



UNIVERSITAS
GADJAH MADA

GUEST LECTURE
PROGRAM DOKTORAL TEKNIK SIPIL PASCASARJANA
UNIVERSITAS TADULAKO
10 SEPTEMBER 2022

Likuefaksi Dalam Tinjauan Geoteknik

Analisis dan Pengaruh pada Kestabilan Infrastruktur

Ahmad RIFA'I

*Department of Civil and Environmental Engineering
FoE, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia.*

E-mail: ahmad.rifai@ugm.ac.id

Outline

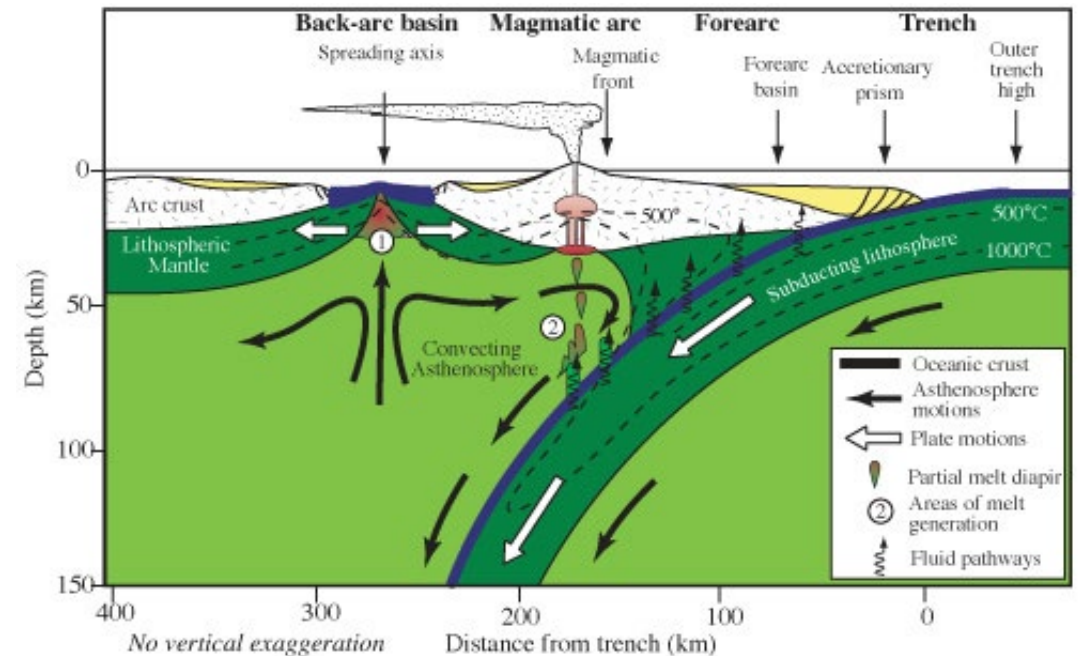
- Pendahuluan
- Likuefaksi
- Analisis Potensi likuefaksi
- Pemodelan Likuefaksi
- Mitigasi Likuefaksi
- Design Criteria
- Cases of Liquefaction Potential Analysis and Mitigation on Sediment Control Structure, Bridge and Building Foundation

Dominant Disaster in Indonesia



Indonesia is situated in the “Pacific Ring of Fire,” where it is affected by shifting tectonic plates that cause frequent earthquakes and volcanic eruptions. (Eurasia, Australian and Pacific plate)

- ⊙ Volcano: eruption and pyroclastic flow.
- ⊙ Earthquake.
- ⊙ Tsunami and/ Liquefaction.
- ⊙ Flooding/ Mass flow due to rainfall.
- ⊙ Slope failure/ landslide.



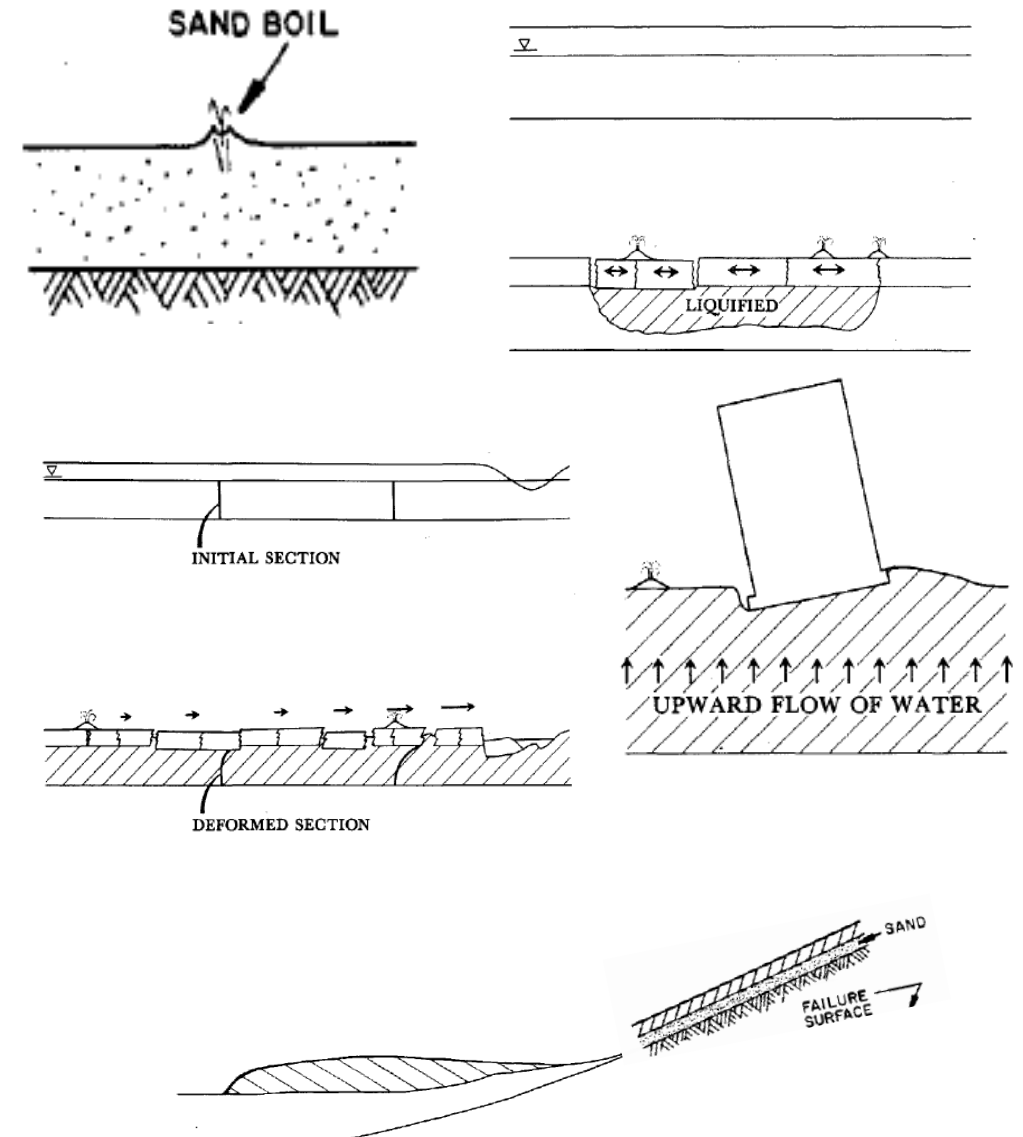


Soil liquefaction is a phenomenon in which soil loses much of its strength or stiffness for a generally short time due to dynamic load (earthquake/ cyclic load)

Palu Liquefaction: Assessment & Mitigation

Liquefaction

- Pengertian likuifaksi secara menyeluruh yaitu merupakan suatu fenomena pada tanah berukuran butir pasir halus dan jenuh air yang mengalami beban siklik yang cukup besar berupa gempa dengan waktu tertentu mengakibatkan terjadinya peningkatan tekanan air pori yang membuat tegangan efektif pada tanah semakin menurun sehingga tanah menjadi kehilangan daya dukungnya (Das, 2011).
- Menurut *Committee on Earthquake Engineering* (1985), saat terjadinya likuifaksi dapat memicu beberapa kegagalan seperti *sand boils*, *flow failures*, *lateral spreads*, *ground oscillation*, dan kehilangan daya dukung.

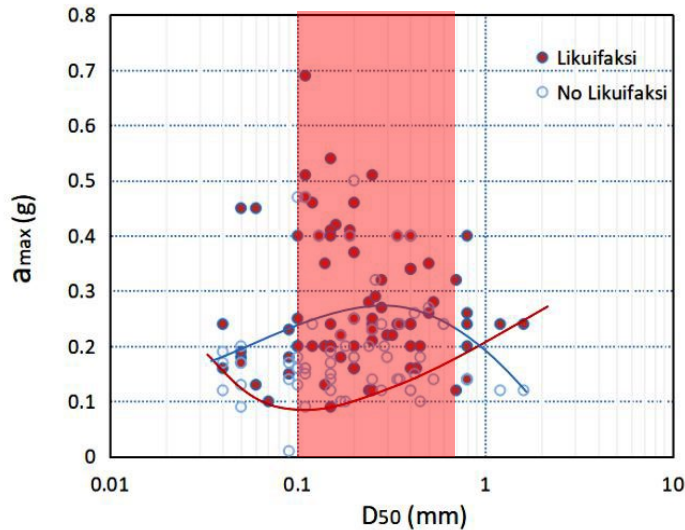


Parameter Pemicu Likuefaksi

- Kondisi pemicu terjadinya likuifaksi adalah jenis tanah, kedalaman muka air tanah, tebal dan kedalaman lapisan tanah, dan beban siklik berupa gempa.
- Aydan, dkk. (2008) menyebutkan bahwa tanah yang berpotensi likuifaksi merupakan tanah yang berukuran butir mulai dari pasir hingga lanau.
- Wang (1979) juga menyebutkan bahwa tanah yang dapat menyebabkan likuefaksi yaitu dengan 3 kriteria yaitu: (1) Jumlah butiran yang lolos saringan no.200 $< 15\%$, (2) nilai LL (*Liquid Limit*) tanah < 35 , dan (3) kandungan air pada tanah (w_c) $> 0,9$ LL.
- Ramakrishnan, dkk. (2006) menyebutkan bahwa ada 3 tingkatan risiko terjadinya likuifaksi sangat bergantung pada posisi muka air tanah: *Susceptible* (kedalaman muka air tanah < 10 m).
- Ketebalan dan kedalaman lapisan tanah berpengaruh kepada tingkat kerentanan likuifaksi pada tanah. Lapisan tanah yang tebal memiliki potensi dan dampak likuifaksi yang lebih besar. Selain itu, lapisan tanah yang berada di dekat permukaan cenderung lebih rentan mengalami likuifaksi. Berdasarkan Iwasaki (1982), tanah yang berada di kedalaman > 20 m tidak berpotensi mengakibatkan likuifaksi.
- Adanya beban siklik berupa guncangan gempa. Beban siklik yang besar mengakibatkan tekanan air pori tanah meningkat yang menyebabkan tegangan efektif tanah semakin menurun. Umumnya kejadian likuifaksi terjadi ketika gempa dengan nilai PGA $> 0,25$ g (Toprak dan Holzer, 2003).

Analisis Potensi Likuifaksi

- Preliminary Analysis
 - Muka Air Tanah (Youd, dkk. 1979)
 - Gradasi Butiran (Tsucida, 1976)
 - Correlation between D50 and Density Relativity (Hakam 2020)



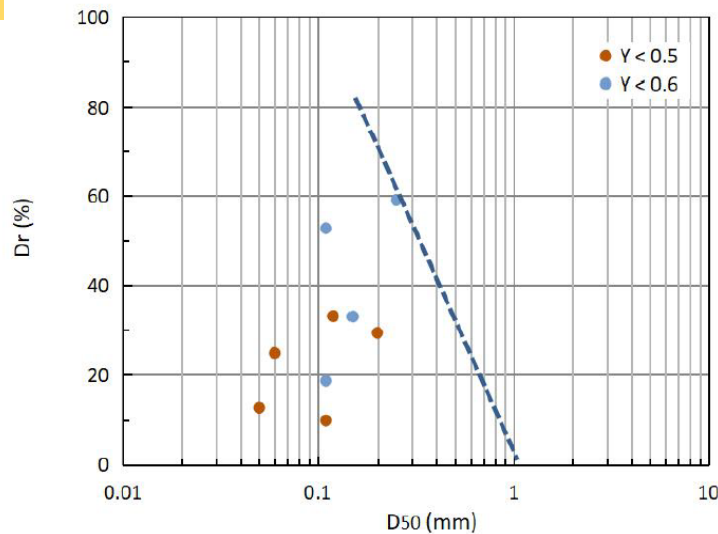
D50 (Cetin, et al (2000) dan Hakam (2020))

PRELIMINARY ANALYSIS

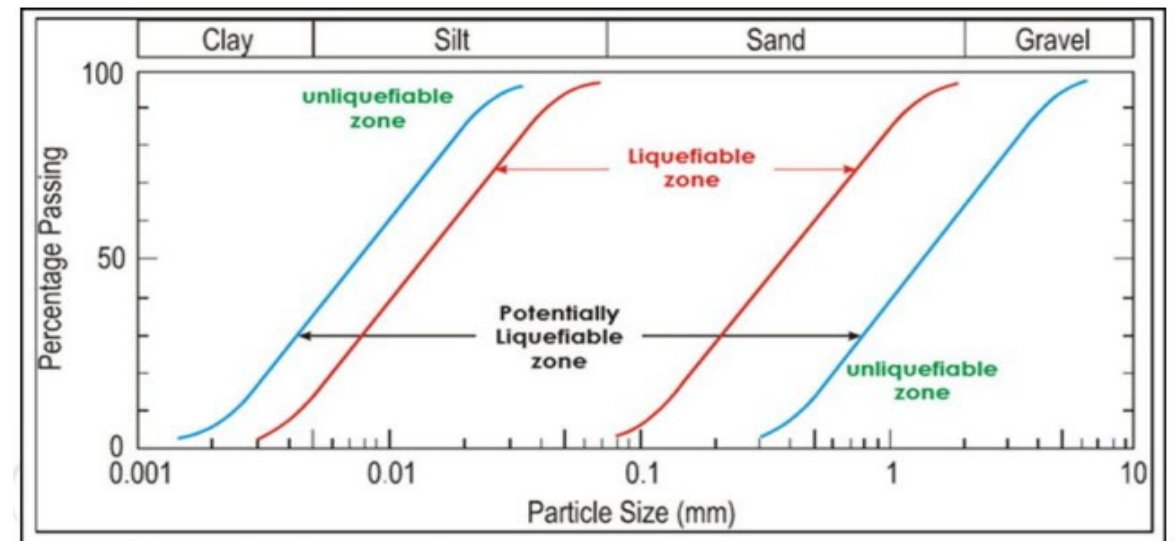
Rentang	D50 Tengah	Jumlah
< 0,04	-	0
0,04 - 0,1	0,075	18
0,1 - 0,3	0,2	50
0,3 - 0,7	0,5	21
0,7 - 1,0	0,85	7
1,0 - 2,0	1,5	2
> 2,0	-	0

Ground Water Depth (m)	Maximum Possible Susceptibility
< 3.0	Very High
3.0 – 9.1	High
9.1 – 15.2	Low
> 15.2	Very Low

Muka Air Tanah, Youd, et al (1979)



Correlation DR and D50 (Hakam, 2020)



Gradasi Butiran, Tsucida (1976)



- ❑ Salah satu metode dalam menentukan potensi likuifaksi yaitu dengan cara yang disarankan oleh Seed (1983). Rasio tegangan siklik (τ_h/σ_v) yang menyebabkan likuefaksi menjadi salah satu parameter dalam penentuan potensi likuefaksi.
- ❑ Tahapan dalam melakukan analisis likuifaksi terdiri atas tiga tahapan. Tahapan pertama yaitu menghitung tahanan geser (τ_h) pada masing-masing lapisan tanah. Setelah mendapatkan nilai tahanan geser (τ_h) masing-masing lapisan, tahapan kedua yaitu menghitung tegangan geser yang terjadi pada masing-masing lapisan akibat pengaruh gempa (τ_{av}).
- ❑ Kondisi likuefaksi dapat terjadi ketika tegangan geser yang terjadi akibat gempa (τ_{av}) melebihi tahanan gesernya (τ_h).
- ❑ Selain metode Seed 1983, metode perhitungan potensi likuifaksi juga dikemukakan oleh Cetin dkk. (2004). Perbedaan kedua metode ini yaitu adanya faktor koreksi nilai N SPT di lapangan dan jenis persamaan eksponensial dengan input parameter yang berbeda.

