

PENGARUH VARIASI KADAR AIR PEMADATAN TANAH EKSPANSIF TERHADAP TEKanan PENGEMBANGAN ARAH VERTIKAL DAN HORIZONTAL

Rofi Trianto Sanjaya¹, Harimurti², Arief Rachmansyah³

ABSTRAK

Tanah ekspansif memiliki sifat kembang-susut yang besar sehingga merupakan faktor penyebab yang dominan terhadap kejadian kerusakan perkerasan jalan. Akibat adanya pengaruh musim, akan berpengaruh terhadap kembang susut tanah jenis ini. Tanah ekspansif mengembang kesegala arah sehingga perlu dilakukan pengujian pengembangan arah vertikal dan horisontal untuk tanah ekspansif dengan penambahan variasi kadar air. Dalam penelitian ini, digunakan alat modifikasi dan variasi kadar air pemadatan yang digunakan adalah OMC-5%, OMC, dan OMC+5%. Hasil dari penelitian ini didapatkan nilai pengembangan, regangan, dan tegangan yang maksimum. Untuk hasil pengembangan maksimum yang terjadi pada kadar air OMC yaitu nilai pengembangan arah vertikal sebesar 4,91 mm dan pengembangan arah horisontal sebesar 3,13 mm. Sedangkan regangan dan tegangan maksimum terjadi pada kadar air OMC yaitu dengan nilai regangan arah vertikal sebesar 0,0982 dan regangan arah horisontal sebesar 0,04471 serta nilai tegangan arah vertikal sebesar 988 Pa dan tegangan arah horisontal sebesar 148 Pa. Sehingga dari hasil penelitian tersebut bisa diambil kesimpulan bahwa dengan semakin padat kondisi tanah tersebut maka pengembangan arah vertikal maupun horisontal yang dihasilkan juga semakin besar. Pengembangan dan regangan arah vertikal maupun horisontal yang besar sehingga akan menyebabkan tegangan arah vertikal maupun horisontal yang dihasilkan juga semakin besar.

Kata Kunci : Tanah Ekspansif, Variasi Kadar Air Pemadatan, Pengembangan Arah Vertikal dan Horisontal, Regangan, Tegangan.

PENDAHULUAN

Di Indonesia sering kita jumpai permasalahan yang timbul akibat kerusakan jalan akibat tanah dasarnya. Jenis tanah dasar ini yang menjadi pokok permasalahannya, sehingga membutuhkan penanganan dan perlakuan yang sangat khusus dalam mengatasinya. Tanah yang menjadi persoalan ini adalah tanah lempung ekspansif. Perlu diketahui bahwa tanah lempung adalah jenis tanah yang bersifat kohesif dan plastis. Tanah lempung tersusun dari mineral-mineral yang dapat mengembang, begitu juga tanah lempung yang bersifat ekspansif. Tanah lempung ekspansif memiliki potensi mengembang yang cukup tinggi dibandingkan dengan jenis tanah lempung yang lainnya. Tanah jenis ini dapat dijumpai di Kecamatan Paron, Kabupaten Ngawi Jawa Timur. Tanah lempung ekspansif ini merupakan jenis tanah berbutir halus dengan ukuran koloidal terbentuk dari mineral ekspansif. Beberapa jenis mineral ekspansif diantaranya adalah montmorillonite, illite dan

kaolinite. Semua tanah lempung yang mengandung mineral ekspansif akan mempunyai sifat mengembang dan menyusut yang besar, apabila terjadi penambahan atau pengurangan kadar airnya. Untuk mengenali jenis tanah ekspansif ini, maka perlu dilakukan penyelidikan geoteknik, yaitu dengan melakukan pengambilan sampel tanah di lapangan dan melakukan pengujian laboratorium. Sifat kembang-susut yang besar selalu menimbulkan kerusakan perkerasan jalan yang berada di atasnya.

