

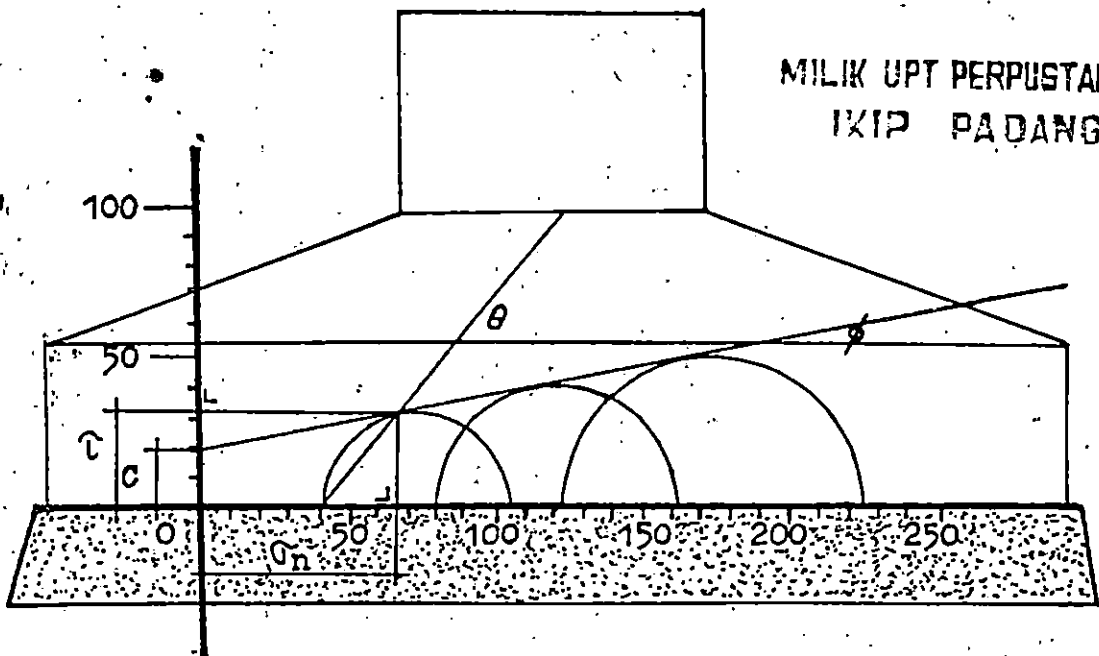
05/HD/90

PERPUSTAKAAN IKIP PADANG  
KOLEKSI BIDANG ILMU  
TIDAK DIPINJAMKAN  
KHUSUS DIPAKAI DALAM PERPUSTAKAAN

# SELUK BELUK TANAH

UNTUK

# KONSTRUKSI PONDASI



Oleh  
**DRS. ARMON S**

---

Fakultas Pendidikan Teknologi  
dan Kejuruan IKIP Padang

1989

# SELUK BELUK TANAH UNTUK KONSTRUKSI PONDASI

MILIK PERPUSTAKAAN IKIP PADANG	
DITERIMA TGL	Des 89
SUMBER/HARGA	HD.
KOLEKSI	K1
No. INVENTARIS	05/HD/90-s (2)
KLASIFIKASI	624.15 Arms

Oleh  
DRS. ARMON S

---

Fakultas Pendidikan Teknologi  
dan Kejuruan IKIP Padang

1989

## KATA PENGANTAR

Pustaka adalah merupakan sarana utama bagi suatu perguruan tinggi. Pustaka dalam arti penyediaan buku-buku ilmiah yang lengkap dan memadai, baik jumlah maupun mutunya. Namun hal ini adalah merupakan suatu tugas yang berat dan komplis.

Khusus mengenai buku-buku teknik bangunan sampai saat ini masih sangat sedikit jumlahnya, terutama terbitan dalam Bahasa Indonesia. Sehingga merupakan hambatan bagi mahasiswa ataupun masyarakat yang ingin mendalami pengetahuan tersebut.

Penulis sebagai staf pengajar pada FPTK IKIP Padang, berkeinginan untuk sedikit meringankan beban tersebut dengan menyajikan sebuah buku yang membahas masalah tanah. Seluk beluk tanah yang dikemukakan adalah hal-hal yang berkaitan dengan perencanaan pondasi dari suatu bangunan. Buku ini berjudul SELUK BELUK TANAH UNTUK KONSTRUKSI PONDASI. Dengan harapan semoga buku ini akan dapat mengantarkan pembaca dalam memahami masalah tanah untuk konstruksi pondasi.

Pada kesempatan ini penulis juga ingin mengucapkan terimakasih kepada para senior dan teman sejawat yang telah memberi masukan berguna dalam merampungkan penulisan buku ini.

Akhirnya penulis senantiasa menanti kritik dan saran yang bersifat membangun guna untuk perbaikan dimasa mendatang.

Padang, Agustus 1989

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR . . . . .	iii
DAFTAR ISI . . . . .	iv
I. PENDAHULUAN . . . . .	1
II. TANAH SEBAGAI WADAH KONSTRUKSI PONDASI. . . . .	4
2.1 Penyelidikan Kondisi Tanah Di Lapangan . . . . .	4
2.1.1 Perencanaan Pemboran . . . . .	4
2.1.2 Rekomendasi Konsultan. . . . .	6
2.1.3 Teknik Pemboran. . . . .	7
2.1.4 Penetrasi. . . . .	14
2.1.4.1 Penetrometer Statis. . . . .	14
2.1.4.2 Penetrometer Dinamis . . . . .	16
2.1.5 Vene Test. . . . .	17
2.2 Penyelidikan Tanah Sampel Di Laboratorium. . . . .	18
2.2.1 Sifat Sifat Tanah. . . . .	18
2.2.2 Konsistensi Tanah. . . . .	20
2.2.3 Tekstur Tanah. . . . .	24
2.2.4 Kekuatan Geser Tanah . . . . .	27
2.2.5 Konsolidasi Dan Penurunan. . . . .	36
III. STABILITAS TANAH. . . . .	52
3.1 Menambah Kerapatan Tanah . . . . .	52
3.2 Mempertinggi Tahanan Geser Tanah . . . . .	53
3.3 Penambahan Material Agar Terjadi Perubahan Kimia	54
3.4 Memperendah Muka Air Tanah. . . . .	54
3.5 Mengganti Tanah Yang Kurang Baik . . . . .	56
3.6 Mencampur Tanah Kurang Baik Dengan Campuran Lain	56
3.7 Metoda Penyuntikan (Grouting). . . . .	57
3.8 Penggunaan Bahan Buatan (Sintetis) . . . . .	57
IV. PERENCANAAN PONDASI . . . . .	60
4.1 Pondasi Dangkal Atau Pondasi Lansung . . . . .	60

	Halaman
4.1.1 Pondasi Telapak Bujur Sangkar . . . . .	61
4.1.2 Pondasi Telapak Bulat . . . . .	66
4.1.3 Pondasi Telapak Empat Persegi Panjang . . . . .	68
4.2 Pondasi Dalam . . . . .	69
DAFTAR PUSTAKA . . . . .	73

## BAB I

### PENDAHULUAN

Berbicara mengenai konstruksi bangunan, baik berupa bangunan gedung maupun bangunan air, maka secara berurutan kita akan sampai kepada masalah konstruksi pondasi. Pondasi dari suatu bangunan berfungsi sebagai telapak untuk dapat memikul berat dari seluruh konstruksi bangunan yang berada di atasnya. Pondasi sering juga disebut dengan istilah fondamen, sesuai dengan namanya karena memang ia bersifat fundamental. Soedibyo (1980:1) menegaskan bahwa salah satu dari tiga elemen pokok pada bangunan adalah konstruksi pondasi.

Konstruksi pondasi terletak di atas sebidang tanah dimana tanah tersebut harus sanggup menahan atau memikul berat dari seluruh konstruksi bangunan, termasuk segala kelengkapan yang dimiliki oleh bangunan tersebut seperti perabot, manusia, kendaraan dan lain sebagainya.

Merencanakan suatu konstruksi bangunan, pertama kali jelas kita akan bertolak dari tujuan bangunan tersebut didirikan. Apakah ia berupa bangunan gedung tempat tinggal, perkantoran, pabrik atau lain sebagainya. Dari sini sudah dapat dirancang komponen-komponen yang dibutuhkan serta dengan segala kelengkapannya. Setelah didapat bentuk serta ukuran konstruksi dengan segala komponennya, maka dapat dihitung bobot atau berat total dari seluruh konstruksi tersebut secara Mekanika dan Matematika.

Berdasarkan kepada bobot konstruksi bangunan tersebut maka dirancumlah konstruksi pondasi yang sesuai dan serasi dengan struktur bangunan yang ada di atasnya. Baik mengenai bahanya maupun dari segi bentuknya dan terutama sekali dari segi kekuatannya. Karena pondasi tidak ubahnya bagaikan telapak kaki bagi manusia untuk dapat

menyangga seluruh berat badanya dengan stabil dan harmonis.

Selanjutnya seperti yang telah diketahui bahwa pondasi itu sendiri terletak di atas permukaan tanah. Maka satu hal yang mutlak perlu dibicarakan terlebih dahulu sebelum kita merencanakan konstruksi pondasi adalah, meneliti secara lengkap kondisi tanah tempat mendirikan bangunan tersebut.

Tanah tidak sama dengan beton dan baja, sebab tanah tidak mempunyai sifat-sifat yang khas, Marmai (1978:1). Oleh sebab itu dimana tanah akan dijadikan sebagai wadah berdirinya konstruksi pondasi, maka tanah itulah yang harus diteliti dengan sebaik-baiknya, hingga diketahui keadaan yang sebenarnya. Karena hal ini erat kaitannya untuk pemilihan jenis dan bentuk konstruksi pondasi.

Sekarang semakin jelas bahwa untuk merancang suatu konstruksi pondasi dari sebuah bangunan, akan ditentukan oleh dua faktor, pertama bentuk dan besarnya beban bangunan yang akan dipikul, kedua kondisi tanah yang akan memikul keseluruhan beban tersebut. Dengan kata lain bentuk dan kekuatan pondasi dapat dirancang agar sesuai dengan kebutuhan, sedangkan kondisi tanah dan konstruksi bangunan hampir tidak dapat dirubah.

Dengan demikian konstruksi pondasi harus dapat dirancang dalam berbagai bentuk dan kedalaman, serta dapat dibuat dari berbagai jenis bahan bangunan seperti kayu, batu kali, batu bata dan beton bertulang, baja dan sebagainya. Adakalanya pondasi dapat dibuat dangkal saja, tetapi pada kondisi lain pondasi harus dibuat dari bahan yang sangat kuat serta dengan kedalaman yang cukup jauh dari permukaan tanah, hingga mencapai puluhan meter.

Buku ini bertujuan sebagai pengantar untuk memahami secara lebih mendalam tentang masalah tanah yang berkaitan dengan perencanaan konstruksi pondasi.

Pada bab kedua akan diuraikan berbagai macam kegiatan di lapangan sehubungan dengan penyelidikan tanah. Mulai dari perencanaan pemboran, hal-hal yang dibutuhkan atau data data yang ingin diperoleh dalam pemboran sebagai rekomendasi dalam perencanaan pondasi. Seterusnya diuraikan juga beberapa macam teknik pemboran, mulai dari alat yang sederhana sampai peralatan moderen. Beberapa macam alat penetrometer yang sering dipakai di Indonesia.

Berikutnya menguraikan beberapa macam kegiatan laboratorium tanah yang berkaitan erat dengan perencanaan konstruksi pondasi. Seperti mengenal sifat-sifat tanah, konsistensi tanah, Tekstur tanah, kekuatan geser tanah serta cara menghitung konsolidasi dan penurunan tanah.

Pada bab ketiga adalah merupaka upaya untuk memperbaiki stabilitas tanah yang kurang memenuhi syarat, sebagai wadah konstruksi pondasi. Hal ini adalah merupakan suatu alternatif selain dari merancang konstruksi pondasi yang sesuai dengan kondisi tanah alami.

Terakhir pada bab keempat adalah merupakan perencanaan konstruksi pondasi dangkal dan dalam sesuai menurut keadaan tanah yang ada secara alami. Perencanaan pondasi disini di titik beratkan pada masalah keterkaitan antara kondisi tanah dengan beban bangunan. Sedangkan masalah konstruksi pondasi itu sendiri, misalnya masalah kekuatan beton dan tulangnya Insyak Allah akan disajikan dalam buku berikutnya khusus mengenai perencanaan pondasi.



## BAB II

### TANAH SEBAGAI WADAH KONSTRUKSI PONDASI

#### 2.1 Penyelidikan Kondisi Tanah di Lapangan

Sesuai dengan tingkat ketelitian yang diharapkan dari hasil penyelidikan, maka teknik penyelidikanpun telah dirancang dalam berbagai metoda serta tingkat ketelitian yang berbeda.

Salah satu contoh yang paling sederhana dalam menentukan kemampuan daya dukung tanah, cukup hanya dengan cara memberi pembebanan pada titik tertentu, tanpa membawa contoh tanah tersebut ke laboratorium. Sebaliknya untuk taraf penyelidikan yang lebih teliti adakalanya tanah harus dibor sedemikian dalam dan semua jenis tanah yang ditemui dalam pemboran harus diselidiki di laboratorium sedemikian teliti. Semuanya itu tergantung kepada sifat dan jenis konstruksi yang akan didirikan.

Sebelum membahas cara-cara penyelidikan di lapangan terlebih dahulu dikemukakan tentang persiapan pemboran.

##### 2.1.1 Perencanaan Pemboran

Sebelum melakukan pemboran pada suatu lokasi, hal-hal yang perlu diperhatikan serta menjadi bahan pertimbangan dalam teknis pemboran antara lain adalah kegunaan dari lokasi tersebut, kalau yang akan didirikan merupakan sebuah bangunan, maka diperinci lagi apa jenis bangunan tersebut, seperti perkantoran, pertokoan, pabrik, menara dan sebagainya. Dari sini akan dapat dihitung berat/bobot dari bangunan tersebut berikut dengan muatan yang ada di dalamnya. Kemudian dihitung pula apakah beban tersebut tersalur secara merata pada seluruh telapak bangunan atau pondasi. Atau mungkin juga hanya pada beberapa titik saja yang lebih berat. Selain dari itu juga harus diketahui apakah bangunan tersebut akan menimbulkan getaran pada ta-

nah nantinya atau tidak, seperti halnya bangunan sebuah pabrik.

Setelah diketahui data-data dan kemungkinan-kemungkinan yang akan timbul, maka kita akan dapat menentukan aspek-aspek atau informasi apa saja yang diperlukan (dicari) dalam melakukan penyelidikan. Misalnya antara lain sifat-sifat fisis tanah, daya dukung tanah, tahanan geser, ukuran butir dan mungkin juga perlu diketahui sifat aliran air di dalam tanah tersebut.

Untuk bangunan gedung umumnya pemboran/penyelidikan dilakukan pada titik-titik yang dianggap dapat memberikan informasi sebanyak mungkin dan diusahakan agar jumlah titik pemboran sesedikit mungkin.

Tahap pertama dicoba dulu dua atau tiga lobang saja setelah dipelajari dan diperoleh informasi dari pemboran tahap pertama ini, maka seorang ahli pemboran akan mengambil suatu kesimpulan yaitu, informasi yang diperlukan sudah mencukupi dari tiga titik saja atau konsultan pemboran memutuskan bahwa lobang pemboran harus ditambah. Mungkin saja akan mencapai jumlah sepuluh, lima belas atau dua puluh buah lobang. Hal ini sangat tergantung sekali kepada keadaan tanah serta kesimpulan seorang ahli pemboran (konsultan). Sebagaimana dikatakan oleh Bowles (1986:187) bahwa penentuan lokasi atau titik pemboran tergantung kepada keadaan lapangan. Kemudian ia juga mengatakan bahwa jenis konstruksi sering menentukan jumlah dan dalam pemboran.

Begitupun tentang perbedaan kedalaman dari masing-masing titik pemboran sangatlah bervariasi, misalnya untuk konstruksi suatu bangunan gedung sekurang kurangnya hanya diperlukan satu titik pemboran yang sangat dalam (hingga mencapai batuan dasar) agar dapat memberikan informasi tentang jenis pondasi yang sesuai untuk keadaan tersebut. Sedangkan titik yang lainnya cukup sekedar untuk memperoleh data tentang apa yang akan terjadi pada

tanah tersebut akibat dari berat bangunan yang akan didirikan di atasnya.

Satu hal yang perlu diperhatikan adalah tiada selayaknya menghentikan kedalaman pemboran pada saat ujung mata bor berada pada lapisan lunak atau saat berada pada lapisan yang banyak mengandung bahan organis. Hal ini disebabkan karena keadaan tanah yang demikian tidak stabil atau mudah berubah, seperti mudah mengalami penurunan dan sebagainya. Hingga informasi yang didapat akan membahayakan terhadap konstruksi pondasi yang dirancang.

Kesimpulannya ialah jumlah titik pemboran belum dapat ditentukan sebelum dilakukan pemboran pendahuluan untuk beberapa titik. Karena semuanya itu saling tergantung kepada jenis tanah, jenis konstruksi yang akan dibuat dan kesimpulan konsultan.

### 2.1.2 Rekomendasi Konsultan

Seorang konsultan penyelidikan tanah (Sarjana Geoteknik) diharapkan dapat memperoleh informasi secukup mungkin agar memberikan kepercayaan pada dirinya bahwa kondisi tanah betul-betul sudah diidentifikasi. Akhirnya ia sendiri dapat pula memberikan rekomendasi kepada pemesan dengan tingkat resiko yang sewajarnya.

Rekomendasi yang diberikan oleh konsultan selain dari daya dukung tanah, tingkat kohesi tanah, susunan butir dan keadaan muka air tanah (ground water table). Bahkan sering juga dilengkapi dengan spesifikasi pekerjaan tanah yang sesuai dengan kondisi tanah tersebut. Namun demikian Marmai (1978:1) mengatakan bahwa sifat-sifat tanah yang penting untuk satu proyek pada dasarnya tergantung dari sifat proyek tersebut.

