

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanah

Dalam pengertian teknik secara umum, Das B. M (1988) mendefinisikan tanah sebagai bahan yang terdiri dari agregat mineral-mineral padat yang tidak terikat secara kimia antara satu sama lain dari bahan-bahan organik yang telah melapuk yang berpartikel padat disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel padat tersebut.

Peranan tanah ini sangat penting dalam perencanaan atau pelaksanaan bangunan karena tanah tersebut berfungsi untuk mendukung beban yang ada di atasnya. Oleh karena itu tanah yang akan dipergunakan sebagai pendukung konstruksi haruslah dipersiapkan terlebih dahulu sebelum dipergunakan sebagai tanah dasar (*subgrade*).

2.2 Tanah Dasar (*Subgrade*)

Tanah dasar (*subgrade*) adalah bagian terbawah suatu konstruksi perkerasan yang dibuat secara berlapis-lapis seperti yang biasa dipergunakan dalam konstruksi jalan raya (Imam Soekoto, 1984).

Persoalan-persoalan yang menyangkut tanah dasar pada umumnya adalah sebagai berikut:

1. Perubahan bentuk tetap (deformasi permanen) dari macam tanah tertentu akibat beban yang bekerja.
2. Sifat mengembang dari macam tanah tertentu akibat perubahan kadar air.
3. Daya dukung tanah yang tidak merata dan sukar ditentukan secara pasti pada daerah dengan macam tanah yang sangat berbeda sifat dan kedudukannya.
4. Lendutan (defleksi) dan pengembangan kenyal yang besar selama dan sesudah pembebanan.
5. Tambahan pemadatan akibat pembebanan dan penurunan yang diakibatkannya yaitu pada tanah dasar berbutir kasar (*granuler soil*) yang tidak dipadatkan secara baik pada saat pelaksanaan.

Untuk sedapat mungkin mencegah timbulnya persoalan diatas maka beberapa hal yang perlu diperhatikan antara lain:

1. Tanah dasar berkohesi dan dengan Indeks Plastis sama atau lebih besar dari 25 dilakukan usaha pencampuran dengan kapur (*lime stabilization*) atau bahan lain yang sesuai (ditentukan berdasar penyelidikan laboratorium).
2. Tanah dengan sifat mengembang yang besar, apabila pertimbangan biaya dan pelaksanaan memungkinkan, tanah dengan sifat demikian dibuang dan diganti dengan tanah lain yang lebih baik, apabila tidak maka perlu diselidiki sifat pengembangan tersebut agar dapat ditentukan langkah-langkah pengamanan antara lain:

- a. mengusahakan *subdrain* yang cukup baik dan efektif agar kadar air tanah dasar tetap berada dibawah harga yang dianggap berbahaya (penyelidikan laboratorium) sehubungan dengan sifat mengembang dari tanah tersebut, dan
 - b. memberikan beban statis permukaan (*surchage*) berupa urugan atau lapisan tambahan dengan tebal tertentu sedemikian sehingga bila diperhitungkan beratnya akan cukup mencegah tanah dasar mengembang melebihi batas-batas yang dianggap berbahaya (ditentukan berdasar percobaan laboratorium).
3. Mengusahakan daya dukung tanah dasar yang merata apabila terjadi perbedaan daya dukung yang mencolok antara tanah dasar yang berdekatan (misalnya perubahan dari tanah lempung ke pasir atau tanah lempung kelanauan ke tanah lempung yang plastis atau juga perubahan dari galian ke urugan).
 4. Perbaiki tanah dasar untuk mendukung beban yang besar. Dalam hal ini perlu adanya kesesuaian antara beban yang bekerja terhadap daya dukung tanah di dalam perencanaan, agar tanah dasar mampu untuk mendukung konstruksi di atasnya secara aman.

