

## Pengaruh percepatan maksimum gempa dari batuan dasar ke permukaan terhadap potensi likuefaksi di rumah sakit Universitas Islam Indonesia

Najma Aflah Madani<sup>1</sup> dan Hanindya Artati<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, Indonesia

### Article Info

Available online

### Keywords:

Earthquake

PGA

Liquefaction

### Corresponding Author:

Hanindya Artati

[045110407@uii.ac.id](mailto:045110407@uii.ac.id)

### Abstract

*In Yogyakarta, a significant seismic event transpired, notably the earthquake of 2006, which had a magnitude of 6.3 on the Moment Magnitude Scale (Mw). The Opak Fault was identified as one of the contributing factors to this earthquake. Researchers endeavored to ascertain the maximum surface acceleration (a max) of this earthquake. This a max value plays a pivotal role in conducting a Cyclic Stress Ratio (CSR) analysis, with the aim of assessing the liquefaction potential at the Islamic University of Indonesia (UII) Hospital. This investigation was conducted at two designated reference points within the UII Hospital premises, employing the Deterministic Seismic Hazard Analysis (DSHA) methodology. The rationale behind this a max analysis lies in its application to CSR calculations, facilitating an understanding of the liquefaction susceptibility at UII Hospital. This inquiry was particularly pertinent due to the geographical location of UII Hospital, situated in the southern region of Java Island. This area is characterized by a relatively high seismic risk and exhibits the propensity for liquefaction in strata consisting of fine and homogenous grains, notably sandy soils. The results of the research obtained are the effect of a max on liquefaction potential using the DSHA method, namely that the maximum earthquake acceleration can be seen in each layer of soil and the peak acceleration is 0.56g for BM-01 and 0.58g for BM-02, the difference in maximum earthquake acceleration on the surface from the DSHA method with SNI 1726-2019, namely 0.6g for BM-01 and 0.8g for BM-02.*

Copyright © 2024 Universitas Islam Indonesia  
All rights reserved

### Pendahuluan

Menurut BNPB, secara geografis Indonesia merupakan negara yang sering mengalami gempa bumi, Indonesia berada dititik rawan bencana karena Indonesia dikepung oleh lempeng Eurasia, lempeng Indo-Australia, dan lempeng Pasifik. Ketika lempeng ini bergeser bisa menimbulkan gempa bumi bahkan bisa menimbulkan tsunami jika terjadi tumbukan antar lempeng tektonik. Selain itu Indonesia terletak di kawasan

cincin api (*Ring of Fire*) dan diantara dua lintasan pegunungan yaitu Sirkum Pasifik dan Sirkum Mediterania yang mempunyai banyak gunung berapi yang menyebabkan banyak terjadi gempa.

Menurut BMKG, gempa bumi adalah peristiwa getaran atau benturan yang terjadi di permukaan bumi dan menyebabkan perpindahan tanah akibat aktivitas tektonik bawah tanah. Peristiwa ini secara tidak langsung mempengaruhi bentuk dan struktur

permukaan bumi yang merupakan kumpulan butir-butir mineral dengan ikatan antar partikel yang lemah. Oleh karena itu, tanah secara halus berubah karena guncangan dan tekanan yang disebabkan oleh gempa.

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis nilai percepatan maksimum gempa ( $a_{max}$ ) dengan metode DSHA dan mencari potensi likuefaksinya dikarenakan Daerah Istimewa Yogyakarta dan sekitarnya memiliki potensi untuk terjadinya gempa seperti gempa Yogyakarta yang terjadi pada tahun 2006, sehingga ketika terjadi gempa ada kemungkinan mengubah nilai percepatan tanah maksimum. Dari beberapa faktor di atas, percepatan tanah maksimum adalah parameter yang perlu dikaji guna mengetahui taraf risiko terjadinya bencana gempa bumi yang terjadi dalam suatu wilayah.

**Metode Penelitian**

Tahap pertama yaitu dengan studi literatur yang sesuai dengan analisis melalui pengumpulan data lapangan berupa data N-SPT dari Rumah Sakit Universitas Islam Indonesia, data gambar, dan penelitian-penelitian sebelumnya.

Tahap kedua yaitu mencari data gempa dari USGS atau Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Provinsi Yogyakarta untuk dijadikan parameter gempa, data percepatan tanah diperoleh dari SNI 1726-2019 dan analisis dilakukan dengan metode *Deterministic Seismic Hazard Analysis* selanjutnya analisis percepatan tanah dengan *software EERA* akan dibandingkan dengan data yang diperoleh dari SNI 1726-2019.

