

Analisis Potensi Likuifaksi Menggunakan Data CPT (*Cone Penetration Test*): Studi Kasus Proyek Konstruksi Tangki Bahan Bakar di Masohi

Arifah Ismi Ambiya¹, *Yerry Kahaditu Firmansyah¹, Bagas Aryaseta¹, Miguel Felix Wijaya¹

¹Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Sains, UPN "Veteran" Jawa Timur, Surabaya

^{*}yerry.kahaditu.ts@upnjatim.ac.id

Abstract

The Province of Maluku is a region with high seismicity that is prone to liquefaction hazards, particularly in coastal areas with shallow groundwater levels and saturated soil conditions. This study aims to analyze soil behavior indices and liquefaction potential at the site of the Fuel Tank construction in Masohi, Central Maluku, using Cone Penetration Test (CPT) data by comparing the methods of Cetin (2004) and Idriss–Boulanger (2014), as well as comparing the results with a previous study by Latifi dkk. (2023) used the methods of Olsen (1997), Juang (2003), and Robertson (1998), while Irmasanti dkk. (2020) used the methods of Youd–Idriss (1996) and Cetin (2004) with different soil characteristics. The classification results indicate a predominance of silty clay soils that are potentially susceptible to liquefaction. In the Masohi case study, relatively similar Cyclic Stress Ratio (CSR) patterns were observed, with the Idriss–Boulanger (2014) method yielding higher Cyclic Stress Ratio (CSR) values than the Cetin (2004) method. Analysis of the Cyclic Resistance Ratio (CRR) showed significant differences; the Idriss–Boulanger method exhibited higher sensitivity to changes in soil type and parameters, whereas the Cetin method tended to yield more stable values. A similar finding was reported in the studies by Latifi dkk. (2023) and Irmasanti dkk. (2020), which demonstrated that soil characteristics and calculation formulations lead to varying analysis results across methods regarding liquefaction potential as indicated by the Cyclic Resistance Ratio (CRR) values.

Keywords: Liquefaction analysis, Semi-empiris method, CPT data, Case study Maluku

Abstrak

Provinsi Maluku merupakan wilayah dengan tingkat seismisitas tinggi yang rentan terhadap bahaya likuifaksi, terutama pada area pesisir dengan muka air tanah dangkal dan kondisi tanah jenuh. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis indeks perilaku tanah dan potensi likuifaksi pada lokasi pembangunan Tangki Bahan Bakar di Masohi, Maluku Tengah, menggunakan data *Cone Penetration Test* (CPT) melalui perbandingan metode Cetin (2004) dan Idriss–Boulanger (2014), serta membandingkan hasilnya dengan penelitian terdahulu oleh Latifi dkk. (2023) menggunakan metode Olsen (1997), Juang (2003), dan Robertson (1998) dan Irmasanti dkk. (2020) menggunakan Youd Idriss (1996) dan Cetin (2004) dengan karakteristik tanah yang berbeda. Hasil klasifikasi menunjukkan dominan tanah *silty clay* yang berpotensi mengalami likuifaksi. Pada studi kasus Masohi menghasilkan pola *Cyclic Stress Ratio* (CSR) yang relatif serupa, dengan metode Idriss–Boulanger (2014) memberikan nilai *Cyclic Stress Ratio* (CSR) yang lebih besar dibandingkan metode Cetin (2004). Analisis *Cyclic Resistance Ratio* (CRR) menunjukkan perbedaan yang signifikan, metode Idriss–Boulanger memiliki sensitivitas yang lebih tinggi terhadap perubahan tipe dan parameter tanah, sedangkan metode Cetin cenderung menghasilkan nilai yang lebih stabil. Hal serupa juga terjadi pada penelitian Latifi dkk. (2023) dan Irmasanti dkk. (2020) yang menunjukkan bahwa karakteristik tanah dan formulasi perhitungan membentuk hasil analisis yang bervariasi tiap metodenya terhadap potensi likuifaksi pada nilai *Cyclic Resistance Ratio* (CRR).

Kata Kunci: Analisis likuifaksi, Metode semi-empiris, data CPT, Studi kasus Maluku

PENDAHULUAN

Provinsi Maluku memiliki tingkat seismik tinggi yang diakibatkan oleh pertemuan dua lempeng, Lempeng Laut Filipina dan Lempeng Sangihe yang membentuk akumulasi medan tegangan Zona Tabrakan Laut Maluku (Arfiani dkk., 2024). Pada zona ini memiliki banyak sebaran pusat gempa yang menyebabkan Provinsi Maluku rentan terhadap bencana yang diakibatkan gempa bumi. Kerusakan yang timbul akibat gempa bumi umumnya disebabkan oleh hilangnya daya dukung tanah, salah satu dampak dari kerusakan yang timbul pada lapisan tanah, yaitu terjadinya likuifaksi (Subakti & Renagustiarini, t.t.).

Likuifaksi sendiri merupakan kondisi berubahnya perilaku tanah menjadi seperti cairan (*liquid*) karena kehilangan kuat geser pada lapisan tanah. Berdasarkan kondisi kondisi seismologi Maluku memiliki nilai PGA menurut Desain Spektra Indonesia (2021) berkisar antara 0,5–0,6 g, dimana berada di atas kondisi

rentan ($>0,1$ g) untuk terjadinya likuifaksi. Selain itu catatan Katalog Gempa Bumi Signifikan dan Merusak oleh BMKG juga menunjukkan kejadian gempa dengan magnitudo ≥ 5 (Agustina & Karlinasari, 2024).

Likuifaksi juga dapat terjadi dipengaruhi oleh jenis dan kondisi tanah. Likuifaksi umumnya terjadi pada tanah non-kohefif/granular atau tanah dengan banyak kandungan pasir dengan kondisi muka air tanah yang dangkal (Farichah & Kumala Sari, 2019; Irmasanti dkk., 2020; Ramadhan dkk., 2023). Ketika perambatan gelombang geser terjadi akibat gempa bumi celah antar partikel pasir atau tanah dengan banyak kandungan pasir akan terisi air (Chaerania dkk., 2025). Hal ini menyebabkan tekanan air pori meningkat mendekati hingga melampaui tegangan vertikal. Tekanan air pori yang meningkat akan menurunkan tegangan efektif tanah, sehingga kekuatan, kekakuannya dan daya dukungnya menurun dan tidak lagi mampu menahan beban di atasnya (Galuh Oktafiani & Sasmayaputra, 2025; Kusmanto dkk., 2024).

