

Perencanaan Timbunan di Belakang Pangkal Jembatan Sebagai Alternatif Pengganti *Slab on Pile* (Studi Kasus Jalan Lingkar Luar Barat Surabaya)

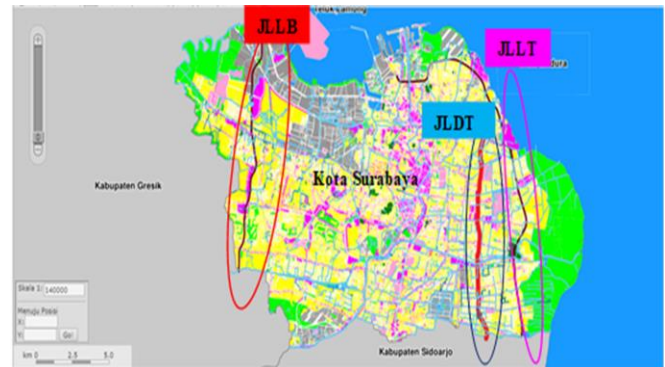
Anugradia Nela Putri, Noor Endah Mochtar, dan Musta'in Arif
Departemen Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
e-mail: noormochtar@gmail.com

Abstrak—Jalan Lingkar Luar Barat (JLLB) di Kota Surabaya merupakan salah satu jalan yang telah direncanakan antara Lakarsantri dan Romokalisari, panjang 19,8 km dan lebar 0,51 m, untuk mengatasi kemacetan lalu lintas yang ada. JLLB memiliki dua tipe konstruksi, jembatan (*girder bridge*) dan *slab on pile*. Konstruksi jembatan dibangun untuk melewati prasarana penting, permukiman penduduk, jalan, dan rel kereta api; tanah dasarnya lempung dengan konsistensi agak kaku. Konstruksi *slab on pile* dibangun diatas persawahan dimana tanah dasarnya lempung lembek. Dalam rangka mencari konstruksi yang efisien, dibuat perencanaan alternative sebagai pengganti konstruksi *slab on pile*. Konstruksi alternatif yang dipilih adalah konstruksi timbunan karena section JLLB tersebut tidak melewati prasarana. Hanya saja, tanah dasarnya lembek sehingga pemampatannya besar dan kemampuan mendukung beban sangat kecil. Untuk menangani masalah tersebut maka direncanakan tinggi timbunan awal setinggi 2,5-6 meter sehingga saat pemampatan berakhir maka tinggi timbunannya sesuai dengan tinggi jalan yang direncanakan yaitu 2-4,3 meter. Untuk mempercepat selesainya pemampatan, direncanakan untuk dipasang PVD sejarak 1,2 meter dan kedalaman 12-17 meter. Juga direncanakan perkuatan timbunan dengan menggunakan mikropile yang berupa *spunpile* sebanyak 2-5 buah. Sementara itu, perkuatan timbunan menggunakan *freyssisol* dengan kekuatan tarik paraweb straps 30 kN dan dibutuhkan 2-14 paraweb straps per lebar dinding *precast freyssisol* yaitu 2,23 m.

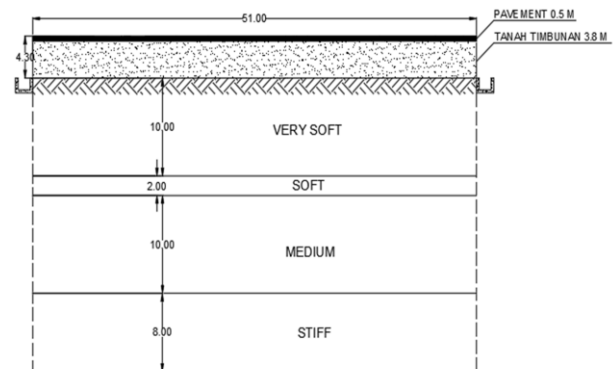
Kata Kunci—*Freyssisol*, Jalan Lingkar Luar Barat Surabaya (JLLB), Mikropile, Timbunan, PVD.

I. PENDAHULUAN

PERMASALAHAN transportasi merupakan masalah besar di Indonesia karena pertumbuhan jumlah kendaraan yang terus meningkat dari tahun ke tahun yaitu rata-rata di atas 3%, sedangkan pembangunan infrastruktur atau penambahan jumlah dan lebar jalan kurang dari 1% per tahunnya [1]. Surabaya sebagai kota terbesar kedua di Indonesia juga menghadapi permasalahan yang sama tentang kemacetan. Salah satu solusi yang dilakukan adalah penambahan jaringan jalan berupa jalan lingkar yang dinamakan Jalan Lingkar Dalam Timur (JLDT), Jalan Lingkar Luar Timur (JLLT), dan Jalan Lingkar Luar Barat (JLLB) seperti ditunjukkan dalam Gambar 1. Jalan Lingkar Luar Barat (JLLB) di Kota Surabaya merupakan salah satu jalan yang telah direncanakan antara Lakarsantri dan Romokalisari, panjang 19,8 km dan lebar 0,51 m dan memiliki dua tipe konstruksi, jembatan (*girder bridge*) dan *slab on pile*.

