

3. METODE REKLAMASI

3.1 Transportasi Bahan Urukan

Kegiatan pemindahan adalah hal dasar yang memerlukan alat dan sarana untuk kegiatan transportasi. Dalam hal ini transportasi dibutuhkan untuk melakukan pemindahan bahan urukan, dimana ada beberapa cara yang mungkin dilakukan yaitu melalui darat ataupun laut. Pengangkutan material secara besar-besaran yang dilakukan dalam reklamasi lahan tidak hanya memerlukan satu diantara cara tersebut, kemungkinan dilakukan kedua-duanya sangatlah besar, karena material yang begitu banyaknya tidak hanya didapat dari satu sumber.

Yang diketahui, alat angkut material darat ini mempunyai berat diatas kendaraan umum, yaitu, diatas 10 ton. Ini sangat mempengaruhi kestabilan tanah yang dilaluinya oleh karena berat yang diatas rata-rata. Perlu adanya jalur khusus agar tidak merusak daerah yang di lalui. Untuk jarak panjang Transportasi darat dibagi menjadi 3 jenis menurut penggunaannya, yaitu:

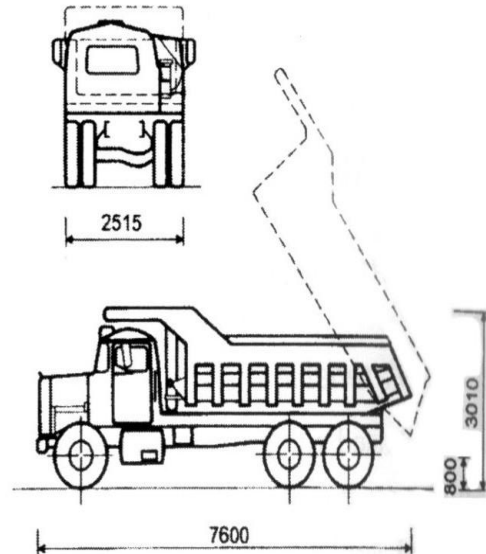
- Jalan yang dibuat khusus.
- Jalan umum yang didesain khusus untuk angkutan berat.
- Rel yang khusus dibuat atau telah ada.

Apabila salah satu dari ketiga jenis ini dapat terwujud dalam mereklamasi, maka transportasi darat tidak menjadi masalah. Untuk kendaraan pengangkut darat ada dua macam, pengangkutan jenis umum yang berbobot tidak melebihi beban jalan yang tentunya bermuatan lebih sedikit dan jenis angkutan berat yang melebihi beban jalan pada umumnya, bermuatan lebih banyak.

Dibawah ini adalah contoh angkutan umum dan berat :

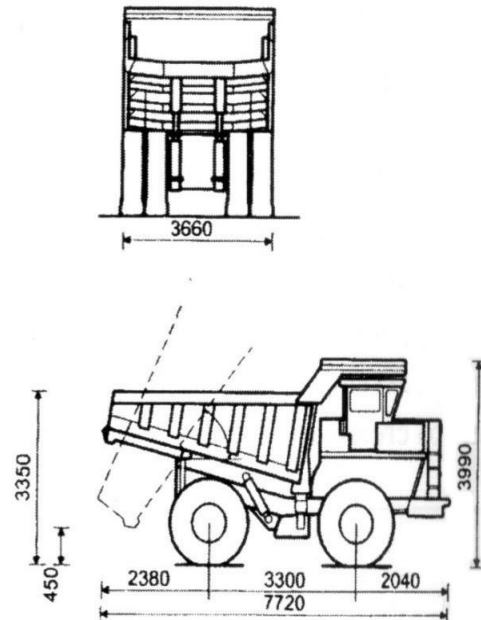
MACK DM 686 SX(6 x 4)

nett carrying capacity	25,000 kg
gross vehicle weight	
front	8,200 kg
rear	29,480 kg
total	37,680 kg
nett weight	12,680 kg
engine	ern 6-285; 210 kw at 2,100 rpm
fuel tank capacity	340 ltr
tyres	12.00 x 24
rock body	12 m ³



WABCO 35C (4 X 4)

nett carrying capacity	31,750 kg
gross vehicle weight	
front	18,865 kg
rear	39,358 kg
total	58,223 kg
nett weight	
front	13,399 kg
rear	13,073 kg
total	26,472 kg
engine: detroit 12v - 71n	320 kW at 2,100 rpm
max. speed	
forward	66 km/hr
backward	8.8 km/hr
turning circle	14.9 m
fuel tank capacity	454 ltr
body contents	
struck	17.6 m ³
heaped 1:1	26 m ³
tyres	18.00 x 33 24 PLY



Sumber: *Breakwater and Closure Dams*, K. d'Angremond and F.C van Roode

Gambar 3.1 Transportasi Darat

Adapun transport untuk jarak terbatas yang dekat dapat menggunakan pipa, terutama material pasir dan kerikil. Tentunya material tersebut dialirkan dengan pipa yang mempunyai ketinggian level tertentu yang disesuaikan dengan kekuatan pompa, dan pengaturan pipa dengan kemiringan tidak tajam atau kecil.

Cara pengambilan sumber material di-laut menggunakan tongkang atau kapal pengangkut. Kapal pengangkut dan tongkang ini dapat di bagi menjadi beberapa macam seperti yang di sebut di bawah ini :

– Tongkang geladak rata

Kapal tongkang ini mempunyai cakupan luas kapasitas bawaan, pembawa hasil galian terbesar dari batu pecah sampai 30000 ton. Memuat dan menurunkan yang selalu menggunakan crane atau kendaraan pengangkut. Ukuran tongkang yang kecil dapat mengangkut dengan ketinggian tumpukan sampai dengan 2,5 m, dan tongkang yang besar mengangkut lebih banyak sampai dengan ketinggian 5 m.

– Tongkang pintu bawah

Kapal tongkang yang digunakan untuk material yang berukuran kecil dan batuan pecah. Kemampuan tampung sampai dengan 2,5 m. muatan diturunkan dengan cara membuka pintu bawah kapal. Sekali membuka pintu, pelimpahan sangat tidak terkontrol. tongkang ini tidak dapat melimpahkan material di kedalaman yang kurang dari 3 m. Kapasitas kapal sekitar 600 ton.

– Tongkang membelah

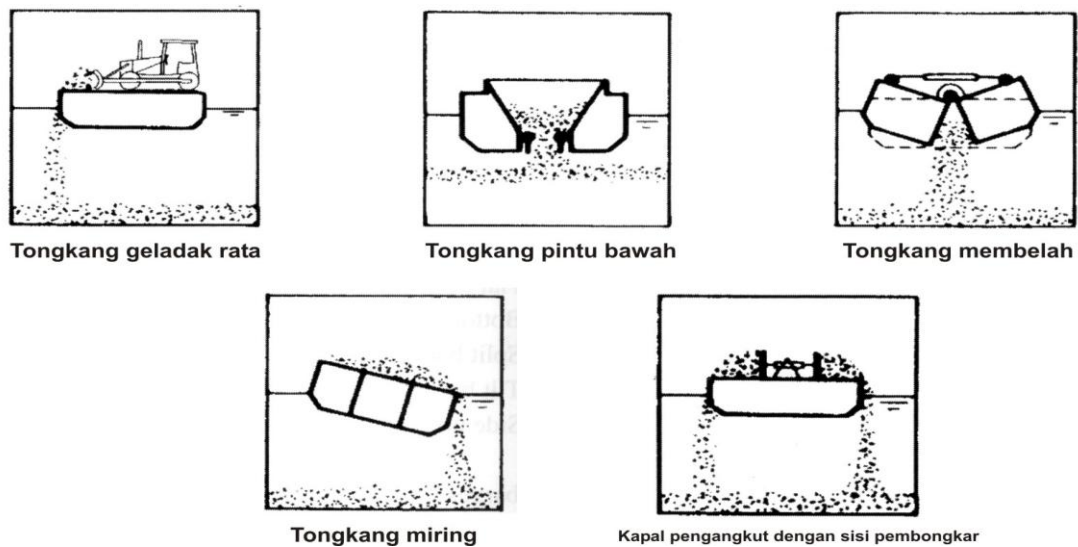
Jenis kapal ini digunakan untuk mengangkut material batuan tambang dengan ukuran halus dan sedang. Tongkang melimpahkan material dengan membelah bagian tengah kapal pada arah longitudinal. Beberapa kapal dari jenis ini dapat membelah dengan celah yang tidak besar. Dengan bergerak kesamping, memungkinkan kapal tongkang ini membuat karpet dasar laut dengan material yang dilimpahkannya. Kapasitas kapal ini berkisar antara 600 sampai 1000 ton.

– Tongkang miring

Tongkang dengan permukaan dek yang rata yang menurunkan material dengan membanjiri bagian ruang pelampung kapal sehingga membuat kapal menjadi miring membentuk kemiringan yang memudahkan pelimpahan material diatas kapal. Pelimpahan material agak tidak terkendali. Tongkang ini telah jarang digunakan dan diganti dengan peralatan yang lebih modern. Kapasitas kapal sekitar 600 ton.

- Kapal pengangkut dengan sisi pembongkaran

Kapal pengangkut dengan dek datar, yang pelimpahan material dengan mendorong material di atas dek menggunakan mesin pendorong. Dengan cara ini ketepatan pelimpahan material lebih akurat. Kapasitas kapal ini antara 600 sampai 2000 ton (Angremond dan Roode, 2004).



Sumber: *Breakwater and Closure Dams*, K. d'Angremond and F.C van Roode

Gambar 3.2 Jenis Kapal Angkut

Selain kapal pengangkut, pengurukan memerlukan kapal yang digunakan untuk mengambil material. Material urukan diambil dengan kapal keruk atau *Dredge ship*. Kapal jenis ini mempunyai pompa untuk mengambil material pada dasar laut. Salah satu contoh gambar kapal pengerug material dasar laut dapat dilihat pada Gambar 3.3.

