

Analisis Pengaruh Minipile Di Area Apron Abutment Terhadap Pondasi Abutment Pada Tanah Lunak (Studi Kasus Jembatan Sei Rambut)

RIZAL FAUZAN AKBAR¹, DIAN ASTRIANI ARWAN ILYAS²

1. Mahasiswa, Institut Teknologi Nasional Bandung, Bandung, Indonesia
2. Dosen, Institut Teknologi Nasional Bandung, Bandung, Indonesia
Email: rizal.fauzan.akbar@gmail.com

ABSTRAK

Jembatan yang dibangun di atas tanah lunak menghadapi tantangan signifikan dalam hal stabilitas dan daya dukung tanah. Oleh karena itu, diperlukan metode perkuatan yang efektif untuk memastikan keamanan dan keberlanjutan struktur. Dalam penelitian ini, minipile digunakan sebagai metode perkuatan karena mampu mengurangi penurunan tanah akibat beban serta meningkatkan faktor keamanan. Analisis dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh minipile terhadap pondasi abutment, nilai penurunan tanah di area apron abutment, serta faktor keamanan menggunakan Plaxis 2D. Hasil analisis menunjukkan bahwa minipile mampu mereduksi penurunan tanah di area apron abutment sebesar 70% pada spasi 1 m, 65% pada spasi 2 m, dan 55% pada spasi 3 m. Selain itu, deformasi pondasi abutment arah vertikal (y) berkurang sebesar 18–26%, sedangkan deformasi arah horizontal (x) berkurang sebesar 76–93%. Penggunaan minipile juga secara signifikan mengurangi gaya dalam pada pondasi abutment dibandingkan kondisi tanpa perkuatan. Baik dengan maupun tanpa perkuatan minipile, nilai faktor keamanan telah memenuhi standar SNI 8460:2017 dengan nilai lebih dari 1.5.

Kata kunci: Jembatan, Tanah Lunak, Pondasi Abutment, Minipile, Plaxis 2D

1. PENDAHULUAN

Jembatan Sei Rambut ini dibangun untuk menjadi penghubung Ibukota Provinsi Jambi dengan Pelabuhan Ujung Jabung di Panti Timur Provinsi Jambi, yang mana lokasi jembatan berada Sungai Batanghari yang secara administratif berada di dua desa yaitu Desa Simpang dan Desa Sei Rambut, Kabupaten Tanjung Jabung, Provinsi Jambi. Jembatan ini direncanakan mempunyai 2 abutment, perencanaan abutment jembatan didesain agar tahan terhadap beban-beban yang diterimanya sehingga tidak menyebabkan kerusakan struktur bawah jembatan terutama pada bagian abutment, kerusakan pada abutment sering kali disebabkan oleh tanah lunak yang tidak diperkuat daya dukungnya. Dengan demikian, untuk menghindari hal-hal tersebut perlu untuk menganalisis penurunan area abutment, penurunan dan gaya dalam pondasi abutment dan faktor keamanan area abutment dengan menggunakan perkuatan *minipile* di area apron abutment dan tidak menggunakan perkuatan *minipile* di area apron abutment.



Gambar 1. Lokasi Rencana Jembatan Sei Rambut

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanah Lunak

Tanah lunak merupakan tanah kohesif yang terdiri dari sebagian besar butir-butir sangat kecil seperti lempung atau lanau. Tanah lunak dalam konstruksi seringkali menjadi permasalahan. Hal ini disebabkan oleh rendahnya daya dukung tanah tersebut. Daya dukung yang rendah dapat menyebabkan kerugian, mulai dari kerugian dari sisi biaya konstruksi yang semakin mahal, hingga terancamnya keselamatan konstruksi, yaitu struktur yang dibuat tidak mampu berdiri secara stabil dan bisa roboh.

2.2 Penyelidikan Tanah

Tanah berfungsi meneruskan beban yang diterima dari bangunan yang didistribusikan oleh pondasi. Kekuatan tanah sangat beragam dan tergantung dari bahan penyusunnya, bahan penyusun tanah juga menentukan karakteristik tanah, untuk mengetahui bahan penyusun tanah dan kekuatan tanah diperlukan penyelidikan tanah. Penyelidikan tanah yang digunakan pada proyek Jembatan Sei Rambut yaitu pengujian SPT (Standard Penetration Test) dan pengujian laboratorium mekanika tanah.