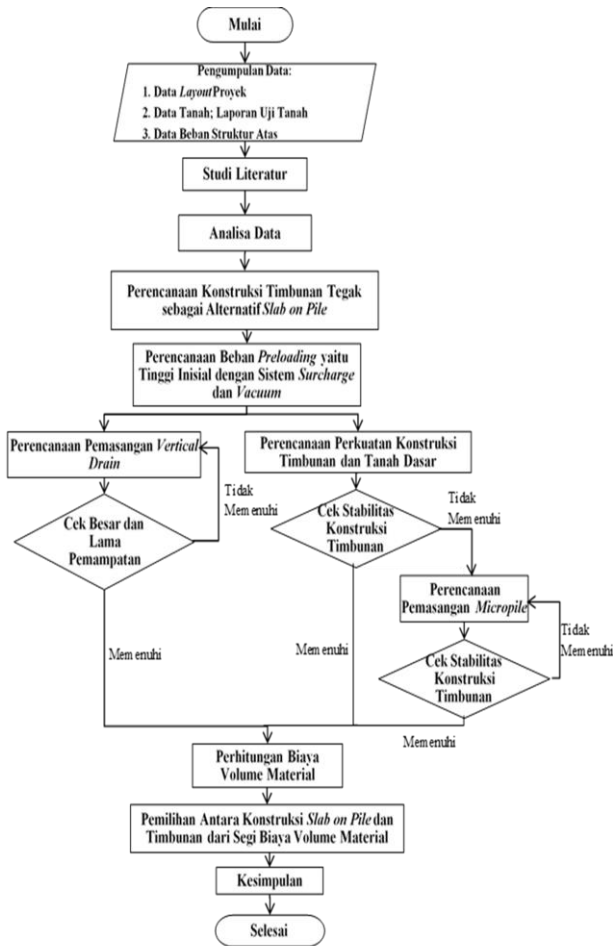


Gambar 1. Geometrik Perencanaan Jalan Lingkar Surabaya



Gambar 2. Ilustrasi Perencanaan Timbunan

Konstruksi jembatan dibangun untuk melewati prasarana penting, permukiman penduduk, jalan, dan rel kereta api; tanah dasarnya lempung dengan konsistensi agak kaku. Konstruksi *slab on pile* dibangun diatas persawahan dimana tanah dasarnya lempung lembek. Dalam rangka mencari konstruksi yang efisien, dibuat perencanaan alternative sebagai pengganti konstruksi *slab on pile*. Konstruksi alternatif yang dipilih adalah konstruksi timbunan karena section JLLB tersebut tidak melewati prasarana. Hanya saja, tanah dasarnya lembek sehingga pemampatannya besar dan kemampuan mendukung beban sangat kecil. Dari kondisi tersebut akan direncanakan perbaikan tanah dengan metode *surcharge* dan *vacuum* yang dikombinasikan dengan *vertical drain*. Selain itu, direncanakan perkuatan timbunan sebagai dinding penahan tanah yaitu *freyssisol* dan perkuatan apabila terjadi *overall stability* yaitu menggunakan mikropile. Ilustrasi perencanaan timbunan tegak dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 3. Bagan Alir Perencanaan

II. METODOLOGI

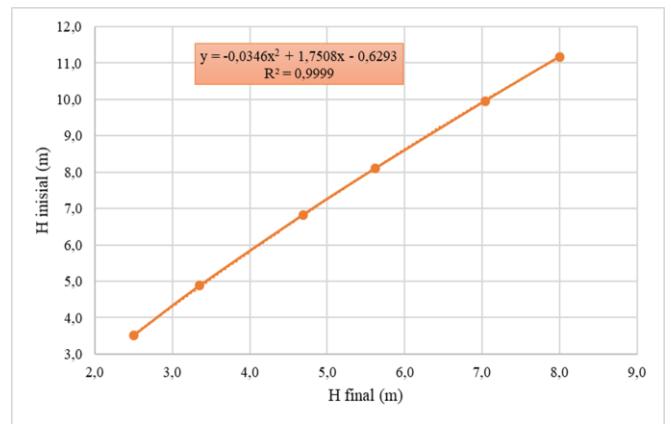
Metodologi Perencanaan ini dapat dilihat pada Gambar 3 bagan alir perencanaan.

III. HASIL ANALISA

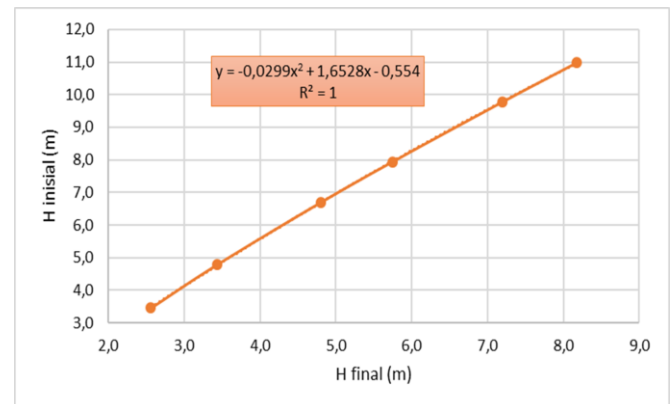
A. Analisa Data dan Perilaku Tanah

Data tersebut akan digunakan untuk perencanaan timbunan pada STA 0+950 sampai STA 2+000. Tanah lunak diketahui mencapai kedalaman 22 meter pada bagian *approach* jembatan dan menjadi 17 meter semakin jauh dari jembatan. Data parameter tanah digabungkan dengan menggunakan distribusi statistik dengan hasil dapat dilihat pada Tabel 1.

