

Pemodelan *Secant Pile* Pada Galian Dalam dengan Menggunakan Elemen Struktur *Plate* Untuk Konstruksi *U-Shaped Girder* Proyek Kereta Cepat Jakarta – Bandung Pada Sta DK 2+500 Halim *Station Section*

ABEL NUR HAKKI PUTRA GARDEA¹, INDRA NOER HAMDHAN²

1. Mahasiswa, Program Studi Teknik Sipil (Institut Teknologi Nasional Bandung)
 2. Dosen, Program Studi Teknik Sipil (Institut Teknologi Nasional Bandung)
- Email: abelnurhakkip@gmail.com

ABSTRAK

Proyek Kereta Cepat Jakarta–Bandung (KCJB) pada STA DK 2+500 membutuhkan sistem penahan tanah yang andal untuk galian sedalam 8 m dengan muka air tanah 1,8 m, sehingga dipilih metode secant pile karena efektif menahan tekanan lateral dan mengurangi rembesan air. Analisis dilakukan dengan Plaxis 3D berbasis Finite Element Method (FEM) menggunakan pemodelan elemen plate berparameter rata-rata pada variasi kedalaman 20 m, 33 m, dan 40 m. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan faktor keamanan signifikan sebesar 46,6% dari kedalaman 20 m ke 33 m, sedangkan penambahan kedalaman hingga 40 m hanya meningkatkan 0,15% akibat kondisi tanah yang relatif sama. Pada kedalaman 20 m deformasi lateral sebesar -0,05764 m tidak memenuhi batas izin 0,056 m menurut SNI 8460:2017, sementara pada kedalaman 33 m dan 40 m deformasi berada di bawah batas izin dan faktor keamanan > 1,5, sehingga memenuhi kriteria keamanan. Oleh karena itu, kedalaman minimum optimal secant pile pada STA DK 2+500 adalah 33 m untuk menjamin stabilitas dan keselamatan konstruksi.

Kata kunci: *Secant Pile, Plaxis 3D, Faktor Keamanan, Deformasi Lateral*

1. PENDAHULUAN

Desain Pembangunan infrastruktur transportasi di Indonesia berkembang pesat, salah satunya melalui proyek strategis nasional Kereta Cepat Jakarta–Bandung (KCJB). Proyek ini merupakan kereta cepat pertama di Indonesia dengan kecepatan operasi hingga 350 km/jam dan jalur sepanjang 142,3 km. Pada segmen STA DK 2+500 Halim *Station Section*, terdapat galian dalam sedalam 8 meter dengan muka air tanah pada kedalaman 1,8 meter. Kondisi ini menjadikan lokasi proyek tergolong kritis karena berada di kawasan padat perkotaan dan berdekatan dengan berbagai struktur permanen, sehingga diperlukan sistem penahan tanah yang aman dan andal.

Untuk menjaga stabilitas galian, metode *secant pile* dipilih sebagai solusi teknis. Sistem dinding penahan tanah ini terbentuk dari tiang bor saling beririsan yang mampu menahan tekanan lateral tanah sekaligus mengurangi risiko rembesan air. Keunggulan *secant pile* menjadikannya sesuai diterapkan pada area dengan ruang terbatas seperti di lingkungan perkotaan. Pada proyek KCJB, penerapan metode ini berperan penting dalam mencegah kelongsoran, menjaga

kestabilan lereng, serta menjamin keselamatan pekerja dan infrastruktur di sekitar lokasi konstruksi.

Dalam memastikan efektivitas *secant pile*, dilakukan analisis numerik menggunakan Plaxis 3D berbasis *Finite Element Method* (FEM). Pemodelan alternatif dikaji karena *continuous* model membutuhkan waktu komputasi yang tinggi, terutama pada tahap *meshing* dan perhitungan. Maka dari itu pemodelan *secant pile* dilakukan dengan pendekatan menggunakan struktur elemen *plate* dengan parameter *secant pile* di rata-ratakan. Penelitian ini diharapkan mampu memberikan kontribusi terhadap metode perencanaan *secant pile* yang lebih efisien, dan sesuai standar keselamatan pada galian dalam proyek KCJB.

