

PERAN GEOTEKNIK PADA INFRASTRUKTUR PERKERETAAPIAN

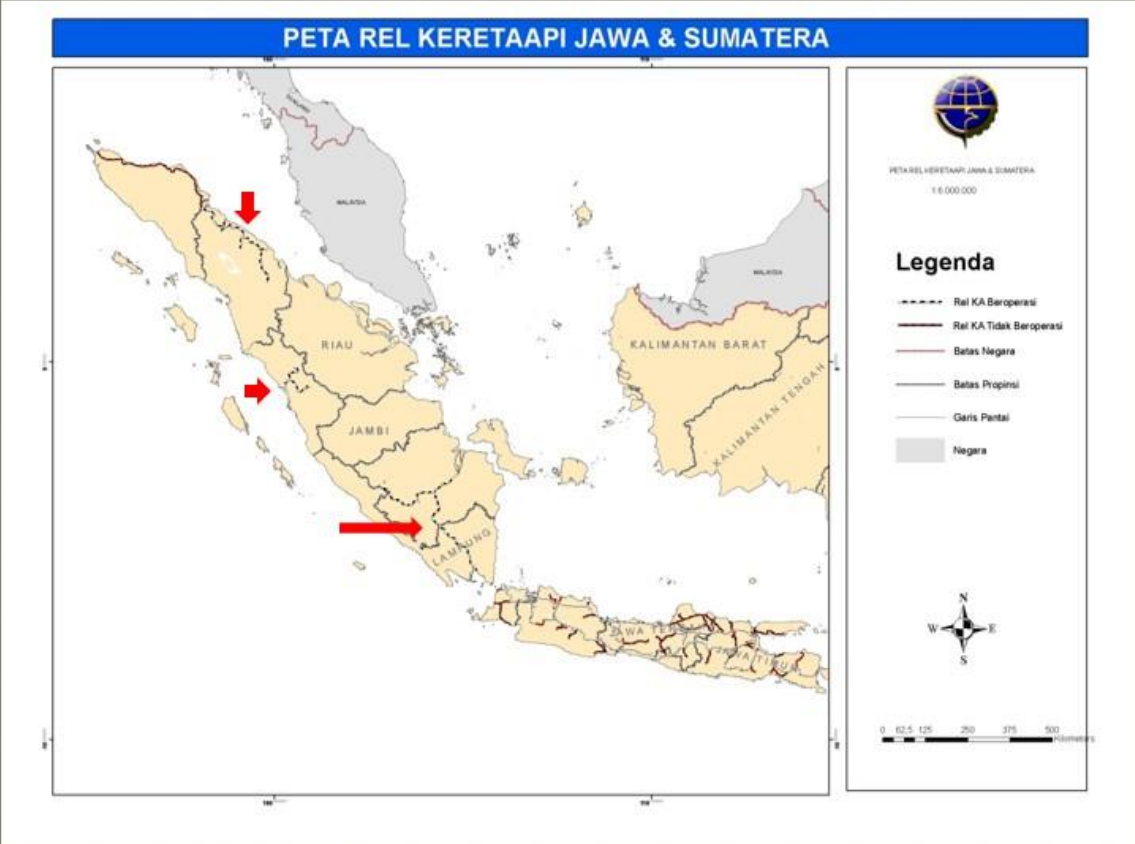
Dr. Ir. Pintor T. Simatupang, MT.
Sekjen HATTI

Seminar Nasional Himpunan Mahasiswa Sipil
Universitas Lambung Mangkurat
Bersama Himpunan Ahli Teknik Tanah Indonesia
Banjarmasin, 1 Oktober 2016

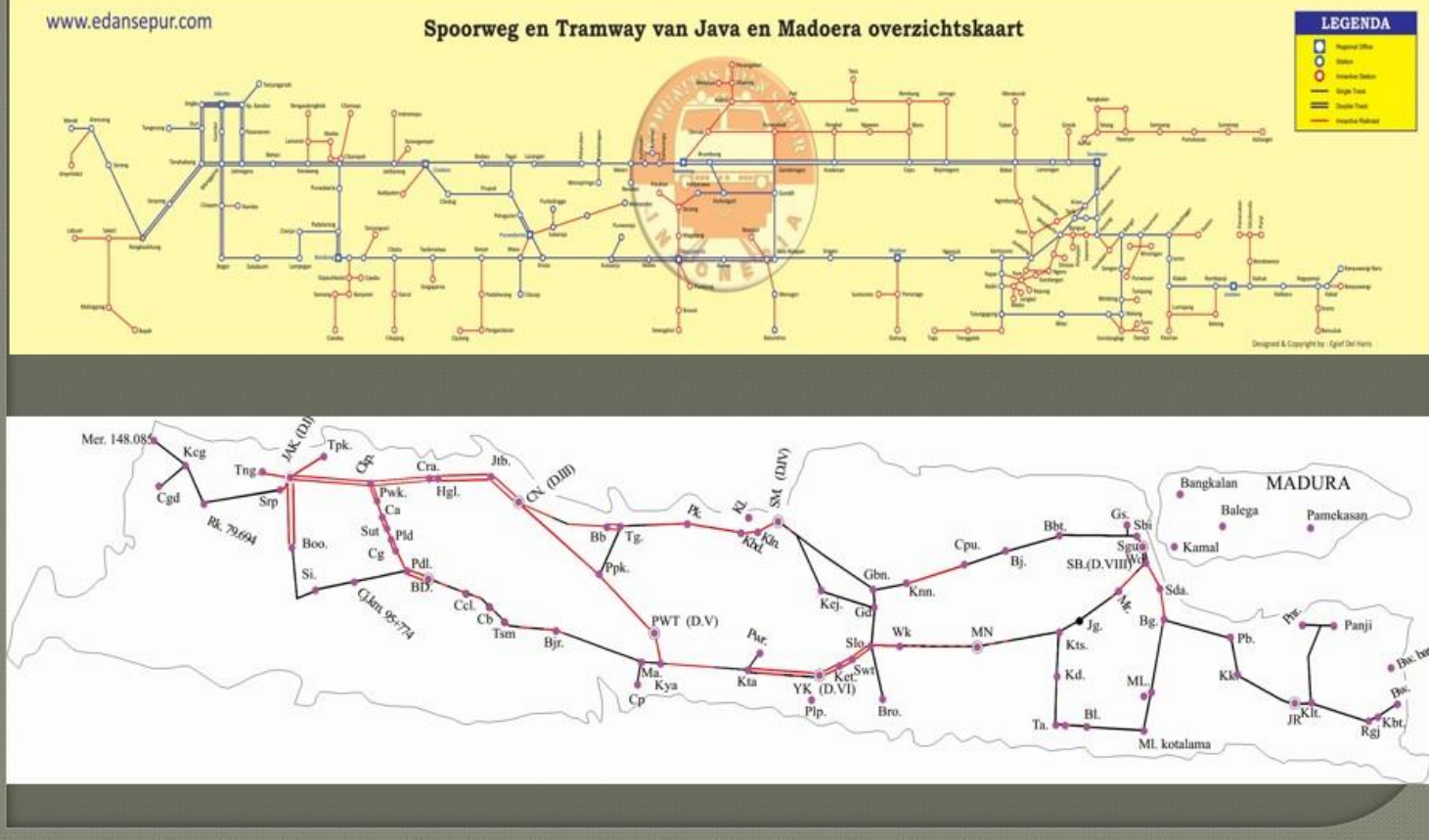
Jaringan Kereta Api Global



Jaringan Kereta Api di Indonesia



Jaringan Kereta Api di P. Jawa



Jaringan Kereta Api di P. Jawa



Jaringan Kereta Api di P. Jawa



Pengembangan Jaringan KA

● Koridor Pulau Sumatera

Pembangunan Kereta Api Antar Kota/Trans Sumatera:

- Jalur KA baru Bireun-Lhokseumawe-Langsa-Besitang
- Jalur KA baru Rantauprapat-Duri-Dumai
- Jalur KA baru Duri-Pekanbaru
- Jalur KA baru Pekanbaru-Muaro (**Death Railway**)
- Jalur KA baru Pekabaru-Jambi-Palembang
- Jalur KA baru Simpang-Tanjung Api-Api
- Jalur ganda KA Prabumulih-Kertapati
- Jalur ganda KA Baturaja-Martapura
- Jalur ganda KA Muara Enim-Lahat
- Jalur ganda KA Cempaka -Tanjung Karang
- Jalur ganda KA Sukamenanti-Tarahan
- Jalur KA baru Rejosari/KM3-Bakauheni

Rencana Pengembangan KA Sumatera

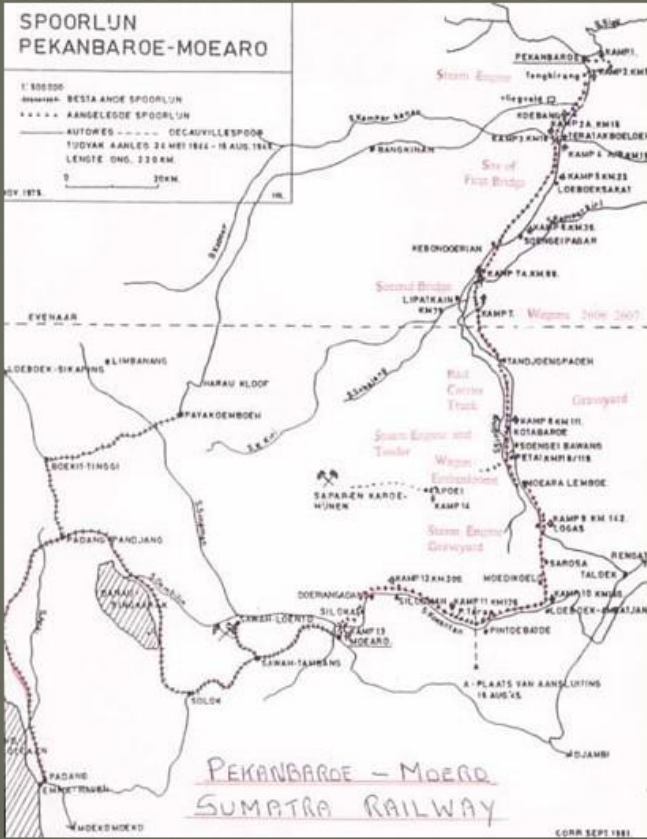


Death Railway

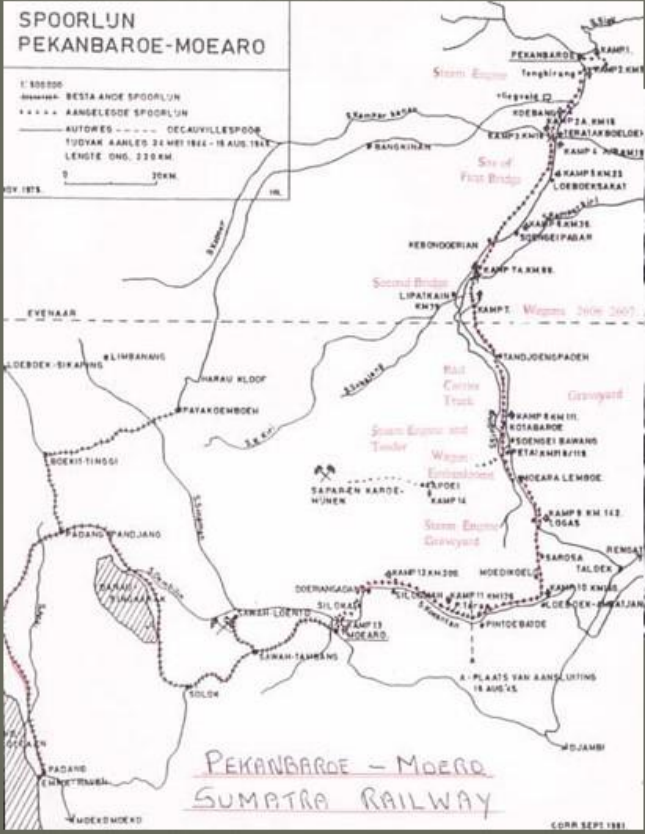


Pekanbaru - Muaro

Death Railway



Death Railway



Pengembangan Jaringan KA

● Koridor Pulau Kalimantan

Pembangunan KA Khusus/Batubara/Akses Pelabuhan (Skema KPS):

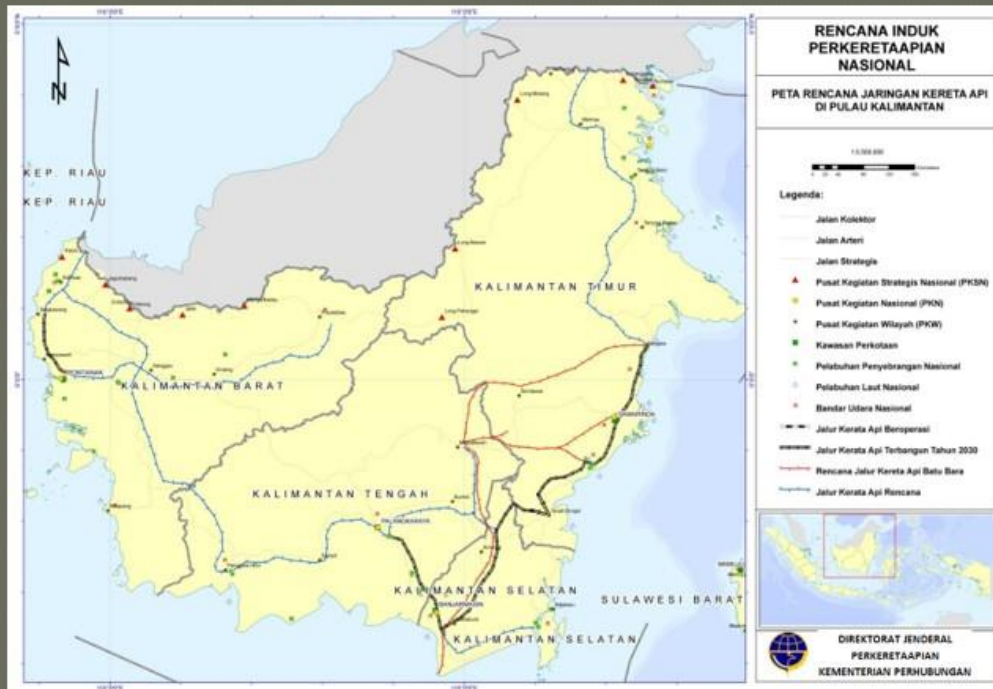
- Muara Wahau-Muara Bengalon
- Murung raya-Kutai Barat-Paser-Panajam Paser Utara-Balikpapan
- Puruk Cahu-Mangkatib

Pembangunan Kereta Api Antar Kota/Trans Kalimantan:

- Jalur KA baru Tanjung-Paringin-Barabai-Rantau-Martapura-Banjarmasin
- Jalur KA baru Balikpapan-Samarinda
- Jalur KA baru Tanjung-Balikpapan
- Jalur KA baru Banjarmasin-Palangkaraya
- Jalur KA baru Palangkaraya -Sangau-Pontianak-Batas Negara**
- Jalur KA baru Samarinda-Sangata-Tanjung Redep-Batas Negara

