

Analisis Perbandingan Penggunaan Kapur *Dolomite*, Kulit Telur Puyuh, Natrium Hidroksida Terhadap Karakteristik dan Kandungan Mineral Tanah (Studi Kasus Lokasi X Kota Semarang)

Novi Ayu Setyaningtyas¹, Indah Ayuliani², Budi Setiadi³, Maria Wahyuni⁴

Email:¹18b10070@student.unika.ac.id,²18b10089@student.unika.ac.id

³budi_setiadi@unika.ac.id,⁴maria@unika.ac.id

^{1,2}Mahasiswa Teknik Sipil, Universitas Katolik Soegijapranata,
Jl. Pawiyatan Luhur IV/1 Kota Semarang

^{3,4}Dosen Teknik Sipil, Universitas Katolik Soegijapranata,
Jl. Pawiyatan Luhur IV/1 Kota Semarang

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 saringan dan analisis hidrometer, *index properties*, *atterberg limit*, dan *swelling test*. Hasil uji XRF menunjukkan mineral dominan adalah Si (silikon) sebesar 54,6%, uji saringan dan analisis hidrometer menghasilkan persentase dominan *sand* sebesar 54,78% sehingga nilai koefisien keseragaman (C_u) = 20,0 dan koefisien gradasi (C_c) = 0,8 dan dikategorikan tanah bergradasi buruk, nilai kadar air alami 21,83%, berat jenis tanah (G_s) sebesar 2,463 dan tergolong *halloysite*, nilai *index plasticity (IP)* sebesar 18,46% sehingga termasuk kategori tanah dengan potensi pengembangan sedang dan agak ekspansif. Upaya stabilisasi dilakukan dengan penambahan kapur *dolomite* ($\text{CaO} + \text{MgO}$), kulit telur puyuh ($\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$), natrium hidroksida (NaOH) dengan masing-masing kadar 5%, 10%, 15%. Berdasarkan uji *atterberg limit* nilai IP dengan penambahan kapur *dolomite* 5%, 10%, dan 15% adalah 20,18%; 19,10%; dan 16,95%, nilai IP untuk penambahan bahan kulit telur puyuh adalah 19,00%; 18,24%; dan 16,78%, nilai IP untuk penambahan bahan NaOH yaitu 18,67%; 17,32%; dan 16,45%. Hasil nilai berat jenis tanah (G_s) kapur *dolomite* yaitu 2,79; 2,35; dan 2,16, G_s kulit telur puyuh yaitu 2,71; 2,40; dan 2,31, G_s NaOH yaitu 2,73; 2,52; dan 2,31. Hasil *swelling test* tanah asli mengalami pengembangan 0,40 mm, nilai *swelling* tanah dengan penambahan kapur *dolomite* yaitu 0,69 mm; 0,30 mm; dan 0,10 mm, nilai *swelling* kulit telur puyuh yaitu 0,42 mm; 0,03 mm; dan 0,00 mm. Hasil *swelling test* NaOH 0,16 mm; 0,02 mm; 0,00 mm. Berdasarkan data yang diperoleh maka bahan tambah yang dianggap baik dan efektif untuk memperbaiki dan mengurangi tingkat pengembangan adalah NaOH .

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

Abstract

Soil is an important part and is the basis for a structure or construction, be it the construction of buildings, roads or other infrastructure. The properties and types of soil in the field vary, for example there is expansive soil which has properties that easily expand and shrink. This property can damage buildings standing above it. The soil sample studied was soil at Location X. The XRF

test results showed that the dominant mineral was Si (silicon) at 54.6%, the sieve test and hydrometer analysis produced a dominant sand percentage of 54.78% so that the uniformity coefficient (C_u) = 20.0 and gradation coefficient (C_c) = 0.8 and categorized as poor graded soil, natural water content value of 21.83%, soil specific gravity (G_s) of 2.463 and classified as halloysite, plasticity index value (IP) of 18.46% so it is included in the land category with moderate and somewhat expansive development potential. Stabilization efforts were carried out by adding dolomite lime ($\text{CaO} + \text{MgO}$), quail egg shell ($\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$), sodium hydroxide (NaOH) at levels of 5%, 10%, 15% respectively..

