



# Aspek Geoteknik dalam Rehabilitasi dan Pemeliharaan Bangunan

## Perbaiki Tanah Pra Konstruksi

Pertemuan 11

Oleh:

**Dr. Bambang Setiawan**

# Permasalahan di lapangan





# Kondisi Tanah Lunak





Kalau sudah begini?







.....???





# Riil di lingkungan kita

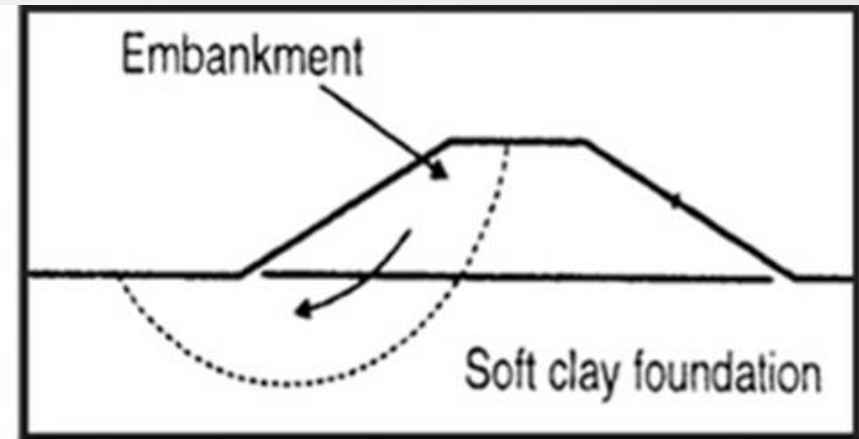
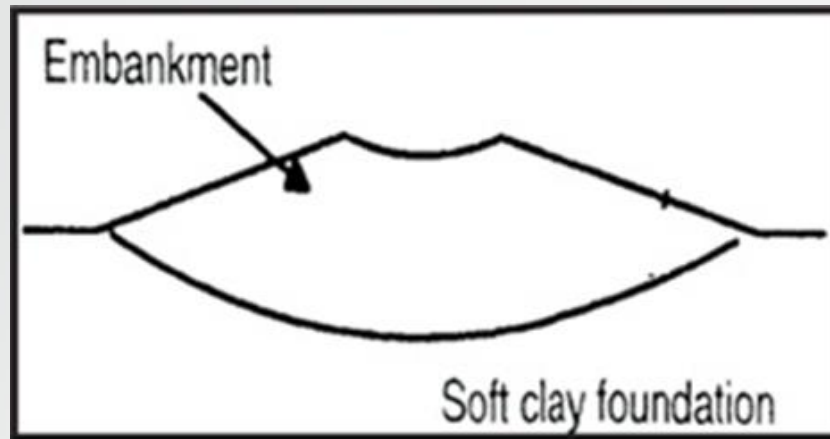




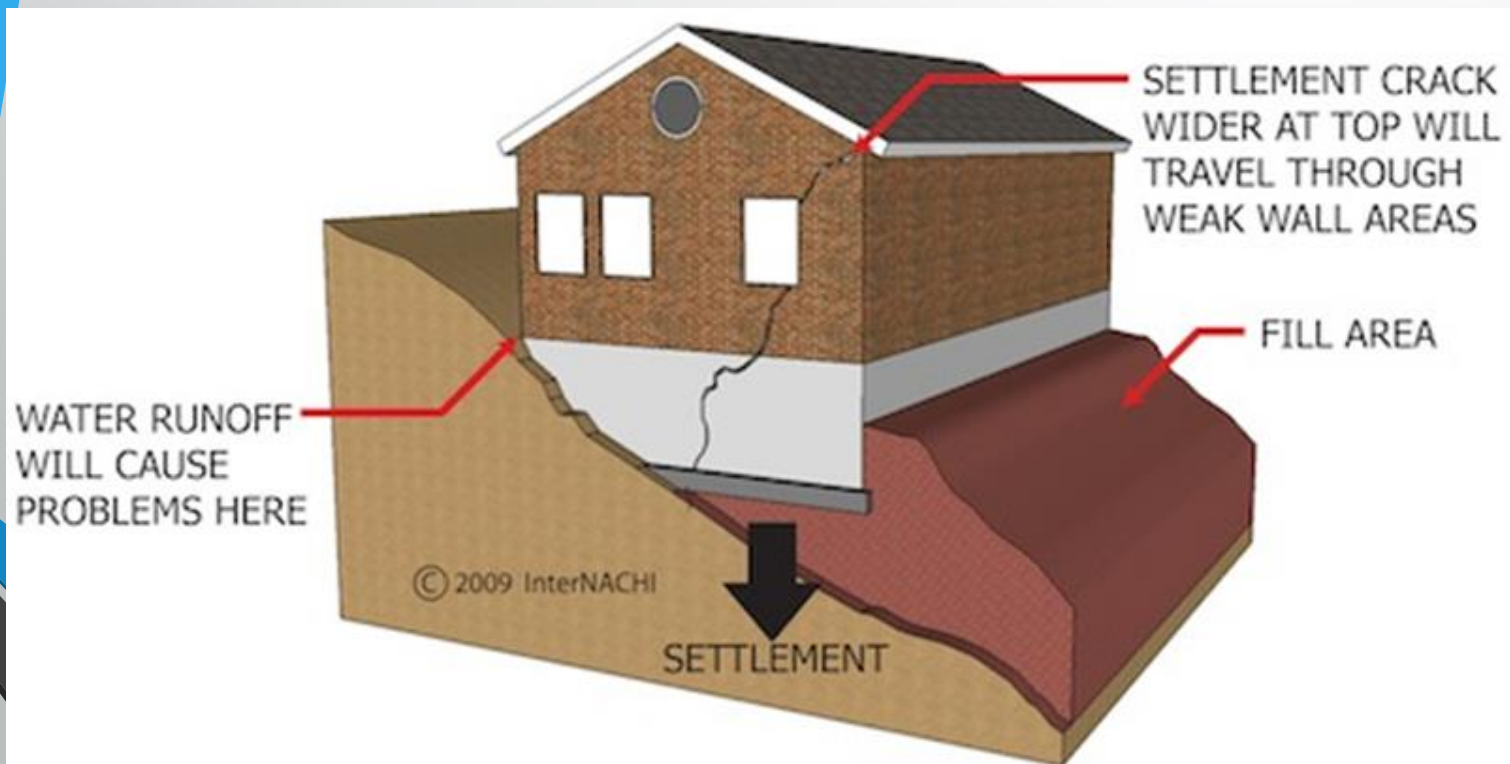
# Runtuh struktur



# KEGAGALAN BANGUNAN



*Potensi-potensi kelongsoran pada timbunan di atas tanah lunak*





# Ilustrasi tanah lunak



# Kriteri tanah lunak



- Kapasitas dukung rendah
- Berbutir halus
- Mudah menyerap air
- Nilai CBR  $< 3$



# Harus ada solusinya.....!!!



- Cek kondisi kemampuan tanah
- Gradasi tanah bagaimana?
- Subgrade sudah benar?
- Pemadatan sudah dilakukan dengan benar?
- Perlu perkuatan tanah???

# Ukuran partikel Tanah

ASTM  
(D 422;  
D 653)

Boulders	Cobbles	Gravel			Silt	Clay	Colloids
		Coarse	Medium	Fine			
300	75	4.75 (4)	2.0 (10)	0.425 (40)	0.075 (200)	0.005	0.001

AASHTO  
(T 88)

Boulders	Gravel			Sand		Silt	Clay	Colloids
	Coarse	Fine						
75	2.0	0.425	0.075	0.005	0.001			

USCS

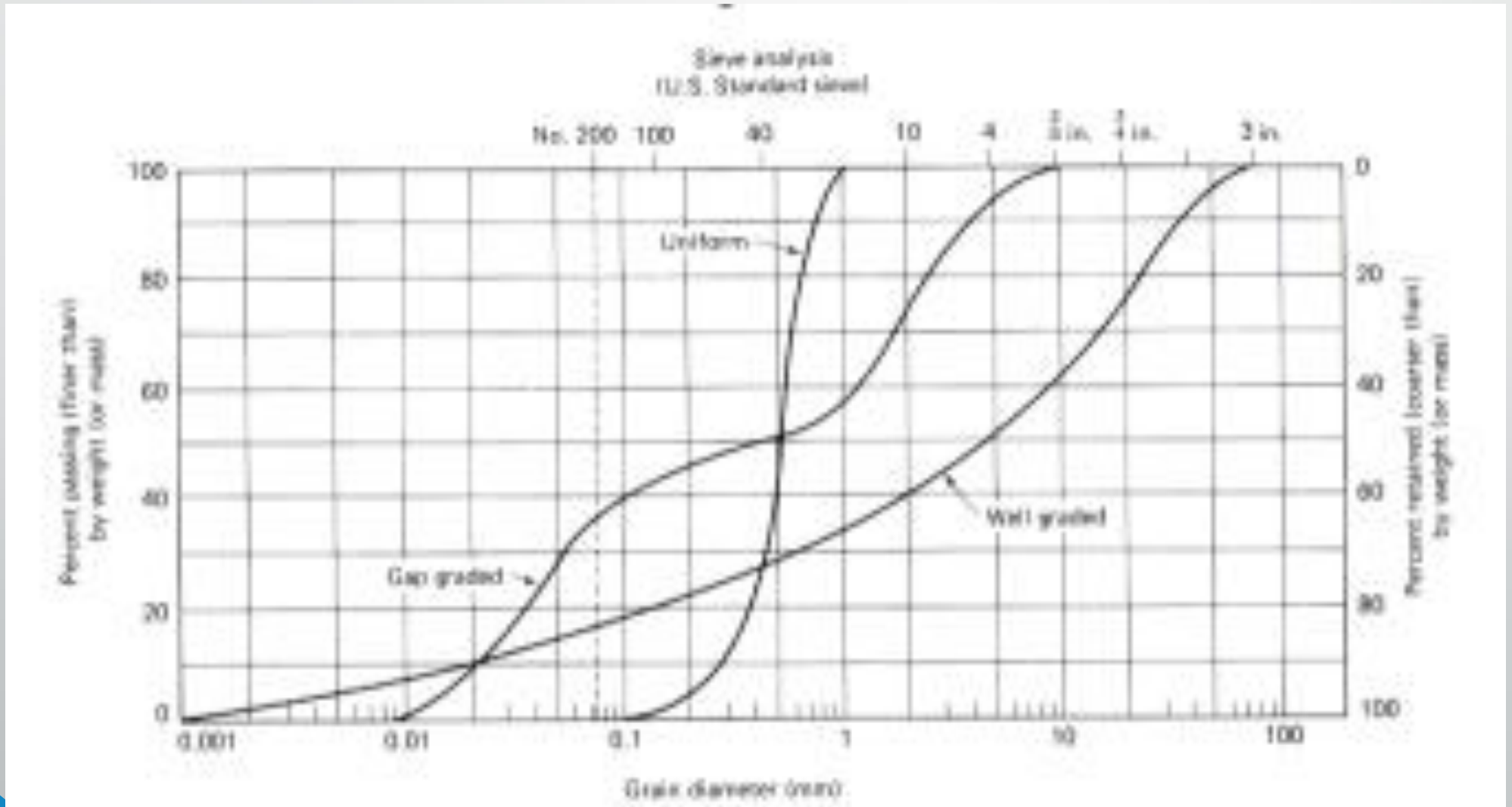
Boulders	Cobbles	Gravel		Sand			Fines (Silt, Clay)
		Coarse	Fine	Coarse	Medium	Fine	
300	75	19	4.75	2.0	0.425	0.075	

British  
Std. and  
M.L.T.