Secara administratif konsultan juga harus melampirkan catatan-catatan asli pemboran selama berada di lapangan begitupun catatan kantor yang merupakan catatan lapangan

itu sendiri yang sudah diperbaiki dan disempurnakan dengan catatan hasil penyelidikan laboratorium.

### 2.1.3 Teknik Pemboran

Beberapa metoda yang sering dipakai saat ini adalah sebagai uraian di bawah ini.

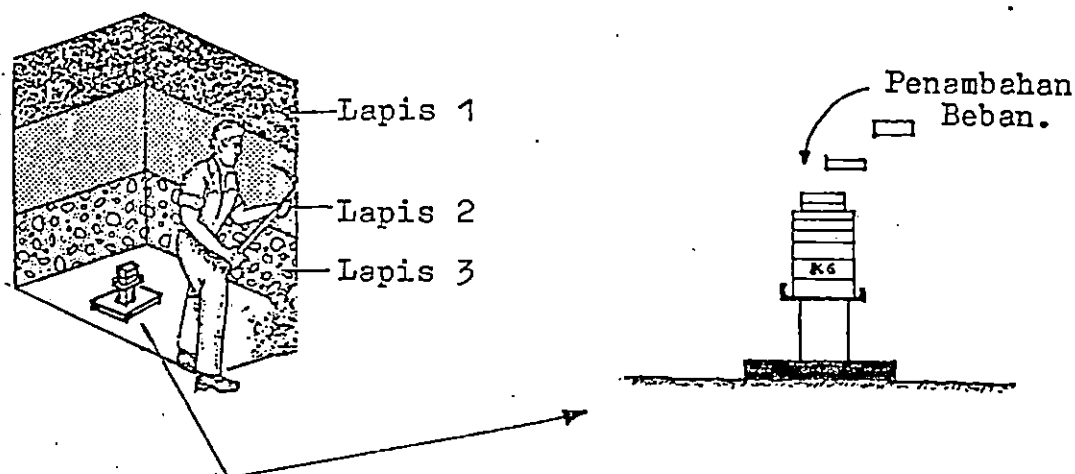
#### 2.1.3.1 Sumur Percobaan (Test Pit)

Setelah titik-titik tempat akan dilakukan pemboran pada suatu lokasi ditetapkan, maka pada titik tersebut dibuat sebuah lobang (sumur). Lobang ini digali dengan menggunakan mesin gali (Backhou) dan sangat jarang penggalian yang dilakukan dengan tangan.

Dari penggalian sumur percobaan ini ada tiga unsur yang diperoleh. Pertama ketebalan lapis demi lapis dari tekstur tanah yang berbeda, ini dapat diukur langsung dengan menggunakan meter. Wesley (1977:29) mengatakan bahwa tujuan utama dari pembuatan lobang bor dan penggalian sumur percobaan ini adalah untuk mengetahui apa saja jenis tanah yang ada, dan berapa tebal dari bermacam lapisan tanah yang dijumpai tersebut. Pada sumur percobaan ini juga diambil tanah sebagai sampel untuk diuji secara teliti di laboratorium.

Kedua dapat juga dilakukan percobaan pembebanan langsung dengan cara membuat simulasi pondasi, yaitu dengan sistem pembebanan berangsur-angsur di atas tanah. Percobaan ini biasa dilakukan dengan menggunakan plat besi datar (Plate Bearing Test). Kapasitas beban maksimum dari percobaan pembebanan adalah merupakan daya dukung maksimum dari tanah yang diuji tersebut, (lihat gambar 1).

Dari hasil percobaan secara langsung ini dapat dibuatkan sebuah catatan yang lazim disebut dengan "Bor Log".



Gambar 1a Sumur Percobaan. Gambar 1b Percobaan Pembebanan Langsung.

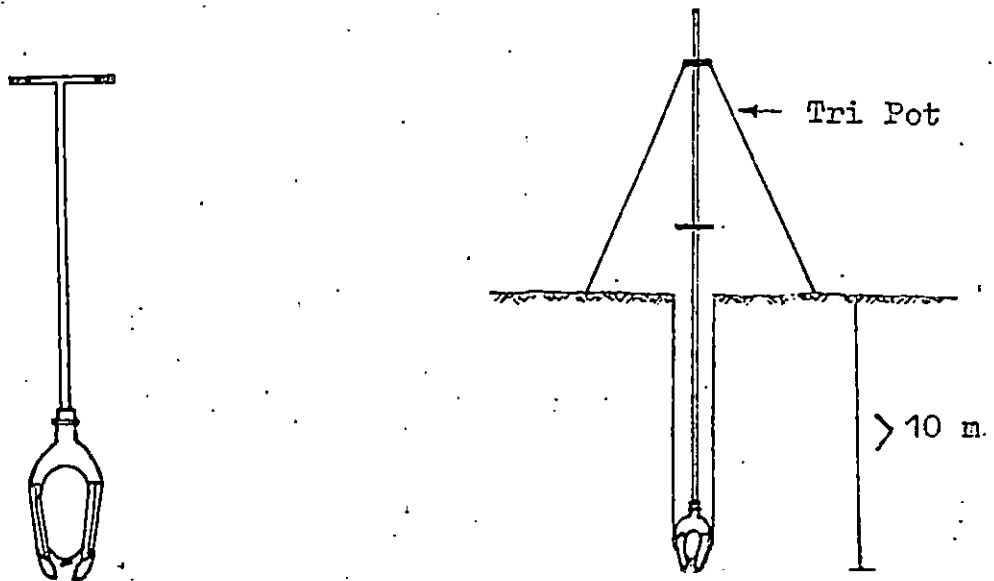
### 2.1.3.2 Pemboran (Borring)

Untuk mengatasi sulitnya penggalian yang dilakukan dalam pembuatan sumur percobaan, maka dirancang alat bor yang memang lebih praktis dibandingkan dengan membuat sumur percobaan. Bor ini terdiri dari dua jenis, yaitu bor tangan dan bor putar (Auger Bor).

#### 2.1.3.2.1 Bor Putar

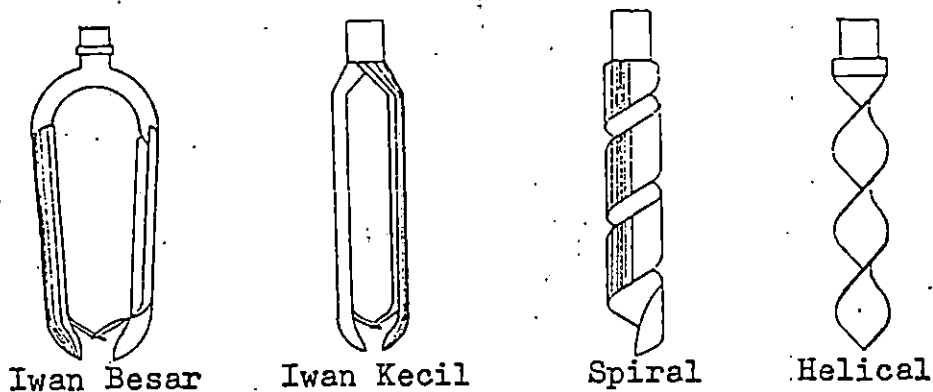
Sesuai dengan namanya bor ini memang langsung diputar dengan tangan melalui sebuah stang yang mempunyai tangkai (Handle), kemudian bor tangan juga dilengkapi dengan sebuah tripot untuk kedalaman yang mencapai lima belas meter lebih. Tanpa menggunakan tripot kedalaman hanya dapat dicapai delapan sampai sepuluh meter (lihat gambar 2).

Bor tangan hanya dapat digunakan pada tanah yang berstruktur lunak seperti lempung. Seperti dikatakan Wesley (1977:22) adalah tidak mungkin untuk melakukan pemboran dengan tangan dalam batuan lunak. Apalagi pada jenis kerikil atau kerakal.



Gambar 2 Bor Tangan / Bor Tangan dengan Tripot.

Mata bor yang digunakan ada beberapa jenis yang dapat disesuaikan dengan jenis tanah. Pada tanah yang sangat lunak dan berair dapat dipakai mata bor yang dilengkapi dengan pelindung (Casing) agar tanah yang dibor dapat dibawa ke atas dengan baik, sedangkan pada jenis tanah lunak biasa (sedang) tidak diperlukan alat pelindung tersebut.

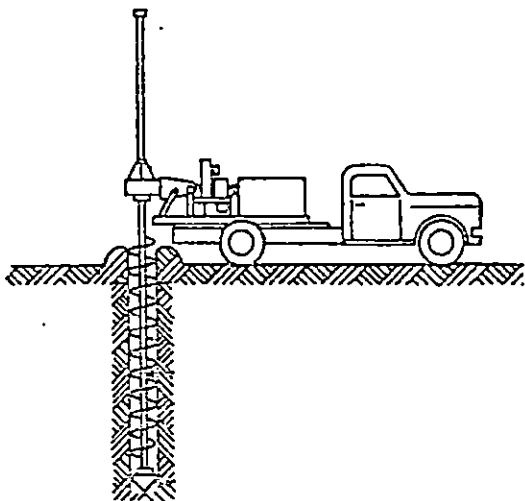


Gambar 3 Jenis Mata Bor Tangan

#### 2.1.3.2.2 Bor Putar Dengan Mesin (Auger)

Bor putar lebih praktis bila dibandingkan dengan bor tangan. Sistem kerja bor putar sama saja bor tangan, artinya mata bor ditekan sambil berputar hingga dapat menembus tanah sampai pada kedalaman yang diinginkan.

Pemutaran dan penekanan dapat dibantu dengan peralatan mekanik yang memang telah dirancang lengkap serta ditempatkan di atas sebuah truk yang khusus digunakan untuk pengeboran, sehingga memudahkan dalam transportasi.



Gambar 4 Bor Putar

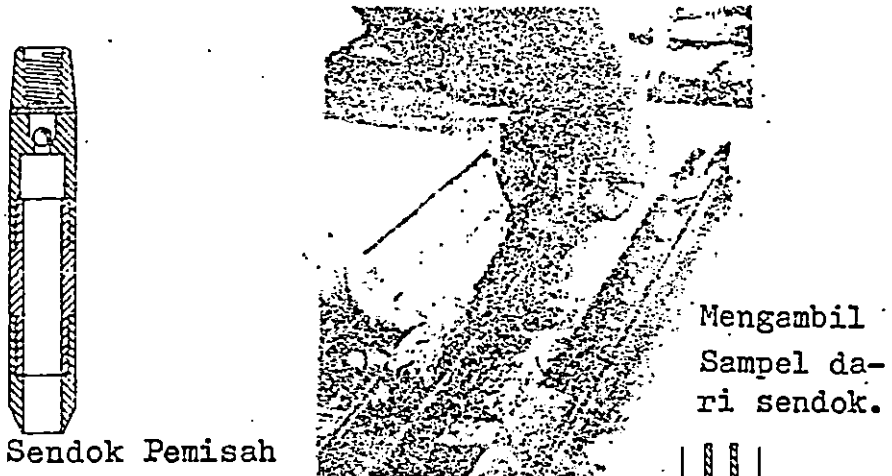
Mata bor biasanya mempunyai diameter antara 100 - 150 mm. Model dari mata bor ini ada dua macam yaitu batang padat dan batang kosong atau berongga. Apabila menggunakan batang padat tanah sisa pemboran dapat diambil di sekitar lobang pemboran. Sedangkan bila memakai mata bor berongga maka tanah bekas pemboran dapat terangkat ke atas secara teratur menurut kedalaman pemboran melalui rongga mata bor tersebut

Sistim pengambilan tanah dapat dilakukan dengan menggunakan sendok pemisah, hingga hasilnya lebih dapat dipercaya dibandingkan dengan pengambilan pada mata bor padat.

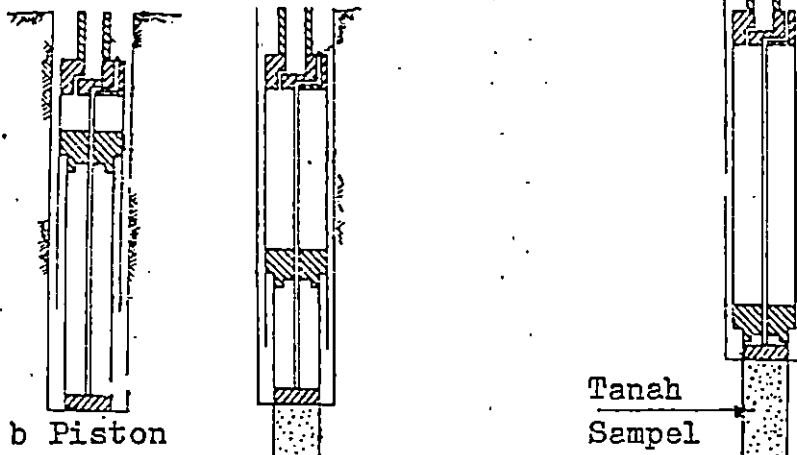
Apabila pemboran dilakukan terlalu dalam maka mata bor dapat disambung dengan menggunakan alat penyambung dengan panjang sekitar satu setengah meter. Begitupun bila menemui lapisan tanah yang cukup keras (lapisan batu) maka mata bor dapat diganti dengan yang lebih keras, khusus untuk lapisan batuan.

Sehubungan dengan tanah sampel yang akan dibawa ke laboratorium guna untuk penyelidikan lebih lanjut tentu diharapkan akan memperoleh sampel yang betul-betul representatif. Namun bagaimanapun telitinya kita melakukan pengambilan contoh sangatlah sulit untuk mendapatkan sampel yang betul-betul tidak terganggu, hanya saja yang dapat diusahakan adalah memperendah taraf gangguan tersebut.

Seperti halnya diciptakan sistim pengambilan sampel dari mata bor dengan menggunakan sendok pemisah. Kemudian ada lagi dengan menggunakan sebuah piston (lihat gambar 5a,b)



Gambar 5 a Sendok Pemisah



Gambar 5 b Piston

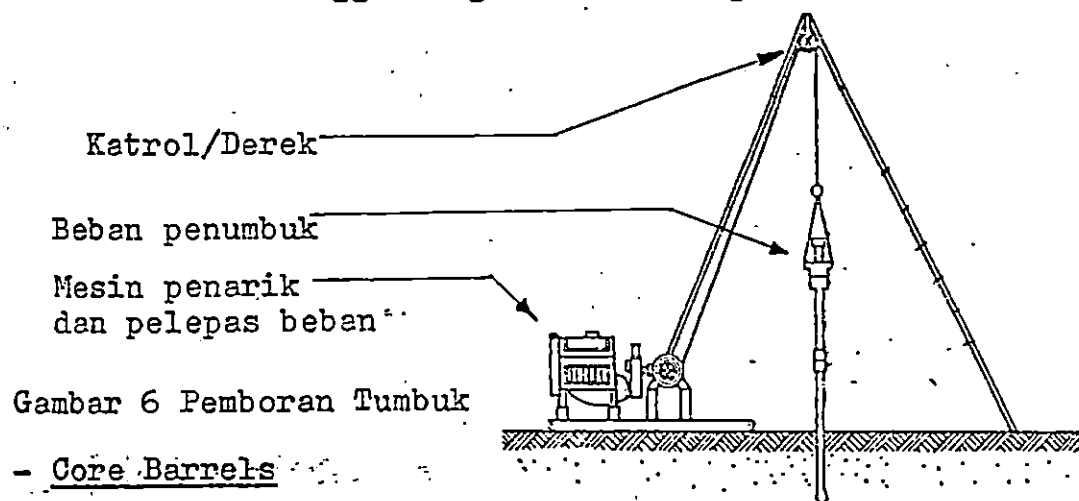
Prinsip kerja dari piston ini adalah dengan menekan atau membenamkan sebuah tabung pengambil contoh yang diujungnya dipasang sebuah sepatu pemotong dan tabung penyimpan tanah. Penekanan dilakukan dengan sistim piston air (air yang dipres). Setelah sepatu pemotong dan tabung penyimpan tanah sampel terbenam kedalam tanah, berarti tanah sampel sudah masuk menempati tabung. Tugas selanjutnya adalah mengangkat tabung tersebut ke permukaan serta mengeluarkan tanah sampel untuk dibawa ke laboratorium.



Khusus mengenai bor putar ini ada beberapa macam jenis. Dalam pemakaiannya selalu disesuaikan dengan keadaan tanah yang ada di lapangan, antara lain adalah sebagai berikut:

- Pemboran Tumbuk (Percussion Drilling)

Jenis auger ini digunakan pada tanah pasir dan kerikil. Sistem kerjanya adalah dengan cara memberikan penekanan atau tumbukan pada pangkal mata bor. Beban penekan diangkat dan dijatuhkan dengan menggunakan derek secara mekanik dan disangga dengan sebuah tripot (lihat Gbr 6).



Gambar 6 Pemboran Tumbuk

- Core Barrels

Auger ini digunakan untuk jenis tanah keras atau batuan. Mata bor bekerja seperti pahat-pahat kecil yang dibuat dari intan (lihat gambar 7). Alat ini dapat menghasilkan inti tanah keras (batuan) dan sekaligus dapat membawa inti batuan yang hancur atau pasir.

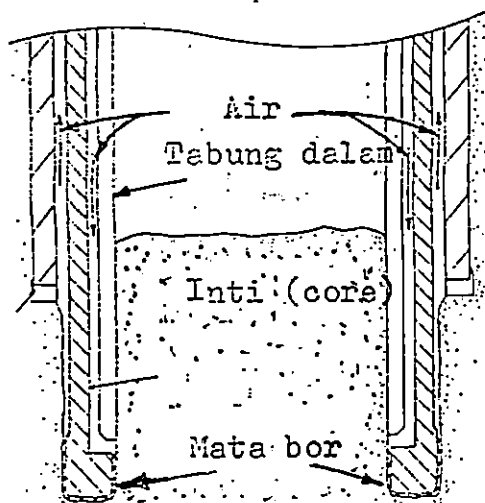
Waktu pengeboran mata bor harus selalu dialiri dengan air guna untuk pendinginan. Air akan kembali ke atas dengan membawa potongan-potongan tanah yang lepas.