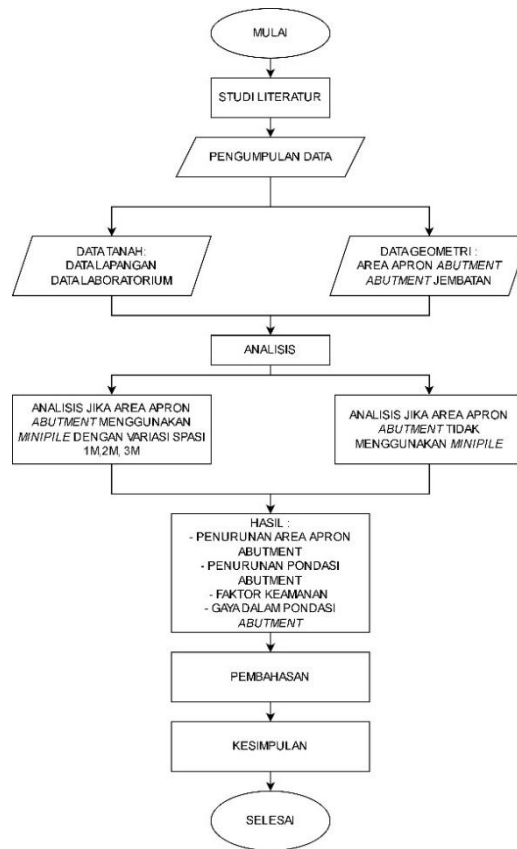
2.3 Penurunan Pondasi

Penurunan Pondasi akibat beban yang bekerja pada pondasi diklasifikasikan dalam dua jenis penurunan yaitu penurunan segera (*Immediately Settlement*) dan Penurunan Konsolidasi (*Consolidation Settlement*) besarnya penurunan pondasi tiang tidak boleh melebihi penurunan izin yaitu sebesar 1 inch atau 2.54 cm.

2.4 Metode Elemen Hingga dengan Program PLAXIS 2D

Metode elemen hingga merupakan prosedur perhitungan yang sering digunakan untuk mendapatkan pendekatan dari permasalahan matematis yang muncul pada rekayasa teknik. Plaxis 2D merupakan Program yang digunakan untuk menganalisis deformasi, stabilitas, penurunan dalam desain dan rekayasa geoteknik. Pada pemodelan Plaxis 2D model yang digunakan yaitu *plainstrain* dengan tipe *soil model* menggunakan *hardening soil* dan *embedded beam row* untuk struktur tiang pondasi. Adapun tahapan dalam menggunakan program Plaxis 2D yaitu *input*, *Mesh*, *Staged Construction (Calculation)*, *Output*.

3. Metode Penelitian

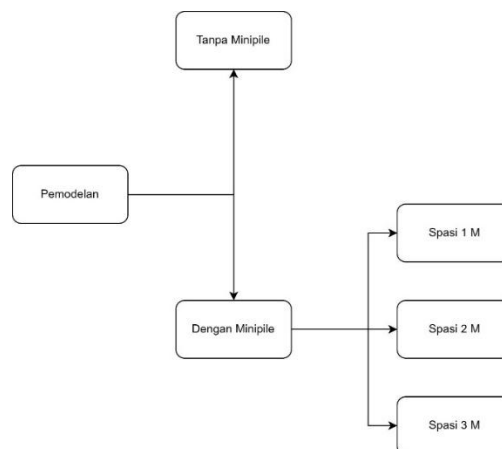


Gambar 2. Bagan Alir

4. Analisis Dan Pembahasan

4.1 Gambaran Umum Penelitian

Dalam penelitian ini dilakukan pemodelan sebanyak 4 kali dengan menggunakan macam variasi yang berbeda disetiap modelnya.



Gambar 3. Skema Pemodelan

4.2 Parameter Tanah

Data Parameter tanah pada pemodelan yang digunakan merupakan hasil korelasi berdasarkan N-SEPERTI pada titik AB 2 R. Adapun parameter tanah timbunan dan *load transfer platform* yang dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Parameter Tanah