Pada umumnya tanah ekspansif sangat sensitif terhadap pengaruh musim. Sifat-sifat tanah dan kondisi lingkungan juga merupakan faktor utama yang dapat mempengaruhi perilaku susut dan kembang pada tanah ekspansif jenis ini. Pengaruh dari jenis tanah ini sangat berpengaruh pada jalan di daerah Ngawi ini. Seiring dengan pergantian musim, variasi kadar air dalam tanah akan terus menerus terjadi sepanjang tahun. Dalam sudut pandang mekanika tanah adanya variasi kadar air

tersebut mengakibatkan adanya variasi parameter tanah dan variasi tegangan tanah. Variasi yang terjadi tersebut tentunya memberikan pengaruh pada struktur di atasnya.

Tanah pada dasarnya bisa menyusut dan mengembang. Tanah yang menyusut akan menyebabkan retak-retak pada tanah tersebut. Jadi bisa dikatakan tanah sebelum mengembang akan mengalami susut dahulu. Saat tanah mengembang akan mengalami pengembangan ke segala arah sesuai pada kondisi semula. Hal inilah yang membuat perkerasan jalan cepat menjadi rusak.

Selama yang saya ketahui dalam uji pengembangan tanah tidak sesuai dengan kondisi kebanyakan di lapangan, karena selama ini juga pengembangan diasumsikan terjadi hanya pada arah vertikal saja. Hal itu disebabkan karena pada arah horizontalnya dikekang oleh ring, sehingga tidak ada deformasi kembang arah horizontal. Jika meninjau pengembangan tanah arah vertikal dan horizontal, maka dengan itu tanah yang mengembang ke segala arah bisa diwakili dengan arah vertikal dan horizontal. Dan dengan mencari pengembangan arah vertikal dan horizontal ini bisa diterapkan dalam mengetahui berapa tekanan pengembangan tanah yang terjadi di sepanjang ruas jalan Kabupaten Ngawi. Dimana akibat dari tekanan pengembangan tanah ini adalah faktor utama penyebab rusaknya beberapa perkerasan jalan yang ada di jalan Kabupaten Ngawi. Sehingga penyusun akan mengangkat topik dalam penelitian tugas akhir ini dengan judul: **"Pengaruh Variasi Kadar Air Pemadatan Tanah Ekspansif Terhadap Tekanan Pengembangan Arah Vertikal Dan Horizontal"**.

BAHAN DAN METODE

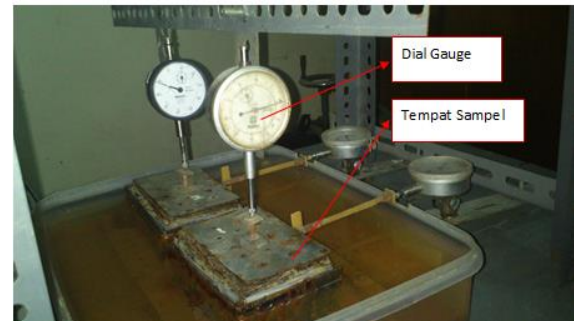
Tanah yang digunakan sebagai benda uji dalam penelitian ini adalah tanah lempung yang bersifat ekspansif. Tanah ini berasal dari Kecamatan Paron Kabupaten Ngawi.



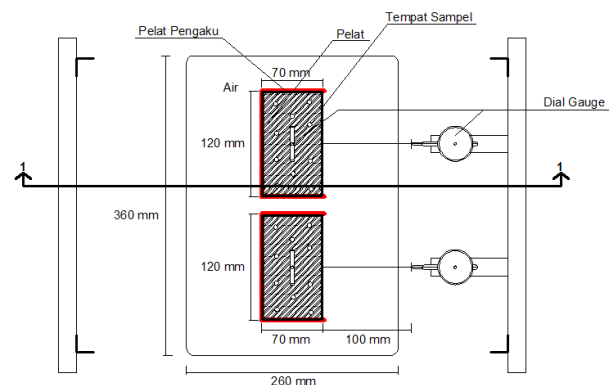
Gambar 1. Benda uji yang digunakan dalam pengujian pengembangan arah vertikal dan horizontal.