- Bor Injeksi (Wash Borring)

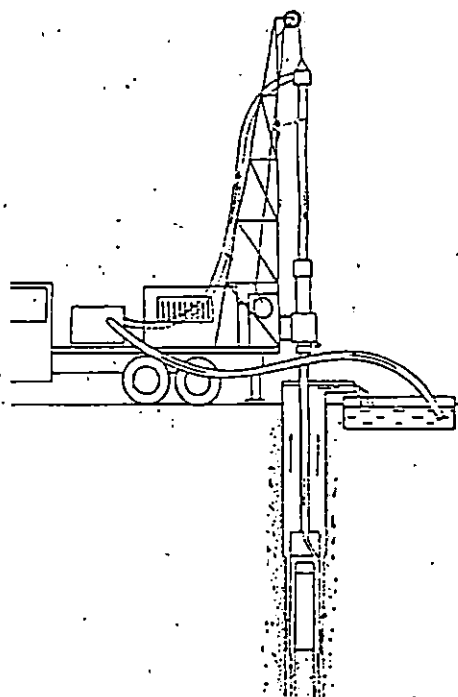
Bor injeksi air, membutuhkan peralatan yang cukup banyak, yaitu alat pengangkat, pemutar serta penginjeksian air dan bak penampung. Cara kerja alat ini adalah, mata bor berfungsi untuk membuat lobang secara vertikal, sete-

lah mata bor mulai tertanam ke dalam tanah, air diinjeksikan dengan kuat oleh pipa yang sampai ke ujung mata bor kemudian melalui pipa selubung, partikel tanah yang telah dihancurkan oleh mata bor akan dibawa ke atas (ke permukaan tanah) bersama-sama dengan air, serta ditampung di dalam sebuah bak yang sudah disediakan (lihat gambar 8).

Partikel-partikel tanah dalam bak yang bercampur air ini akan mengendap dan berkelompok dalam berbagai ukuran. Sebahagian besar tanah yang ada dalam bak ini dapat diambil data-datanya secara visual sedangkan bagian yang rusak atau sangat terganggu oleh proses pekerjaan dapat dibawa ke laboratorium untuk penyelidikan selanjutnya. Namun ditegaskan bahwa tidaklah mungkin untuk memperoleh data-data yang betul-betul representatif dengan cara wash boring ini. Sebagaimana ditegaskan oleh Wesley (1977:24) Wash boring tidak dianjurkan untuk dilakukan bila kita membutuhkan catatan-catatan yang tepat mengenai bahan-bahan yang dibor tersebut.



Gambar 7 Core Barrels



Gambar 8 Bor Injeksi

#### 2.1.4 Penetrasi

Selain dari melakukan pemboran untuk mengetahui keadaan lapisan-lapisan tanah serta mengambil sampel untuk mengetahui secara laboratorium spesifikasi dari tanah tersebut. Kemudian pada lokasi penyelidikan atau lobang bekas pemboran juga dapat dilakukan suatu kegiatan yang disebut dengan penetrasi. Tujuan dari penetrasi adalah untuk mengetahui daya dukung serta daya lekat tanah secara langsung pada kedalaman-kedalaman tertentu.

Alat penetrasi ini disebut Penetrometer dan dapat di kelompokkan atas dua jenis, yaitu yang bersifat statis dan yang bersifat dinamis.

##### 2.1.4.1 Penetro Meter Statis

Suatu alat yang berbentuk seperti kerucut dengan sudut kemiringan enam puluh derajat, dikenal dengan istilah CPT = Cone Penetrasi Test. CPT yang termasuk mutakhir digerakan secara mekanis serta dilengkapi dengan pencatatan secara eletronis.

Kerucut ditekan ke dalam tanah dengan kecepatan 15 - 20 mm/detik, maka gaya perlawanan dari tanah dapat diukur dan setelah dikalibrasi akan dapat diperoleh daya dukung tanah atau lebih dikenal dengan Sigma Tanah ( $q_u$ ), dengan satuan  $\text{Kg}/\text{Cm}^2$  atau  $\text{N}/\text{cm}^2$ .

Penetrometer Statis yang sering digunakan di Indonesia sampai saat ini adalah "Dutch Deep Sounding Aparatus" dari Belanda dan lazim disebut dengan istilah "Sondir".

Ujung sondir dilengkapi dengan dua macam alat yaitu SPT = Standar Penetrasi Test, disebut juga dengan mantel konis. Gunanya untuk mengetahui besarnya daya dukung tanah yang diizinkan, yang diperoleh dengan mengukur daya perlawanan terhadap ujung konis. Kemudian sebuah alat dinamai Friction Sleeve atau disebut juga Adhesion Jacket Type, disebut juga dengan istilah Bikonis.

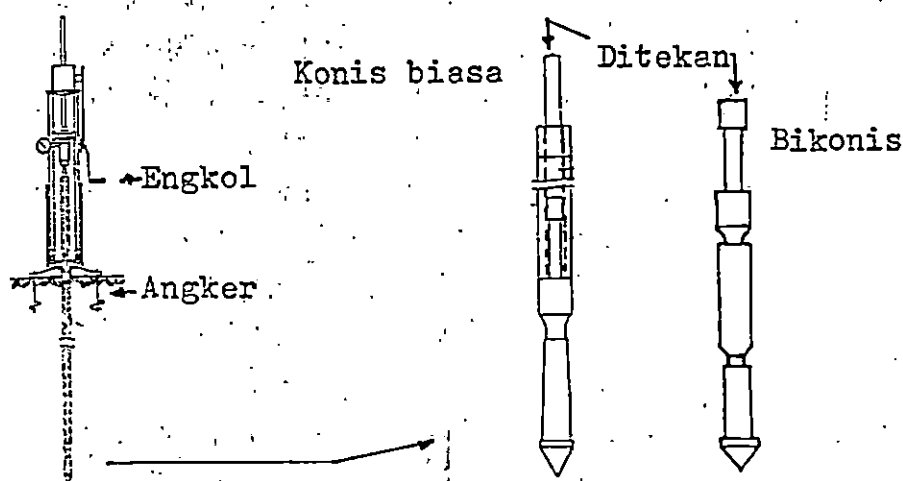
Bikonis berfungsi sebagai pengukur gaya geser atau gaya lekat (adhesi) dengan cara menghitung hambatan pelek terhadap bikonis.

Sebagai catatan bahwa Sondir dapat dipakai tanpa menggunakan bekas lobang bor, terutama pada tanah yang lunak sondir dapat mencapai kedalaman 300 Cm. Untuk kedalaman yang lebih dari itu tentu dibutuhkan pemboran terlebih dulu atau dengan memanfaatkan lobang bekas pemboran, ataupun dilakukan secara bersamaan, pada kedalaman-kedalaman tertentu.

Alat penekan (pembebanan) sondir juga dibedakan menurut kekerasan tanah.  $150 \text{ Kg/Cm}^2$  untuk ukuran menengah dan  $400 \text{ Kg/Cm}^2$  untuk ukuran berat. Penekanan sondir dilakukan dengan cara memberi pembebanan pada bagian atas kemudian dilakukan pemutaran pada handle yang telah disediakan hingga beban turun dan menekan pada sondir.

Untuk kokohnya alat ini berdiri maka sondir dilengkapi dengan beberapa buah angker ke dalam tanah, lihat gbr 9.

Pembacaan nilai sondir dilakukan setiap kedalaman dua puluh senti meter. Hasil akhir dari percobaan sondir dapat disajikan dalam bentuk grafik, yang dapat memberikan gambaran tentang jenis tanah tiap lapis, daya dukung serta daya lekat tanah.



Gambar 9 Penetrometer Statis (Sondir)

### 2.1.4.2. Penetrometer Dinamis

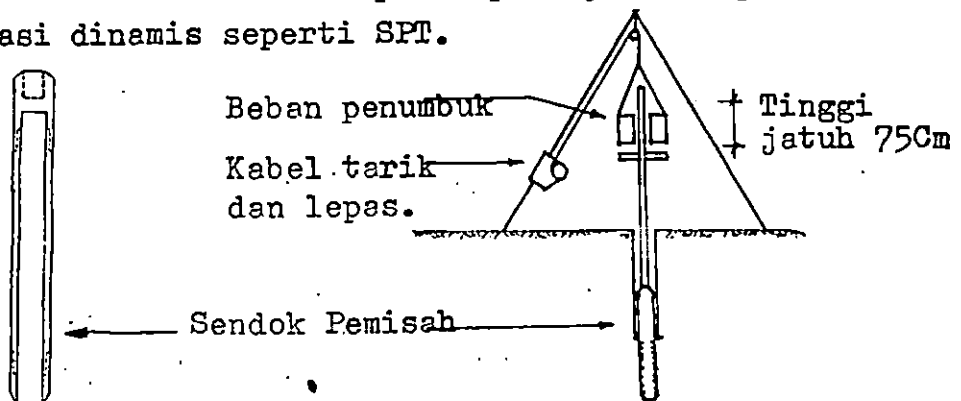
Sistim percobaan ini berasal dari Amerika Serikat dan sering dikenal dengan istilah SPT = Standar Penetrasi Tes, pada akhir-akhir ini SPT merupakan alat yang paling banyak dipergunakan di dunia, (lihat gambar 10).

Suatu alat yang dimiliki SPT disebut Split Spoon Sampler atau dengan kata lain disebut sendok pemisah. Sendok ini dimasukan ke dalam tanah samapai pada dasar lobang bor kemudian dengan menggunakan sebuah beban penumbuk seberat 63 Kg, pada ketinggian jatuh 75 Cm.

Pada kedalaman 15 Cm pertama berguna untuk meletakkan sepatu pancang. Kemudian jumlah tumbukan dihitung untuk dapat memasukan atau membenamkan sendok pemisah hingga kedalaman 30 Cm berikutnya, jumlah pukulan ini disebut N. Kemudian sendok dikeluarkan dan tanah yang berada di dalam sendok dapat pula diambil untuk pengujian laboratorium.

Akhirnya nilai N yang diperoleh itu dapat dikorelasikan dengan sebuah tabel yang bernama tabel korelasi SPT, hingga didapatlah angka yang menunjukkan daya dukung tanah tersebut.

Angka daya dukung tanah yang diperoleh melalui korelasi SPT hanyalah berupa perkiraan kasar, bukan suatu perhitungan yang teliti. Dalam hal ini Sondir lebih mendekati kepastian dari pada Penetro Dinamis, sehingga dapat ditegaskan/diyakini bahwa umumnya hasil percobaan penetrasi statis seperti sondir lebih dapat dipercaya dari pada hasil penetrasi dinamis seperti SPT.



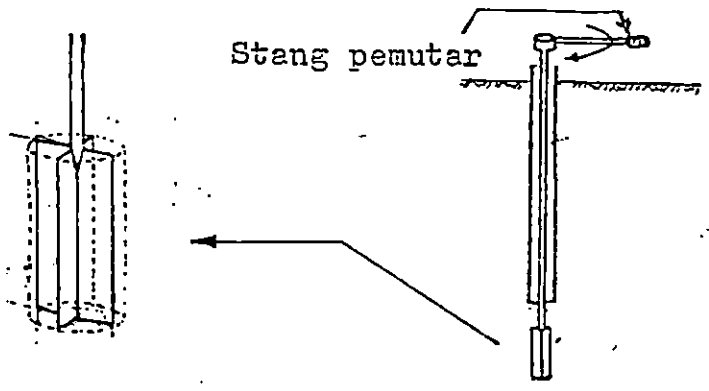
Gambar 10 Standar Penetrasi Tes.

PERPUSTAKAAN IKIP PADANG  
KOLEKSI BIDANG ILMU  
TIDAK DIPINJAMKAN  
KHUSUS DIPAKAI DALAM PERPUSTAKAAN

2.1.5 Vene Test

Vene test adalah semacam alat untuk percobaan kekuatan geser pada tanah, namun jenis tanah yang dapat diuji dengan alat ini hanyalah tanah lunak yang bersifat lempung. Perhitungan dilakukan dengan cara mengukur momen torsi yang bekerja pada tanah.

Peralatan ini berbentuk sebuah kipas yang bertangkai panjang, pada tangkai terdapat sebuah stang yang bisa diputar. Kipas atau vene ditekan ke dalam tanah pada dasar lobang bor, kemudian stang diputar hingga terjadi momen torsi pada vene dengan tanah (lihat gambar 11).



Gambar 11 Vene Test

Momen torsi dapat dihitung dengan menggunakan rumus di bawah ini:

$$T = \frac{Su \cdot n \cdot D^2 \cdot L}{2} \left( 1 + \frac{D}{3L} \right)$$

Wesley (1977:41)

- T = Momen torsi
- Su = Gaya geser
- D = Diameter Vene
- L = Tinggi Vene

MILIK UPT PERPUSTAKAAN  
IKIP PADANG

atau dengan rumus

$$C = \frac{T}{(d^2 \cdot h/2) + (d^3/b)} \quad \text{Liu (1981:48)}$$

- C = Gaya geser
- h = Tinggi vene
- d = Diameter
- T = Momen torsi

## 2.2 Penyelidikan Tanah Sampel Di Laboratorium

Merupakan tindak lanjutan dari penyelidikan kondisi tanah di lapangan yaitu penyelidikan laboratorium. Dari hasil pengeboran di lapangan kita dapat membawa sebahagian kecil tanah sebagai sampel.

Beberapa macam penyelidikan dapat dilakukan di laboratorium, antara lain konsistensi tanah, tekstur tanah, kekuatan geser tanah, sudut geser dalam, berat sendiri daya dukung tanah serta besarnya penurunan yang akan terjadi bila tanah tersebut dibebani oleh pondasi. Semuanya itu berkaitan erat dengan perencanaan konstruksi pondasi, dengan kata lain tanpa memahami seluk-beluk masalah tanah tersebut kita tidak akan dapat membicarakan perencanaan konstruksi pondasi secara tuntas. Dengan alasan ini pulalah maka masalah tanah yang berkaitan erat dengan perencanaan pondasi dibahas terlebih dahulu.

### 2.2.1 Sifat Sifat Tanah

Sifat tanah dapat dibedakan atas dua macam, yaitu tanah kohesif dan tidak kohesif. Dalam kuliah Fisika sering kita jumpai istilah Kohesi dan Adhesi. Kohesi dapat didefinisikan bahwa adanya suatu kekuatan tarik-menarik pada sebuah benda, hingga membuat benda tersebut jadi menyatu (bersatu). Sedangkan adhesi adalah kekuatan tarik-menarik antara dua benda yang tidak sejenis, hingga kedua benda tersebut menjadi lengket.

Tanah juga mempunyai sifat kohesi, yang lazim disebut dengan kata tanah kohesif. (tanah memiliki sifat kohesi). Ada pula tanah yang tidak memiliki sifat kohesi tersebut dan lazim disebut dengan istilah tanah tidak kohesif (tanah tidak memiliki sifat kohesi).

Ciri-ciri dari tanah kohesif adalah, apabila tanah tersebut dikeringkan (bermula dari keadaan basah), maka butir-butir tanah tersebut akan bersatu sesamanya dengan kuat, hingga bila kita ingin untuk memisahkan butir-butir

itu kembali atau memecahkan bungkal tersebut dalam keadaan kering maka kita memerlukan suatu tenaga.

Contoh secara umum yang sering ditemui sehari-hari adalah tanah liat (Clay) yang sering diolah menjadi benda hiasan atau keperluan rumah tangga. Proses pembuatan benda ini adalah pada saat kondisi tanah basah (lunak), setelah selesai pembentukan maka benda tersebut dikeringkan. Meskipun belum dilakukan pembakaran namun benda tersebut sudah mengeras. Tanah seperti inilah yang disebut dengan tanah kohesif.

Suatu definisi yang diambil oleh Bowles (1986:162) bahwa tanah kohesif adalah merupakan kumpulan dari 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 itu.

Sebaliknya tanah tidak kohesif, butir-butirnya tidak dapat bersatu apabila telah dikeringkan (mulai dari keadaan basah). Butir-butirnya akan terlepas satu sama lain setelah mengering. Butir-butir tersebut hanya dapat bersatu dalam keadaan basah saja, bersatunya butir-butir tersebut dalam keadaan basah bukanlah disebabkan adanya sifat kohesi, melainkan karena adanya tegangan permukaan air. Atau disebut juga gaya tarik permukaan di dalam air. Tarikan permukaan air tersebut akan memberikan kesan suatu kohesi semu pada tanah yang tidak kohesif. Kohesi semu tersebut akan hilang bila keadaan tanah sudah betul-betul kering, ataupun bila tanah dalam keadaan betul-betul jenuh air.

Sebagai contoh tanah yang tidak kohesif ini adalah jenis pasir. Apabila kita membuat suatu galian dengan sisi vertikal pada tanah pasir yang lembab, maka sisi-sisi galian vertikal ini akan dapat bertahan untuk tidak runtuh. Apabila air bertambah hingga keadaan menjadi jenuh, atau sebaliknya air berkurang hingga menjadi



kering, maka pinggiran galian akan runtuh. Dengan kata lain kohesi semu sudah hilang. Wesley (1977:15) Golongan batu kerikil dan pasir seringkali dikenal sebagai kelas bahan-bahan yang berbutir kasar atau bahan-bahan tidak kehesif, sedangkan golongan lanau dan lempung dikenal sebagai kelas bahan-bahan yang berbutir halus atau bahan-bahan kehesif.

Kedaan tanah kehesif dan tidak kehesif ini sangat menentukan dalam perencanaan pondasi, serta erat kaitannya dengan tahanan geser yang terjadi di dalam tanah antara tanah dengan konstruksi pondasi. Dikatakan demikian adalah karena faktor kohesi atau daya lengket antara butir-butir tanah sejenis akan mempengaruhi daya dukung tanah dan seterusnya tentu akan mempengaruhi pula pada perencanaan konstruksi pondasi. Pengaruh tersebut akan dapat kita ketahui pada bagian belakang atau pada bab perencanaan pondasi.

### 2.2.2 Konsistensi Tanah

Air dan tanah sering berada pada tempat yang sama, sering disebut air mengandung lumpur (air mengandung tanah) apabila air lebih dominan jumlahnya dari pada tanah. Sebaliknya apabila tanah yang lebih dominan maka disebut tanah mengandung air. Marmai (1978:1) menegaskan bahwa tanah tidak sama dengan beton dan baja, sebab tanah tidak memiliki sifat-sifat yang khas. Tanah terdiri dari bagian padat (solid) dan pori-pori (void). Bagian padat terdiri dari partikel-partikel padat sedangkan bagian pori-pori terdiri dari air dan udara.

