**PREDIKSI POTENSI MENGEMBANG TANAH**

**DENGAN PARAMETER KADAR LEMPUNG**

**Reki Arbianto**

Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tunas Pembangunan Surakarta

[reki.arbianto @lecture.utp.ac.id](mailto:gunarso@lecture.utp.ac.id)

**Gunarso**

Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tunas Pembangunan Surakarta

[gunarso@lecture.utp.ac.id](mailto:gunarso@lecture.utp.ac.id)

Abstrak

Tanah adalah material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral–mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong di antara partikel-pertikel padat tersebut, (Das, 1995). Kemampuan mengembang dan menyusuttanah (tanah ekspansif) dapat menimbulkan efek kerusakan jalan*.* Nilai PI yang besar sangat dipengaruhi kadar lempung dalam tanah. Beberapa ruas jalan di Boyolali mengalami kerusakan yang diperkirakan terjadi akibat kembang susut tanah. Penelitian ini bertujuan mengindentifikasi tanah ekspansif dan mengamati hubungan antara kadar lempung dengan perilaku potensi mengembang tanah pada daerah tersebut. Penelitian ini menggunakan metode empiris dan pengukuran langsung *(Oedometer)*. Hasil penelitian menunjukkan derajat ekspansif tanah pada daerah penelitian rata-rata dalam kategori sedang. Persentase mengembang *(swelling percentage)* terbesar 25.78 % dan terkecil 1.07 %. Tekanan mengembang *(swelling pressure)* terbesar 480 kPa dan terkecil 68 kPa. Semakin besar kadar lempung semakin besar persentase mengembang dan tekanan mengembang yang tejadi. Korelasi antara kadar lempung dengan perilaku mengembang terhadap tanah yang disajikan dalam persamaan: .

**Kata kunci:** tanah ekspansif, oedometer, kadar lempung, persentase mengembang, tekanan mengembang

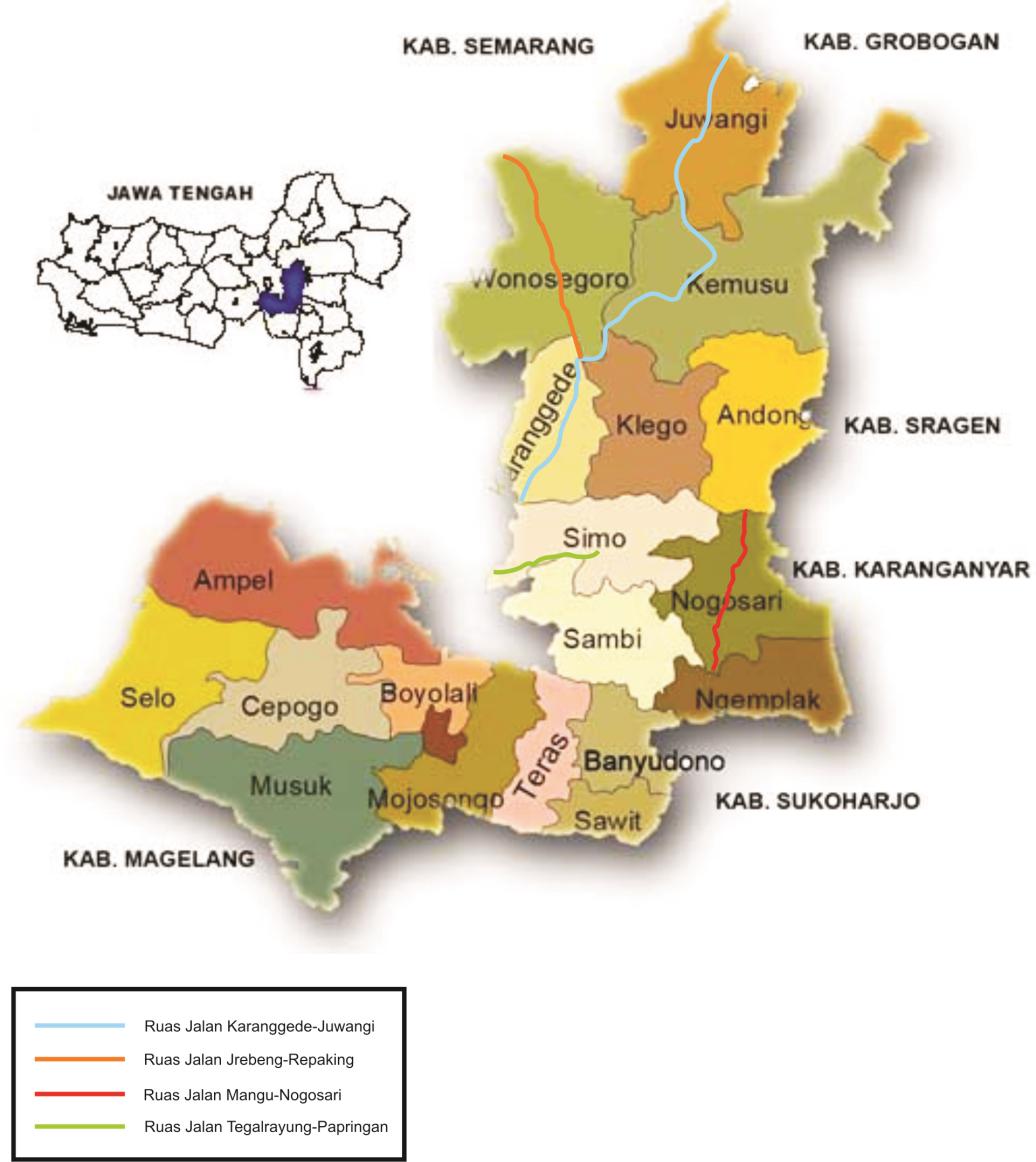
Abstract

Soil is a material consisting of aggregates (grains) of solid minerals that are not cemented (chemically bound) to each other and of decayed organic matter (which is solid particles) accompanied by liquid and gas that fill the spaces empty between these solid particles, (Das, 1995). The ability to expand and shrink the soil (expansive soil) can cause the effects of road damage. A large PI value is strongly influenced by clay content in the soil. Some roads in Boyolali suffered damage that is expected to occur due to soil shrinkage. This study aims to identify expansive soils and observe the relationship between clay content and the potential behavior of developing land in the area. This research uses empirical methods and direct measurement (Oedometer). The results showed the degree of expansive soil in the study area on average in the medium category. The largest swelling percentage is 25.78% and the smallest is 1.07%. The biggest swelling pressure is 480 kPa and the smallest is 68 kPa. The greater the clay content, the greater the percentage of expansion and the resulting expansion pressure. Correlation between clay content and swelling behavior on soil presented in the equation:

**Keywords:** *expansive soils, oedometer, percent clay, swelling percentage, swelling pressure.*

# **PENDAHULUAN**

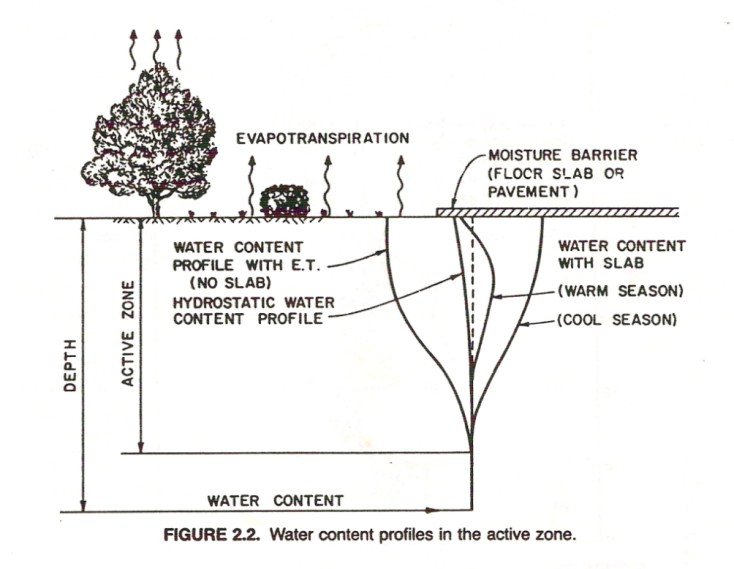
Tanah mempunyai peranan yang sangat penting karena hampir seluruh pekerjaan struktur teknik sipil selalu berkaitan dengan perilaku tanah, dimana tanah digunakan sebagai bahan konstruksi yang langsung tersedia di lapangan ataupun sebagai tempat diletakkannya struktur. Tanah akan sangat berbahaya apabila mempunyai fluktuasi pengembangan dan penyusutan yang sangat tinggi (Arbianto, 2009). Kemampuan mengembang dan penyusutantanah berbahaya bagi bangunan-bangunan yang terletak di atasnya yang menyebabkan rusaknya struktur dinding, terangkatnya struktur plat, rusaknya struktur jalan, jembatan, jaringan pipa, dan berbagai struktur bawah tanah lainnya. Kembang-susut tanah terjadi pada tanah ekspansif. Ruas Karanggede – Juwangi, Jrebeng – Repaking, Mangu – Nogosari dan Tegalrayung – Papringan mengalami kerusakan yang di mungkinkan terjadi karena adanya aktivitas tanah ekspansif. Lokasi penelitian berada di Boyolali, Jawa Tengah. Sket Lokasi Pengujian ditunjukkan pada **Gambar 1** sebagai berikut:

**Gambar 1.** Lokasi Penyelidikan

# **LANDASAN TEORI**

**2.1 Definisi Tanah Ekspansif dan Zona Aktif**

Tanah Ekspansif adalah tanah yang memiliki kecenderungan mengalami proses pengembangan *(swelling)* bila kelebihan air dan akan mengalami penyusutan *(shrinkage)* bila kekurangan air (Setiawan, 2008). Tanah tersebut mengandung kadar lempung yang cukup tinggi dengan mineral *montmorillonite* yang berpotensi *swelling* tinggi. Tanah ekspansif umumnya berjenis lempung dengan plastisitas tinggi (CH) yang memiliki rentang batas cair dengan batas plastis yang besar *(Indeks plastisitas yang tinggi, biasanya > 30%).* Sekalipun demikian, tanah yang termasuk lempung dengan plastisitas rendah (CL) dan lanau dengan plastisitas tinggi (MH) bisa juga ekspansif. Tanah ekspansif yang memiliki kadar air awal dan tekanan permukaaan yang rendah akan mengembang lebih banyak saat terkena air dibandingkan dengan tanah ekspansif yang memiliki kadar air awal dan tekanan permukaan yang tinggi, (Jitno, 1996). Tanah di bagian atas yang dipengaruhi kembang susut disebut zona aktif. Kedalaman zona aktif antara 6 m (20 *feet*) sampai 13 m.

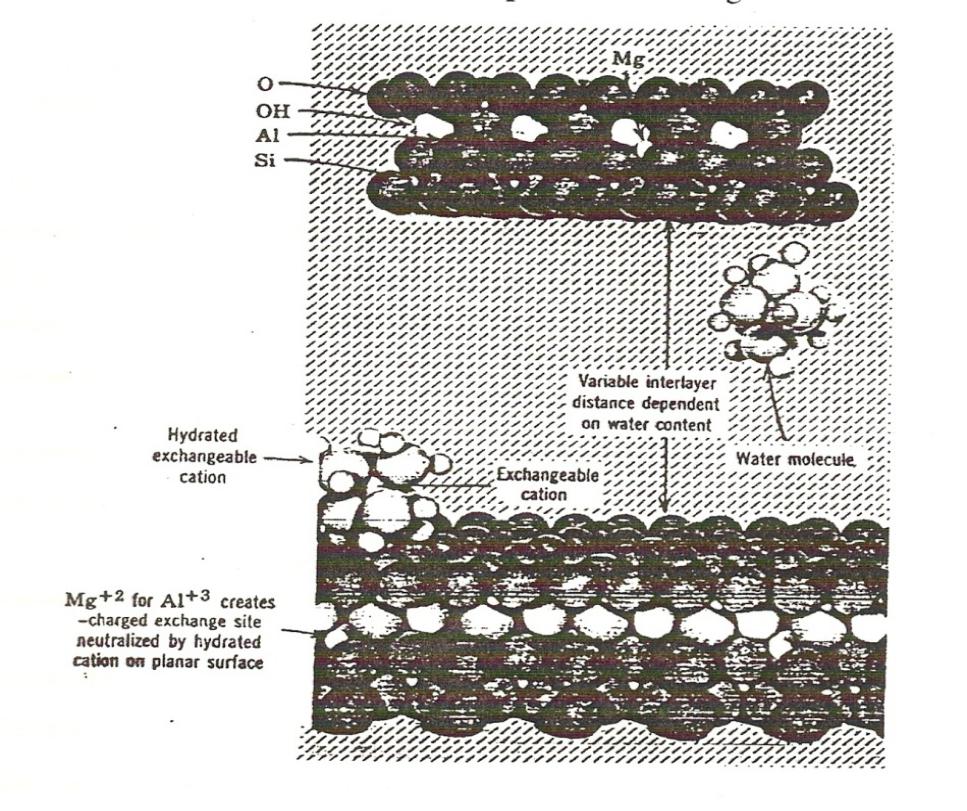


**Gambar 2** Profil Kadar Air pada Zona Aktif (Nelson & Miller, 1991)

**2.2. Tanah Lempung Ekspansif**

Mineral lempung merupakan partikel yang aktif secara elektrokimia dan berukuran sangat kecil kurang dari 1µm, terbentuk dari proses pelapukan mineral batuan induknya. Mineral ini terdiri dari dua lembaran kristal dasar yaitu *tetrahedral* atau *silica* dan *octahedral* atau *alumina,* (DAS, 1995). Mineral lempung menunjukkan karakteristik daya tarik-menarik dengan air dan menghasilkan plastisitas yang tidak ditunjukkan oleh material lain walaupun mungkin material itu berukuran sama atau lebih kecil, (Bowles,1989).