Boulders	Cobbles	Gravel			Sand			Silt			Clay
		Coarse	Medium	Fine	Coarse	Medium	Fine	Coarse	Medium	Fine	
200	60	20	6	2.0	0.6	0.2	0.06	0.02	0.006	0.002	



# Grafik distribusi tanah



## Atterberg Limits (ASTM D 4318)

Plasticity Index:

$$PI = LL - PL$$

Liquidity Index:

$$LI = \frac{w - PL}{LL - PL}$$





## THE UNIFIED SOIL CLASSIFICATION SYSTEM

SOIL GROUPS		USCS Symbol	Design	SOIL DESCRIPTION
COARSE GRAINED SOIL  More Than 50% Of The Material Larger Than The Number 200 Sieve!	GRAVEL  MORE THAN 50% OF THE MATERIAL LARGER THAN THE NUMBER 4 SIEVE	Clean GRAVEL  LESS THAN 5% FINES	GW	Well graded GRAVEL and Sandy GRAVEL, with little or no fines intermixed.
			GP	Poorly graded GRAVEL and Sandy GRAVEL, with little or no fines intermixed.
		GRAVEL With Fines  10% OR MORE FINES	GM	Silty GRAVEL, Sandy Silty GRAVEL
			GC	Clayey GRAVEL, Sandy Clayey GRAVEL
	SAND  MORE THAN 50% OF THE MATERIAL SMALLER THAN THE NUMBER 4 SIEVE	Clean SAND  LESS THAN 5% FINES	SW	Well graded SAND and Gravely SAND, with little or no fines.
			SP	Poorly graded SAND and Gravely SAND, with little or no fines.
		SAND With Fines  10% OR MORE FINES	SM	Silty SAND, Gravely Silty SAND
			SC	Clayey SAND, Gravely Clayey SAND
FINE GRAINED SOIL  More Than 50% Of The Material Finer Than The Number 200 Sieve!	SILT and CLAY  Liquid Limit Less Than 50	ML	Inorganic SILT of low to medium plasticity, Gravely, Sandy or Clayey SILT.	
		CL	Inorganic CLAY of low to medium plasticity, Gravely, Sandy or Silty CLAY.	
		OL	Organic SILT and CLAY of low to medium plasticity.	
	SILT and CLAY  Liquid Limit Greater Than 50	MH	Inorganic SILT, micaceous or siliceous, elastic, Sandy SILT.	
		CH	Inorganic CLAY of high plasticity, Gravely, Sandy or Silty CLAY.	
		OH	Organic CLAY or SILT of medium to high plasticity, May be Gravely or Sandy.	
HIGHLY ORGANIC SOIL	PT	PEAT, organic matter, dark in color, spongy feel, fibrous, organic odor.		
ARTIFICIAL FILL	AE	FILL, man-made deposits of soil and/or waste materials.		

GRAIN SIZE LIMITS

BOULDER  
COBBLE  
GRAVEL  
FINE GRAVEL  
SAND  
FINE SAND  
MEDIUM SAND  
FINE MEDIUM SAND  
CLAY  
SILT  
FINE SILT  
FINE SAND

# Pemilihan jenis tanah

- Cek Standarisasi yang berlaku

# Klasifikasi Tanah

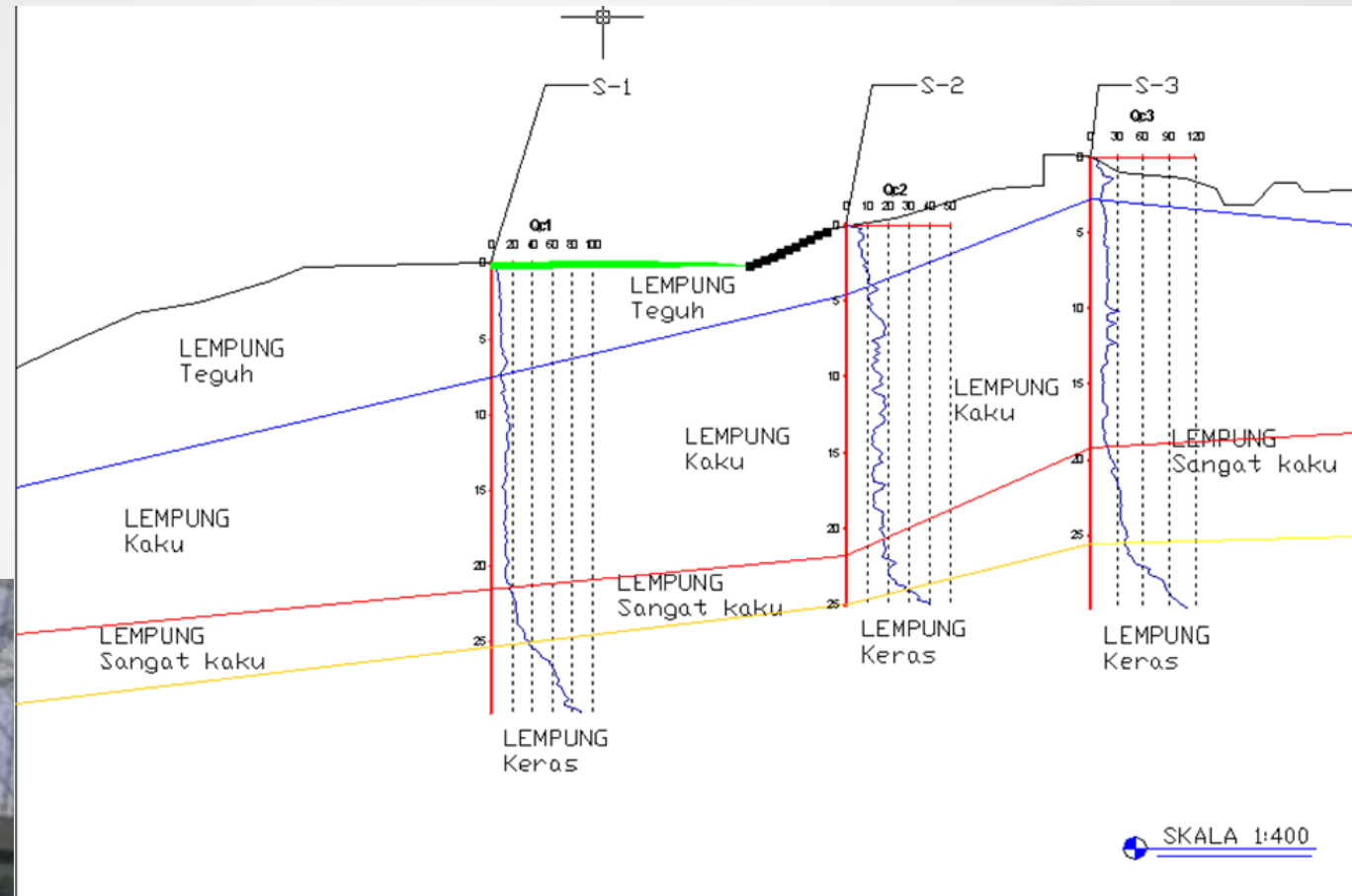
Soil Consistency	Approximate Undrained Shear Strength, $C_u$	Approximate SPT value, N	Approximate Cone Resistance, $q_u$
	0	0	0
VERY SOFT			
	0.125 kg/cm <sup>2</sup> $\approx$ 12.5 kPa	2	9 kg/cm <sup>2</sup> $\approx$ 900 kPa
SOFT			
	0.25 kg/cm <sup>2</sup> $\approx$ 25 kPa	4	18 kg/cm <sup>2</sup> $\approx$ 1800 kPa
MEDIUM			
	0.50 kg/cm <sup>2</sup> $\approx$ 50 kPa	8	38 kg/cm <sup>2</sup> $\approx$ 3800 kPa
STIFF			
	1.0 kg/cm <sup>2</sup> $\approx$ 100 kPa	16	75 kg/cm <sup>2</sup> $\approx$ 7500 kPa
VERY STIFF			
	2.0 kg/cm <sup>2</sup> $\approx$ 200 kPa	32	150 kg/cm <sup>2</sup> $\approx$ 15000 kPa
HARD			



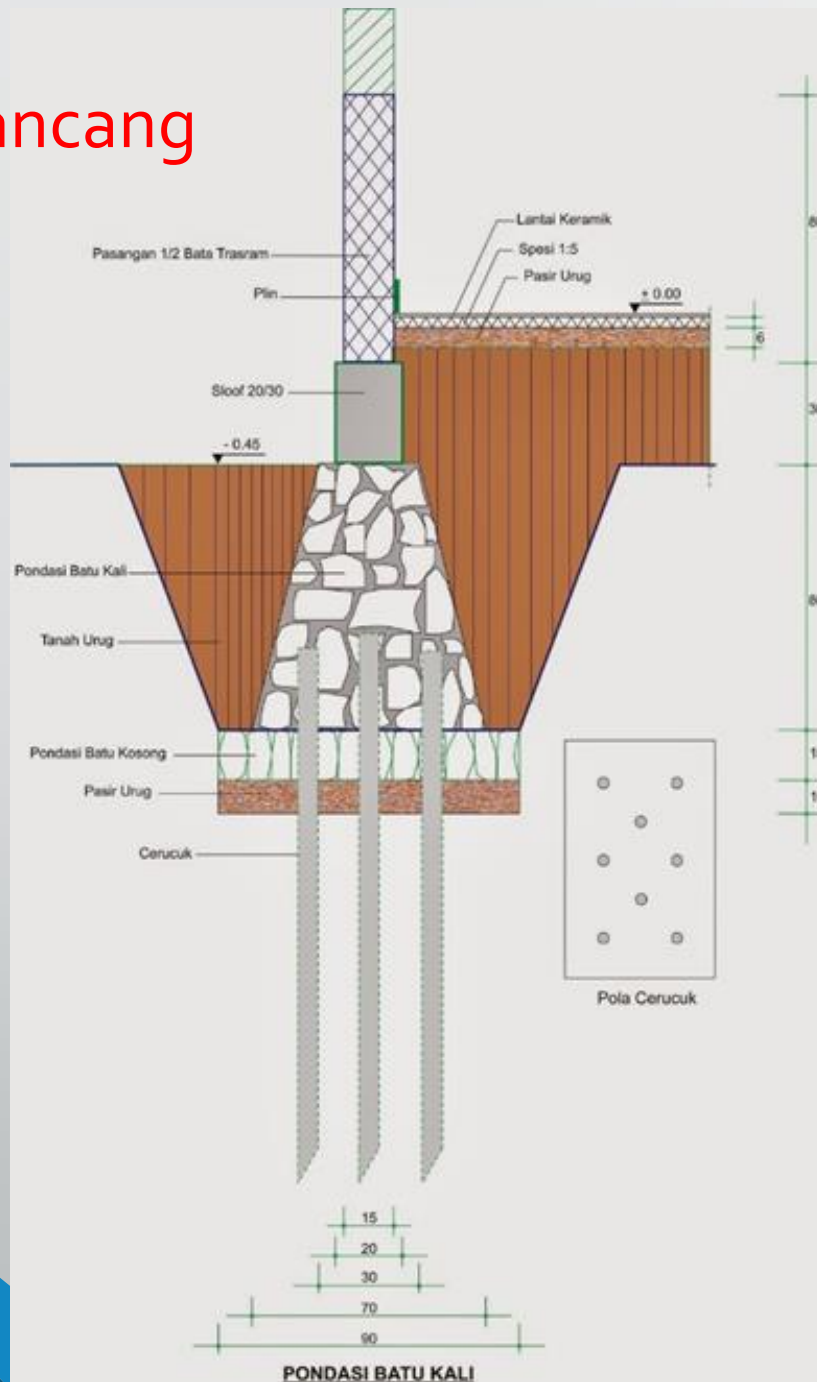
# Penelitian tanah

Penyelidikan tanah

## Hasil pengeboran



# Tiang pancang



# Perbaikan pondasi

## Perkuatan struktur bangunan





# Site, sering tak menguntungkan, tak sesuai tuntutan design, seperti

Lunak, kompresibel,  
permeabilitas besar

Re-lokasi

Re-desain

Re-stabilisasi

Restabilisasi → pemadatan /  
kompaksi (4 macam)