Pembangunan Tangki Bahan Bakar Masohi di Kabupaten Maluku Tengah berada pada zona kerentanan sedang terhadap likuifaksi. Tangki Bahan Bakar Masohi yang berada di area pesisir memiliki muka air tanah relatif dangkal (Buana dkk., 2019). Berdasarkan data sondir/CPT (*Cone Penetration Test*) pada titik penyelidikan, ditemukan lapisan dengan nilai tahanan ujung konus (q_c) rendah <50 kg/cm² yang mengindikasikan karakteristik tanah lepas (Wulandari dkk., 2023). Mengingat kondisi geologinya yang terletak di zona subduksi WadatiBenioff yang aktif dan berada pada zona gempa sedang hingga tinggi (BADAN GEOLOGI, 2026; Pusat Studi Gempa Nasional (PuSGeN), 2025). Analisis potensi likuifaksi secara kuantitatif perlu dilakukan sebagai dasar mitigasi dan evaluasi keamanan geoteknik.

Metodologi analisis potensi likuifaksi yang ada berkembang melalui “*simplified procedure*” oleh Seed dan Idriss (1971) berbasis data SPT (*Standard Cone Penetration Test*). Seiring berkembangnya *simplified procedure* berbasis data SPT, analisis likuifaksi berbasis data CPT dikembangkan tanpa harus melakukan korelasi terhadap nilai N-SPT lalu diaplikasikan terhadap analisis berbasis data SPT. Investigasi tanah menggunakan sondir/CPT juga memberikan data kontinu dan representatif terhadap variasi lapisan tanah, dengan data hasil investigasi yang cenderung konsisten dalam memberikan detail interpretasi lapisan dan jenis tanah (Youd & Idriss, 1997).

Pada setiap metode analisis memiliki konsep dasar yang sama dalam mengevaluasi potensi likuifaksi tanah, yaitu dengan membandingkan besarnya beban siklik akibat gempa (*Cyclic Stress Ratio/CSR*) terhadap ketahanan tanah terhadap pembebanan siklik (*Cyclic Resistance Ratio/CRR*), namun memiliki prosedur penentuan parameter yang berbeda, khususnya dalam cara memperoleh nilai ketahanan tanah (CRR) berdasarkan data uji lapangan serta faktor koreksi yang digunakan dalam proses perhitungannya. Pada analisis oleh Robertson & Wride (1995) menggunakan metode empiris dengan melakukan normalisasi tahanan konus dan indeks perilaku tanah (I_c) untuk menentukan nilai CRR. Analisis oleh Cetin (2004) memperkenalkan metode semi-empiris dengan pendekatan probabilistik, dimana menggunakan distribusi normal dan mempertimbangkan peluang terjadinya likuifaksi. Pada analisis terbaru oleh Idriss–Boulanger (2014) menyempurnakan metode Robertson & Wride (1995) dimana normalisasi tahanan konus dan indeks perilaku tanah (I_c) digunakan dengan memasukkan koreksi tegangan overburden ($K\sigma$) dan MSF (*Magnitude Scaling Factor*) untuk menentukan nilai CRR (Boulanger dkk., 2014; Farichah, 2019).

Tujuan dari penelitian ini untuk menganalisis tipe perilaku tanah (*Soil Behavior Type/SBT*) berdasarkan data CPT. Kemudian, akan dilakukan perbandingan dengan penelitian lain yang menggunakan data CPT sebagai analisis potensi likuifaksi.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan teknik mengelola data sekunder berupa data

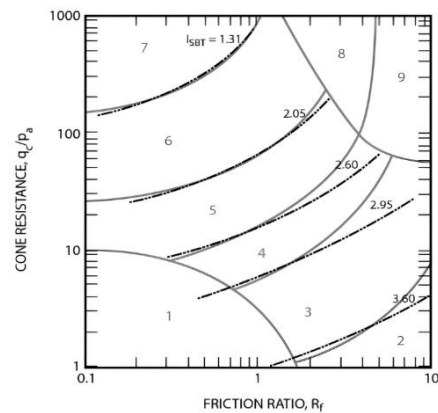
pengujian sondir/CPT (*Cone Penetration Test*) pada Tangki Bahan Bakar Masohi di Maluku Tengah. Pada penelitian ini dilakukan pengklasifikasian jenis tanah dan penentuan parameter tanah berupa *unit weight* (γ) pada titik sondir koordinat 3°17'48.36”S dan 128°57'15.31”E, kemudian dilakukan analisis potensi likuifaksi dari data sekunder yang diperoleh, sebagai berikut:

- a. Kedalaman : 9,6 m
- b. Muka air tanah : 1,5 m
- c. Magnitudo rencana: 7,5 SR
- d. α_{max} : 0,66 g (Kelas situs SD/sedang)
- e. Pa : 101,325 kN/m²

Hasil analisis pada penelitian ini kemudian akan dilakukan perbandingan dengan penelitian terdahulu oleh Latifi dkk., 2023 dan Irmasanti dkk., 2020. Ketiga penelitian ini—Tangki Bahan Bakar Masohi, Latifi dkk., 2023 dan Irmasanti dkk., 2020, kemudian akan dilakukan perbandingan melalui perilaku grafik hasil analisis variasi metode dengan titik tinjau yang berbeda.

Klasifikasi dan Parameter Tanah

Klasifikasi tanah dengan investigasi sondir/CPT menggunakan grafik *Soil Behavior Type* yang dikembangkan oleh Robertson (1986) yang terdiri dari 12 zona, kemudian disederhanakan menjadi 9 (Robertson, 2010). Pada grafik tersebut menggunakan resistensi kerucut tak berdimensi (q_t/P_a) dan *friction ratio* ($(f_s/q_t)*100$), dimana nilai P_a merupakan tekanan atmosfer dengan satuan yang sama dengan resistensi kerucut (q_c).