Permasalahan yang kedua yakni tanah mengandung air adalah merupakan masalah yang berpengaruh terhadap kekerasan tanah, yang berarti juga mempengaruhi kemampuan dukung tanah tersebut terhadap beban yang ada di atasnya, seperti konstruksi pondasi misalnya. Oleh sebab itu sangat baik apabila kita ketahui terlebih dahulu secara umum tentang konsistensi air di dalam tanah.

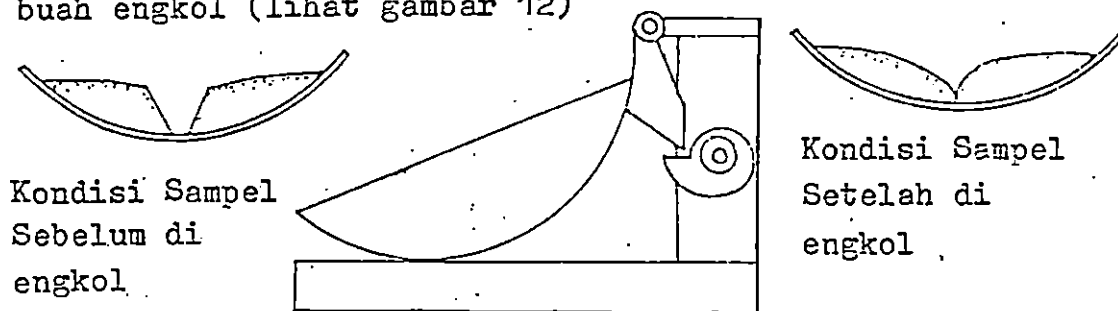
Sesuai dengan sifat tanah di atas maka konsistensi air yang akan dibicarakan adalah terhadap tanah kohesif. Karena tanah tidak kohesif tidak mendapat pengaruh yang berarti terhadap kandungan air.

Atterbeg seorang ahli tanah Bangsa Swedia merinci keadaan air di dalam tanah kohesif atas lima kondisi yaitu:

#### 2.2.2.1 Batas Cair (Liquit Limit)

Kondisi ini memberikan gambaran bahwa tanah dan air telah berpadu menyerupai cairan kental (kandungan air lebih kurang 55 persen). Apabila air ditambahkan lagi, dengan kata lain persentase kandungan air dinaikan maka tanah akan kehilangan daya lengketnya terhadap benda-benda lain (kehilangan daya adhesi), tentu termasuk hilangnya daya lekat tanah bersentuh terhadap pondasi. Sebaliknya apabila persentase air diturunkan maka tanah tersebut akan menjadi plastis (lembek).

Untuk mengetahui keadaan batas cair dari tanah sampel adalah dengan menggunakan sebuah alat berbentuk cawan (kuali kecil) yang dilengkapi dengan penggantung dan sebuah engkol (lihat gambar 12)



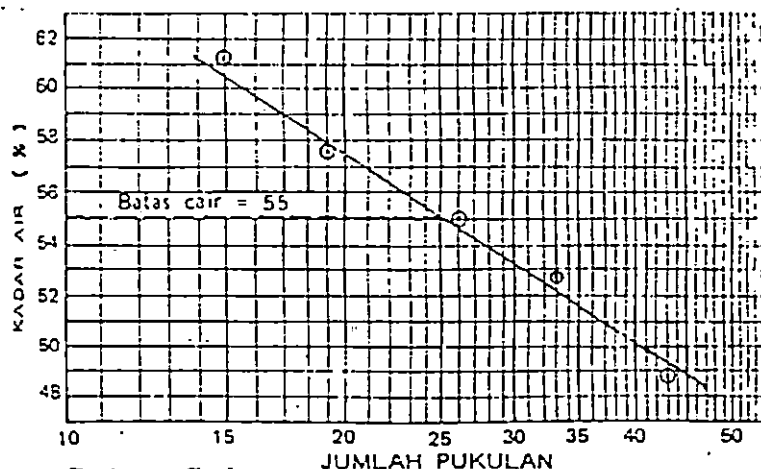
Gambar 12 Alat Uji Batas Cair

Sejumlah tanah yang akan ditentukan kondisinya diletakkan di dalam cawan, tanah tersebut dibentuk hingga membuat alur seperti terlihat pada gambar di atas. Selanjutnya cawan diletakkan di atas alat penggengkol, engkol diputar hingga cawan terangkat dan terjatuh kembali pada dasar perletakan.

Engkol atau pukulan yang terjadi pada cawan untuk dapat merubah bentuk tanah seperti pada gambar dihitung jumlahnya. Menurut teori bahwa jumlah pukulan yang dibutuhkan untuk menunjukkan kondisi tanah dalam batas cair adalah 25 kali pukulan atau 25 kali engkol. Artinya dengan 25 kali pukulan tanah tersebut sudah dapat berubah seperti terlihat pada gambar, maka dikatakan tanah dalam kondisi batas cair, dengan perkiraan kandungan air  $\pm 55\%$ .

Berdasarkan pengalaman/percobaan ini maka dibuatlah sebuah grafik yang dapat memperkirakan persentase air yang terkandung pada tanah yang diuji. Apabila jumlah pukulan untuk mencapai bentuk seperti pada gambar diatas lebih atau kurang dari 25 kali, maka melalui grafik dapat dilihat persentase air yang terkandung. Sedangkan untuk lebih telitinya pengujian maka diperlukan beberapa kali pengujian dan mengambil rata-rata dari hasil pengujian tersebut.

Lihat Grafik 1.



Grafik 1 Percobaan Batas Cair.

#### 2.2.2.2 Batas Plastis (Plastic Limit)

Kondisi ini dapat digambarkan bahwa tanah dalam keadaan lembek, artinya mudah dibentuk, serta dapat bertahan dalam bentuk yang dibuat tersebut, asal saja persentase air tetap dijaga pada kondisi plastis. Apabila persentase air dinaikan maka tanah tersebut akan kembali pada kondisi batas cair.

Untuk mengetahui apakah tanah sudah mencapai kondisi lembek adalah dengan jalan menggiling tanah tersebut diatas plat kaca hingga diameter tanah yang digiling itu dapat mencapai ukuran  $\frac{1}{8}$  inci. Bila tanah mulai menunjukkan gejala retak-retak saat berukuran  $\frac{1}{8}$  inci tersebut maka kondisi tanah berada pada batas plastis, dengan kandungan air  $\pm$  25 persen.

#### 2.2.2.3 Batas Kerut (Shrinkage Limit)

Batas ini akan menunjukkan kepada kita bahwa persentase air yang terkandung mulai dapat mengembangkan volume tanah. Kandungan air pada kondisi ini  $\pm$  lima persen. Artinya bila persentase air lebih dari lima persen maka tanah akan mengalami pengembangan volume akibat kandungan air tersebut. Apabila persentase air diturunkan sehingga kurang dari lima persen maka tanah akan mengalami penge-rutan. Maka batas ini disebut sebagai batas kerut.

Pengujian ini dapat dilakukan dengan mengatur kadar air di dalam tanah sampel. Pengaturan dapat dilakukan dengan bantuan alat berupa oven pemanas, timbangan dan lain lain alat bantu. Prinsip kerjanya adalah dengan cara mem-perbandingkan berat dari dua bagian sampel yang sejenis. Bagian pertama dijaga pada kadar air yang tetap serta di-ketahui besarnya, bagian kedua dikeringkan terus sehingga mencapai batas kerut, persentase air dapat diketahui. Sedangkan pengamatan terhadap gejala kerut (retak) dilaku-kan secara visual.

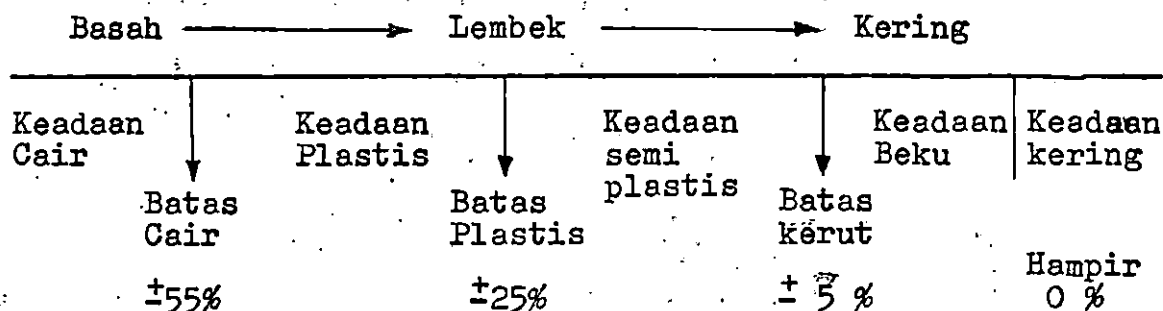
#### 2.2.2.4 Batas Lengket

Kondisi batas lengket ini terjadi bila kadar air di-dalam tanah semakin menurun artinya kurang dari lima per-sen namun belum mencapai kering total ( $< 5 > 0$  persen) Pada kondisi ini air tidak lagi dapat melengket pada jari-tangan atau benda-benda lain seperti juga pada badan pon-dasi. Kondisi ini disebut juga beku (solid).

### 2.2.2.5 Batas Kohesi

Kadar air dalam tanah semakin mendekati nol, sehingga daya kohesi antara butir-butir tanah menjadi hilang. Apabila kita melakukan pengambilan tanah dengan menggunakan cangkul maka tanah kohesif ini tidak lagi dapat terbawa dalam bentuk lempengan, melainkan sudah berderai seperti halnya pasir. Kondisi ini dapat diamati secara visual di laboratorium.

Sebagai ringkasan dari kelima macam kondisi yang telah diuraikan di atas dapat dilihat sketsa di bawah ini.



### 2.2.3 Tekstur Tanah

Tanah bila diamati secara visual, akan dapat dilihat bermacam ragam bentuk, warna maupun ukurannya. Beberapa partikel halus yang bercampur dengan partikel kasar akan memberikan kesan pada mata bahwa tanah tersebut mempunyai tekstur kasar. Begitu pula tanah yang berpartikel halus bercampur dengan yang kasar akan dikatakan bertekstur halus.

Pengamatan secara visual ini sering dilakukan hanya pada tanah yang tidak kohesif seperti pasir, kerikil, kerakal dan sebagainya. Tekstur ini tidak dapat dilihat secara visual pada tanah jenis kohesif. Karena tanah kohesif sering ditemui dalam bentuk berangkal atau bongkah-bongkah yang dapat dihancurkan atau dipisahkan.

Untuk dapat mengetahui tekstur yang sesungguhnya da-

ri tanah kohesif adalah dengan cara menghancurkan bungka-  
lan-bungkelan tersebut serta memecahkan butiran-butiran-  
nya menurut jenis ukuran yang ada. Semuanya ini hanya da-  
pat dilakukan dengan bantuan peralatan laboratorium.

Pemisahan butir-butir tersebut menurut kelompok uku-  
rannya dilakukan dengan cara mengayak atau menyaring de-  
ngan saringan yang mempunyai variasi ukuran lobang mulai  
dari yang besar sampai pada yang paling kecil. Berdasar -  
kan pada hasil pengayakan tersebut maka Sunggono (1979 :  
117) membedakan ukuran butir tersebut sebagai berikut;

- Berangkal/Boulder diameter 200 mm
- Kerakal/Coble stone diameter 200 - 80 mm
- Kerikil/Gravel diameter 80 - 2 mm
- Pasir kasar/Course sand diameter 2 - 0,6 mm
- Pasir sedang/Med sand diameter 0,6 - 0,2 mm
- Pasir halus/Fine sand diameter 0,2 - 0,06 mm
- Lanau/Silt diameter 0,06 - 0,002mm
- Lempung/ Clay diameter < 0,002mm

Secara garis besar sering juga tanah dibedakan atas  
tiga kelompok sebagai berikut:

- Kelompok kerakal, kerikil dan pasir
- Kelompok lempung
- Kelompok lanau

Kelompok kerakal, kerikil dan pasir umumnya berasal  
dari pecahan-pecahan batu dan ada juga yang terdiri dari  
satu macam zat mineral saja.

Bila kelompok ini ditemui dari hasil pengeboran de-  
ngan ukuran butir yang bermacam-ragam mulai dari yang ber-  
diameter besar sampai pada yang kecil disebut bergradasi  
baik. Sedangkan bila didominasi oleh sejenis ukuran saja  
disebut bergradasi seragam.

Kelompok lempung mempunyai ukuran butir yang sangat  
kecil dan menunjukkan sifat-sifat plastis dan kohesif. Se-  
dangkan lanau merupakan peralihan antara lempung dan pa-  
sir halus.

Bersifat kurang plastis dan lebih mudah ditembus air dibandingkan dengan lempung.

Lanau memperlihatkan sifat delatansi yang tidak ada terdapat pada lempung, sifat ini adalah merupakan perubahan dari sifat-sifat plastis menuju awal sifat elastis, yaitu terjadinya perubahan volume bila dilakukan perubahan bentuk, serta mulai memperlihatkan gejala seperti sifat elastis (bukan elastis penuh), disebut dengan istilah quick (hidup). Hal ini dapat diamati bila lanau tersebut diguncangkan atau digetarkan.

Perlunya kita mengetahui perbedaan sifat antara lempung dan lanau adalah karena sangat sulit menyaring melalui ayakan pada ukuran kecil dari 0,06 mm. Sebagaimana di katakan Wesley (1977: 17) bahwa untuk menentukan apakah tanah itu lanau atau lempung, penentuannya dapat dilakukan atas dasar hasil percobaan konsistensi tanah.

Dalam praktek di lapangan, sewaktu melakukan pembooran jarang kita temui tanah dengan struktur seragam, melainkan lebih banyak ditemui jenis ukuran yang beragam. Oleh sebab itu pemberian nama untuk keadaan lapangan tersebut adalah sebagai berikut:

- Kerkil kepasiran, artinya ialah tanah yang sebahagian besar terdiri dari kerikil serta mengandung sejumlah pasir (kerikil yang lebih dominan).
- Pasir kelanauan, artinya tanah yang sebahagian besar terdiri dari pasir dan mengandung sejumlah lanau (pasir yang lebih dominan)
- Pasir kelempungan, artinya tanah yang sebahagian besar terdiri dari pasir serta mengandung sejumlah lempung (pasir yang lebih dominan).

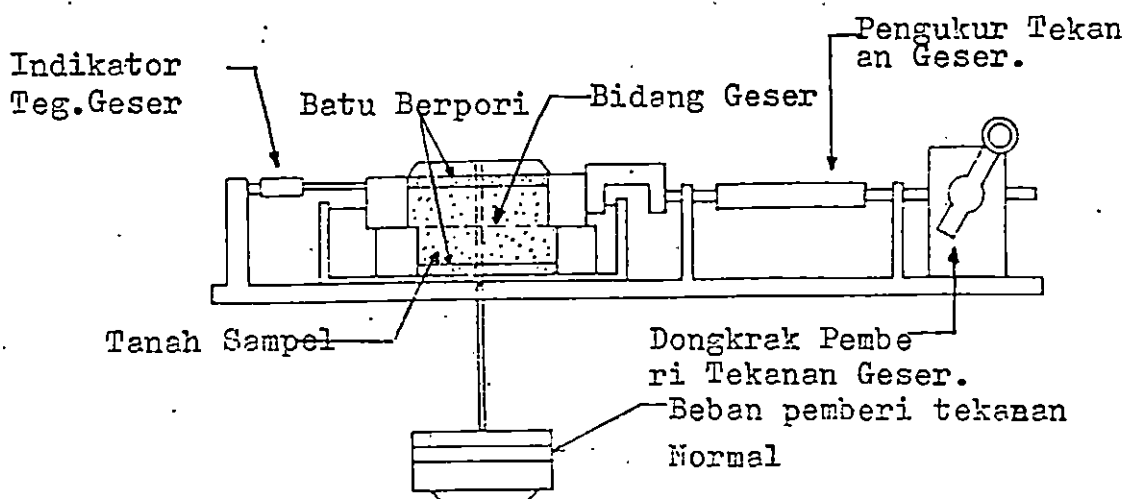
Begitupun sebaliknya lanau kepasiran, lempung kepasiran dan sebagainya. Unsur yang dominan di letakan didepan nama dan diikuti oleh unsur yang terkandung didalamnya.

#### 2.2.4 Kekuatan Geser Tanah

Dalam memperhitungkan kekuatan tanah untuk perencanaan suatu konstruksi pondasi, ada suatu hal yang perlu diketahui dengan baik yakni besarnya sudut geser tanah, atau lebih dikenal dengan "sudut geser dalam" dari berbagai jenis tanah. Bowles (1986:330) menerangkan bahwa tanah merupakan material yang berbutir, keruntuhan terutama disebabkan oleh mengguling dan menggelincirnya butir-butir dan tidak oleh tarikan atau tekanan yang sederhana saja. Oleh karena sifat keruntuhan ini, tegangan yang perlu ditinjau ialah tegangan geser. Tahanan tanah atau kekuatannya yang ditinjau ialah kuat geser. Selain dari pada itu Wesley (1977:87) menjelaskan bahwa kekuatan geser tanah diperlukan untuk berbagai macam soal praktis, terutama untuk menghitung daya dukung tanah (bearing capacity).

Sudut geser dalam ini biasa dilambangkan dengan huruf ( $\phi$ ).

Salah satu cara yang paling sederhana untuk mengetahui besarnya sudut geser dalam ( $\phi$ ) bahkan sekaligus dapat menunjukkan besarnya daya kohesi ( $C$ ) dari jenis tanah adalah dengan metoda "Tegangan Geser Lansung", dengan menggunakan sebuah alat yang bernama Alat Geser Lansung (Direct Shear Aparatus) seperti pada gambar 13.



Gambar 13 Alat Percobaan Geser Lansung.



Teknik pelaksanaan pengujian ini adalah dengan memberikan gaya vertikal dan gaya horizontal pada tanah yang diuji tersebut. Gaya vertikal akan menghasilkan tegangan normal ( $\sigma$ ), sedangkan gaya horizontal akan memberikan tegangan geser ( $\tau$ ).