Tabel 2. 1 Perbandingan input parameter masing-masing metode

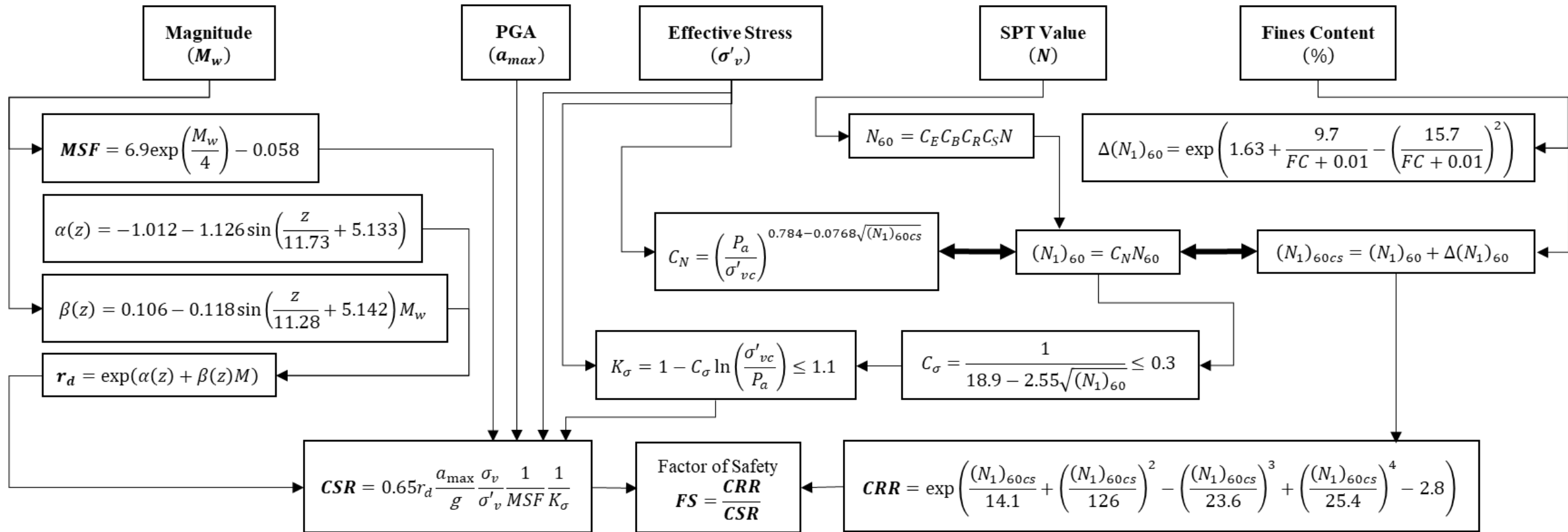
Metode perhitungan	N SPT	Tegangan efektif	Kandungan butiran halus	Magnitudo gempa	PGA	Faktor koreksi N SPT
Seed, dkk. (1983)	√	√	-	√	√	C_N
Cetin, dkk. (2004)	√	√	√	√	-	C_N, C_R, C_S
Idriss dan Boulanger (2004)	√	-	-	√	-	C_N, C_S

C_N = faktor koreksi terhadap tekanan *overburden*

C_R = faktor koreksi terhadap *rod length*

C_S = faktor koreksi terhadap metode *sampling*

LIQUEFACTION ANALYSIS

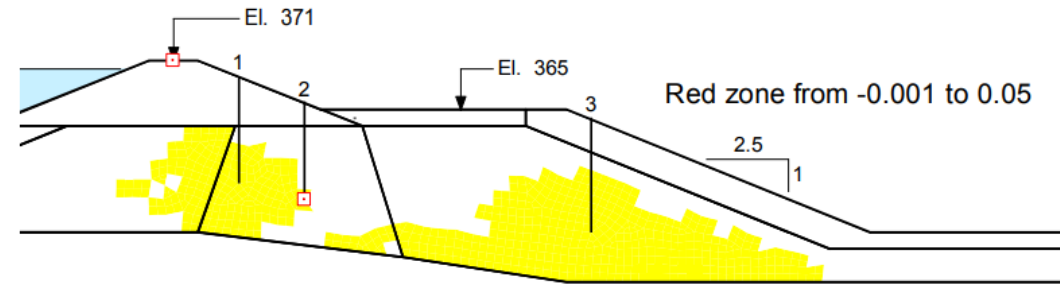


SIMPLIFIED PROCEDURE FOR LIQUEFACTION ANALYSIS

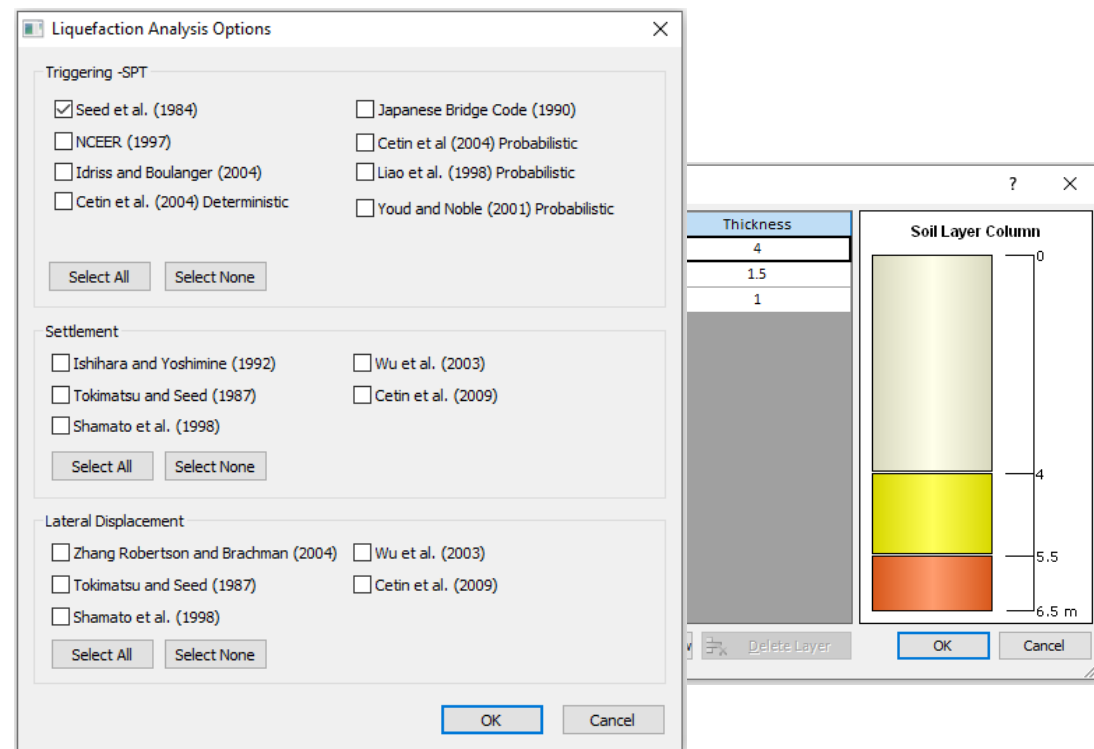
Idriss and Boulanger (2008)

Pemodelan Likuefaksi

- Salah satu perangkat lunak yang dapat digunakan sebagai media permodelan likuifaksi adalah *Geostudio 2012*. Dalam melakukan permodelan likuifaksi menggunakan *Geostudio 2012*, analisis yang dilakukan adalah menggunakan *Quake/W* dengan output berupa grafik atau gambar kontur perubahan tekanan air pori dan tegangan efektif terhadap waktu dinamis serta nilai perpindahan (*displacement*) arah x maupun arah y.
- Indikasi terjadinya likuefaksi dapat dilihat dari meningkatnya nilai tekanan air pori saat gempa diiringi dengan menurunnya tegangan efektif. Gambar 2.8 menunjukkan contoh perubahan tekanan air pori pada suatu titik kedalaman tertentu saat terjadinya gempa. Selain itu, *Quake/W* juga menampilkan hasil berupa zona likuefaksi saat setelah gempa berhenti.
- Selain itu analisis potensi likuefaksi juga dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *Settle 3D* menggunakan input data SPT. Aplikasi ini mampu melakukan analisis potensi likuefaksi hingga menghasilkan output berupa nilai-nilai seperti faktor aman (*Factor of Safety*) hingga perpindahan lateral maupun penurunan tanah.



Zona likuefaksi ditunjukkan oleh warna kuning (Geoslope, 2012)



Principles of Liquefaction Countermeasures

Factors to induce liquefaction

- ~~loose sand~~
- ~~saturated~~
- ~~un-cemented~~
- ~~(cyclic) shear~~
- ~~undrained condition~~

A: **Ground improvement**

- densification
- dewatering
- chemical hardening
- lattice walls
- quick drainage

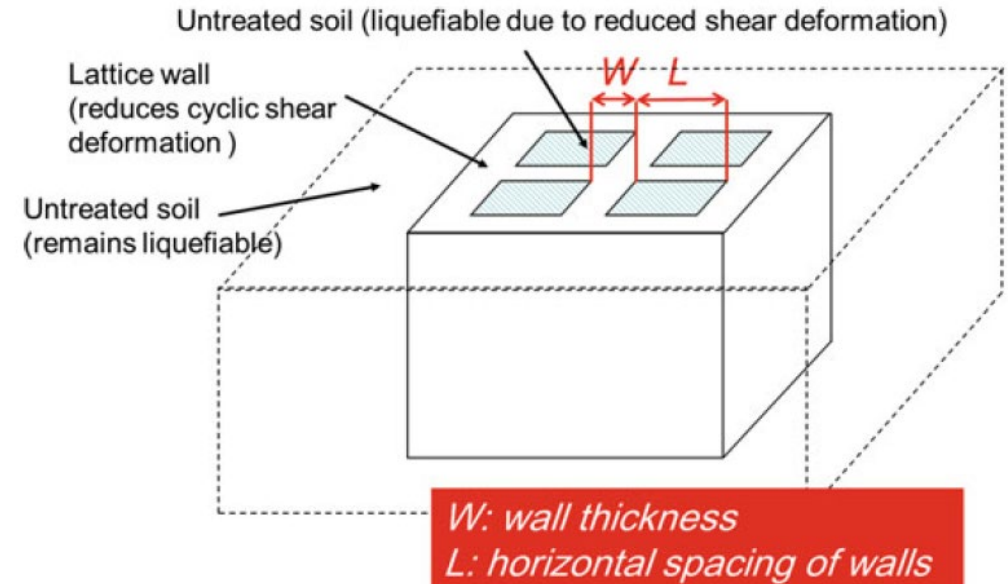
B: **Structural measures**

- foundation reinforcement
- flexible joints
- cut-off walls
- weight adjustment

C: **Easy restoration**

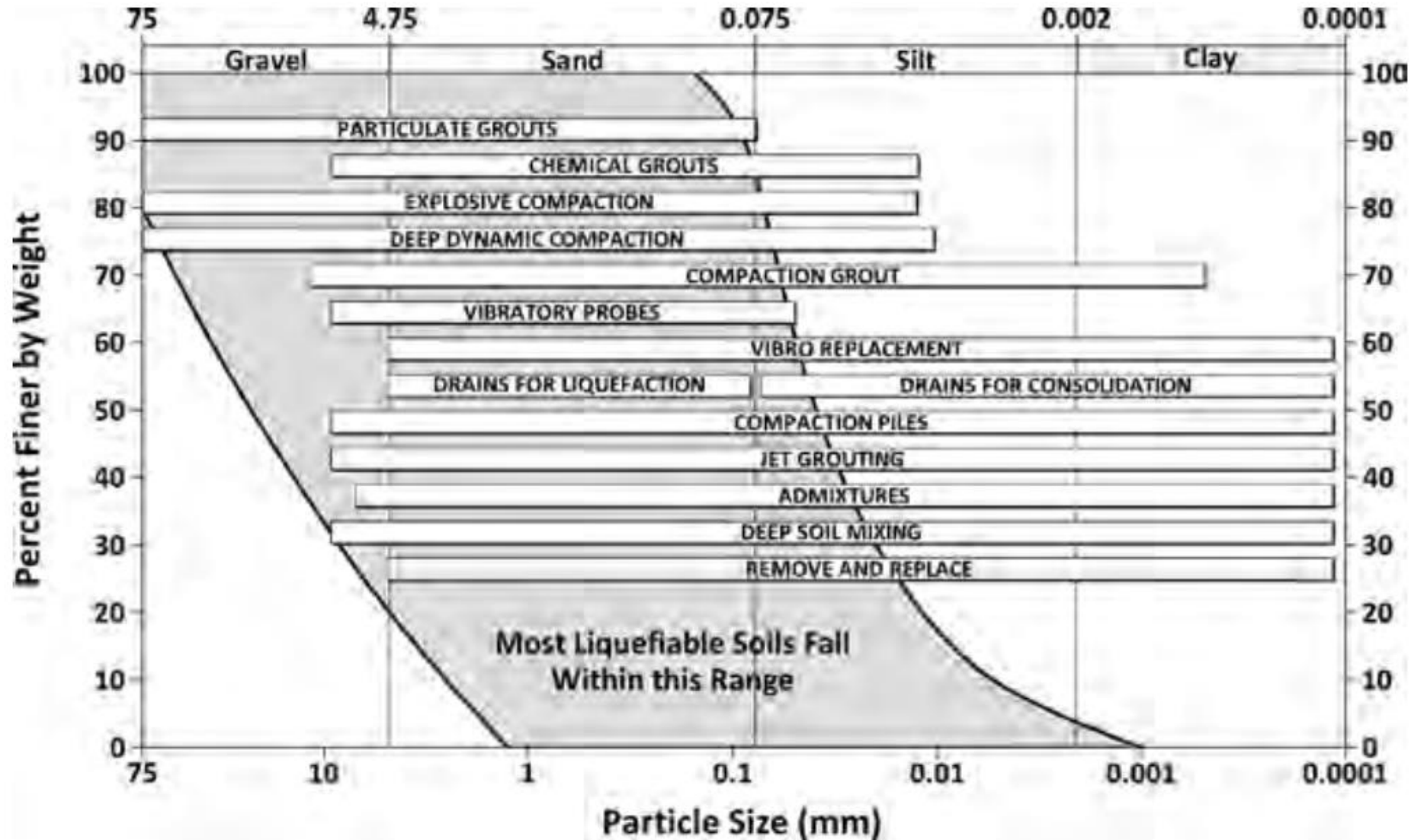
For example, prepared reaction plates for jacking-up of houses; daily stock of replacement weak parts such as flexible joints (like electric fuse)

Koseki (2018)



! Lattice walls as countermeasure against liquefaction

Mitigasi likuefaksi berdasarkan distribusi ukuran butiran tanah (Mitchell, 2008)



Design Criteria

SNI

SNI 8460:2017

Persyaratan perancangan geoteknik

Standar Nasional Indonesia

Geotechnical Design Requirements

ICS 91.010.01

Badan Standardisasi Nasional



12	Kegempaan.....	263
12.1	Ruang lingkup kegempaan	263
12.2	Persyaratan teknis perancangan kegempaan.....	263
12.2.1	Persyaratan ketahanan gempa	263
12.2.2	Persyaratan spektrum respons desain.....	266
12.2.3	Persyaratan spektrum respons desain berdasarkan evaluasi spesifik-situs	273
12.2.4	Persyaratan desain gempa pada fondasi.....	275
12.2.5	Persyaratan gempa untuk dinding penahan	277
12.2.6	Persyaratan gempa untuk bendungan	278
12.2.7	Persyaratan gempa untuk lereng	278
12.2.8	Persyaratan gempa untuk struktur tertanam (<i>buried structure</i>).....	279

5.1	Ruang lingkup data geoteknik	19
5.2	Perancangan penyelidikan geoteknik	19
5.2.1	Informasi geoteknik.....	19
5.2.2	Penyelidikan tanah.....	20
5.2.3	Penyelidikan awal	21
5.2.4	Penyelidikan tahap perancangan.....	21
5.2.5	Pemeriksaan kesesuaian hasil penyelidikan selama konstruksi.....	36
5.3	Pengambilan contoh tanah, batuan dan air tanah	36
5.3.1	Umum	36
5.3.2	Pengambilan contoh tanah atau batuan dengan pengeboran	36
5.3.3	Pengambilan contoh tanah atau batuan dengan galian.....	36
5.3.4	Pengambilan contoh tanah	37
5.3.5	Pengambilan contoh batuan	38
5.3.1	Perancangan dan pelaksanaan pengukuran	40
5.3.2	Evaluasi hasil pengukuran muka air tanah	41
5.4	Uji lapangan pada tanah dan batuan.....	41
5.4.1	Umum	41
5.4.2	Uji penetrasi standar (<i>Standard Penetration Test, SPT</i>).....	43

12 Kegempaan

12.1 Ruang lingkup kegempaan

Pasal ini dimaksudkan sebagai pelengkap untuk perancangan beban gempa untuk struktur bangunan gedung dan non-gedung yang tercantum dalam SNI 1726:2012, perancangan beban gempa untuk jembatan konvensional yang tercantum dalam SNI 2833:2008, serta petunjuk umum untuk pemilihan parameter evaluasi seismik untuk bangunan-bangunan air, terowongan, fondasi, dinding penahan tanah, analisis stabilitas lereng, dan analisis likuifaksi.

Syarat-syarat perancangan yang ditetapkan dalam pasal ini berlaku untuk bangunan sebagai berikut:

- a) bangunan gedung dan non-gedung, sebagaimana yang tercantum dalam SNI 1726:2012;
- b) jembatan konvensional, sebagaimana yang tercantum dalam SNI 2833:2008;
- c) bangunan-bangunan air, seperti dam serta bangunan-bangunan pelengkapanya;
- d) terowongan;
- e) dinding penahan tanah;
- f) stabilitas lereng; g) fondasi;
- h) likuifaksi.

Tabel 52 – Kriteria perancangan gempa berdasarkan peruntukan infrastuktur

Peruntukan	Umur rencana (tahun)	Probabilitas terlampaui (%)	Periode ulang (tahun)	Kriteria keamanan	Referensi
Bangunan gedung dan non-gedung	50	2	2.500	-	SNI 1726:2012
Jembatan konvensional	75	7	1.000	-	SNI 2833:201x AASHTO (2012)
Dinding penahan Abutmen Jembatan	75	7	1.000	FK>1,5 (terhadap geser saat mengalami beban statik) FK>2 (terhadap guling saat mengalami beban statik) FK>1,1 (terhadap beban pseudostatik)	WSDOT, FHWA-NJ-2005-002
Timbunan oprit				FK>1,1	
Bendungan	100	1	10.000, <i>Safety Evaluation Earthquake (SEE)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Tidak terjadi aliran air yang tidak terkendali • Deformasi tidak melebihi 0,5 dari tinggi jagaan • Deformasi pada filter tidak boleh melebihi 0,5 tebal filter • <i>Spillway</i> tetap berfungsi setelah terjadi gempa rencana 	ICOLD No 148, 2016,
	100	50	145 <i>Operating Basis Earthquake (OBE)</i>	Kerusakan minor setelah terjadi gempa rencana	
Bangunan pelengkap bendungan	50	2	2500	-	
Terowongan	100	10	1.000 tahun		

12.2.4.3 Efek likuifaksi pada perancangan fondasi

Untuk kebutuhan perancangan, likuifaksi diperkirakan untuk terjadi bersamaan dengan beban puncak pada struktur (tidak dilakukan pengurangan perpindahan energi seismik akibat likuifaksi dan pelunakan tanah). Efek likuifaksi pada fondasi meliputi:

- a) Pengurangan kapasitas lateral dan aksial serta kekakuan fondasi dalam;
- b) *Lateral spreading*;
- c) Penurunan tanah dan kemungkinan efek *downdrag*.

Hal-hal yang perlu diperhatikan pada perancangan fondasi adalah sebagai berikut.

- a) Penggunaan fondasi dangkal/fondasi telapak tidak direkomendasikan pada tanah dengan potensi likuifaksi tinggi, kecuali dilakukan metode perbaikan tanah untuk menghilangkan kondisi likuifaksi tersebut.
- b) Untuk fondasi tiang, tahanan friksi pada lapisan tanah dengan potensi likuifaksi harus diabaikan atau tidak diperhitungkan dalam perhitungan daya dukung aksial ataupun *uplift*.
- c) Penggunaan pengurangan kekuatan geser (kondisi residual) digunakan untuk mengevaluasi kapasitas lateral fondasi menggunakan metode *liquified p-y curve* dengan kriteria mengacu pada R Seed & L Harded (1990).
- d) Gunakan modifikasi PL/AE pada kurva T-Z dengan pertimbangan, bila zona likuifaksi mereduksi tahanan friksi hingga kurang dari 50% daya dukung ultimitnya, maka gunakan kondisi daya dukung ujung pada evaluasi perhitungan daya dukung tiang. Jika sebaliknya, gunakan evaluasi daya dukung dengan memperhitungkan daya dukung friksi tiang.
- e) Penggunaan tiang miring (*battered piles*) dan tiang beton prategang tidak direkomendasikan pada tanah dengan potensi likuifaksi tinggi. Penggunaan tiang baja direkomendasikan dengan mempertimbangkan kelenturan dan daktilitas sistem fondasi.

