

KAJIAN POTENSI LIKUIFAKSI PADA TANAH VULKANIK MENGGUNAKAN METODE ANALITIK YOUNG DAN IDRISS (STUDI KASUS: KABUPATEN PANGANDARAN, JAWA BARAT)

FAKHRI AKBAR¹, DESTI SANTI PRATIWI²

1. Mahasiswa, Program Studi Teknik Sipil (Institut Teknologi Nasional Bandung)
 2. Dosen, Program Studi Teknik Sipil (Institut Teknologi Nasional Bandung)
- Email: fakhri.akbar@mhs.itenas.ac.id

ABSTRAK

Kabupaten Pangandaran merupakan wilayah dengan risiko seismik tinggi akibat aktivitas subduksi dan sejarah gempa signifikan, termasuk peristiwa tahun 2006. Penelitian ini bertujuan menganalisis karakteristik tanah vulkanik dan potensi likuifaksi di wilayah tersebut. Metode yang digunakan meliputi analisis data Standard Penetration Test (SPT) berdasarkan pendekatan empiris Youd dan Idriss (2001) serta Boulanger dan Idriss (2014). Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanah vulkanik di pesisir Pangandaran didominasi oleh lapisan pasir lanauan lepas (1–15 m), pasir kasar lepas (1,5–6 m), dan lempung plastis lunak (5–8,5 m). Nilai N-SPT rendah (0–8) pada kedalaman 0–6 meter mengindikasikan kerentanan tinggi terhadap likuifaksi. Hasil perhitungan faktor keamanan (FS) menunjukkan bahwa lapisan dangkal pada BH-01 (6 m), BH-02 (1,5 m), dan BH-03 (0,25 m) berpotensi mengalami likuifaksi ($FS < 1,0$), sementara lapisan lebih dalam stabil ($FS > 1,2$). Kombinasi nilai N-SPT rendah, kandungan material vulkanik, dan kondisi kejenuhan air menjadi faktor kritis pemicu likuifaksi. Diperlukan tindakan perkuatan tanah pada lapisan rentan untuk mitigasi risiko gempa masa depan.

Kata kunci: tanah vulkanik, likuifaksi, SPT, Pangandaran, metode Youd dan Idriss.

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang memiliki tingkat kerawanan geologi tinggi, terutama terhadap gempa bumi, karena berada di zona subduksi aktif yang merupakan pertemuan tiga lempeng tektonik utama yaitu Indo-Australia, Eurasia, dan Pasifik. Salah satu wilayah yang berada dalam zona tersebut adalah Kabupaten Pangandaran, Provinsi Jawa Barat, yang berhadapan langsung dengan subduksi megathrust Jawa. Gempa dan tsunami tahun 2006 menjadi bukti nyata potensi bahaya seismik di wilayah ini, yang tidak hanya berdampak pada kerusakan fisik tetapi juga memunculkan indikasi geoteknik seperti penurunan tanah dan kemungkinan likuifaksi.

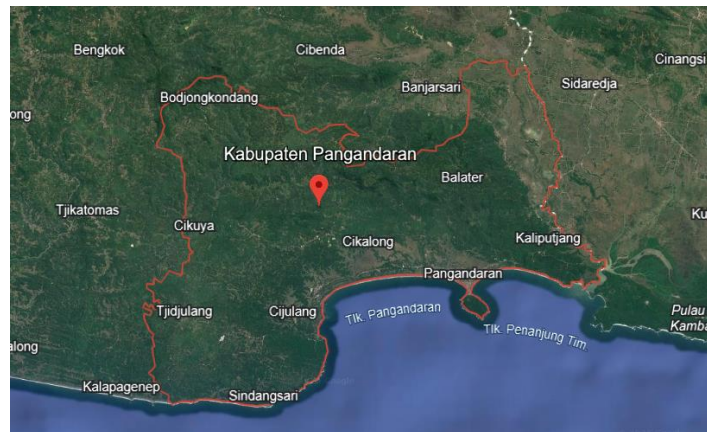
Tanah vulkanik adalah jenis tanah yang terbentuk dari hasil pelapukan material vulkanik, seperti abu vulkanik, lapili, tuff, scoria, dan lava. Tanah ini banyak ditemukan di daerah-daerah yang berada di sekitar gunung api, seperti di Pulau Jawa, Sumatera, dan Sulawesi (Hardjowigeno, 1993).