Mekanika  
(*mechanical*)

Kimia (*chemical*)

Elektrolisa  
(*electrical*)

Suhu (*thermal*)



# Definisi Pemadatan

- Proses menaikkan berat isi tanah ( $\gamma_d$ ) dengan memberi energi mekanis sehingga butiran tanah lebih memadat & kompak serta mengurangi udara pd rongga/pori, termasuk di dalamnya modifikasi kadar air dan gradasi tanah



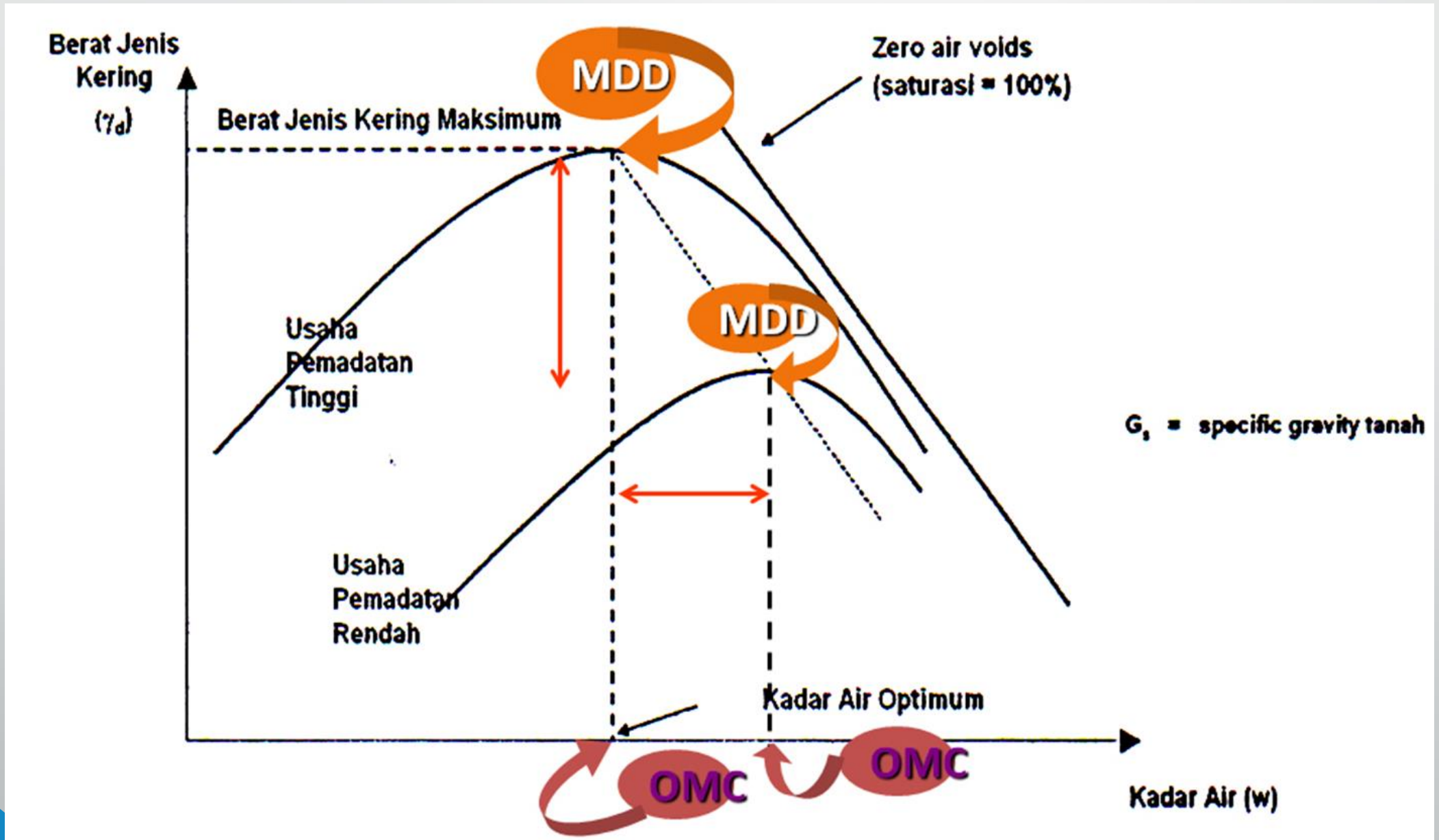


# Sebagai materi (*engineering material*)

- Bendungan urugan tanah (*Earth dam*)
- Tanggul jalan raya (*Highway embankment*)
- Tanggul sungai / saluran

