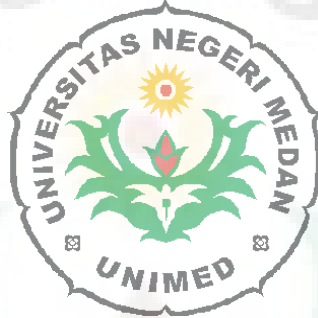


LAPORAN AKHIR
PENELITIAN PRODUK TERAPAN
(HIBAH BERSAING)



**PENGEMBANGAN SISTEM ELEKTROKINETIK DENGAN
INSEMINASI LARUTAN KAPUR SEBAGAI ALTERNATIF
PROSES STABILISASI TANAH LEMPUNG LUNAK PADA
PENANGGULANGAN KELONGSORAN TANAH
DI JALAN RAYA LINTAS TENGAH SUMATERA,
TARUTUNG - SIBOLGA, SUMATERA UTARA**

Tahun ke- 3 dari rencana 3 tahun

TIM PENGUSUL

Nahesson Hotmarama Panjaitan ST.MT ; NIDN: 0027057205 (KETUA)

Arwadi Sinuraya ST.MT ; NIDN: 0024077405 (ANGGOTA)

**Dibiayai oleh: RISTEKDIKTI, sesuai dengan Surat Perjanjian Penelitian
Nomor: 045A/UN.33.8/LL/2017, Tanggal 05 April 2017**

FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI MEDAN
NOVEMBER 2017

HALAMAN PENGESAHAN

Judul : Pengembangan Sistem Elektrokinetik Dengan Inseminasi Larutan Kapur Sebagai Alternatif Proses Stabilisasi Tanah Lempung Lunak Pada Penanggulangan Kelongsoran Tanah Di Jalan Raya Lintas Tengah Sumatera, Tarutung-Sibolga, Sumatera Utara

Peneliti/Pelaksana
Nama Lengkap : Dr NAHESSON HOTMARAMA PANJAITAN, S.T, M.T
Perguruan Tinggi : Universitas Negeri Medan
NIDN : 0027057205
Jabatan Fungsional : Lektor
Program Studi : Teknik Sipil
Nomor HP : 08156112772
Alamat surel (e-mail) : nahessonpanjaitan@gmail.com

Anggota (1)
Nama Lengkap : ARWADI SINURAYA S.T, M.T
NIDN : 0024077405
Perguruan Tinggi : Universitas Negeri Medan

Institusi Mitra (jika ada)
Nama Institusi Mitra : -
Alamat : -
Penanggung Jawab : -
Tahun Pelaksanaan : Tahun ke 3 dari rencana 3 tahun
Biaya Tahun Berjalan : Rp 55,321,000
Biaya Keseluruhan : Rp 172,821,000

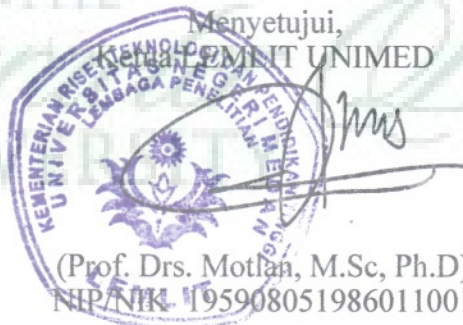


Mengetahui,
Dekan FT UNIMED

(Prof. Dr. Harim Sitompul, M.Pd)
NIP/NIK 196007051986011001

Kota Medan, 27 - 10 - 2017
Ketua,

(Dr NAHESSON HOTMARAMA
PANJAITAN, S.T, M.T)
NIP/NIK 197205272002121002



Menyetujui,
Ketua R&D UNIMED

(Prof. Drs. Motlan, M.Sc, Ph.D)
NIP/NIK 195908051986011001

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR.....	iv
RINGKASAN.....	v
BAB 1. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Permasalahan	1
1.2. Roadmap Riset.....	2
1.3. Tujuan Khusus.....	2
1.4. Keutamaan (Urgensi) Penelitian.....	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1. Interaksi Molekul Tanah Lempung dengan Molekul Air.....	4
2.2. Fenomena Longsor Pada Tanah Lempung Lunak.....	5
2.3. Stabilisasi Tanah Lempung Lunak Dengan Kapur.....	6
2.4. Metode Elektrokinetik.....	7
2.5. Pustaka Acuan Primer Yang Digunakan	8
2.6. Studi Pendahuluan	9
BAB 3. METODE PENELITIAN	11
3.1. Metode Penelitian	11
3.2. Jenis Contoh Tanah	13
3.3. Rancangan Penelitian	13
BAB 4. HASIL YANG DICAPAI.....	15
BAB 5. RENCANA TAHAPAN BERIKUTNYA.....	15
BAB 6. KESIMPULAN DAN SARAN	16
DAFTAR PUSTAKA.....	16
LAMPIRAN-LAMPIRAN	18
Lampiran 1. Surat Kontrak Penelitian Produk Terapan Lanjutan 2017	18
Lampiran 2. Jurnal Internasional GEOMATE	20
Lampiran 3. Sertifikat Seminar Nasional.....	25

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Beberapa kelongsoran lereng akibat pelunakan tanah lempung pada jalan raya lintas Tengah pulau Sumatera, jalan Tarutung-Sibolga, Sumatera Utara (Desember 2013).....	1
Gambar 2. Roadmap Riset	2
Gambar 3. Struktur molekul tanah lempung	4
Gambar 4. Molekul air	4
Gambar 5. Interaksi gaya normal (σ) dan gaya geser (τ) pada bidang keruntuhan massa tanah	5
Gambar 6. Ilustrasi proses stabilisasi tanah lempung ekspansif dengan menggunakan larutan kapur	6
Gambar 7. Ilustrasi proses pergerakan ion Ca^{2+} pada stabilisasi tanah lempung ekspansif dengan larutan kapur dan penggunaan proses elektrokinetik	8
Gambar 8. Perilaku pergerakan listrik pada media tanah lempung selama proses elektrokinetik berlangsung	9
Gambar 9. Pengamatan secara visual salah satu fenomena pada proses elektrokinetik media tanah lempung (a). kondisi pada daerah katoda (<i>insert sebelum elektrokinetik</i>) (b). jejak kapur pada jari setelah proses elektrokinetik... 10	10
Gambar 10. Perilaku penyebaran kapur pada partikel tanah lempung Boyolali terhadap waktu pengamatan dan variasi potensial listrik yang digunakan	10
Gambar 11. Hasil pengamatan mineral tanah lempung Klaten (a). sebelum proses elektrokinetik (b). sesudah proses elektrokinetik.....	11
Gambar 12. Bagan alir penelitian (<i>fishbone diagram</i>).....	13
Gambar 13. Skematik penelitian	14

RINGKASAN

Elektrokinetik adalah suatu proses pergerakan ion pada suatu media, termasuk pada tanah lempung, yang disebabkan oleh adanya beda potensial listrik pada kedua kutubnya (anoda dan katoda). Beda potensial ini menyebabkan terjadinya beberapa fenomena selama proses elektrokinetik berlangsung, antara lain: medan listrik, elektrokimia, elektroporesis, dan elektromigrasi. Penelitian ini dilakukan untuk pengembangan sistem elektrokinetik sebagai alternatif proses stabilisasi tanah lempung lunak. Pada penelitian tahun/ tahap ke-1, dengan menggunakan beberapa jenis tanah lempung lunak yang berasal dan diambil dari lokasi jalan raya lintas tengah Sumatera (Tarutung-Sibolga, Sumatera Utara), diperoleh hasil berupa klasifikasi dan jenis tanah lempung lunak dari lokasi tersebut. Selain itu, diperoleh juga perilaku pergerakan ion di dalam tanah lempung selama proses elektrokinetik. Perilaku pergerakan ion ditunjukkan dengan adanya perubahan konsentrasi ion kalsium (Ca^{2+}) di tanah lempung lunak pada periode waktu pengamatan selama 14 hari. Pada periode pengamatan hari ke 14 sampai dengan hari ke 21, terjadi pengurangan konsentrasi ion kalsium di tanah lempung lunak pada kondisi konsentrasi ion kalsium masih di bawah batas kapasitas tukar kation (*Cation Exchange Capacity, CEC*).

Metode penelitian yang dilakukan adalah penelitian eksperimental proses elektrokinetik di laboratorium. *Target khusus* yang akan dicapai pada penelitian ini adalah terciptanya alat stabilisasi yang mampu meningkatkan kuat geser tanah lempung lunak dengan menggunakan metode elektrokinetik. Pada penelitian tahun/ tahap ke-3 ini akan diuji cobakan pengaruh konsentrasi (pH) larutan stabilisator (dalam hal ini kapur) terhadap perilaku perubahan konsentrasi ion kalsium pada tanah lempung lunak selama proses elektrokinetik berlangsung. Modifikasi sistem elektrokinetik yang sudah diperoleh pada tahun/ tahap ke-2 juga dilakukan pada tahun/ tahap ke-3 ini, agar dicapai suatu kondisi ideal yang mampu mengakomodir usaha stabilisasi tanah lempung lunak yang sederhana, dan mudah diaplikasikan. Selain itu, dilakukan juga pengujian terhadap sifat mekanis tanah lempung setelah proses elektrokinetik, berupa pengujian kuat tekan dan geser tanah.