Selain itu, dilakukan analisa terhadap perilaku tanah *soft soil* dan *swelling soil*. Pada analisa *soft soil* dilihat dari NSPT yang rendah [2], sedangkan *swelling soil* menggunakan perhitungan aktivitas *swelling soil* dan kurva dari Seed [3]. Dari perhitungan diketahui tanah di bawah jembatan memiliki aktivitas *swelling* rendah, sedangkan di bawah *slab on pile* memiliki aktivitas *swelling* medium. Oleh karena itu, pada perencanaan timbunan aktivitas *swelling* tidak terjadi karena tanah dasar tertutup timbunan dan *pavement* sehingga tidak terjadi perubahan kadar air pada tanah dasar.



Gambar 4. Hubungan $H_{inisial}$ dengan H_{final} ($H_{dr} = 22$ m)



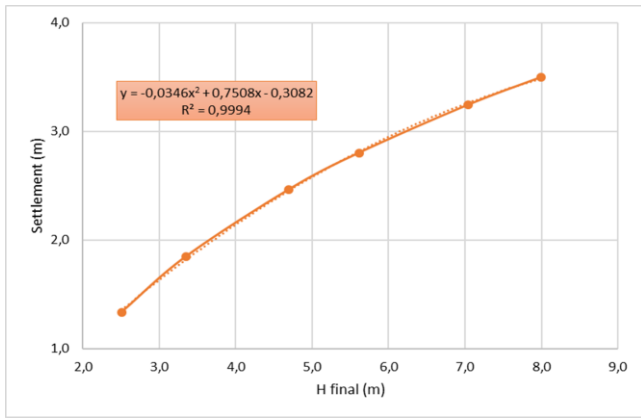
Gambar 5. Hubungan $H_{inisial}$ dengan H_{final} ($H_{dr} = 17$ m)

Tabel 1.
Rekapitulasi Hasil Distribusi Statistik

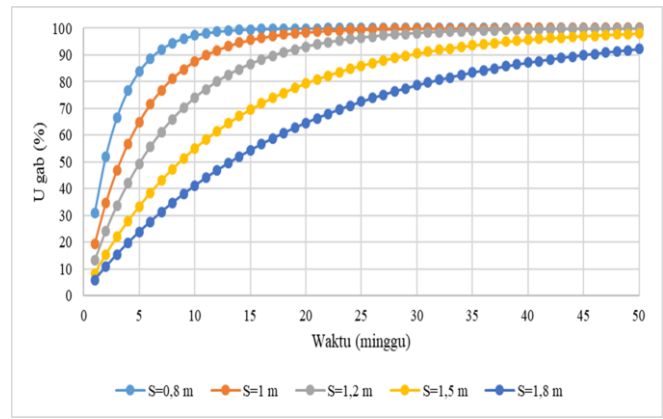
Parameter	Depth (m)		
	5	10	15
γ_{sat} (t/m^3)	1,55	1,53	1,67
Gs	2,54	2,52	2,62
Wc (%)	69,02	74,83	50,06
LL (%)	84,17	89,82	75,07
IP (%)	54,47	56,03	43,04
e_o	1,80	1,93	1,48

B. Perhitungan Besar dan Lama Pemampatan

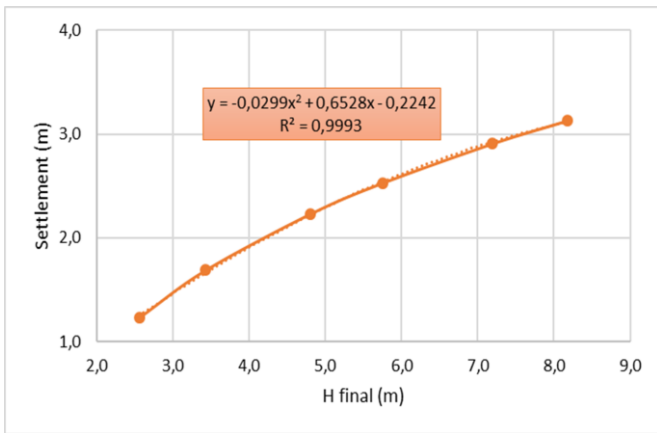
Timbunan direncanakan dengan memiliki 2 ketinggian, yaitu 4,3 m; 3,2 m; dan 2 m. Dikarenakan tanah merupakan tanah lembek maka dilakukan perhitungan besar dan lama *settlement*. Besar *settlement* total tanah akibat adanya beban timbunan 4,3 m sebesar 2,0765 m; tinggi timbunan 3,5 m yaitu 1,736 m; dan tinggi timbunan 2 m sebesar 0,8672 m. Hasil perhitungan lama pemampatan konsolidasi didapatkan pada timbunan 4,3 m dan 3,5 m membutuhkan waktu 173,42 tahun; untuk timbunan dengan tinggi 2 m membutuhkan waktu 103,63 tahun agar derajat konsolidasi dari pemampatan mencapai 90%. Dari hasil perhitungan besar dan lama pemampatan dapat diketahui bahwa dapat menyebabkan terjadinya *differential settlement* sehingga pemampatan perlu dihilangkan dan dipercepat dengan perencanaan perbaikan tanah dasar.



