



Analisis Potensi Likuifaksi Berdasarkan Data CPT (*Cone Penetration Test*) (Studi Kasus Pembangunan Jembatan Sungai Pedado)

Agnes Glory Emanuela Hutagaol

Universitas Pertahanan Republik Indonesia

Kurnia Sandi

Universitas Jendral Soedirman

Alamat: Kawasan IPSC Sentul, Sukahati, Kec. Citeureup, Bogor, Jawa Barat, 16810, Indonesia

Korespondensi penulis: agnesglory2018@gmail.com, Kurnia15072001@gmail.com

Abstrak. *Liquefaction is a phenomenon in which the strength and stiffness of soil are lost due to earthquake shaking, which can cause significant damage to infrastructure. This study analyzes the potential for liquefaction at the construction site of the Pedado River Bridge in Palembang, South Sumatra, using Cone Penetration Test (CPT) data processed with Liquefy4 software. The analysis was conducted at two drilling points with depths of 23.8 m and 30 m, respectively. The results of the study indicate that the soil layers at the study site are dominated by clays, which have low liquefaction potential, although there are some layers of loose sand and silt that are more susceptible to liquefaction. At Point 1, liquefaction potential was found at depths of 1–3 m, 4.5–5.5 m, and 14–15 m with a ground settlement of 0.53 cm. At Point 2, liquefaction potential was identified at depths of 0–2 m and 20–23 m with a ground settlement of 5.32 cm. Overall, the analysis results indicate that the Pedado River area has relatively low liquefaction potential, making it suitable for bridge construction. However, further research and regular monitoring are still required for disaster risk mitigation in the future.*

Keywords: *liquefaction, CPT, Liquefy4, Pedado River, Palembang*

Abstrak. Likuifaksi merupakan fenomena hilangnya kekuatan dan kekakuan tanah akibat guncangan gempa yang dapat menimbulkan kerusakan infrastruktur secara signifikan. Penelitian ini menganalisis potensi likuifaksi pada lokasi pembangunan Jembatan Sungai Pedado, Palembang, Sumatera Selatan, menggunakan data Cone Penetration Test (CPT) yang diolah dengan perangkat lunak *Liquefy4*. Analisis dilakukan pada dua titik pengeboran dengan kedalaman masing-masing 23,8 m dan 30 m. Hasil penelitian menunjukkan bahwa lapisan tanah di lokasi penelitian didominasi oleh tanah liat (clays) yang memiliki potensi likuifaksi rendah, meskipun terdapat beberapa lapisan pasir renggang dan lanau yang cenderung lebih rentan terhadap likuifaksi. Pada Titik 1, potensi likuifaksi ditemukan pada kedalaman 1–3 m, 4,5–5,5 m, dan 14–15 m dengan penurunan tanah sebesar 0,53 cm. Sedangkan pada Titik 2, potensi likuifaksi teridentifikasi pada kedalaman 0–2 m serta 20–23 m dengan penurunan tanah sebesar 5,32 cm. Secara keseluruhan, hasil analisis menunjukkan bahwa wilayah Sungai Pedado memiliki potensi likuifaksi yang relatif rendah sehingga layak untuk pembangunan jembatan. Namun, penelitian lanjutan dan pemantauan berkala tetap diperlukan untuk mitigasi risiko bencana di masa mendatang.

Kata Kunci: *likuifaksi, CPT, Liquefy4, Sungai Pedado, Palembang*

PENDAHULUAN

Likuifaksi merupakan fenomena berkurangnya kekuatan serta kekakuan tanah karena perubahan sifat tanah pada saat terjadi getaran seismik dari padat menjadi cair yang disebabkan oleh pembebanan siklik. Beban siklik biasanya berupa getaran yang berasal dari gempa bumi dengan skala yang tinggi. Sedangkan Indonesia merupakan negara yang sering mengalami gempa bumi, karena terletak pada kawasan “Cincin Api Pasifik” atau “Ring of Fire” (Bao et al. 2019; Musa Sjahrain, Rondonuwu, and Riogilang 2021; Pratama, Budi, and Wibowo 2014; Setiawan and Kurniawan 2021). Istilah ini ditujukan untuk wilayah yang sering mengalami letusan gunung berapi aktif