Based on the Atterberg test, the IP value limit with the addition of 5%, 10% and 15% dolomite lime is 20.18%; 19.10%; and 16.95%, the IP value for adding quail egg shell material is 19.00%; 18.24%; and 16.78%, the IP value for adding NaOH is 18.67%; 17.32%; and 16.45%. The results of the soil specific gravity (G_s) value for dolomite lime are 2.79; 2.35; and 2.16, G_s of quail egg shells, namely 2.71; 2.40; and 2.31, G_s NaOH which is 2.73; 2.52; and 2.31. The swelling test results of the original soil experienced an expansion of 0.40 mm, the swelling value of the soil with the addition of dolomite lime was 0.69 mm; 0.30mm; and 0.10 mm, the swelling value of quail egg shells is 0.42 mm; 0.03mm; and 0.00mm. NaOH swelling test results 0.16 mm; 0.02mm; 0.00mm. Based on the data obtained, the additional material that is considered good and effective for improving and reducing the level of swelling is NaOH.

Keywords: Soil, XRF test, index properties, Atterberg limit, swelling test.

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

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. 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 becek 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. Genangan Air di Lokasi X

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang terdapat pada penelitian ini berdasarkan latar belakang yaitu:

1. Bagaimana sifat-sifat fisis dan karakteristik tanah di lokasi X Kota Semarang?
2. Apa saja kandungan mineral yang terdapat pada tanah yang diuji dengan pengujian *X-ray Fluorescence (XRF)* di laboratorium?
3. Apa saja permasalahan dan kerusakan akibat tanah di lokasi X Kota Semarang?
4. Bagaimana sifat-sifat fisis dan karakteristik tanah yang diuji setelah dilakukan stabilisasi dengan campuran kapur tohor *dolomite* ($\text{CaO} + \text{MgO}$), kulit telur puyuh ($\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$), natrium hidroksida (NaOH) kadar 5%, 10%, 15%?

1.3. Tujuan Penulisan

Berdasarkan latar belakang yang dibuat, penulis melakukan penelitian dengan tujuan sebagai berikut:

1. Melakukan pengujian untuk mendapatkan informasi mengenai sifat-sifat fisis tanah yang diteliti dengan pengujian: *index properties*, *atterberg limit*, saringan dan *hydrometer*, uji potensi pengembangan sesuai dengan SNI dan ASTM yang berkaitan,
2. Melakukan pengujian di laboratorium Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) Jawa Tengah untuk mendapatkan informasi mengenai kandungan mineral dan persentasenya pada tanah di lokasi X Kota Semarang dengan pengujian *X-Ray Fluorescence (XRF)*,
3. Melakukan pengujian untuk mengetahui hasil uji tanah dengan penambahan kapur

tohor *dolomite* ($\text{CaO} + \text{MgO}$), kulit telur puyuh ($\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$), natrium hidroksida (NaOH) kadar 5%, 10%, 15% dari berat tanah kering.

1.4. Manfaat Penelitian

Berdasarkan pelaksanaan penelitian yang dilakukan, penulis berharap nantinya penyusunan laporan ini dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Memberikan informasi mengenai sifat-sifat fisis dan karakteristik tanah,
2. Memberikan gambaran mengenai kandungan mineral yang terdapat pada tanah,
3. Memberikan informasi mengenai permasalahan kerusakan tanah,
4. Memberikan informasi hasil pengujian sifat-sifat fisis dan karakteristik tanah dengan campuran kapur tohor *dolomite* ($\text{CaO} + \text{MgO}$), kulit telur puyuh ($\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$), natrium hidroksida (NaOH) kadar 5%, 10%, 15%.