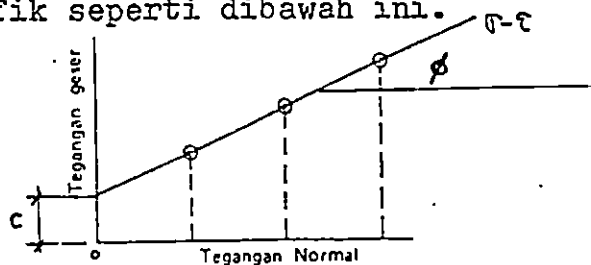
Suatu hal yang perlu diingat sebelum melakukan percobaan yakni, jika tanah sampel yang dibawa dari lapangan dalam kondisi mengandung air, lalu diberikan beban percobaan (gaya luar), pada tahap awal air ikut serta memikul beban normal tersebut bersama-sama dengan tanah. Setelah air pori itu mengalir ke luar dari tanah karena tertekan maka beban atau gaya luar secara berangsur-angsur dipikul oleh butir-butir tanah saja.

Tekanan yang dipikul oleh air pori tadi disebut tekanan air pori dan tekanan yang dipikul oleh tanah saja disebut tekanan efektif. Tekanan air pori ditambah tekanan efektif disebut dengan tekanan total.

Berhubung tanah tidak selalu dapat mempertahankan kondisi air yang dikandungnya, melainkan selalu berubah-ubah menurut iklim dan sebagainya, maka tahanan geser tanah hanya dapat diperhitungkan berdasarkan tanah saja atau berdasarkan tahanan efektif saja.

Kembali kepada percobaan tahanan geser langsung, untuk memperoleh besaran dari ( $\phi$ ) dan ( $c$ ), sebaiknya dilakukan beberapa kali percobaan dengan memberikan gaya normal dan horizontal yang berbeda-beda. Hingga diperoleh beberapa pasang  $\sigma$  dan  $\tau$ .

Hasil dari percobaan tersebut dimasukkan ke dalam sebuah grafik seperti dibawah ini.

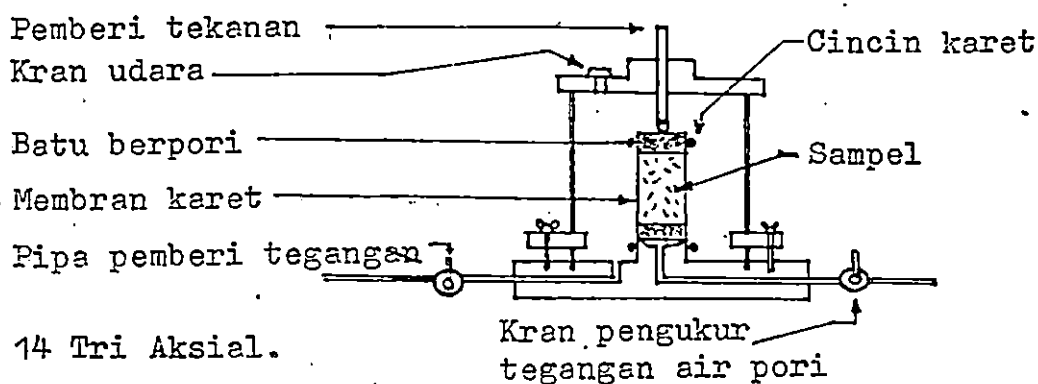


Liu (1981:112)

Grafik 2 Hasil Percobaan Tegangan Geser Langsung.

Hubungan antara titik percobaan pertama dengan titik percobaan berikutnya akan membentuk sebuah garis yang mendekati lurus. Dengan adanya dua sumbu batang dan sebuah garis  $\sigma - \tau$ , maka dapat diperkirakan besarnya  $C$  yaitu sebesar jarak dari titik nol sampai ke titik pangkal garis  $\sigma - \tau$ . Sedangkan besarnya sudut geser dalam ( $\phi$ ) dapat terbentuk antara garis  $\sigma - \tau$  dengan sumbu  $X$ . Seperti terlihat pada grafik 2 di atas.

Sebuah alat lagi dengan tingkat ketelitian yang lebih tinggi karena sudah dilengkapi dengan beberapa beberapa komponen, alat ini lebih dikenal dengan nama Tri Aksial (Lihat gambar 14) di bawah ini.



Gambar 14 Tri Aksial.

Tanah yang akan diuji diambil dalam bentuk silinder, atau dibentuk kemudian menyerupai silinder. Benda uji diletakkan di atas perletakan yang terbuat dari batu berpori di atas benda uji ditutup dengan batu yang sama serta ukuran diameter yang sama pula dengan diameter benda uji. Sekeliling benda uji ditutup dengan membran karet, hingga ruang di sekeliling benda uji dapat dipres dengan menggunakan air atau udara yang disalurkan dengan pipa. Tekanan udara atau air tersebut mendesak membran karet dan meneruskannya pada tanah sebagai tekanan lateral atau tekanan horizontal.

Kemudian dari atas benda uji dapat pula diberi tekanan vertikal dari luar dengan menggunakan sebuah piston. Dari sisi lain dibuat sebuah tabung gelas yang dapat diisi air serta dapat ditekan hingga permukaan air di dalam

tabung dapat dipertahankan tingginya, keadaan muka air ini berguna sebagai indikator bahwa air pori dapat dipertahankan agar selalu berada di dalam benda uji (air pori tidak dialirkan ke luar). Dengan demikian tekanan air pori saja (  $u$  ) dapat dihitung besarnya karena pada pipa itu sudah dilengkapi dengan sebuah monometer yang menunjukkan besarnya tekanan air pori yang bekerja pada benda uji.

Masih menggunakan alat Tri Aksial dapat pula diciptakan beberapa variasi percobaan guna untuk mengetahui besaran dari pengaruh air pori antara lain adalah sebagai berikut:

#### 2.2.4.1 Consolidated Undrained Test

Pada percobaan ini air dibiarkan mengalir ke luar dari benda uji saat dilakukan pemberian beban vertikal. Beban vertikal atau beban normal bekerja sampai proses penurunan (konsolidasi) selesai, yakni hingga mencapai suatu bentuk yang tetap dari benda uji tersebut (tidak berubah lagi).

Selanjutnya jalan keluar air ditutup dan benda uji diberi beban lateral secara tertutup untuk memperoleh tegangan geser, sementara tegangan normal masih tetap bekerja, tegangan air pori diukur pada saat tegangan geser ini diberikan, sehingga diperoleh berapa besarnya tegangan air pori tersebut.

#### 2.2.4.2 Drained Test

Percobaan ini dilakukan secara terbuka, benda uji diberi beban normal dan air pori dibiarkan mengalir keluar benda uji, hingga mencapai penurunan selesai. Kemudian diberi tegangan geser serta jalan air tetap terbuka. Untuk menjaga agar tegangan air tetap nol maka pemberian beban geser adalah secara perlahan-lahan.

Kedua cara pengujian di atas dapat menentukan besarnya tekanan air pori ( $u$ ), sehingga tegangan efektif dapat dihitung dan akhirnya nilai ( $C$ ) serta besarnya sudut geser dalam ( $\phi$ ) dapat dihitung.

Langkah kerja dan hasil perhitungan dari percobaan Tri Aksial dapat diringkas sebagai berikut. Setelah benda uji terpasang pada tempatnya dengan baik maka tekanan air atau udara dinaikan hingga mencapai nilai yang dibutuhkan dan tegangan ini dibiarkan bekerja selama beberapa waktu (tergantung pada jenis tanah yang diuji). Tegangan yang diberikan ini dinamakan tegangan lateral ( $\sigma_3$ ).

Setelah itu diberikan pula tekanan vertikal dari atas benda uji hingga mencapai titik keruntuhan (failur), dengan bantuan sebuah mono meter dapat diketahui besarnya tegangan total ( $\sigma_1$ ) yang bekerja pada benda uji. Pada saat pemberian beban vertikal ini, tegangan lateral ( $\sigma_3$ ) juga tetap bekerja pada benda uji, karena tekanan air atau udara tidak dilepaskan. Dengan demikian yang terbaca pada monometer adalah berupa tegangan total ( $\sigma_1$ ), atau merupakan gabungan dari tegangan lateral dengan tegangan vertikal.

Sekarang untuk mencari besarnya tekanan akibat beban vertikal saja tentu sebesar tegangan total dikurangi sebesar tegangan lateral ( $\sigma_1 - \sigma_3 = \Delta \sigma$ ).

$\Delta \sigma$  = Tegangan akibat gaya/beban vertikal saja

$\sigma_1$  = Tegangan total

$\sigma_3$  = Tegangan akibat gaya/beban lateral (horizontal)

Kemudian dikaitkan lagi dengan dua macam metoda uji untuk menghitung besarnya tekanan air pori, maka tegangan lateral ( $\sigma_3$ ) adalah dipengaruhi oleh adanya tekanan air pori.

Pada percobaan tertutup (Undrained test) tegangan lateral ( $\sigma_3$ ) bukan semata ditahan oleh tanah (benda uji) melainkan dibantu oleh air pori yang terkandung dalam benda

uji tersebut. Maka tegangan lateral ( $\sigma_3$ ) yang sesungguhnya (dari tanah saja) adalah sebesar ( $\sigma_3' = \sigma_3 - u$ )

Berbeda halnya dengan metoda terbuka (Drained test), tegangan air pori dianggap tidak bekerja, karena air pori tersebut dibiarkan mengalir keluar benda uji, hingga ( $\sigma_3$ ) adalah semata-mata ditahan oleh benda uji. ( $\sigma_3' = \sigma_3$ ).

#### 2.2.4.3 Pengolahan Data Dengan Lingkaran Mohr

Dari beberapa kali percobaan dapat ditentukan berapa besarnya daya kohesif (C), sudut geser dalam ( $\phi$ ), serta dapat juga dihitung  $\sigma_n$  dan  $\tau_c$  yang sebenarnya dengan bantuan lingkaran Mohr. Lingkaran Mohr adalah cara grafik untuk menentukan tegangan-tegangan yang bekerja di dalam suatu bahan. Bahan tersebut boleh tanah tetapi boleh juga yang lainnya.

Dengan bantuan Lingkaran Mohr tersebut akan diperoleh semua parameter kekuatan geser tanah yang sangat dibutuhkan dalam memperhitungkan daya dukung tanah sebagai wadah pendukung konstruksi pondasi.

Agar lebih jelasnya cara penggunaan Lingkaran Mohr ini, maka dimisalkan kita telah melakukan tiga kali percobaan Tri Aksial dengan data yang diperoleh seperti dibawah ini.

Percobaan	$\sigma_3$	$\Delta \sigma_1$	$\sigma_1$ (total)
1	40	63	103
2	80	86	166
3	120	102	222

Langkah penyelesaian berikutnya adalah: (lihat gambar 15).

- Buat sumbu x dan sumbu y dengan skala yang sama
- Masukkan angka yang ada dalam tabel ke dalam grafik sebagai berikut:

\*Untuk percobaan 1, ambil angka  $\Delta \sigma_1$  (63 Kpa) sebagai be-

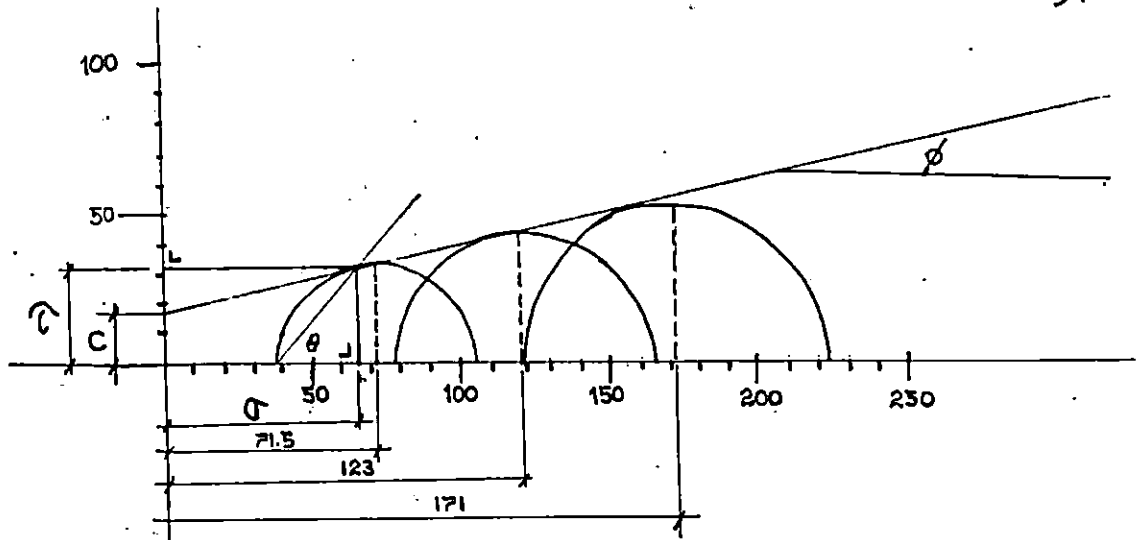
sanan diameter lingkaran 1, dengan titik pusat berada pada  $\sigma_3 + \frac{\Delta\sigma_1}{2} \dots 40 + \frac{63}{2} = 71,5$  Kpa dari angka nol.

\*Untuk percobaan 2, ambil angka  $\Delta\sigma_1$  (86) sebagai diameter lingkaran 2, dengan titik pusat berada pada

$\sigma_3 + \frac{\Delta\sigma_2}{2} \dots 80 + \frac{86}{2} = 123$  Kpa dari angka nol.

\*Begitu juga untuk lingkaran ke-tiga dan seterusnya kalau masih ada.

- Buat garis singgung melalui ketiga lingkaran tersebut, mungkin garis tersebut tidak langsung dapat membentuk garis lurus, tapi dapat diambil perkiraan yang mendekati garis lurus.
- Dari titik pertemuan antara garis singgung dengan lingkaran 1 dijatuhkan garis tegak lurus terhadap sumbu x. Dari titik itu juga ditarik garis horizontal sampai ke sumbu y.
- Sekarang dapat diukur besar tegangan normal ( $\sigma$ ) yang sesungguhnya dari tanah sampel yang diuji, yaitu yang ditunjukkan oleh jarak dari nol sampai pada titik pertemuan antara sumbu x dengan garis tegak lurus ( $\sigma = 65$ ) Begitu pula besar dari tegangan geser ( $\tau$ ) ditunjukkan oleh jarak dari titik nol sampai pada titik pertemuan antara sumbu y dengan garis horizontal ( $\tau = 31,25$  Kpa).
- Untuk menentukan besaran angka kohesif (C) ialah ditunjukkan oleh besaran jarak dari nol sampai pada titik potong sumbu y dengan garis singgung, yaitu sebesar 17,50 berarti  $C = 17,50$  Kpa.
- Terakhir adalah besarnya sudut geser dalam ( $\phi$ ) adalah sebesar sudut yang terbentuk antara garis singgung dengan garis horizontal atau sebuah garis yang sejajar dengan sumbu x. Dalam contoh soal ini bertemu sebesar lebih kurang 12 derajat.



Gambar 15 Lingkaran Mohr

Sebagai kontrol untuk tegangan normal dan tegangan geser dapat digunakan rumus di bawah ini

$$\sigma_n = \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} + \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \cdot \cos 2\theta$$

$$\tau = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \cdot \sin 2\theta$$

Sudut  $\theta$  adalah sudut yang terbentuk antara sumbu  $x$ , dengan sebuah garis yang ditarik dari titik kaki lingkaran 1 ke garis singgung lingkaran 1. Besar sudut ini dapat diukur langsung pada gambar 15 atau sebagai kontrol sama dengan  $45^\circ$  ditambah  $\frac{1}{2} \phi$ . Pada gambar di atas ditemui besar sudut  $\theta = 51^\circ$ .

maka:

$$\sigma_n = \frac{103 + 40}{2} + \frac{103 - 40}{2} \cdot \cos 2 \cdot 51^\circ$$

$$= 71,5 + 31,5 \cdot \cos 102^\circ$$

$$= 71,5 + 31,5 \cdot (-0,2079)$$

$$= 71,5 - 6,54885$$

$$= 64,95 \text{ Kpa} \dots \text{pada gambar ditemui } 65 \text{ Kpa.}$$

$$\tau = \frac{103 - 40}{2} \cdot \sin 102^\circ$$

$$= 31,5 \cdot 0,978 = 30,8 \text{ Kpa} \dots \text{pada gambar } 31,25 \text{ Kpa.}$$

Demikianlah penyelidikan tanah di laboratorium sehubungan dengan kekuatan geser tanah, kemudian dikemukakan juga sebuah tabel tentang sudut geser dalam dari berbagai jenis tanah yang dipakai secara perkiraan kasar dilapangan. Tetapi tetap disarankan agar untuk perencanaan pondasi yang sesungguhnya dilakukan penyelidikan sudut geser dalam secara laboratorium. Tabel ini akan dipakai sebagai latihan dalam menghitung perencanaan pondasi pada bahagian belakang buku ini.

Jenis Tanah	Sudut Geser Dalam ( $\phi$ )
Kerikil kepasiran	35° - 40°
Kerikil kerakal	35° - 40°
Pasir padat	35° - 40°
Pasir lepas	30°
Lempung kelanauan	25° - 30°
Lempung	20° - 25°

Dari tabel terlihat, mulai dari pasir padat hingga jenis kerikil, sudut geser dalamnya diperkirakan saja antara 35° sampai 40°. sedangkan mulai dari pasir lepas sampai lempung terlihat ( $\phi$ ) semakin mengecil.

Bila dilihat dari sifat tanahnya jelas lempung mendekati pada sifat kohesif (C). Sedangkan kerikil, kerakal boleh dikatakan bersifat tidak kohesif. Jadi semakin tinggi angka kohesif (C) suatu tanah maka semakin rendah sudut geser dalamnya. Oleh sebab itu dapat disimpulkan bahwa sudut geser dalam ( $\phi$ ) hanya ada pada tanah yang tidak atau sedikit mempunyai sifat kohesif. Sudut geser dalam dapat dikatakan tidak ada (nol) pada tanah berkohesi tinggi seperti pada tanah liat (Clay). Sebaliknya ( $\phi$ ) sangat besar pada tanah tidak kohesif seperti pasir dan kerikil.