Tahap ketiga yaitu , menentukan parameter gempa, analisis nilai percepatan gempa maksimum ( $a_{max}$ ), analisis potensi likuefaksi, analisis nilai CSR berdasarkan nilai ( $a_{max}$ ) yang sudah dianalisis, analisis nilai CRR pembahasan, dan kesimpulan

**Landasan Teori**

**Sesar Opak**

Gempa Yogyakarta yang kita kenal saat ini terjadi pada 27 Mei 2006 dan merupakan gempa tektonik yang disebabkan oleh pergerakan sesar Opak di wilayah Yogyakarta. Magnitudo gempa 27 Mei 2006 ini cukup besar yaitu 6,4 Mw yang mengakibatkan banyak korban jiwa diantaranya 6,234 jiwa meninggal,36,299 orang terluka, dan sekitar 1,5 juta orang kehilangan tempat tinggal. Gempa utama ini masih diikuti dengan gempa susulan sekitar 750 kali yang menyebabkan kerusakan infrastruktur sekitar 616.458 unit bangunan pemukiman. Dari peristiwa gempa tersebut, Abidin dkk. (2009), melakukan pengamatan GPS di 48 stasiun GPS yang tersebar di sekitar wilayah gempa. Stasiun GPS ini diamati selama satu minggu setelah gempa kemudian dilanjutkan pada awal tahun 2008. Dari perhitungan menyatakan bahwa Sesar Opak adalah sesar dengan mekanisme pergerakan geser dan memiliki kecepatan laju geser sekitar 4-6 mm per tahun.

Pembagian segmen sesar Opak bisa dilihat pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Pembagian segmen Sesar Opak

No	Active fault		Type	Slip rate
	main	Segment		Geodetic
1	Opak	Strike Slip Fault	SS	(mm/yr) 5

(Sumber: Tim Pusat Studi Gempa Nasional, 2017)

**Percepatan Tanah Maksimum**

Percepatan yaitu sebuah parameter yang menunjukkan perubahan kecepatan mulai dari keadaan diam sampai pada kecepatan tertentu. Pada bangunan yang berdiri di atas tanah pasti memerlukan kestabilan tanah supaya bangunan tersebut tetap stabil. Percepatan getaran tanah maksimum yaitu nilai percepatan getaran tanah yang paling besar diantara percepatan getaran tanah yang terjadi di suatu lokasi akibat gelombang gempa bumi untuk menghitungnya, perlu

mempertimbangkan beberapa faktor, termasuk jarak dari sumber gempa (magnitudo) ke titik perhitungan dan juga karakteristik tanah di lokasi tersebut, seperti nilai periode dominan tanah. Dengan memperhitungkan faktor-faktor ini, kita dapat menentukan seberapa besar percepatan getaran tanah maksimum yang terjadi selama gempa bumi di suatu tempat.

Faktor – faktor di atas dapat disebut dengan parameter percepatan tanah atau Peak Ground Acceleration (PGA). Metode yang digunakan untuk menghitung Percepatan tanah maksimum adalah dengan menggunakan persamaan atenuasi Joyner dan Boore (1988) dan Fukushima dan Tanaka (1990).

#### **Fungsi Atenuasi**

Untuk menyelesaikan permasalahan di atas perlu dilakukan atenuasi untuk mendapatkan nilai yang ingin dicari berikut beberapa atenuasi yang dipakai atenuasi sebagai berikut.

##### 1. Joyner & Boore (1988)

Fungsi atenuasi yang diperoleh oleh Joyner & Boore adalah fungsi atenuasi untuk percepatan horizontal maksimum, kecepatan horizontal maksimum. Fungsi ini menggunakan data dari North America dan pertama kali dipublikasikan pada tahun 1981. Khusus untuk percepatan horizontal maksimum, persamaan yang diusulkan oleh Joyner & Boore adalah sebagai berikut.

$$a = 10^{(0,43+0,23(M_w-6)-\log(r)-0,0027r)} \quad (1)$$

Nilai  $a$  merupakan percepatan getaran ( $g$ ),  $M_w$  merupakan magnitudo gempa, dan  $r$  adalah jarak terdekat patahan dari titik tuju (km).

##### 2. Fukushima & Tanaka (1990)

Fungsi ini diciptakan untuk menghitung percepatan maksimum horizontal yang berlaku pada daerah yang berdekatan dengan Jepang sebagai akibat dari gempa bumi. Hasil rumusan dari fungsi atenuasi ini bisa dilihat sebagai berikut.

$$a = 0.41M_w - \log(R + 0,032x100,41M_w) - 0,0034R + 1,30 \quad (2)$$

#### **Deterministic Seismic Hazard Analysis (DSHA)**

DSHA dasar adalah suatu proses yang sederhana namun bermanfaat, terutama di daerah yang memiliki aktivitas tektonik yang tinggi dan telah terdokumentasikan dengan baik. Proses ini bertujuan untuk menentukan gerakan gempa maksimum yang dapat dipercayai (MCE) di suatu lokasi. Langkah-langkah dalam proses ini adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi zona sumber gempa di sekitar lokasi - ini bisa berupa kesalahan tertentu atau sumber gempa yang terdistribusi.
2. Mengidentifikasi jarak dari setiap sumber ke lokasi (terutama jika ada sumber gempa terdistribusi di sekitar lokasi).
3. Menentukan besaran gempa dan karakteristik lainnya (seperti panjang kesalahan, interval pengulangan) untuk setiap sumber.
4. Menetapkan parameter respons yang relevan untuk setiap sumber berdasarkan besaran gempa, jarak, kondisi tanah, dll., baik dengan menggunakan amplop respons atau nilai rata-rata dari beberapa hubungan gerakan tanah.
5. Menghitung nilai dari masing-masing sumber dan menggunakan nilai maksimumnya. DSHA didasarkan pada fitur tektonik, sehingga cenderung bersifat konservatif karena mengasumsikan bahwa gempa maksimum yang mungkin terjadi adalah "mampu" di lokasi kesalahan yang paling dekat dengan lokasi yang akan dinilai.