*Montmorillonite*, mineral lempung yang satuan susunan kristalnya terbentuk dari susunan dua lempeng *silica tetrahedral* yang mengapit satu lempeng *alumunia octrahedral* ditengahnya.

*Illite*, memiliki formasi struktur satuan kristal yang hampir sama dengan *montmorillonite.* Satu satuan *illite* memiliki tebal dan komposisi yang sama dengan *montmorillonite.* Perbedaannya adalah; pertama, terdapat kurang lebih 20 % pergantian silikon (Si) oleh alumunium (Al) pada lempeng t*etrahedral*. Kedua, antar satuan kristal terdapat kalium (K) yang berfungsi sebagai penyeimbang muatan dan pengikat antar satuan kristal. Struktur mineralnya kurang mengembang sebagaimana *montmorrillonite.* Rumus umum kimia komposisi *illite* adalah (OH4) Kγ (Si8.γ Alγ.Mg6.Fe4.Fe6) O20, (As’ad, 1999)

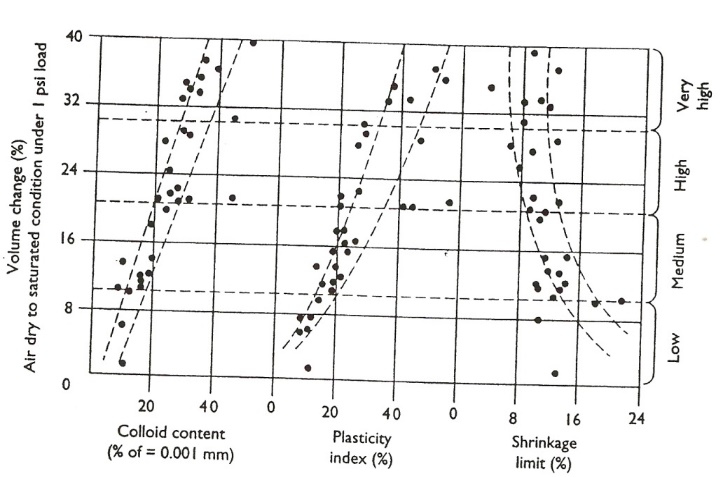
*Kaolinite*, terdiri dari tumpukan lapisan-lapisan dasar lembaran-lembaran kombinasi silica-gibbsite. Setiap lapisan dasar itu mempunyai tebal kira-kira 7,2 Å (1 Å=10-10 m)

**2.3 Interaksi Air pada Tanah Lempung Ekspansif**

Permukaan mineral lempung umumnya bermuatan negatif. Ini disebabkan adanya *substitusi isomorf* dan juga pecahnya kepingan-kepingan lempeng partikel tersebut di tepi. Partikel-partikel yang memiliki luas permukaan yang lebih besar akan cenderung bermuatan negatif lebih besar.

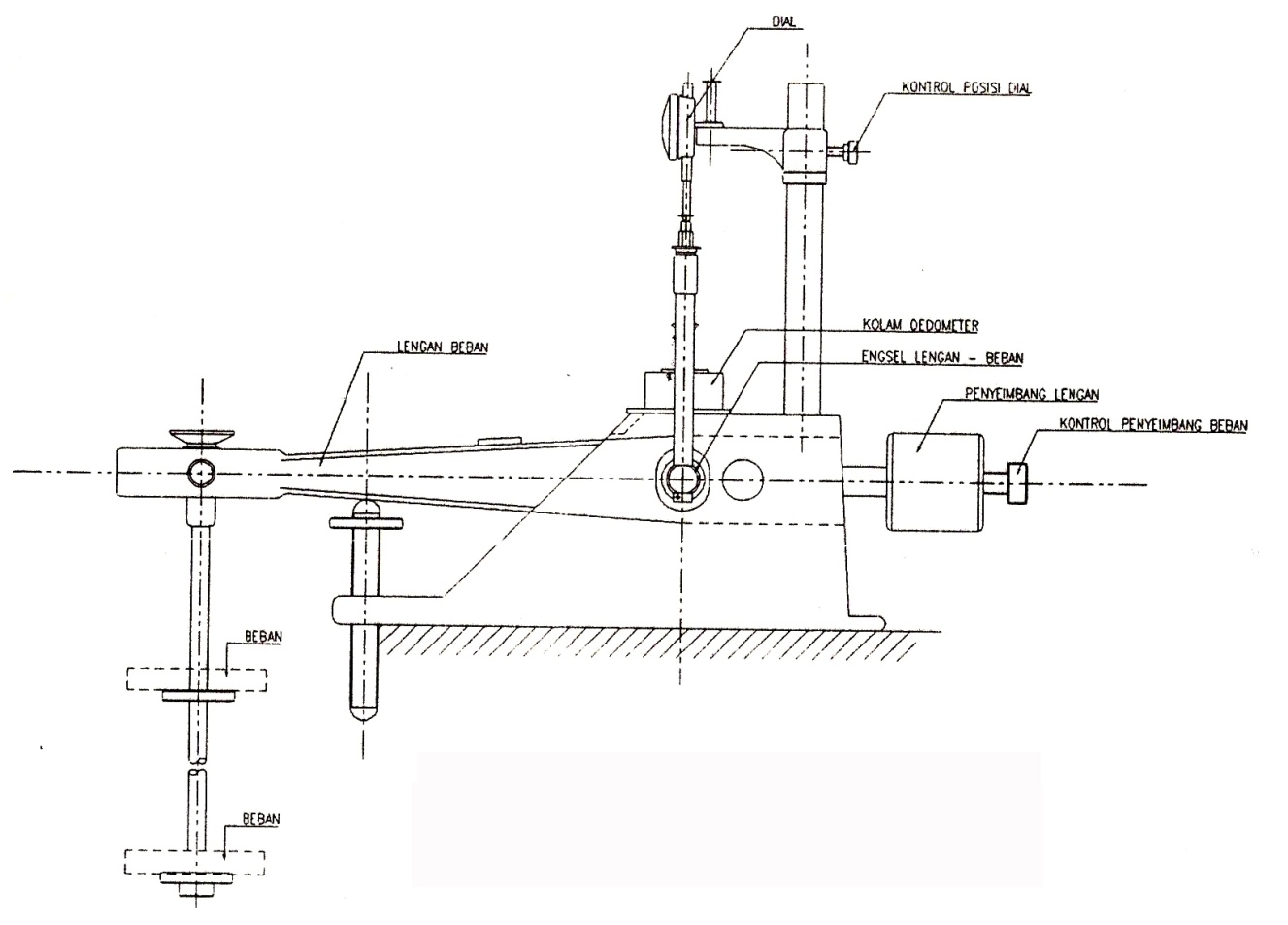
Ikatan air dengan permukaan lempung merupakan wujud reaksi permukaan lempung yang bermuatan negatif dengan kutub dipolar air. Semakin luas permukaan lempung *(specific surface)* tentunya semakin banyak air yang diserap. Demikian hanya dengan mineral *montmorillonite* yang memiliki butiran yang sangat kecil, sehingga pada ukuran massa tertentu akan memiliki *specific surface* yang sangat besar, akibatnya kadar air yang diserap