1.5. Batasan Penelitian

Pelaksanaan penelitian maupun penyusunan laporan, penulis menyusun beberapa batasan masalah sebagai berikut:

1. Sampel tanah yang digunakan merupakan tanah yang berada di lokasi X Kota Semarang dengan pertimbangan pemilihan lokasi berdasarkan permasalahan di lapangan dan penelitian sebelumnya,
2. Sampel tanah yang diambil merupakan tanah tidak terganggu (*undisturbed*) dan tanah terganggu (*disturbed*),
3. Penelitian dilakukan di laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil Unika Soegijapranata Kota Semarang dan Pengujian *X-Ray Fluorescence (XRF)* dilakukan di Dinas Energi dan Mineral (ESDM) Jawa Tengah,
4. Pengujian yang dilakukan di laboratorium meliputi klasifikasi tanah (*index properties*, *atterberg limit*, uji saringan dan *hydrometer* serta uji potensi pengembangan tanah,
5. Pengujian menggunakan bahan kapur *dolomite*, kulit telur puyuh, NaOH kadar 5%, 10%, 15% serta pengujian ini tidak meninjau dari efek kimia terhadap tanah yang di uji.

2. TINJAUAN PUSTAKA

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

Tabel 2. 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 3. 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)

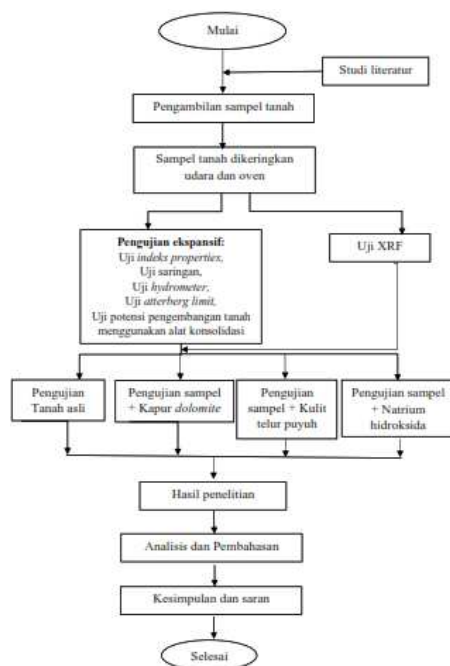
Berdasarkan nilai berat jenis tanah maka dapat dihubungkan hasilnya dengan parameter dari tabel berat spesifik mineral-mineral yang diperlihatkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Berat Spesifik Mineral-Mineral Penting

Mineral	Berat Spesifik (Gs)
Quartz (<i>Kwarsa</i>)	2,65
Kaolinite	2,6
Illite	2,8
Montmorillonite	2,65-2,80
Halloysite	2,0-2,55
Potassium Feldspar	2,57
Sodium and calcium feldspar	2,62-2,76
Chlorite	2,6-2,9
Biotite	2,8-3,2
Muscovite	2,76-3,1
Hornblende	3,0-3,47
Limonite	3,6-4,0
Olivine	3,27-3,37

(Sumber: Das, 1995)

3. METODE PENELITIAN



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

4. ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Uraian Umum

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 cokelat 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*), uji saringan dan analisis hidrometer, 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*, kulit telur puyuh, NaOH. Masing-masing bahan tambah dicampur ke tanah asli dengan kadar 5%, 10%, dan 15%. Setelah penelitian selesai dilakukan, kemudian proses pengolahan data dan penyajian data dalam bentuk grafik.

4.2 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 5.

Tabel 5. Hasil Uji XRF

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

(Sumber: Laboratorium ESDM Jawa Tengah)

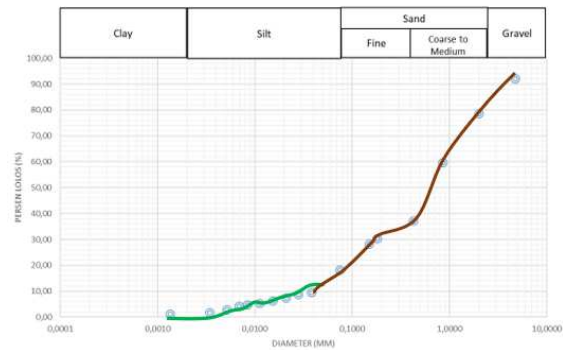
4.3 Hasil pengujian tanah asli

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 uji saringan dan analisis hidrometer, 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.