Case #1:

IOP Conference Series: Earth and Environmental Science

PAPER • OPEN ACCESS

Study of Liquefaction Potential at Sabo dam Construction on Poi and Bangga River, Sigi Regency, Central Sulawesi

To cite this article: Fauzan *et al* 2021 *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 930 012083

Study of Liquefaction Potential at Sabo dam Construction on Poi and Bangga River, Sigi Regency, Central Sulawesi

Fauzan¹, A Rifa'i^{1,*}, S Ismanti¹

¹Department of Civil and Environmental Engineering, Faculty of Engineering, Gadjah Mada University, Yogyakarta 55281, Indonesia

*Corresponding author: ahmad.rifai@ugm.ac.id

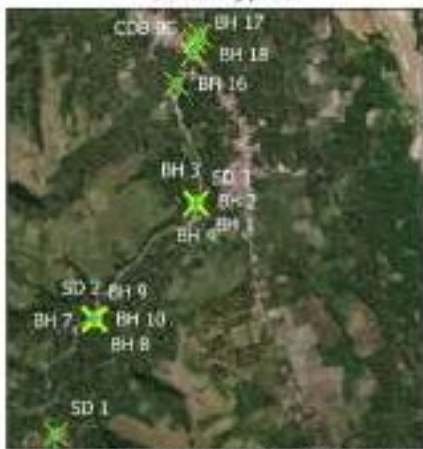
Abstract. The Palukoro fault, an active sinistral fault that cuts through Sulawesi Island, was the cause of the earthquake and liquefaction disaster in Palu and Sigi Regency in 2018. A series of studies related to liquefaction have been carried out since then but more focused on the west side of the Palu River. This research will raise the potential for liquefaction on the eastern side of the Palu river, precisely in the sabo dam area at Poi and Bangga River. These rivers are located on the opposite side of the Sibalaya liquefaction area. Liquefaction potential was calculated using the Simplified Procedure Method based on NSPT values. Fifteen and twelve boreholes are located at Bangga and Poi rivers, respectively. The qualitative analysis assessed the criteria of vulnerability based on geological factors, groundwater levels, and seismicity. The Liquefaction Potential Index method was used and calculated using several earthquake scenarios based on historical data and potential earthquakes of The Palu-koro fault. Based on LPI analysis, the Poi River has meager potential at the middle stream area and moderate level potential at the downstream. Bangga River has moderate to high liquefaction potential downstream and low to very low potential at the middle stream.

Keywords: Bangga river, potential liquefaction index, Palukoro fault, poi river, simplified procedure, sabo dam.

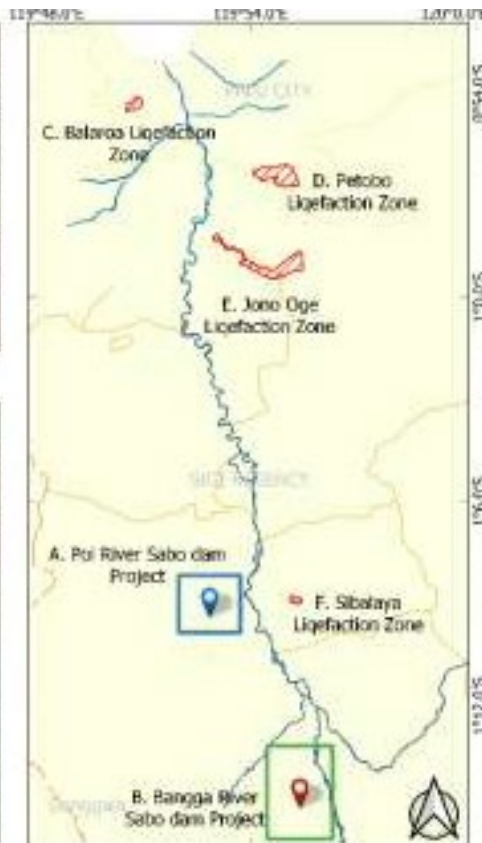
Liquefaction Zones and Research Location



A. Location of Pot River's Sabo dam Project and SPT drilling points



B. Location of Bangga River's Sabo dam Project and SPT drilling points



C. Liquefaction Zone of Balaroa



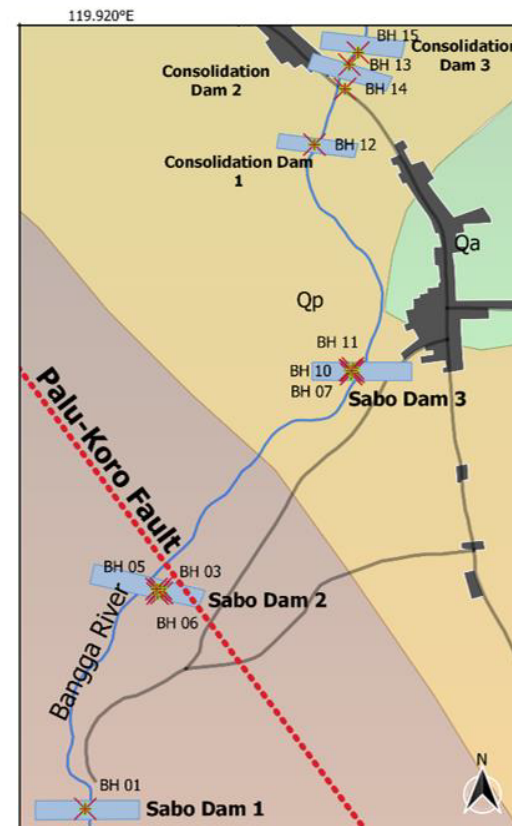
D. Liquefaction Zone of Petobo



E. Liquefaction Zone of Jono Oge



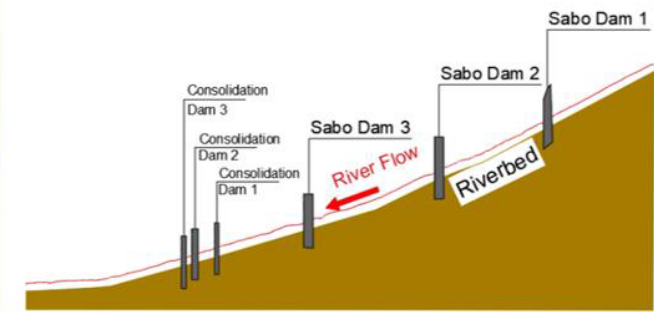
F. Liquefaction Zone of Sibelaya



Struktur Geologi :

- Qa Alluvium Formation
- Qp Pakuli Formation
- Tmpi Intrusive Formation

Struktur Bangunan	Kode Titik Bor
Sabo Dam 1	BH 01
Sabo Dam 2	BH 02 - BH 06
Sabo Dam 3	BH 07 - BH 11
Consolidation Dam 1	BH 12
Consolidation Dam 2	BH 13 - BH 14
Consolidation Dam 3	BH 15



Liquefaction Threshold Method by Keith et al. (1999)

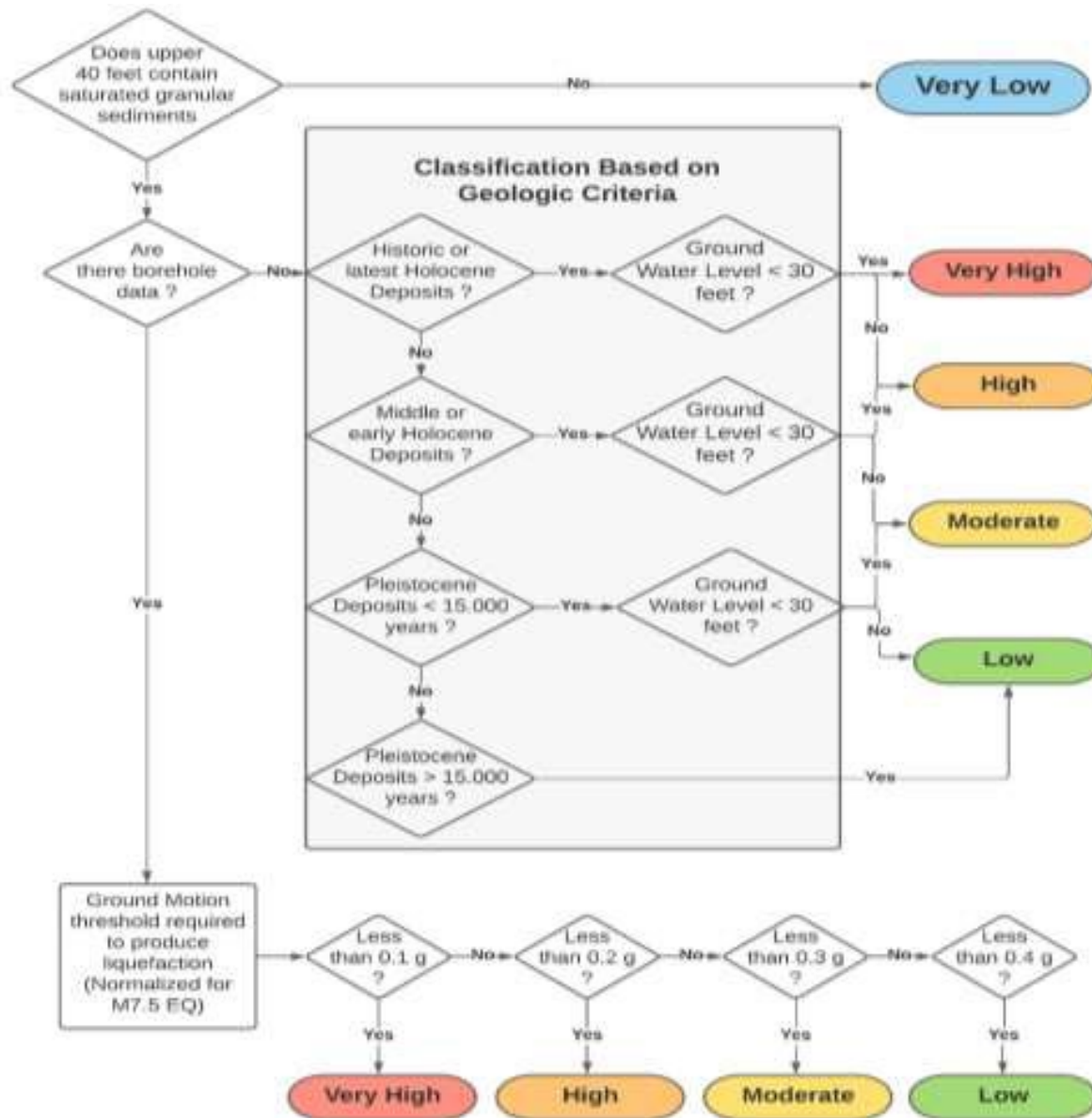
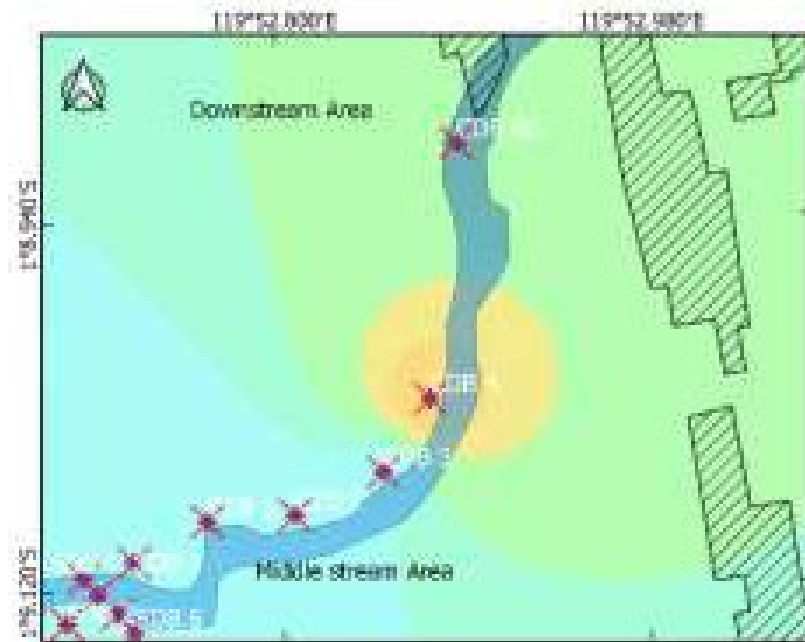


Table 1. Liquefaction Potential Category Based on Sonmez Equation

Liquefaction Index (Li)	Liquefaction Potential
0	Non-Liquefiable
$0 < Li \leq 2$	Low
$2 < Li \leq 5$	Moderate
$5 < Li \leq 15$	High
$15 > Li$	Very High

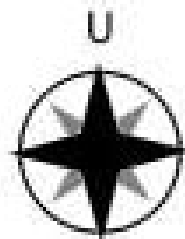
Liquefaction Potential Hazard Map of Middle Stream to Downstream Area of Poi River



LIQUEFACTION POTENTIAL HAZARD MAP OF POI RIVER WITH 7.5 Mw EARTHQUAKE SCENARIO



LIQUEFACTION POTENTIAL HAZARD MAP OF POI RIVER WITH 7.9 Mw EARTHQUAKE SCENARIO



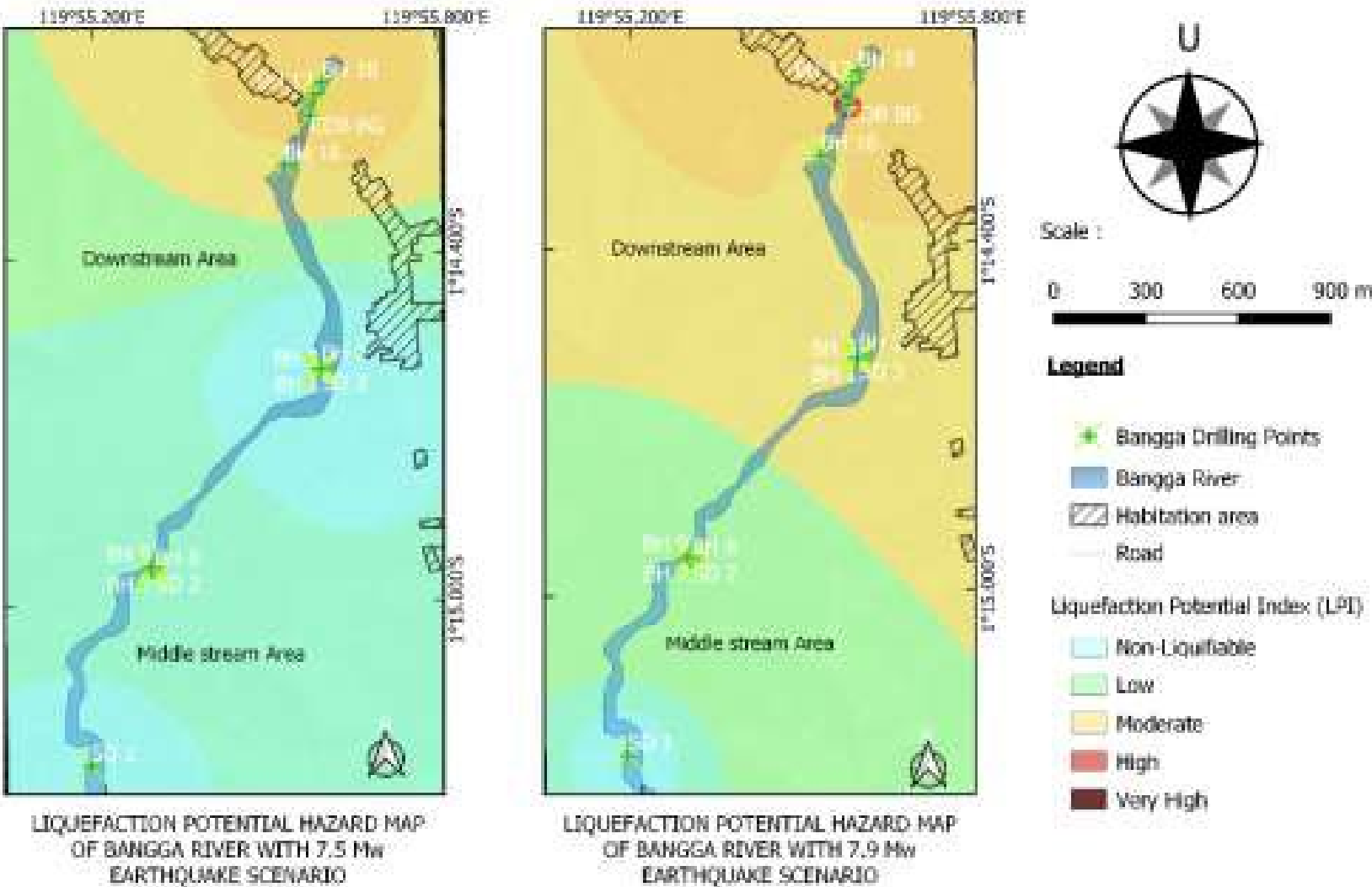
Legend

Liquefaction Potential Index (LPI)

- Non-Liquefiable
- Low
- Moderate
- High
- Very High

- Poi Drilling Points
- Habitation Area
- Poi River

Liquefaction Potential Hazard Map of Middle Stream to Downstream Area of Bangga River



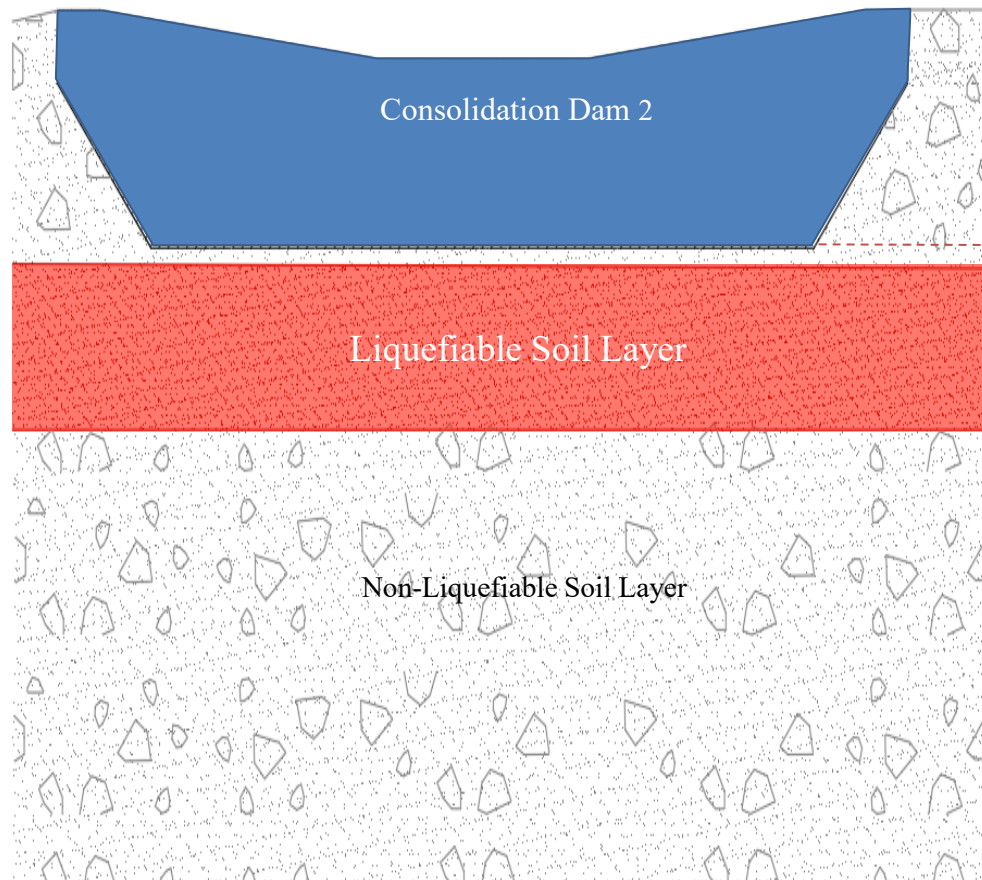
Conclusion

- The qualitative analysis, which was carried out by utilizing the threshold Liquefaction Method proposed by Keith et al. (1999), showed that the lower reaches of the Poi and Bangga Rivers had a moderate susceptibility to liquefaction, while the middle part tended to be safe from liquefaction. The sieve tests carried out on several samples obtained at both locations showed that the grain gradation in the Poi and Bangga rivers was classified in the liquefaction potential zone.
- The analysis results on the Bangga River area showed that the soil layer that was susceptible to liquefaction was located in the downstream area close to the residential area at a depth of 3 to 11 meters.
- The results of the LPI analysis for the Bangga River and the Poi River were presented in the form of a disaster risk map, as shown in Figure 6 and Figure 7. It can be seen that the Poi and Bangga River areas had a level of risk of potential liquefaction ranging from "moderate" to "Non-liquefied". The Bangga River area had a higher level of vulnerability than the Poi River. The results of the 7.5 Mw and 7.9 Mw earthquake scenarios did not show any significant changes. However, it can be seen that the 7.9 Mw seismicity level had a wider "moderate" potential level compared to the 7.5 Mw earthquake.

