

Pemilihan Metoda Perbaikan Tanah Lunak

Jalan Tol Palembang - Indralaya

Disampaikan pada acara :

SEMINAR PENERAPAN TEKNOLOGI KONSTRUKSI

Kemajuan dan Inovasi teknologi Konstruksi Untuk Percepatan Pembangunan Nasional

Universitas Sriwijaya, 25 April 2018



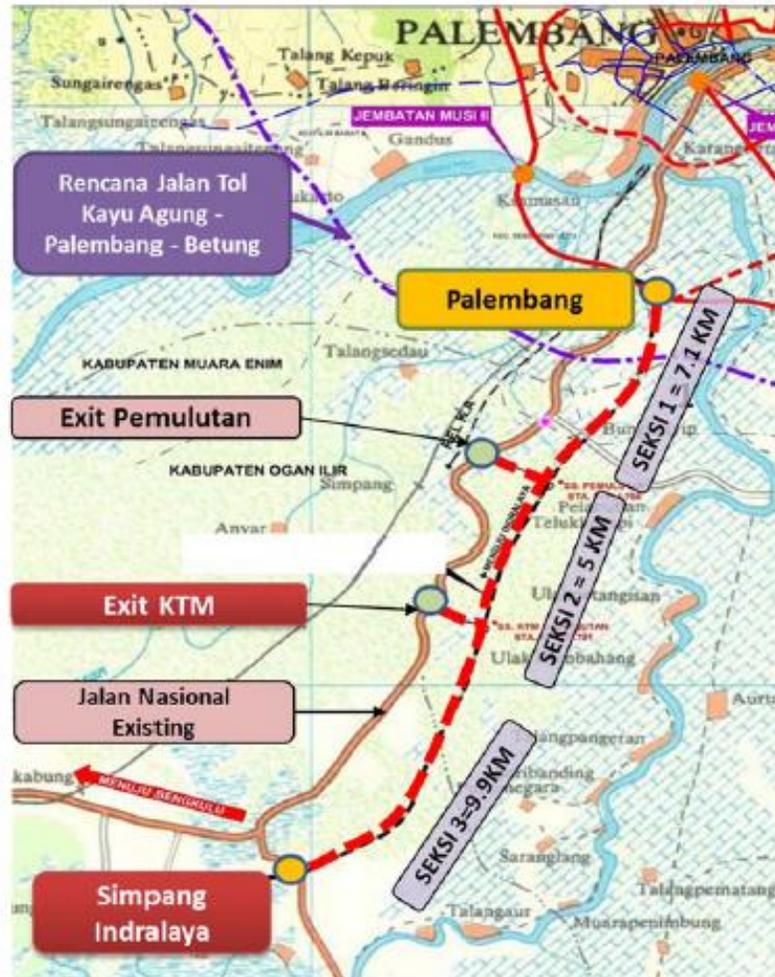




RENCANA PENGGUNAAN TEKNOLOGI

JALAN TOL RUAS PALEMBANG-INDRALAYA





Panjang	: 21,93 km
Kecepatan Rencana	: 100 km/jam
Konstruksi	: Atgrade dgn perbaikan tanah
Jumlah lajur awal	: 2x2
Jumlah lajur akhir	: 2x3
Arah pelebaran	: keluar
Lebar jalur lalu lintas	: 3,6 m
Lebar bahu dalam	: 1,5 m
Lebar bahu luar	: 3 m
Jumlah simpang susun	: 2 buah
Jumlah Struktur:	
- Underbridge	: 13 buah
- Underpass	: 3 buah
- Overpass	: 7 buah
- Box pedestrian	: 5 buah
- Box culvert	: 43 buah
- JPO	: 10 buah



Kondisi Tanah

Depth (m)	BH-01	BH-02	BH-03	BH-04	BH-05	BH-06	BH-07	BH-08	BH-09	BH-10	BH-11	BH-12	BH-13	BH-14
STA	1+000	1+850	3+650	5+900	7+125	8+050	9+625	12+000	14+100	16+100	17+650	19+000	20+050	21+400
1.5	0	0	0	0	0	0	2	4	0	19	1	9	0	18
3.0	0	1	0	2	0	0	0	8	0	13	0	7	2	16
4.5	1	1	2	2	0	1	0	9	2	16	0	8	6	16
6.0	3	1	0	5	1	5	0	12	2	18	0	7	13	15
7.5	0	1	2	9	1	5	6	9	3	20	4	8	19	14
9.0	0	2	4	17	5	5	6	7	10	17	3	6	31	18
10.5	1	3	7	13	5	2	8	1	7	19	2	11	36	15
12.0	2	4	9	4	7	3	0	1	8	53	2	14	40	18
13.5	6	4	12	9	7	10	2	2	3	56	18	14	40	21
15.0	14	12	14	9	15	11	2	3	10	58	19	32	30	15
16.5	8	13	35	9	20	19	4	8	15	36	14	25	35	16
18.0	10	14	50	23	20	18	5	17	24	41	10	26	38	17
19.5	23	16	50	22	20	25	6	15	24	40	14	27	40	21
21.0	24	18	8	26	30	27	13	16	30	41	15	23	41	20
22.5														
24.0														