Pengembangan Jaringan KA

● Koridor Pulau Kalimantan



Gambar 15. Rencana Jaringan Kereta Api di Pulau Kalimantan Tahun 2030

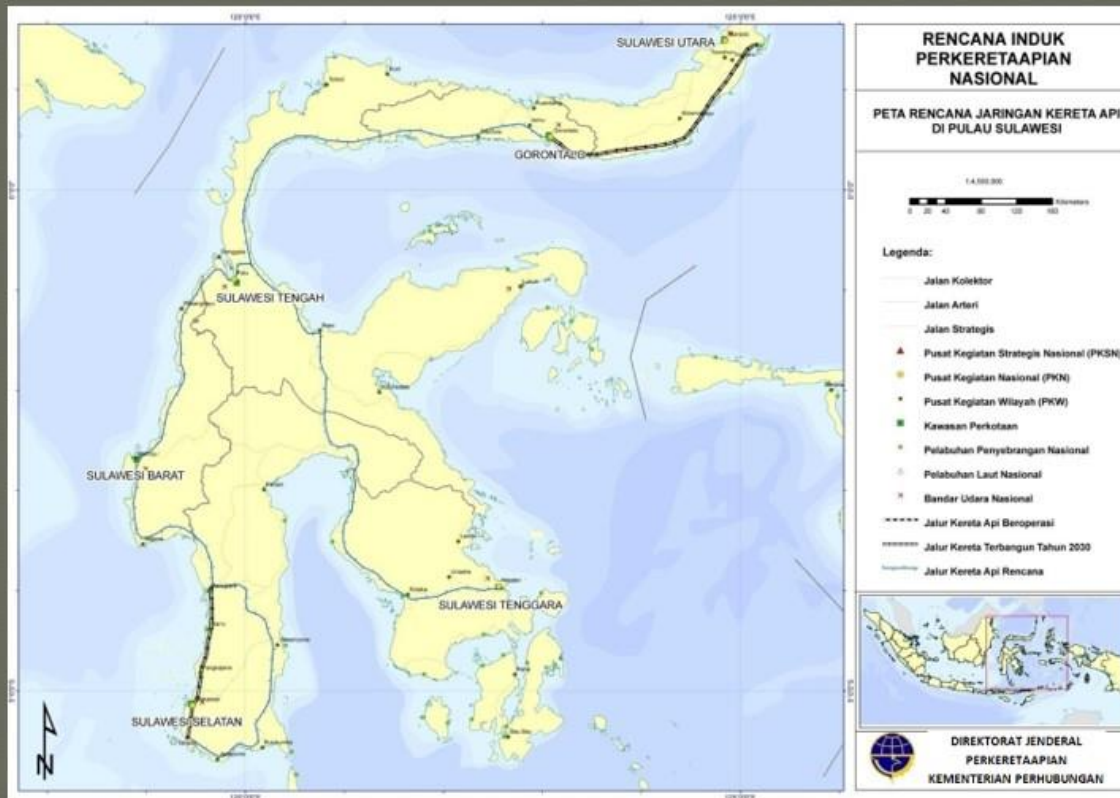
Pengembangan Jaringan KA

● Koridor Pulau Kalimantan



Pengembangan Jaringan KA

● Koridor Pulau Sulawesi



Pengembangan Jaringan KA

● Lintas Makassar - Pare-pare

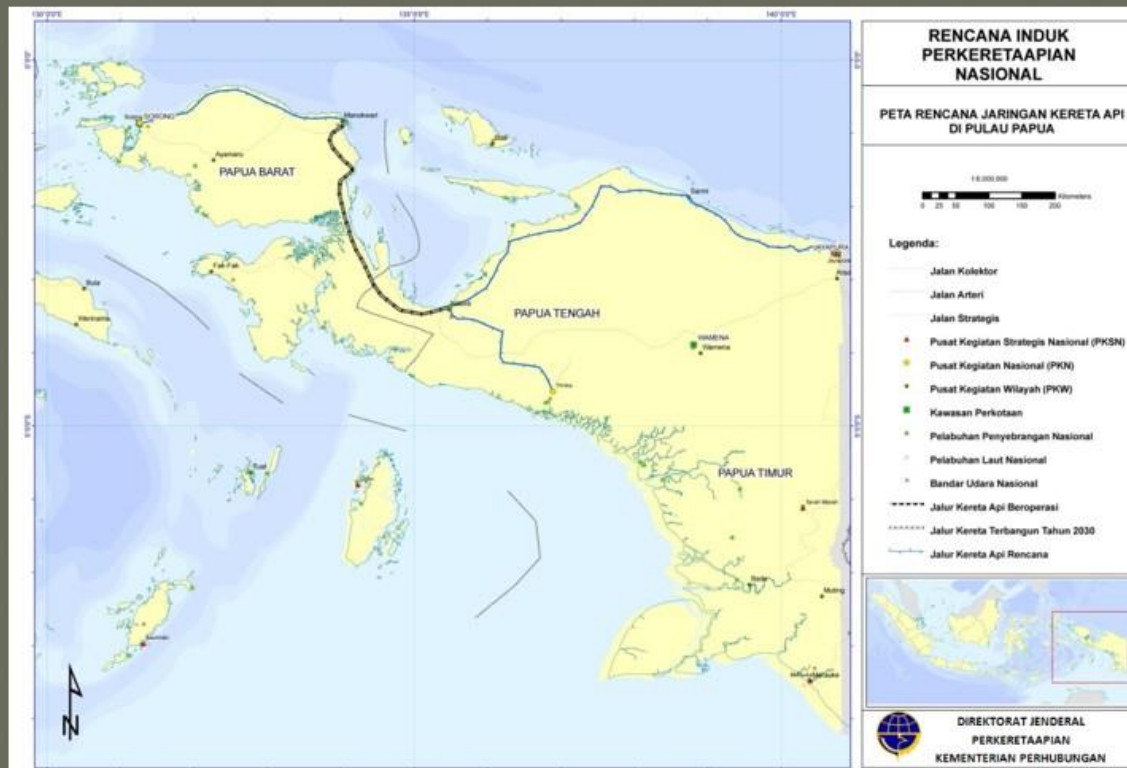


Sudah dikerjakan sekitar 20 KM



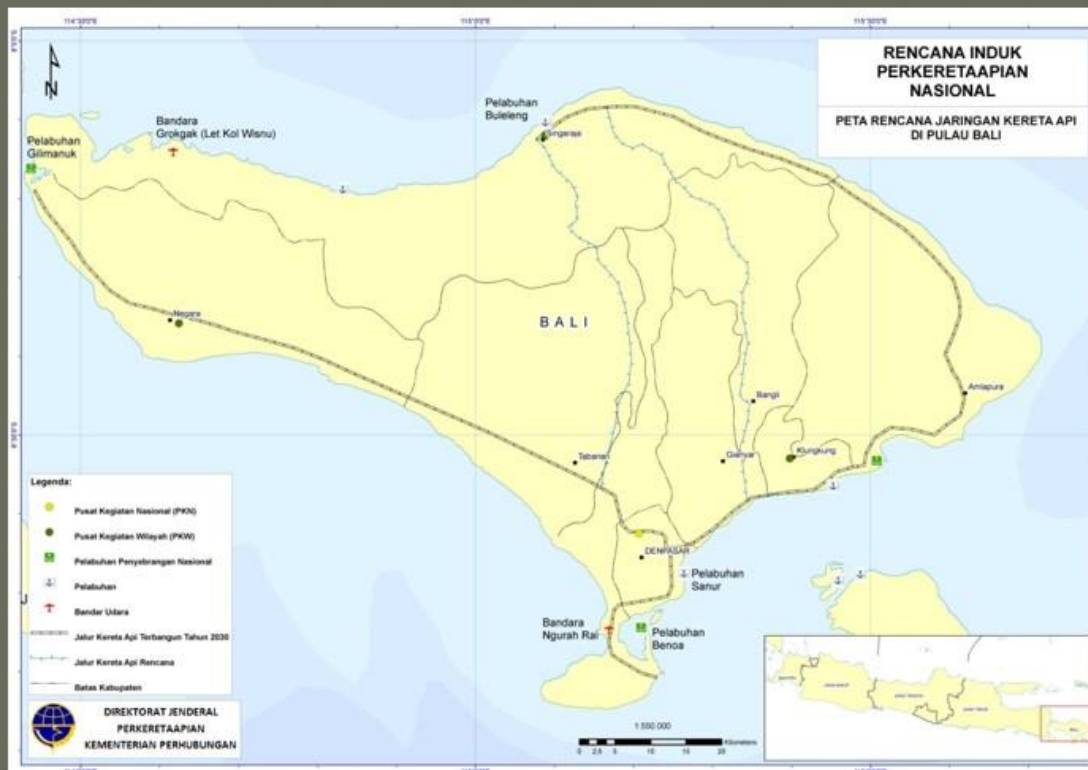
Pengembangan Jaringan KA

● Koridor Papua



Pengembangan Jaringan KA

● Koridor Bali



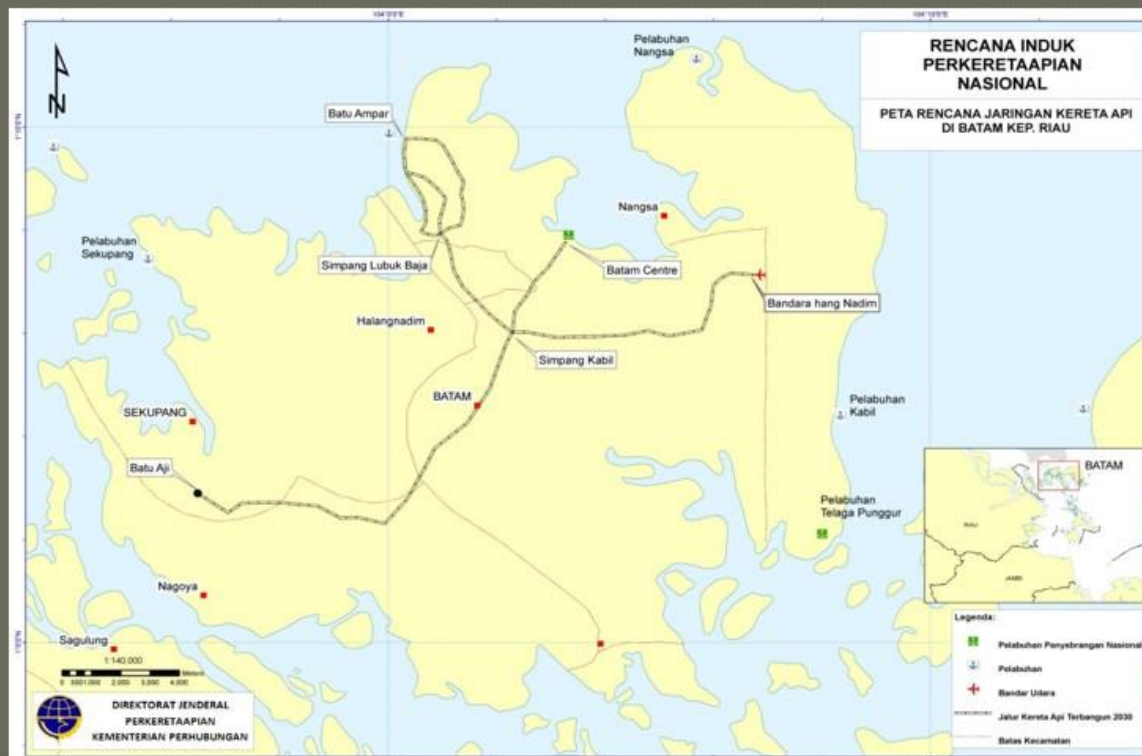
Pengembangan Jaringan KA

● Koridor Madura



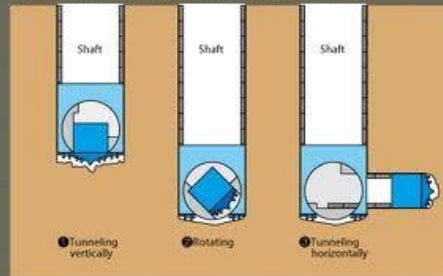
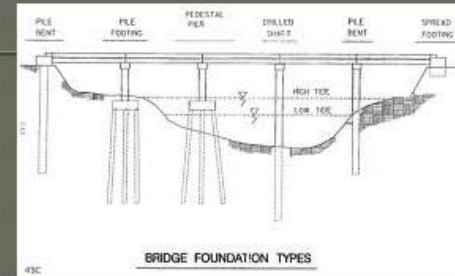
Pengembangan Jaringan KA