#### **EERA (Equivalent-linear Earthquake Response Analyses)**

EERA adalah sebuah perangkat lunak yang merupakan implementasi dari prinsip-prinsip yang telah dikenal dalam analisis respons gempa linear. Perangkat lunak ini pertama kali dikembangkan pada tahun 1998 dengan menggunakan kode linear setara

(Bardet dkk., 2000). EERA dirancang untuk menganalisis respons tanah pada sistem yang tidak terbatas dengan lapisan horizontal dan fokus pada pemahaman gelombang viskoelastik geser secara vertikal. EERA memiliki kemampuan untuk menghitung respons dari lapisan horizontal antara tanah dan batu, serta menghasilkan gelombang geser secara vertikal.

Dalam penggunaannya, EERA mengasumsikan bahwa perilaku siklis tanah dapat disimulasikan dengan menggunakan model linear setara. Konsep ini telah diterima luas dalam bidang rekayasa seismik dan geoteknik (Idriss dan Boulanger, 2016; Seed dan Idriss, 1970; Kramer, 1996). EERA bisa menganalisis seperti iterasi, rasio regangan untuk efek durasi gempa, percepatan getaran tanah dan amplifikasi. Pada penelitian ini dibatasi hanya mencari percepatan getaran tanah / PGA saja.

### Likuefaksi

Menurut Mario (2019), likuefaksi adalah kondisi di mana lapisan tanah kehilangan kekuatannya akibat pemberian beban siklik, seperti yang disebabkan oleh getaran gempa bumi atau beban berulang dengan cepat lainnya. Akibat dari likuefaksi, tanah yang semula berwujud padat akan berubah menjadi keadaan cair (*liquefied*), sehingga tidak lagi mampu mendukung atau menahan beban yang berada di atasnya. Tanah yang cenderung mengalami likuefaksi biasanya adalah tanah berpasir atau memiliki kandungan pasir yang tinggi, dan dalam kondisi jenuh air. Air dalam tanah akan mengisi rongga-rongga tanah, dan saat terjadi tekanan, seperti gempa, air tersebut akan mempengaruhi kerapatan tanah, sehingga menyebabkan hilangnya kekuatan geser tanah hingga mencapai nol.

Pada lapisan tanah pasir dan jenuh air, pengaruh dari beban siklik atau getaran gempa akan mengalami perubahan sifat tanah dari sifat yang awalnya *solid* menjadi bersifat *liquid*, sehingga mengakibatkan berkurangnya tegangan efektif tanah dan

kehilangan daya dukungnya bisa dilihat pada persamaan berikut ini.

$$\sigma' = \sigma - u \quad (3)$$

Nilai  $\sigma'$  adalah tegangan efektif,  $\sigma$  adalah tegangan total (berat permukaan tanah) dan  $u$  adalah tekanan air pori.

### Analisis Nilai SPT

SPT (*Standart Penetration Test*) merupakan salah satu pengujian tanah yang bertujuan memberikan informasi mengenai data-data yang biasa digunakan sebagai data penyelidikan tanah di bidang geoteknik, SPT merupakan pengujian tanah yang dilakukan dengan sistem dinamis. Hasil dari pengujian SPT ini adalah nilai kepadatan tanah. Nilai SPT harus dianalisis terlebih dahulu untuk mendapatkan nilai yang dibutuhkan untuk penyelidikan likuefaksi.

Analisa nilai SPT lapangan memerlukan beberapa langkah yang perlu dilakukan untuk mendapat nilai SPT terkoreksi dibawah ini.

$$(N1)_{60} = N_m \times CE \times CN \times CB \times CR \times CS \quad (4)$$

Nilai  $(N1)_{60}$  adalah nilai N-SPT yang dikoreksi terhadap prosedur pengujian lapangan,  $N_m$  diukur ketahanan penetrasi standar,  $CN$  adalah faktor normalisasi  $N_m$  terhadap tegangan *overburden*,  $CE$  adalah koreksi untuk palu rasio energi (ER),  $CB$  adalah faktor koreksi untuk diameter lubang bor,  $CR$  adalah faktor koreksi untuk panjang batang dan  $CS$  merupakan koreksi untuk *sampler liners*.

