

ANALISIS POTENSI LIKUIFAKSI BERDASARKAN DATA SPT PADA GEDUNG *THE CORE-NDC (NAFIRI DISCIPLESHIP CHURCH)* PIK II

Fauzyyah Putri Desa¹
Universitas Bung Hatta
Fauzyyahputridesa24@gmail.com

Risayanti²
Universitas Bung Hatta
Email: risayanti@bunghatta.ac.id

ABSTRAK

Indonesia, yang terletak di zona Cincin Api Pasifik, memiliki risiko tinggi terhadap gempa bumi, termasuk fenomena likuifaksi yang berpotensi merusak infrastruktur. Pembangunan di daerah reklamasi seperti Pantai Indah Kapuk II menghadapi tantangan geoteknik signifikan karena kondisi tanah berpasir jenuh air yang rentan terhadap likuifaksi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besar potensi likuifaksi yang dapat terjadi di area Gedung The Core–NDC PIK II berdasarkan faktor keamanan (FS). Analisis dilakukan menggunakan metode Youd dan Idriss (2001) secara manual dan divalidasi dengan perangkat lunak LiqIT v.4.7.7.5 dengan variasi magnitudo gempa (M_w) 5,0–7,0. Hasil menunjukkan bahwa potensi likuifaksi terjadi pada kedalaman tertentu di beberapa titik bor. Pada BH1 lapisan paling kritis berada pada kedalaman 8 m dengan $FS = 0,8829$ (M_w 7,0). Pada BH2 lapisan rentan ditemukan pada 7 m dengan $FS = 0,8577$ (M_w 6,5) dan $FS = 0,7095$ (M_w 7,0). Pada BH3 lapisan kritis terjadi pada kedalaman 9 m dengan $FS = 0,8807$ (M_w 6,5) dan $FS = 0,7285$ (M_w 7,0). Pada BH4 nilai FS berada pada kisaran 0,8874–0,9959 pada kedalaman 4–8,5 m dengan titik terendah di 7 m (M_w 7,0). Sementara itu, BH5 hanya menunjukkan potensi terbatas pada kedalaman 4,5 m dengan $FS = 0,9837$ (M_w 7,0). Hasil analisis manual dan LiqIT menunjukkan pola yang konsisten, dengan lapisan berpasir jenuh pada kedalaman tertentu tergolong tidak aman ($FS < 1$), sedangkan lapisan lainnya cenderung stabil. Temuan ini menegaskan perlunya perhatian khusus terhadap lapisan berpotensi likuifaksi dalam perencanaan geoteknik di kawasan reklamasi rawan gempa.

Kata Kunci: Gempa Bumi, Likuifaksi, N-SPT, Faktor Keamanan, PIK II

ABSTRACT

Indonesia, located within the Pacific Ring of Fire, faces a high risk of earthquakes, including liquefaction phenomena that may severely damage infrastructure. Construction in reclaimed areas such as Pantai Indah Kapuk II presents significant geotechnical challenges due to the presence of loose, saturated sandy soils that are highly susceptible to liquefaction. This study aims to determine the liquefaction potential in the area of The Core–NDC building in Pantai Indah Kapuk II based on the safety factor (FS). The analysis was conducted using the method of Youd and Idriss (2001) manually and validated with LiqIT v.4.7.7.5 software, with earthquake magnitudes (M_w) ranging from 5.0 to 7.0. The results indicate that liquefaction potential occurs at specific depths in several boreholes. In BH1, the most critical layer was

found at a depth of 8 m with $FS = 0.8829$ ($M_w 7.0$). In BH2, vulnerable layers were identified at 7 m with $FS = 0.8577$ ($M_w 6.5$) and $FS = 0.7095$ ($M_w 7.0$). In BH3, the critical layer occurred at 9 m with $FS = 0.8807$ ($M_w 6.5$) and $FS = 0.7285$ ($M_w 7.0$). In BH4, FS values ranged from 0.8874 to 0.9959 at depths of 4–8.5 m, with the lowest value at 7 m ($M_w 7.0$). Meanwhile, BH5 showed limited potential at 4.5 m with $FS = 0.9837$ ($M_w 7.0$). Both manual analysis and LiqIT produced consistent patterns, confirming that saturated sandy layers at certain depths are unsafe ($FS < 1$), whereas other layers remain stable. These findings highlight the need for special attention to potentially liquefiable layers in geotechnical planning for reclaimed earthquake-prone areas.