Kapal pada Gambar 3.3 sering digunakan untuk mengambil material urukan secara masal, digunakan untuk mencari material urukan pada daerah laut. Pencarian dilakukan didaerah tepi pantai, dapat juga untuk memperdalam daerah tepi pantai untuk dijadikan pelabuhan. Ujung dari alat pompa terdapat alat untuk mengeruk material dasar laut. Kapal jenis ini sangat efektif untuk mendapat material urukan dari laut (Tsinker, 2004).



Sumber: <http://www.vostalmg.com>

Gambar 3.3 Dredge Ship

3.2 Penghamparan

Dari segi teknik, penghamparan dibedakan menjadi 2 macam yaitu cara penghamparan darat dan cara penghamparan laut. Hal ini dibedakan karena penggunaan alat yang tidak sama dan kondisi medan yang berbeda. Penggunaannya akan digunakan kedua-duanya karena penghamparan laut terlebih dahulu dilakukan untuk mendapatkan ketinggian urukan diatas permukaan laut, setelah itu dilakukan penghamparan darat.

3.2.1 Penghamparan Laut

Sebelum melakukan penghamparan ada hal-hal yang ditinjau seperti Gelombang, pasang surut laut dan cuaca. Hal-hal ini diperhatikan jika penghamparan di daerah laut.

Dalam mengatasi gelombang perlu dibuat dinding penahan gelombang (*Breakwater*), fungsi dari dinding ini adalah untuk mengurangi efek penggerusan air laut terhadap tanah yang dihamparkan kedalam laut atau dapat juga dibangun dinding pembatas di sekeliling lahan yang akan direklamasi, untuk kestabilan keadaan urukan dalam hal kuantitas tetap terjaga.

Untuk menghamparkan tanah diperhatikan batas maksimal kedalaman kapal. Pengecekan ketinggian air saat pasang surut membantu menentukan batas

maksimal kedalaman dan waktu penghamparan agar kapal tidak terjebak sesaat di tepi pantai.

Cuaca yang buruk mempengaruhi proses penghamparan, karena penurunan material tidak dapat tepat dilakukan pada daerah yang direklamasi akibat gelombang sehingga memungkinkan tanah yang dihamparkan terbawa arus laut dan berbahaya bagi kapal yang bermuatan material penuh ketika melimpahkan material ke laut.

Setelah memperhatikan hal diatas penghamparan dapat dilakukan dengan lebih efisien. Ada pun cara penghamparan material yang dilakukan di laut, salah satunya adalah *Hydraulic fill*. *Hydraulic Fill* adalah cara penghamparan dengan penyemprotan material urukan. Cara ini digunakan dengan menggunakan pompa yang besar, secara tak langsung material menjadi padat ketika dilakukan pengisian pada daratan dengan disemprotkan, karena penyemprotan sekaligus dapat membuat pasir membuat struktur yang kokoh karena tekanan dari tenaga dorong alat penyemprot. Pemilihan material saat menggunakan metode *Hydraulic Fill* perlu diperhatikan dan dicek gradasi serta jenis tanah yang akan dipompakan ke lahan reklamasi. Material tidak boleh banyak mengandung lumpur dan karang laut, material harus pasir yang bergradasi baik, sehingga kepadatan tanah reklamasi terbentuk karena dalam pasir tekanan porinya nol dan aliran air lancar karena pasir adalah material yang mudah dilalui air.

3.2.2 Penghamparan Darat

Material yang dihamparkan di darat memerlukan alat berat untuk menimbun dan memadatkan . Alat tersebut akan dibahas pada bagian pemadatan. Cara yang kebanyakan di gunakan pada daerah darat adalah *dumping*.

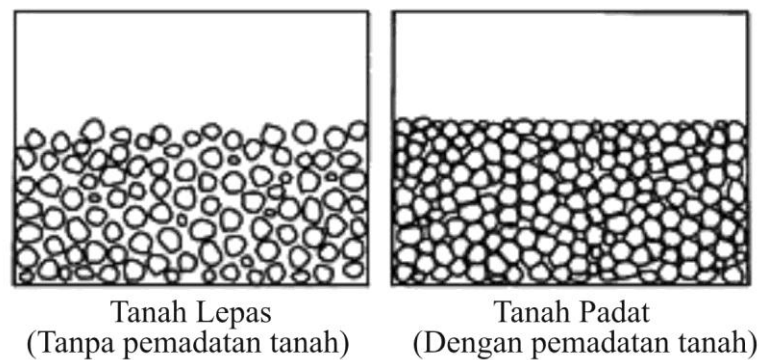
Dumping dilakukan dengan membuang material kedaerah yang akan direklamasi. Pembuangan ini dilakukan pada daerah rawa atau laut untuk membuat daratan yang dapat dijadikan lahan baru. setelah mencapai ketinggian tanah yang dapat dilalui oleh alat transport darat atau pada keadaan yang tidak terendam cara ini baru dapat dilakukan. Prinsipnya hanya membuang material lalu dipadatkan. Pemadatan ini dilakukan tiap lapisan, untuk memperoleh tanah pijakan yang padat di gunakan alat pemadat. Pemadatan lapisan perlapisan

dilakukan berulang ulang untuk tiap lapisan, disesuaikan dengan desain dan tujuan pembangunan.

Untuk tanah di daerah reklamasi biasanya perlu penanganan khusus. Tanah daerah ini tidak kuat menahan beban kendaraan berat sehingga perlu penambahan aditive atau bahan campuran untuk perkuatan tanah.

3.3 Pemadatan

Dalam tanah terdiri dari udara, air (*void*) dan unsur dari tanah tersebut. Udara dan air ini akan tersimpan dalam ruang diantara partikel tanah yang disebut *void*. Pada dasarnya pemadatan tanah bertujuan untuk membentuk struktur tanah yang padat yang memiliki sedikit ruang *void*. Berikut adalah Gambar 3.4 ilustrasi antara tanah lepas dan tanah padat.

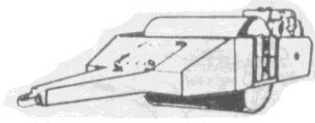


Gambar 3.4 Perbedaan Kepadatan Tanah

Pemadatan dilakukan untuk memperoleh tanah yang padat dengan pemadatan bertahap lapisan per lapisan, batasan tebal lapisan yang akan dipadatkan kurang dari 50 cm, karena alat pemadat lebih efektif pada ketebalan itu. Pelintasan saat pemadatan memerlukan perhitungan yang tepat agar memperoleh kepadatan tanah yang baik serta memperhatikan kadar air optimum agar pelintasan lebih sedikit dilakukan.

Adapun alat alat berat yang digunakan untuk pemadatan, alat-alat ini tergantung dari jenis tanah yang akan dipadatkan. Tiap alat mempunyai kemampuan yang berbeda sehingga untuk pemilihannya haruslah tepat sesuai dengan kegunaan agar mendapatkan tanah yang padat dan pengerjaan yang efisien. Dibawah ini adalah tipe alat-alat yang umum digunakan untuk pemadatan.

- Mesin gilas roda-halus(*Smooth-Wheeled Roller*)



Smooth-Wheeled Roller

Alat ini terdiri Tabung baja, massa alat ini dapat ditambah dengan mengisi tabung dengan air atau pasir. Alat ini cocok dengan kebanyakan jenis tanah kecuali pasir seragam dan pasir lanau, tidak perlu dilakukan pengadukan atau peremasan tanah. Permukaan lapisan yang dihasilkan cukup halus, memungkinkan air hujan melimpas dengan mudah, lemahnya lekatan antarlapisan yang berurutan mengakibatkan urukan yang terjadi terpilah-pilah.

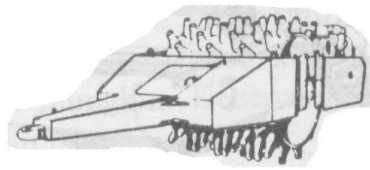
- Mesin gilas ban-pompa (*Pneumatic-Tyred Roller*)



Pneumatic-tyred Roller

Alat ini cocok untuk tanah-tanah yang berbutir kasar dan halus tetapi tidak bergradasi seragam. Roda-roda ini dipasang saling berdekatan pada dua poros roda, roda-roda depan dan belakang diatur saling menutupi lintasannya sehingga tanah tergilas dengan rata. Ban-ban tersebut relatif lebar dengan jejak yang datar sehingga tanah tidak berpindah secara lateral. Mesin gilas jenis ini juga dapat dilengkapi dengan poros khusus yang memungkinkan roda-rodanya bergoyang, sehingga melindunginya dari lekatan tanah. Alat ini juga memberikan aksi pemerasan pada tanah. Permukaan yang dihasilkan relatif halus, akibatnya tingkat lekatan antar lapisan menjadi rendah. Jika diperlukan lekatan yang baik maka permukaan yang akan dilapisi digores terlebih dahulu sebelum dilapisi lagi. Peningkatan usaha pemadatan dilakukan dengan menambah tekanan angin pada ban atau dengan menambahkan beban tambahan pada badan mesin gilas.

