



G0-22

EFEKTIVITAS PENAMBAHAN NATRIUM HIDROKSIDA DALAM MENURUNKAN POTENSI PENGEMBANGAN TANAH LEMPUNG DIBANDINGKAN DENGAN PENAMBAHAN KAPUR DOLOMITE

Novi Ayu Setyaningtyas^{*}, Indah Ayuliani², Ir. D. Budi Setiyadi, MT¹ dan Dr. Ir. Maria Wahyuni, MT³

¹*Program Studi Teknik Sipil, Universitas Katolik Soegijapranata, Jl. Pawiyatan Luhur IV/1 Semarang*

e-mail: 18b10070@student.unika.ac.id

²*Program Studi Teknik Sipil, Universitas Katolik Soegijapranata, Jl. Pawiyatan Luhur IV/1 Semarang*

e-mail: 18b10089@student.unika.ac.id

³*Program Studi Teknik Sipil Universitas Katolik Soegijapranata, Jl. Pawiyatan Luhur IV/1 Semarang*

e-mail: budi_setiyadi@unika.ac.id

Program Studi Teknik Sipil Universitas Katolik Soegijapranata, Jl. Pawiyatan Luhur IV/1 Semarang

e-mail: maria@unika.ac.id

ABSTRAK

Tanah menjadi bagian penting dan menjadi dasar dalam suatu struktur atau konstruksi, baik konstruksi bangunan, jalan, maupun infrastruktur lain. Sifat-sifat dan jenis tanah di lapangan bervariasi, sebagai contoh adanya tanah ekspansif yang mempunyai sifat mudah mengalami pengembangan dan penyusutan. Sifat ini mampu merusak bangunan yang berdiri di atasnya. Sampel tanah yang diteliti adalah tanah di Lokasi X Kota Semarang dan dilakukan pengujian mineral *X-Ray Fluorescence (XRF)*, pengujian ukuran butiran tanah, *index properties*, *atterberg limit*, dan *swelling test*. Hasil uji XRF menunjukkan mineral dominan adalah Si (silikon) sebesar 54,6%. Berdasarkan uji *index properties* didapatkan nilai kadar air alami 21,83%, berat jenis tanah (G_s) sebesar 2,463 dan tergolong *halloysite*. Uji *atterberg limit* menghasilkan nilai *index plasticity (IP)* sebesar 18,46% sehingga termasuk kategori tanah dengan potensi pengembangan sedang dan agak ekspansif. Proses penelitian ini dilakukan upaya stabilisasi dengan penambahan kapur *dolomite* ($\text{CaO} + \text{MgO}$), Natrium Hidroksida (NaOH) dengan masing-masing kadar 5%, 10%, 15%. Berdasarkan penambahan kapur *dolomite* kadar 5%, 10%, dan 15% memberikan hasil *index plasticity* sebesar 20,18%; 19,10%; dan 16,95%, dan berdasarkan penambahan NaOH didapatkan nilai *index plasticity* yaitu 18,67%; 17,32%; dan 16,45%. Berdasarkan bahan tersebut, hasil menunjukkan masing-masing bahan dengan penambahan kadar lebih besar mampu memperbaiki karakteristik dan sifat tanah. Hasil nilai berat jenis tanah (G_s) kapur *dolomite* kadar 5%, 10%, 15% yaitu 2,79; 2,35; dan 2,16, G_s NaOH kadar 5%, 10%, 15% didapatkan hasil 2,73; 2,52; dan 2,31. Berdasarkan pengujian potensi pengembangan menggunakan alat konsolidasi, didapatkan hasil *swelling test* tanah asli mengalami pengembangan 0,23 mm. Hasil *swelling* dengan penambahan bahan kapur *dolomite* kadar 5%, 10%, 15% yaitu 0,14 mm; 0,13 mm; dan 0,05 mm. Hasil *swelling test* NaOH sebesar 0,10 mm; 0,02 mm; 0,01 mm. Berdasarkan data yang diperoleh maka bahan tambah yang dianggap baik dan efektif untuk memperbaiki dan mengurangi tingkat pengembangan adalah NaOH kadar 15%.

Kata Kunci: tanah, uji XRF, *index properties*, *atterberg limit*, *swelling test*.

PENDAHULUAN

Indonesia memiliki berbagai macam keanekaragaman yang banyak termasuk keanekaragaman jenis tanah yang ada. Variasi sifat-sifat dan jenis tanah memberikan dampak yang berbeda terhadap konstruksi atau bangunan di atasnya. Sifat tanah yang merusak seperti mudah mengalami pengembangan dan penyusutan tentu mampu merusak dan menghancurkan konstruksi yang berdiri di atasnya. Lokasi X di Kota Semarang yang menjadi tempat penelitian ini telah dibangun banyak bangunan sederhana dan pabrik-pabrik.

