

PROSIDING

ISBN 978-979-1053-06-8

Seminar Nasional Sains, Rekayasa & Teknologi

# SNSRT 2017

Fakultas Sains dan Teknologi (FaST)  
Universitas Pelita Harapan



Rabu dan Kamis, 17 - 18 Mei 2017  
Gedung D-502, Kampus UPH Karawaci  
Tangerang



**UPH**  
UNIVERSITAS PELITA HARAPAN

**FaST**  
Faculty of Science and Technology

h

PROSIDING

ISBN 978-979-1053-06-8

# Seminar Nasional Sains, Rekayasa & Teknologi 2017

Fakultas Sains dan Teknologi (FaST)  
Universitas Pelita Harapan

Rabu dan Kamis, 17 - 18 Mei 2017  
Kampus UPH Karawaci  
Tangerang

THE

UNIVERSITY



**UPH**  
UNIVERSITAS PELITA HARAPAN



**FaST**  
Faculty of Science and Technology



PROSIDING

ISBN 978-979-1053-06-8

# Seminar Nasional Sains, Rekayasa & Teknologi 2017

Optimasi Model Keberlanjutan Penyelenggaraan  
Proyek & Lingkungan Berbasis Kinerja dan  
Masyarakat

Rabu dan Kamis, 17 - 18 Mei 2017  
Kampus UPH Karawaci  
Tangerang

## Komite Ilmiah

Dr. Ir. Hardoko  
Dr. Tagor M. Siregar, M.Si.  
Dr.-Ing. Jack Widjajakusuma  
Andreas Djukardi, M.Const.Mgt.  
Kie Van Ivanky Saputra, Ph.D.  
Dr.-Ing. Ihan Martoyo ST, M.Sc., MTS.  
Dr. Marincan D. Pardede  
Laurence, M.T.  
Dr. Reinhard Pinontoan  
Dr. rer. nat. Tan Tjie Jan, Dipl. Biologie

## Editor

Dr. Ir. Wiryanto Dewobroto, MT.  
Dr. Ir. Adolf J.N. Parhusip, M.Si.  
Dr. Nuri Arum Anugrahati, S.Si., MP.  
Junita, ST,M.Eng.  
Ferry V. Ferdinand, S.Si, S.Inf., MM., M.Pd.  
Marcellia Sugata, M.Sc.  
Eveline, S.TP, M.P., M.Si.  
Petrus Ricky, ST.  
Gloria F.J. Kartikasari, ST.

## Penerbit

Jurusan Teknik Sipil UPH

**Panitia Seminar Nasional Sains, Rekayasa & Teknologi**  
**Fakultas Sains dan Teknologi (FaST) - UPH**  
**Rabu dan Kamis 17 - 18 MEI 2017**

- Penasehat** : Dekan (Prof. Dr. Manlian Ronald A. Simanjuntak, ST., MT., D.Min)  
: Wakil Dekan (Dr. Helena Margaretha, M.Sc.)  
: Direktur (Andry M. Panjaitan, ST., MT.)
- Komite Pengarah** : Prof. Dr. Manlian Ronald A. Simanjuntak, ST., MT., D. Min.  
Prof. Dr.-Ing. Harianto Hardjasaputra  
Dr. Reinhard Pinontoan (Kajur Biologi)  
Dr. Henri P. Uranus (Kajur Elektro)  
Dr.-Ing. Jack Widjajakusuma (Kajur Teknik Sipil)  
Kie Van Ivanky Saputra, Ph.D. (Kajur Matematik)  
Laurence, M.T. (Kajur Teknik Industri)  
W. Donald R. Pokatong, Ph.D. (Kajur Tek. Pangan)
- Ketua Pelaksana** : Dr. Ir. Wiryanto Dewobroto, MT.
- Wakil Ketua** : W. Donald R. Pokatong, Ph.D.
- Komite/Jurnal Ilmiah** : Dr. Ir. Hardoko (Koordinator)  
Dr. Tagor M. Siregar, M.Si.  
Dr.-Ing. Jack Widjajakusuma  
Andreas Djukardi, M.Const.Mgt.  
Kie Van Ivanky Saputra, Ph.D.  
Dr.-Ing. Ihan Martoyo ST, M.Sc., MTS.  
Dr. Marincan D. Pardede  
Laurence, M.T.  
Dr. Reinhard Pinontoan  
Dr. rer. nat. Tan Tjie Jan, Dipl. Biologie
- Sekretariat & Registrasi**: Sabrina K. Whardhani, S.Si. (Koordinator)  
Andre Steawan, ST.  
Merry S. Situmorang, S.Si.  
Sharon Angela, STP.  
Gloria F.J. Kartikasari, ST.
- Bendahara** : Margareth Ade Isabella (Koordinator)  
Priskila Christine Rahayu, ST., MT.  
Gabriella Eugenie, STP.  
Anastasia Zakaria
- Publikasi Dokumentasi** : Mario Gracio Rhizma, MT. (Koordinator)  
Rudy V. Silalahi, MT.  
Jap Lucy, MSc. Med.  
Ratna Handayani, MP.  
Wenny Silvia Loren Sinaga, M.Si.



## Seminar Nasional ke-2

# Sains, Rekayasa & Teknologi UPH - 2017

Rabu dan Kamis (17 - 18 Mei 2017), Gedung D502, Kampus UPH Karawaci  
Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Pelita Harapan, Lippo Karawaci, Tangerang



### Keynote Speakers

Acara pertama, diundang tiga pembicara terpilih untuk didengar gagasan dan opininya terkait kegiatan riset maupun kebijakan publik atau profesional di bidang Sains, Rekayasa dan Teknologi dan prospektif akademisi pelaku riset maupun asosiasi profesi, sebagai berikut :

- **Prof. Dr.-Ing. habil. Andreas Wibowo**, RIHS - Agency for Research and Development Ministry of Public Works and Housing, Bandung
- **Eden Steven, Ph.D.**, Emmerich Education Center, Jakarta
- **Prof. Dr. Ir. Rindit Pambayun, M.P.**, Ketua Umum Perhimpunan Ahli Teknologi Pangan Indonesia (PATPI), dan GRI Unsri Palembang

### Presentasi Call for Paper

Sesi acara selanjutnya pada **Seminar Nasional ke-2 Sains, Rekayasa & Teknologi UPH - 2017** atau **SNSRT 2017** adalah presentasi Call for Paper secara paralel sesuai program studi, yaitu Matematika Terapan; Bioteknologi, Teknologi Pangan; Teknik Industri, Teknik Elektro, Teknik Sipil dan Magister Teknik Sipil konsentrasi Manajemen Konstruksi. Tema yang diangkat: **"Optimasi Model Keberlanjutan Penyelenggaraan Proyek & Lingkungan Berbasis Kinerja dan Masyarakat"**

Presentasi makalah akan dibagi dalam kelompok peminatan sesuai program studi di atas, dengan kata kunci sebagai berikut