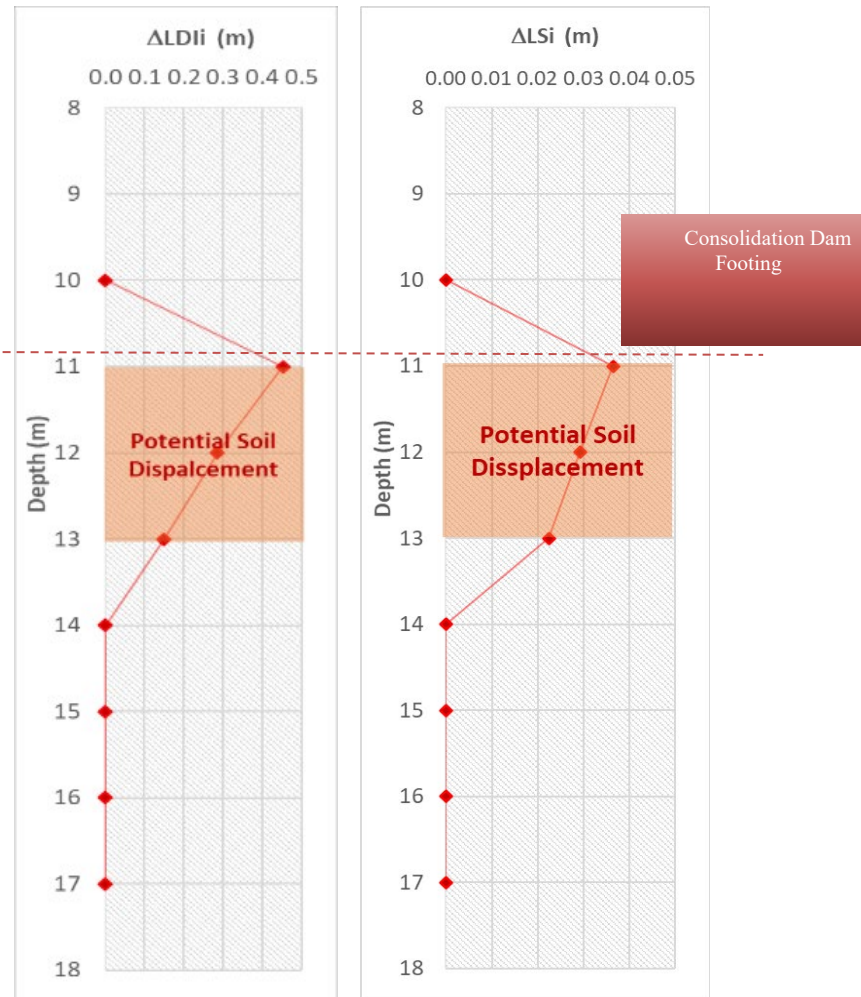
Case #2: Liquefaction Mitigation at The Sediment Control Structures on Bangga River, Central Sulawesi

- Mitigation planning for liquefaction potential in the Sediment Control Structures area in the Bangga River is carried out by considering several aspects, namely the characteristics of the soil in the area, liquefaction conditions that may occur, the depth and thickness of the soil layer that is susceptible to liquefaction, ease of installation and suitability to the site location and cost factor.

Methods	Parameters to Modify	Methods	Advantages	Limitations
Densification	<ul style="list-style-type: none"> Increase shear strength and stiffness 	<ul style="list-style-type: none"> Vibro compaction Dynamic compaction Blast densification 	<ul style="list-style-type: none"> Relatively inexpensive It can be applied to nearby structures 	<ul style="list-style-type: none"> Induce ground settlement It cannot be used on finer ground materials such as silts
Reinforcement	<ul style="list-style-type: none"> Improves shear strength and stiffness Reduces drainage path Decrease pore water pressure 	<ul style="list-style-type: none"> Stone columns Jet grouting 	<ul style="list-style-type: none"> Reinforces the soil Enhances lateral earth pressure 	<ul style="list-style-type: none"> It cannot be used on existing builds area Expensive It cannot be used below structures
Drainage	<ul style="list-style-type: none"> Reduce the generation of excess pore water pressure 	<ul style="list-style-type: none"> Gravel drains Vertical drains 	<ul style="list-style-type: none"> Decrease the chance of build-up excess pore water pressure 	<ul style="list-style-type: none"> It cannot be installed beneath existing structures Cannot minimize seismic settlement
Solidification	<ul style="list-style-type: none"> Aggregates and solidify the soil 	<ul style="list-style-type: none"> Grouting Soil mixing 	<ul style="list-style-type: none"> Chemical of low viscosity can be used 	<ul style="list-style-type: none"> Expensive Chemical could be toxic and harmful



5.a. Cross Section of Consolidation Dam 2 Structure



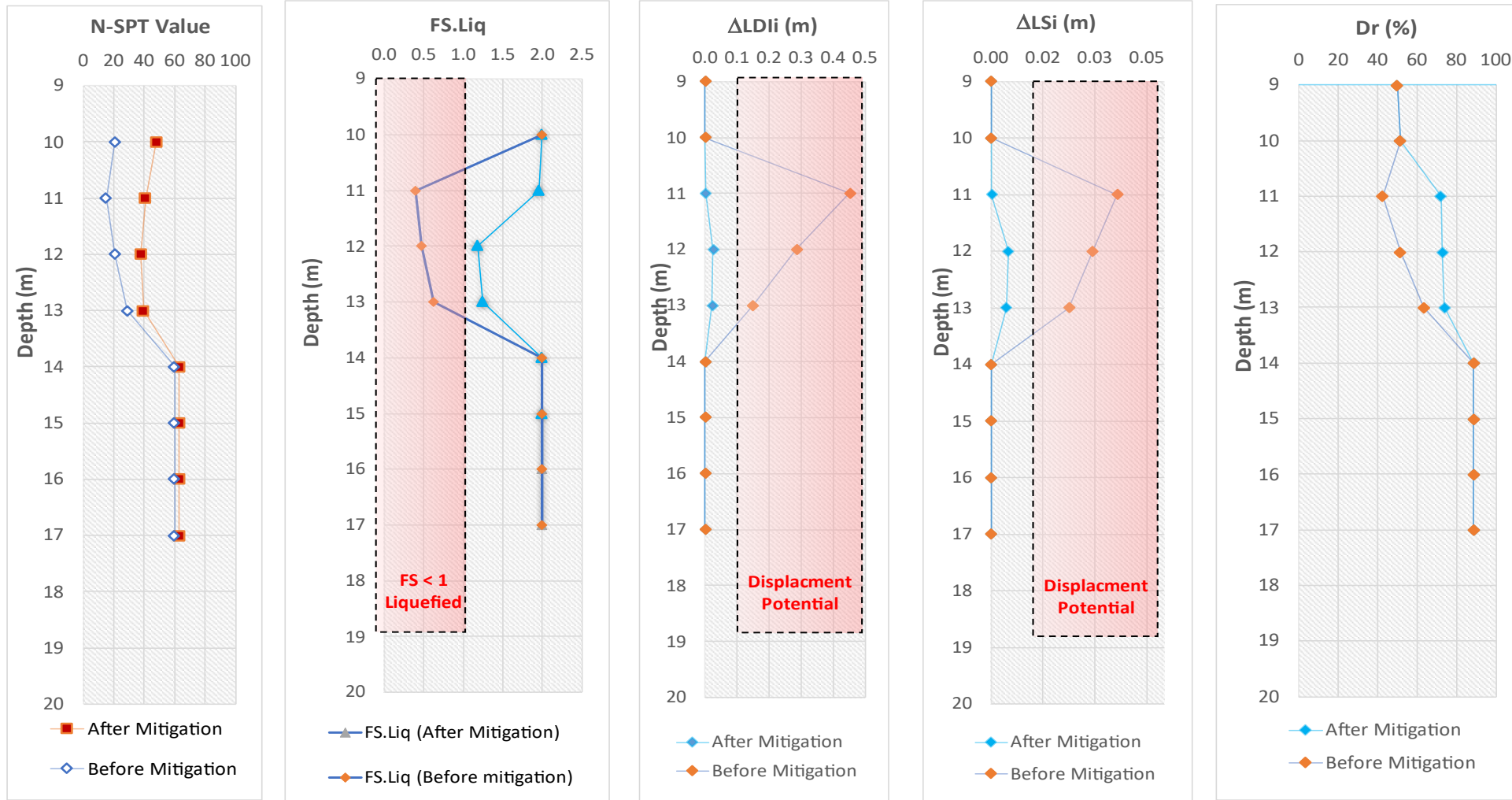
5.b. Lateral Spreading and Settlement Potential

Mitigation Planning: Compaction Method

- The compaction method aims to increase the shear strength of the soil so that it has sufficient resistance to liquefaction. To determine the level of strength that is safe against liquefaction potential, a back analysis is carried out on the Simplified Method equation from Idriss and Boulanger. The safety factor value is set at 1.2, based on Sonmez's study in 2005.
- The compaction scenario is carried out using a tamper weight of 10 t, with dimensions of 1.8m x 1.8m and a falling height of 5 meters. The compaction is carried out at a depth of 10 meters which is the top layer of the modeling soil. The analysis results show that to achieve the desired NSPT value, it is necessary to compact with a total of 6 strokes for each point. The estimated change in NSPT value after compaction and its effect on the liquefaction potential is shown In Figure.

Depth	NSPT Initially	FS. Liq Initially	Required NSPT	Desired FS. Liq
11	15	0.39	36	1.2
12	21	0.47	38	1.2
13	29	0.62	39	1.2

Comparison of Post-Liquefaction effect before and after soil reinforcement



Conclusion

Based on the post-liquefaction effect analysis in the Consolidation Dam 2 area, the liquefaction potential can cause deformation of the soil layer in the form of lateral spreading and settlement. The potential for lateral spreading is found from a depth of 11 to 13 m, with a total movement of 0.886 m. Meanwhile, settlement potential is also found at a depth of 11 to 13 m with a total movement of 0.088 m. The susceptible soil layer to deformation is only 1 m below the Consolidation Dam foundation.

One of the mitigation methods for liquefaction disasters that can be conducted is by improving the soil bearing capacity. Compaction work was proposed as the soil improvement. The analysis results show that the safety against liquefaction is achieved if the NSPT value of the vulnerable soil layer is more than 37. This increasing strength soil leads to reducing the lateral spreading potential up to 92% and the settlement potential up to 83%.

Case #3:

Liquefaction Potential Study at Opak River Estuary Bantul
(Kretek 2 Bridge Project)

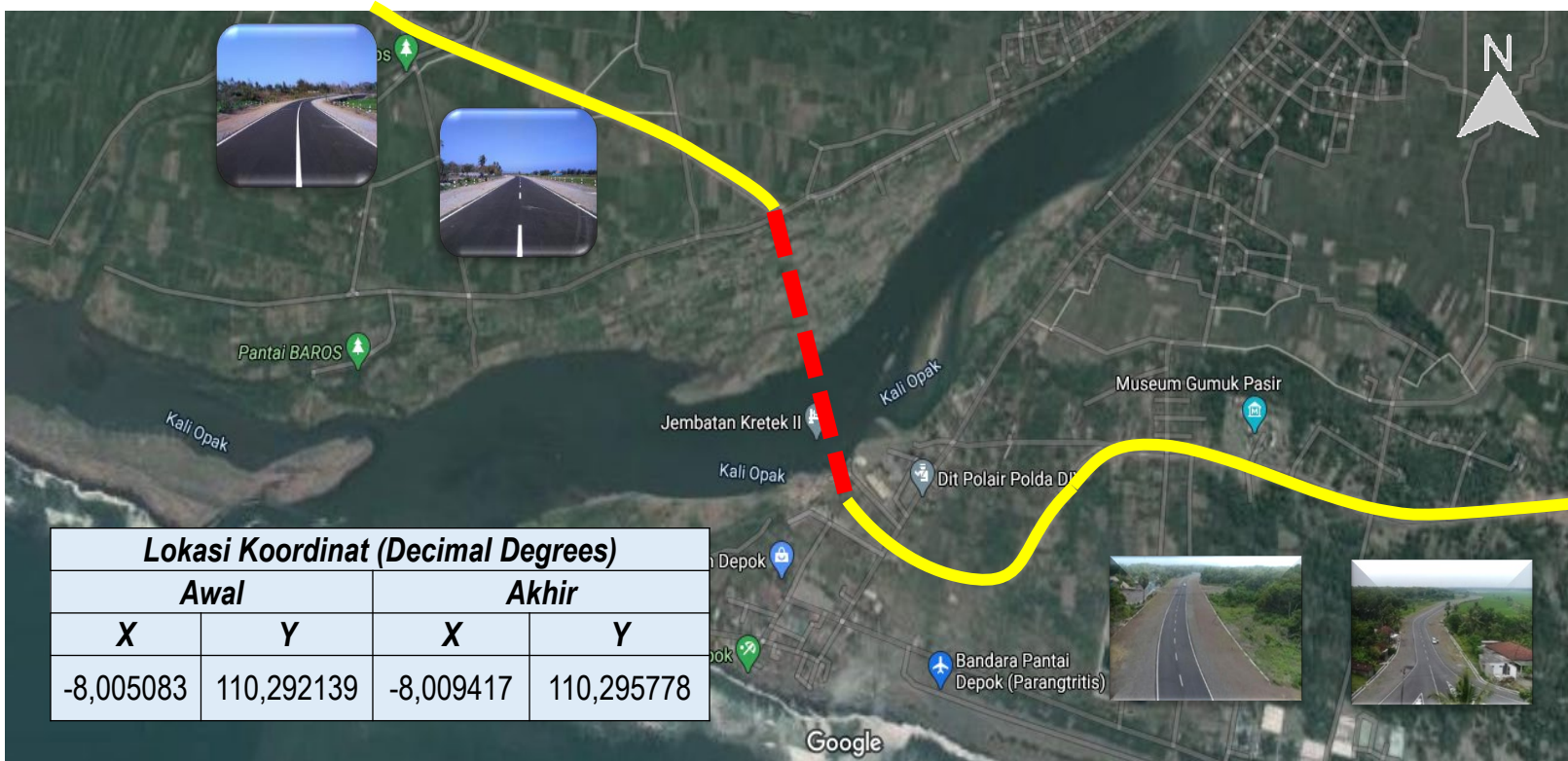
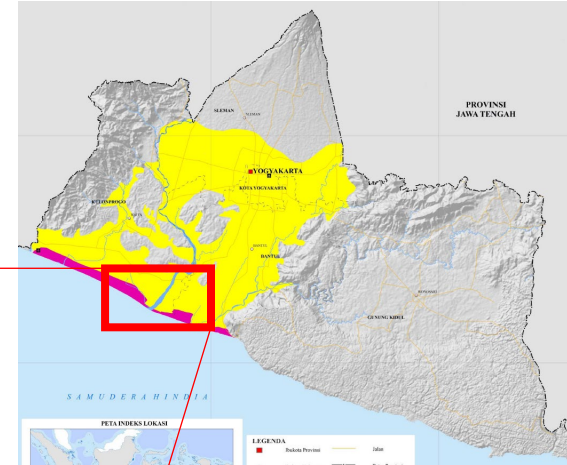
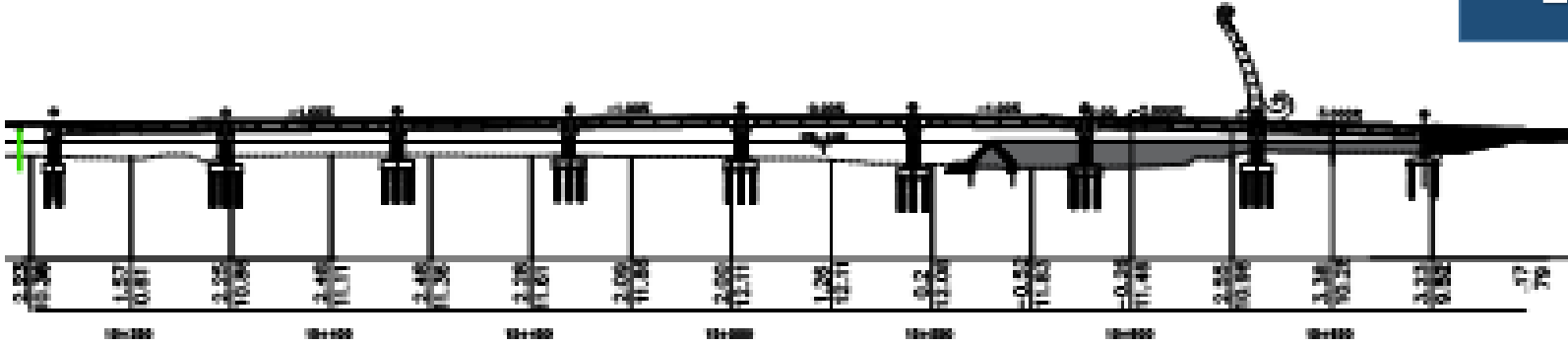
**5TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON EARTHQUAKE
ENGINEERING AND DISASTER MITIGATION**
YOGYAKARTA, INDONESIA
SEPTEMBER 28TH – 29TH 2022



GROUND MOTION AND LIQUEFACTION STUDY AT OPAK RIVER ESTUARY BANTUL

Zakariya, Ali¹, Rifa'i, Ahmad^{2,*} and Ismanti, Sito³

LOKASI JEMBATAN KRETEK II



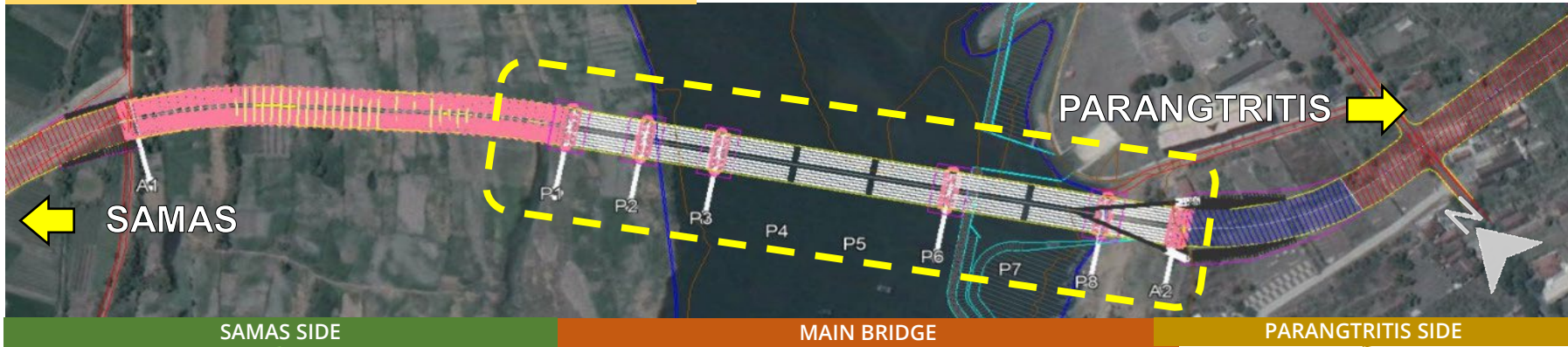
Lokasi Koordinat (Decimal Degrees)