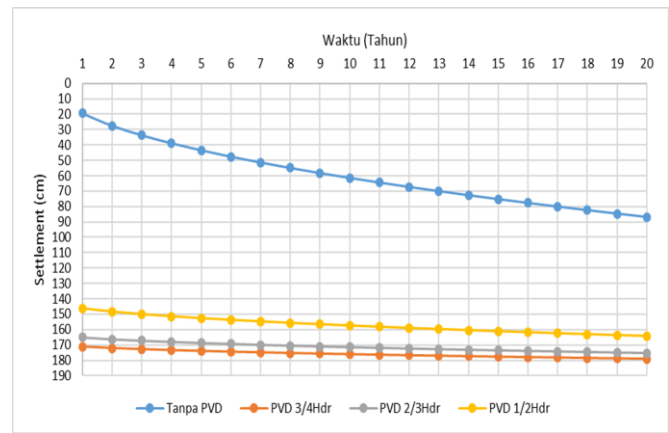
Gambar 6. Hubungan *Settlement* dengan H_{final} ($H_{dr} = 22$ m)



Gambar 8. Grafik Hubungan Waktu dan Derajat Konsolidasi PVD



Gambar 7. Hubungan *Settlement* dengan H_{final} ($H_{dr} = 17$ m)



Gambar 9. Grafik Penurunan Sepanjang Tahun Rencana

C. Metode Perbaikan Tanah Dasar

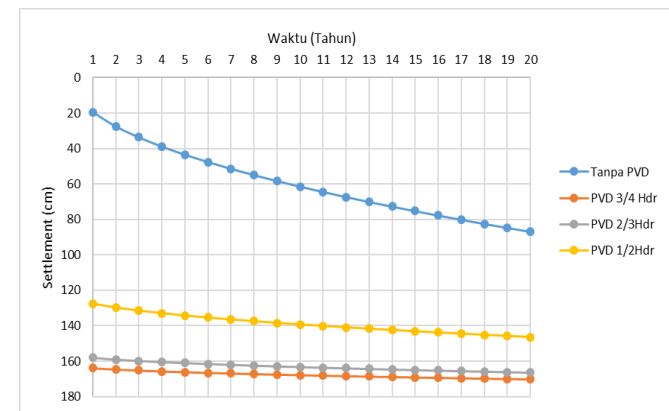
Ada berbagai macam teknologi dalam peningkatan daya dukung tanah lempung lunak, salah satunya adalah sistem *preloading* [4], [5]. Ada dua alternatif perencanaan sistem *preloading* yang digunakan, yaitu pemberian beban awal eksternal menggunakan metode *surcharge* dan beban awal internal menggunakan metode *vacuum*.

1) Perhitungan Tinggi Awal Timbunan

Perhitungan tersebut tidak langsung menggunakan tinggi rencana tetapi menggunakan beberapa beban timbunan (q) yang berbeda-beda [4]. Hasil dari perhitungan adalah grafik hubungan antara $H_{inisial}$ dengan H_{final} dapat dilihat pada Gambar 4 dan Gambar 5 dan grafik hubungan antara H_{final} dengan pemampatan yang dapat dilihat pada Gambar 6 dan Gambar 7. Didapatkan tinggi awal dan *settlement* yang terjadi, yaitu 6,3 m; 5,1 m; dan 2,7 m.

D. Percepatan Pemampatan

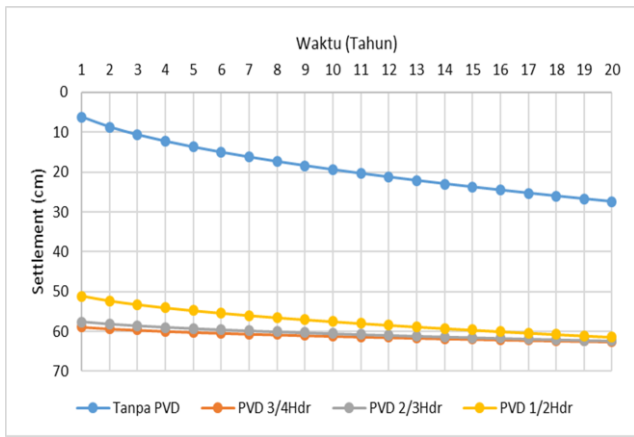
Vertical drain yang digunakan merupakan *Prefabricated Vertical Drain* merk CeTeau-Drain CT-SD100-20 dari PT. TEKNINDO GEOSISTEM UNGGUL. Ada beberapa alternatif pemasangan PVD, yaitu menggunakan pola segitiga dan segiempat dengan jarak antar PVD 0,8; 1; 1,2; 1,5; dan 1,8 meter. PVD yang direncanakan memiliki variasi kedalaman, yaitu sedalam tanah lunak, $\frac{3}{4}$ kedalaman tanah lunak, $\frac{2}{3}$