- Aplikasi Matematika dalam Sains dan Teknologi
- Teknologi Komunikasi, Elektronika, Robotika dan Teknik Biomedika
- Pengembangan Produk, Mutu, Optimalisasi dan Ergonomi, Sustainability, Operation Management, Perbaikan Kualitas
- Infrastruktur, Manajemen dan Rekayasa Bahan & Konstruksi
- Life Sciences dan Bioteknologi
- Pemanfaatan dan Pengembangan Sumber Pangan (Rekayasa Proses, Mikrobiologi Pangan, Pangan Fungsional)

Walaupun hanya 1-2 bulan sejak diumumkan pada awal Januari 2017, tanggapan masyarakat sangat baik terhadap acara seminar ini. Telah diterima sekitar 140 abstrak, dari 20 institusi yang berbeda. Sejumlah 1-20% nya dipilih dan diberi opsi untuk diterbitkan pada edisi perdana **Jurnal Sains & Teknologi (UPH)**. Sisa lain dicetak pada prosiding ber-ISBN yang siap diodarkan di hari seminar. Semua makalah yang akan terbit di jurnal maupun prosiding diberi kesempatan presentasi pada acara seminar, hari Rabu atau Kamis, tanggal 17 atau 18 Mei 2017.

Acara seminar ini diharapkan banyak terjalin relasi antara akademisi, peneliti, praktisi maupun pejabat birokrat, yang akan menunjang kemajuan bangsa Indonesia di bidang sains, rekayasa & teknologi.

### Jadwal Acara Seminar

Kampus UPH Lippo Karawaci, Tangerang:

- Rabu, 17 Mei 2017, tempat di Gedung D Lantai 5, waktu pk 07.30 (registrasi) dan pk 08.30 (mulai acara) - pk 16.00 (selesai)
- Kamis, 18 Mei 2017 tempat di Gedung B dan D (sesuai jadwal), mulai pk 08.00 berupa sesi paralel dan acara penutup

### Biaya Seminar

Peserta dikenakan biaya sebesar

- Pemakalah Rp. 700.000,- (seminar kit + prosiding)
- Peserta Umum Rp. 400.000,- (seminar kit saja)
- Mahasiswa (S1, S2, S3) Rp. 250.000,- (seminar kit saja)
- Prosiding saja Rp. 300.000,- (buku cetak)

Transfer Biaya via Bank BCA a/n Anastasia Zakaria,  
No. Account: 7611008604.

Catatan: di buktikan transfer tulis **nama peserta** dan kode **SNSRT-2017**

### Sekretariat

- Kontak: **Sabrina K. Whardhani** dan **Andre Steawan**
- Telp: **021-5460901 ext. 1502**
- Email: **fast.seminar2017@uph.edu**
- Web: **http://fast.uph.edu/seminas/2017.html**
- Alamat: Fakultas Sains dan Teknologi (FaST) UPH, Gd.B, Lt. 5, Lippo Karawaci, Tangerang, Banten.



No.	Judul	Kode
17	Bilawa Loret Wurung dan Slamet Setio Wigati, "Penentuan Pembelian Rokok di Toko Unggul Jaya", Universitas Atma Jaya Yogyakarta	C.20
18	Apang Djafar Shieddieque dan Osep Hijuzaman, "Implementasi Six Sigma Untuk Peningkatan Kualitas Produk Komponen Elektronik Kapasitor", Sekolah Tinggi Teknologi Wastukencana	C.21
19	Markus Alfian Novianto dan Slamet Setio Wigati, "Optimalisasi Jumlah Produksi Dies di CV XX Dengan Analisa Value Stream Mapping", Universitas Atma Jaya Yogyakarta	C.23
20	Sandy Wasesa dan Slamet Setio Wigati, "Analisa Persediaan Buku di Social Agency Ambarukmo Yogyakarta", Universitas Atma Jaya Yogyakarta	C.24
21	Dandy Permana Arkaf dan Bramatiyo Eko Putro, "Analisis Perancangan Sistem Informasi Manajemen Pergudangan Dengan Menggunakan Metode SDLC (System Development Life Cycle) Study Kasus CV Budi Karya", Universitas Suryakencana	C.27
22	Bagus Ahmad Wisanggeni dan Bramatiyo Eko Putro, "Analisis Preferensi Konsumen Untuk Pengembangan Produk Roti Menggunakan Metode Analisis Konjoin di Home Industry Tiga Saudara Bakery", Universitas Suryakencana	C.28
23	Herman Kanalebe, "Telepon Cerdas, Keberhasilan dan Tantangannya", Universitas Pelita Harapan	C.30
24	Arif Bijaksana dan T.R. Hanandoko, "Rancang Bangun Mesin Press Emboss Aluminium di UKM Denaya Handycrafts", Universitas Atma Jaya Yogyakarta	C.31
25	Emmanuel Ricky Rigel, "Desain Kuesioner Riset Pasar Terhadap Sayuran Organik Farm Up Indonesia di Kota Serang Provinsi Banten", Universitas Atma Jaya Yogyakarta	C.32
26	Daniel Wibisana, "Strategi Pemasaran Untuk Meningkatkan Penjualan Pada Perusahaan Bakpia Pathok Hidayat", Universitas Atma Jaya Yogyakarta	C.33
27	Yansen Gionardo, Eric Jobiliong, dan Laurence, "Design and Manufacture of Footwear Protector Product Made of Latex", Universitas Pelita Harapan	C.34
28	Andry Panjaitan, Rudy Silalahi, dan Dewi Mulyani, "Menurunkan Frekuensi Kerusakan Mesin Menggunakan Kombinasi Metode PDCA dan RCM di PT Sinar Batu Sakti Lestari", Universitas Pelita Harapan	C.35

Call of Paper – Infrastruktur, Manajemen dan Rekayasa Bahan & Konstruksi

No.	Judul	Kode
1	Manlian Ronald A.S. dan Fitri Maulidya, "Kajian Identifikasi & Penyebab Risiko Pembangunan Jalan Layang Non Tol Ciledug - Tendean", Universitas Pelita Harapan	D.01
2	Manlian Ronald A.S. dan M. Ali Sudibyo N, "Identifikasi Faktor dan Variabel Sumber Daya Proyek Yang Mampu Meningkatkan Kinerja Proses Konstruksi Bangunan Gedung Tinggi di Jakarta Barat dan Jakarta Pusat", Universitas Pelita Harapan	D.02