● Koridor Kepulauan Riau

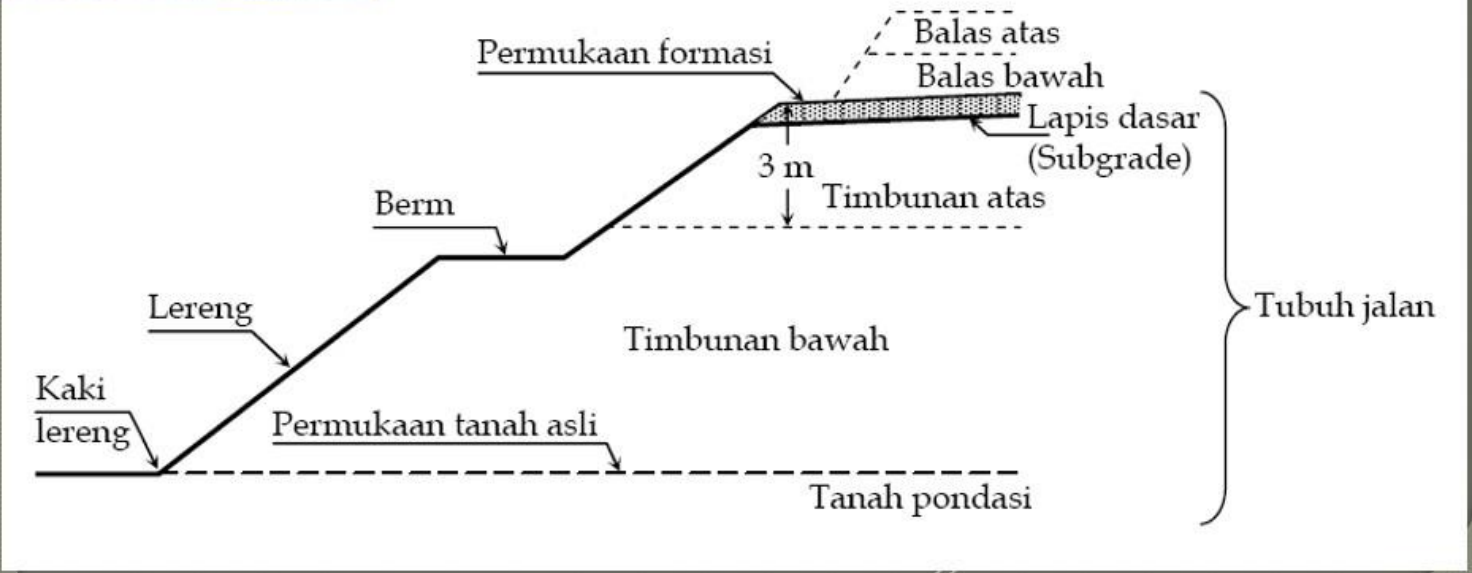


Komponen terkait Geoteknik pada Perkeretaapian

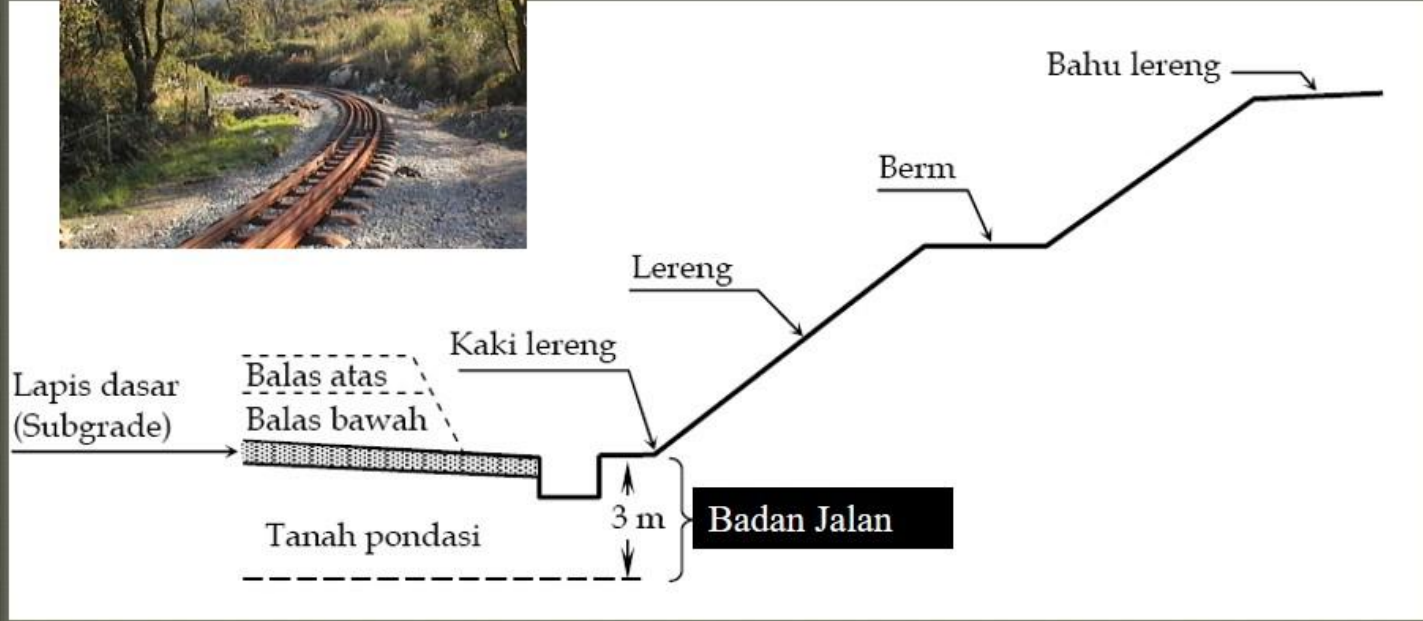
1. Badan jalan (roadbed)
2. Bangunan dan Jembatan
3. Terowongan



Badan Jalan Timbunan



Badan Jalan Galian



Aspek Geoteknik

Badan Jalan

1. Sifat dan perilaku tanah dasar yang diperlukan untuk menentukan daya dukung (bearing capacity) dan penurunan (settlement) tanah dasar
2. Sifat dan perilaku bahan (tanah) timbunan yang diperlukan untuk menentukan sifat dan kemampuan pemadatan (compaction) tanah pada saat dikonstruksi dan tingkat kekuatannya dalam bentuk nilai California Bearing Ratio (CBR)
3. Sifat dan perilaku bahan (tanah) yang akan dijadikan sebagai material subgrade untuk menentukan kekuatan subgrade yang dinyatakan dalam nilai CBR.
4. Pemahaman terhadap bahaya keruntuhan lereng (slope failure)
5. Pemahaman terhadap penggunaan konstruksi untuk memproteksi keruntuhan lereng
6. Pemahaman atas potensi kerawanan (susceptibility) terhadap gempa, longsor dan bencana alam lainnya.

Peran Geoteknik dalam Pengembangan Jaringan KA

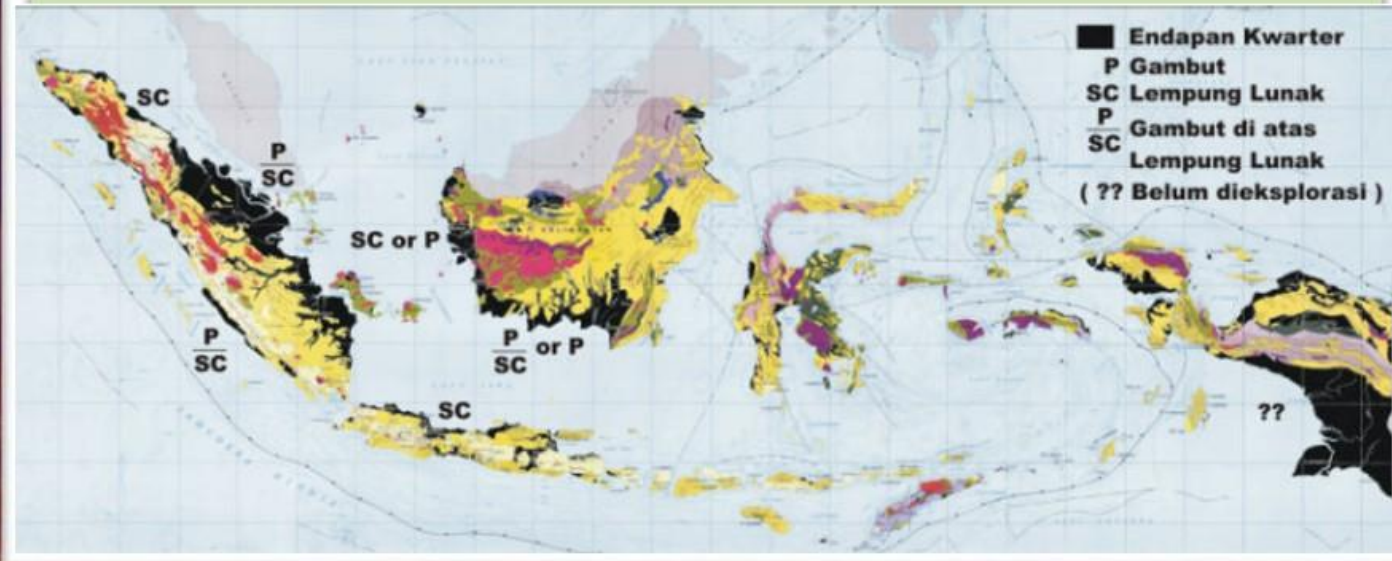
Badan Jalan

1. Apabila badan jalan harus diletakkan di atas tanah lunak
2. Kebutuhan khusus, karena operasi KA

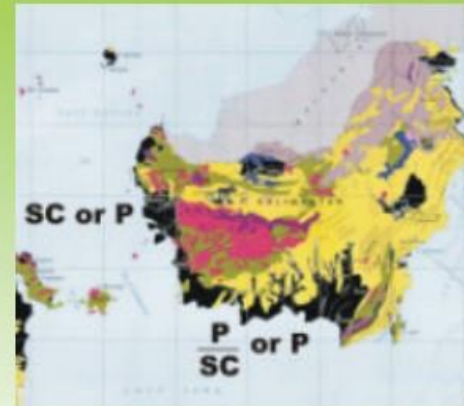
Tanah Lunak (Soft Soils)

Tanah-tanah yang jika tidak dikenali dan diselidiki secara seksama dapat menyebabkan masalah ketidakstabilan dan penurunan jangka panjang yang tidak dapat ditolerir, tanah tersebut mempunyai kuat geser yang rendah dan kompresibilitas yang tinggi.

Sebaran Tanah Lunak di Indonesia



Sebaran Lempung Lunak dan Gambut di Koridor Kalimantan



Lempung Lunak

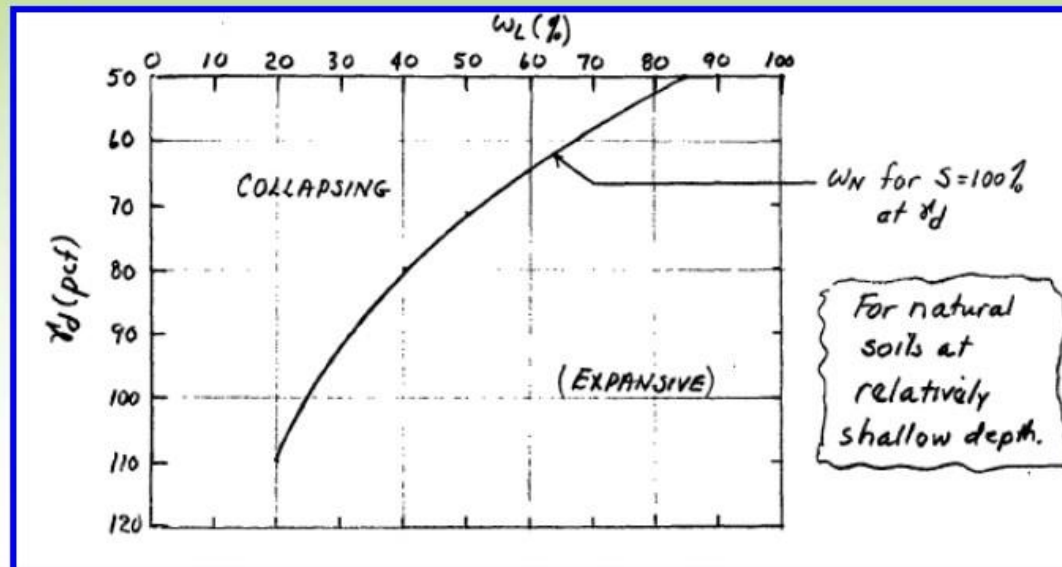
Konsistensi	Kuat Geser kN/m ²
Lunak	12.5 – 25
Sangat Lunak	< 12.5

Konsistensi	Indikasi Lapangan
Lunak	Bisa dibentuk dengan mudah dengan jari tangan
Sangat Lunak	Keluar di antara jari tangan jika diremas dalam kepalan tangan

Collapsing/Expansive Soils

Tanah-tanah yang digolongkan dengan collapsing dan expansive menunjukkan perubahan volume yang sangat besar, namun dengan sebab-sebab yang berbeda, karena perbedaan pada kandungan kimiawi tanahnya.

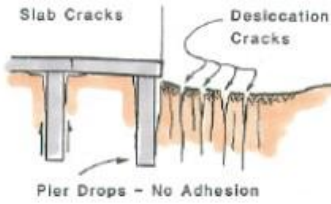
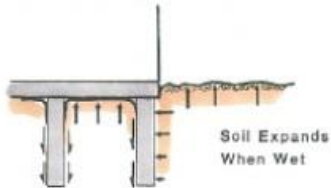
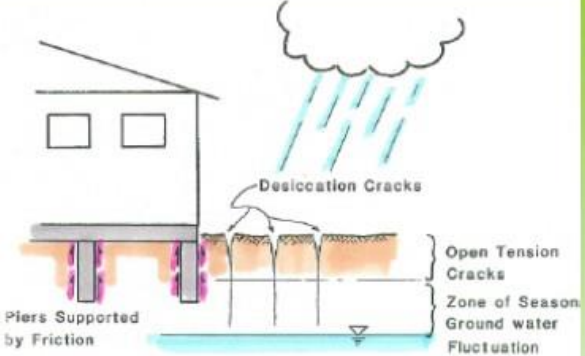
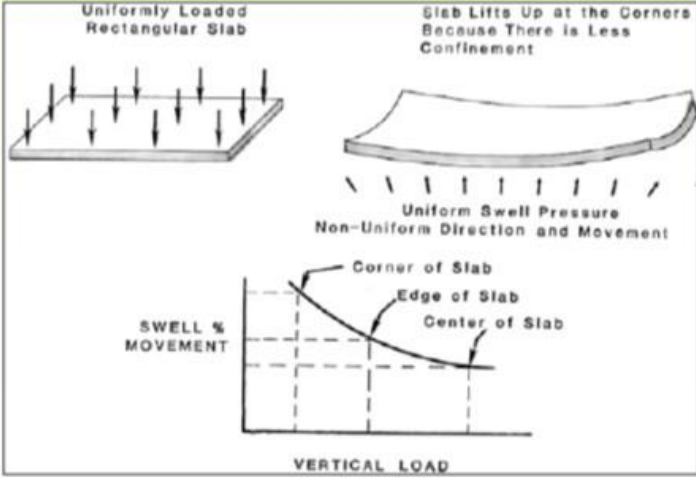
Kedua jenis tanah ini biasanya terjadinya pada kondisi partially saturated.