**Gambar 3** Mineral Lempung *Montmorillonite* (Henry Foth 1984)

juga banyak. Dengan kemampuan menyerap air yang besar, batas konsistensi tanah dalam tinjauan indeks plastisitas (*PI*) akan sangat tinggi. Range antara batas cair (*LL*) dan batas plastisitas (*PL*) akan tinggi. Untuk menurunkan kualitas kemampuan menyerap air dari lempung, muatan negatif permukaan lempung harus dinetralisasi dengan kation (muatan positif) melalui proses pertukaran kation *(exchangeable cation),* (Das, 1983).

* 1. **Identifikasi Tanah Ekspansif**

1. **Metode Indeks Tunggal**

Adalah cara mengukur potensi mengembang tanah lempung dengan menggunakan parameter indeks dasar tanah. Chen memberikan cara menilai potensi mengembang suatu tanah dengan parameter nilai indeks plastisitasnya keterkaitan tersebut dapat terlihat dalam Tabel 2.4 sebagai berikut:

**Tabel 1** Hubungan Indeks Plastisitas dan Potensi Mengembang

|  |  |
| --- | --- |
| IP ( % ) | Potensi Mengembang |
| 0-15 | Rendah |
| 10 – 35 | Sedang |
| 20 – 55 | Tinggi |
| 35 Keatas | Sangat Tinggi |

1. **Metode Klasifikasi**

Holtz & Gibbs (1959) mengajukan kriteria identifikasi tanah lempung ekspansif sebagaimana dalam Gambar 4yang menunjukkan hubungan persentase mengembang dengan kandungan koloid, indeks plastisitas dan batas susut

**Gambar 4** Grafik Hubungan Persentase Mengembang dengan Kandungan Koloid, Indeks Plastisitas dan Batas Susut (Holtz & Gibbs, 1959)

1. **Metode Pengukuran Langsung**

Metode pengukuran yang paling baik adalah metode pengukuran langsung. Hal ini dapat dilakukan dengan menggunakan konsolidometer konvensional satu dimensi.

**Gambar 5** *Oedometer*

1. **Model - model Empiris Prediksi Persentase Mengembang dan Tekanan Mengembang**

Nayak & Christensen (1974) memberikan persamaan model empiris untuk persentase mengembang dengan beberapa parameter.

(1)

dimana:

S = Persentase mengembang (%)

PI = Indeks plastisitas (%)

C = Fraksi lempung (%)

wi = Kadar air awal (%)

Muntohar (2006) mengusulkan model empiris dengan memasukkan parameter yang menurutnya mempunyai pengaruh yang kuat terhadap persentase mengembang yaitu fraksi lempung (*CF*), batas cair (*LL*), dan indeks plastisitas (PI). Rumus empiris yang didapatkan sebagaimana ditunjukkan pada persamaan (2-6) sebagai berikut:

**(2)**

dimana:

S = Persentase mengembang (%)

CF = Fraksi lempung (%)

LL = Batas cair (%)

PI = Indeks plastisitas (%)

Nayak & Christensen (1974) dalam Phanikumar & Bhyravajjula (2006), juga memberikan persamaan model empiris untuk tekanan mengembang dengan beberapa parameter, adapun rumus yang dikembangkan seperti pada persamaan (3) sebagai berikut:

(3)

dimana:

Ps = Tekanan mengembang (%)

PI = Indeks plastisitas (%)

C = Fraksi lempung (%)

wi = Kadar air awal (%)

# **METODE PENELITIAN**

## **Pengambilan Sampel**

## Pengambilan sampel tanah dilakukan dengan penggalian biasa karena tanah yang digunakan tanah terganggu (disturbed). Titik pengambilan sampel dapat dilihat dalam Tabel 2

**Tabel 2.** Titik Pengambilan Sampel

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Ruas Jalan | Titik Pengambilan | | | |
| STA | STA | STA | STA |
| KJ | 4+000 | 8+000 | 12+500 | 21+000 |
| JR | 0+500 | 1+500 | 4+500 | 9+000 |
| MN | 0+600 | 3+000 | 4+500 | 6+000 |
| TP | 1+500 | 3+000 | 3+500 | 5+000 |

## **Pengujian Pendahuluan**

1. Pengujian Klasifikasi

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi dan jenis tanah serta perilakunya. Pengujian yang dilakukan meliputi: *Specific gravity*, *Grain size analysis*, *Atterberg limit.*

1. Pengujian Pemadatan

Sampel uji adalah tanah yang dipadatkan dengan pengujian *standard proctor* pada kadar air optimum (*wopt*) dimana tanah telah mencapai kepadatan yang maksimum (*dmax*). Pada kondisi ini dijadikan sebagai standar kepadatan masing-masing sampel untuk pengujian potensi mengembang.

