PERPUSTAKAAN FTSP UII
HADIAH/BELI
TGL. TERIMA : 20 Juni 2006
NO. JUDUL : 001941
NO. INV. : 512000019410001

TINJAUAN TERHADAP DISTRIBUSI TEGANGAN PADA TANAH LEMPUNG LUNAK DIBAWAH PONDASI DANGKAL DENGAN PEMBERIAN LAPIS PASIR

DIBACA DI PERPUSTAKAAN
TIDAK DIBAWA PULANG

PERPUSTAKAAN
YOGYAKARTA

Disusun Oleh:

Nama : **Muhammad Fajar Shodiq**

No. Mahasiswa : **99 511 210**

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

YOGYAKARTA

2006

MILIK PERPUSTAKAAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN UII YOGYAKARTA

TUGAS AKHIR

TINJAUAN TERHADAP DISTRIBUSI TEGANGAN PADA TANAH LEMPUNG LUNAK DENGAN PEMBERIAN LAPIS PASIR DIBAWAH PONDASI DANGKAL

Diajukan Untuk Melengkapi Persyaratan
Dalam Rangka Memperoleh Derajat Sarjana
Pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia
Jogjakarta

Disusun Oleh:

Nama : **Muhammad Fajar Shodiq**

No. Mahasiswa : **99 511 210**

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
JOGJAKARTA
2006

TUGAS AKHIR

TINJAUAN TERHADAP DISTRIBUSI TEGANGAN PADA TANAH LEMPUNG LUNAK DENGAN PEMBERIAN LAPIS PASIR DIBAWAH PONDASI DANGKAL

Disusun Oleh:

Nama : **Muhammad Fajar Shodiq**

No. Mahasiswa : **99 511 210**

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dr.Ir.H. Luthfi Hasan, MS
Dosen Pembimbing

Tanggal : 14 Juni '06

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَٰنِ الرَّحِيمِ

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Maha Suci Allah SWT, segala puji bagi Allah Tuhan Semesta Alam, atas Berkah, Rahmat, dan Ridho-Nya maka penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **"TINJAUAN TERHADAP DISTRIBUSI TEGANGAN PADA TANAH LEMPUNG LUNAK DENGAN PEMBERIAN LAPIS PASIR DIBAWAH PONDASI DANGKAL"**, sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Program S1 Jurusan Teknik Sipil di Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

Penyusun menyadari bahwa dalam penulisan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangannya, baik dari segi materi maupun bahasa, sehingga Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu penyusun mengharapkan kritik dan saran yang berguna dalam rangka evaluasi untuk lebih meningkatkan kemampuan penyusun.

Selain pada Allah SWT rasa syukur saya panjatkan, pada kesempatan ini penyusun ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada segenap pihak yang telah memberikan bantuan, dorongan, pengarahan dan bimbingan dalam penulisan Tugas Akhir ini, yaitu kepada yth :

1. Bapak Prof. Ir. H. Widodo, MSCE, PhD selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
2. Bapak Ir. H. Munadhir, MS selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
3. Bapak Dr. Ir. H. Luthfi Hasan, MS selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir.
4. Bapak Ir. H. Ibnu Sudarmadji, MS selaku Dosen Penguji.

5. Bapak Ir. Akhmad Marzuko, MT selaku Dosen Penguji.
6. Kedua Orang Tua beserta keluarga yang tercinta, atas dukungan moral dan material.
7. Bapak Sugiyana selaku Karyawan Laboratorium Mekanika Tanah, Jurusan Teknik Sipil, FTSP, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
8. Teman-teman mahasiswa yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah memberikan dorongan dan membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini,
9. Semua pihak yang telah membantu penulisan Tugas Akhir ini hingga selesai.

Akhir kata, penyusun mohon maaf dengan segala ketulusan hati bila dalam penulisan Tugas Akhir ini terdapat kekhilafan, semoga Allah SWT selalu melimpahkan Rahmat dan Hidayah-Nya kepada kita semua dan semoga segala sesuatu yang telah kita perbuat akan menjadi bekal yang berguna, bermanfaat, serta mendapat Ridho Allah SWT. Amien.

Alhamdulillahirobbil'alamin.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb

Yogyakarta, 2006

Penyusun

DAFTAR ISI

Halaman Judul i
KataPengantar..... ii
Daftar Isi iv
Daftar Gambar vi
Daftar Tabel vii
Daftar Lampiran..... viii
Abstraksi ix

Bab I PENDAHULUAN
1.1. Latar Belakang 1
1.2. Rumusan Masalah 4
1.3. Tujuan Penelitian 4
1.4. Manfaat Penelitian 5
1.5. Batasan Masalah 5

Bab II TINJAUAN PUSTAKA
2.1 Tinjauan Umum 7

Bab III LANDASAN TEORI
3.1. Tinjauan Umum 15
3.2. Klasifikasi Tanah..... 15
3.3. Tanah Lempung..... 18
3.4 .Jenis Tanah Lempung..... 18
3.5. Tanah Pasir 20
3.6. Tanah Pasir Diatas Tanah Lempung 20
3.7. Distribusi Tegangan Didalam Tanah 22

Bab IV METODE PENELITIAN
4.1. Alat dan Bahan Yang digunakan 25
4.1.1. Alat-alat yang digunakan..... 25
4.1.2. Bahan-bahan yang digunakan 26
4.2. Data yang diperlukan 26
4.3. Metoda Pengujian 27
4.3.1. Pengujian sifat fisik tanah 27
4.3.2. Pengujian sifat mekanik tanah 28
4.4. Pemodelan Benda Uji 28
4.5. Variasi Sample 30
4.6. Teknik Pemodelan Benda Uji 31
4.6.1. Pembuatan benda uji 31
4.6.2. Pembuatan kepadatan pada lapis pasir 31
4.7. Teknik Pengujian Model 34
Bab V HASIL PENELITIAN
5.1. Klasifikasi Tanah 35
5.2. Hasil Pengujian Sifat Fisik Tanah 35
5.3. Hasil Pengujian Sifat Mekanis Tanah..... 35
5.4. Hasil Pengujian Pembebanan di Laboratorium 36
5.5. Hasil Pengamatan Bidang Runtuh 38
5.6 Distribusi Tegangan dibawah Model Pondasi 40
5.7 Load Displacement..... .43
Bab VI ANALISIS HASIL PENELITIAN
6.1. Pendahuluan 45
6.2. Analisis Uji Pembebanan..... 46
6.3 Analisis Bidang Runtuh 50
6.4. Analisis Distribusi Tegangan Dengan Simulasi Plaxis..... 57
6.5 Analisis Load Displacement 61
Bab VII KESIMPULAN DAN REKOMENDASI
7.1. Kesimpulan 64
7.2. Rekomendasi..... 65
DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Mekanisme Keruntuhan Pada Pondasi Dangkal 8
Gambar 2.2. Sudut Penyebaran Distribusi Tegangan Pada Tanah urug.. 10
Gambar 2.3. Kontur Tegangan..... 11
Gambar 2.4. Penyebaran Tekanan 12
Gambar 2.5 Perbaikan Daya Dukung Tanah Lunak Dengan Cerucuk..... 13
Gambar 4.1. Model Benda Uji 28
Gambar 4.2. Model Benda Uji Tampak Samping Dan Atas 29
Gambar 4.3. Penampang Atas dari Pemodelan Benda Uji 30
Gambar 5.1. Grafik Penurunan pada Uji Laboratorium..... 37
Gambar 5.2. Bidang Runtuh Tanah Lempung Lunak 39
Gambar 5.3. Bidang Runtuh Tanah Lempung Berlapis Pasir 5cm 39
Gambar 5.4. Bidang Runtuh Tanah Lempung Berlapis Pasir 10cm..... 39
Gambar 5.5. Arah Distribusi Tegangan 40
Gambar 5.6 Titik Peninjauan Tegangan Vertikal 41
Gambar 5.7. Grafik Load Displacement dengan Pembebanan tunggal 30 kg 43
Gambar 6.1. Grafik Penurunan pada Ketiga Sampel selama 10 menit..... 46
Gambar 6.2. Teori Dua Lapisan Tanah 47
Gambar 6.3. Tiga Kondisi keruntuhan Tanah 50
Gambar 6.4. Mekanisme Keruntuhan 51
Gambar 6.5. Bidang Runtuh Tanah Lempung Lunak..... 53
Gambar 6.6. Bidang Runtuh Tanah Lempung Lunak Berlapis Pasir 54
Gambar 6.7 Bidang Runtuh Tanah Lempung Lunak Hasil Simulasi Plaxis 56
Gambar 6.8. Bidang Runtuh Tanah Lempung Berlapis Pasir 56
Gambar 6.9. Distribusi Tegangan pada Dua Lapisan Tanah 57
Gambar 6.10 Distribusi Tegangan Dua Lapis Materi Elastis 58
Gambar 6.11 Tinjauan Sudut ß dibawah Model Pondasi 59
Gambar 6.12 Grafik Load Displacement dengan Simulasi Plaxis 61

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Nilai kuat tekan bebas (qu) untuk jenis-jenis tanah lempung (Peck dkk,1953).... 19
Tabel 3.2. Nilai Es pada beberapa jenis tanah 23
Tabel 3.3. Nilai μ pada beberapa jenis tanah 23
Tabel 5.1. Data sifat mekanis dan indeks tanah lempung Salaman 36
Tabel 5.2. Nilai Tegangan Vertikal pada Lempung Hasil Simulasi Plaxis 41
Tabel 5.3. Tegangan vertikal pada Lempung Berlapis Pasir 5cm hasil Plaxis 42
Tabel 5.4 Tegangan vertikal pada Lempung Berlapis Pasir 10cm hasil Plaxis 42
Tabel 5.5. Nilai Displacement dengan Pembebanan 30 kg 43
Tabel 6.1. Nilai Selisih Penurunan akibat Pemberian lapis Pasir 44
Tabel 6.2. Nilai Tegangan Vertikal hasil Simulasi Plaxis 58
Tabel 6.3. Nilai Load Displacement 62

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Grain Size Analysis
Lampiran 2 Pengujian Berat Jenis Agregat
Lampiran 3 Unconfined Compression Strength
Lampiran 4 Pengujian Batas Cair
Lampiran 5 Koefisien Permeabilitas
Lampiran 6 Lanjutan Grain Size analysis
Lampiran 7 Proctor Test (Pemadatan Tanah)
Lampiran 8 Klasifikasi Tanah Berdasar AASHTO
Lampiran 9 Klasifikasi Tanah Berdasar Unifed Soil Clasification
Lampiran 10 Pengujian Batas Susut Tanah
Lampiran 11 Diagram USCS
Lampiran 12 Triaxial Compresion Test Result

ABSTRAKSI

Kondisi tanah lempung lunak memang rawan terhadap berbagai persoalan baik persoalan kekuatan yang rendah dalam mendukung beban diatasnya atau daya dukung yang relatif kecil, bahkan terjadi penurunan (settlement), hingga berlebihan (excessive settlement). Untuk mengatasinya, ada beberapa cara yang dapat dilakukan, yaitu menggunakan lapisan tanah urug (pasir), menggunakan geotekstil dengan metode penurunan muka air tanah, metode drainasi permukaan dll. Penggunaan geotekstil dan metode penurunan muka air tanah membutuhkan biaya yang tidak murah, maka dikembangkan usaha-usaha perbaikan tanah untuk meningkatkan kapasitas dukungnya dengan pertimbangan biaya dan waktu yang lebih sedikit.

Dari berbagai penelitian yang sudah pernah dilakukan, usaha untuk meningkatkan kapasitas dukung tanah lunak banyak pula, seperti dengan penggunaan cerucuk baik tunggal maupun gabungan, penggunaan geotekstil, kolom pasir dan penambahan lapisan pasir dibawah pondasi. Dalam penelitian ini dilakukan pengujian pembebanan untuk mengetahui penurunan pada tanah lunak yang dibuat remolded dengan menggunakan lapis pasir berbutir seragam yang diletakkan dibawah dasar pondasi dengan ketebalan yang bervariasi. Lapis pasir yang diuji mempunyai ketebalan tertentu yaitu 5 cm dan 10 cm.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan lapis pasir yang semakin tebal, maka nilai penurunan dan tegangan vertikal dibawah pondasi akan semakin kecil ±1,04% - 5%. Prosentase kenaikan kekuatan dan nilai perbedaan penurunan yang bervariasi antara ketiga sampel uji. Selisih penurunan terhadap sampel uji tanah lempung setelah diberi lapis pasir yaitu 1,629cm untuk lapis 5cm, dan 5,719cm untuk sampel lapis pasir 10cm.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia termasuk negara kepulauan yang memiliki wilayah yang sangat luas serta memiliki kondisi geografis dan jenis tanah yang beraneka ragam. Keadaan tersebut akan sangat berpengaruh dalam proses pembangunan infrasturktur dibidang ketekniksipilan, khususnya Geoteknik. Jenis dan karakteristik tanah yang berbeda tentunya membutuhkan analisis dan penanganan yang berbeda, serta masing – masing jenis tanah tersebut mempunyai parameter yang tidak sama mulai dari kuat geser *(shear strength)*, kompresibilitas (Cc), dan juga elastisitas tanah (Es) serta koefisien pengaliran air *(Permeability)* yang akan mempengaruhi daya dukung *(bearing capacity)* dari tanah untuk mendukung beban diatasnya. Daya dukung tanah sangat dipengaruhi oleh kuat geser dari masing – masing jenis tanah itu sendiri. Kuat geser yang rendah akan mengakibatkan daya dukung rendah dan penurunan *(settlement)* yang besar, bahkan berlebihan *(excessive settlement)*, dan sifat kompresibilitas yang dimiliki tanah akan mempengaruhi kembang susut dari tanah tersebut akibat pengaruh muka air tanah yang terjadi serta akan mempengaruhi kestabilan dari bangunan yang ada diatasnya. Sifat elastistas tanah yang ada akan mempengaruhi sifat kepadatan tanah akibat beban yang didukungnya, hal ini akan sangat mempengaruhi kestabilan bangunan diatas tanah tersebut baik dalam jangka waktu yang pendek maupun panjang. Dari berbagai jenis tanah yang ada, tanah lunak

(soft soil) memiliki persoalan tersendiri berkaitan dengan daya dukung yang rendah dan penurunan yang besar. Kondisi tanah lunak yang mempunyai kuat geser yang rendah serta kompresibilitas yang tinggi akan sangat mempengaruhi kondisi tanah tersebut dalam mendukung beban yang ada. Apabila akan dilakukan pembangunan diatas tanah lunak maka pertama-tama yang harus ditinjau adalah daya dukung *(bearing capacity)* dan penurunan *(settlement)*. Dengan sifat kompresibilitas yang tinggi pada tanah lunak maka akan menimbulkan penurunan yang relatif besar serta mengakibatkan keruntuhan geser disekitar pondasi *(local shear failure)*. Jika kondisi seperti ini terjadi maka stabilitas bangunan tentunya akan terganggu. Karakteristik tanah lunak diatas, sekiranya perlu mendapatkan perhatian yang cukup serius bagi semua pihak khususnya para ahli teknik dalam merencanakan dan melaksanakan pembangunan, agar dapat mengantisipasi dampak yang akan ditimbulkan pada kondisi tanah lunak. Mengingat tuntutan yang semakin besar dalam proses pembangunan yang sedang dan yang akan berlangsung di negara ini, maka diperlukan berbagai alternatif solusi untuk memanfaatkan kondisi tanah lunak yang ada, mengingat lahan yang tersedia sudah semakin sempit. Oleh karena itu daerah yang kondisi tanahnya lunak dan sering dihindari dalam pembangunan konstruksi diatasnya, dapat menjadi salah satu alternatif sebagai lahan pembangunan baru. Berbagai usaha penelitian dan analisis lebih lanjut terhadap kondisi tanah lunak yang ada di Indonesia diharapkan terus berlanjut agar menjadi alternatif solusi dalam usaha perbaikan maupun stabilisasi kondisi tanah lunak tersebut, dan keberadaan tanah lunak sendiri sangat mempengaruhi struktur pondasi dangkal *(shallow foundation)* dikarenakan keberadaan tanah lunak yang berada pada kedalaman sekitar 4 sampai 5 meter dibawah permukaan tanah, tentunya akan sangat berpengaruh pada

penempatan pondasi dangkal yang memang terletak pada kedalaman 1 sampai 4 meter. Mengingat keadaan bangunan tidak bertingkat ataupun tingkat rendah yang berdiri diatas struktur pondasi dangkal sangat banyak dijumpai di Indonesia, maka perlu dilakukan analisis yang lebih baik pada kondisi tanah dibawahnya dalam rangka perencanaan pondasi dangkal pada bangunan tidak bertingkat atau tingkat rendah.

Pada penelitian ini akan dicoba meninjau permasalahan tanah lunak dalam kaitannya dengan struktur pondasi dangkal, yaitu dengan memberi lapis pasir pada tanah lunak dengan ketebalan dan kedalaman tertentu. Selanjutnya melakukan analisis tentang perubahan *load displacement* dan distribusi tegangan, serta bidang runtuh yang terjadi pada tanah lunak asli maupun yang sudah diberi lapis pasir secara visual dengan menggunakan *software* geoteknik Plaxis, sehingga diharapkan mendapatkan gambaran yang optimum dari penambahan lapis pasir tersebut dalam mereduksi kegagalan geoteknik, khususnya pada struktur pondasi dangkal diatas tanah lunak.

1.2 Rumusan Masalah

Dari penjelasan latar belakang diatas maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut ini.

1. Kondisi tanah lunak yang memiliki kuat geser yang kecil, kemampu mampatan (*compressibility*) besar akan menyebabkan daya dukung yang rendah yang berakibat keruntuhan geser *(local shear failure)* dan penurunan *(settlement)* yang besar bahkan berlebihan *(excessive settlement)*.
2. Diperlukan solusi terhadap permasalahan tanah lunak yang ada sehingga diharapkan dapat mendukung struktur pondasi dangkal diatasnya dengan lebih baik.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut ini.

