

# Analisis Potensi Likuefaksi pada Tanah Pasir Akibat Gempa (Studi Kasus Mataram, Nusa Tenggara Barat)

GEA NURBANI, YUKI ACHMAD YAKIN

Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Bandung  
Email: geanurbani@gmail.com

## ABSTRAK

*Pada hari Minggu, 5 Agustus 2018 pukul 19:46 WITA, gempa bumi mengguncang wilayah Labuan, Lombok, Nusa Tenggara Barat dengan skala magnitudo M7,0. Akibat guncangan tersebut, terjadi peristiwa likuefaksi di sebagian wilayah Provinsi Nusa Tenggara Barat dan menimbulkan kerusakan yang signifikan. Peristiwa likuefaksi dapat terjadi apabila mengalami peningkatan tekanan air pori yang dipicu oleh gempa bumi sehingga mengakibatkan tanah kehilangan kekakuan dan kuat geser tanah. Likuefaksi pada umumnya terjadi pada tanah pasir lepas dengan kondisi jenuh air. Dalam menganalisis potensi terjadinya likuefaksi di lokasi penelitian, digunakan nilai percepatan puncak di batuan dasar (PGA) sebesar 4,13 m/s<sup>2</sup> dan menggunakan data tanah hasil pengujian Standard Penetration Test (SPT). Hasil perbandingan antara ketahanan tanah atau Cyclic Resistance Ratio (CRR) dengan kemampuan tanah terlikuefaksi atau Cyclic Stress Ratio (CSR) menunjukkan bahwa likuefaksi terjadi pada rata-rata kedalaman 5,5 m – 19,5 m.*

**Kata kunci:** likuefaksi, cyclic stress ratio (CSR), cyclic resistance ratio (CRR), faktor keamanan (FK)

## ABSTRACT

*On Sunday, August 5 2018 at 19:46 WITA, an earthquake has shook Labuan, Lombok, West Nusa Tenggara with magnitude 7.0 scale. As a result of the earthquake, liquefaction occurred in several regions of West Nusa Tenggara and caused severe damage. Liquefaction can occur when an increase in pore water pressure is triggered by an earthquake, which causes the soil losing its shear strength and stiffness. Liquefaction mostly occurred in sand loose and saturated condition. Analysis of liquefaction based on Peak Ground Acceleration (PGA) at the research site 4.13 m/s<sup>2</sup> were done according to the data of SPT (Standard Penetration Test). By comparing the value of soil resistance to liquefaction or Cyclic Resistance Ratio (CRR) and the ability of soil to be liquefied or Cyclic Stress Ratio (CSR), the analysis shows the soil in that area are liquefied at depth of 5.5 m – 19.5 m.*

**Keywords:** liquefaction, cyclic stress ratio (CSR), cyclic resistance ratio (CRR), safety of factor (SF)

## 1. PENDAHULUAN

Tanah pasir pada kondisi jenuh cenderung memampat ketika diberikan beban, salah satunya beban dinamis. Di Indonesia beban dinamis yang rawan terjadi adalah gempa bumi. Hal ini disebabkan karena letak Indonesia yang berada di titik pertemuan 3 lempeng tektonik aktif, yakni, lempeng Indo-Australia, Eurasia, dan Pasifik. Gempa bumi yang terjadi secara tiba-tiba di permukaan yang didominasi tanah pasir jenuh akan kehilangan tegangan efektif sehingga menyebabkan tanah berperilaku seperti cairan, peristiwa ini disebut dengan likuefaksi.

Salah satu daerah di Nusa Tenggara Barat, yaitu di wilayah Mataram, mempunyai frekuensi gempa yang cukup tinggi. Berdasarkan data yang diperoleh dari United States Geological Survey (USGS), gempa bumi terbesar yang pernah terjadi memiliki kekuatan hingga M7,0. Gempa tersebut terjadi di Labuan, Lombok pada hari Minggu, 5 Agustus 2018 pukul 18:46 WIB. Titik pusat gempa bumi berada di 18 km barat laut Lombok Timur dengan kedalaman 32 km. Selain itu berdasarkan data USGS, wilayah Mataram berpotensi mengalami likuefaksi ketika gempa bumi. Diperlukan analisis pada kondisi tanah pasir jenuh untuk mengetahui kenaikan tekanan air pori dan pengaruh beban siklik terhadap tanah yang diteliti dan agar dapat mengidentifikasi potensi likuefaksi serta dampak kerusakan yang ditimbulkan.