Keywords: Earthquake, Liquefaction, Standard Penetration Test (SPT), Safety Factor, PIK II

PENDAHULUAN

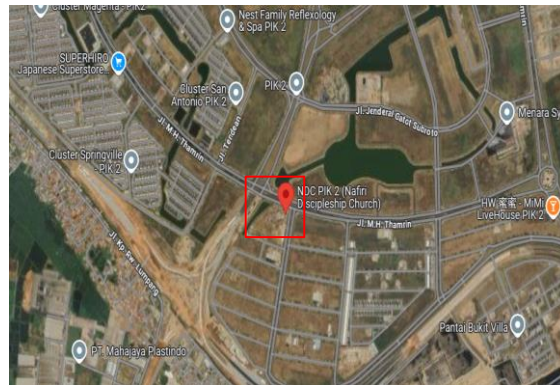
Indonesia, yang terletak di Cincin Api Pasifik, menghadapi risiko tinggi terhadap gempa bumi yang dapat memicu berbagai fenomena geoteknik, salah satunya likuifaksi. Likuifaksi terjadi ketika tanah berbutir halus hingga sedang, terutama pasir lepas jenuh air, kehilangan kekuatan geser akibat beban siklik gempa, sehingga tanah berperilaku menyerupai cairan. Proses ini umumnya dipicu oleh peningkatan tekanan air pori yang mengurangi tegangan efektif tanah hingga mendekati nol, sehingga struktur tanah kehilangan kestabilannya. Dampak likuifaksi dapat berupa penurunan muka tanah, amblesan, tilting bangunan, hingga keruntuhan pondasi, yang menjadikannya salah satu ancaman serius dalam pembangunan infrastruktur di wilayah rawan gempa (Youd & Idriss, 2001).

Secara teoritis, evaluasi potensi likuifaksi dilakukan melalui pendekatan sederhana (*simplified procedure*) yang membandingkan *cyclic stress ratio* (CSR) dan *cyclic resistance ratio* (CRR). CSR menggambarkan tingkat tegangan siklik akibat gempa, sedangkan CRR menunjukkan ketahanan tanah terhadap beban siklik tersebut. Perbandingan kedua parameter ini menghasilkan Factor of Safety (FS), yang menjadi indikator utama penilaian risiko likuifaksi. Nilai $FS < 1,0$ menunjukkan bahwa gaya gempa melebihi kapasitas tahanan tanah sehingga tanah berpotensi likuifaksi, sedangkan $FS \geq 1,0$ menandakan tanah berada dalam kondisi aman. Oleh karena itu, FS merupakan parameter fundamental yang digunakan dalam penelitian ini untuk menentukan kerentanan lapisan tanah terhadap likuifaksi (Warouw et al., 2019).