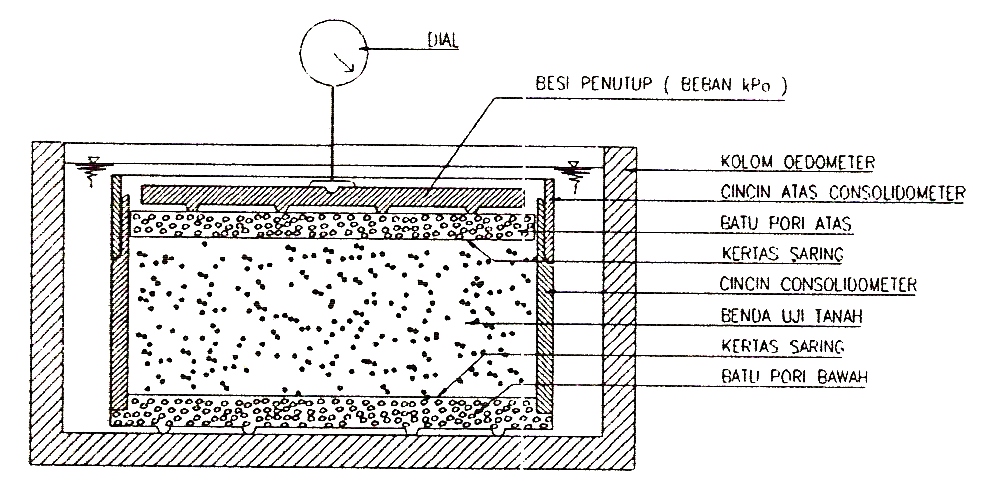
* 1. **Persiapan Sampel Uji**

Pengujian Batas Susut, sampel kondisi batas, pembebanan awal untuk mencpai kondisi batas susut.

* 1. **Pengujian Potensi Mengembang**

1. Pengujian Persentase Mengembang *(Swelling Percentage)*

Pengujian persentase mengembangini merupakan kelanjutan dari pengujian sebelumnya setelah kondisi sampel uji mencapai batas susut, *dial gauge* yang ditunjukkan sebagai kedudukan nol, beban diganti dengan 6,9 kPa (termasuk batu pori atas dan blok tekanan) dan segera digenangi dengan air sambil dicatat deformasi yang terjadi pada T = 6; 12; 30 detik; 1; 2; 4; 8; 15; 30 menit; 1; 2; 4; 8 jam; 1; 2; 3; 4 dan 5 hari (ASTM D 4546-96). Kondisi yang terakhir ini, ditetapkan sebagai persentase mengembang maksimum yang terjadi. Untuk memperjelas posisi sampel uji dapat dilihat pada Gambar 6 dimana sampel uji berada pada sel *Oedometer,* sebagai berikut:

****

**Gambar 6** Sel *Oedometer*

1. Pengujian Tekanan Mengembang *(Swelling Pressure)*

Pengujian tekanan mengembang (ASTM D 2435-96) dilakukan setelah pengujian persentase mengembang. Tekanan yang membebani sampel uji dari mengembang maksimum ke kondisi awal adalah besarnya tekanan mengembang.

# **ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

**4.1 Hasil Pengujian**

Berdasarkan pengujian di dapatkan hasil sebagai berikut:

* 1. Klasifikasi Tanah

Rekapitulasi pengujian klasifikasi disajikan dalam Tabel sebagai berikut:

**Tabel 3** Hasil uji *Atterberg Limits*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Nomor sampel | Atterberg limit | | |
| LL | PL | IP |
| (%) | (%) | (%) |
| (1) | (3) | (4) | (5) |
| KJ STA 4+000 | 47.97 | 35.08 | 12.89 |
| KJ STA 8+000 | 54.23 | 21.84 | 32.39 |
| KJ STA 12+500 | 75.22 | 36.76 | 38.47 |
| KJ STA 21+000 | 75.69 | 38.13 | 37.55 |
| JR STA 0+500 | 48.33 | 34.31 | 14.02 |
| JR STA 1+500 | 40.03 | 22.48 | 17.55 |
| JR STA 4+500 | 62.09 | 28.73 | 33.36 |
| JR STA 9+000 | 67.26 | 32.77 | 34.50 |
| MN STA 0+600 | 54.97 | 32.44 | 22.53 |
| MN STA 3+000 | 42.23 | 23.58 | 19.16 |
| MN STA 4+500 | 39.26 | 19.58 | 19.68 |
| MN STA 6+000 | 41.52 | 33.83 | 7.69 |
| TP STA 1+500 | 42.80 | 28.50 | 14.30 |
| TP STA 3+000 | 50.56 | 26.40 | 24.16 |
| TP STA 3+500 | 61.48 | 28.94 | 32.54 |
| TP STA 5+000 | 42.11 | 27.09 | 15.02 |

**Tabel 4** Hasil uji *Grainsize Analysis*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Nomor sampel | Grain size analysis | | | |
| Kerikil | Pasir | Lanau | Lempung |
| (%) | (%) | (%) | (%) |
| (1) | (6) | (7) | (8) | (9) |
| KJ STA 4+000 | 4.12 | 26.68 | 64.22 | 4.98 |
| KJ STA 8+000 | 0.00 | 34.85 | 42.51 | 22.64 |
| KJ STA 12+500 | 0.00 | 2.88 | 50.72 | 46.40 |
| KJ STA 21+000 | 0.00 | 11.65 | 42.95 | 45.40 |
| JR STA 0+500 | 0.60 | 30.13 | 62.04 | 7.22 |
| JR STA 1+500 | 0.98 | 14.08 | 75.52 | 9.41 |
| JR STA 4+500 | 0.55 | 33.72 | 52.74 | 12.99 |
| JR STA 9+000 | 0.32 | 15.20 | 61.59 | 22.89 |
| MN STA 0+600 | 0.00 | 12.70 | 59.75 | 27.55 |
| MN STA 3+000 | 0.00 | 27.20 | 70.19 | 2.61 |
| MN STA 4+500 | 0.00 | 22.68 | 69.63 | 7.69 |
| MN STA 6+000 | 0.00 | 49.33 | 43.35 | 7.31 |
| TP STA 1+500 | 2.87 | 32.53 | 53.74 | 10.86 |
| TP STA 3+000 | 0.00 | 22.27 | 57.70 | 20.03 |
| TP STA 3+500 | 0.95 | 28.53 | 30.86 | 39.66 |
| TP STA 5+000 | 0.00 | 14.83 | 75.26 | 9.91 |

* 1. Pengujian Persentase Mengembang dan Tekanan Mengembang

**Tabel 5** Hasil Pengujian Persentase Mengembang dan Tekanan Mengembang

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Nomor sampel | Persentase mengembang | Tekanan mengembang |
| % | kPa |
| (1) | (2) | (3) |
| KJ STA 4+000 | 3.80 | 120 |
| KJ STA 8+000 | 11.55 | 180 |
| KJ STA 12+500 | 25.78 | 480 |
| KJ STA 21+000 | 18.68 | 350 |
| JR STA 0+500 | 1.07 | 68 |
| JR STA 1+500 | 5.27 | 140 |
| JR STA 4+500 | 16.70 | 320 |
| JR STA 9+000 | 13.76 | 300 |
| MN STA 0+600 | 10.87 | 200 |
| MN STA 3+000 | 5.07 | 100 |
| MN STA 4+500 | 6.72 | 140 |
| MN STA 6+000 | 1.22 | 75 |
| TP STA 1+500 | 6.74 | 110 |
| TP STA 3+000 | 7.79 | 145 |
| TP STA 3+500 | 13.51 | 290 |
| TP STA 5+000 | 3.98 | 85 |