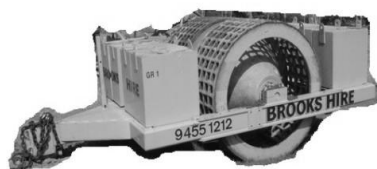
– Mesin gilas kaki-kambing (*Sheepsfoot Roller*)



Sheepsfoot Roller

Mesin gilas tipe ini terdiri dari tabung baja dengan sejumlah kaki-kaki berbentuk tongkat menonjol dari permukaan tabung tersebut. Massa tabung dapat dinaikkan dengan pengisian beban didalamnya. Susunan kaki-kaki sangat beragam, tetapi biasanya panjangnya antara 200-250 mm dengan luas jejak 40-65 cm². Kaki-kaki ini memberikan tekanan yang relatif tinggi pada luasan yang kecil. Mula-mula jika lapisan bersifat lepas, tabung bersentuhan langsung dengan permukaan tanah. Kemudian sedikit demi sedikit, jika tonjolan kaki mencengkeram tanah dan tanah menjadi cukup padat untuk menahan tekanan sentuh yang tinggi, tabung dapat diputar lagi untuk menggilas tanah berikutnya. Mesin gilas kaki-kambing kebanyakan cocok untuk tanah-tanah berbutir halus baik plastis maupun non-plastis, khususnya pada kadar air kering optimum. Mesin ini juga cocok untuk tanah-tanah berbutir kasar dengan partikel lebih halus dari 20%. Aksi kaki-kaki tersebut menyebabkan pencampuran tanah, sehingga memperbaiki derajat homogenitas, dan akan menghaluskan berangkal material-material kaku. Akibat Penetrasi kaki-kaknya, dapat dihasilkan lekatan yang baik antar lapisan yang berturutan, satu kebutuhan penting untuk menahan air pada pekerjaan tanah. Mesin gilas pengisi (*tamping roller*) sama dengan mesin gilas kaki-kambing tetapi jejak luar kakinya lebih besar, biasanya lebih dari 100 cm², dan luas total kaki-kaknya lebih besar 15% dari luas permukaan tabung.

– Mesin gilas kisi-kisi (*Grid Roller*)

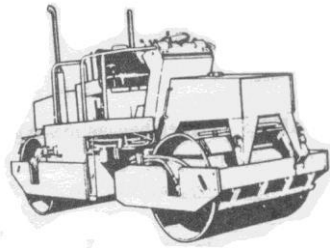


Grid Roller

Mesin gilas ini memiliki satu permukaan yang terdiri dari suatu jaring baja yang membentuk kisi-kisi dengan lubang-lubang berbentuk persegi. Pada badan mesin gilas dapat ditambahkan beban tambahan. Alat ini menghasilkan tekanan

sentuh yang tinggi tetapi aksi peremasan yang ditimbulkannya kecil dan cocok untuk tanah berbutir kasar.

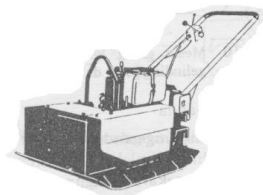
- Mesin gilas getar (*Vibratory Roller*)



Vibratory Roller

Ini adalah mesin gilas roda halus yang dipasang mekanisme getar yang dapat di atur. Mesin-mesin ini digunakan untuk sebagian besar jenis tanah dan lebih efisien bila kadar air tanah mendekati optimum. Mesin ini sangat efektif untuk tanah berbutir kasar dengan sedikit atau tanpa butiran halus. Massa mesin gilas dan frekuensi getar harus sesuai dengan jenis tanah dan tebal lapisan. Makin rendah kecepatan mesin gilas, makin sedikit lintasan yang diperlukan.

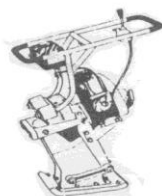
- Pelat getar (*vibrating Plate*)



Vibrating Plate

Alat ini, yang cocok untuk sebagian besar jenis tanah, terdiri dari sebuah pelat baja dengan sisi-sisi yang dapat diputar ke atas, atau pelat lengkung yang dipasang alat penggetar. Unit ini, dengan pengarah manual, berputar dengan sendirinya secara perlahan-lahan seluas tanah yang dipadatkannya.

- Alat penumbuk (*Power Hammer*)



Power Hammer

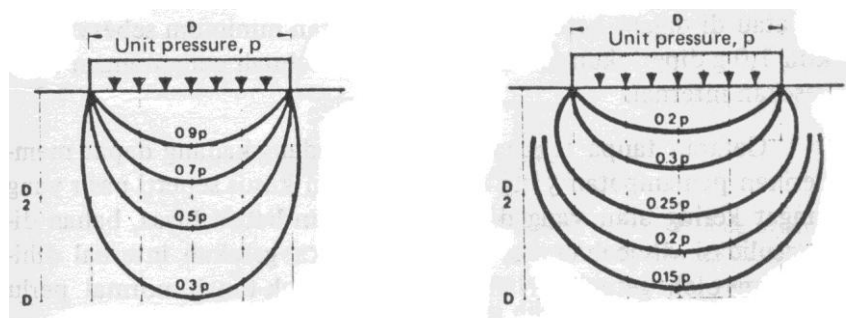
Alat manual ini umumnya berbahan bakar bensin, digunakan untuk pemadatan luasan yang kecil dimana alat-alat yang lebih besar tidak mungkin digunakan. Mesin ini juga digunakan untuk pemadatan urukan dalam parit. Alat ini tidak efektif untuk dioperasikan pada tanah bergradasi seragam.

Setelah mendapatkan alat pemadat yang tepat pemadatan haruslah di kontrol dan dilakukan pengecekan tanah di lapisan-lapisan yang telah dipadatkan.

Kepadatan tanah yang didapat dari peralatan pemadat sangat dipengaruhi oleh hal-hal dibawah ini, yaitu:

- Jumlah lewatnya mesin
- Kecepatan mesin pemadat
- Ketebalan lapisan
- Kandungan air di tanah

Setiap mesin pemadat mempunyai spesifikasi sendiri dan berbeda-beda kekuatan yang dimiliki untuk memadatkan tanah urukan tergantung dari berat alat pemadat. Untuk memadatkan tanah urukan, jumlah pelewatan harus digandakan jika kecepatan dilipatduakan. Namun, terdapat kecepatan mesin yang optimum biasanya di antara 3 km dan 6 km/jam untuk mesin giling getar dan 3 – 4 km/jam untuk mesin giling tanpa getar. Uji pemampatan telah memperlihatkan bahwa besar tekanan dan tegangan geser di dalam tanah menentukan derajat pemampatan yang diperoleh pada kedalaman yang berbeda di dalam tanah di bawah alat pemadat. Dari Gambar 3.5, gambar kiri memperlihatkan distribusi tegangan tekan vertical dan gambar kanan tegangan geser maksimum (Forssblad, 1984).

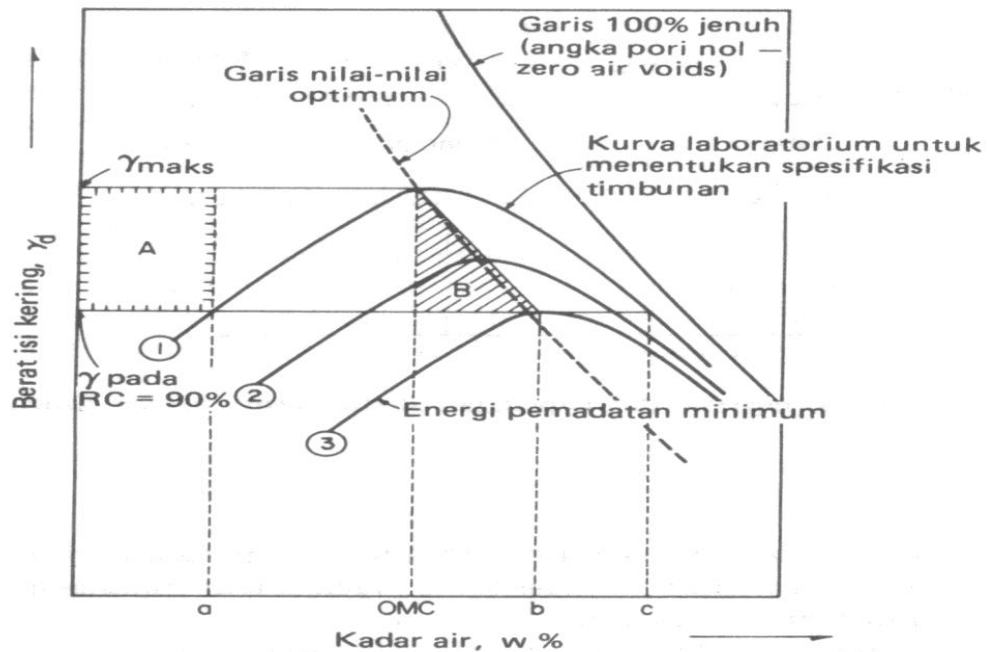


Sumber: Kompaksi Urukan Tanah Dan Batuan Dengan Getaran, Lars Forssblad

Gambar 3.5 Distribusi Tegangan

Tebal lapisan urukan biasanya kurang dari 50 cm untuk setiap pemadatan lapisan (tergantung dari jenis alat pemadat). Untuk mendapatkan kepadatan yang optimal diperlukan air yang cukup dalam melakukan pemadatan. Untuk mengetahui jumlah air yang optimum untuk pemadatan tanah dilakukan

pengetesan di laboratorium dengan uji pemadatan standar. Didapatkan grafik yang menghubungkan korelasi antara berat isi kering dan kadar air. Contoh grafik dapat dilihat pada Gambar 3.6.



Sumber: Sifat-Sifat Fisis Dan Geoteknis Tanah, Joseph E. Bowles; Johan K. Hainim.

Gambar 3.6 Grafik Uji Pemadatan

Grafik di atas menunjukkan bahwa nilai kadar air optimum berada di daerah B dimana akan menghasilkan efisiensi kepadatan yang maksimum dan batas antara OMC (*optimum moisture content*) dan b merupakan daerah lebih basa dari optimum, kadar air yang paling ekonomis berada pada b, dimana usaha pemadatan yang minimum diperlukan untuk mencapai RC 90 persen. Tetapi dengan secara konsisten memperoleh RC minimum untuk suatu proyek, akan dibutuhkan usaha pemadatan yang sedikit lebih tinggi, seperti yang dilihatkan pada kurva 2. Dengan mengetahui bahwa akan terdapat kadar air akibat faktor-faktor lingkungan yang tidak dapat dihindarkan. RC adalah kepadatan relative yang di definisikan sebagai berat isi kering lapangan dibandingkan dengan berat isi kering maksimum dari percobaan laboratorium, yang ditulis seperti persamaan yang di bawah ini

$$RC = \frac{\gamma_{Dry}^{lapangan}}{\gamma_{MaxDry}^{laboratorium}} \times 100\%$$

Nilai RC biasanya antara 105 sampai 90 persen, biasanya berdasarkan γ , sifat-sifat indeks, klasifikasi, dan performance tanah yang sebelumnya pernah diketahui. Perhatikan bahwa RC ditentukan dari percobaan laboratorium, berupa percobaan pemadatan standar, modifikasi, ataupun dari energi pemadatan yang lain.