No.	Judul	Kode
3	Manlian Ronald A.S.dan Muhamad Rizki Aditya, "Identifikasi Indikator Pembiayaan Pekerjaan Upper Structural System Pada Proyek Jembatan Cimanduk", Universitas Pelita Harapan	D.05
4	Manlian Ronald A.S. dan Lukman Afif, "Identifikasi Faktor-Faktor Peran Manajemen Konstruksi Pada Tahap Pelaksanaan Proyek (Studi Kasus: Bangunan Gedung di Jakarta Barat)", Universitas Pelita Harapan	D.04
5	Manlian Ronald. A.S. dan Agung Sakti, "Identifikasi Faktor-Faktor Pelaksanaan Metode Konstruksi Precast Dalam Meningkatkan Kinerja Waktu Pada Proyek Pembangunan Gedung Bertingkat di Kota Tangerang Selatan", Universitas Pelita Harapan	D.06
6	Wihanto, "Studi Perbandingan Antara Teori dan Praktek Pada Instalasi Pemadam Kebakaran di Bandara Sams Sepinggan Balikpapan Kalimantan Timur", Universitas Tama Jagakarsa	D.10
7	Witra Widharta dan Wiryanto Dewobroto, "Kuat Lentur Balok Kayu Penampang Tersusun Dengan Alat Sambung Mekanis", Universitas Pelita Harapan	D.11
8	Okkie Putriani dan Ibnu Fauzi, "Studi Komparasi Kereta Api Jurusan Surabaya - Jakarta Dengan Transportasi Cepat Hyperloop", Universitas Atma Jaya Yogyakarta	D.16
9	Ibnu Fauzi dan Okkie Putriani, "Kajian Urgensi Transportasi Umum Hyperloop Rute Surabaya - Jakarta Berdasar Manajemen Permintaan Transportasi dan Perencanaan Transportasi Berkelanjutan", Universitas Atma Jaya Yogyakarta	D.17
10	Restu Wigati, A. Maddeppungeng, dan R. Indera Kusuma, "Penerapan Potensi Sumber Mata Air Melalui Pemberdayaan Masyarakat", Universitas Sultan Ageng, Tirtayasa	D.19
11	Ardeline L. Pratama, R. Siang, dan Rachmansyah, "Pengaruh Limbah Tempurung Kelapa Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Kasar Terhadap Kuat Tekan Beton dan Absorpsi Terhadap Kualitas Infrastruktur", Universitas Kristen Krida Wacana	D.20
12	Jeffy Rory Paath dan B. Widjaja, "Analisis Parameter Hidrogeologi Dengan Beberapa Metode Konvensional di Akuifer Terkekang", Universitas Katolik Parahyangan	D.23
13	Ernesto S., "Stabilisasi Limbah Terkontaminasi Logam Berat Pada Pekerjaan Pengukuran Pelabuhan Dengan Menggunakan Silica Fume", Universitas Negeri Medan	D.24
14	Manlian Ronald. A.S.dan Dicky Rahadianto, "Studi Awal Optimasi Model Penjadwalan Proyek Jembatan Layang Pada Tahap Konstruksi di Kota Bandar Lampung", Universitas Pelita Harapan, Universitas Tarumanagara	D.27
15	Angga Marditama Sultan Sufanir, "Perhitungan Pavement Condition Index (PCI) Pada Perkerasan Lentur di Jalur Pantura", Politeknik Negeri Bandung	D.28
16	Manlian Ronald. A.S. dan Ade Novannius, "Identifikasi Risiko Pembangunan Proyek Konstruksi Bangunan Gedung Tinggi Hunian di DKI Jakarta", Universitas Pelita Harapan	D.29
17	Manlian Ronald. A.S. dan Triono, "Identifikasi Kepuasan Pelanggan PT. SCG Readymix Indonesia Pada Proyek Bangunan Gedung di Area Jakarta Timur", Universitas Pelita Harapan	D.30



## STABILISASI LIMBAH TERKONTAMINASI LOGAM BERAT PADA PEKERJAAN Pengerukan PELABUHAN DENGAN MENGGUNAKAN SILICA FUME

Ernesto Silitonga\*

Jurusan Teknik Sipil, Universitas Negeri Medan, Jl. Willem Iskandar Pasar V Medan Estate, Medan 20221  
Email: ernestosilitonga@unimed.ac.id

### ABSTRAK

Pembuangan sedimen hasil pekerjaan pengerukan pelabuhan ke tengah laut seperti yang masih dilakukan di Indonesia selama ini telah terbukti berbahaya bagi kesehatan manusia dan berdampak buruk terhadap lingkungan disekitar lokasi pembuangan. Sedimen hasil pekerjaan pengerukan tersebut harus terlebih dahulu diteliti dan apabila diperlukan, distabilisasi sehingga nantinya dalam penggunaannya dianggap aman bagi manusia dan lingkungan. Pada penelitian ini bidang aplikasi penggunaan sedimen terkontaminasi logam berat ini adalah pembangunan jalan raya. Peneliti menggunakan Silica Fume sebagai campuran untuk menstabilisasi sedimen terkontaminasi logam berat tersebut. Penggunaan Silica Fume diharapkan dapat meningkatkan performa mekanik dan menurunkan kadar logam berat pada sedimen, sehingga dalam penggunaannya, sedimen tersebut memenuhi persyaratan pembangunan jalan raya dan aman bagi manusia dan lingkungan. Tahap awal yang dilakukan adalah dengan mengidentifikasi karakteristik fisik dan kimia dari sedimen hasil pekerjaan pengerukan yang kemudian dilanjutkan dengan mengidentifikasi kadar polusi yang terkandung dari bahan penelitian. Tahap berikutnya yang divalidasikan adalah menganalisa reaksi yang dimunculkan dari bahan penelitian apabila sedimen dicampur dengan Silica Fume, semen dan kapur. Hasil percobaan Lixivation, memperlihatkan beragam tingkat polusi dari sedimen, tingkat polusi tergantung pada lokasi dimana sedimen tersebut dikoruk, sedimen ini dapat dikategorikan sebagai limbah berbahaya dengan kadar Copper (Cu) dan Cadmium (Cd) yang cukup tinggi. Hasil penelitian menunjukkan berbagai ragam peningkatan performa dari sedimen, dan penggunaan Silica Fume pada kadar tertentu terbukti efektif dalam meningkatkan performa mekanik dan dapat menurunkan kadar polusi logam berat pada sedimen hasil pekerjaan pengerukan.

Kata kunci: stabilisasi limbah pelabuhan, sedimen hasil pengerukan, Silica Fume.

