

METODE PERBAIKAN TANAH LUNAK DENGAN MENGUNAKAN PRE-FABRICATED VERTICAL DRAIN (PVD) DI JALAN TOL KERTOSONO – KEDIRI

Ardha Rahadian¹⁾, Lalu Mulyadi²⁾, dan Lies K. Wulandari³⁾

^{1,2,3}, Program Pascasarjana Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Malang

ABSTRAK

Sebuah proyek jalan merupakan kebutuhan mendesak pada era modernisasi seperti sekarang ini terutama negara kita yang jumlah penduduknya sekarang ini berjumlah sekitar 250 juta jiwa. Dari jumlah penduduk yang sudah kian bertambah tentunya pada era saat ini kebutuhan transportasi juga sangatlah berkembang secara cepat, sehingga dengan produksi kendaraan yang setiap tahunnya meningkat sangat pesat kalau tidak diimbangi dengan pertumbuhan infrastruktur jalan maka akan terjadi kemacetan di mana mana. Sedangkan tujuan membuat studi perbaikan tanah lunak dengan menggunakan pre-fabricated vertical drain (PVD) dan geotextile adalah untuk mengetahui apakah dari segi teknis masih memenuhi persyaratan yang disebutkan dalam kriteria desain dan dari segi biaya apakah metode tersebut sudah yang paling efisien. Untuk mencapai tujuan tersebut analisa terhadap metode penanganan tanah lunak dengan menggunakan pre-fabricated vertical drain (PVD) dan geotextile tersebut lebih menitikberatkan syarat teknis. Hasil perhitungan yang diperoleh dari perkuatan tanah lunak menggunakan pre-fabricated vertical drain (PVD) dan geotextile tersebut bisa mengurangi angka penurunan atau settlement serta meningkatkan factor angka keamanan pada lereng timbunan di jalan tol tersebut.

Kata Kunci: Biaya, Efisien, Metode Perbaikan Tanah, Waktu Pelaksanaan

I. PENDAHULUAN

Lokasi proyek jalan tol ruas Kertosono – Kediri terletak di antara Kab. Nganjuk dan Kab. Kediri, Jawa Timur - Indonesia, jalan tol tersebut membentang sepanjang 20.30 km melewati dua kabupaten tersebut di atas. Secara detail lokasi jalan tol tersebut berjarak 150 km dari Surabaya sebagai ibukota propinsi Jawa Timur. Pada fase feasibility study, basic desain dan detail engineering desain yang telah disusun oleh ahli geoteknik yang berkaitan dengan hasil soil investigasi terkait metode perbaikan tanah lunak diantaranya adalah menurut [Forsythe \(2015\)](#), Mott MacDonald dalam laporannya yang berjudul Feasibility Study Jalan Tol Ruas Kertosono - Kediri [1] yang menyatakan bahwa dengan menggunakan geotextile untuk memperkuat stabilitas lereng timbunan tinggi dan mengganti tanah lunak atau replacement dengan bahan yang mempunyai daya dukung lebih baik. Sementara itu [Ahmad \(2016\)](#), pada bukunya yang berjudul Basic Engineering Design Jalan Tol Ruas Kertosono - Kediri [2] yang menyatakan rekomendasi berupa replacement pada tanah lunak maksimal 2.00 m dan untuk meningkatkan daya dukung pondasi menyarankan dengan menggunakan kapur atau campuran soil semen, serta memasang geomembrane yang kedap air secara horisontal maupun vertical untuk mengalirkan air yang terjebak dalam timbunan. Memberikan pembebanan dan preloading ataupun surcharge untuk menahan tekanan akibat mengembangnya lapisan tanah lunak. Dan [Pramono \(2019\)](#) dalam bukunya yang berjudul Detail Engineering Design Jalan Tol Ruas Kertosono - Kediri [3] menyatakan bahwa memberikan metode pemasangan pre-fabricated vertical drain (PVD).

Dengan berakhirnya kontrak pekerjaan detail engineering desain yang dikerjakan konsultan perencanaan tersebut, pemilik proyek akan melelangkan pekerjaan tersebut ke tahap konstruksi. Dalam perjalanan tersebut pemilik proyek mengkaji kembali dokumen detail engineering desain tersebut. Dalam pengkajian tersebut ternyata ditemui beberapa item pekerjaan dengan nilai yang tinggi di luar pagu anggaran terutama pekerjaan pemasangan *minipile*. Pemilik proyek kemudian mengambil langkah untuk melaksanakan penggantian terhadap desain lama penanganan tanah lunak di jalan tol Kertosono - Kediri tersebut. Masalah tersebut menjadikan pokok bahasan bagi penulis untuk membantu pemilik proyek dalam melaksanakan analisa dan perhitungan terhadap desain yang sudah ada tersebut.

