



PERTEMUAN ILMIAH TAHUNAN (PIT) XXI  
DAN KONGRES VIII  
HIMPUNAN AHLI TEKNIK HIDRAULIK INDONESIA  
(HATHI)



Hotel Sahid Raya Bali, 30 September, 1-2 Oktober 2004

PENGELOLAAN  
SUMBER DAYA AIR TERPADU  
DAN BERKELANJUTAN  
BERBASIS POTENSI DAERAH

**Sub tema:**

- ☑ Adopsi Teknologi Berbasis Potensi Daerah Untuk Efisiensi dan Konservasi Sumber Daya Air
- ☑ Pemberdayaan Institusi Pengelolaan yang Bersifat Holistik dan Berkelanjutan
- ☑ Pemberdayaan Sistem Manajemen Sumber Daya Air yang Produktif, Integratif dan Berkelanjutan

**Sekretariat :**

- Sub Dinas Sumber Daya Air dan Prasarana Perdesaan Dinas Pekerjaan Umum Propinsi Bali, Jl. Beliton No. 2 Denpasar Telp/ Fax 0361-244862
- Hastungkara Group, Jl. P Saelus II Nomor 18 A Denpasar Telp. 0361-221525 Fax: 0361-221525, E-mail: [hastungkara@hotmail.com](mailto:hastungkara@hotmail.com)



**PERTEMUAN ILMIAH TAHUNAN (PIT) XXI DAN KONGRES VIII  
HIMPUNAN AHLI TEKNIK HIDRAULIK INDONESIA (HATHI)  
TAHUN 2004 KUTA-BALI**

---



**TEMA :**  
**PENGELOLAAN SUMBER DAYA AIR  
TERPADU DAN BERKELANJUTAN  
BERBASIS POTENSI DAERAH**

**SUB TEMA A2 :**  
**ADOPSI TEKNOLOGI BERBASIS POTENSI  
DAERAH UNTUK EFISIENSI DAN KONSERVASI  
SUMBER DAYA AIR**

**DAFTAR MAKALAH PIT XXI  
HIMPUNAN AHLI TEKNIK HIDRAULIK INDONESIA  
(HATHI) 2004**

**SUB TEMA A2 :**

**ADOPSI TEKNOLOGI BERBASIS POTENSI DAERAH UNTUK EFISIENSI DAN  
KONSERVASI SUMBER DAYA AIR**

NO	NO MAKALAH	PEMAKALAH	JUDUL	PANEL A2
1	24	C. Bambang Sukatja, Danang S	Memanfaatkan Program <i>ILWIS 3.12</i> Untuk Menayangkan Foto Udara Secara Stereo Pada Layar Komputer dan Aplikasinya Dalam Usaha Pengelolaan Sumber Daya Air	1
2	49	Saihul Anwar, Naik Sinukaban, Hidayat Pawitan, Surya Darma Tarigan	Model Peringatan Dini Banjir pada Sungai Cimanuk	
3	52	Gatot Eko Susilo and Nur Arifaini	A Simplified Hydrodynamic Model for Produced Water Discharge Using Outfall Diffusers	
4	92	Moh. Bisri, Tri Budi Prayogo, Uud Sofiana	Artificial Recharge Simulation Model With the Geographic Information System Approaching (Case Study: Kali Song, Malang Regency, East Java, Indonesia)	
5	43	Sunjoto	Water Losses in Dewatering	2
6	44	S.Djoko Prijono dan F.Mulyantari	Penelitian Banjir Rencana untuk Data yang Kurang Memadai dengan Studi Kasus di Krueng Aceh	
7	53	Nur Arifaini and Gatot Eko Susilo	The Use of Gesign of Experiment for The Simplification of Penman Evaporation Calculation Procedures For Tropical Areas	
8	56	S. Priambodo, Djoko Legono, Joko Sujono	Karakteristik Hujan di Beberapa Stasiun Hujan di Wilayah DKI Jakarta	
9	5	Syofyan Dt. Majo Kayo	Pentingnya Sosialisasi Pemanfaatan / Penerapan Teknologi Tepat Guna Untuk Penyediaan Air Yang Berkesinambungan Bagi Berbagai Kebutuhan Air Di Era Otonomi Daerah	3
10	9	Ratna Hidayat, Yusilianna Yoewono, Guntur Sitorus	Pengolahan Limbah Menggunakan Tumbuhan Air untuk Mereduksi Bau Akibat Dekomposisi Limbah Selokan. (Studi Kasus pada Kompleks	