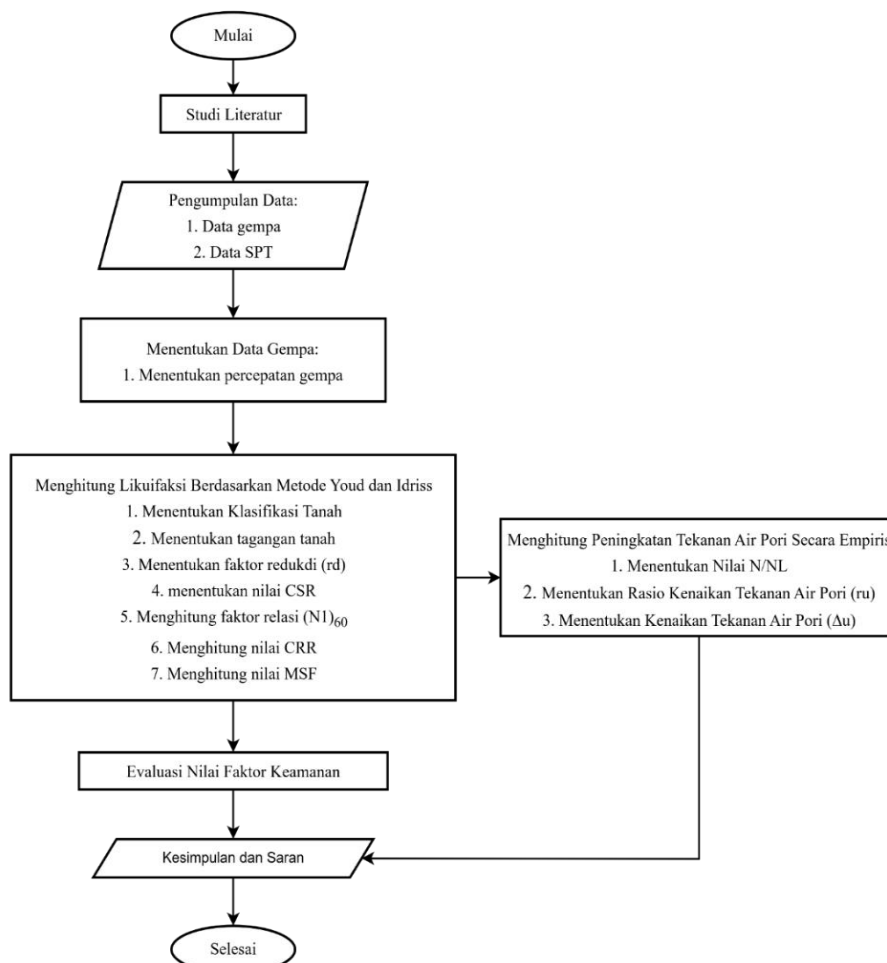
Sejumlah studi sebelumnya telah menyoroti tingginya potensi likuifaksi di kawasan reklamasi, seperti penelitian Linverando et al., (2022) di Jakarta Utara dan Ahmad Tulus Kurniawan et al., (2024) di Belawan, yang menemukan tanah berpasir jenuh dengan kepadatan rendah dan tekanan air pori tinggi sebagai penyebab utama kerentanan. Namun, kajian spesifik mengenai karakteristik geoteknik di kawasan reklamasi Pantai Indah Kapuk II (PIK II) masih terbatas, padahal wilayah ini menampung infrastruktur penting, termasuk Gedung The Core–NDC (Nafiri Discipleship Church) yang berfungsi sebagai pusat komunitas. Dengan mempertimbangkan peran strategis bangunan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besar potensi likuifaksi di lokasi studi berdasarkan analisis data Standard Penetration Test (SPT) menggunakan metode Youd dan Idriss (2001) serta validasi perangkat lunak LiqIT v.4.7.7.5. Temuan dari penelitian ini diharapkan memperkaya literatur akademik mengenai mekanisme likuifaksi di daerah reklamasi sekaligus memberikan dasar ilmiah bagi mitigasi risiko geoteknik dalam perencanaan infrastruktur tahan gempa.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan studi kasus pada lima titik pengujian Standard Penetration Test (SPT) yang berlokasi di Gedung The Core, NDC PIK II, dengan koordinat geografis $-6,068^{\circ}$ BT dan $106,697^{\circ}$ LU. Analisis dilakukan dengan menerapkan metode Youd dan Idriss (2001) untuk memperoleh nilai Cyclic Stress Ratio (CSR), Cyclic Resistance Ratio (CRR), serta faktor keamanan (SF). Sebagai pendukung, Gambar 1 menampilkan peta lokasi titik penelitian, sedangkan Gambar 2 menyajikan alur penelitian secara umum.