Gambar 1. Zona SBTn

Sumber: Robertson, (2010)

Tabel 1. Deskripsi Zona SBTn

Zona	Soil Behaviour Type
1	<i>Sensitive fine-grained</i>
2	<i>Clay - organic soil</i>
3	<i>Clays: clay to silty clay</i>
4	<i>Silt mixtures: clayey silt & silty clay</i>
5	<i>Sand mixtures: silty sand to sandy silt</i>
6	<i>Sands: clean sands to silty sands</i>
7	<i>Dense sand to gravelly sand</i>
8	<i>Stiff sand to clayey sand*</i>
9	<i>Stiff fine-grained*</i>

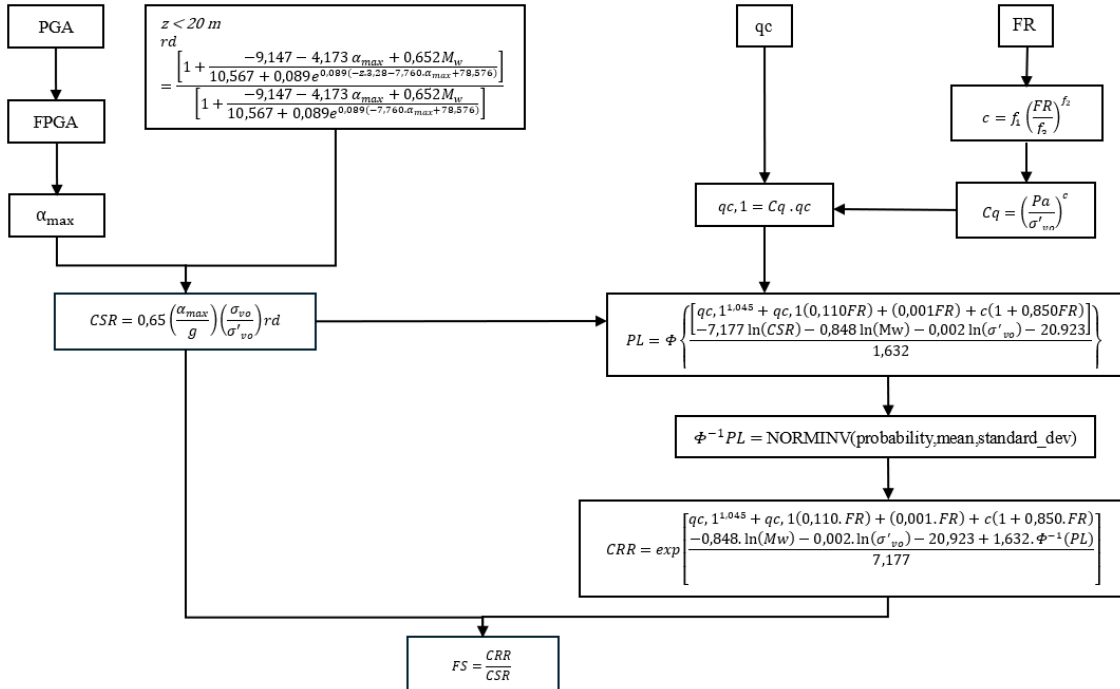
Sumber: Robertson, (2010)

Unit weight/berat volume tanah diperoleh menggunakan menggunakan persamaan oleh Robertson & Cabal, 2010. Dimana R_f merupakan friction ratio(f_s/q_t) dalam satuan persen, γ_w merupakan berat volume air dengan satuan yang sama dengan γ .

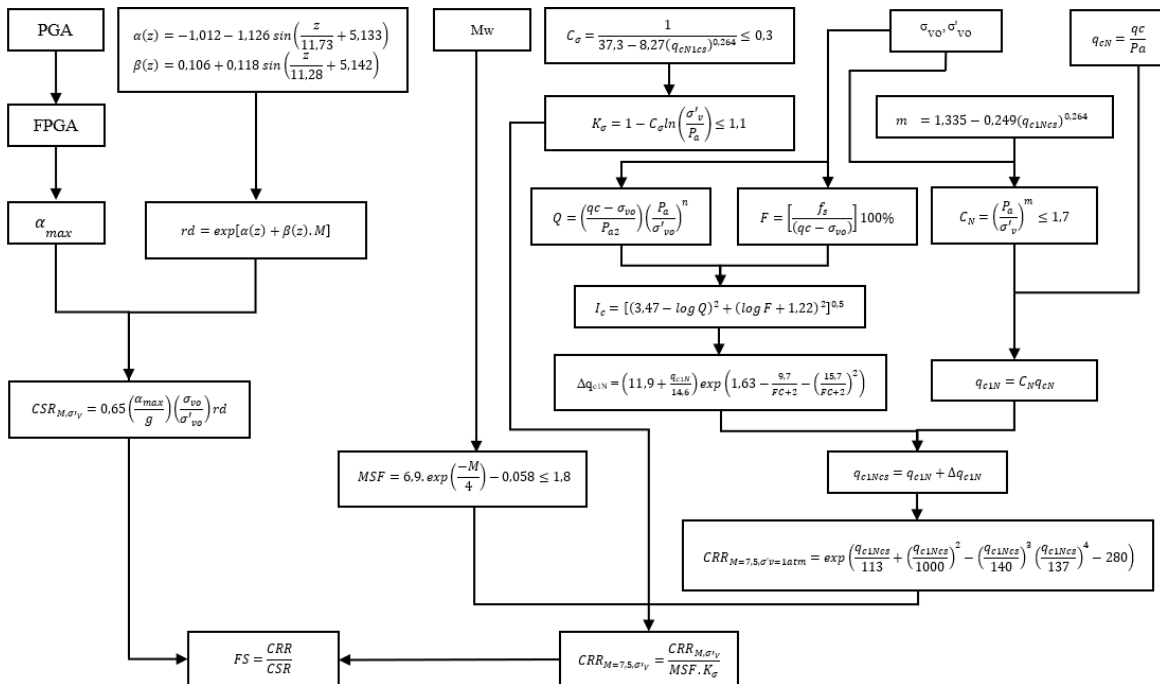
$$\gamma/\gamma_w = 0,27[\log R_f] + 0,36[\log(q_t/P_a)] + 1,236 \quad (1)$$

Metode Analisis Likuiifikasi

Analisis potensi likuifaksi pada Tangki Bahan Bakar Masohi menggunakan 2 metode analisis, berupa metode Cetin (2004) dan metode Idriss-Boulanger (2014). Kedua metode ini membandingkan nilai CRR dengan CSR untuk memperoleh faktor keamanan (FS). Berikut merupakan bagan alir perhitungan pada metode Cetin (Gambar 2) dan Idriss-Boulanger (Gambar 3).