Studi untuk memperbaiki pondasi tanah lunak dengan menggunakan pre-fabricated vertical drain (PVD) dan geotextile tersebut diatas dipilih oleh penulis dikarenakan pertimbangan kemudahan pelaksanaan serta membahas mengenai efek dari penanganan tanah lunak tersebut baik dari segi jadwal maupun biaya proyek yang sudah di atur didalam kontrak penyedia jasa konstruksi.

Kesimpulan dari hasil analisa perbaikan tanah atau *soil improvement* pada tanah lunak tersebut nantinya akan di terapkan pada Jalan Tol Kertosono – Kediri terutama pada lokasi yang terindikasi terdapat lapisan tanah lunak sesuai dengan hasil pelaksanaan soil investigasi pada tahun 2019. Hasil analisa tersebut akan direkomendasikan melalui tabel sesuai dengan hasil analisa dan perhitungan angka penurunan dan penurunan. Hasil tersebut nantinya akan direkomendasikan kepada pemilik proyek untuk diterapkan dilapangan.

Hasil analisa akan berupa rekomendasi kepada pemilik proyek atau pengelola jalan tol yang berhubungan dengan permasalahan rencana dan anggaran biaya serta jadwal pekerjaan sebagai pengajuan dana investasi kepada investor yang akan melaksanakan jalan tol tersebut.

Bukan hanya dari segi pembiayaan saja yang akan direkomendasikan dalam materi tersebut, akan tetapi penulis juga akan membahas mengenai jadwal pelaksanaan pekerjaan tersebut di atas. Penulis akan membandingkan kelebihan dan kekurangan metode tersebut dengan metode dari peneliti sebelumnya. Nantinya rekomendasi tersebut akan dipakai sebagai acuan pelaksanaan dilapangan nantinya.

II. STUDI LITERATUR

Pada fase feasibility study, basic engineering design dan pada fase detail engineering design yang disusun oleh beberapa ahli geoteknik berkaitan dengan hasil soil investigasi yang telah mereka laksanakan dan metode perbaikan tanah yang di usulkan akan diberikan catatan dari nara sumber masing masing pekerjaan untuk dijadikan studi pembanding pada studi ini.

Ruas jalan tol Kertosono – Kediri sepanjang 20.30 km terdiri dari berbagai jenis dan type struktur untuk menunjang sarana dan prasana jalan tol ini. Dari berbagai macam dan type struktur tersebut, ada yang pondasinya berdiri di area tanah lunak. Salah satunya yang ditemukan di STA. 19 + 707 terletak di rencana abutment Box Underpass Interchange Maron. Tanah lunak menurut [Terzaghi \(1967\)](#) adalah, tanah yang mempunyai katagori nilai N-SPT ≤ 4 dan mempunyai nilai daya dukung tanah atau $q_u \leq 25$ kPa. Dari data hasil soil investigasi nilai N-SPT ≤ 4 ditemukan sampai dengan kedalaman 6.00 m. Sedangkan tinggi timbunan di area tersebut mencapai ketinggian hampir 8.00 m.

Dari nilai N-SPT 0 – 4 sesuai dengan Terzaghi, K. and Peck, R. B., Soil (1967) Mechanic in Engineering Practice, 2nd Edition, [4] seperti di bawah ini:

Sub Unit	N-SPT Value	Consistency Unconfined	Compressive Strength q_u (kPa)
I.1	≤ 4	Very Soft to Soft	≤ 25
I.2	4 - 10	Medium	25 - 50
I.3	10 - 25	Stiff	50 - 100
I.4	≥ 25	Stiff to Very stiff	≥ 100

Dari kondisi di atas memerlukan penanganan khusus terutama untuk meminimalisir angka settlement dan meningkatkan angka safety factor untuk lereng timbunannya.