## 2. KAJIAN PUSTAKA

### 2.1 Definisi Likuefaksi

Menurut Ishihara, K. (1985), proses perubahan kondisi tanah dari padat menjadi cair terjadi ketika tegangan efektif tanah bernilai nol. Hal ini disebabkan tekanan air pori akan meningkat sampai ke titik yang sama dengan tegangan tanah, saat ada beban siklik. Likuefaksi terjadi ketika kondisi tanah kehilangan kekuatan (*strength*) dan kekakuan (*stiffness*) dalam waktu singkat akibat kehilangan kuat geser tanah. Menurut Kramer, S. L. (1996) likuefaksi umumnya terjadi di dekat sungai, teluk, atau badan air lainnya karena likuefaksi hanya terjadi pada tanah pasir jenur air. Kondisi tanah pada saat terjadi likuefaksi dapat dinyatakan dalam **Persamaan 1**.

$$\sigma' = \sigma - u \quad \dots (1)$$

halmana:

- $\sigma'$  = tegangan efektif tanah [ $\frac{t}{m^2}$ ],
- $\sigma$  = tegangan total [ $\frac{t}{m^2}$ ],
- $u$  = tekanan air pori [ $\frac{t}{m^2}$ ].

Menurut Das, B. M. (1993) perhitungan tegangan total dapat menggunakan **Persamaan 2**.

$$\sigma = (H * \gamma_d) + (H - H_A) * \gamma_{sat} \quad \dots (2)$$

halmana:

- $H$  = tinggi muka air diukur dari permukaan tanah [m],
- $H_A$  = jarak antara titik A dengan muka air [m],
- $\gamma_d$  = berat volume tanah kering [ $\frac{t}{m^3}$ ],
- $\gamma_{sat}$  = berat volume tanah jenuh air [ $\frac{t}{m^3}$ ].

Sementara itu, perhitungan rasio tekanan air pori tanah dapat menggunakan **Persamaan 3**.

$$u = H_A * \gamma_w \quad \dots (3)$$

halmana:

$\gamma_w$  = berat volume air [ $10 \frac{kN}{m^3}$ ].

## 2.2 Faktor-faktor Penyebab Likuefaksi

Faktor-faktor yang menyebabkan likuefaksi adalah sebagai berikut:

- (a) intensitas gempa bumi, durasi, dan karakteristik gempa;
- (b) jenis tanah;
- (c) muka air tanah;
- (d) kepadatan relatif awal (*Initial Relative Density*);
- (e) ukuran gradasi dan bentuk partikel;
- (f) kondisi drainase dan dimensi endapan;
- (g) historis lingkungan.

## 2.3 Proses Terjadinya Likuefaksi

Likuefaksi terjadi pada tanah granular dengan kepadatan lepas hingga sedang dan elevasi muka air tanah yang tinggi. Ketika tidak ada getaran tanah akan stabil karena partikel tanah saling mengunci (*interlocking*). Ketika terjadi gempa, volume tanah cenderung menyusut seiring dengan meningkatnya tekanan air pori sehingga kekuatan *interlocking* antara partikel hilang.

## 2.4 Metode Evaluasi Likuefaksi

Seed, H. B. & Idriss, I. M. (1971) mengusulkan metode sederhana untuk mengevaluasi potensi likuefaksi. Adapun langkah untuk mengevaluasi potensi likuefaksi adalah sebagai berikut:

### 1. *Cyclic Stress Ratio* (CSR)

Likuefaksi yang terjadi pada tanah pasir jenuh dikarenakan nilai *Cyclic Stress Ratio* (CSR) akibat gempa bumi. Menurut Seed, H. B. & Idriss, I. M. (1971) perhitungan CSR menggunakan **Persamaan 4**.