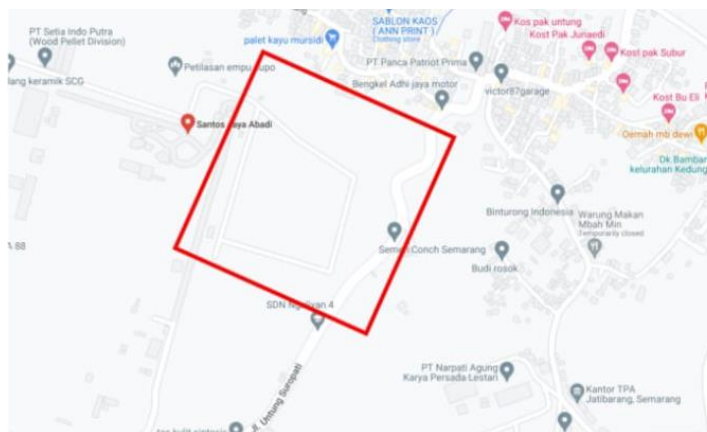
KoNTekS17

Konferensi Nasional Teknik Sipil ke-17

Pembangunan fasilitas ini tidak dilengkapi dengan sistem drainase yang baik dan memadai, serta kondisi kemiringan lereng melebihi 45° , sehingga air hujan langsung masuk ke dalam tanah tersebut. Kondisi ini menyebabkan terjadinya kelongsoran pada sebagian wilayah di lokasi X Kota Semarang ini.

Menurut Wahyuni (2014) di lokasi X Kota Semarang ini merupakan daerah perbukitan yang memiliki kondisi lapisan tanah yang teguh dan keras. Namun pada saat terjadi hujan kondisi tanah mudah menjadi lunak dan menyerap air. Sebaliknya, apabila tanah mengering, maka kondisi tanah retak. Berdasarkan hasil penelitian ini, kondisi tanah merupakan tanah lempung ekspansif dengan kandungan mineral *montmorillonite*.

Kerusakan yang diakibatkan oleh tanah pada daerah penelitian ini antara lain rusaknya fasilitas yang telah dibangun. Kerusakan ini disebabkan oleh faktor manusia dan faktor alam. Faktor manusia yang dimaksud seperti bangunan pabrik dan bangunan rumah di sekitar lokasi X Kota Semarang yang tidak didukung sistem drainase yang baik. Selain faktor manusia, juga terdapat penyebab lain seperti faktor alam berupa kondisi tanah yang berada di lokasi X Kota Semarang dan kondisi cuaca yang terjadi di wilayah tersebut seiring dengan iklim yang ada di Indonesia. Kondisi lokasi di daerah X Kota Semarang ini banyak terdapat genangan-genangan air yang mengganggu akses keluar masuk transportasi. Peristiwa kelongsoran di tanjakan lokasi X Kota Semarang ini juga mengganggu lalu lintas di jalan sekitar. Kondisi lokasi penelitian diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Pengambilan Sampel (Google Maps)



Gambar 2. Lokasi Pengambilan Sampel (Google Earth)



Gambar 3. Genangan Air di Lokasi X

TINJAUAN PENELITIAN

Tinjauan pustaka ini memuat tinjauan umum tentang tanah, jenis tanah bermasalah atau *difficult soil*, dan cara-cara untuk mengidentifikasi tanah ekspansif. Penjelasan tersebut dijelaskan pada uraian berikut ini.

a. Tinjauan Umum Tanah

Berdasarkan buku Mekanika Tanah Jilid 1 mengenai Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis yang ditulis oleh Das, dkk (1995), tanah diartikan sebagai suatu material yang mengandung agregat/butiran mineral padat yang tidak terikat secara kimia serta bahan organik lain yang telah mengalami pelapukan (zat padat), zat cair dan zat gas yang mengisi ruang antar partikel. Tanah menjadi salah satu material bangunan dalam berbagai proyek pembangunan konstruksi yang berfungsi sebagai pendukung pondasi dalam suatu bangunan.

b. Jenis Tanah Bermasalah atau *difficult soil*

Tanah bermasalah merupakan tanah yang dapat menimbulkan masalah geoteknik terhadap konstruksi yang dibangun. Contoh tanah bermasalah dijelaskan pada uraian berikut ini.

b1. Tanah lempung lunak (*soft soil*)

Menurut Soetjiono dan Pasaribu (2008), pengertian tanah lunak adalah tanah yang memiliki sifat lemah dan terbentuk dari proses pengendapan *alluvial* dan terdapat di dataran *alluvial*, memiliki kuat geser lapangan kurang dari 40 kPa serta memiliki kompresibilitas atau tingkat penurunan tinggi.

b2. Gambut (*peat*)