2.3 Tanah Lempung

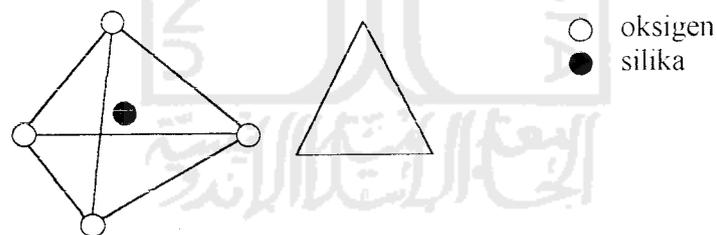
Menurut Meity Ambarwati, dkk (1999) istilah lempung tidak memiliki batasan yang tegas. Pada umumnya praktisi jalan menyebut lempung sebagai material yang memiliki ukiran butiran lebih kecil dari 2 mikron. Mereka

mengklasifikasikan tanah berdasarkan ukuran partikelnya menjadi 4, yaitu: gravel ($> 2\text{mm}$), pasir ($74\mu\text{m}-2\text{mm}$), silt ($2-74\mu\text{m}$) dan lempung ($< 2\mu\text{m}$). Selain ukuran partikel, tanah lempung juga dapat dikenali dari penampilan fisik dan kelakuannya terhadap air (*shrinkage, swelling, plastisitas, dan dispersi*).

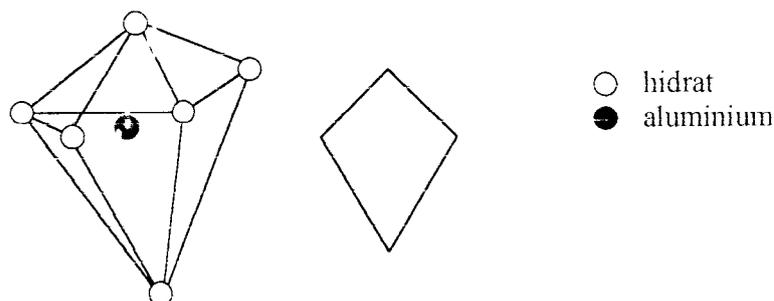
2.3.1 Mineralogi Tanah Lempung

Mineral lempung tersusun oleh alumina silika hidrat. Bentuk dasarnya berupa tetrahedral silika oksigen (satu atom silika mengikat empat atom oksigen) dan oktahedral aluminium hidrat (satu atom aluminium mengikat enam ion hidrat). Bentuk-bentuk dasar berikatan satu sama lain membentuk lembaran (*sheet*). Karakteristik lempung yang terjadi ditentukan oleh susunan dan komposisi tetrahedral silika dan oktahedral alumina.

a. tetrahedral



b. oktahedral



Gambar 2.1 Bentuk-bentuk dasar Mineral lempung
(Meity A. dkk. 1999)

Berdasarkan susunan bentuk dasarnya dibedakan tiga jenis lempung yaitu: kelompok kaolinite, kelompok montmorillonite, dan kelompok illite. Tanah lempung kelompok montmorillonite sangat sensitif terhadap air. Permukaan lapisan *sheet* yang bermuatan negatif membutuhkan ion positif (kation) untuk menetralkannya.

Kenaikan volume akibat peristiwa *swelling* bergantung pada ukuran ion terhidrasi, kadar air dan jenis lempung. Semakin besar ion penetral, semakin besar pula kenaikan volume lempung. Montmorillonite merupakan kelompok lempung yang paling mudah *swelling*, sedangkan kaolinite yang paling sulit. Kemudahan *swelling* menurut kelompok lempung sebagai berikut: montmorillonite > illite > kaolinite.

Kation penetral yang berada diantara dua sheet bersifat mobil sehingga dapat ditukar dengan kation penetral jenis lain. Kemudahan menggantikan ion-ion sebagai berikut: $\text{Li}^+ < \text{Na}^+ < \text{K}^+ < \text{Mg}^{2+} < \text{Ca}^{2+} < \text{H}^+$, pada konsentrasi yang sama, ion Ca^{2+} akan menggantikan ion Na^+ dan cenderung stabil. Dengan demikian perubahan volume akibat *swelling* dapat dikendalikan dengan mempertukarkan kation penetral.

2.3.2 Zeta Potensial

Permukaan butiran lempung didominasi oleh ion OH^- sehingga memiliki muatan negatif. Muatan negatif menyelimuti butiran lempung membentuk suatu lapisan muatan. Kation yang menetralkan muatan tersebut berjajar membentuk lapisan diluar lingkaran muatan negatif. Sehingga terdapat dua lapisan (*double*

layer) muatan. Perbedaan potensial listrik antara lapisan kation dan permukaan butiran lempung dikenal sebagai zeta potensial.