**4.2 Identifikasi Tanah Ekspansif**

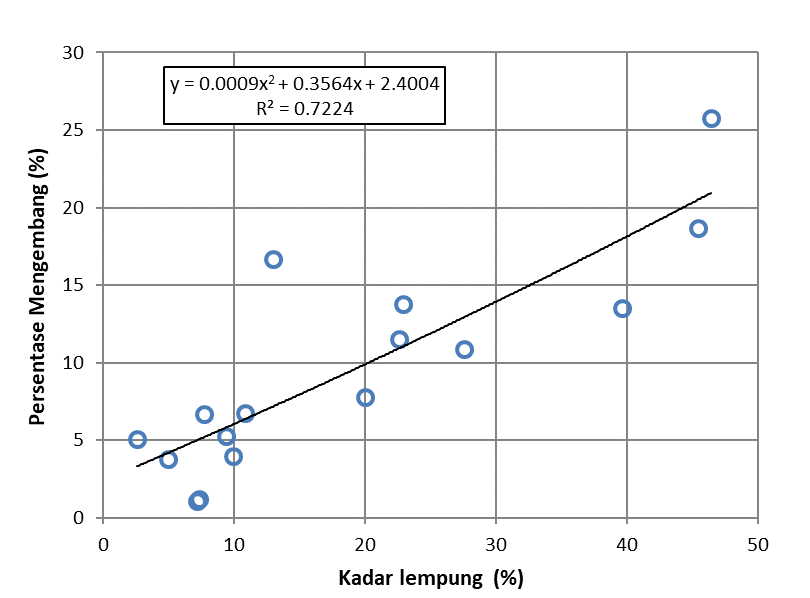
Berdasarkan hasil identifikasi pada Tabel 6 rata-rata tanah memiliki potensi dan derajat mengembang yang sedang sampai tinggi.

**Tabel 6** Hasil Pengujian Identifikasi Tanah Ekspansif

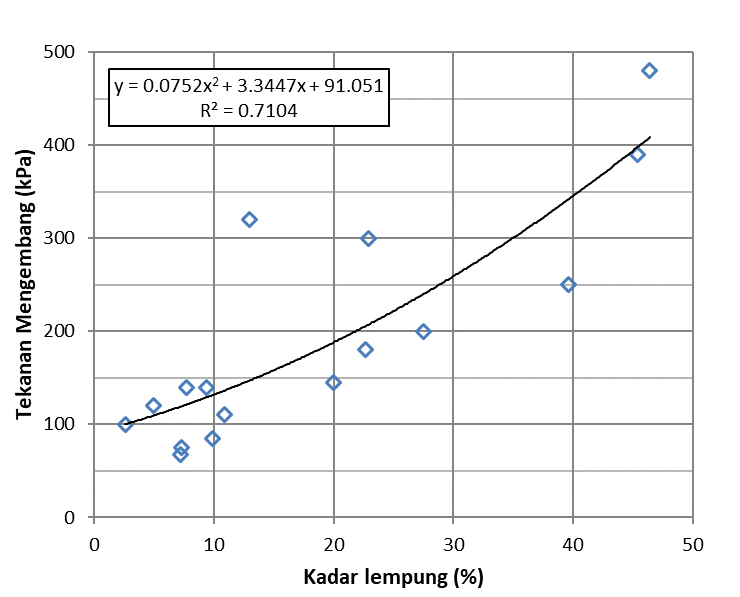
|  |  |
| --- | --- |
| Nomor sampel | Metode Klasifikasi |
| Holtz dan Gibbs (1959) |
|
| Derajat Ekspansif |
| (1) | (6) |
| KJ STA 4+000 | Rendah |
| KJ STA 8+000 | Tinggi |
| KJ STA 12+500 | Tinggi |
| KJ STA 21+000 | Tinggi |
| JR STA 0+500 | Rendah |
| JR STA 1+500 | Sedang |
| JR STA 4+500 | Tinggi |
| JR STA 9+000 | Tinggi |
| MN STA 0+600 | Sedang |
| MN STA 3+000 | Sedang |
| MN STA 4+500 | Sedang |
| MN STA 6+000 | Rendah |
| TP STA 1+500 | Rendah |
| TP STA 3+000 | Tinggi |
| TP STA 3+500 | Tinggi |
| TP STA 5+000 | Rendah |

**4.3 Hubungan antara presentase lempung dengan Persentase Mengembang**

Salah satu faktor yang mempengaruhi besarnya potensi pengembangan suatu deposit tanah berbutir halus adalah kandungan mineral lempung yang terdapat dalam tanah tersebut. Semakin besar kandungan lempungnya maka semakin besar pula potensi mengembangnya (Chen, 1975). Berikut ini akan disajikan grafik hubungan persentase lempung dengan potensi mengembang seperti pada Gambar 7 dan 8.



**Gambar 7** Presentase lempung vs persentase Mengembang



**Gambar 8** Presentase lempung vs persentase tekanan mengembang

Korelasi antar kadar lempung dengan potensi mengembang semuanya membentuk regresi *polynominal* karena regresi inilah yang paling sesuai (mempunyai harga R2 terbesar) dibandingkan dengan analisis regresi yang lain seperti *linier, exponential, logarithmic, power, moving average.*

* 1. **Prediksi Persentase Mengembang dan Tekanan Mengembang** 
     + 1. **Persentase Mengembang**

Penelitian ini mendapatkan persamaan empiris antara indeks plastisitas vs persentase mengembang berdasarkan grafik pada Gambar 9

(4)

dimana:

S (L) = Persentase mengembang parameter kadar lempung (%)