Gambut adalah salah satu jenis tanah yang mengandung banyak bahan organik yang dapat mempengaruhi sifat tanah tersebut. Gambut termasuk tanah jenuh air yang terbentuk akibat dari endapan atau penumpukan dari sisa-sisa tumbuhan yang melapuk dan memiliki ketebalan lebih dari 50 cm (Rancangan Standar Nasional Indonesia-R-SNI, Badan Sertifikasi Nasional, 2013).

b3. Tanah ekspansif (*expansive soil*)

Tanah ekspansif atau *expansive soil* diartikan sebagai tanah yang memiliki potensi pengembangan maupun penyusutan yang tinggi dikarenakan perubahan kadar air. Tanah ekspansif banyak dijumpai di Indonesia, dimana apabila kadar air tanah bertambah maka tanah mengembang serta tanah menyusut apabila kadar air berkurang (Hardiyatmo, 2014).

c. Identifikasi Tanah Ekspansif

Tanah ekspansif dengan potensi pengembangan dan penyusutannya yang tinggi, menjadi permasalahan apabila menimbulkan kerusakan di lapangan. Tujuan dari penyelidikan tanah dan percobaan di laboratorium adalah untuk menentukan sifat-sifat fisik tanah serta karakteristik tanahnya. Penjelasan mengenai identifikasi tanah ekspansif diuraikan pada uraian berikut ini.

c1. Korelasi dengan batas-batas *Atterberg*

Parameter yang digunakan adalah ASTM D-1883 dengan tabel perkiraan derajat dan persen pengembangan berdasarkan indeks plastisitas yang diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hubungan Potensi Pengembangan dan PI (Chen, 1998)

Indeks Plastisitas (PI)	Potensi Pengembangan
> 55	Sangat tinggi
20-35	Tinggi
10-35	Sedang
0-15	Rendah

(Sumber: Chen (1988) dalam Hardiyatmo (2014))

Tabel hubungan potensi pengembangan dan PI yang diperlihatkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Perkiraan Derajat dan Persen Pengembangan Berdasarkan Indeks Plastisitas (PI) (ASTM D-1883)

Indeks Plastisitas (ASTM D-424)	Derajat Pengembangan	Persen Pengembangan (ASTM D-1883)
0-10	Tidak ekspansif	2 atau kurang
10-20	Agak ekspansif	2 - 4
>20	Ekspansif tinggi	>4

(Sumber: ASTM D-1883 dalam Hardiyatmo, 2014)

c2. Korelasi dengan nilai berat jenis tanah atau *specific gravity* (G_s)

Berdasarkan nilai berat jenis tanah yang didapat maka dapat dihubungkan hasilnya dengan parameter dari tabel berat spesifik mineral-mineral yang diperlihatkan pada Tabel 3.

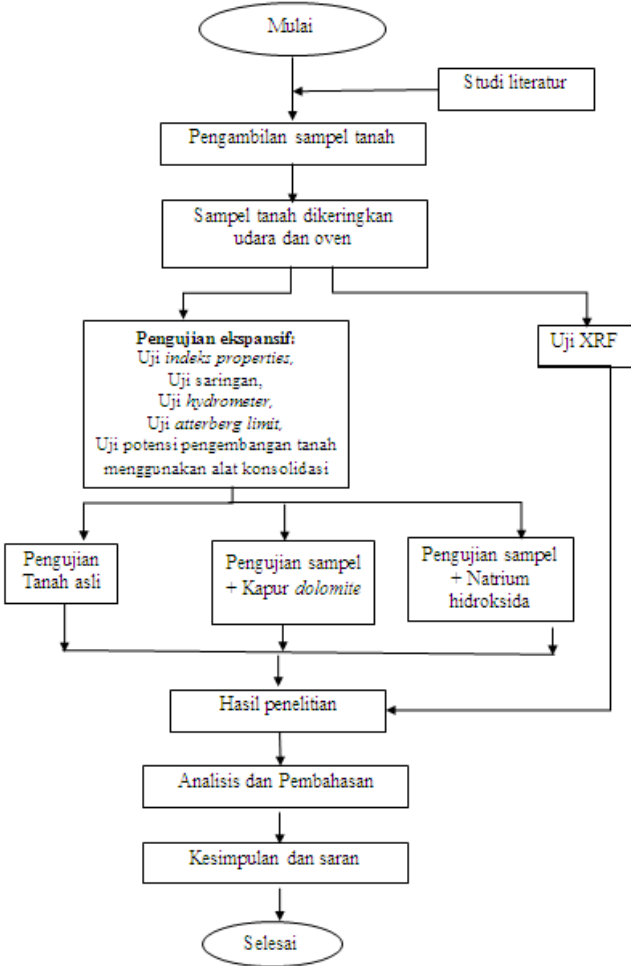
Tabel 3. Berat Spesifik Mineral-Mineral Penting

Mineral	Aktivitas (A)
Na - montmorillonite	4 - 7
Ca-montmorillonite	1,5
Illite	0,5 - 1,3
Kaolinite	0,3 - 0,5
Halloysite (dehydrated)	0,5
Halloysite (hydrated)	0,1
Attapulgit	0,5 - 1,2
Allophane	0,5 - 1,2
Mica (muscovite)	0,2
Calcite	0,2
Quartz	0