Hasil penelitian pada tahun/ tahap ke-3 ini adalah purwarupa (*prototype*) alat stabilisasi tanah lempung lunak dengan proses elektrokinetik. Hasil penelitian yang diperoleh direncanakan dipublikasikan pada *International Journal of GEOMATE* dan diseminarkan pada *Seminar Nasional* Lembaga Penelitian Universitas Negeri Medan, 28 September 2017, dengan judul makalah: *ELEKTROKINETIK: Pemanfaatan Fenomena Kelistrikan Dalam Mengatasi Permasalahan Lempung Lunak*.

Kata Kunci : elektrokinetik, beda potensial, stabilisasi, tanah lempung lunak, konsentrasi ion kalsium.

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1. Permasalahan

Tanah lempung lunak adalah tanah lempung yang mengandung kadar air yang sangat besar bahkan dapat mencapai kondisi jenuh. Kondisi lunak ini disebabkan oleh kemampuan tanah lempung yang mampu mengikat air lebih banyak dibandingkan dengan jenis tanah lainnya seperti pasir, lanau dan kerikil. Pada kondisi lunak, kemampuan partikel tanah lempung memikul beban luar akan berkurang, disebabkan adanya air pada partikel tanah lempung, sehingga pada titik tertentu akan terjadi pergerakan massa tanah lempung yang disebut juga dengan keruntuhan atau kelongsoran massa tanah lempung. Usaha stabilisasi yang diperlukan untuk mengatasi keruntuhan massa tanah adalah dengan meningkatkan nilai tegangan geser (τ_f) dari tanah lempung. Keruntuhan tanah lempung lunak banyak terjadi pada lereng bukit dan badan jalan raya lintas tengah pulau Sumatera, jalan Tarutung-Sibolga, Sumatera Utara (Gambar 1.).



Gambar 1. Beberapa kelongsoran lereng akibat pelunakan tanah lempung pada jalan raya lintas Tengah pulau Sumatera, jalan Tarutung-Sibolga, Sumatera Utara (Desember 2013).

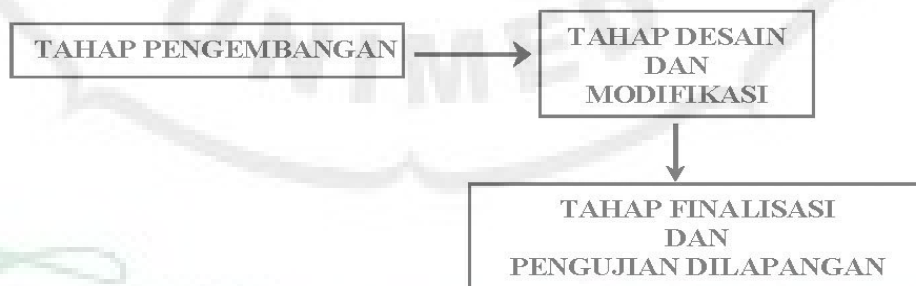
Kesulitan yang sering terjadi pada saat stabilisasi tanah lempung lunak adalah: kesulitan dalam pelaksanaan di lapangan yang disebabkan oleh kondisi lunak tanah lempung yang tidak mampu memikul beban luar yang sangat besar, capaian homogenitas proses stabilisasi yang sangat sulit akibat letak tanah lempung lunak yang tidak selalu merata dan berada dekat di lapisan atas tanah, ketiadaan tanah lempung yang sangat tinggi, dimana kesulitan ini akan menyebabkan kerugian terhadap waktu, biaya dan efektifitas proses stabilisasi,

serta terhambatnya pertumbuhan ekonomi dan pembangunan suatu daerah dan tentunya mempengaruhi pertumbuhan ekonomi secara nasional.

Inovasi dan penemuan yang diharapkan pada penelitian ini adalah : sistem, metode dan alat elektrokinetik sebagai alternatif usaha stabilisasi tanah lempung lunak yang mampu meningkatkan tegangan geser (τ_f) tanah lempung lunak, ekonomis, sederhana, mudah dan efektif, sehingga penanganan masalah yang timbul akibat tanah lempung lunak dapat dengan cepat teratasi.

1.2. Roadmap Riset

Untuk memanfaatkan elektrokinetik dalam proses stabilisasi tanah, diperlukan 3 tahap seperti *1. tahap pengembangan*, meliputi: pengembangan model dan sistem elektrokinetik yang akan digunakan, serta optimalisasi hasil stabilisasi dalam bentuk potensial listrik yang digunakan. Tahap *2. tahap desain dan modifikasi alat stabilisasi*, dan tahap ke 3 adalah *tahap uji coba alat stabilisasi dilapangan*. Penelitian ini dikhususkan pada *tahap pengembangan*, dimana tujuan akhir (*output*) penelitian yang akan dicapai pada tahap ini adalah pengembangan model dan sistem kelistrikan proses stabilisasi dengan elektrokinetik, serta penentuan potensial listrik yang optimal digunakan selama proses stabilisasi tanah lempung lunak.



Gambar 2. Roadmap Riset

1.3. Tujuan Khusus

Tujuan khusus yang akan dicapai pada penelitian ini adalah: alat stabilisasi tanah lempung lunak yang mampu meningkatkan tegangan geser (τ_f) tanah lempung lunak dengan model dan sistem elektrokinetik.

1.4. Keutamaan (Urgensi) Penelitian

Permasalahan yang sering terjadi pada proses stabilisasi tanah lempung lunak antara lain: keterbatasan jangkauan proses stabilisasi akibat letak tanah lempung lunak yang berada jauh dari permukaan tanah, hasil stabilisasi yang tidak homogen, aplikasi dilapangan yang sangat sulit akibat kondisi tanah lempung sangat lunak, sehingga menimbulkan kerugian terhadap waktu, biaya dan efektifitas proses stabilisasi yang dilakukan, sehingga diperlukan alternatif proses stabilisasi tanah lempung lunak, salah satunya adalah dengan menggunakan metode elektrokinetik.

Beberapa kelebihan metode elektrokinetik sebagai alternatif proses stabilisasi tanah lempung lunak yang sudah diketahui dari hasil penelitian sebelumnya (Panjaitan, 2013) adalah:

1. Aplikasi dilapangan yang sangat mudah dan efektif, karena menggunakan sistem kelistrikan yang sangat sederhana sehingga pemasangan alat stabilisasi lebih mudah dan cepat.
2. Tidak perlu dilakukan pembongkaran terhadap konstruksi/struktur yang sudah ada.
3. Sumber tegangan listrik DC (*Direct Current*) dari baterai basah/aki, sehingga lebih ekonomis dari sisi pembiayaan.
4. Hasil stabilisasi yang lebih merata (homogen) karena menggunakan prinsip pergerakan ion, sehingga pencampuran bahan stabilisator (kapur) dapat lebih merata pada tanah lempung lunak.
5. Monitoring waktu proses stabilisasi dapat diketahui lebih tepat dengan mengetahui pertukaran kation pada tanah lempung lunak.

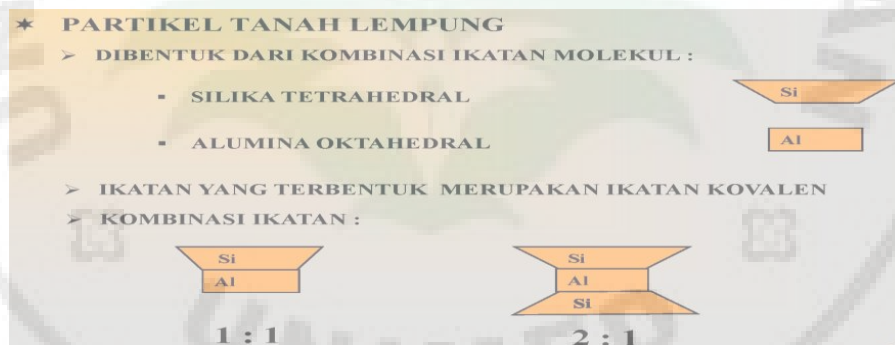
Dari pemaparan kekurangan dan keterbatasan metode stabilisasi tanah lempung lunak serta kelebihan dari metode elektrokinetik dibandingkan dengan metode stabilisasi tanah lempung lunak lainnya, maka penelitian ini sangat perlu dilakukan untuk pengembangan metode elektrokinetik ini sangat perlu dilakukan untuk memantapkan hasil akhir berupa sistem dan alat elektrokinetik yang dapat digunakan sebagai alternatif proses stabilisasi tanah lempung lunak.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan pustaka pada penelitian ini terbagi atas : interaksi molekul tanah lempung dengan molekul air, fenomena longsor pada tanah lempung lunak, stabilisasi tanah lempung lunak dengan kapur, metode elektrokinetik, penelitian terkini dan studi pendahuluan sistem dan metode elektrokinetik terhadap permasalahan geoteknik.

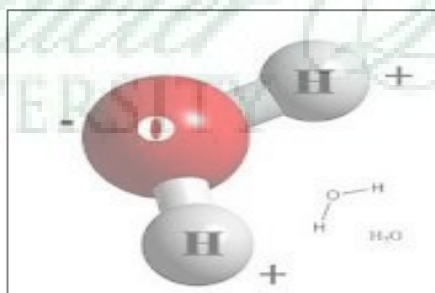
2.1. Interaksi Molekul Tanah Lempung dengan Molekul Air

Pelunakan tanah lempung disebabkan adanya interaksi molekul tanah lempung dengan molekul air. Struktur molekul tanah lempung dibentuk oleh atom alumina (Al_2O_3) dan silika (SiO_2) membentuk ikatan dengan perbandingan 1:1 atau 2:1 (Gambar 3.), mengalami perubahan muatan akibat beberapa proses, antara lain *isomorphous substitution*, *the broken edge*, *proton equilibria*, *adsorbed ion charge*) ((Van Olphen, 1977), (Bowles, 1992)).



