

Pemodelan Stone Column Dalam Analisis Perbaikan Tanah Lunak Pada Jalan Akses Pick Up Zone Di Bandar Udara Internasional Jenderal Ahmad Yani Semarang

AULIA NUR ROHMAH, INDRA NOER HAMDHAN

1. Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional, Bandung
 2. Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional, Bandung
- Email: aulia.2197@gmail.com

ABSTRAK

Jalan Akses Pick Up Zone yang terletak di Bandar Udara Internasional Jenderal Ahmad Yani Semarang Jawa Tengah merupakan akses penunjang untuk mobilisasi penumpang di area terminal bandar udara mengalami penurunan 4-10 cm dalam kurun waktu 2 bulan yang terjadi akibat tanah di area tersebut khususnya tanah urugan masih mengalami settlement sehingga berdampak pada penurunan tanah yang masih berlangsung hingga saat ini. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbaikan tanah menggunakan stone column untuk mengurangi besar penurunan yang terjadi serta mereduksi waktu penurunan yang terjadi. Dengan memvariasikan besar nilai diameter, variasi besar nilai kedalaman, variasi besar nilai spasi serta variasi pola pemasangan. Analisis dilakukan dengan menggunakan metode Finite Element Method (FEM) dan bantuan software Plaxis 3D. Hasil analisis menunjukkan diameter yang efisien 1,1m kedalaman 14,5 m dan spasi 1,5D serta pola pemasangan rectangular

Kata Kunci : Perbaikan Tanah, Stone Column, Plaxis 3D, FEM, Variasi Stone Column

1. PENDAHULUAN

Bandar Udara Internasional Jenderal Ahmad Yani Semarang diresmikan pada Juni 2018 oleh Presiden Indonesia, dengan keadaan tersebut seharusnya fasilitas bandar udara baik sisi darat maupun sisi udara dalam kondisi prima, namun setelah diamati dan dilakukan penyelidikan ditemukan bahwa kondisi tanah hampir diseluruh area khususnya tanah urugan, masih belum mengalami settlement sehingga berdampak pada penurunan tanah yang masih berlangsung pada saat terminal baru dan seluruh fasilitasnya dioperasikan. Penurunan paling signifikan ditemukan pada Jalan Akses Pick Up Zone yang secara visual dapat terlihat jelas mengalami penurunan 4-10 cm dalam kurun waktu 2 bulan.

Dengan adanya permasalahan tersebut, maka diperlukan penanganan lebih lanjut terkait areal yang mengalami penurunan. Jenis tanah pada areal tersebut adalah tanah lunak sehingga perlu dilakukan perbaikan tanah menggunakan beberapa jenis perbaikan tanah salah satunya adalah menggunakan *Stone Column*. Perbaikan menggunakan *Stone Column* dilakukan dengan variasi besar nilai diameter, variasi besar nilai kedalaman, variasi besar nilai spasi serta variasi pola pemasangan untuk mencari reduksi penurunan yang paling efektif dan efisien.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam metodologi penelitian ini hal yang pertama dilakukan adalah merumuskan masalah dari penelitian, pada tahap kedua dilakukan studi pustaka hal ini dilakukan untuk merangkum teori-teori yang berkaitan dengan studi penelitian baik dari jurnal-jurnal ilmiah terkait, dari buku anjuran maupun dari penelitian-penelitian terdahulu, pada tahap ketiga dilakukan pengumpulan data untuk menunjang kebutuhan penelitian berupa data sekunder, setelah mendapatkan data tapak selanjutnya yang dilakukan adalah melakukan pemodelan pada kondisi tanah ekisting dengan bantuan software Plaxis 3D menggunakan metode analisis Finite Element Method (FEM) lalu tahap selanjutnya adalah melakukan kontrol elevasi penurunan dari data hasil monitoring hingga didapatkan penurunan yang sesuai dengan data hasil monitoring, pada tahap selanjutnya dilakukan pemodelan tanah menggunakan stone column pada kondisi tanah eksisting dengan memvariasikan nilai besar diameter, nilai besar kedalaman dari dua variasi tersebut dipilih diameter dan kedalaman yang efisien kemudian tahap selanjutnya adalah pemodelan dengan variasi besar nilai spasi dan variasi yang terakhir adalah pemodelan variasi pola pemasangan. Analisis dan pembahasan dilakukan pada setiap variasi untuk mendapatkan kolom yang efisien dalam mereduksi penurunan dan reduksi waktu konsolidasi tanah kemudian tahap terakhir yaitu menarik kesimpulan dari setiap hasil variasi yang dilakukan dan mendoatkan hasil akhir terpilihnya diameter, kedalaman, spasi serta pola pemasangan yang mereduksi secara efisien.

