

ANALISIS STABILITAS SHEETPILE, PADA PEMBANGUNAN JALAN TOL RUAS RENGAT-PEKANBARU SEKSI LINGKAR PEKANBARU STA 193+560

Feriansyah¹⁾

- 1) Program Studi Teknik Sipil Institut Teknologi Indonesia
E-mail: yi.feriansyah08@gmail.com

Abstrak

Proyek pembangunan Jalan Tol Rengat-Pekanbaru menghadapi tantangan geoteknik, khususnya dalam penanganan tanah lunak dan perbedaan elevasi. Penelitian ini bertujuan menganalisis stabilitas sheet pile sebagai proteksi fondasi jembatan box girder di sungai Siak. Metode analisis menggunakan pemodelan numerik dengan PLAXIS 2D untuk mengevaluasi faktor keamanan dan pola deformasi. Hasil menunjukkan struktur sheet pile memenuhi kriteria keamanan, dengan faktor keamanan 2.0 untuk kondisi layan dan 1.1 untuk kondisi gempa. Namun, deformasi yang terukur mencapai 6m, melebihi batas rencana 4m, sehingga diperlukan penanganan tambahan dengan angkur tierod. Rekomendasi termasuk pemantauan selama konstruksi dan analisis dinamik untuk mempertimbangkan beban gempa di masa mendatang.

Kata kunci: Stabilitas Sheetpile, Jalan tol, Angkur Tierod.

Pendahuluan

Proyek Jalan Tol Ruas Rengat-Pekanbaru seksi Lingkar Pekanbaru merupakan infrastruktur penting untuk mendistribusikan arus lalu lintas logistik dan masyarakat, serta membantu mengurangi kemacetan dan mendorong pertumbuhan ekonomi di Provinsi Riau. Rute tol ini menghadapi tantangan terkait kondisi topografi dan geologi, termasuk adanya tanah lunak dan perbedaan elevasi yang signifikan. Pada segmen-segmen tersebut, struktur penahan tanah sangat penting untuk memastikan stabilitas timbunan dan keamanan operasional jalan tol. Di STA 193+560, proyek Tol Ruas Rengat-Pekanbaru mencakup jembatan box girder yang melintasi sungai Siak dengan lebar lebih dari 75 m, di mana struktur fondasi dan pilecap jembatan tersebut dilengkapi dengan proteksi sungai berupa dinding sheet pile beton.

Perencanaan yang tidak tepat untuk dinding *sheet pile* beton dapat berakibat fatal, menyebabkan kegagalan struktur seperti keruntuhan geser, penggulingan, penurunan berlebihan, atau bahkan keruntuhan daya dukung tanah. Kegagalan ini berpotensi membahayakan keselamatan dan menyebabkan kerugian material yang signifikan serta gangguan pada proyek. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan perencanaan yang komprehensif dan konservatif, yang mencakup analisis stabilitas yang menyeluruh dan pemodelan numerik modern.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis stabilitas sheet pile berdasarkan data tanah aktual dari lokasi proyek, memvalidasi hasil perhitungan manual dengan pemodelan numerik menggunakan PLAXIS 2D untuk mengevaluasi faktor keamanan global dan pola deformasi serta memberikan rekomendasi desain akhir yang siap diterapkan pada pembangunan Jalan Tol Lingkar Pekanbaru.

Studi Pustaka

Turap atau Sheet Pile

Dinding turap adalah struktur vertikal tipis yang berfungsi menahan tanah dan mencegah air masuk ke dalam lubang galian. Kelebihan turap meliputi kemudahan pemasangan dan biaya rendah. Struktur ini umum digunakan sebagai penahan tebing galian sementara, bangunan pelabuhan, dan dinding penahan tanah untuk bendungan. Turap kantilever cukup untuk tanah dangkal, tetapi turap yang diangkur diperlukan untuk kedalaman lebih besar. Dinding turap kurang efektif untuk menahan tanah tinggi dan tidak cocok untuk tanah berbatu, yang menyulitkan pemancangan [1].

Turap termasuk dalam kategori *embedded walls*, yang bergantung pada ketahanan tanah pasif di bawah dasar galian [2]. Toleransi defleksi dinding tergantung pada kepadatan lingkungan sekitar, dengan defleksi maksimum 0,5% dari tinggi dinding dianggap sebagai batas toleransi jika tidak ada batasan yang lebih ketat.