Expansive Clay Soils



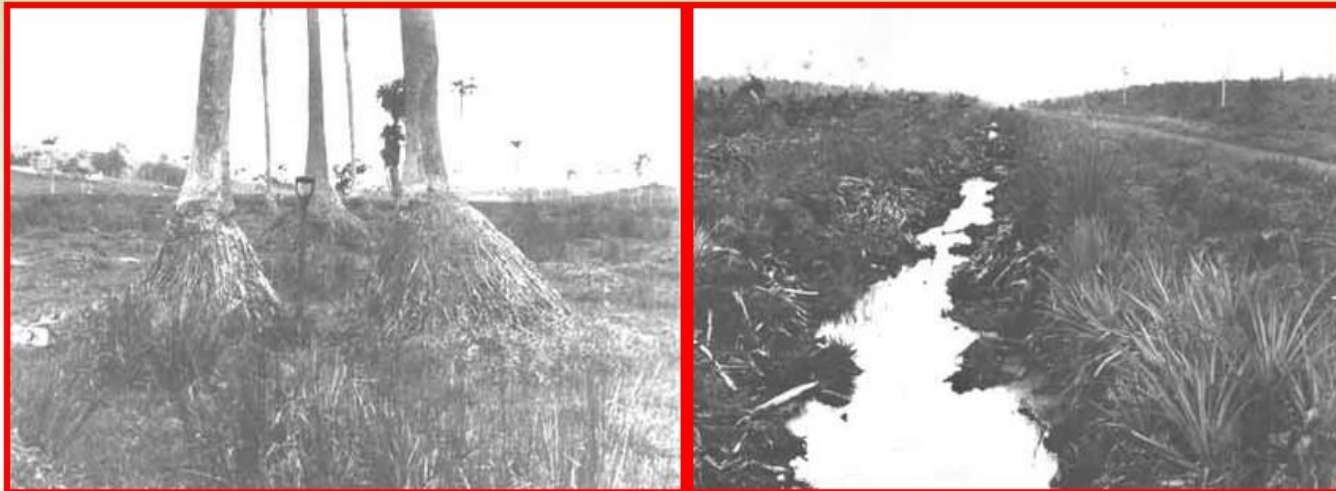
Expansive Clay Soils



Gambut (Peat)

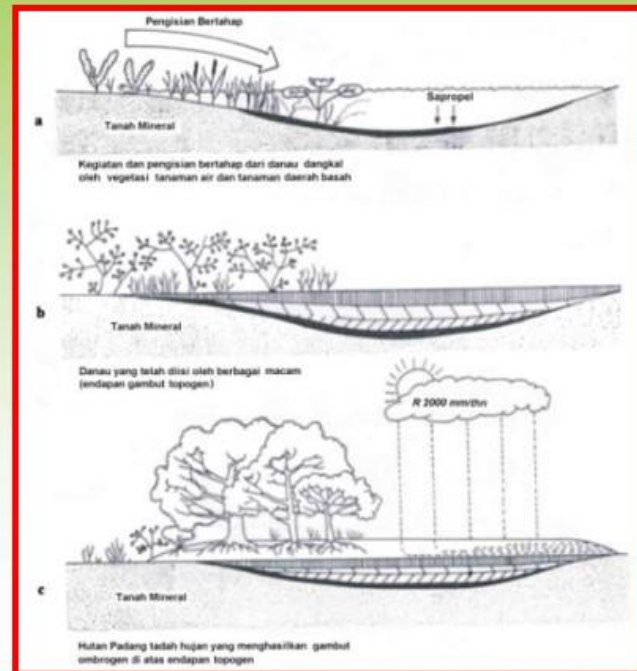
Tanah gambut merupakan campuran dari fragmen-fragmen material organik yang berasal dari tumbuh-tumbuhan yang membusuk.

Menurut ASTM: bahan organik yang berasal dari proses geologis (selain batubara), dari tumbuhan yang telah mati, berada di dalam air (terjadi di daerah berawa).



Gambut (Peat)

Proses pembentukannya sangat dipengaruhi oleh perubahan iklim, hujan, kondisi pasang-surut, jenis vegetasi rawa dan topografi.



Gambut (Peat)

Sifat-sifat umumnya adalah memiliki kadar air yang tinggi, kompressibilitas sangat tinggi, daya dukung sangat rendah.

TABLE 1. Values of Natural Water Content, w_n , Initial Vertical Coefficient of Permeability, k_{v0} , and C_v/C_s for Peat Deposits

Peat (1)	w_n %	k_{v0} m/s	C_v/C_s (4)	Reference (5)
Fibrous peat	850	4×10^{-8}	0.06-0.10	Hanrahan (1954)
Peat	520	—	0.061-0.078	Lewis (1956)
Amorphous and fibrous peat	500-1,500	10^{-7} - 10^{-8}	0.035-0.083	Lea and Brawner (1963)
Canadian muskeg	200-600	10^{-9}	0.09-0.10	Adams (1965)
Amorphous to fibrous peat	705	—	0.073-0.091	Keene and Zawodniak (1968)
Peat	400-750	10^{-8}	0.075-0.085	Weber (1969)
Fibrous peat	605-1,290	10^{-8}	0.052-0.072	Samson and LaRoche (1972)
Fibrous peat	613-886	10^{-6} - 10^{-7}	0.06-0.085	Berry and Vickers (1975)
Amorphous to fibrous peat	600	10^{-8}	0.042-0.083	Dhowian and Edil (1981)
Fibrous peat	660-1,590	5×10^{-7} - 5×10^{-8}	0.06	Lefebvre et al. (1984)
Dutch peat	370	—	0.06	Den Haan (1994)
Fibrous peat	610-850	6×10^{-8} - 10^{-7}	0.052	Present study (1997)

Gambut (Peat)

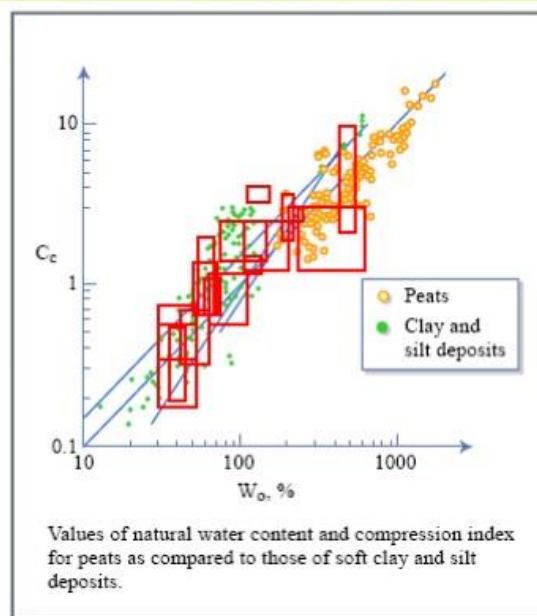


Figure by MIT OCW.

Adapted from: Meeri and Rokhsar (1974); Meeri et al. (1994); Watanabe (1977)

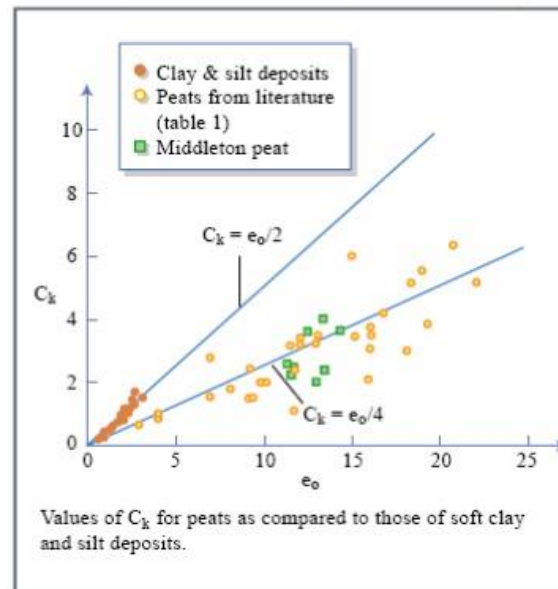


Figure by MIT OCW.

Konstruksi di Atas Tanah Lunak

Brazil Devil's Railway, 1907-1912



Konstruksi di Atas Tanah Lunak



Studi Kasus

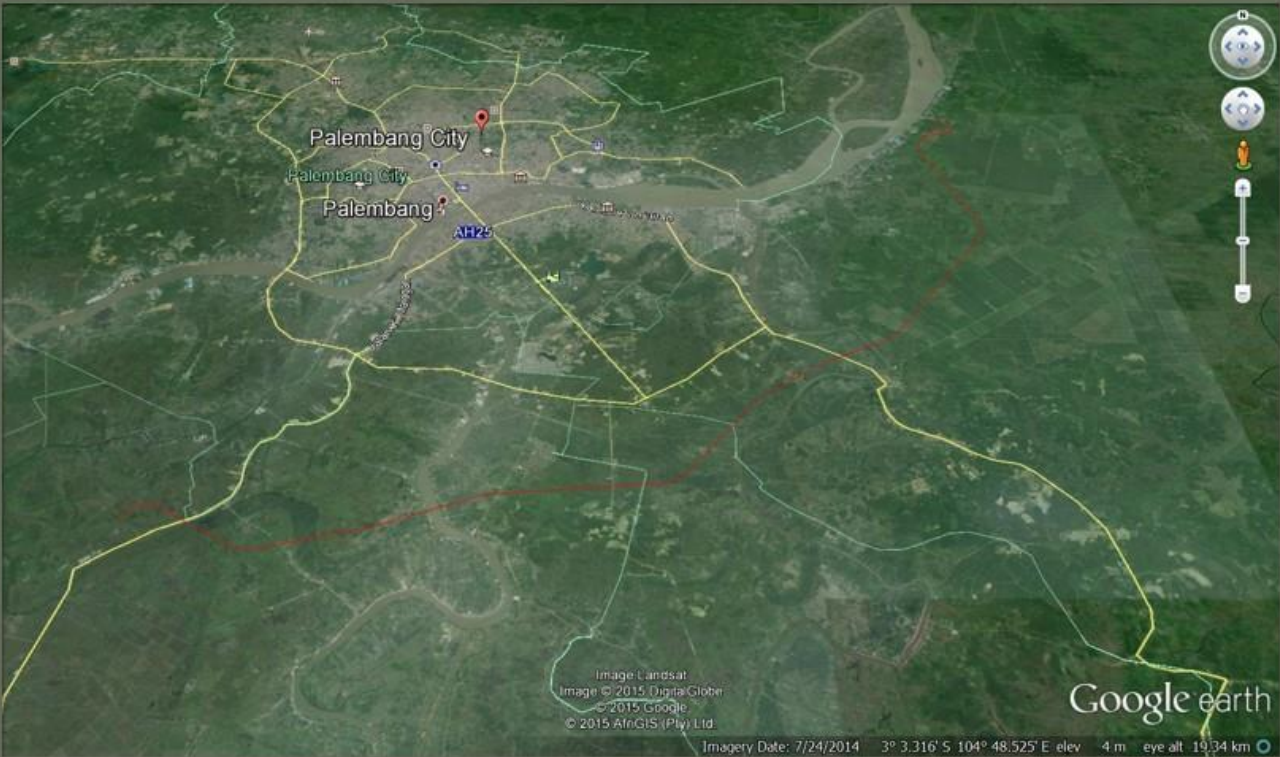
Rencana pembangunan jalan rel antara
Simpang – Mariana, Palembang

- Tanah dasar adalah tanah lunak
- Kereta Api khusus pengangkutan batubara (Babaranjang: Batubara rangkaian panjang)

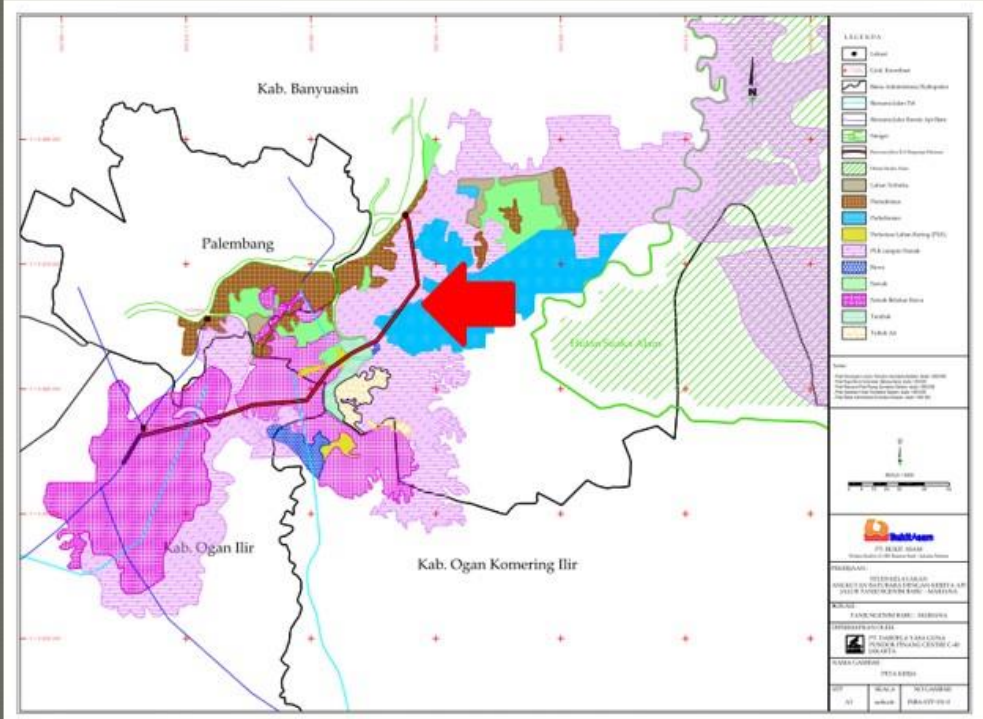
BABARANJANG



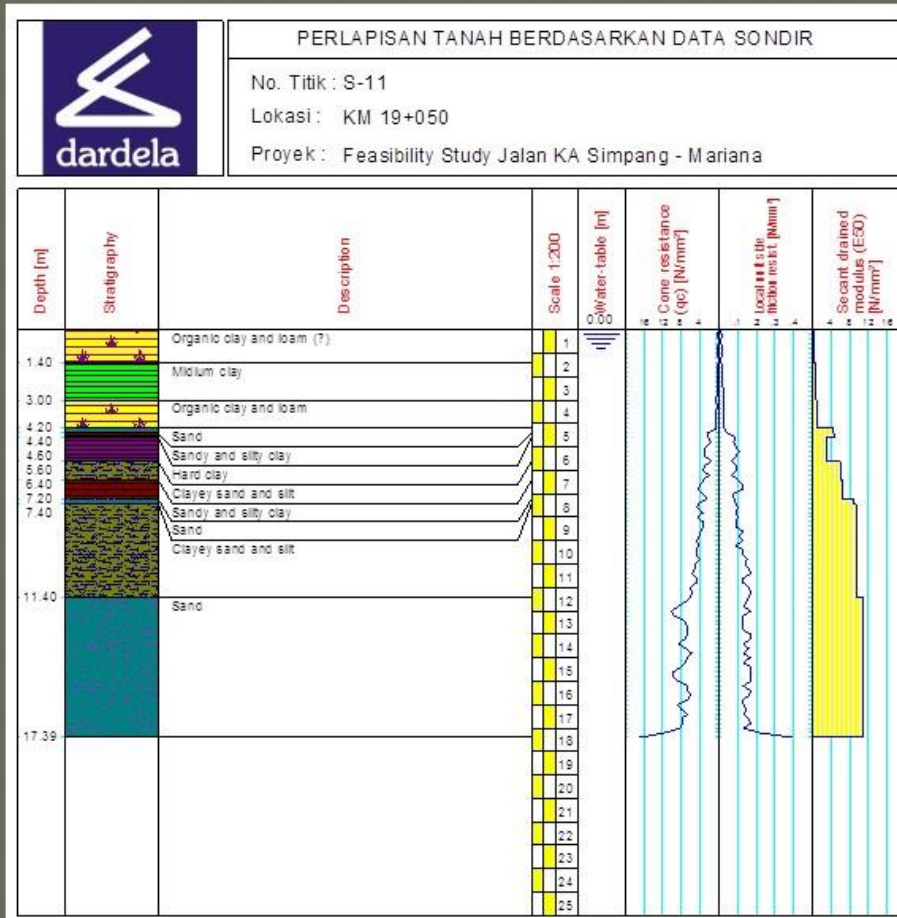
Lokasi



Lokasi



KM 19+050



Ketebalan tanah lunak 4.2 m

Nilai tekanan konus rata-rata hingga kedalaman 1.4 m adalah $q_c = 1.79 \text{ kg/cm}^2$ dan dari 1.4 m sampai 4.2 m adalah $q_c = 4.11 \text{ kg/cm}^2$