3. PEMBAHASAN

3.1 Kriteria Desain

Kelas jalan yang digunakan pada penlitian ini diasumsikan dengan kelas jalan IV. Adapun kriteria yang digunakan adalah :

1. Beban operasional yang digunakan adalah beban perkerasan 10 kPa.
2. Penurunan vertikal residual maksimum adalah 265mm (25% dari nilai penurunan vertikal maksimum yaitu $1,057\text{m} \times 25\% = 265\text{mm}$) selama 10 tahun masa penggunaan

3.2 Hasil Analisis Variasi Diameter

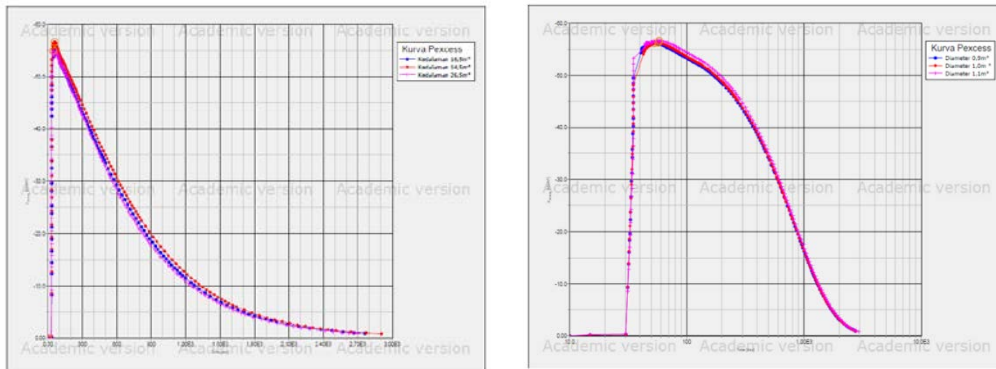
Resume serta kurva perbandingan nilai reduksi penurunan dan reduksi waktu konsolidasi variasi diameter dapat dilihat pada tabel 1, tabel 2 dan gambar 1 dibawah ini

Tabel 1 Resume Nilai Reduksi Penurunan Variasi Diameter

POLA RECTANGULAR VARIASI DIAMETER										
D (m)	S=3D (m)	Geometri (m)			Banyak Tiang	Penurunan MEP (m)				Perkiraan Volume SC (m3)
		Panjang Timbunan	Lebar	Kedalaman		Tanpa SC	Dengan SC	Δ Penurunan	%Δ Penurunan	
0.9	2.8	35	5.4	14.5	24	1.055	0.731	0.324	31%	65772
1	3	35	6	14.5	22	1.057	0.732	0.325	31%	66990
1.1	3.3	35	6.6	14.5	20	1.057	0.734	0.323	31%	66990

Tabel 2 Resume Nilai Reduksi Waktu Konsolidasi Variasi Diameter

POLA RECTANGULAR VARIASI DIAMETER										
D (m)	S=3D (m)	Geometri (m)			Banyak Tiang	Waktu Konsolidasi MEP(day)				Perkiraan Volume SC (m3)
		Panjang Timbunan	Lebar	Kedalaman		Tanpa SC	Dengan SC	Δ Waktu	% Δ Reduksi Waktu	
0.9	2.8	35	5.4	14.5	24	10702	2908	7794	73%	65772
1	3	35	6	14.5	22	10702	2763	7939	74%	66990
1.1	3.3	35	6.6	14.5	20	10702	2209	8493	79%	66990



Gambar 1 Kurva Perbandingan Penurunan dan Konsolidasi Waktu dengan Variasi Diameter (Sumber :Software Plaxis 3D)

