

Perkuatan Dinding *Secant Pile* Menggunakan *Ground Anchor* dengan Pendekatan *Node to Node Anchor* dan *Embedded Beam*

DEFRILY PUTRIA DIYANTI¹, INDRA NOER HAMDHAN²

1. Mahasiswa, Program Studi Teknik Sipil (Institut Teknologi Nasional Bandung)
2. Dosen, Program Studi Teknik Sipil (Institut Teknologi Nasional Bandung)

Email : defrilyp@gmail.com

ABSTRAK

Pembangunan Stasiun Pompa Ancol Sentiong di Jl. RE. Martadinata memerlukan galian dalam setinggi 8.7 m yang diperkuat dengan dinding *secant pile* dan sistem penunjang *ground anchor* untuk menjaga stabilitas serta meminimalkan kedalaman *secant pile*. Penelitian ini menganalisis kinerja perkuatan *ground anchor* melalui pemodelan *Plaxis 2D* dengan pendekatan *node to node anchor* sebagai *free length* dan *embedded beam* sebagai *bonded length*, berdasarkan output faktor keamanan, deformasi lateral, dan gaya aksial maksimum pada *ground anchor*. Hasil analisis memperoleh nilai faktor keamanan > 1.5 sesuai SNI 8460:2017, dengan kondisi bagian Selatan lebih stabil karena berada pada lapisan tanah yang lebih kaku. Deformasi lateral dinding sedikit melebihi batas izin 0.5%, yaitu sebesar 0.53% di sisi Utara dan 0.51% di sisi Selatan. Gaya aksial maksimum tercatat 497.4 kN di sisi Utara dan 448.6 kN di sisi Selatan, masih berada di bawah kapasitas tarik angkur yaitu 632.8 kN sehingga sistem perkuatan *ground anchor* dinyatakan aman.

Kata kunci: *ground anchor, faktor keamanan, deformasi lateral, gaya aksial.*

1. PENDAHULUAN

Jakarta Utara sebagai wilayah pesisir memiliki kerentanan tinggi terhadap banjir akibat curah hujan besar dan sistem drainase yang belum optimal. Untuk mengatasinya, dibangun Stasiun Pompa Ancol Sentiong di Jl. RE. Martadinata, Tanjung Priok. Konstruksi stasiun pompa ini melibatkan galian dalam pada tanah lunak dengan muka air tanah tinggi, sehingga dipilih dinding *secant pile* yang diperkuat dengan *ground anchor*. Penelitian ini menganalisis pemodelan *ground anchor* pada *Plaxis 2D* dengan pendekatan *node to node anchor* sebagai *free length* dan *embedded beam* sebagai *bonded length*, untuk mengevaluasi faktor keamanan, deformasi lateral, dan gaya aksial sebagai dasar penilaian efektivitas sistem perkuatan dalam menjaga stabilitas galian.

2. METODOLOGI

Metodologi penelitian ini meliputi perumusan masalah, tinjauan pustaka, serta pengumpulan data berupa hasil uji SPT pada tiga titik bor (BH3, BH4, BH6), data tanah timbunan, topografi, struktur dinding *secant pile*, dan perkuatan *ground anchor*. Data tersebut digunakan sebagai parameter *input* dalam pemodelan numerik *Plaxis 2D* untuk menganalisis stabilitas galian dalam, mencakup faktor keamanan, deformasi lateral, dan gaya aksial sesuai acuan SNI 8460:2017.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada di Stasiun Pompa Ancol Sentiong, Jl. RE. Martadinata, Tanjung Priok, Jakarta Utara, sebagaimana ditunjukkan pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Lokasi Penelitian (Sumber: PT. Rekayasa Geoteknik Indonesia, 2021)

3.2 Pengumpulan Data

Data penelitian mencakup hasil uji SPT pada tiga titik bor untuk memperoleh parameter tanah eksisting, data tanah timbunan, serta data topografi. Data struktur dinding *secant pile* dan sistem perkuatan *ground anchor* juga digunakan sebagai *input* pemodelan numerik Plaxis 2D.