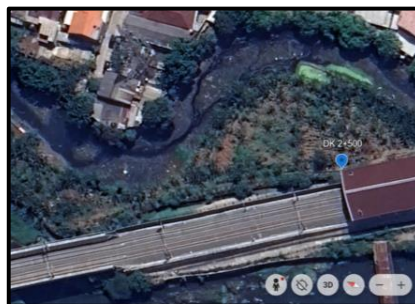
2. METODOLOGI PENELITIAN

Pada metodologi penelitian ini dilakukan beberapa tahapan. Tahapan yang pertama yaitu tahapan rumusan masalah dimana tahapan ini dilakukan rumusan dan batasan dari permasalahan yang dibahas dan kemudian tahapan kajian Pustaka yaitu mencari referensi literatur dari berbagai sumber yang berkaitan dengan topik penelitian ini. Berikutnya tahapan pengumpulan data, dalam tahap ini dilakukan pengumpulan data yang dibutuhkan untuk pemodelan *secant pile* yang akan dilakukan analisis. Data yang digunakan untuk penelitian ini merupakan data hasil penyelidikan di lapangan berupa SPT sesuai dengan SNI 4153 - 2008, data topografi, dan data kekuatan *secant pile*. Selanjutnya yaitu tahap pemodelan menggunakan Program PLAXIS 3D. Pemodelan *secant pile* dibuat dalam 3 variasi kedalaman yaitu sedalam 20, 33, dan 40 meter. Di akhir dilakukan tahapan analisis pemodelan dengan struktur elemen *plate* parameter rata-rata dan dilakukan pembahasan dimana analisis hasil dari pemodelan *secant pile* yang dilakukan adalah untuk memperoleh nilai faktor keamanan dan nilai deformasi lateral *secant pile* yang termasuk pada kriteria aman dari beberapa variasi sebelumnya sesuai dengan SNI 8460 - 2017.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini terletak pada *Distance Kilometer* (DK) 2+500 Proyek Kereta Cepat Jakarta - Bandung Halim *Station Section*. Titik lokasi penelitian seperti yang terlihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Lokasi DK 2+500 Halim *Station Section* (Sumber: Google Earth, 2025)

3.2 Pengumpulan Data

Pada penelitian ini data yang digunakan merupakan data yang akan mempengaruhi proses analisis. Peneliti dapat menentukan penelitian atas keefektifan perhitungan serta mengevaluasi

keadaan eksisting terhadap analisis serta pemodelan berdasarkan data yang terkumpul. Data ini berupa data sekunder seperti data *boring log*. Data *boring log* tersebut didapatkan berdasarkan penyelidikan langsung di lapangan pada titik DK 2 + 500.

3.2.1 Data Parameter Tanah

Data yang digunakan pada pemodelan Plaxis 3D merupakan pendekatan melalui persamaan dan nilai korelasi yang mengacu pada literatur terkait seperti Braja M. Das (2004), Burt Look (2007), dan AS 4678-2002, sesuai dengan jenis tanah dan nilai N-SPT yang dimodelkan. Berikut ini merupakan data parameter tanah dari hasil korelasi yang disajikan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Data Parameter Tanah Eksisting

Tanah Eksisting											Unit
Soil Parameter	Medium Clay Layer 1	Stiff, Sandy Silt	Very Dense, Sand	Medium Sand	Sandy Clay	Very Dense, Silty Sand	Very Dense, Sand	Very Dense, Silty Sand	Very Dense, Sandstone	Very Dense, Sand	Very Stiff, Sandy Clay
Soil Model	Hardening Soil	Hardening Soil	Hardening Soil	Hardening Soil	Hardening Soil	Hardening Soil	Hardening Soil	Hardening Soil	Hardening Soil	Hardening Soil	
Drainage Type	Undrained A	Undrained A	Drained	Drained	Undrained A	Drained	Drained	Drained	Drained	Drained	Undrained A
Kedalaman	0 - 3,4 m	3,4 - 8 m	8 - 11 m	11 - 12 m	12 - 15,1 m	15,1 - 17,9 m	17,9 - 21,55 m	21,55 - 23 m	23 - 26,5 m	26,5 - 31,85 m	31,85 - 50 m
N-SPT	7	12	50	20	32	50	50	50	50	50	22
γ_{unsat}	17	18	20,5	20,5	18	20,5	20,5	20,5	20	20,5	18
γ_{sat}	18	19	21,5	21,5	19	21,5	21,5	21,5	21	21,5	19
$E' = E_{50}$	12000	20000	100000	25000	50000	90000	100000	90000	150000	100000	50000
$E_{oed\ ref}$	9600	16000	80000	20000	40000	72000	80000	72000	120000	80000	40000
$E_{ur\ ref}$	36000	60000	300000	75000	150000	270000	300000	270000	450000	300000	150000
c'	5	10	1	1	10	1	1	1	1	1	10
ϕ'	25	30	44	38	32	43	44	43	45	44	31
ψ	-	-	14	8	-	13	14	13	15	14	-
K_x, K_y, K_z	8,64E-04	8,64E-03	8,64E-01	8,64E-01	8,64E-04	8,64E-01	8,64E-01	8,64E-01	8,64E-01	0,864	0,000864
r_{inter}	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8

3.2.2 Data Beban Tambahan

Menurut SNI 8460-2017 analisis stabilitas lereng harus mempertimbangkan beban hidup, beban mati, dan gempa sesuai peruntukan untuk lereng galian dan timbunan. Beban tambahan 10 kN/m^2 harus diterapkan untuk memperhitungkan beban yang bekerja pada permukaan atas lereng.