Alat Uji penelitian

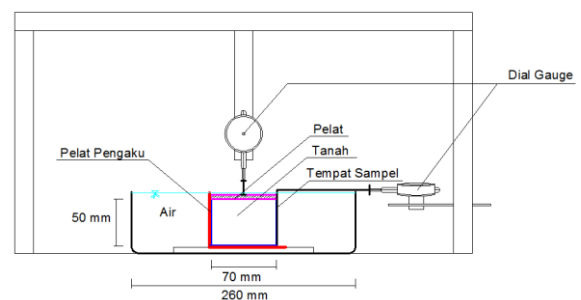
Alat uji penelitian ini adalah alat baru yang fungsinya akan digunakan untuk mencari pengembangan arah vertikal dan horizontal. Penjelasan mengenai gambar alat uji dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 2. Alat uji pengembangan arah vertikal dan horizontal.



Gambar 3. Tampak atas alat uji



Gambar 4. Potongan 1-1

Prinsip Kerja Alat

Prinsip kerja alat ini yaitu dengan melakukan penggenangan pada benda uji hingga permukaan atasnya juga tergenang oleh air. Kemudian mengatur jarum pada dial gauge ke posisi nol dan menyiapkan stop watch. Setelah itu disiapkan form praktikumnya untuk mencatat hasil pengembangan arah vertikal maupun horisontal yang terbaca oleh dial gauge. Disetiap waktu yang tertera pada form praktikum dan waktu pada stop watch sudah menunjukkan sama maka setiap itu juga dicatat pada form tersebut. Pembacaan diberhentikan jika terlihat nilai pengembangannya sama atau nilainya konstan.

Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut:

- Variabel bebas
 - Prosentase kadar air (OMC; $OMC \pm 5\%$)
 - Lama pengeringan 1 hari
- Variabel tetap
 - Pengembangan arah vertikal dan horisontal

Analisa Data

Dari hasil uji pengembangan arah vertikal dan horisontal ini didapat nilai pengembangan arah vertikal dan horisontal dengan pembacaan pada dial gauge. Selain itu juga didapatkan nilai regangan kontak (ϵ) dan tegangan kontak (σ).

HASIL DAN PEMBAHASAN

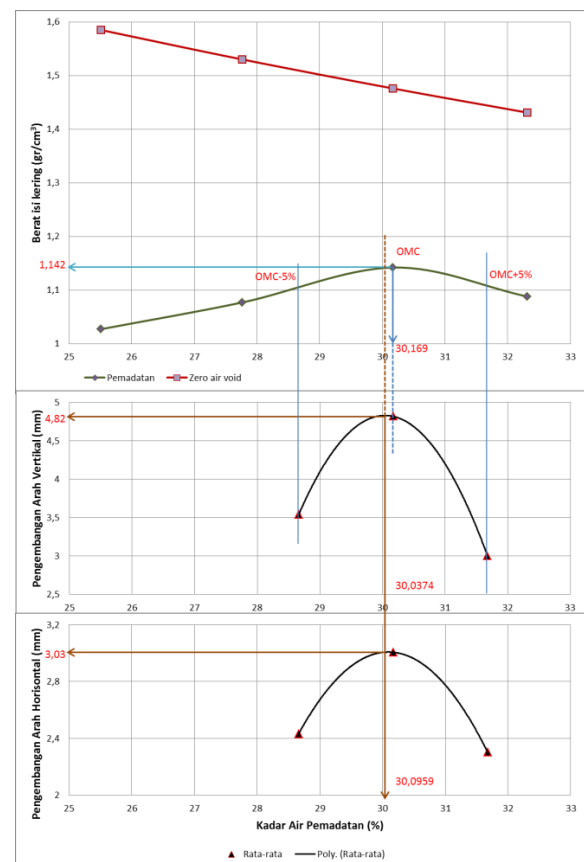
Hasil Pengujian Pengembangan Arah Vertikal dan Horisontal

Pengujian pengembangan arah vertikal dan horisontal didapatkan dari pembacaan dial gauge yang terpasang secara vertikal dan dial gauge terpasang secara horisontal. Dalam pengembangan arah vertikal ini benda uji mengalami pengembangan arah vertikal secara bebas dan pengembangan arah vertikal akan berhenti saat tekanan pengembangan sama dengan beban pelat yang ada diatasnya. Sedangkan pada arah horisontal, pengembangan yang terjadi terkekang adanya seng sehingga pengembangan arah horisontal tidak bebas. Pengembangan arah horisontal akan berhenti saat tekanan pengembangan

sama dengan tekanan yang dilawan oleh seng tipis. Hasil pengembangan arah vertikal dan horisontal dapat dilihat pada tabel dan gambar dibawah ini:

Tabel 1. Hasil uji pengembangan arah vertikal dan horisontal

Kadar Air Pemadatan (%)	Pengembangan Rata-rata (mm)	
	Vertikal	Horisontal
OMC-5%	3,535	2,43
OMC	4,815	3,005
OMC+5%	2,995	2,3



Gambar 5. Perbandingan antara grafik pemadatan dan grafik pengembangan maksimum arah vertikal dan horisontal dengan variasi kadar air pemadatan contoh tanah

Dari grafik pemadatan diatas, didapat dari pengujian sifat mekanik dengan pemadatan standar yang dilakukan oleh Dwi Ratna Nur, dkk. Berdasarkan grafik tersebut didapatkan nilai kadar air optimum (OMC) sebesar 30,169% dengan berat volume kering maksimum (γ_d maks) sebesar 1,142 gr/cm^3 . Sedangkan pada kadar air pemadatan saat OMC-5% (28,66%) dan OMC+5% (31,677%)

didapatkan berat volume kering (γ_d) sebesar $1,12 \text{ gr/cm}^3$ untuk OMC-5% dan berat volume kering (γ_d) sebesar $1,11 \text{ gr/cm}^3$ untuk OMC+5%.

Pada grafik pengembangan arah vertikal dan horisontal, setelah dilakukan pengujian pengembangan dengan alat uji dan dengan pengaruh variasi kadar air pematatan yaitu saat OMC, OMC-5% dan OMC+5% yang sesuai dengan grafik pematatan diatas tersebut, didapatkan nilai rata-rata pengembangan arah vertikal sebesar 4,82 mm atau mengalami prosentase pengembangan sebesar 9,63% dan dengan kadar air pematatan mencapai kondisi kadar optimum (OMC) sebesar 30,0374%. Sedangkan pada arah horisontal didapatkan nilai rata-rata pengembangan arah horisontal sebesar 3,03 mm atau mengalami prosentase pengembangan sebesar 4,29% dan dengan kadar air pematatan mencapai kondisi kadar optimum (OMC) sebesar 30,0959%.

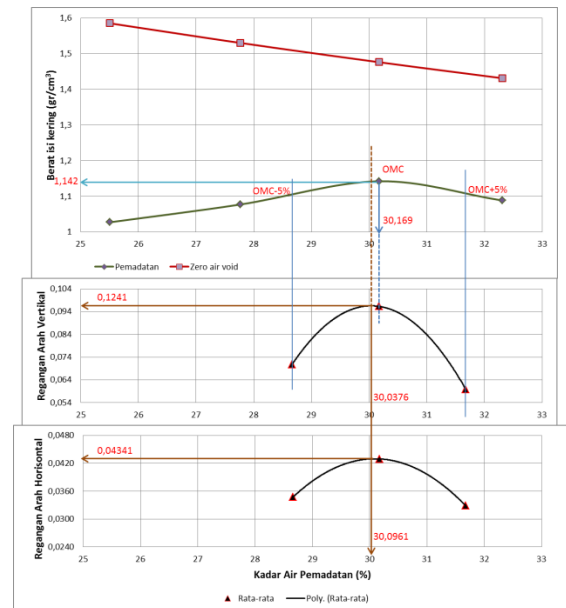
Dari hasil pengembangan tersebut, untuk pengembangan arah horisontal ini tidak mengalami pengembangan yang seutuhnya karena dari alat uji tersebut pengembangan ditahan oleh adanya seng tipis. Sehingga hasil yang didapatkan dari pengujian pengembangan arah horisontal ini nilai pengembangannya lebih kecil dari pada pengembangan arah vertikal.