### 1. PENDAHULUAN

Peningkatan volume dari limbah pelabuhan yang semakin mengkhawatirkan membuat peneliti untuk mencari jalan alternatif untuk dapat menggunakan kembali. Akan tetapi dengan tingginya kadar kontaminasi logam berat pada sedimen limbah pelabuhan ini membatasi penggunaannya. Penelitian ini bertujuan untuk menstabilisasi sedimen limbah pelabuhan sehingga aman terhadap lingkungan dan manusia untuk digunakan sebagai material baru dalam pekerjaan pembuatan jalan. Pendangkalan akibat sedimentasi merupakan salah satu masalah yang ditemukan dalam manajemen pelabuhan. Pendangkalan ini dapat mengganggu alur pelayaran. Pekerjaan pengerukan merupakan salah satu pekerjaan yang sangat penting untuk kelangsungan operasi pelabuhan dan kegiatan ini dilakukan secara kontinu untuk mencegah pendangkalan sehingga masalah ini tidak akan mengganggu berjalannya kegiatan di pelabuhan. Problem pendangkalan pada pelabuhan ini merupakan masalah rutin dalam pelaksanaan aktivitas pelabuhan. Masalah sedimentasi atau pendangkalan ini menimbulkan masalah lingkungan lainnya, dimana limbah industri dan domestik ikut terbawa oleh sedimen yang berasal dari sungai-sungai yang bermuara di pelabuhan. Sungai-sungai ini dimanfaatkan untuk berbagai keperluan untuk kesejahteraan manusia sekitarnya. Namun, seiring dengan waktu, pertumbuhan industri dan jumlah penduduk, sehingga meningkatkan beban limbah industri dan domestik disungai-sungai dan menyebabkan sungai ini tercemar. Limbah domestik sebagai penyumbang terbesar pencemaran kedua sungai ini adalah timbunan sampah. Akibatnya seluruh limbah tersebut akan ikut terbawa oleh transportasi sedimen yang bermuara di pelabuhan. Secara otomatis, pembuangan sedimen ke tengah laut pada akhir dari proses pengerukan, dapat dianggap sebagai penyebaran limbah secara tidak langsung. Tindakan pencegahan penyebaran limbah secara tidak langsung ini telah diterapkan semenjak tahun 1998 di berbagai Negara maju baik di Benua Eropah maupun Amerika (Colin 2003 dan Behmanesh 2008) dimana dalam penerapannya, semua material



(sedimen) hasil proses pengerukan langsung di test untuk mendapatkan kadar polusi dan berdasarkan tingkat polusi ini, dapat ditentukan apakah sedimen dapat dibuang kembali ke laut atau harus ditempatkan pada suatu daerah tertentu, dan dilakukan penstabilisasian, sehingga dapat diberdayakan sebagai material baru (Silitonga E. 2009) dan Zhibo 2008). Konfensi « Convention pour la protection du milieu marin de l'Atlantique du Nord-Est » pada tahun 1998 Konfensi ini dihadiri oleh Negara Jerman, Belgia, Denmark, Finlandia, Prancis, Inggris Irlandia Utara dan Swiss, dimana disepakati bahwa diperlukan tindakan pencegahan untuk pembuangan material hasil pekerjaan pengerukan di tengah laut. Setelah diadakannya Konfensi ini maka seluruh Negara anggota bersepakat bahwa negara-negara eropah memulai membuka lahan depot untuk tempat penimbunan sedimen-sedimen hasil pengerukan ini. Akan tetapi dikarenakan oleh volume dari sedimen hasil pengerukan ini semakin lama semakin meningkat, sehingga diperlukan tempat yang lebih luas untuk tempat penampungan (Detzner, H. D., A. Netzband, et al. 2004 dan Heise, S., E. Claus, et al. 2005). Setelah itu maka para ahli menyatakan bahwa solusi lahan depot untuk penampungan penimbunan sedimen hasil pengerukan ini tidak efisien dan disamping itu mengeluarkan dana yang sangat tinggi untuk tempat penyediaan lokasi penimbunan. Solusi berikutnya dalam menanggulangi sedimen hasil pengerukan ini adalah dengan menemukan pendayagunaan yang tepat, baik dari segi ekonomi dan lingkungan. Akan tetapi pendayagunaan ulang sedimen hasil pengerukan ini tergantung oleh karakteristik dan kadar polusi material tersebut sesuai dengan hasil syarat yang dibutuhkan. Dalam upaya menemukan pendayagunaan sedimen hasil pekerjaan pengerukan ini para peneliti masih terus berupaya melakukan penelitian-penelitian terkait seperti contoh : Silitonga, berusaha melakukan solusi dengan meneliti sedimen hasil pengerukan pelabuhan Cherbourg-Basse Normandie, Prancis (Silitonga E. et al., 2008). Penelitian ini disponsori oleh Pelabuhan Cherbourg-Basse Normandie, Prancis. Penelitian ini direalisasikan dengan menggunakan limbah industri lainnya, yaitu Abu terbang, yang berasal dari Pertambangan Banbara di Lorraine Prancis. Perusahaan pertambangan banbara Lorraine berusaha memberdayakan limbah mereka (abu terbang), dikarenakan volume penimbunan limbah ini setiap tahunnya semakin meningkat. Selain mengidentifikasi karakteristik origin dari sedimen hasil pengerukan, penelitian ini juga mengidentifikasi pengaruh dua tipe kapur yang berbeda yang digunakan dalam percobaan ini.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian yang diadaskan digunakan terdiri langkah-langkah dibawah ini :

### 1. Identifikasi masalah

Dalam tahap ini, masalah-masalah yang timbul dan terkait mengenai penggunaan ulang sedimen hasil pengerukan akan dibuat hipotesis yang akan ditindak lanjuti oleh penelitian dan ujicoba untuk mengklarifikasi hipotesis tersebut.

### 2. Pengumpulan data dan sumber pendukung.

Penelitian penelitian ilmiah yang telah dilakukan di dalam ataupun diluar negeri yang bersangkutan dengan pendayagunaan sedimen hasil pengerukan akan dikumpulkan dan lalu didaftarkan sebagai referensi untuk penelitian ini.

### 3. Pengambilan Sampel

Tahap ketiga dari percobaan ini adalah pengambilan sample (sedimen hasil pekerjaan pengerukan) penempatan titik tempat pengambilan sample sangatlah penting untuk mendapatkan hasil yang diharapkan. Untuk menentukan titik pengambilan sample, sebelumnya harus mendapat gambaran letak strategis penimbunan sedimen yang berasal dari sungai Belawan dan sungai Deli. Hal ini berguna untuk mendapatkan sample yang mewakili sedimen terpolusi dari dua daerah yang berbeda.

### 4. Identifikasi tipe penyimpanan dan pengeringan

Setelah tahap pengambilan sample, tahap berikutnya adalah menemukan sistem yang memadai dan efisien dalam upaya untuk mengurangi kadar air dari sediment. Seperti yang kita ketahui bersama, kadar air origin dari sedimen hasil pengerukan sangatlah tinggi, sehingga tidak memungkinkan untuk digunakan dalam campuran. Berbagai jenis sistem 'Dewatering' telah dilaksanakan di berbagai Negara (Mehta, ...). Pemilihan system 'Dewatering' ditentukan oleh beberapa faktor, yaitu: kuantitas material/ sediment yang dikeruk setiap tahunnya, dana yang tersedia dan jenis pendayagunaan ulang dari material/ sediment.