4.3.1 Pengujian saringan dan analisis hidrometer

Pengujian saringan dan analisis hidrometer dilakukan untuk klasifikasi tanah serta menentukan jenis butiran yang terkandung pada tanah asli. Hasil grafik uji saringan dan analisis hidrometer diperlihatkan pada Gambar

3 serta data dari pengujian saringan dan analisis hidrometer diperlihatkan pada Tabel 6.



Gambar 3. Grafik Uji Saringan dan Analisis Hidrometer

Tabel 6. Data Distribusi Uji Saringan dan Analisis Hidrometer

Rekap Data	Hasil
Prosentase gravel (%)	8
Prosentase coarse to medium sand (%)	54,78
Prosentase fine sand (%)	26,42
Prosentase silt-clay (%)	2
D ₁₀ (mm)	0,045
D ₃₀ (mm)	0,180
D ₆₀ (mm)	0,900
$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$	20,0
$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{60} \times D_{10}}$	0,8

Berdasarkan data yang diperoleh dari pengujian hidrometer maka diperoleh nilai persentase gravel sebesar 8%, persentase coarse to medium sand sebesar 54,78%, fine sand adalah 26,42%, silt-clay sebesar 2%. Butiran tanah dominan adalah sand. D₁₀= 0,045 mm, D₃₀= 0,180 mm, D₆₀= 0,900 mm. Data tersebut yang menghasilkan nilai C_u = 20,0 dan C_c = 0,8. Berdasarkan data dan grafik yang diperoleh dari pengujian saringan dan analisis hidrometer, maka dapat diperoleh hasil dari koefisien keseragaman (C_u) adalah 20,0 dan koefisien gradasi (C_c) adalah 0,8.

4.3.2 Pengujian index properties

Pengujian index properties dilakukan dengan pengujian kadar air alami, dan specific gravity (G_s). Hasil pengujian diperlihatkan pada Tabel 7.

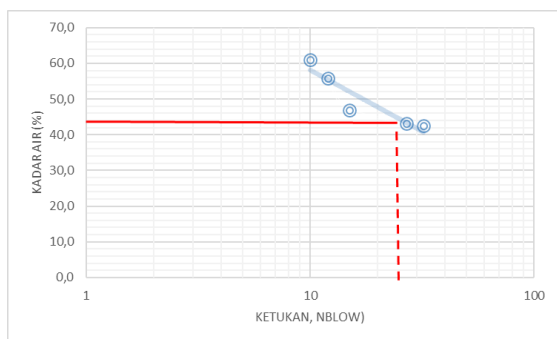
Tabel 7. Hasil Uji *index properties*

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*.

4.3.3 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 4.

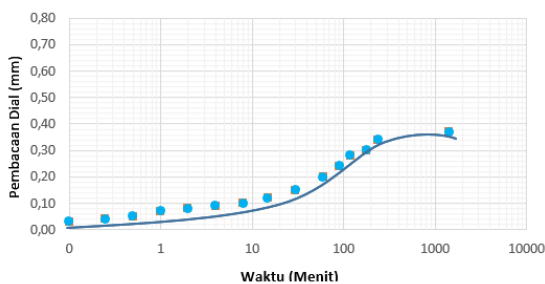


Gambar 4. Grafik *Liquid Limit*

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

4.3.4 *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 0,37 mm. Grafik *swelling* diperlihatkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik *Swelling Test* Tanah Asli

4.4 Hasil pengujian menggunakan bahan tambah

Upaya stabilisasi tanah dilakukan dengan memberikan bahan campuran kapur *dolomite*, kulit telur puyuh, natrium hidroksida dengan masing-masing kadar 5%, 10%, dan 15%. Hasil dari pengujian di laboratorium diuraikan sebagai berikut.3

4.4.1 Kapur *dolomite*

Pengujian dilakukan dengan uji berat jenis tanah, uji *atterberg limit*, dan uji potensi pengembangan menggunakan alat konsolidasi. Hasil data yang diperoleh dari pengujian yaitu:

1. 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 8.

