

# ANALISIS AWAL GERAK BUTIRAN PADA TRANSPORT SEDIMEN MATERIAL GAMBUT

**Yearni Yudika Friniati Putri<sup>1)</sup>, Sigit Sutikno<sup>2)</sup>, Muhammad Yusa<sup>2)</sup>**

1) Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

2) Dosen Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Bina Widya JL. HR. Soebrantas Km 12,5 Pekanbaru, Kode 28293

Email: [yearni.yudika1238@student.unri.ac.id](mailto:yearni.yudika1238@student.unri.ac.id)

## ABSTRACT

*In addition to peatland fires and the conversion of peatland into plantations, a serious problem is the abrasion of peaty beaches. Abrasion is the result of sediment transport processes parallel to the shoreline (longshore sediment transport). Basically, the study of sediment transport begins by identifying the interacting properties of sediment and flow. The interaction in question is a condition where the flow begins to cause the movement of the particles it passes through until a displacement occurs. The purpose of this research is to analyze the parameters resulting from theoretical calculations for peat material based on Shields theory. This research is a physical modeling without scale of the movement of particles in a channel. The initial process of sediment movement is simulated in a flume in the laboratory which has been given samples of peat sediment and sand sediment (as a comparison) at the bottom. Both samples are uniform grains with 0.25 – 4.75 mm diameter. After the simulation is done, the results of the observation are compared with theoretical calculations. Based on calculations using the Shields theory, the shear stress values for peat sediments ranged from 0.124 – 1.523 N/m<sup>2</sup> and shear velocity ranged from 0.011 – 0.039 m/s.*

**Key words:** Peat, Initiation motion, Shields Theory, Critical Shear Stress

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Provinsi Riau memiliki lahan gambut seluas 3.867.413 ha, atau sebanyak 60,08% dari total luas provinsi ini (Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, 2016). Selain kebakaran lahan gambut dan pengalihan guna lahan gambut menjadi perkebunan, permasalahan yang serius adalah abrasi pada pantai bergambut. Permasalahan paling serius terkait abrasi pantai gambut bisa dijumpai di Pulau Bengkalis. Laju abrasi di Pulau Bengkalis mencapai rata-rata 59 ha/tahun dan mengalami pengurangan luas daratan yang cukup besar yaitu rata-rata 42,5 ha/tahun (Sutikno, Hakim, and Fauzi 2014).

Abrasi merupakan akibat dari proses transport sedimen sejajar garis pantai (*longshore sediment transport*). Fenomena transport sedimen pada

material gambut sendiri dapat dikatakan unik dan kompleks. Pada dasarnya, kajian transport sedimen dimulai dengan mengidentifikasi sifat-sifat sedimen dan aliran yang saling berinteraksi. Interaksi yang dimaksud adalah kondisi dimana aliran mulai menyebabkan pergerakan partikel sedimen yang dilewatinya hingga mengalami perpindahan. Namun berdasarkan kejadian di lapangan, kondisi awal pergerakan butiran ini sulit untuk didefinisikan secara analitis. Oleh sebab itu, dibutuhkan diperlukan beberapa teori pendekatan dalam mengidentifikasi kondisi tersebut.

Awal gerak butiran sedimen merupakan topik yang menarik dalam bidang rekayasa saluran terbuka. Beberapa penelitian topik terkait telah dilakukan, di antaranya oleh Enung (2008) yakni mengenai Pengaruh Gradasi Butiran terhadap Awal Gerak

Butir Sedimen untuk material pasir. Penelitiannya bertolak dari teori Shields (1936) yaitu metode analisis awal gerak butiran untuk butiran seragam. Terdapat beberapa variabel yang diuji, yaitu material pasir tidak seragam (adanya variasi gradasi distribusi butir sedimen), pengaruh kemiringan saluran, dan variasi debit. Pada kesimpulannya, penelitian ini mengemukakan bahwa grafik Shields tidak cocok untuk butiran tidak seragam, karena terdapat penyimpangan yang cukup signifikan antara tegangan geser kritis ( $\tau_{cr}$ ) hasil pengukuran butir tidak seragam dengan nilai  $\tau_{cr}$  Shield.