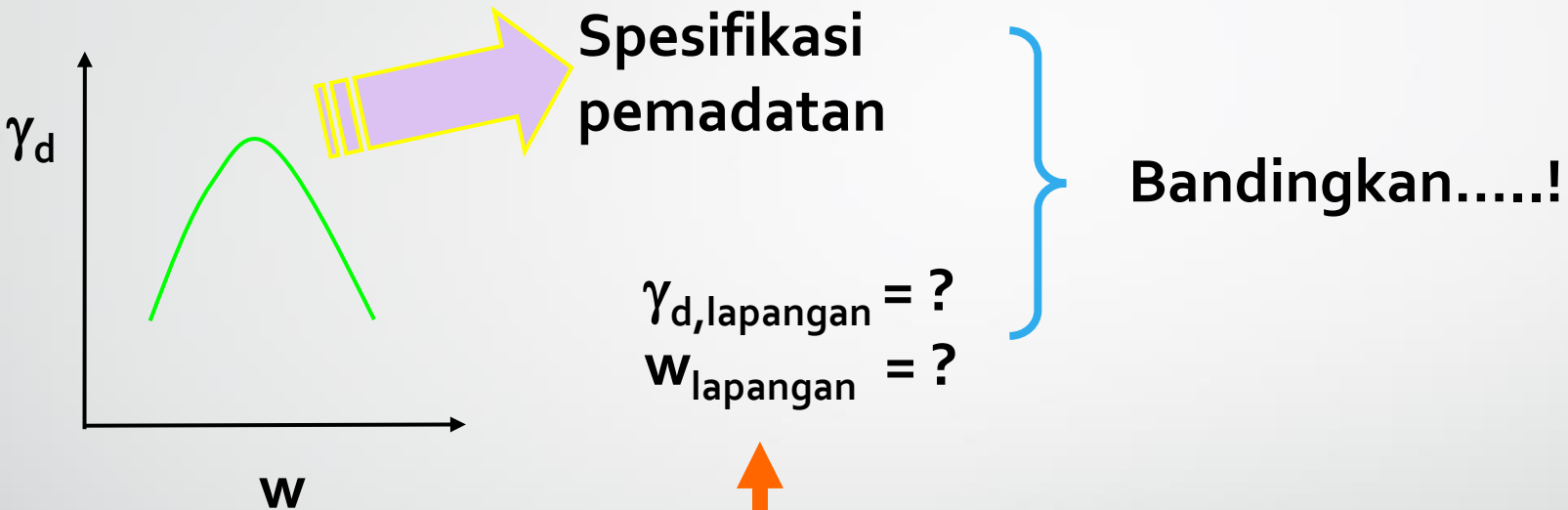


# Pemadatan di laboratorium

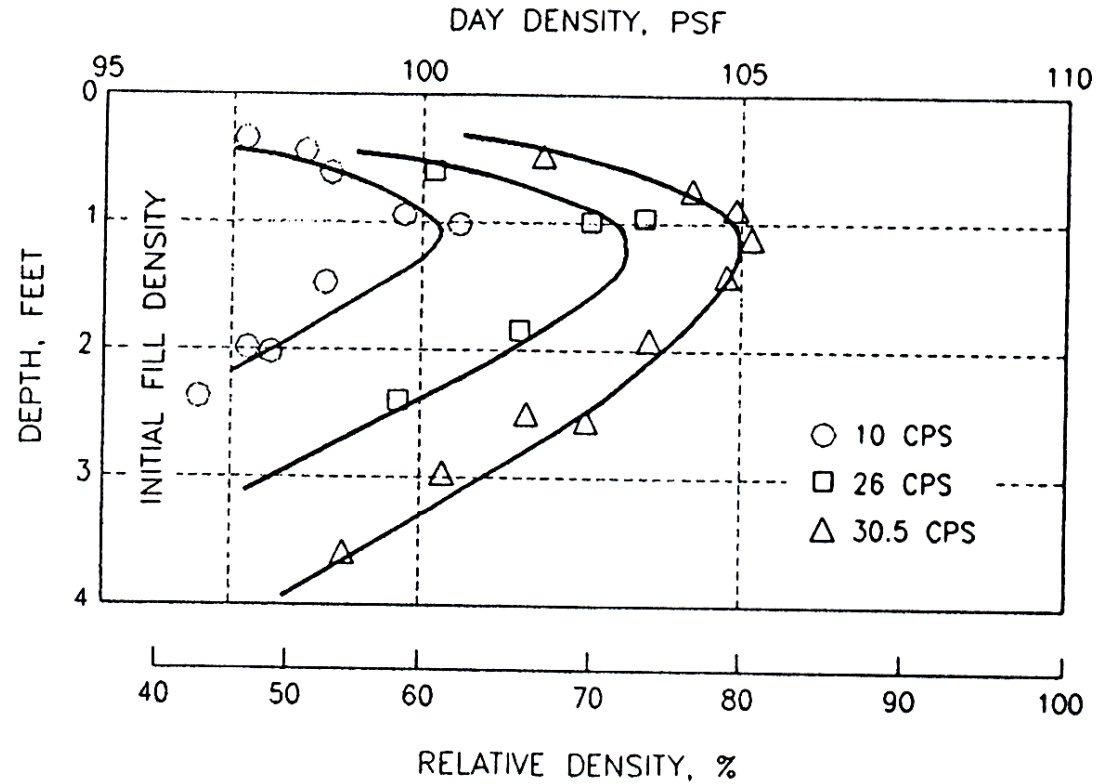




# Fungsi kurva kepadatan tanah di laboratorium



# Pengaruh pemadatan di lapangan

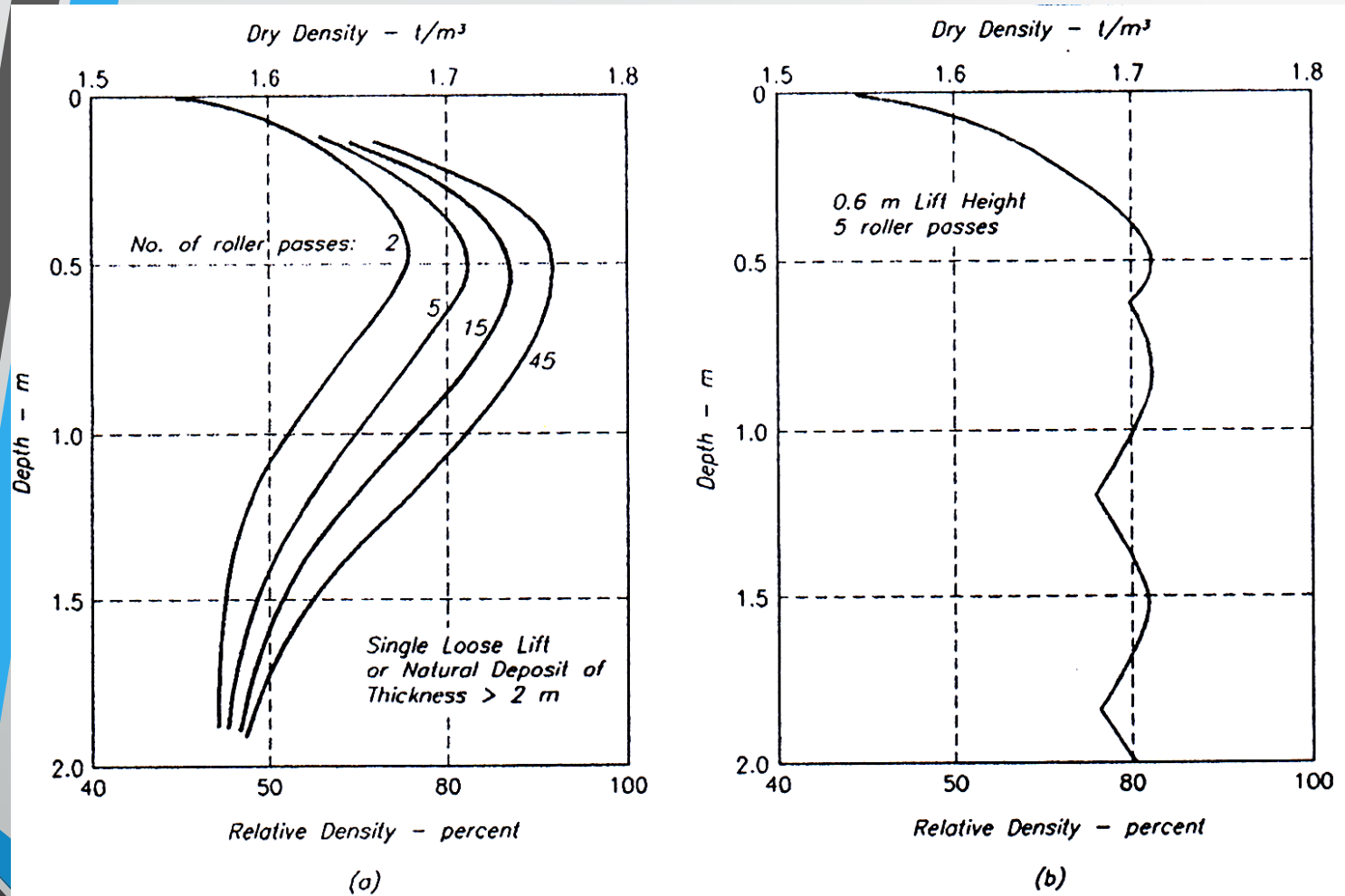


**Profil Kepadatan yang Terkompaksi Sebagai Fungsi dari Frekuensi Operasi  
(D'Apponia et.al., 1969)**





# Pengaruh pemadatan di lapangan



Hubungan antara Kepadatan, Kedalaman dan Jumlah Lintasan Roller





# Urugan





# Pemadatan khusus





# Pemadatan di lapangan



# Penggunaan Geosintetik



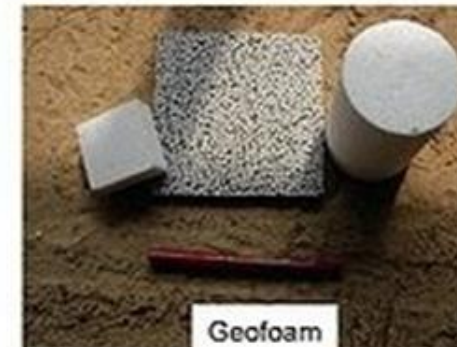
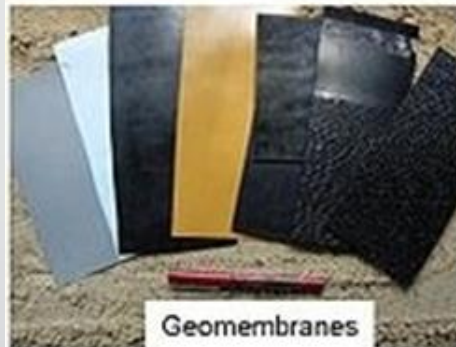
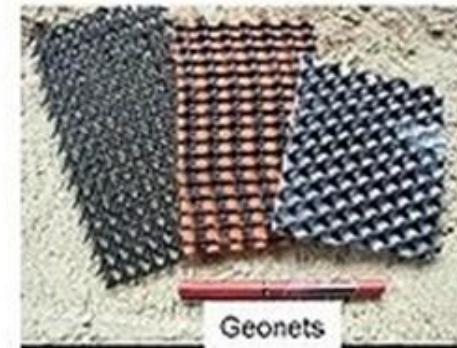
# Geosintetik

- Arti:
  - Geo = bumi
  - Sintetik = bahan buatan
  - Adalah produk pabrikan yang terbuat dari bahan polymer, dan digunakan dalam struktur bangunan tanah, batuan dalam rekayasa Geoteknik

Semua material yang digunakan: kuat, awet, tahan terhadap reaksi kimia, pengaruh cuaca dan umur panjang, serta aman terhadap lingkungan.



# Jenis Geosintetik



# Bahan Geosintetik

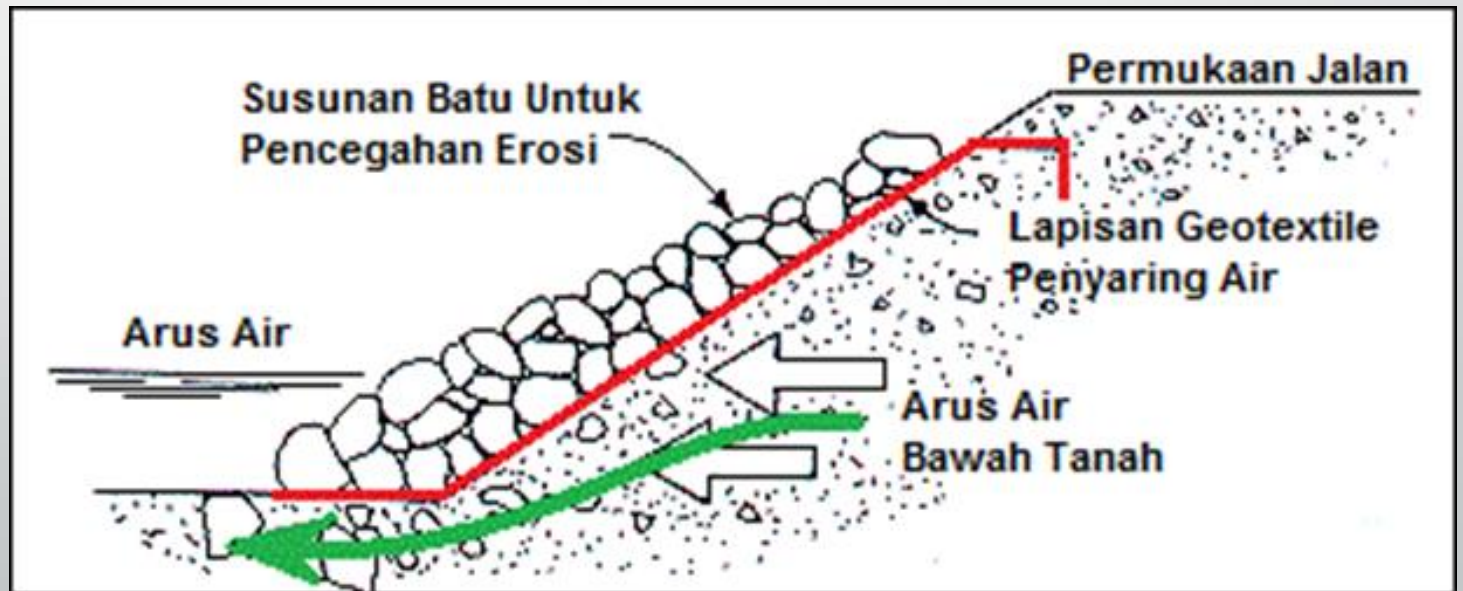
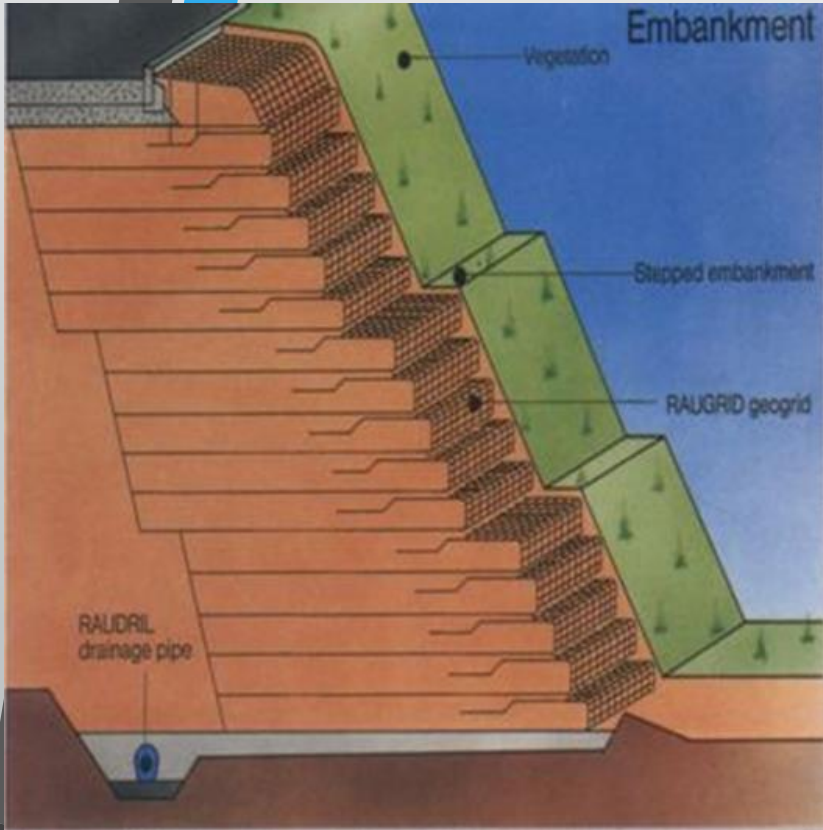
- PET : polyester
- PP : polypropelene
- PE : polyethylene
- HDPE : high density polyethylene
- LDPE : low density polyethylene
- PA : polyamide
- PVC : polyvinylchloride
  
- Bahan dasar utama terdiri dari elemen karbon, hydrogen, nitrogen dan chlorine

# Geotextile





# Implementasi Geotextile





# Karakteristik yang diketahui

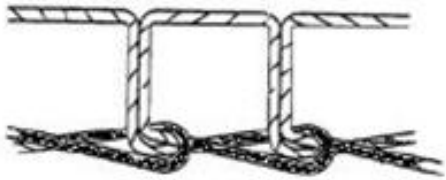
Tabel 2.1. Sifat Geotekstil dan Geogrid yang Dibutuhkan untuk Perkuatan Tanah

Karakteristik	Metoda Pengujian	
Kuat Tarik dan Elongasi saat Beban Maksimum ( <i>tensile strength &amp; elongation at maximum load</i> )	- ISO 10319:2008	Geosynthetics -- Wide-width Tensile Test
	- ASTM D 4595	Standard Test Method for Tensile Properties of Geotextiles by Wide-width Strip Method
	- RSNI M-05-2005	Cara Uji Sifat Tarik Geotekstil Dengan Metode Pita Lebar
Kuat Tarik Jahitan dan Sambungan ( <i>joints/seams tensile strength</i> )	- ISO 10321:2008	Geosynthetics -- Tensile Test For Joints/Seams By Wide-Width Strip Method
	- ASTM D 4884	Standard Test Method for Strength of Sewn or Thermally Bonded Seams of Geotextiles
	- RSNI M-03-2005	Cara Uji Kuat Keliman Jahit Atau Ikat Panas Geotekstil
Tahanan Tusuk Statik (Uji CBR) <i>Static puncture resistance</i>	- ISO 12236:2006	Geosynthetics -- Static Puncture Test (CBR Test)
	- ASTM D 6241	Standard Test Method for Static Puncture Strength of Geotextiles and Geotextile Related Products Using a 50-mm Probe
Tahanan Pelubangan Dinamis ( <i>Dynamic perforation resistance</i> )	- ISO 13433:2006	Geosynthetics -- Dynamic Perforation Test
	- SNI 08-4650-1998	Cara Uji Daya Tahan Geotekstil Terhadap Pelubangan Cara Kerucut Jatuh
Abrasi ( <i>abrasion</i> )	- ISO 13427:1998	Geotextiles and Geotextile-Related Products -- Abrasion Damage Simulation (Sliding Block Test)
	- ASTM D 4886	Standard Test Method For Abrasion Resistance Of Geotextiles (Sand Paper/Sliding Block)