III. METODE PENELITIAN

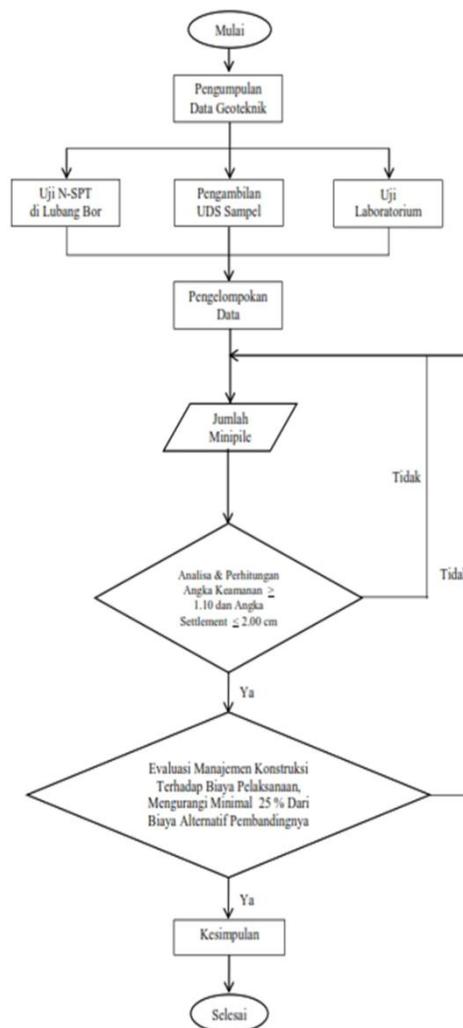
Data yang dipakai penulis untuk studi tersebut didapatkan dari hasil drilling geoteknik dan hasil uji laboratorium sampel tidak terganggu yang telah dilaksanakan oleh peneliti sebelumnya yaitu pada tahap penyusunan detail engineering desain. Pengelompokan data tersebut terbagi dalam data yang didapat dari uji drilling geoteknik yaitu data angka N-SPT disetiap lubang bor sebanyak 2 titik serta dari hasil uji laboratorium yang telah dilaksanakan dari pengambilan sampel tanah tidak terganggu (UDS). Sesuai dengan standar pengambilan sampel tanah tidak terganggu menurut [Bowles \(1997\)](#). Foundations Analysis and Design. McGraw-Hill Book Co, Fifth Edition. Singapore. [5] dan menurut Badan Standarisasi Nasional (2017). Persyaratan dan Perancangan Geoteknik. SNI. 8460-2017. BSN. Jakarta. [6].

Analisis data yang digunakan oleh penulis dalam menganalisa data adalah dengan mengemukakan bukti dan data yang terdiri atas pengujian, pengkatagorikan, pentabulasian parameter yang didapatkan dari data soil investigasi dan uji laboratorium. Persyaratan utama yang akan dianalisis dalam pembahasan tersebut terutama pada metode perbaikan tanah lunak di atas adalah seperti dibawah ini:

1. Analisa penurunan / settlement dengan menggunakan pre-fabricated vertical drain (PVD).
2. Analisa angka keamanan stabilitas lereng timbunan dengan menggunakan geotextile.

Sedangkan dari aspek biaya dan jadwal pekerjaan penulis merekomendasikan metode yang paling efektif dan efisien dari segi biaya dan jadwal pelaksanaan proyek.

Bagan alir yang difokuskan pada studi tersebut adalah analisa penurunan atau settlement dan analisa stabilitas lereng setelah pemasangan pre-fabricated vertical drain (PVD) dan geotextile, analisa tersebut dituangkan dalam flowchart diagram seperti dibawah ini.



IV. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Kriteria Desain

4.1.1 Penurunan yang disyaratkan selama masa konstruksi adalah $\geq 90\%$ (S/Stot) dan kecepatan penurunan ≤ 20 mm/tahun. Penurunan yang terjadi selama konstruksi adalah penurunan yang terjadi sebelum perkerasan jalan dilaksanakan (Panduan Geoteknik 4 – Timbunan Jalan pada Tanah Lunak, Pusat Litbang

Prasarana Transportasi 2001). Atau dalam masa konstruksi penurunan yang di iijinkan maksimal sebesar 20 mm dan 10 th pertama setelah konstruksi adalah sebesar 10 cm.

4.1.2 Stabilitas Lereng, semua analisa harus didasarkan pada analisa dalam kondisi gempa. Karena kondisi gempa dianggap sebagai kondisi paling kritis. Menurut Pusat Penelitian & Pengembangan Kimpraswil Kementerian PUPR (2017). *Peta Sumber dan Bahaya gempa Indonesia*. ISBN - 978 602 5489 01 3. Jakarta. [7]. Berikut ini kriteria desain yang harus dipenuhi pada saat kondisi gempa terjadi seperti tabel dibawah ini.