### 5. Identifikasi karakteristik material dan binder yang akan digunakan.

a) Tahap pertama terdiri dari percobaan ini adalah, mengidentifikasi karakteristik/ propoerti mekanik, mineralogi dan kimia, dari material yang digunakan, dalam hal ini Sedimen hasil pengerukan dari Pelabuhan Belawan. Identifikasi properti fisik / mekanik dari material ini dilakukan dengan melakukan percobaan- percobaan yang umumnya dilakukan dalam pekerjaan teknik sipil, contohnya: identifikasi distribusi granulometri, identifikasi kadar material organik, identifikasi batas plastisitas dan likuiditas dengan metode Atterberg, percobaan bleu de methylene untuk mengetahui perilaku tanah liat yang terkandung dalam material, percobaan Proctor, California Bearing Ratio (CBR) dan lain-lain. Leaching test diperlukan untuk menentukan properti kimia dan kadar polusi dalam material.

b) Tahap ketiga dari percobaan ini dimulai dengan melakukan identifikasi dari binder (bahan pengikat) yang akan digunakan dalam penelitian ini (semen, kapur ataupun binder pozzolonis). Hal ini diperlukan untuk



mengetahui kelas atau kinerja dari binder yang digunakan, dan agar nantinya dapat dibandingkan dengan hasil percobaan setelah binder tersebut dicampur dengan sedimen hasil pekerjaan pengerukan.

#### 6. Penentuan formulasi dari campuran

Setelah mengidentifikasi kinerja binder kemudian tahap berikutnya direalisasikan dengan mencampur sedimen dengan binder (bahan pengikat) campuran (binder) yang umum digunakan dalam pekerjaan bangunan, seperti semen dan kapur. Binder ini diharapkan dapat mengurangi kadar polusi dari material/ sedimen yang digunakan. Tahap ketiga ini direalisasikan dengan tujuan untuk mengetahui perilaku material/ sedimen terhadap kehadiran binder dalam campuran. Percobaan-percobaan mekanik untuk mengukur ketahanan sebuah material yang akan digunakan dalam pekerjaan bangunan akan direalisasikan seperti percobaan daya tekan, daya geser, percobaan permeability, dan tentunya akan dilanjutkan dengan percobaan kimia (leaching test) untuk mengidentifikasi kadar polusi yang ada disetiap campuran yang akan direalisasikan. Setelah percobaan diatas dilakukan, tentunya seluruh hasil percobaan dikumpulkan dan di dianalisa, dan dengan pertimbangan dari segi ekonomis maka campuran dengan kadar polusi terkecil akan dipilih menjadi campuran yang memiliki komposisi yang terbaik.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Pengambilan Sampel

Pemilihan lokasi ini berdasarkan kondisi lokasi yang diharapkan dapat mewakili kondisi yang diperlukan dalam mendapatkan sampel sesuai dengan perkiraan. Lokasi tempat pengambilan sampel adalah : lokasi Alur Kolam Citra Pelabuhan (L1) dan lokasi depot perbaikan kapal (L2) . Kedua tempat pengambilan ini berada di area Pelabuhan Belawan, Sumatera Utara. Namun sangat disayangkan untuk mendapatkan izin dalam mengambil sampel ini tidak mudah, untuk itu peneliti berusaha untuk mendapatkan sampel dari lokasi-lokasi lain disekitar PEIABUTIAN BELAWAN yang diperkirakan dapat mewakili kondisi seperti yang dimiliki lokasi Alur Pelayaran dan Lokasi Alur Kolam Citra.

#### 3.2. Karakteristik Origin

##### a) Distribusi ukuran partikel

Hasil pengukuran distribusi granulometri dari sediment ini menggunakan alat pengukuran granulometri laser, hal ini dikarenakan ukuran dari sedimen ini sangat kecil ( $<200\mu\text{m}$ ), sehingga pengukuran ukuran material dengan menggunakan metode manual tidak akan memberikan hasil yang diharapkan. Pengukuran granulometri laser (Tabel 1) diambil dari 2 lokasi yang berbeda (L1 dan L2) dimana masing-masing diwakili oleh 4 sampel yang diperoleh dari 4 titik yang berbeda. Berdasarkan hasil pengukuran yang diperoleh maka dapat disimpulkan bahwa sedimen hasil bahan pengerukan dari pelabuhan Belawan ini terdiri dari 90% dari butir sedimen ini berukuran antara 66-78  $\mu\text{m}$ . Hasil ini memperlihatkan bahwa ukuran dari sedimen ini dapat dikategorikan sangat kecil

Tabel 1. Distribusi granulometri sedimen hasil pekerjaan pengerukan.

	PEB A-1	PEB B-1	PEB C-1	PEB D-1
D10 ( $\mu\text{m}$ )	2	1.92	1.5	2.2
D50 ( $\mu\text{m}$ )	12	11.1	10.6	12.5
D90 ( $\mu\text{m}$ )	78.4	66.7	72	75.6
Fraction argilase ( $<2\ \mu\text{m}$ ) (%)	10.7	10.6	13.8	9
Fraction silteuse (2 à 63 $\mu\text{m}$ ) (%)	77.2	78.8	74.8	78.8
Fraction sabluse ( $> 63\ \mu\text{m}$ ) (%)	12.6	10.6	11.5	12.2

Selain itu, dengan memperhatikan tabel 1 maka dapat kita simpulkan bahwa ukuran dari sedimen yang diambil dari 2 lokasi berbeda tergolong dalam kelas yang sama (66-78  $\mu\text{m}$ ) terlihat tidak terdapat perbedaan yang mencolok antara sampel yang diperoleh, dengan demikian dapat kita simpulkan bahwa sedimen ini tergolong homogen.

##### b) Indeks Plastisitas Tanah

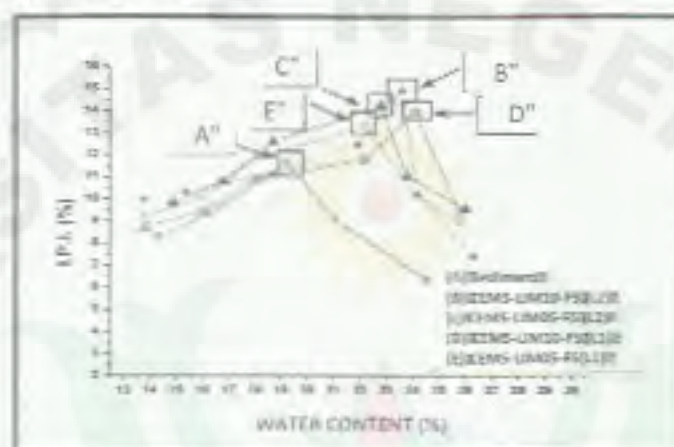
Pengukuran Indeks Plastisitas direalisasikan dengan percobaan limite d'Atterberg. Pengukuran dilakukan pada 8 sampel yang berbeda dari 2 Lokasi (L1 dan L2). Hasil percobaan Limite d'Atterberg memperlihatkan bahwa indeks Plastisitas dari sedimen hasil pekerjaan pengerukan adalah 24 % dengan batas liquid 47%. Dari tabel ini dapat disimpulkan bahwa sedimen belabuhan Belawan termasuk dalam golongan tanah liat dengan Plastisitas rendah. Berdasarkan hasil percobaan ini, maka peneliti akan lebih berhati-hati akan resiko yang diberikan oleh tanah liat dengan plastisitas rendah. Berdasarkan penelitian sebelumnya, maka tanah liat dengan nilai plastisitas rendah sebaiknya distabilisasi dengan persentase kapur yang tidak terlalu tinggi. Hal ini untuk mengantisipasi fenomena 'membengkaknya' tanah liat apabila dicampur dengan kapur dengan persentase yang tinggi dan apabila menggunakan kapur yang sangat reaktif.