(Sumber: Skempton, 1953 dan Mitchell, 1976 dalam Hardiyatmo, 2014)

METODE PENELITIAN

Metode penelitian terdiri dari tahapan persiapan yaitu peninjauan lokasi, pengumpulan data hasil penelitian sampai dengan pengambilan kesimpulan dan saran. Penelitian ini merupakan studi kasus yang berguna untuk mendapatkan pengetahuan terkait informasi mengenai kerusakan tanah, sifat-sifat fisis dan karakteristik dari tanah ekspansif dan campuran kapur tohor dolomite (CaO + MgO), dan Natrium Hidroksida (NaOH).



Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Sampel tanah yang digunakan untuk penelitian ini adalah tanah asli di Lokasi X Kota Semarang. Kondisi fisik sampel tanah yang digunakan pada lokasi ini memiliki warna coklat muda dan kekuning-kuningan, hal ini dibuktikan pada saat proses pengamatan serta pengambilan sampel tanah. Tanah yang diambil dibagi dalam 2 jenis, yaitu tanah terganggu (*Disturbed*) yang dimasukkan dalam tabung dan tanah tidak terganggu (*Undisturbed*) yang dimasukkan dalam karung.

Pengujian pada penelitian ini dibagi menjadi dua yaitu pengujian mineral yang dilakukan di Laboratorium Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) Jawa Tengah untuk dilakukan pengujian *X-Ray Fluorescence* (XRF) dan pengujian di laboratorium Mekanika Tanah Universitas Katolik Soegijapranata Kota Semarang. Pengujian yang dilakukan antara lain *index properties*, *atterberg limit*, berat jenis tanah (*specific gravity*), serta uji potensi pengembangan dengan alat konsolidasi.

Pengujian tahap awal dilakukan dengan tujuan mengetahui sifat fisik, jenis tanah dan karakteristik tanah asli di lokasi X Kota Semarang. Setelah hasil penelitian tahap awal diperoleh, penelitian dilanjutkan dengan

mencampur tanah asli menggunakan bahan tambah yaitu kapur *dolomite*, dan NaOH. Masing-masing bahan tambah dicampur ke tanah asli dengan kadar 5%, 10%, dan 15%.

Hasil pengujian *x-ray fluorescence* (XRF)

Pengujian kandungan mineral dari tanah dilakukan dengan pengujian x-ray fluorescence di laboratorium ESDM Jawa Tengah. Hasil dari pengujian XRF yang dilakukan di Laboratorium ESDM Kota Semarang memberikan hasil bahwa komponen material yang paling banyak terkandung dalam tanah asli adalah komponen Si (silikon) sebesar 54,6%, zat ini disebut juga zat pasir dan banyak terkandung dalam tanah kepasiran. Hasil kandungan mineral dari uji XRF ini diperlihatkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Uji XRF

Komponen	Komponen	Nilai Hasil Analisis (%)
Si	<i>Silicon</i>	54,6
Al	<i>Aluminium</i>	27,5
Fe	<i>Iron</i>	10,8
K	<i>Pottasium</i>	2,31
Ca	<i>Calcium</i>	1,80
Mg	<i>Magnesium</i>	1,08
Ti	<i>Titanium</i>	0,900
P	<i>Phosporus</i>	0,465
Mn	<i>Manganese</i>	0,167
Ni	<i>Nickel</i>	0,0705
S	<i>Sulfur</i>	0,0673
Ba	<i>Beryllium</i>	0,0624
V	<i>Vanadium</i>	0,0598
Sr	<i>Strontium</i>	0,0431
Zr	<i>Zirconium</i>	0,0234
Cu	<i>Copper</i>	0,0203
Co	<i>Cobalt</i>	0,0159
Cr	<i>Chromium</i>	0,0158
Zn	<i>Zink</i>	0,0152
Rb	<i>Rubidium</i>	0,0098
Cl	<i>Chlorine</i>	0,0095
Y	<i>Yttrium</i>	0,0054
Cd	<i>Cadmium</i>	0,0036
Ga	<i>Gallium</i>	0,0032
Nb	<i>Niobium</i>	0,0021
Pa	<i>Protactinium</i>	0,0020
Pb	<i>Lead</i>	0,0018
Ag	<i>Silver</i>	0,0016
As	<i>Arsenic</i>	0,0003



(Sumber: Laboratorium ESDM Jawa Tengah)

Hasil pengujian tanah asli

Pengujian tanah asli dilakukan untuk mengetahui jenis tanah dan karakteristik dari sampel tanah di lokasi X Kota Semarang. Pengujian yang dilakukan meliputi berat jenis tanah serta uji potensi pengembangan dengan alat konsolidasi. Hasil dari masing-masing pengujian di laboratorium Mekanika Tanah Unika Soegijapranata Kota Semarang disajikan dalam uraian berikut ini.