3.2.1 Data Parameter Tanah Eksisting dan Tanah Timbunan

Data tanah eksisting diperoleh dari korelasi hasil uji SPT, sementara data tanah timbunan berdasarkan hasil korelasi untuk tanah berjenis *silty sand*, seperti ditunjukkan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Data Parameter Tanah Eksisting dan Tanah Timbunan

Soil Parameters	1 Soft Silty Clay	2 Medium Stiff Clayey Silt	3&5 Hard Clayey Silt with Sand	4 Hard Silty Clay	6 Very Stiff Silty Clay	7&5 Very Dense Silty Sand	Embankment	Unit
Soil Model	HS	HS	HS	HS	HS	HS	HS	[-]
Drainage type	Und. A	Und. A	Und. A	Und. A	Und. A	Drained	Drained	[-]
N-SPT	2	7	54	47	27	58	-	[-]
Y_{unsat}	15	18	20	20	19	19	19	[kN/m ³]
Y_{sat}	16	19	21	21	20	20	20	[kN/m ³]
E_{50}^{ref}	1400	4900	94500	82250	47250	28420	30000	[kN/m ²]
E_{oed}^{ref}	1120	3920	75600	65800	37800	22736	24000	[kN/m ²]
E_{ur}^{ef}	4200	14700	283500	246750	141750	85260	90000	[kN/m ²]
Cu	10	35	270	235	135	-	-	[kN/m ²]
c'	5	10	27	23.5	13.5	1	10	[kN/m ²]
ϕ'	23	26	30	29	27	32	30	°
ψ	0	0	0	0	0	2	0	°
K_x	0.00346	0.00432	0.00691	0.00518	0.00475	0.86400	0.0864	[m/day]
K_y	0.00346	0.00432	0.00691	0.00518	0.00475	0.86400	0.0864	[m/day]
R_{inter}	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	[-]

3.2.2 Data Parameter Struktur Dinding *Secant Pile*

Data struktur dinding *secant pile* yang digunakan sebagai *input* pemodelan Plaxis 2D mengacu pada kondisi lokasi penelitian pembangunan Rumah Pompa Sentiong, dengan detail parameter ditunjukkan pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Data Parameter Struktur Dinding *Secant Pile*

Parameter	Secant pile Utara	Secant pile Selatan	Unit
Type	Plate	Plate	[-]
Material type	Elastoplastic	Elastoplastic	[-]
Mutu beton	30	30	[MPa]
diameter	1	0.88	[m]
γ	24	24	[kN/m ³]
w	1.61	1.34	[kN/m/m]
EA	13848270	11512637	[kN/m]
EI	865517	557212	[kNm ² /m]
ν	0.15	0.15	-
Mp	4593	3009	[kNm/m]
Np	23736	18242	[kN/m]

3.2.3 Data Parameter Perkuatan *Ground Anchor*

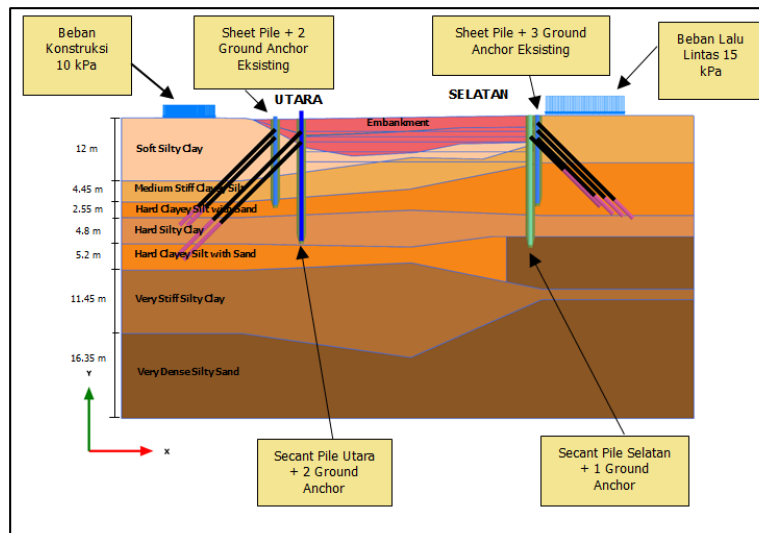
Data perkuatan *ground anchor* pada pemodelan Plaxis 2D mengacu pada proyek Rumah Pompa Sentiong, menggunakan angkur tipe *low relaxation 7 strand* dengan kuat tekan *grouting* 40 MPa dan gaya *prestress* 40 ton, sebagaimana ditunjukkan pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Data Parameter Perkuatan *Ground Anchor*