dan gempa bumi. Dan pulau Sumatera merupakan salah satunya, dengan intensitas kekuatan gempa yang besar yang berasal dari pergeseran sesar Semangko sepanjang Bukit Barisan (Tanjung and Putri 2023). Akibat dari gempa bumi ini, salah satunya adalah likuifaksi. Likuifaksi ditandai dengan adanya rembesan air yang keluar pada rekahan tanah pada saat terjadi gempa bumi, rembesan air ini yang nantinya akan mengisi pori-pori tanah dan naik mencapai permukaan sehingga tanah kehilangan daya dukungnya akibatnya beberapa bangunan tenggelam dan miring akibat pergerakan horizontal dalam skala besar serta adanya semburan pasir di permukaan tanah. (Hakam and Darjanto 2013; Putra et al 2009; Warman and Jumas 2013). Fenomena ini sering terjadi pada tanah berpasir yang jenuh air dan dapat menyebabkan kerusakan signifikan pada infrastruktur, pondasi bangunan, dan mengancam keselamatan manusia. Sehingga, pemahaman dan pengkajian potensi likuifaksi sangat penting dalam perencanaan dan perancangan teknik sipil. (Tohari et al. 2015)

Dalam sejarah di Indonesia gempa bumi yang menyebabkan likuifaksi terjadi di desa Balaroa dan Petobo Kota Palu, Sulawesi Tengah pada tanggal 28 September 2018. Dampak yang ditimbulkan oleh likuifaksi di Palu, menyebabkan banyak sekali rumah dan infrastruktur yang hancur dan tertimbun, dan korban jiwa yang diakibatkan dari bencana tersebut. Kerugian yang terjadi baik itu dari korban jiwa maupun dari infrastruktur bangunan sipil, tidak bisa dibilang sedikit, dan dana yang harus dikeluarkan untuk memperbaiki sarana dan prasarana akibat dari likuifaksi yang terjadi terbilang sangat banyak sekali. CPT (Cone Penetration Test) atau lebih sering disebut sondir merupakan salah satu survey lapangan yang berguna untuk memperkirakan letak lapisan tanah keras. Dari tes ini didapatkan nilai perlawanan penetrasi konus dan hambatan lekat. Perlawanan penetrasi konus adalah perlawanan tanah terhadap ujung konus yang dinyatakan dalam gaya persatuan luas. Sedangkan hambatan lekat adalah perlawanan geser tanah terhadap selubung bikonus dalam gaya persatuan panjang. Nilai perlawanan penetrasi konus (q_c) yang diperoleh dari pengujian dapat langsung dikorelasikan dengan kapasitas dukung tanah. Tujuannya adalah untuk menentukan daya dukung tanah dan jenis pondasi yang sesuai dengan bangunan yang akan didirikan di lokasi tersebut. (Irgi Rangga Prayoga et al. 2024).

Dalam penelitian ini untuk menganalisis likuifaksi dengan metode CPT dibantu dengan perangkat lunak Liquefy4. Liquefy4 merupakan perangkat lunak canggih yang dirancang untuk menganalisis data CPT dan menilai potensi likuifaksi suatu daerah. Dengan memanfaatkan Liquefy4, analisis potensi likuifaksi dapat dilakukan dengan lebih cepat dan akurat, memberikan hasil yang dapat diandalkan untuk mendukung keputusan dalam mitigasi risiko likuifaksi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi likuifaksi di daerah Sungai Pedado, Palembang, Sumatra Selatan, Indonesia, dengan menggunakan data CPT yang dianalisis melalui aplikasi Liquefy4. Melalui penelitian ini, diharapkan dapat diperoleh gambaran yang jelas mengenai potensi likuifaksi di daerah tersebut, serta rekomendasi langkah-langkah mitigasi yang tepat

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Penelitian ini berlokasi di Sungai Pedado yang terletak di daerah pinggiran Sungai Musi, dikelurahan Keramasan, Kecamatan Kertapati, Kota Palembang, Sumatra Selatan. Sungai ini memiliki beberapa lokasi yang penting. Pengujian CPT (Cone Penetration Test) ini dilakukan sebanyak 2 titik dengan masing-masing kedalaman mencapai 23,8 m dan 30 m seperti pada Gambar 1.