### 2.2.5 Konsolidasi Dan Penurunan

Satu hal lagi kegiatan laboratorium yang berkaitan erat dengan teknik perencanaan pondasi ialah masalah konsolidasi dan penurunan.

Pengertian konsolidasi dan penurunan tersebut ialah, suatu lapisan tanah bila dibebani di atasnya, dengan kata lain bila permukaan tanah tersebut menerima tekanan, maka kadar air yang ada dalam pori-pori tanah akan mengalir keluar dari daerah yang tertekan. Hal ini disebabkan karena semakin mengecilnya volume tanah atau semakin merapatnya butir-butir tanah. Proses yang dialami oleh tanah seperti itu disebut konsolidasi.

Pada umumnya konsolidasi akan berlangsung pada satu arah saja yaitu pada arah vertikal, karena pembebanan tidak banyak memberikan pengaruh pada arah horizontal. Konsolidasi seperti ini disebut juga dengan konsolidasi satu arah (One dimensional consolidation).

Penurunan adalah merupakan akibat dari terjadinya konsolidasi terhadap beban yang ada di atasnya, karena beban tersebut ikut turun bersama tanah tempatnya berada. Apabila beban yang diberikan di atas tanah tersebut adalah berupa konstruksi pondasi, yang sudah tentu di atas pondasi tersebut adalah suatu konstruksi bangunan yang cukup berat apakah itu berupa bangunan gedung, jembatan dan lainnya.

Sekarang terlihat bahwa masalah konsolidasi besar sekali pengaruhnya pada konstruksi bangunan, karena bangunan tersebut mengalami penurunan (settlement). Rentetan berikutnya dari penurunan tersebut terhadap konstruksi bangunan mungkin saja berupa keruntuhan total atau sekurangnya akan terjadi perubahan posisi dan retak-retak. Mosley (1982:262) menegaskan bahwa penurunan (settlement) yang berlebihan akan mengakibatkan kerusakan pada bangunan dan fasilitas-fasilitas pelayanannya, seperti pada instalasi pipa dan sebagainya.

Tanah kohesif seperti tanah liat dan lempung akan mengalami konsolidasi yang lebih besar serta memakan waktu / proses yang lebih lama bila dibandingkan dengan tanah tidak kohesif seperti pasir dan kerikil. Tanah tidak kohesif hanya sedikit saja mengalami konsolidasi serta dalam waktu yang relatif pendek.

Pada tanah tidak kohesif proses konsolidasi biasanya hanya berlangsung sampai pemberian beban selesai. Dengan kata lain bila proses perletakan beban selesai atau pembuatan konstruksi bangunan selesai maka konsolidasi pun sudah berakhir pula.

Lain halnya pada tanah kohesif, konsolidasi berjalan terus secara perlahan-lahan dalam waktu yang relatif lama (mencapai tahunan bahkan ada yang sampai berpuluhan tahun). Penyebab lamanya proses tersebut berjalan adalah pengaruh air pori yang mengalir pada tanah kohesif sangat lambat. Sedangkan pada tanah tidak kohesif pengaliran air pori dapat berjalan sangat cepat. Maka dalam hal konsolidasi hanya tanah kohesif sajalah yang akan diperhitungkan.

Ada dua hal yang perlu diperhitungkan dalam hal konsolidasi terhadap perencanaan konstruksi pondasi dari suatu bangunan, pertama berapa besarnya angka penurunan yang akan terjadi dan yang kedua dalam waktu berapa lama proses penurunan tersebut akan berlangsung.

#### 2.2.5.1 Normal Dan Over Konsolidasi

Sebelum masuk pada perhitungan konsolidasi dan penurunan, terlebih dahulu dijelaskan bahwa ada dua macam konsolidasi yaitu Normal Konsolidasi dan Over Konsolidasi.

Lapisan lempung yang terbentuk karena endapan (sedimentary Clays), maka setelah proses pengendapan selesai atau berakhir maka tanah tersebut akan mengalami konsolidasi. Dikatakan demikian karena adanya tekanan dari lapisan-lapisan tanah yang kemudian mengendap di atasnya. Lapisan yang datang kemudian ini tak ubahnya bagaikan beban konstruksi bangunan terhadap lapisan bawahnya.

Kemudian disebabkan proses geologi seperti terjadinya erosi air, erosi es, pengikisan oleh angin dan sebagainya maka lapisan-lapisan yang datang kemudian tadi akan tersingkir atau hilang kembali.

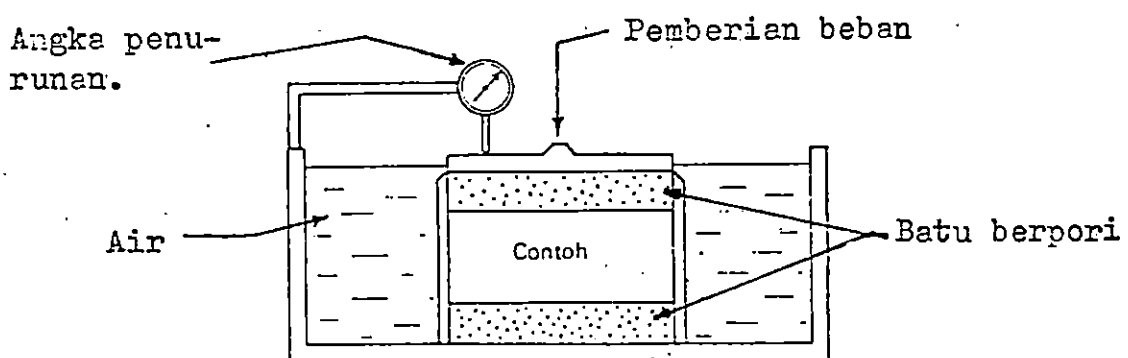
Dalam sejarah Geologi lapisan tanah bagian bawah tersebut sudah pernah mengalami konsolidasi, karena sudah menerima tekanan. Tekanan pertama yang disebabkan oleh lapisan tanah bagian atas tersebut jauh lebih berat dibandingkan dengan beban konstruksi bangunan yang datang kemudian. Dengan demikian dikatakan bahwa tanah mengalami over konsolidasi. Sedangkan tanah yang belum pernah menerima tekanan seperti di atas disebut Normal Konsolidasi.

Perbedaan yang nyata antara kedua konsolidasi tersebut adalah bahwa penurunan yang akan terjadi pada tanah Over Konsolidasi jauh lebih kecil dibandingkan dengan penurunan yang akan terjadi pada tanah normal konsolidasi.

#### 2.2.5.2 Percobaan Konsolidasi Di Laboratorium

Simulasi konsolidasi dapat dilakukan di laboratorium, dengan mengambil tanah yang akan diuji secara sampel. Sepotong tanah dengan ukuran tertentu diambil dari lapangan pada kedalaman yang diinginkan (yang akan diuji).

Alat yang digunakan untuk mengetahui besarnya tingkat konsolidasi hampir bersamaan bentuknya dengan alat Tri Aksial (lihat gambar 16).



Gambar 16 Alat Uji Konsolidasi (Oedometer).

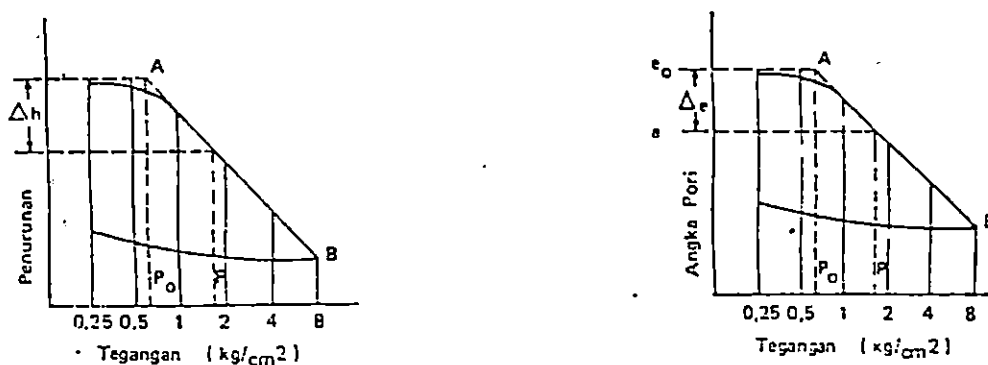
Sepotong tanah sampel diletakan di dalam alat tersebut, di atas dan di bawah tanah sampel sudah disediakan alas dan penutup dari batu berpori agar air pori tanah dapat mengalir keluar dengan bebas. Kemudian juga dilengkapi dengan tempat pemberian beban percobaan serta sekaligus dengan sebuah indikator yang menunjukkan berapa besar angka penurunan yang terjadi.

Sistim pembebanan dilakukan secara bertahap, mulai dari 0,25 Kg, 0,50 Kg, 1 Kg, 2 Kg, 4 Kg dan 8 Kg, dan seterusnya. Setelah diberikan beban pertama lalu dibiarkan beberapa waktu sampai proses penurunan selesai, serta dicatat waktu yang dibutuhkan untuk penurunan tersebut. Setelah penurunan pada pembebanan pertama selesai, baru ditambahkan beban kedua dan seterusnya sampai beban maksimum selesai diberikan dan penurunan tidak terjadi lagi.

Selanjutnya dilakukan pengurangan beban secara bertahap pula, hingga garis loncatan kembali atau skala penurunan dapat diketahui, hingga kecepatan penurunan serta besarnya penurunan dapat diketahui.

### 2.2.5.3 Hasil Percobaan Normal Konsolidasi

Hasil percobaan dapat dilihat atau digambarkan seperti pada grafik di bawah ini



Grafik 3 Hasil Percobaan Normal Konsolidasi

Melalui grafik 3 dapat digambarkan bahwa titik A menunjukkan keadaan tanah di lapangan,  $P_0$  adalah tegangan efektif yang berlaku di lapangan dan angka pori  $e_0$  adalah angka pori asli tanah tersebut. Sebelum tegangan mencapai  $P_0$  terlihat penurunan sangat kecil sekali, tapi bila tegangan  $P_0$  sudah dilampaui maka penurunan akan menjadi besar. Apabila tanah sampel betul-betul representatif atau betul-betul tidak terganggu maka penurunan yang terjadi setelah tegangan atau pembebanan melampaui  $P_0$  akan merupakan garis konsolidasi asli yaitu garis lurus A-B (Virgin consolidation curve).

Melalui grafik tersebut kita dapat menghitung penurunan yang akan terjadi di lapangan. Yaitu apabila beban dinaikan dari  $P_0$  menjadi  $P$  maka akan terlihat perubahan angka pori dari  $e_0$  menjadi  $e$  atau juga terlihat perubahan ketinggian benda uji ( $\Delta h$ ). Maka penurunan per satuan tebal akan menjadi sebesar:

$$\frac{\Delta h}{h} \quad \text{atau} \quad \frac{e_0 - e}{1 + e_0}$$

Dimana:  $e_0$  = Angka pori pada saat tekanan  $P_0$

$e$  = Angka pori pada saat tekanan  $P$

$h$  = Tebalnya tanah sampel di laboratorium

$\Delta h$  = Penurunan akibat tekanan dari  $P_0 - P$

Dengan demikian penurunan di lapangan pada ketebalan lapisan tertentu dapat dihitung seperti di bawah ini:

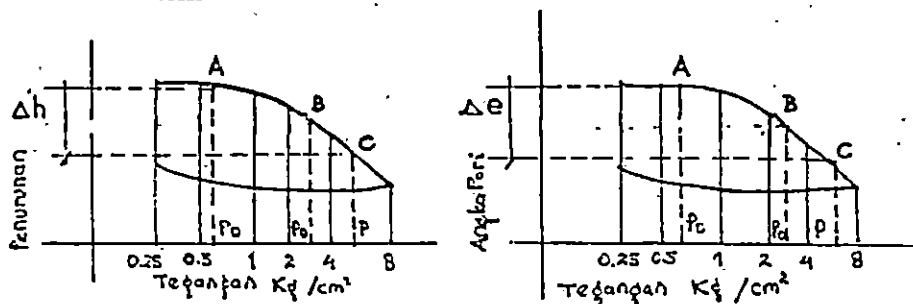
$$S = \frac{\Delta h}{h} \cdot H \quad \text{atau} \quad S = \frac{e}{1 + e_0}$$

Wesley (1977:71)

$S$  = Besarnya penurunan yang terjadi di lapangan.

#### 2.2.5.4 Hasil Percobaan Over Konsolidasi

Hasil percobaan dapat digambarkan seperti Grafik 4 di bawah ini:



Grafik 4 Hasil Percobaan Over Konsolidasi

Untuk memperoleh hasil percobaan yang agak memuaskan atau katakanlah hampir mendekati dengan kenyataan yang akan terjadi di lapangan nantinya, maka usaha untuk menciptakan kondisi sampel serepresentatif mungkin adalah sangat diharapkan.

Pada grafik 4 terlihat adanya tekanan sebesar  $P_0$  pada titik A, ini adalah merupakan keadaan tanah awal sebelum menerima pembebanan di lapangan secara endapan. Kemudian  $P_0$  yang kedua atau pada titik B adalah tekanan yang terjadi di lapangan akibat endapan, hingga terjadi penurunan sebesar selisih antara A dan B. Grafik A-B ini membentuk sebuah garis lengkung. Maka peristiwa inilah yang disebut sebagai over konsolidasi.

Jika tegangan dinaikan dari  $P_0$  menjadi  $P$  maka penurunan akan merupakan garis ABC, maka besarnya penurunan tersebut adalah:

$$\frac{h}{h} H = S$$

atau

$$\frac{e}{1 + e_0} H = S$$

### 2.2.5.5 Contoh Perhitungan Penurunan

Sepotong tanah berjenis lempung diambil dari lapangan untuk diuji angka konsolidasinya. Tanah dari jenis lempung tersebut diambil dari lokasi pemboran dengan kedalaman 18 meter dari muka tanah (MT). Di bawah lapisan lempung tersebut terdapat lapisan pasir.

Setelah dilakukan penyelidikan di laboratorium diperoleh data antara lain berat sendiri tanah ( $\gamma$ ) = 1,70 Grm/Cm<sup>3</sup> = 1700 Kg/m<sup>3</sup>. Letak muka air tanah (MAT) = 3.00 meter dari muka tanah. Sekarang kita ingin meninjau secara laboratorium kemungkinan terjadinya konsolidasi pada beberapa kedalaman sebagai berikut:

Lapis 1 pada kedalaman 6 m dari MT / tebal sampel 20 mm

Lapis 2 pada kedalaman 12 m dari MT / tebal sampel 20 mm

Lapis 3 pada kedalaman 18 m dari MT / tebal sampel 20 mm

Dari hasil pengujian konsolidasi di laboratorium misalnya diperoleh data sebagai berikut:

Lapis 1.  $P_0 = 0,545 \text{ Kg/Cm}^2$  diperoleh  $h_0 = 0,755 \text{ mm}$

$P_1 = 1,695 \text{ Kg/Cm}^2$  diperoleh  $h_1 = 0,370 \text{ mm}$

Maka besar penurunan pada lapis 1 adalah:

$$S = \frac{\Delta h}{h} \times H$$

$$S = \frac{0,755 - 0,370}{20} \times 600 = 11,55 \text{ Cm.}$$

Dimana: S = Tinggi penurunan yang akan terjadi

$\Delta h$  = Selisih angka penurunan antara beban  $P_0 - P_1$

h = Tinggi benda uji (sampel) di laboratorium

H = Tinggi lapisan tanah yang diteliti di lapangan

Demikianlah besarnya penurunan yang akan terjadi pada kedalaman 6 m dari muka tanah, dengan besar pembebanan maksimum 1,695 Kg/Cm<sup>2</sup> atau sama dengan 16950 Kg/m<sup>2</sup>.

Selanjutnya ditinjau pula besarnya angka penurunan pada kedalaman 12 m (lapis 2) dan pada kedalaman 18 m atau pada lapis 3.

Hasil pengujian konsolidasi di laboratorium pada kedalaman 12 m (lapis 2) adalah sebagai berikut:

$$P_0 = 0,755 \text{ Kg/Cm}^2 \text{ diperoleh } h_0 = 0,855 \text{ mm}$$

$$P_1 = 1.425 \text{ Kg/Cm}^2 \text{ diperoleh } h_1 = 0,220 \text{ mm}$$

$$\text{maka } S = \frac{0,855 - 0,220}{20} \times 600 = 19,05 \text{ Cm}$$

Dari lapis 3 diperoleh hasil pengujian laboratorium sebagai berikut:

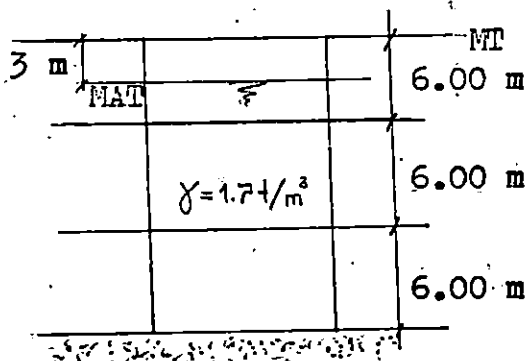
$$P_0 = 0,650 \text{ Kg/Cm}^2 \text{ diperoleh } h_0 = 0,80 \text{ mm}$$

$$P_1 = 1,230 \text{ Kg/Cm}^2 \text{ diperoleh } h_1 = 0,25 \text{ mm}$$

$$\text{maka } S = \frac{0,80 - 0,25}{20} \times 600 = 16,50 \text{ Cm}$$

Jumlah angka penurunan dari ketiga lapis itu atau besarnya angka penurunan pada kedalaman 18 meter = 47,1 Cm, dengan jumlah beban sebesar  $4,35 \text{ Kg/Cm}^2 = 43500 \text{ Kg/m}^2$ .

Berikut ini dapat diperlihatkan sketsa terjadinya penurunan pada lokasi tersebut, seperti gambar 17.



Gambar 17. Penurunan Pada Tanah Lempung.