Gambar 1. Lokasi Penelitian



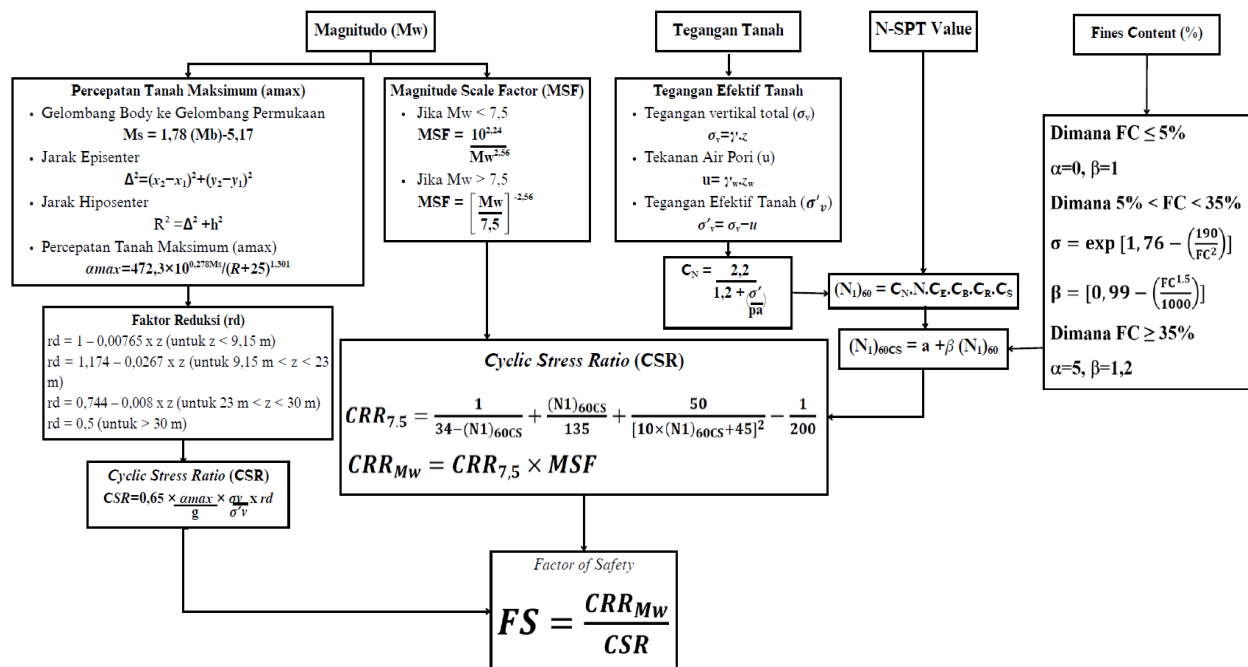
Gambar 2. Bagan Ailir Penelitian

Teknik Pengumpulan data

Penelitian ini menggunakan data sekunder yang terdiri atas hasil uji *Standard Penetration Test* (SPT) dari PT. Tarumanegara Bumiaya, data seismik dari *United States Geological Survey* (USGS) berupa magnitudo gempa (M_w), hiposenter, dan episenter, serta data percepatan gempa yang dihitung secara manual.

Teknik Analisa Potensi Likuifaksi Dengan Metode Youd & Idriss (2001)

Pendekatan yang paling umum digunakan untuk mengevaluasi potensi likuifaksi adalah melalui uji penetrasi standar (SPT), sebagaimana dijelaskan oleh Youd dan Idriss (2001). Mereka mengembangkan metode analisis likuifaksi dengan mempertimbangkan *cyclic stress ratio* (CSR), faktor reduksi kedalaman, serta *cyclic resistance ratio* (CRR) yang dihitung menggunakan nilai SPT yang telah dikoreksi, yaitu $(N_1)_{60}$, dengan memperhitungkan kadar butiran halus (*finer content*).



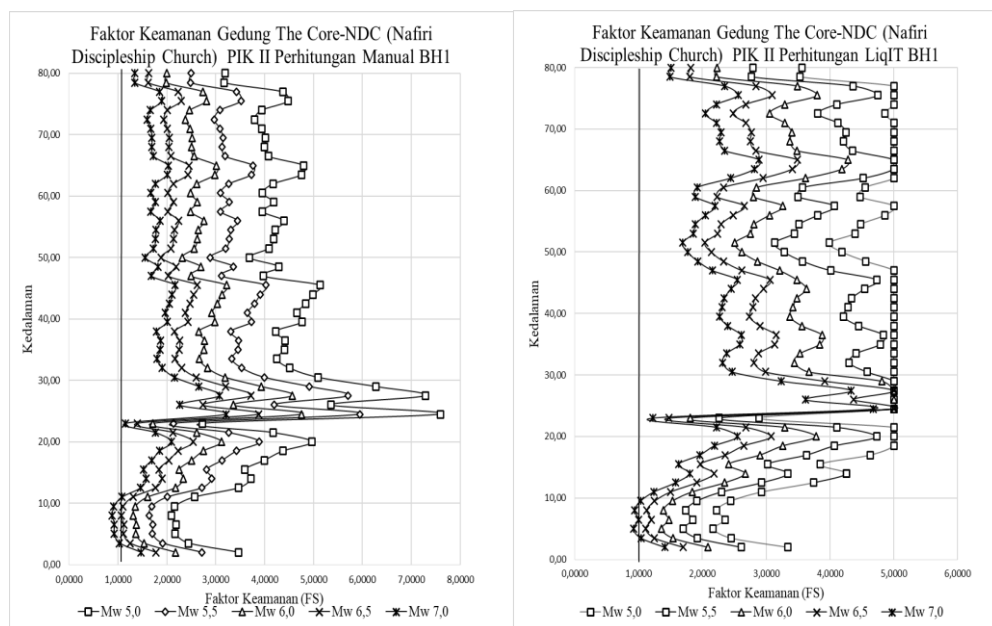
Gambar 3. Bagan Alir Metode Youd & Idriss (2001)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil analisis data Standard Penetration Test (SPT) pada lima titik pengujian, ditemukan bahwa tidak semua lapisan tanah menunjukkan potensi likuifaksi. Perbedaan karakteristik tanah pada setiap kedalaman menjadi faktor utama yang memengaruhi tingkat kerentanan terhadap fenomena ini. Likuifaksi merupakan proses perubahan kondisi pasir jenuh air menjadi menyerupai cairan (*quick condition*) akibat peningkatan tekanan air pori. Keadaan tersebut terjadi ketika tekanan air pori mencapai nilai yang sama dengan tegangan total tanah, sehingga tegangan efektif berkurang hingga mendekati nol. Tekanan total umumnya berasal dari beban dinamik akibat aktivitas seismik tektonik. (Youd & Idriss, 2001) dalam (Fadilah et al., 2023)