Pengujian index properties

Pengujian *index properties* dilakukan dengan pengujian kadar air alami, dan *specific gravity* (G_s). Hasil pengujian diperlihatkan pada Tabel 5.

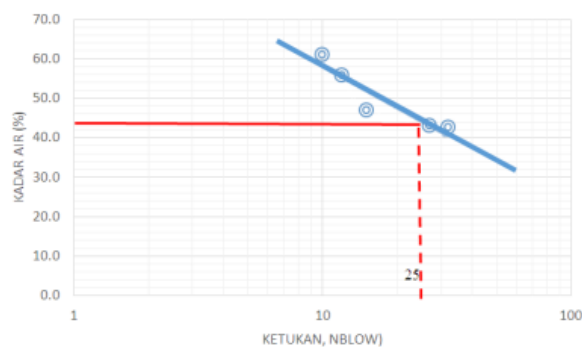
Tabel 5. Hasil Uji *index properties*

No.	Pengujian	Hasil
1.	<i>Water content</i>	21,83%
2.	<i>specific gravity (G_s)</i>	2,463

Hasil dari pengujian kadar air alami atau *water content* diperoleh 21,83%, dan berat jenis tanah diperoleh nilai 2,463 dan termasuk mineral *halloysite*.

Pengujian Atterberg limit

Pengujian atterberg limit yang diuji pada penelitian ini meliputi batas cair (*liquid limit*), dan batas plastis (*plastic limit*). Hasil dari grafik *liquid limit* diperlihatkan pada Gambar 5.

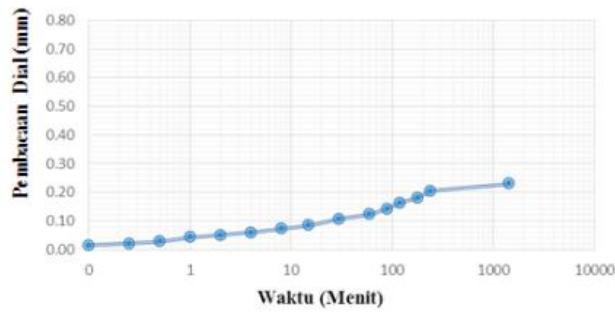


Gambar 5. Grafik *Liquid Limit*

Berdasarkan pengujian didapatkan nilai batas cair 46% dan batas plastis 27,54%, sehingga diperoleh nilai IP sebesar 18,46%.

Swelling Test

Uji potensi pengembangan menggunakan alat konsolidasi dilakukan dengan menggunakan beban penyeimbang 25 gr selama 24 jam. Hasil *swelling test* tanah asli menunjukkan tanah mengalami pengembangan 0,23 mm. Grafik *swelling* diperlihatkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik Swelling Test Tanah Asli

Hasil pengujian menggunakan bahan tambah

Upaya stabilisasi tanah dilakukan dengan memberikan bahan campuran kapur *dolomite*, natrium hidroksida dengan masing-masing kadar 5%, 10%, dan 15%. Hasil dari pengujian di laboratorium diuraikan sebagai berikut.

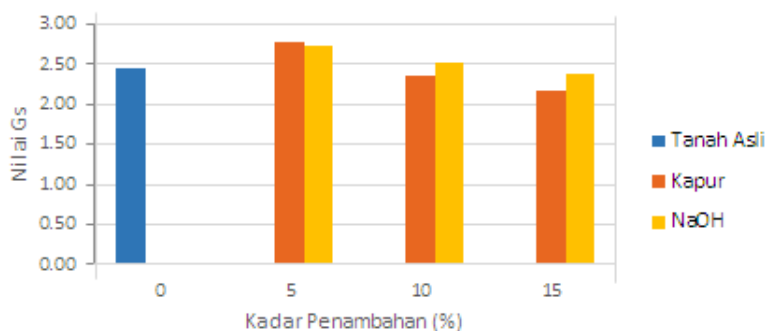
Pengujian berat jenis tanah (G_s)

Data yang diperoleh dari uji berat jenis tanah dengan kadar penambahan 5%, 10%, dan 15% dari berat tanah kering diperlihatkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Rekap Hasil Uji Berat Jenis Tanah

Kadar (%)	Kapur <i>Dolomite</i>	NaOH
0	2,46	2,46
5	2,79	2,73
10	2,35	2,52
15	2,16	2,38

Grafik perbandingan nilai G_s diperlihatkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik Hubungan Nilai G_s dan Kadar Penambahan