Adapun penelitian mengenai gerak awal sedimen dengan menggunakan material gambut sebagai material dasar belum pernah dilakukan sebelumnya. Kajian mengenai proses transport sedimen gambut seharusnya dapat berkontribusi dalam memahami masalah abrasi gambut yang terjadi di Pulau Bengkalis. Terdapat perbedaan propertis yang signifikan antara sedimen pasir dengan gambut, seperti berat jenis gambut yang jauh lebih ringan daripada pasir. Perbedaan tersebut tentunya akan menghasilkan kondisi yang berbeda juga. Berdasarkan keadaan ini, menarik untuk melakukan riset mengenai transport sedimen pada material gambut, dimulai dari hal mendasar yaitu analisis awal gerak sedimen gambut, dengan mengacu pada kedua penelitian yang dipaparkan sebelumnya.

## **TINJAUAN PUSTAKA**

### **Awal Gerak Butiran**

Awal gerak butiran atau partikel merupakan kajian penting dalam pembelajaran transport sedimen, degradasi saluran, dan desain saluran stabil. Karena sifat stokastik alam akan pergerakan sedimen sepanjang dasar alluvial, sulit untuk menentukan secara tepat pada kondisi aliran yang bagaiman butiran sedimen akan mulai bergerak.

Akibatnya, hal tersebut akan bergantung pada kurang lebihnya definisi peneliti terkait awal gerak butiran. Terdapat beberapa istilah yang sering digunakan para peneliti, diantaranya “awal gerak”, “beberapa butiran bergerak”, “pergerakan yang sedikit”, dan “gerak kritis”. Meskipun demikian, kemajuan signifikan terkait pemahaman awal gerak butiran telah dicapai, baik secara teoritis maupun eksperimen.

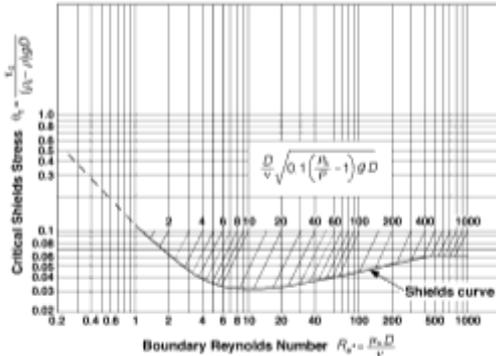
Graf (1984) menyatakan bahwa awal gerak butiran, atau yang sering juga disebut kondisi kritis, dapat dijelaskan dengan beberapa metode:

1. Dengan persamaan kecepatan kritis (*critical velocity*); memperhitungkan pengaruh air terhadap sedimen
2. Dengan persamaan tegangan geser kritis (*critical shear stress*); memperhitungkan gesekan gaya tarik aliran terhadap butiran
3. Gaya angkat; memperhitungkan perbedaan tekanan akibat perbedaan kecepatan

### **Teori Shields (*Shields Diagram*)**

Shield mengaplikasikan analisis dimensional untuk mendapatkan parameter-parameter tak berdimensi dan menciptakan diagram yang sangat dikenal untuk awal gerak butiran sedimen (Gambar 1.). Diagram tersebut menghubungkan tegangan geser dasar tak berdimensi atau kriteria Shields dengan bilangan Reynold. Shields (1936) pada awalnya tidak menggunakan kurva pada diagramnya, melainkan menggambarkan pita yang cukup lebar untuk menunjukkan tegangan geser kritis. Kurva pada Gambar 1 pertama kali diusulkan oleh Rouse (1939). Kurva Shields tersebut mewakili kondisi ambang batas di saat sedimen tepat akan bergerak. Jika titik berada di area di atas kurva, maka partikel akan bergerak. Sementara titik pada bawah kurva, aliran tidak dapat menggerakkan partikel.

Faktor-faktor yang penting dalam menentukan awal gerak sedimen adalah tegangan geser, selisih massa jenis sedimen dan aliran, diameter butiran, viskositas kinematis, dan percepatan gravitasi.