3.2 Hasil Analisis Variasi Kedalaman

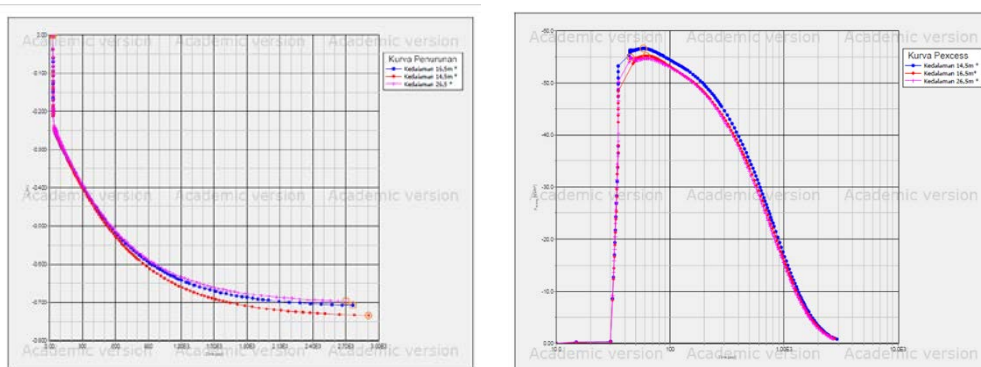
Resume serta kurva perbandingan nilai reduksi penurunan dan reduksi waktu konsolidasi variasi besar nilai kedalaman dapat dilihat pada tabel 3, tabel 4 dan gambar 2 dibawah ini

Tabel 3 Resume Nilai Reduksi Penurunan Variasi Kedalaman

POLA RECTANGULAR VARIASI KEDALAMAN										
D (m)	S=3D (m)	Geometri (m)			Banyak Tiang	Penurunan MEP (m)				Perkiraan Volume SC (m3)
		Panjang Timbunan	Lebar	Kedalaman		Tanpa SC	Dengan SC	Δ Penurunan	%Δ Penurunan	
1.1	3.3	35	6.6	14.5	20	1.057	0.731	0.326	31%	66990
1.1	3.3	35	6.6	16.5	20	1.057	0.708	0.349	33%	76230
1.1	3.3	35	6.6	26.5	20	1.057	0.69	0.367	35%	122430

Tabel 4 Resume Nilai Reduksi Penurunan Variasi Kedalaman

POLA RECTANGULAR VARIASI KEDALAMAN										
D (m)	S=3D (m)	Geometri (m)			Banyak Tiang	Waktu Konsolidasi MEP(day)				Perkiraan Volume SC (m3)
		Panjang Timbunan	Lebar	Kedalaman		Tanpa SC	Dengan SC	Δ Waktu	% Δ Reduksi Waktu	
1.1	3.3	35	6.6	14.5	20	10702	2908	7794	73%	66990
1.1	3.3	35	6.6	16.5	20	10702	2763	7939	74%	76230
1.1	3.3	35	6.6	26.5	20	10702	2209	8493	79%	122430



Gambar 2 Kurva Perbandingan Penurunan dan Konsolidasi Waktu dengan Variasi Kedalaman (Sumber :Software Plaxis 3D)

3.3 Hasil Analisis Variasi Spasi

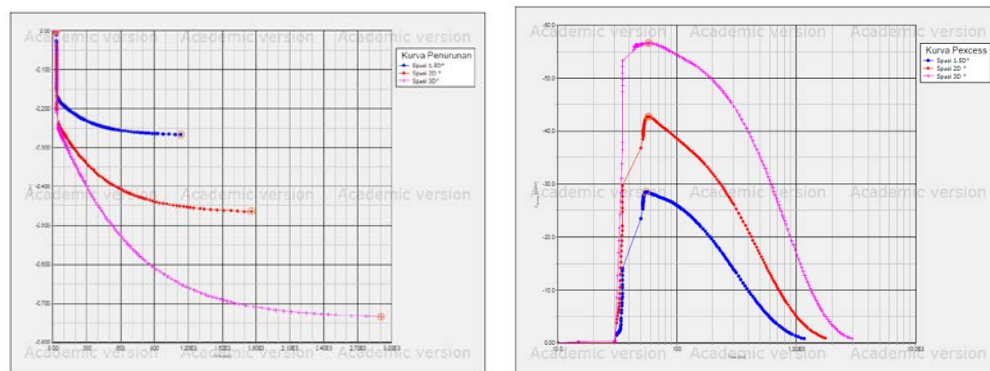
Resume serta kurva perbandingan nilai reduksi penurunan dan reduksi waktu konsolidasi variasi besar nilai spasi dapat dilihat pada tabel 5, tabel 6 dan gambar 3 dibawah ini

Tabel 5 Resume Nilai Reduksi Penurunan Variasi Spasi

POLA RECTANGULAR VARIASI SPASI										
D (m)	S= (m)	Geometri (m)			Banyak Tiang	Penurunan MEP (m)				Perkiraan Volume SC (m3)
		Panjang Timbunan	Lebar	Kedalaman		Tanpa SC (m)	Dengan SC	Δ Penurunan	%Δ Penurunan	
1.1	1.65	35	3.3	14.5	42	1.046	0.257	0.789	75%	70339.5
1.1	2.2	35	4.4	14.5	30	1.049	0.464	0.585	56%	66990
1.1	3.3	35	6.6	14.5	20	1.057	0.734	0.323	31%	66990