Parameter	Anchor Free Length	Anchor Bonded Length	Unit
Type structure	Node to Node Anchor	Embedded Beam	[-]
Material type	Elastoplastic	Elastoplastic	[-]
γ	-	24	[kN/m ³]
L _{spacing}	Utara 1.46 Selatan 1.36	Utara 1.46 Selatan 1.36	[m]
Predefined cross section type	-	Solid circular beam	[-]
d (diameter)	-	0.2	[m]
E	200 x 10 ⁶	29725410	[kN/m ²]
EA	196 x 10 ³	-	[kN/m]
F _{max.compl}	1 x 10 ⁹	-	[kN]
F _{max.tensl}	1 x 10 ⁹	-	[kN]
Mp	-	59.86	[kNm]
Np	-	2806	[kN]
Axial skin resistance	-	Layer dependent	[-]
Lateral resistance	-	Unlimited	[-]
Base resistance	-	0	[kN]
Interface stiffness factor	-	Default values	[-]

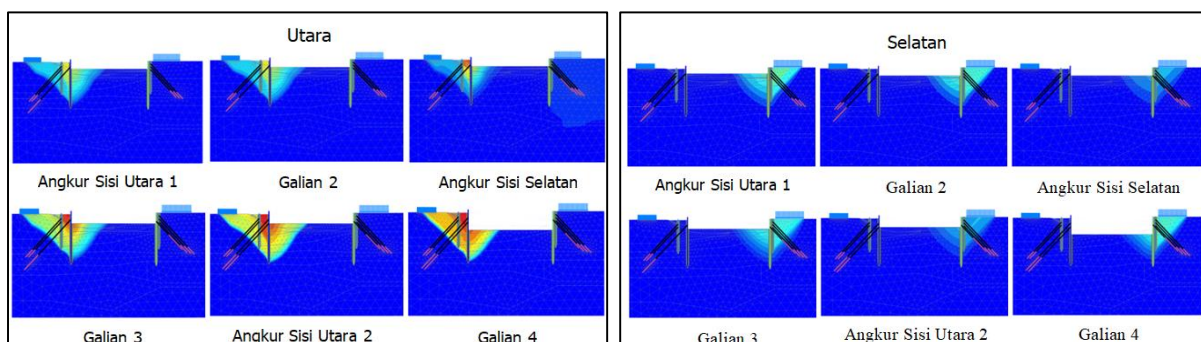
3.3 Analisis Perkuatan Dinding *Secant Pile* Menggunakan *Ground Anchor*

Dalam analisis Plaxis 2D, susunan dari lapisan tanah dan posisi struktur perkuatan yang digunakan pada pemodelan penelitian ditunjukkan pada **Gambar 2**.