			Perumahan Padasuka Kabupaten Bandung)	
11	14	Achmadi Partowijoto	Zona Agroklimat di Bali - Nusa Tenggara dan Kaitannya dengan Budidaya Tanaman Pangan	
12	21	Hermawan Isbandi	Pemanfaatan Vegetasi <i>Mangrove</i> sebagai Buffer Zone di <i>LowerComponent ModADA (Modification Ajkwa Deposition Area)</i>	
13	74	Widandi Soetopo	Model Temporal Stokastik Untuk Proyeksi Perilaku Sistem Jaringan Distribusi PDAM	
14	93	Anak Agung Gede Ngurah Anom Jambe	Kandungan Logam Berat Hg, Pb dan Cd pada Air Minum di Bali	
15	76	F.Mulyantari dan S.Djoko Prijono	Analisa Wilayah Banjir Maksimum Tahunan Sesaat dengan Specific Discharge dan Metode L-Moment di Propinsi NAD	4
16	90	Trenggono, Sofyan Dt. Majo Kayo	Kajian Hasil Perhitungan Debit Banjir Sungai Daerah Bengawan Solo Dengan Metode Manning Dan Metode Institute Of Hydrology Wallingford (IOH)	
17	20	Wati Asriningsih Pranoto, Indratmo Soekarno, M. Cahyono	Tegangan Geser Kritis Erosi	
18	27	Agus Sumaryono, Sutikno, Bambang Sukatja, Oriza Andamari	Penelitian Erosi pada Endapan Piroklastik di Lereng Barang Gunung Merapi setelah Letusan tahun 1998	5
19	60	Agung Wiyono, Indratmo Soekarno	Gerusan di Tikungan Saluran dengan Krib Tiang Pancang (Kajian Laboratorium)	
20	94	Raden Dhani Irwanto	Perkembangan Metode-metode Perencanaan dan Desain Terowongan Bertekanan	
21	28	Danoer Doro Widyawan kerjasama dengan Yayasan Acintyacunyata Yogyakarta	Metode Eksplorasi Sungai Bawah Tanah di Kawasan Karst	
22	77	Pitojo Tri Juwono	Sumur Resapan sebagai Alternatif Mengatasi Masalah Genangan Kota (Studi Kasus Kecamatan Klojen Kota Malang)	6
23	104	Haryo Dwito Armono	A Two Dimensional Hydrodynamics Model in the Vicinity of Artificial Reefs	
24	105	Andojo Wurjanto dan Mangoloi Sinaga	Pembentukan Spektrum Gelombang Berarah	

			dari Data Elevasi Muka Air	
25	97	Tunggul Sutan Haji Iwan Kridasantausa Yadi Suryadi	Prediksi Genangan Banjir dengan menggunakan Model Ketinggian dan Peta Dijital : Studi Kasus di Sungai Ciliwung	7
26	99	Tunggul Sutan Haji, Iwan K. Hadihardaja, Hang Tuah, Sri Legowo	Integrasi Model Hidrologi dan Sistem Informasi Geografi untuk Manajemen Sumber Daya Air pada Daerah Aliran Sungai (Strategi dan Penerapan)	
27	100	Sriyana, Iwan K Hadihardaja	Pemodelan Perubahan Garis Pantai dan Pola Pergerakan Sedimen Pelabuhan Namlea Pulau Buru	
28	101	T.Reinhart P Simandjuntak, Agung Sabur, Ilyas Surathman	Peningkatan Daya Dukung Tanah Gambut dengan Pengelolaan Air dan Stabilisasi di P.Padang-Riau	

## Tegangan Geser Kritis Erosi

Wati Asriningsih Pranoto, Indratmo Sockarno, M. Cahyono

### Abstract

*This laboratory research is conducted to determine the critical shear stress for erosion, a mix of sand and mud sediment. The result of the research revealed that adding more sand a composition of mix sediment gives a higher value of critical shear stress for erosion.*

*Keywords: critical shear stress for erosion, sand, mud*

### Pendahuluan

Dalam angkutan sedimen ada dua proses utama selain proses angkutan itu sendiri, yaitu proses erosi dan proses deposisi. Kedua proses ini merupakan faktor pembentuk perubahan elevasi dasar suatu saluran. Salah satu faktor dalam proses erosi adalah tegangan geser kritis erosi.

Tegangan geser kritis erosi merupakan suatu nilai yang menjadi penentu atau batas kritis dari permukaan tanah (sedimen) pada dasar sungai untuk tererosi. Nilai tegangan geser kritis erosi dari suatu sedimen berbeda-beda, sangat tergantung dari sifat sedimen itu sendiri apakah kohesif atau non kohesif, komposisi sedimen, mineral sedimen, konsolidasi.

Penelitian-penelitian terdahulu biasanya hanya penelitian tentang sedimen non kohesif saja atau kohesif saja. Sejauh ini masih sedikit penelitian tentang karakteristik sedimen campuran. Kondisi percampuran pasir dan lumpur pada dasar sungai ini sangat menarik untuk diteliti. Dalam penelitian ini permasalahan difokuskan pada campuran sedimen non kohesif (khususnya pasir halus) dan sedimen kohesif (lumpur) karena sedimen itu pada umumnya merupakan campuran antara pasir dan lumpur.

Maksud penelitian ini adalah untuk mendapatkan nilai tegangan geser kritis erosi dari berbagai campuran lumpur dan pasir. Tujuan mendapatkan nilai tegangan geser kritis erosi dari berbagai campuran lumpur dan pasir adalah untuk mengetahui pengaruh komposisi campuran lumpur dan pasir terhadap tegangan geser kritis erosi dan selanjutnya dapat dipakai sebagai input data.