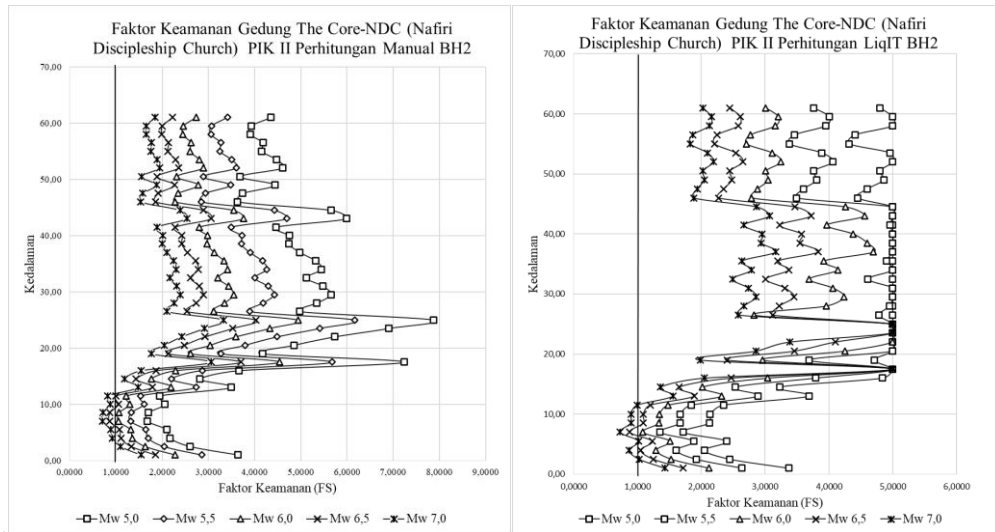
Analisis potensi likuifaksi dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode Youd & Idriss (2001), yang menghitung Factor of Safety (FS) berdasarkan perbandingan antara Cyclic Resistance Ratio (CRR) dan Cyclic Stress Ratio (CSR). Perhitungan tersebut kemudian dibantu dengan perangkat lunak LiqIT, yang mampu mengolah data SPT secara sistematis untuk memperoleh distribusi nilai FS pada setiap kedalaman.

Hasil perhitungan ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik yang menunjukkan hubungan FS terhadap kedalaman tanah. Pada grafik, garis vertikal pada $FS = 1$ dijadikan sebagai batas kritis. Lapisan dengan nilai $FS < 1$ dikategorikan rentan mengalami likuifaksi, sedangkan $FS \geq 1$ menunjukkan kondisi tanah relatif stabil (Warouw et al., 2019). Penyajian tabel memberikan informasi numerik yang detail pada setiap kedalaman, sementara grafik menampilkan pola visual distribusi nilai FS, sehingga lapisan tanah yang paling rentan terhadap likuifaksi dapat diidentifikasi dengan lebih jelas.



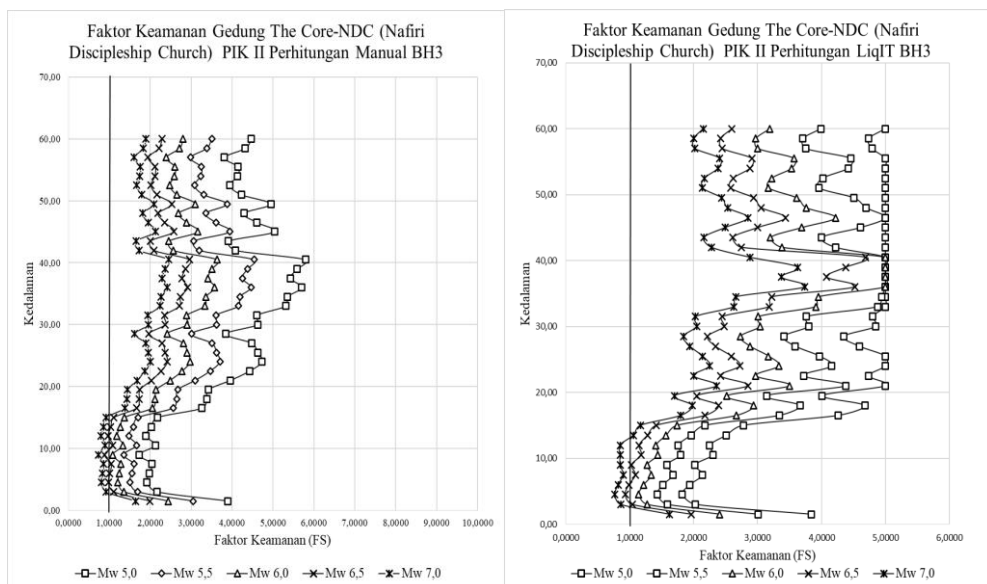
Gambar 4. Grafik Faktor Keamanan (FS) BH1