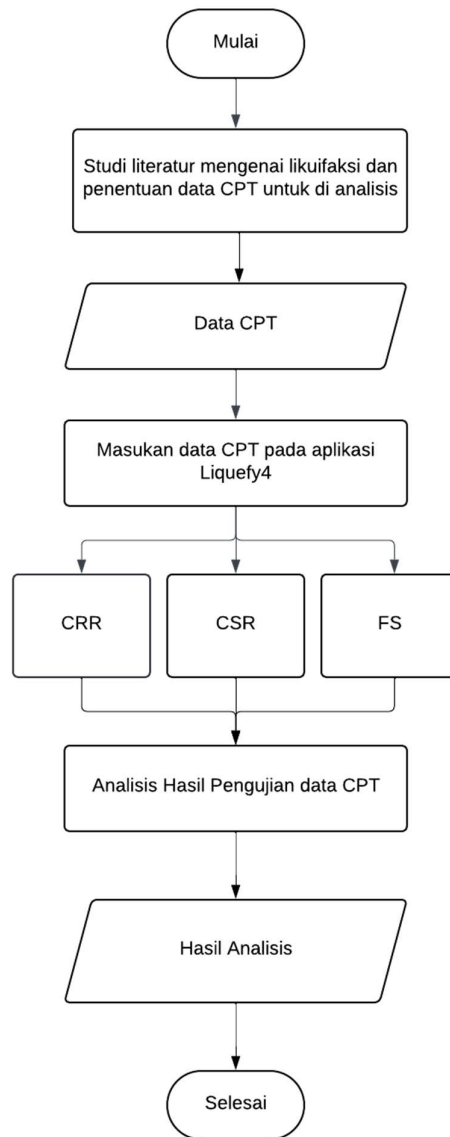


Gambar 1. Lokasi Pengujian CPT

Perhitungan Potensi Likuifaksi

Metode penelitian yang dilakukan yaitu investigasi geoteknik bawah permukaan yang terdiri dari pengeboran dan sondir. Namun data yang digunakan merupakan data sekunder hasil pengambilan tim peneliti geoteknik PT. Cipta Ekapurna Engineering Consultant yang diambil dari situs <http://eprints.polsri.ac.id/3673/8/LAMPIRAN.pdf>. Untuk mengidentifikasi ada tidaknya potensi likuifaksi menggunakan data sondir (CPT) merupakan salah satu cara untuk mengetahui ketahanan/kekuatan lapisan tanah terhadap potensi likuifaksi. Dari data CPT akan didapatkan parameter kekuatan tanah menahan likuifaksi akibat gempa (CRR), tegangan geser tanah akibat gempa (CSR) dan factor keamanan atau safety factor. Safety factor yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan batasan sebesar $FS > 1$ menunjukkan lapisan tanah tidak berpotensi terjadi likuifaksi sedangkan nilai $FS < 1$ menunjukkan lapisan tanah berpotensi likuifaksi. Prosedur penelitian yang dilakukan dalam analisis potensi likuifaksi terlihat pada Gambar 2.

**Analisis Potensi Likuifaksi Berdasarkan Data CPT (Cone Penetration Test)
(Studi Kasus Pembangunan Jembatan Sungai Pedado)**



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Tabel 3.1. Karakteristik Lapisan Tanah Berdasarkan Nilai qc Hasil Sondir 1

SONDIR-1		
Kedalaman (m)	qc rata-rata (kg/cm)	Karakter Tanah
0.00 – 0.20	5	
0.20 – 1.80	11	Sedang/Medium
2.00 – 2.00	25	Kaku/Stiff
2.20 – 5.80	9	Lunak/Soft
5.80 – 8.80	25	Kaku/Stiff

*Analisis Potensi Likuifaksi Berdasarkan Data CPT (Cone Penetration Test)
(Studi Kasus Pembangunan Jembatan Sungai Pedado)*

8.80 – 16.60	13	Sedang/Medium
16.60 – 17.00	34	Kaku/Stiff
17.20 – 18.00	14	Sedang/Medium
18.20 – 20.40	41	Kaku/Stiff
20.60 – 23.40	76	Sangat Kaku/Very Stiff
23.60 – 23.80	107	Keras/Hard

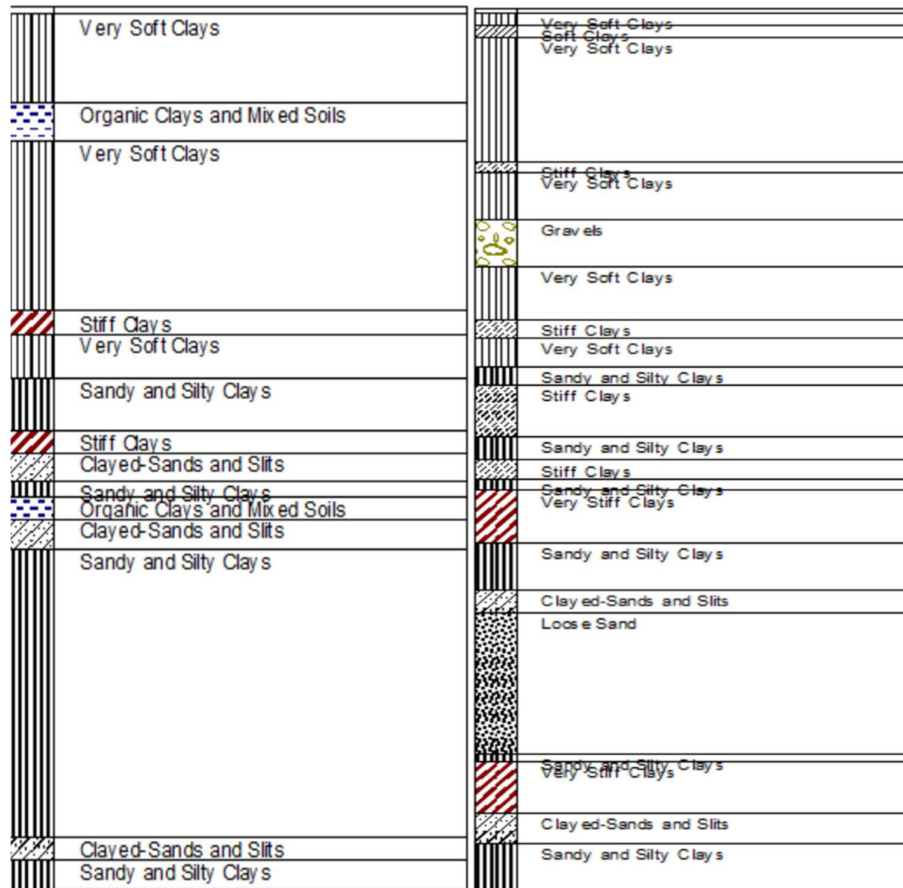
Tabel 3.2. Karakteristik Lapisan Tanah Berdasarkan Nilai qc Hasil Sondir 2