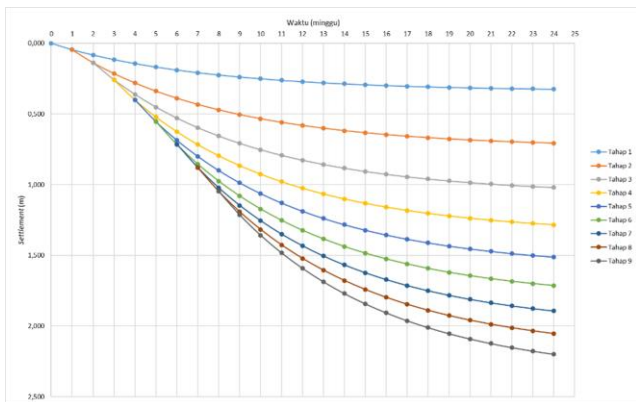
Gambar 10. Grafik Penurunan Sepanjang Tahun Rencana Jalan $H_{final} = 3,5$ m

kedalaman tanah lunak, dan $\frac{1}{2}$ kedalaman tanah lunak. Hasil perencanaan PVD berupa grafik hubungan antara waktu dan derajat konsolidasi pada PVD dengan pola segiempat baik pada $H_{dr} = 22$ m maupun $H_{dr} = 17$ m dapat dilihat pada Gambar 8.

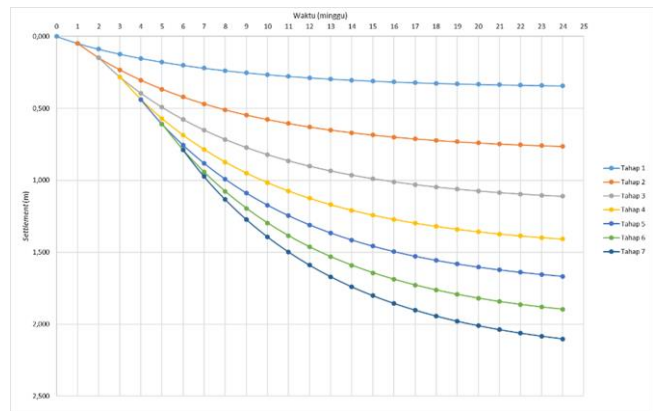
Jarak antar PVD yang mencapai derajat konsolidasi lebih m; dan 1,2 m. Setelah itu dilanjutkan dengan perhitungan *rate of settlement* untuk mencari kedalaman optimum dari PVD sehingga tidak terlalu boros dan efisien. Beberapa hasil sisa *settlement* masing-masing kedalaman PVD per tahun akan dijadikan grafik yang dapat dilihat pada Gambar 9, Gambar 10, dan Gambar 11.



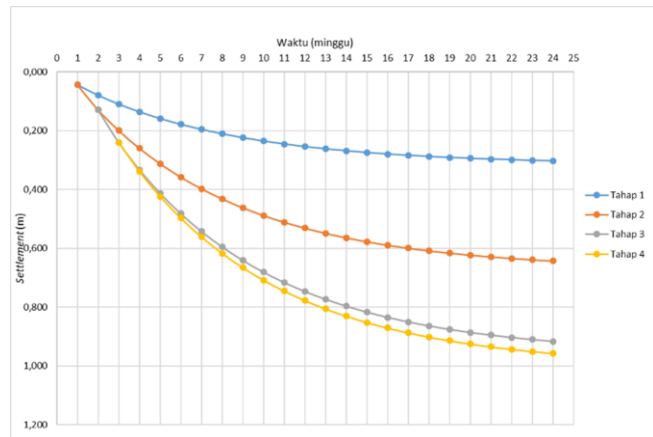
Gambar 11. Grafik Penurunan Sepanjang Tahun Rencana Jalan $H_{final} = 2$ m



Gambar 12. Penurunan Per Minggu $H_{rencana} = 4,3$ m



Gambar 13. Penurunan Per Minggu $H_{rencana} = 3,3$ m



Gambar 14. Penurunan Per Minggu $H_{rencana} = 2$ m

Tabel 2.

Kenaikan Nilai Cu Akibat *Preloading* dengan *Surcharge* $H_{final} = 4,3$ m

Kedalaman	PI	Cu lama	Cu baru
m	%	kg/cm ²	kg/cm ²
0-10	54,55	0,046	0,168 – 0,169
10-12	56,12	0,094	0,279 – 0,288
12-22	43,08	0,343	0,299 – 0,343

Tabel 3.

Kenaikan Nilai Cu Akibat *Preloading* dengan *Surcharge* $H_{final} = 3,5$ m

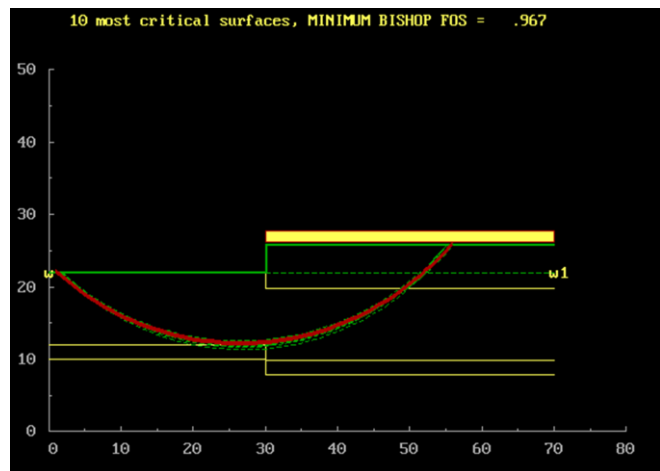
Kedalaman	PI	Cu lama	Cu baru
m	%	kg/cm ²	kg/cm ²
0-10	54,55	0,046	0,137 – 0,240
10-12	56,12	0,094	0,250 – 0,260
12-22	43,08	0,343	0,271 – 0,343