Gambar 3. Struktur molekul tanah lempung

Proses ini menyebabkan partikel tanah memiliki muatan negatif pada permukaannya. Molekul air yang memiliki muatan positif dan negatif pada molekulnya (Gambar 4.), memiliki potensi untuk terikat pada molekul tanah lempung. Kadar air yang terikat sangat banyak pada molekul tanah lempung menyebabkan tanah lempung mengalami pelunakan.



Gambar 4. Molekul air

Ikatan air dengan partikel tanah lempung tidak stabil (*ikatan Van der Waals* (Bowles, 1992), sehingga pada suatu saat air akan dengan mudah dapat terlepas.

2.2. Fenomena Longsor Pada Tanah Lempung Lunak

Fenomena longsor pada lereng disebabkan terjadinya pergeseran material sepanjang bidang geser dalam tanah. Pergeseran material ini sering juga disebut dengan keruntuhan pada material. Keruntuhan yang terjadi pada material/tanah merupakan kombinasi kritis antara tegangan normal (σ) dan tegangan geser (τ), dan bukan hanya karena tegangan normal maksimum saja atau tegangan geser maksimum saja (Lambe & Whitman, 1979). Hubungan antara tegangan normal dan geser pada sebuah bidang keruntuhan/longsor dapat dinyatakan dalam bentuk persamaan berikut ini:

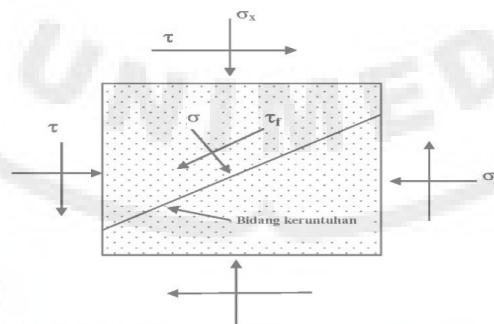
$$\tau_f = c + \sigma \tan \phi \quad (1)$$

dimana :

c = kohesi

ϕ = sudut geser internal

Interaksi gaya normal dan gaya geser pada suatu bidang keruntuhan tanah dapat dilihat pada gambar 5 berikut ini.



Gambar 5. Interaksi gaya normal (σ) dan gaya geser (τ) pada bidang keruntuhan massa tanah

Pada kondisi tanah jenuh air, besar tegangan normal total pada sebuah titik adalah sama dengan jumlah tegangan efektif ditambah dengan tegangan air pori, atau

$$\sigma = \sigma' + u \quad (2)$$

dimana tegangan efektif σ' adalah tegangan yang diterima oleh butiran padat tanah, sehingga persamaan 1 dapat ditulis kembali menjadi:

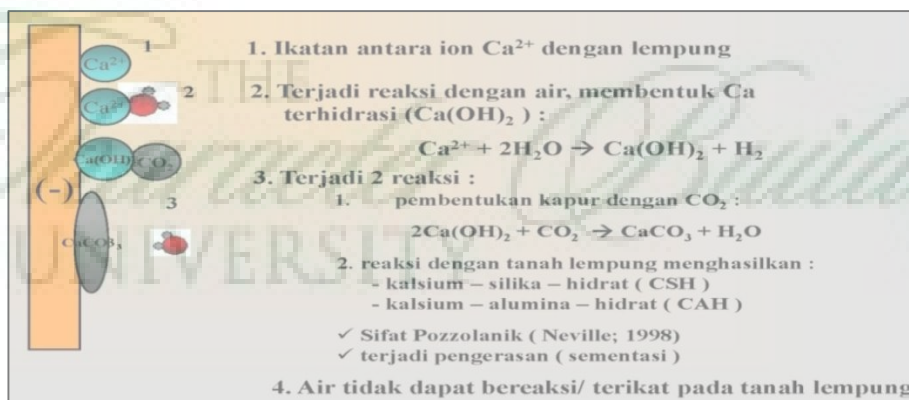
$$\tau_f = c + (\sigma - u) \tan \phi \quad (3)$$

$$\tau_f = c + \sigma' \tan \phi \quad (4)$$

Dari persamaan 3 diatas dapat diketahui bahwa kehadiran air pada partikel tanah menyebabkan tegangan normal tanah semakin kecil, sehingga nilai tegangan geser tanah (τ_f) juga semakin kecil. Pengurangan nilai tegangan geser ini pada kondisi tertentu berpotensi menimbulkan suatu keruntuhan / kelongsoran pada massa tanah. Untuk mengatasi pengurangan nilai tegangan geser tanah, maka diperlukan suatu usaha stabilisasi untuk meningkatkan nilai kohesi (c) dan juga nilai tegangan efektif dari tanah.

2.3. Stabilisasi Tanah Lempung Lunak Dengan Kapur

Stabilisasi tanah lempung lunak pada umumnya dilakukan untuk mengganti ion-ion yang memiliki potensi mengikat molekul air dengan sangat besar dengan suatu ion yang lebih stabil terhadap molekul air. Fenomena ini sering disebut dengan pertukaran kation (*Cation Exchange*) (Lambe & Whitman, 1979). Salah satu material yang sering digunakan sebagai bahan stabilisator adalah kapur. Kapur memiliki keistimewaan tersendiri dibandingkan dengan material lain, dimana kapur yang menempel pada partikel tanah akan membentuk 2 lapisan, keluar partikel tanah akan membentuk lapisan kalsium hidrat dan ke dalam partikel tanah akan membentuk lapisan kalsium-alumina- hidrat (CAH) dan lapisan kalsium-silika hidrat (CSH) yang mempersulit ikatan air dengan partikel tanah lempung, sehingga nilai tegangan geser tanah (τ_f) akan meningkat. Ilustrasi proses stabilisasi tanah lempung ekspansif dengan kapur dapat dilihat pada Gambar 6.



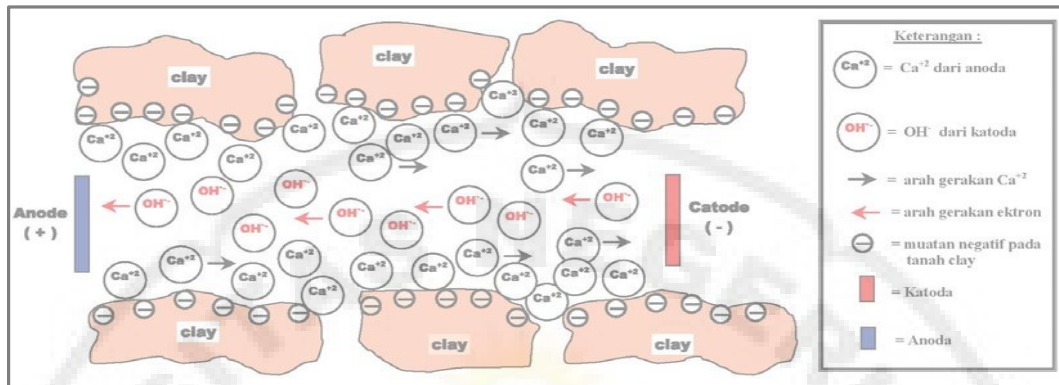
Gambar 6. Ilustrasi proses stabilisasi tanah lempung ekspansif dengan menggunakan larutan kapur

2.4. Metode Elektrokinetik

Yang dimaksud dengan elektrokinetik adalah pergerakan elektron pada suatu media akibat adanya potensial listrik yang diberikan, sehingga listrik bergerak dalam media tersebut. Pada media tanah, elektron yang bergerak menimbulkan medan listrik. Medan listrik ini menyebabkan terjadinya momentum dan gaya tarik antar partikel tanah dengan ion, maupun ion dengan ion. Kemampuan ion (*dalam hal ini kation*) menempel dan terikat pada partikel tanah (*bermuatan negatif*) dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain nilai elektronegativitas ion, jarak antara ion dan gaya luar (dalam hal ini gaya yang disebabkan oleh elektrokinetik). Semakin besar nilai elektronegativitas suatu kation, maka peluang kation tersebut menempel pada partikel tanah akan semakin besar ((Israelachvili, 1991), (Van Olphen, 1977), dan (Siegel, 1974).

Metode elektrokinetik pada media tanah dilakukan dengan menghubungkan 2 elektroda (katoda (*kutub negatif*) dan anoda (*kutub positif*)) yang ditanam dalam tanah dengan sumber listrik. Pemberian potensial listrik menyebabkan listrik akan mengalir dari anoda menuju katoda. Pergerakan listrik menyebabkan terjadinya medan listrik, sehingga ion-ion (*kation dan anion*) yang berada pada media tanah akan ikut bergerak. Larutan kapur yang digunakan sebagai bahan stabilisator dapat bergerak karena telah diubah terlebih dahulu menjadi ion Ca^{2+} selama proses elektrokinetik berlangsung yang disebut dengan proses elektrokimia.