SONDIR-2		
Kedalaman (m)	qc rata-rata (kg/cm)	Karakter Tanah
0.00 – 12.60	4	
12.80-13.80	12	Lunak/Soft
13.80-14.80	9	Sedang/Medium
15.00 – 16.00	14	Lunak/Soft
16.20 – 27.20	38	Sedang/Medium
27.40 – 29.20	75	Kaku/Stiff
29.40 – 30.00	103	Sangat Kaku/Very Stiff
		Keras/Hard

Potensi likuifaksi berdasarkan data CPT umumnya dianalisis dengan mengevaluasi nilai CSR dan CRR. Melalui analisis ini, dapat diperoleh nilai FS dari suatu lapisan tanah, yang kemudian digunakan untuk menentukan tingkat potensi likuifaksi dengan menghitung nilai LPI. CSR adalah nilai tegangan geser yang biasanya dihasilkan oleh beban siklik akibat guncangan gempa bumi.

Berikut dibawah ini merupakan hasil yang didapat setelah melakukan pemodelan likuifaksi menggunakan perangkat lunak liquify4 pada daerah Sungai Pedado, Palembang, Sumatera Selatan ;

**Analisis Potensi Likuifaksi Berdasarkan Data CPT (Cone Penetration Test)
(Studi Kasus Pembangunan Jembatan Sungai Pedado)**



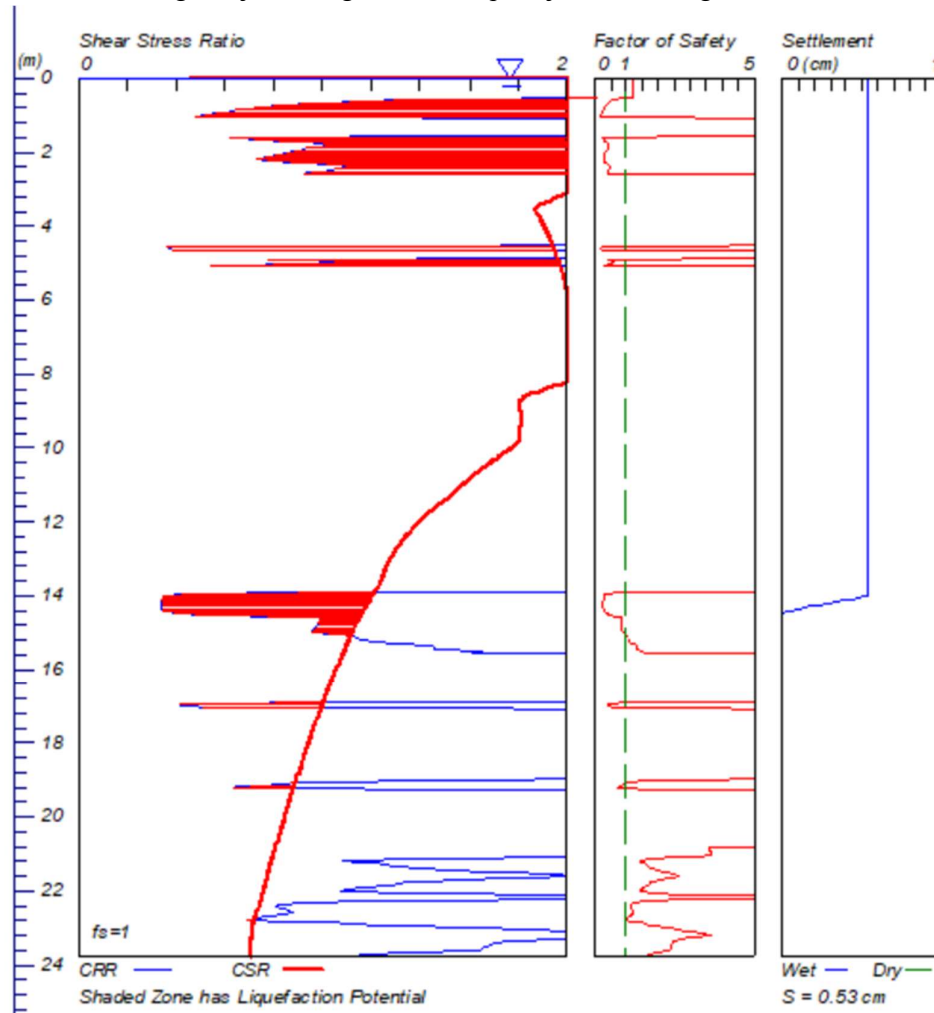
Gambar 1. Kondisi Variasi lapisan tanah setelah likuifaksi di Titik 1(a) dengan kedalaman maksimal 23,8 meter dan Titik 2(b) dengan kedalaman maksimal 30 meter, berdasarkan metode CPT