Jalan $H_{final} = 4,3$ m

Maka diperoleh *settlement* per 10 tahun kurang dari 10 cm, yaitu dengan pemasangan PVD optimum sedalam 3/4H_{dr} untuk timbunan 4,3 m dan 2/3H_{dr} untuk timbunan 3,5 dan 2 m. Akibat pemasangan PVD tinggi awal timbunan berubah, yaitu 6 m; 4,8 m; dan 2,5 m [6].

E. Metode *Preloading* dengan *Surcharge*

Salah satu sistem *preloading* yang digunakan adalah metode *surcharge* dengan memberikan beban eksternal salah satunya berupa tana h timbunan. Dalam pelaksanaan timbunan secara



Gambar 15. Hasil Analisa Bidang Longsor dengan XSTABL

umum perlu direncanakannya timbunan bertahap [5]. Kecepatan penimbunan yang digunakan adalah 60 cm per minggu untuk semua tinggi rencana. Untuk menentukan pentahapan timbunan diperlukan tinggi kritis timbunan terlebih dahulu yang merupakan penentu penjadwalan pentahapan, dengan tinggi kritis 1,2 meter maka tahap 1 sampai 2 dapat dilakukan secara menerus. Timbunan yang dilaksanakan secara menerus dengan tinggi 1,2 m digunakan sebagai lantai kerja, sehingga apabila ditambahkan tahapan selanjutnya maka akan terjadi kelongdoran karena tidak ada kenaikan nilai Cu pada 2 minggu pertama. Perhitungan perubahan nilai Cu dimulai dari

Tabel 4.

Hasil Perhitungan Kenaikan Nilai Cu (*Vacuum Preloading*) $H_{final} = 4,3$ m

Kedalaman	PI	Cu lama	Cu baru
m	%	kg/cm ²	kg/cm ²
0-10	54,55	0,046	0,201 - 0,346
10-12	56,12	0,094	0,357 - 0,368
12-22	43,08	0,343	0,343 - 0,380

Tabel 5.

Hasil Perhitungan Kenaikan Nilai Cu (*Vacuum Preloading*) $H_{final} = 3,5$ m

Kedalaman	PI	Cu lama	Cu baru
m	%	kg/cm ²	kg/cm ²
0-10	54,55	0,046	0,106 - 0,178
10-12	56,12	0,094	0,208 - 0,213
12-22	43,08	0,343	0,343 - 0,432

Tabel 6.

Hasil Perhitungan Kenaikan Nilai Cu (*Vacuum Preloading*) $H_{final} = 2$ m

Kedalaman	PI	Cu lama	Cu baru
m	%	kg/cm ²	kg/cm ²
0-10	54,55	0,046	0,111 - 0,244
10-11	56,12	0,094	0,256
11-17	43,08	0,343	0,268 - 0,343

Tabel 7.

Bidang Longsor XSTABL $H_{final} = 4,3$ m

No	FOS	Xo	Yo	$\frac{R}{m}$	Xa	Xb	Mres kNm
1	0,968	29,08	38,51	23,68	12,11	49,06	14660
2	0,945	28,06	39,51	25,08	10,11	49,06	15750
3	0,919	26,86	41,71	28,38	6,44	50,35	19220
4	0,919	26,82	44,67	32,56	3,44	53,35	24900
5	0,968	26,48	49,19	36,89	1,56	55	30060

Tabel 8.

Bidang Longsor XSTABL $H_{final} = 3,5$ m

No	FOS	Xo	Yo	$\frac{R}{m}$	Xa	Xb	Mres kNm
1	0,984	26,63	42,48	29,47	5,44	50,35	17570
2	0,979	26,13	42,98	30,17	4,44	50,35	18150
3	0,985	26,62	43,47	30,87	4,44	51,35	19210
4	0,999	26,64	45,72	33,57	2,89	53,05	22330
5	0,969	24,61	44,47	32,27	1,44	50,35	19950

PVD sudah dipasang, yaitu pada tahap ke-2. Hasil perhitungan perubahan nilai Cu menggunakan perhitungan Ardana dan Mochtar [5] akibat pentahapan timbunan sisi miring dapat dilihat pada Tabel 2, Tabel 3, dan Tabel 4.

Besar penurunan per minggu sampai timbunan mencapai tinggi awal dapat dilihat pada Gambar 12, Gambar 13, dan Gambar 14.

F. Metode Preloading dengan Vacuum

Metode *vacuum* dilakukan dengan melakukan pemompaan *vacuum* dari lapisan tanah bawah lapisan tipis membran yang kedap air sehingga tegangan pori di dalam tanah dapat dibuat negatif. [5] Kerja alat *vacuum* dipengaruhi oleh ketinggian lokasi konstruksi. Lokasi JLLB berada pada +5 DPL. Berikut adalah perhitungan beban akibat pompa *vacuum*:

$$P = 76 - \frac{5}{100} = 75,95 \text{ cmHg} = 101,01 \text{ kPa}$$

Tabel 9.