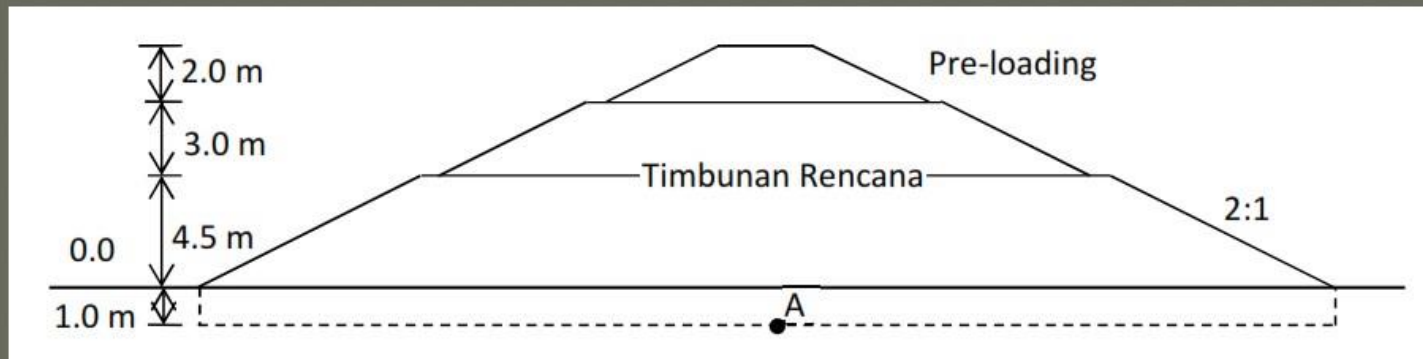
KM 19+050

Perlapisan tanah untuk analisis dengan Plaxis

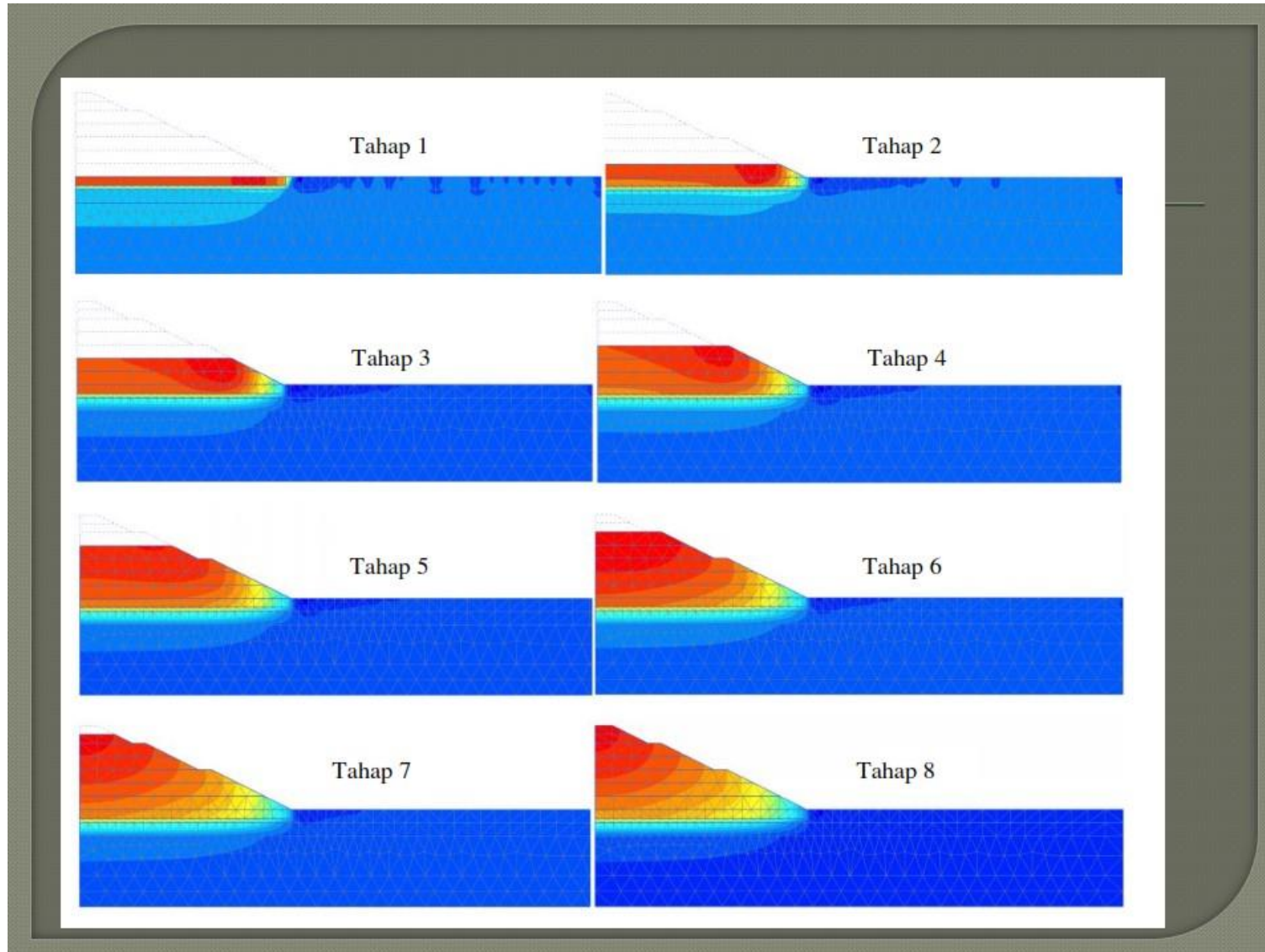
0.0	_____
	Soft Clay: $c' = 1 \text{ kN/m}^2$; $\phi' = 27^\circ$; $E_{50} = 617 \text{ kN/m}^2$
-1.5 m	_____
	Clay: $c' = 1 \text{ kN/m}^2$; $\phi' = 29^\circ$; $E_{50} = 2172 \text{ kN/m}^2$
-3.0 m	_____
	Medium Clay: $c' = 1 \text{ kN/m}^2$; $\phi' = 32^\circ$; $E_{50} = 20000$
-7.5 m	_____
	Sand: $c' = 0 \text{ kN/m}^2$; $\phi' = 37^\circ$; $E_{50} = 30000 \text{ kN/m}^2$
-11.0 m	_____

KM 19+050

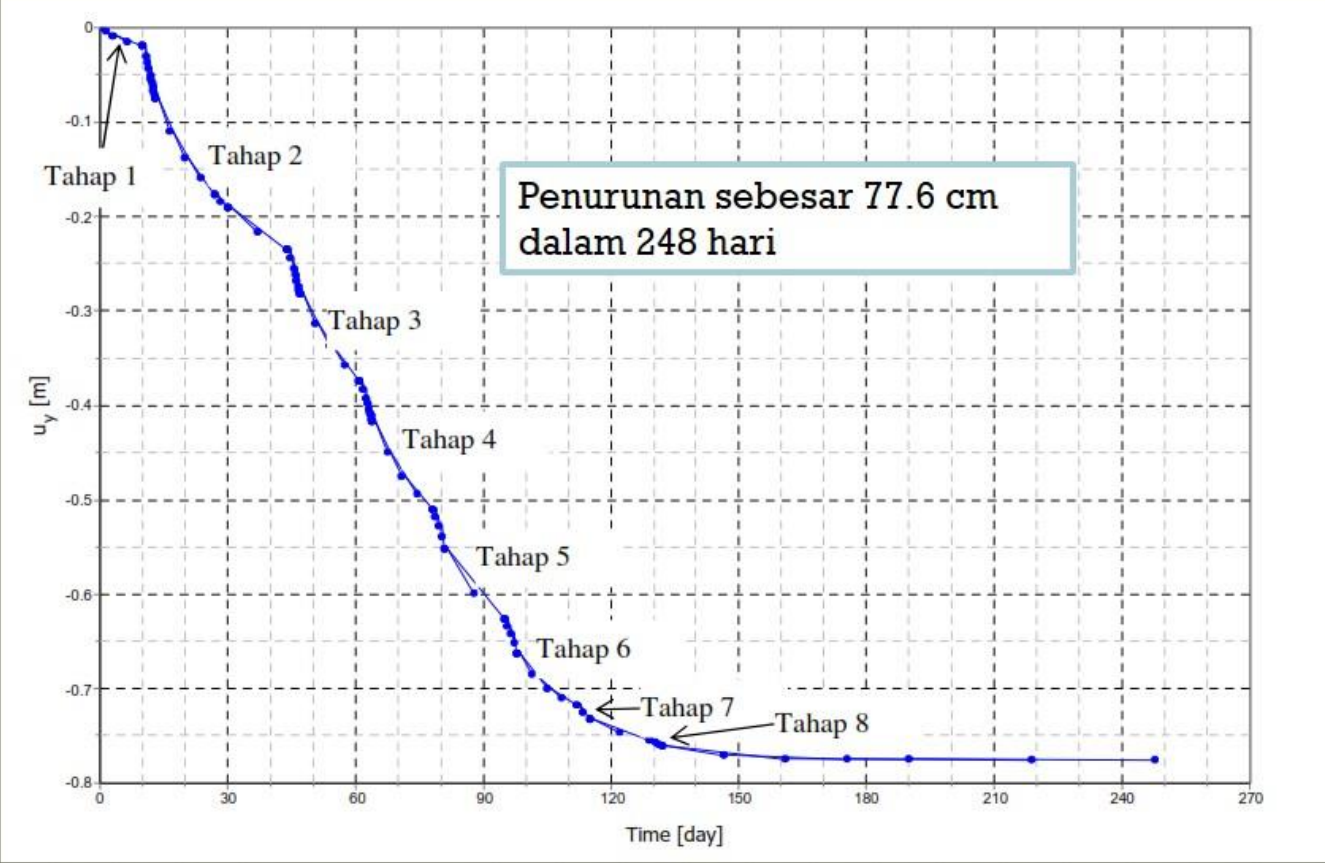
Rencana Timbunan



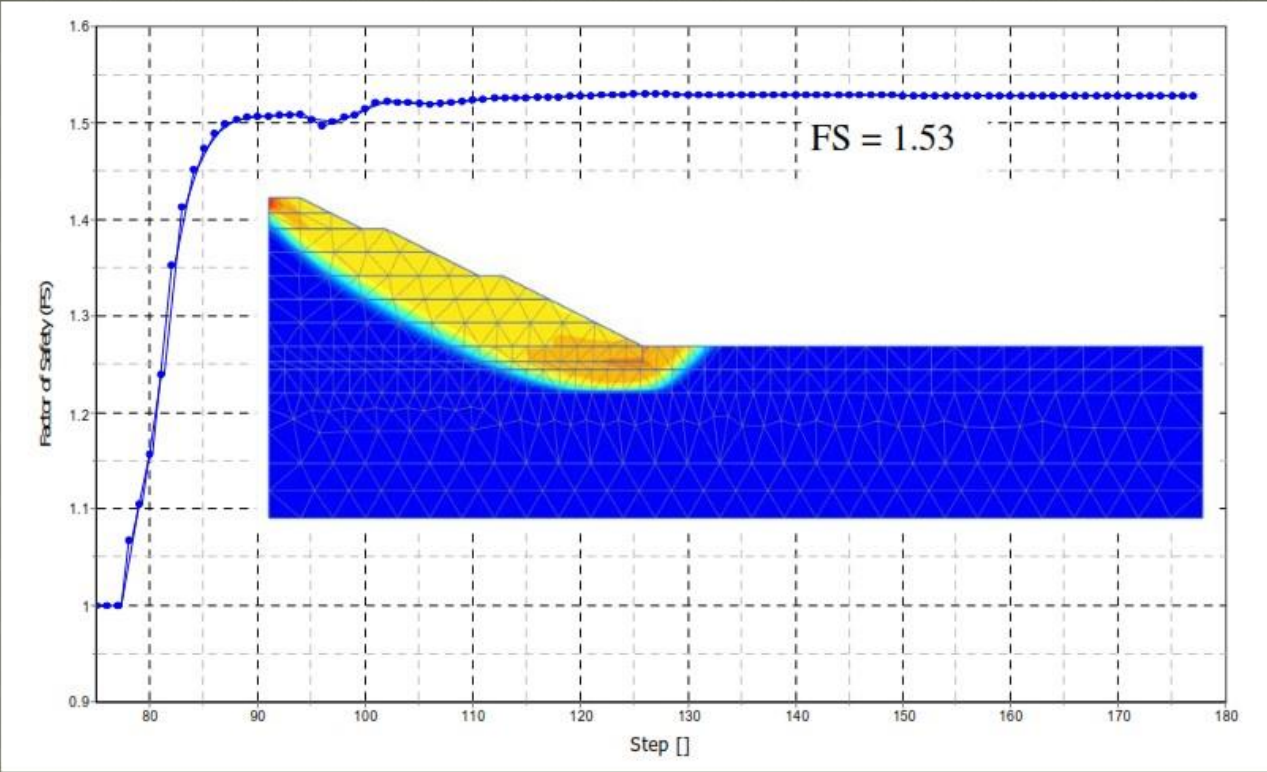
1. Tahap 1: penggantian tanah dasar setebal 1.0 m dengan material timbunan.
2. Tahap 2 sampai 6: pembuatan timbunan setinggi 1.5 m dan proses konsolidasi.
3. Tahap 7 sampai 8: pembuatan timbunan pre-loading 1.0 m dan proses konsolidasi sampai selesai.



