

BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil analisis likuefaksi yang dilakukan menggunakan data SPT, dapat ditarik kesimpulan bahwa:

- a. Hasil analisis pada metode youd et al dan HBF pengaruh variasi besaran magnitudo gempa terhadap potensi likuifaksi berdasarkan perbandingan nilai Cyclic Resistance Ratio (CRR) dengan nilai Cyclic Stress Ratio (CSR). Nilai CRR bervariasi berkisar 0,008 sampai 1,140. Nilai CSR dengan antara 0,021 sampai 0,099. Pada LiqIT didapatkan Nilai CRR bervariasi berkisar 0,070 sampai 0,458. Nilai CSR bervariasi berkisar 0,050 sampai 0,090 kemudian dapat dianalisis dengan membandingkan kedua nilai tersebut sehingga didapat nilai Safety Factor.
- b. Hasil perhitungan faktor keamanan terhadap bahaya likuefaksi metode Youd et al (2001), Nilai Safety Factor (SF) pada titik 1 bervariasi antara 0,758 – 4,438, pada titik 2 bervariasi antara 0,900 – 6,415, pada titik 3 bervariasi antara 0,840 – 7,095, pada titik 4 bervariasi antara 0,819 – 13,630, dan pada titik 5 bervariasi antara 0,758 – 5,473. Hasil perhitungan faktor keamanan terhadap bahaya likuefaksi metode HBF (2012) Nilai Safety Factor (SF) pada titik 1 bervariasi antara 0,084 – 2,403, pada titik 2 bervariasi antara 0,101 – 3,411, pada titik 3 bervariasi antara 0,093 – 4,999, pada titik 4 bervariasi antara 0,096 – 17,684, dan pada titik 5 bervariasi antara 0,087 – 3,566. Sedangkan pada LiqIT di dapatkan hasil faktor keamanan pada titik 1 bervariasi antara 0,730 – 3,240, pada titik 2 bervariasi antara 0,810 – 4,830, pada titik 3 bervariasi antara 0,790 – 5,000, pada titik 4 bervariasi antara 0,810 – 5,000, dan pada titik 5 bervariasi antara 0,730 – 4,330, dimana nilai faktor keamanan Mw 6,1 SR yang pastinya memiliki faktor keamanan yang tinggi sedangkan pada Mw 7,5 memiliki faktor keamanan terendah karena kekuatan gempa yang tinggi.

- c. Hasil perhitungan peningkatan air pori dapat disimpulkan bahwa potensi likuifaksi pada lokasi studi sangat bergantung pada magnitudo gempa. Peningkatan magnitudo gempa secara langsung menyebabkan peningkatan tekanan air pori (Δu) yang signifikan, yang merupakan indikator utama likuifaksi dan juga bentuk Grafik secara visual mengidentifikasi adanya lapisan-lapisan tanah yang sangat rentan likuifaksi, yang ditunjukkan oleh puncak-puncak Δu yang tajam pada kedalaman tertentu. Lapisan tanah ini memiliki kandungan pasir atau lanau jenuh air yang kurang padat.
- d. Hasil tingkatan resiko yang terjadi akibat likuefaksi, Berdasarkan hasil analisa yang didapatkan, maka penulis dapat menyimpulkan:
- 1) Pada titik 1 metode youd et al dan HBF (Mw 6,1 dan Mw 6,8), dan dan LiqIT (Mw 6,8) “Sangat Rendah”, sedangkan youd et al dan HBF (Mw 7,5), dan LiqIT (Mw 6,1 dan 7,5) mendapatkan level risiko “Sedang”
 - 2) Pada titik 2 metode youd et al dan dan LiqIT dengan magnitudo Mw 6,1 dan Mw 6,8 “Sangat Rendah”, Youd et al (Mw 7,5) mendapatkan level risiko adalah “Rendah”, LiqIT pada Mw 7,5 mendapatkan level risiko “Sedang” Sedangkan metode HBF Mw 6,1 dan Mw 6,8 didapatkan “Tinggi” sedangkan Mw 7,5 yaitu “Sangat Tinggi”
 - 3) Pada Pada titik 3 metode youd et al dan dan LiqIT dengan magnitudo Mw 6,1 dan Mw 6,8 “Sangat Rendah”, Youd et al (Mw 7,5) mendapatkan level risiko adalah “Rendah”, LiqIT pada Mw 7,5 mendapatkan level risiko “Sedang” Sedangkan metode HBF Mw 6,1 dan Mw 6,8 didapatkan “Tinggi” sedangkan Mw 7,5 yaitu “Sangat Tinggi”
 - 4) Pada titik 4 metode youd et al dan dan LiqIT dengan magnitudo Mw 6,1 dan Mw 6,8 “Sangat Rendah”, Youd et al dan LiqIT (Mw 7,5) mendapatkan level risiko adalah “Rendah”. Sedangkan metode HBF Mw 6,1 dan Mw 6,8 didapatkan “Tinggi” sedangkan Mw 7,5 yaitu “Sangat Tinggi”
 - 5) Pada titik 5 metode youd et al dan dan LiqIT dengan magnitudo Mw 6,1 dan Mw 6,8 “Sangat Rendah”, Youd et al (Mw 7,5) mendapatkan level risiko adalah “Rendah”, LiqIT pada Mw 7,5 mendapatkan level risiko “Sedang” Sedangkan