Zeta potensial turut berpartisipasi dalam membentuk kelakuan sistem campuran lempung, air dan pemadatan. Bila air kemudian ditambahkan kepada lempung tersebut maka kation dan sejumlah kecil anion-anion akan berenang diantara partikel-partikel itu. Keadaan ini disebut sebagai lapisan ganda terdifusi (*diffuse double layer*) bila kation penetral membentuk double layer dengan diameter besar sehingga zeta potensial yang dihasilkan juga besar. Sebaliknya butiran lempung cenderung bergabung menjadi satu bila kation penetral membentuk *double layer* dengan diameter kecil yang menghasilkan zeta potensial kecil. Kation penetral membuat antar butiran bergabung karena terabsorpsi ke permukaan lempung hal ini membuat butiran lempung dengan sendirinya lebih mudah dipadatkan sehingga menghasilkan densitas yang tinggi.

2.3.3 Kembang-Susut Tanah Lempung

Tanah-tanah yang banyak mengandung lempung mengalami perubahan volume ketika kadar air berubah. Pengurangan kadar air menyebabkan lempung menyusut, dan sebaliknya bila kadar air bertambah lempung mengembang. Derajat pengembangan bergantung pada beberapa faktor, seperti: tipe dan jumlah mineral lempung yang ada dalam tanah, luas spesifik lempung, susunan tanah, konsentrasi garam dalam air pori, valensi kation, sementasi, adanya bahan-bahan organik dan sebagainya. Perubahan volume tanah yang besar membahayakan bangunan.

Pengembangan lempung adalah hasil dari bertambahnya tebal lapisan ion *diffuse* ketika ada air. Ion-ion *monovalent exchangeable sodium* akan menyebabkan pengembangan lebih besar dari pada ion-ion kalsium divalent.

Pengaruh susut pada tanah-tanah berbutir halus menjadi masalah penting dalam masalah teknis. Retak akibat susut dapat muncul secara lokal, jika tekanan kapiler melampaui kohesi atau kuat tarik tanah. Retak-retak ini, bagian dari makrostruktur lempung dan merupakan zone-zone lemah yang secara signifikan mereduksi kekuatan massa tanah secara keseluruhan, sehingga dapat mempengaruhi stabilitas lereng lempung dan kapasitas dukung fondasi. Retak akibat pengeringan permukaan yang sering dijumpai pada lempung lunak dapat berpengaruh jelek, misalnya, pada struktur perkerasan jalan yang dibangun di atasnya. Susut dan retak akibat susut disebabkan oleh penguapan permukaan saat musim panas, penurunan muka air tanah, dan isapan akar tumbuh-tumbuhan. Ketika musim hujan, tanah mendapatkan air lagi, dan volume tanah bertambah dan tanah mengembang. Perubahan volume akibat proses kembang-susut sering merusakkan bangunan gedung ringan dan perkerasan jalan raya.

Pada umumnya pengerasan jalan atau pembangunan gedung dilaksanakan pada musim panas, sehingga tanah permukaan pada kondisi kering. Bangunan yang menutup tanah mencegah penguapan, sehingga tanah di bawah bangunan bertangah kadar airnya oleh akibat kapiler yang menyebabkan tanah lempung mengembang. Jika tekanan yang ditahan oleh perkerasan atau bangunan kurang dari tekanan pengembangan (*swelling pressure*), maka permukaan tanah akan naik dan akibatnya bangunan yang ada di atasnya rusak.

Di alam, kadar air sangat berfluktuasi terutama didekat permukaan tanah. Hal ini, karena didekat permukaan tanah dipengaruhi oleh penguapan dan isapan akar tumbuh-tumbuhan. Hal yang penting dalam mengevaluasi masalah pengembangan tanah adalah kedalaman *zone aktif*. Kadar air dibawah zone aktif dianggap selalu konstan, sehingga dibawah zone aktif tidak ada pengembangan tanah.

Pada proses kembang-susut, tanah tidak sepenuhnya kembali ke posisi semula. Lempung menjadi *overconsolidated* dan berkurang kemudahmampatannya akibat dari bertambahnya tegangan efektif oleh tekanan kapiler.

Pengembangan merupakan proses yang agak kompleks dibandingkan dengan penyusutan (Yong dan Warkentin, 1975). Besar dan nilai tekanan pengembangan bergantung pada banyaknya mineral lempung di dalam tanah. Tanah dengan susunan random cenderung lebih mudah mengembang daripada tanah dengan susunan teratur. Gangguan tanah atau pembentukan kembali tanah lempung dapat menambah sifat mudah mengembang. Kation-kation manovalen dalam lempung (contohnya, *sodium montmorillonite*) akan mengembang lebih besar daripada lempung divalent (contohnya, *kalsium montmorillonite*).