### Metode Youd-Idriss (2001)

Dalam metode ini, menurut (Youd-Idriss 2001) menggunakan nilai rasio ketahanan siklus (CRR) dan rasio tekanan siklus (CSR). CRR adalah nilai yang dapat menunjukkan kapasitas tanah untuk menahan likuefaksi secara keseluruhan. Dalam kasus lain, CRR dapat didefinisikan sebagai kapasitas tanah untuk menahan tegangan siklik yang terjadi di wilayah tersebut, yang dapat memicu likuefaksi di wilayah yang ditinjau. Penulis menggunakan data SPT untuk penelitian ini, tetapi data CPT (*Cone Penetration Test*), SPT (*Standard Penetration Test*), BPT

(Becker Penetration Test), dan  $V_s$  (Shear Wave Velocity) dapat digunakan untuk mendapatkan nilai ini. CSR adalah perbandingan tegangan geser gempa rata-rata dengan tegangan vertikal efektif di tiap lapisan. Nilai percepatan gempa ( $a$ ) memengaruhi lapisan tanah, yang memengaruhi nilai ini. Metode CRR bisa dilihat pada di bawah ini.

$$CRR_{7.5} = \frac{1}{34 - N_{1(60)CS}} + \frac{N_{1(60)CS}}{135} + \frac{1}{\frac{50}{[(10(N_{1(60)CS} + 45)^2)]} - 200} \quad (5)$$

$$CRR = CRR_{7.5} \times MSF$$

Nilai  $CRR_{7.5}$  merupakan nilai CRR yang dihitung saat magnitude momen gempa ( $M_w$ ) sebesar 7,5 SR. Nilai MSF (Magnitude Scale Factor) menurut Youd-Idriss (2001) dapat dicari dengan menggunakan rumus pada Persamaan 3.9 berikut ini.

$$MSF = \frac{10^{2.24}}{M_w^{2.56}} \quad (6)$$

Untuk mencari nilai  $N_{1(60)CS}$  bisa dicari dengan cara persamaan berikut.

$$N_{1(60)CS} = \alpha + \beta (N_{1(60)}) \quad (7)$$

Nilai  $\alpha$  dan  $\beta$  dipengaruhi oleh nilai persentase FC (Fines Content).

$$\alpha = 0, \beta = 1, FC \leq 5\%, \quad (8)$$

$$\alpha = (\exp(1,76 - (\frac{190}{FC^2}))) 5\% < FC < 35\%, \quad (9)$$

$$\beta = (0,99 + (\frac{FC^{1.5}}{1000})) 5\% < FC < 35\%, \quad (10)$$

$$\alpha = 5.0 \beta = 1.2 FC \geq 35\% \quad (11)$$

Perhitungan CSR dapat dicari dengan menggunakan rumus yang dapat dilihat pada persamaan 3.12 berikut.

$$CSR = 0,65 \times \frac{a_{max}}{g} \times \frac{\sigma_v}{\sigma'_v} \times r_d \quad (12)$$

Nilai  $a_{max}$  adalah akselerasi puncak horizontal pada permukaan tanah yang disebabkan oleh gempa bumi,  $g$  adalah gravitasi dan  $r_d$  adalah koefisien tegangan reduksi.

Koefisien reduksi dapat dianalisis dengan menggunakan persamaan (Liao dan Whiteman, 1968) bisa dilihat pada persamaan berikut.

$$R_d = 1,0 - 0,00765Z \text{ untuk } Z \leq 9,15 \text{ m}$$

$$R_d = 1,174 - 0,0267Z \text{ untuk } 9,15 < Z \leq 23 \text{ m}$$

$$R_d = 0,774 - 0,008z \text{ untuk } 23 \text{ m} < z \leq 30 \text{ m}$$

$$R_d = 0,5 \text{ untuk } z \geq 30 \text{ m}$$

### Klasifikasi situs

Korban jiwa akibat gempa bumi umumnya disebabkan dari bangunan-bangunan gedung, rumah, maupun infrastruktur yang roboh atau runtuh karena baik struktur maupun fondasi tidak kokoh. Supaya struktur dan fondasi menjadi kokoh diperlukan analisis mengenai kondisi geologi bawah permukaan baik jenis batuan maupun kedalaman batuan dasarnya. Menurut Nakamura (2008) untuk menganalisis kondisi geologi seperti batuan yang ada di bawah permukaan yang digunakan sebagai penentuan tingkat kerawanan gempa bumi bisa digunakan parameter yang sangat signifikan yaitu kecepatan gelombang geser ( $V_s$ ).

Jenis tanah suatu daerah juga bisa ditentukan dengan beberapa pengujian geoteknik, diantaranya selain kecepatan rambat gelombang geser ( $V_s$ ) yaitu dengan nilai hasil tes penetrasi standar (N), dan nilai kuat geser niralir ( $S_u$ ).

### Analisis DSHA untuk Rumah Sakit UII Yogyakarta

Mengacu pada peta tektonik dan sesar aktif di Indonesia, patahan opak atau Sesar Opak mempengaruhi gempa di sekitar kota Yogyakarta. Patahan ini pernah menyebabkan gempa besar pada 27 Mei 2006. Menurut PusGen 2017 Magnitude gempa mencapai 6,4  $M_w$  yang mengakibatkan sekitar 1,5 juta orang kehilangan tempat tinggal.