Lapisan Tanah



Muka Air banjir

KONDISI TANAH

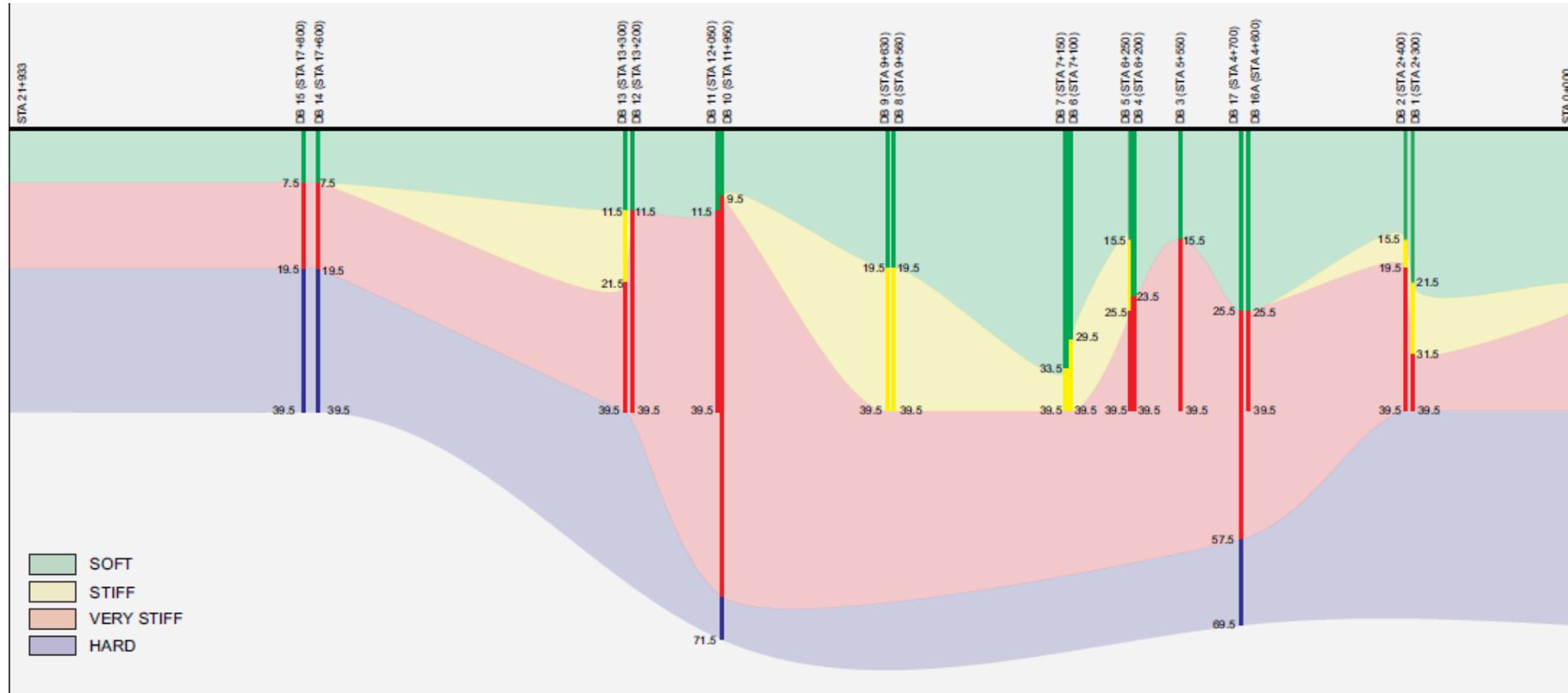


KONDISI TANAH ASLI DI LAPANGAN

Depth (m)	BH-01	BH-02	BH-03	BH-04	BH-05	BH-06	BH-07	BH-08	BH-09	BH-10	BH-11	BH-12	BH-13	BH-14
STA	1+000	1+850	3+650	5+900	7+125	8+050	9+625	12+000	14+100	16+100	17+650	19+000	20+050	21+400
1.5	0	0	0	0	0	0	2	4	0	19	1	5	0	18
3.0	0	1	0	2	0	0	0	8	0	13	0	7	2	16
4.5	1	1	2	2	0	1	0	9	2	16	0	8	6	16
6.0	3	1	0	5	1	5	0	12	2	18	0	7	13	13
7.5	0	1	2	9	1	5	6	9	3	20	4	8	19	14
9.0	0	2	4	17	5	5	6	7	10	17	3	6	31	18
10.5	1	3	7	13	5	2	8	1	7	19	2	11	36	15
12.0	2	4	9	4	7	3	0	1	8	53	2	14	40	18
13.5	6	4	12	9	7	10	2	2	3	56	18	14	40	21
15.0	14	12	14	9	15	11	2	3	10	58	13	32	32	15
16.5	8	13	35	9	20	19	4	8	15	36	14	25	35	16
18.0	10	14	50	23	20	18	5	17	24	41	10	26	38	17
19.5	23	16	50	22	20	25	6	15	24	40	14	27	40	21
21.0	24	18	8	26	50	27	13	16	30	34	15	23	41	20
22.5	28	22	43	29	50	40	31	15	27	49	11	21	39	34
24.0	25	24	27	20	50	62	35	17	36	41	50	21	40	39

No	CONSISTENCY	SPT (N)
1	Very soft	< 2
2	Soft	2 - 4
3	Medium Stiff	4 - 8
4	Stiff	8 - 15

STRATIFIGRASI TANAH



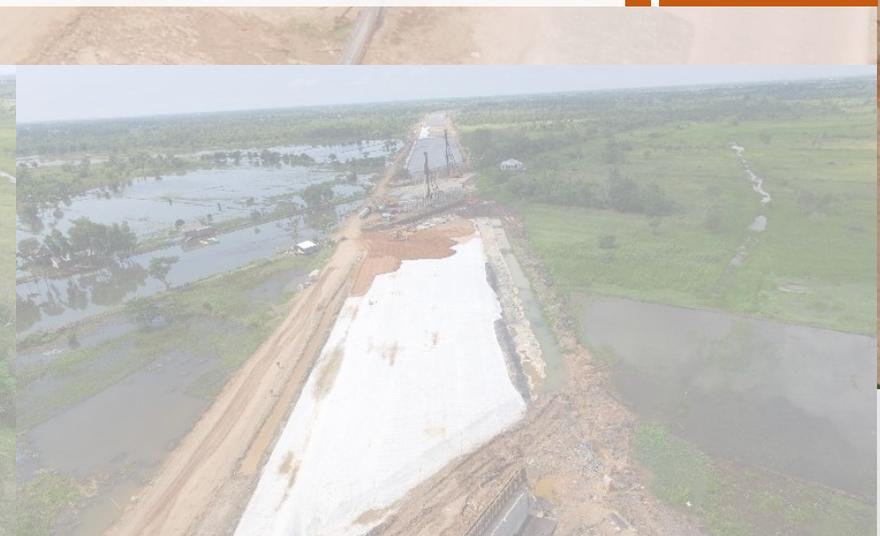
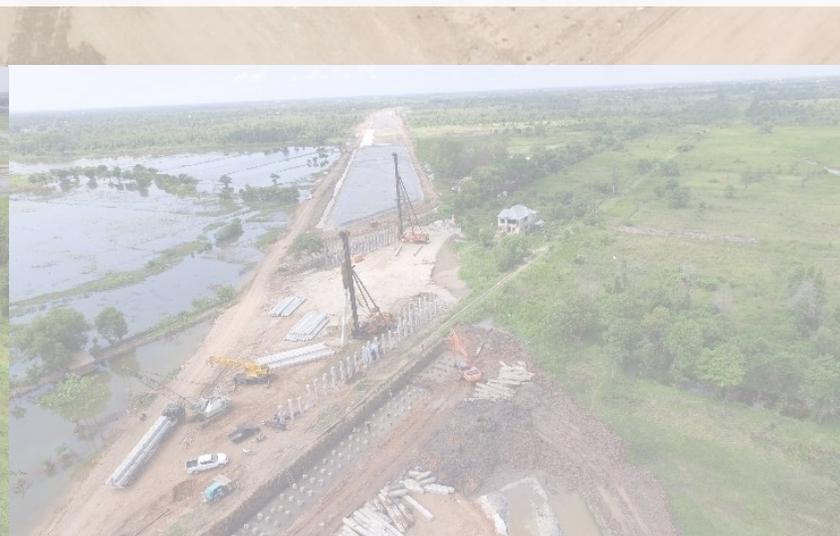
MUKA AIR BANJIR