Tabel 2.1 menunjukkan kemungkinan potensi ekspansi tanah hasil dari pengumpulan data uji pengembangan pada lempung dan tanah-tanah ekspansif oleh Holtz (1969) dan USBR (1974). Sedang tabel 2.2 menunjukkan hal yang sama, dari hasil pengalaman Chen (1988) pada area Rocky Mountain.

Tabel 2.1 Potensi Pengembangan (Holtz, 1969; Gibbs, 1969; USBR, 1974)

Potensi pengembangan	Pengembangan (%) (akibat tekanan 6.9 kPa)	Persen koloid (< 0,001 mm) (%)	Indeks plastisitas PI (%)	Batas susut SL (%)	Batas cair LL (%)
Sangat tinggi	> 30	> 28	> 35	> 11	> 63
Tinggi	20 – 30	20 – 31	25 – 41	7 – 12	50 – 63
Sedang	10 – 20	13 – 23	15 – 28	10 – 16	39 – 50
Rendah	< 10	< 15	< 18	< 15	39

Tabel 2.2 Potensi Pengembangan (Chen, 1988)

Potensi pengembangan	Persen lolos saringan no. 200	Batas cair (LL)	N-SPT	Kemungkinan ekspansi (%)	Tekanan pengembangan (kPa)
Sangat tinggi	> 95	> 60	> 30	> 10	> 1000
Tinggi	60 – 95	40 – 60	20 – 30	3 – 10	250 – 1000
Sedang	30 – 60	30 – 40	10 – 20	1 – 5	150 – 250
Rendah	< 30	< 30	< 10	< 1	< 50

Pengembangan tanah seperti juga penyusutan, biasanya tanah terkekang di bagian atas permukaan tanah, sehingga merusakkan struktur di atasnya, seperti perkerasan jalan, bangunan gedung, dan perkerasan dinding saluran. Tekanan pengembangan sebesar 1000 kPa ekuivalen dengan tinggi timbunan 40 sampai 50 meter (karena berat volume tanah sekitar 20 kN/m³). Walaupun tekanan sebesar itu jarang terjadi, namun tekanan pengembangan hanya 100-200 kPa harus diperhitungkan bila membangun timbunan dengan tinggi 5 atau 6 meter, contohnya timbunan untuk *subgrade* (Holtz dan Kovacs, 1981). Sebagai perbandingan, gedung bertingkat umumnya mempunyai tekanan ke tanah sekitar 10 kPa untuk setiap lantai. Dalam hal kerusakan akibat pengembangan tanah, harus diwaspadai adanya lempung *montmorillonite*.

Selanjutnya Seed dkk. (1962), dari hasil uji laboratorium pada campuran lempung-pasir yang dipadatkan, memberikan definisi *potensi pengembangan*. Potensi pengembangan (*swelling potensial*) adalah persentase pengembangan di bawah tekanan 6,9 kPa, pada contoh tanah yang dibebani secara terkekang pada arah lateral, dengan contoh tanah yang dipadatkan pada kadar air optimum sehingga mencapai berat volume kering maksimumnya, menurut standar AASHTO. Didasarkan pada hasil pengujian-pengujiannya, hubungan empiris potensi pengembangan dengan indeks plastisitas tanah:

$$S = K(60)(PI)^{2,44} \dots \dots \dots (2.1)$$

Dengan:

S = potensi pengembangan (persen pengembangan aksial tekanan 6,9 kPa)

K = $3,6 \times 10^{-5}$

PI = indeks plastisitas

Memperhatikan petunjuk praktis dari *USBR* mengenai gambaran kemampuan pengembangan tanah, Seed dkk. (1962) menyarankan klasifikasi derajat ekspansi (*degree of expansion*) yang ditunjukkan dalam tabel 2.3

Tabel 2.3 Klasifikasi Derajat Ekspansi (Seed dkk. 1962)

Derajat ekspansi	Potensi pengembangan, S (%)
Rendah	0 – 1,5
Sedang	1,5 – 5
Tinggi	5 – 25
Sangat tinggi	> 25

Salah satu cara identifikasi pengembangan sederhana disarankan oleh *USWPRS* yang disebut uji pengembangan bebas (*free-swell test*) (Holts dan Gibbs, 1956). Pengujian dilakukan dengan cara menabur perlahan-lahan 10 cm^3

tanah kering dengan butiran lolos saringan no. 40, ke dalam silinder yang diisi air dengan volume 100 cm³. dan diamati volume saat keseimbangan telah terjadi.