### 3.3. Karakteristik Mekanik

#### 3.3.1. Percobaan IPI dan Proctor

Percobaan California Bearing Ratio (CBR) dilaksanakan untuk mengidentifikasi nilai Indeks Portance Immediate (IPI) dengan kondisi kadar air yang maksimal. Nilai IPI sangat menentukan dalam penggunaan material dalam pekerjaan pembangunan jalan.



Gambar 1. Hasil percobaan California CBR.

Pada gambar 1 hasil percobaan California Bearing Ratio (CBR) Hasil percobaan memperlihatkan bahwa nilai IPI yang tertinggi adalah sampel (B) dengan persentase binder 5% semen dan 10% kapur untuk lokasi pengambilan sampel L2. Namun untuk sampel dengan persentase yang sama dari lokasi yang berbeda (L1 dan L2). Sampel dari lokasi 1 (L1), apabila kita perhatikan antara sampel C (5% semen dan 5% kapur 3%Silica Fume) sampel dan D (5% semen dan 10% kapur 3% Silica Fume), hasil percobaan memperlihatkan bahwa dengan penambahan persentase kapur sebanyak 5% tidak memperlihatkan peningkatan nilai IPI yang signifikan sesuai dengan persentase penambahan kapur. Hal ini disebabkan oleh kadar polusi yang terdapat pada sedimen sehingga mengganggu proses reaksi kapur. Penelitian sebelumnya menemukan bahwa penambahan binder kapur sangat membantu dalam menaikkan nilai pH sampel menjadi sangat tinggi ( $pH=12$ ) dan hal ini memberikan dampak positif untuk kinerja binder lainnya. Pengaruh binder kapur akan terus memberikan ketahanan ekstra selama pH sampel diatas 12, tingginya nilai pH ini mengakibatkan disolusi dari ion Kalsium, sedimen mengeluarkan aluminium dan silika yang nantinya akan bereaksi terhadap ion Kalsium sehingga membentuk C-S-H dan C-A-H. Kedua elemen ini yang mempunyai andil besar dalam memberikan ketahanan dan menjadi solidanya sebuah sampel, akibat kekuatan ikatan mereka merekat unsur-unsur lainnya. Teori ini tidak sesuai dengan hasil yang didapatkan dalam percobaan ini, seperti kita sebutkan sebelumnya, penambahan persentase kapur tidak memperlihatkan perbedaan peningkatan nilai CBR yang signifikan, Hal ini disebabkan oleh hadirnya elemen polusi yang sangat mengganggu dalam memperoleh kekuatan dalam waktu yang dekat.

#### 3.3.2. Unconfined Compressive Strength (UCS)

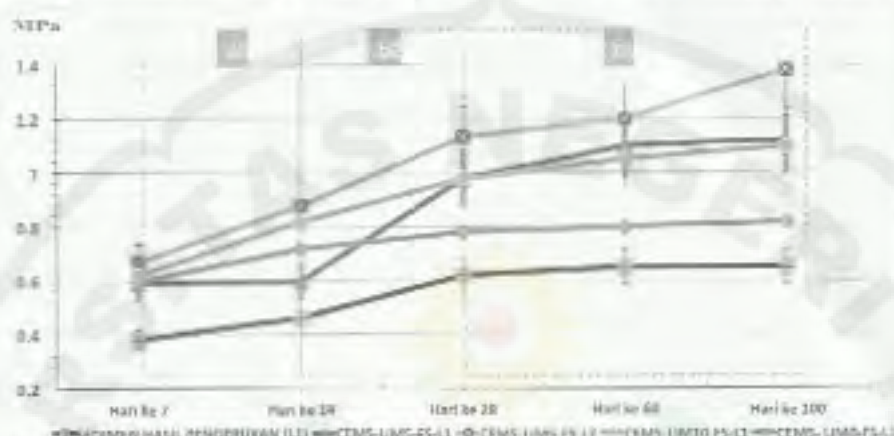
Percobaan daya tekan ini (UCS) direalisasikan untuk mengetahui peningkatan performa mekanik dari sampel, dan juga untuk mengidentifikasi efek yang diberikan oleh binder yang digunakan dalam performa mekanik. Hasil dari percobaan daya tekan (UCS) ini diperlihatkan pada gambar 2. Hasil percobaan ini khusus direalisasikan untuk mengidentifikasi dampak persentase semen yang ditambahkan kedalam campuran. Pada hasil percobaan UCS ini sampel yang digunakan hanya sampel yang diambil pada lokasi depot perbaikan kapal (T1), untuk mempermudah pengidentifikasi dampak penambahan semen dalam campuran, penggolongan peningkatan nilai daya tekan dikategorikan dalam 3 periode yang akan diperlihatkan pada gambar

(i) Dampak Silica Fume terhadap performa mekanik

Penambahan Silica Fume dalam campuran direalisasikan dengan pertimbangan bahwa penggunaan Silica Fume telah terbukti selama ini dapat meningkatkan performa dari sampel yang digunakan. Hasil Percobaan Unconfined Compressive Strength diperlihatkan di gambar 3 dimana 5 sampel dengan formulasi binder yang berbeda. Persentase jumlah kapur didalam campuran dimulai dari 0% (CEM5-LIM0-FS), 5% (CEM5-LIM5-FS) (CEM2-LIM5-FS2) dan 10% (CEM5-LIM10-FS). Berdasarkan pengalaman peneliti dalam pekerjaan stabilisasi tanah, persentase kapur pada campuran diatas 10% tidak direkomendasikan, dikawatirkan dengan persentase kapur yang terlalu tinggi dapat memprovokasi pembengkakan akibat reaksi yang ditimbulkan oleh kapur. Untuk mempermudah analisa, hasil percobaan daya tekan ini (UCS) ini dikategorikan dalam 3 periode (kotak merah a, b dan c). Pada Periode curing age awal (a) nilai daya tekan (UCS) antara binder dengan persentase kapur 0%, 5%



dan 10% tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Sampel dengan persentase semen 5% dan kapur 5% dari lokasi L2 memperlihatkan nilai daya tekan yang tertinggi (0,68 MPa) dibanding sampel dari lokasi L1.