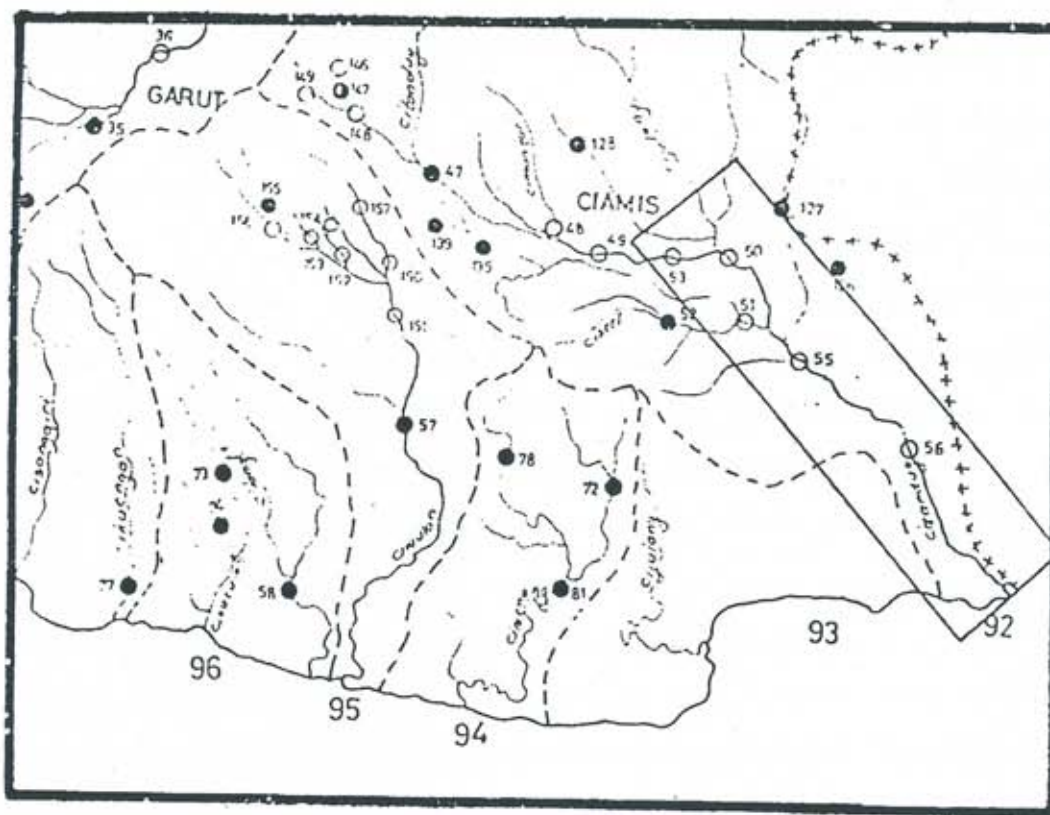
Penelitian dilakukan secara eksperimental yaitu analisis berdasarkan hasil-hasil yang diperoleh dari eksperimen dengan sampel dari sungai Citanduy.

## Metodologi Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan memakai sirkular flume dan dilaksanakan dalam beberapa tahapan sebagai berikut:

- (1). Studi literatur terkait
- (2). Pengambilan sampel

Lokasi pengambilan sampel di daerah Jawa Barat yaitu di sungai Citanduy. Pengambilan sampel dilakukan pada beberapa titik di daerah hilir sungai. Sampel yang diambil adalah sampel sedimen dan air.



Gambar 1 Sungai Citanduy, Jawa Barat

- (3). Persiapan percobaan

Sampel sedimen yang diambil harus dibersihkan dan dilakukan pemisahan antara pasir dan lumpur. Persiapan yang dilakukan sebelum dilakukan percobaan antara lain:

- a. Pasir dan lumpur dipisahkan dengan cara:

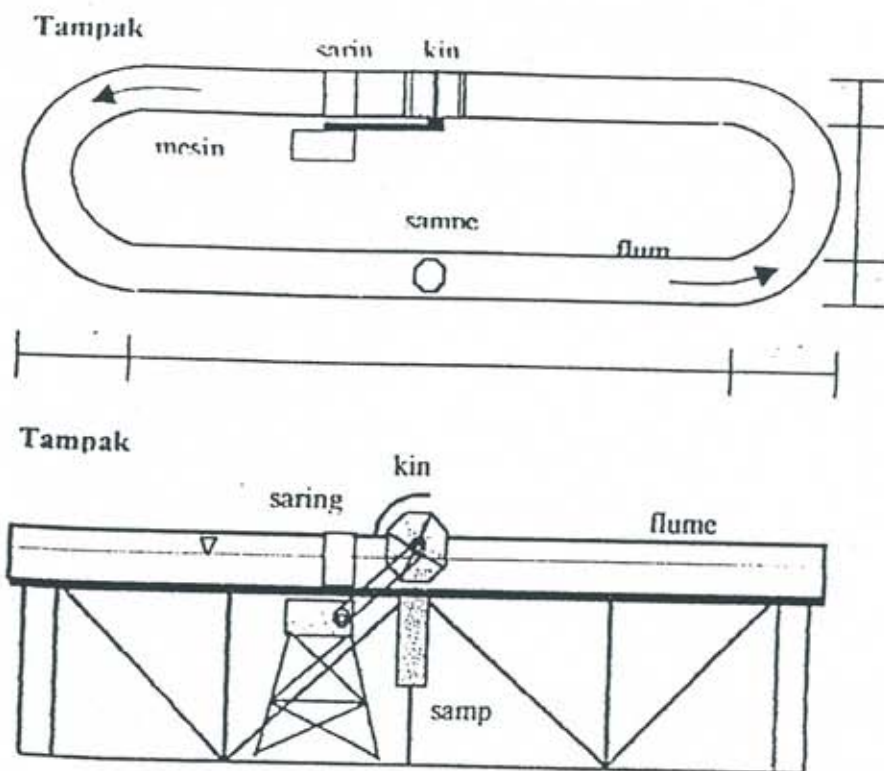
- Pasir : yang tertahan di saringan no.200 dan lolos saringan no. 100 ( $0,076 \text{ mm} < d < 0.15 \text{ mm}$ )
- Lumpur : yang lolos saringan no. 200 ( $< 0,076 \text{ mm}$ )