Gambar 2. Bagan Alir Perhitungan Metode Cetin (2004)
Sumber: Moss dkk., (2006)

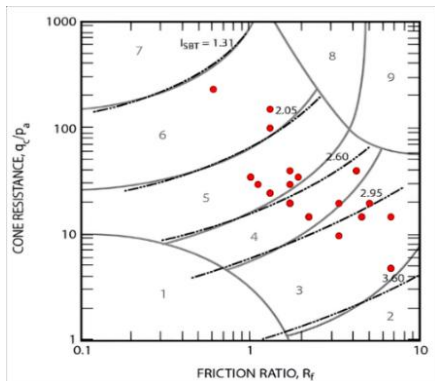


Gambar 3. Bagan Alir Perhitungan Metode Idriss-Boulanger (2014)
Sumber: Boulanger dkk., (2014)

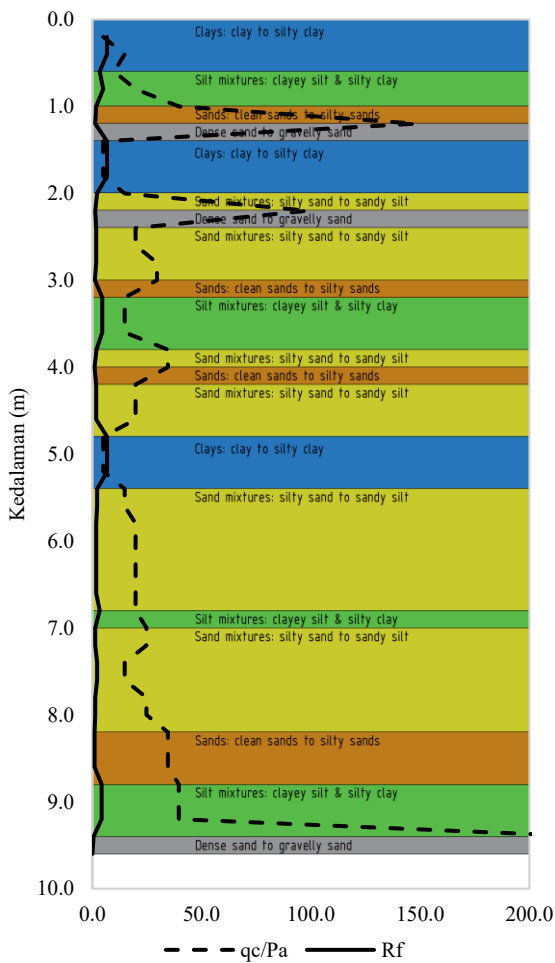
HASIL DAN PEMBAHASAN

Klasifikasi dan Parameter Tanah

Pada grafik SBT (tipe perilaku tanah) jenis tanah diperoleh menggunakan parameter hasil pengujian sondir berupa q_c/P_a (tahanan konus yang dinormalisasi) dan R_f (rasio gesekan). Jenis tanah yang telah diklasifikasikan dapat mempermudah visualisasi kondisi tanah dengan potensi likuifaksi. Berdasarkan hasil klasifikasinya, menunjukkan sebagian besar jenis tanah berada pada zona 4 berupa *silt mixtures*.



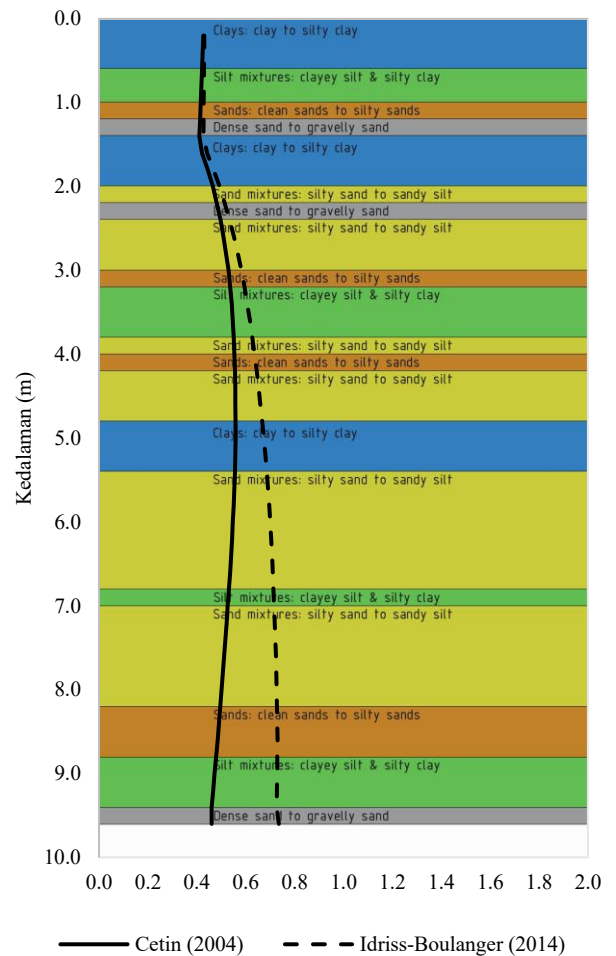
Gambar 4. Hasil Analisis Zona SBTn
Sumber: Hasil Pengolahan Penelitian, (2026)



Gambar 5. Grafik Parameter SBTn
Sumber: Hasil Pengolahan Penelitian, (2026)