Hasil Regangan Arah Verikal dan Horisontal

Regangan arah vertikal dan horisontal didapatkan dari membagi antara perubahan panjang (δ) dibagi dengan panjang mula-mula (L_0). Hasil regangan arah vertikal dan horisontal dapat dilihat pada tabel dan gambar dibawah ini:

Tabel 2. Hasil regangan arah vertikal dan horisontal

Kadar Air Pematatan (%)	Regangan Rata-rata (mm)	
	Vertikal	Horisontal
OMC-5%	0,0707	0,0347
OMC	0,0963	0,0429
OMC+5%	0,0599	0,0328



Gambar 6. Perbandingan antara grafik pematatan dan grafik regangan maksimum arah vertikal dan horisontal dengan variasi kadar air pematatan contoh tanah

Pada grafik regangan arah vertikal dan horisontal, besar regangan yang terjadi tergantung pada besar pengembangannya. Jika dalam pengujian pengembangan, nilai yang dihasilkan besar maka regangannya juga akan besar. Regangan arah vertikal terjadi pengembangan yang bebas karena tidak ada yang menahan sehingga nilai regangan arah vertikal lebih besar dari pada regangan horisontal. Sedangkan untuk regangan arah horisontal terdapat penahan sehingga nilai regangannya kecil.

Regangan arah vertikal dan horisontal ini terjadi regangan yang maksimum yaitu saat kondisi OMC. Berdasarkan **Gambar 6** tersebut didapat nilai rata-rata regangan maksimum arah vertikal yang terjadi sebesar 0,1241 dan nilai rata-rata regangan arah horisontal sebesar 0,04341.

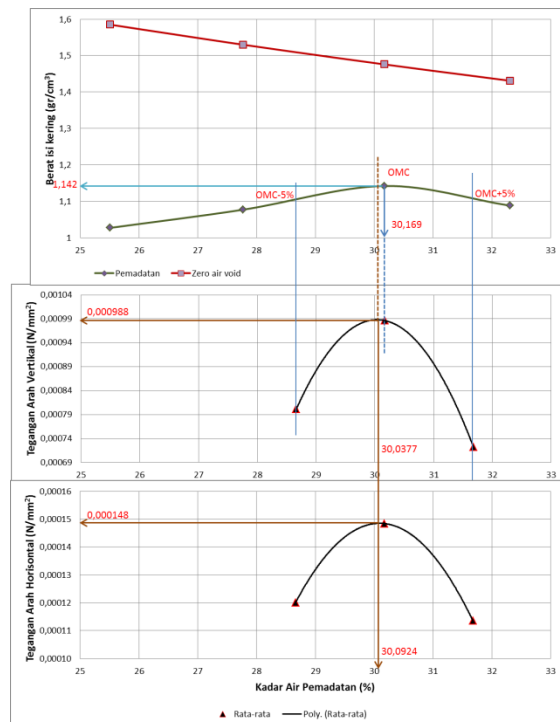
Hasil Tegangan Arah Verikal dan Horisontal

Tegangan arah vertikal pada alat ini terjadi karena ada gaya akibat tanah yang mengembang. Tegangan pada arah vertikal ini muncul karena diatas tanah terdapat pelat yang fungsinya sebagai beban. Besarnya tegangan arah vertikal yang terjadi sama dengan beratnya pelat diatasnya.

Tegangan arah horizontal pada alat ini yaitu tekanan kontak atau tegangan yang diakibatkan karena ada gaya akibat tanah yang mengembang dan pengembangan tersebut ditahan oleh adanya seng tipis. Sehingga saat tanah mengembang akan terjadi lendutan dari seng. Hasil tegangan arah vertikal dan horisontal dapat dilihat pada tabel dan gambar dibawah ini:

Tabel 3. Hasil tegangan arah vertikal dan horisontal

Kadar Air Pemadatan (%)	Tegangan Rata-rata (mm)	
	Vertikal	Horisontal
OMC-5%	0,000801	0,000120
OMC	0,000986	0,000148
OMC+5%	0,000723	0,000114



Gambar 7. Perbandingan antara grafik pemadatan dan grafik tegangan maksimum arah vertikal dan horisontal dengan variasi kadar air pemadatan contoh tanah