**Controlling Earthquake dengan persamaan atenuasi**

Sesar Opak ini terdapat di sebelah selatan Yogyakarta dimana jarak patahan ke lokasi yang ditinjau yaitu Rumah Sakit Universitas Islam Indonesia adalah 10.20 km. Setelah menganalisis patahan ini kemudian akan dianalisis percepatan batuan dasar (PGA). *Peak Ground Acceleration (PGA)* adalah percepatan puncak di batuan dasar. Dengan mencari magnitudo maksimum gempa dari suatu patahan dan jarak dari sumber patahan ke titik yang ditinjau yaitu Rumah Sakit Universitas Islam Indonesia, kita bisa mencari estimasi percepatan horizontal di Rumah Sakit Universitas Islam Indonesia yang merupakan titik tinjau dengan persamaan atenuasi. Berikut persamaan atenuasi berdasarkan Joyner & Boore (1988) dan Fukushima & Tanaka (1990).

Hasil dari *Controlling Earthquake* dengan persamaan atenuasi bisa dilihat pada Tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2. *Controlling Earthquake*

Atenuasi	a (g)	a (m/s <sup>2</sup> )
Joyner & Boore (1988)	0,3061 g	3,001
Fukushima & Tanaka (1990)	2,4142g	23,675

Hasil dari perhitungan *Peak Ground Acceleration (PGA)* menggunakan persamaan atenuasi didapatkan nilai minimum sebesar 3,001 m/s<sup>2</sup> dan nilai maksimum sebesar 23,675 m/s<sup>2</sup> dengan nilai persen deterministic sesuai dengan aturan ASCE 7-10 (LPPM,2016) deterministic (%) = 1,8 Nilai Maks PGA (14)

$$= 1,8 \times 23,675\%$$

$$= 0,426$$

**Penentuan PGA berdasarkan faktor amplifikasi**

Setelah mengetahui nilai PGA dari analisis di atas, perlu dilakukan investigasi geoteknik untuk mencari faktor amplifikasi seperti potensi likuefaksi dan kehilangan

kekuatan tanah yang dievaluasi terhadap percepatan puncak gempa maksimum. Percepatan tanah puncak sesuai SNI 1726-2019 harus dipertimbangkan pengaruh amplifikasi secara spesifik dengan percepatan tanah puncak  $PGA_M$  yaitu sebagai berikut.

$$PGA_M = F_{PGA} \cdot PGA$$

$$PGA_M = 1,4 \times 0,4$$

$$PGA_M = 0,56$$

Jadi nilai percepatan gempa maksimum yang disesuaikan dengan klasifikasi situs yaitu 0,56.

**Analisis data gempa menggunakan EERA**

Percepatan yaitu parameter yang menyatakan perubahan kecepatan waktu mulai dari awal diam sampai bergerak pada kecepatan tertentu. Sedangkan Percepatan tanah maksimum adalah percepatan yang dihitung dari titik awal pengamatan/penelitian pada permukaan bumi dari riwayat gempa dan dengan perhitungan yang dipilih yaitu yang terbesar. Sebelum menentukan perencanaan bangunan tahan gempa, nilai percepatan tanah maksimum akan diperhitungkan terlebih dahulu dan nilai percepatan maksimum adalah salah satu dalam bagian perencanaan bangunan tahan gempa.

Berikut merupakan hasil percepatan maksimum gempa di setiap lapisan bisa dilihat pada Tabel 3 di bawah ini.

Tabel 3. Nilai Maksimum Akselerasi Setiap Lapisan BM-01

Kedalaman (m)	Lapisan Tanah	Maksimum akselerasi/a <sub>max</sub> (g)
2	Lapisan 13	0,56
4	Lapisan 12	0,53
6	Lapisan 11	0,5
8	Lapisan 10	0,48
10	Lapisan 9	0,42
12	Lapisan 8	0,36
14	Lapisan 7	0,3
16	Lapisan 6	0,24
18	Lapisan 5	0,19
20	Lapisan 4	0,13
22	Lapisan 3	0,1
24	Lapisan 2	0,08
26	Lapisan 1	0,08

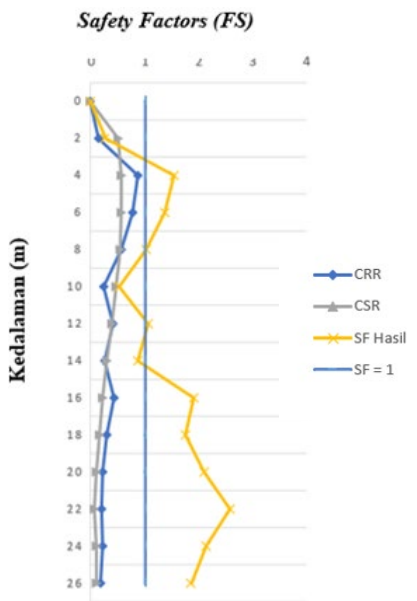
Berikut merupakan hasil percepatan maksimum gempa di setiap lapisan bisa dilihat pada Tabel 4 di bawah ini.