Analisis Likuifaksi

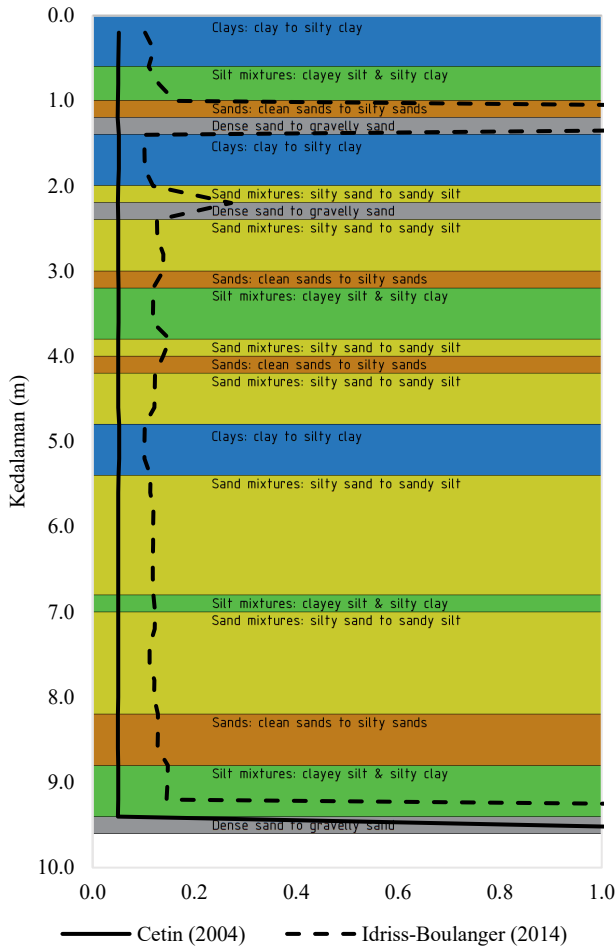
Analisis potensi likuifaksi secara kuantitatif dilakukan dengan membandingkan beban siklik yang diterima tanah akibat gempa dengan beban yang dapat ditahan oleh tanah. Parameter yang digunakan pada penelitian ini berupa CSR (*Cyclic Stress Ratio*) dan CRR (*Cyclic Resistance Ratio*). Nilai CSR pada kedua metode—metode Cetin (2004) dan Idriss-Boulanger (2004) memiliki pola grafik yang sama, dimana setelah kedalaman 1,4 m mengalami kenaikan nilai yang signifikan. Analisis CSR berbanding lurus terhadap kedalaman lapisan tanah, yang mana ditunjukkan dengan kenaikan nilai CSR seiring bertambahnya kedalaman. Nilai pada metode Idriss-Boulanger lebih besar dibandingkan metode Cetin. Hal ini dipengaruhi oleh nilai tegangan *overburden* yang terjadi akibat muka air tanah yang berada pada kedalaman 1,5 m.



Gambar 6. Analisis Nilai CSR Tangki Bahan Bakar Masohi
Sumber: Hasil Pengolahan Penelitian, (2026)

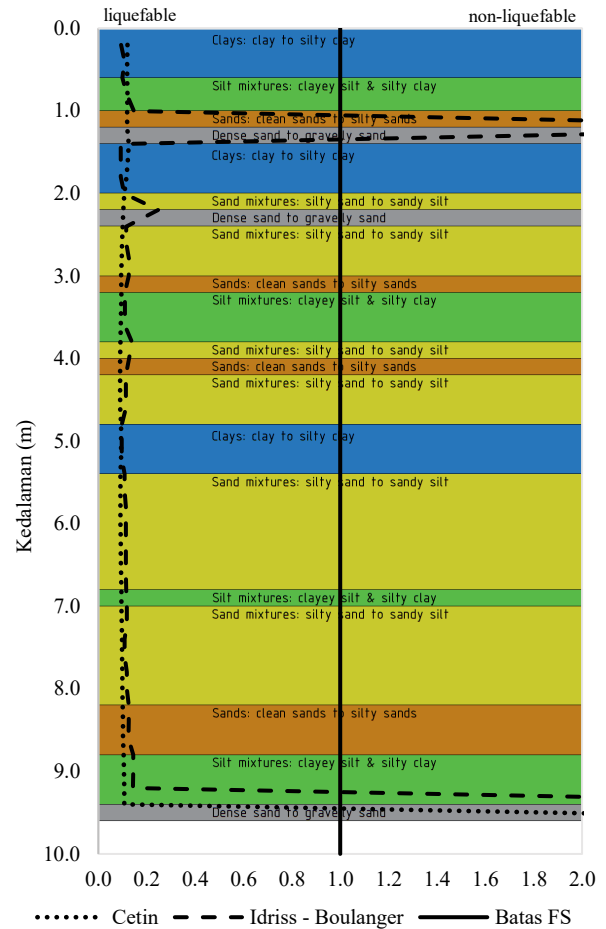
Nilai CRR merupakan beban siklik akibat gempa yang dapat ditahan oleh tanah. Metode Idriss-Boulanger menunjukkan sensitivitas terhadap setiap lapisan tipe tanah yang berbeda, ditunjukkan pada tanah lensa di kedalaman 1,2 m dan 2,2 m nilai CRR-nya meningkat secara signifikan dibandingkan metode Cetin. Selain itu, pola grafik pada tipe

tanah *clays* dan *silt mixtures* di metode Idriss-boulanger cenderung memiliki nilai CRR yang rendah dibandingkan tipe tanah *sands* dan *sand mixtures*, sedangkan pada metode Cetin nilainya cenderung stabil dengan nilai CRR yang semakin kecil pada kedalaman lapisan tanah yang semakin meningkat.



Gambar 7. Analisis Nilai CRR Tangki Bahan Bakar Masohi
Sumber: Hasil Pengolahan Penelitian, (2026)

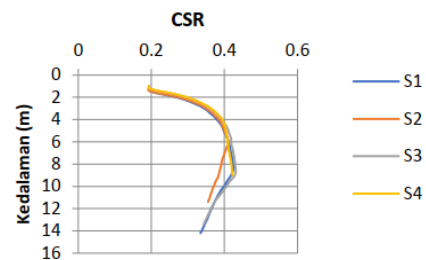
Safety factor (FS) pada analisis likuifaksi diperoleh dengan membandingkan nilai CRR dan CSR. Nilai SF digunakan untuk menentukan parameter pada lapisan tanah yang berpotensi terhadap likuifaksi. Batas nilai FS yang digunakan adalah 1, dimana apabila nilai $FS \geq 1$ maka lapisan tanah tidak berpotensi likuifaksi dan apabila nilainya < 1 maka berpotensi terjadi likuifaksi. Pada metode Cetin menunjukkan nilai yang konstan dan stabil, meskipun terdapat lapisan tanah lensa pada kedalaman 1,2 m dan 2,2 m. Sedangkan, pada metode Idriss-Boulanger lapisan lensa pada kedalaman 2,2 m berpotensi mengalami likuifaksi dikarenakan berada pada kondisi jenuh air. Selain itu, parameter tanah berupa analisis nilai CRR hingga nilai tahanan konus (q_c) dan nilai *friction ratio* (Fr) pada metode Idriss-Boulanger sangat mempengaruhi hasil FS pada setiap tipe lapisan tanahnya, dengan nilai FS paling kecil didominasi oleh tipe tanah *clays: clay to silty clay*.