metode HBF Mw 6,1 dan Mw 6,8 didapatkan “Tinggi” sedangkan Mw 7,5 yaitu “Sangat Tinggi”

- 6) Dalam studi kasus di PIK 2, penggunaan metode Youd et al. (2001) memberikan dasar penilaian konservatif terhadap potensi likuefaksi. Namun, hasil analisis lebih lanjut menggunakan metode HBF (Hwang et al., 2021) menunjukkan kecenderungan lebih dominan terhadap kondisi kritis, terutama di kedalaman 5–15 m, dengan probabilitas likuefaksi (PL) mencapai >30%. Hal ini tidak sepenuhnya terdeteksi oleh metode Youd yang lebih deterministik.
- 7) Gabungan dari ketiga metode ini memberikan perspektif menyeluruh. Youd dan LiqIT memberi baseline deterministik yang kuat, sementara HBF memperluas analisis menjadi berbasis probabilitas, yang penting untuk perencanaan zonasi dan mitigasi risiko di wilayah reklamasi seperti PIK 2. Maka, HBF lebih cocok dalam mengidentifikasi lapisan kritis, meskipun hasil dari LiqIT tetap digunakan sebagai pembandingan dan validasi awal. Oleh karena itu, metode HBF dinilai lebih sensitif dan realistis dalam mendeteksi potensi likuefaksi lokal, khususnya pada tanah reklamasi seperti yang ditemukan di PIK 2. Hasil ini dapat dijadikan dasar untuk mitigasi zona rawan likuefaksi secara lebih tepat sasaran.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil evaluasi potensi likuefaksi menggunakan metode Youd et al. (2001), Hwang et al. (2012 - HBF), serta analisis menggunakan software LiqIT, berikut beberapa saran yang dapat dijadikan acuan untuk pengembangan penelitian selanjutnya dan aplikasi teknis di lapangan:

- a. Untuk meningkatkan ketelitian hasil perhitungan, sebaiknya dilakukan pengujian laboratorium guna memperoleh data parameter tanah yang lebih mendekati kondisi aktual di lapangan.
- b. Meskipun model HBF menunjukkan keunggulan dalam mendeteksi lapisan tanah kritis secara probabilistik, model ini pada dasarnya dikembangkan berdasarkan data tanah di Taiwan. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengembangan model HBF berbasis

data lokal Indonesia agar prediksi probabilitas likuefaksi lebih sesuai dengan karakteristik geologi regional.