Tabel 4. Nilai Maksimum Akselerasi Setiap Lapisan BM-02

Kedalaman (m)	Lapisan Tanah	Maksimum akselerasi/ $a_{max}$ (g)
2	Lapisan 13	0,58
4	Lapisan 12	0,54
6	Lapisan 11	0,52
8	Lapisan 10	0,46
10	Lapisan 9	0,5
12	Lapisan 8	0,42
14	Lapisan 7	0,35
16	Lapisan 6	0,26
18	Lapisan 5	0,18
20	Lapisan 4	0,12
22	Lapisan 3	0,09
24	Lapisan 2	0,08
26	Lapisan 1	0,08

**Hasil dan Pembahasan**

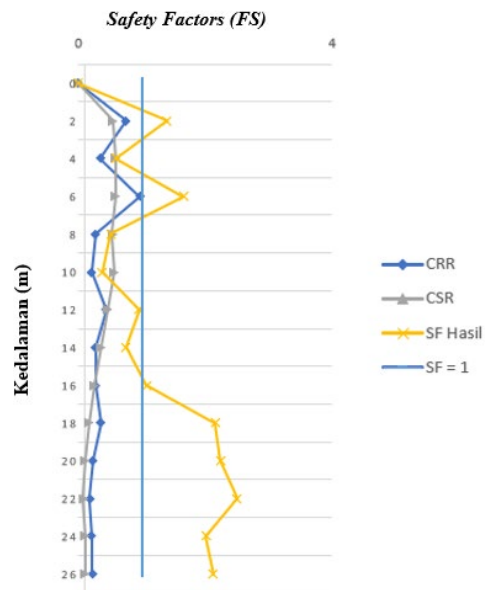
Berdasarkan data N-SPT dan dilakukan analisis potensi likuefaksi dengan metode Youd-Idriss (2001) dengan  $a_{max}$  menggunakan metode DSHA dan nilai  $a_{max}$  dari SNI 1726-2019 yaitu 0,5 didapatkan hasil rekapitulasi perhitungan dalam grafik pada Gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Grafik potensi likuefaksi dengan metode Youd & Idriss (2001) dengan metode DSHA BM-01

Gambar 1 menunjukkan dari BM-01 nilai CSR, CRR, FS dan Kedalaman. Adapun nilai *safety factor* yang dipakai yaitu sebesar 1 menjadi acuan batasan terjadinya likuefaksi atau tidak, bahwa jika nilai SF 1 tidak terjadi likuefaksi. Pada titik ini likuefaksi terjadi pada lapisan di kedalaman 2, 10, dan 14 m, terjadinya likuefaksi dikarenakan nilai SF pada semua lapisan diperoleh hasil kurang dari nilai *safety factor* =1.

Berdasarkan data N-SPT dan dilakukan analisis potensi likuefaksi dengan metode Youd-Idriss (2001) dengan  $a_{max}$  menggunakan metode DSHA dan nilai  $a_{max}$  dari SNI 1726-2019 yaitu 0,5 didapatkan hasil rekapitulasi perhitungan dalam grafik pada Gambar 2 di bawah ini.

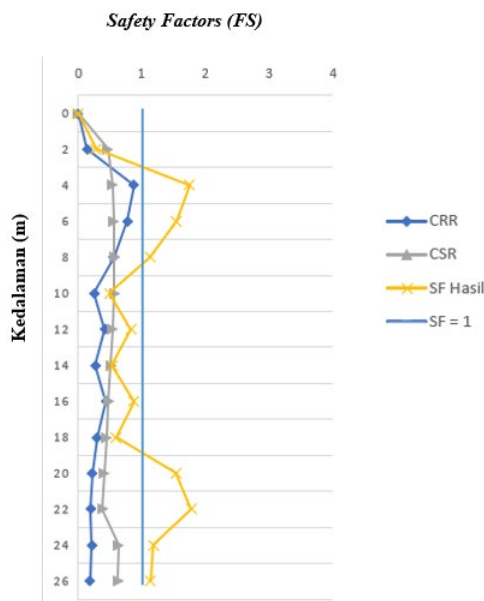


Gambar 2. Grafik Potensi Likuefaksi dengan metode Youd & Idriss (2001) dengan metode DSHA BM-02

Gambar 2 menunjukkan dari BM-02 nilai CSR, CRR, FS dan Kedalaman. Adapun nilai *safety factor* yang dipakai yaitu sebesar 1 menjadi acuan batasan terjadinya likuefaksi atau tidak, bahwa jika nilai SF 1 tidak terjadi likuefaksi. Pada titik ini likuefaksi terjadi pada lapisan di kedalaman 4-12 m dan 14 m, terjadinya likuefaksi dikarenakan nilai SF pada semua lapisan

diperoleh hasil kurang dari nilai *safety factor* =1.

Berdasarkan data N-SPT dan dilakukan analisis potensi likuefaksi dengan metode Youd-Idriss (2001) dengan *a max* menggunakan metode DSHA dan nilai *a max* dari SNI 1726-2019 yaitu 0,5 didapatkan hasil rekapitulasi perhitungan dalam grafik pada Gambar 3 di bawah ini.