RC berbeda dengan Dr, dimana Dr (kerapatan relative) hanya berlaku pada tanah yang tidak kohesif yang hanya sedikit mengandung butiran halus pada saringan No. 200 (Bowles, 1984).

3.4. Instrumentasi Tanah

Saat sebelum dilakukan reklamasi perlu dipasang beberapa alat untuk mengetahui penurunan yang terjadi. Berbagai macam alat digunakan untuk meneliti keadaan lapangan untuk mendapat data yang tepat pada keadaan lapangan yang perlu ditinjau, agar reklamasi yang dilakukan berjalan dengan cepat dan efisien. Alat-alat yang digunakan saat mereklamasi lahan secara tepat digunakan untuk mendapat data-data tanah yang berhubungan dengan perubahan keadaan tanah dalam hal perkembangan dimasa mendatang. Data ini digunakan agar tanah tidak mengalami perubahan lagi (tidak termasuk akibat bencana alam). Dari hasil data instrumentasi tanah mampu memantau pergerakan tanah dari metode yang dilakukan. Alat-alat tersebut di jelaskan pada sub bab berikut.

3.4.1. Inklinometer

Inklinometer didefinisikan sebagai alat untuk memantau deformasi mendatar, dan normal pada sumbu pipa fleksibel dengan cara memasukkan alat duga melewati pipa. Alat duga mencakup dua transduser sensing graviti biasanya sebuah aselerometer keseimbangan gaya yang didesain untuk mengukur inklinasi terhadap arah vertikal. Pipa dapat dipasang dalam lubang bor atau urukan, dan biasanya dipasang dalam alinyemen hampir vertikal sehingga inklinometer menghasilkan data untuk menentukan deformasi horizontal lapisan bawah permukaan.

Aplikasi inklinometer secara tipikal terdiri dari pemantauan besar, dan laju pergerakan horizontal urukan serta pemantauan stabilitas longsor. Gambar 3.7

menunjukkan sistem inklinometer yang terdiri dari empat komponen yaitu *casing* penunjuk, alat duga portabel, alat baca portabel, dan kabel listrik bertingkat. Pada umumnya *casing* penunjuk yang terbuat dari ABS (*acrylonitrile/butadiene/styrene*), dihasilkan oleh pabrik pembuat inklinometer dan tersedia dalam berbagai ukuran, cocok untuk digunakan, dan tersedia dengan kopeling teleskopik untuk pemasangan yang akan menimbulkan tekanan vertikal yang signifikan. *Casing* campuran aluminium telah banyak digunakan, tetapi ternyata banyak mengalami korosi sehingga dianjurkan untuk tidak digunakan.

Setelah dilakukan pemasangan *casing*, dan survei lokasi tip, alat duga diturunkan sampai dengan ke dasar, dan dilakukan pembacaan inklinasi. Pembacaan tambahan yang dilakukan karena naiknya alat duga secara bertahap ke puncak *casing*, akan menghasilkan data untuk menentukan alinyemen awal *casing*. Perbedaan antara pembacaan awal ini, dan tahap berikutnya dapat menentukan setiap perubahan alinyemen. Apabila satu ujung *casing* dibuat tetap terhadap translasi atau translasi permukaan yang diukur dengan alat terpisah, perbedaan ini akan membantu penghitungan deformasi horizontal absolut pada setiap titik sepanjang *casing*.

Casing inklinometer dapat juga dipasang secara horizontal di bagian hilir urukan, dan menghasilkan data untuk menentukan deformasi vertikal.

Inklinometer setempat beroperasi dalam *casing* penunjuk yang sama seperti inklinometer jenis alat duga konvensional, tetapi unit transduser sensing gravitinya ditinggalkan di dalam *casing*. Jika dibandingkan dengan inklinometer konvensional, keuntungannya adalah pembacaan lebih cepat, opsi untuk pembacaan otomatis yang kontinu, dan opsi untuk hubungan antara “console” untuk transmisi data jarak jauh atau untuk menggerakkan alarm jika deformasi melebihi besaran awal yang ditentukan. Kerugiannya adalah lebih rumit, dan lebih mahal biaya perangkat kerasnya, perlindungan kerusakan lingkungan (air) untuk alat elektronik, dan tidak dapat menentukan kualitas data dengan menggunakan prosedur pemeriksaan-jumlah inklinometer. Inklinometer setempat sebaiknya dipasang dengan jarak tertentu dengan zona geser yang telah ditentukan.

Penggunaan pelat tertanam yang identik dengan pelat baja atau beton dari pelat penurunan dapat menimbulkan masalah pada pipa bertangga gandingan. Untuk menentukan elevasi pembacaan secara teliti pada pelat, dibuat lubang bor vertikal atau bor tangan (*auger*) dari posisi permukaan hasil survei, tempat pelat, dan pengukuran kedalaman. Data yang akurat dapat diperoleh dari rencana lokasi awal pelat, dan elevasi, serta pelat yang cukup besar, dan rata.

Settlement plate digunakan untuk mendapatkan ketinggian penurunan dari awal pengukuran sampai akhirnya bangunan dibangun diatas lahan tersebut. Alat ini digunakan untuk memantau penurunan yang terjadi dengan titik patokan diluar area lahan tersebut. Titik patokan ini mempunyai elevasi ketinggian yang tetap dan tidak mengalami penurunan lagi pada daerah tersebut (*Bench Mark*).

Pemasangan *settlement plate* dilakukan pada saat sebelum pengukuran dan alat ini dipasang juga pada lapisan terluar setelah pengukuran. Gunanya untuk mengetahui penurunan yang terjadi pada lapisan sebelum urukan dan penurunan atau penyusutan material urukan. Mengenai jumlah alat yang dipasang tergantung dari lapangan. Makin banyak jumlah yang terpasang tidaklah efisien untuk pemantauan. Sebaiknya dipasang pada daerah yang mempunyai karakter tanah yang berbeda dan titik titik yang rawan dengan penurunan.



Gambar 3.9 Alat Penurunan

3.4.3. Alat Ukur Tekanan Pisometer

Penggunaan pisometer dibagi atas dua kelompok umum, yaitu:

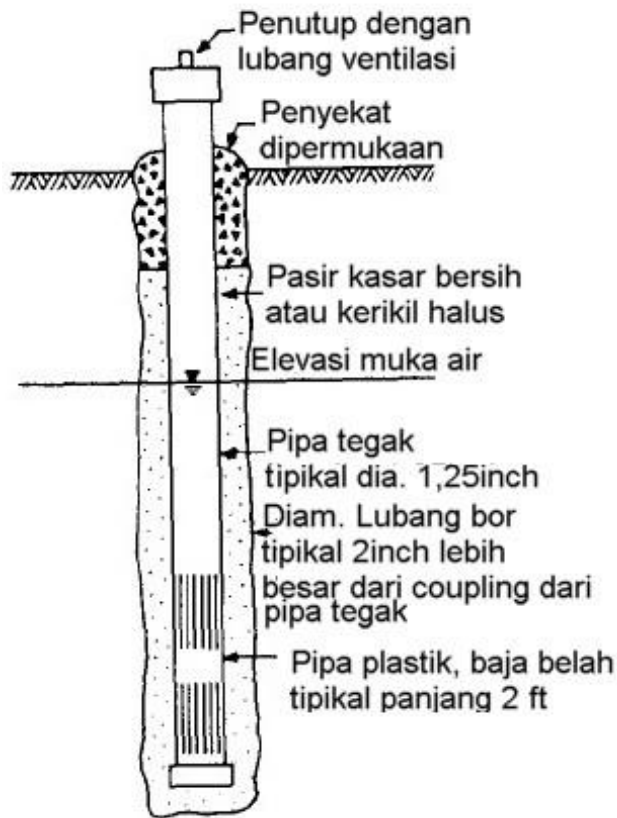
- a memantau pola aliran air
- b memberikan indeks kekuatan geser tanah.

Contoh untuk kelompok a terdiri dari penentuan kondisi tekanan pisometer sebelum pelaksanaan, pemantauan rembesan, dan efektivitas drainase, sumur observasi, dan dinding-halang. Dalam kelompok b pemantauan tekanan air pori menghasilkan perkiraan tegangan efektif, dan perkiraan kekuatan geser. Misalnya pemantauan disipasi tekanan air pori selama terjadi konsolidasi pada material fondasi, dan urukan, dan efek dari surut cepat. Penggunaan sumur observasi (*observation well*) sangat terbatas sebab hanya menggambarkan hubungan vertikal antara lapisan-lapisan tanah.

Pisometer tidak dapat di pasang pada tanah pasir, karena air pada tanah pasir mengalir bebas, pasir permeabel terhadap cairan sehingga tidak menunjukkan tekanan pada saat pembacaan alat pisometer dan pemasangan alat ini pada lapisan pasir akan sia-sia. Mengenai banyaknya pisometer yang terpasang juga tergantung dari bentuk dan luas daerah reklamasi. Pisometer dipasang pada daerah-daerah yang memungkinkan terjadinya aliran air dalam tanah pada daerah lempung, sehingga dapat memantau terjadinya penurunan tekanan air pori yang berakibat penurunan pada tanah lempung.