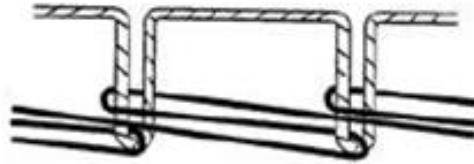
Karakteristik	Metoda Pengujian	
Karakteristik Friksi ( <i>friction characteristic</i> )	- ISO 12957-1: 2005	Geosynthetics -- Determination of friction characteristics -- Part 1: Direct Shear Test
	- ISO 12957-2:2005	Geosynthetics -- Determination of friction characteristics -- Part 2: Inclined plane test
	- ASTM D 5321	Standard Test Method for Determining the Coefficient of Soil or Geosynthetic and Geosynthetic Friction by the Direct Shear Method
Rangkak Tarik ( <i>tensile creep</i> )	- ISO 13431:1999	Geotextiles and Geotextile-Related Products -- Determination of Tensile Creep and Creep Rupture Behaviour
	- ASTM D 5262	Standard Test Method for Evaluating the Unconfined Tension Creep Behaviour of Geosynthetics
Kerusakan saat pemasangan	- ISO 10722:2007	Geosynthetics -- Index test procedure for the evaluation of mechanical damage under repeated loading -- Damage caused by granular material
Permeabilitas normal terhadap bidang	- ISO 11058:1999	Geotextiles and Geotextile-Related Products -- Determination of water permeability characteristics normal to the plane, without load
	- ASTM D 4491	Standard Test Method for Water Permeability of geotextiles by Permittivity
	- SNI 08-6511-2001	Geotekstil Cara Uji Daya Tembus Air
Kapasitas Pengaliran Air Sejajar Bidang	- ISO 12958:1999	Geotextiles and Geotextile-Related Products -- Determination of Water Flow Capacity in Their Plane
	- ASTM D 4716	Test Method For Determining the (in-Place) Flow Rate Per Unit Width and Hydraulic Transmissivity of a Geosynthetic Using Constant Head
	- SNI 08-4334-1996	Cara Uji Sifat Hantar Air Aliran Mendatar Geotekstil pada Tekanan Permukaan Konstan
Stabilitas akibat radiasi sinar ultraviolet	- ASTM D 4355	Standard Test Method for Deterioration of Geotextiles from Exposure to Ultraviolet Light and Water (Xenon Arc Type Apparatus)
	- ASTM D 5970	Standard Practice for Deterioration of

# Penyambungan dan lipatan

Prosedur pengujian sambungan terjahit diberikan dalam D 4884, ISO 10321:2008 atau RSNI M-03-2005.

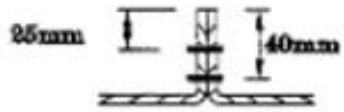


Tipe 101:  
Rantai jahitan dengan benang tunggal

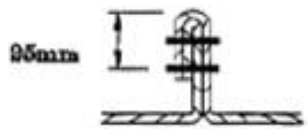


Tipe 401:  
Rantai jahitan dengan benang rangkap atau jahitan terkunci

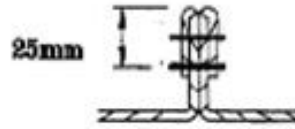
## a. Jenis jahitan



Sambungan jenis datar Tipe SS  
a-2



Sambungan J Tipe SSn-2



Sambungan kupu-kupu  
Tipe SSd-2

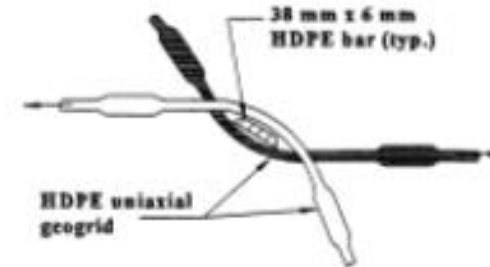
## b. Jenis sambungan

(Sumber: Hotlz dkk, 1996)

Gambar 2.2. Jenis-jenis Jahitan dan Sambungan

## 2.8.3 Teknik Penyambungan untuk Geogrid Uniaksial

Geogrid uniaksial disambungkan searah gulungan dengan menggunakan sambungan bodkin untuk geogrid HDPE (Gambar 2.3) dan dengan teknik tumpang tindih untuk geogrid PET yang dilapisi.



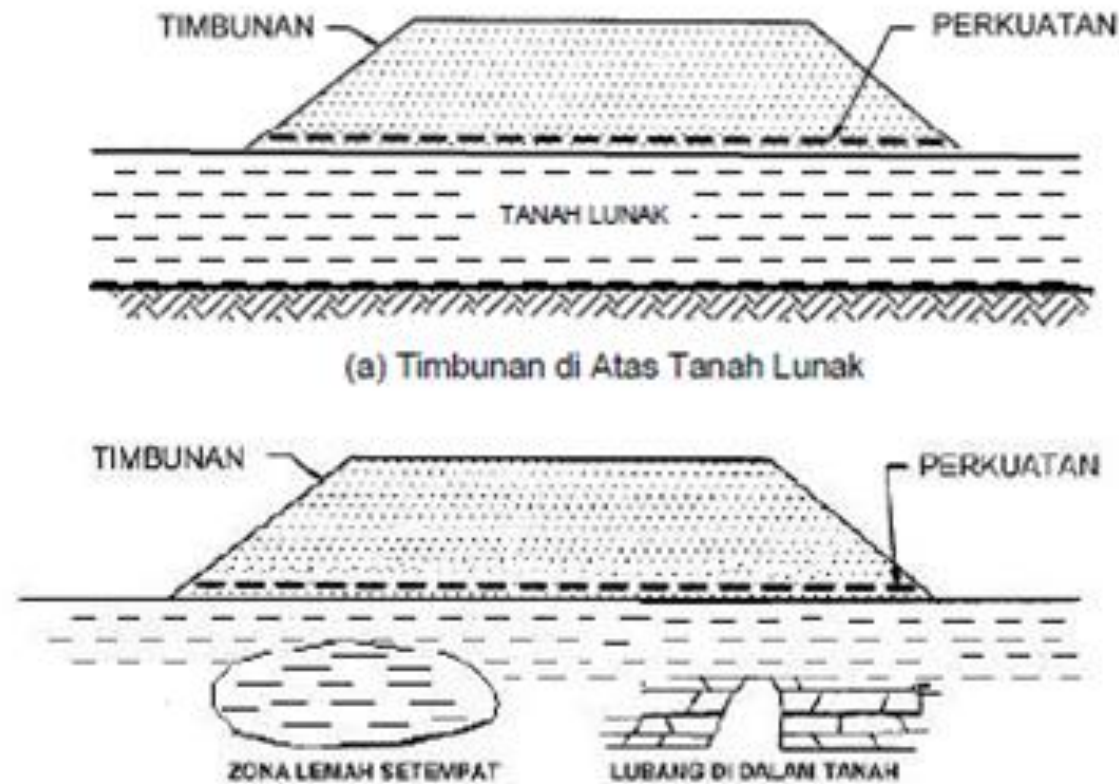
(Sumber: Hotlz dkk, 1996)

Gambar 2.3. Sambungan Bodkin untuk Geogrid Uniaksial HDPE



# Perkuatan untuk tanah timbunan

Perkuatan geotekstil atau geogrid dapat dipasang satu lapis atau lebih tergantung besarnya gaya geser yang akan ditahan.

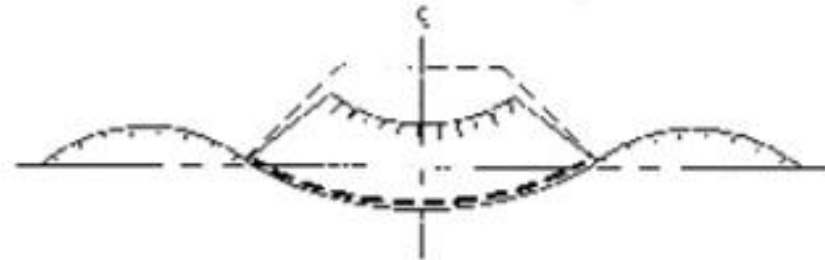


(a) Timbunan di Atas Tanah Lunak

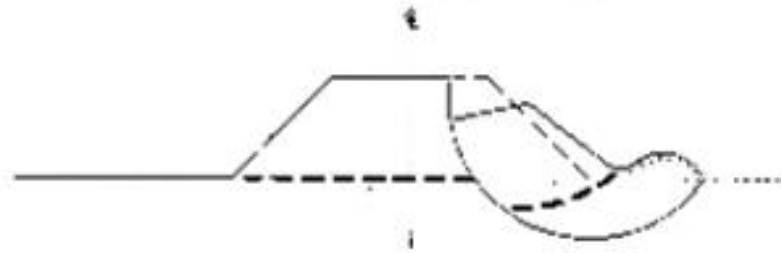
(b) Timbunan di Atas Zona Lemah Setempat dan Tanah Berongga  
(Sumber: Holtz dkk, 1998)

Gambar 3.1 Aplikasi Timbunan yang Diperkuat

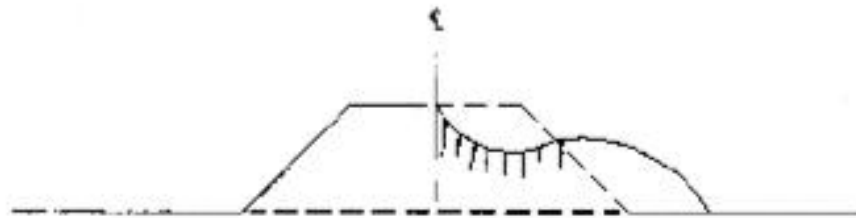
Landasan pendekatan perencanaan timbunan yang diperkuat adalah perencanaan untuk mencegah keruntuhan. Gambar 3.2 menunjukkan mode keruntuhan yang dapat terjadi pada timbunan yang diperkuat. Ketiga kemungkinan keruntuhan tersebut memberikan indikasi jenis analisis stabilitas yang dibutuhkan. Selain itu, penurunan timbunan dan potensi rangkak pada perkuatan juga harus dipertimbangkan.



a. Keruntuhan daya dukung



b. Keruntuhan rotasional



c. Keruntuhan akibat pergerakan lateral

(Sumber: Hotiz dkk, 1998)

Gambar 3.2. Mode Keruntuhan pada Timbunan yang Diperkuat

# Pertimbangan perencanaan



# Timbunan

## Embankment on soft soil with **Secugrid®**



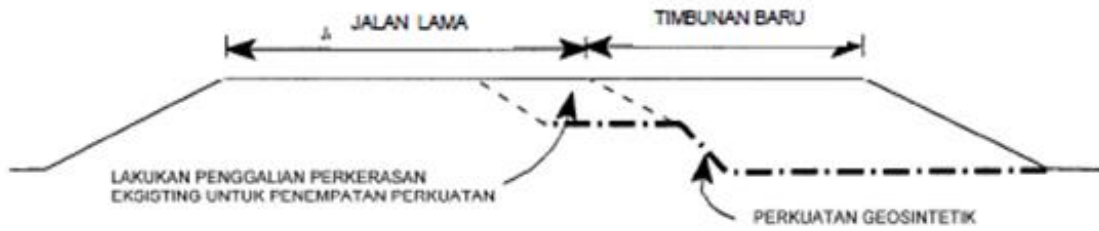
**Embankment height: 5,0 m**  
**Secugrid® layer spacing: 1,0 m**  
**anchorage length: 6 – 10 m**