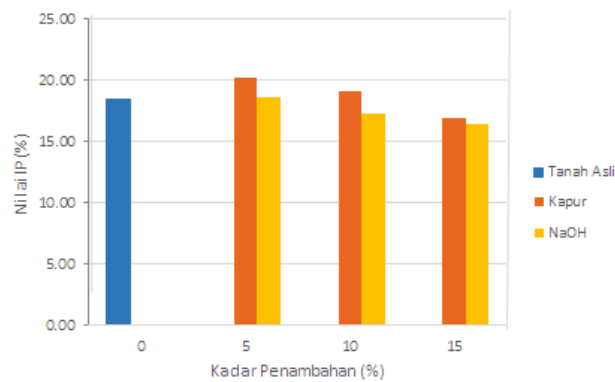
Pengujian atterberg limit

Hasil rekap nilai IP dengan penambahan kapur dolomite, NaOH kadar 5%, 10%, dan 15% diperlihatkan pada Tabel 7, serta hasil grafik hubungan IP dan kadar diperlihatkan pada Gambar 7.

Tabel 7. Rekap Perbandingan Nilai IP

Kadar (%)	Kapur <i>dolomite</i>	NaOH
0%	18,46%	18,46%
5%	20,18%	18,67%
10%	19,10%	17,32%
15%	16,95%	16,45%

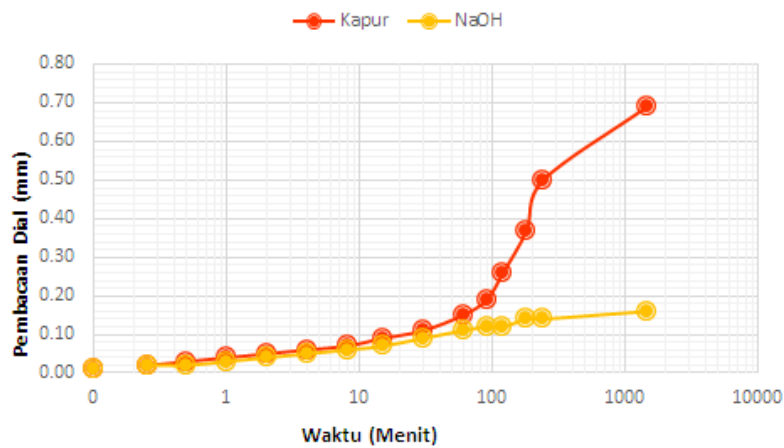
Grafik perbandingan nilai IP dan kadar penambahan 0%, 5%, 10%, dan 15% diperlihatkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik Hubungan IP dan Kadar Penambahan

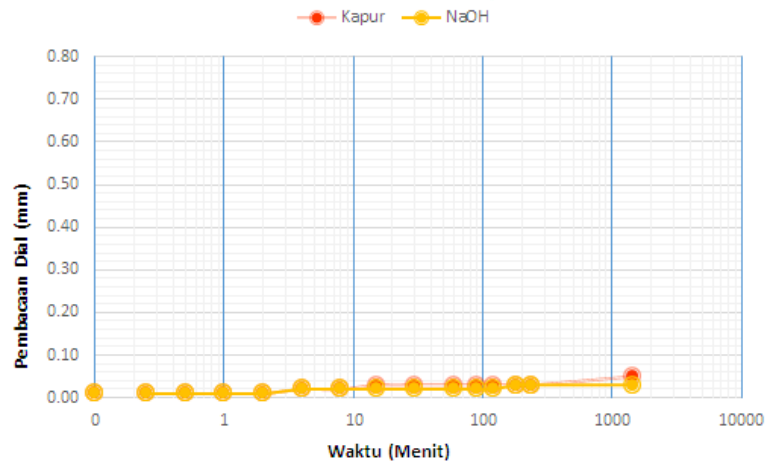
Pengujian *swelling test*

Hasil grafik nilai perbandingan potensi pengembangan kadar 5% dari bahan kapur dolomite, NaOH diperlihatkan pada Gambar 9.



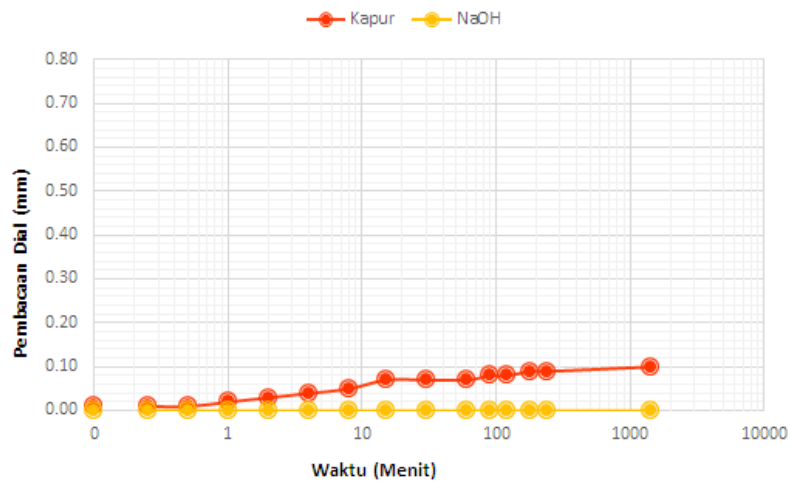
Gambar 9. Grafik Perbandingan Nilai Pengembangan Kadar 5%

Grafik perbandingan penambahan bahan kapur *dolomite*, dan NaOH kadar 10% diperlihatkan pada Gambar 10.