1. Mengetahui pengaruh penambahan lapis pasir pada tanah lempung lunak dibawah pondasi dangkal terhadap :
    a. Distribusi tegangan.
    b. Hubungan *load displacement.*
    c. Perubahan bidang runtuh yang terjadi.
    d. Analisis terhadap tegangan, *displacement* dan bidang runtuh yang terjadi dengan *software* PLAXIS.

1.4 Manfaat Penelitian

Diharapkan dari hasil penelitian akan didapatkan gambaran pengaruh penambahan pasir pada tanah lempung lunak terhadap daya dukung tanah tersebut akibat ditribusi tegangan yang menimpa pada konstruksi pondasi dangkal sehingga diharapkan bisa menjadi salah satu alternatif penanggulangan kegagalan struktur geoteknik yang akan dibangun ditanah lunak tersebut.

1.5 Batasan Masalah

Mengingat masing- masing jenis tanah mempunyai sifat yang berbeda- beda dan akan berpengaruh dalam suatu struktur bangunan sipil dalam hal pondasi dangkal, maka masalah yang dibahas akan dibatasi pada :

1. Penelitian dilakukan dengan menggunakan benda uji lempung lunak yang dari hasil uji laboratorium yaitu dengan pengujian UCST (*Unconfined Compression Strength Test*) pada sampel *undisturb* memiliki qu=0,4179 kg/cm^2 dan kohesi (c) = 0,157 kg/cm^2, sudut gesek dalam (ϕ) = 16°, γk = 1,08 gr/cm^3, γb =1,64 gr/cm^3 dengan nilai kuat tekan bebas qu 0,25-0,50 kg/cm^2 merupakan kategori lempung lunak dan berat volume kering pasir maksimum = 1,19161 gr/cm^3.
2. Kepadatan relatif pasir konstan.
3. Ketebalan lapis pasir pada model uji yaitu 5 cm dan 10 cm serta lapis pasir diasumsikan *rigid.*
4. Beban berupa model pondasi dangkal dengan alas cap kayu ukuran 15cm x 15cm sebagi alas beban yang diberikan.

6. Suhu udara laboratorium konstan berkisar 20°c - 28°c.
7. Demensi Benda uji kotak persegi dengan ukuran panjang: 100 cm, lebar: 100 cm, tinggi: 90 cm, dengan ukuran panjang dan lebar diasumsikan sebagai batasan terluar sampel (*boundary*).
8. Analisis distribusi tegangan dan *load displacement* serta bidang runtuh menggunakan *software* Plaxis.

BAB II

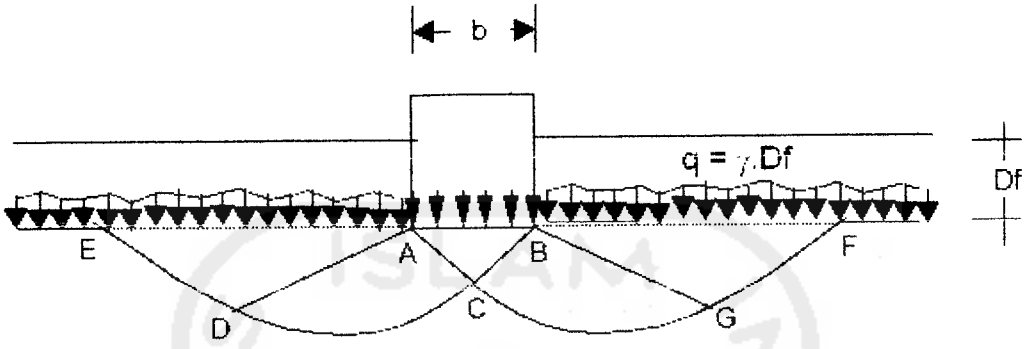
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Berbagai jenis tanah yang ada saat ini memang beraneka ragam, dan tidak semua jenis tanah tersebut stabil dalam kondisi aslinya. Tanah yang kurang stabil tentu saja mempunyai daya dukung yang rendah, bersifat sangat lepas, sehingga kurang memadai untuk didirikan bangunan diatasnya. Tanah memang merupakan material yang kadang tidak pasti dan membuat selalu berhadapan pada berbagai resiko kegagalan dalam pelaksanaan pekerjaan tanah, khususnya dibidang keteknik sipilan, maka dari itu selalu dituntut untuk memahami setiap kondisi yang ada sehingga diharapkan dapat menangani berbagai masalah yang timbul didalamnya. Beberapa penelitian yang mencoba mengangkat permasalahan tanah lunak yang berkaitan dengan daya dukung tanah (*Bearing Capacity)* banyak dilakukan, mulai dengan metode kolom pasir, sublayer, penambahan tanah urug (pasir), maupun pemakaian cerucuk bahkan sampai dengan penggunaan bahan geotekstil. Beberapa alternatif untuk meningkatkan kapasitas dukung dan kuat geser pada tanah lunak tentunya sangat dibutuhkan agar kondisi tanah lunak menjadi lebih baik dari keadaan sebelumnya.

Penggunaan pondasi dangkal pada tanah lunak untuk bangunan tingkat rendah dikhawatirkan mengalami berbagai permasalahan diantaranya yaitu *shear*

strength yang rendah, dalam kata lain mempunyai kuat geser atau daya dukung yang kecil serta penurunan yang besar. Daya dukung didasarkan pada kondisi *general shear failure*, maka gaya yang bekerja akan dapat dianalisis.



Gambar 2.1 Mekanisme Keruntuhan pada Pondasi Dangkal

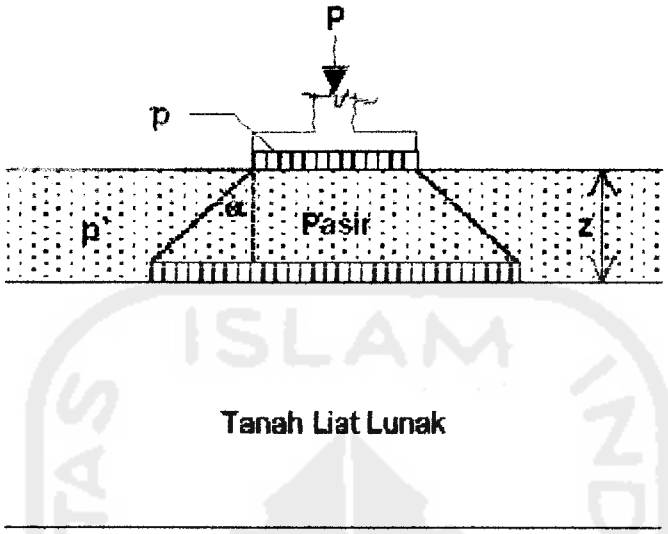
Gambar 2.1 diatas adalah mekanisme keruntuhan pada pondasi dangkal. Parameter kuat geser adalah c dan ø, pondasi akan tertekan ke bawah dan akan menghasilkan suatu keseimbangan plastis dalam bentuk zona segitiga dibawah pondasi dengan sudut ABC = BAC = 45 + $\phi/2$. Gerakan tanah kebawah akan mendorong tanah disampingnya kesamping. Zona Rankine pasif ADE dan BGF akan terbentuk dengan sudut DEA = GFB = 45 – $\phi/2$, transisi antara gerakan kebawah bagian ABC dan gerakan lateral bagian ADE dan BGF akan terjadi disepanjang zona geser radial ACD dan BCG . Keseimbangan plastis akan terjadi pada permukaan EDCGF sedangkan sisa tanah lainnya berada dalam keseimbangan elastis. Biasanya pondasi tidak diletakkan pada permukaan tanah, dalam praktek diasumsikan kenaikan geser tanah antara permukaan dan kedalaman Df diabaikan, tanah tersebut hanya diperhitungkan sebagai beban yang menambah tekanan merata q pada elevasi

pondasi, hal ini disebabkan tanah diatas elevasi pondasi biasanya lebih lemah, khususnya jika diurug, daripada tanah pada tempat yang lebih dalam.

Salah satu cara untuk memperbaiki kondisi tanah lunak tersebut, yaitu dengan mengganti sebagian tanah lunak dengan urugan atau lapis pasir, maka akan mengakibatkan beban yang diterima atau diteruskan pada pondasi dangkal tersebut tidak langsung diterima oleh tanah lunak, akan tetapi diterima oleh lapis pasir terlebih dahulu serta disebarkan distribusi bebannya sehingga tegangan yang diberikan pondasi pada tanah lunak lebih kecil dibanding apabila tanpa lapis pasir. Bilamana tanah tersebut menjadi tanah dasar suatu pondasi dan belum mengalami perbaikan (*improvement*) lalu diberikan pembebanan konstruksi diatasnya, maka akan terjadi kerusakan pada permukaan tanah dasarnya (*surface failure*) hal ini terjadi karena telah melampaui daya dukung kritisnya. Gejala kerusakan permukaan tanah dasar sebagai tanah dasar pondasi atau penurunan tambahan bukan hanya akan menyebabkan konstruksi itu tidak berfungsi sebagai mana mestinya, melainkan dapat mengakibatkan permukaan tanah di sekeliling konstruksi itu naik atau turun. Hal ini dapat mengakibatkan kerusakan pada bangunan-bangunan konstruksi lainnya, sehingga dapat mengakibatkan penurunan (*settlement*) bila didirikan struktur bangunan diatasnya (Sosrodarsono,S. dan. Nakazawa, K.1994).

Analisis perubahan distribusi tegangan berdasarkan sudut penyebaran tanah yang terjadi akibat kepadatan dan ketebalan tanah urug pernah dilakukan. Kepadatan dan ketebalan suatu tanah urug dengan sudut penyebarann tertentu yang diukur terhadap sumbu vertikal, menurut teori distribusi tegangan dalam tanah yang homogen tidak memperhitungkan pengaruh kepadatan tanah, sedangkan metode

perbaikan tanah dapat dianggap sebagai hasil penyebaran beban melalui sudut penyebaran tertentu yang diukur terhadap sumbu vertikal.

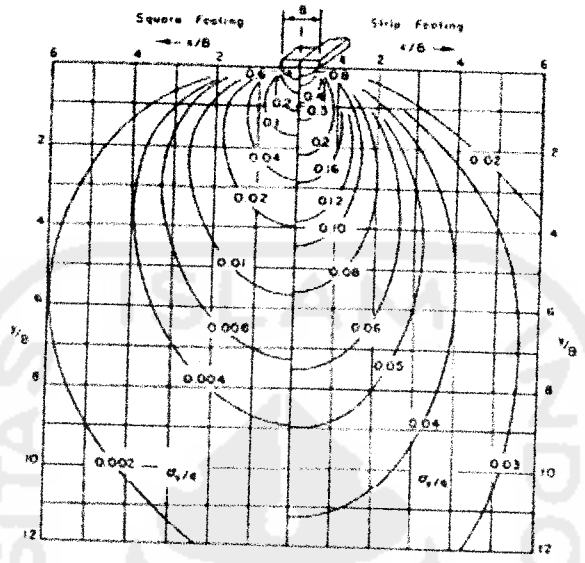


Gambar 2.2 Sudut Penyebaran Distribusi Tegangan pada Tanah Urug (Sugie Prawono, 1999)

Dari sudut penyebaran (α) yang terjadi pada **Gambar 2.2** sangat bergantung dari kepadatan dan ketebalan tanah urug (pasir). Semakin padat tanah urug semakin besar sudut penyebaran yang terjadi (Sugie Prawono, 1999).

Berbagai teori sudah dikembangkan untuk menghitung tegangan tanah yang terjadi pada kedalaman tertentu seperti Boussinesq (1885), Westergaard (1938), Newmark (1942), namun teori-teori tersebut di atas hanya berlaku untuk lapisan tanah yang homogen. Untuk tanah yang tidak homogen misalnya lapisan atas tanah urug pasir dan lapisan bawah tanah liat lunak, teori-teori tersebut tidak memberikan kepastian. Kepadatan tanah urug juga mempengaruhi sudut penyebaran beban yang terjadi di dalam tanah urug, seperti yang dikemukakan oleh Burmister (1943) Elastisitas tanah sebanding dengan kepadatan tanah dan semakin besar kepadatan tanah urug, semakin besar sudut penyebaran yang terjadi dan tegangan yang terjadi

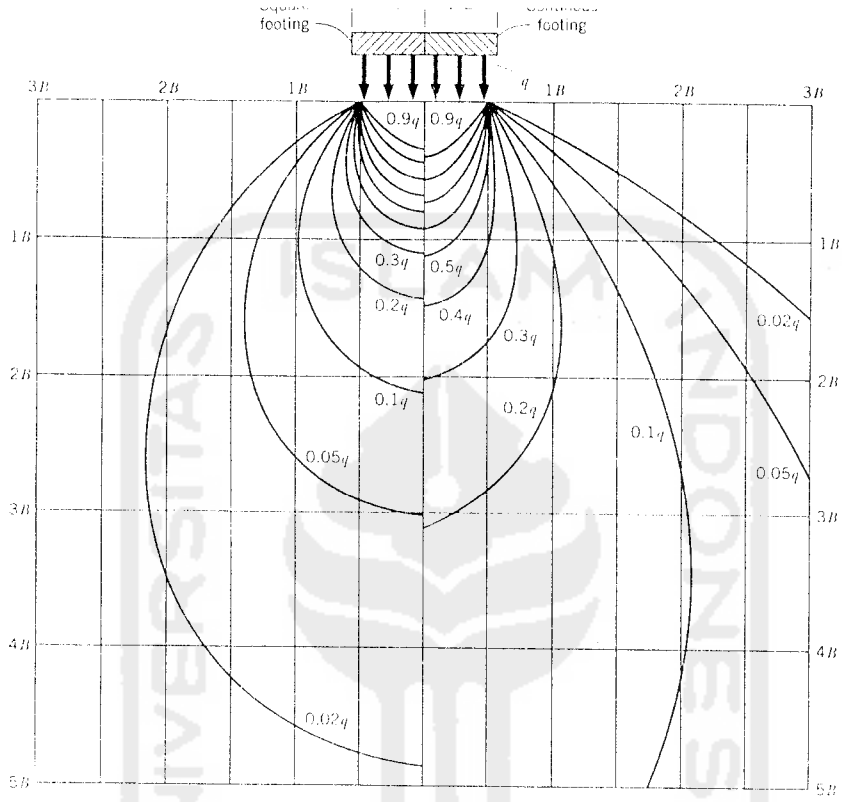
Westergaard (1938) menggambarkan besarnya tegangan dalam tanah dengan grafik isostress seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2.3.**



Gambar 2.3 Kontur Tegangan (Westergaard,1938)

B adalah lebar pondasi dan q adalah tegangan akibat beban pondasi. Setiap garis menunjukkan nilai σy/q. daerah didalam suatu garis kontur mendapat tegangan yang lebih besar dibandingkan dengan nilai tegangan yang ditunjukkan oleh garis tersebut.

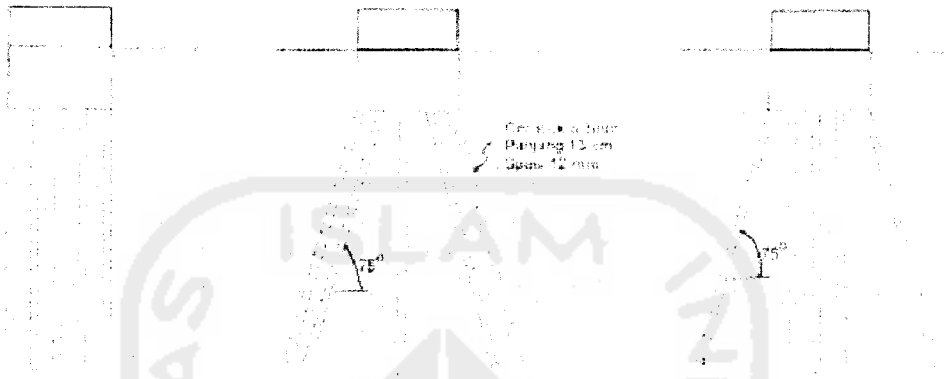
Penyebaran/distribusi tegangan pada tanah yang homogen tidak tergantung dari total ketebalan lapisan tanah. Tegangan yang timbul didalam tanah akibat beban pondasi semakin ke dalam semakin kecil, dan akhirnya dianggap nol (sangat kecil). Oleh karena penurunan akibat konsolidasi tergantung pada penambahan tegangan, maka penurunan tanah tidak pernah mengecil seiring dengan bertambahnya ketebalan lapisan (Boussinesq,1885), seperti terlihat pada **Gambar 2.4.**



Gambar 2.4 Penyebaran Tekanan (Boussinesq.1885)

Salah satu usaha meningkatkan daya dukung pondasi dangkal yaitu dengan penggunaan cerucuk. Pada penelitian yang telah dilakukan tersebut bertujuan untuk mengetahui berapa peningkatan daya dukung suatu pondasi setempat (segiempat) akibat penempatan cerucuk dibawahnya, dan dilakukan suatu penelitian atas suatu model pondasi diatas lapisan lempung lunak. Lempung lunak tersebut diperkuat dengan pasir dan cerucuk pada luasan pondasi tersebut. cerucuk dipasang tegak

dengan pasir dan cerucuk pada luasan pondasi tersebut. cerucuk dipasang tegak maupun miring, dan sebagai modelnya digunakan biting-biting bambu sebagai cerucuknya, seperti terlihat pada **Gambar 2.5.**



Gambar 2.5 Perbaikan Daya Dukung pada Tanah Lunak dengan Cerucuk (Soebianto T, 2000)

Dari hasil pembebanan atas model yang telah dilakukan, terlihat adanya perbaikan tanah dengan penggunaaan cerucuk. Penambahan pasir tebal dibawah model pondasi akan meningkatkan daya dukung pondasi sebanyak 12% dan pemasangan cerucuk dengan formasi tegak mampu meningkatkan daya dukung sampai 38% dan dengan formasi miring 75° dibawah pasir peningkatan daya dukungnya mencapai 64%, sehingga penurunan pondasi akibat suatu beban akan jauh berkurang dibanding dengan model pondasi pada kondisi tanah lempung lunak saja. (Soebianto T, 2000).