3.2.3 Data Parameter *Secant Pile*

Penelitian ini memodelkan perkuatan *secant pile* dengan diameter 1,4 meter menggunakan mutu beton 20 MPa untuk *primary pile* dan 30 MPa untuk *secondary pile* sesuai dengan SNI 2847 - 2019. Pemodelan dilakukan dengan material *elastic* untuk pendekatan struktur elemen *plate*, dengan parameter lengkap tercantum dalam **Tabel 2**.

Tabel 2. Data Parameter *Secant Pile* untuk Struktur Elemen *Plate*

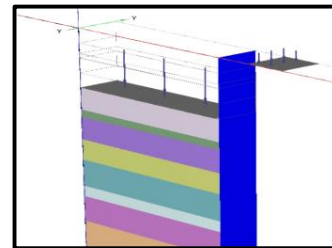
<i>Secant Pile</i>	Kedalaman (m)	Diameter (m)	Mutu Beton (MPa)	E (kN/m^2)	A (m^2)	Aequivalen (m^2)	Eequivalen (kN/m^2)	d (m)
<i>Secondary pile</i>	20,33,40	1,4	30	25742960	1,5394	3,4042	20692850,3	1,254
<i>Primary pile</i>			20	10043345	1,0951			
<i>1/2 Secondary Pile</i>			30	25742960	0,7697			

3.2.4 Data Parameter *U-Shaped Girder*

Pada pemodelan ini, girder tidak dimasukkan sebagai elemen struktur yang kaku, melainkan direpresentasikan sebagai beban permukaan (*surface load*) yang diaplikasikan langsung ke atas tanah sebesar 105 kN/m^2 . Nilai beban dihitung berdasarkan berat sendiri girder yang ditentukan dari kombinasi volume dan berat jenis beton bertulang mutu tinggi.

3.3 Analisis Stabilitas Lereng dengan Perkuatan *Secant Pile*

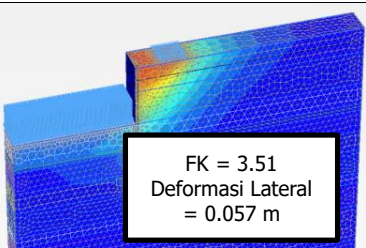
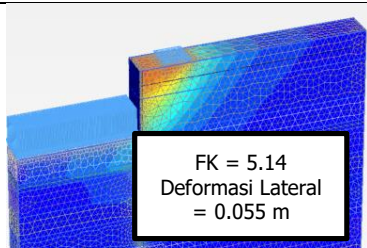
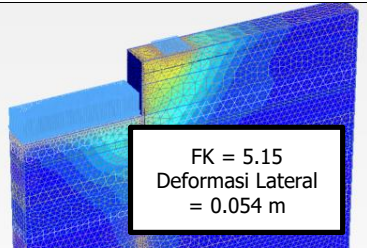
Penelitian ini melakukan analisis deformasi lateral dan faktor keamanan struktur *secant pile* pada STA DK 2+500 proyek KCIC menggunakan perangkat lunak Plaxis 3D berbasis *Finite Element Method*. Tujuan penelitian adalah mengevaluasi efektivitas pemodelan *secant pile* sebagai sistem penahan tanah pada galian dalam dengan kondisi muka air tanah tinggi. Dalam penelitian ini, digunakan pemodelan *secant pile* seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2**.