Tabel 6 Resume Nilai Reduksi Penurunan Variasi Spasi

POLA RECTANGULAR VARIASI SPASI										
D (m)	S=3D (m)	Geometri (m)			Banyak Tiang	Waktu Konsolidasi MEP(day)				Perkiraan Volume SC (m3)
		Panjang Timbunan	Lebar	Kedalaman		Tanpa SC	Dengan SC	Δ Waktu	% Δ Reduksi Waktu	
1.1	1.65	35	3.3	14.5	42	9840	1133	8707	88%	70339.5
1.1	2.2	35	4.4	14.5	30	10885	1757	9128	84%	66990
1.1	3.3	35	6.6	14.5	20	10702	2908	7794	73%	66990



Gambar 3 Kurva Perbandingan Penurunan dan Konsolidasi Waktu dengan Variasi Kedalaman (Sumber :Software Plaxis 3D)

3.4 Hasil Analisis Variasi Pola Pemasangan

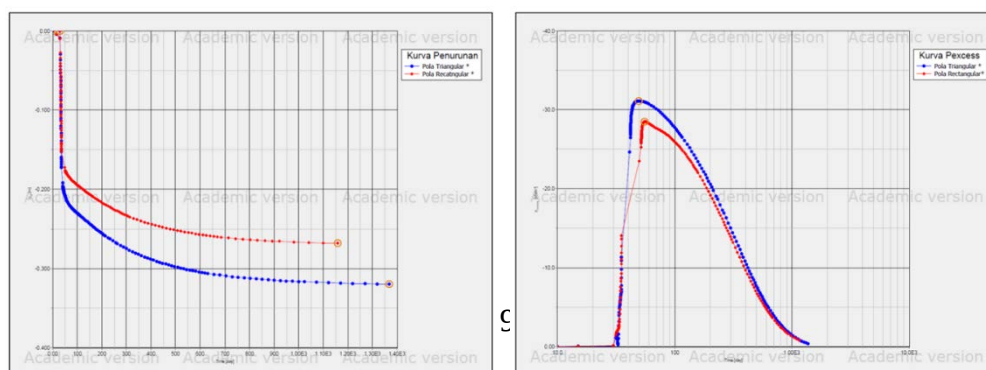
Resume serta kurva perbandingan nilai reduksi penurunan dan reduksi waktu konsolidasi variasi besar nilai spasi dapat dilihat pada tabel 7, tabel 8 dan gambar 4 dibawah ini

Tabel 7 Resume Nilai Reduksi Penurunan Variasi Pola Pemasangan

Pola	D (m)	S= (m)	VARIASI POLA								Perkiraan Volume SC (m3)
			Geometri (m)			Banyak Tiang	Penurunan MEP (m)				
			Jang Timbur	Lebar	Kedalaman		Tanpa SC	Dengan SC	Δ Penurunan	%Δ Penurunan	
Rectangular	1.1	1.65	35	3.3	14.5	42	1.046	0.257	0.789	75%	70339.5
Triangular	1.1	1.65	35	4.95	14.5	61	1.045	0.320	0.725	69%	153239.625

Tabel 8 Resume Nilai Reduksi Penurunan Variasi Pola Pemasangan

Pola	D (m)	S=3D (m)	VARIASI POLA								Perkiraan Volume SC (m3)
			Geometri (m)			Banyak Tiang	Waktu Konsolidasi MEP(day)				
			Jang Timbur	Lebar	Kedalaman		Tanpa SC	Dengan SC	Δ Waktu	% Δ Reduksi Waktu	
Rectangular	1.1	1.65	35	3.3	14.5	42	9840	1133	8707	88%	70339.5
Triangular	1.1	1.65	35	4.95	14.5	61	9596	1368	8228	86%	153239.625



Gambar 4 Kurva Perbandingan Penurunan dan Konsolidasi Waktu dengan Variasi Pola Pemasangan (Sumber :*Software Plaxis 3D*)