Berdasarkan Gambar 4, faktor keamanan (FS) pada titik bor BH1 menunjukkan bahwa potensi likuifaksi terjadi pada kedalaman sekitar 5–9,5 meter, dengan nilai $FS < 1$. Kondisi kritis ini terlihat konsisten pada beberapa variasi magnitudo gempa, yaitu Mw 5,5; Mw 6,0; Mw 6,5; dan Mw 7,0, yang menandakan bahwa lapisan tanah pada kedalaman tersebut sangat rentan terhadap beban siklik akibat gempa. Jenis tanah yang mendominasi pada lapisan kritis ini umumnya berupa pasir jenuh, sehingga mudah mengalami peningkatan tekanan air pori dan penurunan tegangan efektif. Analisis dilakukan menggunakan metode Youd & Idriss (2001) dan perangkat lunak LiqIT, yang menghasilkan temuan serupa, yaitu terdapat lapisan kritis pada kedalaman menengah. Sementara itu, lapisan tanah di luar kedalaman 5–9,5 meter memiliki nilai $FS > 1$, sehingga dapat dikategorikan relatif aman dan tidak menunjukkan indikasi likuifaksi. Hal ini terlihat terutama pada lapisan tanah bagian atas (0–4 m) dan lapisan tanah lebih dalam (>10 m), yang relatif stabil terhadap beban dinamis gempa. Dengan demikian, lapisan kritis pada BH1 perlu mendapat perhatian khusus, karena tanah pada kedalaman tersebut berpotensi kehilangan kekuatannya apabila terjadi gempa dengan magnitudo sedang hingga besar, sehingga dapat menimbulkan penurunan tanah.



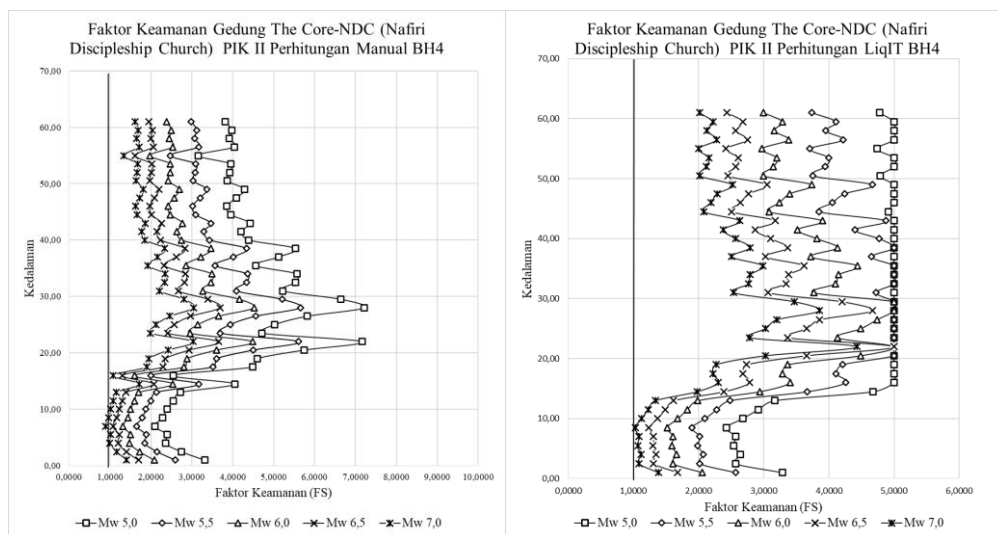
Gambar 5 Grafik Faktor Keamanan (FS) BH2

Berdasarkan Gambar 5, faktor keamanan (FS) pada titik bor BH2 menunjukkan bahwa potensi likuifaksi terjadi pada kedalaman sekitar 5–10 meter, dengan nilai FS < 1. Kondisi kritis ini terlihat konsisten baik pada hasil analisis dengan metode Youd & Idriss (2001) maupun perangkat lunak LiqIT, terutama pada variasi magnitudo gempa Mw 5,5; Mw 6,0; Mw 6,5; dan Mw 7,0. Hal ini menandakan bahwa lapisan tanah pada kedalaman tersebut memiliki kerentanan tinggi terhadap beban siklik akibat gempa. Jenis tanah yang mendominasi pada lapisan kritis ini diduga berupa pasir jenuh bergradasi halus, sehingga sangat mudah mengalami peningkatan tekanan air pori dan penurunan tegangan efektif saat terjadi gempa. Sementara itu, lapisan tanah di luar kedalaman 5–10 meter memiliki nilai FS > 1, sehingga dapat dikategorikan stabil dan tidak menunjukkan indikasi likuifaksi yang signifikan. Dengan demikian, lapisan tanah kritis pada BH2 perlu diwaspadai, karena pada kondisi gempa sedang hingga besar dapat menyebabkan penurunan tanah