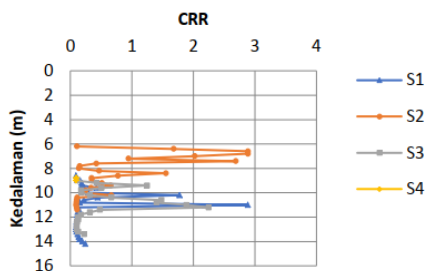
Gambar 8. Analisis Nilai FS Tangki Bahan Bakar Masohi
Sumber: Hasil Pengolahan Penelitian, (2026)

Perbandingan dengan Penelitian Terdahulu

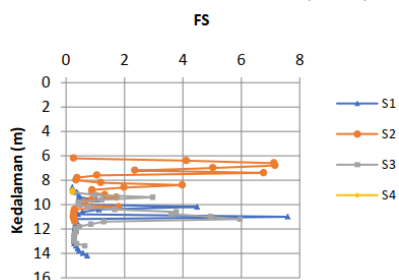
Penelitian oleh Latifi dkk., 2023 berupa analisis dengan metode semi-empiris di lembah Oued Gharifa, barat laut Maroko. Analisis dilakukan dengan 3 metode berbeda—metode Olsen (1997), Juang (2003), dan Robertson (1998). Lokasi penelitian yang diambil berada pada jalur kereta api berkecepatan tinggi Area 2 – KP 228+860, dengan jenis tanah dominan berupa *beige silty clay* yang berada di kedalaman 9 m – 14 m. Pada penelitian oleh Irmasanti dkk., 2020, dilakukan analisis di Proyek-X Surabaya dengan metode Cetin (2004) dan Youd-Idriss (1996). Lokasi penelitian yang ditampilkan berupa potongan data pada titik S-02 dengan kondisi tanah dominan berupa *gravelly sand* sebagai berikut.



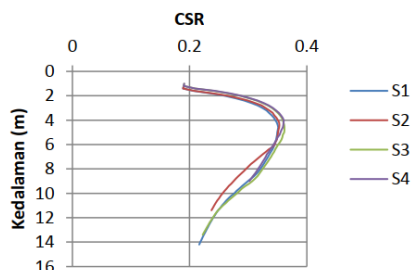
Gambar 9. Analisis Nilai CSR Metode Youd-Idriss (1996)
Sumber: Irmasanti dkk., (2020)



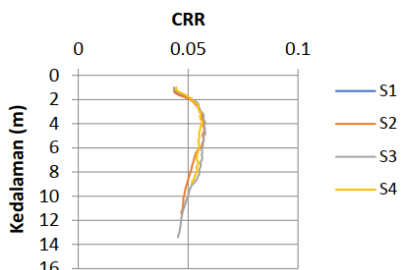
Gambar 10. Analisis Nilai CRR Metode Youd-Idriss (1996)
Sumber: Irmasanti dkk., (2020)



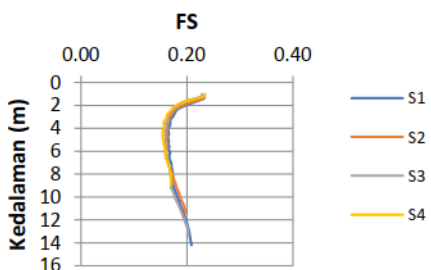
Gambar 11. Analisis Nilai FS Metode Youd-Idriss (1996)
Sumber: Irmasanti dkk., (2020)



Gambar 12. Analisis Nilai CSR Metode Cetin (2004)
Sumber: Irmasanti dkk., (2020)



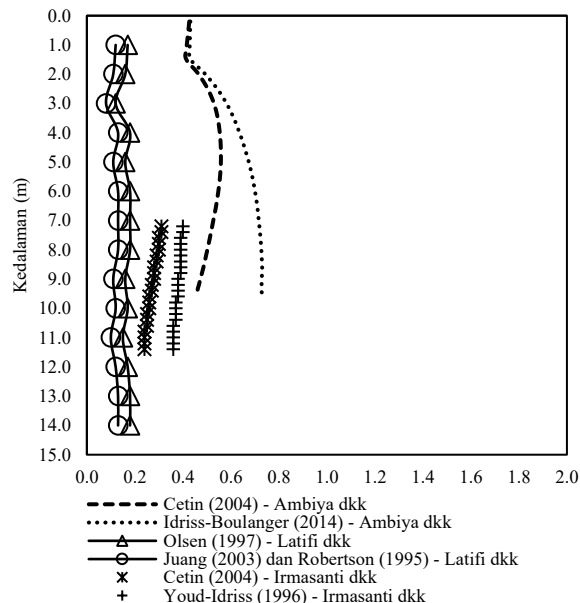
Gambar 13. Analisis Nilai CRR Metode Cetin (2004)
Sumber: Irmasanti dkk., (2020)