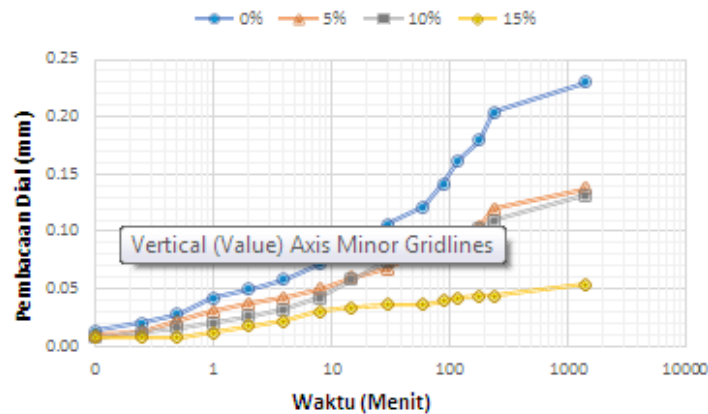
Gambar 10. Grafik Perbandingan Nilai Pengembangan Kadar 10%

Grafik perbandingan penambahan bahan kapur *dolomite* dan NaOH kadar 15% diperlihatkan pada Gambar 11.



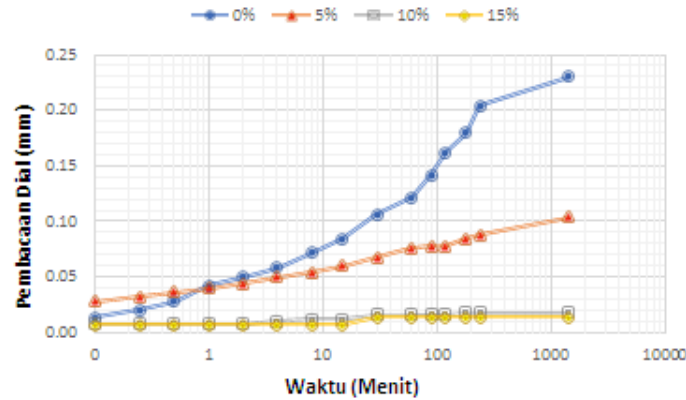
Gambar 11. Grafik Perbandingan Nilai Pengembangan Kadar 15%

Grafik *swelling test* dari sampel tanah yang ditambah dengan kapur *dolomite* kadar 5%, 10%, dan 15% diperlihatkan pada Gambar 12.



Gambar 12. Grafik *Swelling Test* Kapur *Dolomite* Kadar 5%, 10%, dan 15%

Grafik *swelling test* dari sampel tanah yang ditambah dengan NaOH kadar 5%, 10%, dan 15% diperlihatkan pada Gambar 13.

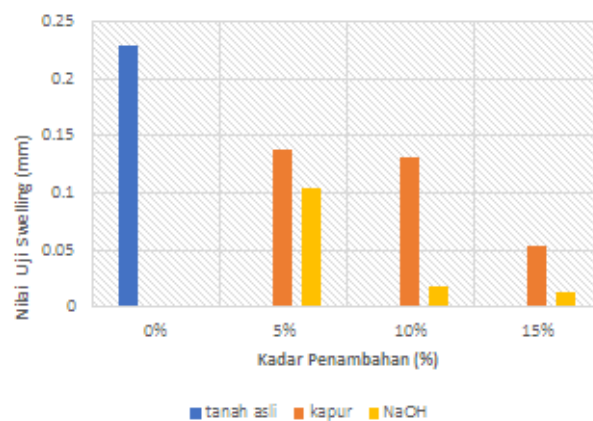


Gambar 13. Grafik *Swelling Test* NaOH Kadar 5%, 10%, dan 15%

Hasil nilai pengembangan tanah dengan masing-masing kadar 5%, 10%, 15% menggunakan bahan tambah kapur dolomite, kulit telur puyuh, natrium hidroksida diperlihatkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Nilai *Swelling* Tanah Asli Terhadap Kadar Penambahan Bahan

	0%		5%		10%		15%	
	div	mm	div	mm	div	mm	div	mm
Tanah Asli	23	0.23						
Kapur			14	0.14	13	0.13	5	0.05
NaOH			10	0.1	2	0.02	1	0.01



Gambar 14. Grafik *Swelling Test* Perbandingan Kapur *Dolomite*, NaOH

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengamatan dan pengujian selama penelitian yang dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Unika Soegijapranata Kota Semarang, dapat disimpulkan bahwa:

1. Berdasarkan hasil uji berat jenis tanah maka didapatkan G_s sebesar 2,463 dan termasuk mineral *halloysite* yang sedikit mengalami pengembangan apabila berinteraksi dengan air. Kandungan mineral dominan dan nilai G_s yang menunjukkan mineral *halloysite* membuktikan bahwa tanah asli termasuk tanah agak ekspansif dengan potensi pengembangan sedang.