Proses elektrokinetik yang berlangsung menyebabkan terjadinya beberapa fenomena, antara lain medan listrik, momentum, dan gaya tarik didalam media tanah. Fenomena ini menyebabkan terjadinya pertukaran kation pada partikel tanah. Kekosongan kation ini menyebabkan tanah memiliki kelebihan muatan negatif pada permukaan partikelnya, sehingga ion Ca^{2+} yang bergerak akibat adanya pergerakan listrik dapat menggantikan kation yang terlepas dari partikel tanah (Gambar 7.). Proses selanjutnya merupakan proses pembentukan lapisan kapur keluar dan kedalam partikel tanah lempung (Gambar 6.).



Gambar 7. Ilustrasi proses pergerakan ion Ca^{2+} pada stabilisasi tanah lempung ekspansif dengan larutan kapur dan penggunaan proses elektrokinetik

2.5. Pustaka Acuan Primer Yang Digunakan

Beberapa hasil penelitian yang digunakan sebagai pustaka acuan primer pada penelitian ini diantara nya:

1. (Morefield, et. al., 2004), melakukan penelitian proses percepatan stabilisasi dan konsolidasi pada tanah lunak yang akan digunakan sebagai landasan pesawat terbang dengan menggunakan proses elektrokinetik.
2. (Han, et. al., 2004), melakukan penelitian perubahan tekanan osmotik dan tekanan air pori pada tanah yang tercemar limbah logam industri dengan menggunakan proses elektrokinetik.
3. (Pamukcuk, et. al., 2004), melakukan penelitian proses penjernihan tanah yang tercemar logam berat Cr (VI), dengan menggunakan proses elektrokinetik.
4. (Asavadorndeja & Glawe, 2005), melakukan penelitian untuk mengamati proses peningkatan kekuatan tanah lunak dengan menggunakan metode depolarisasi dengan menggunakan proses elektrokinetik.
5. (Ahmad, et. al., 2006), melakukan penelitian perubahan tekanan osmotik, perpindahan kation dan perubahan nilai keasaman (pH) larutan elektrolit selama proses elektrokinetik berlangsung pada tanah sedimen.
6. (Asadi & Huat, 2009), melakukan penelitian mengenai tahanan listrik serta sensitivitas perubahan kimia-fisik pada tanah jenis gambut dengan menggunakan proses elektrokinetik.
7. (Rawat, 2010), melakukan penelitian proses penjernihan tanah yang tercemar logam berat kadmium (Cd) dengan menggunakan ion besi bervalensi 0 (*zero*

valent-iron) sebagai bahan katalisator dengan menggunakan proses elektrokinetik.

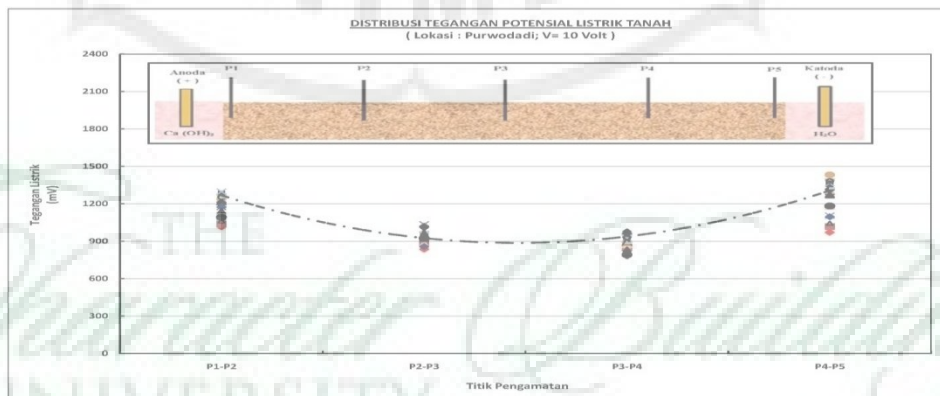
- (Panjaitan, et. al., 2011, 2012 dan 2013), melakukan penelitian mengenai pergerakan listrik dan ion bermuatan (kation dan anion) pada tanah lempung ekspansif, pertukaran kation dan pergerakan larutan kapur, serta perubahan sifat fisik tanah lempung ekspansif dengan pengujian terhadap nilai batas-batas Atterberg pada proses stabilisasi tanah lempung ekspansif dengan menggunakan metode elektrokinetik.
- (Panjaitan, 2013), perilaku pergerakan larutan kapur dan pengaruh proses elektrokinetik pada tanah lempung ekspansif

2.6. Studi Pendahuluan

Studi pendahuluan yang sudah dilakukan untuk menunjang penelitian ini dilakukan pada penelitian *Hibah Disertasi Doktor tahun anggaran 2012* dan pelaksanaan tahun 2013 (Panjaitan, 2013). Adapun beberapa hasil penelitian yang penting sebagai dasar pengetahuan dalam pengembangan metode elektrokinetik sebagai alternatif usaha stabilisasi tanah lempun lunak adalah sebagai berikut:

- Perilaku pergerakan listrik pada media tanah lempung.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada saat pemberian beda potensial listrik pada elektroda utama (anoda-katoda), perilaku nilai tegangan listrik terkecil terdapat di tengah media (Gambar 8.)



Gambar 8. Perilaku pergerakan listrik pada media tanah lempung selama proses elektrokinetik berlangsung

- Perilaku pergerakan larutan kapur pada tanah lempung.

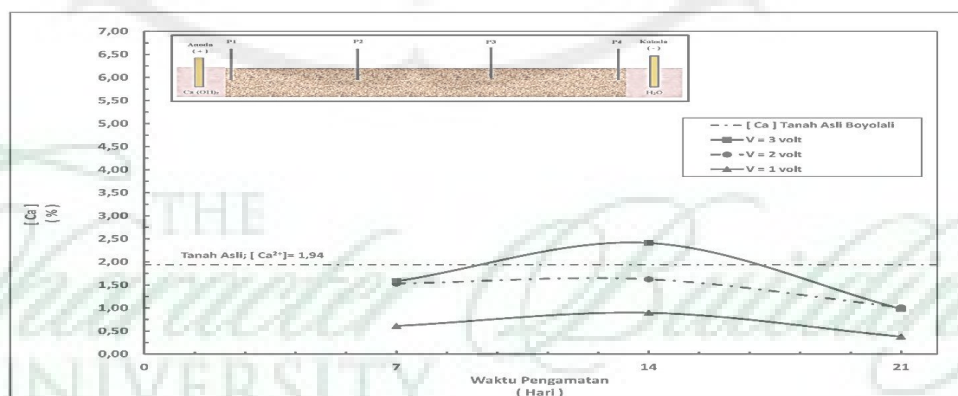
Pergerakan kapur akibat prosese elektrokinetik dapat dilihat pada gambar 9 berikut ini. Penjejakan dilakukan secara visual.



Gambar 9. Pengamatan secara visual salah satu fenomena pada proses elektrokinetik media tanah lempung (a). kondisi pada daerah katoda (*insert sebelum elektrokinetik*) (b). jejak kapur pada jari setelah proses elektrokinetik

3. Perilaku penyebaran larutan kapur pada media tanah lempung dengan menggunakan metode elektrokinetik.

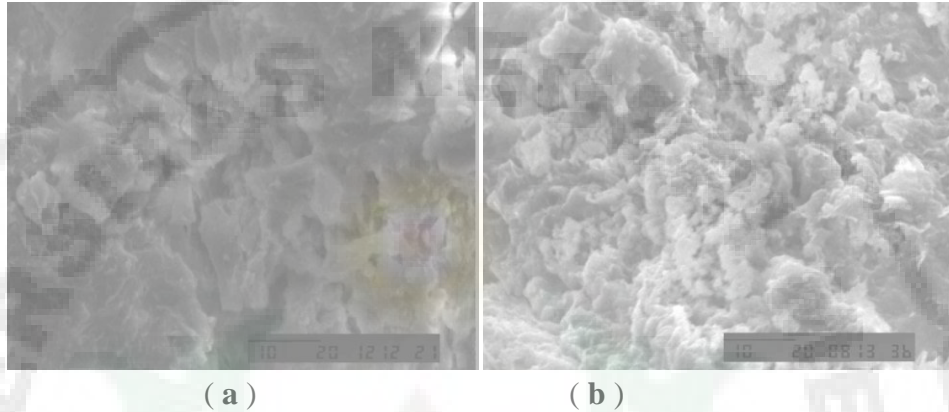
Hasil pengujian distribusi larutan kapur akibat proses elektrokinetik pada tanah lempung diketahui dengan melakukan pengujian kimia mineral tanah lempung dengan metode AAS (*Atomic Absorption Spectrum*) diketahui adanya perilaku penyebaran larutan kapur terhadap periode waktu pengamatan (Gambar 10.) yaitu mengalami peningkatan pada periode waktu 7 sampai dengan 14 hari dan kemudian mengalami pengurangan pada periode waktu 14 sampai dengan 21 hari.



Gambar 10. Perilaku penyebaran kapur pada partikel tanah lempung Boyolali terhadap waktu pengamatan dan variasi potensial listrik yang digunakan

4. Hasil pengujian mineral tanah lempung dengan menggunakan SEM.

Hasil pengujian mineral tanah lempung dengan menggunakan SEM menunjukkan adanya terlihat butiran kapur yang melekat pada mineral tanah (Gambar 11.)