Gambar 2 Unconfined Compressive Strength

Hal ini disebabkan oleh reaksi kapur dalam memberi peningkatan performa mekanik tergolong lambat. Reaksi kapur umumnya memerlukan waktu sekitar 60 hari (tergantung kadar reaktif dari kapur itu sendiri) untuk dapat memberikan hasil yang maksimal. Reaksi kapur memprovokasi peningkatan pH sampel sehingga dengan waktu berjalan ion Kalsium dari matriks sedimen akan membentuk C-S-H dan C-A-H, yang mempunyai peranan utama dalam peningkatan performa dari sampel. Hal ini menjelaskan mengapa tidak terlihat perbedaan yang signifikan pada nilai daya tekan dari beberapa sampel (dengan formulasi yang berbeda). Pada periode curing age awal (7 hari) reaksi kapur dalam menaikkan pH diperkirakan hanya membantu mengendapkan air yang terdapat dalam sampel sehingga sampel lebih cepat mencapai tingkat solid, sehingga memperoleh performa mekanik. Periode curing age menengah (14-28 hari) perbedaan nilai daya tekan semakin terlihat jelas, dimana sampel dengan persentase kapur sebesar 10% memperlihatkan peningkatan nilai UCS. Sampel dengan 5% kapur dan 5% semen (CEM5-LIM5) dengan sedimen berasal dari L1 tetap memperlihatkan nilai daya tekan terbesar, pada periode curing age menengah ini terutama pada hari ke 28, hanya sampel dengan sedimen L2 ini yang melewati kekuatan daya tekan sebesar 1 MPa. Nilai daya tekan 1MPa merupakan batas yang diperlukan dalam penggunaan pembangunan jalan. Sampel sedimen dari lokasi L1 memperlihatkan kekuatan daya tekan yang hampir mendekati 1 MPa. Perbandingan antara sampel dengan sedimen L1 dan L2 memperlihatkan perbedaan yang penting, walaupun dengan formulasi yang sama (5% semen dan 5% kapur). Hal ini disebabkan oleh tingginya tingkat polusi dari sampel dengan sedimen yang berasal dari lokasi alur kolam citra (L1). Berdasarkan pengalaman peneliti, elemen polusi apabila mencapai jumlah tinggi akan mengganggu reaksi dari binder yang digunakan, baik itu reaksi semen ataupun reaksi kapur. Tingginya elemen penyebab polusi ini dapat memperlambat proses pembentukan clinker (pada reaksi hidrasi semen) dan menghambat kenaikan pH (pada reaksi kapur) sehingga hal ini menyebabkan terhambatnya sampel dalam mencapai performa mekanik yang maksimal. Hal ini dapat disimak dari tabel 2 dimana terlihat dari hasil Toxicity Characteristic Leaching procedure (TCLP) ditemukan bahwa sedimen berasal dari lokasi L1 jauh lebih terpolusi dari sedimen L2. Terutama Cadmium (Cd) dan Cooper (Cu). Faktor ini yang menyebabkan terhambatnya reaksi binder (semen dan kapur) sehingga sampel dengan sedimen dari lokasi L1 (CEM5-LIM5-FS-L1) menghasilkan nilai daya tekan (UCS) lebih kecil dari sedimen dari lokasi L2 (CEM5-LIM5-L2). Period curing age jangka panjang (60-100 hari) hasil percobaan memiliki pola yang sama dengan Period curing age menengah, sampel dari Lokasi L2 (CEM5-LIM5-L2) masih menunjukkan hasil percobaan daya tekan yang terbaik, diikuti oleh (CEM5-LIM5-FS-L1) dan (CEM5-LIM10-FS-L1). Sampel dari lokasi L2 (CEM5-LIM5-FS-L2) menunjukkan peningkatan yang tinggi dari kekuatan terhadap daya tekan. Hal ini disebabkan oleh reaksi dari hidrasi dari kapur dalam menaikkan pH dan hidrasi dari ion Kalsium dan ion Aluminium lalu membentuk gel C-S-H dan C-A-H. Sampel dengan formulasi yang sama dengan sedimen dari L1 (CEM5-LIM5-FS-L1) tidak memperlihatkan peningkatan daya tahan terhadap daya tekan sebaik sampel dari L2. Peningkatan nilai daya tekan pada hari ke 50 dan 90 disebabkan oleh reaksi hidrasi kapur, hal ini dapat dibuktikan dengan memperhatikan gambar 7 dimana evolusi daya tekan sampel tanpa ada campuran kapur (0%) didalamnya (CEM5-LIM0-FS-L1), sampel ini hampir tidak memperlihatkan peningkatan nilai daya tekan setelah hari ke 28. Absennya kehadiran kapur dalam sedimen ini yang membuat tidak ada peningkatan daya tekan (UCS) karena setelah 28 hari, menurut teori, reaksi semen (hidrasi clinker) hampir selesai setelah 28 hari. Hal ini dapat diverifikasi apabila kita perhatikan bahwa evolusi nilai daya tekan sampel ini (CEM5-LIM0-FS-L1) pada periode curing age dari 28 hari sampai 100 hari hampir sama dengan sampel origin (tanpa binder).



### 3.4. Karakteristik Kimia

Percobaan kimia ini direalisasikan untuk mengidentifikasi kadar polusi dari sedimen hasil pekerjaan pengerukan dari pelabuhan Belawan. Percobaan kimia ini dilakukan dengan metode Toxicity Characteristic Leaching Procedure (TCLP). Percobaan ini dilakukan dengan metode analisis EPA SW 846, jenis metode tergantung atas elemen yang diuji, contohnya untuk Cadmium (Cd), Nickel (Ni), Barium (Ba), Chromium (Cr), Silver (Ag), Cobalt (Co) digunakan metode EPA SW 846-AAS dan untuk Selenium (Se) EPA SW 7741-AAS. Waktu yang diperlukan dari mulai persiapan sampel hingga hasil untuk menyelesaikan percobaan TCLP ini adalah 7 hari.

Tabel 2. Hasil Percobaan TCLP pada sedimen hasil pekerjaan pengerukan Pelabuhan

Elemen	Kondisi Origin		Kondisi Origin (2)		Setelah Proses Pengeringan	
	L1	L2	L1	L2	L1	L2
Nickel (Ni)	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Cadmium, Cd	3.97	0.9	5.19	0.23	3.02	0.15
Chromium, Cr	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Copper, Cu	2.8	<0.01	3.7	0.2	2.03	0.1
Lead, Pb	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Zinc, Zn	28.8	10.4	37.1	17.2	21.3	9.04
Mercury, Hg	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002
Arsenic, As <sup>***</sup>	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002

Percobaan TCLP ini dapat dilihat pada kolom dibawah ini. Hasil percobaan direalisasikan pada sedimen hasil pekerjaan pengerukan pada 2 lokasi yang berbeda (L1 dan L2) dengan 3 sampel untuk mendapatkan variasi mewakili setiap sedimen di lokasi pengambilan. Dari hasil percobaan TCLP dapat kita perhatikan bahwa sedimen berasal dari Alur kolam pelabuhan (L1) menunjukkan hasil yang tinggi dibanding sedimen yang diambil pada depot perbaikan kapal (L2). Hal ini menunjukkan bahwa kegiatan industri pelabuhan di daerah alur kolam lebih berpotensi dalam memproduksi sedimen terpolusi dibanding kegiatan perbaikan kapal. Melalui hasil percobaan TCLP ini juga dapat kita simpulkan bahwa sedimen hasil pekerjaan pengerukan dari Pelabuhan Belawan dapat dikategorikan sedimen dengan tingkat polusi yang cukup penting. Cadmium (Cd) dan Tembaga (Cu) merupakan elemen yang terlihat menunjukkan kuantitas cukup tinggi dalam sedimen Pelabuhan Belawan.