Kondisi tanah rawa dengan kedalaman air pada musim penghujan antara 1,5 sampai 2 m (di Sta 0 s/d Sta 17), dan pada musim banjir 5 tahunan permukaan air banjir meningkat sekitar 1 m dari elevasi tersebut, sehingga wilayah genangan air akan lebih luas lagi sampai mendekati Sta 18.



PROBLEM PEMBANGUNAN PADA TANAH LUNAK

JALAN TOL RUAS PALEMBANG-INDRALAYA





TRANS SUMATERA

PROBLEM PEMBANGUNAN PADA TANAH LUNAK

Kelongsoran Tepi Sungai





TRANS SUMATERA

PROBLEM PEMBANGUNAN PADA TANAH LUNAK

Kelongsoran Badan Jalan





TRANS SUMATERA

PROBLEM PEMBANGUNAN PADA TANAH LUNAK

Keruntuhan Jembatan





TRANS SUMATERA

PROBLEM PEMBANGUNAN PADA TANAH LUNAK

Kerusakan Perkerasan Lentur





PEMAMPATAN



Kriteria Perencanaan Jalan Pada Tanah Lunak

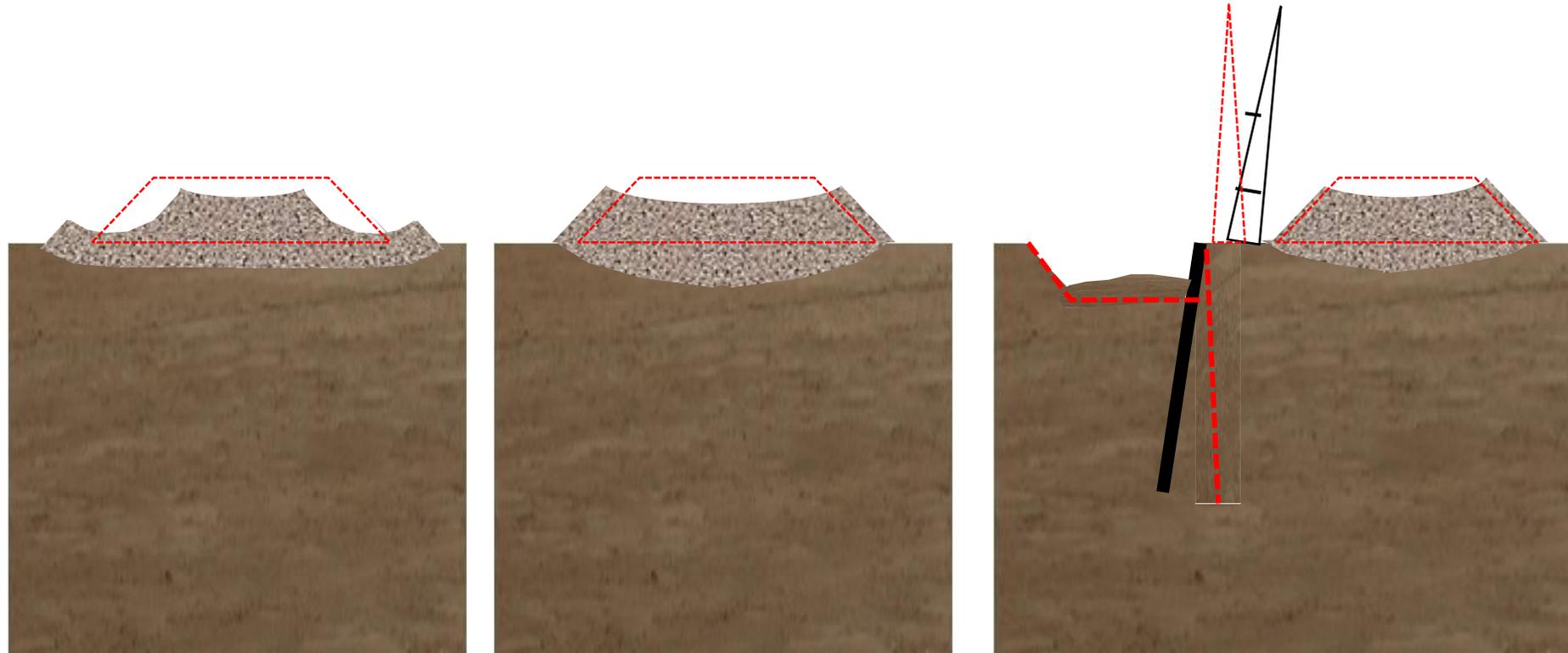
Kriteria konsolidasi untuk analisa penurunan timbunan badan jalan Kelas I, menurut Buku Panduan 4 : Disain dan Konstruksi Timbunan Jalan pada Tanah Lunak (Pusat Penelitian dan Pengembangan Prasarana Transportasi, DPU, tahun 2001)