Faktor Keamanan	Galian	Timbunan	
		Jalan Tol	Oprit**
Jangka pendek	1.50	1.30	1.70
Jangka panjang	1.40*	1.50	1.70

4.2 Parameter Desain

Parameter desain perencanaan tersebut dihasilkan dari hasil soil investigasi dan uji laboratorium yang telah selesai dilaksanakan oleh peneliti sebelumnya pada tahap detail engineering desain. Dibawah ini disampaikan tabel parameter desain yang digunakan pada input software perhitungan dan analisa stabilitas lereng adalah sebagai berikut:

4.2.1 Density

No	STA	Soil Type	Sub Unit	γ kN/m3
1	STA. 18 + 000 Sampai STA. 20 + 300	Clay Very Soft to Soft	1.1	15.00
2		Clay Medium	1.2	16.00
3		Clay Stiff to Very Stiff	1.3	17.00
4		Clay Hard	1.4	18.00
5		Sand Loose	2.1	17.00
6		Sand Medium Dense	2.1	19.00
7		Sand Dense	2.3	20.00

4.2.2 Konsolidasi

No	STA	Soil Type	Sub Unit	Cv %	Cc %	Eo %
1	STA. 18 + 000 Sampai STA. 20 + 300	Clay Very Soft to Soft	1.1	2.890E-04	0.197	0.288
2		Clay Medium	1.2	2.860E-04	0.196	0.286
3		Clay Stiff to Very Stiff	1.3	N/A		N/A
4		Clay Hard	1.4	N/A		N/A

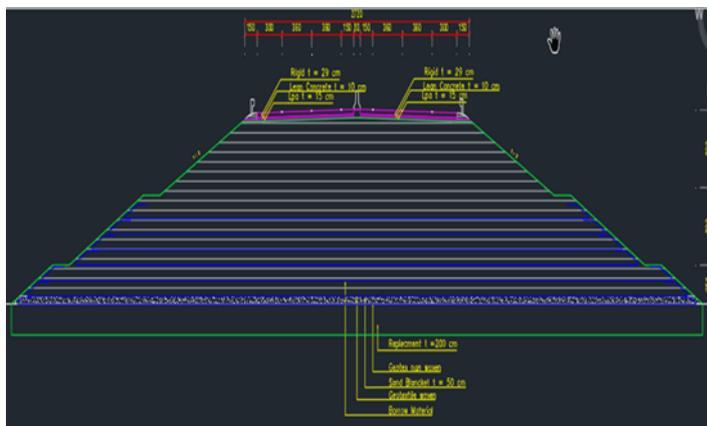
4.2.3 Shear Strength Dari N-SPT

No	STA	Soil Type	Sub Unit	Su kN/m ²
1	STA. 18 + 000 Sampai STA. 20 + 300	Clay Very Soft to Soft	1.1	22.00
2		Clay Medium	1.2	50.00
3		Clay Stiff to Very Stiff	1.3	125.00
4		Clay Hard	1.4	150.00
5		Sand Loose	2.1	50.00
6		Sand Medium Dense	2.1	125.00
7		Sand Dense	2.3	170.00