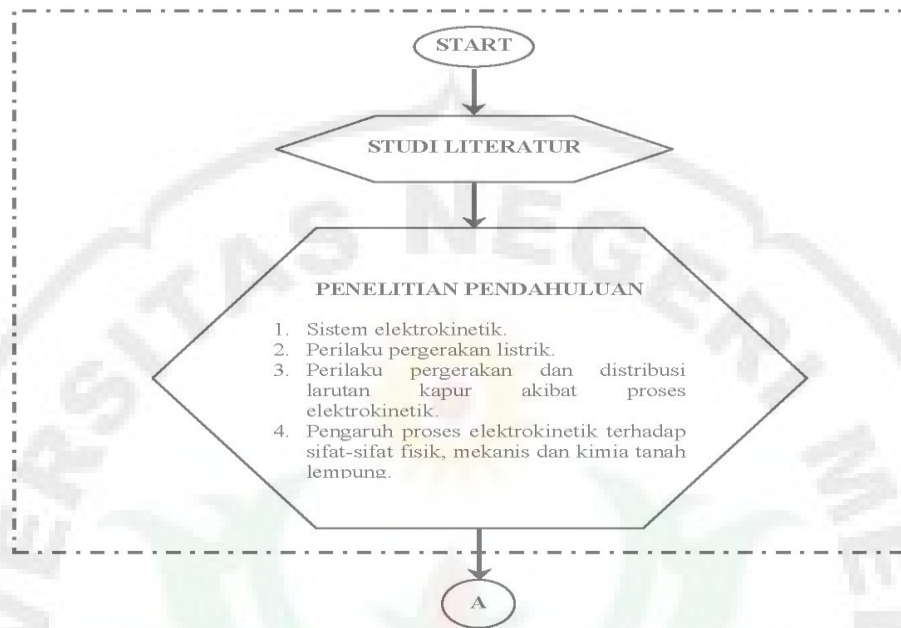
(a) (b)
Gambar 11. Hasil pengamatan mineral tanah lempung Klaten (a). sebelum proses elektrokinetik (b). sesudah proses elektrokinetik.

BAB 3. METODE PENELITIAN

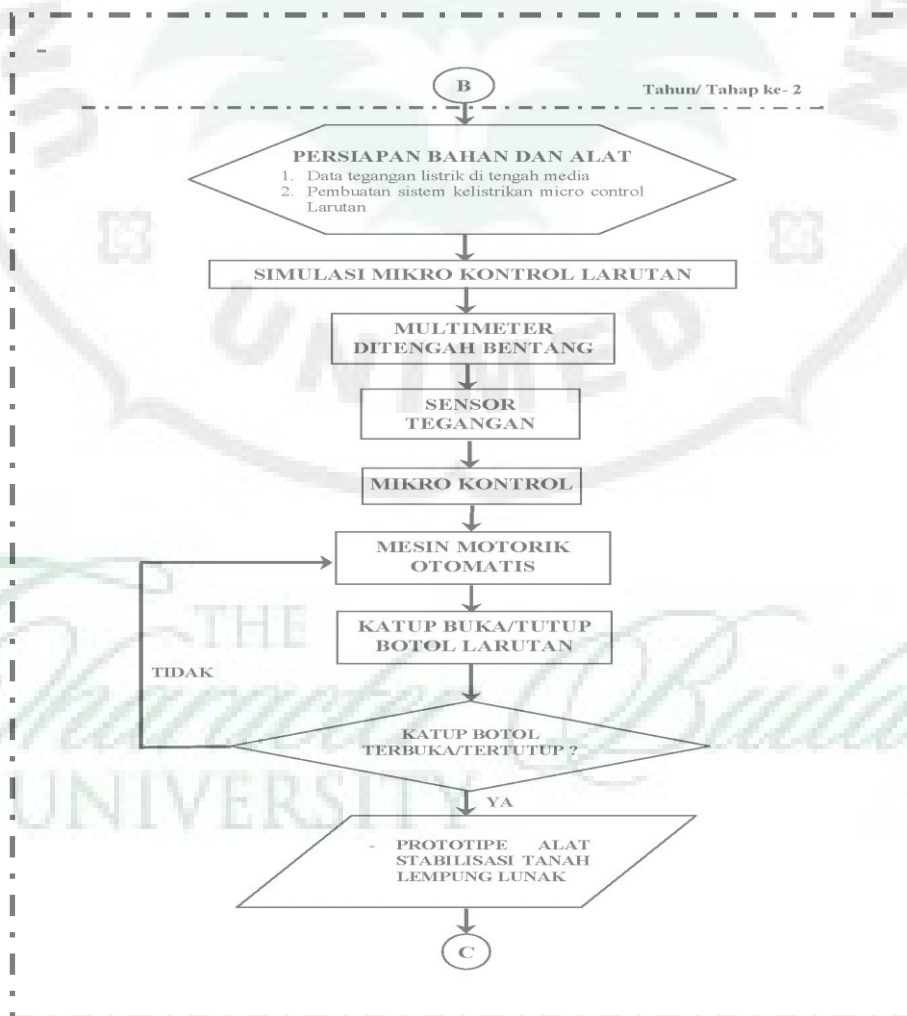
3.1. Metode Penelitian

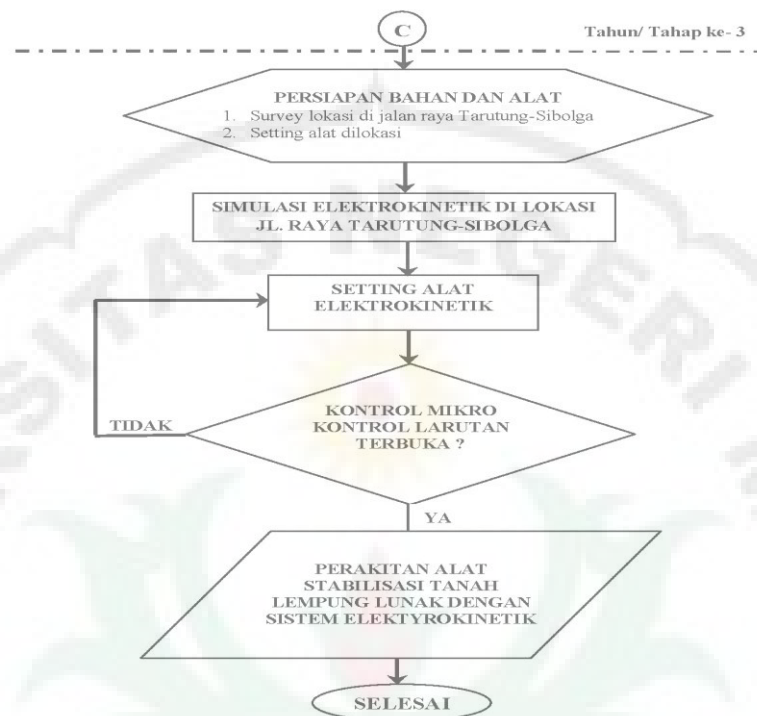
Metode penelitian yang akan digunakan pada penelitian ini adalah metode penelitian eksperimental proses elektrokinetik dengan menggunakan tanah lempung lunak sebagai media. Pengujian proses stabilisasi dilakukan dengan monitoring pergerakan listrik di tengah media contoh tanah lempung lunak. Rancangan pengujian yang akan dilakukan untuk setiap tahap dapat dilihat pada bagan alir penelitian (*fishbone diagram*) berikut ini (Gambar 12.)

THE
Character Building
UNIVERSITY



NB. Diagram alir penelitian yang di arsis menunjukkan progres penelitian yang sudah dilakukan.





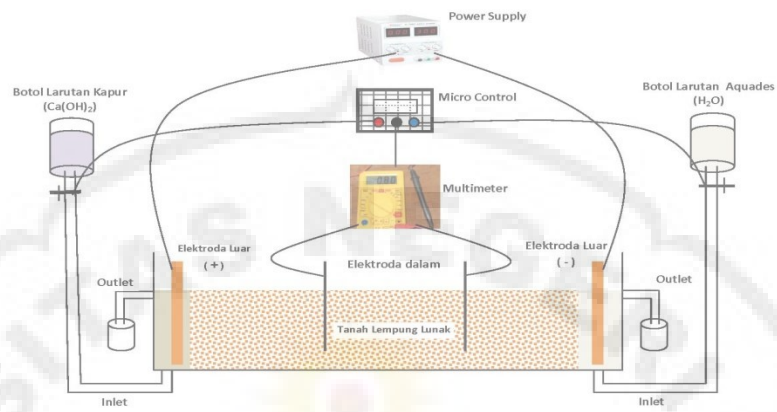
Gambar 12. Bagan alir penelitian (*fishbone diagram*).

3.2. Jenis Contoh Tanah

Jenis contoh tanah yang akan digunakan pada penelitian ini adalah jenis tanah lempung lunak yang terganggu (*disturb sample*) yang diambil dari beberapa titik lereng bukit sepanjang jalan raya lintas tengah Sumatera, jalan Tarutung-Sibolga. Pengambilan sampel dilakukan dengan pencangkulan tanah dengan kedalaman +/- 50 cm dibawah permukaan tanah.

3.3. Rancangan Penelitian

Rencana skematik penelitian yang akan dilakukan dapat dilihat pada gambar 13 berikut ini. Penelitian dilakukan dengan melakukan pengamatan pergerakan listrik ditengah bentang. Perancangan penelitian dilakukan berdasarkan analisa hasil penelitian yang sudah dilakukan, dimana hasil penelitian pendahuluan yang sudah dilakukan menunjukkan bahwa kurva konsentrasi kapur dan distribusi tegangan listrik selama proses elektrokinetik berlangsung menunjukkan hasil nilai ekstrim paling kecil ada di tengah bentang media pengujian.