Berdasarkan Gambar 1, ditunjukkan bahwa karakteristik lapisan tanah pada daerah Sungai Pedado, Palembang, Sumatera Selatan didominasi oleh sandy and silty clays dan clayed sands and slits. Sehingga, karakteristik tanah tersebut merupakan tanah yang renggang yang merupakan karakteristik tanah yang memiliki potensi likuifaksi yang lebih besar. Pada titik pertama dan kedua pengeboran sedalam 23.8 meter dan 30 meter, pada permukaannya terdapat tanah lempung yang sangat lembut (Very Soft Clay). Pada titik pertama dan kedua pengeboran didapat 14 dan 22 lapisan tanah dengan ukuran ketebalan yang berbeda-beda. Pada titik pertama, lapisan pertama yang dimiliki adalah very soft clay (tanah liat sangat lembut) kemudian lapisan keduanya merupakan organic clay and mixed soils (tanah liat organik dan tanah campuran), kemudian kembali pada very soft clays, yang dilanjutkan dengan stiff clays (tanah liat kaku), clayed-sands and slits, sandy and silty clays, organic clays and mixed soils, clayed sands and slits, sandy and silty clays, clayed sands and slits, dan lapisan terakhir sandy and silty clays.

Dari ke-14 lapisan, diketahui 7 di antaranya mengandung pasir yang renggang. Pasir renggang merupakan salah satu karakteristik tanah yang memiliki potensi likuifaksi lebih besar. Dari ke-14 lapisan, seluruh lapisannya merupakan clays (tanah liat) dikarenakan daerah tersebut dekat dengan Sungai yang mengandung banyak air. Clays (tanah liat) merupakan karakteristik tanah yang sukar untuk mengalami likuifaksi. Oleh karena itu, perlu dilaksanakan penelitian untuk melihat bagaimana likuifaksi di wilayah titik pengeboran 1 tersebut. Sama seperti titik