Gambar 1. Diagram Shields untuk Awal Gerak Butiran  
Sumber: Rouse (1939)

Kelima kuantitas tersebut dapat dikelompokkan menjadi dua kriteria tak berdimensi sebagai berikut.

$$\tau_{*c} = \frac{\tau}{(\rho_s - \rho)gD} = \frac{U_*^2}{(s-1)gD} \quad (1)$$

dan

$$Re_* = \frac{U_*}{\nu} = \frac{\sqrt{\tau/\rho} D}{\nu} \quad (2)$$

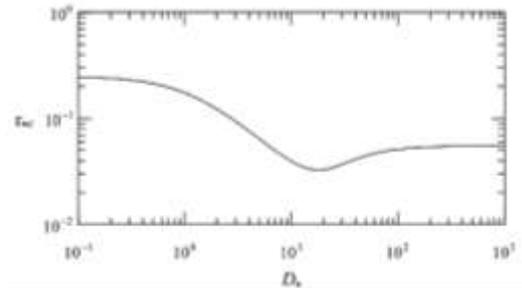
dengan,

- $\tau_*$  = tegangan geser kritis (kriteria Shields)
- $\tau$  = tegangan geser (N/s<sup>2</sup>)
- $U_*$  = kecepatan geser (m/s)
- $\rho_s$  = massa jenis sedimen (kg/m<sup>3</sup>)
- $\rho$  = massa jenis air (kg/m<sup>3</sup>)
- $D$  = diameter butiran (m)
- $g$  = percepatan gravitasi (m/s<sup>2</sup>)
- $R$  = jari-jari hidraulik (m)
- $I$  = kemiringan saluran (%)
- $s$  = berat jenis sedimen
- $Re_*$  = bilangan Reynold
- $\nu$  = viskositas kinematis (m<sup>2</sup>/s)

Kekurangan dari diagram Shields ini adalah terdapatnya tegangan geser ( $\tau$ ) pada kedua sumbu, sehingga diperlukan perhitungan iterasi dalam menentukan karakteristik aliran kritis (kemiringan atau jari-jari hidraulik) untuk ukuran butiran tertentu. Agar memudahkan

penggunaan praktis, kurva Shield telah dipresentasikan sebagai hubungan antara  $\tau_*$  dengan parameter diameter butir tak berdimensi,  $D_*$  (Gambar 2.), dimana

$$D_* = D \left[ \frac{g(s-1)}{\nu^2} \right]^{1/3} \quad (3)$$



Gambar 2. Diagram Shields Modifikasi  
Sumber: Yalin (1972)

## METODOLOGI PENELITIAN

### Lokasi Penelitian

Pelaksanaan penelitian dilakukan di dua laboratorium Jurusan Teknik Sipil, Universitas Riau. Pemeriksaan propertis sampel yang digunakan dilakukan di Laboratorium Geoteknik dan Mekanika Tanah. Sedangkan pelaksanaan simulasi penelitian dilakukan di Laboratorium Hidroteknik.

### Sampel Penelitian

Sampel yang dipakai pada penelitian ini terdiri dari sedimen pasir dan gambut. Gambut merupakan sampel utama dalam eksperimen ini. Adapun pasir adalah lebih umum ditemukan sebagai sedimen di alam dan sampel penelitian-penelitian sebelumnya. Penggunaan sedimen pasir dimaksudkan sebagai acuan apakah penelitian dapat dilaksanakan dengan menggunakan sampel yang umum terlebih dahulu.

Sampel gambut yang dipakai berasal dari pantai di Desa Meskom, Kabupaten Bengkalis (Gambar 3.). Gambut ini merupakan gambut terseleksi yang telah mengalami proses penguraian dan bukan gambut asli.

Untuk sampel pasir, dipilih secara acak dan tidak ada kriteria tertentu dalam pemilihannya.



Gambar 3. Lokasi Pengambilan Sampel Gambut  
Sumber: Soetikno, 2014

Sebelum digunakan pada penelitian kedua sampel berikut dilakukan pengujian propertis sesuai dengan standar prosedur yang ada, antara lain:

- a. Kadar Air Tanah (ASTM D2216-2017)
- b. Berat Jenis (ASTM D5355-2017)
- c. Kadar Abu dan Kadar Organik (ASTM D2947)
- d. Kadar Serat (ASTM D1447)
- e. Pemisahan Fraksi Ukuran Butiran (dengan saringan No. 4, No. 10, No. 20, No.40, No. 60)

### Peralatan Penelitian

Alat utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Armfield Sediment Transport Demonstration Channel* (Gambar 4.). Untuk mengatasi beberapa keterbatasan alat dan sampel sedimen, Peneliti melakukan beberapa modifikasi pada alat utama.