Tabel 1 Proporsi campuran pasir dan lumpur

No.	Pasir (%)	Lumpur (%)
1.	0	100
2.	40	60
3.	50	50
4.	60	40
5.	80	20
6.	90	10

- b. *Current meter* dicoba dan disiapkan posisinya
  - c. Sampel disiapkan, *flume* diisi air lalu di biarkan selama 7 hari agar terkonsolidasi
  - d. Siapkan peralatan lain yang akan dipakai dalam percobaan.
- 4). Percobaan di laboratorium
- Percobaan dilakukan dalam sirkular *flume* seperti tampak pada Gambar 2. Tahapan percobaan adalah sebagai berikut:
1. Disiapkan sampel sedimen kemudian dimasukkan ke dalam tabung. Tabung ini mempunyai diameter dalam 100 mm dan tinggi 0.5 m. Air dimasukkan ke dalam sirkular *flume*, dan diukur tinggi muka air. Sampel dibiarkan terkonsolidasi selama waktu yang diinginkan (misalnya 7 hari). Setelah terkonsolidasi, sampel siap untuk percobaan erosi.
  2. Tinggi muka air diperiksa kembali dan ukur suhu
  3. Permukaan sampel dinaikan sekitar 1 cm dari dasar *flume*
  4. Kincir dijalankan untuk menggerakkan aliran mulai dari aliran lambat ke aliran yang cepat.
  5. Kecepatan secara perlahan diatur dan sampel diamati mulai terjadi erosi, setiap perubahan yang terjadi dicatat.
  6. Kecepatan pada saat mulai terjadi erosi sampai pada erosi terjadi diukur.
  7. Diambil sampel sedimen untuk mengetahui *density*.
  8. Percobaan dilakukan lagi pada kedalaman sampel berikutnya sampai selesai.





Gambar 2 Sirkular flume

(5). Pemeriksaan sampel

Sampel yang diambil, ditimbang dan dihitung volumenya untuk memperoleh berat jenis.

(6). Analisis hasil percobaan

Pada tahapan ini dilakukan proses perhitungan tegangan geser kritis erosi.

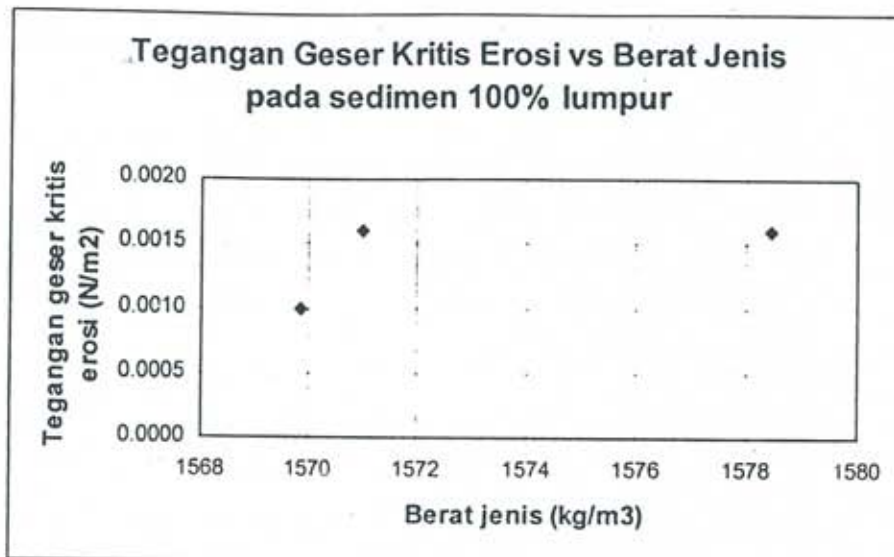
### Hasil Penelitian

#### (1). Tegangan geser kritis erosi pada sedimen 100% lumpur

Pada lapisan permukaan pertama diperoleh tegangan geser kritis erosi sebesar  $0,001 \text{ N/m}^2$  sedangkan berat jenis adalah  $1569,830 \text{ kg/m}^3$ . Selanjutnya lapisan permukaan kedua, tegangan geser kritis erosi meningkat menjadi  $0,0016 \text{ N/m}^2$  dan berat jenis juga meningkat menjadi  $1570,985 \text{ kg/m}^3$ . Pada lapisan permukaan ketiga, tegangan geser kritis erosi tidak mengalami perubahan yaitu  $0,0016 \text{ N/m}^2$  tetapi berat jenis kering bertambah menjadi  $1578,449 \text{ kg/m}^3$ . Grafik hubungan perubahan tegangan geser kritis erosi dengan berat jenis dari sedimen 100% lumpur dapat dilihat pada Gambar 3.