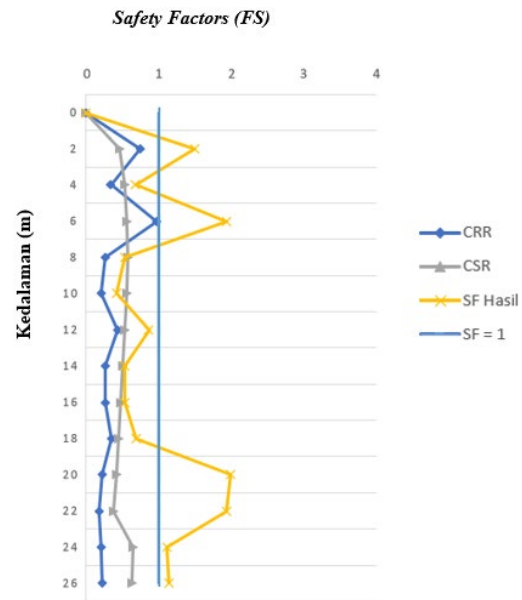


Gambar 3. Grafik Potensi Likuefaksi dengan metode Youd & Idriss (2001) dengan CSR SNI 1726-2019 BM-01

Gambar 3 menunjukkan dari BM-01 menggunakan *a max* SNI 1726-2019 nilai CSR, CRR, FS dan Kedalaman. Adapun nilai *safety factor* yang dipakai yaitu sebesar 1 menjadi acuan batasan terjadinya likuefaksi atau tidak, bahwa jika nilai SF 1 tidak terjadi likuefaksi. Pada titik ini likuefaksi terjadi pada lapisan di kedalaman 2 m dan 10-18 m, terjadinya likuefaksi dikarenakan nilai SF pada semua lapisan diperoleh hasil kurang dari nilai *safety factor* =1.

Berdasarkan data N-SPT dan dilakukan analisis potensi likuefaksi dengan metode Youd-Idriss (2001) dengan *a max* menggunakan metode DSHA dan nilai *a max* dari SNI 1726-2019 yaitu 0,5

didapatkan hasil rekapitulasi perhitungan dalam grafik pada Gambar 4 di bawah ini.



Gambar 4. Grafik Potensi Likuefaksi dengan metode Youd & Idriss (2001) dengan CSR SNI 1726-2019 BM-02

Gambar 4 menunjukkan dari BM-01 menggunakan *a max* SNI 1726-2019 nilai CSR, CRR, FS dan Kedalaman. Adapun nilai *safety factor* yang dipakai yaitu sebesar 1 menjadi acuan batasan terjadinya likuefaksi atau tidak, bahwa jika nilai SF 1 tidak terjadi likuefaksi. Pada titik ini likuefaksi terjadi pada lapisan di kedalaman 4 m dan 8-18 m dan terjadinya likuefaksi dikarenakan nilai SF pada semua lapisan diperoleh hasil kurang dari nilai *safety factor* =1.

**Kesimpulan**

Hasil dari analisis potensi likuefaksi dengan metode (Youd-Idriss (2001)) di Rumah Sakit Universitas Islam Indonesia dengan menggunakan data N-SPT dan juga analisis nilai percepatan gempa bisa ditarik kesimpulan sebagai berikut.

1. Hasil dari analisis percepatan gempa di Rumah Sakit Universitas Islam Indonesia yaitu percepatan maksimum gempa (*a max*) di setiap lapisan diperoleh sebesar 0,56g di permukaan untuk BM-01 dan

- 0,58g di permukaan untuk BM-02 yang menunjukkan analisis sesuai dengan SNI-1726-2019 di mana nilai  $a_{max}$  di daerah Rumah Sakit Universitas Islam Indonesia antara 0,5-0,6 g.
2. Hasil dari analisis percepatan gempa di Rumah Sakit Universitas Islam Indonesia yaitu percepatan maksimum gempa ( $a_{max}$ ) berdasarkan SNI 1726-2019 sebesar 0,5g di setiap lapisan untuk BM-01 dan 0,5g di setiap lapisan untuk BM-02.
  3. Hasil dari analisis potensi likuefaksi di Rumah Sakit Universitas Islam Indonesia dengan data N-SPT dan dengan *software EERA* bisa disimpulkan bahwa pengaruh  $a_{max}$  terhadap potensi likuefaksi dengan metode DSHA yaitu percepatan maksimum gempa bisa dilihat pada setiap lapisan tanah dan percepatan puncak berada pada 0,56g untuk BM-01 dan 0,58g untuk BM-02. Potensi likuefaksi pada BM-01 terjadi pada kedalaman 2,10, dan 14 m. Potensi likuefaksi pada BM-02 terjadi pada kedalaman 4-12 m dan 14 m.
  4. Hasil dari analisis potensi likuefaksi di Rumah Sakit Universitas Islam Indonesia dengan data N-SPT dan sesuai dengan SNI 1726-2019 bisa disimpulkan bahwa pengaruh  $a_{max}$  terhadap potensi likuefaksi sesuai dengan SNI 1726-2019 yaitu percepatan maksimum gempa bisa dilihat pada setiap lapisan tanah dan percepatan puncak sama yaitu berada pada 0,5g untuk BM-01 dan 0,5g untuk BM-02. Potensi likuefaksi pada BM-01 terjadi pada kedalaman 2 m dan 10-18m. Potensi likuefaksi pada BM-02 terjadi pada kedalaman 4 m dan 8-18 m.