Gambar 4. *Armfield Sediment Transport Demonstration Channel*

Modifikasi yang pertama adalah modifikasi pada saluran untuk perletakan sedimen. Dengan terbatasnya jumlah sampel, maka tidak memungkinkan untuk memberi sedimen di sepanjang saluran. Dalam hal ini, Peneliti merangkai potongan akrilik menjadi sebuah balok panjang berukuran 155 cm x 7,60 cm x 2 cm. Pada bagian balok tersebut diberikan spasi ruangan kosong sepanjang 20 cm untuk meletakkan sedimen.

Modifikasi selanjutnya adalah melakukan penambahan skenario debit aliran pada pompa. Pada pompa hanya terdapat tiga tingkatan debit aliran, berkisar 0,2-0,6 L/s. Dengan variasi debit aliran yang sedikit ini, kondisi aliran yang dibutuhkan tidak akan tercapai. Peneliti melakukan modifikasi pada selang suplai air yang terhubung pada pompa. Selang tersebut disambungkan dengan pipa PVC 'T' berukuran 1½". Kemudian pada pipa disambungkan lagi dengan katup pengatur debit dan tambahan saluran lain yang mengalir ke bak penampungan. Jenis katup yang digunakan adalah *globe valve* material *brass-bronze*.

Selain dari alat utama *flume*, terdapat alat-alat lain yang digunakan selama simulasi penelitian berlangsung. Alat-alat tersebut yakni sebagai berikut.

- a. Mistar
- b. Penjaring kecil (sebagai saringan pertama)
- c. Penjaring besar (sebagai saringan kedua)
- d. Kain pelapis pada kedua saringan
- e. *Handphone* (untuk merekam dan dokumentasi)
- f. Tripod
- g. *Ring light* (penerangan tambahan)

## Prosedur Penelitian

Proses penelitian dimulai sejak Oktober 2020 hingga Desember 2020. Berikut tahapan pelaksanaan simulasi dan pengolahan data penelitian:

- Mengkalibrasi kecepatan aliran *flume* dan menetapkan tingkatan skenario debit yang akan digunakan saat simulasi
- Persiapan alat dan sampel (cek kedataran denan *waterpass*, *setting* kemiringan *flume* pada 0,5%, dan mengisi saluran dengan air)
- Memasukkan sampel dimulai dari sampel dengan ukuran butir terbesar
- Menstabilkan sampel 30-60 detik
- Memulai simulasi dengan menjalankan *flume* dimulai dari kecepatan terkecil
- Kecepatan ditingkatkan sesuai skenario debit setiap  $\pm 2$  menit
- Langkah tersebut dilakukan untuk tiap fraksi ukuran masing-masing sampel gambut dan pasir
- Menghitung nilai tegangan geser kritis secara teoritis

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Propertis Sampel Sedimen

Berdasarkan hasil pengujian propertis, didapatkan nilai berat jenis (*specific gravity*) dari sedimen pasir 2,66. Baik pasir dan gambut dipisahkan sesuai fraksi ukuran butiran, masing-masing lolos saringan No. 4 (4,750 mm); No. 10 (2,000 mm); No. 20 (0,850 mm); No. 40 (0,425 mm); dan No. 60 (0,250 mm). Sementara propertis sampel gambut dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Propertis Sampel Sedimen Gambut

Propertis	Parameter	Keterangan
<i>Specific gravity</i>	1,65	-
Kadar air	413,06%	-
Kadar abu	31,40%	<i>High Ash</i>
Kadar organik	68,60%	-
Kadar serat	23,29%	<i>Sapric</i>

Berdasarkan ASTM D4427-92, gambut dengan kadar serat <33% diklasifikasikan sebagai gambut safrik. Hal ini juga sesuai dengan karakteristik fisik dari sampel gambut, dimana seluruh serat sudah hampir sepenuhnya terurai. Hampir tidak ada serpihan kayu dan hanya sedikit dedaunan tanaman. Dengan kondisi ini, gambut lolos saringan No. 4 dan tertahan di No. 10, tidak dapat digunakan untuk eksperimen karena banyaknya tidak mencukupi.