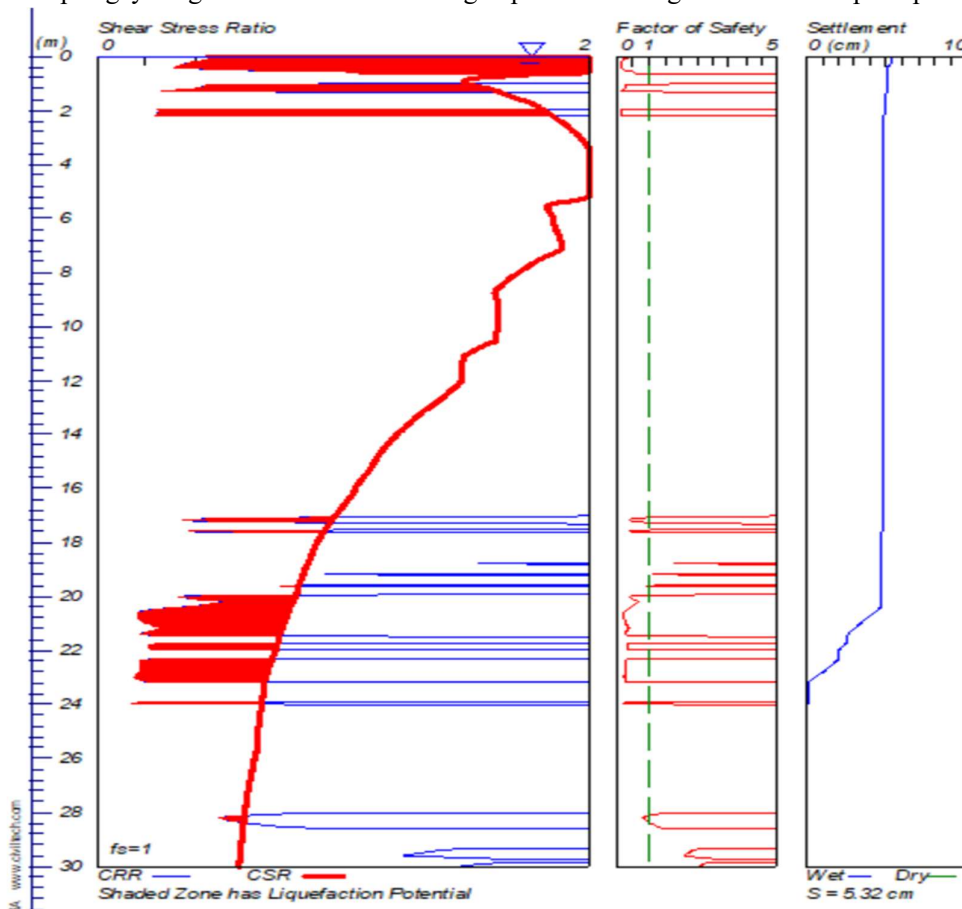
pertama, titik kedua yang memiliki 22 lapisan yang berbeda juga memiliki karakteristik yang hampir serupa. Dari gambar 1(b) dapat diambil kesimpulan bahwa karakteristik tanah pada lapisan kedua lebih beragam dibandingkan dengan tanah pada lapisan pertama. Hal ini juga disebabkan karena kedalaman tanah pada titik kedua yang lebih besar dibandingkan titik pertama, yaitu mencapai 30 meter.

Akan tetapi, kembali karena lokasi geografisnya terletak dekat dengan sungai mengakibatkan tanah di sekitar sungai juga memiliki karakteristik yang hampir mirip, yaitu mengandung banyak tanah liat (clays). Terlihat dari lapisan-lapisan pada titik kedua, yaitu very soft clays, soft clays, very soft clays, stiff clays, very soft clays, gravels, very soft clays, stiff clays, very soft clays, sandy and silty clays, stiff clays, sandy and silty clays, very stiff clays, sandy and silty clays, clayed-sands and slits, loose sand, sandy and silty clays, very stiff clays, clayed-sands and slits, sandy and silty clays. Akan tetapi, dari 22 lapisan pada titik pengeboran ke-2, 8 di antaranya memiliki karakter tanah yang renggang (slits) dan loose sand merupakan pasir yang lanau dengan butiran halus yang merupakan karakteristik tanah yang mudah mengalami likuifaksi. Sehingga, perlu dilaksanakan penelitian yang lebih mendalam tentang karakteristik tanah dengan tujuan mitigasi bencana pada jembatan Sungai Pedado.



Gambar 2. Hasil Likuifaksi pada Titik 1 di Sungai Pedado, Palembang dengan metode CPT menurut kedalaman

Berdasarkan Gambar 2, grafik tersebut menunjukkan bahwa pada Titik 1, pada mulainya dari kedalaman 1 sampai 3 meter, 4,5 sampai 5,5 meter, 14 sampai 15 meter terdapat potensi likuifaksi yang ditunjukkan dengan area merah atau CSR pada grafik tersebut. Hal tersebut menunjukkan bahwa likuifaksi masih mungkin terjadi pada kedalaman tersebut dikarenakan nilai FS (Faktor Keamanan) yang kurang dari 1 serta nilai CSR yang lebih besar dari CRR. Selain dari kedalaman tersebut memiliki potensi likuifaksi yang lebih kecil dikarenakan nilai CRR (area biru) yang lebih besar dibandingkan dengan CSR (area merah) dan nilai FS (Faktor Keamanan) yang lebih besar dari 1. Dari grafik tersebut, total penurunan (S) yang diperkirakan terjadi pada titik ini adalah 0.53 cm. Sehingga dapat disimpulkan dari gambar tersebut bahwa tanah masih mampu bertahan terhadap gaya geser siklikal dari gempa 6.6 magnitudo dan percepatan 0.7.