Selain Cd dan Cu, kita dapat memperhatikan juga nilai Zinc (Zn) yang diatas rata-rata nilai rata-rata. Elemen-elemen tersebut apabila mencapai kadar yang tinggi dapat menimbulkan bahaya (lihat resiko kematian) apabila bersentuhan dengan manusia. Pemerintah Perancis mengeluarkan peraturan menyangkut ambang batas polusi dari sedimen hasil pekerjaan pengerukan. Ambang batas dari polusi tersebut dapat diperhatikan di Tabel 3. Pada tabel dibawah ini terlihat ambang batas dari elemen polusi yang dapat kita kategorikan dalam 3 golongan. Peneliti menggunakan ambang batas ini hanya untuk referensi dikarenakan belum adanya peraturan mengenai ambang batas polusi mengenai sedimen hasil pekerjaan pemerintah di Indonesia. Berdasarkan Ambang batas yang digunakan di Perancis, dapat kita simak bahwa dengan kandungan mereka yang tinggi dalam sampel maka elemen kandungan Cadmium dan Tembaga tergolong dalam kategori limbah berbahaya, dan elemen Zinc termasuk dalam kategori golongan limbah tidak berbahaya.

Tabel 3. Referensi ambang polusi sedimen hasil pengerukan di Eropah

Elemen	N1	N2
	Batas limbah tidak berbahaya	Batas limbah Berbahaya
Nickel (Ni)	37	74
Cadmium (Cd)	1.2	2.4
Chromium (Cr)	90	180
Copper (Cu)	45	90
Lead (Pb)	100	200
Zinc (Zn)	276	552
Mercury (Hg)	0.4	0.8
Arsenic (As)	25	50

Hal ini tentunya dapat memberikan referensi kepada pemerintah daerah atau instansi terkait agar tidak membuang sedimen hasil pekerjaan pengerukan ke tengah laut, (yang masih dilakukan sampai sekarang) Karena hal tersebut dapat mengakibatkan penyebaran sedimen terpolusi dari pelabuhan Belawan ke daerah-daerah sekitarnya. Berdasarkan hasil TCLP ini diharapkan kegiatan pembuangan sedimen ke tengah laut dihentikan.



#### 4. KESIMPULAN

Penelitian ini direalisasikan untuk menengap aplikasi reutilisasi sedimen hasil pekerjaan pengerukan sehingga tindakan pembuangan sedimen hasil pekerjaan pengerukan tersebut dapat dihentikan. Hal ini diperkuat oleh percobaan kimia melalui percobaan TCLP, hasil yang diperoleh menunjukkan sedimen mengandung elemen Cu dan Cd yang cukup tinggi, dan apabila diperbandingkan dengan referensi batas polusi sedimen yang digunakan di Eropa. Sedimen tersebut termasuk dalam kategori limbah berbahaya. Karakteristik mekanik dari sedimen origin berdasarkan penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa sedimen terkait termasuk dalam kategori tanah liat dengan plastisitas rendah, dengan ukuran mayoritas sekitar 66-78  $\mu\text{m}$ . Percobaan Proctor dan CBR menunjukkan bahwa sedimen tersebut dengan campuran binder seperti semen dan kapur dengan persentase kapur 10% menunjukkan hasil IPI yang tertinggi. Efek dari binder semen maupun kapur dapat diidentifikasi melalui percobaan daya tekan (*unconfined compressive strength*). Melalui percobaan ini diketahui bahwa penambahan kuantiti semen mempengaruhi performa mekanik pada periode curing age jangka pendek (7-14 hari) dan penambahan kuantiti persentase kapur mempengaruhi performa mekanik pada periode curing age jangka panjang (60-100 hari). Pengaruh kadar limbah pada sedimen juga diidentifikasi melalui percobaan ini, dimana sedimen L1 (dengan kadar polusi lebih tinggi) memperlihatkan performa mekanik lebih rendah dibanding L1. Komposisi binder yang menghasilkan performa mekanik terbaik adalah komposisi dengan 5% semen dan 5% kapur. Sampel dengan komposisi diatas tersebut dapat digunakan dalam pekerjaan pembangunan jalan dimana persyaratan nilai daya tekan diatas 1 MPa dapat dipenuhi oleh sampel.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Colin D (2004) *Valorisation des sédiments fins de dragage en technique routière*, Tesis Doktor, l'Université de Caen, 323 halaman [2]
- Detzner, H. D., A. Netzband, et al. (2004) *Dredged Material Management in Hambur*, Terra et Aqua 96(September): 314
- Duan ZHIBO (2008) *Caractérisation, stabilisation et solidification de sédiment marin*, Tesis Doktor, Université de Caen, 245 halaman
- Ernesto SILITONGA *Valorisation des sédiments marins contaminés par solidification/ stabilisation à base de liants hydrauliques et de fumée de silice*, Tesis Doktor, Université de Caen, 267 hal
- Heise, S., E. Claus, et al. (2005) *Studie zur Schadstoffbelastung der Sedimente im Elbeinzugsgebiet*. Ursachen und Trends. Hamburg, Hamburg Port Authority: 195
- Javad BEHMANESH (2008) *Etude de la durabilité d'un sédiment, traité au ciment et additifs*. Tesis Doktor, l'Université de Caen, 214 halaman
- Silitonga E., Levacher D., Mezazigh S., (2009) "Effects of the use of fly ash as a binder on the mechanical behaviour of treated dredged sediments" *Environmental Technology*, Volume 3 Published by Taylor and Francis Group.
- Silitonga E., Shrivastava A., Levacher D. (2008) "Influence of fly ash addition on the mechanical properties of treated dredged material". *Proceeding of International Symposium on Sediment Management*, Lille, France, 9-11 Juillet 2009
- Silitonga E., Mezazigh S., Levacher D. (2008) "Investigating the influence of dredged material stabilized by pozzolanic binders on geotechnical properties" *Proceeding of Xèmes Journées Nationales Génie Côtier-Génie Civil*, Sophia Antipolis, France, 14-18 Octobre 2008.
- Silitonga E., Levacher D., Mezazigh S., (2009) "Effects of the use of fly ash as a binder on the mechanical behaviour of treated dredged sediments" *Environmental Technology*, Volume 3 Published by Taylor and Francis Group