Stabilitas Lereng

Pada permukaan tanah yang miring, gaya gravitasi cenderung mendorong tanah ke bawah. Jika gaya gravitasi ini melebihi kemampuan tanah untuk menahan geseran pada bidang longsor, maka kelongsoran lereng dapat terjadi (Hardiyatmo, 2018). Terzaghi (1950) membagi penyebab keruntuhan lereng menjadi dua kategori: efek internal dan eksternal. Efek eksternal merujuk pada faktor-faktor yang meningkatkan gaya geser tanpa mengubah kekuatan geser tanah, seperti aktivitas manusia yang memperdalam penggalian atau erosi sungai. Sebaliknya, efek internal terjadi tanpa adanya perubahan kondisi eksternal, seperti gempa bumi yang dapat meningkatkan tekanan pori di dalam lereng.

Ray dan De Smitd (2009) mengusulkan klasifikasi kestabilan lereng berdasarkan faktor aman, yaitu: lereng tidak stabil jika $F < 1$, agak stabil jika F antara 1 dan 1,25, stabil sedang jika F antara 1,25 dan 1,5, dan stabil jika $F > 1,5$. Ketentuan nilai faktor keamanan juga diatur dalam [2].

Tekanan Lateral

Tekanan tanah lateral adalah gaya yang dihasilkan oleh dorongan tanah di belakang struktur penahan tanah. Besarnya tekanan lateral sangat dipengaruhi oleh pergeseran dinding penahan dan karakteristik tanah (Hardiyatmo, 2018). Tekanan tanah lateral ini penting dalam merancang struktur penahan tanah seperti turap atau sheet pile yang dibahas dalam penelitian ini. Menurut Hardiyatmo (2018), tekanan tanah lateral dapat dibagi menjadi tekanan tanah saat diam, tekanan tanah aktif, dan tekanan tanah pasif.

Metodologi Penelitian

1. Tinjauan Umum

Metode penelitian meliputi pengumpulan data dari survei, bahan kuliah, dan sumber lain.

2. Lokasi dan Objek Penelitian

Penelitian dilakukan di proyek Tol Rengat-Pekanbaru pada STA 193+560, yang mencakup jembatan box girder di sungai Siak.

3. Data Penelitian

Data yang dibutuhkan mencakup stratigrafi penyelidikan tanah, data laboratorium, dan gambar sheet pile.

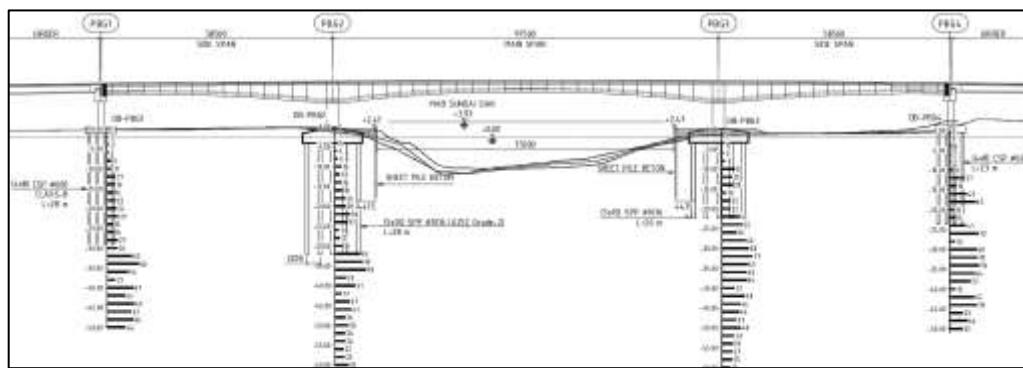
4. Langkah Penelitian

Proses penelitian meliputi pengumpulan literatur, perumusan masalah, dan analisis stabilitas lereng menggunakan PLAXIS.

Hasil dan Pembahasan

Data Tanah

Klasifikasi tanah dilakukan berdasarkan pengujian lapangan dan laboratorium. Lapisan tanah terdiri dari lempung lunak dan pasir keras, dengan potensi erosi yang perlu diperhatikan.