Gambar 3. Hasil Likuifaksi pada Titik 2 di Sungai Pedado, Palembang dengan metode CPT menurut kedalaman

Berdasarkan Gambar 3, grafik menunjukkan bahwa pada Titik 2, lapisan tanah dari permukaan atau 0 hingga kedalaman 2 meter dan pada kedalaman 20 sampai dengan 23 meter memiliki potensi likuifaksi yang signifikan, ditunjukkan oleh dominasi area merah pada grafik tersebut. Namun, selain dari kedalaman tersebut, potensi likuifaksi menurun secara signifikan, ditunjukkan oleh area merah pada grafik shear stress ratio CSR yang lebih kecil dibandingkan dengan CRR (area biru) dan nilai Faktor Keamanan (FS) yang lebih besar dari 1. Hal ini sejalan dengan karakteristik tanah liat (clays) yang memiliki potensi likuifaksi yang lebih rendah, sehingga memiliki ketahanan dalam menghadapi gempa magnitudo 6.6 dan percepatan 0.7 g yang menghasilkan gaya geser siklikal. Sementara itu, penurunan total pada titik ini diperkirakan

mencapai 5.32 cm, yang cukup besar dibandingkan dengan titik sebelumnya yang hanya mencapai 0.53 cm.

Dari kedua gambar tersebut, terlihat bahwa lapisan tanah di kedua titik memiliki potensi likuifaksi yang relatif kecil, ditunjukkan oleh analisis grafik CSR (area merah) dan CRR (area biru). Meskipun beberapa lapisan tanah memiliki karakteristik silt (renggang), jumlah lapisan tanah liat (clay) yang lebih dominan mengurangi risiko likuifaksi. Oleh karena itu, wilayah tersebut menunjukkan ketahanan yang kuat terhadap gempa berkekuatan magnitudo 6.6 dan percepatan 0.7 g. Analisis pada kedua titik pengeboran menunjukkan bahwa wilayah tersebut memiliki potensi likuifaksi yang rendah, sehingga pembangunan jembatan di Sungai Pedado sangat direkomendasikan.

Hasil analisis ini menunjukkan bahwa meskipun terdapat faktor-faktor yang biasanya meningkatkan potensi likuifaksi, seperti lapisan tanah silt dan beban gempa yang signifikan, lapisan tanah di kedua titik tersebut memiliki kemampuan mitigasi yang baik terhadap likuifaksi. Hal ini sejalan dengan dominasi tanah liat yang memiliki potensi likuifaksi rendah. Penelitian lebih lanjut dapat difokuskan pada studi komposisi tanah dan karakteristik geoteknik lainnya yang berkontribusi pada ketahanan ini. Selain itu, perlu dilakukan tinjauan material dan metode konstruksi untuk meningkatkan ketahanan jembatan di masa depan, mengingat pentingnya jembatan sebagai penghubung utama kota dengan wilayah sekitarnya.

Pemantauan dan evaluasi berkala juga diperlukan untuk memastikan bahwa potensi likuifaksi tidak meningkat seiring waktu atau dengan perubahan lingkungan. Penerapan teknologi mitigasi tambahan, seperti perkuatan tanah dan drainase, dapat dipertimbangkan untuk meningkatkan stabilitas dan keamanan wilayah tersebut. Hasil ini memberikan arahan yang lebih jelas dalam perencanaan pembangunan dan pengembangan infrastruktur, memastikan bahwa struktur yang didirikan memiliki fondasi yang kuat dan tahan terhadap likuifaksi. Kesadaran dan persiapan menghadapi gempa bumi juga harus ditingkatkan, termasuk edukasi kepada masyarakat tentang tindakan yang harus diambil selama dan setelah gempa. Secara keseluruhan, analisis potensi likuifaksi ini memberikan gambaran yang lebih jelas tentang risiko yang dihadapi dan langkah-langkah mitigasi yang dapat diambil untuk meminimalkan dampak negatifnya, serta menekankan pentingnya pendekatan yang komprehensif dan berkelanjutan dalam manajemen risiko bencana.

KESIMPULAN

Karakteristik tanah di wilayah pembangunan jembatan Sungai Pedado, Kota Palembang, Provinsi Sumatera Selatan didominasi oleh tanah liat (clays), yang memiliki potensi likuifaksi rendah. Lokasi pembangunan yang dekat dengan air meningkatkan jumlah lapisan tanah liat (clays). Hasil penelitian menunjukkan bahwa dari dua titik pengeboran, potensi likuifaksi di kedua tempat tersebut rendah. Penurunan tanah yang terjadi di kedua titik pengeboran juga relatif kecil. Meskipun terdapat beberapa lapisan tanah yang mengandung slits (pasir renggang), yang memiliki potensi likuifaksi lebih besar, dominasi tanah liat tetap menurunkan risiko potensi likuifaksi di wilayah tersebut. Oleh karena itu, penelitian ini merekomendasikan pembangunan jembatan di Sungai Pedado karena karakteristik tanah yang mendukung.