Parameter Tanah	Silty Clay	Sandy Clay	Clay 1	Sand 1	Clay 2	Sand 2	Timbunan	LTP	Unit
	Hardening Soil	Hardening Soil	Hardening Soil	Hardening Soil	Hardening Soil	Hardening Soil	Hardening Soil	Hardening Soil	-
Kedalaman	0-16	16-20	20-26	26-50	50-62	62-63			
Klasifikasi Tanah	Very Soft	loose	Medium	Medium Dense	Stiff	Dense	Fill sand	Fill Sand	
Type	Undrained A	Drained	Undrained A	Drained	Undrained A	Drained	Drained	Drained	-
N-SPT	1	7	8	17	15	40	11	20	-
γ_{unsat}	15	16	16	17	16	17	17	18	(kN/m^3)
γ_{sat}	16	17	17	18	17	18	18	19	(kN/m^3)
E'	1050	3430	6720	8330	31500	19600	5390	9800	(kN/m^3)
$E_{50 \text{ ref}}$	840	2744	5376	6664	25200	15680	4312	7840	(kN/m^3)
$E_{oed \text{ ref}}$	672	2195.2	4300.8	5331.2	20160	12544	3449.6	6272	(kN/m^3)
$E_{ur \text{ ref}}$	2520	8232	16128	19992	75600	47040	12936	23520	(kN/m^3)
Power	0.5	1	0.5	1	0.5	1	1	1	m
e	1.4	0.8	1	0.4	0.6	0.45	0.8	0.45	-
K_{α}	8.64E-07	8.64E-03	8.64E-07	8.64E-03	8.64E-07	8.64E-03	8.64E-01	8.64E-01	m/day
K_{γ}	8.64E-07	8.64E-03	8.64E-07	8.64E-03	8.64E-07	8.64E-03	8.64E-01	8.64E-01	m/day
c'	0.6	1.5	5	2	9	3	5	5	(kN/m^3)
ν	0.35	0.2	0.3	0.25	0.2	0.2	0.2	0.2	-
Φ	24	28	25	30	28	40	35	37	-
Ψ	0	0	0	0	0	10	5	7	-

4.3 Parameter Pondasi Abutment dan *Minipile*

Pondasi abutment sendiri berdiameter 600 mm dengan panjang tiang sebesar 43 meter sedangkan untuk *minipile* berukuran 30 x 30 cm dengan panjang tiang sebesar 25 meter. Untuk pemodelan pondasi abutment dan *minipile* menggunakan *embedded row beam*, berikut merupakan data parameter pondasi *abutment* yang digunakan pada pemodelan dapat dilihat pada **Tabel 2** dan **Tabel 3**.

Tabel 2. Parameter Pondasi Abutment

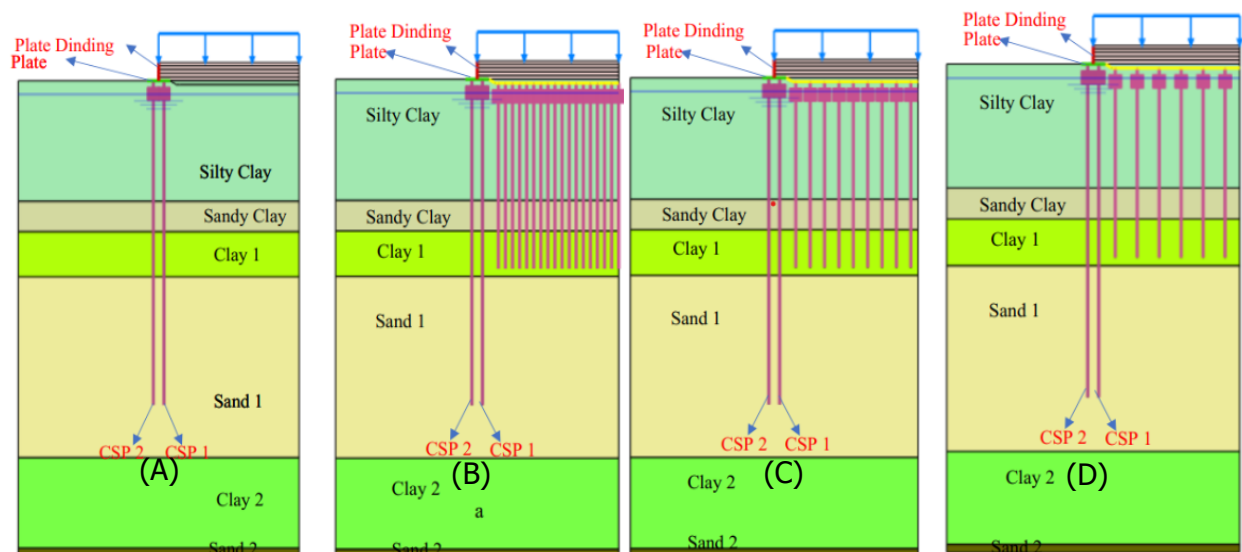
Pondasi Abutment (CSP 600)		
D	0.6	m
Are of Pile (A)	0.2827	m ²
Spacing (s)	2.8	m
f_c'	52	Mpa
E	33892181.99	kN/m ²
w	25	kN/m ³
Df	43	m
Tskin Start	9.32	kN/m
Tskin End	1334	kN/m
Fmax	109.30	kN