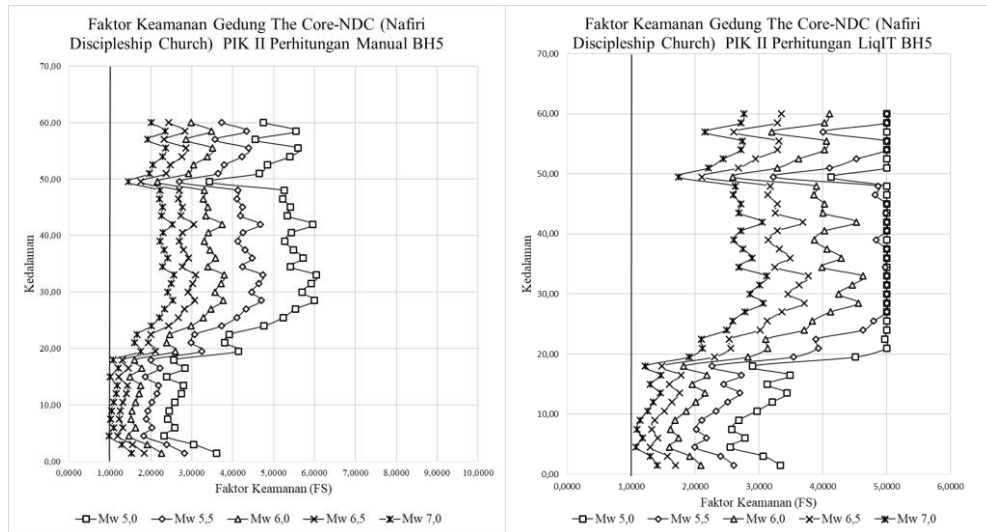
Gambar 6. Grafik Faktor Keamanan (FS) BH3

Berdasarkan Gambar 6, faktor keamanan (FS) pada titik bor BH3 menunjukkan bahwa hampir seluruh lapisan tanah pada kedalaman 5–20 meter memiliki nilai $FS < 1$, sehingga berpotensi mengalami likuifaksi. Hasil ini konsisten baik pada perhitungan menggunakan metode Youd & Idriss (2001) maupun perangkat lunak LiqIT, khususnya pada variasi magnitudo gempa Mw 5,5; Mw 6,0; Mw 6,5; dan Mw 7,0. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa lapisan tanah pada BH3 relatif lebih rentan dibandingkan dengan BH2, karena zona kritisnya mencakup kedalaman yang lebih luas. Karakteristik tanah penyusun pada lapisan ini diduga berupa pasir jenuh dengan kepadatan rendah hingga sedang, sehingga mudah mengalami peningkatan tekanan air pori dan berkurangnya tegangan efektif ketika terjadi beban dinamis akibat gempa. Lapisan tanah dengan nilai $FS < 1$ pada kedalaman tersebut menandakan adanya potensi penurunan tanah (settlement) yang cukup besar. Oleh karena itu, BH3 dikategorikan sebagai titik dengan tingkat kerawanan likuifaksi tinggi.



Gambar 7. Grafik Faktor Keamanan (FS) BH4

Berdasarkan Gambar 7, hasil analisis pada titik bor BH4 menunjukkan bahwa potensi likuifaksi terdapat pada kedalaman 5,0–8,5 meter, dengan nilai $FS < 1$ yaitu 0,99; 0,89; dan 0,97 berdasarkan metode Youd & Idriss (2001). Sementara itu, hasil analisis menggunakan perangkat lunak LiqIT tidak menunjukkan adanya lapisan dengan $FS < 1$ pada kedalaman yang sama. Perbedaan ini mengindikasikan bahwa meskipun perangkat lunak LiqIT tidak mengidentifikasi potensi likuifaksi, lapisan dengan nilai FS mendekati 1 tetap perlu diwaspadai, karena menunjukkan kerentanan tinggi terhadap peningkatan tekanan air pori akibat beban siklik gempa. Karakteristik tanah pada lapisan tersebut diduga berupa pasir jenuh berlanau, yang secara umum rentan kehilangan kekuatan geser saat terjadi guncangan gempa. Dengan demikian, titik bor BH4 memiliki potensi likuifaksi terbatas hanya pada kedalaman 5,0–8,5 meter, dan lapisan ini dapat berimplikasi pada kemungkinan penurunan tanah (settlement) yang berpengaruh terhadap kestabilan konstruksi di permukaan.