Tabel 8. Hasil Uji Berat Jenis Tanah (Kapur *dolomite*)

No	Kadar Penambahan	Nilai Berat Jenis
1,	5%	2,79
2.	10%	2,35
3.	15%	2,16

2. Pengujian *atterberg limit*

Hasil dari nilai indeks plastisitas dengan kadar 5%, 10%, dan 15% diperlihatkan pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil Nilai IP (Kapur *dolomite*)

No	Kadar Penambahan	Nilai IP
1,	5%	20,18
2.	10%	19,10
3.	15%	16,95

3. Uji potensi pengembangan

Hasil nilai pengembangan dari masing-masing sampel dengan kadar 5%, 10%, dan 15% diperlihatkan pada Tabel 10.

Tabel 10. Hasil Uji Potensi Pengembangan (Kapur *dolomite*)

No	Kadar Penambahan	Nilai Potensi Pengembangan
1,	5%	0,69 mm
2.	10%	0,25 mm
3.	15%	0,08 mm

4.4.2 Kulit telur puyuh

Pengujian dilakukan dengan uji berat jenis tanah, uji *atterberg limit*, dan uji potensi pengembangan menggunakan alat konsolidasi. Hasil data yang diperoleh dari pengujian yaitu:

1. Pengujian berat jenis tanah (G_s)

Data yang diperoleh dari uji berat jenis tanah dengan kadar penambahan kulit telur puyuh 5%, 10%, dan 15% dari berat tanah kering diperlihatkan pada Tabel 11.

Tabel 11. Hasil Uji Berat Jenis Tanah (Kulit Telur Puyuh)

No	Kadar Penambahan	Nilai Berat Jenis Tanah
1,	5%	2,71
2.	10%	2,40
3.	15%	2,31

2. Pengujian *atterberg limit*

Hasil dari nilai indeks plastisitas dengan kadar 5%, 10%, dan 15% diperlihatkan pada Tabel 12.

Tabel 12. Hasil Nilai IP (Kulit Telur Puyuh)

No	Kadar Penambahan	Nilai IP
1,	5%	19,00
2.	10%	18,24
3.	15%	16,78

3. Uji potensi pengembangan

Hasil nilai pengembangan dari masing-masing sampel dengan kadar 5%, 10%, dan 15% diperlihatkan pada Tabel 13.

Tabel 13. Hasil Uji Potensi Pengembangan (Kulit Telur Puyuh)

No	Kadar Penambahan	Swelling
1,	5%	0,42 mm
2.	10%	0,05 mm
3.	15%	0,04 mm

4.4.3 Natrium hidroksida

Pengujian dilakukan dengan uji berat jenis tanah, uji *atterberg limit*, dan uji potensi pengembangan menggunakan alat konsolidasi. Hasil data yang diperoleh dari pengujian yaitu:

1. Pengujian berat jenis tanah (G_s)

Data yang diperoleh dari uji berat jenis tanah dengan kadar penambahan natrium

hidroksida 5%, 10%, dan 15% dari berat tanah kering diperlihatkan pada Tabel 14.

Tabel 14. Hasil Uji Berat Jenis Tanah (NaOH)

No	Kadar Penambahan	Nilai Uji Berat Jenis
1,	5%	2,73
2.	10%	2,52
3.	15%	2,38

2. Pengujian *atterberg limit*

Hasil dari nilai indeks plastisitas dengan kadar 5%, 10%, dan 15% diperlihatkan pada Tabel 15.

Tabel 15. Hasil Nilai IP (NaOH)

No	Kadar Penambahan	Nilai IP
1,	5%	18,67
2.	10%	17,32
3.	15%	16,45

3. Uji potensi pengembangan

Hasil nilai pengembangan dari masing-masing sampel dengan kadar 5%, 10%, dan 15% diperlihatkan pada Tabel 16.