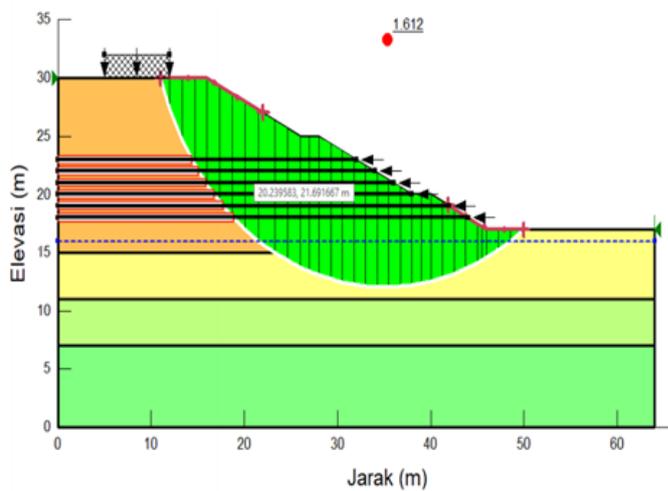
4.3 Pemodelan dan Analisa

4.3.1 Geotextile

4.3.1.1 Potongan Melintang



4.3.1.2 Angka Keamanan



4.3.1.3 Settlement

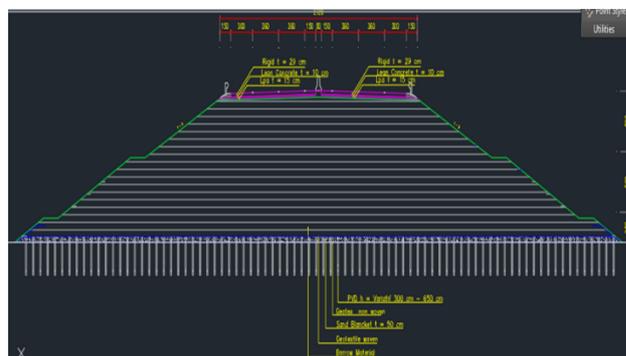
Waktu (t) Hari	Konsolidasi Arah Vertikal (Cv) (m ² /hari)	Hdr/2 (m)	Faktor Waktu (Tv)	Derajat Konsolidasi (Uv)	Sc meter
0	0.101	4.00	0.00	0.00	0.000
1	0.101	4.00	0.006	0.090	0.014
4	0.101	4.00	0.025	0.179	0.028
5	0.101	4.00	0.032	0.200	0.031
10	0.101	4.00	0.063	0.283	0.044
20	0.101	4.00	0.126	0.401	0.062
30	0.101	4.00	0.189	0.489	0.075
40	0.101	4.00	0.253	0.563	0.087
42	0.101	4.00	0.265	0.576	0.089
50	0.101	4.00	0.316	0.625	0.096
70	0.101	4.00	0.442	0.726	0.112
90	0.101	4.00	0.568	0.800	0.123
120	0.101	4.00	0.758	0.875	0.135
150	0.101	4.00	0.947	0.920	0.142
152	0.101	4.00	0.960	0.922	0.142
180	0.101	4.00	1.136	0.947	0.146
200	0.101	4.00	1.263	0.958	0.148
202	0.101	4.00	1.275	0.959	0.148
250	0.101	4.00	1.578	0.976	0.150
300	0.101	4.00	1.894	0.984	0.152
316	0.101	4.00	1.995	0.986	0.152
360	0.101	4.00	2.273	0.990	0.153
720	0.101	4.00	4.545	0.997	0.154
1080	0.101	4.00	6.818	0.997	0.154
1440	0.101	4.00	9.090	0.997	0.154
1800	0.101	4.00	11.363	0.997	0.154
2160	0.101	4.00	13.635	0.997	0.154
2520	0.101	4.00	15.908	0.996	0.154
2880	0.101	4.00	18.180	0.996	0.153
3240	0.101	4.00	20.453	0.996	0.153
3600	0.101	4.00	22.725	0.996	0.153

Dari tabel tersebut di atas untuk mencapai angka konsolidasi 95 % terjadi angka penurunan sebesar 0.148 m = 14.8 cm dalam waktu 200 hari, hal tersebut melebihi target penurunan sebesar 2.0 cm seperti yang disyaratkan dalam kriteria desain.

Untuk itu perlu penanganan mengenai nilai angka penurunan yang terjadi tersebut di atas dengan menggunakan Pre-Fabricated Vertical drain (PVD). Alat tersebut fungsi utamanya adalah untuk mengurangi angka penurunan yang terjadi. Adapun hasil perhitungan angka penurunan setelah dipasang Pre-Fabricated Vertical drain (PVD) adalah seperti dibawah ini.

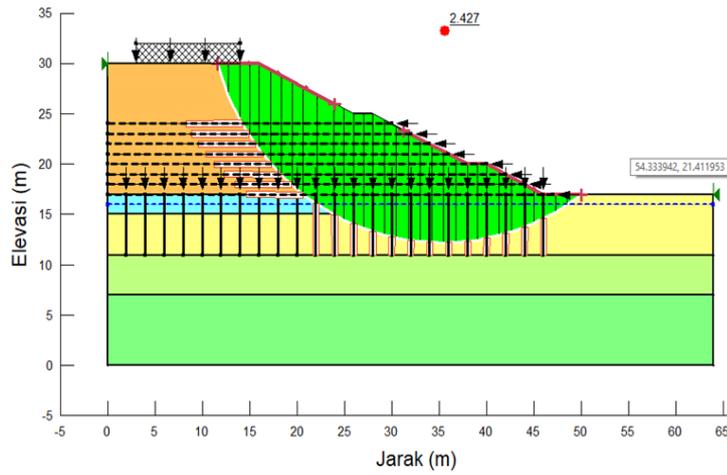
4.3.2 Pre-Fabricated Vertival Drain (PVD)