Tabel 1 Tegangan geser kritis erosi sedimen 100% lumpur

Berat jenis ( $\text{kg/m}^3$ )	Tegangan geser kritis erosi ( $\text{N/m}^2$ )
1569.830	0.0010
1570.985	0.0016
1578.449	0.0016



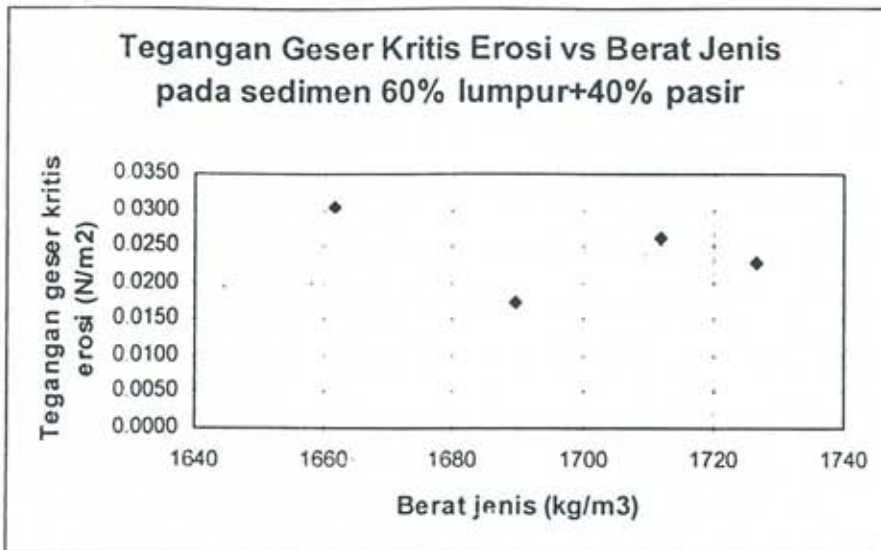
Gambar 3 Tegangan geser kritis pada sedimen 100% lumpur

(2). Tegangan geser kritis erosi pada sedimen campuran 60% lumpur + 40 % pasir

Tegangan geser kritis erosi pada komposisi campuran sedimen ini (Tabel 2) lebih besar dibandingkan dengan tegangan geser kritis erosi pada sedimen 100% lumpur (Tabel 1). Pada permukaan pertama diperoleh 0,0262 N/m<sup>2</sup> dengan berat jenis adalah 1711,615 kg/m<sup>3</sup> dan menurun pada permukaan kedua menjadi 0,0228 N/m<sup>2</sup> sedangkan berat jenis meningkat menjadi 1726,565 kg/m<sup>3</sup>. Pada permukaan ketiga menurun lagi menjadi 0.0173 N/m<sup>2</sup> dan berat jenis juga menurun menjadi 1689,742 kg/m<sup>3</sup>. Tegangan geser kritis erosi kembali meningkat pada permukaan keempat menjadi 0,0304 N/m<sup>2</sup> tetapi berat jenis menurun menjadi 1661,821 kg/m<sup>3</sup>.

Tabel 2 Tegangan geser kritis erosi sedimen 60% lumpur

Berat jenis (kg/m <sup>3</sup> )	Tegangan geser kritis erosi (N/m <sup>2</sup> )
1711.615	0.0262
1726.565	0.0228
1689.742	0.0173
1661.821	0.0304



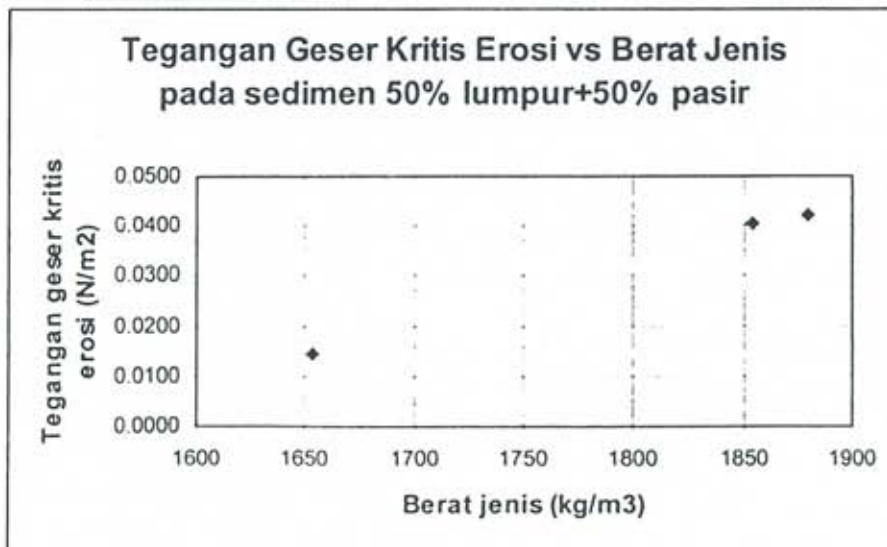
Gambar 4 Tegangan geser kritis pada sedimen campuran 60% lumpur + 40% pasir

(3). Tegangan geser kritis erosi pada sedimen campuran 50% lumpur + 50 % pasir

Tegangan geser kritis erosi pada permukaan pertama diperoleh 0,0146 N/m<sup>2</sup>, berat jenisnya adalah 1653,839 kg/m<sup>3</sup>, kemudian meningkat pada permukaan kedua menjadi 0,0407 N/m<sup>2</sup> dengan berat jenis 1853,792 kg/m<sup>3</sup>. Pada permukaan ketiga, tegangan geser kritis erosi dan berat jenis meningkat lagi menjadi 0,0423 N/m<sup>2</sup> dan 1879,243 kg/m<sup>3</sup> seperti terlihat pada Gambar 5.