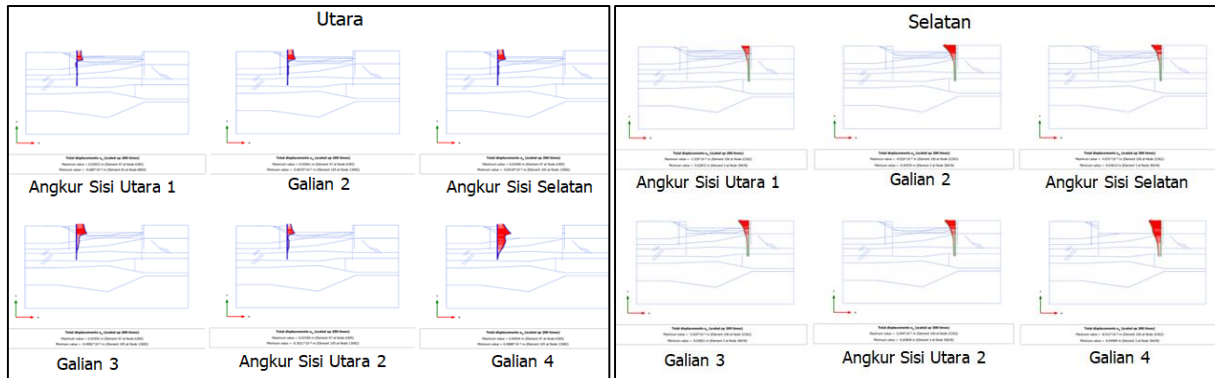
Gambar 2. Susunan Lapisan dan Posisi Struktur Perkuatan

Hasil pemodelan Plaxis 2D dengan penggunaan *ground anchor* pada perkuatan dinding *secant pile* untuk konstruksi galian dalam ditunjukkan pada **Gambar 3**, **Gambar 4**, dan **Tabel 4**. Faktor keamanan galian bervariasi pada tiap tahap konstruksi dengan nilai terendah sebesar 1.729 di sisi Utara dan 1.767 di sisi Selatan pada galian tahap 4, namun masih memenuhi persyaratan SNI 8460:2017 ($FK > 1.5$). Deformasi dinding *secant pile* meningkat seiring kedalaman galian hingga mencapai 0.53% di sisi Utara dan 0.51% di sisi Selatan, yang sedikit melebihi batas izin 0.5%. Kondisi ini menunjukkan bahwa meskipun stabilitas global terpenuhi, kontrol deformasi tetap perlu mendapat perhatian dalam desain perkuatan untuk menjamin keselamatan dan kinerja konstruksi.



Gambar 3. Analisis *Slope Stability*

Analisis *slope stability* dalam Plaxis dilakukan dengan metode *shear strength reduction* (ϕ - c reduction), yaitu dengan mereduksi kohesi dan sudut geser tanah secara bertahap hingga kondisi kritis tercapai.

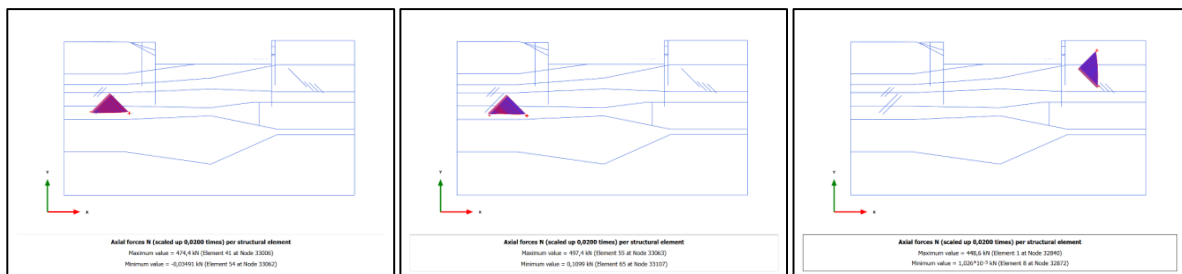


Gambar 4. Deformasi *Secant Pile*

Tabel 4. Rekapitulasi Nilai Faktor Keamanan dan Deformasi

No	Tahap Konstruksi	Utara	Selatan	Utara	Selatan
		Faktor Keamanan		Deformasi (%)	
1	<i>Initial Phase</i>	1.514	1.653	-	-
2	<i>Gali Dredging</i>	1.138	1.338	-	-
3	Penimbunan	3.712	4.498	-	-
4	Pemasangan <i>Secant Pile</i> Utara	3.091	4.402	0.16	-
5	Pemasangan <i>Secant Pile</i> Selatan	3.062	4.394	0.16	0.23
6	Galian 1	3.053	3.709	0.40	0.30
7	Angkur Sisi Utara 1	3.099	3.714	0.24	0.33
8	Galian 2	2.792	2.937	0.31	0.52
9	Angkur Sisi Selatan	3.106	3.602	0.31	0.42
10	Galian 3	2.830	2.960	0.40	0.44
11	Angkur Sisi Utara 2	2.834	2.962	0.29	0.44
12	Galian 4	1.729	1.767	0.53	0.51