Gambar 13. Skematik penelitian

THE
Character Building
 UNIVERSITY

BAB 4. HASIL YANG DICAPAI

Hasil sementara yang dicapai dalam penelitian tahun ke 3 ini adalah:

1. Purwarupa sederhana alat elektrokinetik skala laboratorium
2. Preparasi sistem kelistrikan
3. Publikasi ilmiah berupa seminar nasional Seminar Nasional Lembaga Penelitian Universitas Negeri Medan, 28 September 2017, judul makalah: ELEKTROKINETIK: Pemanfaatan Fenomena Kelistrikan Dalam Mengatasi Permasalahan Lempung Lunak, sebagai Pemakalah.
4. Publikasi ilmiah Jurnal Internasional GEOMATE (terindeks Scopus), terbit Oktober 2017, Vol.13, Issue 38, pp.173-177 Geotec., Const. Mat. & Env., ISSN:2186-299.

BAB 5. RENCANA TAHAPAN BERIKUTNYA

Rencana penelitian selanjutnya adalah: melakukan pengujian lanjutan untuk menyempurnakan purwarupa yang sudah dicapai dalam 3 (tiga) tahap penelitian ini dengan melakukan penelitian terapan.



BAB 6. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil pengujian yang dilakukan pada penelitian tahun ke-3 ini diperoleh hasil bahwa pengembangan proses elektrokinetik memiliki potensi yang sangat besar sebagai alternatif model stabilisasi tanah lempung lunak.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, K., Kassim, K. A., & Taha, M. R. (2006). Electroosmotic Flows And Electromigrations During Electrokinetic Processing Of Tropical Residual Soil. *Malaysian Journal of Civil Engineering* , 18(2): 74-88.
- Asadi, A., & Huat, B. B. (2009). Electrical Resistivity of Tropical Peat. *Electronic Journal of Geotechnical Engineering* , Vol.14;1-9.
- Bowles, J. E. (1992). *Engineering Properties of Soils and Their Measurement, 4th edition*. McGraw-Hill., Inc.
- Electrokinetic Strengthening of Soft Clay Using The Anode Depolarization Method 2005 *Bull Eng Geol Environ* 237-245
- Han, S.-J., Kim, S.-S., & Kim, B.-I. (2004). Electroosmosis and pore pressure development characteristics in lead contaminated soil during electrokinetic remediation. *Geosciences Journal* , 8(1):85-93.
- Israelachvili, J. (1991). *Intermolecular and Surface Force, 2nd Edition*. Academic Press.
- Lambe, T. W., & Whitman, R. V. (1979). *Soil Mechanics*. John Wiley & Sons.
- Morefield, S. W., McInerney, M. K., Hock, V. F., Marshall Jr, O. S., Malone, P. G., Weiss Jr, C. A., et al. (2004). *Rapid Soil Stabilization and Strengthening Using Electrokinetic Techniques*. Ft. Belvoir Defense Technical Information Center.
- Pamukcuk, S., Weeks, A., & Wittle, J. K. (2004). Enhanced Reduction of Cr(VI) by Direct Electric Current in a Contaminated Clay. *Journal of Environmental Science & Technology* , 38 (4),1236–1241.
- Panjaitan, N. H. (2013). *Perilaku Penyebaran Larutan Kapur Pada Stabilisasi Tanah Lempung Ekspansif Dengan Menggunakan Proses Elektrokinetik*. Medan, Sumatera Utara: Laporan Hibah Doktor T.A. 2013, Lembaga Penelitian Universitas Negeri Medan.
- Panjaitan, N. H., Rifa'i, A., Adi, A. D., & Sumardi, P. (2012). Electrical Movement Behavior During The Process Of Electrokinetic Occur On Soft Clay Soil Stabilization. *Proceedings 16th annual Scientific Meeting Indonesian Society for Geotechnical Engineering (ISGE/HATTI)*, (pp. 101-108). Jakarta, Indonesia.
- Panjaitan, N. H., Rifa'i, A., Adi, A. D., & Sumardi, P. (2013). Experimental Study of Cation Exchange on Expansive Clay with Electrokinetics Process.

International Journal of Civil & Environmental Engineering IJCEE-IJENS Vol:13 No:02 , 29-34.

Panjaitan, N. H., Rifa'i, A., Adi, A. D., & Sumardi, P. (2011). The Phenomenon of Electromigration During Electrokinetic Process On Expansive Clay Soil. *Journal of Civil & Environmental Engineering IJCEE-IJENS Vol.12, No:04, , Vol.12, No:04, 47-50.*

Rawat, M. (2010). Electrokinetic Remediation of Cadmium Contaminated Soil Using Zero Valant Iron Particle. *Electronic Journal of Geotechnical Engineering , 15(B):1-10.*

Siegel, F. R. (1974). *Applied Geochemistry*. John Wiley & Sons. Inc.

Van Olphen, H. (1977). *Clay Colloid Chemistry, 2nd Edition*. United State of America: John Wiley & Sons.



THE
Character Building
UNIVERSITY

LAMPIRAN-LAMPIRAN

Lampiran 1. Surat Kontrak Penelitian Produk Terapan Lanjutan 2017



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS NEGERI MEDAN

LEMBAGA PENELITIAN

Jalan Willem Iskandar Psr.V - Kotak Pos No.1589 - Medan 20221
Telepon (061) 6613365; Fax.(061) 6613319-6614002
email : unimedlemit@gmail.com

KONTRAK PENELITIAN Penelitian Produk Terapan Lanjutan Tahun Anggaran 2017 Nomor: 045A/UN33.8/LL/2017

Pada hari ini Rabu tanggal Lima bulan April tahun Dua Ribu Tujuh Belas, kami yang bertandatangan di bawah ini :

- 1. Prof. Drs. Motlan, M.Sc, Ph.D.** : Ketua Lembaga Penelitian Universitas Negeri Medan, dalam hal ini bertindak untuk dan atas nama Universitas Negeri Medan yang berkedudukan di Jl. Willem Iskandar Psr V Medan Estate, untuk selanjutnya disebut **PIHAK PERTAMA;**
- 2. NAHESSON HOTMARAMA PANJAITAN** : Dosen FT Universitas Negeri Medan, dalam hal ini bertindak sebagai pengusul dan Ketua Pelaksana Penelitian Tahun Anggaran 2017 untuk selanjutnya disebut **PIHAK KEDUA.**

PIHAK PERTAMA dan **PIHAK KEDUA**, secara bersama-sama sepakat mengikatkan diri dalam suatu Kontrak Penelitian Produk Terapan Lanjutan Tahun Anggaran 2017 dengan ketentuan dan syarat-syarat sebagai berikut:

Pasal 1 Ruang Lingkup Kontrak

PIHAK PERTAMA memberi pekerjaan kepada **PIHAK KEDUA** dan **PIHAK KEDUA** menerima pekerjaan tersebut dari **PIHAK PERTAMA**, untuk melaksanakan dan menyelesaikan Penelitian Produk Terapan Lanjutan Tahun Anggaran 2017 dengan judul "Pengembangan Sistem Elektrokinetik Dengan Inseminasi Larutan Kapur Sebagai Alternatif Proses Stabilisasi Tanah Lempung Lunak Pada Penanggulangan Kelongsoran Tanah Di Jalan Raya Lintas Tengah Sumatera, Tarutung-Sibolga, Sumatera Utara".

Pasal 2 Dana Penelitian

- (1) Besarnya dana untuk melaksanakan penelitian dengan judul sebagaimana dimaksud pada Pasal 1 adalah sebesar Rp 55321000,- (Lima Puluh Lima Juta Tiga Ratus Dua Puluh Satu Ribu Rupiah).
- (2) Dana Penelitian sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dibebankan pada Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran (DIPA) Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan, Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Nomor SP DIPA-042.06.1.401516/2017, tanggal 06 Desember 2016.

1 dari 6

Lampiran 2. Jurnal Internasional GEOMATE

International Journal of GEOMATE, Oct., 2017, Vol.13, Issue 38, pp.173-177
Geotec., Const. Mat. & Env., ISSN:2186-2990, Japan, DOI: <https://doi.org/10.21660/2017.38.74846>

ELECTROKINETIC PHENOMENA OF CATION EXCHANGE AND ITS EFFECT ON THE BEHAVIOUR OF EXPANSIVE CLAYS

*Nahesson Panjaitan¹ and Ahmad Andi²

^{1&2} Civil Departement, State University of Medan, Indonesia

*Corresponding Author, Received: 21 Oct. 2016, Revised: 20 April 2017, Accepted: 20 May 2017

ABSTRACT: This research is a series study of electrokinetic process that used as an alternative of stabilization effort of expansive clays. In particular, an observation of the behavioral changes of soil properties and also behavioral changes of soil swell that occur due to the phenomenon of cation exchange during the electrokinetic process were conducted. The cation used in this study was calcium ions (Ca^{2+}) which are derived from the solution of lime which also used as a stabilizer. Electrokinetic test was conducted by using 2A and 25V DC power. The tested samples in this study were taken from three different locations in Central Java, namely: Purwodadi, Boyolali and Klaten. The composition and concentration of ions in expansive clays was tested by using AAS (Atomic Absorption Spectrum) method. Behavioral of soil properties known the limits of Atterberg (ASTM 4318 and ASTM 427) from testing while the swelling behavior of soil by testing of swelling (ASTM 4546). The observations against the behavior of clay expansive was at the condition of a change in the concentration of sodium ions (Na^+) in the soil during the electrokinetic process. The results showed that at conditions of the concentration of sodium ions (Na^+) was smaller than the initial concentration, the behavior of the value of the liquid limit (LL), the index plastic (PI) and the nature of the development of clay expansive indicated a downward trend, while the behavior of the boundary value shrinkage of the soil showed an upward trend. The results of this research can be used as a baseline data to the development of electrokinetic as an alternative effort of stabilization expansive clays.