Tabel 3 Tegangan geser kritis erosi sedimen 50% lumpur

Berat jenis (kg/m <sup>3</sup> )	Tegangan geser kritis erosi (N/m <sup>2</sup> )
1653.839	0.0146
1853.792	0.0407
1879.243	0.0423



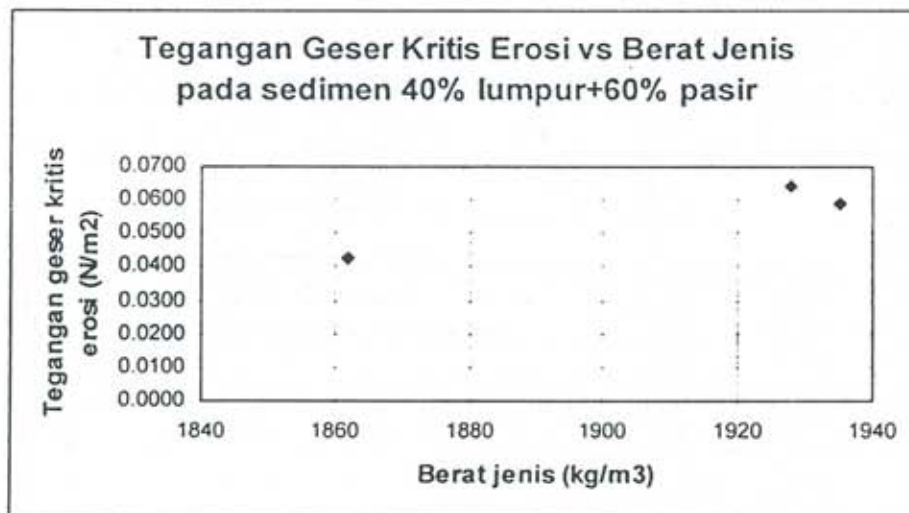
Gambar 5 Tegangan geser kritis pada sedimen campuran 50% lumpur + 50% pasir

**(4). Tegangan geser kritis erosi pada sedimen campuran 40% lumpur + 60 % pasir**

Pada Tabel 4 terlihat tegangan geser kritis erosi meningkat terus dari 0,0423 N/m<sup>2</sup> dengan berat jenis 1861,685 kg/m<sup>3</sup>, menjadi 0,059 N/m<sup>2</sup> dengan berat jenis yang meningkat pula menjadi 1935,295 kg/m<sup>3</sup> dan permukaan ketiga meningkat lagi menjadi 0,0639 N/m<sup>2</sup> dengan berat jenis 1927,925 kg/m<sup>3</sup>. Pada komposisi campuran sedimen ini, tegangan geser kritis yang meningkat terus tidak diikuti dengan berat jenis, terlihat berat jenis menurun pada lapisan bawah (Gambar 6)

Tabel 4 Tegangan geser kritis erosi sedimen 40% lumpur

Berat jenis (kg/m <sup>3</sup> )	Tegangan geser kritis erosi (N/m <sup>2</sup> )
1861.685	0.0423
1935.295	0.0590
1927.925	0.0639



Gambar 6 Tegangan geser kritis pada sedimen campuran 40%lumpur + 60% pasir

**(5) Tegangan geser kritis erosi pada sedimen campuran 20% lumpur + 80 % pasir**

Hasil yang diperoleh dengan konsolidasi 1 minggu adalah sebagai berikut:

Tegangan geser kritis erosi mengalami peningkatan dari permukaan pertama 0,0511 N/m<sup>2</sup> dengan berat jenis 1842,614 kg/m<sup>3</sup> menjadi 0,059 N/m<sup>2</sup> pada permukaan kedua dengan berat jenis 1883,440 kg/m<sup>3</sup> dan 0,0656 N/m<sup>2</sup> pada permukaan ketiga dengan berat jenis yang menurun menjadi 1852,300 kg/m<sup>3</sup>. Pada komposisi campuran sedimen ini (konsolidasi 1 minggu), tegangan geser kritis yang meningkat terus tidak diikuti dengan berat jenis, terlihat berat jenis menurun pada lapisan bawah (Gambar 7)

Hasil yang diperoleh dengan konsolidasi 3 minggu adalah sebagai berikut:

Tegangan geser kritis erosi dengan berat jenisnya bersama-sama mengalami peningkatan baik dari permukaan pertama, kedua maupun ketiga (Gambar 8) dengan rincian :

permukaan pertama, 0,1953 N/m<sup>2</sup> dengan berat jenis 1952,057 kg/m<sup>3</sup>;

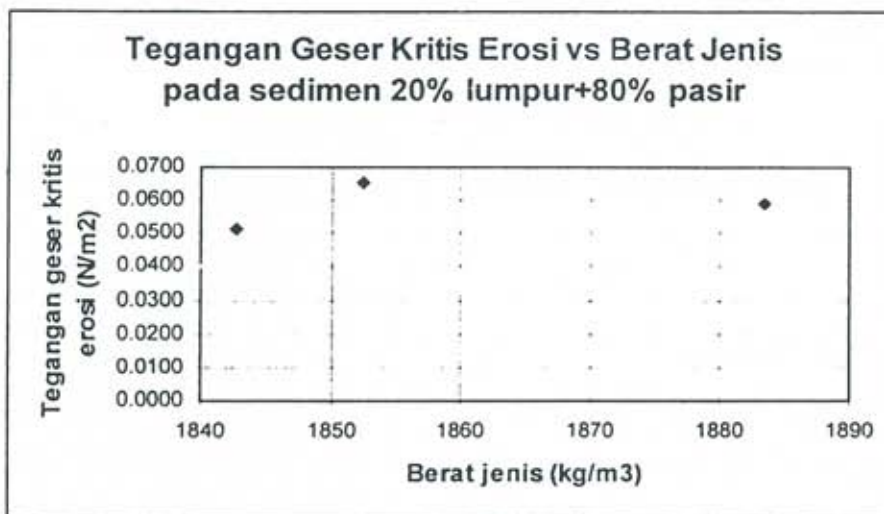
permukaan kedua, 0,2629 N/m<sup>2</sup> dengan berat jenis 2036,227 kg/m<sup>3</sup>;

permukaan ketiga, 0,2810 N/m<sup>2</sup> dengan berat jenis 2232,414 kg/m<sup>3</sup>.