- Penurunan selama masa konstruksi $> 90 \%$
- Penurunan setelah masa konstruksi $< 20 \text{ mm / tahun}$



KONSOLIDASI $> 90\%$

KONSOLIDASI $< 20 \text{ mm/th}$



DAYA DUKUNG RENDAH

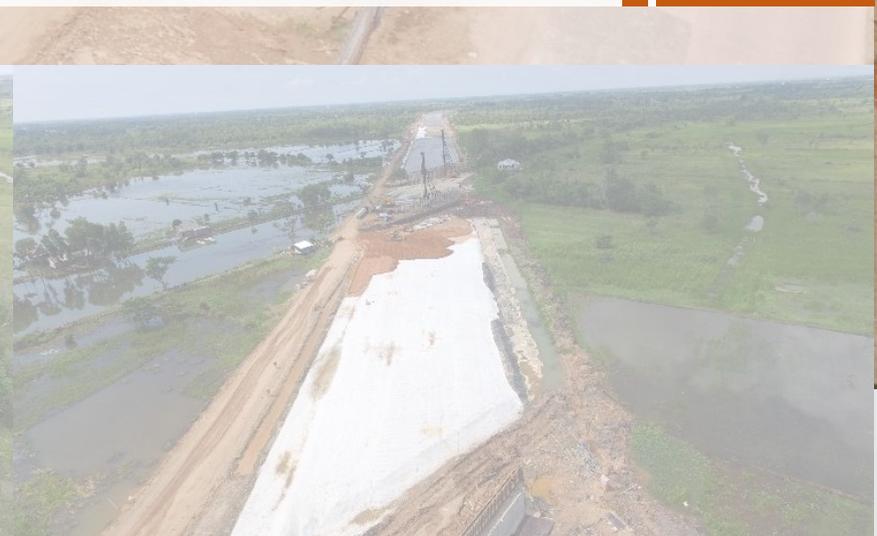
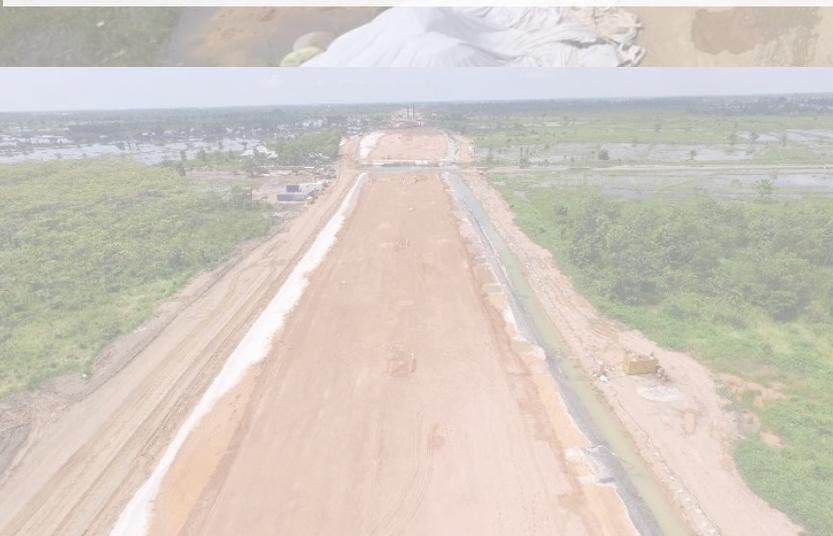
PENURUNAN BESAR & LAMA

BANGUNAN SEKITAR TERGANGGU



PEMILIHAN SISTEM KONSTRUKSI

JALAN TOL RUAS PALEMBANG-INDRALAYA



UPAYA ENGINEERING alternative penggunaan metode:



1. Penggunaan Concrete pile untuk mencapai permukaan tanah baik/keras,



2. Mengganti konstruksi perkerasan dengan "Konstruksi system Cakar Ayam",



3. Soil Improvement
a. PVD dengan preloading timbunan tanah
b. PVD dengan system *vacuum* (*Vacuum Consolidation Method*)

Pile Slab

Asumsi yang

digunakan:

Pile slab digunakan terutama pada main road sta 0+000 sampai 17+800

Untuk sta 17+800 sampai 21+943 konstruksi berupa at grade

Menggunakan tiang pancang diameter 0.6 m

Secara keseluruhan dibagi menjadi 3 tipe pile slab:

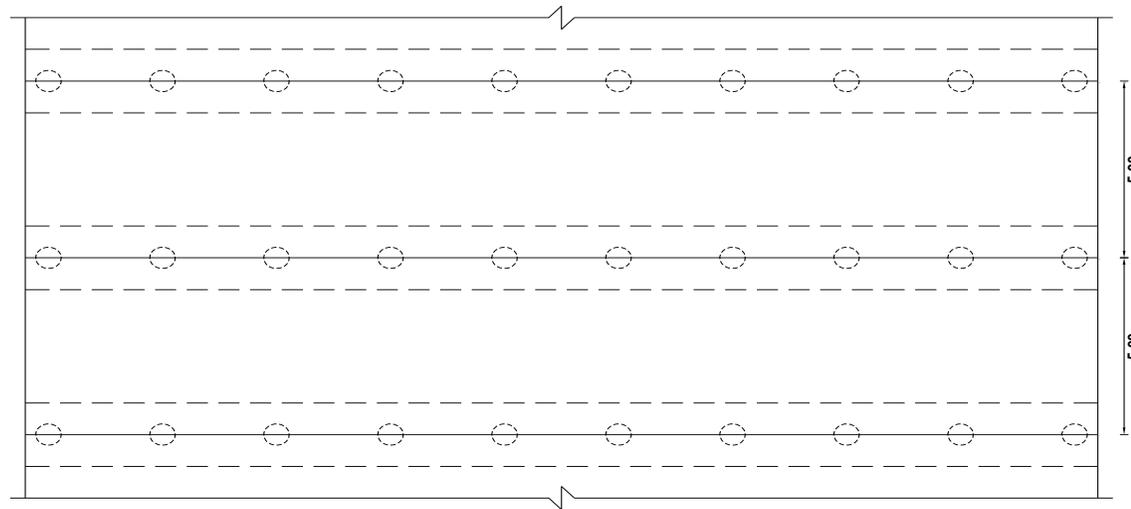
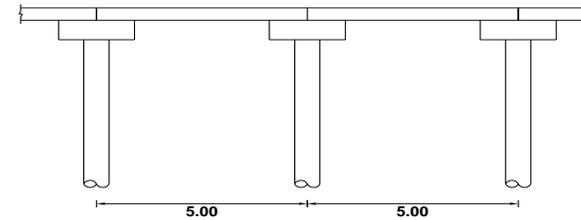
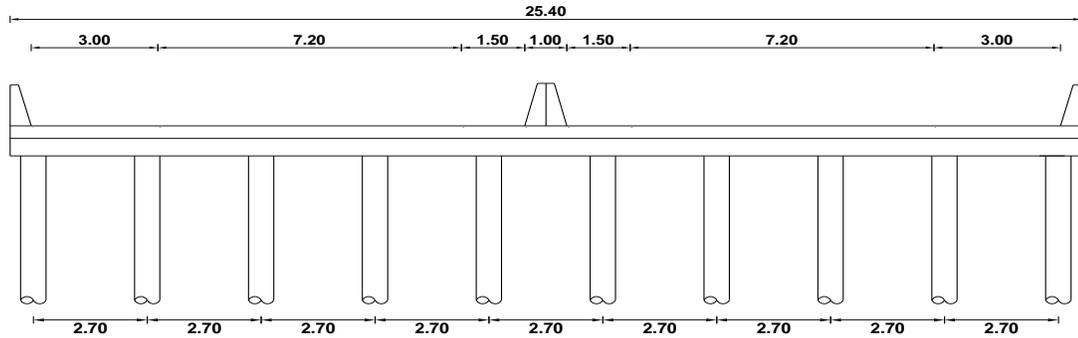
- Pile slab tipe 1, jarak antar tiang 2.7 m

- Pile slab tipe 2, jarak antar tiang

- Pile slab tipe 3, jarak antar tiang



Rencana Potongan Melintang Pile Slab 1



STA	PANJANG JALAN
STA 2+300 s/d 2+400	100
STA 2+400 s/d 5+550	3150
STA 5+550 s/d 6+250	700
STA 9+550 s/d 9+650	100
STA 9+650 s/d 11+950	2300
STA 11+950 s/d 12+050	100
STA 12+050 s/d 13+200	1150
STA 13+200 s/d 13+300	100
STA 13+300 s/d 17+600	4300
STA 17+600 s/d 17+800	200
Total	12200

Penerapan Konstruksi Pile Slab di Indonesia



Jembatan Martadipura Kota Baru Kukar ←

Konstruksi Cakar Ayam

Asumsi yang digunakan:

Cakar ayam digunakan terutama pada main road sta 0+000 sampai 17+800

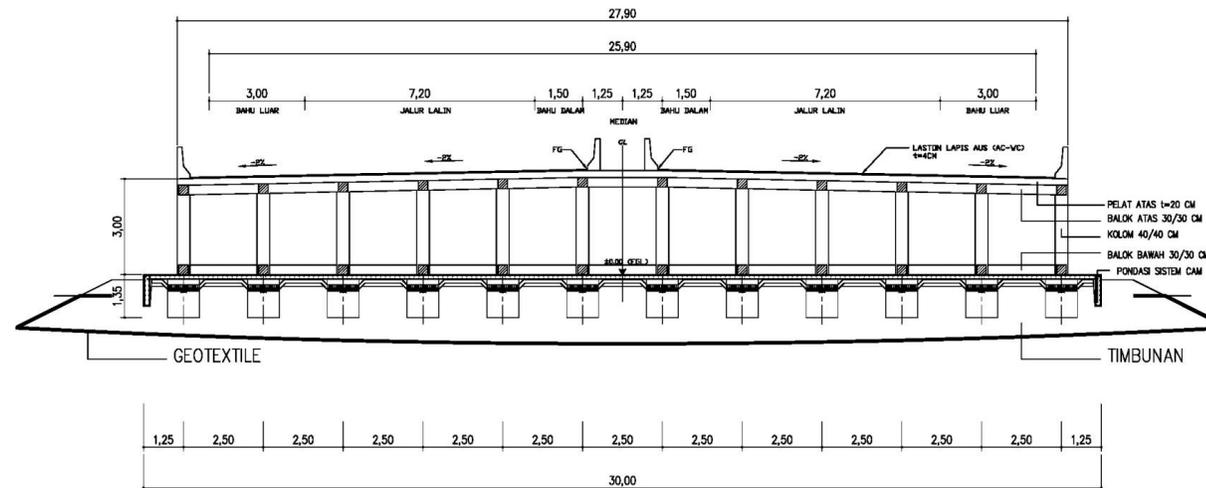
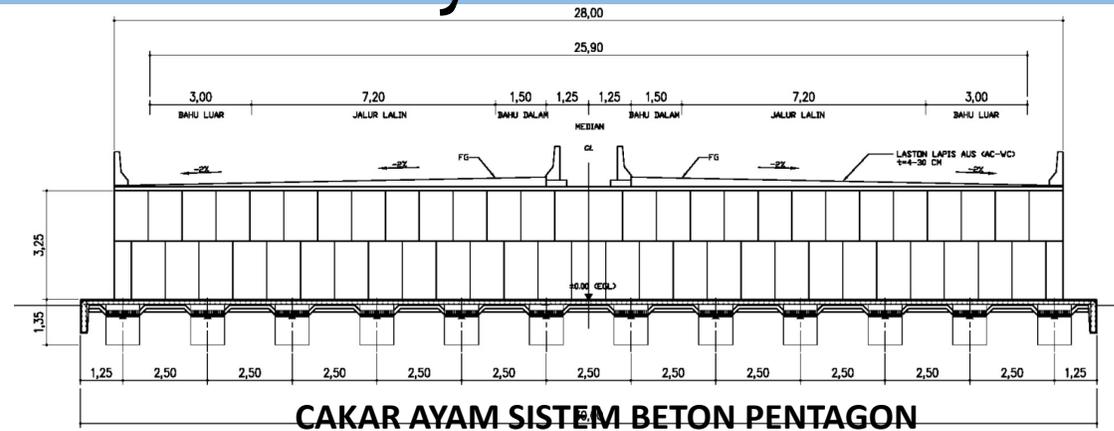
Cakar ayam yang digunakan dibagi menjadi 2 tipe:

- Sistem cakar ayam dengan beton pentagon
- Sistem cakar ayam dengan balok dan kolom

Untuk elevasi finish grade kurang dari 3 m, digunakan sistem pentagon, sedangkan lebih dari 3 m digunakan balok kolom



Tipikal Konstruksi Cakar Ayam



Penerapan Konstruksi Cakar Ayam di Indonesia



Sungai Penuh Jambi

Soil Improvement

**PVD dengan preloading
timbunan tanah**



**PVD dengan system *vacuum*
(*Vacuum Consolidation Method*)**



Konstruksi Soil Improvement

Asumsi yang

digunakan:

Untuk tanah dengan kondisi yang tidak baik digunakan soil improvement

Soil improvement digunakan terutama pada main road STA 0+000 sampai 17+800

Soil improvement menggunakan

- Pre loading dan vertical drain
- Pre loading dengan sistem vakum (*vacuum consolidation*)

PVD dengan Pre Loading Timbunan Tanah

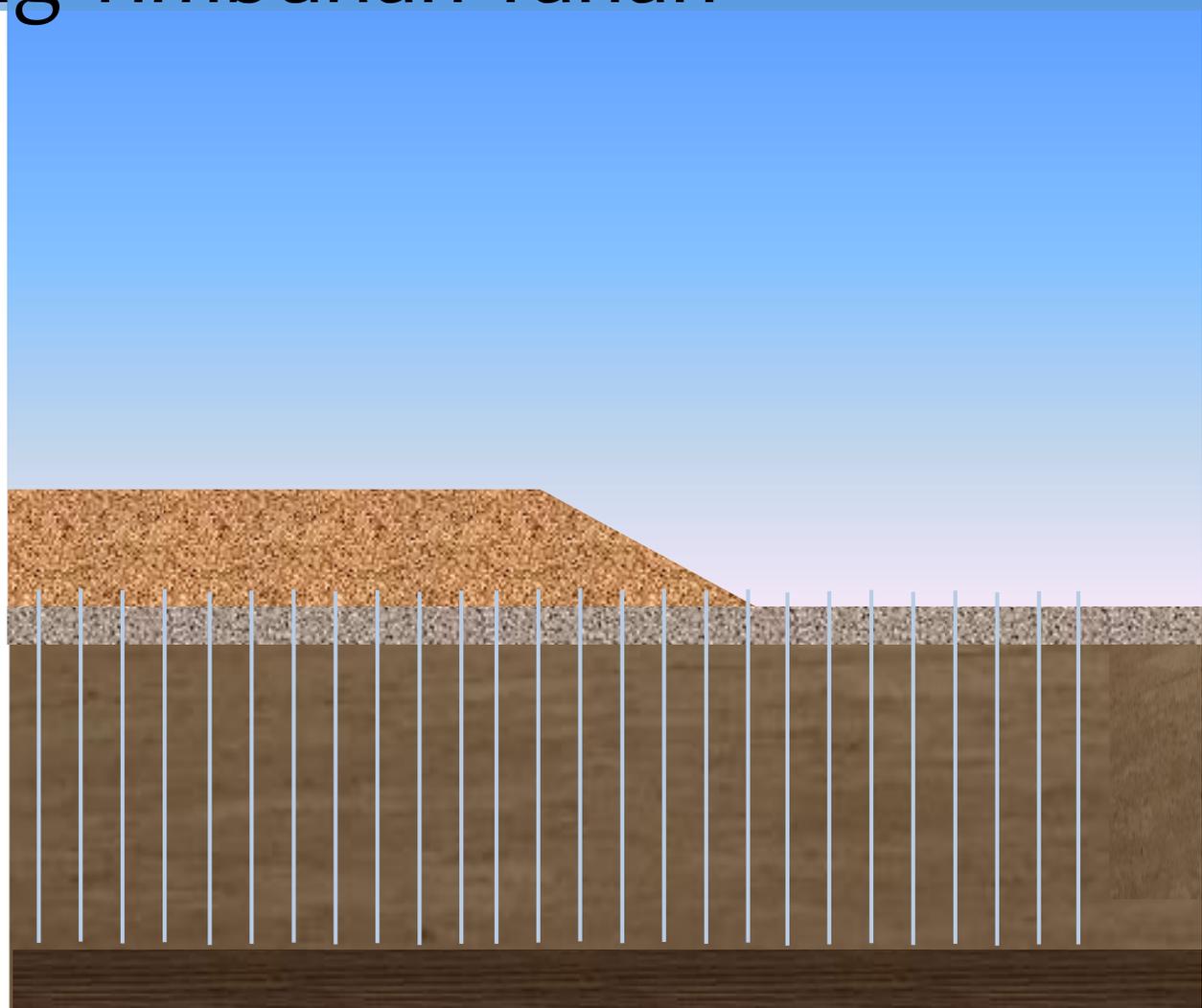
Sangat tergantung pada :