4.3.2.1 Potongan Melintang

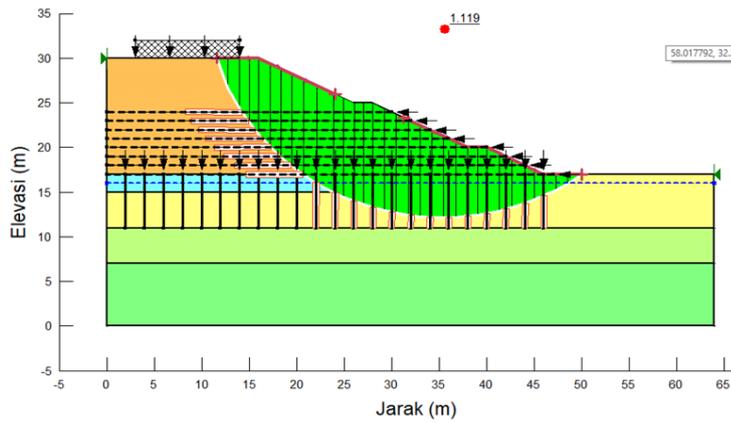


4.3.2.2 Angka Keamanan

a. Kondisi Normal

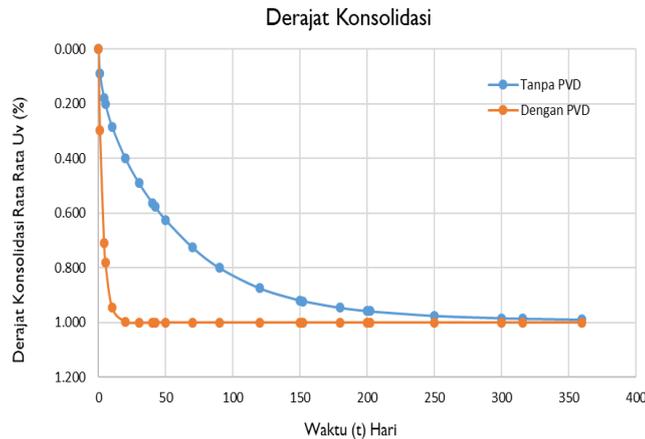


b. Kondisi Gempa



4.3.2.3 Settlement

Waktu (t) Hari	Konsolidasi Arah Vertikal (Cv) (m ² /hari)	H _d /2 (m)	Faktor Waktu (Tv)	Derajat Konsolidasi (U _v)	1 - U _v	Ch = 1.2 Tv	Th	Uh	1 - Uh	U	Sc meter
0	0.101	4.00	0.00	0.000	1.000	0.121	0.000	0.000	1.00	0.000	0.000
1	0.101	4.00	0.006	0.090	0.910	0.121	0.110	0.228	0.77	0.297	0.003
4	0.101	4.00	0.025	0.179	0.821	0.121	0.440	0.644	0.36	0.708	0.008
5	0.101	4.00	0.032	0.200	0.800	0.121	0.550	0.725	0.27	0.781	0.009
10	0.101	4.00	0.063	0.283	0.717	0.121	1.099	0.925	0.08	0.946	0.010
20	0.101	4.00	0.126	0.401	0.599	0.121	2.199	0.994	0.01	0.997	0.011
30	0.101	4.00	0.189	0.489	0.511	0.121	3.298	1.000	0.00	1.000	0.011
40	0.101	4.00	0.253	0.563	0.437	0.121	4.397	1.000	0.00	1.000	0.011
42	0.101	4.00	0.265	0.576	0.424	0.121	4.617	1.000	0.00	1.000	0.011
50	0.101	4.00	0.316	0.625	0.375	0.121	5.497	1.000	0.00	1.000	0.011
70	0.101	4.00	0.442	0.726	0.274	0.121	7.695	1.000	0.00	1.000	0.011
90	0.101	4.00	0.568	0.800	0.200	0.121	9.894	1.000	0.00	1.000	0.011
120	0.101	4.00	0.758	0.875	0.125	0.121	13.192	1.000	0.00	1.000	0.011
150	0.101	4.00	0.947	0.920	0.080	0.121	16.490	1.000	0.00	1.000	0.011
152	0.101	4.00	0.960	0.922	0.078	0.121	16.710	1.000	0.00	1.000	0.011
180	0.101	4.00	1.136	0.947	0.053	0.121	19.788	1.000	0.00	1.000	0.011
200	0.101	4.00	1.263	0.958	0.042	0.121	21.986	1.000	0.00	1.000	0.011
202	0.101	4.00	1.275	0.959	0.041	0.121	22.206	1.000	0.00	1.000	0.011
250	0.101	4.00	1.578	0.976	0.024	0.121	27.483	1.000	0.00	1.000	0.011
300	0.101	4.00	1.894	0.984	0.016	0.121	32.980	1.000	0.00	1.000	0.011
316	0.101	4.00	1.995	0.986	0.014	0.121	34.739	1.000	0.00	1.000	0.011
360	0.101	4.00	2.273	0.990	0.010	0.121	39.576	1.000	0.00	1.000	0.011



Dari tabel dan grafik di atas terlihat bahwa angka penurunan dengan derajat konsolidasi 95 % pada hari ke 20 adalah maksimal di angka 0.011 m = 11 mm, dan dapat disimpulkan bahwa angka penurunan sudah di bawah kriteria desain sebesar 20 mm. Dari kedua aspek hasil analisa dan perhitungan baik itu angka keamanan stabilitas lereng maupun angka penurunan yang terjadi dapat direkapitulasikan dalam tabel di bawah ini.