Awal		Akhir	
X	Y	X	Y
-8,005083	110,292139	-8,009417	110,295778



SEGMENTASI JEMBATAN KRETEK II

Total Panjang Jembatan = 2.005 m



STA: 14+275 - 15+074.625
(799,6254 M)

**JALAN PENDEKAT
SISI SAMAS**

LPA Kelas A : 30 Cm
Lapisan Aspal
Ac – Base : 8 Cm
Ac – Bc : 6 Cm
Ac – Wc : 4 Cm
Kelandaian 1%

STA: 15+074.625
- 15+330.7543
(256,1289 M)

PILE SLAB ON PILE

Tebal Slab : 50 Cm
Pondasi :Tiang Pancang
Dia. 80 Cm
Panjang : 28 M
Jarak : 7.50 M
Kelandaian : EKS. –Tanggul –
Abutment = +1.00%

STA: 15+330.754
- 15+673,078
(342,871M)

**BENTANG UTAMA
(PCI GIRDER)**

P = 40 Meter
Jumlah Melintang : 10 Bh
Jarak Antar Girder : 2.00 M
Pondasi : Bored Pile Dia. 1 M
Panjang : 34-38 Meter
Clearance : 4.15 Meter thd MAB
Kelandaian +1.00%, 0.00%, -
1.00%, -2.00%, -3.00%

STA: 15+564.875
(171 M)

GUIDE WALL

Tinggi Sheet Pile :
4 M

STA: 15+673.078 – 15+775
(101.9216 M)

**TIMBUNAN
PARANGTRITIS**

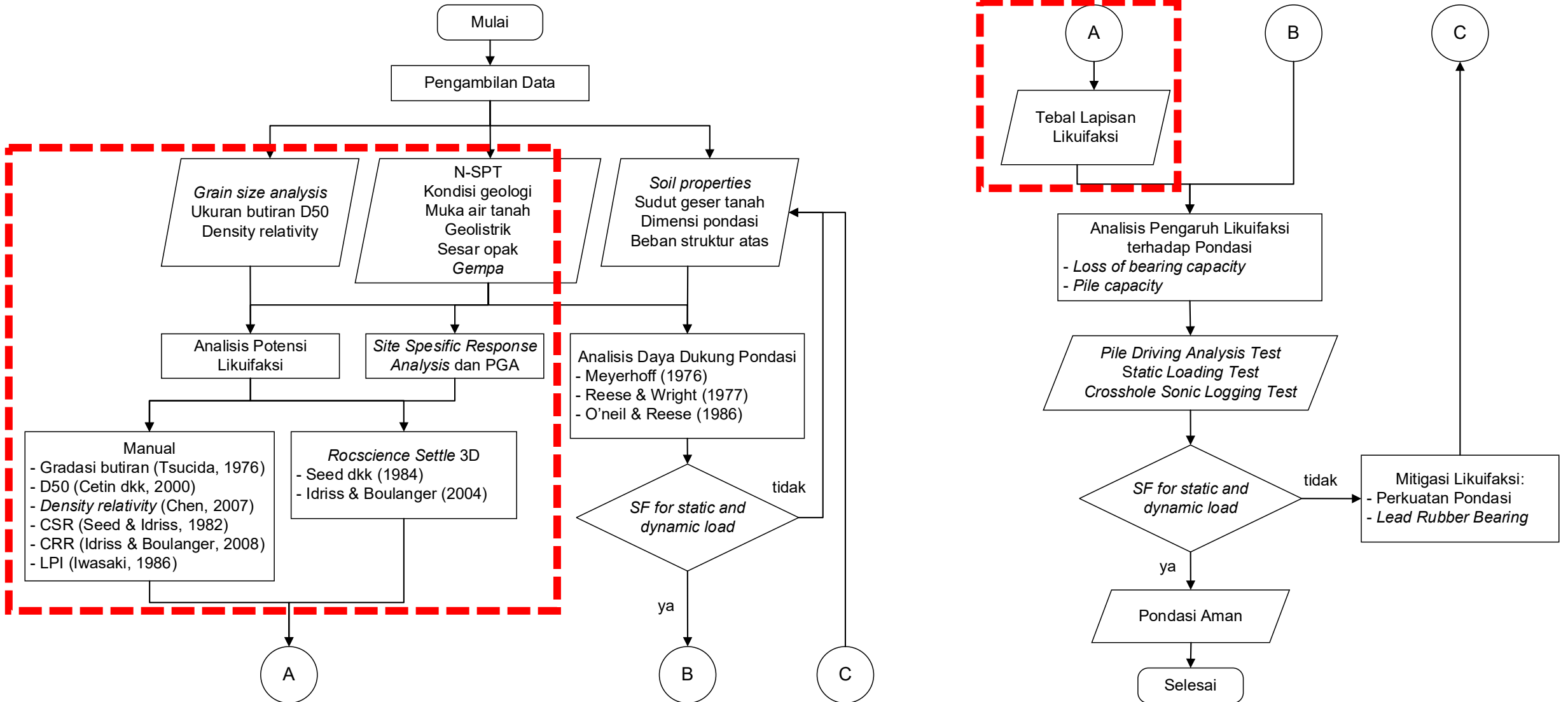
Tinggi : 0 – 3.90 M
DPT : Natural Slope Dengan
Slope
Protection Pas. Batu
Kelandaian -3.00%

STA: 15+775 - 16+290
(515 M)

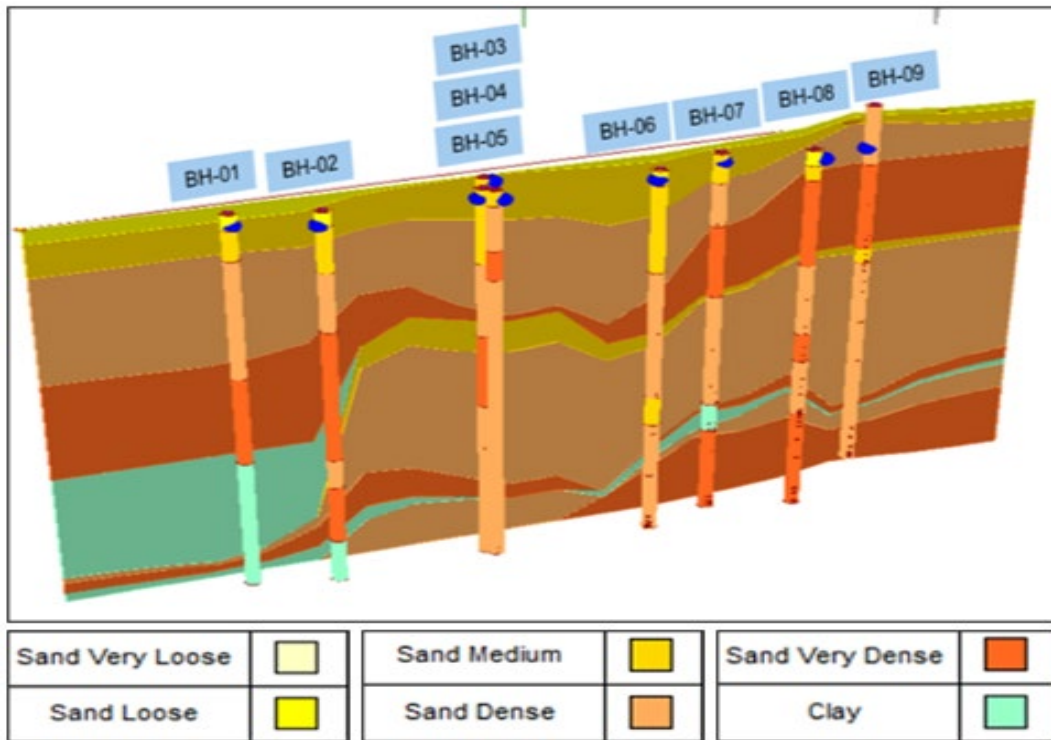
**JALAN PENDEKAT
SISI PARANGTRITIS**

Timbunan Pilihan : 50 Cm
Lpa Kelas A : 30 Cm
Lapisan Aspal
Ac – Base : 8 Cm
Ac – Bc : 6 Cm
Ac – Wc : 4 Cm
Kelandaian 0 %

RESEARCH STAGES



Berdasarkan stratigrafi lapisan tanah, kedalaman tanah <5 m didominasi oleh tanah kepasiran dengan kepadatan sangat lepas, lepas dan medium. Pada kedalaman tanah >5 m didominasi oleh tanah kepasiran dengan kepadatan yang cukup padat dan sangat padat. Dibeberapa titik borehole terdapat tanah kelepungan seperti di BH-1 di kedalaman 27-39 m, BH-2 di kedalaman 36-39 m, dan BH-7 di kedalaman 28.5-30 m.



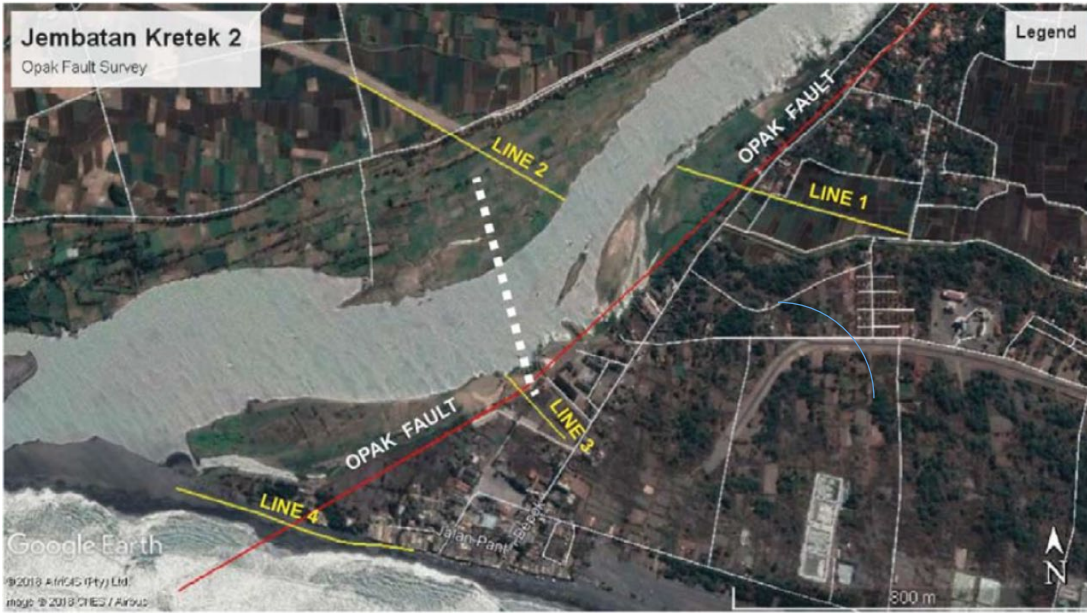
Keterangan:

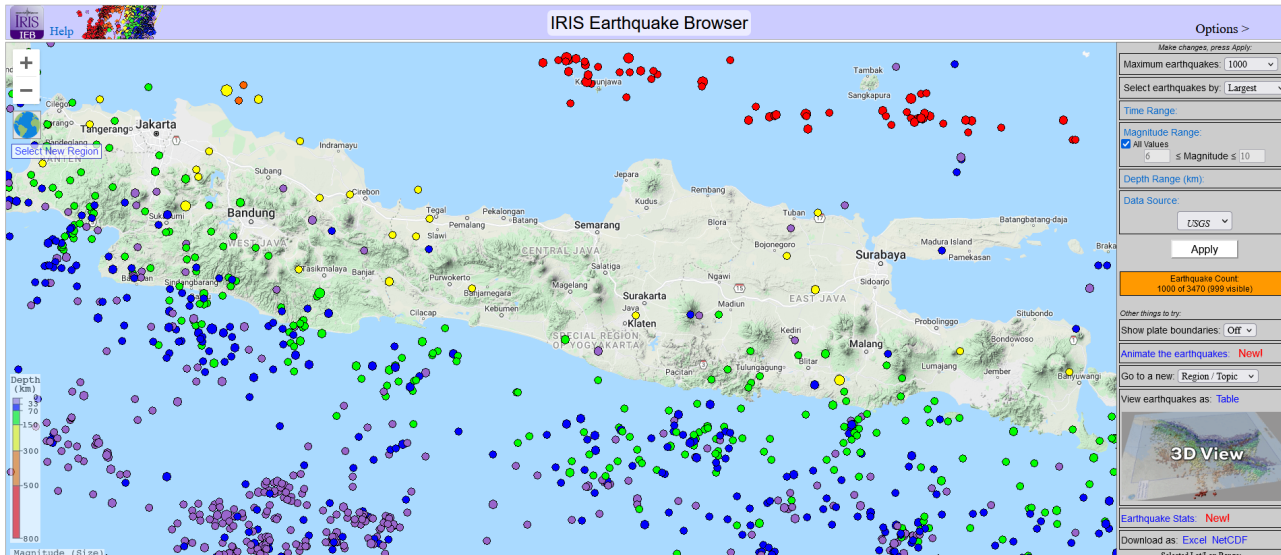
	= Sangat Urai - Urai		= Sangat Lunak - Lunak
	= Agak Padat		= Teguh - Sangat Teguh
	= Padat		= Tanah Keras
	= Sangat Padat		= Tanah sangat Keras

DATA TANAH N-SPT

MAT	-1,2	-1,5	-1,5	-1,2	-1,5	-1	-1	-0,5	-1	-1	-1	-1,5	-9	-3
Depth	BH10	BH11	BH12	BH1	BH2	BH3	BH4	BH5	BH6	BH7	BH8	BH9	BH13	BH14
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-1,5	4	18	18	4	8	18	19	32	9	14	8	45	6	9
-3	3	12	20	12	12	15	34	16	21	16	11	>60	8	14
-4,5	11	12	14	23	17	21	36	18	19	35	>60	35	13	17
-6	11	32	41	>60	27	29	35	24	18	50	>60	38	14	15
-7,5	11	45	35	50	31	25	>60	28	25	48	>60	>60	16	39
-9	11	35	37	45	34	36	55	31	19	60	>60	55	17	21
-10,5	10	15	28	38	46	45	41	35	27	57	>60	52	>60	>60
-12	10	20	>60	41	48	47	37	37	30	51	>60	53	>60	>60
-13,5	38	18	>60	33	53	51	39	36	35	58	37	50	>60	>60
-15	22	22	>60	>60	51	49	44	40	37	58	34	52	>60	>60
-16,5	30	27	29	40	58	57	43	38	36	34	38	24	>60	>60
-18	19	37	34	>60	60	59	41	37	39	37	31	34	>60	>60
-19,5	>60	50	49	>60	58	60	44	39	40	35	33	41	>60	>60
-21	40	59	54	>61	60	51	45	42	41	36	>60	30		
-22,5	32	80	58	>62	60	55	45	32	34	53	>60	33		
-24	>60	60	59	60	57	40	40	30	31	38	45	43		
-25,5	30	>60	46	>60	60	42	42	24	21	33	39	44		
-27	47	>60	53	38	40	37	39	26	21	37	32	30		
-28,5	37	>60	57	57	38	39	35	33	30	45	38	36		
-30	30	48	42	>60	60	38	37	37	48	46	53	39		
-31,5	35	60	57	57	60	42	42	39	39	50	58	39		
-33	51	>60	55	50	60	41	37	46	51	56	46	36		
-34,5	>60	23	29	46	>60	43	35	41	46	52	37	41		
-36	41	35	38	44	60	46	39	45	38	60	>60	43		
-37,5	19	46	>60	47	45	45	42	48	43	59	>60	45		
-39	23	>60	>60	47	49	49	47	50	42	42	>60	43		
-40,5	>60		28											
-42	>60		>60											
N Rata-Rata	24,57	34,71	40,05	40,67	46,08	41,54	39,72	34,58	32,31	44,62	36	40,88	12,33	19,17

DATA GEOLISTRIK





HISTORY GEMPA YOGYAKARTA

NO.	Seismic Name	Date	Location	Depth (km)	Magnitude Scale	MMI Scale
1	Jawa Tengah	10/06/1867	-	-	-	VIII-IX
2	Jawa Tengah	27/09/1937	8,7°LS – 110,8°BT	-	-	VIII-IX
3	Yogyakarta	23/07/1943	8,6°LS – 109,9°BT	-	-	VIII-IX
4	Yogyakarta	13/03/1981	8,76°LS – 110,43°BT	51 km	5,6 SR	VII
5	Yogyakarta (Kulon Progo)	25/05/2001	7,869°LS – 110,179°BT	143 km	6,3 SR	V
6	Yogyakarta (Bantul)	27/05/2006	8,007°LS – 110,179°BT	17,2 km	6,2 Mw	VII
7	Jawa Barat	08/08/2007	6,13°LS – 107,68°BT	284 km	6,9 SR	IV
8	Yogyakarta	21/08/2010	8,03°LS – 110,3°BT	10 km	5 SR	V
9	Jawa Tengah (Kebumen)	25/01/2014	8,48°LS – 109,17°BT	48 km	6,5 SR	IV

Pusat Gempa Bumi dan Tsunami BMKG (2019)

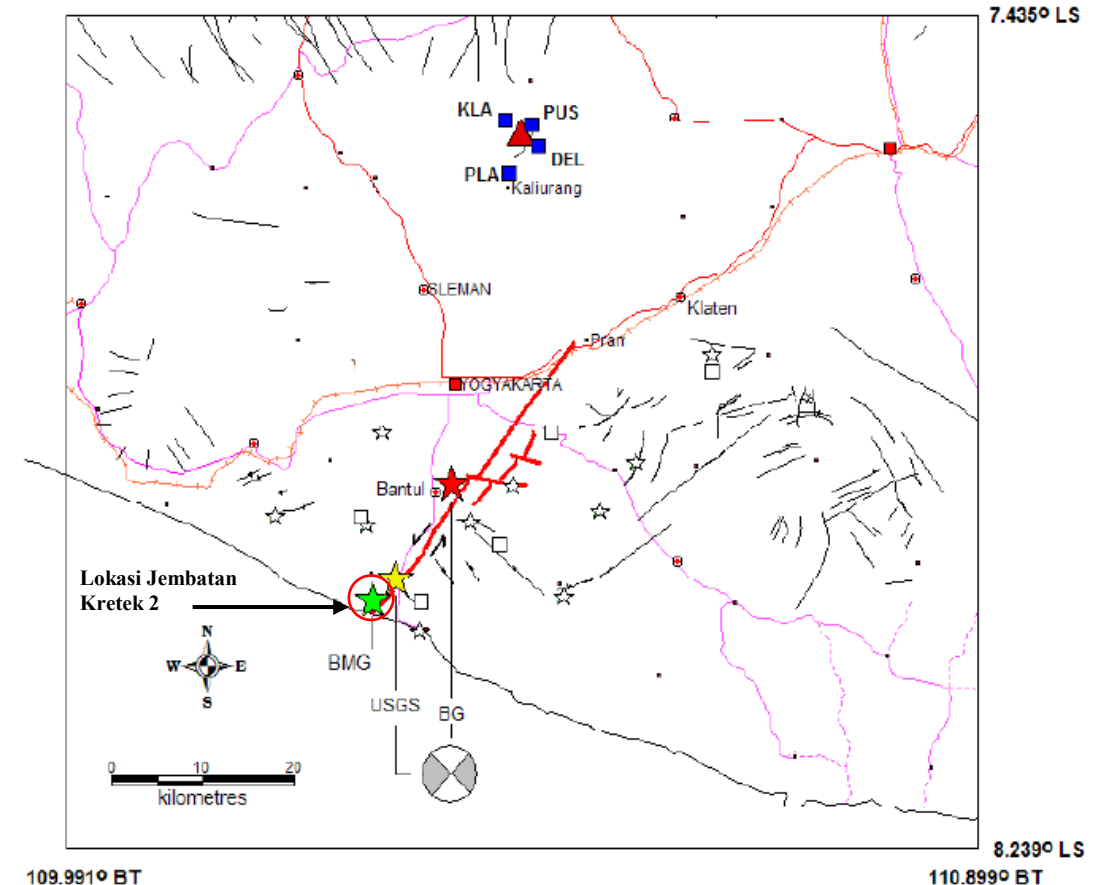
Tabel 2. Parameter gempabumi Yogyakarta tanggal 27-5-2006.