# Perkuatan timbunan



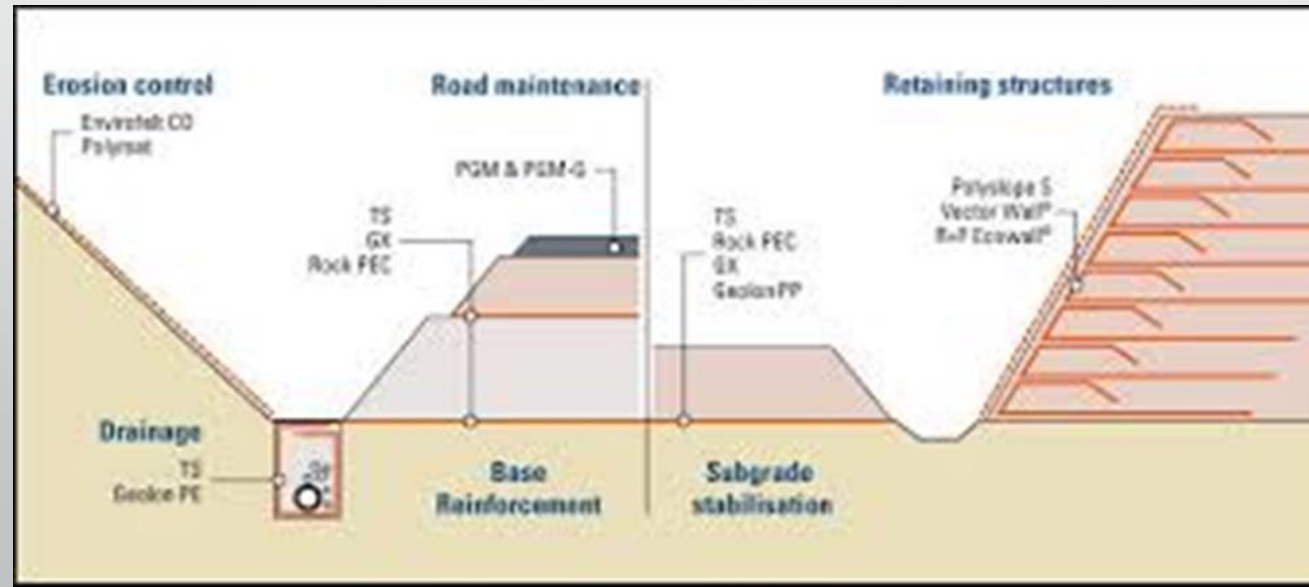
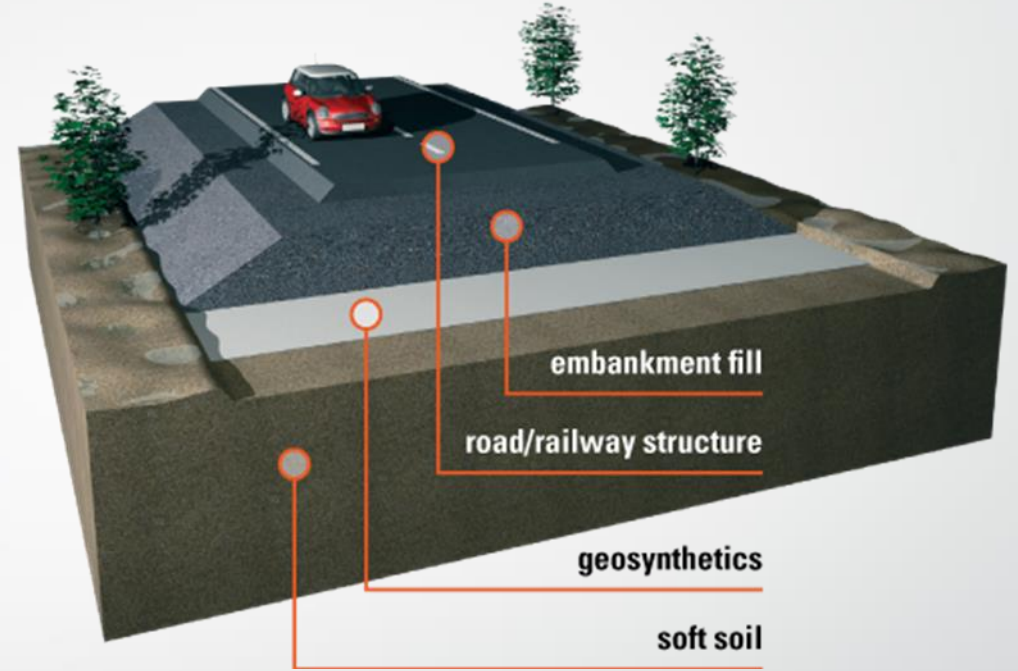
(a) Penimbunan pada kedua sisi timbunan jalan lama



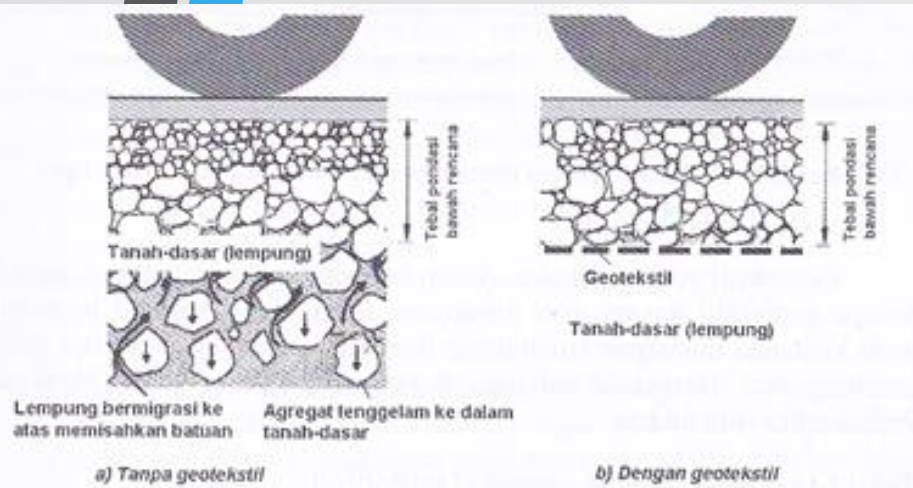
(b) Penimbunan pada salah satu sisi timbunan jalan lama

(Sumber: Hotz dkk, 1998)

Gambar 3.12. Konstruksi Timbunan yang Diperkuat untuk Pelebaran Jalan



# Perkuatan lapisan pondasi jalan



**Gambar 2.16** Batuan lapis pondasi berkurang kekuatannya karena terpisah-pisah akibat migrasi lempung (dari Rankilor, 1981).

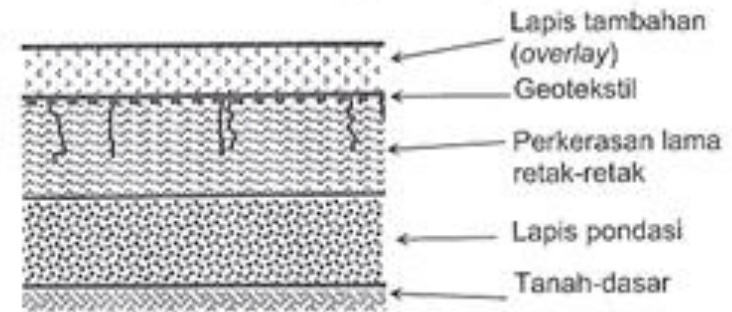


**Gambar 2.17** Geotekstil sebagai pemisah antara tanah dasar lunak dan lapis pondasi.

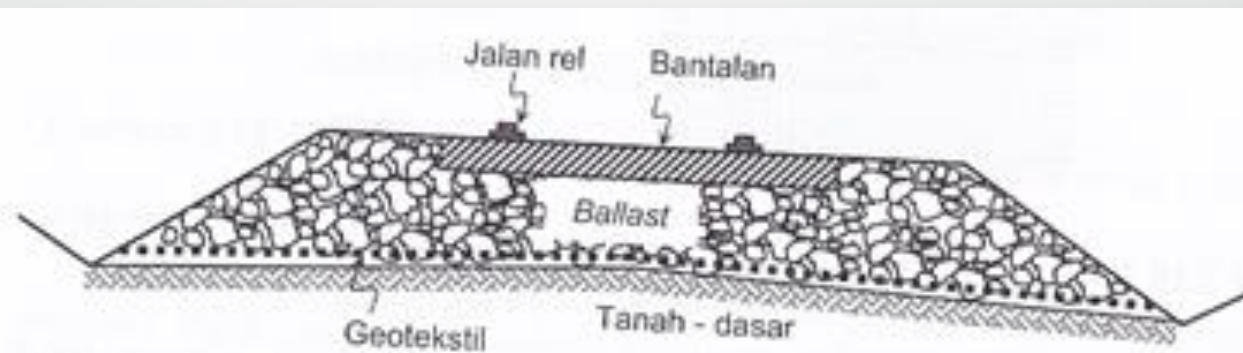
# Untuk perkuatan timbunan



Gambar 2.18 Aplikasi geotekstil sebagai pembungkus material untuk jalan raya (Koerner, 2005).



Gambar 2.19 Aplikasi geotekstil pada pekerjaan lapis tambahan untuk menangani retak reflektif (Koerner, 2005).



Gambar 2.20 Aplikasi geotekstil untuk jalan rel (Rankilor, 1981).



# Implementasi pada jalan tol Sedyatmo saat kondisi awal



Daerah rawa pada Sta 10+800 – 11+980, merupakan gambaran asli salah satu bagian dari lokasi untuk pembangunan Jalan Akses Cenakarena.



Beratnya medan yang berlumpur menyebabkan excavator yang digunakan untuk pengupasan terperosok di lumpur.



Pembersihan dilakukan di daerah rawa yang tadinya dipenuhi sampah.