Pengembangan bebas didefinisikan sebagai (Holts dan Gibbs, 1956):

$$\text{Pengembangan bebas} = \frac{\text{Volume akhir} - \text{volume awal}}{\text{volume awal}} \times 100\% \dots \dots \dots (2.2)$$

Tabel 2.4 Hubungan % Pengembangan dengan Derajat Pengembangan

% Pengembangan	Derajat Pengembangan
> 100	Kritis
50 - 100	Sedang
< 50	Tidak Kritis

Pada tanah yang dipadatkan, telah diamati bahwa tanah yang telah dipadatkan pada basah optimum dan pada kadar air lebih rendah memperlihatkan kurang kecenderungannya untuk mengembang. Hal ini, kemungkinan disebabkan oleh susunan tanahnya lebih beraturan. Dalam praktek bahan pencegah air semacam membran (bahan geosintetik) telah digunakan untuk mencegah air masuk dalam zone tanah rawan pengembangan. Jika perubahan kadar air tanah fondasi dicegah, maka tidak akan ada perubahan volume tanah. Stabilisasi kimia juga telah digunakan untuk mereduksi derajat pengembangan tanah, semacam *sodium montmorillonite*.

2.4 Penelitian Mengenai Tanah Lempung

Pada penelitian terdahulu mengenai tanah lempung yang digunakan sebagai tinjauan pustaka antara lain :

1. Penelitian Muhammad Rully Anriady dan Youshef Hirapako (2002)

Penelitian ini berjudul “ Stabilisasi Tanah Lempung Dengan Kalsit “. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui seberapa besar kemampuan kalsit sebagai stabilisator tanah lempung pada berbagai kadar kalsit. Dalam penelitian ini terdiri dari dua tahap. Tahap pertama adalah pengujian-pengujian karakteristik tanah dan pengujian untuk mencari kadar air optimum dan kadar kalsit yang menghasilkan berat volume kering maksimum. Variasi kadar kalsit yang digunakan adalah 0%, 2%, 4%, 6%, 8%. Kadar kalsit didapatkan dari pengujian tahap pertama yang menghasilkan berat volume kering maksimum. Pada tahap kedua dilakukan pengujian CBR, pengujian tekan bebas, dan pengujian geser langsung pada tanah dengan kadar kalsit yang menghasilkan berat volume kering maksimum.

Hasil penelitian menunjukkan kadar kalsit 6% dari berat kering tanah diperoleh berat volume kering maksimum sebesar $1,3385 \text{ gr/cm}^3$ dan kadar air optimum sebesar 35,75%. Tanah dengan kadar kalsit 6% nilai batas plastis tanah asli sebesar 41,39% naik menjadi 42,83%. Nilai batas cair pada tanah asli sebesar 70,907% turun menjadi 61,68%. Plastisitas indeks pada tanah asli sebesar 29,513% turun menjadi 18,86%. Nilai batas susut pada tanah asli sebesar 23,06 % turun menjadi 14,89%. Hasil pengujian CBR pemeraman nilainya meningkat dari 10,50% pada tanah asli menjadi 42,00% pada tanah kalsit 6% dengan waktu pemeraman 21 hari, sedangkan untuk uji CBR rendaman nilainya meningkat dari 2,81% pada tanah asli menjadi 3,63% pada tanah kalsit 6% dengan lama perendaman 4 hari. Hasil pengujian pengembangan tanah hasilnya mengalami penurunan, yaitu dari 45,13% pada tanah asli menjadi 35,62% pada tanah kalsit

6%. Hasil pengujian tekan bebas menunjukkan nilai tegangan (q_u) mengalami kenaikan dan nilai kohesi (c) mengalami penurunan dengan waktu pemeraman 21 hari. Untuk nilai tegangan (q_u) tanah asli sebesar $3,14 \text{ kg/cm}^2$, setelah dicampur kalsit 6% menjadi $5,80 \text{ kg/cm}^2$, sedangkan untuk nilai kohesi (c) untuk tanah asli sebesar $1,47 \text{ kg/cm}^2$ turun menjadi $1,08 \text{ kg/cm}^2$ pada tanah kalsit 6%.