NO.	WAKTU KEJADIAN		Pusat Gempa	Kedalaman (km)	Magnitude	MMI	Sumber
	Tanggal	Waktu					
1.	27 Mei 2006	05:54:01 WIB	8,01°LS & 110,29°BT	17,2	Mw = 6,2	VII	USGS
2.	27 Mei 2006	05:54:01 WIB	7,89°LS & 110,37°BT	40	Mb = 6,2	VII	TTD
3.	27 Mei 2006	05:54:01 WIB	8,08°LS & 110,31°BT	33	5,8 SR	VII	BMG

Berdasarkan analisa mekanisme fokal (*focal mechanism*) yang dikeluarkan USGS, tipe sesar penyebab gempabumi adalah *sinistral strike slip fault* (sesar geser mengiri) dan peta geologi yang dikeluarkan oleh Pusat Survey Geologi (dulu Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi) Badan Geologi ESDM, maka dapat disimpulkan penyebab terjadinya gempabumi adalah akibat aktivitas sesar aktif di bagian selatan Yogyakarta berarah barat daya–timur laut dengan kedudukan N 231° E, Dip 87° dan slip 3°.

Supartoyo (2006)

HISTORY GEMPA YOGYAKARTA



Perhitungan pusat gempabumi tanggal 27 Mei 2006 menurut BMG, USGS, dan BG. Mekanisme fokal menurut USGS adalah sinistral strike slip fault

• Empirical Analysis untuk Potensi Likuefaksi

- Penentuan PGA dengan Site Specific Respose Analysis
- Cyclic Stress Ratio (a_{max} , tegangan efektif, r_d)
- Cyclic Resistance Ratio (N-SPT terkoreksi, M_w , PGA)
- Liquefaction potential

Perencanaan Jembatan di Indonesia harus merujuk pada:

1. SNI 8460:2017 tentang Persyaratan perancangan geoteknik
2. SNI 2833:2016 tentang Perencanaan jembatan terhadap beban gempa
3. **SE Menteri PUPR 43/SE/M/2015** tentang Pedoman penentuan spektrum respons desain di permukaan tanah untuk jembatan
4. SE Menteri PUPR 07/SE/M/2015 tentang Pedoman Persyaratan umum perencanaan jembatan
5. SE Ditjen Bina Marga 06/SE/Db/2021 tentang Panduan praktis perencanaan teknis jembatan

F. Lokasi yang membutuhkan penyelidikan geoteknik dan analisis respon dinamik spesifik	Setiap profil tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik seperti: <ul style="list-style-type: none"> - Rentan dan berpotensi gagal terhadap beban gempa seperti likuifaksi, tanah lempung sangat sensitif, tanah tersegmentasi lemah, - Lempung organik tinggi dan atau gambut (dengan ketebalan > 3m), - Plastisitas tinggi (ketebalan $H > 7,5m$ dengan $PI > 75$), - Lapisan lempung lunak atau medium kaku dengan ketebalan $H > 35 m$.
--	--

6. Respons spektrum desain di permukaan



SE Menteri 43/2015:

Penentuan spektrum respon desain dengan spesifik situs:

Pendekatan probabilistik dilakukan pada kondisi yang memungkinkan ketidakpastian untuk diidentifikasi, diukur dan digabungkan pada suatu hubungan yang rasional untuk menghasilkan gambaran yang terperinci/detail dalam perhitungan analisis spesifik-situs.

Deterministik tidak dibahas.

Rekap Gempa > Deagergasi > Atenuasi > Probability > Spectra Match

SNI 2833:2016

Prosedur spesifik situs dapat dilakukan dengan probabilistik dengan memperhitungkan kemungkinan terlampaui 7% dalam 75 Tahun pada kala ulang 1000 Tahun pada nilai spectra dalam rentang periode yang ditentukan.

Untuk situs yang terletak dalam jarak 10km dari patahan aktif atau patahan dangkal maka pengaruh patahan harus diperhitungkan karena dapat berpengaruh signifikan terhadap jembatan.

Spektra deterministik dapat digunakan bila spektra deterministik tidak lebih kecil dari duapertiga respons spektra probabilistik pada periode $0,5T_f$ hingga $2 T_f$ dengan T_f adalah periode fundamental jembatan. Bilamana penggunaan spektra deterministik lebih sesuai, maka spektra tersebut harus:

1. Merupakan nilai terluar (envelope) dari nilai median spectra yang dihitung untuk magnitude gempa maksimum karakteristik pada patahan aktif yang diketahui. Atau
2. Spektra deterministik dapat ditentukan untuk tiap patahan dan tanpa adanya spectra kontrol maka tiap spectra harus digunakan.

SNI 8460:2017

Percepatan tanah puncak gempa maksimum yang dipertimbangkan rata-rata geometrik (MCE_G) untuk bangunan bawah harus memenuhi kriteria sebagai berikut:

- Percepatan tanah puncak secara probabilistik dengan rata-rata geometrik harus diambil sebagai nilai rata-rata geometrik dari percepatan tanah puncak dengan 2% kemungkinan terlampaui dalam kurun waktu 50 tahun sesuai pasal 6.10.5 SNI 1726:2012.
- Percepatan tanah puncak rata-rata geometrik secara **deterministik** harus dihitung sebagai **nilai terbesar dari 84th percentile** rata-rata geometrik percepatan tanah puncak dari perhitungan semua sumber gempa karakteristik yang berpengaruh pada situs yang ditinjau sesuai pasal 6.10.5 SNI 1726:2012.
- **Nilai percepatan tanah puncak spesifik-situs, PGA_M** , harus diambil sebagai **nilai terkecil** dari nilai yang didapatkan secara **probabilistik** dan nilai yang didapatkan secara **deterministik**. Nilai ini juga tidak boleh lebih kecil dari 80 persen nilai PGA_M sesuai pasal 6.10.5 SNI 1726:2012.

1. PETA SUMBER DAN BAHAYA GEMPA INDONESIA 2017

- Menggunakan Aplikasi Desain Spektra Indonesia oleh Pusgen
- Dikhususkan untuk PGA dengan gempa probabilitas **2% (50 Tahun) Kala Ulang 2500 Tahun** untuk Gedung
- Nilai PGA $MCE_G : 0,598$

PENENTUAN SUMBER GEMPA

Desain Spektra Indonesia

Direktorat Bina Teknik Perumahan dan Perumahan
Direktorat Jenderal Cipta Karya
Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat

Jenis Input:
Koordinat
Lintang: -8.010456980583946
Bujur: 110.29207531238018
Tampilkan

Peta Google | Peta MCE_G | Peta $MCE_R (S_S)$ | Peta $MCE_R (S_1)$ | Peta $C_R (C_{R5})$ | Peta $C_R (C_{R1})$ | Grafik Respon Spektra | Formula | Resource | Credits

Spektrum Respon Desain

Results: Tabel dibawah ini merupakan Parameter untuk membuat Grafik Desain Spektra Indonesia:

Kelas	T_0 (detik)	T_s (detik)	S_{ds} (g)	S_{d1} (g)
SB	0.07	0.36	0.88	0.32
SC	0.10	0.48	1.17	0.56
SD	0.14	0.69	0.97	0.67
SE	0.20	1.01	0.79	0.80

Save

Kelas: Semua

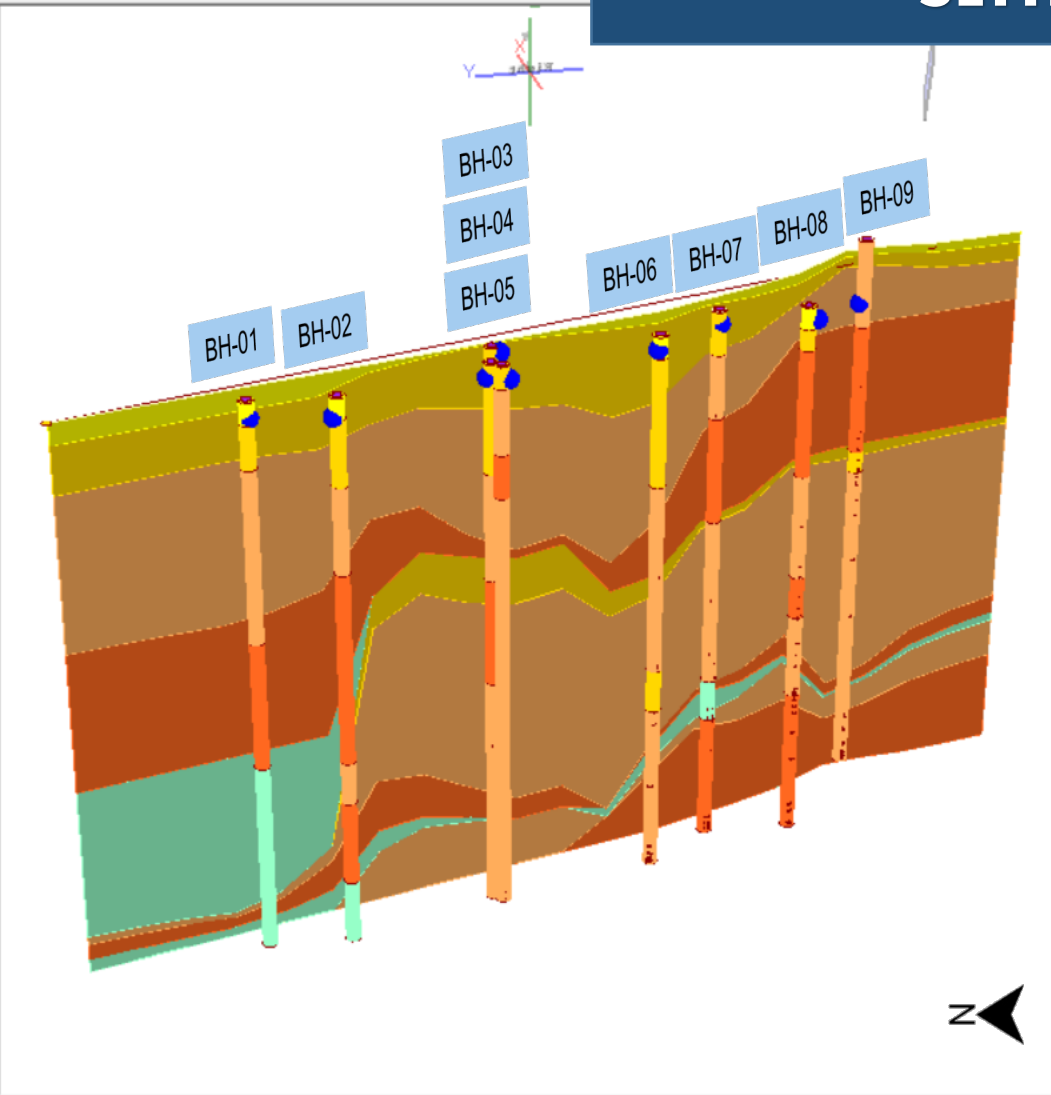
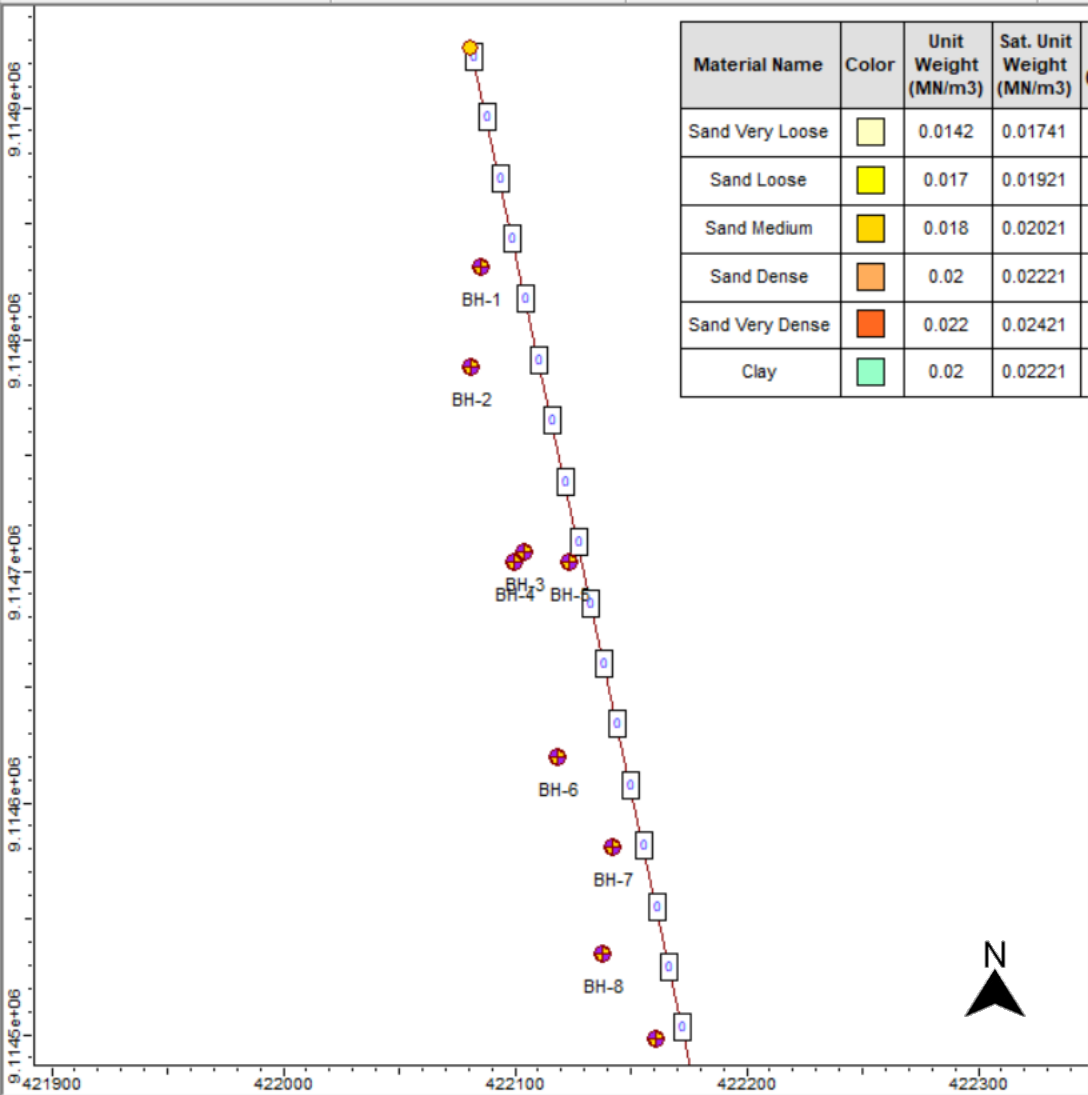
Rentang $T(s)$: Value: 6

PGA MCE_G : 0.5978 (g) bedrock

SS MCE_R : 1.4645 (g) bedrock

S1 MCE_R : 0.5954 (g) bedrock

SETTLE3



Total Settlement (mm)

max (stage): 0.0 mm
max (all): 0.0 mm

Elevation / Soil Layers

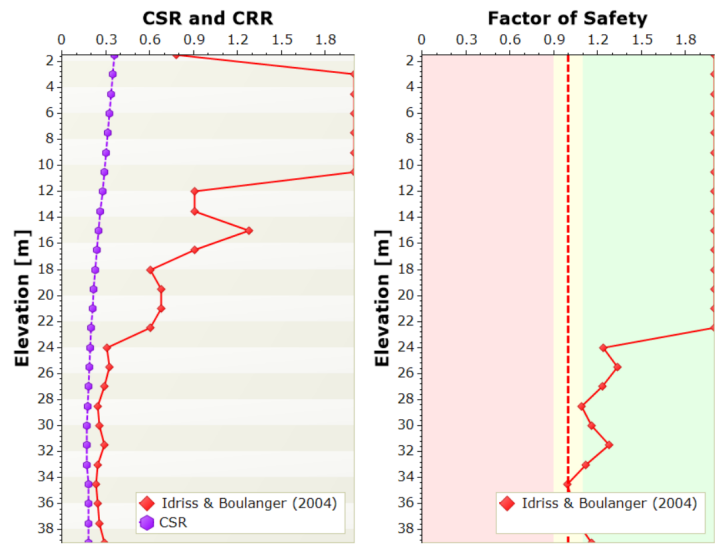
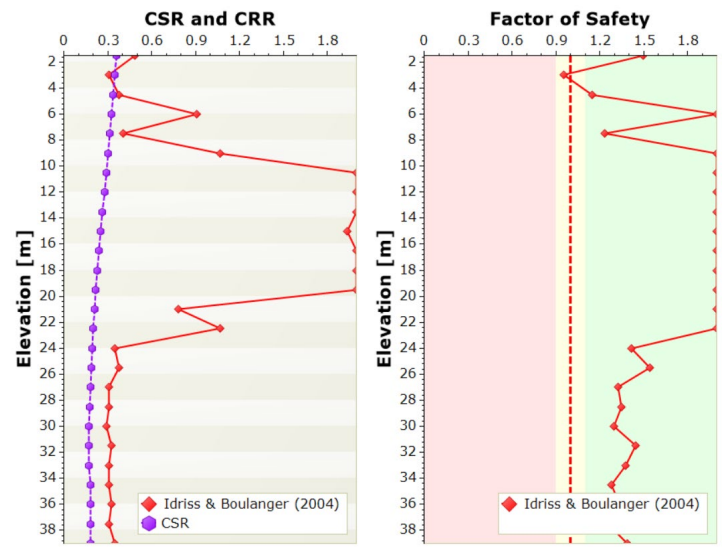
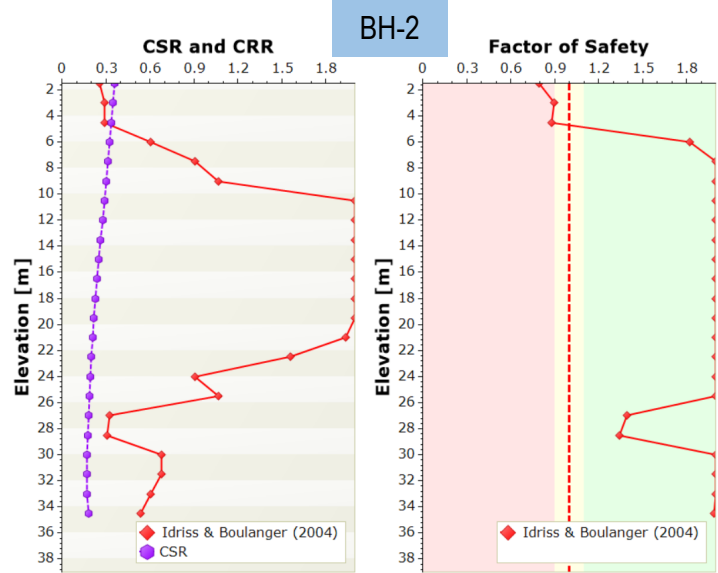
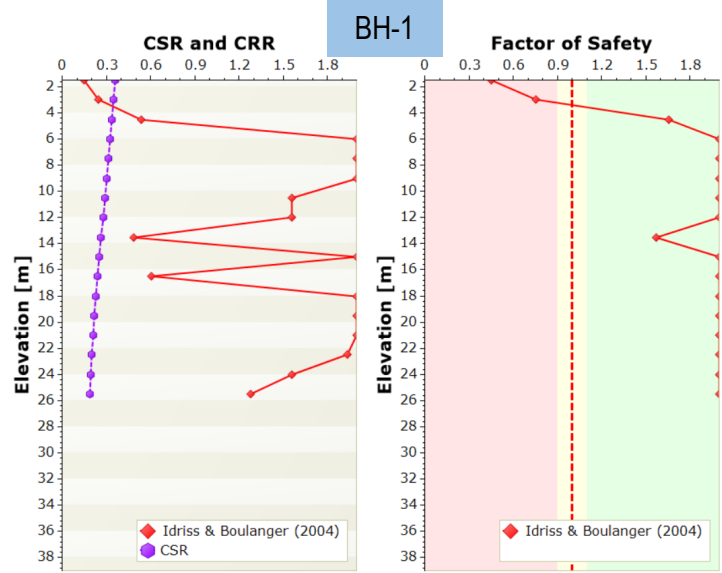
BH-9: X (m): 422161 Y (m): 911449