Penelitian tentang penggunaan kolom kapur untuk perbaikan tanah lempung dengan kolom kapur sebagai stabilisator pada tanah lunak (*soft soil*) pernah dilakukan. Pada penelitian tersebut dilakukan dengan model kolom tunggal dengan hasil prosentase berat kering kapur 8% pada tanah lempung yang mempunyai kadar air 39% - 41% mengalami peningkatan nilai kohesi (c) yang paling tinggi, yakni

terjadi kenaikan nilai kohesi (c) sebesar ± 7% dari tanah yang tidak diberi kolom kapur, sedangkan sudut gesek dalam (ϕ) yang paling besar untuk sampel yang langsung diuji terjadi pada *lime column* dengan prosentase berat kapur 100%. (Diatri Nararatih, 2000).

Dari beberapa penelitian yang telah dilakukan diatas didapatkan bahwa modifikasi terhadap tanah lunak memang sangat diperlukan untuk meningkatkan daya dukung tanah dalam mendukung struktur diatasnya, entah itu menggunakan system stabilisasi maupun perkuatan dengan memakai berbagai metode, mulai dari uji laboratorium sampai dengan penggunaan *software*, salah satunya adalah *software* Plaxis yang merupakan salah satu perangkat lunak sebagai alat bantu bagi para ahli teknik dalam merencanakan dan menganalisis struktur geoteknik dengan tujuan mendapatkan uji validasi yang akurat antara uji Laboratorium dan juga pelaksanaan di lapangan.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Tinjauan Umum

Pada suatu lokasi konstuksi tanah selalu mempunyai peranan yang sangat penting dalam mendukung struktur yang ada diatasnya, dan dalam masa pra perencanaan itu sendiri perlu diketahui terlebih dahulu mengenai klasifikasi dan sifat dari masing- masing jenis tanah yang ada. Tanah sendiri secara umum terdiri dari tiga unsur diantaranya air, udara, dan butiran padat.

3.2 Klasifikasi Tanah

Dari semua jenis tanah yang ada maka terdapat berbagai jenis dan sifat yang menyertainya diantaranya yaitu :

1. Berdasarkan ukuran butiran, menurut (Bowles, J.E.1984):

   a. Kerikil

   Kerikil termasuk bahan yang berbutir kasar serta tidak kohesif. Diameter kerikil lebih besar dari 2 mm.

   b. Pasir (Sand)

   Pasir termasuk tanah berbutir kasar dan tidak kohesif. Diameter pasir berkisar antara 0,05 mm sampai dengan 2 mm.

c. Lanau

Lanau termasuk tanah yang berbutir halus. Diameternya berkisar antara 0,002 mm sampai dengan 0,05 mm.

d. Lempung

Lempung terdiri dari butiran yang sangat kecil dan menunjukkan sifat yang plastis serta kohesif. Diameter lempung berkisar antara 0,002 mm

2. Berdasarkan sifat-sifat mekanis yang dimiliki, (Bowles, J.E.1984).

a. Kohesifitas :

a.1 Tanah kohesif:

Apabila karakteristik fisik yang selalu terdapat pada massa butir-butir tanah bersatu sesamanya sehingga sesuatu gaya akan diperlukan untuk memisahkannya dalam keadaan kering tersebut, maka tanah tersebut disebut *kohesif.*

a.2 Tanah non kohesif:

Apabila butir-butir tanah terpisah-pisah sesudah dikeringkan dan hanya bersatu apabila berada dalam keadaan basah karena gaya tarik permukaan didalam air, maka tanah ini disebut tidak *kohesif.*

b. Permeabilitas :

b.1 Porositas : Tanah yang memiliki permeabilitas tinggi mudah dilalui oleh air karena berpori lebih banyak, begitu sebaliknya.

3. Berdasarkan kandungan mineralogi.
    a. Tanah Organik : tanah yang mengandung bahan organik yang mempengaruhi sifat-sifat teknis tanah tersebut.
    b. Tanah Anorganik : tanah yang terdiri dari fraksi-fraksi tanah mikroskopis yang mengembangkan plastisitas atau kohesi.

Klasifikasi tanah yang digunakan pada penelitian kali ini adalah:

1. Berdasarkan sistem *American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO).
2. Berdasarkan sistem Unified (*Unified Soil Clasification System*).

Dari masing – masing jenis tanah tersebut mempunyai kapasitas dukung tanah yang berbeda- beda dalam mendukung beban pondasi dari struktur yang terletak diatasnya. Kapasitas dukung ini menyatakan tahanan geser tanah untuk melawan penurunan akibat pembebanan, yaitu tahanan geser yang disebabkan oleh tanah disepanjang bidang gesernya. Persamaan- persamaan daya dukung tanah pada umumnya didasarkan pada persamaan Mohr- Coulomb :

$$\tau = c + \sigma \, tg \, \phi \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3.1)$$

τ = tahanan geser tanah σ = tegangan normal

c = kohesi tanah ϕ = sudut gesek dalam tanah

Hitungan kapasitas dukung harus selalu mempertimbangkan sifat- sifat permeabilitas tanah. Untuk tanah yang berpermeabilitas rendah, analisis kapasitas dukung dalam keadaan kritis terjadi pada kondisi jangka pendek atau segera setelah selesai pelaksanaan. Oleh karena itu analisis harus didasarkan pada kondisi tidak

terdrainasi (*undrained*) dengan menggunakan parameter tegangan total (Cu dan φu). Untuk tanah yang berpermeabilitas tinggi atau sangat lolos air stabilitas fondasi pada kedudukan kritis harus didasarkan pada kondisi terdrainasi (*drained*) karena air dapat terdrainasi segera sesudah penerapan bebannya.maka parameter yang digunakan adalah tegangan efektif (c' dan φ').

3.3 Tanah Lempung

Suatu tanah kohesif dapat terdiri dari kumpulan partikel-partikel mineral yang mempunyai indeks plastisitas sesuai dengan batas Atterberg dimana pada waktu mengering membentuk suatu massa yang bersatu sehingga diperlukan gaya untuk memisahkan butiran mikroskopis.(Joseph E.Bowles,1984)

Tanah lempung atau dapat juga dikatakan sebagai tanah halus mengandung partikel-partikel yang berupa mineral lempung. Mineral lempung terdiri dari aluminium silikat, magnesium dan zat besi. Ada dua kristalin dasar yang membentuk mineral lempung yaitu: tetrahedron silikon-oksigen dan octahedron aluminium.

3.4 Jenis Tanah Lempung

Perilaku tanah lempung sangat dipengaruhi oleh sifat partikel-partikel lempung secara individual dan air pori. Tipikal tanah lempung secara alami jika dilihat dari porositas, angka pori dan berat unit dapat dilihat pada **Tabel 3.1**. Porositas (n) adalah perbandingan antara volume pori dan volume total, dalam hal ini dapat digunakan dalam bentuk persen maupun desimal. Angka pori (e) didenifinisikan sebagai rasio antara volume pori dengan volume bahan padat yang selalu dinyatakan dalam suatu desimal, Berat unit (berat unit tiap unit volume) adalah

berat tanah dibagi dengan berat volumenya, dimana berat unit dari suatu massa tanah dapat dinyatakan dalam pengertian berat unit total (γ), berat unit kering (γd) dan berat unit basah (γb).

Kuat tekan bebas (*Unconfined compression strength*) pada pengujian jenis tanah lempung akan menghasilkan nilai qu yang berbeda-beda sesuai dengan kondisi lempung keras sampai sangat lunak, kuat tekan bebas (qu) jenis tanah lempung dapat dilihat pada **Tabel 3.1.**

Tabel 3.1 Nilai Kuat Tekan Bebas (qu) untuk jenis-jenis lempung (Peck dkk,1953)

No	**Kondisi Tanah Lempung**	**qu (kg/cm^2)**
1	Lempung Keras	>4.00
2	Lempung sangat kaku	2.00-4.00
3	Lempung kaku	1.00-2.00
4	Lempung sedang	0.500-1.00
5	Lempung lunak	0.25-0.50
6	Lempung sangat lunak	<0.25

Pada uji kuat geser tanah, bila terdapat air di dalam tanah, pengaruh-pengaruh seperti: jenis pengujian, permeabilitas, kadar air, akan sangat menentukan nilai-nilai kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ). Nilai-nilai kuat geser yang rendah terjadi pada pengujian dengan cara *Unconsolidated-Undrained.* Pada tanah lempung yang jenuh air nilai sudut gesek dalam (ϕ) dapat mencapai atau mendekati nol, sehingga pada pengujian hanya diperoleh nilai kohesinya.

3.5 Tanah Pasir (*cohesionless soils*)

Tanah pasir menurut Bowles (1986) merupakan partikel-partikel tambang yang lebih kecil dari yang berukuran 2 mm, tetapi lebih besar dari kira-kira 0,05 mm sampai 0,074 mm. Pasir adalah bahan tak berkohesi, namun jika pasir tersebut lembab atau mengandung uap air maka tegangan permukaan air bisa memberikan kohesi yang nyata, yang akan menghilang bila pasir mengering atau menjadi jenuh.

Pada struktur butiran tunggal, butiran tanah berada dalam posisi stabil dan butir-butirnya saling bersentuhan. Sifat kepadatan pasir sangat dipengaruhi oleh bentuk dan pembagian ukuran butirannya. Pada struktur sarang lebah, pasir halus dan lanau membentuk lengkungan-lengkungan kecil sehingga menjadi rantai butiran. Pasir yang mempunyai struktur sarang lebah memiliki angka pori tinggi dan hanya dapat mendukung beban statis yang tidak begitu besar. Susunan tersebut sangat sensitif terhadap longsoran, getaran atau beban dinamis.

3.6 Tanah Pasir diatas Tanah Lempung

Ditinjau sebuah pondasi dipermukaan tanah yang tanahnya terdiri dari dua lapis. Lapis bagian atas berupa tanah granuler setebal H ($c_1 = 0$, $\phi_1 > 0$) dan lapisan bawahnya berupa lempung jenuh ($c_2 > 0$, $\phi_2 > 0$) dengan tebal tak terhingga. Pada lebar pondasi tertentu, jika bidang runtuh melewati kedua lapisan, kapasitas dukung akan berada diantara pondasi pasir dan lempung untuk pondasi kecil bidang runtuh hanya melewati lapis pasir . jadi dalam hal ini kapasitas dukung sama dengan pondasi pada tanah pasir. ($q_{u1} = 0{,}5B\gamma_1 N\gamma$) namun jika lebar pondasi lebih besar dibanding dengan tebal lapis pasir (B>H) maka dukungan pasir dalam menahan

keruntuhan geser sangat kecil, sehingga kapasitas dukung akan mendekati sama dengan pondasi pada tanah lempung. Ada beberapa persamaan kapasitas dukung pondasi yang terletak di permukaan untuk kondisi lapisan tanah terdiri dari 2 lapis, dengan tanah dipermukaan berupa tanah granuler ($c_1 = 0$, $\phi_1 > 0$) dan dibawahnya berupa tanah lempung ($c_2 > 0$, $\phi_2 = 0$). Persamaan kapasitas daya dukung pondasi memanjang dipermukaan pada kondisi jangka pendek atau kondisi tidak terdrainasi dinyatakan :

$q_u = C_2 N_c'$ untuk $0 < H/B < 1,5$ ..... (3.2)

$q_u = C_2 N_c' + 0,5B\gamma_1 N\gamma'$ untuk $1,5 < H/B < 3,5$ .....(3.3)

$q_u = 0,5B\gamma_1 N\gamma'$ untuk $H/B > 3,5$ .....(3.4)

dengan keterangan:

q_u = kapasitas dukung ultimit pondasi memanjang dipermukaan

C_2 = kohesi tidak terdrainasi (*undrained*) lempung

N_c',$N\gamma'$ = faktor kapasitas dukung

γ_1 = berat volemue tanah granuler

H = tebal lapis pasir

B = lebar Pondasi

3.7 Distribusi Tegangan Di Dalam Tanah

Analisis tegangan didalam tanah didasarkan pada anggapan bahwa tanah bersifat elastis, homogen dan isotropis serta terdapat hubungan linier antara tegangan dengan regangan. Dalam analisisnya regangan volumetric pada bahan yang bersifat elastis dinyatakan dengan persamaan :

$$\Delta V/V = ((1-2\mu)/E))(\sigma x + \sigma y + \sigma z) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3.5)$$

Dengan :

ΔV = perubahan volume

V = volume awal

μ = angka poison

E = modulus elastis

σx σy σz = tegangan regangan dalam tanah.

Apabila terjadi pembebanan yang mengakibatkan penurunan dan terjadi pada kondisi yang tidak terdrainasi (*undrained*) atau penurunan terjadi pada volume konstan, maka $\Delta V/V = 0$. dalam kondisi yang seperti ini, angka poison $\mu = 0{,}5$, dan jika pembebanan menyebabkan perubahan volume (misal penurunan akibat proses konsolidasi) sehingga $\Delta V/V > 0$ maka $\mu < 0{,}5$. Tegangan didalam tanah yang timbul akibat adanya beban dipermukaan dinyatakan dalam istilah tambahan tenaga (*stress increment*), karena sebelum tanah dibebani tanah sudah mengalami tekanan akibat

beratnya sendiri yang disebut tekanan *overburden.* Untuk nilai modulus elastis (Es) dan poison ratio (μ) pada beberpaa jenis tanah dapat dilihat pada **Tabel 3.2 dan 3.3.**

Tabel 3.2 Nilai Es pada beberapa jenis tanah (Bowles, J.E.1977)

Soil	Type	Es, MPa
1. Clay	Very Soft	2-15
	Soft	5-25
	Medium	15-20
	Hard	50-100
	Sandy	25-250
2. Sand	Silty	5-20
	Loose	10-25
	Dense	50-81

Tabel 3.3 Nilai μ pada beberapa jenis tanah (Bowles, J.E.1977)

Soil Type	μ
Clay, saturated	0,4-0,5
Clay, Unsaturated	0,1-0,3
Sandy, clay	0,2-0,3
Silt	0,3-0,35
Ice	0,36
Concreate	0,15
Steei	0,33
Rock	0,1-0,4
Sand, gravelly sand	-00,1-1,00 (commonly used 0,1-0,4)

BAB IV

METODE PENELITIAN

Penelitian kali ini adalah penelitian yang dilakukan langsung di Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia dengan menggunakan alat-alat yang tersedia di laboratorium. Persiapan alat-alat, bahan dan pembuatan sampel uji serta pengujian terhadap sampel uji juga dilakukan di laboratorium ini. Setelah uji laboratorium selesai, maka akan dibandingkan dengan uji lainnya yaitu uji kedua dengan simulasi *software* Plaxis. Dalam kedua uji tersebut hanya menguji penurunan berbanding dengan waktu pada tanah lempung lunak serta lempung berlapis pasir 5 cm maupun 10 cm. Setelah itu dilakukan analisa lebih lanjut terhadap uji yang telah dilakukan dengan memakai Plaxis untuk meninjau distribusi tegangan serta visualisasi bidang runtuh yang terjadi pada model uji yang telah dilakukan.

Urutan dari penelitian ini yaitu diawali dengan pengambilan sampel tanah lunak dan pasir di lokasi yang telah ditentukan, lalu sampel tersebut diuji propertisnya di laboratorium. Setelah itu baru dilakukan pengujian secara manual dilaboratorium dan analisis dengan menggunakan bantuan *software* Plaxis.

4.1. Alat dan Bahan yang Digunakan

Selain alat-alat penelitian yang sudah tersedia dilaboratorium, penyusun juga menyiapkan bahan apa saja yang akan digunakan dalam penelitian ini.

4.1.1 Alat-Alat yang Digunakan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian berfungsi untuk membantu penyusun dalam melaksanakan penelitiannya, alat-alat yang digunakan pada pengujian pembebanan tanah lempung di laboratorium Mekanika Tanah FTSP UII adalah sebagai berikut ini.

1. *Stop Watch*

   Digunakan untuk melihat waktu pembebanan dan waktu penurunan yang terjadi kemudian dicatat selama pengujian.

2. *Dial* Penurunan

   Digunakan untuk melihat besarnya penurunan yang terjadi selama pengujian pembebanan berlangsung.

3. Beban uji

   Digunakan sebagai beban-beban yang telah ditentukan beratnya, yaitu 30 kg.

4. Kotak uji

   Digunakan sebagai tempat sample yaitu tanah lempung yang telah diuji propertisnya dan siap diberikan pembebanan.

4.1.2 Bahan-Bahan yang Digunakan

Bahan-bahan ini untuk membuat sampel-sampel yang nanti akan diujikan.Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut ini :

1. Pasir

   Pasir lolos saringan no. 4 yang digunakan sebagai lapis pasir yang berasal dari daerah Krasak, Yogyakarta, dimana berat volume pasir (γ_{pasir}) = 1,19 gram/cm^3.

2. Lempung

   Lempung sebagai benda uji pembebanan diambil dari daerah Salaman, Magelang, Jawa Tengah, dengan berat volume lempung (γ_{sat}) = 1,63 gram/cm^3 yang dibuat kembali dengan kadar air yang ditentukan yaitu 50%-60% (*remolded*).

3. Air

   Air diambil dari PDAM yang ada pada Laboratorium Mekanika Tanah FTSP, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

4.2. Data yang Diperlukan

Data yang diperoleh dari hasil pengujian terhadap tanah asli (*undisturbed*) sangat diperlukan untuk menentukan jenis tanah sampel tersebut, data yang diperlukan antara lain yaitu :

1. Kadar air (w), dalam persen (%).
2. Berat jenis (Gs).
3. Batas cair (LL), dalam persen (%).
4. Batas Plastis (PL), dalam persen (%).
5. Indeks Plastis (IP), dalam persen (%).

4.3. Metode Pengujian

Tanah yang memerlukan pengujian harus benar-benar diperhatikan. Pengujian ini dilakukan di laboratorium dengan melakukan permodelan pada suatu media kubus, sedangkan untuk kasus-kasus tertentu pengujian yang lebih baik dilakukan di lapangan.

Pengujian yang dilakukan di laboratorium dibagi menjadi dua, yakni pengujian sifat fisik dan sifat mekanik tanah.