- c. Saran mitigasi likuefaksi seperti penggunaan Prefabricated Vertical Drains (PVD) untuk memperpendek laju aliran air dari dalam tanah dan juga bahwa Prefabricated Vertical Drains (PVD) memiliki kelebihan diantaranya proses analisis yang cukup mudah dilakukan, pemasangan yang cepat, dan alat pemancang yang relatif kecil.
- d. Sebagai tindak lanjut, studi sebaiknya dikembangkan ke dalam bentuk peta zonasi risiko likuefaksi berbasis GIS. Dengan demikian, hasil evaluasi dapat digunakan secara praktis dalam perencanaan tata ruang, perancangan fondasi, dan mitigasi risiko untuk infrastruktur di wilayah reklamasi seperti PIK 2.
- e. Kajian terhadap potensi likuefaksi dapat diteruskan dengan memanfaatkan pendekatan terbaru yang dikembangkan seperti oleh Cetin et al. (2016), atau menggunakan metode lain yang lebih modern dan terkini.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfayed, M. F. (2021). *Insitut Teknologi Nasional*.
- Badan Standardisasi Nasional. (2008). *Standar Nasional Indonesia Cara uji penetrasi lapangan dengan SPT*.
- Beddu, A., Rahainun, R., Fadliah, I., Rahayu, A., & Setiawan, H. (2022). Pengaruh Tinggi Muka Air Terhadap Deformasi Tanah Terlikuefaksi. *REKONSTRUKSI TADULAKO: Civil Engineering Journal on Research and Development*, 9–14. <https://doi.org/10.22487/renstra.v3i2.457>
- Bryantt, T. S. (2020). *Relationships Between In-Situ Tests and Soil Cyclic Strength for Earthquake Hazard Characterization in the Pacific Northwest*.
- Bulo, D., Djayus, Supriyanto, & Hendrawanto, B. (2020). Penentuan Titik Epicenter Dan Hypocenter Serta Parameter Magnitude Gempabumi Berdasarkan Data Seismogram. *Jurnal Geosains Kutai Basin*, 3(1), 1–8.
- CSRRP. (2024). *STUDI TEMATIK KAPASITAS PEMERINTAHDAERAH DALAM PENANGGULANGAN BENCANA(TSLGC)*. PUPR.
- Darwis. (2018). *DASAR-DASAR MEKANIKA TANAH*.
- Das, B. M. (1995). *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)*.
- Diana, N. A., Soemitro, R. A. A., Ekaputri, J. J., Satrya, T. R., & Warnana, D. D. (2024). Evaluasi Risiko Likuifaksi Berdasarkan Karakteristik Ukuran Butir Tanah dan Hasil Tahanan Standart Penetration test (N-SPT) Studi kasus Bandara Yogyakarta Internasional Airport. *Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi)*, 6(1), 51–58. <https://doi.org/10.26740/proteksi.v6n1.p51-58>
- Hardiyatmo, H. C. (2002). *Mekanika Tanah 1*. Gadjah Mada University Press, 1.
- Hwang, J. H., Khoshnevisan, S., Juang, C. H., & Lu, C. C. (2020). Soil liquefaction potential evaluation – An update of the HBF method focusing on research and practice in Taiwan. *Engineering Geology*, 280, 105926.

<https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2020.105926>

Liu, C. Y., Ku, C. Y., Chiu, Y. J., & Wu, T. Y. (2024). Evaluation of liquefaction potential in central Taiwan using random forest method. *Scientific Reports*, 14(1), 1–20. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-79127-2>

Lu, C. C., Hwang, J. H., & Hsu, S. Y. (2017). The impact evaluation of soil liquefaction on low-rise building in the Meinong earthquake 4. Seismology. *Earth, Planets and Space*, 69(1). <https://doi.org/10.1186/s40623-017-0693-4>

Marlisa, M., Pujiastuti, D., & Billyanto, R. (2016). Analisis Percepatan Tanah Maksimum Wilayah Sumatera Barat (Studi Kasus Gempa Bumi 8 Maret 1977 dan 11 September 2014). *Jurnal Fisika Unand*, 5(1), 53–58. <https://doi.org/10.25077/jfu.5.1.53-58.2016>

Mina, E., Indera, R., & Sudirman. (2018). ANALISA POTENSI LIKUIFAKSI BERDASARKAN DATA SPT (STUDI KASUSPROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG BARU UNTIRTA SINDANG SARI). *Jurusan Teknik Sipil Universitas Sultan Ageng Tirtayasa* |, 7(1).