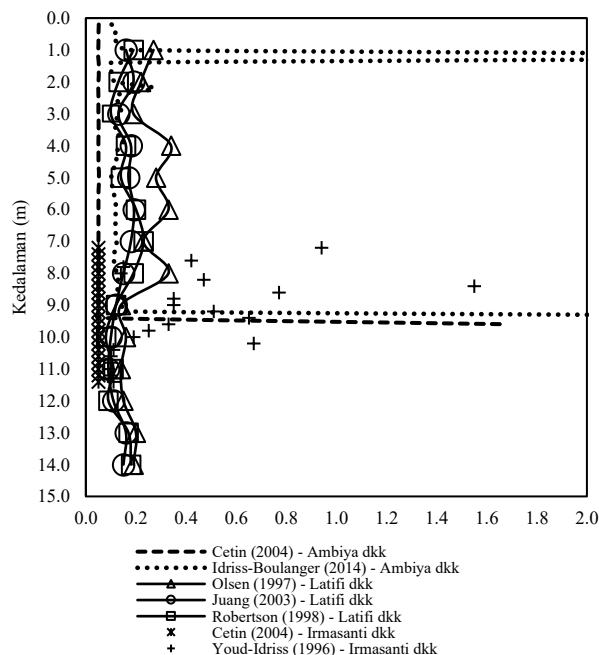
Gambar 14. Analisis Nilai FS Metode Cetin (2004)
Sumber: Irmasanti dkk., (2020)

Hasil analisis perbandingan nilai CSR pada ketiga penelitian—Gambar 15, menunjukkan variasi metode analisis yang berbeda pada satu titik pengujian yang sama

menghasilkan pola grafik yang sama pula, namun besaran nilainya berbeda. Hal ini dikarenakan formula CSR bermula pada “*simplified procedure*” yang dibedakan oleh koefisien reduksi (rd).



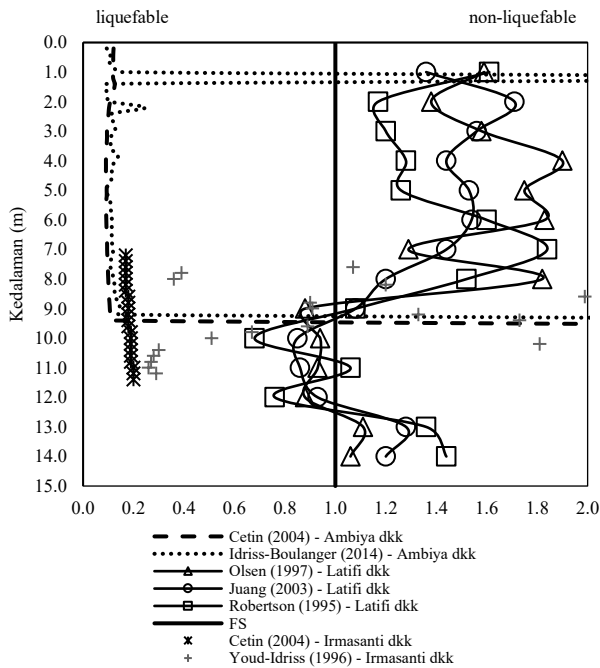
Gambar 15. Perbandingan Analisis Nilai CSR pada 3 Penelitian
Sumber: Hasil Pengolahan Penelitian, (2026)



Gambar 16. Perbandingan Analisis Nilai CRR pada 3 Penelitian
Sumber: Hasil Pengolahan Penelitian, (2026)

Nilai CRR pada ketiga penelitian—Gambar 16, menunjukkan pola grafik yang bervariasi, sebagai bentuk respon yang berbeda pada masing-masing parameter tanah. hal tersebut ditunjukkan pula pada analisis menggunakan metode Cetin oleh Irmasanti dkk., 2020 dan Ambiya dkk. (Tangki Bahan Bakar Masohi) dimana keduanya memiliki karakteristik tanah yang berbeda, sehingga menghasilkan nilai CRR berbeda pula dapat dengan perbedaan signifikan

pada kedalaman 1 m – 6 m—dapat dilihat pada Gambar 12. Pada Gambar 17, menunjukkan hasil perbandingan nilai CRR dan CSR pada Gambar 9 dan 10 dengan batas FS yang digunakan adalah FS = 1.



Gambar 17. Perbandingan Analisis Nilai FS pada 3 Penelitian

Sumber: Hasil Pengolahan Penelitian, (2026)

KESIMPULAN

Pada bidang geoteknik, likuifaksi merupakan fenomena dinamika tanah yang perlu diperhatikan. Fenomena ini terjadi dengan kombinasi dari beberapa faktor, terdapat energi seismik yang cukup besar, tanah memiliki kerentanan terhadap likuifaksi dan kondisi tanah yang jenuh terhadap air. Ketika faktor tersebut terpenuhi akan menyebabkan perubahan sifat tanah menjadi cairan (likuifaksi) yang dapat merusak struktur tanah dan bangunan di atasnya.

Analisis potensi likuifaksi pada Pembangunan Tangki Bahan Bakar menunjukkan perbandingan analisis metode Cetin dan metode Idriss-Boulanger. Perbandingan kedua metode ini memperoleh metode Idriss-Boulanger yang lebih sensitif dan cocok untuk beradaptasi terhadap perubahan parameter tanah. Dimana nilai FS pada metode Idriss-Boulanger, dengan lapisan *dense sand to gravelly sand* pada kondisi diatas muka air tanah dan pada lapisan tanah keras menunjukkan lapisan yang tidak terlikuifaksi. Sedangkan, metode Cetin memiliki nilai FS yang lebih kecil dibandingkan metode Idriss-Boulanger, selain itu nilai FS-nya lebih konstan tanpa menunjukkan pengaruh signifikan terhadap perubahan parameter pada lapisan tanah, sehingga metode Cetin dapat digunakan sebagai acuan batas kritis pada analisis potensi likuifaksi pada Pembangunan Tangki Bahan Bakar Masohi.