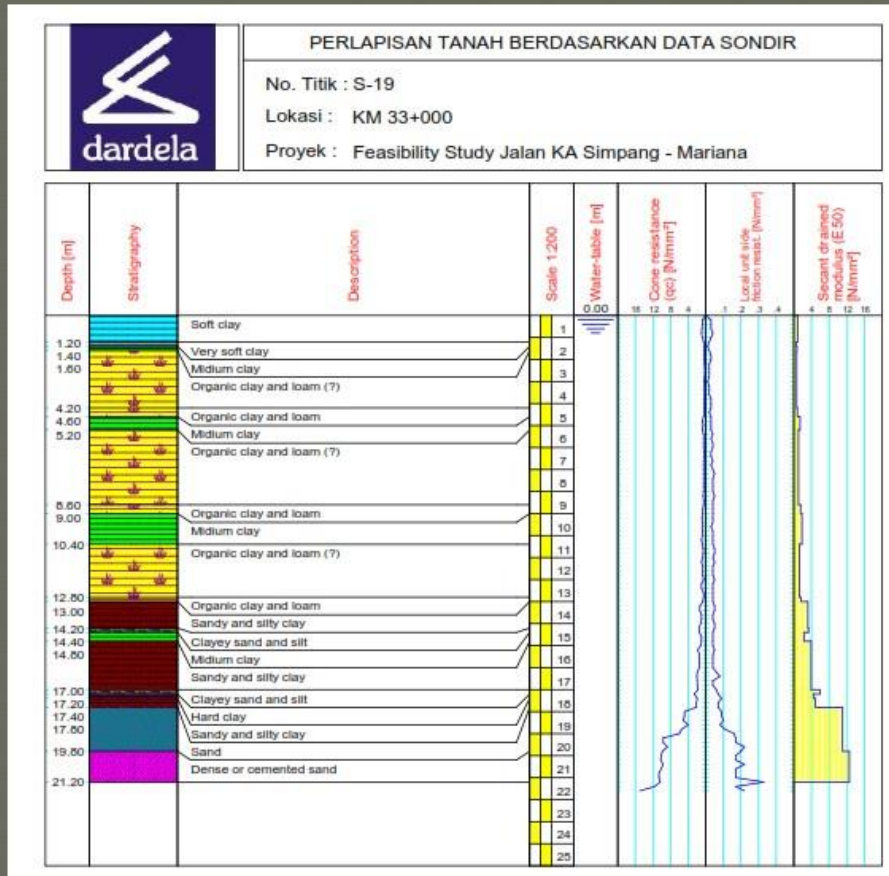
KM 19+050



KM 19+050



KM 33+000



Ketebalan tanah lunak 12 m

Nilai tekanan konus rata-rata hingga kedalaman 1.6 m adalah $q_c = 6.64 \text{ kg/cm}^2$, dan dari 1.6 m sampai 5.2 m adalah $q_c = 3.92 \text{ kg/cm}^2$

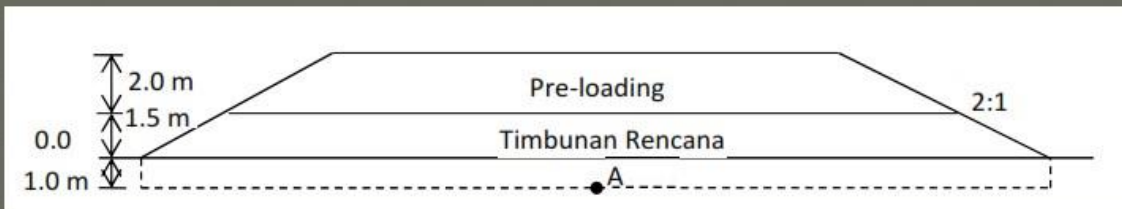
KM 33+000

Perlapisan tanah untuk analisis dengan Plaxis

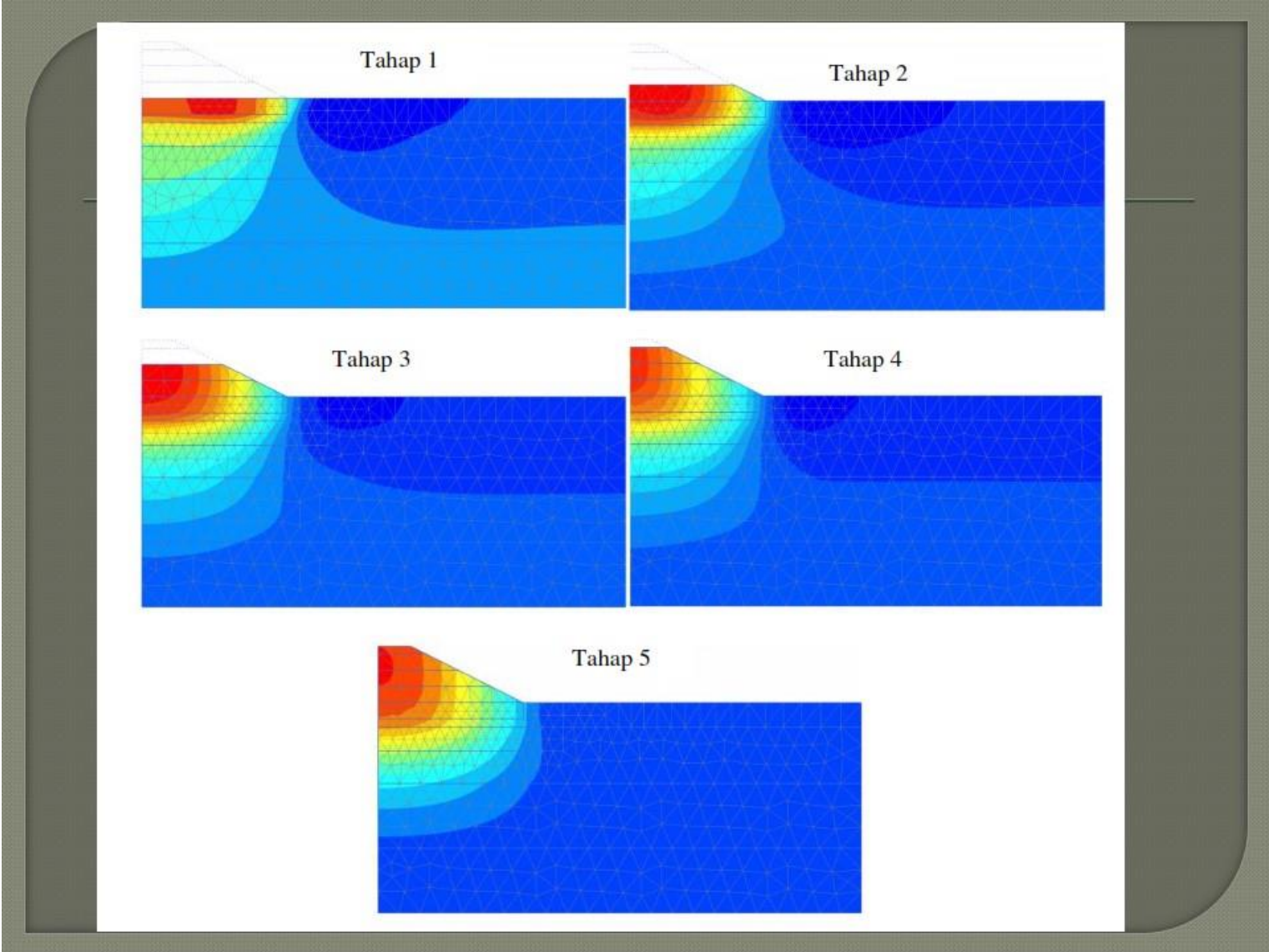
0.0	_____
	Soft Clay: $c' = 1 \text{ kN/m}^2$; $\phi' = 30^\circ$; $E_{50} = 4864 \text{ kN/m}^2$
-1.5 m	_____
	Soft Clay: $c' = 1 \text{ kN/m}^2$; $\phi' = 28^\circ$; $E_{50} = 2014 \text{ kN/m}^2$
-5.0 m	_____
	Clay: $c' = 1 \text{ kN/m}^2$; $\phi' = 32^\circ$; $E_{50} = 2987 \text{ kN/m}^2$
-9.0 m	_____
	Clay: $c' = 1 \text{ kN/m}^2$; $\phi' = 36^\circ$; $E_{50} = 5762 \text{ kN/m}^2$
-13.0 m	_____

KM 33+000

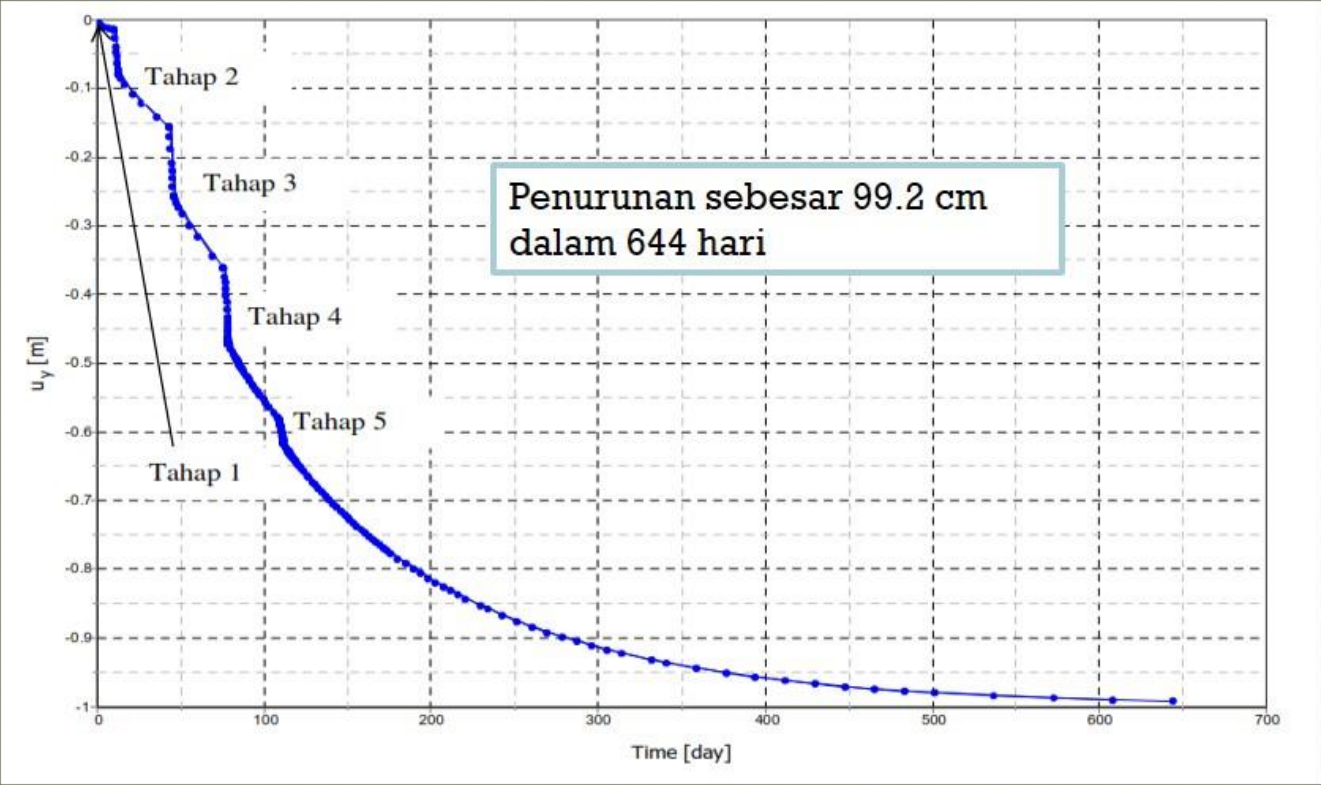
Rencana Timbunan



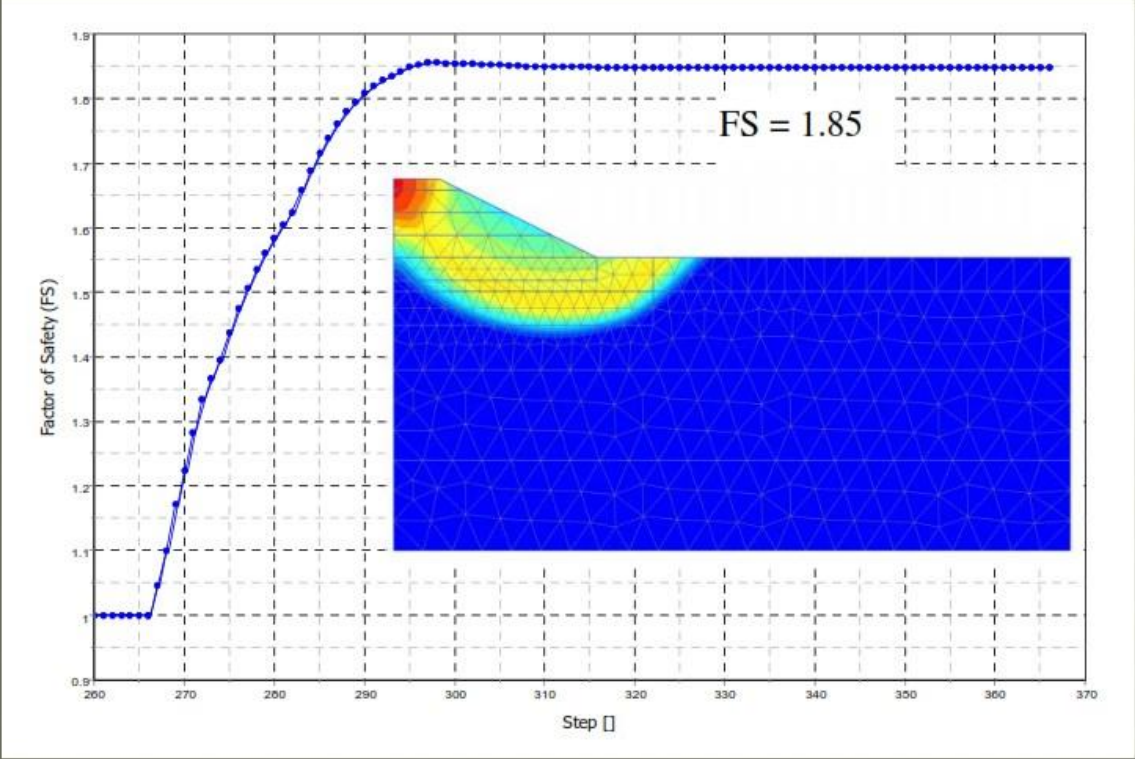
1. Tahap 1: penggantian tanah dasar setebal 1.0 m dengan material timbunan.
2. Tahap 2 sampai 3: pembuatan timbunan setinggi 1.0 m dan proses konsolidasi.
3. Tahap 4 sampai 5: pembuatan timbunan pre-loading 1.0 m dan proses konsolidasi sampai selesai.