Untuk gaya aksial *ground anchor* kondisi *final* galian tercatat 497.4 kN (Utara) dan 448.6 kN (Selatan), berada di bawah kapasitas tarik angkur 632.8 kN sehingga dinyatakan efektif menahan beban lateral pada dinding *secant pile*, seperti ditunjukkan **Gambar 5** dan **Tabel 5**.



Gambar 5. Gaya Aksial *Ground Anchor*

Tabel 5. Rekapitulasi Gaya Aksial *Ground Anchor*

Elemen Struktur	Kondisi	Sisi	Gaya Aksial <i>Ground Anchor</i> (kN)	
			<i>Max</i>	<i>Min</i>
<i>N2N + Embedded Beam</i>	<i>Final Galian</i>	Utara	474.4	-0.0349
			497.4	0.1099
		Selatan	448.6	0.0010

4. KESIMPULAN

Dalam pendekatan pemodelan *ground anchor* pada *software* Plaxis 2D dapat menggunakan elemen struktur *node to node anchor* sebagai *free length* dan *embedded beam* sebagai *bonded length* untuk merepresentasikan kondisi aktual perkuatan *ground anchor*, karena perbedaan fungsi elemen struktur ini menggambarkan bagian angkur yang bebas dan bagian yang tertanam dimodelkan sesuai mekanisme kerjanya di lapangan. Berdasarkan hasil analisis di Stasiun Pompa Ancol Sentiong yang menggunakan *ground anchor* dalam perkuatan dinding *secant pile*, didapat nilai faktor keamanan galian berada di atas syarat minimum SNI 8460:2017 (>1.5), yaitu sebesar 1.729 (Utara) dan 1.767 (Selatan), sedangkan gaya aksial maksimum 497.4 kN (Utara) dan 448.6 kN (Selatan) masih di bawah kapasitas tarik angkur 632.8 kN sehingga perkuatan dinyatakan efektif. Deformasi lateral dinding mencapai 0.53% dan 0.51%, sedikit melebihi batas izin 0.5%, yang menegaskan perlunya kontrol deformasi agar keselamatan dan kinerja konstruksi tetap terjamin.

UCAPAN TERIMA KASIH

National Geotechnic Center Institut Teknologi Nasional Bandung yang telah memberi akses lisensi akademik *software* PLAXIS.

DAFTAR RUJUKAN

- Ameratunga, Jay., Sivakugan, Nagaratnam., Das, M. Braja. (2016). *Correlations of Soil and Rock Properties in Geotechnical Engineering*. New Delhi : Springer.
- Badan Standarisasi Nasional. (2008). *Cara uji penetrasi lapangan dengan SPT, SNI 4153*. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. (2017). *Persyaratan Perancangan Geoteknik, SNI 8460*. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional.
- Brinkgreve, R.B.J., et al. (2016). PLAXIS 2016. PLAXIS B.V., The Netherlands.
- Federal Highway Administration. (1999). *Geotechnical Engineering Circular No.4 - Ground Anchors and Anchored System*. Washington, DC 20590 : Office of Bridge Technology 400 Seventh Street, SW.
- PT. Bahana Teknik Raya. (2021). *Final Report Soil Investigation Proyek Stasiun Pompa Ancol Sentiong*. Jakarta Utara.
- PT. Rekayasa Geoteknik Indonesia. (2021). *Laporan Faktual Penyelidikan Tanah Stasiun Pompa Ancol Sentiong*. Jakarta Utara.