# Pemasangan Geotextile



*Pembongkaran coral sand untuk bahan penimbunan di Muara Anake.*



*Penggelaran Geotextile di daerah yang telah*



*Penimbunan coral sand di atas geotextile.*

# Soil Improvement

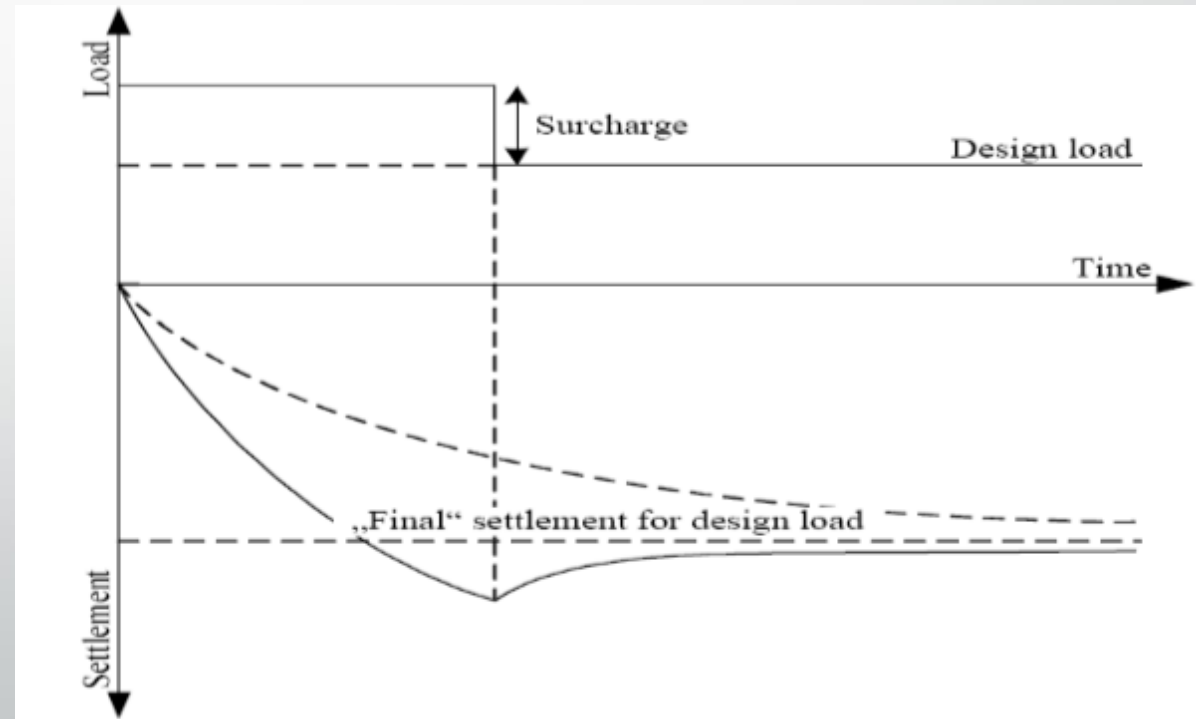
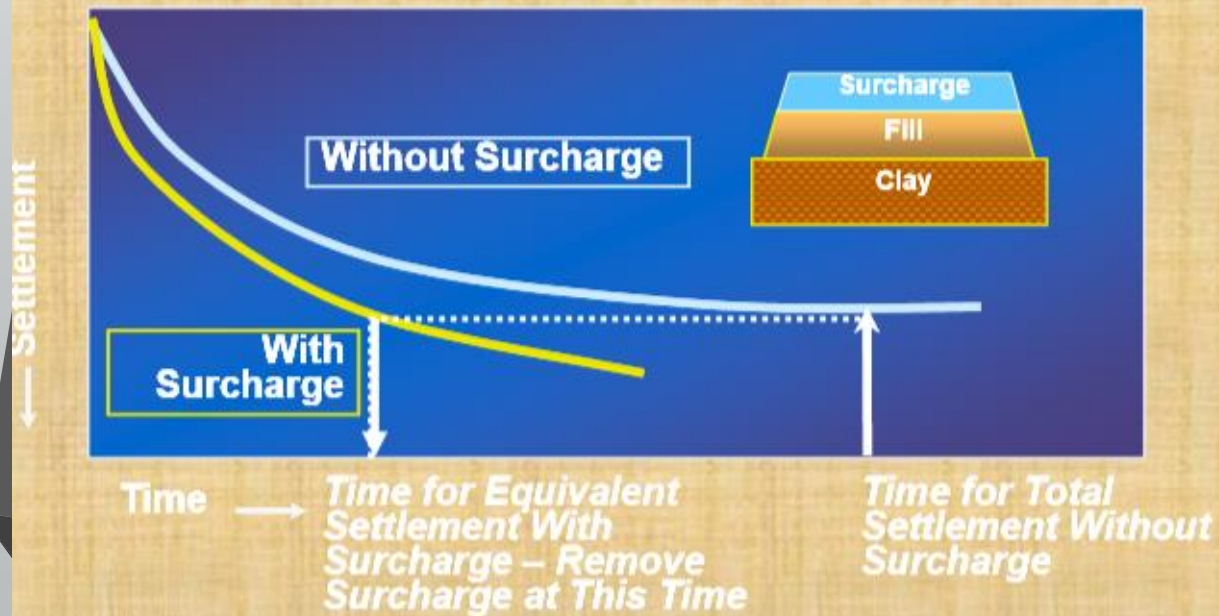
This approach has resulted in a number of techniques involving

- Pre-compression or Pre-loading
- Sand drains
- Pre-fabricated Vertical Drains
- Vacuum consolidation
- High Vacuum Densification Method (HVDM)

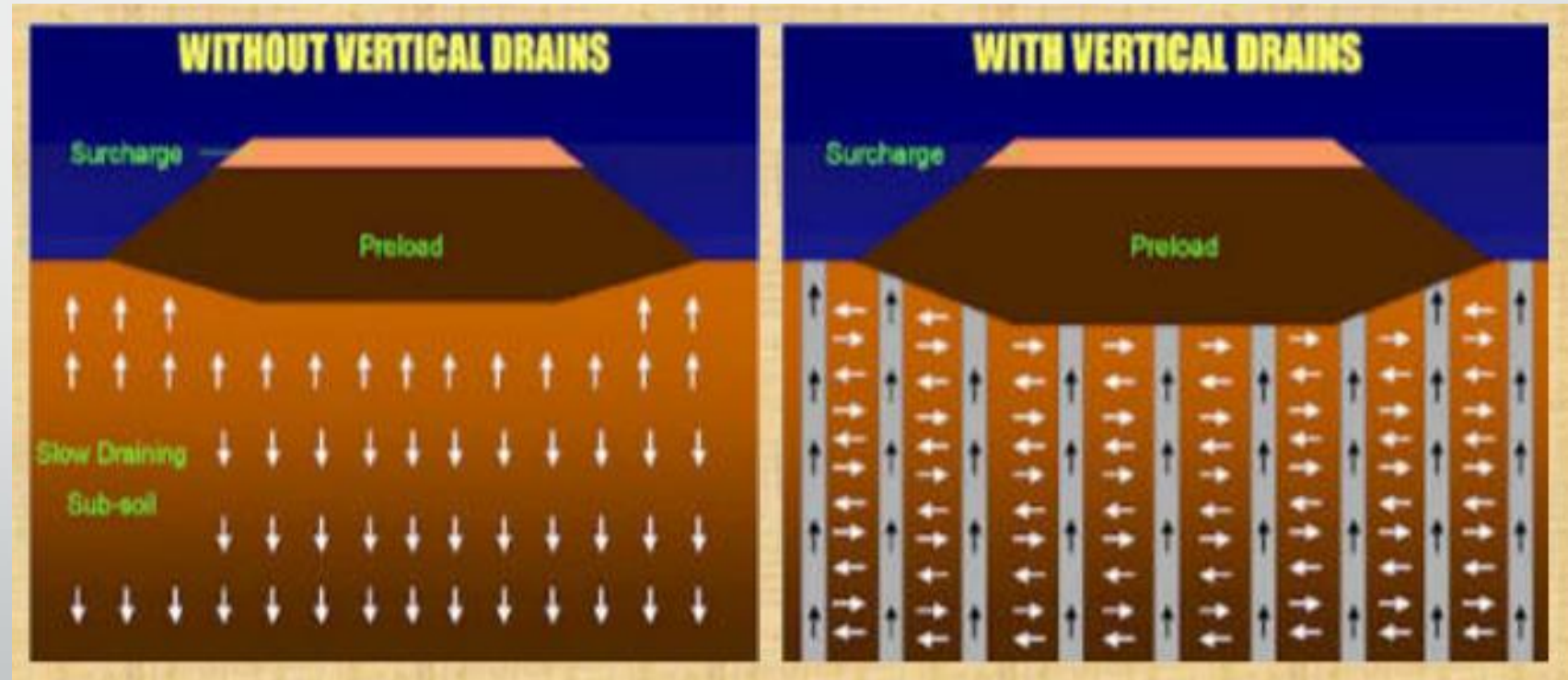


# Prefabricated Vertical Drains

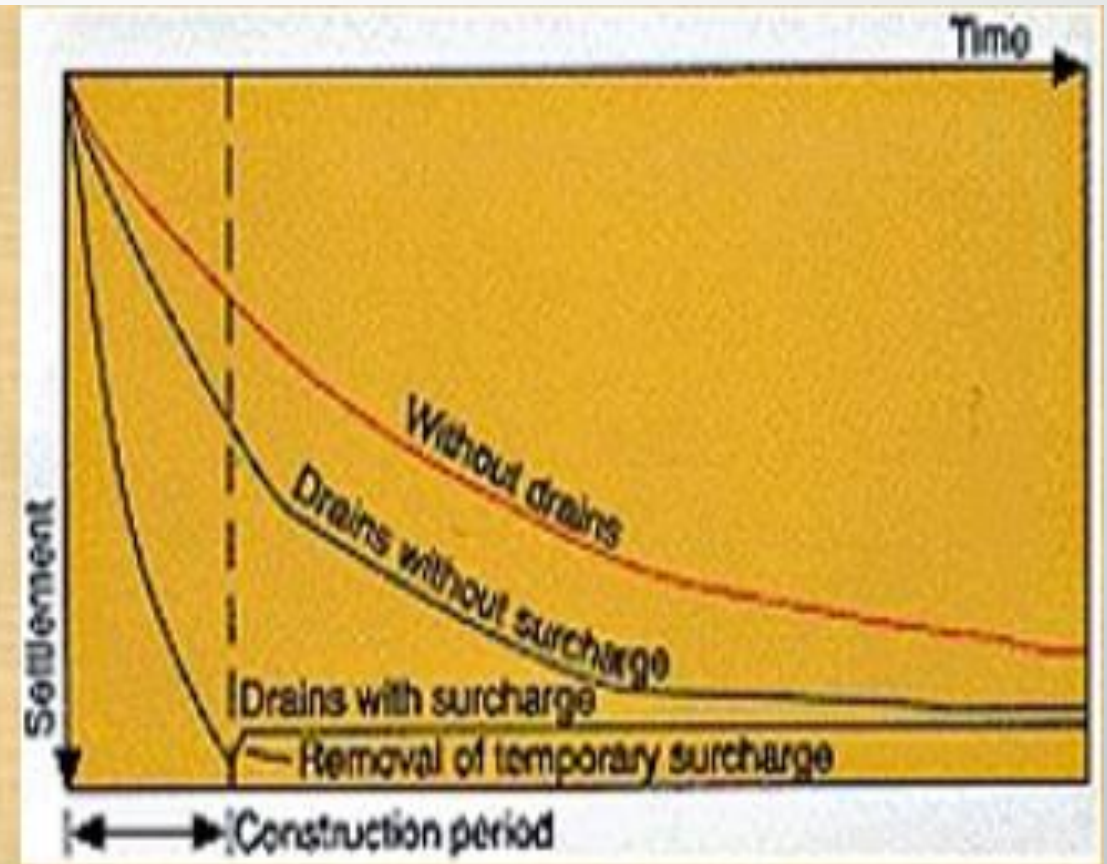
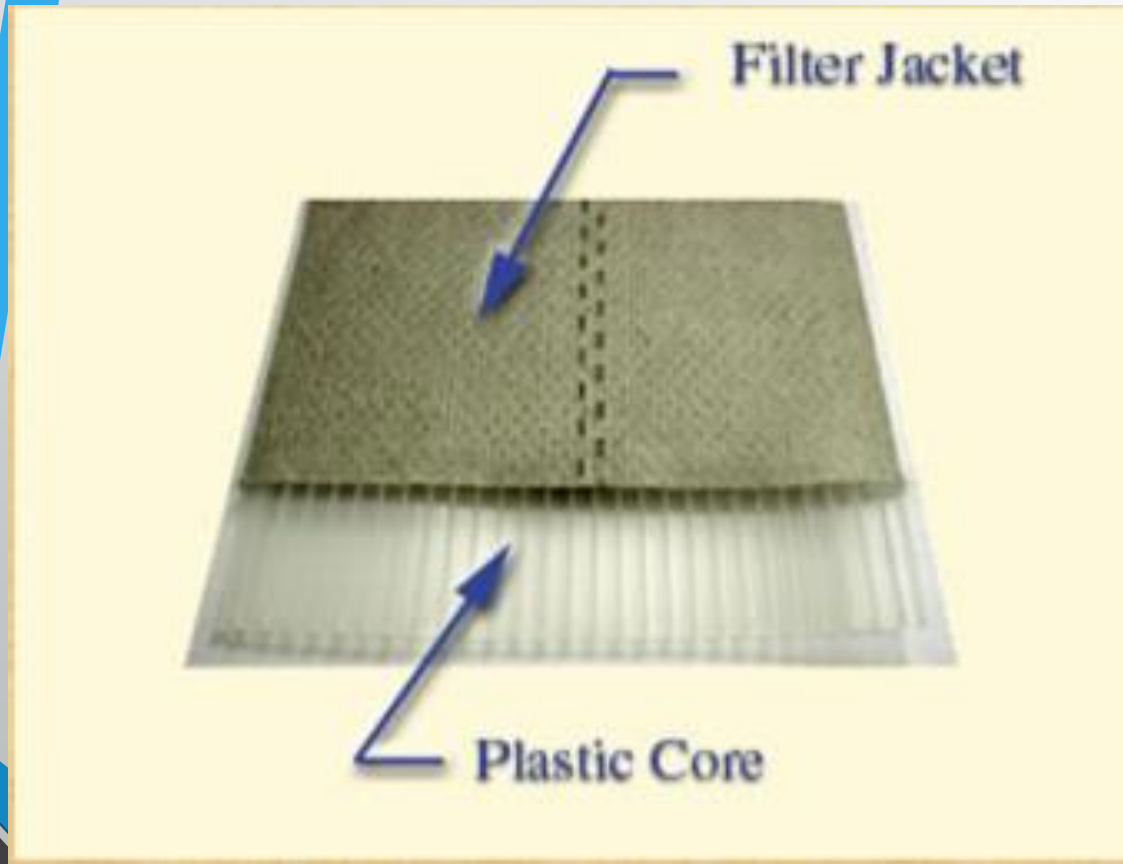
## Embankment on Clay Foundation Effect of Surcharge Treatment