Selanjutnya adalah perhitungan tentang lamanya proses penurunan tersebut berlangsung. Untuk itu dapat digunakan rumus

$$t = \frac{T H^2}{C_v} \dots \dots \dots \text{Wesley (1977:79).}$$

keterangan:  $t$  = Waktu yang dibutuhkan untuk proses penurunan.



T = Harga konstanta pada saat proses penurunan mencapai sebesar U %, seperti di bawah ini:

U (%)	20	40	50	60	80	90
T	0,031	0,126	0,197	0,287	0,565	0,848

Harga ini biasanya dipakai pada saat penurunan mencapai 90 persen atau konstanta T = 0,848

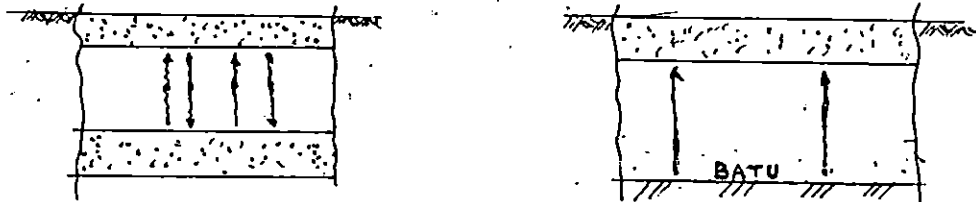
Cv = Kecepatan penurunan yang terjadi pada benda uji di laboratorium. Seperti telah diuraikan sepintas lalu pada bagian terdahulu bahwa kecepatan penurunan dapat diketahui dari percobaan pembebanan (penambahan beban secara bertahap), dengan mencatat waktu yang dibutuhkan untuk menjalani penurunan sepanjang sekian Cm. Dengan kata lain jarak yang ditempuh dapat diukur, lamanya perjalanan dapat dihitung, tentu kecepatan, percepatan serta perlambatannya dapat diketahui.

Cara lain adalah dengan menggunakan persamaan

$C_v = \frac{T \cdot H^2}{t}$  dari konstanta T di atas kita sudah mengetahui bahwa untuk mencapai taraf konsolidasi hingga 90 persen kita menggunakan T = 0,848 H menurut tinggi benda uji (H = aliran air terpanjang di dalam tanah). Kemudian t adalah waktu yang terpakai untuk proses konsolidasi di laboratorium hingga mencapai taraf 90 persen. Hingga Cv dapat dihitung  $C_v = \frac{0,848 \cdot H^2}{t_{90}}$  dengan satuan m<sup>2</sup>/menit.

H = Tinggi lapisan tanah yang diteliti di lapangan, namun sebenarnya dalam hal ini yang menentukan adalah jarak terjauh dari aliran air dalam tanah (drainase). Apabila lapisan lempung diapit lapisan pasir di atas dan di bawahnya maka dikatakan tanah berdrainase ganda (air dapat mengalir ke atas dan ke bawah waktu tanah dibebani) dalam hal ini H diambil separoh dari ketebalan lempung tersebut (H = ½ tebal tanah).

Apabila lain dari kondisi di atas maka air hanya berdrainase tunggal, maka  $H$  diambil sama dengan tebal lapisan lempung atau sama dengan tinggi tanah di lapangan. Lihat gambar 18 di bawah ini



Gambar 18 Tanah berdrainase ganda dan berdrainase tunggal. Bowles (1977:414).

Sebagai catatan,  $H$  yang diambil untuk menentukan besarnya  $C_v$  di laboratorium adalah ketebalan lapisan tanah sampel ( $H =$  tinggi sampel), karena  $t$  yang digunakan adalah waktu yang terpakai dalam proses konsolidasi di laboratorium. Sedangkan  $H$  yang dipakai untuk menghitung lamanya proses penurunan yang terjadi di lapangan (ramalan  $t$ ) adalah drainase terpanjang pada lapisan tanah di lapangan seperti yang diuraikan terakhir ini.

Sekarang dilanjutkan perhitungan terdahulu yakni meramalkan lamanya proses penurunan tersebut akan berlansung di lapangan.

$$t = \frac{T \cdot H^2}{C_v}$$

$H = 18$  m sama dengan tebal lapisan lempung (berdrainase tunggal).

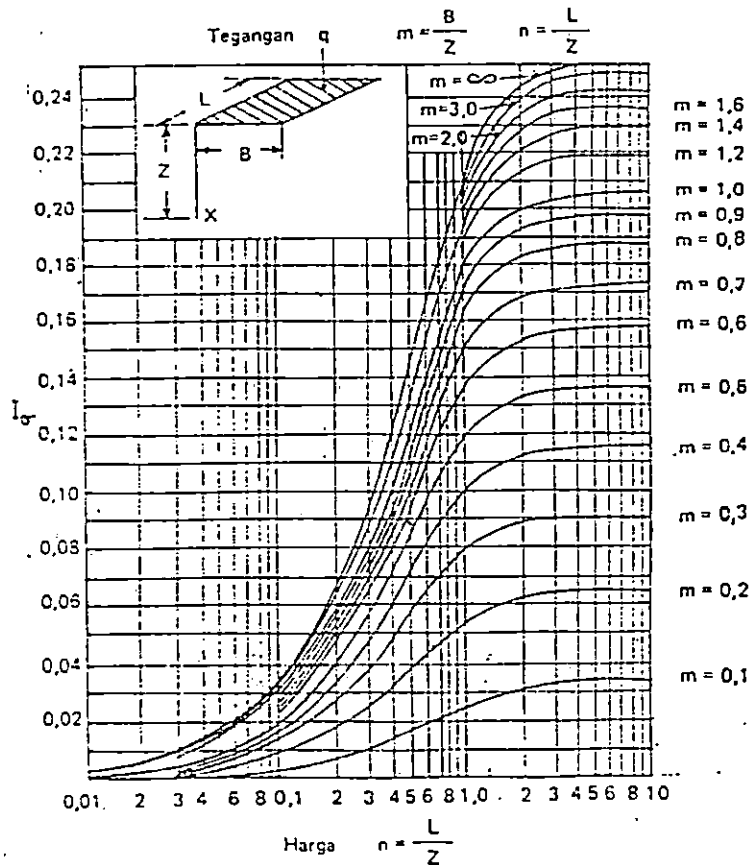
$C_v = 6 \cdot 10^{-7}$  diambil dari percobaan laboratorium.

maka 
$$t = \frac{0,848 \cdot (1800)^2}{6 \cdot 10^{-7}} = \frac{686880}{0,06} = 11448000 \text{ men}$$

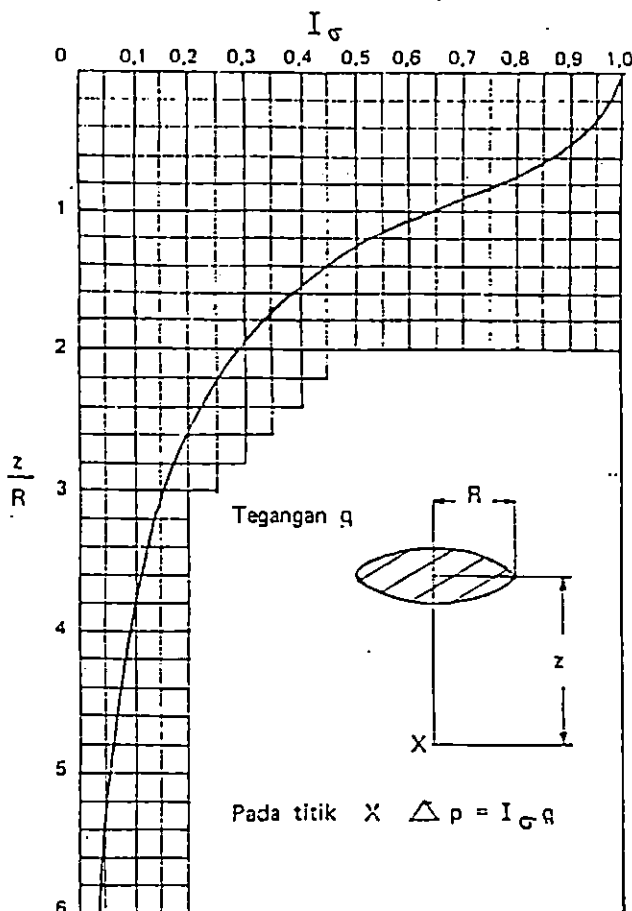
$$t = 22,08 \text{ tahun.}$$

Perkembangan selanjutnya dalam masalah penurunan adalah lebih praktis bila angka penurunan dihitung hanya berdasarkan pada besarnya pondasi berikut bangunan yang berada di atasnya. Tegasnya beban percobaan yang diberikan pada benda uji langsung disesuaikan dengan besarnya beban bangunan yang telah direncanakan terlebih dahulu.

Cara kedua ini hanyalah dengan menghitung berapa besarnya tegangan tanah yang terjadi di bawah telapak pondasi. Apabila berat total bangunan, ukuran telapak pondasi, serta kedalaman konstruksi pondasi dari muka tanah sudah diketahui atau sudah direncanakan maka dengan bantuan sebuah grafik (lihat grafik 5a dan 5b) tegangan tanah di bawah telapak pondasi dapat diketahui.



Grafik 5 a Perhitungan Tegangan Dibawah Pondasi Persegi.



Grafik 5b Perhitungan Tegangan Dibawah Pondasi Bulat.

Perhitungan beban pondasi terhadap tanah adalah sebagai berikut  $P_0$  merupakan berat sendiri dari tanah sebelum dibebani dengan konstruksi pondasi. Pertambahan beban akibat berat total bangunan adalah sebagai  $\Delta p$ , sehingga jumlah dari  $P_0$  dan  $\Delta p$  adalah  $P_1$ .

Pada grafik, ordinat ditandai dengan huruf m dan absis dengan huruf n. Dari grafik ini akan diperoleh indeks tegangan ( $I_{\sigma}$ ) melalui rumus di bawah ini.

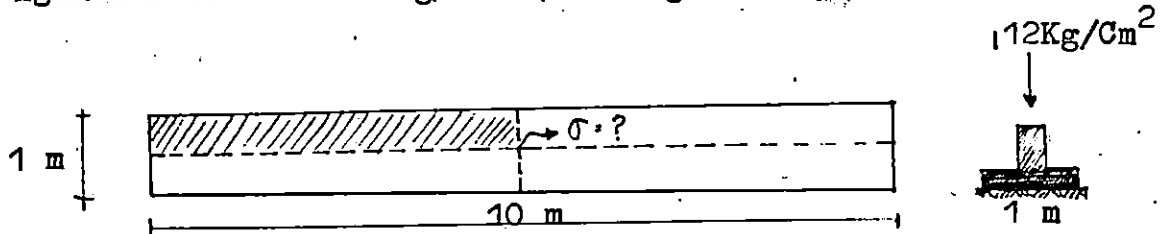
$$m = \frac{B}{Z}$$

$$n = \frac{L}{Z}$$

B. = Lebar Telapak Pondasi      L = Panjang Telapak Pondasi  
Z = Dalam Lapisan Tanah yang Ditinjau.

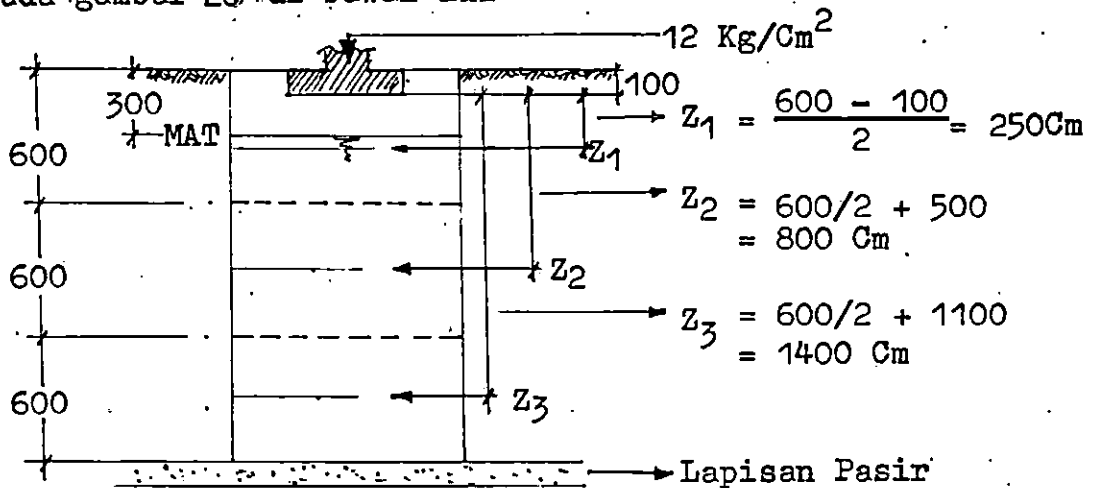
MILIK UPT PERPUSTAKAAN  
IKIP PADANG

Tegangan ditinjau pada titik tengah pondasi, misalkan ukuran telapak pondasi 1,00 x 10,00 meter dengan berat bangunan rata-rata 12 Kg/Cm<sup>2</sup> (lihat gambar 19).



Gambar 19 Ukuran Telapak Pondasi.

Pondasi terletak pada tekstur dan kondisi tanah seperti pada gambar 20 di bawah ini.



Gambar 20 Kondisi Tanah Dibawah Telapak Pondasi

Pondasi terbenam ke dalam tanah sedalam 1 meter, diketahui lapisan lempung setebal 18 meter dan di bawahnya terdapat lapisan pasir. Berat sendiri tanah = 1700 Kg/m<sup>3</sup> atau sama dengan 1,7 Gram/Cm<sup>3</sup>. Muka air tanah sejarak 3 meter dari permukaan tanah. Peninjauan terhadap penurunan juga dilakukan pada tiga tempat seperti contoh terdahulu, masing-masing pada ketebalan 6 meter.

Proses perhitungan adalah sebagai berikut:

Lapis 1:

$$P_{\sigma} = z_1 \times \gamma_1 - z_{(\text{air})} \times \gamma_{(\text{air})}$$

$$P_0 = 250 \text{ Cm} \times 1,7 \text{ Gr/Cm}^3 - 50 \text{ Cm} \times 1 \text{ Gr/Cm}^3$$

( t a n a h )                      ( a i r )

$$= 425 \text{ Gr/Cm}^2 - 50 \text{ Gr/Cm}^2 = 375 \text{ Gram/Cm}^2.$$

Harga  $\Delta p$  dihitung untuk pertengahan masing-masing lapisan. Untuk mendapatkan tegangan pada titik tengah pondasi kita anggap pondasi terdiri dari empat bahagian sama besar sehingga B dan L menjadi separoh dari ukuran sebenarnya.

$$\text{maka: } m = \frac{B}{Z} = \frac{0,50}{2,50} = 0,2$$

$$n = \frac{L}{Z} = \frac{5,00}{2,50} = 2,0$$

Berdasarkan Grafik 4a diperoleh tegangan  $KI\bar{q} = 0,063$ .

$$\Delta p = KI\bar{q} = 4 \cdot 0,063 \cdot 12 \text{ Kg/Cm}^2 = 3,02 \text{ Kg/Cm}^2.$$

$$\text{maka } P_1 = P_0 + \Delta p$$

$$= 0,375 + 3,02 = 3,395 \text{ Kg/Cm}^2.$$

Karena  $P_0$  dan  $P_1$  sudah diperoleh maka berdasarkan beban tersebut dilakukan pengujian pembebanan di laboratorium. Sebagai contoh dengan ketebalan benda uji 20 mm, misalnya diperoleh data-data sebagai berikut:

Untuk  $P_0 = 0,375 \text{ Kg/Cm}^2$  diperoleh  $h_0 = 19,835 \text{ mm}$   
 $P_1 = 3,395 \text{ Kg/Cm}^2$  diperoleh  $h_1 = 19,620 \text{ mm}$   
 maka sekarang dapat diperoleh besarnya angka penurunan sebagai berikut:

$$S = \frac{\Delta h}{h} \cdot H = \frac{19,835 - 19,620}{20} \times 500$$

$$S = 5,375 \text{ Cm.}$$

$$\text{Lapis 2: } P_0 = z_2 \times \gamma_2 - z_{(\text{air})} \times \gamma_{(\text{air})}$$

$$= 800 \times 1,7 - 600 \times 1$$

$$= 1360 - 600 \dots\dots\dots 760 = 0,76 \text{ Kg/Cm}^2$$

$$m = \frac{0,50}{8,00} = 0,06 \quad n = \frac{5,00}{8,00} = 0,62$$

Melalui Grafik 4a diperoleh  $KI \sigma = 0,01$

$$\Delta p = I \sigma \cdot q = 4 \cdot 0,01 \cdot 12 = 0,48 \text{ Kg/Cm}^2$$

$$P_1 = 0,76 + 0,48 = 1,24 \text{ Kg/Cm}^2$$

Dari pengujian labor dengan ketebalan sampel 20mm misalnya diperoleh:

$$P_0 = 0,76 \text{ Kg/Cm}^2 \text{ diperoleh } h_0 = 19,675 \text{ mm}$$

$$P_1 = 1,24 \text{ Kg/Cm}^2 \text{ diperoleh } h_1 = 19,555 \text{ mm}$$

$$\text{maka: } s = \frac{19,675 - 19,555}{20} \times 600 = 3,6 \text{ Cm.}$$

$$\text{Lapis 3: } P_0 = 1400 \times 1,7 - 1200 \times 1$$

$$= 2380 - 1200 = 1180 = 1,18 \text{ Kg/Cm}^2$$

$$m = \frac{0,50}{14} = 0,035 \quad n = \frac{5,00}{14} = 0,35$$

Dari grafik 4a diperoleh:  $\frac{1}{4} I \sigma = 0,005$

$$\text{maka } \Delta p = 4 \cdot 0,005 \cdot 12 = 0,24 \text{ Kg/Cm}^2$$

$$P_1 = 1,18 + 0,24 = 1,42 \text{ Kg/Cm}^2$$

Dari hasil pengujian labor untuk beban tersebut di atas misalnya diperoleh data:

$$P_0 = 1,18 \text{ Kg/Cm}^2 \text{ diperoleh } h_0 = 19,45 \text{ mm}$$

$$P_1 = 1,42 \text{ Kg/Cm}^2 \text{ diperoleh } h_1 = 19,30 \text{ mm}$$

$$\text{maka: } s = \frac{19,45 - 19,30}{20} \times 600 = 4,5 \text{ Cm}$$

Jumlah penurunan total sampai pada kedalaman 18 m adalah sebesar 13,475 Cm.