Namun, disarankan untuk melakukan penelitian dan pemantauan lebih lanjut terhadap komposisi tanah dan karakteristik geoteknik lainnya untuk mengurangi risiko yang tidak diinginkan. Kajian yang lebih serius mengenai karakteristik tanah dan air di sekitar lokasi serta peninjauan material bahan bangunan diperlukan untuk meningkatkan ketahanan jembatan tersebut. Pemantauan rutin dan evaluasi berkala juga diperlukan untuk memastikan bahwa potensi

likuifaksi tidak meningkat seiring waktu atau dengan perubahan lingkungan. Teknologi mitigasi tambahan, seperti perkuatan tanah dan drainase, dapat dipertimbangkan untuk meningkatkan stabilitas dan keamanan area tersebut. Analisis ini memberikan gambaran yang lebih jelas tentang risiko dan langkah-langkah mitigasi untuk meminimalkan dampak negatif likuifaksi, dengan menekankan pentingnya pendekatan yang komprehensif dan berkelanjutan terhadap manajemen risiko bencana

DAFTAR PUSTAKA

- Bao, Xiaohua, Zhiyang Jin, Hongzhi Cui, Xiangsheng Chen, and Xiongyao Xie. 2019. "Soil Liquefaction Mitigation in Geotechnical Engineering: An Overview of Recently Developed Methods." *Soil Dynamics and Earthquake Engineering* 120: 273–91. doi:10.1016/j.soildyn.2019.01.020.
- Hakam, Abdul, and Helmy Darjanto. 2013. "Penelusuran Potensi Likuifaksi Pantai Padang Berdasarkan Gradasi Butiran Dan Tahanan Penetrasi Standar." *Jurnal Teknik Sipil* 20(1): 33. doi:10.5614/jts.2013.20.1.4.
- Irgi Rangga Prayoga, Priangga Surya Maulana, Mohammad Chilmi Zakariyah, Ahmad Moh Wildanul Abror, and Dika Ayu Safitri. 2024. "Penyelidikan Tanah Menggunakan Metode Uji Sondir Di Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya." *Jurnal Kendali Teknik dan Sains* 2(2): 44–52.
- Musa Sjahrain, Usman, Steeva G Rondonuwu, and Herawaty Riogilang. 2021. "Analisis Potensi Likuifaksi Dengan Menggunakan Parameter Kuat Geser Tanah Lempung." *Jurnal Ilmiah Media Engineering* 11(3): 2087–9334.
- Pratama, Fajri, Agus Setiya Budi, and Wibowo. 2014. "Evaluasi Kinerja Struktur Gedung 10 Lantai Dengan Analisis Time History Pada Tinjauan Drift Dan Displacement Menggunakan Software Etabs." *Matriks Teknik Sipil* (September): 1–8. <http://matriks.sipil.ft.uns.ac.id/index.php/MaTekSi/article/view/226>.
- Putra, Hendri Gusti, Abdul Hakam, and Dody Lastaruna. 2009. "Analisa Potensi Likuifaksi Berdasarkan Data Pengujian Sondir (Studi Kasus Gor Haji Agus Salim Dan Lapai, Padang)." *Jurnal Rekayasa Sipil (JRS-Unand)* 5(1): 11. doi:10.25077/jrs.5.1.11-22.2009.
- Setiawan, Hendra, and Sigit Kurniawan. 2021. "Karakteristik Tanah Terdampak Dan Tidak Terdampak Likuifaksi Berdasarkan Uji Swedish Weight Sounding Pada Kelurahan Petobo." *Inersia: Jurnal Teknik Sipil* 13(1): 1–7. doi:10.33369/ijts.13.1.1-7.
- Tanjung, Jafril, and Nilda Tri Putri. 2023. "Identifikasi Penyebab Kerusakan Konstruksi Bangunan Beton Bertulang Pasca Bencana Gempa Bumi." *Jurnal Bangunan, Konstruksi & Desain* 1(2): 72–78. doi:10.25077/jbkd.1.2.72-78.2023.
- Tohari, Adrin, Khoris Sugianti, Arifan Jaya Syahbana, and Eko Soebowo. 2015. "KERENTANAN LIKUIFAKSI WILAYAH KOTA BANDA ACEH BERDASARKAN METODE UJI PENETRASI KONUS." *Jurnal Riset Geologi dan Pertambangan* 25(2): 99. doi:10.14203/risetgeotam2015.v25.204.
- Warman, Hendri, and Dwifitria Y. Jumas. 2013. "Kajian Potensi Likuifaksi Pasca Gempa Dalam Rangka Mitigasi Bencana Di Padang." *Jurnal Rekayasa Sipil (JRS-Unand)* 9(2): 1. doi:10.25077/jrs.9.2.1-19.2013.