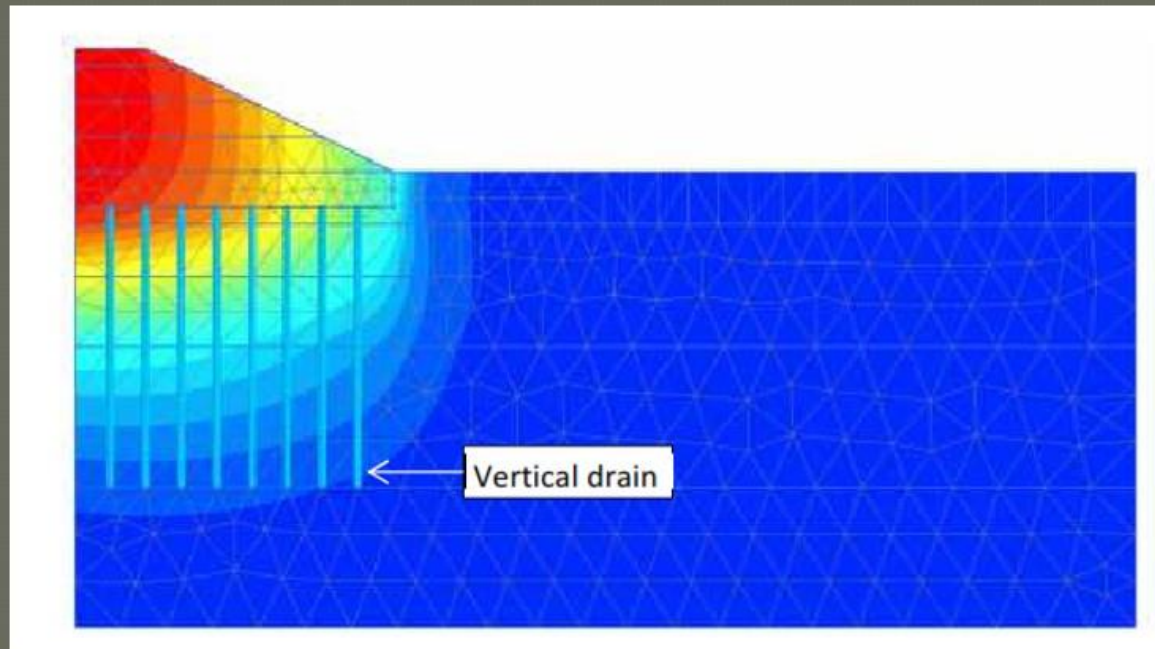
KM 33+000



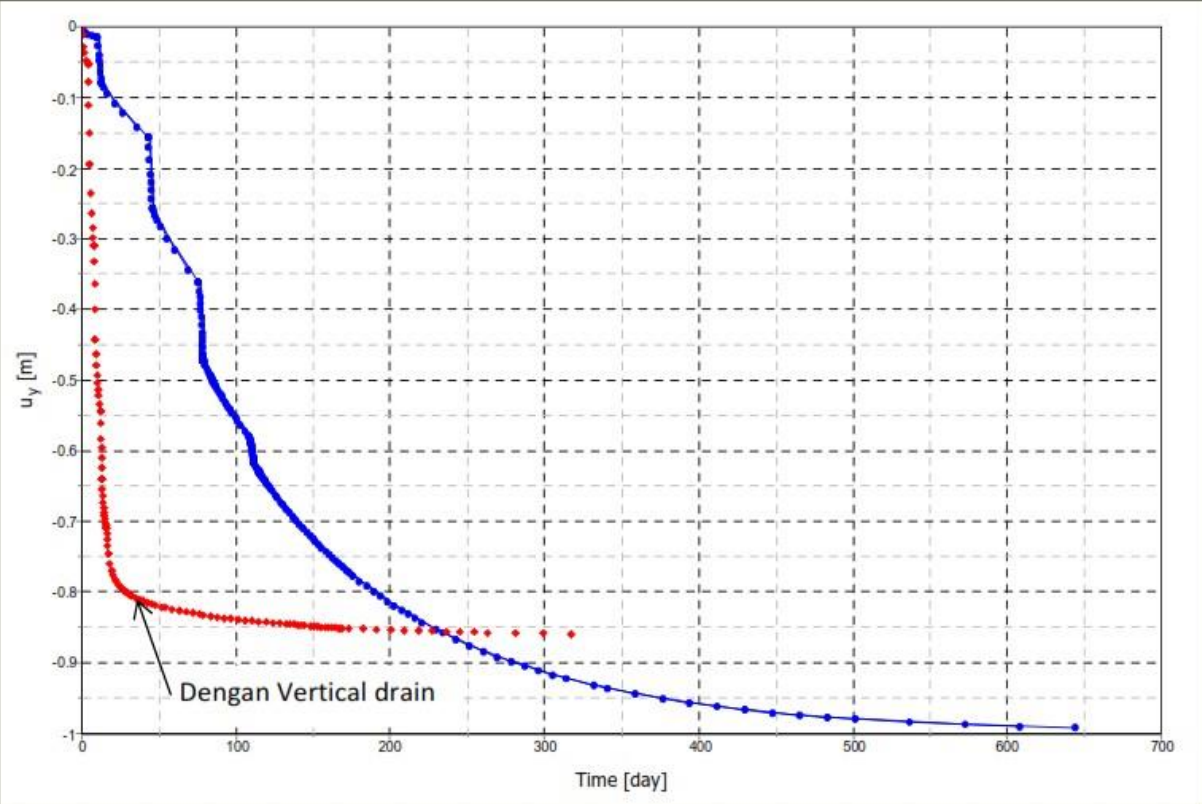
KM 33+000



KM 33+000



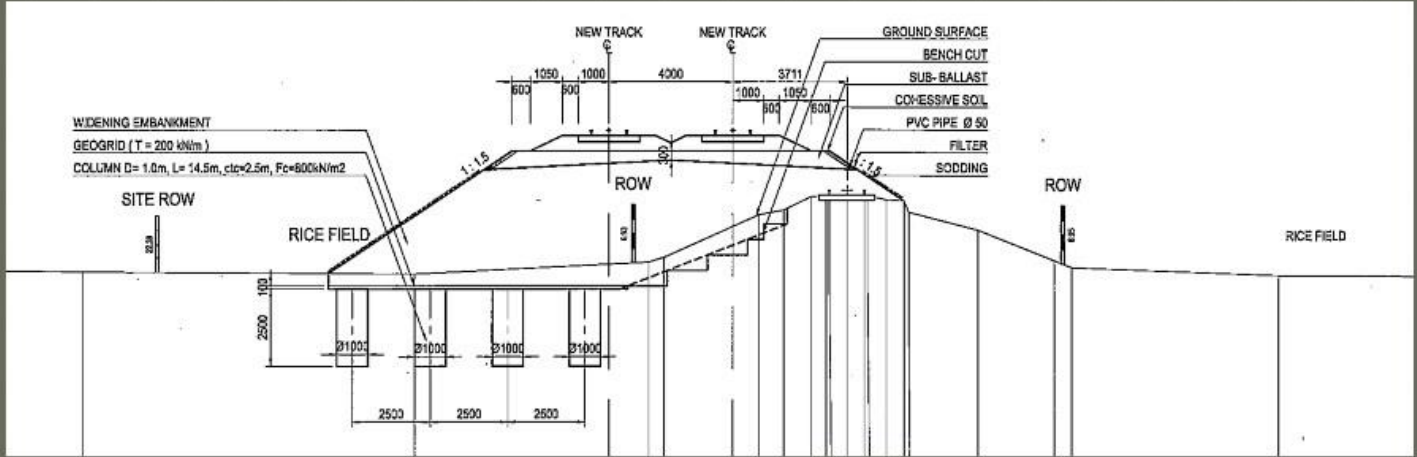
KM 33+000



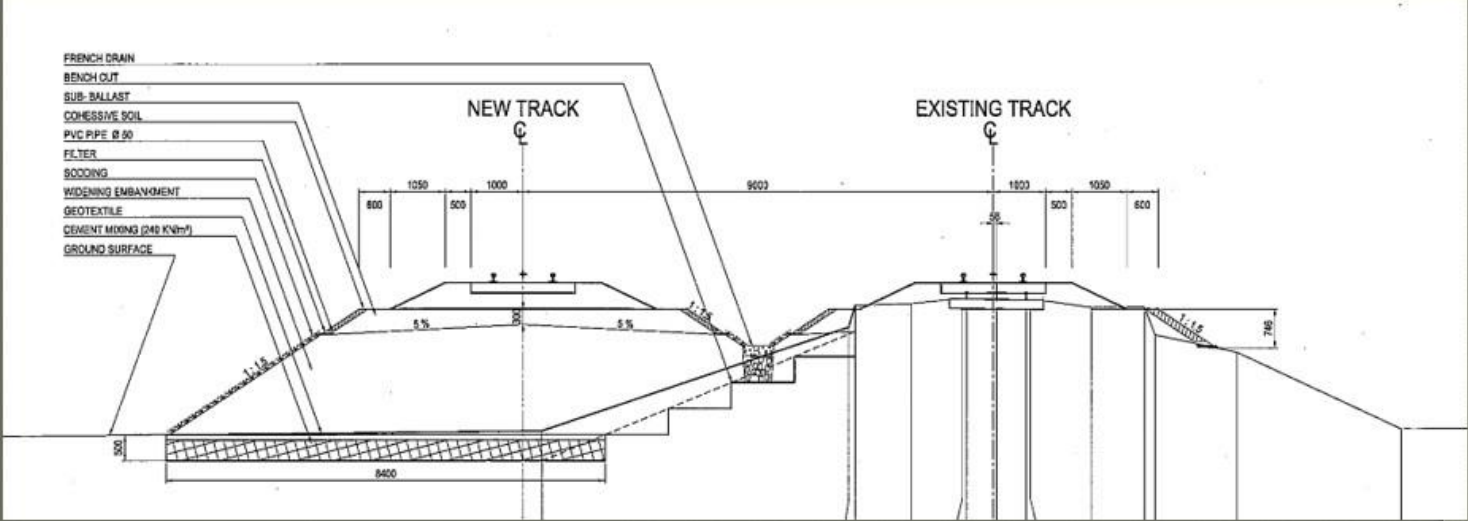
Kesimpulan

- Ketebalan tanah lunak secara signifikan mempengaruhi lamanya proses konsolidasi.
- Prefabricated vertical drain dapat mempercepat proses konsolidasi.