Tabel 3. Parameter Minipile

Minipile		
B	0.3	m
Are of Pile (A)	0.09	m ²
Spacing (s)	2	m
fc'	41	Mpa
E	30094683.9	kN/m ²
w	25	kN/m ³
Df	25	m
Tskin Start	6	kN/m
Tskin End	556	kN/m
Fmax	178.848	kN

4.4 Pemodelan Area Apron Abutment

Area Apron Abutment dimodelkan sebanyak 4 kali yang dimana dalam pemodelan ini ada kondisi area apron abutment tidak menggunakan perkuatan *minipile*, dan area apron abutment menggunakan perkuatan *minipile* dengan variasi spasi dan diberikan beban merata sebesar 25 kPA dapat dilihat pada **Gambar 4**.



Gambar 4. Area Apron Abutment, Kondisi (a) Tanpa *Minipile*. (b) *Minipile* Spasi 1 Meter, (c) *Minipile* Spasi 2 Meter, (d) *Minipile* Spasi 3 Meter

4.5 Rekapitulasi Hasil Pemodelan

Hasil analisis seluruh model variasi yang dilakukan berikut hasil rekapitulasi dari pemodelan yang digunakan pada Plaxis 2D, dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4. Penurunan Area Apron Abutment

Stage Construction	Tinggi Timbunan (m)	Penurunan (m)			
		Tanpa Minipile	Minipile Spasi 1 M	Minipile Spasi 2 M	Minipile Spasi 3 M
Consolidation Long Term	2.5	1.004	0.3025	0.351	0.453

Tabel 5. Safety Factor Area Apron Abutment

Stage Construction	Tinggi Timbunan (m)	Safety Factor			
		Tanpa Minipile	Minipile Spasi 1 M	Minipile Spasi 2 M	Minipile Spasi 3 M
Consolidation Long Term	2.5	3.305	5.709	5.017	4.007

Tabel 6. Deformasi Pondasi Abutment

NO	Kondisi	Kedalaman (M)	Spasi (M)	Deformasi			
				CSP 1		CSP 2	
				Ux	Uy	Ux	Uy
1	Tanpa Minipile	-	-	0.669	0.061	0.669	0.070
2	Minipile	25	1	0.045	0.058	0.045	0.058
3	Minipile	25	2	0.108	0.051	0.108	0.053
4	Minipile	25	3	0.159	0.048	0.159	0.052

Tabel 7. Gaya Dalam Pondasi Abutment

NO	Kondisi	Kedalaman (M)	Spasi (M)	Gaya Dalam					
				CSP 1			CSP 2		
				N (kn/m)	Q (kn/m)	M (kn m/m)	N (kn/m)	Q (kn/m)	M (kn m/m)
1	Tanpa Minipile	-	-	295.38	50.23	350.29	644.68	58.14	419.99
2	Minipile	25	1	289.62	18.24	125.29	346.65	20.75	127.79
3	Minipile	25	2	272.35	20.76	148.95	357.05	23.51	155.68
4	Minipile	25	3	252.77	21.87	162.83	368.87	24.13	174.24

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan dengan Plaxis 2D, diketahui bahwa penggunaan *minipile* dengan variasi spasi di area apron abutment mereduksi penurunan sebesar 70% ketika *minipile* spasi 1 meter, 65% ketika *minipile* spasi 2 meter, 55% ketika *minipile* spasi 3 meter. Adanya perkuatan *minipile* mempengaruhi deformasi abutment, untuk deformasi arah (y) mereduksi penurunan sebesar 18-26% sedangkan untuk deformasi arah (x) mereduksi sebesar 76-93%. Adanya perkuatan *minipile* mempengaruhi gaya dalam pondasi abutment jika dibandingkan dengan area apron abutment tanpa *minipile* pengaruhnya sangat signifikan dalam mengurangi nilai gaya dalam yang ada. Nilai *safety factor* untuk seluruh variasi yang telah dilakukan sudah memenuhi syarat SNI 8450-2017 yang dimana seluruh nilai *safety factor* > 1.5.

DAFTAR RUJUKAN

- Das, B. M., Ameratunga, J., & Sivakugan, N. (2016). *Correlation of Soil and Rock Properties in Geotechnical Engineering*. India: Springer.
- Das, Braja M (2011). *Principles of Foundation Engineering, SI* (Edisi 7). Stamford: cengage Learning.
- Hardiyatmo, H. C. (2002). *Mekanika Tanah I Edisi 3*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Hardiyatmo, H. C. (2002). *Mekanika Tanah II Edisi 3*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.