Bila dibandingkan nilai tegangan geser kritis yang diperoleh dari hasil konsolidasi 1 minggu dengan hasil konsolidasi 3 minggu, terlihat perbedaan yang cukup besar. Nilai tegangan geser kritis yang diperoleh dari hasil konsolidasi 3 minggu mempunyai nilai yang lebih besar yaitu sekitar 3- 4 kali nilai tegangan geser kritis erosi dari hasil konsolidasi 1 minggu

Tabel 5 Tegangan geser kritis erosi sedimen 20% lumpur (konsolidasi 1 minggu)

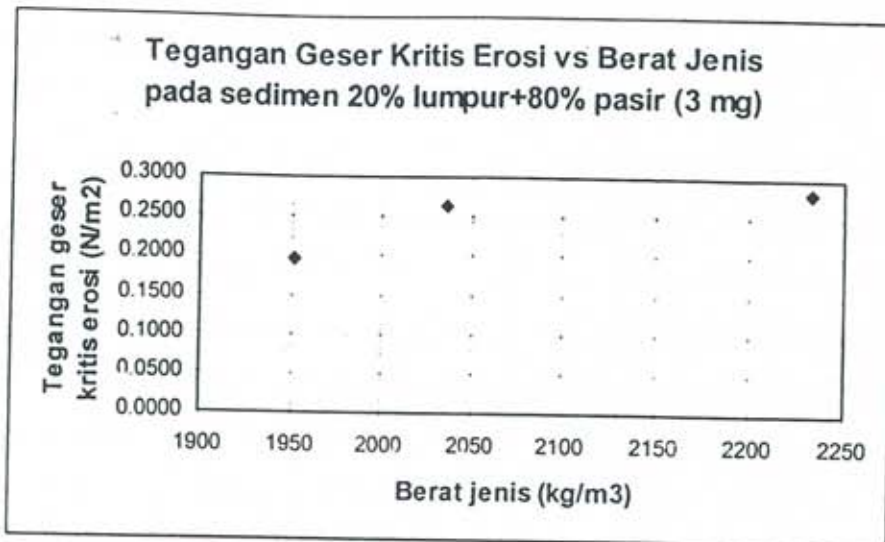
Berat jenis (kg/m <sup>3</sup> )	Tegangan geser kritis erosi (N/m <sup>2</sup> )
1842.614	0.0511
1883.440	0.0590
1852.300	0.0656



Gambar 7 Tegangan geser kritis erosi sedimen campuran 20% lumpur + 80% pasir (konsolidasi 1 minggu)

Tabel 6 Tegangan geser kritis erosi sedimen 20% lumpur (konsolidasi 3 mg)

Berat jenis (kg/m <sup>3</sup> )	Tegangan geser kritis erosi (N/m <sup>2</sup> )
1952.057	0.1953
2036.227	0.2629
2232.414	0.2810



Gambar 8 Tegangan geser kritis erosi sedimen campuran 20%lumpur + 80% pasir (konsolidasi 3 minggu)

(6). Tegangan geser kritis erosi pada sedimen campuran 10% lumpur + 90 % pasir

Hasil yang diperoleh dari konsolidasi 1 minggu (Gambar 9) adalah sebagai berikut:

Tegangan geser kritis erosi adalah 0,0690 N/m<sup>2</sup> pada permukaan pertama dengan berat jenis 1857,980 kg/m<sup>3</sup>, mengalami kenaikan pada permukaan kedua menjadi 0,0892 N/m<sup>2</sup> dengan berat jenis 1827,639 kg/m<sup>3</sup>.

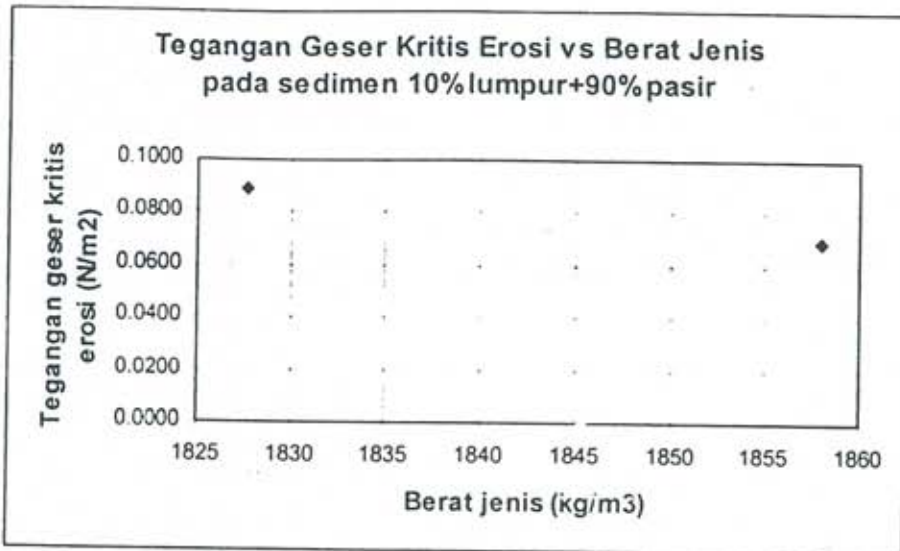
Hasil yang diperoleh dari konsolidasi 2 minggu (Gambar 10) adalah sebagai berikut:

Pada permukaan pertama diperoleh tegangan geser kritis erosi sebesar 0,1350 N/m<sup>2</sup> dengan berat jenisnya 1790,390 kg/m<sup>3</sup>, meningkat pada permukaan kedua menjadi 0,1639 N/m<sup>2</sup> dengan berat jenis 2063,378 kg/m<sup>3</sup>, menurun pada permukaan ketiga menjadi 0,1505 N/m<sup>2</sup> dengan berat jenis 1996,820 kg/m<sup>3</sup>.