3.5 Pembahasan

1. ada analisis variasi diameter tidak menunjukkan hasil yang signifikan antara perbedaan diameter baik mereduksi nilai penurunan maupun mereduksi waktu konsolidasi. Penurunan relative sama dengan nilai presentase sebesar 31% dan nilai reduksi penurunan berkisar antara 72%-73% penurunan yang terjadi pada variasi-variasi tersebut tidak memenuhi kriteria desain sehingga dilakukan pendekatan perhitungan volume stone column dengan pendekatan tersebut dipilih besar diameter stone column 1,1m
2. Setelah ditentukan besar diameter maka selanjutnya adalah analisis pemilihan kedalaman, pada analisis ini perbedaan nilai reduksi penurunan dan reduksi waktu konsolidasi tidak menunjukkan hasil yang signifikan sehingga dipilih nilai kedalaman 14,5 m dengan nilai reduksi penurunan 31% dan nilai reduksi waktu 73%. penurunan yang terjadi pada variasi-variasi tersebut tidak memenuhi kriteria desain sehingga dilakukan pendekatan lain. Jika dilihat dari segi efisien kolom tersebut sudah mampu mereduksi penurunan dan mereduksi waktu konsolidasi dengan kedalaman tiang yang paling minimum namun menghasilkan nilai yang tidak jauh berbeda dibandingkan dengan variasi dengan kedalaman tiang yang lebih dalam.
3. Variasi yang dilakukan setelah besar diameter dan kedalaman terpilih adalah variasi spasi pada variasi spasi terlihat nilai reduksi penurunan serta reduksi waktu yang signifikan sehingga pada spasi 1,5D dengan reduksi penurunan sebesar 75% dan reduksi waktu penurunan 88% dengan mengacu pada kriteria desain spasi 1,5D telah memenuhi kriteria penurunan sebesar 257mm sehingga terpilih variasi spasi 1,5D.
4. Variasi pemilihan pola pemasangan Pada variasi pola pemasangan terdapat nilai penurunan yang signifikan dengan mengacu pada kriteria desain penurunan yang terjadi baik pola rectangular maupun triangular masuk kedalam kriteria desain penurunan sehingga dilakukan analisis pendekatan lain. Jika dilihat dari nilai maksimum reduksi penurunan dan reduksi waktu konsolidasi terjadi pada pola rectangular sehingga pola pemasangan tersebut yang dipilih.

4. KESIMPULAN

Sesuai dengan hasil analisis daerah tinjauan diameter stone column yang efisien untuk memperbaiki daerah tersebut adalah diameter stone column 1,1 m kemudian kedalaman yang paling sesuai dan memiliki nilai yang maksimal dalam mereduksi penurunan serta waktu konsolidasi adalah kedalaman 14,5 m, spasi yang paling efisien dalam mereduksi adalah variasi spasi 1,5D dan pola pemasangan rectangular karena dapat mereduksi penurunan sebanyak 75% dan mereduksi waktu konsolidasi 88% dan masuk kedalam kriteria desain yang telah ditetapkan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih kepada Institut Teknologi Nasional sebagai wadah peneliti menimba ilmu serta mengembangkan kemampuan dalam bidang akademik maupun dalam bidang pengembangan diri juga untuk Bapak Dr. techn Indra Noer Hamdhan, S. T., M. T. selaku dosen pembimbing dalam penelitian ini dan kepada Bapak Mohamad Gifni serta Ibu Lian Suryani sebagai orang tua peneliti yang memberikan dorongan baik secara moral dan materil.

DAFTAR RUJUKAN

- Brian G Sexton., Bryan A McCabe., Jorge Castro. (2013). *Appraising Stone Column Settlement Prediction Methods Using Finite Element Analyses*. Ireland. Collage Engineering and Informatics, National University of Ireland.
- J. Nazari. Afshar., M. Ghazavi. (2012). *A Simple Analytical Method For Calculation of Bearing Capacity Stone Column*. Iran. Islamic Azad University.
- Burt G Look. (2007). *Geotechnical Investigation and Design Tables*. London.
- A. P. Ambily, Ph.D., Shailesh R. Gandhi. (2007). *Behaviour of Stone Columns Based on Experimental and FEM Analysis*. India. Indian Institute of Technology Madras, Chennai.
- Iskandar., Fauziah Fitriani., Hamdhan. Indra. Noer. (2016). *Pemodelan Numerik Pada Perbaikan Tanah Menggunakan Stone Column Di Tanah Lempung Lunak Di Bawah Tanah Timbunan*. Bandung. Institut Teknologi Nasional.
- Indra. Nurtjahjaningtyas., Akh. Maliki. (2009). *Efektifitas Penggunaan Stone Column untuk Mengurangi Besar Pemampatan Pada Tanah Dengan Daya Dukung Rendah*. Jember. Universitas Jember.
- Sari. W., Abisharar., Jie Han. (2010). *Two Dimensional Deep-Seated Slope Stability Analysis of Embankments Over Stone Column Improved Soft Clay*. Kansas. University of Kansas.