No	Jenis Perkuatan	Kriteria Desain Gempa		Hasil Perhitungan		Keterangan
		Settlement (mm)	SF	Settlement (mm)	SF	
1	Pre-Fabricated Vertical Drain	20	1,10	22.1	1.119	Tidak Memenuhi
2	Geotextile	20	1,10	14,8	1.612	Memenuhi Dengan 200 Hari U95%
3	Kombinasi PVD dan Geotextile	20	1,10	11	1.19	Memenuhi Dengan Hanya 20 Hari U90 %

Dari analisis metode perbaikan tanah lunak dengan memakai *pre-fabricated vertical drain* secara teknis dapat dilihat bahwa semua perhitungan angka keamanan atau safety factor di atas memberikan angka keamanan dalam kondisi normal masih di atas angka 1.50 dan dalam kondisi gempa masih di atas angka 1.10. Angka penurunan juga masih menunjukkan hasil di atas angka penurunan yang di atur dalam kriteria desain yaitu < 20 mm untuk pre-fabricated vertical drain. Maka kedua persyaratan teknis baik angka penurunan dan angka stabilitas lereng tersebut dapat disimpulkan masih dapat dipenuhi oleh metode perbaikan tanah lunak dengan menggunakan *pre-fabricated vertical drain*.

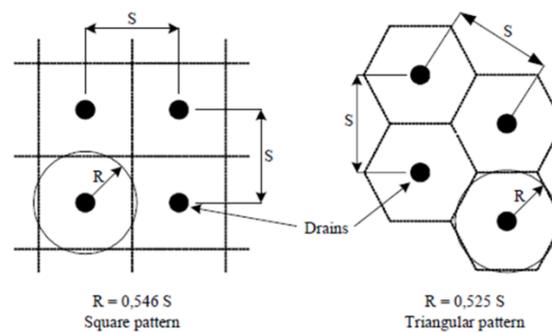
4.4 Analisa Biaya Pekerjaan

Deskripsi Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Harga
PVD				
- Mobilisasi PVD	m'	2040	Rp. 47.373,00	Rp. 96.640.920,00
- Bahan & Pemasangan PVD	m'	2040	Rp. 81.494,00	Rp. 166.247.760,00
- Replacement Material 2.00m (48 . 50 . 2)	m ³	4800	Rp. 39.740,00	Rp. 190.752.000,00
			TOTAL	Rp. 453.640.680,00

Dari keseluruhan volume pekerjaan pemasangan *pre-fabricated vertical drain* sepanjang 50 m panjang area penanganan tanah lunak tersebut, mempunyai jumlah volume sebanyak 20 titik memanjang, 17 titik arah melebar dengan kedalaman rencana 6 m di setiap titiknya. Total volume PVD adalah 2040 m³. Total biaya penanganan tanah lunak adalah sebesar Rp. 453.640.680,-.

Pemasangan PVD untuk memperbaiki tanah lunak tersebut merupakan salah satu metode alternatif untuk perbaikan kondisi tanah dalam rangka mempercepat proses konsolidasi timbunan tanah dalam pembangunan jalan raya. Metode *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) sudah banyak digunakan untuk perbaikan tanah pada lempung lunak. Jika dibandingkan antara proses konsolidasi dengan menggunakan PVD dan tanpa menggunakan PVD, maka proses konsolidasi tanah lempung lunak terjadi lebih cepat jika dipasang PVD. Hal tersebut menunjukkan bahwa proses pengaliran benar-benar terjadi baik ke arah vertikal maupun horizontal.

Dalam studi ini, pola pemasangan PVD yang digunakan adalah pola segitiga dengan jarak pertitik adalah 1.50 m. Pola segiempat awalnya dianggap lebih sesuai untuk dilakukan dilapangan. Tetapi, pola segitiga lebih sering dipilih dilapangan karena area pengaliran airnya lebih mencakup hampir semua area yang dipasang PVD. Selain itu, pemasangan PVD dengan pola segi tiga dianggap menghasilkan pemampatan yang seragam dibandingkan dengan pola segiempat. Sehingga dalam perhitungan dalam studi ini, pola segitiga lebih dipilih. Gambar pola pemasangan PVD dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



4.5 Analisa Jadwal Pekerjaan PVD

Jadwal pekerjaan secara keseluruhan untuk pekerjaan pembangunan Jalan Tol Kertosono – Kediri dibutuhkan waktu 18 bulan yang rencananya akan dilaksanakan lelang pada awal tahun 2023 oleh PT. Jasamarga Ngawi – Kertosono (PT. JNK). Walaupun tujuan utama penulis adalah untuk efisiensi biaya pekerjaan perbaikan tanah lunak, tidak lepas juga adalah permasalahan waktu pelaksanaan yang paling efektif.