Keywords: Electrokinetic, Stabilization, Expansive clay, Cation exchange

1. INTRODUCTION

Expansive clay is a type of clay that has the potential of swell and shrinkage that very contrast which due to the effects of changes in water content. The damages of house and infrastructure caused by swell and shrinkage of expansive clay resulted in a huge amount of losses [1].

In 1980, a number of damages to residential homes and infrastructure damaged in the United States caused by expansive clay reached 7 billion US dollars [2]. Expansive clay spread in almost all the places and areas, such as in the United States, Australia, Canada, India, Israel, Mexico, Venezuela, South Africa, Spain, etc. [3].

In Indonesia, the spread of expansive clay was known from the island of Sumatra up to the island of New Guinea. On the island of Java in particular, expansive clay known to spread in West Java (Cikampek, Jatibarang and KarangNgampel), Central Java (Kudus, Demak, Godong, Purwodadi, Boyolali, Klaten, Wirosari and Cepu), Yogyakarta (Wates), East Java (Bojonegoro, Babat, Lamongan, Gresik, Ngawi and Caruban) [4].

The study on expansive clay indicate that swelling and the shrinkage of the clay caused by a combination of the main compounds arrangement and developed by their specific cations that have the ability to bind water more than the other cations.

Problems on swelling and shrinkage properties of expansive clay are generally overcome by changed of the soil material, water management (drainage), the use of membranes and the stabilization effort. Complex problems that often occur in the process of stabilization expansive clay are the level of homogeneity of the cations exchange are difficult to achieve, the difficulty in determining the material requirements stabilizers, due to the position of expansive clay that is far from the surface, takes a relatively long period and required expensive cost. This limitation can be solved by using electric moving in a medium called electrokinetic process.

2. ELECTROKINETIC AND DEVELOPMENT

Electrokinetic is a process in which ions (electrons, cations, and anions) move with in a conductor media (including clay) due to the difference in electric potential between the positive pole (anode) and the negative pole (cathode). Beginning with the movement of electrons, which move from the cathode to the anode, causing an electric field in the conductor medium.

The electric field that occurs in the media led to the pull of different ion charge, which cations are attracted to the cathode while anions are attracted to

the anode. In expansive clay, cations that bound on the surface of molecules of clay, which is known to negatively charged, will detach and move toward the cathode [5].

Release of cations from a bond molecular of clay causing equilibrium of electric charge at the surface molecule of clay is changed. To establish a new equilibrium electric charge on the surface of the clay, the cations are located around the clay potentially interested and attached to the surface of the clay. This phenomenon is called to cations exchange.

The basic theory of electrokinetic process on the soil stated by Casagrande (1932), but it was developed by the laboratory scale testing by O'Bannon (1976) by using potassium as a stabilizer [6]. Research development of process electrokinetic in the fields problems of geotechnical, among others: research and observation of the changing nature of the properties (physical) of clay as a result of the electrical-chemical [7], the acceleration of stabilization and consolidation of soft clay [8], the process of purification of contaminated ground water heavy metal Cr (VI) [9], electrical resistivity and the sensitivity of the chemical-physical changes in soil type of peat [10].

Based on the results of previous research that have been done, this research is to continue and develop research of electrokinetic process by observing the behavior of the spread of lime solution on expansive clay using electrokinetic process.

3. POTENTIAL ELECTRONEGATIVITY

Potential electronegativity is a chemical property that describes the ability of an atom to attract electrons towards itself in a covalent bond [11]. Atoms consist of a nucleus (neutral charge), protons (positive charge) and electrons (negative charge) moving around the nucleus in its orbit [12]. Coulomb attractive force between electrons and protons causes the electrons bound in atoms [11].

In the condition in which one or a few electrons moving in an orbit of an atom apart due to the interaction force from outside the system, then the atom turns into a cation (surplus positive charge), or vice versa if there are free electrons around the atom, drawn and attached to the system atom, so that the atom has excess negative charge, then the atom turns into anion.

Ions (cations and anions) have the potential electronegativities to bind free ion which exists around them, to establish a new equilibrium charge.

For example Ca^{2+} , which has excess 2 positive charge is capable of binding two negatively charged ions such as OH^- form a covalent bond $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

4. ELECTRIC FIELD

The electric field is the effect caused by the presence of electric charges, such as electrons, ions, or protons, in a room that is in the vicinity, and can lead to the exchange of electrons in atoms. Exchange of electrons causes electron configuration of atoms can have increased or decreased. The atom turns into anions (negatively charged ions) when the electrons in the atom increases, while the atomic electrons is reduced from the amount initially will turn into cations (positively charged ions).

5. ELECTROKINETIC PROCESS

Electrokinetic process is the movement of electrons from the anode to the cathode as a result of two electrodes implanted on a medium (soil) that generate a potential difference (voltage electricity) [13]. In the soil, electrokinetic process occurred by setting of electrodes into the ground and then stream direct current (DC) between the anode and the cathode [14] as shown in Fig.1.

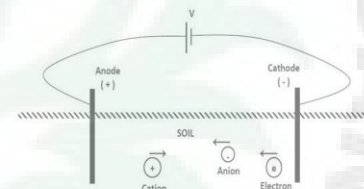


Fig.1 Movement analogy of ions caused by the electrokinetic process

By the time the two poles of the electrodes; anode (+) and cathode (-) were set into soil and extend potential difference, there will be a movement of electrons and ions (cations and anions) to the electrode (cations towards cathode and anions towards to anode).

During the electrokinetic process, there are some phenomena and a reaction occurs, such as electric field, electrochemical phenomena, electroosmosis, electrophoresis and electromigration [5]. Several phenomena occurs as a result of the electrokinetic process as presented in this study, the others from electromigration process as depicted in Fig.2 [15].



(a)



(b)



(c)

Fig.2 A visual observation of the movement of ions caused by electrokinetics process on clay sample (a). Condition at cathode chamber before electrokinetics; (b). Condition at cathode chamber after electrokinetics; (c). Traces of lime on the finger [15]

6. CATIONS EXCHANGES ON CLAY DURING ELECTROKINETIC PROCESS

Cation exchange can occur due to a change in the charge on the cation equilibrium caused by the electric field during the electrokinetic process

occurred. The moving electrons from the cathode to the anode causing the electric field in the clay.

The electric field can lead to the separation of the electrons in the atoms, resulting in a change of equilibrium charge on the atom. To establish a new equilibrium charge, the atoms form a covalent bond with other ions. Formation of covalent ion bond with the molecular clay influenced by potential of electronegativity certain ion. The greater the potential electronegativity an ion, then the potential of the ionic bonds with the molecules of clay will be greater [16].

On the stabilization of clay with a solution of lime and use the process of electrokinetic, Ca^{2+} is generated as a result of an electrochemical process, have a potential electronegativity larger than the Na^+ , K^+ and Mg^{2+} , so all three ions have the potential to be separated from a covalent bond with molecules of clay and replaced with Ca^{2+} . This phenomenon is called the cation exchange. Cation exchange on clay soil does not lead to changes in the molecular structure of the clay (physicochemical). In addition to comparing the potential value of electronegativity of an atom or element, cation exchange is also affected by valence ion, the type and size of the ion [17].

7. SCOPE AND LIMITATIONS

The scope of this research is to investigate the phenomenon of cation exchange and its influence on the properties of clay and potential for swelling on expansive clay due electrokinetic processes. Observation to the phenomenon of cation exchange is conducted by using Atomic Absorption Spectrometer (AAS) method to the quantity and composition of clay minerals during the electrokinetic process. Type of main minerals that observed is calcium due to the use of lime in this test. Observations on the properties of clay (liquid limit and shrinkage limit) is conducted by testing the limits of Atterberg (ASTM D4318 and ASTM D427), while the observation of the development potential of clay is conducted by testing swelling (ASTM 4546, (B)).

8. METHODS AND MATERIALS

A DC power source with electrical potential (V) ranges from 5 to 10 volts with the currents (I) is about 2 Ampere was used in this experimental study. All electrodes used in this research were copper material. Media of test that used in this study is an open aquarium made of glass with size (length x width x height): 100 cm x 40 cm x 30 cm.

Electrolyte solution used was a solution of lime that placed in the anode chamber and pure water (distilled water, H_2O) in the cathode chamber. Type of clay tested in this study was taken from three

different areas in Central Java, namely: Purwodadi, Boyolali, and Klaten. The schematic of electrokinetic testing can be seen in Fig.3.



Fig.3 Schematic of electrokinetic testing

9. RESULT AND DISCUSSION

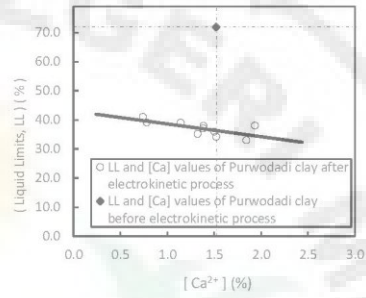
Results of testing Atterberg limits, chemical testing and swelling testing of expansive clay that used in this research can be seen in the following table (Table 1).