Tabel 16. Hasil Uji Potensi Pengembangan (NaOH)

No	Kadar Penambahan	Nilai Swelling
1,	5%	0,16 mm
2.	10%	0,03 mm
3.	15%	0,00 mm

4.5 Hasil Rekap Pengujian di Laboratorium

Hasil rekap data-data pengujian di laboratorium diuraikan sebagai berikut:

1. Hasil rekap uji berat jenis tanah (G_s)

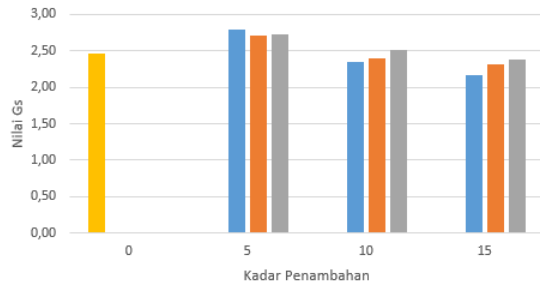
Hasil rekap nilai G_s dengan penambahan kapur *dolomite*, kulit telur puyuh, NaOH kadar 5%, 10%, dan 15% diperlihatkan pada Tabel 17.

Tabel 17. Rekap Hasil Uji Berat Jenis Tanah

Kadar (%)	Kapur <i>dolomite</i>	Kulit Telur Puyuh	NaOH
0%	2,46	2,46	2,46
5%	2,79	2,71	2,73

Kadar (%)	Kapur <i>dolomite</i>	Kulit Telur Puyuh	NaOH
10%	2,35	2,40	2,52
15%	2,16	2,31	2,38

Grafik perbandingan nilai G_s diperlihatkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik Hubungan Nilai G_s dan Kadar

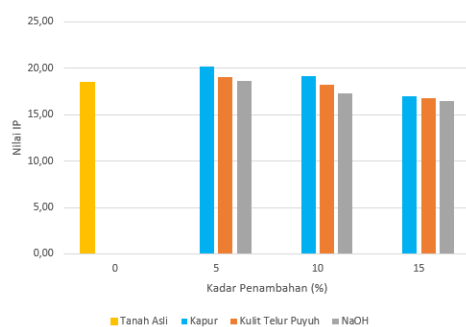
2. Hasil rekap uji *atterberg limit*

Hasil rekap nilai IP dengan penambahan kapur *dolomite*, kulit telur puyuh, NaOH kadar 5%, 10%, dan 15% diperlihatkan pada Tabel 18, serta hasil grafik hubungan IP dan kadar diperlihatkan pada Gambar 7.

Tabel 18. Rekap Perbandingan Nilai IP

Kadar (%)	Kapur <i>dolomite</i>	Kulit Telur Puyuh	NaOH
0%	18,46	18,46	18,46
5%	20,18	19,00	18,67
10%	19,10	18,24	17,32
15%	16,95	16,78	16,45

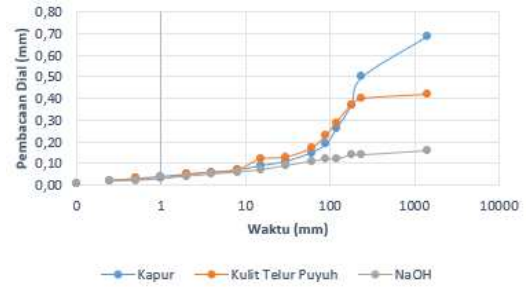
Grafik perbandingan nilai IP dan kadar diperlihatkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik Hubungan IP dan Kadar

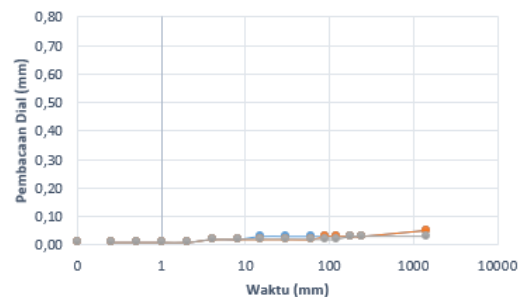
3. Hasil rekap uji *swelling test*

Hasil grafik nilai perbandingan potensi pengembangan kadar 5% dari bahan kapur *dolomite*, kulit telur puyuh, NaOH diperlihatkan pada Gambar 8.