$$CSR = \frac{\tau_{av}}{\sigma'_{v}} = 0,65 * \frac{\tau_{max}}{\sigma'_{v}} = 0,65 \left( \frac{\alpha_{max}}{g} \right) \left( \frac{\sigma_v}{\sigma'_{v}} \right) r_d \quad \dots (4)$$

halmana:

$\tau_{av}$  = tegangan geser rata-rata,

$\tau_{max}$  = tegangan geser siklik,

$\sigma_v$  = tegangan overburden vertikal total [ $\frac{kN}{m^2}$ ],

$\sigma'_v$  = tegangan overburden vertikal efektif [ $\frac{kN}{m^2}$ ],

$\alpha_{max}$  = percepatan permukaan tanah maksimum arah horizontal [ $\frac{m}{s^2}$ ],

$r_d$  = koefisien reduksi kedalaman,

$g$  = percepatan gravitasi [ $9,81 \frac{m}{s^2}$ ].

Liao, S. S. C. & Whitman, R. V. (1986) mengembangkan persamaan untuk mengestimasi reduksi tegangan berdasarkan **Persamaan 5.a** sampai **Persamaan 5.d**.

$$r_d = 1,0 - 0,00756z \text{ untuk } z \leq 9,15 \text{ m} \quad \dots (5.a)$$

$$r_d = 1,174 - 0,0267z \text{ untuk } 9,15 \text{ m} < z \leq 23 \text{ m} \quad \dots (5.b)$$

$$r_d = 0,774 - 0,008z \text{ untuk } 23 \text{ m} < z \leq 30 \text{ m} \quad \dots (5.c)$$

$$r_d = 0,5 \text{ untuk } z > 30 \text{ m} \quad \dots (5.d)$$

2. *Cyclic Resistance Ratio (CRR)*

*Cyclic Resistance Ratio (CRR)* merupakan kemampuan tanah untuk menahan likuefaksi. Parameter untuk menentukan CRR yaitu nilai penetrasi pada CPT, jumlah pukulan SPT, atau kecepatan gelombang geser,  $V_s$  (Idriss, I. M. & Boulanger, R.W., 2008).

3. Faktor Keamanan (FK)

Perhitungan faktor keamanan terhadap likuefaksi dapat menggunakan **Persamaan 6**.

$$FK = \frac{CRR}{CSR} \quad \dots (6)$$

Potensi likuefaksi terjadi ketika tanah memiliki  $FK < 1,3$ ; kondisi kritis terjadi ketika memiliki  $FK = 1,3$ ; kondisi aman terjadi ketika tanah memiliki  $FK > 1,3$ .

4. *Liquefaction Potential Index (LPI)*

Perhitungan untuk mengevaluasi potensi likuefaksi dapat menggunakan **Persamaan 7**.

$$LPI = \int_0^{20} F(z)w(z)dz \quad \dots (7)$$

halmana:

$z$  = kedalaman lapisan pasir (0 – 20 m),

$F$  = faktor keamanan,

$w$  = faktor beban.

Kriteria untuk menentukan besarnya nilai faktor beban pada kedalaman 0 – 20 m seperti pada **Persamaan 8.a** sampai **Persamaan 8.d**.

$$F = 1 - FS \text{ untuk } FK < 1 \quad \dots (8.a)$$

$$F = 0 \text{ untuk } FK \geq 1 \quad \dots (8.b)$$

$$w = 10 - 0,5z \text{ untuk } z < 20 \text{ m} \quad \dots (8.c)$$

$$w = 0 \text{ untuk } z \geq 20 \text{ m} \quad \dots (8.d)$$

Nilai LPI yang telah dihitung kemudian disesuaikan dengan **Tabel 1** untuk menentukan mengetahui seberapa rentan tanah terhadap likuefaksi.