0 m

View Controls

- Point Queries
- Line Queries
- Groundwater Grid
- Water Surface
- Drawing Tools
- Soil Column
- Boreholes
- Draw Materials on all Queries

BH-1 - BH-4 SETTLE₃



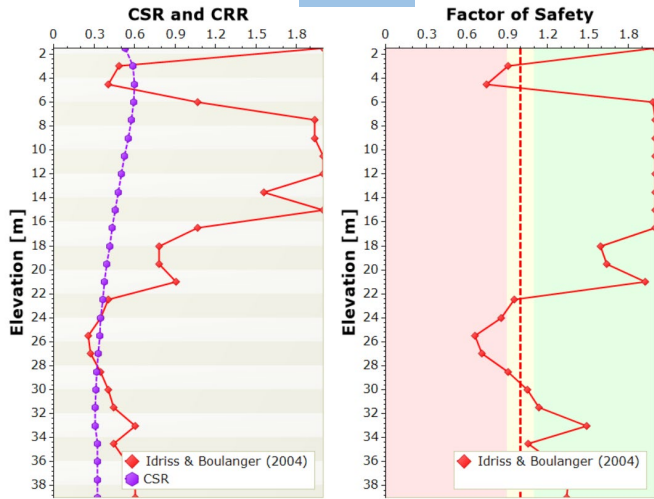
Depth (m)	Safety Factor								
	BH-1	BH-2	BH-3	BH-4	BH-5	BH-6	BH-7	BH-8	BH-9
1.5	0.413	0.807	1.522	2.642	3.800	0.600	0.872	0.537	5.585
3.0	0.573	0.688	0.725	3.932	0.725	1.756	0.872	0.519	4.511
4.5	2.094	0.873	1.326	3.829	0.843	1.174	3.818	4.055	4.096
6.0	4.145	2.076	3.736	3.809	1.374	0.805	3.972	4.069	4.053
7.5	4.108	3.973	1.233	4.147	2.199	1.504	4.021	4.147	4.303
9.0	4.180	4.128	4.006	4.242	3.029	1.263	4.297	4.297	4.378
10.5	4.219	4.403	4.263	4.209	3.992	1.877	4.412	4.447	4.475
12.0	4.416	4.582	4.454	4.310	4.190	2.538	4.508	4.621	4.646
13.5	3.269	4.827	4.695	4.518	3.871	2.054	4.790	4.487	4.787
15.0	5.064	4.999	4.870	4.794	4.626	4.343	4.999	2.641	5.013
16.5	4.978	5.314	5.208	4.989	3.466	4.237	1.882	4.057	0.704
18.0	5.377	5.410	5.358	5.174	2.370	5.138	2.556	1.233	1.480
19.5	5.425	5.461	5.405	5.434	2.791	5.380	1.679	1.396	3.644

SETTLE₃

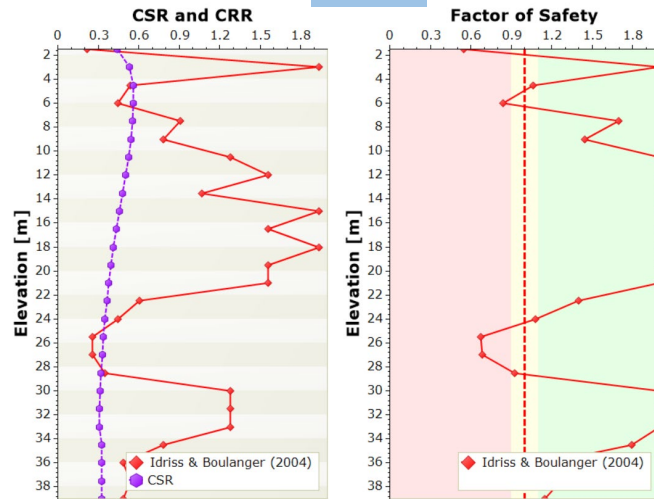
MANUAL EXCEL

BH-5 - BH-9 SETTLE3

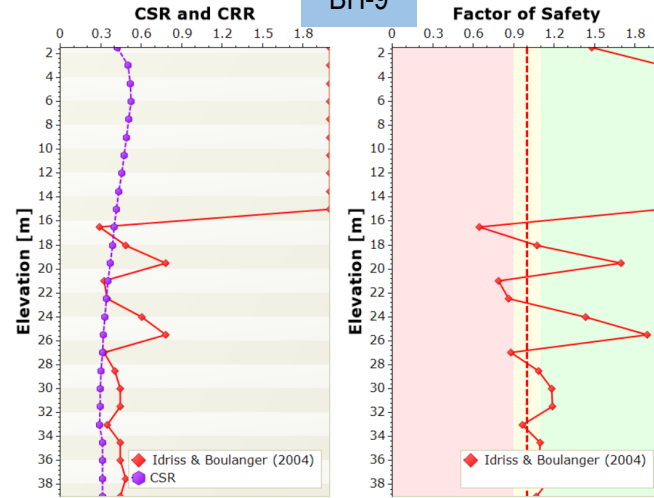
BH-5



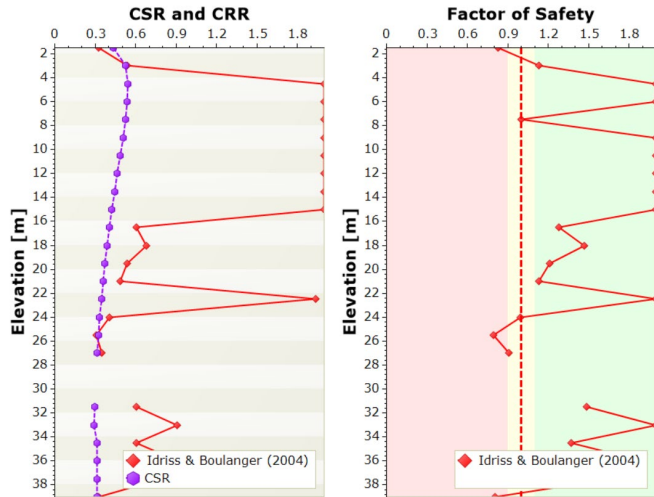
BH-6



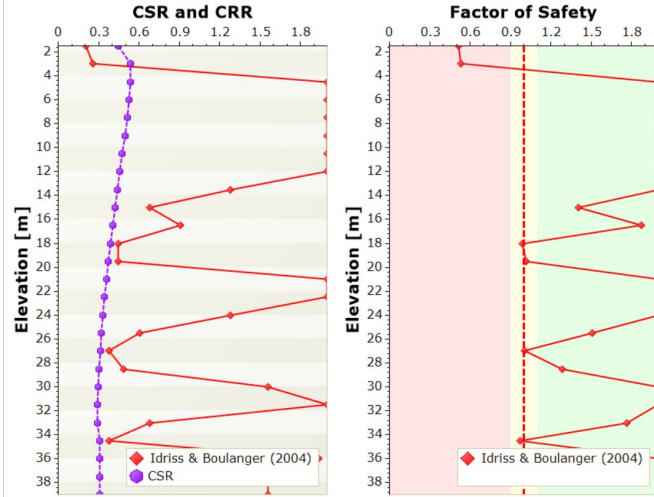
BH-9



BH-7



BH-8



SETTLE3

		Safety Factor									
		BH-1	BH-2	BH-3	BH-4	BH-5	BH-6	BH-7	BH-8	BH-9	
1.5		0.413	0.807	1.522	2.642	3.800	0.600	0.872	0.537	5.585	
3.0		0.573	0.688	0.725	3.932	0.725	1.756	0.872	0.519	4.511	
4.5		2.094	0.873	1.326	3.829	0.843	1.174	3.818	4.055	4.096	
6.0		4.145	2.076	3.736	3.809	1.374	0.805	3.972	4.069	4.053	
7.5		4.108	3.973	1.233	4.147	2.199	1.504	4.021	4.147	4.303	
9.0		4.180	4.128	4.006	4.242	3.029	1.263	4.297	4.297	4.378	
10.5		4.219	4.403	4.263	4.209	3.992	1.877	4.412	4.447	4.475	
12.0		4.416	4.582	4.454	4.310	4.190	2.538	4.508	4.621	4.646	
13.5		3.269	4.827	4.695	4.518	3.871	2.054	4.790	4.487	4.787	
15.0		5.064	4.999	4.870	4.794	4.626	4.343	4.999	2.641	5.013	
16.5		4.978	5.314	5.208	4.989	3.466	4.237	1.882	4.057	0.704	
18.0		5.377	5.410	5.358	5.174	2.370	5.138	2.556	1.233	1.480	
19.5		5.425	5.461	5.405	5.434	2.791	5.380	1.679	1.396	3.644	

MANUAL EXCEL



CONCLUSION

The most important step before doing the liquefaction potential analysis is determining the value from the seismic source, moment magnitude, and PGA that implies to site. The seismic source and moment magnitude can be found in the authority's report, but the PGA value must be determined by the site condition, distance from the seismic source, mechanism fault, and infrastructure type that would develop (building, bridge, or dam). The result from deterministic seismic hazard analysis method and non-linear earthquake site response analysis method with logic tree framework is 0.558 g for maximum PGA value. Simplified procedure for liquefaction potential with Settle3 showed that the Opak River Estuary has liquefied soil potential, BH-1 and BH-8 in depth 0-3 m, BH-2 in depth 0-4.5 m, BH-3 in depth 1.5-3 m, BH-4 has no liquified soil, BH-5 in depth 1.5-4.5 m, BH-6 in depth 0-1.5 and 4.5-6 m, BH-7 in depth 1-1.5 m, and BH-9 in depth 15-16.5 m. The layer containing liquified soil must be properly considered in designing bearing capacity of the foundation system that will be built in this area.



Case #4:

ASEAN Engineering Journal

Full Paper

LIQUEFACTION PROBABILITY AND POTENTIAL EFFECT CORRELATION TO EXCESS PORE WATER PRESSURE IN COHESIONLESS SOILS

Ali Zakariya^a, Ahmad Rifai^{a*}, Sito Ismanti^a

^aDepartment of Civil and Environmental Engineering, Engineering Faculty, Universitas Gadjah Mada, 55281, Depok, Sleman, Yogyakarta, Indonesia.

Article history

Received

X Month 2022

Received in revised form

XA Month 2022

Accepted

XB Month 2022

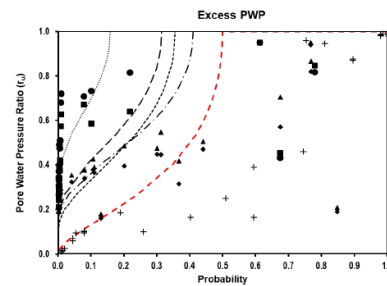
Published online

XB Month 2022

*Corresponding author

ahmad.rifai@ugm.ac.id

Graphical abstract



Abstract

Liquefaction is the phenomenon of increasing excess pore water pressure in uniform loose sand with shallow groundwater levels due to the impact of a strong earthquake causing a drastically falling in effective stress soil. This research aims to investigate a correlation between the excess pore water pressure and the probability and potential of liquefaction at Kretek 2 Bridge, Yogyakarta, Indonesia. In this research, preliminary study and semi-empirical methods are used in analyzing the liquefaction potential. Preliminary studies based on Tsuchida (1970) the soil included in the most liquefiable soil graph dominantly, based on Youd (1979) all borehole has <1.5 m depth which indicates liquefaction susceptibility is very high, and based on Hakam (2020) liquefaction susceptibility spread in all boreholes except BH-4 and BH-9. A simplified procedure proposed by Idriss and Boulanger (2008) as one of the semi-empirical methods is used to assess liquefaction potential quantification and the results each borehole has liquefaction probability in various depths except BH-4. The result of potential liquefaction with safety factor <1 has a resemblance to liquefaction probability for PL >0.65 with likely liquefy and almost liquefy class, thus safety factor and probability of liquefaction may be used to calculate the excess pore water pressure by Yegian and Vitteli (1981) model as empirical method. From the approach of the empirical method and DEEPSOIL v7.0 result, this study has proposed an updating equation to predict the excess pore water pressure ratio by considering a safety factor value.

Keywords: preliminary study, safety factor, probability, DEEPSOIL, excess pore water pressure

© 2022 Penerbit UTM Press. All rights reserved

4.0 CONCLUSION

The liquefaction potential study of this area has the same output result for preliminary and simplified procedures in cohesionless soil. This area has liquefaction susceptibility in every borehole except at BH-4. The preliminary approach used a simple way but with reliable output to predict liquefaction. However, measuring the safety factor value is required with a simplified procedure to determine liquefaction potential quantification. Safety factor against liquefaction and liquefaction probability can be used to estimate the excess pore water pressure with an empirical method. Another method, DEEPSOIL v7.0 as a nonlinear site response analysis also can generate the excess pore water pressure that occurs in this study. From the approach by Yegian and Vitteli (1981) models and DEEPSOIL v7.0 result for correlation between liquefaction probability, safety factor against liquefaction, and the excess pore water pressure occurrence this study is proposed an updating equation to predict the excess pore water pressure ratio by considering a safety factor value. Next, the excess pore water pressure ratio can be used to determine soil bearing capacity losses.



Case #5: Analisis Potensi dan Stabilitas Sistem Fondasi pada Gedung Bertingkat Akibat Likuefaksi

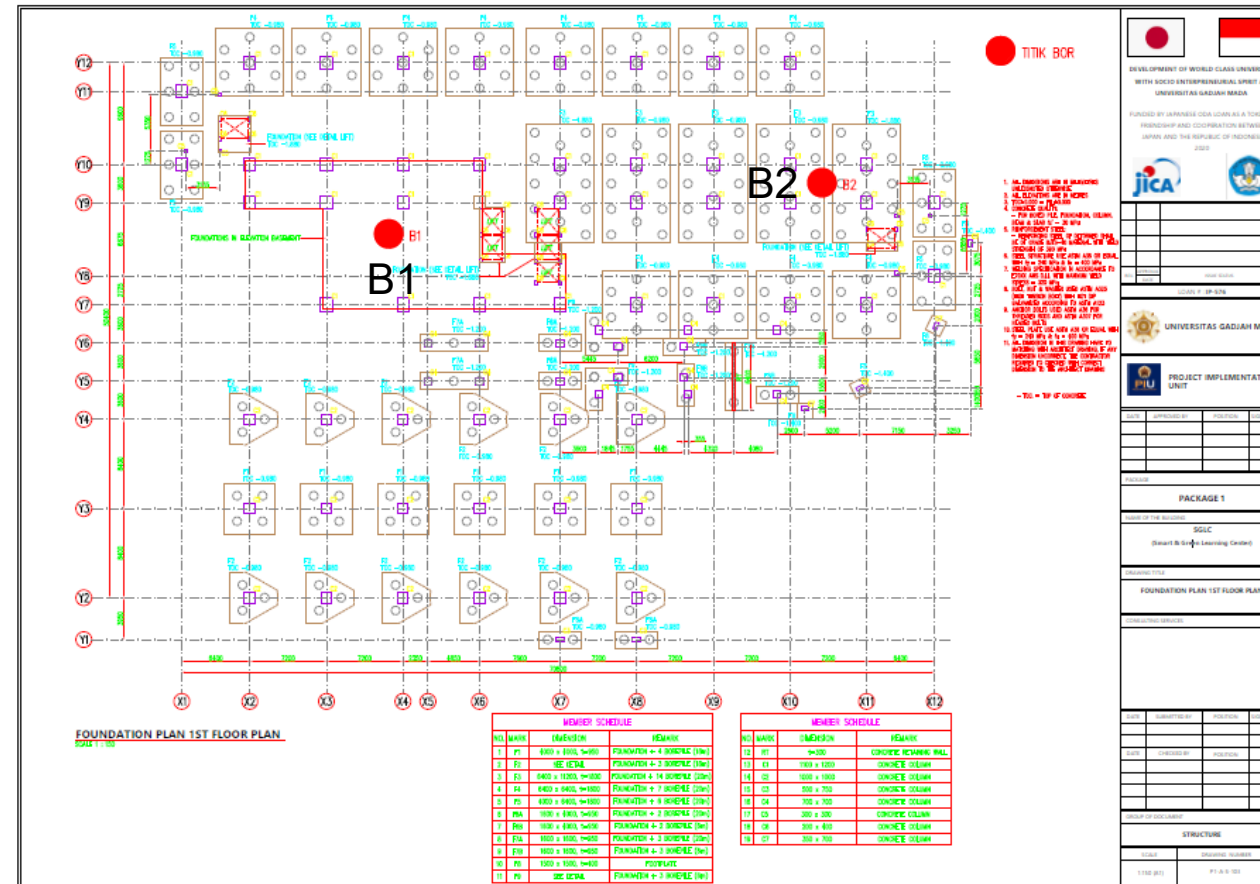
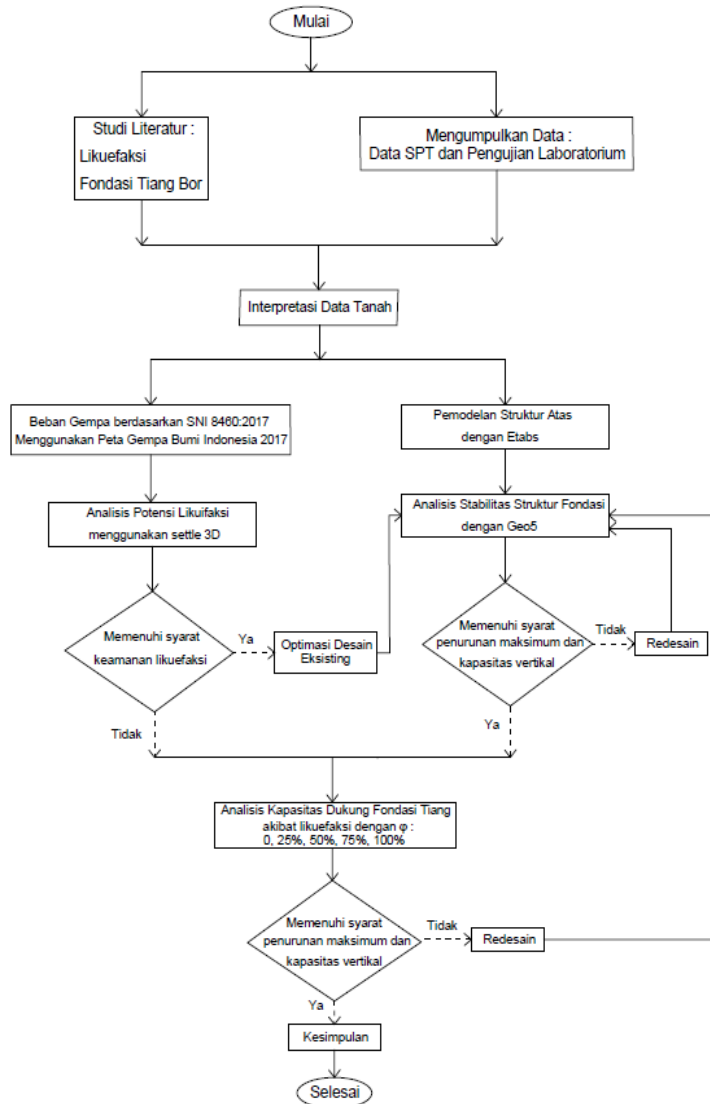
By

1. Ahmad RIFA'I
2. MELINDA DWI RAHMAWATI

2022



Research Method





Analisis *Peak Ground Acceleration* (PGA)

Nilai PGA pada Kecamatan Depok, Kabupaten Sleman adalah 0,4 g - 0,5 g. Kelas situs pada daerah penelitian ini termasuk dalam kelas situs SD (tanah sedang) karena nilai rata-rata N -SPT berada diantara 15-50 (lihat tabel 2.1).

