat halus serta terdiri dari 0,12 % tanah lumpur dan lempung
3	Hilir bagian kiri	Terdiri dari tanah kerikil sedang, kerikil halus, kerikil sangat halus, pasir sangat kasar, pasir kasar, pasir sedang, pasir halus, pasir sangat halus serta terdiri dari 0,67 % tanah lumpur dan lempung

Berat Volume Sedimen

Hasil pengujian berat volume menunjukkan bahwa berat volume sedimen berkisar antara 0,808 t/m³ sampai 0,934 t/m³. Umumnya pada semua bagian

menunjukkan nilai yang tidak jauh berbeda, yaitu rata-rata di bawah $0,9 \text{ t/m}^3$ yang lebih didominasi pasir sedang, kecuali pada bagian hulu tengah. Hal ini dikarenakan pada bagian hulu tengah lebih didominasi oleh pasir sedang, kerikil kasar, dan kerikil halus. Tabel 5 merupakan rekapitulasi hasil pengujian berat volume sedimen pada bagian hulu, tengah dan hilir.

Tabel 5. Berat volume sedimen sungai (t/m^3)

Bagian	Penampang		
	Hulu	Tengah	Hilir
Kanan	0.871	0.821	0.849
Tengah	0.934	0.874	0.881
Kiri	0.808	0.862	0.849

Berat Jenis Sedimen

Nilai berat jenis pada tiap penampang bervariasi karena dipengaruhi oleh persentase sedimen yang lolos saringan No.4 dan suhu, serta persentase tanah yang tertahan No.4. Nilai berat jenis berkisar antara 2,55 sampai 2,69 diambil dari rata-rata berat jenis berdasarkan kedua SNI sesuai dengan perhitungan yang ada di SNI 03-1964-2008

Kecepatan Jatuh (Fall Velocity) Sedimen

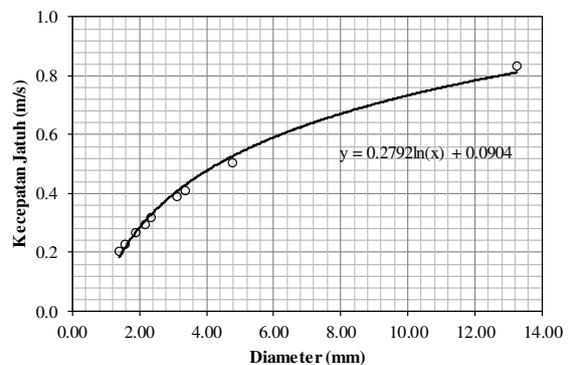
Kecepatan jatuh sedimen merupakan fungsi ukuran, bentuk, berat volume partikel, berat volume dan kekentalan air di sekitarnya. Oleh karena ukuran partikel sedimen tidak seragam pada suatu penampang, maka digunakan diameter rata-rata (D_m), dimana D_m didapat berdasarkan jumlah total dari perkalian antara persentase berat setiap bagian ukuran butir. Nilai D_m hampir merata

disetiap penampang dengan kisaran antara 1,39-4,75 mm, kecuali pada bagian tengah penampang hulu dengan nilai 13,25 mm. Hal ini disebabkan oleh butiran-butiran yang lebih kasar akan lebih cepat jatuh dibanding dengan butiran yang lebih halus, sehingga pada bagian hulu lebih di dominasi butiran kasar.

Kecepatan jatuh partikel sedimen yang dihitung berdasarkan Persamaan (1) disajikan pada Tabel 6. Kecepatan jatuh partikel sedimen menunjukkan besaran dengan pola yang sama terhadap ukuran rerata sedimen. Kecepatan jatuh dan ukuran rerata partikel sedimen membentuk suatu hubungan logaritmik dengan nilai koefisien korelasi Pearson (r) sebesar 0.973 (Gambar 10).

Tabel 6. Rekapitulasi nilai drag coefficient (C_D), angka Reynold (R) dan kecepatan jatuh (w)

Penampang	Parameter	Bagian penampang		
		Kanan	Tengah	Kiri
Hulu	C_D	0.426	0.410	0.400
	R	1380.042	11071.286	2404.674
	w (m/s)	0.412	0.836	0.506
Tengah	C_D	0.645	0.435	0.495
	R	359.983	1215.280	742.637
	w (m/s)	0.229	0.392	0.319
Hilir	C_D	0.568	0.520	0.700
	R	502.662	637.964	287.795
	w (m/s)	0.267	0.298	0.207



Gambar 10. Hubungan antara diameter rerata (D_m) dan kecepatan jatuh (w) partikel sedimen

Laju Sedimentasi

Laju sedimentasi, selain dipengaruhi oleh ukuran partikel sedimen, juga dipengaruhi oleh debit yang melewati penampang tersebut, dimana debit aliran merupakan fungsi dari kedalaman aliran (d), lebar sungai (b) dan kemiringan energi (S_0). Berdasarkan analisis terhadap peta topografi daerah tangkapan air Sungai Daeng, kemiringan energi rerata sebesar 0,0089. Dengan menggunakan Persamaan (4), laju transpor material dasar per satuan lebar sungai (q_s) untuk berbagai kedalaman di seluruh penampang sungai disajikan pada Tabel 7 sampai Tabel 9.