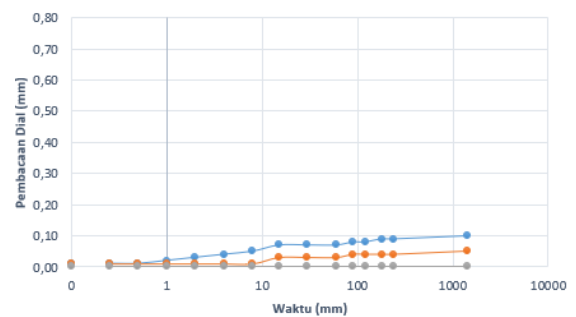
Gambar 8. Grafik Perbandingan Nilai Pengembangan Kadar 5%

Grafik perbandingan penambahan bahan kapur *dolomite*, kulit telur puyuh, dan NaOH kadar 10% diperlihatkan pada Gambar 9.



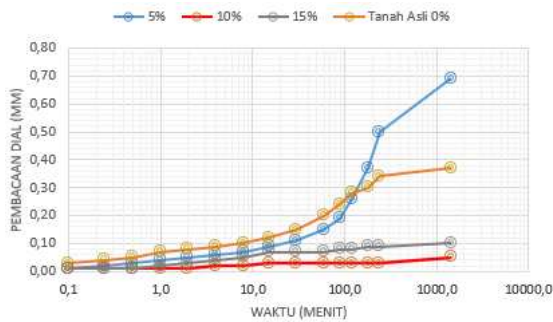
Gambar 9. Grafik Perbandingan Nilai Pengembangan Kadar 10%

Grafik perbandingan penambahan bahan kapur *dolomite*, kulit telur puyuh, dan NaOH kadar 15% diperlihatkan pada Gambar 10.



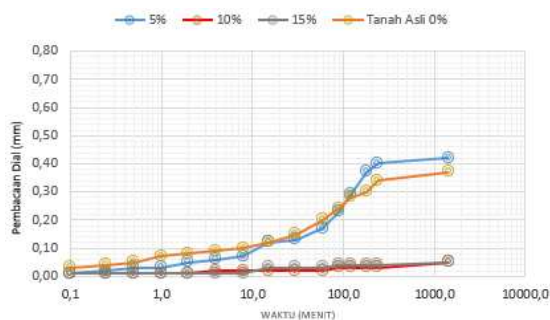
Gambar 10. Grafik Perbandingan Nilai Pengembangan Kadar 15%

Grafik *swelling test* dari sampel tanah yang ditambah dengan kapur *dolomite* kadar 5%, 10%, dan 15% diperlihatkan pada Gambar 11.



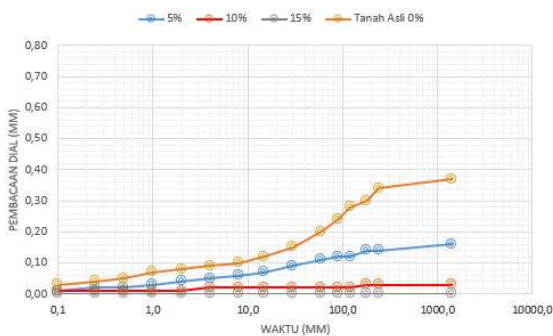
Gambar 11. Grafik Swelling Test Kapur Dolomite Kadar 5%, 10%, dan 15%

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



Gambar 12. Grafik Swelling Test Kulit Telur Puyuh 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%