PT Testana Indoteknika. (n.d.). *Denah Lokasi Titik Pengujian BNI Pantai Indah Kapuk 2*.

Puente, J. de la. (2008). *Seismic Wave Simulation for Complex Rheologies on Unstructured Meshes* (Issue January 2008). <http://edoc.ub.uni-muenchen.de/8074%0Ahttp://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bvb:19-80745%5Cnhttp://edoc.ub.uni-muenchen.de/8074>

Rios, S., Millen, M., Quintero, J., & Fonseca, A. V. da. (2019). Comparison among different approaches of estimating pore pressure development in liquefiable deposits. *Earthquake Geotechnical Engineering for Protection and Development of Environment and Constructions- Proceedings of the 7th International Conference on Earthquake Geotechnical Engineering, 2019*, 4711–4719.

Seed, H. B., Tokimatsu, K., Harder, L. F., & Chung, R. M. (1985). The influence of SPT procedures in soil liquefaction resistance evaluations: Berkeley, University of

- California. *Journal of Geotechnical Engineering*, 111(12), 15.
- SNI-4153. (2008). Cara uji penetrasi lapangan dengan alat sondir. *Sni*, 1–23.
- Terzaghi, K., Peck, R. B., & Mesri, G. (1996). (*Soil mechanics in engineering practice*).
<https://doi.org/10.1097/00010694-194911000-00029>
- Trinandi, M. (2020). *ANALISIS POTENSI LIKUIFAKSI PADA WILAYAH KOTA PADANG MENGGUNAKAN VARIASI MAGNITUDE GEMPA DENGAN METODE EMPIRIS*. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Peta_Kota_Padang.png
- W. Day, R. (2002). Geotechnical Earthquake Engineering handbook. In *The McGraw-Hill Companies, Inc.* <https://doi.org/10.5860/choice.40-5239>
- Wu, M. H., & Wang, Jui PinSung, C. Y. (2023). Performance of Hbf Method for Soil Liquefaction Assessment. *Journal of GeoEngineering*, 18(4), 195–202.
[https://doi.org/10.6310/jog.202312_18\(4\).3](https://doi.org/10.6310/jog.202312_18(4).3)
- Xuanyu, Y., & Yanchao, W. (2020). Study on the surface particle distribution characteristics of silt with different moisture content. *Arabian Journal of Geosciences*, 13(1). <https://doi.org/10.1007/s12517-019-5007-7>
- Youd, T. ., Idriss, I. ., Andrus, R. D., Arango, I., Castro, G., Christian, J. T., Dobry, R., Finn, W. . L., Jr, L. F. H., Hynes, M. E., Ishihara, K., Koedster, J. P., Liao, S. S. C., Marcuson III, W. F., Martin, G. R., Mitchell, J. K., Moriwaki, Y., Power, M. S., Robertson, P. K., ... Stokoe II, K. H. (2001). Liquefaction Resistance of Soils : Summary Report From the. *Manager*, 126(April), 297–313.
<http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-0034163356&partnerID=40&md5=df5381544c7ef52ba84974e9aa67a996>
- Youd, T. L., Idriss, I. M., Andrus, R. D., Arango, I., Castro, G., Christian, J. T., Dobry, R., Finn, W. D. L., Harder, L. F., Hynes, M. E., Ishihara, K., Koester, J. P., Liao, S. S. C., Marcuson, W. F., Martin, G. R., Mitchell, J. K., Moriwaki, Y., Power, M. S., Robertson, P. K., ... Stokoe, K. H. (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(10), 817–833.
[https://doi.org/10.1061/\(asce\)1090-0241\(2001\)127:10\(817\)](https://doi.org/10.1061/(asce)1090-0241(2001)127:10(817))