Pada ketiga penelitian, menunjukkan nilai parameter CSR cenderung lebih konsisten antar metode karena bergantung pada parameter gempa dan tegangan

tanah hasil penggunaan metode yang bervariasi dapat menunjukkan perbedaan respons tiap metode terhadap perbedaan jenis dan nilai parameter pada pengujian tanah. Perbedaan hasil antar metode menunjukkan bahwa pemilihan metode analisis likuifaksi perlu disesuaikan dengan karakteristik tanah dan tujuan evaluasi, selain itu perubahan parameter akan menunjukkan hasil analisis yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, S., & Karlinasari, R. (2024). PREDIKSI PENURUNAN TANAH AKIBAT LIKUIFAKSI DI CILACAP SELATAN. *Jurnal Teknik SILITEK*, (2), 238–7.
<https://doi.org/https://doi.org/10.51135/p212dr59>
- Arfiani, I., Normawati, D., & Suratin, M. D. (2024). Analisis dan Visualisasi Periodisitas Gempa Bumi di Maluku Utara. *Jurnal Ilmiah FIFO*, 16(1), 37.
<https://doi.org/10.22441/fifo.2024.v16i1.004>
- BADAN GEOLOGI. (2026). *ATLAS Kawasan Rawan Bencana Gempa Bumi (KRBG) Indonesia* (L. Saria & P. H. Wijaya, Eds.). Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Boulanger, R. W., Idriss, I. M., & Boulanger, R. W. (2014). *CPT AND SPT BASED LIQUEFACTION TRIGGERING PROCEDURES*. Center for Geotechnical Modeling.
- Buana, T. W., Hermawan, W., Rahdiana, R. N., Wahyudin, R. W., Hasibuan, G., Wiyono, & Sollu, W. P. (2019). *Atlas Zona Kerentanan Likuefaksi Indonesia* (Andiani & Sugalang, Eds.; 1st ed.). BADAN GEOLOGI: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Chaerania, A., Solin, D. P., & Farichah, D. H. (2025). ANALISIS POTENSI LIKUIFAKSI BERDASARKAN DATA SPT MENGGUNAKAN METODE HYPERBOLIC FUNCTION DENGAN VARIASI MAGNITUDO. 480–489.
<http://jurnal.univrab.ac.id/index.php/racic>
- Farichah, H. (2019). A comparative study of deterministic approach for assessing liquefaction potential. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 669(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/669/1/012041>
- Farichah, H., & Kumala Sari, P. T. (2019). Analisis Potensi Likuifaksi dengan Metode Deterministik di Wilayah Surabaya. *Reka Buana : Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Dan Teknik Kimia*, 4(1), 68–76.
<https://doi.org/10.33366/rekabuana.v4i1.1195>
- Galuh Oktafiani, P., & Sasmayaputra, A. (2025). Assessment Probability of Soil Liquefaction Potential Based on SPT Data with NovoLIQ Application. *INERSIA*, 21(1).
<https://doi.org/https://doi.org/10.21831/inersia.v21i1.78664>
- Irmasanti, Isnaniati, & Farichah, H. (2020). Analisis Potensi Likuifaksi Dengan Data CPT (Cone Penetration Test) Studi Kasus Proyek-X Di Surabaya Pusat. 5(1), 406–415.
<https://doi.org/https://doi.org/10.30651/ag.v5i1.4979>

- Kusmanto, Ismanti, S., & Setiawan, A. F. (2024). ASSESSMENT OF LIQUEFACTION RISK WITH UNIDENTIFIED SEISMIC PARAMETERS FOR NEWLY-DISCOVERED FAULTS: NUMERICAL ANALYSIS. *International Journal of GEOMATE*, 26(114), 50–59. <https://doi.org/10.21660/2024.114.4192>
- Latifi, F. E., Baba, K., Ardouz, G., & Bouanani, L. E. L. (2023). Evaluation of Liquefaction Potential based on Cone Penetration Test (CPT) and Semi-empirical Methods. *Civil Engineering Journal (Iran)*, 9(2), 423–436. <https://doi.org/10.28991/CEJ-2023-09-02-013>
- Moss, R. E. S., Seed, R. B., Kayen, R. E., Stewart, J. P., & Der Kiureghian, A. (2006). *CPT-Based Probabilistic Assessment of Seismic Soil Liquefaction Initiation*.
- Pusat Studi Gempa Nasional (PuSGeN). (2025). *PETA SUMBER DAN BAHAYA GEMPA INDONESIA TAHUN 2024* (1st ed.). Kementerian Pekerjaan Umum.
- Ramadhan, M. H. N., Syam, R., & Aminy, A. Y. (2023). Analisis Getaran Shake Table Menggunakan Mekanisme Hidrolik Untuk Studi Ekperimental Potensi Likuifaksi. *JOURNAL BEARINGS: BORNEO MECHANICAL ENGINEERING AND SCIENCE*, 2. <https://doi.org/10.35334/bearings.v2i2.4253>
- Robertson, P. K. (2010, May). *Soil behaviour type from the CPT: an update*.
- Robertson, P. K., & Cabal, K. L. (2010, May). *Estimating Soil Unit Weight from CPT*.
- Subakti, H., & Renagustiarini, W. (n.d.). *Analisis Potensi Likuifaksi menggunakan Data Kecepatan Gelombang Geser (Vs) (Studi Kasus Bencana Likuifaksi di Balaroa Palu akibat Gempabumi 28 September 2018)*.
- Wulandari, Andriani, & Hakam, A. (2023). PENGARUH PERBAIKAN TANAH DENGAN MENGGUNAKAN METODE GROUTING SEMEN TERHADAP DAYA DUKUNG PASIR LEPAS. *Jurnal Ilmiah Indonesia*, 8. <https://doi.org/10.36418/syntax-literate.v6i6>
- Youd, T. L., & Idriss, I. M. (1997, December 31). *Proceedings of the NCEER Workshop on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils Edited by Youd - Idriss*.

ϕ^{-1} PL	= Nilai invers PL
Mw	= Magnitudo gempa bumi
CRRM, σ'_{vo}	= CRR yang dinormalisasikan terhadap gempa bermagnitudo 7,5 SR dan tegangan vertikal efektif
MSF	= <i>Magnitude scaling factor</i> , faktor koreksi pengaruh magnitudo gempa
K σ	= Koreksi tegangan <i>overburden</i> efektif
Pa	= Tekanan atmosfer

Keterangan Simbol

α_{max}	= Percepatan horizontal puncak di permukaan tanah
g	= Gravitasi bumi (9,8 m/s ²)
σ_{vo}	= Tegangan total <i>vertical overburden</i> tanah
σ'_{vo}	= Tegangan total <i>effective vertical overburden</i> tanah
rd	= Koefisien pengurangan/reduksi tegangan
qc,1	= Tahanan ujung konus yang dinormalkan (MPa)
FR	= <i>Friction ratio</i> pada CPT
c	= Normalisasi eksponen