Cuaca pada waktu pelaksanaan,

Kerapihan pemasangan vertical drain,

Ketersediaan selected material Untuk pelaksanaan Pre Loading pada bidang

PVD dengan Pre Loading Timbunan Tanah



Vacuum Consolidation Method

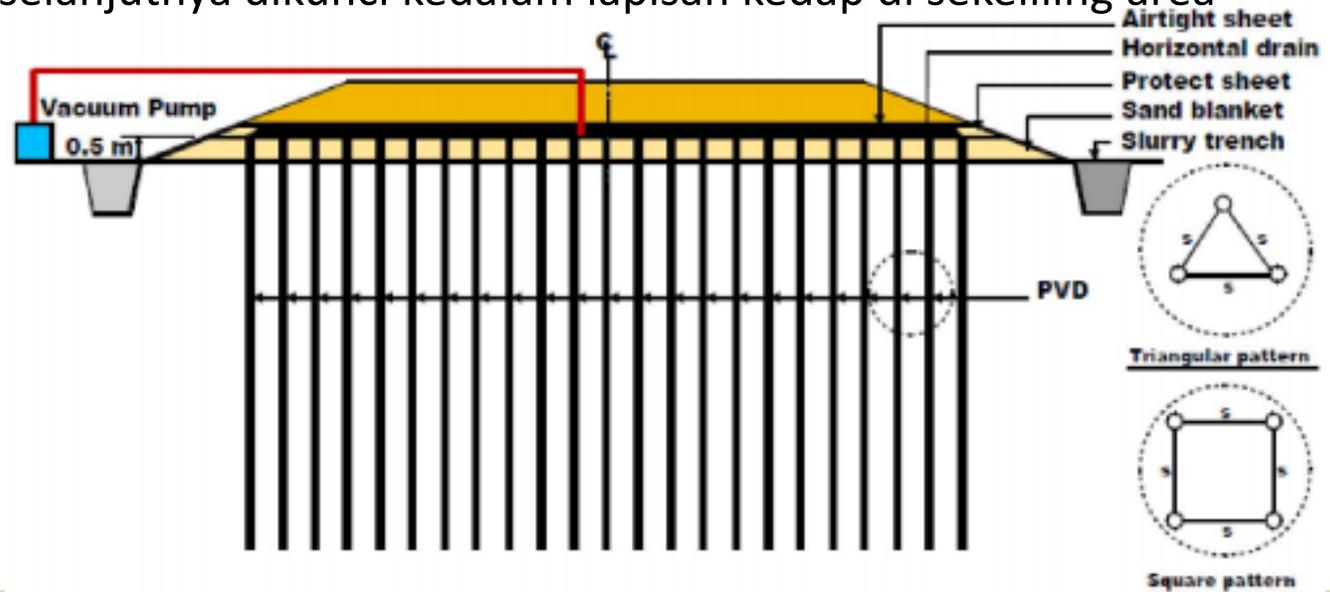
Beban tanah diganti dengan tekanan atmosfer

Vacuum Consolidation Method (VCM) terdiri dari:

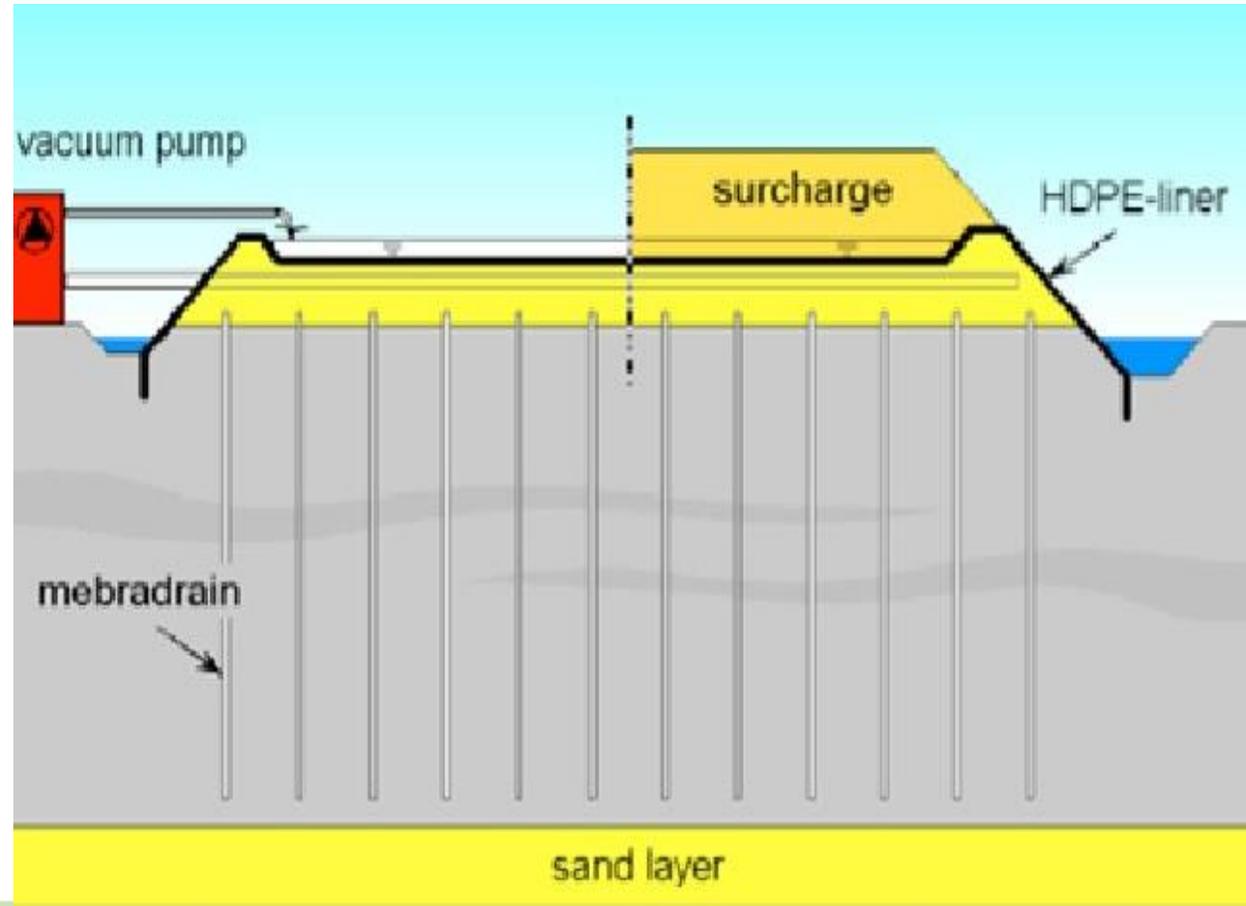
- sistem drainase vertikal melalui *Perforated Vertical Drain (PVD)*
- sistem drainase horisontal melalui media pasir & *Perforated Horizontal Pipe (PHD)*.