Dari analisa dan perhitungan teknis dan biaya di bab sebelumnya, dari segi waktu pelaksanaan pekerjaan perbaikan tanah lunak dengan menggunakan Pre-Vabricated Vertical Drain ada selisih waktu 1 bulan lebih cepat dengan yang diusulkan oleh penulis sebelumnya. Hal tersebut disebabkan oleh pekerjaan perbaikan tanah lunak dengan minipile masih membutuhkan item pekerjaan pengecoran footing untuk mengikat minipile tersebut. Artinya penulis dalam mengevaluasi pekerjaan perbaikan tanah lunak dengan menggunakan pre-fabricated vertical drain (PVD) membutuhkan total waktu 18 bulan, sedangkan untuk minipile membutuhkan total waktu 19 bulan. Dari hal tersebut di atas dapat ditarik kesimpulan bahwa waktu yang di usulkan apabila perbaikan tanah lunak dengan menggunakan minipile diganti dengan menggunakan pre-fabricated vertical drain (PVD) membutuhkan waktu 1 bulan lebih cepat dari yang penulis sebelumnya usulkan yaitu perbaikan tanah lunak dengan menggunakan minipile.

Dari perbedaan waktu pelaksanaan pekerjaan perbaikan tanah lunak dengan menggunakan pre-fabricated vertical drain (PVD), maka dapat disimpulkan penggunaan pre-fabricated vertical drain (PVD) masih lebih efektif dan efisien untuk perbaikan tanah lunak di ruas STA. 18 +000 sampai dengan STA. 20 +300 jalan tol Kertosono – Kediri.

V. KESIMPULAN & REKOMENDASI

Berdasarkan pembahasan dan analisa pada bab sebelumnya didapatkan rekapitulasi angka keamanan stabilitas lereng timbunan, rekapitulasi perhitungan penurunan / settlement, rencana pembiayaan dan rencana waktu pelaksanaan pekerjaan.

Dari hasil metode penanganan tanah lunak pre-fabricated vertical drain (PVD) dan geotextile, maka penulis dapat merekomendasikan kepada pemilik jalan tol ruas Kertosono - Kediri yaitu PT. Jasamarga Ngawi Kertosono (PT. JNK) adalah mengganti penggunaan minipile dengan menggunakan Pre-Fabricated Vertical Drain (PVD) dan geotextile.

Menurut [Dipohusodo \(1996\)](#). *Manajemen Proyek dan Konstruksi Jilid 1*. Yogyakarta: Kanisius. [8]. hal yang mendasari pemilihan Pre-Fabricated Vertical Drain (PVD) tersebut adalah:

1. Pengurangan biaya yang sangat signifikan 29.84 % dari biaya penggunaan metode sebelumnya.
2. Dari segi jadwal pelaksanaan pekerjaan, pemasangan Pre-Fabricated Vertical Drain (PVD) hanya membutuhkan waktu hanya 20 hari sesuai analisa settlement U95%.
3. Dari aspek teknis yaitu angka settlement jangka panjang masih di bawah 10 cm untuk 10 th pertama. Untuk angka keamanan atau safety factor masih lebih dari angka 1.10 untuk kondisi terkritik yaitu analisa pada saat terjadi gempa.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, Maryono (2016). *Basic Engineering Desain Jalan Tol Ruas Kertosono – Kediri*. PT. Virama Karya. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional (2017). *Persyaratan dan Perancangan Geoteknik. SNI. 8460-2017*. BSN. Jakarta.
- Bowles, Joseph, E. (1997). *Foundations Analysis and Design*. McGraw-Hill Book Co, Fifth Edition. Singapore.
- Dipohusodo, Istimawan (1996). *Manajemen Proyek dan Konstruksi Jilid 1*. Yogyakarta: Kanisius.
- Forsythe, D. Andrew (2015). *Feasibility Study Jalan Tol Ruas Kertosono – Kediri. Mott MacDonald*. Jakarta.
- Pramono, Hendro (2019). *Penyusunan Detail Engineering Desain Jalan Tol Ruas Kertosono – Kediri*. PT. Virama Karya. Surabaya.
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Kimpraswil Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (2017). *Peta Sumber dan Bahaya gempa Indonesia*. ISBN - 978 602 5489 01 3. Jakarta.
- Terzaghi, Karl., Peck, Ralph (1996). *Soil Mechanics in Engineering Practice*. John Wiley & Sons, Inc, Third Edition. Canada.