Gambar 8. Grafik Faktor Keamanan (FS) BH5

Berdasarkan Gambar 8, hasil analisis pada titik bor BH5 menunjukkan bahwa potensi likuifaksi terdapat pada kedalaman 4,5 meter, dengan nilai FS < 1 yaitu 0,98 berdasarkan metode Youd & Idriss (2001). Sementara itu, hasil analisis menggunakan perangkat lunak LiqIT tidak menunjukkan adanya lapisan dengan FS < 1 pada kedalaman yang sama. Perbedaan ini mengindikasikan bahwa meskipun perangkat lunak LiqIT tidak mengidentifikasi potensi likuifaksi, lapisan dengan nilai FS mendekati 1 tetap perlu diwaspadai, karena menunjukkan kerentanan tinggi terhadap peningkatan tekanan air pori akibat beban siklik gempa. Dengan demikian, titik bor BH5 memiliki potensi likuifaksi terbatas hanya pada kedalaman 4,5 meter.

KESIMPULAN

Mengacu pada temuan hasil dan pembahasan, maka kesimpulan penelitian ini dapat disajikan sebagai berikut:

1. Hasil analisis menunjukkan bahwa potensi likuifaksi dengan perhitungan manual di lokasi penelitian umumnya terjadi pada kedalaman 3–15 meter dengan nilai faktor keamanan (FS) < 1. Pada BH1 potensi likuifaksi relatif terbatas hanya pada kedalaman 5–9,5 meter saat gempa bermagnitudo tinggi, sedangkan pada BH2 dan BH3 zona kritis lebih luas, terutama pada kedalaman 3–15 meter yang sangat rentan terhadap gempa Mw 6,5–7,0. Sementara itu, BH4 menunjukkan potensi likuifaksi pada kedalaman 4–8,5 meter meskipun tingkat kerawannya cenderung lebih rendah dibandingkan BH2 dan BH3. Temuan ini menegaskan bahwa lapisan pasir jenuh pada kedalaman menengah perlu diwaspadai karena berpotensi menimbulkan penurunan tanah saat terjadi gempa.
2. Hasil analisis menunjukkan bahwa potensi likuifaksi dengan perhitungan LiqIT di lokasi penelitian umumnya terjadi pada kedalaman 3–12 meter dengan nilai faktor keamanan (FS) < 1. Pada BH1 potensi likuifaksi relatif terbatas hanya pada kedalaman 5 meter dan 8 meter saat gempa bermagnitudo tinggi, sedangkan pada BH2 dan BH3 zona kritis lebih luas, terutama pada kedalaman 3–12 meter yang sangat rentan terhadap gempa Mw 6,5–7,0. Sementara itu, BH4 dan BH5 tidak menunjukkan potensi likuifaksi. Temuan ini menegaskan bahwa lapisan pasir jenuh pada kedalaman menengah perlu diwaspadai karena berpotensi menimbulkan penurunan tanah saat terjadi gempa.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad Tulus Kurniawan, Tika Ermita Wulandari, & Rudianto Surbakti. (2024). Analisis Potensi Likuifaksi Berdasarkan Data Bore Log Pada Proyek Reklamasi Belawan Phase-1. *Jurnal Inersia*, 16(1), 119–128. <https://doi.org/10.46964/inersia.v16i1.992>
- Fadilah, H. I., Destiasari, F., Endayana, C., & Khoirullah, N. (2023). *POTENSI LIKUEFAKSI BERDASARKAN KRITERIA GEOTEKNIK PADA PESISIR SELATAN KABUPATEN PANGANDARAN, JAWA BARAT*. 7(6), 1718–1726.
- Linverando, E., s sandjaja, G., & Iskandar, A. (2022). *Analisis Potensi Likuifaksi Magelang Jawa Tengah*. 5(4), 723–734.
- Warouw, A. G. D., Manoppo, F. J., & Rondonuwu, S. G. (2019). ANALISIS POTENSI LIKUIFAKSI DENGAN MENGGUNAKAN NILAI SPT (Studi Kasus : Jembatan Ir. Soekarno Manado). *Jurnal Sipil Statik*, 7(11), 1453–1464.
- Youd, T. L., & Idriss, I. M. (2001). Liquefaction Resistance of Soils: Summary Report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF Workshops on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 127(4), 297–313. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)1090-0241\(2001\)127:4\(297\)](https://doi.org/10.1061/(asce)1090-0241(2001)127:4(297))