2. Penelitian Rifki Fauzi dan Ra Adik Ujiarti (1994)

Penelitian ini berjudul “ Study Eksperimental Sifat Fisik Mekanis dan Durabilitas Tanah Lempung Kalibawang dengan Aditif Kapur Karbit “. Penelitian ini dilakukan dengan mencampur tanah lempung dengan kapur karbit dalam prosentase tertentu, juga dilakukan pemeraman supaya didapat kondisi dimana sifat-sifat fisik tanah dan mekanisnya lebih baik dari kondisi tanah aslinya. Hasil penelitian laboratorium tanah lempung tersebut menunjukkan bahwa tanah lempung yang terdapat didaerah kalibawang termasuk kelompok OH yaitu lempung organik dengan plastisitas tinggi (AASHTO), dengan kekuatan tekan bebas sebesar $0,213 \text{ kg/cm}^2$.

Hasil yang diperoleh dari pencampuran kapur karbit terhadap tanah uji terbukti dapat memperbaiki konsistensi tanah. Indeks plastisitas menurun dari 28,01% pada tanah asli terganggu menjadi 18,94% pada kadar aditif 6%. Batas susut meningkat hingga 43,68% pada kadar aditif 10% dari nilai 25,16% menjadi 43,68%.

Tanah asli yang telah mengalami pemadatan dengan proktor mempunyai kuat tekan bebas sebesar $1,983 \text{ kg/cm}^2$ atau meningkat sebesar 830,986% terhadap tanah asli yang hanya memiliki kuat tekan bebas sebesar $0,213 \text{ kg/cm}^2$ pada

keadaan belum terganggu . Pada penambahan aditif kapur karbid, kuat tekan bebas mengalami kenaikan hingga campuran aditif 6% kemudian turun kembali kuat tekan bebas mencapai 34,596% yaitu menjadi 2,6687 kg/cm².

1. Penelitian Rachmat Satrya Putra FB dan Monila Olivia (1998)

Penelitian ini berjudul " Study Komparasi Daya Dukung dan Penurunan pada Tanah Lempung Kasongan dan Godean ". Dalam penelitian ini tanah lempung Kasongan dan Godean memperoleh hasil yang berbeda. Lempung Kasongan memiliki kadar air (w) sebesar 68,1742 %, berat volume tanah 1,8220 gr/cm³, berat jenis tanah (Gs) 2,6976, batas plastis (PL) 43,57%, batas cair (LL) 67,14%, nilai kuat tekan bebas (qu) 0,2778 kg/cm², koefisien permeabilitas (k) sebesar $8,355 \times 10^{-8}$ cm/dt, kohesi (c) 0,1025 kg/cm², sudut geser dalam 16,67⁰, sensitivitas sebesar 1,1387, indeks kompresi (Cc) 1,5965 dan koefisien konsolidasi (Cv) $5,64 \times 10^{-2}$ cm²/dt.

Sedangkan lempung Godean memiliki kadar air (w) sebesar 44,5295%, berat volume tanah 1,7118 gr/cm³, berat jenis tanah (Gs) 2,6202, batas plastis (PL) 34,58%, batas cair (LL) 55,39% , nilai kuat tekan bebas (qu) 1,0279 kg/cm², koefisien permeabilitas (k) sebesar $5,595 \times 10^{-8}$ cm/dt, kohesi (c) 0,3575 kg/cm², sudut geser dalam 21,34⁰, sensitivitas sebesar 5,1179, indeks kompressibilitas (Cc) 0,8389 serta koefisien konsolidasi (Cv) $3,69 \times 10^{-3}$ cm²/dt.

Dimensi pondasi pada tanah lempung Kasongan lebih besar daripada dimensi pondasi tanah lempung Godean. Disamping penurunan pondasi tanah lempung Kasongan lebih kecil daripada pondasi tanah lempung Godean, lama

penurunan pada pondasi lempung Kasongan lebih besar daripada pondasi tanah lempung Godean.

Permasalahan yang akan diteliti adalah pengaruh energi pemadatan terhadap pengembangan tanah lempung dengan sampel tanah berasal dari daerah Salaman, Magelang. Pemadatan dilakukan dengan menggunakan proktor standar dengan variasi berat beban penumbuk. Bila dilihat dari tugas akhir yang telah ada maka topik yang akan dibahas ini merupakan topik yang baru yang belum pernah diteliti oleh mahasiswa lain.