Nilai PGA diambil sebesar 0,4 g dan dengan kelas situs termasuk golongan SD maka nilai koefisien situs (F_{PGA}) yang didapatkan sebesar 1,2 dapat dilihat dari tabel 2.2.

Setelah nilai PGA dan F_{PGA} didapatkan, maka nilai percepatan tanah puncak yang disesuaikan (PGA_M) dapat dihitung dengan persamaan 2.1 dengan hasil 0,48 g.

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

$$PGA_M = 1,2 \cdot 0,4 \text{ g}$$

$$PGA_M = 0,48 \text{ g}$$

Tabel 2.1 Klasifikasi Situs (AASHTO, 2012)

Kelas Situs	Nrerata
SA (batuan keras)	N/A
SB (batuan dasar)	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	> 50
SD (tanah sedang)	15-50
SE (tanah lunak)	< 15

Tabel 2.2 Koefisien Situs F_{PGA} berdasarkan SNI 1726:2019

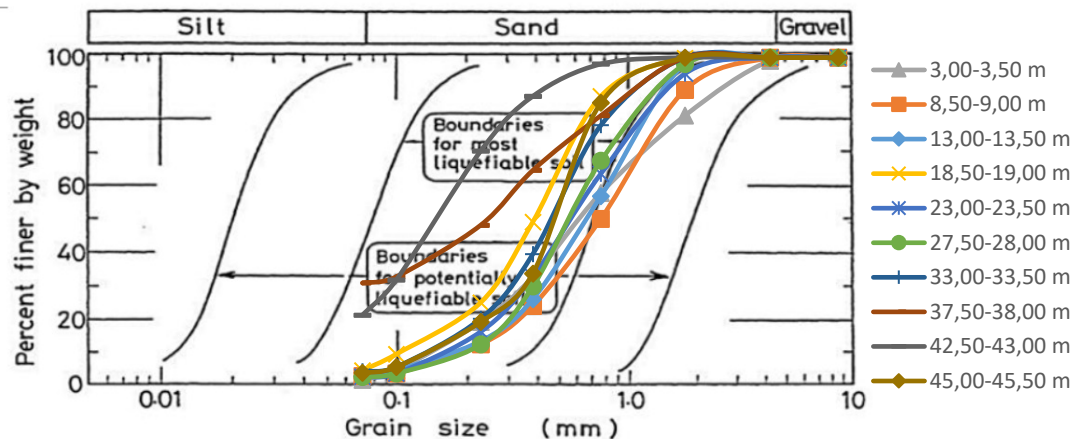
Kelas Situs	PGA ≤ 0,1	PGA = 0,2	PGA = 0,3	PGA = 0,4	PGA = 0,5	PGA ≥ 0,6
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
SC	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
SD	1,6	1,4	1,3	1,2	1,1	1,1
SE	2,4	1,9	1,6	1,4	1,2	1,1
SF	SS ^(a)					

Analisis Potensi Likuefaksi



1. Berdasarkan Distribusi Butiran Tanah

- Distribusi ukuran butir tanah pada titik B1 dari kedalaman 3 m hingga 45,5 m merupakan pasir bergradasi buruk, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus.
- Dari hasil plot kurva distribusi butir tanah, titik B1 termasuk kriteria jenis tanah yang berpotensi mengalami likuefaksi.

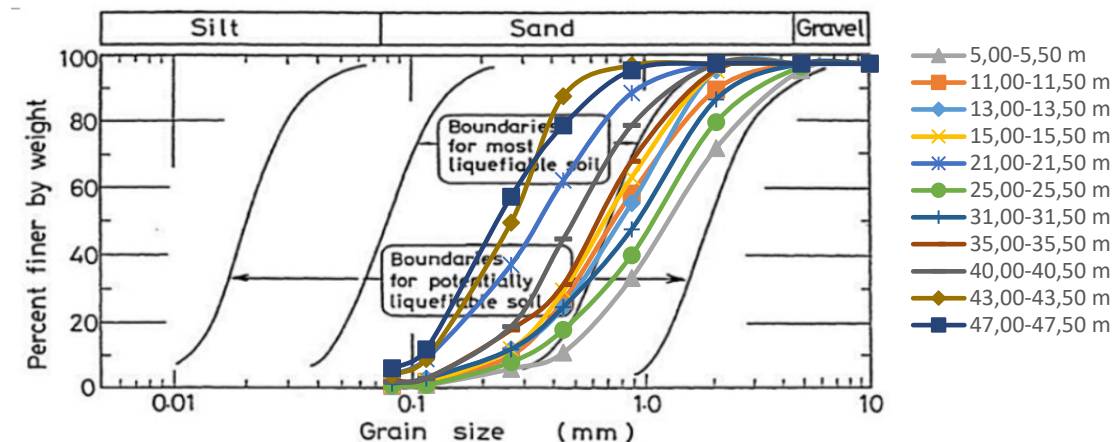


Kurva Potensi Likuefaksi titik B1

Sumber: Grafik Tsuchida (1970) dalam (Koester & Tsuchida, 1988) dengan modifikasi

- Distribusi ukuran butir tanah pada titik B2 dari kedalaman 5 m hingga 47,5 m merupakan pasir bergradasi buruk, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus.

- Titik B2 juga termasuk kriteria jenis tanah yang berpotensi mengalami likuefaksi.



Kurva Potensi Likuefaksi titik B2

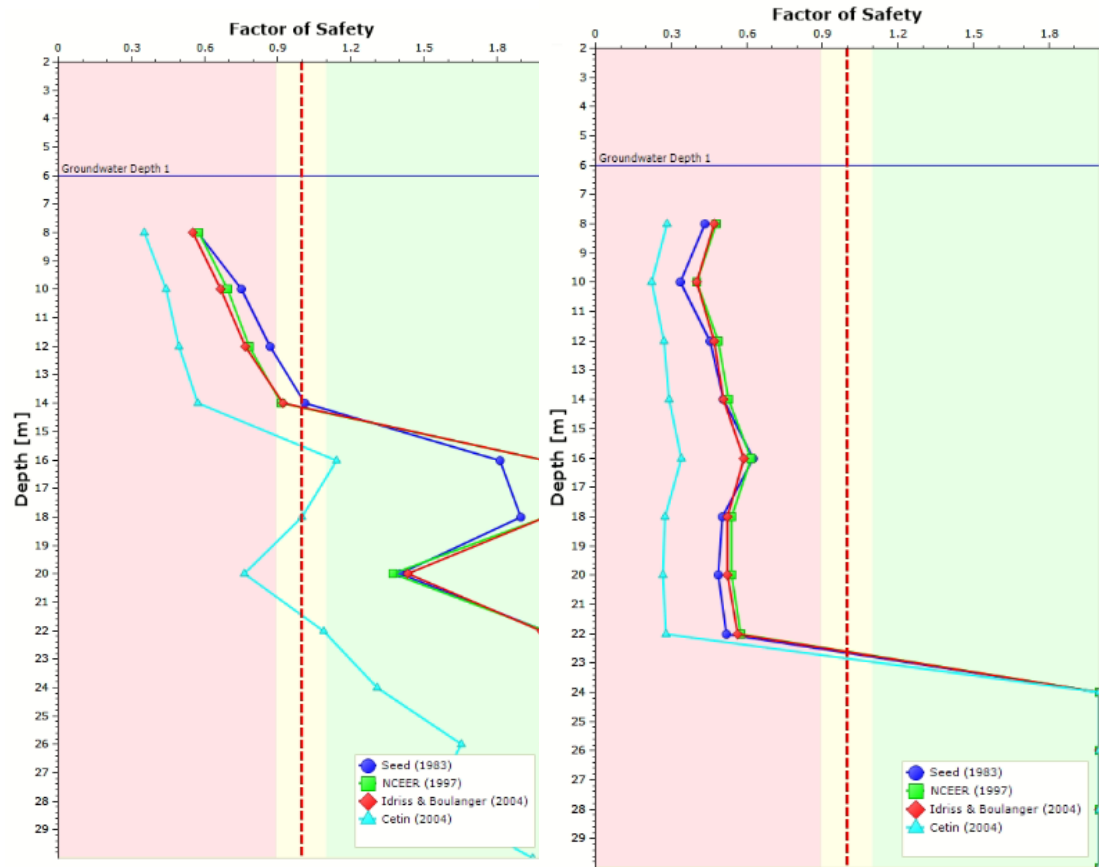
Sumber: Grafik Tsuchida (1970) dalam (Koester & Tsuchida, 1988) dengan modifikasi



Analisis Potensi Likuefaksi

2. Menggunakan *Settle 3D*

- Analisis potensi likuefaksi dengan *Settle 3D* dilakukan pada titik bor B1 dan titik bor B2.
- Nilai faktor aman dari hasil analisis potensi likuefaksi menggunakan *Settle 3D*.



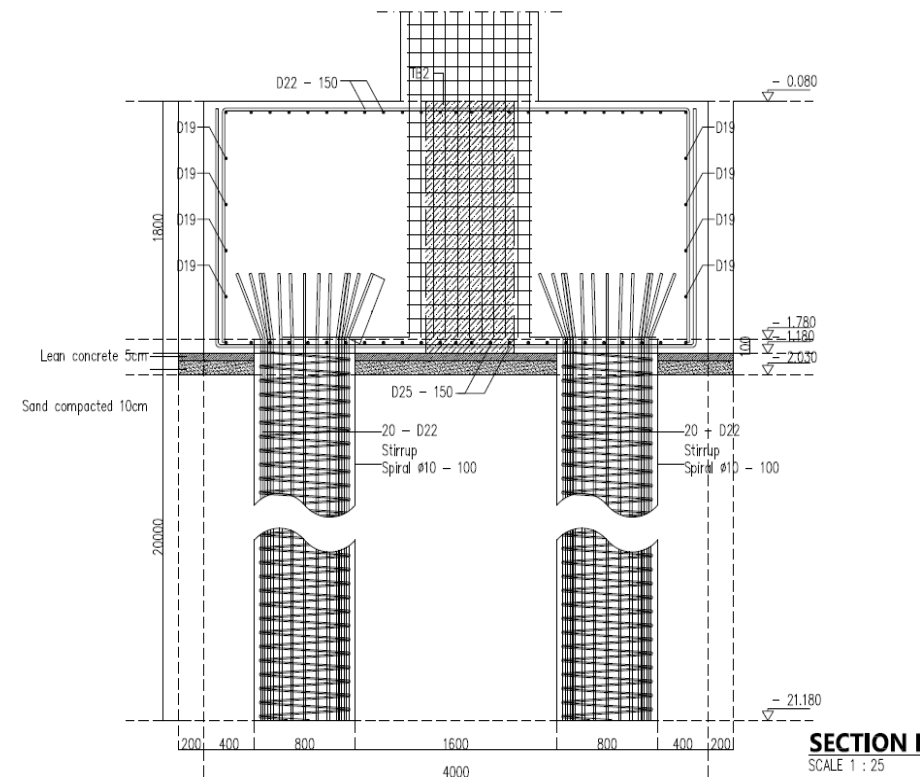
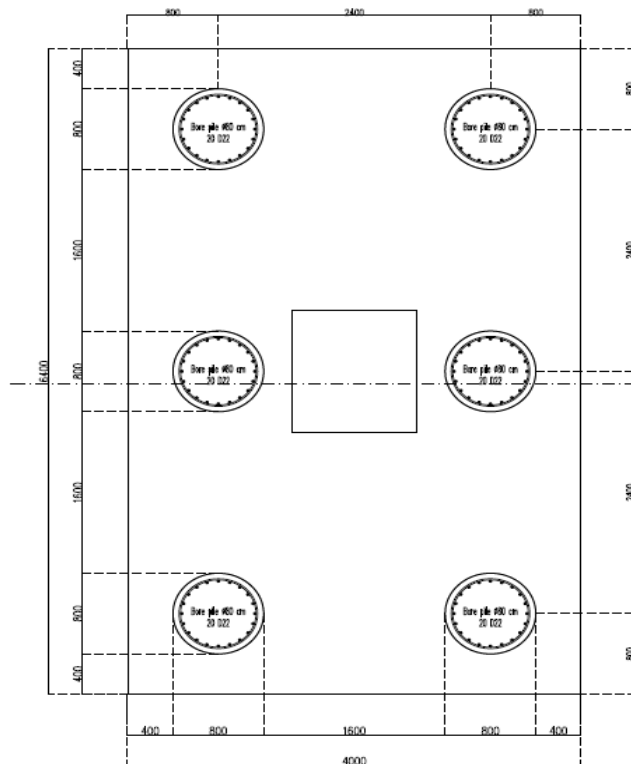
- Input data N-SPT, muka air tanah, gradasi butiran, dan beban gempa.
- Nilai faktor aman < 1 menandakan adanya potensi likuefaksi, sehingga dari hasil tersebut likuefaksi pada titik bor B1 berada pada kedalaman 8 meter hingga 14 meter dan pada titik bor B2 likuefaksi berada pada kedalaman 8 meter hingga 23 meter dari permukaan tanah.

Analisis Numeris Sistem Fondasi menggunakan *Geo5*



Dalam menganalisis menggunakan *Geo5*, dilakukan 5 kondisi analisis yaitu kondisi 1 (tanpa likuefaksi), kondisi 2 (likuefaksi 25%), kondisi 3 (likuefaksi 50%), kondisi 4 (likuefaksi 75%), dan kondisi 5 (likuefaksi 100%).

Kelompok tiang yang akan dihitung ketahanannya adalah tipe *pile cap* F5 yang terletak di sekitar titik B2.

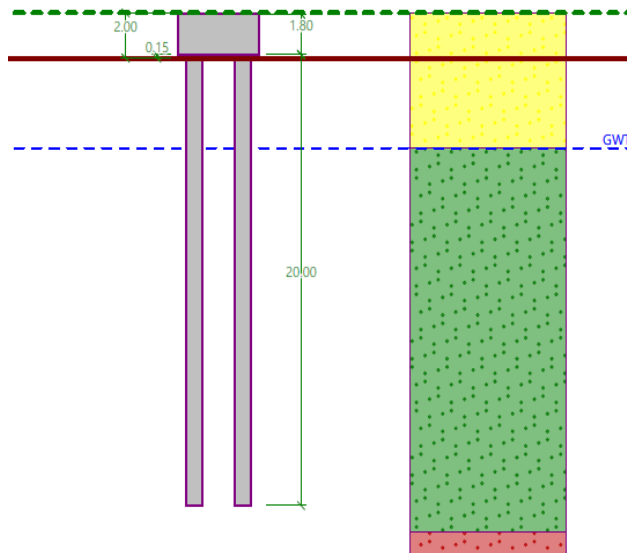


Hitungan Kuat dukung Fondasi

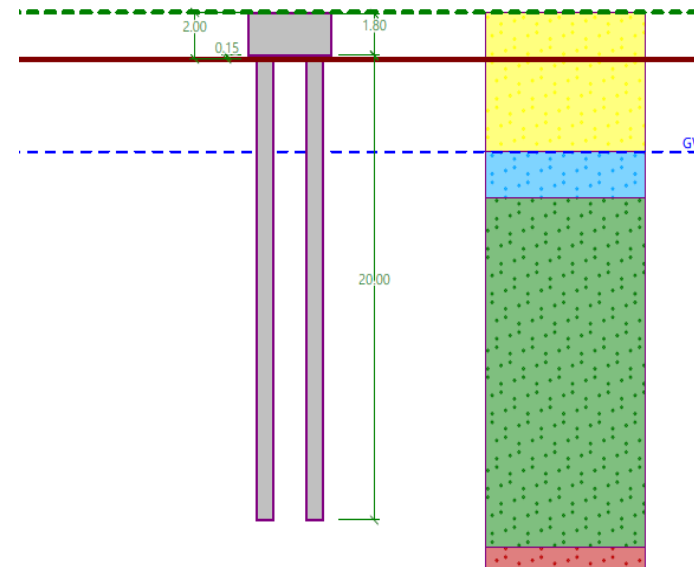


Dalam menganalisis menggunakan *Geo5*, dilakukan 5 kondisi analisis yaitu kondisi 1 (tanpa likuefaksi), kondisi 2 (likuefaksi 25%), kondisi 3 (likuefaksi 50%), kondisi 4 (likuefaksi 75%), dan kondisi 5 (likuefaksi 100%).

Kelompok tiang yang akan dihitung ketahanannya adalah tipe *pile cap* F5 yang terletak di sekitar titik B2.



Model dari data *input* kondisi tanpa likuefaksi



Model dari data *input* kondisi likuefaksi



Kesimpulan

1. Analisis potensi likuefaksi menggunakan *Settle 3D* menunjukkan pada titik B1 terjadi pada kedalaman 8 -14 meter dan pada titik B2 pada kedalaman 8-23 meter.
2. Hasil analisis menggunakan *Geo5* kapasitas dukung vertikal kelompok tiang bila mengalami likuifaksi (kondisi 5) tinggal 30% dari kondisi tanpa likuefaksi (kondisi 1) yang mencapai 23.750,05 kN.
3. Bila dilihat dari penurunan yang terjadi pada kelompok tiang sebesar 4,4 mm (kondisi tanpa likuifaksi) dan meningkat menjadi 29,9 mm saat adanya likuifaksi (kondisi 5).
4. Berdasarkan simulasi struktur fondasi mampu menahan adanya likuefaksi sebagian (kondisi 2 sd 4), namun pada kondisi 5 fondasi menjadi tidak stabil/ angka aman yang diperoleh kurang dari yang dipersyaratkan.
5. Berdasarkan simulasi agar kondisi 5 terpenuhi, yaitu saat likuefaksi bekerja penuh atau nilai *friction angle* bernilai 0 diperlukan memperdalam fondasi tiang mencapai lapisan yang tidak berpotensi likuefaksi, yaitu panjang tiang menjadi 21-22 m.



UNIVERSITAS GADJAH MADA

Terima Kasih
Thank You