Keseluruhan sistem kemudian ditutup dengan *geomembrane* supaya kedap terhadap air dan udara dari luar.

Geomembrane tersebut selanjutnya dikunci kedalam lapisan kedap di sekeliling area yang akan di vakum.



Vacuum Consolidation Method



Penerapan Vacuum Consolidation Method di Indonesia

No.	Nama Proyek	Pemilik Proyek	Luas Area	Periode Konstruksi
1	PLTU 3 Banten 3×315MW Power Plant	PLN	42 Ha	2008-2009
2	PLTU 1 Kalimantan Tengah (2×60 MW)	PLN	15 Ha	2011-2012
3	TCT Coal Yard, Kalimantan Selatan	TCT	12 Ha	2011-2012
4	Cikarang Listrindo Fired Coal Power Plant Project	PT.Cikarang Listrindo	21 Ha	2012.12-2014.12
5	Sumsel -5 Power Plant Project	Sinarmas Group	12 Ha	2013.5-
6	Trisakti Port's Container Yard, Banjarmasin	Pelindo III	2.2 Ha	2013.12-2014-03
7	Ground Improvement, Foundation and Infrastructure Construction	Shuangma Chemical	20 Ha	2014.02-
8	Chip Pile, ETP and salt storage area of Paper Factory	Sinarmas Pulp and Paper / APP	10 Ha	2014.10-

Matriks Perbandingan Sistem Konstruksi Jalan Tol Ruas Palembang-indralaya

Kriteria	Pile Slab	Cakar Ayam Modifikasi	Soil Improvement	
			PVD dengan Pre Loading Timbunan Tanah	PVD dengan Sistem Vacuun (VCM)
Estimasi biaya konstruksi 1. Murah 2. Mahal 3. Paling mahal	3	2	1	2
Kriteria stabilitas				
<ul style="list-style-type: none"> SF > 1.1 selama konstruksi 	<ul style="list-style-type: none"> Dapat dicapai 	<ul style="list-style-type: none"> Dapat dicapai 	<ul style="list-style-type: none"> Dapat dicapai 	<ul style="list-style-type: none"> Dapat dicapai
<ul style="list-style-type: none"> SF > 1.3 selama operasional 	<ul style="list-style-type: none"> Dapat dicapai 	<ul style="list-style-type: none"> Dapat dicapai 	<ul style="list-style-type: none"> Dapat dicapai 	<ul style="list-style-type: none"> Dapat dicapai
Kriteria penurunan				
<ul style="list-style-type: none"> Penurunan > 90% konsolidasi selama konstruksi¹ 	<ul style="list-style-type: none"> Dapat dicapai 	<ul style="list-style-type: none"> Tidak dapat dicapai 	<ul style="list-style-type: none"> Dapat dicapai 	<ul style="list-style-type: none"> Dapat dicapai
<ul style="list-style-type: none"> Kecepatan penurunan < 2cm/tahun selama operasional¹ 	<ul style="list-style-type: none"> Dapat dicapai 	<ul style="list-style-type: none"> Tidak dapat dicapai 	<ul style="list-style-type: none"> Dapat dicapai 	<ul style="list-style-type: none"> Dapat dicapai
<ul style="list-style-type: none"> Penurunan < 10cm selama operasional² 	<ul style="list-style-type: none"> Dapat dicapai 	<ul style="list-style-type: none"> Tidak dapat dicapai 	<ul style="list-style-type: none"> Dapat dicapai 	<ul style="list-style-type: none"> Dapat dicapai
	Catatan : <ul style="list-style-type: none"> Pondasi harus dipancang hingga tanah keras agar tidak terjadi penurunan 	Catatan : <ul style="list-style-type: none"> Perkiraan penurunan maksimum sebesar 2-3m terjadi selama masa operasional Pada jangka panjang, penambahan perumahan dan penurunan air tanah akibat pemompaan dapat menambah penurunan tersebut. Masalah perbedaan penurunan pada oprit jembatan dan jembatan belum clear 	Catatan: <ul style="list-style-type: none"> Dibutuhkan material tanah dalam jumlah besar Dampak Lingkungan 	Catatan: <ul style="list-style-type: none"> Dapat menggunakan material hasil normalisasi sungai

Matriks Perbandingan Sistem Konstruksi Jalan Tol Ruas Palembang-indralaya

Kriteria	Pile Slab	Cakar Ayam Modifikasi	Soil Improvement	
			PVD dengan Pre Loading Timbunan tanah	PVD dengan Sistem Vacuun (VCM)
Estimasi waktu pelaksanaan konstruksi 1. Paling cepat 2. Cepat 3. Lama 4. Paling lama	1	2	3	2
Constructibility	<ul style="list-style-type: none"> Metoda konstruksi sederhana dan sudah jamak dilakukan di Indonesia 	<ul style="list-style-type: none"> Metoda konstruksi sederhana Mebutuhkan desain dari pemegang paten 	<ul style="list-style-type: none"> Metoda konstruksi sederhana dan sudah jamak dilakukan di Indonesia 	<ul style="list-style-type: none"> Diperlukan kontraktor spesialis yang tidak banyak di Indonesia
Kebutuhan tanah timbunan dengan quarry yang sangat terbatas 1. Paling sedikit 2. Sedikit 3. Banyak 4. Paling banyak	1	2	4	3
Potensi masalah sosial/lingkungan yang ditimbulkan	<ul style="list-style-type: none"> Relatif tidak ada 	<ul style="list-style-type: none"> Ruang di bawah jalan akibat konstruksi kolom spasi 2.5m dan tinggi 3.0m dapat digunakan sebagai tempat tinggal dan berpotensi terjadi kebakaran 	<ul style="list-style-type: none"> Banjir, diperlukan perencanaan drainase 	<ul style="list-style-type: none"> Banjir, diperlukan perencanaan drainase
Right of Way	<ul style="list-style-type: none"> Tidak ada masalah ROW 	<ul style="list-style-type: none"> Tidak ada masalah ROW 	<ul style="list-style-type: none"> Mebutuhkan area signifikasi untuk counterweight berm 	<ul style="list-style-type: none"> Tidak ada masalah ROW

Perbandingan Biaya Konstruksi