Pada grafik tegangan arah vertikal, yang berpengaruh dalam nilai tegangannya adalah akibat beban yang berupa pelat yang letaknya diatas sampel tanah atau biasanya beban tersebut disebut sebagai gaya. Jadi akibat tegangan ini bisa didapat karena adanya gaya. Gaya yang bekerja adalah gaya total akibat gaya dari pelat dan juga akibat gaya yang

ditimbulkan oleh dial gauge. Gaya akibat dial gauge ini bisa diperoleh karena adanya pengaruh pengembangan arah vertikal. Dalam kasus ini karena yang berpengaruh utama adalah mengenai grafik pengembangan maka pola grafik tegangan yang didapat kurang lebihnya sama dengan pola grafik pengembangannya. Sehingga dari **Gambar 7** diatas didapatkan nilai rata-rata tegangan arah vertikal yang maksimum yaitu sebesar 0,000988 N/mm². Satuan N/mm² setara dengan megapascal (Mpa), sehingga untuk 1 Mpa = 1000000 Pa. Jadi untuk tegangan arah vertikal sebesar 0,000988 Mpa = 988 Pa.

Pada grafik tegangan arah horisontal, yang berpengaruh dalam nilai tegangannya adalah akibat besar pengembangan atau lendutannya. Lendutan ada karena adanya gaya yang tegak lurus ke bidang. Gaya yang bekerja ini akibat tekanan dari tanah, sehingga gaya tersebut untuk lebih mudahnya diasumsikan menjadi gaya yang terdistribusi secara merata atau disebut beban merata. Jadi jika lendutannya besar maka gaya yang bekerja juga besar dan mengakibatkan tegangannya juga menjadi besar. Berdasarkan **Gambar 7** diatas nilai rata-rata tegangan yang maksimum yaitu sebesar 0,000148 Mpa = 148 Pa.

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, sehingga dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Dengan semakin padat kondisi tanah tersebut maka pengembangan arah vertikal maupun horisontal yang dihasilkan juga semakin maksimum. Jika kondisi tanah yang padat tersebut ditambahkan atau dikurangi airnya maka pengembangan arah vertikal maupun horisontal yang dihasilkan semakin minimum atau dibawah OMC. Dari hasil yang diperoleh dari alat ini tidak sesuai dengan referensi yang ada karena dari pembuatan alat uji untuk tempat sampel dibuat secara manual sehingga hal itu berpengaruh pada akurasi dari hasil yang diperoleh. Selain itu dari bahan yang digunakan untuk tempat sampel tersebut adalah seng. Bahan seng ini jika terendam air akan menyebabkan timbulnya korosi. Dengan semakin lama seng terendam

oleh air maka elastisitas pada seng akan berkurang sehingga akan berpengaruh pada hasil percobaan selanjutnya.

2. Kepadatan suatu tanah menyebabkan pengembangan arah vertikal maupun horisontal menjadi maksimum sehingga regangan arah vertikal maupun horisontal yang dihasilkan menjadi maksimum. Jika pengembangan arah vertikal maupun horisontal yang dihasilkan minimum maka regangan arah vertikal maupun horisontal yang dihasilkan juga menjadi minimum. Hal ini perlu dikoreksi karena hasil yang diperoleh tidak sesuai dengan referensi pengujian yang ada. Pada saat kondisi tanah padat adalah saat OMC, pengujian kadar air OMC ini dilakukan pertama kali sehingga memungkinkan pengaruh korosi dan elastisitas seng berkurang sangat kecil sehingga untuk hasil yang diperoleh masih bisa diharapkan keakuratannya. Setelah pengujian kadar air OMC dilanjutkan dengan pengujian kadar air OMC+5%. Dalam pengujian kadar air OMC+5% korosi pada seng mulai ada dan elastisitas pada seng berkurang sehingga menyebabkan pengembangan tidak maksimal. Pengujian yang terakhir yaitu pada kadar air OMC-5%, korosi pada seng tambah banyak dan elastisitas tambah berkurang sehingga pengembangan yang dihasilkan juga tidak maksimal.
3. Dengan semakin padat kondisi tanah tersebut maka menyebabkan pengembangan dan regangan arah vertikal maupun horisontal menjadi maksimum sehingga tegangan arah vertikal maupun horisontal yang dihasilkan juga semakin maksimum. Tegangan kontak yang maksimum yaitu 988 Pa untuk tegangan arah vertikal dan 148 Pa untuk tegangan arah horisontal. Dalam hasil yang diperoleh yaitu tegangan arah vertikal > tegangan arah horisontal sehingga dengan hal ini tidak sesuai dengan asumsi awal. Hal ini dikarenakan pada arah vertikal tidak ada pengaku sehingga tanah bebas mengembang sebatas beban plat diatasnya

sedangkan pada arah horisontal tanah terkekang oleh adanya seng sehingga tegangan yang terjadi kecil karena ditahan oleh adanya seng.