**Tabel 1. *Liquefaction Potential Index (LPI)***

LPI	Iwasaki, et al. (1982)	Luna, R. & Frost, J. D. (1998)	MERM (2003)
LPI = 0	Very low	Little to None	None
0 < LPI < 5	Low	Minor	Low
5 < LPI < 15	High	Moderate	Medium
15 < LPI	Very high	Major	High

**2.5 Analisis Potensi Likuefaksi Berdasarkan Data SPT**

Langkah-langkah dalam menganalisis potensi likuefaksi berdasarkan data *Standard Penetration Test (SPT)* adalah sebagai berikut:

1. Metode Seed, H. B. & De Alba, P. (1985)

Dalam fokusnya, Seed, H. B. & De Alba, P. (1985) mengusulkan nilai SPT yang telah dikoreksi menggunakan **Persamaan 9**.

$$(N_1)_{60} = N_m * C_N * \eta = N_m * \frac{2,2}{1,2 + \frac{\sigma'_{1v}}{Pa}} * 60\% \quad \dots (9)$$

halmana:

$(N_1)_{60}$  = uji penetrasi standar nilai  $N$  dikoreksi untuk prosedur pengujian lapangan,

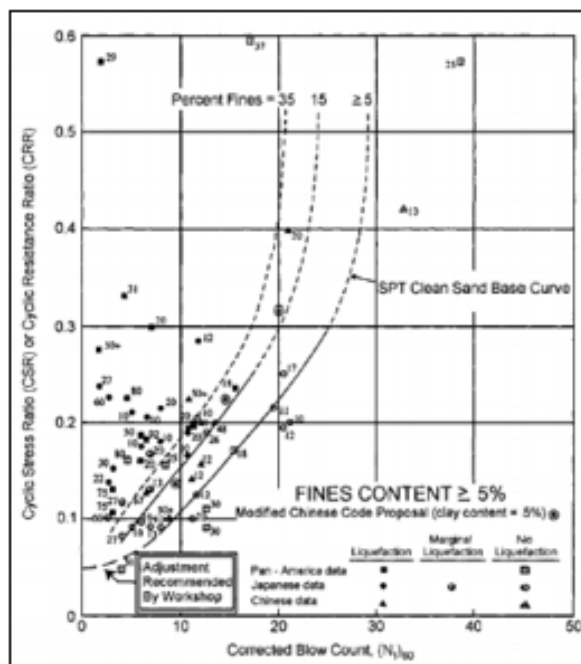
$N_m$  = N-SPT yang diperoleh dari hasil uji di lapangan,

$C_N$  = faktor normalisasi ( $N_m$ ) terhadap tegangan *overburden*,

$\eta$  = *free-fall hammer* dengan efisiensi energi 60%,

$Pa$  = tekanan atmosfer 100 kPa (1 atm).

Nilai koreksi SPT ( $(N_1)_{60}$ ) berdasarkan grafik hubungan antara CRR dengan ( $(N_1)_{60}$ ) seperti pada **Gambar 1** dapat mempengaruhi nilai CRR.



**Gambar 1. Grafik hubungan antara ( $(N_1)_{60}$  dan CRR**

**(Sumber: Liquefaction resistance of soils: summary report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF workshops on evaluation of liquefaction resistance of soils, 2001 (Modified from Seed et al., 1985))**

2. Metode Youd, T. L., et al. (2001)

Metode ini lebih lebih fokus dalam menganalisis kemampuan tanah untuk terlikuefaksi (CRR). Youd, T. L., et al. (2001) memberikan koreksi terhadap nilai SPT dengan menggunakan **Persamaan 10**.

$$(N_1)_{60} = C_N C_E C_R C_B C_S N_m \quad \dots (10)$$

halmana:

$C_E$  = faktor koreksi rasio *energy hammer* (ER),

$C_R$  = faktor koreksi panjang batang,

$C_B$  = faktor koreksi diameter lubang bor,

$C_s$  = faktor koreksi sampel.

Menurut Seed, H. B. & Idriss, I. M. (1982), diperlukan faktor koreksi seiring peningkatan nilai N-SPT untuk perhitungan tegangan *overburden* menggunakan **Persamaan 11** ( $1 \text{ Pa} = 1 \text{ atm}$ ).

$$C_N = \frac{2,2}{(1,2 + \frac{\sigma'_{vo}}{Pa})} \quad \dots (11)$$

Uraian faktor koreksi terhadap nilai SPT yang dimodifikasi dari Skempton, A. W. (1986) oleh Robertson, P.K. & Wride, C. (1998) pada **Tabel 2**.