### Kalibrasi Kecepatan Aliran *Flume*

Kecepatan, U, adalah kecepatan berdasarkan perhitungan debit dan luas tampang basah. Dengan mengukur tinggi air, didapat luas tampang basah. Lalu debit dibagi dengan luas dan didapatkan kecepatan aliran pada *flume*. Dengan adanya hasil kalibrasi kecepatan aliran *flume*, ditetapkan variasi kecepatan yang akan digunakan pada saat eksperimen. Variasi kecepatan ditetapkan sebanyak 10 tingkatan (Gambar 5.), dimulai dari kecepatan terkecil.



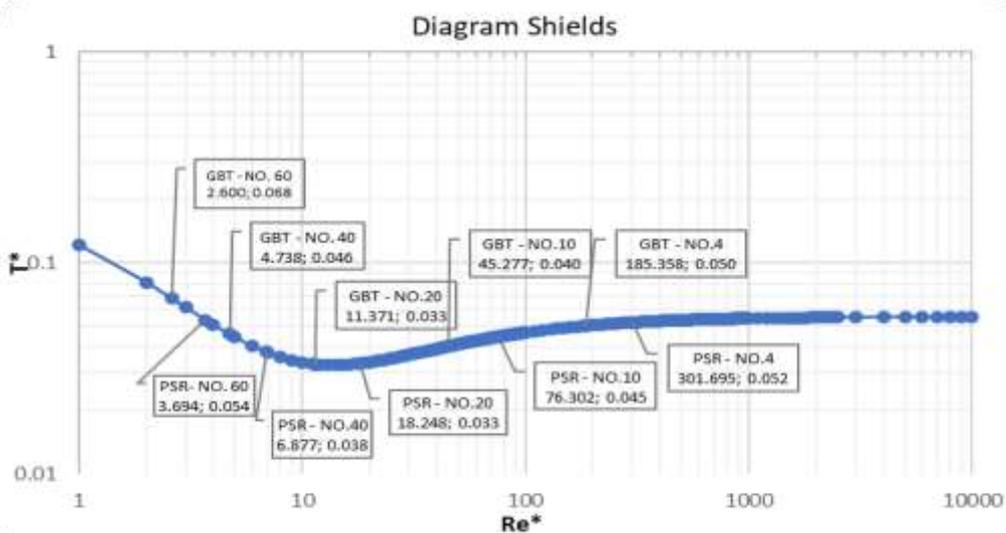
Gambar 5. Kecepatan Aliran Per Skenario

### Tegangan Geser Kritis Berdasarkan Diameter Butir

Tegangan geser kritis yang disajikan merupakan tegangan geser kritis berdasarkan teori Shields. Namun, untuk perhitungan yang lebih praktis, digunakan metode teoritis yang digunakan oleh Jichao Jiang (2019). Gambar 6 menyajikan hasil perhitungan tegangan geser kritis untuk masing-masing sampel sedimen.

Tabel 2. (lanjutan) Kecepatan Geser dan Tegangan Geser Tiap Skenario Kecepatan

I-a	0,0099	0,0124	0,0247	0,6102
II-a	0,0143	0,0136	0,0259	0,6687
I-b	0,0290	0,0137	0,0259	0,6728
I-c	0,0398	0,0139	0,0261	0,6827
I-e	0,0474	0,0141	0,0263	0,6925
II-e	0,0691	0,0152	0,0273	0,7479
III-e	0,1011	0,0164	0,0284	0,8065
I-max	0,1090	0,0174	0,0292	0,8512
II-max	0,1390	0,0183	0,0300	0,8998
III-max	0,1890	0,0196	0,0310	0,9613