4.3.1 Pengujian Sifat Fisik Tanah

Pengujian sifat fisik tanah dilakukan agar dapat diketahui karakteristik awal dari tanah sebelum dilakukan perubahan, karena tanah lempung yang dipakai dibuat (*remolded*). Pengujian ini terdiri dari :

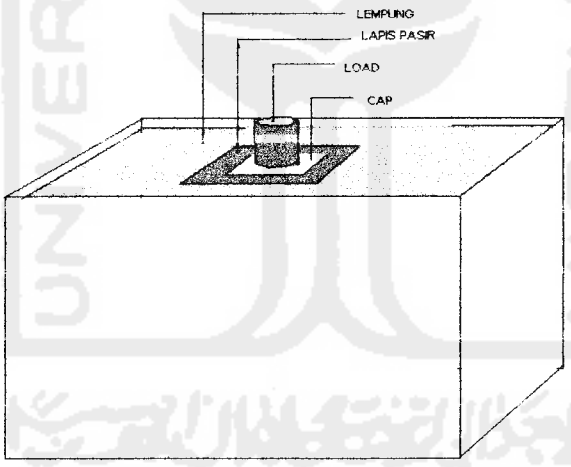
- Pengujian kadar air tanah (ASTM D 2216-71)
- Pengujian berat jenis tanah (ASTM D 854-72)
- Pengujian batas susut tanah (ASTM D 427-74)
- Pengujian batas cair tanah (ASTM D 423-66)
- Pengujian batas plastis tanah (ASTM D 424-74)
- Analisis hidrometer (ASTM D 421-72)
- Analisis saringan (ASTM D 422-72)

4.3.2 Pengujian Sifat Mekanik Tanah

Pengujian sifat mekanik tanah yang dilakukan adalah pengujian "pembebanan" terhadap tanah lempung lunak maupun yang menggunakan lapis pasir dibawah model pondasi.

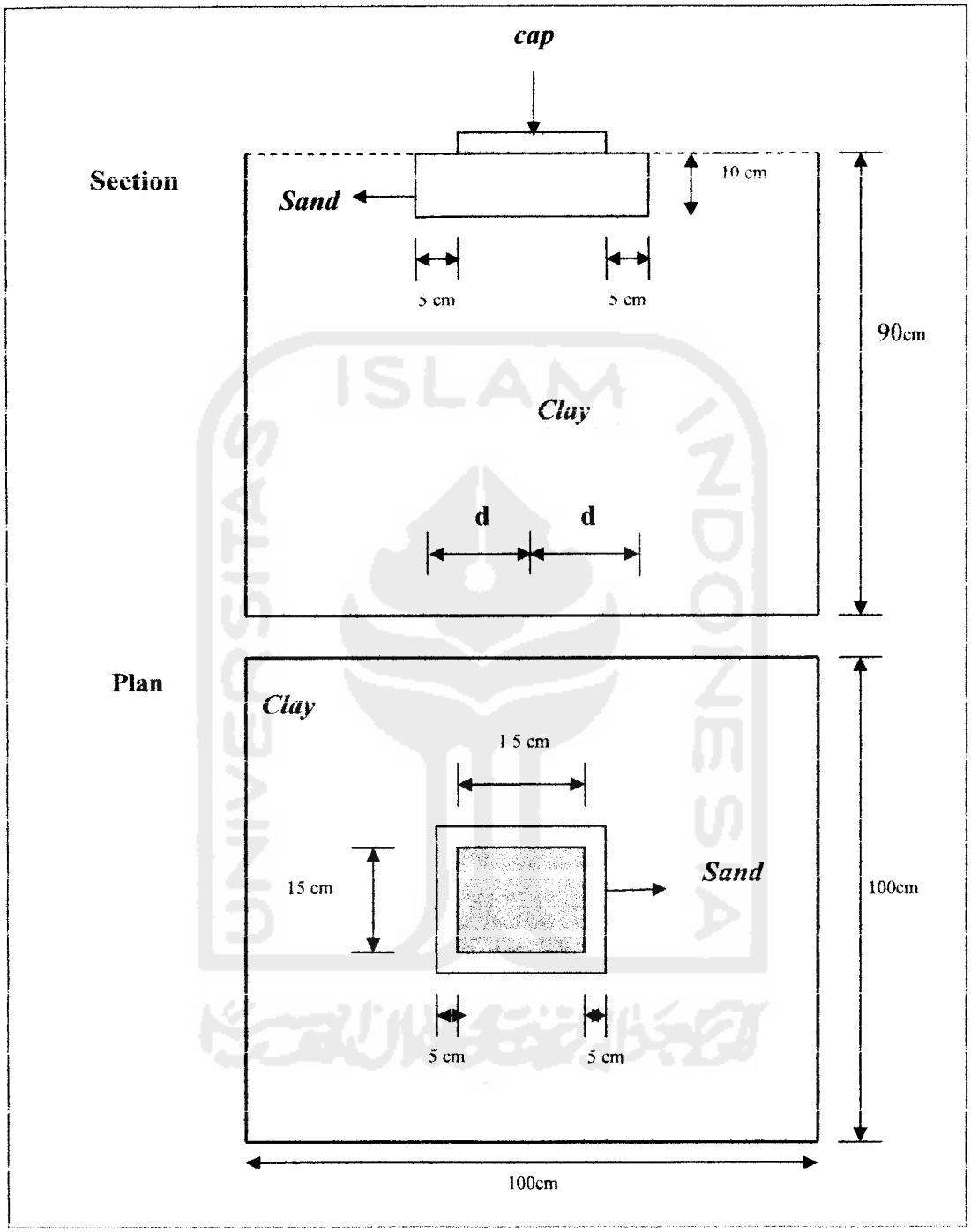
4.4 . Pemodelan Benda Uji

Benda uji berupa kubus terbuat dari triplek yang dilapisi papan melamin dibagian dalamnya pada keempat sisi dan disisi atas terbuka untuk memasukkan dan mengeluarkan tanah lempung yang akan dujikan. Semua sisi berukuran 100 cm untuk lebarnya dan 90 cm untuk tinggi kotak uji seperti pada **Gambar 4.1**, **Gambar 4.2** serta **Gambar 4.3.**



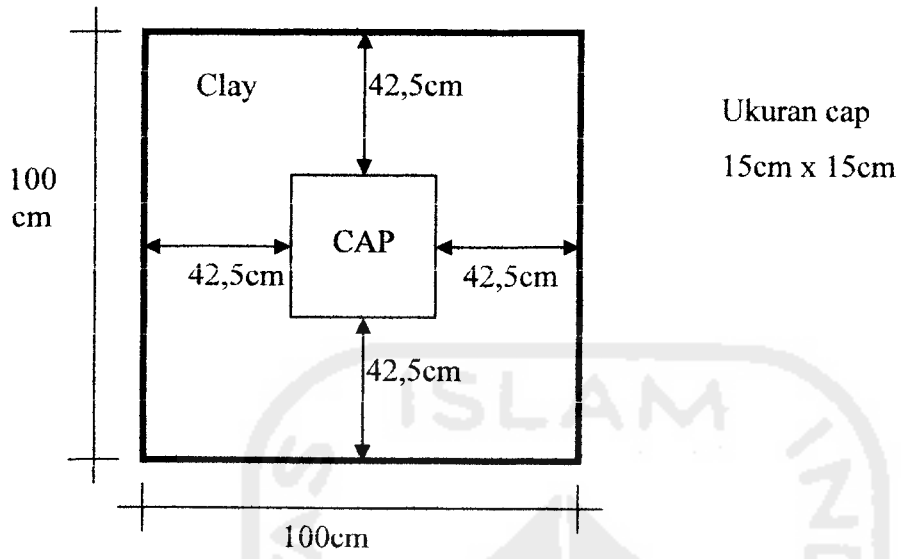
Gambar 4.1 Model benda uji berbentuk kubus

Lapis pasir berbentuk susunan bujur sangkar dibawah cap (model pondasi)



Gambar 4.2 pemodelan benda uji tampak samping dan tampak atas

Penampang atas dari sampel uji dapat dilihat pada **Gambar 4.3** berikut :



Gambar 4.3 Penampang atas dari pemodelan benda uji

4.5. Variasi Sampel

Benda uji untuk masing-masing sampel yang akan diuji sebagai berikut ini.

- 1 sampel uji tanpa lapis pasir diuji dengan pembebanan dengan beban tetap 30 kg.
- 1 sampel uji dengan lapis pasir setebal 5 cm diuji dengan pembebanan dengan beban tetap 30 kg.
- 1 sampel uji dengan lapis pasir setebal 10 cm diuji dengan pembebanan dengan beban tetap 30kg.

4.6. Teknik Pemodelan Benda Uji

Dilakukan penambahan air terlebih dahulu pada benda uji yang akan dibuat (*remolded*) untuk mencapai kadar air yang diinginkan (kadar air rencana 55%) agar kadar selama pengujian konstan. Pencampuran butiran tanah dengan air dengan

kadar yang telah ditentukan dilakukan pada suatu tempat yang telah disediakan. Setelah terbentuk benda uji (*remolded*) selanjutnya dimasukkan kedalam media benda uji yaitu kotak uji secara perlahan-lahan dengan alat cetok. Setelah lempung, selanjutnya *cap* dan dial penurunan dipasang lalu pembebanan dimulai bertahap dan dicatat setiap penurunan yang terjadi.

4.6.1 Pembuatan Benda Uji :

Butiran tanah kering ditambah air agar dicapai kadar air yang diinginkan:

$$\text{Penambahan kadar air dalam Cc} = W_k \times \left(\frac{100 + B}{100 + A} - 1 \right) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (4.1)$$

Dengan: W_k = berat tanah kering (gram)

B = kadar air rencana (%)

A = kadar air awal (%)

4.6.2 Pembuatan Kepadatan pada Lapis Pasir

Untuk memperoleh kepadatan tanah pasir pada pengujian lapis pasir dibawah pondasi dengan kepadatan yang diinginkan maka perlu di lakukan analisa untuk memperoleh nilai kepadatan relatif, termasuk pasir padat yaitu lebih dari 67%, sedang 33%-67%, dan lepas yaitu kurang dari 33%.

$$Dr = \frac{e_{mak} - e_{lap}}{e_{mak} - e_{min}}$$

Untuk memperoleh kadar air pasir dari uji sampel di masukkan ke oven didapat : berat cawan 1 (W1)= 7,45gram berat cawan 2 (W1) = 7,89gram

berat cawan1 + pasir (W2) = 52,3 gram

berat cawan2 + pasir (W2) = 42,7 gram

berat cawan1 + pasir kering (W3) = 50,18 gram

berat cawan2 + pasir kering (W3) = 40,19 gram

$$\text{Kadar air (w) sampel 1} = \frac{W3-W2}{W2-W1} = \frac{52,3-50,18}{50,18-7,45} = 4,96\%$$

$$\text{Kadar air (w) sampel 2} = \frac{W3-W2}{W2-W1} = \frac{42,7-40,19}{40,19-7,8} = 7,74\%$$

Diambil nilai kadar air yang paling besar = 7,74%

Untuk memperoleh nilai e_{mak} dan e_{min} maka perlu dilakukan pengujian penggetaran pada sampel uji dengan cara menggetarkan benda uji, dengan sampel uji sebagai berikut:

Benda uji *mold* dengan ukuran D = 10,13cm

t = 11,56cm

$$\text{Volume} = \frac{1}{4} * \pi * D^2 * t = \frac{1}{4} * 3,14 * 10,13^2 * 11,56 = 931,207\text{cm}^3$$

Berat *mold* = 3440 gram

Berat mold + pasir awal/sebelum digetarkan =

$W_{\text{sampel 1}}$ = 4853 gram

$W_{\text{sampel 2}}$ = 4930 gram

$W_{\text{sampel 3}}$ = 4902 gram

Nilai rata-rata = 4895gram

Berat mold + pasir sesudah digetarkan =

$W_{\text{sampel 1}}$ = 5040 gram

$W_{\text{sampel 2}}$ = 5060 gram

$W_{\text{sampel 3}}$ = 5050 gram

Nilai rata-rata = 5050 gram

$$\gamma b_{sebelum\ \text{digetarkan}} = \frac{W_{mold+pasir} - W_{mold}}{V} = \frac{4895 - 3440}{931{,}207} = 1{,}562 \text{gr/cm}^3$$

$$\gamma b_{sesudah\ \text{digetarkan}} = \frac{W_{mold+pasir} - W_{mold}}{V} = \frac{5050 - 3440}{931{,}207} = 1{,}729 \text{gr/cm}^3$$

$$\gamma d_{sebelum\ \text{digetarkan}} = \frac{\gamma b}{1+w} = \frac{1{,}562}{1+0{,}0774} = 1{,}449 \text{ gr/cm}^3$$

$$\gamma d_{sesudah\ \text{digetarkan}} = \frac{\gamma b}{1+w} = \frac{1{,}729}{1+0{,}0774} = 1{,}605 \text{ gr/cm}^3$$

$$e_{mak} = \frac{Gs * \gamma_w}{\gamma_d} - 1 = \frac{2{,}78 * 1}{1{,}449} - 1 = 0{,}918$$

$$e_{min} = \frac{Gs * \gamma_w}{\gamma_d} - 1 = \frac{2{,}78 * 1}{1{,}605} - 1 = 0{,}732$$

Untuk memperoleh e lapangan, maka perlu diadakan pengambilan sampel langsung di lapangan dengan pengambilan di tabung kemudian dicari volume dengan perhitungan sebagai berikut ini:

Berat Ring = 83,1 gram

Volume Ring = $\frac{1}{4} * \pi * D^2 * t = \frac{1}{4} * 3{,}14 * 6{,}3^2 * 2{,}575 = 80{,}228 \text{ cm}^3$

Berat cawan sebagai tempat untuk memindahkan pasir W= 12,5 gram

Berat cawan + pasir =

$W_{sampel\ 1}$ = 148,3 gram

$W_{sampel\ 2}$ = 149,1 gram

$W_{sampel\ 3}$ = 149,4 gram

$$\gamma b_1 = \frac{W_{cawan+pasir} - W_{pasir}}{V} = \frac{148{,}3 - 12{,}5}{80{,}228} = 1{,}692 \text{gr/cm}^3$$

$$\gamma b_2 = \frac{W_{cawan+pasir} - W_{pasir}}{V} = \frac{149{,}1 - 12{,}5}{80{,}228} = 1{,}702 \text{gr/cm}^3$$

$$\gamma b_3 = \frac{W_{cawan+pasir} - W_{pasir}}{V} = \frac{149{,}4 - 12{,}5}{80{,}228} = 1{,}706 \text{gr/cm}^3$$

$$\gamma b_{rata-rata} = 1{,}700 \text{ gr/cm}^3$$

$$\gamma d = \frac{\gamma b}{1 + w} = \frac{1{,}700}{1 + 0{,}0774} = 1{,}578 \text{ gr/cm}^3$$

$$e_{\text{lapangan}} = \frac{Gs * \gamma_w}{\gamma_d} - 1 = \frac{2{,}78 * 1}{1{,}587} - 1 = 0{,}751$$

$$Dr = \frac{e_{mak} - e_{lap}}{e_{mak} - e_{min}} = \frac{0{,}918 - 0{,}751}{0{,}918 - 0{,}732} = 0{,}897 = 89{,}7\%$$

Jadi kepadatan pasir sebesar 89,7% termasuk pasir padat (*dense*)

4.7. Teknik Pengujian Model

Adapun prosedur pelaksanaan pengujian pembebanan pada model adalah sebagai berikut :

1. Meletakkan papan kayu (*cap*) diatas benda uji yang berfungsi sebagai model pondasi dan sekaligus membantu dalam pendistribusian beban agar lebih merata.
2. Memasang dial diatas kayu penutup (*cap*) untuk pengukuran yang terjadi pada benda uji.
3. Kemudian benda uji diberi beban dan sampai tidak terjadi penurunan lagi. Pemberian beban dilakukan secara bertumpuk, dengan total berat 30 kg selama pembebanan dilakukan pencatatan terhadap besarnya penurunan yang terjadi.
4. Semua uji yang dilaksanakan pada penelitian ini untuk setiap variasi lapis pasir dilakukan pada 0 jam (segera setelah dibuat sampel langsung diuji).

BAB V

HASIL PENELITIAN

5.1. Klasifikasi Tanah

Hasil pengujian analisis *granuler* (Lampiran 1) dengan menggunakan rumus : % berat lebih kecil - % yang lolos saringan, maka diperoleh data sebagai berikut:

% pasir = 100 - 95,37 = 4,63 %

% lanau = 95,37 - 73,74 = 21,63 %

% lempung = 73,74 - 0 = 73,74 %

5.2. Hasil Pengujian Sifat Fisik Tanah

Dari hasil pengamatan analisis saringan dapat diketahui bahwa sifat fisik butiran tanah dari daerah Salaman, Magelang Jawa Tengah adalah sebagai berikut ini.