Table 1 Results of testing Atterberg limits, chemical testing and swelling testing

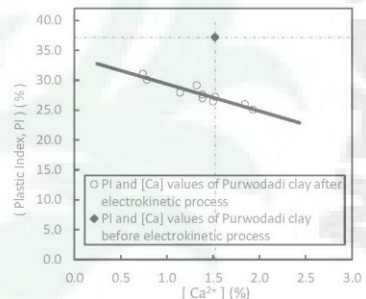
No	Type of Testing	Type of Soil		
		Purwodadi	Boyo lali	Klaten
1	Atterberg Limits			
1.1	Liquid Limits (%)	71,907	74,731	73,158
1.2	Plastic Limits (%)	34,736	20,95	22,179
1.3	Shrinkage Limits (%)	5,957	6,943	7,563
2	Chemical testing			
2.1	Al ₂ O ₃ (%)	25,73	19,69	20,20
2.2	SiO ₂ (%)	55,84	56,24	62,41
2.3	CaO (%)	2,12	2,72	3,19
2.4	Fe ₂ O ₃ (%)	7,80	16,76	8,72
2.5	MgO (%)	0,78	0,70	1,50
2.6	K ₂ O (%)	0,42	0,22	0,45
2.7	Na ₂ O (%)	1,10	0,89	1,33
3	Swelling Test			
3.1	Swelling Pressure (kPa)	275	255	235
3.2	Swelling Potential (%)	18,04	17,76	17,54

The results of testing against the changing of soil properties due to changes in the concentration

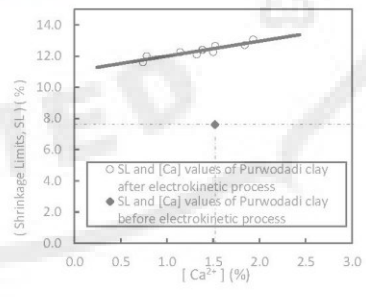
of Ca²⁺ ions during the electrokinetic process (that shown is the testing of clay Purwodadi) can be seen in Fig.4.



(a)



(b)



(c)

Fig.4 Results testing of propertis clay soil from Purwodadi due of electrokinetic process (a). Liquid Limits, (b). Plastic Index, (c). Shrinkage Limits

The swelling test results (pressure swell and potential swell) of clay due to changes in the concentration of Ca ions during the electrokinetic process can be seen in the table below. (Table 2)

Table 2. The swelling test results of expansive clay

No	Parameters	Values of Parameters	
		Purwodadi	
1	[Ca ²⁺] (%)	0,742	2,462
2	Swelling Potential (%)	10,13	8,63
3	Swelling Pressure (kPa)	147	128

Table 2. (continued)

No	Parameters	Values of Parameters			
		Boyolali		Klaten	
1	[Ca ²⁺] (%)	0,380	2,414	0,944	3,634
2	Swelling Potential (%)	11,42	8,13	11,55	8,35
3	Swelling Pressure (kPa)	159	121	151	113,3

10. CONCLUSION

The test results of the properties of clay showed that the electrokinetic process is capable of lowering the value of the Liquid Limit (LL) and Plasticity Index (PI) and increase the value of shrinkage limit of clay. On the condition of the concentration of Ca²⁺ less than the value of the initial concentration of Ca²⁺, the value of the liquid limit and plasticity index of clay was much diminished compared with the value of the liquid limit and plasticity index of the original land while the value of Shrinkage Limit (SL) in these conditions is greatly increased compared to the value of the original soil shrinkage limit. It is caused by changes in the concentration of ions that are on expansive clay after electrokinetic.

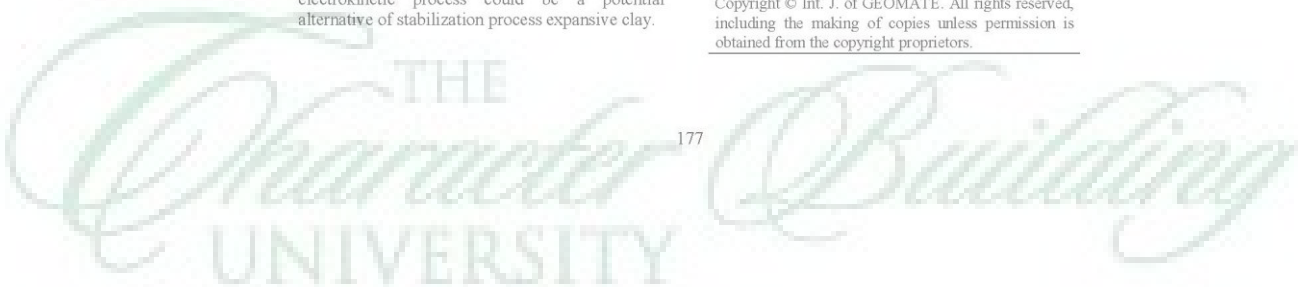
The test results of swelling clay indicated the decline in value against the swelling pressure and swelling potential of expansive clay. The similar results as on result of the properties of soil, on condition of concentration value of Ca²⁺ ion, is smaller than the original value of clay, the value of swelling pressure and swelling potential of clay is under swelling pressure value and potential swelling of the original clay.

The experimental results showed that electrokinetic process could be a potential alternative of stabilization process expansive clay.

11. REFERENCES

- [1] Jones, D. E., and Holtz, W. G., "Expansive Soils - the hidden disaster", Civil Engineering – ASCE , 43 (8), 1973, 49-51.
- [2] Wray, W. K., dan Meyer, K. T., "Expansive Clay Soil: A Widespread and Costly GeoHazard", GeoStrata, ASCE Geoinstitute, 2004, 24-28.
- [3] Chen, F. H., "Foundations on Expansive Soils", 1st ed. Vol. XII, New York: Elsevier Scientific Publishing Company, 1975.
- [4] PdT-10-2005-B, "Construction and Building Guidelines: Handling of expansive soil, public Works Department", 2005.
- [5] Van Olphen, H., "An introduction to clay colloid chemistry", New York: Interscience Publishers, 1963.
- [6] Petry, T. M, and Little, D. N., "Review of Stabilization of Clays and Expansive Soils in Pavements and Lightly Loaded Structures—History, Practice, and Future", Journal of Material in Civil Engineering, Vol.14, 2002.
- [7] Gray, D. H., and Schlocker, J., "Electrochemical Alteration of Clay Soils, Clays and Clay Minerals", Vol. 17, Pergamon Press, 1969.
- [8] Morefield, S. W., McInerney, M. K., Hock, V. F., Marshall Jr, O. S., Malone, P. G., Weiss Jr, C. A., "Rapid Soil Stabilization and Strengthening Using Electrokinetic Techniques", Ft. Belvoir Defense Technical Information Center, 2004.
- [9] Pamukcu, S., Weeks, A., and Wittle, J. K., "Enhanced Reduction of Cr(VI) by Direct Electric Current in a Contaminated Clay", Journal of Environmental Science & Technology, Vol. 38 (4), 2004, pp. 1236–1241.
- [10] Asadi, A., and Huat, B. B., "Electrical Resistivity of Tropical Peat", Electronic Journal of Geotechnical Engineering , Vol.14, 2009, pp. 1-9.
- [11] Pauling, L. C., "Nature of the Chemical Bond", 3rd Ed. Ithaca, NY: Cornell University Press, 1960, pp. 88–107.
- [12] Kotz, J. C., Treichel, P. M., and Townsend, J., "Chemistry and Chemical Reactivity", 7 ed, Canada: Cengage Learning, 2007.
- [13] Bakewell, F. C., "Electric science; its history, phenomena, and applications", London: Ingram, Cooke & Co, 1853.
- [14] Hausmann, M. R., "Engineering principles of ground modification", New York: McGraw-Hill, ISBN 0070272794, 1990.
- [15] Panjaitan, Nahesson Hotmarama, Rifa'i. Ahmad, Adi, Agus Darmawan, and Sumardi. P. Experimental Study of Cation Exchange on Expansive Clay with Electrokinetics Process. International Journal of Civil & Environmental Engineering IJCEE-IJENS, 2013.
- [16] Lambe, T. W., and Whitman, R. V., "Soil Mechanics", SI Version, John Wiley & Sons, 1979.
- [17] Mitchell, J. K., "Fundamentals of Soil Behavior", 2nd ed, New York: Wiley & Sons, Inc., 1992.

Copyright © Int. J. of GEOMATE. All rights reserved, including the making of copies unless permission is obtained from the copyright proprietors.



Lampiran 3. Sertifikat Seminar Nasional

Nomor : 274/UN.33.8/LL/2017



SERTIFIKAT

Diberikan kepada:
Dr. Nahesson Panjaitan, ST, MT.
Sebagai
Pemakalah

Pada Seminar Nasional Lembaga Penelitian Universitas Negeri Medan
"Hilirisasi Penelitian Untuk Kesejahteraan Masyarakat"
Hotel Grand Inna Medan, 28 September 2017 .

 Rektor UNIMED Prof. Dr. Syawal Gultom, M.Pd NIP : 196202031987031002	 Ketua LEMLIT UNIMED Prof. Drs. Motlan, M.Sc, Ph.D NIP : 195908051986011001	 Ketua Panitia Dr. Martina Restuati, M.Si NIP : 196303211988032002
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

THE
Character Building
UNIVERSITY