Bidang Longsor XSTABL $H_{final} = 2$ m

No	FOS	Xo	Yo	$\frac{R}{m}$	Xa	Xb	Mres kNm
1	0,998	24,41	35,81	27,11	4,89	45,98	11430
2	0,995	25,13	37,09	28,92	4,33	48	13240
3	0,998	26,36	37,21	29,09	5,44	49,35	13780
4	0,996	25,93	33,34	23,61	8,89	44,99	9049
5	0,997	25,85	38,7	31,19	3,44	50,35	15640

Tabel 10.

Hasil Perhitungan Mikropile

H final (m)	Jumlah	Jarak (m)	Panjang (m)	Sc (m)	H inisial (m)
4,3	5	1	13	0,3	4,1
3,5	3	2	12	0,2	3,2
2	2	2	10	0,2	1,7

Tabel 11.

Hasil Perhitungan Kebutuhan Freyssisol (Metode Surcharge)

Ketinggian (m)	Pemasangan Freyssisol		
	H final = 4,3 m	H final = 3,5 m	H final = 2 m
1,2	0,4		0,5
1,6	0,4		
2	0,8		
2,8	0,4		
3,2	0,4		
3,6	0,5		

Tabel 12.

Hasil Perhitungan Kebutuhan Freyssisol (Metode Vacuum)

Ketinggian (m)	Pemasangan Dinding Freyssisol		
	H final = 4,3 m	H final = 3,5 m	H final = 2 m
1,2	-	-	0,4
1,6	-	-	0,4
1,8	-	0,4	0,6
2,2	0,4	0,4	
2,6	0,8	0,8	
3,4	0,4	0,4	
3,8	0,4	0,4	
4,2	0,8	0,6	
5	0,4		
5,4	0,6		

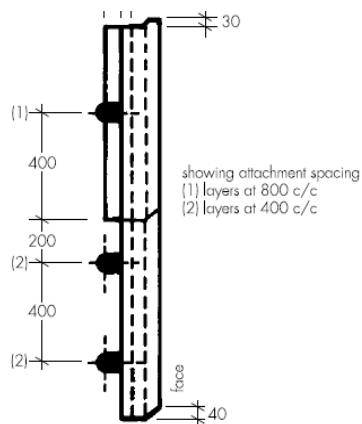
Efisiensi pompa = 80 %

$$P_{vacuum} = 101,01 \times 80\% = 80,81 \text{ kPa} = 8,08 \text{ t/m}^2$$

Perhitungan *settlement* setiap minggu dimulai setelah dilakukan penimbunan 1,2 m dan pemasangan alat *vacuum* sehingga pentahapan hanya dilakukan 10 tahap untuk mencapai tinggi rencana timbunan. Pada perhitungan pompa *vacuum* dihasilkan lama pemakaian pompa *vacuum* sampai mencapai *settlement* total.

Pada perhitungan peningkatan daya dukung ini ditinjau pada minggu *vacuum* dimatikan dan kedalaman tanah dasar yang mengalami kenaikan hanya sedalam PVD dipasang yaitu $\frac{3}{4}H_{dr}$. Hasil peningkatan nilai Cu akibat *vacuum* dapat pada Tabel 4, Tabel 5, dan Tabel 6.

Dari hasil analisa metode perbaikan tanah dasar yang dilakukan dapat dilihat bahwa kenaikan nilai Cu dengan metode *surcharge* lebih kecil dibandingkan metode *vacuum*. Hal



Gambar 16. Desain Beton Precast untuk Freyssisol

tersebut dikarenakan metode *vacuum* ada penambahan beban pompa *vacuum* dan pemampatan yang terjadi hilang sepenuhnya pada saat pentahapan timbunan terakhir selesai, sedangkan metode *surcharge* perlu 24 minggu agar derajat konsolidasi mencapai lebih dari 90% dan pemampatan selesai.

G. Perencanaan Perkuatan Mikropile

Mikropile adalah salah satu perkuatan tanah yang juga sebagai peningkatan daya dukung tanah [5]. Perkuatan mikropile menggunakan *spunpile* dari PT. WIKA BETON dengan diameter 30 cm yang memiliki data sebagai berikut:

Jenis Mikropile	= Circle Spun Pile
Tipe Mikropile	= D-300 Kelas C
Produksi	= PT. Wika Beton
D	= 300 mm
R	= 150 mm
f_c'	= 52 MPa
t	= 60 mm
M_{cr}	= 4 ton.m
M_u	= 8 ton.m

Dalam menentukan kebutuhan mikropile perlu dilakukan analisa bidang longsor menggunakan XSTABL dengan hasil dapat dilihat pada Gambar 15. Dikarenakan iterasi dari hasil program XSTABL terbatas maka digunakan 5 bidang longsor yang memiliki *initiation* dan *termination* berbeda. Hasil analisa program XSTABL pada tinggi rencana 4,3 dapat dilihat pada Tabel 7, Tabel 8, dan Tabel 9.