Saran

Dari kesimpulan yang ada diatas, adapun saran yang bisa disampaikan agar penelitian tentang pengembangan arah vertikal dan horisontal ini hasilnya lebih baik lagi. Saran-saran mengenai penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Perlu dibuat ulang dan didesign ulang mengenai tempat untuk benda uji dan penahannya atau dengan bahan selain seng sehingga tidak dikawatirkan dari korosi.
2. Perlu diadakan penelitian lanjutan dengan memperdekat jarak variasi kadar air pemadatan pada contoh tanah lempung ekspansif agar lebih mudah dalam membuat sampel tanah dan hasil pengembangan arah vertikal maupun horisontal lebih signifikan dan lebih baik dari penelitian ini.
3. Perlu diperhatikan masalah pembuatan benda uji karena jika pada saat benda uji yang dibuat kurang bagus atau retak rambut maka menyebabkan pengembangan yang tidak maksimal.
4. Perlu diadakan penelitian lanjutan dengan menambahkan jumlah sampel yang diuji agar hasilnya bisa maksimal dan bisa lebih mudah dalam membandingkan.
5. Perlu dilakukan analisa dengan trendline liner sehingga bisa terlihat peningkatan pengembangannya pada saat kadar air dikurangi.

DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, Joseph E., 1986, Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah. Edisi Kedua, Jakarta: Erlangga.
- Das, Braja M. 1985. *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis). Jilid 1*. Jakarta: Erlangga
- Giancoli, Douglas G. (2004). *Physics: principles with applications*. Upper Saddle River, N.J.: Pearson Education.
- Hardiyatmo, H.C., 2006, Mekanika Tanah I, edisi IV, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta, Indonesia.
- Hardiyatmo, H.C., 1992, Mekanika Tanah I, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

- Herman, A.S., 1990. Kandungan Timah Putih (Sn) Dalam Makanan Kaleng. Di dalam: S.Fardiaz dan D.Fardiaz (ed), Risalah Seminar Pengemasan dan Transportasi dalam Menunjang Pengembangan Industri, Distribusi dalam Negeri dan Ekspor Pangan, Jakarta.
- Mitchell, J.K., 1992, Fundamentals of Soil Behavior, Second edition, Jhon Wiley & Sons, Inc., New York, USA.
- Myers, D., 2005, Expansive Clays and Road Subgrade an Analysis, www.godismyjudgeok, 31 Agustus 2007.
- Pambudi, Edward., 2012, Pengaruh Kadar Air Tanah Ekspansif Terhadap Tegangan Dan Lendutan Tanah Pada Model Perkerasan Kaku, Malang: Universitas Brawijaya.
- Ratna, Dwi F., 2011, Pengaruh Variasi Kadar Air Terhadap Perkembangan dan Daya Dukung Tanah Ekspansif di Kecamatan Paron Kabupaten Ngawi, Malang: Universitas Brawijaya.
- Sutrisno, 2007, Solusi Perbaikan Jalan Diatas Tanah Dasar Expansive Clay dengan sistim konstruksi “FILADELFIA” FLYING PRECAST SLAB, Kanwil DPU Provinsi Jawa Timur, Surabaya.
- Sudjianto, Agus Tugas, 2012, Pemodelan Perilaku Kembang Tiga Dimensi Tanah Lempung Ekspansif Menggunakan Oedometer Modifikasi, Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Syarief, R., S.Santausa, St.Ismayana B. 1989. Teknologi Pengemasan Pangan. Laboratorium Rekayasa Proses Pangan, PAU Pangan dan Gizi, IPB.
- Timoshenko, Stephen P. & Gere, James M., 1996, Mekanika Bahan. Edisi Kedua Versi S1 Jilid 1, Jakarta: Erlangga