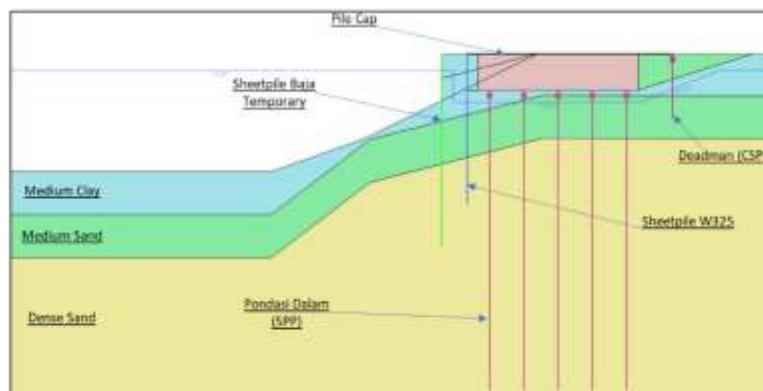
Gambar 1. Lokasi statigrafi tanah jembatan siak

Tabel 1. Statigrafi Penyelidikan Tanah

Ref.	DB-PGB-1	DB-PBG-2	DB-PBG-3	DB-P1	DB-P2	DB-PBG4
GWL						
STA						
-2	2	2	1	2	1	1
-4	3	2	1	2	1	3
-6	2	4	3	3	1	2
-8	9	6	8	5	4	2
-10	11	16	32	24	2	8
-12	21	13	25	17	1	37
-14	19	16	28	19	3	16
-16	16	18	10	19	37	43
-18	22	26	22	7	37	65
-20	24	28	22	7	21	10
-22	29	39	45	18	62	14
-24	15	31	52	14	83	41
-26	16	9	36	17	21	72
-28	27	12	60	16	17	13
-30	26	18	68	17	85	68
-32	63	65	77	84	83	70
-34	80	70	65	82	100	76
-36	54	78	53	87	100	64
-38	21	29	64	55	100	52
-40	67	51	31	66	17	15
N Average	11	11	9	8	5	8
Site Class	SE	SE	SE	SE	SE	SE

Berdasarkan stratigrafi tanah, kedalaman 0 hingga 8 meter menunjukkan adanya lapisan lempung lunak, sementara di bawah 8 meter terdapat lapisan pasir dengan konsistensi sedang hingga keras. Di lokasi pekerjaan sheet pile, potensi erosi pada lapisan tanah dapat menyebabkan perubahan pelapisan. Erosi ini dapat disebabkan oleh aliran air, getaran alat berat, atau proses konstruksi yang mengganggu stabilitas tanah.

Analisis Stabilitas Sheetpile



Gambar 2. Model analisis *sheetpile*

Gambar model analisis *sheet pile* ini menunjukkan struktur yang dirancang untuk menahan tanah dan air selama proses konstruksi. Di bagian atas, terdapat pile cap yang berfungsi sebagai penopang dan distribusi beban dari struktur yang terletak di atasnya. *Sheetpile* baja sementara digunakan untuk menjaga kestabilan area kerja, dengan spesifikasi W325 yang dipilih berdasarkan analisis geoteknik untuk memastikan daya dukung yang memadai. Lapisan tanah di bawahnya terdiri dari lempung sedang, pasir sedang, dan pasir padat, masing-masing dengan karakteristik yang mempengaruhi stabilitas dan daya dukung. Lempung yang lunak dapat meningkatkan risiko pergerakan tanah, sehingga pengelolaan potensi erosi sangat penting. Keberadaan deadman di belakang sheet pile juga menambah stabilitas dengan memberikan beban tambahan, mencegah pergeseran akibat tekanan lateral. Secara keseluruhan, analisis ini menekankan pentingnya pemahaman tentang kondisi tanah, pemilihan material yang tepat, dan perencanaan yang cermat untuk memastikan keberhasilan dan keamanan proyek konstruksi.