- Ukuran butiran tanah rata-rata kecil.
- Warna butiran tanah rata-rata coklat kekuningan.
- Kepadatan relative pasir (Dr) adalah 89,7% dan termasuk pasir padat *(dense)*

5.3. Hasil Pengujian Sifat Mekanis Tanah

Pengujian sifat mekanis tanah ini terbagi menjadi dua yaitu pengujian sifat-sifat umum, meliputi kadar air dan berat jenis, dan yang kedua pengujian sifat-sifat

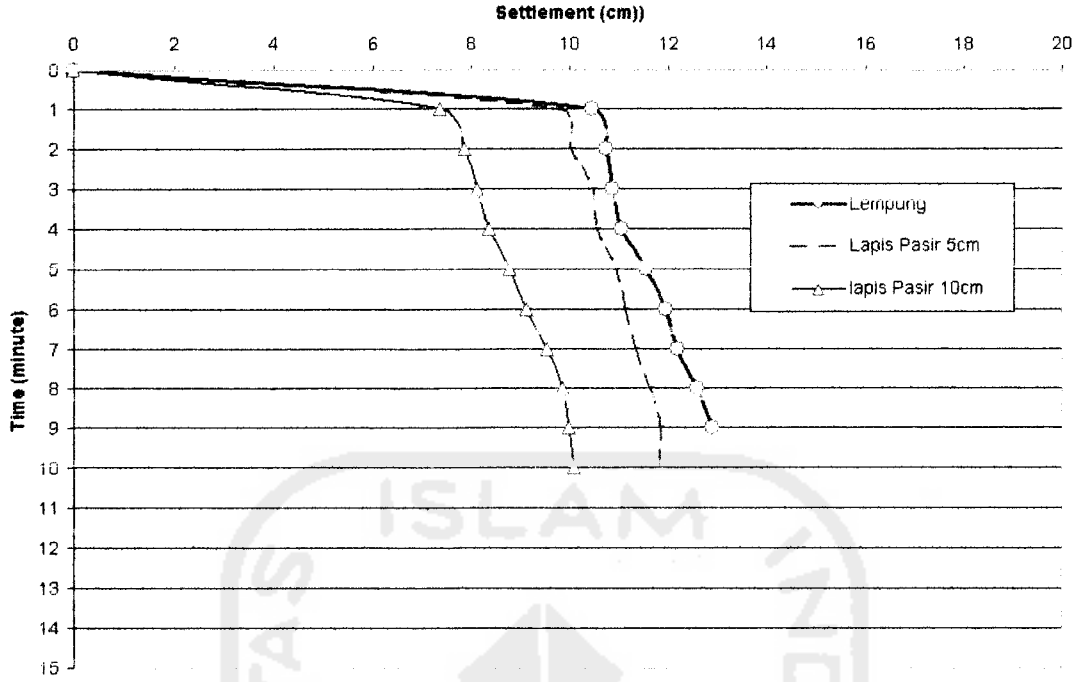
indeks tanah yang meliputi batas-batas konsistensi tanah (batas cair, batas plastis dan indeks plastisitas) dan analisis granuler. Hasil pengujian tanah asli diperoleh kadar air 50,92 %. Hasil pengujian sifat umum dan indeks tanah lempung dari Salaman dapat dilihat pada **Tabel 5.1** berikut ini :

Tabel 5.1 Data sifat mekanis dan indeks tanah lempung Salaman

No	Sifat mekanis Tanah	Satuan	Hasil
1	Kadar air (w)	%	50,92
2	Berat Jenis (Gs)	-	2,58
3	Batas Cair (LL)	%	55,91
4	Batas Plastis (PL)	%	24,68
5	Indeks Plastis (IP)	%	31,23
6	Kuat Tekan Bebas (qu)	(kg/cm^2)	0,4179
7	Kohesi (c)	(kg/cm^2)	0,157

5.4. Hasil Uji Pembebanan Di Laboratorium

Pengujian pembebanan terhadap tanah lempung tanpa lapis pasir dan dengan menggunakan lapis pasir ketebalan 5 cm dan 10 cm pada waktu pengujian 10 menit digunakan beban yaitu 30 kg, dan pada pengujian ini dengan *time interval* 1 menit dihitung penurunan yang terjadi dan diuji sampai terjadi penurunan yang sangat sedikit yaitu 10 menit. Pengujian pembebanan pada benda uji (*remolded*) tanpa menggunakan lapis pasir dimaksudkan untuk mengetahui penurunan (*settlement*) yang terjadi pada benda uji (*remolded*) yang belum mengalami perbaikan. Setelah itu dilakukan usaha perbaikan dengan cara pemberian lapis pasir dibawah model pondasi dengan ketebalan tertentu, dalam penelitian ini 5 cm dan 10 cm. Hasil pengujian pembebanan pada ketiga sampel tersebut menunjukkan perubahan penurunan (*settlement*) pada masing-masing benda uji. Selengkapnya bisa dilihat pada **Gambar 5.1.**

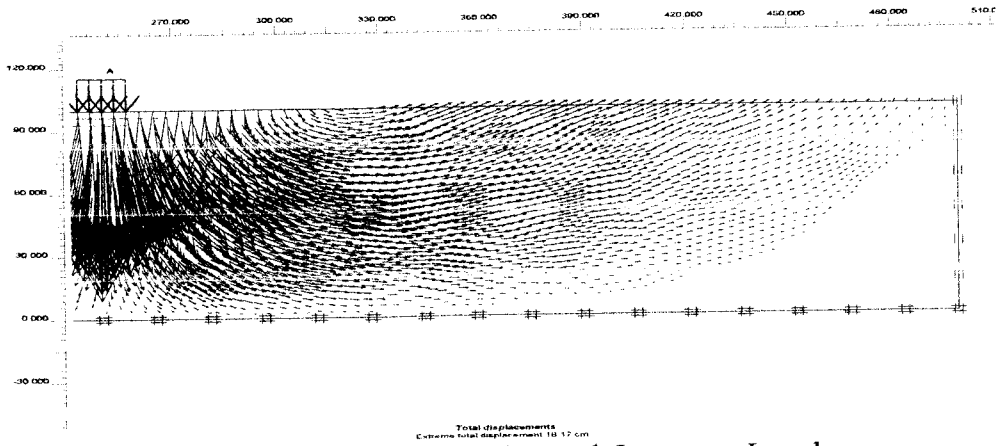


Gambar 5.1 Grafik Penurunan pada Uji Laboratorium

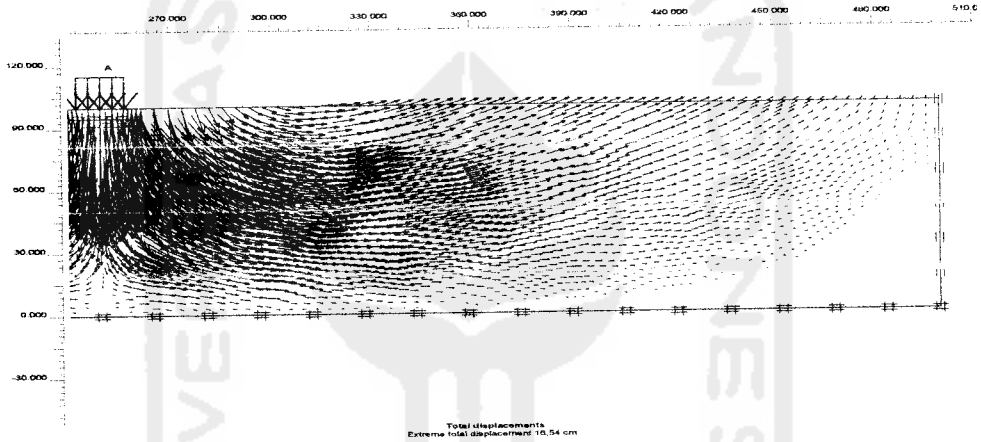
Hasil penelitian uji laboratorium pada tanah lempung lunak tanpa lapis pasir menunjukkan penurunan yang terjadi sebesar12,9 cm. Hasil penelitian dengan menggunakan lapis pasir setebal 5 cm menunjukkan penurunan sebesar 11,85 cm. Dalam penelitian kedua sampel tersebut terjadi selisih penurunan sebesar 1.05 cm, hal ini menunjukkan bahwa dengan pemberian lapis pasir setebal 5 cm terjadi pengurangan penurunan sebesar 1.05 cm, sedangkan pada uji dengan penambahan lapis pasir dengan ketebalan 10 cm dibawah pondasi dangkal menunjukkan penurunan yang terjadi adalah 10,01 cm. Selisih penurunan yang terjadi dengan tanah lempung lunak tanpa lapis pasir yaitu sebesar 2.89 cm. Pada ketiga penelitian tersebut terlihat perbedaan penurunan yang terjadi, dan penggunaan lapis pasir sebaga i lapisan yang ditempatkan dibawah pondasi dangkal dalam uji laboratorium ini ternyata dapat mengurangi penurunan (*settlement*) selama mendukung beban diatasnya.

5.5. Hasil Pengamatan Bidang Runtuh

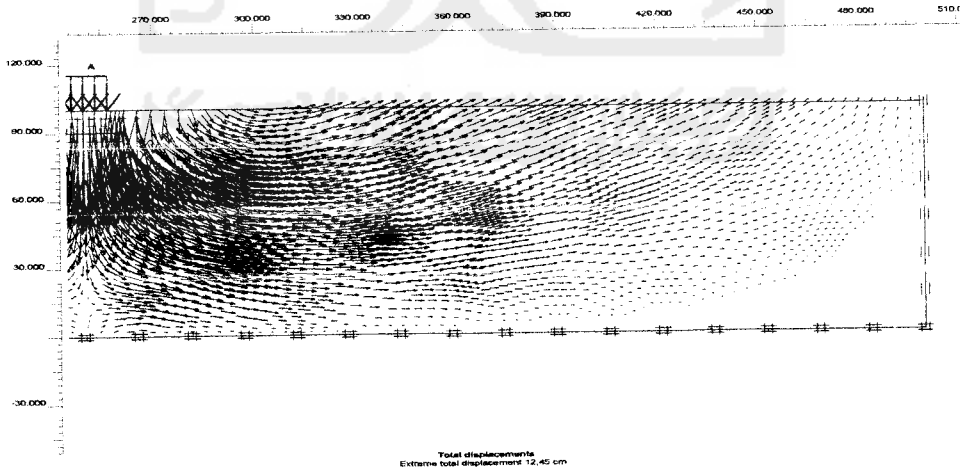
Cara keruntuhan secara umum tergantung pada kompresibilitasnya dan kedalaman pondasi relatif terhadap lebarnya. Pada penelitian ini tinjauan bidang runtuh dilihat dengan simulasi *software* Plaxis. Pada uji laboratorium tidak memungkinkan untuk melihat bidang runtuh yang terjadi pada sampel karena keterbatasan media uji. Pemodelan dengan Plaxis ini diberlakukan pada ketiga jenis sampel pada model uji di laboratorium, benda uji berupa kotak persegi dengan lebar dan tinggi 100 cm x 100 cm, maka didalam pemodelan Plaxis luas model diperlebar menjadi 500 cm x 100 cm dikarenakan pertimbangan batasan (*boundary*) yang dapat menghalangi bidang runtuh yang terjadi sehingga *displacement* yang terjadi tidak optimal seperti sesungguhnya di lapangan. Dari ketiga bidang runtuh pada masing – masing sampel uji terlihat, bahwa pada tanah lempung lunak tanpa lapis pasir menunjukkan penyebaran gaya *displacemen*t ke samping (arah sumbu x) relatif lebih kecil dibanding dengan lapis pasir 5 cm dan 10 cm yang bidang runtuhnya relatif lebih menyebar luas kesamping.. Semakin melebar arah bidang runtuhnya, maka akan semakin kecil penurunan yang terjadi. Pada penelitian ini lempung lunak berlapis pasir 10 cm menunjukkan hasil penurunan yang paling kecil dibanding dengan kedua sampel uji. Selengkapnya dapat dilihat pada **Gambar 5.2, Gambar 5.3**, dan **Gambar 5.4.**



Gambar 5.2 Bidang Runtuh Tanah Lempung Lunak



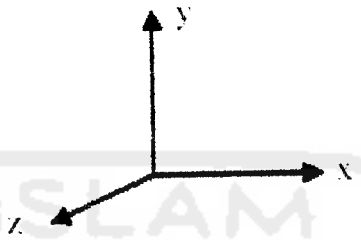
Gambar 5.3 Bidang Runtuh Tanah Lempung Berlapis Pasir 5 cm



Gambar 5.4 Bidang Runtuh Tanah Lempung Berlapis Pasir 10 cm

5.6. Distribusi Tegangan Dibawah Model Pondasi

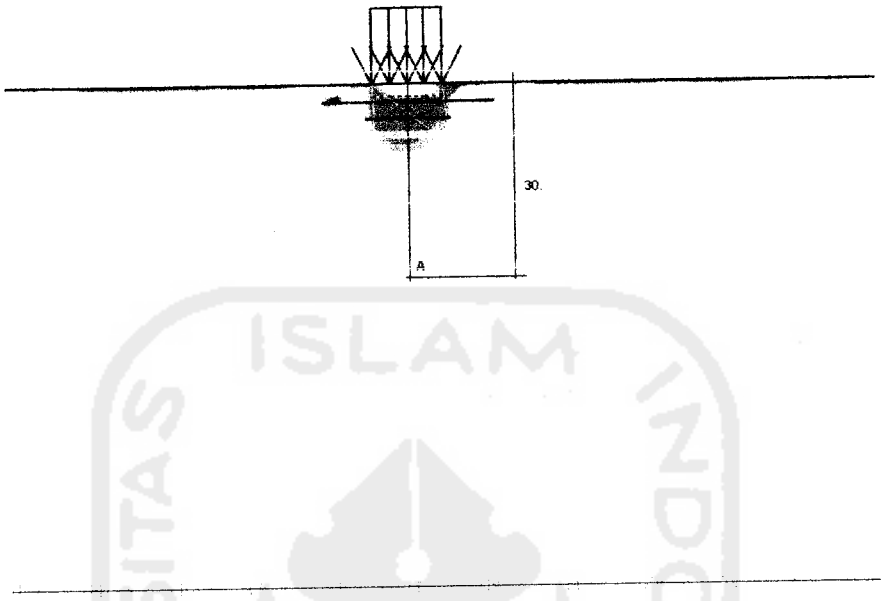
Pada dasarnya komponen distribusi tegangan yang terjadi dibawah model pondasi ada tiga komponen yaitu arah sumbu x, sumbu z, dan sumbu y seperti terlihat pada **Gambar 5.5**



Gambar 5.5 Arah Distribusi Tegangan

Dalam penelitian ini dicoba untuk meninjau nilai-nilai distribusi tegangan pada sampel uji dengan memakai bantuan *software* Plaxis, mengingat kondisi di laboratorium tidak dapat secara langsung dilihat nilai tegangan yang terjadi pada sampel. Dari tinjauan terhadap nilai tegangan yang terjadi kali ini berdasarkan kondisi sampel yang sudah diubah menjadi ukuran 500cm x 100 cm seperti pada waktu meninjau bidang runtuh yang terjadi. Jadi ada perubahan dari model yang ada di laboratorium. Peninjauan nilai distribusi tegangan hanya akan ditinjau distribusi tegangan arah vertikal saja (arah sumbu y) dan ketiga sampel uji akan ditinjau pada satu titik yang sama yaitu pada titik ± 30cm (dua kali lebar model pondasi (2B)). Hal ini didasarkan pada teori, bahwa pada kedalaman (H) bidang runtuh (*passive zone*) dibawah pondasi tidak akan lebih dari dua kali lebar pondasi (2B) dibawah model pondasi dangkal seperti terlihat **Gambar 5.6**. Dari hasil simulasi dengan Plaxis pada ketiga sampel uji akibat pembebanan yang diberikan, maka dapat dilihat hasilnya

pada **Tabel 5.2**,**Tabel 5.3**,dan **Tabel 5.4** yang merupakan representasi dari tinjauan pada elemen sampel uji dibawah model pondasi.



Gambar 5.6 Titik Peninjauan Tegangan Vertikal

Tabel 5.2 Nilai Tegangan Vertikal pada Lempung Hasil Simulasi Plaxis

Soil Element	Stress Point	X [cm]	Y [cm]	σ_{xx} [kg/cm^2]	σ_{yy} [kg/cm^2]	σ_{xy} [kg/cm^2]	σ_{zz} [kg/cm^2]	Status
	1461	205,198	80,434	-287,036	-320,603	-0,633	-286,497	Elastic
	1462	201,884	77,458	-330,510	-369,343	-0,605	-329,991	Elastic
	1463	203,030	74,364	-375,839	-420,155	-0,768	-375,317	Elastic
	1464	207,798	73,418	-389,634	-435,939	-1,061	-389,330	Elastic
123	1465	257,775	65,766	-499,984	-567,231	1,377	-502,896	Elastic
lempung s	1466	253,613	74,683	-369,359	-423,928	1,191	-373,527	Elastic
	1467	246,047	68,308	-462,573	-526,562	-0,874	-466,019	Elastic
	1468	254,126	69,398	-461,274	-525,117	0,904	-464,723	Elastic
	1469	252,831	71,171	-420,660	-480,514	0,742	-424,479	Elastic
	1470	250,478	69,188	-449,597	-512,580	0,109	-453,282	Elastic
	1471	256,650	68,454	-460,625	-523,852	1,402	-463,832	Elastic
	1472	254,975	72,041	-408,075	-466,196	1,347	-411,781	Elastic
	1473	251,255	72,848	-396,074	-453,661	0,368	-400,180	Elastic
	1474	248,211	70,284	-433,587	-494,872	-0,459	-437,363	Elastic
	1475	249,531	67,455	-474,970	-540,564	-0,108	-478,474	Elastic
	1476	254,249	66,432	-490,025	-556,878	0,829	-493,293	Elastic

Tegangan vertikal yang terjadi pada titik yang ditinjau pada sampel uji tanah lempung lunak adalah 512,580 kg/cm²seperti terlhat pada **Tabel 5.2**. sedangkan nilai

tegangan vertikal pada tanah lempung berlapis pasir 5 cm adalah 507,245 kg/cm² (lihat **Tabel 5.3**)

Tabel 5.3 Tegangan Vertikal pada Lempung Berlapis Pasir 5 cm Hasil Simulasi Plaxis

Soil Element	Stress Point	X [cm]	Y [cm]	σ_{xx} [kg/cm²]	σ_{yy} [kg/cm²]	σ_{xy} [kg/cm²]	σ_{zz} [kg/cm²]	Status
	1449	65,893	80,421	-286,802	-320,391	-0,012	-286,349	Elastic
	1450	63,681	75,301	-361,580	-404,166	-0,022	-361,138	Elastic
	1451	65,471	72,533	-402,008	-449,451	-0,027	-401,568	Elastic
	1452	69,951	74,144	-378,497	-423,098	-0,021	-378,047	Elastic
122	1453	252,349	63,406	-534,677	-619,179	0,529	-543,422	Elastic
lempung s	1454	253,552	74,419	-373,265	-441,730	1,488	-383,424	Elastic
	1455	243,502	67,712	-471,756	-548,168	-1,927	-480,669	Elastic
	1456	250,593	66,924	-482,923	-562,223	0,137	-492,127	Elastic
	1457	250,968	70,349	-432,885	-507,245	0,236	-442,515	Elastic
	1458	247,842	68,263	-463,468	-540,754	-0,731	-472,783	Elastic
	1459	252,825	66,712	-486,099	-565,543	0,699	-495,196	Elastic
	1460	253,308	71,143	-421,392	-494,375	0,975	-431,008	Elastic
	1461	250,502	72,509	-401,202	-472,575	0,184	-411,179	Elastic
	1462	246,458	69,810	-440,731	-515,847	-1,244	-450,291	Elastic
	1463	246,077	66,316	-492,235	-571,911	-1,133	-501,076	Elastic
	1464	249,636	64,584	-517,260	-599,958	-0,074	-526,151	Elastic