Berdasarkan hasil pada bab sebelumnya penulis memberi beberapa saran sebagai berikut.

1. Analisis Percepatan Maksimum Gempa ( $a_{max}$ ) dengan menggunakan *software EERA* dirasa *software* terlalu lama dan hanya bisa berjalan di Excel 2007 maka dari itu penulis menyarankan untuk

menggunakan *Software* lain seperti DeepSoil.

2. Untuk mendapatkan hasil potensi likuefaksi yang lebih akurat dan lebih rinci dapat dilakukan dengan analisis dengan metode lain seperti menggunakan data CPT, gradasi butiran maupun *Shear Wave Velocity*. Perbandingan analisis likuefaksi dengan metode juga dapat dilakukan seperti Seed *et. al* (1976) dan Valera-Donovan (1977).

### Daftar Pustaka

- Ariwibowo. 2014. *Pengembangan Peta Percepatan Tanah di Permukaan Berdasarkan Data Geologi untuk Daerah Istimewa Yogyakarta*. Tesis, Universitas Islam Indonesia
- Asrurifak.M., Irsyam, M., Budiono, B., Triyoyo, W., Meratia, W., Sengara, I.W., 2009. *Peta Spektra Hazard Indonesia Dengan Menggunakan Model Gridded Seismicity Untuk Sumber Gempa Background*, Institut Teknologi Bandung, Indonesia.
- Asrurifak. 2010. *Peta Respon Spektra Indonesia untuk Perencanaan Struktur Bangunan Tahan Gempa dengan Model Sumber Tiga Dimensi dalam Analisis Probabilistik*. Disertasi. Institut Teknologi Bandung.
- Van Bemmelen, R.W. 1949. *The Geology of Indonesia, vol. I.A. General Geology*. Martinus Nyhoff, The Hague
- Calvi, G.M., Pinho, R., Magenes,G.,Bommer, J.J., Restrepo-Vélez, L.F., dan Crowley,H.2006. *Development of Seismic Vulnerability Assessment Methodologies Over the Past 30 Years*. ISET Journal of Earthquake Technology, Paper No. 472.3,pp.75-104.
- Fukushima, Y., and T. Tanaka. 1990. *A new attenuation relation for peak horizontal acceleration of strong earthquake ground motion in Japan*, Bull. Seismol. Soc. Am. 80, 757–783.
- Hasbi, Y., 2021. Analisis Potensi Likuefaksi Berdasarkan Data SPT dan CPT. *Tugas*

- Akhir.* Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Amanda, K., 2022. Analisis Potensi Likuefaksi Pada Rumah Sakit UII dengan metode Youd-Idriss (2001), Seed et.al dan Valera-Donovan (1977) Berdasarkan Data N-SPT. *Tugas Akhir.* Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Mario, H., Tarigan, S.D., 2019, Analisis Potensi Likuefaksi Akibat Gempa (Studi Kasus: Reklamasi Pelabuhan Kontainer Belawan Fase-2), Program Studi Teknik Sipil Universitas Katolik Santo Thomas.
- Tauhik, 2017. Analisis Respon Tanah Terhadap Gempa Pada Wilayah Kota Makassar Menggunakan Aplikasi EERA Dengan Sumber Gempa Patahan Walnac.
- Munafi, Y., 2012. Analisis Risiko dan Mikrozonasi Hazard Gempa Jakarta Metode Probabilitas Dengan Pemodelan Sumber Gempa Tiga Dimensi, Tesis, Magister Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta,.
- Srikit. 2019. Analisis Potensi Likuefaksi Berdasarkan Distribusi Ukuran Butir Dan Data N-SPT(Studi Kasus Pembangunan New Yogyakarta International Airport (NYIA) di Desa Glagah dan Desa Palihan, Kulon Progo). *Tugas Akhir.* Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Syahbana, 2020. *Application of Modified PSHA USGS Software in Java Island Bed Rock Peak Ground Acceleration and Hazard Curve with 2475 Years Return Period.*
- Mina, E. 2018. Analisa Potensi Likuefaksi Berdasarkan Data SPT (Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung Baru Untirta Sindang Sari) Jurusan Teknik Sipil. Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Banten.
- Irsyam, M., Sengara I.W., Adiamar, F., Widiyantoro, S., Triyoso, W., Natawidjaja, D.H., Kertapati, E., Meilano, I., Suhardjono, Asrurifak, M., dan Ridwan, M., 2010, Ringkasan Hasil Studi Tim Revisi Peta Gempa Indonesia, Bandung, 1 Juli 2010.