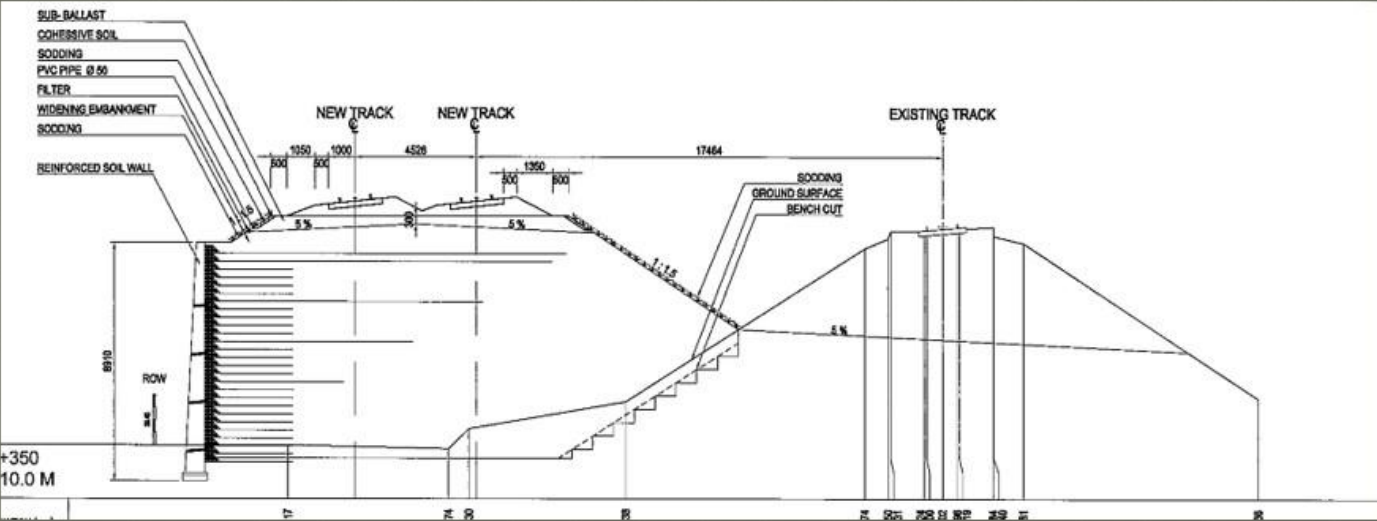
Deep Soil Mixing



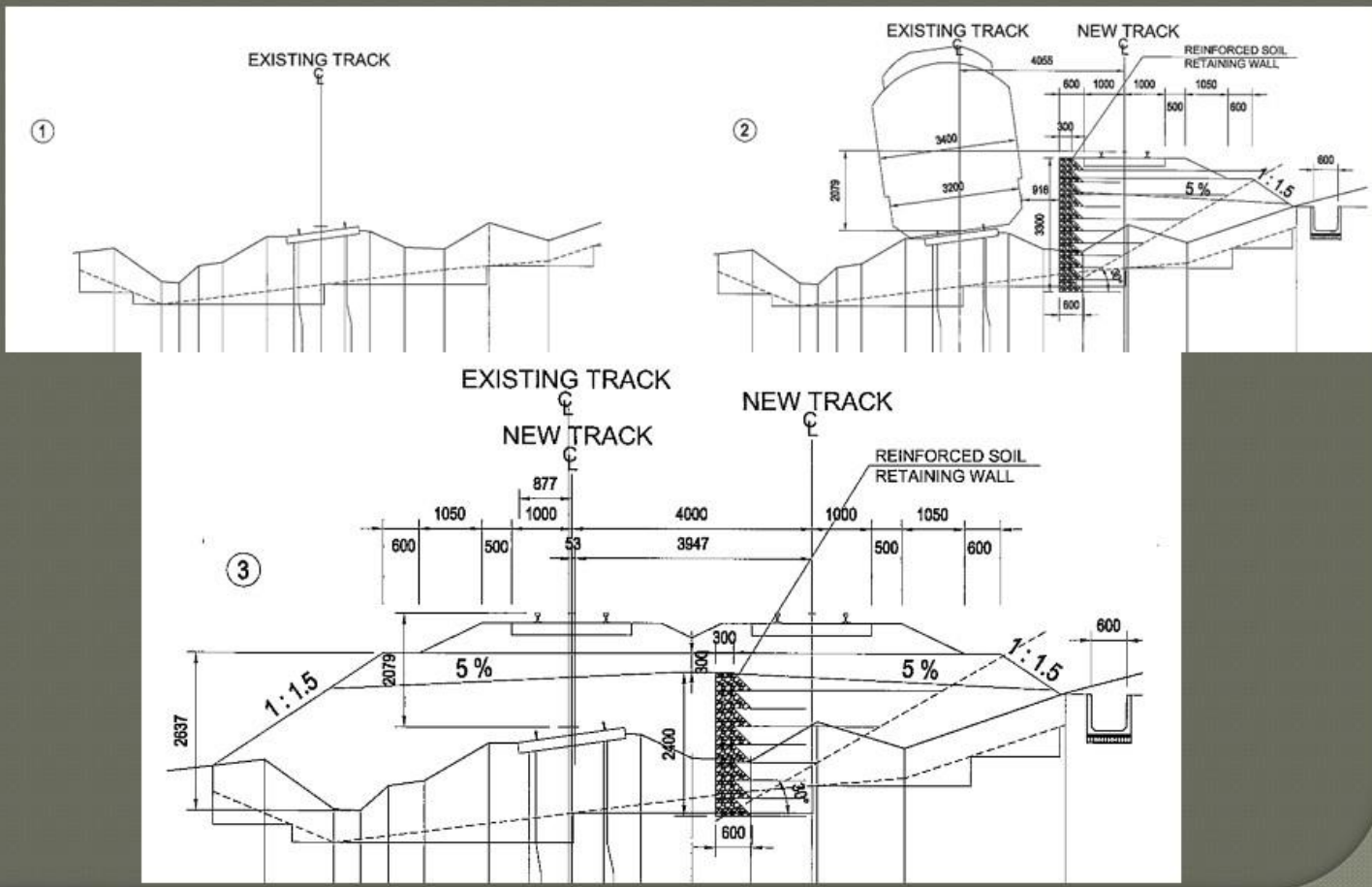
Kondisi Khusus



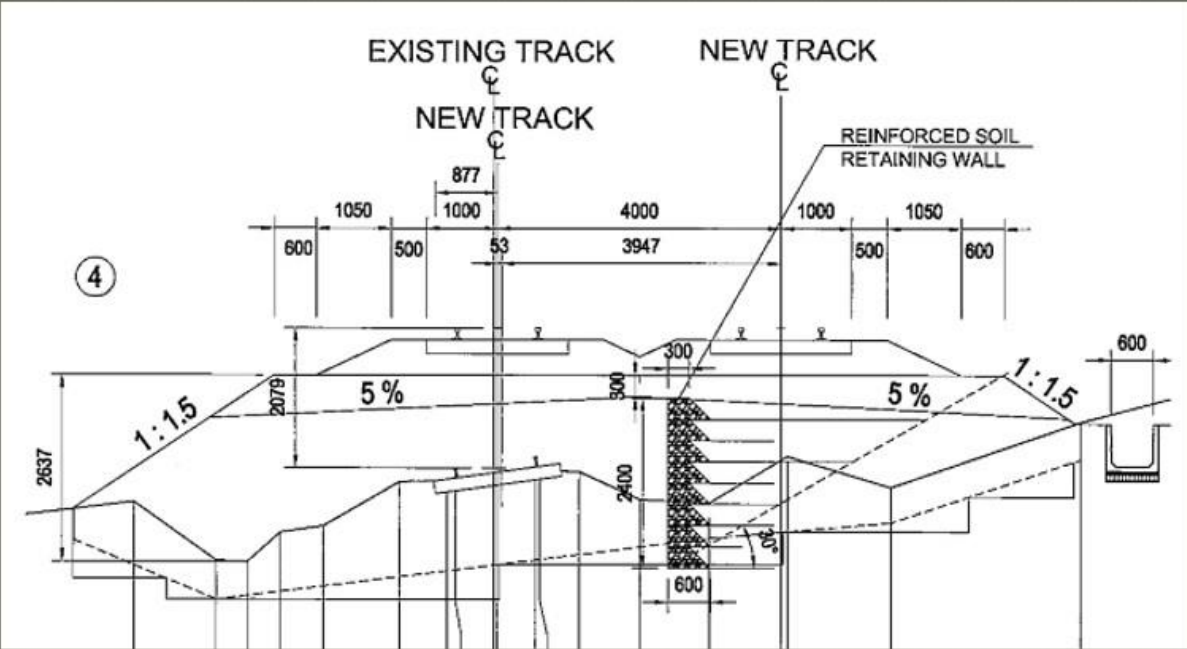
Kondisi Khusus



Kondisi Khusus



Kondisi Khusus

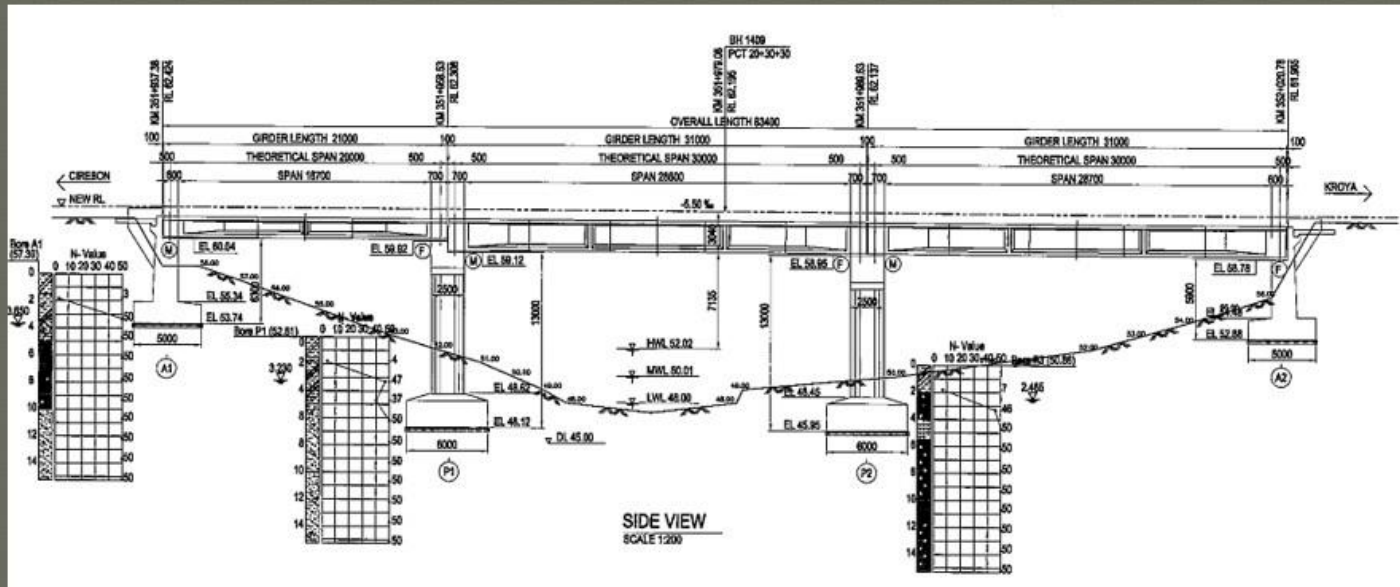


Aspek Geoteknik

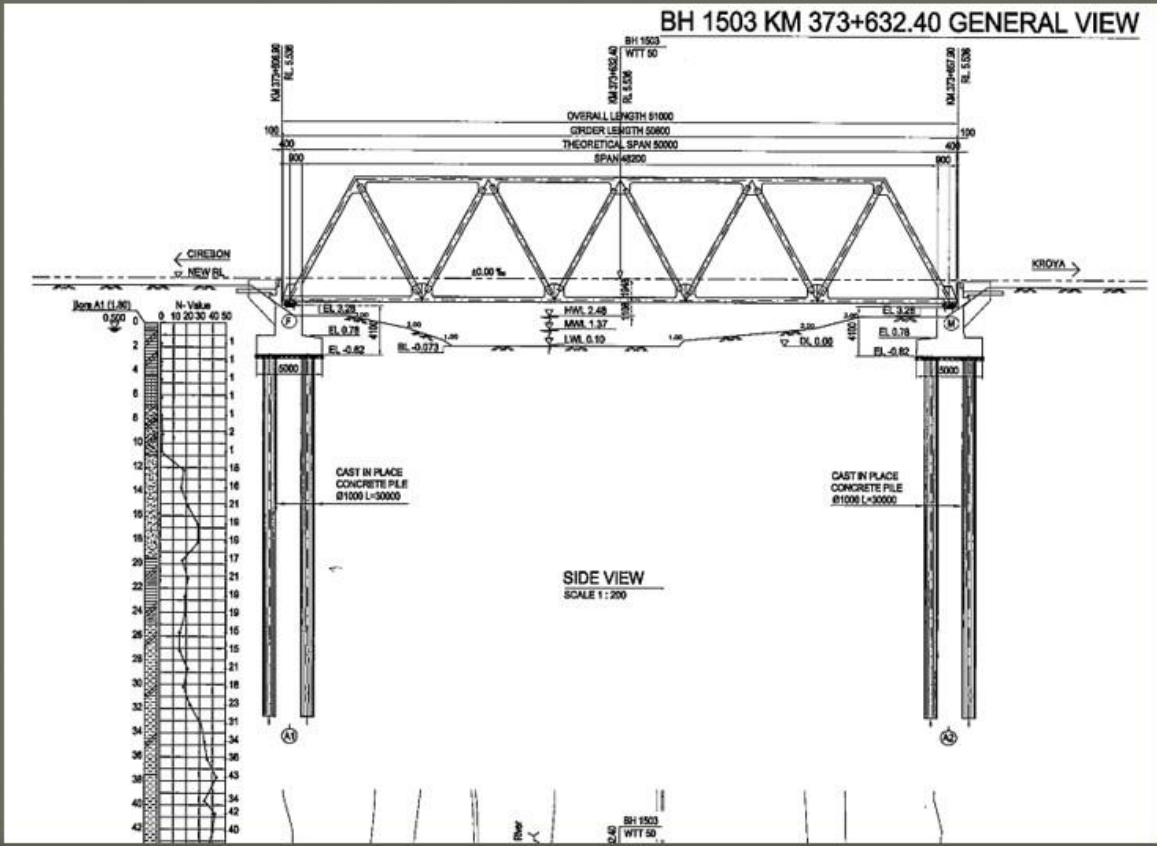
Jembatan dan Bangunan

1. Fondasi yang dapat berupa pondasi dangkal seperti pondasi telapak (footings) maupun pondasi dalam seperti pondasi tiang (pile foundation) dan kaison (caissons).
2. Stabilitas lereng pada pangkal jembatan.
3. Pertemuan antara timbunan dan pangkal jembatan (approaching structure)
4. Pemahaman atas potensi kerawanan (susceptibility) terhadap gempa, longsor dan bencana alam lainnya.

Masalah Fondasi



Masalah Fondasi

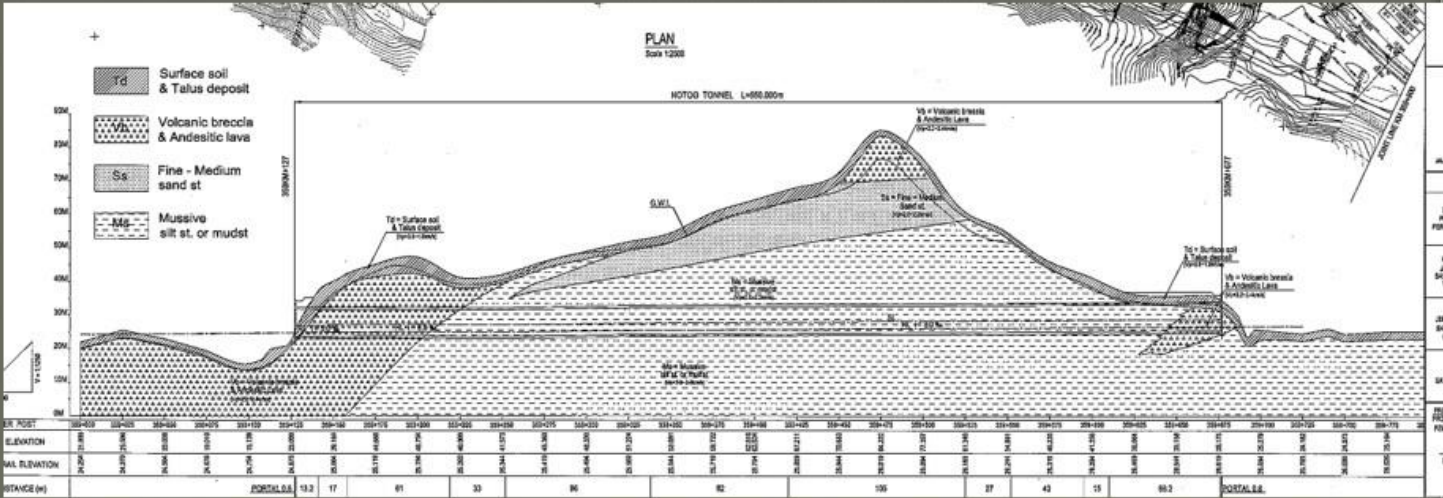


Aspek Geoteknik

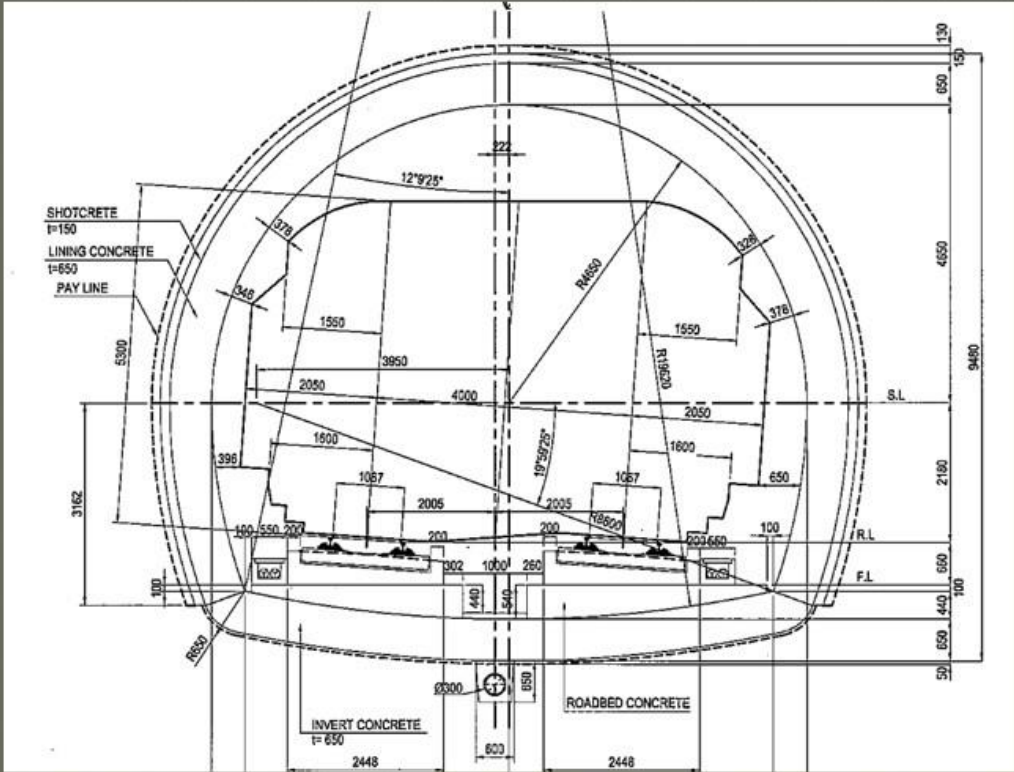
Terowongan

1. Sifat dan perilaku batuan pada terowongan pegunungan (mountain tunnel) untuk menentukan stabilitas terowongan dalam rangka desain dan konstruksi portal, lantai (invert) dan sistem penyokong (supporting) seperti shotcrete, rock bolt, lining dan baja penyangga
2. Sifat dan perilaku tanah di sekeliling terowongan pada terowongan perisai (shield tunnel) dan terowongan gali timbun (cut and cover tunnel) untuk menentukan stabilitas dan penurunan terowongan dalam rangka desain dan konstruksi galian, lining, dinding penahan (retaining wall).
3. Pengaruh konstruksi terowongan terhadap kondisi prasarana di sekitar terowongan untuk terowongan perisai dan gali timbun.
4. Pemahaman atas potensi kerawanan (susceptibility) terhadap gempa, longsor dan bencana alam lainnya.

Terowongan Lintas Cirebon - Kroya



Terowongan



Terowongan