3.4.3.1. Sumur Observasi

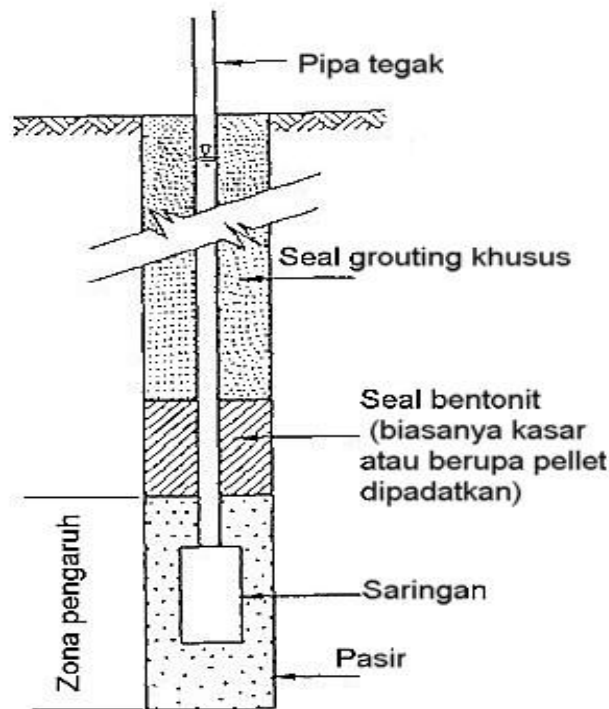
Gambar dibawah ini menunjukkan skema sumur observasi. Elevasi muka air dalam pipa tegak (*riser*) ditentukan menggunakan alat duga air (*water level indicator*) dengan sebuah penunjuk elevasi air.



Gambar 3.10 Skema Sumur Observasi (Dunnicliff 1988)

3.4.3.2. Pisometer Pipa Tegak Terbuka

Gambar 3.11 menunjukkan skema pisometer pipa tegak terbuka (dikenal sebagai pisometer *Casagrande*) yang dipasang dalam lubang bor. Komponennya secara prinsip identik dengan komponen sumur observasi dengan tambahan *seal* kedap bawah permukaan yang dilapisi atau ditutupi zona terkait. Pembacaan dapat dilakukan menggunakan *sounding* dengan indikator muka air dengan transduser tekanan yang ditempatkan dalam pipa tegak di bawah elevasi pisometer terendah atau dengan transduser sonik.

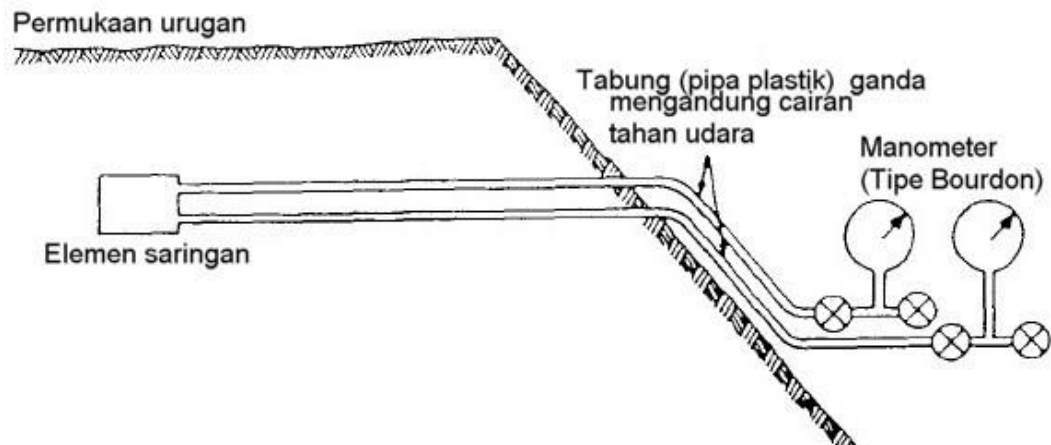


Gambar 3.11 Skema pisometer pipa tegak (Dunnicliff 1988)

3.4.3.3. Pisometer Hidraulik Tabung Ganda

Penggunaan sistem pisometer hidraulik tabung ganda dijelaskan sebagai berikut:

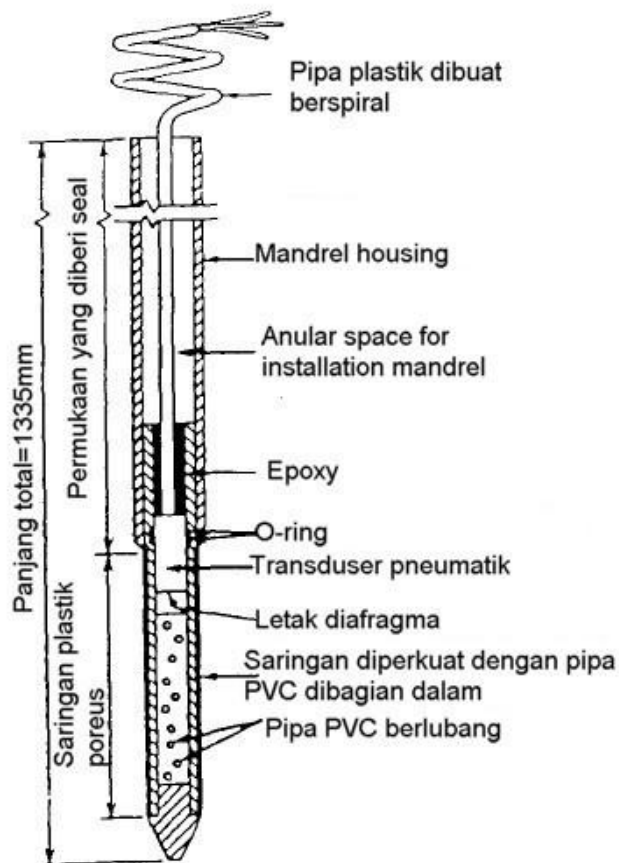
- Pisometer hidraulik tabung ganda ditunjukkan secara skematis dalam Gambar 3.12. Elevasi pisometer ditentukan dengan menambahkan hasil pembacaan manometer tekanan ditambah dengan beda elevasi pisometer. Jika kedua tabung plastik diisi penuh dengan cairan, kedua alat duga tekanan akan menunjukkan tekanan yang sama. Akan tetapi, jika sistem telah terisi gas (melalui filter, tabung atau *fitting*), gas akan menyebabkan pembacaan tekanan tidak teliti pada salah satu atau kedua alat duga itu. Gas harus dikeluarkan dengan pemjiksaan. Oleh karena itu, kedua manometer memerlukan pemjiksaan, dan kalibrasi kembali.
- Sistem pisometer hidraulik tabung ganda telah dikembangkan di Amerika Serikat oleh USBR(*United States Bureau of Reclamation*), dan di Inggris oleh *Imperial College*, London. Masing-masing sistem telah digunakan secara luas di dunia untuk bendungan urukan dengan keberhasilan yang bervariasi. Sistem yang dikembangkan di Inggris menunjukkan keberhasilan yang lebih baik daripada pisometer hidraulik tabung ganda jangka panjang memerlukan pemeliharaan yang baik (Dunnicliff 1988).



Gambar 3.12 Skema pisometer hidraulik tabung ganda (Dunnicliff 1988)

3.4.3.4. Pisometer Pneumatik

Pisometer pneumatik didasarkan pada skema alat yang ditunjukkan dalam Gambar 3.13. Filter dipasang untuk memisahkan diafragma dari material yang bersifat fleksibel, tempat pisometer akan dipasang, dan susunan pemasangan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.11. Jenis khusus pisometer pneumatik dapat digunakan untuk pemasangan dengan cara mendorong masuk ke dalam material fondasi, berbeda dengan membuat *seal* kedap air seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.11. Alat yang ditunjukkan dalam Gambar 3.13 dapat digunakan untuk memantau konsolidasi tekanan air pori yang terjadi di bawah tanah, yang mempunyai tekanan vertikal material fondasi cukup besar. Pisometer didorong ke bawah dasar lubang bor, dan lubang bor diisi dengan *seal* dari bahan injeksi bentonit lunak.. Oleh karena itu, perlu dipertimbangkan untuk mencegah kerusakan hubungan awal pada sensor selama pemasangan .



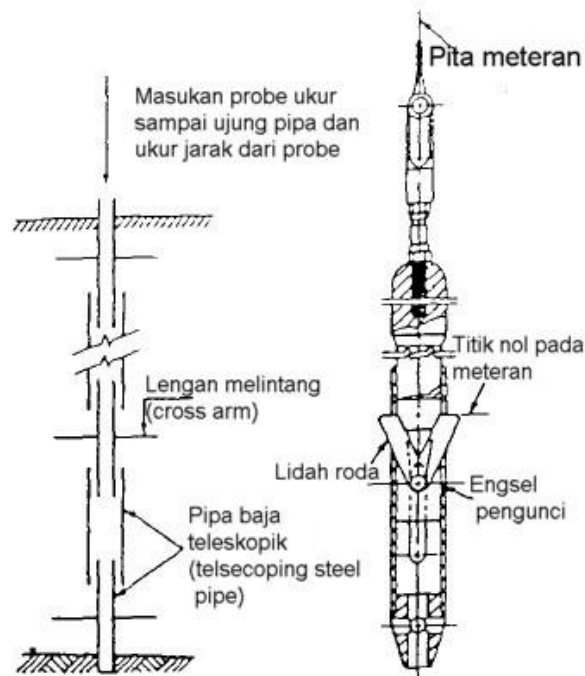
Gambar 3.13 Pisometer pneumatik tipe dorong setempat dalam lubang bor (Dunnicliff 1988)

3.4.3.5. Pisometer Kawat Getar (*vibrating wire piezometers*)

Pisometer kawat getar didasarkan pada sensor tekanan. Filter yang dipasang, dan susunan pemasangan sama seperti yang diperlihatkan untuk pisometer pipa tegak terbuka. Jenis khusus yang berdinding kuat dapat digunakan untuk pemasangan dalam urukan padat. Dinding kuat itu digunakan hanya untuk menahan perubahan tekanan air pori tetapi tidak untuk tegangan total. Jenis khusus lain dapat juga digunakan seperti pisometer pneumatik yang diperlihatkan dalam Gambar 3.13 diatas, yaitu untuk memantau konsolidasi tekanan air pori yang terjadi di bawah urukan yang mempunyai tekanan vertikal dari material fondasi cukup besar.