Likuifaksi adalah suatu proses perubahan kondisi sebuah tanah pasir yang jenuh air menjadi

cair, dikarenakan meningkatnya tekanan air pori yang nilainya menjadi sama dengan tekanan total tanah yang timbul akibat beban dinamik sehingga efektif tanah menurun menjadi nol.

2. METODOLOGI

Lokasi penelitian ini berada di Kabupaten Pangandaran, Jawa Barat. Wilayah ini dipilih karena memiliki karakteristik tanah vulkanik yang khas serta riwayat aktivitas seismik yang menjadikannya relevan untuk dikaji dalam konteks potensi likuifaksi dapat dilihat pada **Gambar 1.**



Gambar 1. Lokasi Penelitian (sumber: Google Earth, 2025)

Analisis potensi likuifaksi secara analitik dilakukan menggunakan pendekatan empiris berbasis data Standard Penetration Test (SPT). Metode yang digunakan mengacu pada prosedur yang dikembangkan oleh Seed dan Idriss (1971) dengan modifikasi terbaru dari Youd dan Idriss (2001) serta Boulanger dan Idriss (2014). Analisis ini bertujuan untuk menghitung Faktor Keamanan (FS) terhadap likuifaksi pada setiap lapisan tanah berdasarkan kedalaman.

Analisis potensi likuifaksi memerlukan data utama dari investigasi lapangan dan parameter kegempaan. Data tanah meliputi hasil uji SPT (kedalaman, nilai N-SPT, jenis tanah, dan kandungan butiran halus), berat volume tanah (basah dan jenuh), serta kedalaman muka air tanah. Sementara itu, parameter gempa yang digunakan adalah percepatan tanah maksimum (PGA) dan magnitudo gempa rencana (M_w), yang umumnya mengacu pada peta zonasi gempa atau studi seismik setempat. Data-data ini digunakan untuk menghitung tegangan tanah, faktor resistansi, dan faktor keamanan terhadap likuifaksi.

Koreksi Nilai N-SPT dikoreksi terhadap tegangan overburden efektif dan kondisi alat menggunakan persamaan:

$$(N1)_{60} = N_m \cdot C_N \cdot C_E \cdot C_B \cdot C_R \cdot C_S$$

N_m = N-SPT yang diperoleh dari test lapangan

C_N = Faktor normalisasi N_m terhadap tegangan overburden pada umumnya

C_E = Koreksi rasio *energy hammer* (ER)

C_B = Koreksi untuk diameter lubang bor

C_R = Faktor koreksi dari panjang batang

CS = Koreksi untuk sampel

Menentukan *Fines Content* (Fc) lalu hitung nilai $(N1)_{60cs}$ yang dipengaruhi oleh nilai *Fines Content* itu sendiri (Youd dan idriss, 2001)

$$(N1)_{60cs} = \alpha + \beta \cdot (N1)_{60}$$

Dimana nilai α dan β dipengaruhi oleh presentase *fines content* (FC):

$\alpha = 0, \beta = 1$	$FC \leq 5\%$
$\alpha = \exp[1,76 - (190/Fc^2)]$	$5\% < FC < 35\%$
$\beta = [0,99 - (Fc^{1,5}/1000)]$	$5\% < FC < 35\%$
$\alpha = 5, \beta = 1,2$	$FC \geq 35\%$

Menghitung Cyclic Stress Ratio (CSR) CSR dihitung dengan rumus:

$$CSR = 0,65 \cdot \left(\frac{amax}{g} \right) \cdot \left(\frac{\sigma_v}{\sigma'_v} \right) \cdot rd$$

Dimana:

CSR = *Cyclic Stress Ratio* (tidak berdimensi)
 $amax$ = Percepatan maksimum di permukaan tanah
 g = percepatan gravitasi
 σ_v = tegangan vertikal total
 σ'_v = tegangan vertikal efektif
 rd = koefisien tegangan reduksi

Menghitung Cyclic Resistance Ratio (CRR) CRR untuk magnitude gempa 7.5 dihitung dengan:

$$CRR_{7,5} = \frac{1}{34 - (N1)_{60CS}} + \frac{(N1)_{60CS}}{135} + \frac{50}{[10 \cdot (N1)_{60CS} + 45]^2} - \frac{1}{200}$$

Menurut Boulanger 2010, batas minimum nilai $(N1)_{60cs} = 30$ untuk tanah pasir yang dianggap cukup padat dalam menahan likuifaksi.