Tabel 2. Parameter Analisis

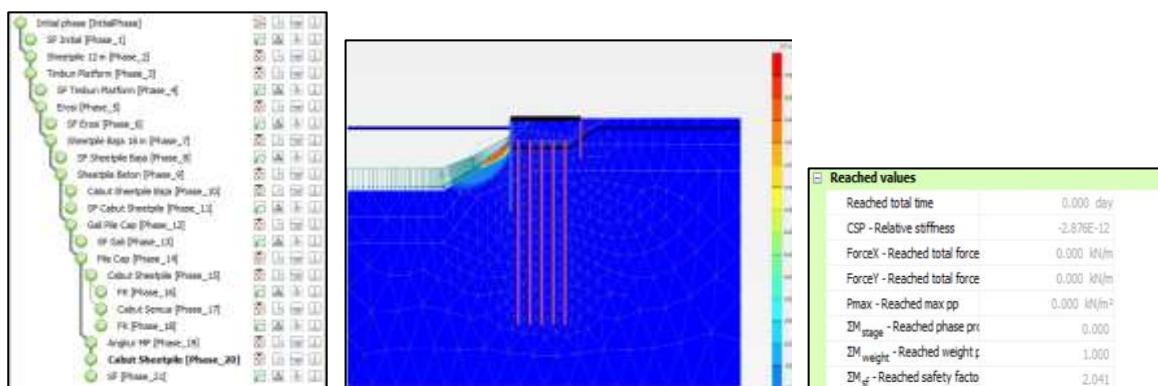
Material Tanah									
Soil Type	Average NSPT	Material Model	Drainage Type	Weight (kN/m)	c' (kN/m)	ϕ' (°)	E0ref (kN/m)	E0dref (kN/m)	Eref (kN/m)
Soft	Clay	3	Hardening Soil	Drained	16	1	20	3152.8	806.9
Medium	Clay	5	Hardening Soil	Drained	17	2.5	23	2893.5	607.4
Medium	Sand	20	Hardening Soil	Drained	17	1	35	13255.2	9278.6

Sheetpile Beton									
Slab	Beam Element	thickness	A	I	EA	EI	w	Cracking Moment (t)	
CCSP W-325 A 1000	Beam Element	0.325	0.1315	0.00134261	3188876	32362	0.9	11.4	

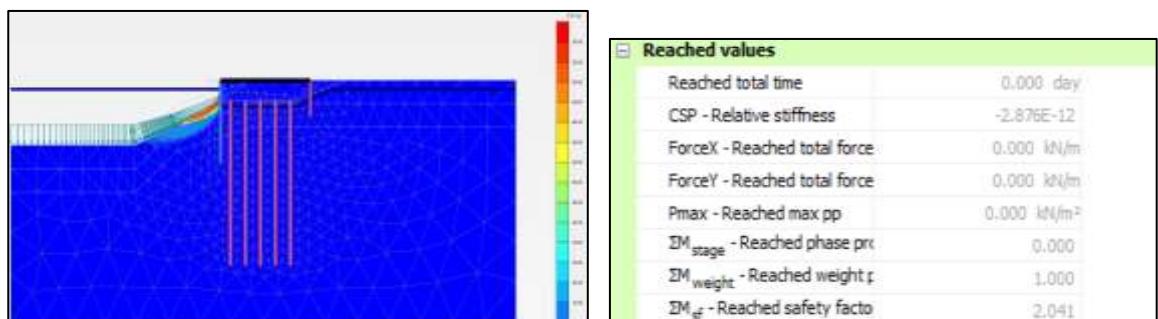
Sheetpile Temporary					
ID	A	I	EA	EI	w
Sheet Pile U-Shape (III)	0.013	0.000168	8825000	88200	0.091
CSP 600	Elastic	34	3	Circular Tube	0.6



Tabel parameter analisis ini menyajikan informasi yang krusial untuk memahami karakteristik material tanah dan struktur yang terlibat dalam proyek konstruksi. Pertama, analisis material tanah menunjukkan perbedaan signifikan antara lempung lunak, sedang, dan keras, yang tercermin dari nilai rata-rata NSPT.