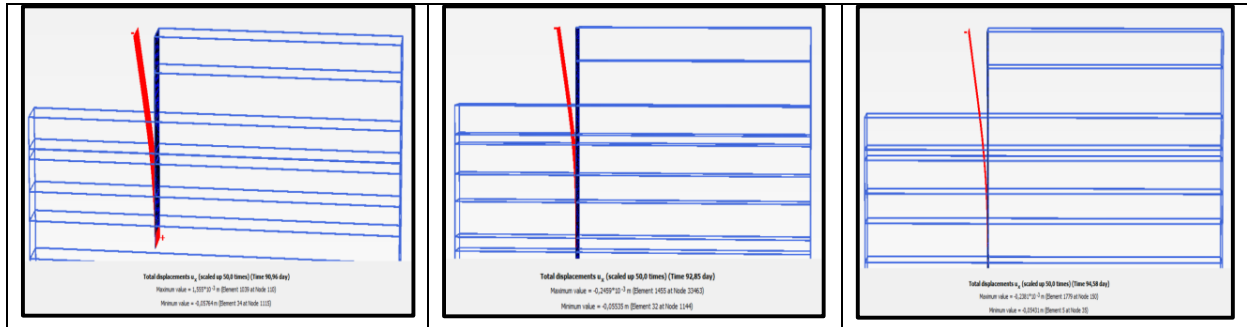


Gambar 2. Plate dengan Parameter Rata-rata

Berikut adalah hasil dari pemodelan Plaxis 3D dengan variasi kedalaman, berdasarkan hasil pemodelan Plaxis 3D dengan melihat nilai FK dan nilai deformasi *secant pile* yang dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Hasil Pemodelan Plaxis 3D dengan Variasi Kedalaman

Variasi Kedalaman <i>Secant Pile</i>		
20 meter	33 meter	40 meter
 FK = 3.51 Deformasi Lateral = 0.057 m	 FK = 5.14 Deformasi Lateral = 0.055 m	 FK = 5.15 Deformasi Lateral = 0.054 m



Berikut adalah rekapitulasi hasil analisis dengan menggunakan Plaxis 3D diperoleh nilai deformasi lateral arah U_x dan faktor keamanan *secant pile* dapat dilihat pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Rekapitulasi Hasil Deformasi & Faktor Keamanan

Kedalaman (m)	Deformasi Lateral (m)			Faktor Keamanan		
	Galian	Short-term	Long-term	Galian	Short-term	Long-term
20	-0,04847	-0,05373	-0,05764	1,643	3,490	3,510
33	-0,04566	-0,05109	-0,05535	2,687	4,170	5,146
40	-0,04436	-0,04994	-0,05431	3,222	4,202	5,154

4. KESIMPULAN

Dapat disimpulkan berdasarkan hasil analisis menggunakan Plaxis 3D bahwa kenaikan faktor keamanan terjadi secara signifikan pada saat kedalaman bertambah dari 20 m ke 33 m, dengan persentase peningkatan sebesar 46,6%. Sedangkan pada kedalaman 33 m ke 40 m, peningkatan yang terjadi relative kecil yaitu sebesar 0,15%. Hal ini dapat dipengaruhi oleh kondisi parameter tanah yang sama pada kedalaman 33 m hingga 40 m maka penambahan kedalaman tidak lagi memberikan perubahan yang signifikan. Dengan demikian, pengaruh pertambahan kedalaman lebih dominan pada kedalaman 20 m – 33 m.

Hasil analisis deformasi yang terjadi pada *secant pile* dimana pada kedalaman 20 meter saat kondisi *long-term* meskipun faktor keamanan memenuhi SNI yang dipersyaratkan $3,5 > 1,5$, namun deformasi lateral yang terjadi sebesar -0,05764 m, melebihi batas toleransi yang diizinkan yaitu sebesar 0,056 m, sehingga pada kedalaman 20 meter tidak memenuhi SNI yang diizinkan.

Sebaliknya, analisis pada kedalaman 33 meter dan 40 meter menunjukkan hasil yang memenuhi dari seluruh aspek. Sistem *secant pile* dengan kedalaman 33 meter mampu menahan deformasi lateral secara efektif pada kondisi galian sedalam 8 meter, dengan deformasi maksimum yang terjadi sebesar -0,05535 m, masih berada di bawah batas izin sebesar 0,056 m sesuai SNI 8460:2017. Nilai faktor keamanan yang diperoleh juga telah memenuhi persyaratan minimum, yaitu lebih besar dari 1,5.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa sistem *secant pile* dengan kedalaman minimum 33 meter merupakan solusi optimal yang memenuhi kriteria keamanan secara menyeluruh, baik dari aspek deformasi maupun stabilitas, sesuai dengan standar teknis yang berlaku.

DAFTAR RUJUKAN

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.

Badan Standarisasi Nasional. (2019). Spesifikasi beton struktural untuk bangunan gedung, SNI 2847. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional.

Das, B. M. (2004). *Principles of geotechnical engineering* (6th ed.). Thomson Brooks/Cole.

Look, B. (2007). *Handbook of geotechnical investigation and design tables*. Taylor & Francis.

Standards Australia. (2002). *Earth-retaining structures* (AS 4678-2002). Standards Australia.