# No PVD vs PVD



# Perilaku PVD

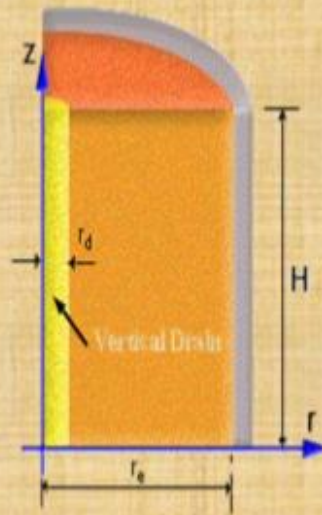




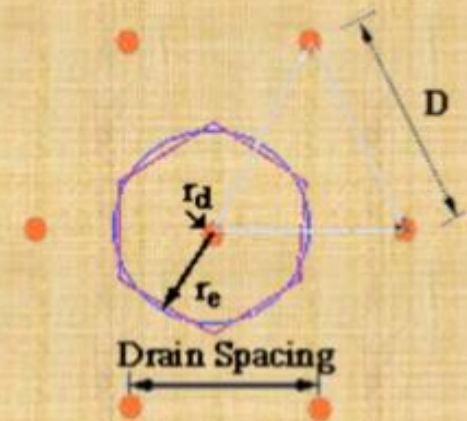
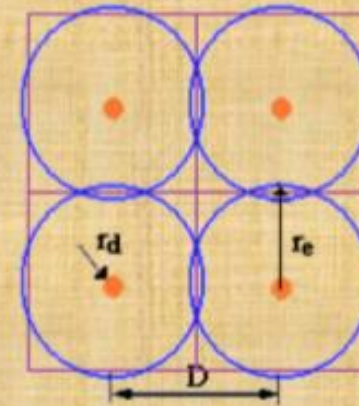
# Pengaruh Luasan Drainase

## Vertical Drain Spacing

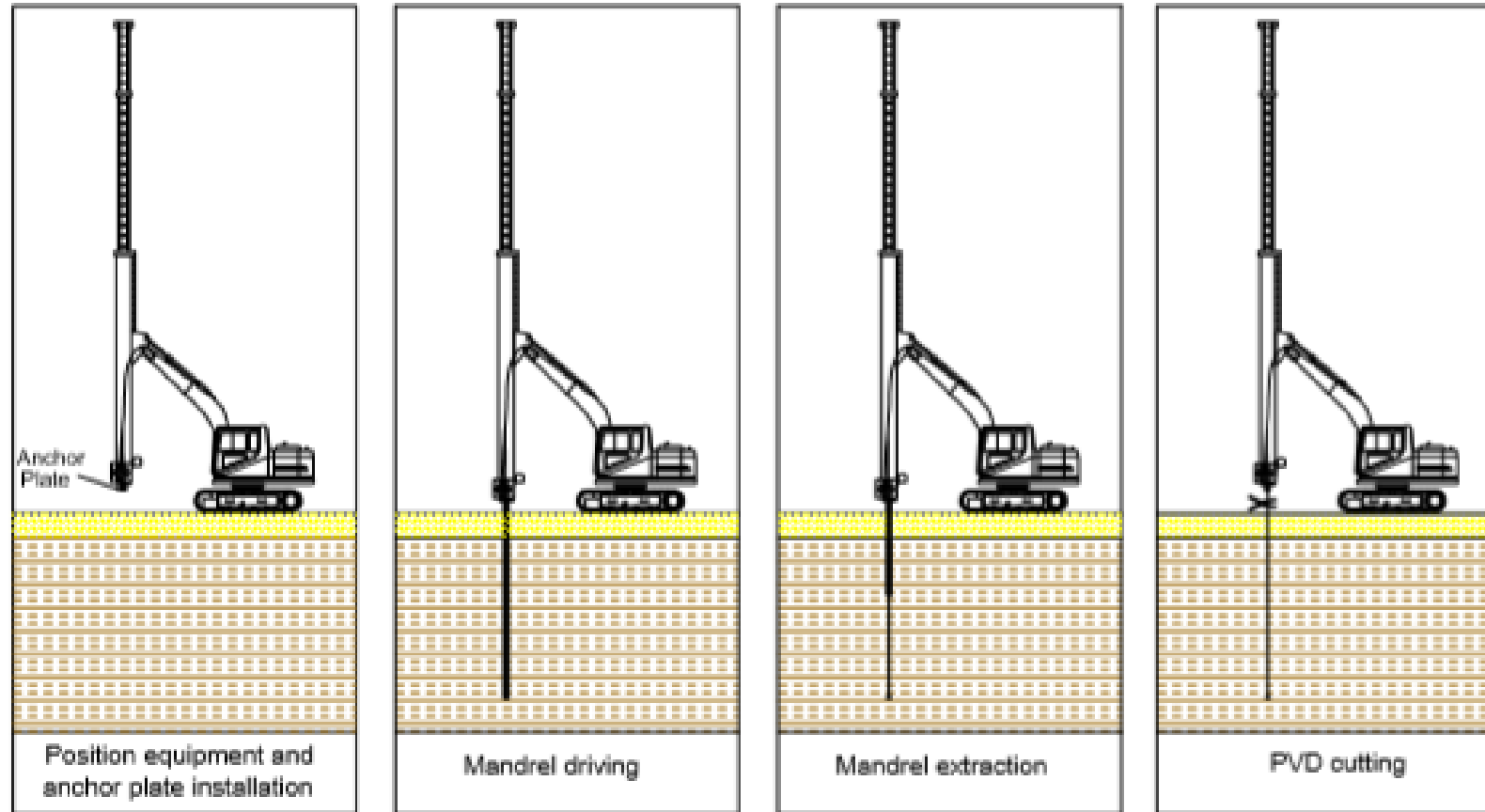
- Vertical drains are generally installed in either triangular or square patterns.
- The consolidation problem is simplified to an axisymmetric one in most vertical drain consolidation theories, in which a drain well is enclosed by a cylinder of soil.
- An equivalent radius of the soil cylinder based on the same total area for different installation patterns is used in the analysis.



## Layout of square grid pattern

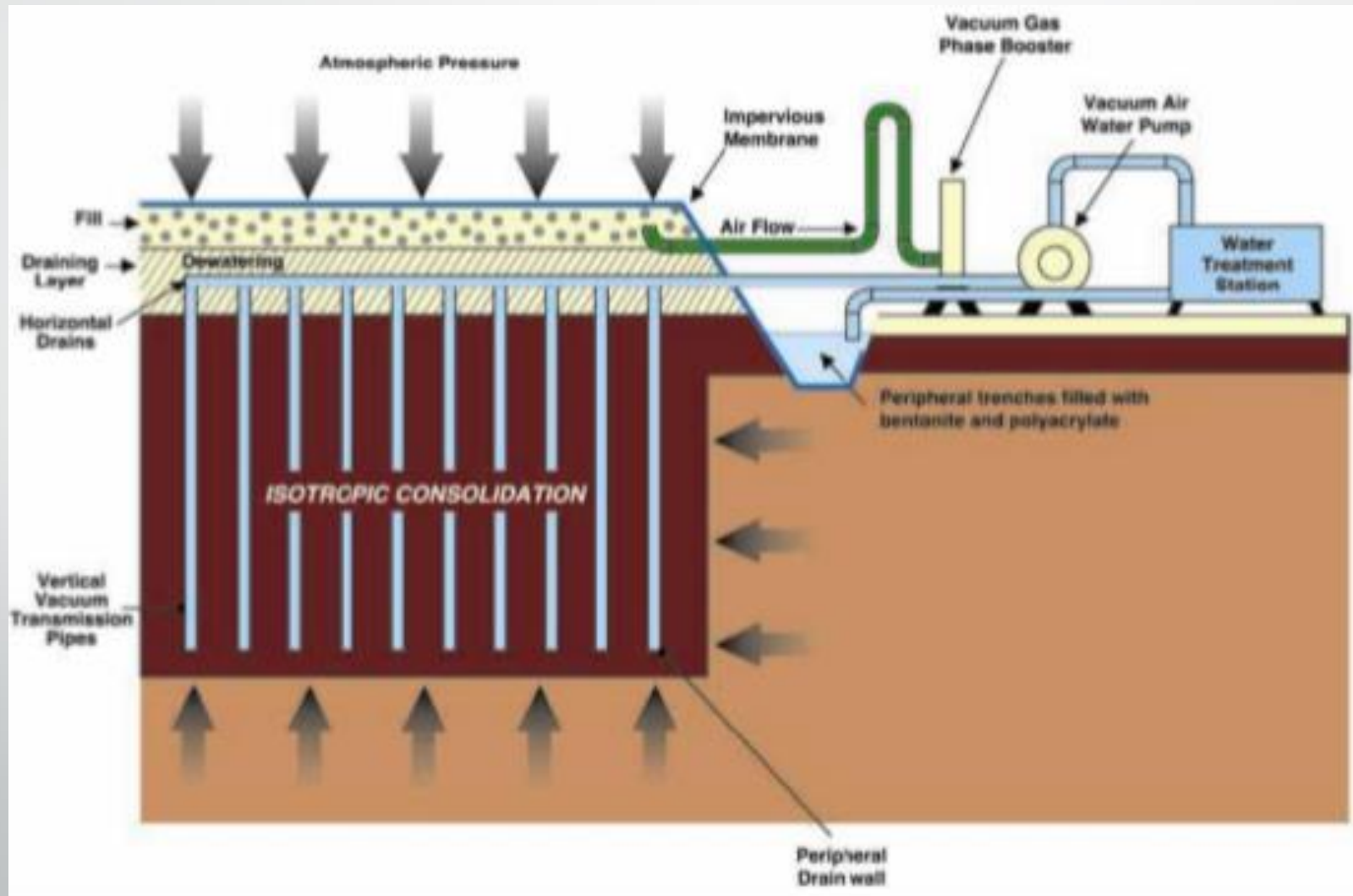


# Pelaksanaan di Lapangan



# Vacuum Consolidation

- Lebih cepat daripada PVD biasa





# Tugas dan Presentasi

- **Pertemuan 15**

Presentasi dan review contoh kasus *pemeliharaan* bangunan sipil

- **Pertemuan 16**

Presentasi dan review contoh kasus *rehabilitas* bangunan sipil

**Catatan:**

- Sebagai nilai Ujian
- Review dari sembarang kasus yang ada, presentasikan dlm PPT