5. PENUTUP

5.1. Kesimpulan

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

1. Pengujian saringan dan analisis hidrometer menghasilkan butiran dominan *sand* sebesar 54,78%, (C_u) sebesar 20,0 dan koefisien gradasi C_c sebesar 0,8 sehingga tanah asli memiliki gradasi yang buruk dan ukuran butiran yang tidak seragam.
2. Berdasarkan klasifikasi USCS tanah pasir kelanauan atau *sand silt* (SM). Hasil uji berat jenis tanah maka didapatkan G_s sebesar 2,463 dan termasuk mineral *halloysite*, nilai IP 18,46% dengan kategori agak ekspansif dengan potensi pengembangan sedang.
3. Berdasarkan pengujian XRF disimpulkan bahwa komponen mineral yang banyak terkandung adalah mineral Silikon (Si) sebesar 54,6%.
4. Hasil dari uji potensi pengembangan sampel tanah asli dengan campuran kapur *dolomite* 5%, 10%, dan 15% adalah 0,69 mm, 0,25 mm, dan 0,08 mm.
5. Hasil dari uji potensi pengembangan sampel tanah asli dengan campuran kulit telur puyuh 5%, 10%, dan 15% adalah 0,42 mm, 0,05 mm, dan 0,04 mm.
6. Hasil dari uji potensi pengembangan sampel tanah asli dengan campuran NaOH 5%, 10%, dan 15% adalah 0,16 mm, 0,03 mm, dan 0,00 mm.
7. Berdasarkan pengujian batas-batas *atterberg*, karakteristik tanah yang dilihat dari nilai IP menunjukkan bahwa penambahan bahan tambah kapur, kulit telur puyuh, dan NaOH dengan kadar 5%, 10%, dan 15% mampu menurunkan nilai IP. Kondisi tanah yaitu memiliki potensi pengembangan sedang dan derajat pengembangan agak ekspansif.

8. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan mengenai uji karakteristik dan potensi pengembangan tanah asli, serta pemberian bahan tambah kapur, kulit telur puyuh, 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.
9. Pemanfaatan limbah kulit telur puyuh disimpulkan mampu memperbaiki dan menurunkan potensi pengembangan tanah asli, namun tidak seefektif apabila menggunakan bahan tambah NaOH.

5.2. Saran

Penelitian yang dilakukan terdapat beberapa saran yang mungkin dapat membantu peneliti selanjutnya melakukan penelitian, antara lain:

1. Pengambilan sampel tanah sebaiknya dilakukan pada saat musim kemarau, sehingga sampel tanah yang didapatkan dalam kondisi kering dan tidak terlalu basah.
2. Lama waktu pemeraman tanah asli dengan bahan campuran kapur *dolomite*, kulit telur puyuh, NaOH pada penelitian ini adalah 3 x 24 jam. Variasi lama waktu pemeraman akan menghasilkan hasil yang berbeda. Semakin lama waktu pemeraman maka bahan kimia dan sampel tanah akan bercampur lebih baik.
3. Perbaikan karakteristik dan usaha mengurangi potensi pengembangan tanah selain menggunakan bahan tambah kimia dapat dilakukan dengan pemasangan material *geosynthetic* berupa *geomembrane* atau *ground granulated blast-furnace slag (GGBS)*.

DAFTAR PUSTAKA

Aziz, M. Y., Putri, T. R., dan Aprilia, F. R. (2018): Eksplorasi kadar kalsium (Ca) dalam limbah cangkang kulit telur bebek dan burung puyuh menggunakan metode titrasi AAS, *Jurnal Kimia Analitik*

Program Studi Institusi Teknologi Bandung, Bandung. 5 (2), 74-77.

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.

Departemen Pekerjaan Umum Badan Penelitian dan Pengembangan Jalan: (1999): Laporan akhir pengembangan teknologi penanggulangan tanah ekspansif dengan *horizontal barrier*. Jakarta, 1-54.

Hardiyatmo, H. C. (2014): Tanah *ekspansif* permasalahan dan penanganan, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.

Lim, A., dan Lauryne, P. (2022): Efek gradasi tanah pasir pada penggunaan jamur *rhizopus oligosporus* untuk perbaikan tanah pasir lepas, *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil Universitas Katolik Prahayangan, Bandung. 20 (2), 157-162.*

Maulana, G., dan Hamdan, I. N. (2016): Stabilisasi tanah lempung ekspansif menggunakan campuran renolit 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.

Widiantoro, I., dan Ahmad, F., (2017):
*Stabilisasi tanah ekspansif dengan bahan
tambah gipsum (studi kasus di Kawasan
Industri Candi Blok K-18 Semarang,*
Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil,
Universitas Katolik Soegijapranata, 41-42