Untuk nilai tegangan vertikal pada model uji berlapis pasir 10 cm adalah 484,730 kg/cm². seperti terlihat pada **Tabel 5.4**

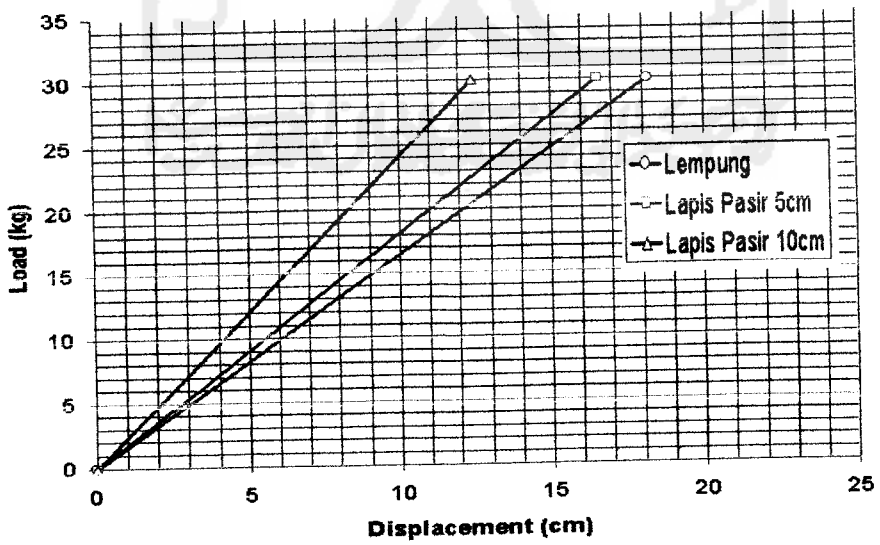
Tabel 5.4 Tegangan Vertikal pada Lempung Berlapis Pasir 10 cm Hasil Simulasi Plaxis

Soil Element	Stress Point	X [cm]	Y [cm]	σ_{xx} [kg/cm²]	σ_{yy} [kg/cm²]	σ_{xy} [kg/cm²]	σ_{zz} [kg/cm²]	Status
	1076	284,676	89,620	-152,809	-170,021	0,060	-152,179	Elastic
	1077	284,882	93,630	-91,998	-104,293	-0,266	-92,660	Elastic
	1078	281,265	96,469	-48,568	-58,292	0,249	-50,583	Elastic
	1079	278,208	94,699	-74,760	-86,383	-0,413	-76,228	Elastic
	1080	277,948	89,614	-154,448	-169,959	0,501	-152,823	Elastic
91	1081	252,714	70,966	-424,855	-512,920	1,540	-440,833	Elastic
lempung s	1082	240,813	76,635	-344,367	-419,945	-5,229	-358,862	Elastic
	1083	240,261	65,468	-506,427	-598,648	-4,023	-519,959	Elastic
	1084	247,121	71,005	-424,546	-512,221	-1,433	-440,343	Elastic
	1085	243,419	72,768	-399,319	-483,340	-3,424	-414,785	Elastic
	1086	243,248	69,295	-449,840	-536,467	-3,065	-464,755	Elastic
	1087	249,237	72,762	-398,850	-484,730	-0,415	-415,167	Elastic
	1088	244,449	75,043	-366,185	-447,471	-3,425	-382,134	Elastic
	1089	240,498	73,299	-392,188	-473,853	-4,596	-406,960	Elastic
	1090	240,276	68,807	-457,266	-545,513	-4,333	-471,629	Elastic
	1091	244,052	67,008	-483,236	-575,121	-2,394	-497,854	Elastic

Dari ketiga sampel uji yang ditinjau titik ± 30cm dibawah model pondasi. tanah lempung berlapis pasir 10 cm mempunyai nilai tegangan vertikal yang paling kecil dibanding lempung yang berlapis pasir 5 cm dan tanah lempung lunak tanpa lapis pasir. Hal ini menunjukkan, bahwa pemberian lapis pasir pada tanah lempung lunak dapat mengurangi tegangan vertikal dibawah model pondasi dengan tinjauan di titik tertentu.

5.7. Load Displacement

Hasil hubungan antara pembebanan (*load)* dan pergerakan tanah (*displacement*) dapat dilihat dengan simulasi Plaxis. Dengan menimbang kendala yang ada diuji laboratorium yang tidak dapat melihat *displacement* pada pembebanan dibawah 30 kg karena dalam pembebanannya langsung menggunakan beban seberat 30 kg tanpa variasi berat beban tertentu. Oleh karena itu dengan simulasi *software* ini diharapkan bisa dilihat lebih detail hubungan antara *load* dan *displacement* yang terjadi pada pembebanan dibawah 30 kg.



Gambar 5.7 Grafik Load Displacement dengan Pembebanan tunggal 30kg

Hasil grafik *Load Displacement* pada **Gambar 5.7** sampel uji yang digunakan masih tetap menggunakan luas 500 cm x 100 cm, seperti kondisi pada pengamatan bidang runtuh dan tinjauan terhadap distribusi tegangan yang sudah dilakukan, dan pada pengamatan ini *displacement* yang terjadi pada ketiga sampel ternyata menghasilkan nilai yang berbeda. Dengan penambahan lapis pasir pada tanah lunak dibawah model pondasi dangkal nilai *displacement*nya cenderung berkurang. Pada sampel tanah lempung lunak *displacement* total yang terjadi adalah 18,2 cm dan pada lempung dengan lapis pasir 5 cm menunjukkan nilai *displacement* sebesar 16,5 cm dan yang terakhir pada sampel tanah lempung dengan lapis pasir 10 cm menunjukkan nilai *displacement* 12,5 cm. Pada ketiga sampel uji tersebut menunjukkan perbedaan nilai *displacement* yang terjadi seiring dengan penambahan ketebalan lapis pasir dibawah model pondasi, dan nilainya cenderung semakin berkurang. Selisih perubahan nilai *displacement*nya dapat dilihat pada **Tabel 5.5.**

Tabel 5.5 Hasil Nilai Displacement dengan Pembebanan 30kg

NO	LAPIS PASIR (cm)	BEBAN (kg)	DISPLACEMENT (cm)	SELISIH DISPLACEMENT (cm)
1	0	30	18,16916	0
2	5	30	16,5402	1,6289
3	10	30	12,45042	5,71874

BAB VI

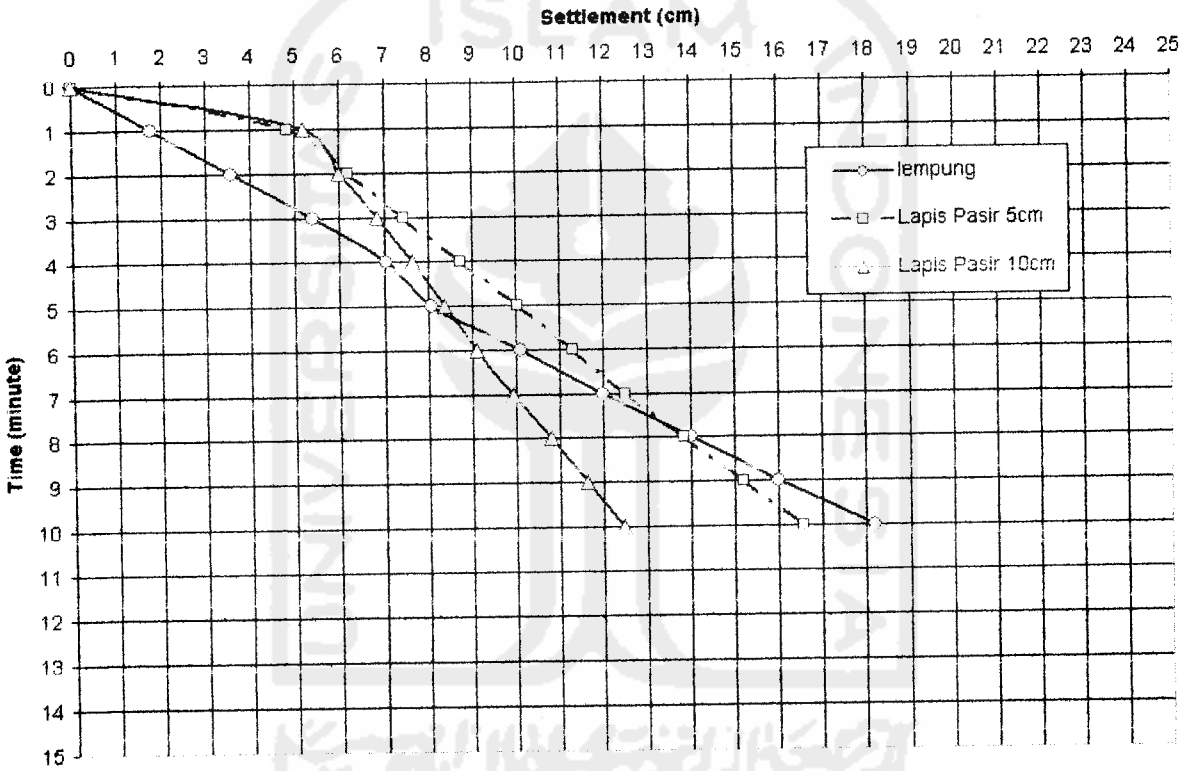
ANALISIS HASIL PENELITIAN

6.1. Pendahuluan

Bab ini akan menganalisis hasil-hasil penelitian berkaitan dengan perbaikan daya dukung pada tanah lunak dengan lapis pasir dan tinjauan terhadap penurunan serta distribusi tegangan serta bidang runtuh yang terjadi pada penelitian tersebut dengan menitik beratkan pada penggunaan *software* Plaxis sebagai alat bantu analisisnya. Penelitian ini lebih mengutamakan penggunaan *software* geoteknik daripada hitungan manual dengan pertimbangan permasalahan di lapangan yang tidak bisa diamati secara manual, misalnya perubahan gerakan tanah (*displacement*) serta nilai distribusi tegangan yang terjadi pada titik – titik tertentu dibawah pondasi dangkal, jika dalam penelitian ini tetap memakai uji laboratorium dikarenakan hasil uji laboratorium diharapkan bisa dijadikan uji validasi keakuratan antara uji laboratorium dengan analisis *software* yang dipakai., sehingga untuk variasi yang lain pada penelitian ini bisa memakai *software* dengan harapan akan didapat hasil yang lebih detail dan efisien dari pada uji laboratorium yang membutuhkan waktu dan tenaga yang relatif lebih banyak. Pada analisis terhadap sampel uji, perubahan dimensi sampel uji tetap dilakukan seperti pada penelitian untuk meninjau bidang runtuh dan distribusi tegangan yang terjadi, mengingat batasan (*boundary*) pada sampel laboratorium yang relatif pendek dan dikhawatirkan akan menghalangi penyebaran bidang runtuh yang sesungguhnya terjadi.

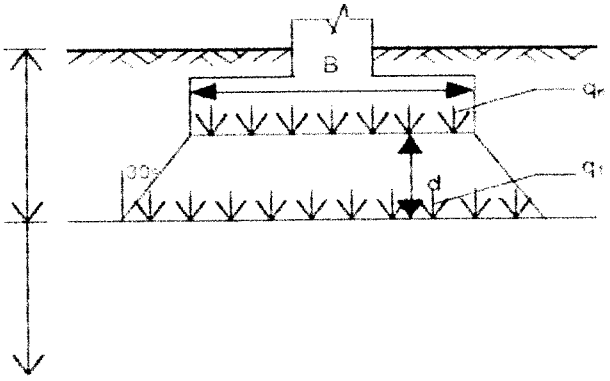
6.2. Analisis Uji Pembebanan

Pada analisis uji pembebanan ini dihasilkan nilai penurunan yang berbeda untuk masing-masing sampel uji pada pembebanan dan waktu yang sama. Dengan beban seberat 30 kg dan pembebanan diberikan selama 10 menit maka akan terlihat perbedaan nilai *settlement* yang terjadi. Seiring dengan penambahan ketebalan lapis pasir, maka penurunan yang terjadi relatif menurun. Grafik penurunan ketiga sampel tersebut dapat dilhat pada **Gambar 6.1.**



Gambar 6.1 Grafik Penurunan pada ketiga Sampel uji Dalam Waktu 10 menit

Hasil penurunan pada uji pembebanan dengan simulasi Plaxis tersebut menunjukkan nilai penurunan yang semakin kecil seiring penambahan ketebalan lapis pasir. Berdasarkan teori dua lapisan tanah yang berasumsi bahwa beban pondasi 30° terhadap garis vertikal seperti terlihat pada **Gambar 6.2.**



Gambar 6.2 Teori dua Lapisan tanah

Maka besarnya tegangan pada tanah lunak dibawah lapis pasir (q_1) akan semakin kecil dan akan mempengaruhi nilai penurunan yang terjadi di lapangan, yaitu semakin kecil pula penurunan yang terjadi seiring bertambahnya ketebalan lapis pasir yang diberikan diatas tanah lunak. Pada uji ini selisih penurunan yang terjadi dapat dilihat pada **Tabel 6.1.**

Tabel 6.1 Nilai Selisih Penurunan Akibat Pemberian Lapis Pasir

NO	LAPIS PASIR (cm)	TIME (minute)	SETTLEMENT (cm)	SELISIH SETTLEMENT (cm)
1	0	10	18,169	0
2	5	10	16,540	1,629
3	10	10	12,450	5,719

Pendekatan dengan cara lain (manual) untuk melihat perbedaaan penurunan akibat pembebanan dapat dihitung melalui persamaan sebagai berikut ini :

Settlement $$(Se) = \frac{Bq}{Es}(1-\mu^2)\alpha \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (6.1)$$

B = Lebar Pondasi

L = Panjang Pondasi

q = Beban

Es = Modulus Elastis

μ = Poison ratio

α = nilai ratio dari perbandingan (L/B)

Dengan $$\alpha = \frac{1}{\pi}\left[\ln\left(\frac{\sqrt{1+m^2}+m}{\sqrt{1+m^2}-m}\right)+m\ln\left(\frac{\sqrt{1+m^2}+m}{\sqrt{1+m^2}-m}\right)\right] \quad \text{..... (6.2)}$$

m = L/B = 1/1

maka $$\alpha = \frac{1}{\pi}\left[\ln\left(\frac{\sqrt{1+1^2}+1}{\sqrt{1+1^2}-1}\right)+1\ln\left(\frac{\sqrt{1+1^2}+1}{1+1^2-1}\right)\right]$$

= 1,12 cm

Penurunan yang terjadi pada tanah lempung lunak tanpa lapis pasir dengan nilai *Es* = 20 dan $\mu = 0{,}30$

$$(Se) = \frac{Bq}{Es}(1-\mu^2)\alpha$$

$$Se = \frac{15x30}{20}(1-0{,}30^2)x1{,}12$$

= 22,9 cm

Adapun penurunan yang terjadi pada model pondasi yang diatas lapis pasir nilai *Es* pasir adalah 55 dan nilai $\mu = 0{,}45$ adalah

$$(Se) = \frac{Bq}{Es}(1-\mu^2)\alpha$$

$$= \frac{15x30}{55}(1-0{,}45^2)\ 1{,}12$$

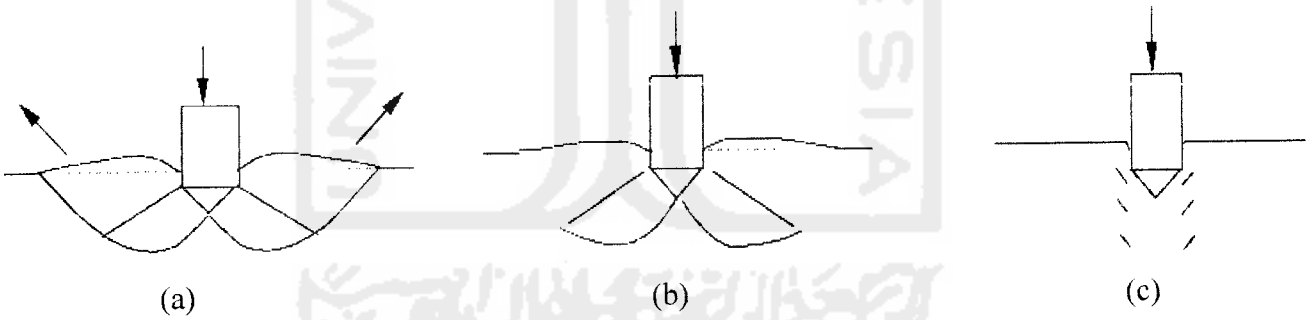
$$= 7{,}38 \text{ cm}$$

Hasil dari perhitungan manual menunjukkan bahwa pemberian lapis pasir dibawah model pondasi dapat mengurangi penurunan yang terjadi, dan hasil hitungan manual ini dapat dijadikan uji validasi untuk dapat memberikan variasi lain pada model uji dengan simulasi Plaxis. Nilai penurunan yang terjadi pada tanah lempung lunak berdasarkan hitungan manual dalam penelitian ini dijadikan uji validasi terhadap penurunan yang terjadi pada simulasi Plaxis.. Pada simulasi Plaxis penurunan yang terjadi pada tanah lempung adalah 18,169 cm, sedangkan pada hitungan manual mendapatkan hasil 22,9 cm, keduanya mempunyai selisih yang tidak terlalu besar. Untuk pondasi yang diletakkan diatas pasir penurunan yang terjadi pada hitungan manual adalah 7,38 cm, sedangkan pada Plaxis adalah 12,450 cm, dan hasil ini cukup dapat dijadikan uji validasi sehingga untuk variasi model uji dengan ketebalan lapis pasir yang lebih variatif dapat menggunakan bantuan *software*. Berdasarkan hasil simulasi Plaxis ternyata menunjukkan bahwa pemberian lapis pasir ternyata dapat mengurangi nilai penurunan yang terjadi pada model pondasi dangkal yang dibuat., pemberian lapis pasir setebal 10 cm dibawah model pondasi ternyata mampu mengurangi penurunan yang terjadi sebesar 5,719 cm

dibanding tanpa menggunakan lapis pasir, sedangkan pada hasil uji laboratorium, yang pernah dilakukan, pemberian lapis pasir setebal 10cm ternyata juga mampu mengurangi nilai penurunan sebesar 2.89 cm. Hasil nilai pada uji laboratorium relatif lebih kecil mengingat perubahan ukuran sampel uji yang dilakukan pada simulasi Plaxis. Secara umum bisa disimpulkan bahwa dengan penambahan lapis pasir dengan ketebalan tertentu pada tanah lempung lunak dibawah model pondasi dangkal ternyata mempu mereduksi penurunan yang terjadi akibat pembebanan yang diberikan.