Terakhir yang tidak kalah penting penting lagi adalah menentukan waktu yang dibutuhkan selama penurunan berlangsung. Lamanya waktu tersebut dapat diperkirakan seperti berikut

$$t = \frac{T \cdot H^2}{C_v} \dots\dots\dots U 90\% \text{ maka } T = 0,848$$

Lihat halaman 44.

Dari pengujian laboratorium misalnya diperoleh  $C_v = 6 \cdot 10^{-3}$  Cm/detik.

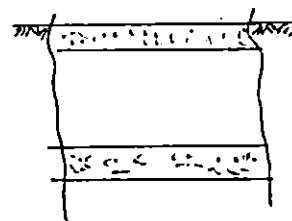
$$t = \frac{0,848 \cdot (1700)^2}{6 \cdot 10^{-3}}$$

H diambil 1700 Cm karena kondisi tanah dianggap berdrainase tunggal.

$$t = 4,08 \cdot 10^8 \text{ detik}$$

$$t = 12,95 \text{ tahun.}$$

Apabila kondisi tanah dapat dikategorikan berdrainase ganda seperti pada sket di bawah ini, Hal ini disebabkan karena lapisan paling atas berjenis pasir, maka H dapat diambil separoh dari 1700 Cm.



Maka:

$$t = \frac{0,848 \cdot \left(\frac{1700}{2}\right)^2}{6 \cdot 10^{-3}} = \frac{0,848 \cdot 722500}{0,006} = 1,02 \cdot 10^8 \text{ det.}$$

$$t = 1,02 \cdot 10^8 \text{ detik} = 3,23 \text{ tahun}$$



## BAB III

### STABILITAS TANAH

Setelah selesai melakukan penyelidikan tanah baik di lapangan maupun di laboratorium, tentu sudah jelas keadaan dari suatu tanah yang diselidiki tersebut.

Dalam hal ini adakalanya tanah dapat langsung ditempati oleh pondasi, karena berdasarkan rekomendasi penyelidikan, tanah tersebut cukup baik dan memenuhi syarat untuk jenis konstruksi yang akan dibangun. Dengan kata lain tanah tersebut tidak perlu lagi diperbaiki kestabilannya.

Adakalanya rekomendasi menyarankan agar diadakan lebih dulu perbaikan terhadap stabilitas tanah tersebut. Hal ini sering disebabkan karena tanahnya mempunyai tingkat permeabilitas yang tinggi atau menunjukkan indeks konsistensi yang tidak sesuai dengan yang diizinkan dan lain sebagainya. Sebagaimana dikatakan oleh Bowles (1977:217), bahwa tanah merupakan salah satu bahan konstruksi yang langsung tersedia di lapangan dan apabila dapat dipergunakan akan sangat ekonomis. Walaupun demikian ia harus dipakai setelah kualitasnya dikontrol.

Ber macam-macam cara yang dapat dilakukan untuk memperbaiki stabilitas tanah antara lain adalah sebagai berikut:

#### 3.1 Menambah Kerapatan Tanah

Metoda ini biasanya dilakukan pada tanah dengan keadaan tekstur yang sangat lepas atau sangat mudah tertekan misalnya pada tanah kering yang gembur.

Menambah kerapatan ini dapat dilakukan dengan cara pemadatan atau penekanan dengan menggunakan mesin giling (roller), ataupun dengan cara menjatuhkan benda berat di atas permukaan tanah, penumbukan (stamper).

Pada konstruksi jalan raya (pembuatan badan jalan) biasa dilakukan dengan menggunakan mesin giling. Sedang-

Sedangkan untuk lokasi bangunan gedung sering dilakukan dengan cara penumbukan.

Penekanan pada permukaan tanah tersebut membuat butir-butir tanah menjadi lebih rapat, sebab ruang pori semakin mengecil. Sekaligus kadar air mengalir keluar dari lokasi tanah yang dipadatkan. Akibat dari pemadatan ini ialah volume tanah akan berkurang dari keadaan semula, hingga perlu diadakan penambahan materi atau penimbunan. Bahan penimbunan didatangkan dari tempat lain, sekaligus kita dapat memilih jenis tanah timbun yang cocok dengan jenis konstruksi pondasi yang akan dibangun.

Teknis pelaksanaan pemadatan guna menambah kerapatan butir-butir tanah tersebut perlu ditambahkan air guna untuk memudahkan dalam proses pemadatan (sebagai pelincir), kalau tanah tersebut dalam keadaan kering. Tidak demikian halnya pada tanah yang banyak mengandung air secara alami.

Khusus tanah yang bersifat tidak kohesif, tanah harus terlebih dahulu dikekang atau dibatasi sekelilingnya, kemudian baru digiling dengan mesin giling yang bergetar dan ada baiknya juga bila dijenuhkan dengan air terlebih dahulu, terutama untuk tanah yang berjenis pasir atau kerikil.

### 3.2 Mempertinggi Tahanan Geser Tanah

Pada tanah yang bersifat tidak kohesif, dapat ditambah tanah lain yang bersifat tidak aktif atau yang berkohesi tinggi seperti tanah liat atau tanah lempung. Kemudian dipadatkan dengan menggunakan mesin giling atau mesin tekan statis lainnya.

Proses ini akan membuat terisinya rongga-rongga pada tanah dasar disebabkan adanya penimbunan dan pemadatan sehingga terhimpun satu kesatuan yang lebih kuat serta tingkat kohesi yang lebih tinggi. Pemadatan akan lebih sempurna bila kondisi tanah dijenuhkan dengan air, sehingga air dapat membawa tanah timbun kesegnap pori-pori tanah pasir atau kerikil tersebut.

### 3.3 Penambahan Material Agar Terjadi Perubahan Kimiawi

Suatu lokasi yang direncanakan untuk mendirikan suatu konstruksi bangunan, nemun tanahnya sangat dikhawatirkan karena tidak stabil. Misalnya mudah sekali mengalami perubahan perubahan struktur dan penurunan yang cukup membahayakan. Misalnya lokasi bekas tempat penumpukan sampah yang sedang dalam proses pelapukan, proses pelapukan ini secara alami akan memakan waktu yang cukup lama pada hal lokasi tersebut akan dibangun sesegera mungkin.

Dalam keadaan seperti ini pada tanah tersebut dapat ditambahkan suatu bahan lain yang berfungsi ganda, pertama untuk penimbunan kedua untuk mempercepat pelapukan. Dengan memasukan atau menyemprotkan zat kimia yang bersifat melapukan sampah dan kemudian menutupinya dengan tanah timbun serta sekaligus memadatkannya.

Metoda ini banyak dilakukan masarakat dewasa ini, terutama pada daerah rawa-rawa yang mempunyai muka air tanah sangat dangkal. Karena sistim ini telah dapat membantu untuk menanggulangi pembuangan sampah, sementara sampah tersebut juga telah membantu melakukan penimbunan untuk konstruksi bangunan nantinya. Hanya saja dua hal yang sangat perlu mendapat perhatian khusus pertama proses pelapukan betul-betul harus mencapai kesempurnaan, kedua taraf pematatan harus betul-betul mencapai kondisi maksimum.

### 3.4 Memperendah Muka Air Tanah

Muka air tanah dapat diatur ketinggiannya dari keadaan aslinya (alami) dengan cara membuat saluran-saluran (drainase). Muka air tanah berbeda-beda ketinggiannya pada masing-masing lokasi, hal ini dapat disebabkan oleh tinggi rendahnya lokasi dari permukaan air laut, jauh dekatnya dari aliran sungai, serta struktur lapisan di dalam tanah. Adakalanya muka air tanah (MAT) berada jauh di bawah muka tanah, hingga tidak ada pengaruhnya sama sekali terhadap konstruksi pondasi yang dibuat. Adakalanya MAT berada dekat

sekali ke permukaan tanah bahkan ada yang sama atau lebih tinggi dari permukaan tanah. Kalau hal ini dibiarkan saja tentu konstruksi pondasi akan berada seluruhnya di dalam air tanah, hal ini jelas akan merusak pada konstruksi pondasi.

Salah satu jalan yang dapat ditempuh selain dari merencanakan konstruksi pondasi yang cukup tahan terhadap pengaruh air tanah atau mempertinggi permukaan tanah sehingga berada jauh di atas muka air tanah, adalah mengusahakan agar muka air tanah dapat diturunkan.

Salah satu cara yang dapat menurunkan permukaan air tanah adalah dengan membuat drainase-drainase dibawah muka tanah tersebut, hingga dapat menyalurkan/mengalirkan air ke luar dari lokasi, ke sungai atau ke daerah lain yang lebih rendah. Sehingga muka air dapat diturunkan dari keadaan semula. Dengan demikian muka air tanah berada di bawah telapak pondasi.

Konstruksi drainase dapat dibuat dengan cara sederhana yakni membuat aliran air pada kedalaman yang diinginkan dan saluran tersebut diisi penuh dengan batu kali berukuran 20 - 40 Cm. Di atas permukaan batu kali ditutupi dengan lapisan ijuk setebal 25 Cm, agar tanah di atasnya tidak dapat turun ke dalam rongga batu kali. Satu hal perlu mendapat perhatian adalah pengaturan letak serta kedalaman dari konstruksi drainase hingga tidak mengganggu atau mempengaruhi konstruksi pondasi.

Sistim ini akan lebih cocok dan lebih banyak dilakukan pada lokasi pembuatan lapangan olah raga ataupun lapangan terbang sederhana, namun tidak tertutup juga kemungkinan untuk dilakukan pada konstruksi bangunan gedung yang sederhana.

Drainase juga dapat dibuat dengan sumuran - sumuran vertikal yang dalam, hingga dapat menampung volume air yang sekaligus akan menurunkan permukaan air bawah tanah.

### 3.5 Mengganti Tanah Yang Kurang Baik Dengan Tanah Yang Lebih Baik

Suatu lokasi yang direncanakan untuk mendirikan konstruksi bangunan gedung, adakalanya tidak diizinkan oleh konsultan tanah disebabkan keadaan tanah tersebut sangat jelek. Dalam hal ini dapat disarankan agar terlebih dahulu mengangkat lapisan tanah yang berkualitas tidak baik tersebut, serta menggantinya dengan tanah yang berkualitas lebih baik, serta cocok untuk konstruksi pondasi bangunan yang direncanakan.

Penggantian dapat dilakukan pada daerah tempat berdirinya pondasi saja (jalur-jalur pondasi saja) ataupun secara keseluruhan seluas lokasi bangunan tersebut.

Teknis pelaksanaan dengan menggunakan peralatan yang agak lengkap mengingat berat pekerjaan yang dilakukan. Mengeluarkan tanah dapat dilakukan dengan mesin kerok, kemudian pengeluaran dan pemasukan tanah pengganti dapat dilakukan dengan truk. Terakhir dipadatkan dengan mesin gilas.

Penggantian seperti ini biasa dilakukan disebabkan beberapa hal, pertama karena tanah yang ada sudah mencapai ketinggian yang dibutuhkan hingga tidak dapat dipertinggi lagi, kedua tanah tersebut sudah dalam keadaan padat maksimum hingga tidak dapat dipadatkan lagi, terakhir adalah karena satu-satunya lokasi yang tersedia.

### 3.6 Mencampur Tanah Yang Kurang Baik Dengan Campuran Lain

Metoda pencampuran ini adalah dengan cara terlebih dahulu menggali tanah yang ada pada jalur-jalur pondasi sampai mencapai kedalaman melampaui rencana kedalaman pondasi. Kemudian tanah galian tersebut dicampur dengan semen portland, abu batu bara, gamping dan lainnya, diaduk dengan menggunakan mesin pengaduk (mixer). Tanah yang sudah bercampur tersebut dimasukkan kembali ke dalam rongga galian pondasi lalu dipadatkan. Kemudian barulah didirikan konstruksi pondasi di atasnya.

### 3.7 Metoda Penyuntikan (Grouting)

Guna untuk mengurangi porositas pada tanah berporositas tinggi, sekaligus mempertinggi daya dukung tanah. Maka dapat dilakukan cara penyuntikan (grouting).

Bahan suntikan yang dipakai untuk pengisi rongga tersebut adalah tanah lempung, betonit, pasir halus, semen bercampur lempung (sodium silikat) serta bahan-bahan kimia lainnya yang bersamaan sifatnya.

Penyuntikan (grouting) termasuk pekerjaan stabilitas tanah yang istimewa dan spesialisasi. Lempung betonit yang disuntikan akan berfungsi untuk menghentikan rembesan air yang masuk ke dalam konstruksi (lantai atau pondasi). Pada umumnya penyuntikan dilakukan setelah konstruksi pondasi selesai dikerjakan dan ternyata tanah masih mengalami rembesan air yang cukup tinggi, penyuntikan dilakukan di sekitar zone yang mengalami kebocoran.

Proses kerja dari lempung betonit yang disuntikan adalah sebagai berikut, penyuntikan dilakukan pada saat tanah dalam keadaan kering. Setelah cuaca lembab atau basah maka air rembesan yang datang akan diserap oleh lempung. Karena lempung menyerap air maka volume lempung akan mengembang sehingga dapat menutupi ruang-ruang kosong tanah dan dapat sekaligus menghentikan aliran air yang datang.

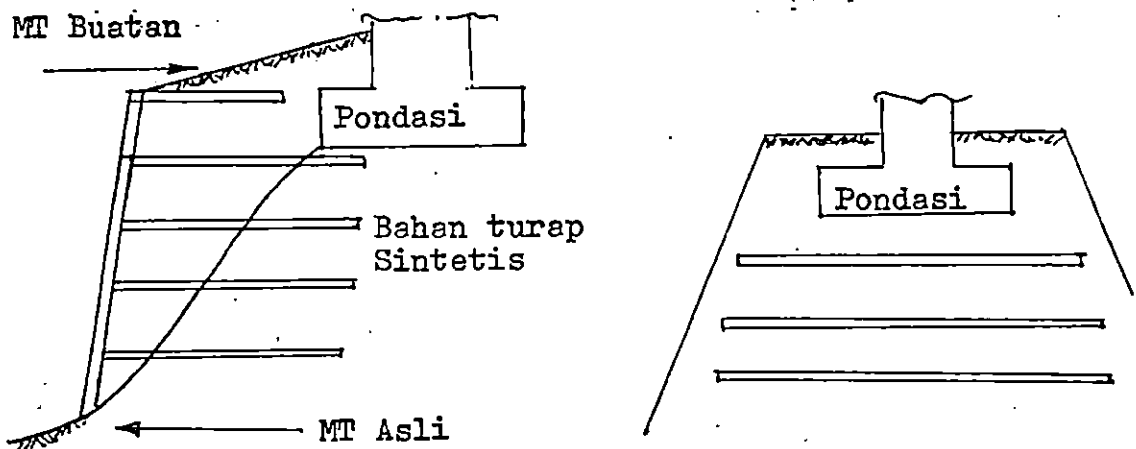
Pekerjaan ini sering dilakukan pada konstruksi bendungan, di bawah konstruksi lantai bangunan dan sebagainya. Sistem penyuntikan dapat dilakukan dengan menggunakan mesin vibrasi yang dapat menginjeksi (memompa) lempung dalam keadaan lunak atau lembek ke dalam rongga tanah asli yang dalam kondisi kering.

### 3.8 Penggunaan Bahan Buatan (Sintetis)

Stabilisasi ini dengan menggunakan bahan buatan, bermula dari bahan yang sangat sederhana seperti pencampuran rumput, jerami dengan tanah liat yang digunakan sebagai turap untuk dapat membuat kemiringan yang lebih curam.

Pekerjaan ini sering dilakukan pada tebing-tebing atau pada kiri-kanan jalan atau juga pada kiri-kanan jalur pondasi bangunan lainnya.

Penggunaan bahan buatan ini berkembang terus hingga menggunakan kayu yang diawetkan, logam dan sebagainya. Namun jenis ini mempunyai usia yang relatif pendek disebabkan proses pelapukan. Untuk mengatasi masalah ini bahan di ganti dengan beton pracetak dan pada tempat-tempat tidak membutuhkan tahanan tarik lebih baik bila digunakan bahan dari serat-serat sintesis yang tidak mengalami pelapukan pada waktu yang relatif panjang. Bahan ini lebih dikenal dengan istilah "Geotekstil". Beberapa contoh pemakaian bahan geotekstil pada tanah yang di atasnya akan dibangun suatu konstruksi adalah seperti gambar 21 dibawah ini.



Gambar 21 Geotekstil Sebagai Turap

Teknis pemasangannya adalah dengan cara terlebih dahulu membongkar tanah asli pada tempat-tempat yang akan diberi turap agar lebih mudah proses pemasangan geotekstil. Kemudian selapis demi selapis diisi dengan tanah dan geotekstil secara bergantian hingga akhirnya dapat membentuk suatu kemiringan yang diinginkan.

Demikianlah beberapa macam metoda yang dapat dilakukan dalam rangka meningkatkan stabilitas tanah. Namun pada zaman moderen ini orang cenderung untuk menciptakan atau mendisain konstruksi pondasi yang sesuai dengan keadaan tanah

tanpa memperbaikinya terlebih dahulu. (keadaan tanah asli) Oleh sebab itu timbulah jenis-jenis pondasi dalam berbagai jenis dan bentuk serta kekuatan. Misalnya pondasi tiang pancang untuk jenis tanah lumpur, pondasi cakar ayam untuk jenis tanah rawa dan sebagainya. Namun tidak ada salahnya bila metoda stabilitas tanah tersebut diketahui dengan baik hingga kita dapat memilih alternatif yang lebih praktis antara memperbaiki stabilitas tanah atau merancang konstruksi pondasi yang sesuai dengan keadaan tanah yang ada.

Dari kedua alternatif tersebut terlihat bahwa, apapun cara yang kita pilih yang jelas bila kita ingin membangun suatu konstruksi pondasi di atas sebidang tanah, maka keadaan tanah tersebut harus kita ketahui secara mendetail terlebih dahulu hingga kedalaman tertentu.