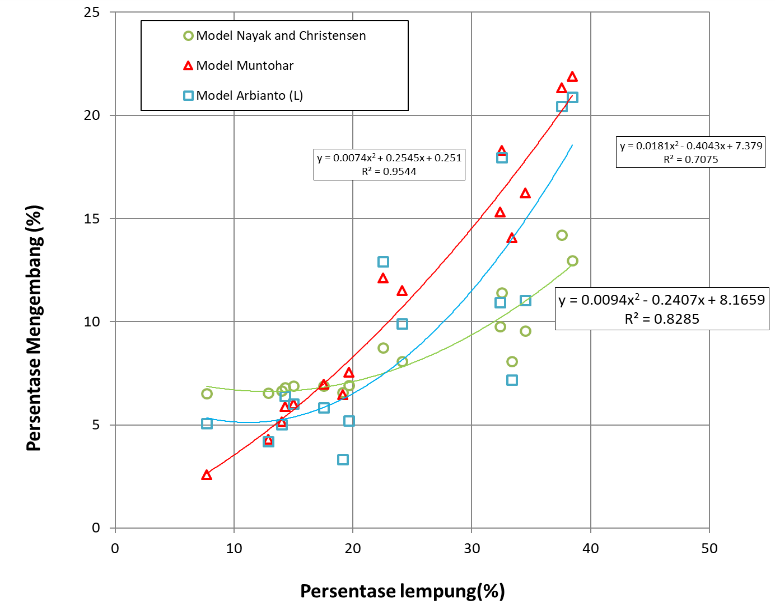
L = Kadar lempung (%)

Berikut ini adalah besarnya persentase mengembang dari model-model empiris yang pernah dikembangkan yaitu model, model Nayak & Christensen (1974), model Muntohar (2006), dan model Peneliti (2020) yang disajikan pada Tabel sebagai berikut:

**Tabel 7** Hasil Pengujian Persentase Mengembang dan Tekanan Mengembang

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Ruas Jalan | STA | Model | Model | Model |
| Nayak and Christensen | Muntohar | Peneliti (L) |
|
| % | % | % |
| Karanggede - Juwangi | 4+000 | 6.55 | 4.31 | 4.20 |
| 8+000 | 9.76 | 15.32 | 10.93 |
| 12+500 | 12.96 | 21.89 | 20.88 |
| 21+000 | 14.22 | 21.34 | 20.44 |
| Jrebeng-  Repaking | 0+500 | 6.65 | 5.16 | 5.02 |
| 1+500 | 6.88 | 6.97 | 5.83 |
| 4+500 | 8.08 | 14.07 | 7.18 |
| 9+000 | 9.57 | 16.24 | 11.03 |
| Mangu -  Nogosari | 0+600 | 8.74 | 12.12 | 12.90 |
| 3+000 | 6.58 | 6.46 | 3.34 |
| 4+500 | 6.92 | 7.54 | 5.19 |
| 6+000 | 6.51 | 2.58 | 5.05 |
| 1+500 | 6.81 | 5.89 | 6.38 |
| Tegalrayung - Papringan | 3+000 | 8.08 | 11.50 | 9.90 |
| 3+500 | 11.41 | 18.30 | 17.95 |
| 5+000 | 6.88 | 6.02 | 6.02 |

pada penelitian ini akan mengusulkan hubungan untuk model – model prediksi persentase mengembang tersebut terhadap sampel tanah yang diamati seperti pada Gambar 9 sebagai berikut:



**Gambar 9** Grafik Model- model Empiris Prediksi Persentase Mengembang

Gambar 9 adalah *plotting* antara persentase lempung vs prediksi persentase mengembang beberapa peneliti (Tabel 9), menunjukkan bahwa regresi paling baik dengan nilai R2 terbesar sampai dengan terkecil adalah Model Muntohar (2006) *(y=0.0074 x2 +0.2545 x+0.251, R2 =0.9544)*, model Nayak dan Christensen (1974) *(y=0.0094 x2 – 0.2407 x+8.1659, R2 =0.8285)* dan yang terakhir model peneliti *(y=0.00181 x2 – 0.4043 x + 7.379, R2 = 0.7075).*

* + - 1. **Tekanan Mengembang**

Prediksi tekanan mengembang pada penelitian ini akan ditentukan berdasarkan persamaan dari hasil pengamatan hubungan antara kadar lempung dengan tekanan mengembang sebagaimana pada Gambar 10.

dimana:

Ps (L) = Tekanan mengembang parameter kadar lempung (%)

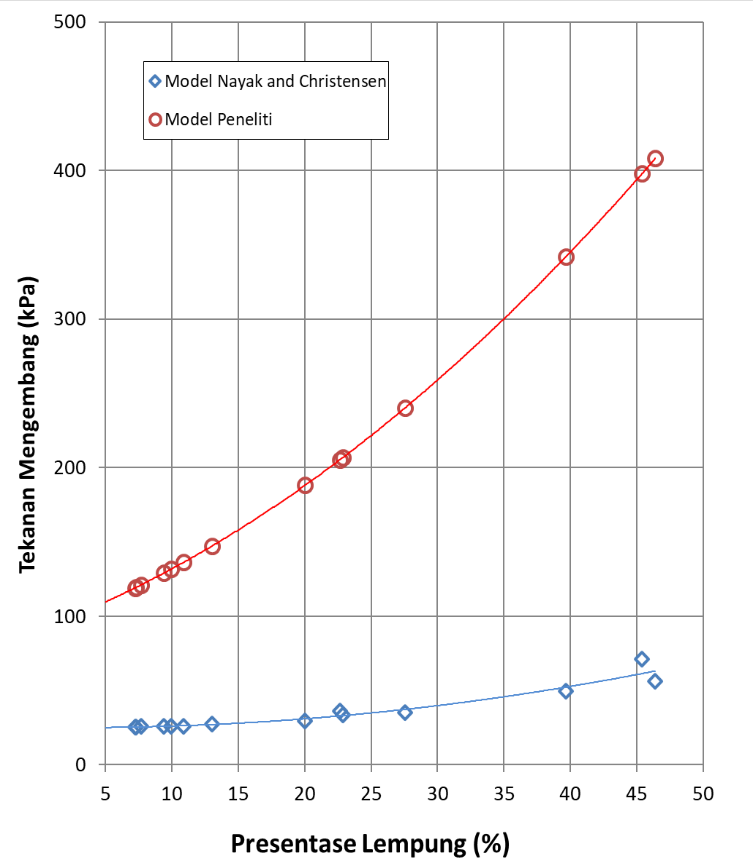
L = Kadar lempung (%)

Perbandingan hasil hitungan tekanan mengembang model Nayak & Christensen (1974) dengan model Peneliti (2020) ditunjukkan pada Tabel sebagai berikut:

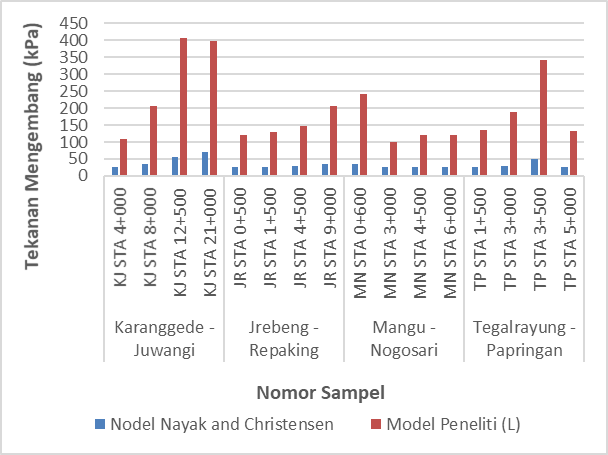
**Tabel 8** Perbandingan model prediksi Tekanan Mengembang

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Ruas Jalan | STA | Nodel Nayak and Christensen | Model Peneliti (L) |
|
|
| Kpa | Kpa |
| Karanggede - Juwangi | STA 4+000 | 25.14 | 109.57 |
| STA 8+000 | 36.08 | 205.32 |
| STA 12+500 | 56.02 | 408.15 |
| STA 21+000 | 70.98 | 397.90 |
| Jrebeng - Repaking | STA 0+500 | 25.30 | 119.12 |
| STA 1+500 | 25.70 | 129.18 |
| STA 4+500 | 27.65 | 147.19 |
| STA 9+000 | 33.82 | 207.01 |
| Mangu - Nogosari | STA 0+600 | 35.31 | 240.27 |
| STA 3+000 | 25.09 | 100.29 |
| STA 4+500 | 25.67 | 121.22 |
| STA 6+000 | 25.17 | 119.52 |
| Tegalrayung - Papringan | STA 1+500 | 25.75 | 136.24 |
| STA 3+000 | 29.71 | 188.22 |
| STA 3+500 | 49.39 | 341.99 |
| STA 5+000 | 25.93 | 131.58 |

Selanjutnya untuk memperjelas perbandingan model-model prediksi besarnya tekanan mengembang yang disajikan pada Gambar 10 dan Gambar 11. Gambar 10 menunjukkan hasil antara model Nayak & Christensen (1974) dengan model Peneliti (2020) memiliki perbedaan nilai tekanan memngembang yang cukup signifikan dengan rata-rata perbandingan 1: 5. Model Peneliti mempunyai nilai yang lebih besar. Namun kedua model mempunyai kecenderungan yang sama. Model empiris yang diusulkan oleh peneliti terletak diantara model-model yang lain dan menunjukkan tren yang sesuai sehingga model peneliti dapat digunakan sebagai pertimbangan dalam memprediksikan persentase mengembang dan tekanan mengembang dari suatu tanah.



**Gambar 10.** Model prediksi besar tekanan mengembang



**Gambar 11.** Perbandingan prediksi besar tekanan mengembang

# **KESIMPULAN/RINGKASAN**

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

Derajat ekspansif pada daerah penelitian rata-rata dalam kategori sedang.

Persentase mengembang *(swelling percentage)* terbesar 25.78 % dan terkecil 1.07 %

Tekanan mengembang *(swelling pressure)* terbesar 480 kPa dan terkecil 68 kPa.

Semakin besar kadar lempung semakin besar persentase mengembang dan tekanan mengembang yang tejadi.

Korelasi antara kadar lempung dengan perilaku mengembang terhadap tanah yang disajikan dalam persamaan:

Persamaan tersebut diatas diharapkan dapat memprediksikan besar persentase mengembang dan tekanan mengembang di suatu daerah dengan parameter kadar lempung.

**UCAPAN TERIMA KASIH**

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Tunas Pembangunan Surakarta yang telah memberikan dukungan finansial melalui Hibah Penelitian Internal.

**DAFTAR PUSTAKA**

American Society for Testing and Materials, 1997, *Annual Book of ASTM* *Standard, Section 4 Consrtuction, Volume 04.08, Soil and Rock (I)*, ASTM European Office, England.

Arbianto, R., 2016, Studi Korelasi Indeks Plastisitas dan Batas Susut Terhadap Perilaku Mengembang Tanah, Prosiding, Peran Teknologi dalam Meningkatkan Kesejahteraan dan Daya Saing Bangsa, UTA’45 Jakarta.

As’ad, S., 1999, *Studi Perilaku Mengembang dan Kuat Geser Tanah Lempung Ekspansif Akibat Siklus Berulang Basah-Kering,* Thesis Magister, Program Pasca Sarjana Teknik Sipil, Institut Teknologi Bandung, Bandung.

Bowles, Joseph E.,1989, *Sifat-sifat* *Fisis dan Geoteknis Tanah*, Erlangga, Jakarta.

Chen, F. H., 1975, *Foundation on Expansive Soils*, Developments in Geotechnical Engineering 12, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam.

Craig, Robert F.,1991, *Mekanika Tanah,* Erlangga, Jakarta.

Das, Braja M., 1983, *Advance Soil Mechanics,* Mc. Graw Hill*,* Singapore.

.,1995, *Mekanika Tanah: Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknik*, Erlangga, Jakarta.

Hardiyatmo, H.C., 2006, *Mekanika Tanah I*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.

Holtz, Robert D., and Kovacs, William D., 1981, *An Introduction to Geotecnical* *Engineering,* Prentice Hall. Inc. New Jersey, USA.

Mitchell, James K., 1976, *Fundamental of Soil Behavior*, University of California, Berkeley, USA.

Jitno, H., 1996, *Tanah Ekspansif : Masalah dan solusinya*, Prosiding Seminar Geoteknik Institut Teknologi Bandung, Bandung.

Lambe, T William., and Whitman, Robert V, 1969, *Soil Mechanics*, John Wiley & Son. Inc, New York.

Muntohar, A. S., 2006, *Prediction and Classification of Expansive Clay* *Soils,* Proceedings, Expansive Soils : Recent Advances in Characterizationand Treatment, Taylor & Francis Group, London, UK.

Nayak, N. V., and Christensen, R.W., 1970, *Swelling Charateristics of* *Compacted, Expansive Soils*, Proceeding Clays and Clay Minerals, Vol. 19

Nelson, John D., and Miller, Debora J., 1992, *Expansive Soils: Problems and Practice in Foundation and Pavement Engineering,* John Wiley & Sons.Inc, New York.

Petry, Thomas M., and Armstrong, J. Clyde., 1980, *Relationships and Variations* *of properties of Clay*, Proceedings, Fourth Internatoinal Conference on Expansive Soils, Vol 1, Denver, Colorado.

Phanikumar., and Bhyravajjula R.,2006, *Prediction of Swelling Characteristics With Free Swell Index,* Proceedings, Expansive Soils: Recent Advances in Characterizationand Treatment, Taylor & Francis Group, London, UK.