Tabel 7. Laju sedimentasi pada penampang hulu

Kedalaman (m)	Lebar sungai (m)	q_s (kg/s/m)	Q_s (kg/s)
0.2	3.25	2.727	8.861
0.4	3.44	11.721	40.321
0.6	3.57	26.984	96.331
0.8	3.88	48.514	188.234
1.0	4.47	76.312	341.116
1.2	5.27	110.379	581.695
1.4	5.98	150.713	901.262
1.6	6.68	197.315	1318.063

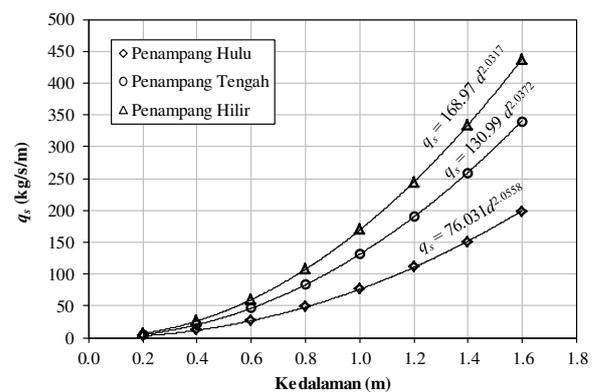
Tabel 8. Laju sedimentasi pada penampang tengah

Kedalaman (m)	Lebar sungai (m)	q_s (kg/s/m)	Q_s (kg/s)
0.2	7.78	4.873	37.912
0.4	14.13	20.44	288.822
0.6	14.13	46.702	659.897
0.8	14.13	83.658	1182.081
1.0	14.13	131.307	1855.374
1.2	14.13	189.652	2679.777
1.4	14.13	258.69	3655.289
1.6	14.13	338.423	4781.910

Tabel 9. Laju sedimentasi pada penampang hilir

Kedalaman (m)	Lebar sungai (m)	q_s (kg/s/m)	Q_s (kg/s)
0.2	15.21	6.354	96.641
0.4	17.8	26.463	471.033
0.6	18.88	60.326	1138.961
0.8	25.48	107.945	2750.440
1.0	26.72	169.319	4524.197
1.2	27.88	244.447	6815.195
1.4	29.14	333.331	9713.269
1.6	30.26	435.97	13192.446

Berdasarkan nilai kedalaman pada masing-masing penampang, dapat ditentukan lebar sungai (b). Dengan demikian laju sedimentasi untuk satu penampang sungai (Q_s) dapat dihitung. Hubungan antara kedalaman (d) dan laju transpor material dasar per satuan lebar sungai (q_s) disajikan pada Gambar 11.



Gambar 11. Hubungan antara kedalaman (d) dan laju transpor material dasar per satuan lebar sungai (q_s)

Gambar 11 menunjukkan bahwa laju transpor material dasar per satuan lebar sungai (q_s) meningkat dengan meningkatnya kedalaman mengikuti fungsi persamaan geometrik dengan nilai maksimal pada kedalaman 1,6 m sebesar 197.315 kg/s/m pada bagian hulu, 338.423 kg/s/m pada bagian tengah dan 435.97 kg/s/m pada bagian hilir.

KESIMPULAN

Berdasarkan data dan pembahasan dari penelitian, maka dapat disimpulkan antara lain:

1. Gradasi partikel sedimen terdiri dari pasir halus, pasir sedang, pasir kasar, kerikil halus dan kerikil kasar dengan diameter rata-rata (D_m) 1,39 – 13,25 mm dan diameter median (D_{50}) 0,5-1,56 mm. Berat volume sedimen berkisar antara 0,808 t/m³ sampai 0,934 t/m³, sedangkan nilai berat jenis berkisar antara 2,55 sampai 2,69. Kecepatan jatuh partikel sedimen menunjukkan hubungan logaritmik terhadap ukuran rerata sedimen dengan nilai 0.207-0,836 m/s.
2. Laju transpor material dasar per satuan lebar sungai (q_s) meningkat dengan meningkatnya kedalaman mengikuti fungsi persamaan geometrik dengan nilai maksimal pada kedalaman 1,6 m sebesar 197.315 kg/s/m pada bagian hulu, 338.423 kg/s/m pada bagian tengah dan 435.97 kg/s/m pada bagian hilir.

DAFTAR PUSTAKA

Abdul Ghani. N.A.A., Othman. N., Baharudin. M.K.H, 2012, *Study on Characteristics of Sediment and Sedimentation Rate at Sungai Lembing, Kuantan, Pahang*, Precedia Engineering of Malaysian Technical Universities Conference on Engineering & Technology 2012, MUCET 2012 Part 3 - Civil and Chemical Engineering.

Anonim, 2011, *Laporan Model DAS Mikro Sungai Daeng DAS Muntok*

SWPDAS Mancang, BPDAS Baturusa-Cerucuk, Pangkalpinang.

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

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

Bowles. J.E.,1993, *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*, Edisi Kedua, Erlangga, Jakarta.

Garde, R.J., Raju, K.G.R., 1985, *Mechanics of Sediment Transportation and Alluvial Stream Problems*, Second Edition, Wiley Eastern Limited, Roorkee, India.

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

Purnawan, Syahrul., Setiawan, Ichsan., Marwantim, 2012, *Studi sebaran sedimen berdasarkan ukuran butir di perairan Kuala Gigieng, Kabupaten Aceh Besar, Provinsi Aceh*, Jurnal Depik Vol 1 Nomor 1, Hal 31-36.

Khatib Anwar., Adriati, Yolly., Wahyudi. AE., *Analisis Sedimentasi dan Alternatif Penanganannya di Pelabuhan Selat Baru Bengkalis*, Prosiding pada Konferensi Nasional Teknik Sipil ke 7, Surakarta.

SNI 1964:2008, *Cara Uji Berat Jenis Tanah*, Badan Standarisasi Nasional.

SNI 03-1969-1990, *Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar*, Badan Standarisasi Nasional.