**Tabel 2. Faktor Koreksi terhadap Nilai SPT**

Factor	Equipment Variabel	Term	Correction
Overburden Pressure	-	$C_N$	
	-	$C_N$	
Energy Ratio	Donut Hammer	$C_E$	0,5 – 1,0
	Safety Hammer	$C_E$	0,7 – 1,2
	Automatic-trip Donut Type Hammer	$C_E$	0,8 – 1,3
Borehole Diameter	65 – 115 mm	$C_B$	1
	150 mm	$C_B$	1,05
	200 mm	$C_B$	1,15
Rod Length	< 3 mm	$C_R$	0,75
	3 – 4 mm	$C_R$	0,8
	4 – 6 mm	$C_R$	0,85
	6 – 10 mm	$C_R$	0,95
	10 – 30 mm	$C_R$	1,0
Sampling Method	Standard Sampler	$C_s$	1,0
	Sampler without Liners	$C_s$	1,1 – 1,3

**(Sumber: Liquefaction resistance of soils: summary report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF workshops on evaluation of liquefaction resistance of soils, 2001)**

Youd, T. L., et al. (2001) mengestimasi nilai koreksi  $(N_1)_{60}$  terhadap *finer content* (FC) supaya ekuivalen dengan pasir bersih menggunakan **Persamaan 12**.

$$(N_1)_{60cs} = \alpha + \beta * (N_1)_{60} \quad \dots (12)$$

Dengan  $\alpha$  dan  $\beta$  adalah koefisien yang dapat ditentukan dengan **Persamaan 13.a** hingga **Persamaan 13.d**.

$$\alpha = 0, \beta = 1 \text{ untuk } FC \leq 5\% \quad \dots (13.a)$$

$$\alpha = \exp \left[ 1,76 - \left( \frac{190}{FC^2} \right) \right] \text{ untuk } 5\% < FC < 35\% \quad \dots (13.b)$$

$$\beta = \left[ 0,99 - \left( \frac{FC^{1,5}}{1000} \right) \right] \text{ untuk } 5\% < FC < 35\% \quad \dots (13.c)$$

$$\alpha = 5; \beta = 1,2 \text{ untuk } FC \geq 35\% \quad \dots (13.d)$$

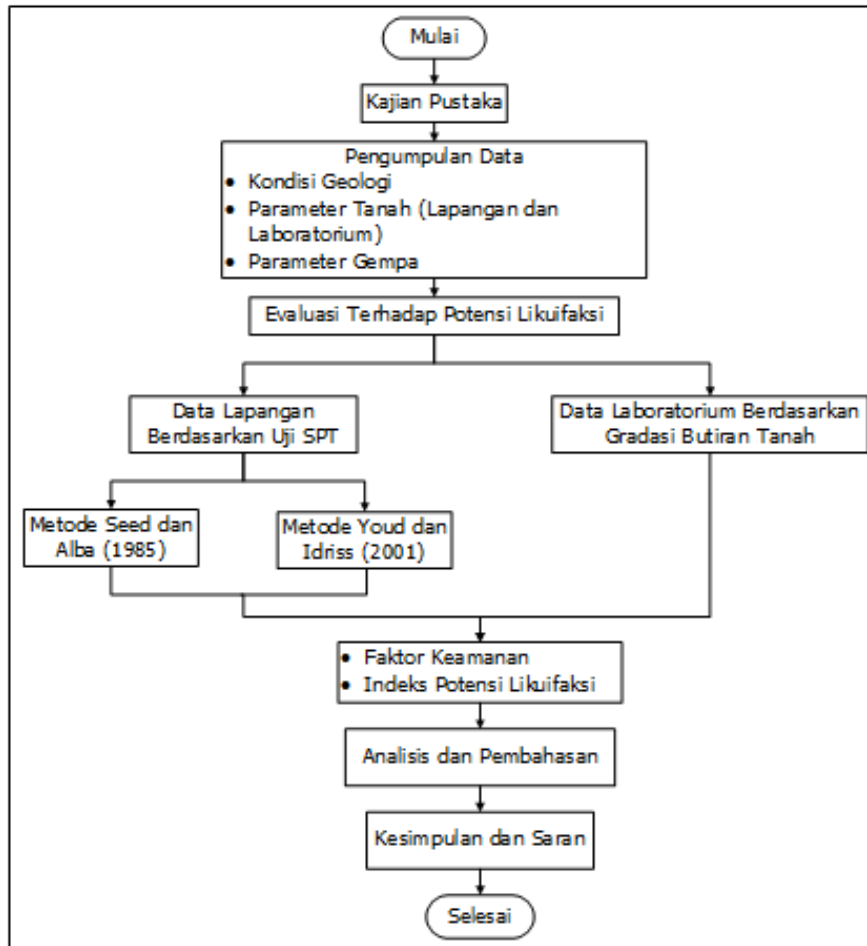
*Analisis Potensi Likuefaksi pada Tanah Pasir Akibat Gempa  
(Studi Kasus Mataram, Nusa Tenggara Barat)*