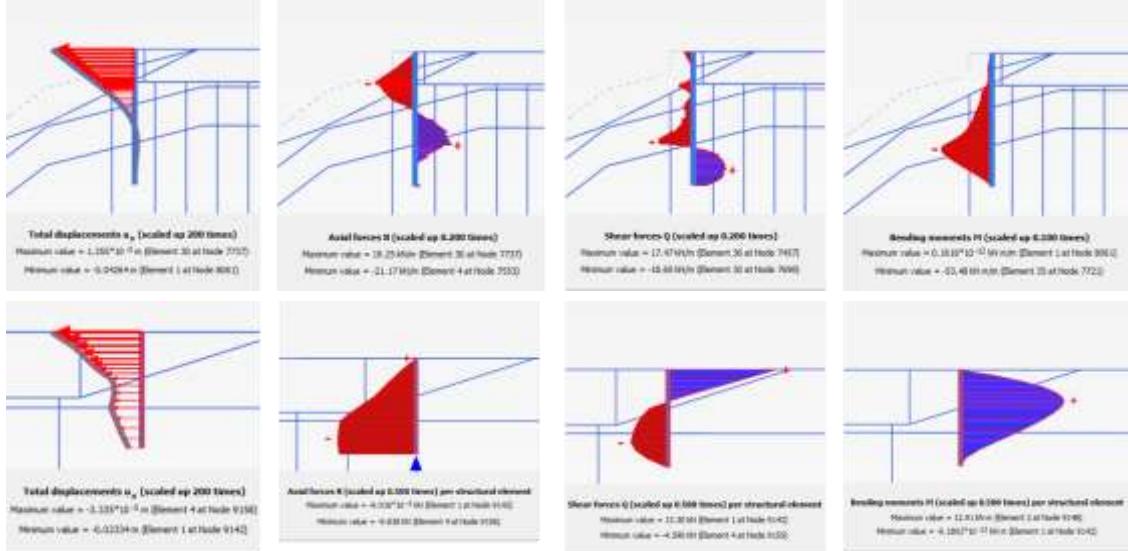


Gambar 3. Tahapan analisis stabilitas sheetpile (kondisi layan)



Gambar 4. Tahapan analisis stabilitas sheetpile (kondisi gempa)

Angka keamanan yang didapat dalam analisis adalah 2.041 masih memenuhi batasan kriteria perencanaan sebesar 1.5 untuk kondisi layan, dan angka keamanan kondisi gempa yang didapat adalah 1.1 masih memenuhi kriteria perencanaan sebesar 1.1. Gaya dalam yang terjadi pada *sheetpile* ditampilkan sebagai berikut :



Gambar 5. Gaya Dalam Pada Sheetpile

Gaya dalam (Bending Momment) yang terjadi pada struktur *sheetpile* sebesar 53 kN.m sehingga jika dibandingkan dengan kapasitas struktur *sheetpile* rencana masih memenuhi sebesar 67 kN.m sehingga *sheetpile* dengan dimensi W-325 masih dapat digunakan dalam perencanaan. Deformasi yang didapat pada struktur rencana *sheetpile* adalah sebesar 23 mm masih memenuhi kriteria perencanaan < 25mm. Adapun gaya tarik yang terjadi pada angkur yang ditarik terhadap deadman rencana (CSP 600) dalam kondisi servis ditampilkan pada tabel berikut:

Tabel 3. Gaya Tarik pada Angkur

Structural element	Node	Local number	X [m]	Y [m]	N [kN]	N_{min} [kN]	N_{max} [kN]
NodeToNodeAnchor_1_1 Element 1-1 (Node-to-node anchor)	8061	1	44.814	40.990	13.214	0.000	13.214
	9142	2	64.000	40.997	13.214	0.000	13.214

Kesimpulan dan Saran

1. Kesimpulan

Analisis stabilitas sheet pile menunjukkan:

- 1) Klasifikasi tanah berdasarkan pengujian laboratorium.
- 2) Rencana proteksi menggunakan sheet pile W325 dan L=14 m.
- 3) Deformasi melebihi batas rencana, memerlukan penanganan tambahan dengan angkur tierod.
- 4) Proteksi dengan menggunakan *sheetpile* didapat angka keamanan sebesar $2.0 > 1.5$ (kriteria angka keamanan).

2. Saran

- 1) Pemantauan selama konstruksi.
- 2) Analisis dinamik untuk mempertimbangkan beban gempa di masa depan

Daftar Pustaka

- [1] Hardiyatmo, H.C. 2020b. "Analisis dan perancangan Fondasi II". Edisi Kelima. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- [2] Badan Standardisasi Nasional. 2017. Persyaratan Perancangan Geoteknik. SNI 8460:2017. Jakarta.

- [3] Badan Standardisasi Nasional. 2012. Tata Cara Perancangan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. SNI 1726:2012. Jakarta.
- [4] Brinkgreve, R.B.J. 2007. Manual Plaxis (Indonesia). Delft University of Technology & Plaxis b.v. Belanda.
- [5] Das, B.M dkk. 2016. *Correlations of Soil and Rock Properties in Geotechnical Engineering*. Springer. New Delhi.
- [6] Das, B.M. 1995. *Principles of Geotechnical Engineering*, International Thomson Publishing. Diliaristanto, K. 2016. “Pengaruh Kedalaman Sheet Pile dan kemiringan Tanah Diatas Sheet Pile pada Stabilitas Lereng”. Tugas Akhir. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- [7] Ditjen Cipta Karya. 2021. Aplikasi Spektrum Respons Desain Indonesia. Kementerian PUPR.
- [8] Hardiyatmo, H.C. 2020a. “Analisis dan perancangan Fondasi I”. *Edisi Keempat*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- [9] Data Lapangan dan Laporan Geoteknik.