Menghitung Nilai (FS):

$$SF = CRR \cdot \left(\frac{MSFM}{CSR} \right)$$

- Jika $SF < 1$ maka akan terjadinya likuifaksi
- Jika $SF = 1$ maka kondinya kritis

c. Jika $SF > 1$ maka tidak akan terjadinya likuifaksi

Liquefaction Potential Index (LPI) Untuk mengevaluasi potensi likuifaksi secara regional, dihitung LPI dengan mengintegrasikan FS sepanjang kedalaman 20 m:

$$LPI = \int_0^{20} F \cdot w(z) dz$$

Dimana $F(z) = 1 - FS$ untuk $FS < 1$, dan $w(z)$ adalah faktor pembobotan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil uji SPT, tanah vulkanik di pesisir Pangandaran dan Parigi didominasi oleh tiga lapisan utama: pasir lanauan lepas di bagian atas (ketebalan 1–15 m), pasir kasar lepas di tengah (ketebalan 1,5–6 m), dan lempung plastis lunak di dasar (ketebalan 5–8,5 m). Semua lapisan mengandung fragmen vulkanik dan cangkang moluska.

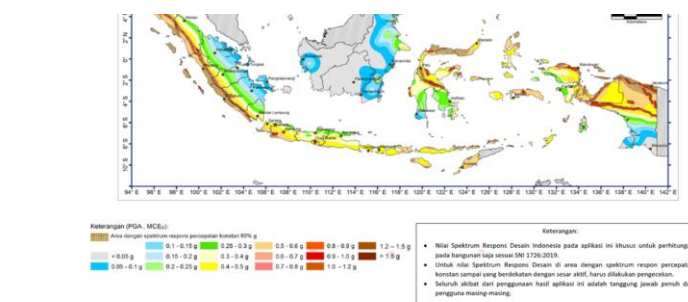
Nilai N-SPT rendah (0–8 m) menunjukkan kepadatan rendah dan ikatan partikel lemah, terutama pada lapisan pasir halus dan lanauan (0,25–6 m), yang sangat rentan likuifaksi saat jenuh air. Nilai N-SPT meningkat seiring kedalaman, mengindikasikan tanah yang lebih padat dan stabil.

Kerentanan likuifaksi didukung oleh kombinasi nilai N-SPT rendah, kandungan material vulkanik, dan kondisi kejenuhan air. Pada Lokasi penelitian muka air tanah nya berada dipermukaan tanah.

Karakterisasi ini menjadi dasar kritis untuk evaluasi potensi likuifaksi secara analitik.

1). Data Gempa

Berdasarkan Peta Spektrum Respons Indonesia sesuai SNI 1726:2019, lokasi studi di wilayah Pangandaran termasuk dalam zona dengan percepatan tanah maksimum (PGA) 0,4–0,5 g. Untuk analisis potensi likuifaksi, nilai PGA atau a_{max} 0,5 g digunakan sebagai skenario terburuk (*worst-case scenario*) guna memberikan hasil evaluasi yang konservatif dan aman secara teknis, dan gempa yang pernah terjadi di kabupaten pangandaran sebesar 7,7 mw. Dapat dilihat pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Percepatan Permukaan Tanah Terpetakan di Wilayah Indonesia (Sumber: SNI 1726, 2017)

2). Hasil Perhitungan menggunakan metode Youd dan Idriss

Berikut adalah hasil perhitungan menggunakan metode Youd dan Idriss (2001) yang disajikan

secara rinci dalam **Tabel 3**. Analisis dilakukan pada tiga titik bor (BH-01, BH-02, dan BH-03) untuk mengevaluasi potensi likuifaksi berdasarkan kedalaman lapisan tanah.