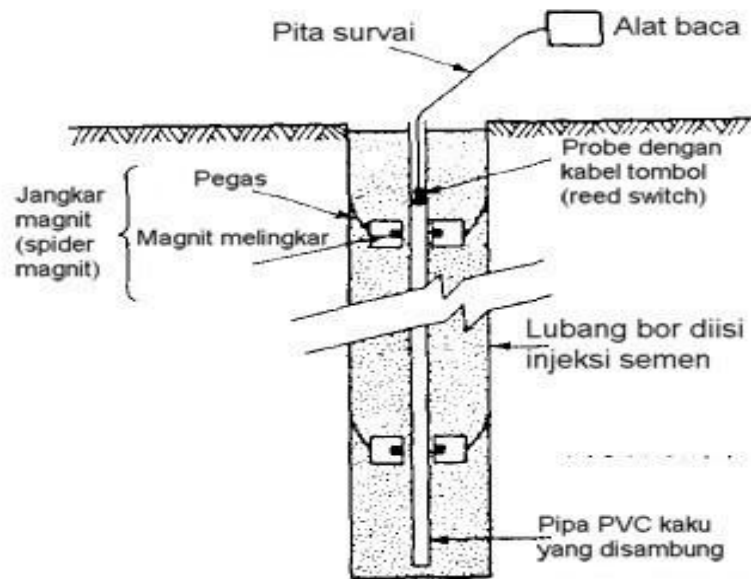
3.4.4 Alat Probe Ekstensometer

Alat probe ekstensometer yang ditentukan dalam pedoman ini merupakan alat untuk memantau perubahan jarak antara dua atau lebih titik sepanjang sumbu biasa dengan memasukkan probe melewati pipa. Titik-titik pengukuran sepanjang pipa dibedakan secara mekanik atau elektrik dengan probe ukur atau duga, dan jarak antara titik ditentukan dengan mengukur posisi probe. Untuk menentukan data deformasi absolut, salah satu dari titik pengukuran harus berada pada lokasi yang tidak mengalami deformasi atau posisinya selaras dengan datum (referensi) yang ditentukan secara periodik dengan metode survei. Pipa dapat berdiri tegak dengan memberikan pengukuran penurunan.



Gambar 3.14 Crossarm gage: a) Skema pipa, dan b) probe pengukur

Alat duga magnet kabel bertombol (*magnet/reel switch gage*) didasarkan pada transduser yang ditunjukkan pada Gambar, disusun seperti dalam Gambar Magnet laba-laba (*spider*) mempunyai angker-angker pegas untuk menyesuaikan dengan deformasi tanah sehingga dapat digunakan jika tekanan vertikal cukup besar.



Gambar 3.15 Skema alat ukur probe ekstensiometer dengan magnet kabel bertombol dipasang dalam lubang bor

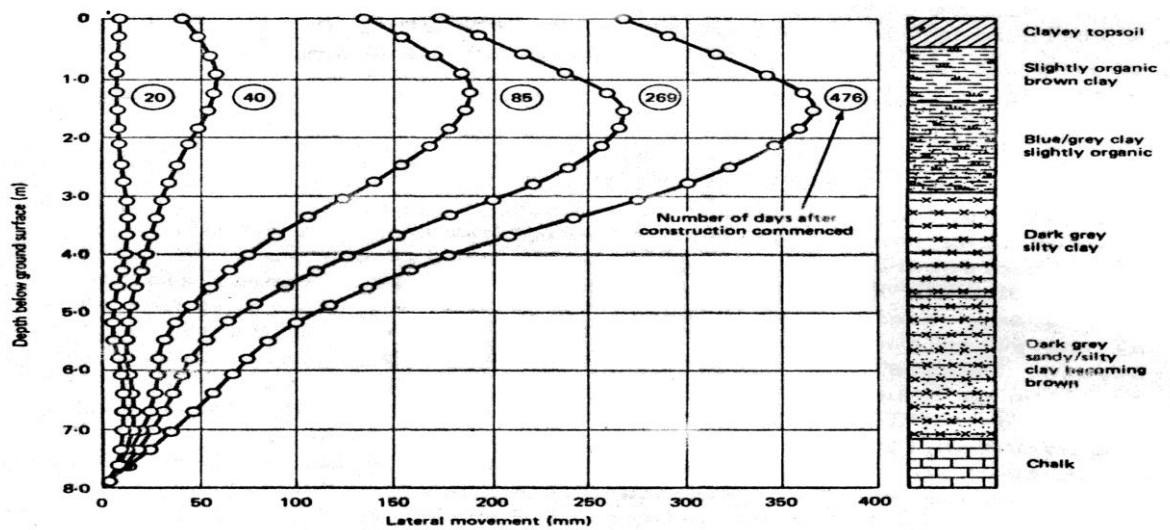
3.4.5 Pemantauan Alat

Setelah alat-alat pemantau terpasang, pemantauan dilakukan dengan teliti dan terus menerus sesuai dengan interval waktu, untuk mendapat hasil yang sesuai dengan keadaan lapangan. Hasil ini digunakan untuk mendapatkan nilai-nilai yang mempengaruhi desain bangunan diatas lahan tersebut.

Pemantauan yang dilakukan berupa penurunan elevasi muka tanah, tekanan air pori, elevasi muka air tanah dan perpindahan horizontal gerakan tanah. Hasil dari pemantauan ini disajikan berupa grafik-grafik yang dapat menunjukkan perkembangan pergerakan nilai-nilai dari pemantauan tersebut.

Untuk hasil dari pembacaan inklinometer berupa grafik pembacaan pergerakan horizontal yang dapat dilihat pada Gambar 3.16 . Hasil dari grafik ini menunjukkan perkembangan pergerakan horisontal dari urukan sebelum mengalami hingga terjadi longsor. Dalam Gambar 3.16 disimpulkan bahwa pergerakan tanah yang besar terjadi pada kedalaman kira-kira 1,5 m dibawah permukaan tanah. Pergerakan ini bisa terjadi karena penurunan tanah atau terjadinya longsor tanah karena dasar urukan mengalami kelongsoran karena tak mampu menahan tanah diatasnya. Gambar ini mampu memprediksi apa yang terjadi di kemudian hari dan segera melakukan tindakan sebelum kegagalan

terjadi atau menangani hal tersebut untuk mendapat hasil yang diinginkan (OECD,1979)



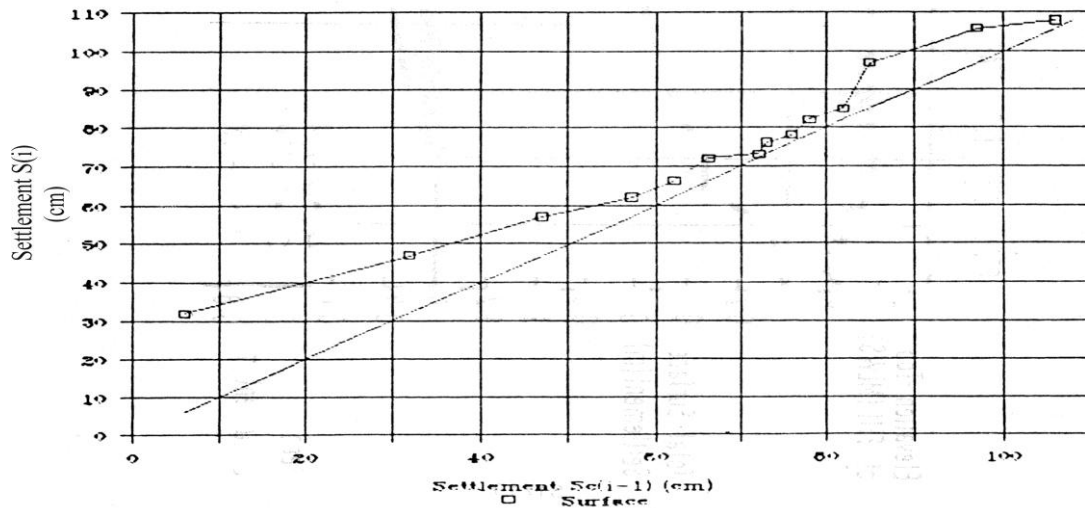
Sumber: *Construction Of Roads on Compressible Soil* (OECD Dec 1979)

Gambar 3.16 Grafik Hasil Inclinator

Pembacaan *settlement plate* dilakukan dengan alat bantu berupa *water pass*, *tripod* / kaki tiga dan bak ukur. Hasil dari pembacaan tersebut diplotkan dalam bentuk grafik, hasil dari pembacaan adalah besarnya penurunan. Salah satu grafik yang dipakai dalam menentukan penurunan telah selesai adalah jenis grafik *Asaoka's Plot*, dimana grafik ini menggambarkan penurunan yang dibaca pada saat waktu $S(i)$ dibandingkan dengan waktu pembacaan sebelumnya $S(i-1)$. Pembacaan dilakukan secara rutin dengan jarak waktu yang tetap. Jika hasil dari pembacaan mendekati garis 45° maka menandakan bahwa penurunan akan segera berakhir. Contoh grafik dapat dilihat pada Gambar 3.17 (Universitas Kristen Indonesia dan Asian Institute Of Technology, 23-26 Agustus 1988).

Untuk alat pisometer dan probe ekstensometer digunakan saling berhubungan, pisometer untuk melihat tekanan pori dan probe ekstensometer untuk melihat perubahan kedudukan tanah akibat dari menurunnya tekanan pori yang mengakibatkan penurunan tanah. Pada probe ekstensometer perubahan kedudukan tanah dapat dipantau pada tiap-tiap lapisan. Fungsi dari pisometer adalah memantau perkembangan tekanan pori pada tanah dasar. Pengukuran awal

sebelum reklamasi menjadi patokan awal untuk memutuskan bahwa penurunan awal akan berakhir. Tekanan pori awal harus sama dengan tekanan pori akhir.