6.3. Analisis Bidang runtuh

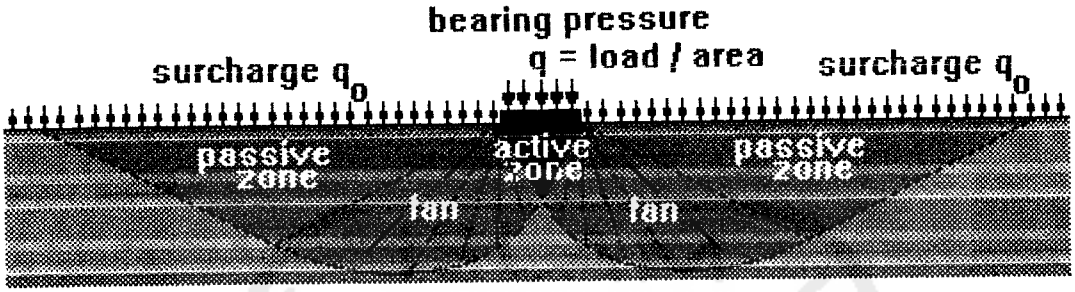
Secara umum ada tiga kemungkinan pola bidang runtuh pada daya dukung tanah yaitu *general shear failure, local shear failure,* dan *punching sehar failure* seperti terlihat pada **Gambar 6.3** berikut ini :



Gambar 6.3 Tiga Kondisi Keruntuhan Tanah (a) *general shear failure*, (b) *local shear failre*, (c) *punching shear failure*

Pada penelitian ini teori pendekatan yang dilakukan dalam analisis bidang runtuh adalah berdasarkan kondisi *local shear failure,* mengingat pada kondisi seperti ini sering terjadi pada tanah yang memiliki kompresibilitas yang tinggi dan penurunan yang relatif besar (pada tanah lunak) serta miring akibat penurunan pada pondasi diperkirakan tidak terjadi dan muka tanah disekitar pondasi kurang berarti

pengembangannya, karena desakan kebawah pondasi relatif besar. Dengan melihat kondisi seperti ini, maka pola bidang runtuh dapat dianalisis dengan bantuan **Gambar 6.4.**



Gambar 6.4 Mekanisme Keruntuhan

Pendekatan pola keruntuhan dibawah pondasi yaitu (45° + ϕ/2) pada daerah *active zone* dan ini menunjukkan keseimbangan plastis yang terjdi didaerah ini. dan akibat dari gerakan pada daerah ini akan mendorong tanah disampingnya untuk terdorong kearah samping dari daerah tersebut (*passive zone*), sedangkan didaerah. *passive zone* keruntuhan yang terjadi dapat dilihat dengan pendekatan (45°- ϕ/2). Transisi pergerakan antara dua zona aktif dan pasif tersebut, maka akan terjadi pada daerah *fan* seperti yang terlihat pada **Gambar 6.4** dan keseimbangan plastis akan terjadi didaerah bidang runtuh tersebut, sedangkan sisa tanah lainnya berada dalam keseimbangan elastis.

Pada penelitian ini analisis bidang runtuh dengan menggunakan simulasi Plaxis didapatkan hasil yang menunjukkan, bahwa dengan pemberian lapis pasir dibawah model pondasi dangkal ternyata mampu menyebarkan daerah runtuh kearah samping yang lebih lebar (dapat dilihat pada **Gambar 5.2, 5.3** dan **5.4** pada bab 5). Hal ini sesuai dengan teori yang diungkapkan, bahwa kepadatan pada tanah urug

pada dua lapisan tanah yang berbeda jenis dan sifat mekanisnya akan mempengaruhi sudut penyebaran beban yang terjadi pada tanah urug tersebut (Burmister 1943). Dalam penelitian ini tanah pasir merupakan tanah urug yang diberikan dengan maksud dapat menyebarkan beban yang diberikan sebelum gaya pada beban tersebut sampai pada tanah lunak yang ada dibawahnya, sehingga akan lebih kecil beban yang diterima oleh tanah lunak yang ada dibawah lapis pasir tersebut.

Pada simulasi Plaxis yang dilakukan memang terlihat bidang runtuh yang lebih melebar akibat penambahan lapis pasir dibawah pondasi. Dengan pendekatan teori keruntuhan yang dikemukakan oleh Rankine, maka akan dicoba untuk melakukan analisa terhadap hasil uji simulasi tersebut.

Pada tanah lempung lunak tanpa lapis pasir sudut penyeberan bidang runtuh dapat dilihat dengan pendekatan persamaan Rankine :

active zone (abd) $= (45° + \phi/2)$

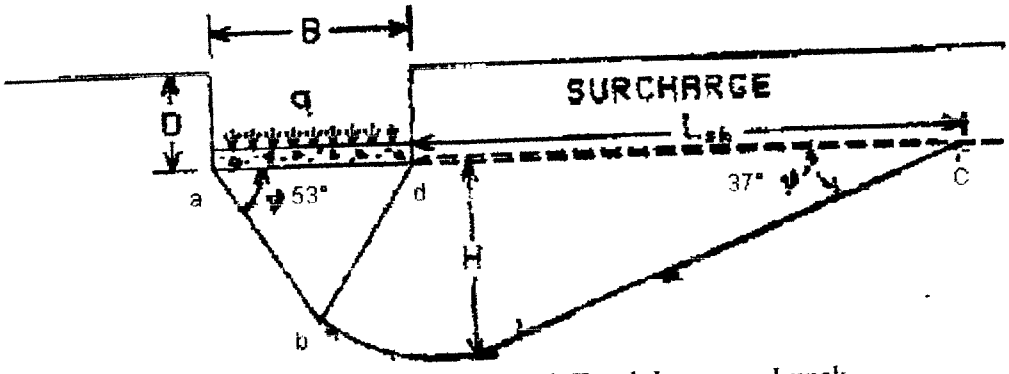
$= (45° + 16°/2)$

$= 53°$

Passive zone (bcd) $= (45° - \phi/2)$

$= (45° - 16°/2)$

$= 37°$



Gambar 6.5 Bidang Runtuh Tanah Lempung Lunak

Pada **Gambar 6.5** menunjukkan daerah *active zone* (*abd)* merupakan sudut yang terbentuk akibat pembebanan nilainya adalah 53° sehingga akan menyebabkan tanah disampingnya akan tergeser kearah samping, *passive zone* (*bcd)* yaitu 37° sepanjang *Lsh.* panjang *Lsh* sendiri dapat dihitung dengan persamaan :

$$Lsh = (H + D) \tan (45° + \phi/2) \text{ , dengan } H = B \tan (45° + \phi/2) \ldots (6.1)$$

Dengan B =15 cm, maka H adalah :

$$H = 15 \tan (45° + 16°/2)$$

$$= 19.9 \text{ cm}$$

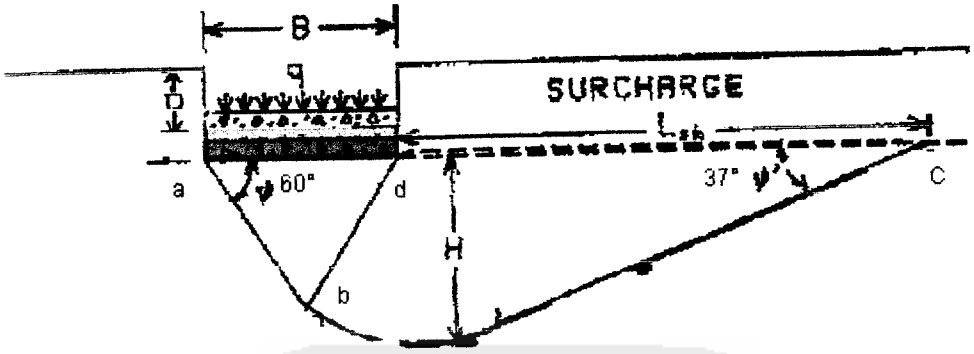
Maka panjang *Lsh* adalah:

$$Lsh = (H + D) \tan (45° + \phi/2)$$

$$= (19.9 + 0) \tan (45° + 16°/2)$$

$$= 26.4 \text{ cm}$$

Pada tanah lempung dengan lapis pasir, pendekatan bidang runtuh agak berbeda daripada pada tanah lempung lunak terlihat pada **Gambar 6.7.**



Gambar 6.6 Bidang Runtuh Tanah Lempung Berlapis Pasir

active zone = (45° + ϕ/2)

= (45° + 30°/2)

= 60°

Passive zone = (45° - ϕ/2), (nilai ϕ = 16° karena berada pada tanah lempung)

= (45° - 16°/2)

= 37°

Nilai *active zone* pada tanah berlapis pasir lebih besar yaitu 60° dibanding tanah lempung lunak 53° dan tentunya ini akan mengakibatkan gerakan disamping tanah lapis pasir akan semakin menyebar luas kesamping seperti pada **Gambar 6.7,** sedangkan untuk panjang *Lsh* jika ϕ = 30° yaitu :

$$Lsh = 1.73\ (H + D) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (6.2)$$

Jika nilai H adalah :

H = 15 tan (45° + 30°/2)

= 25.98 cm

Maka panjang *Lsh* adalah

Lsh =1.73 (H +D). (nilai D = 0 karena pondasi terletak dipermukaan tanah)

= 1.73 (25.98 + 0)

= 44.94 cm

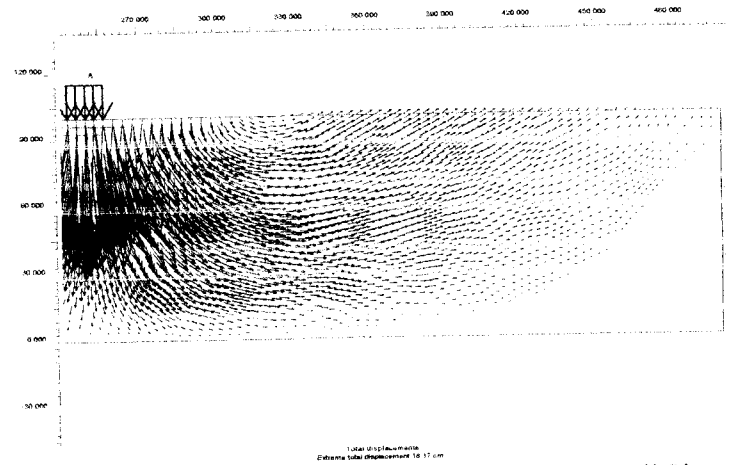
Pada daerah *active zone* (*abd*) terjadi penyebaran beban dengan sudut 60° dan sudut ini lebih besar dibanding pada sampel uji tanah lempung lunak tanpa lapis pasir. Ini menunjukkan bahwa dengan penambahan lapis pasir maka penyebaran beban pun akan semakin melebar sehingga akan mendorong gerakan tanah kesampingnya semakin besar yaitu sepanjang 44.94 cm lebih lebar dibanding pada tanah lempung lunak 26.4 cm. Melalui pendekatan dengan metode alternatif seperti yang diungkapkan Leonards (1962) maka panjang bidang runtuh sepanjang *Lsh* dapat dihitung dengan rumus 3B (B adalah lebar pondasi).

Lsh = 3.B

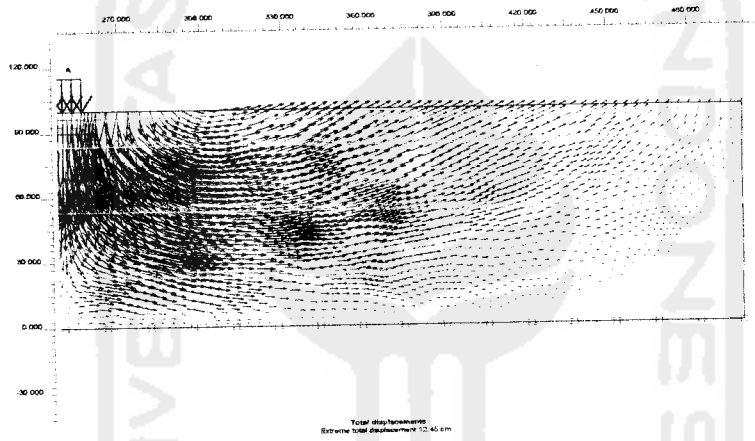
= 3 x 15

= 45 cm

Visualisasi pada sampel uji pun dapat dilihat dengan simulasi Plaxis seperti terlihat pada sampel uji lempung lunak dan lempung yang berlapis pasir yang terlihat pada **Gambar 6.7** dan **Gambar 6.8.**



Gambar 6.7 Bidang Runtuh Tanah Lempung Lunak Hasil Simulasi Plaxis

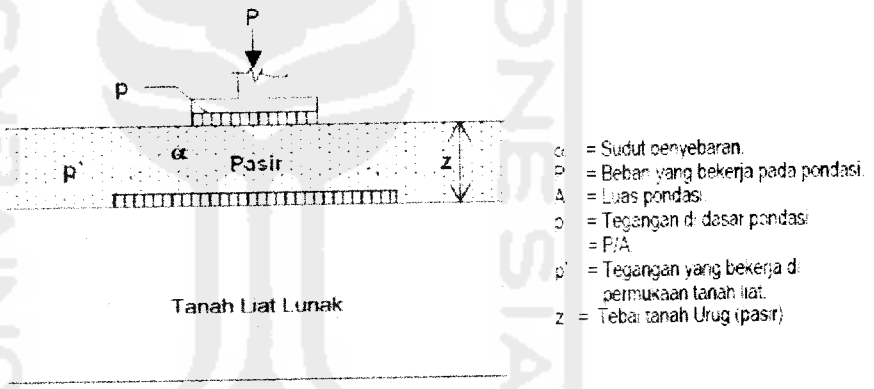


Gambar 6.8 Bidang Runtuh Tanah Lempung Berlapis Pasir Hasil Simulasi Plaxis

Hasil visualisasi bidang runtuh pada simulasi Plaxis menunjukkan bahwa dengan penambahan lapis pasir maka sudut penyebarannya akan diperlebar dan tentunya hal ini akan mempengaruhi beban yang akan diterima oleh tanah lunak yang ada dibawah lapisan pasir yang diberikan. Dengan penambahan ketebalan lapis pasir, maka beban sudut penyebaran akan semakin melebar dan beban yang diterima tanah lempung lunak semakin mengecil, sehingga dengan pemberian lapis pasir diharapkan mampu membantu memperbaiki daya dukung, dengan mereduksi beban yang akan diterima tanah lunak akibat beban yang diteruskan pondasi diatasnya.