2. Berdasarkan pengujian XRF disimpulkan bahwa komponen mineral yang banyak terkandung adalah mineral Silikon (Si) sebesar 54,6%.
3. Lama waktu pemeraman untuk sampel tanah uji *atterberg limit* dan *index properties* dilakukan selama 3 x 24 jam, sedangkan untuk *swelling test* sampel tanah dengan penambahan kapur *dolomite* 5% dilakukan selama 2 x 24 jam, sampel tanah sisanya langsung dilakukan pengujian uji potensi pengembangan tanpa proses pemeraman.
4. Berdasarkan pengujian batas-batas *atterberg*, diperoleh nilai IP kadar 5%, 10%, 15% untuk bahan kapur *dolomite* yaitu 20,18%; 19,10%; 16,95%, NaOH 18,67%; 17,32%; 16,45%. Semakin besar kadar penambahan maka nilai IP semakin mengalami penurunan.
5. Hasil dari uji potensi pengembangan sampel tanah asli dengan campuran kapur *dolomite* 5%, 10%, dan 15% menunjukkan hasil penurunan pengembangan. Kapur 5% mengalami penurunan pengembangan 0,14 mm, kapur 10% mengalami penurunan pengembangan 0,13 mm, dan kapur 15% mengalami penurunan pengembangan 0,05 mm. Hasil pengembangan apabila dibandingkan dengan pengembangan tanah asli maka menunjukkan kadar 5%, 10% dan 15% efektif menurunkan pengembangan.
6. Hasil dari uji potensi pengembangan sampel tanah asli dengan campuran NaOH 5%, 10%, dan 15% menunjukkan hasil penurunan pengembangan. NaOH 5% mengalami penurunan pengembangan 0,10 mm, NaOH 10% mengalami penurunan pengembangan 0,02 mm, dan kapur 15% mengalami penurunan pengembangan 0,01 mm. Hasil pengembangan apabila dibandingkan dengan pengembangan tanah asli maka menunjukkan kadar 5%, 10% dan 15% efektif menurunkan pengembangan.
7. Berdasarkan pengujian dengan bahan tambah kapur *dolomite* dan NaOH kadar 5%, 10%, dan 15% maka dapat disimpulkan bahwa bahan tambah yang paling efektif untuk memperbaiki karakteristik dan menurunkan tingkat pengembangan adalah NaOH.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional, (2008): SNI 1964-2008, Pedoman pengujian berat jenis tanah, Jakarta, BSN.
- Badan Standarisasi Nasional, (2008): SNI 1965-2008; Pedoman pengujian kadar air tanah, Jakarta, BSN.
- Badan Standarisasi Nasional, (2008): SNI 1966-2008; Pedoman pengujian *plastic limit* dan *index plasticity*, Jakarta, BSN.
- Badan Standarisasi Nasional, (2008): SNI 1967-2008; Pedoman pengujian *liquid limit*, Jakarta, BSN.
- Badan Standarisasi Nasional, (2008): SNI 3423-2008; Pedoman pengujian saringan *hydrometer*, Jakarta, BSN.
- Badan Standarisasi Nasional, (2000): SNI 13-6424-2000; Pedoman pengujian potensi pengembangan atau penurunan satu dimensi tanah kohesif, Jakarta Jakarta, BSN.
- Das, B. M. (1995): *Mekanika tanah jilid 1 (prinsip-prinsip rekayasa geoteknik)*, Jakarta: Erlangga, 16.
- Hardiyatmo, H. C. (1992): *Mekanika Tanah I*. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Hardiyatmo, H. C. (2014): *Tanah ekspansif permasalahan dan penanganan*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Maulana, G., dan Hamdan, I. N. (2016): Stabilisasi tanah lempung ekspansif menggunakan campuran renolith dan kapur, *Reka Racana*. 2 (4), 11-21.
- Pardoyo, B., Gunarso, A., Nuprayogi, R., dan Partono, W. (2017): Stabilisasi tanah lempung ekspansif dengan campuran larutan NaOH 7,5%, *Jurnal Karya Teknik Sipil Universitas Diponegoro*, 6 (2), 238-245.
- Wahyuni, M. (2014): Tingkat pengembangan dan kandungan mineral tanah ekspansif studi kasus: Lokasi Gatot Subroto Kav. 25 Kota Semarang, *Respositori Universitas Katolik Soegijapranata*. 15 (2), 75-89.