Sumber: *Ground Improvement* (Cawang, 23 – 26 Agustus 1988)

Gambar 3.17 Grafik Asaoka

3.5 Uji Mutu Pemadatan

Hal-hal yang perlu diperhatikan sebagai dasar-dasar pemadatan adalah sebagai berikut.

- Tanah yang mengandung material halus dapat dipadatkan sampai kepadatan kering maksimum dengan besaran energi tertentu. Kepadatan maksimum hanya dapat dicapai pada kadar air tertentu, yaitu kadar air optimum. Kepadatan kering maksimum dan kadar air optimum ditentukan di laboratorium dengan memadatkan 5 atau lebih contoh uji tanah (spesimen) dengan kadar air berbeda dan menggunakan prosedur uji dan tenaga kompaksi standar. Prosedur uji kompaksi laboratorium untuk menghasilkan kepadatan kering maksimum dan kadar air optimum.
- Baik di lapangan maupun di laboratorium, dua variabel untuk uji mutu kepadatan urukan adalah kadar air pemadatan dan pemadatan lapangan dengan menggunakan satu unit alat dalam waktu tertentu dan tebal lapisan urukan tertentu. Jika kadar air tanah yang akan dipadatkan berbeda dengan kadar air optimum dengan beban kompaksi tertentu, maka akan dihasilkan kepadatan kering yang lebih kecil daripada kepadatan maksimum. Semakin besar deviasi

kadar air dengan kadar air optimum, semakin rendah kepadatan yang dihasilkan. Untuk tanah dengan kadar air optimum atau pada bagian kering optimum, maka peningkatan beban kompaksi umumnya akan meningkatkan kepadatan. Untuk tanah dengan kadar air yang jauh lebih besar daripada kadar air optimum, peningkatan beban kompaksi akan cenderung menggeser tanah. Namun, tidak berlanjut meningkatkan kepadatan.

- Upaya pemadatan tanah dapat ditingkatkan dengan menambah tekanan mesin gilas pada tanah, menambah jumlah lintasan, atau mengurangi tebal lapisan urukan. Kombinasi tersebut dimaksudkan untuk meningkatkan dan mengontrol pemadatan urukan tanah yang tergantung pada faktor-faktor kesulitan pemadatan, tingkat pemadatan yang diinginkan.

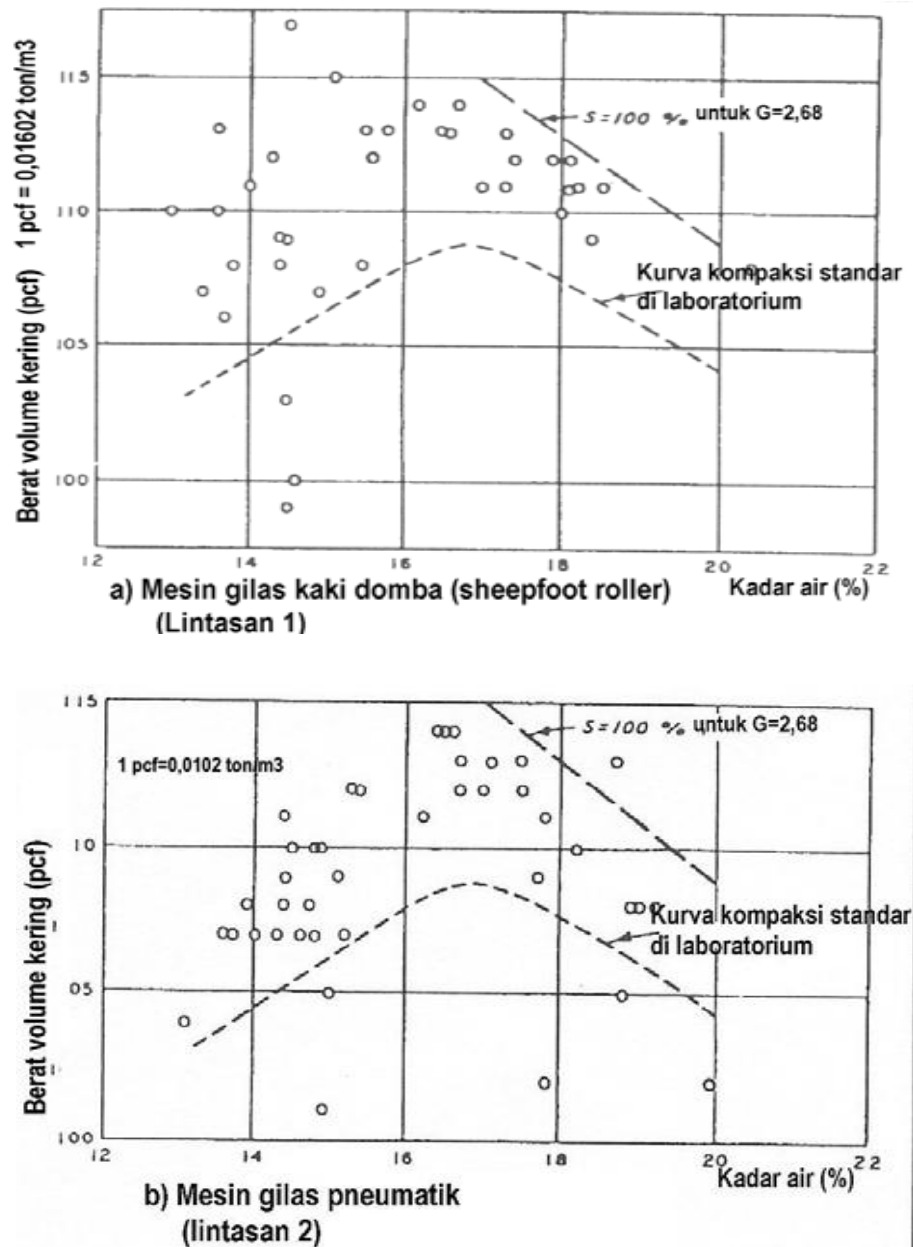
Ketentuan spesifikasi pemadatan yang perlu diperhatikan adalah sebagai berikut.

- Persyaratan penting dalam melakukan pemadatan tanah seperti penentuan batas kadar air, tebal lapisan, alat pemadatan, dan jumlah lintasan akan dibahas dalam spesifikasi serta harus diperiksa dengan teliti oleh tenaga pengawas untuk menjamin bahwa pemadatan telah memenuhi syarat.
- Spesifikasi pada umumnya hanya menentukan jenis dan ukuran alat pemadat yang akan digunakan. Kontraktor harus melengkapi data dan spesifikasi alat dari pabrik pembuat. Data itu harus diperiksa apakah telah memenuhi persyaratan spesifikasi pekerjaan berdasarkan inspeksi visual sehingga dapat menjamin bahwa peralatan berada dalam kondisi baik untuk menghasilkan pemadatan yang diinginkan. Jika digunakan mesin pemadat gilas kaki domba, harus diperiksa diameter dan panjang drum, berat kosong dan berat terisi, pengaturan panjang dan luas permukaan kaki, dan pengaturan beban. Untuk mesin gilas ban karet, harus diperiksa tekanan pompa ban, jarak ban, dan beban roda kosong dan roda terisi. Untuk mesin gilas getar, harus diperiksa beban statik, gaya dinamik yang bekerja, pengoperasian frekuensi getaran, serta diameter dan panjang drum.
- Tebal lapisan yang belum dipadatkan atau urukan lepas harus ditentukan, dan tergantung pada jenis material dan alat pemadat yang digunakan. Material kedap atau semikedap biasanya dipadatkan dengan tebal 15 cm sampai dengan

20 cm dari urukan lepas dan dipadatkan dengan 6 sampai dengan 8 lintasan dengan mesin gilas kaki domba atau setebal 23 cm sampai dengan 30 cm dari urukan lepas dan dipadatkan dengan 4 lapisan dengan mesin gilas ban karet yang berbobot 50 ton. Apabila digunakan mesin gilas ban karet atau mesin lain yang meninggalkan bekas permukaan halus setelah pemadatan, harus dilakukan perataan urukan yang telah dipadatkan sebelum pengurukan lapisan berikutnya, agar diperoleh ikatan yang baik antara lapisan urukan. Di daerah perbatasan yang harus menggunakan alat pemadat tangan, biasanya dipasang urukan lepas setebal 10 cm yang dipadatkan sampai mencapai hasil pemadatan yang sama seperti jika menggunakan mesin gilas kaki domba atau ban pneumatik.

- Kadar air dan kepadatan lapangan harus sesuai dengan kadar air optimum dan kepadatan kering maksimum tanah yang ditentukan atau disyaratkan. Derajat kepadatan lapangan minimum yang diizinkan biasanya ditentukan dalam desain sebagai persentase (95% atau lebih) dari kepadatan kering maksimum. Hubungan antara kisaran kadar air yang diizinkan kadar air optimum tanah yang dipadatkan dijelaskan dalam spesifikasi teknis. (Bila prosedur pemadatan telah dilakukan sesuai dengan spesifikasi, maka persentase kepadatan kering maksimum tidak perlu ditentukan lagi, tetapi nilai yang diinginkan disampaikan oleh konsultan desain kepada petugas pengawas lapangan). Setiap jenis tanah mempunyai kepadatan kering maksimum dan kadar air optimum yang berbeda untuk beban pemadatan tertentu. Karena itu, kepadatan dan kadar air lapangan perlu dibandingkan dengan kadar air optimum dan kepadatan maksimum tanah yang sama dari hasil uji laboratorium. Pencampuran lapisan tanah yang berbeda di borrow area akan menghasilkan material dengan karakteristik pemadatan yang tidak terduga. Jika material yang akan dipadatkan di lapangan tidak selaras dengan data pemadatan dari hasil uji laboratorium, harus dilakukan uji pemadatan material di laboratorium. Pemeriksaan uji banding ini harus dilakukan oleh tenaga ahli lapangan sebelum pengurukan agar diperoleh konsistensi untuk mencapai nilai jenis tanah yang ditentukan.