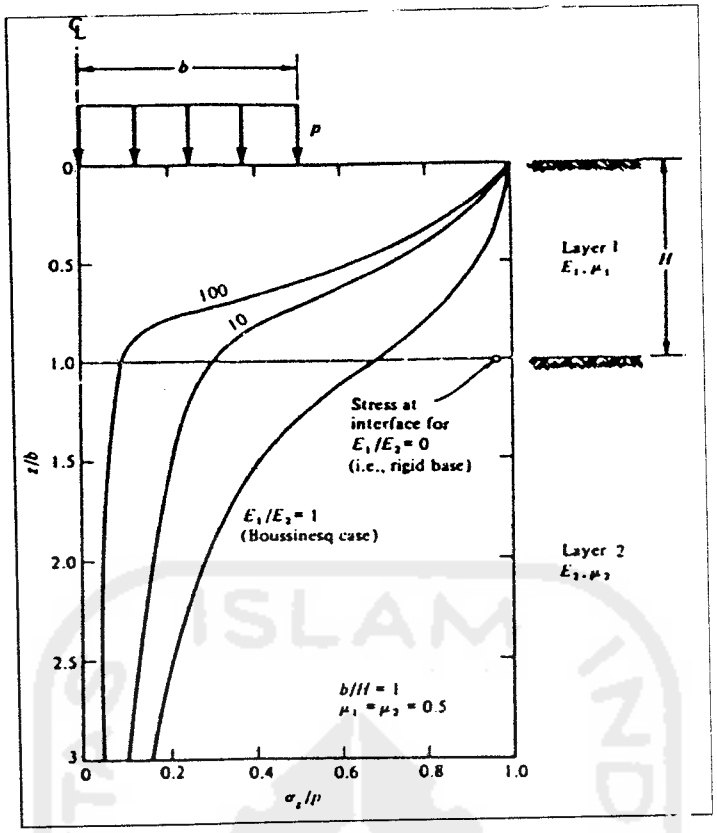
6.4. Analisis Distribusi Tegangan

Pada penelitian ini dicoba untuk melihat distribusi tegangan arah vertikal yang terjadi pada kedalaman ± 30 cm dibawah model pondasi dangkal, pada ketiga sampel uji. Berdasarkan beberapa teori yang berkembang, berpendapat bahwa salah satu cara meningkatkan daya dukung tanah dan mengurangi penurunan pada tanah lunak, yaitu dengan mengganti sebagian tanah lunak dengan urugan dari tanah pasir, sehingga beban-beban yang disalurkan ke pondasi tidak langsung diterima oleh tanah lempung lunak, tetapi diterima terlebih dahulu oleh tanah urug pasir dan disebarkan sehingga tegangan akibat pondasi yang bekerja diatas permukaan tanah lempung lunak menjadi lebih kecil, seperti terlihat pada **Gambar 6.9.**



Gambar 6.9 Distribusi Tegangan Pada Dua Lapis Tanah

Selain itu tegangan yang terjadi pada dua lapisan tanah yang berbeda sifat mekanisnya, jika lapisan diatasnya lebih kaku daripada lapis yang berada dibawahnya, maka tegangan yang terjadi pada lapisan dibawahnya akan menjadi lebih kecil (Burmister,1943), seperti terlihat pada **Gambar 6.10.**



Gambar 6.10 Distribusi Tegangan dua Lapis Materi Elastis (Burmister.1943)

Pada penelitian ini tanah lapis pasir diasumsikan sebagai tanah urug yang lebih kaku daripada tanah lempung lunak dibawahnya. Berdasarkan beberapa pendekatan terhadap teori tersebut maka dicoba simulasi Plaxis. Hasil simulasi Plaxis dapat dilihat pada **Tabel 6.2.**

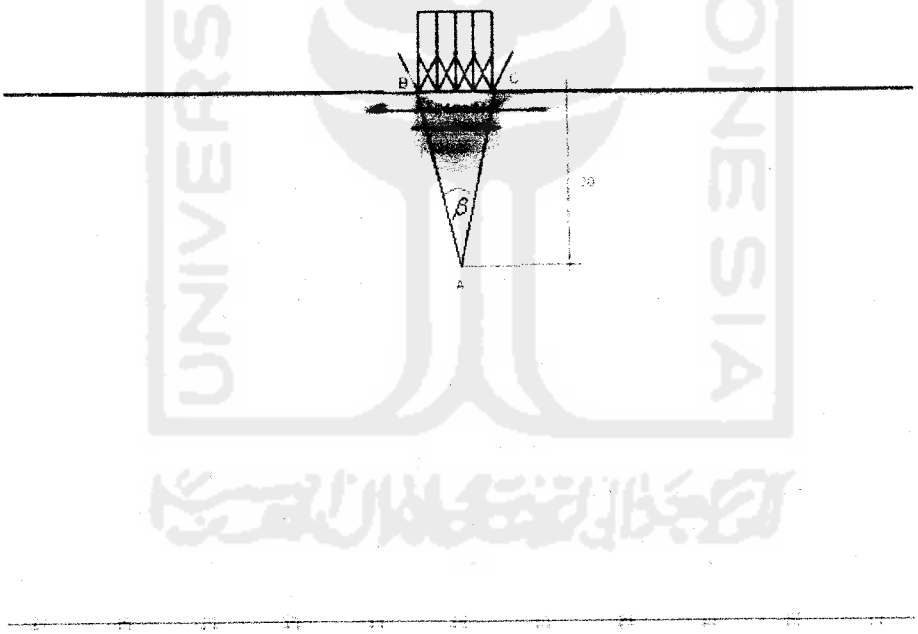
Tabel 6.2 Nilai Tegangan Vertikal hasil Simulasi Plaxis

No	Model Uji	Beban (kg)	Tegangan Vertikal(kg/cm²)	Selisih Tegangan
1	Lempung	30	512,580	0
2	Lempung Lapis pasir 5cm	30	507,245	5,335
3	Lempung Lapis Pasir 10cm	30	484,730	27,85

Melihat hasil yang didapat dari simulasi Plaxis menunjukkan, bahwa dengan pemberian lapis pasir pada tanah lempung lunak dapat mereduksi nilai tegangan vertikal yang terjadi pada tinjauan sebuah titik dibawah pondasi.

Pada **Tabel 6.2** menunjukkan selisih nilai tegangan antara lempung berlapis pasir 5 cm dengan lempung lunak adalah 5,335 kg, sedangkan pada pemberian lapis pasir dengan ketebalan 10 cm, selisih tegangan vertikalnya adalah 27,85 kg. Adapun peninjauan nilai tegangan vertikal dengan cara manual dapat dilihat dengan persamaan :

$$\Delta\sigma = \frac{q}{\pi}[\beta + \sin\beta\cos\beta(\beta + 2\delta)] \quad \text{.....(6.3)}$$



Gambar 6.11 Tinjauan sudut β dibawah model pondasi

Dengan lebar pondasi B = 15 cm, maka nilai $ABC(\beta) = 22{,}5°$ dan $(\delta) = 0°$, nilai $(\delta) = 0°$ karena δ berlaku bila titik tinjau tidak berada dibawah pondasi, maka

tegangan vertikal yang terjadi pada titik sedalam 30 cm dibawah model pondasi adalah :

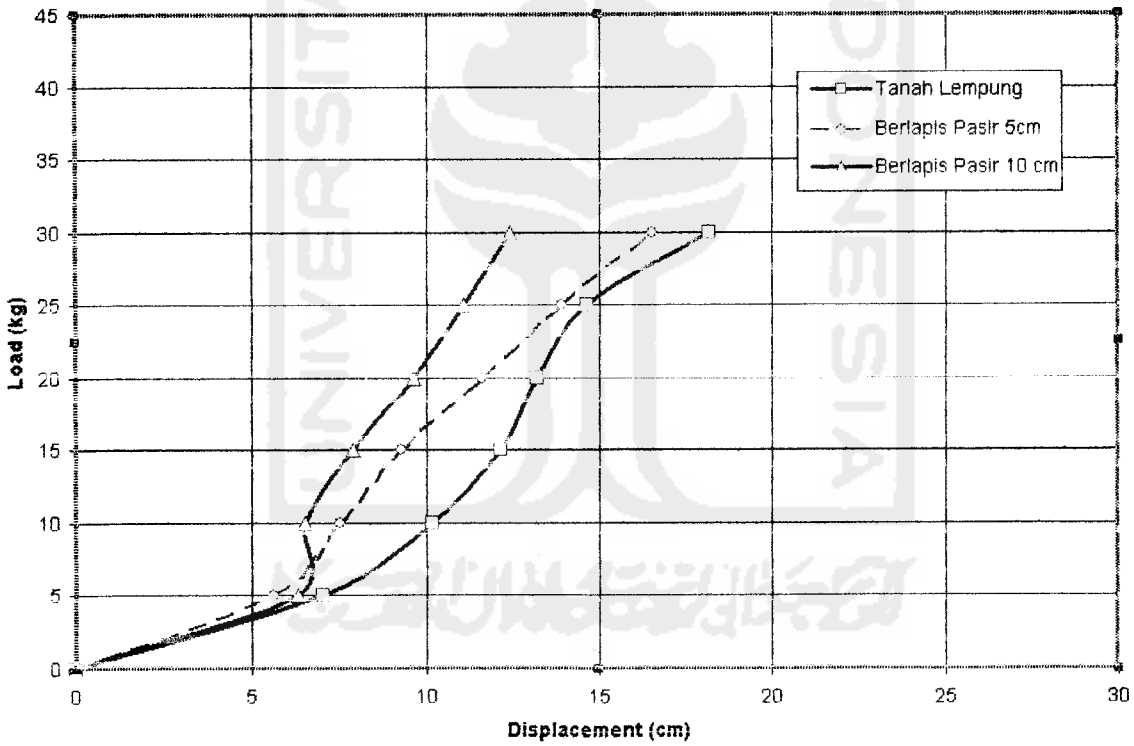
$$\Delta\sigma = \frac{30}{\pi}[22{,}5 + \sin 22{,}5x \cos 22{,}5(22{,}5 + (2x0))]$$

$$= 290{,}82 \text{ kg/cm}^2$$

Hasil dari hitungan manual tegangan vertikal pada titik sejauh 30 cm dibawah model pondasi menghasilkan nilai tegangan 290,82 kg/cm² dan nilai ini mendekati dengan hasil simulasi Plaxis yang dilakukan yaitu sebesar 512,580 kg/cm², sehingga hasil kedua uji tersebut bisa dijadikan uji validasi sebagai sarana untuk memberikan variasi yang lebih banyak terhadap sampel uji dengan simulasi Plaxis. Dengan variasi pemberian lapis pasir dibawah model pondasi pada Plaxis menunjukkan nilai tegangan yang lebih kecil dibandingkan tanpa menggunakan lapisan pasir dibawah model pondasi. Dari data yang dihasilkan pada penelitian ini serta beberapa teori yang telah dikemukakan sebelumnya, bahwa dengan pemberian lapis pasir pada tanah lempung lunak ternyata mampu menghasilkan nilai tegangan yang lebih kecil daripada tanpa penggunaan lapis pasir dibawah model pondasi dangkal, sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan pemberian lapisan pasir dengan ketebalan tertentu dibawah model pondasi ternyata mampu mengurangi nilai tegangan vertikal yang terjadi pada satu titik tertentu dibawah model pondasi akibat beban yang ada diatasnya.

6.5. Analisis Load Displacement

Secara umum analisis terhadap *displacement* pada penelitian ini tidak jauh berbeda dengan uji pembebanan yang dilakukan pada uji laboratorium dan analisis dengan simulasi Plaxis antara waktu dan penurunan. Dalam penelitian ini akan ditinjau nilai *displacemen*t akibat beban tetap yaitu 30 kg pada ketiga sampel uji dan mencoba melihat nilai *displacement* pada pembebanan dibawah 30 kg, mengingat pada uji Laboratoriun yang hanya menggunakan beban tunggal. Dalam simulasi Plaxis ini dicoba melihat pembebanan dengan interval 5 kg mulai dari 5 kg hingga 30 kg.



Gambar 6.12 Grafik Load Displacement dengan simulasi Plaxis

Pada **Gambar 6.12** terlihat bahwa pada pembebanan 30 kg tanah lempung tanpa lapis pasir mempunyai nilai *displacement* yang paling besar yaitu 18,169 cm, sedangkan dengan penambahan lapis pasir setebal 5 cm ternyata mampu mengurangi

nilai *displacement* yang terjadi sebesar 1,629 cm. Pada lempung dengan lapis pasir 10 cm mempunyai pengurangan nilai *displacement* sebesar 5,719 cm. dengan pemberian lapis pasir dengan ketebalan 5 cm menunjukkan nilai yang lebih kecil dibanding lempung lunak. Data perbandingan hasil uji dengan simulasi Plaxis dapat dilihat pada **Tabel 6.3.**

Tabel 6.3 Nilai Load Displacement

Load (kg)	Displacement (cm)		
	Lempung	Lempung Berlapis Pasir 5cm	Lempung Berlapis Pasir 10cm
0	0	0	0
5	7	5,627	6,321
10	10,179	7,53	6,518
15	12,143	9,286	7,882
20	13,214	11,613	9,643
25	14,643	13,929	11,071
30	18,16916	16,5402	12,45042

Pada **Tabel 6.3** tersebut diperoleh hasil bahwa semakin tebal lapis pasir yang diberikan maka semakin kecil pula *displacement* yang terjadi akibat beban yang diberikan. Pada pembebanan dengan mulai 5 kg sampai 30 kg dengan interval 5 kg dari ketiga sampel uji menunjukkan perbedaan nilai *displacement* yang terjadi. Pada tiap pembebanan yang diberikan menunjukkan hasil bahwa dengan pemberiam lapis pasir ternyata mampu mengurangi *displacement* akibat beban yang diberikan pada sampel uji. Dengan pemberian lapis pasir setebal 5 cm menunjukkan pengurangan nilai *displacement* yang kurang signifikan yang hanya selisih 1,629 cm dari tanah lempung lunak, lain halnya dengan pemberian lapis pasir setebal 10 cm yang mempunyai pengaruh yang cukup besar terhadap *displacement* yang terjadi sebesar 5,719 cm. Dengan melihat hasil ini, maka dapat disimpulkan bahwa dengan

pemberian lapis pasir setebal 10 cm dibawah model pondasi akan dapat memperbaiki daya dukung tanah terhadap beban yang diteruskan oleh pondasi diatasnya dengan pengurangan nilai *displacement* yang terjadi pada sampel uji. Untuk penelitian berikutnya diharapkan lapis pasir bisa ditambah maupun dikurangi agar didapat gambaran perbaikan daya dukung tanah dengan pemberian lapis pasir yang lebih variatif sehingga akan memberikan beberapa pilihan yang akan dipakai di lapangan.

BAB VII

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

7.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dan analisis yan.g telah dilakukan oleh peneliti, sebagaimana yang telah dibahas pada bab-bab sebelumnya, maka dapat disimpulkan sebagai berikut ini :

1. Berdasarkan klasifikasi sistem AASTHO lempung Salaman termasuk tanah lempung kelompok A-7-6, menurut sistem Unified termasuk kelompok (CH) yaitu tanah lempung organik dengan plastisitas (IP>17), menurut diagram segitiga USCS termasuk kategori lempung (*clay*).
2. *Settlement* yang terjadi pada tanah yang menggunakan lapis pasir semakin berkurang seiring dengan bertambahnya ketebalan lapis pasir.
3. Lapis pasir dengan ketebalan 10cm yang diletakkan dibawah model pondasi mengalami peningkatan kapasitas dukung yang lebih besar dan mengalami penurunan (*settlement*) dan distribusi tegangan yang paling kecil dibanding pemberian lapis pasir setebal 5 cm.
4. Ketebalan lapis pasir akan sangat berpengaruh terhadap nilai tegangan vertikal yang terjadi disalah satu titik tinjauan dibawah model pondasi pada tanah lempung. Ketebalan pasir 10 cm mengalami penurunan (*settlement*) dan mempunyai nilai tegangan vertikal lebih kecil daripada ketebalan pasir 5 cm.

5. Pada pembebanan mulai dari 5 kg sampai 30 kg dengan interval kenaikan 5 kg menunjukkan hasil, bahwa pemberian lapis pasir dapat mengurangi *displacement* akibat beban (*load*) yang diberikan. Lapis pasir dengan ketebalan 10 cm menunjukkan *displacement* yang paling kecil dengan pembebanan 30 kg.

7.2. Rekomendasi

Materi penulisan tugas akhir ini masih dapat dikupas lebih dalam lagi untuk kemajuan dan perkembangan pengetahuan tentang lapisan tanah urug khusushya dengan penggunaan tanah pasir, sehingga metode ini lebih dikenal bukan hanya bagi dunia praktisi teknik sipil saja, tetapi juga bagi lingkungan ilmiah Perguruan Tinggi.

Adapun hal-hal yang perlu diperhatikan adalah :

1. Penelitian ini dalam aplikasinya dilapangan memerlukan pengawasan dan ketelitian yang cukup tinggi agar terlaksana pemberian lapis pasir yang baik.
2. Perhitungan dengan suatu program dalam perencanaan harus ditunjang dengan ketelitian dalam perhitungan, pengetahuan mekanisme struktur, dan pengalaman dalam melaksanakan perbaikan tanah dengan menggunakan lapis pasir.
3. Melakukan penelitian lanjut dengan :
    a. Penggunaan ketebalan lapis pasir yang lain seperti penambahan ketebalan lapis pasir.
    b. Penggunaan lapis pasir dengan kondisi pengujian di lapangan langsung.

c. Penggunaan bahan lain misalnya cerucuk sebagai tiang kolom atau *geotexstile* sebagai lembaran (*layer*) untuk usaha perbaikan tanah.

d. Menggunakan benda uji (kotak persegi) dengan ukuran yang berbeda.

e. Menggunakan sampel uji tanah lempung dengan kadar air yang lebih besar.

DAFTAR PUSTAKA

Annual Book of ASTM Standars, ASTM (1986). Vol. 04.08, Philadelphia, Pa.

Bearing Capacity Of Soils, American Society Of Civil Engineer (1993). ASCE Press New York, United Sates.

Bowles, J.E (1988). ***Foundation Analysis and Design,*** McGaw-Hill International Edition Washington. New York

Bowles, J.E (1996). ***Foundation Analysis and Design,*** McGaw-Hill International Edition Washington. New York.

Christady, H (2002). ***Teknik Pondasi I***, Betta Offset,Yogyakarta.

Christady, H (2002). ***Mekanika Tanah I***, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

Christady, H (2002). ***Mekanika Tanah II***, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta

Das, B.M. (1990). ***Principles Of Foundation Engineering (second edition)***, PWS-KENT, Boston.

Dunn, I.S, L.R. Anderson and F.W.Kiefer.(1980).***Fundamentals of Geotechnical Analysis,*** John Wiley and Sons, Inc, New York, 414 pages.

Das, B.M (1999). ***Fundamentals of Geotechnical Engineering***. California State University, Sascramento.

Hartanto, H. dan Hermanto (1994). ***Evaluasi Sudut Penyebaran Beban di atas Berbagai Lapisan Tanah Urug***. Surabaya : Tugas Akhir No. 609S, Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil, Universitas Kristen Petra.

John N. Cercinco, P.E. ***Foundation Design*** John Wilwy & Sons, Inc New York.

Perkembangan Permasalahan Geoteknik dan Pemecahannya di Millennium Baru, Konferensi Geoteknik Indonesia-VI dan Pertemuan Ilmiah Tahunan -VII. (2003). HATTI, Jakarta.

Perloff, W.H. ***Pressure Distribution and Settlement***. Foundation Engineering handbook edited by Fang, H.Y. and Winterkorn H.F. New York: Van Nostrand Reinhold,1975

Sugie Prawono, Edyson Tobing, Tan Hong Tian (2000). ***Sudut Penyebaran Beban Pondasi Dangkal Diatas Tanah urug.*** Surabaya Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Kristen Petra,.Muhrozi ***Soil Test, masalah dan aplikasinya pada tanah lunak*** Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Diponegoro Semarang.

Soebianto Tjandrawibawa, Jemmy Efendy, Wijaya Gunawan. ***Peningkatan Daya Dukung Pondasi Dangkal Dengan Menggunakan Cerucuk : Suatu Studi Model*** Dimensi Teknik Sipil Vol 2, No2 September 2000: 92-95 Universitas Kristen Petra.

Terzaghi, K, and Peck, R.B (1976). ***Soil Mechanics in Engineering Practice***, Wiler, New York.