Seperti pada sedimen campuran 20% lumpur + 80 % pasir, pada campuran ini nilai tegangan geser kritis yang diperoleh dari hasil konsolidasi 2 minggu mempunyai nilai yang lebih besar yaitu sekitar 1,5 - 3 kali nilai tegangan geser kritis erosi dari hasil konsolidasi 1 minggu

Tabel 7 Tegangan geser kritis erosi sedimen 10% lumpur (konsolidasi 1 minggu)

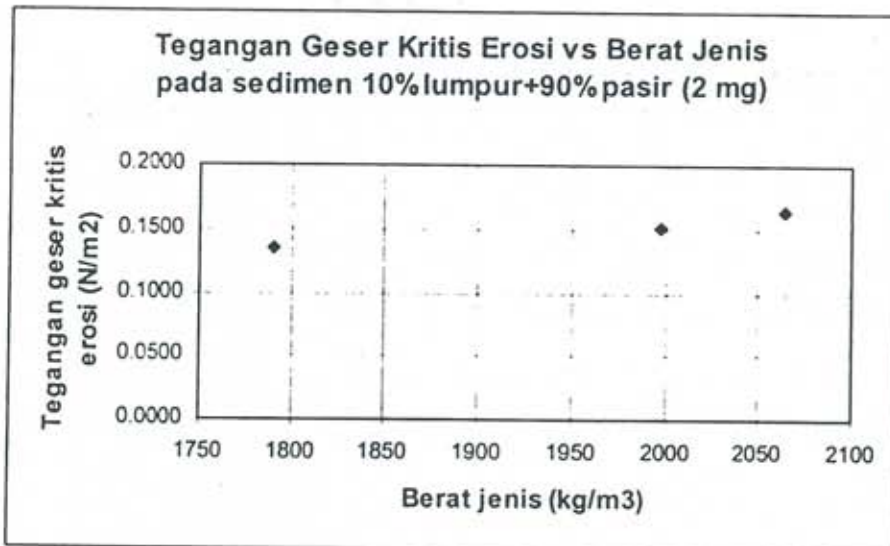
Berat jenis (kg/m <sup>3</sup> )	Tegangan geser kritis erosi (N/m <sup>2</sup> )
1857.980	0.0690
1827.637	0.0892



Gambar 9 Tegangan geser kritis erosi sedimen campuran 10% lumpur + 90% pasir (konsolidasi 1 minggu)

Tabel 8 Tegangan geser kritis erosi sedimen 10% lumpur (konsolidasi 2 mg)

Berat jenis (kg/m <sup>3</sup> )	Tegangan geser kritis erosi (N/m <sup>2</sup> )
1790.390	0.1350
2063.378	0.1639
1996.820	0.1505



Gambar 10 Tegangan geser kritis erosi sedimen campuran 10% lumpur + 90% pasir (konsolidasi 2 minggu)

## Kesimpulan dan Saran

### Kesimpulan

Berdasarkan percobaan yang dilakukan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Tegangan geser kritis erosi ( $\tau_{cc}$ ) meningkat dengan bertambahnya campuran pasir yang berarti tegangan geser kritis erosi mengalami peningkatan dengan makin tingginya berat jenis.
2. Tegangan geser kritis erosi meningkat seiring dengan bertambahnya waktu konsolidasi.

### Saran

Masih banyak penelitian yang harus dilakukan untuk mempertegas hubungan antara sedimen campuran dengan tegangan geser kritis erosi baik untuk lokasi yang sama maupun lokasi lain di Indonesia.

### Pemberitahuan

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Lembaga Penelitian Universitas Tarumanagara–Jakarta dan Laboratorium Mekanika Fluida dan Hidrodinamika ITB-Bandung yang telah memberi dana dan menyediakan tempat serta alat hingga terlaksananya penelitian ini.

### Daftar Pustaka

1. Berlamont, Jean, Mary Ockenden, Erik Toorman and Johan Winterverp. 1993. *The Characterisation of Cohesive Sediment Properties*. Coastal Engineering, 21
2. Cueva, Ismael Piedra, Mathieu Mory & Andre Temperville. 1997. *A Race-track Flume for Cohesive Sediment Research*. Journal of Hydraulic Research. Vol. 35. No. 3
3. Mitchener and Torfs. 1995. *Erosion of Sand and Mud Sediment*. Coastal Engineering, 27
4. Parchure and Mehta, J.A. 1985. *Erosion of Soft Cohesive Sediment Deposits*. Journal of Hydraulic Engineering. Vol. 111. No. 10
5. Rijn, Leo C. van. 1993. *Principles of Sediment Transport in Rivers, Estuaries and Coastal Seas*. Delft Hydraulics. University of Utrecht Department of Physical Geography.