Uji pemadatan tanah lapangan pada urukan biasanya diperlukan untuk mendapatkan tebal lapisan urukan lepas yang tepat dan jumlah lintasan yang diperlukan untuk memadatkan tanah jika tidak ada data atau pengalaman pemadatan sebelumnya. Pengujian ini diperlukan untuk menentukan prosedur dan alat terbaik untuk menambah dan mencampur dengan air agar diperoleh keseragaman kadar air tanah urukan.



Gambar 3.18 Contoh Grafik Uji Pemadatan Lapangan

Prosedur uji mutu secara sederhana biasanya digunakan dengan memperhatikan hal-hal berikut.

- Uji mutu secara sederhana dengan menggunakan pengamatan visual dan pengukuran kasar merupakan cara pelaksanaan awal uji mutu konstruksi. Akan tetapi, cara ini bukan merupakan satu-satunya cara uji mutu, karena harus dilengkapi dengan program uji mutu secara luas. Untuk memperoleh hasil pengamatan yang baik dan akurat, pengawas harus mampu melihat, mengkaji, dan mengkalibrasi semua kondisi yang mungkin terjadi.
- Seorang pengawas harus memahami material di lokasi pekerjaan agar dapat mengetahui kondisi tanah apakah terlalu kering, terlalu basah, atau kadar airnya optimum. Karena itu pengawas harus bekerja di laboratorium lapangan untuk melakukan uji pemadatan dan uji indeks seperti batas-batas *Atterberg*, sehingga dapat mengetahui perbedaan penampilan dan perilaku material urukan di lapangan.
- Pengawas yang terlatih harus dapat memperkirakan kadar air relatif terhadap kadar air optimum dari segenggam tanah berdasarkan perasaan dan pengalamannya. Pengawas yang berpengalaman biasanya dapat memperkirakan deviasi dari kadar air optimum sampai kira-kira 1% yaitu dengan cara mengisi material dengan menggulung sedikit tanah pada papan gulungan yang datar atau antara kedua telapak tangan untuk memperoleh informasi tentang kondisi batas plastis tanah yang dibandingkan dengan kadar air optimum. Dengan membandingkan batas plastis tanah biasanya akan diperoleh hubungan yang baik antara kadar air optimum dan batas plastis tanah. Setelah pengawas melakukan pemeriksaan visual secara langsung, maka harus dilakukan pula uji kadar air pada material yang diperlukan.
- Selain itu, untuk menentukan kondisi tanah dan kepadatannya, pengawas biasanya melakukan uji indeks perlawanan penetrasi. Uji indeks perlawanan itu dapat dilakukan dengan menggunakan jarum proktor (alat penetrasi *proctor*) atau alat sekop biasa. Ternyata telah banyak pengawas yang berhasil menentukan kepadatan tanah dengan memperhitungkan perlawanan penetrasi menggunakan sekop.

- Tebal lapisan urukan mudah ditentukan dengan tepat jika pengawas telah memperhitungkan sesuai dengan pengukuran tebal sebenarnya. Akan tetapi, banyak pula kontraktor yang lebih menyukai memasang lapisan urukan setebal yang mereka mampu lakukan walaupun sering terjadi kontradiksi. Oleh karena itu, pengawasan tebal lapisan urukan tidak cukup hanya berdasarkan pengamatan visual saja, tetapi harus dilengkapi dengan pengukuran. Kontraktor harus dapat menunjukkan tingkat kemampuannya dalam mengatur tebal lapisan urukan yang tepat. Yang paling praktis dilakukan oleh pengawas adalah melakukan pengukuran pada tempat yang sama di permukaan bangunan urukan setelah terhampar beberapa lapisan.
- Terdapat banyak informasi yang diperlukan diperoleh dari hasil pengamatan pemadatan dan alat angkut berat pada permukaan urukan. Jika kadar air material urukan seragam dan tebal lapisan angkutan tidak terlalu besar, pengerjaan dengan mesin gilas akan menghasilkan kadar air material dan pemadatan yang cukup baik. Sebagai contoh, kemungkinan kadar air tanah yang terlalu tinggi dapat ditunjukkan jika pada lintasan pertama mesin gilas ban karet telah mengalami amblesan sampai kedalaman yang sama dengan atau lebih besar daripada $\frac{1}{2}$ kali lebar ban serta setelah beberapa kali lintasan, bekas-bekas permukaan tanah menunjukkan kondisi tanah bergelombang. Namun, kadang-kadang karakteristik tersebut disebabkan oleh tekanan ban yang terlalu tinggi atau kadar air yang terlalu besar. Selain itu, jika bekas mesin gilas hanya berubah sedikit pada permukaan yang keras dan kaku setelah mengalami beberapa kali lintasan, hal itu menunjukkan bahwa tanah itu terlalu kering. Pada tanah dengan kadar air yang memadai, mesin gilas akan meninggalkan bekas yang bagus pada lintasan pertama dan roda-roda akan tertanam sedalam 7,5 cm sampai dengan 10 cm. Penetrasi akan selalu terjadi pada tanah berkadar air yang tepat walaupun akan berkurang jika jumlah lintasan bertambah. Setelah beberapa kali lintasan, mesin gilas kaki domba akan mulai mogok dari lapisan urukan jika telah tercapai pemadatan yang memadai dan efisien. Keadaan mogok ini menunjukkan bahwa mesin gilas mulai mendapat dukungan tanah melalui bagian kaki dengan drum yang bergerak beberapa sentimeter di atas permukaan tanah. Jika mesin gilas

mogok setelah beberapa kali lintasan saja, kemungkinan tanah terlalu kering. Jika mesin gilas tidak mogok setelah beberapa lintasan yang diinginkan tetapi tidak lagi mengaduk material, kemungkinan tanah terlalu basah atau tekanan kontak kaki terlalu tinggi. Pengamatan lainnya yang penting adalah bersih tidaknya kondisi kaki dari mesin gilas kaki domba setelah pemadatan. Pada umumnya tanah yang terlalu basah ditandai dengan banyaknya tanah yang terbawa oleh kaki roda. Jika tanah berkadar air cukup memadai, tanah yang melekat pada kaki roda hanya sedikit.

- Pada kondisi kadar air yang memadai biasanya akan terjadi suatu bukaan yang tampak dari permukaan urukan sebagai akibat dari reaksi lintasan alat berat. Besarnya bukaan tergantung pada jenis tanah. Akan tetapi, muncul tenggelamnya permukaan yang tiba-tiba akibat lintasan beban alat berat menunjukkan adanya lapisan tanah lunak atau kantong di bawah permukaan. Jika tidak ada bukaan sama sekali, hal ini menunjukkan bahwa kemungkinan ada beberapa lapisan urukan yang terlalu kering. Untuk memperhitungkan kondisi tersebut, harus dilakukan uji laboratorium dan perbaikan lapisan di bawah permukaan sehingga dapat memenuhi spesifikasi.

3.5.1 Uji mutu Lapangan dan Pengambilan Contoh

Uji mutu lapangan (uji kepadatan lapangan) dan pengambilan contoh tanah urukan yang dipadatkan dilakukan berdasarkan pada dua alasan dasar, yaitu untuk menjamin sesuai dengan desain dan spesifikasi teknis serta melengkapi data permanen dari desain konstruksi bangunan di atas urukan. Uji mutu lapangan khususnya terdiri dari penentuan kadar air, kepadatan dan klasifikasi material yang dipadatkan di lapangan. pengambilan contoh tidak terganggu dan contoh terganggu pada lokasi tertentu di urukan.

3.5.2 Contoh Data

Contoh tanah tidak terganggu dapat diperoleh dengan cara memotong secara hati-hati blok urukan padat kira-kira sebesar $0,028 \text{ m}^3$. Lalu, contoh tanah dilapisi lilin dan dibungkus dengan boks kayu atau dilindungi dengan cara pengemasan lain terhadap gangguan atau kehilangan air. Contoh tanah tidak

terganggu dapat juga diambil dengan menggunakan tabung baja besar yang didorong masuk ke dalam urukan (misal tabung contoh dengan diameter 19 cm dan tinggi 25,4 cm). Terhadap contoh tanah tidak terganggu dilakukan uji geser dan uji konsolidasi (SNI) di laboratorium. Material dari sisa pencetakan tabung dan bagian dari contoh atau karung contoh yang tidak terpakai dapat digunakan untuk uji laboratorium kompaksi, gradasi, berat jenis, batas-batas Atterberg, dan lainnya. Contoh tanah tidak terganggu dan contoh karung harus diuji dengan tepat dan baik agar hasilnya dapat digunakan dalam pengawasan konstruksi (Dunnicliff 1988).

3.5.3 Uji Kepadatan Lapangan

Penentuan kepadatan lapangan terdiri dari pengukuran volume dan berat untuk menentukan kepadatan basah urukan setempat dan pengukuran kadar air untuk menentukan kadar air urukan dan kepadatan kering. Pengukuran volume dan berat dapat dilakukan secara langsung atau tidak langsung. Pada pengukuran langsung, berat material yang dipindahkan dari lubang urukan dan volume lubang urukan digunakan untuk menentukan kepadatan basah. Penentuan kadar air secara langsung meliputi pengeringan tanah dalam oven pada suhu kurang lebih 110 derajat celcius, lalu menimbang tanah kering tersebut untuk menentukan kehilangan air. Penentuan kepadatan dan kadar air tanah secara tidak langsung meliputi pengukuran karakteristik material sesuai dengan kepadatan dan atau kadar air. Berdasarkan ketentuan, uji kepadatan lapangan harus dilakukan pada suatu kedalaman dari lapisan urukan (Dunnicliff 1988).