Hasil perhitungan kebutuhan mikropile dapat dilihat pada Tabel 10. Perencanaan mikropile tidak diperlukan pada perencanaan timbunan dengan metode perbaikan tanah *vacuum* karena angka keamanan dari bidang longsor hasil XSTABL sudah lebih dari 1.

H. Perencanaan Perkuatan Timbunan Freyssisol

Freyssisol merupakan suatu konstruksi dinding penahan tanah yang juga dapat digunakan untuk perkuatan timbunan. Struktur dari *freysisol* menggunakan beton-beton *precast* yang kemudian disusun menyesuaikan bentuk dinding atau lereng dari tanah. Keuntungan dari pemakaian *freysisol*, yaitu untuk mengurangi daya tekan dari struktur atas, pemakaian perkuatan komposit sehingga anti karat, dan pelaksanaan cepat dan disesuaikan bentuk. Perhitungan gaya dorong yang diterima bergantung pada desain dari perkuatan *freysisol* itu sendiri

yang mana dapat dilihat pada Gambar 16. Sementara itu, gaya tarik dari *paraweb straps* digunakan gaya tarik ultimate 30, sehingga gaya tarik *allowable* sebagai berikut:

$$T_{allow} = \frac{T_{cr}}{f_n \cdot f_{m11} \cdot f_{m121} \cdot f_{m122} \cdot f_{m21} \cdot f_{m22}}$$

$$T_{cr} = 60\% \times T_{ult} \\ = 18 \text{ kN}$$

$$T_{allow} = \frac{16}{1 \times 1 \times 1 \times 1,05 \times 1,05 \times 1,05} \\ = 15,55 \text{ kN}$$

Hasil perhitungan kebutuhan *freysisol* baik untuk metode perbaikan *surcharge* maupun *vacuum* dapat dilihat pada Tabel 11 dan Tabel 12.

A. Perbandingan Alternatif Perencanaan Timbunan dengan Slab on Pile

Hasil perhitungan perencanaan biaya volume material *slab on pile* akan dibandingkan dengan alternatif dari perencanaan timbunan baik sisi miring dan tegak. Biaya volume material *slab on pile* yang dibutuhkan adalah Rp 17.103.133.997, sehingga dapat disimpulkan bahwa konstruksi timbunan lebih ideal dan efisien. Alternatif perencanaan timbunan yang paling ideal dan efisien adalah timbunan sisi tegak perbaikan tanah *vacuum* dan perkuatan *freysisol* dengan biaya volume material Rp 3.926.140.884,00.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan perencanaan yang telah dilakukan, dapat dihasilkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Pada pangkal jembatan memiliki perilaku tanah swelling medium, tetapi karena tanah merupakan tanah lempung jenuh dengan NSPT kurang dari 10 maka tanah memiliki pemampatan besar dan lama.
- 2) Settlement total akibat adanya beban timbunan sisi tegak 4,3 m sebesar 2,0628 m; 3,5 m yaitu 1,726 m; dan 2 m sebesar 0,8443 m. Lama pemampatan konsolidasi didapatkan pada timbunan 4,3 m dan 3,5 m membutuhkan waktu 173,42 tahun; untuk timbunan dengan tinggi 2 m membutuhkan waktu 103,63 tahun.
- 3) Alternatif timbunan dengan perbaikan tanah *vacuum* dengan perkuatan *freysisol* lebih ideal dan efisien dibandingkan konstruksi *slab on pile*.
- 4) Hasil perencanaan PVD yang digunakan, yaitu pola segiempat dengan jarak 1,2 m panjang PVD $\frac{3}{4}H_{dr}$ dan PVD $\frac{2}{3}H_{dr}$. Besar beban preloading yang berupa tinggi awal timbunan setelah direncanakannya PVD, yaitu 6 m; 4,8 m; dan 2,5 m.

B. Saran

- 1) Kondisi di lapangan perlu diperhatikan lebih lagi dalam mempertimbangkan pemilihan perencanaan perbaikan dan perkuatan tanahnya.
- 2) Pada perhitungan biaya pengadaan, selanjutnya dapat diperhitungkan biaya pelaksanaan.
- 3) Pada jembatan perencanaan lebih lanjut dapat dipertimbangkan

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. de Rozari and Y. H. Wibowo, "Faktor-faktor yang menyebabkan kemacetan lalu lintas di jalan utama Kota Surabaya (Studi Kasus Di Jalan Ahmad Yani Dan Raya Darmo Surabaya)," *JPAP J. Penelit. Adm. Publik*, vol. 1, no. 01, 2015.
- [2] H. B. Seed, R. Lundgren, and others, "Prediction of swelling potential for compacted clays," *J. soil Mech. Found. Div.*, vol. 88, no. 3, pp. 53–87, 1962.
- [3] K. Terzaghi, *Theoretical Soil Mechanics*. New York: Wiley & Sons, 1943.
- [4] N. E. Mochtar, *Modul Ajar Metode Perbaikan Tanah*. Surabaya: Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS, 2012.
- [5] I. B. Mochtar, *Teknologi Perbaikan Tanah dan Alternatif Perencanaan pada Tanah Bermasalah (Problematic Soils)*. Surabaya, 2000.
- [6] B. Marga, "Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 02," 2013.