Tabel 3. Hasil Perhitungan dengan Metode Youd dan Idriss

BH-01		BH-02		BH-03	
Kedalaman (m)	Kondisi	Kedalaman (m)	Kondisi	Kedalaman (m)	Kondisi
2,35	Likuifaksi	1,5	Likuifaksi	0,25	Likuifaksi
6	Likuifaksi	4	Tidak Likuifaksi	2,3	Tidak Likuifaksi
9	Tidak Likuifaksi	6	Tidak Likuifaksi	4,5	Tidak Likuifaksi
12	Tidak Likuifaksi	9,5	Tidak Likuifaksi	6,3	Tidak Likuifaksi
15	Tidak Likuifaksi	11,3	Tidak Likuifaksi	8,4	Tidak Likuifaksi
17,5	Tidak Likuifaksi	13	Tidak Likuifaksi	10,4	Tidak Likuifaksi
20	Tidak Likuifaksi	14,4	Tidak Likuifaksi	12,3	Tidak Likuifaksi
22	Tidak Likuifaksi	16	Tidak Likuifaksi	14,3	Tidak Likuifaksi
-	-	-	-	15,6	Tidak Likuifaksi
-	-	-	-	18,5	Tidak Likuifaksi

Berdasarkan hasil analisis potensi likuifaksi menggunakan metode Youd dan Idriss (2001) pada tiga titik bor (BH-01, BH-02, dan BH-03), dapat disimpulkan bahwa seluruh titik bor menunjukkan pola yang serupa, yaitu adanya lapisan rentan likuifaksi pada kedalaman dangkal, sementara lapisan yang lebih dalam stabil.

Pada BH-01, lapisan hingga kedalaman 6 meter berpotensi mengalami likuifaksi dengan faktor keamanan (FS) di bawah 1,0, sedangkan lapisan di bawahnya stabil dengan FS melebihi 1,2. BH-02 menunjukkan potensi likuifaksi hanya pada kedalaman 1,5 meter, dan lapisan di bawahnya dinyatakan stabil. Sementara itu, BH-03 memiliki zona rentan likuifaksi yang sangat dangkal, yaitu pada kedalaman 0,25 meter, dengan lapisan di bawahnya stabil.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil kajian karakteristik tanah vulkanik terhadap potensi likuifaksi di Kabupaten Pangandaran, Jawa Barat, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Nilai N-SPT yang rendah (0–8) pada kedalaman 0–6 meter menunjukkan kepadatan rendah dan ikatan partikel yang lemah, sehingga lapisan tersebut sangat rentan terhadap likuifaksi ketika jenuh air.
2. Hasil perhitungan menggunakan metode Youd dan Idriss (2001) menunjukkan bahwa BH-01

lapisan hingga kedalaman 6 m berpotensi likuifaksi ($FS < 1,0$), BH-02 lapisan hingga kedalaman 1,5 m berpotensi likuifaksi, BH-03 lapisan hingga kedalaman 0,25 m berpotensi likuifaksi lapisan di bawah kedalaman tersebut stabil ($FS > 1,2$).

3. Kombinasi antara nilai N-SPT rendah, kandungan material vulkanik, dan kondisi kejenuhan air menjadi faktor kritis yang meningkatkan kerentanan likuifaksi di wilayah studi.
4. Dengan demikian, diperlukan tindakan perkuatan tanah pada lapisan rentan likuifaksi (kedalaman < 6 m) untuk memastikan keamanan struktur terhadap bahaya gempa di masa mendatang.

UCAPAN TERIMA KASIH

terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Ibu Desti Santi Pratiwi, S.T., S.T., selaku pembimbing, atas bimbingan, motivasi, dan ilmu yang telah diberikan dengan penuh kesabaran selama proses penelitian hingga penyusunan jurnal ini.

DAFTAR RUJUKAN

- Badan Standardisasi Nasional. (2019). *SNI 1726:2019: Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung*. BSN.
- Boulanger, R. W., & Idriss, I. M. (2014). *CPT and SPT based liquefaction triggering procedures* (Report No. UCD/CGM-14/01). Center for Geotechnical Modeling, University of California, Davis.
- Hardjowigeno, S. (1993). *Klasifikasi tanah dan pedogenesis*. Akademika Pressindo.
- Seed, H. B., & Idriss, I. M. (1971). Simplified procedure for evaluating soil liquefaction potential. *Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division*, 97(SM9), 1249–1273.
- 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.