Gambar 6. Grafik Shields dan Kriteria Shields Tiap Sampel Sedimen

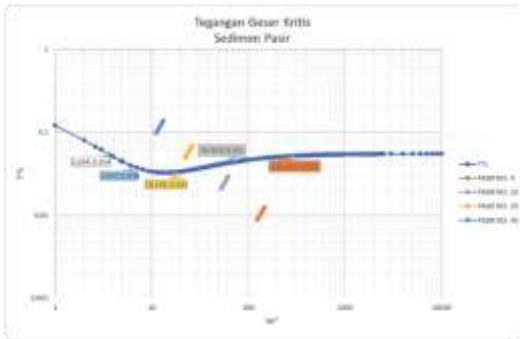
### Tegangan Geser Kritis Berdasarkan Kecepatan Aliran

Kecepatan aliran *flume* dihitung berdasarkan debit yang dibangkitkan oleh pompa dan penampang saluran. Kecepatan aliran sendiri tidak dapat digunakan ke dalam persamaan Shields secara langsung, melainkan harus menggunakan kecepatan geser,  $U_c$ . Kecepatan aliran *flume* dan kecepatan geser aliran saling berkorelasi melalui peningkatan tinggi aliran air. Pada Tabel 2 diperlihatkan kecepatan aliran, jari-jari hidraulik, kecepatan geser, dan tegangan geser untuk masing-masing skenario.

Setelah mengetahui kondisi aliran masing-masing skenario, selanjutnya adalah menghitung tegangan geser kritis yang terjadi saat aliran dan sedimen berinteraksi. Hasil perhitungan untuk sampel sedimen pasir dapat dilihat pada Grafik 5, sedangkan hasil perhitungan untuk sampel sedimen gambut pada Grafik 6.

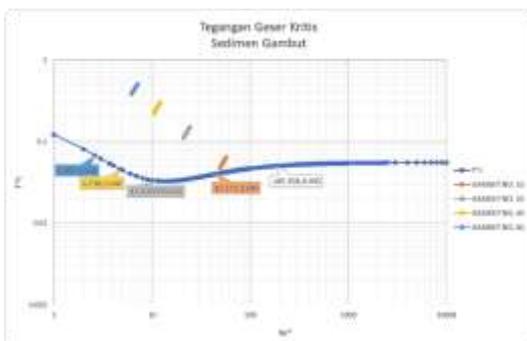
Tabel 2. Kecepatan Geser dan Tegangan Geser Tiap Skenario Kecepatan

Skenario	Kecepatan, U (m/s)	Jari-Jari Hidraulik, R (m)	Kecepatan Geser, $U_c$ (m/s)	Tegangan Geser, $T_c$ ( $N/s^2$ )
----------	--------------------	----------------------------	------------------------------	-----------------------------------



Gambar 7. Tegangan Geser Kritis Sedimen Pasir

Dapat dilihat pada Gambar 7, nilai tegangan geser kritis yang terjadi pada dua sampel sedimen pasir, yaitu lolos No. 4 dan No. 10 berada di bawah kurva. Kemudian pada Gambar 8, nilai-nilai tegangan geser kritis semua sampel sedimen gambut, berada di atas kurva. Sedimen dengan nilai tegangan kritis yang berada di bawah kurva mengindikasikan bahwa butiran sedimen tersebut cenderung dalam kondisi stabil. Sementara sedimen dengan nilai tegangan kritis di atas kurva, cenderung lebih mudah bergerak atau tidak stabil.



Gambar 8. Tegangan Geser Kritis Sedimen Gambut

Sesuai dengan anggapan pada bagian pendahuluan, bahwa sedimen gambut akan memberikan kondisi pergerakan butiran yang berbeda karena adanya perbedaan propertis, yaitu berat jenis gambut yang lebih ringan daripada pasir. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa sedimen gambut jauh lebih

mudah bergerak dibandingkan pasir dengan kondisi aliran yang sama.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan dari penelitian “Analisa Awal Gerak Butiran pada Transport Sedimen Gambut” dapat ditarik beberapa kesimpulan, antara lain sebagai berikut:

1. Nilai tegangan geser kritis ( $T^*$ ) pada kurva Shields untuk sampel material gambut lolos No. 10; No. 20; No. 40; No. 60 secara berurutan adalah 0,050; 0,040; 0,033; 0,046. Nilai tegangan geser ( $T$ ) tiap sampel secara berurutan 1,523  $N/s^2$ ; 0,512  $N/s^2$ ; 0,179  $N/s^2$ ; 0,124  $N/s^2$ . Serta kecepatan geser kritis ( $U^*$ ) tiap sampel secara berurutan 0,039 m/s; 0,023 m/s; 0,013 m/s; 0,011 m/s.
2. Sedimen pasir yang digunakan sebagai sampel pembanding adalah pasir sembarang dengan berat jenis 2,66
3. Sedimen gambut yang digunakan sebagai sampel adalah material gambut yang berasal dari Desa Meskom, Kepulauan Bengkalis. Sedimen gambut tersebut merupakan jenis gambut safrik dengan berat jenis 1,65.
4. Terdapat 10 tingkatan skenario kecepatan aliran *flume*, yang dimulai dari kecepatan ( $U$ ) terendah, 0,00989 m/s hingga kecepatan tertinggi, 0,189 m/s.
5. Kecepatan geser ( $U_c$ ) aliran terentang antara 0,0247 - 0,0310 m/s.

### Saran

1. Melakukan pengukuran kecepatan aliran secara *real time* menggunakan alat ukur khusus, seperti *current meter*, *acoustic doppler velocimetry*

- (ADV), *particle image velocimetry* (PIV), dan sebagainya. Sehingga data yang didapatkan lebih akurat.
2. Menyediakan material dengan jumlah yang cukup.
  3. Memperhitungkan variabel-variabel yang diabaikan pada penelitian ini, seperti viskositas aliran dan massa sampel sebelum dan sesudah *running*.
  4. Menganalisa lebih lanjut mengenai pengaruh faktor bentuk butiran sedimen.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Anon, n,d, "Wentworth (1922) Grain Size Classification," Retrieved February 13, 2021 (<https://www.planetary.org/space-images/wentworth-1922-grain-size>),
- Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, 2016, *Lahan Gambut Indonesia*, Jakarta:Kementerian Pertanian Indonesia
- Enung, 2008, "Pengaruh Gradasi Butiran Terhadap Awal Gerak Butir Sedimen," Universitas Gadjah Mada,
- Graf, Walter Hans, 1984, *Hydraulics of Sediment Transport*, Chelsea, Michigan: Water Resources Publication,
- Hardiyatmo, HC. 1992. *Mekanika Tanah I*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- PERTANIAN, BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN, Fahmudin Agus, Markus Anda, Ali Jamil, and Masganti. 2016. *Lahan Gambut Indonesia*.
- Jiang, Jichao, 2019, "Theoretical Model for Shields Diagram and Its Application," University of Nebraska,
- Mohamadi, M, 2005, "The Initition of Sediment Motion in Fixed Bed Channels," *Iranian Journal of Science and Technology* 29,
- Shvidchenko, Andrey B, 2000, "Incipient Motion of Streambeds," University of Glasgow,
- Shvidchenko, Andrey B., and Trevor B, Hoey, 2001, "Critical Shear Stress for Incipient Motion of Sand/Gravel Streambeds," *Water Resources Research* 37(8):2273–83,
- Shvidchenko, Andrey B., and Gareth Pender, 2000, "Flume Study of The Effect of Relative Depth On The Incipient Motion of Coarse Uniform Sediments," *Water Resources Research* 36(2):619–28,
- Sutikno, Sigit, Arief Rahman Hakim, and Manyuk Fauzi, 2014, "Analisis Laju Abrasi Pantai Pulau Rangsang Dengan Menggunakan Data Satelit," *Jurnal Teknik Sipil, FAKultas Teknik, Universitas Riau* 13:616–24,
- Triadmodjo, Bambang, 2016, *Hidraulika I*, 15th ed, Yogyakarta: Beta Offset,
- Turvey, B, E, n,d, "Threshold Assessments," Pp, 260–84 in *Behavioral Evidence Analysis*,
- Williams, Garnett P, 1967, "Flume Experiments on the Transport of a Coarse Sand," *Geological Survey Profesional Paper*,
- Yang, Chih Ted, 2003, *Sediment Transport: Theory and Practice*, Reprint Ed, Malabar, Florida: Kriger Publishing Company,