Perhitungan korelasi nilai CRR dengan nilai SPT pada saat terjadi gempa bumi dengan magnitudo  $M = 7,5$  menggunakan **Persamaan 14**.

$$CRR_{7,5} = \frac{1}{34 - (N_1)_{60cs}} + \frac{(N_1)_{60cs}}{135} + \frac{50}{[10 \cdot (N_1)_{60cs} + 45]^2} - \frac{1}{200} \quad \dots (14)$$

### 3. METODOLOGI PENELITIAN

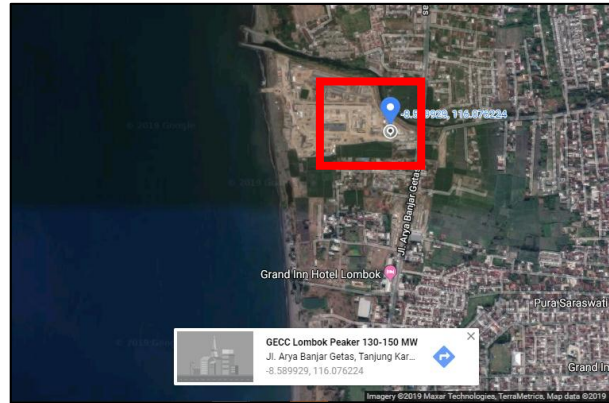
Penelitian yang dilakukan untuk tugas akhir ini dilakukan secara bertahap dan sistematis dalam bentuk bagan alir seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2**.



**Gambar 2. Bagan alir penelitian**

#### 3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi untuk penelitian ini berada di Kota Mataram, Nusa Tenggara Barat dengan koordinat seperti yang ditunjukkan **Gambar 3**.



**Gambar 3. Lokasi penelitian**  
(Sumber: US Dept of State Geographer, 2020)

### 3.2 Pengumpulan Data

Data lapangan berupa SPT diperoleh dari *final report* salah satu wilayah di Kota Mataram, Nusa Tenggara Barat dengan dilakukan 5 titik pengeboran. Data gempa bumi yang terjadi di Labuan, Lombok diperoleh dari USGS dan untuk rasio nilai percepatan tanah maksimum diambil berdasarkan Peta Zonasi Gempa Indonesia tahun 2017 untuk wilayah Mataram, Nusa Tenggara Barat.

## 4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Analisis Potensi Likuefaksi Berdasarkan Data SPT

Adapun hasil analisis potensi likuefaksi berdasarkan data uji *Standard Penetration Test* (SPT) sebagai berikut.

1. Metode Seed, H. B. & De Alba, P. (1985)

Berikut adalah data untuk BR – 03:

$$z = 9,5 \text{ m}$$

$$m.a.t = 4,5 \text{ m}$$

$$\gamma = 1,7 \text{ t/m}^3$$

$$N = 12$$

$$a_{max} = 0,413 \times 9,81 = 4,052$$

(a) Menghitung CSR

$$\sigma = \sigma_{7,5} + (H * \gamma) = 15,8 \frac{\text{t}}{\text{m}^2}$$

$$\sigma' = \sigma - \gamma_w * (H - m.a.t) = 10,8 \frac{\text{t}}{\text{m}^2}$$

$$r_d = 1,174 - 0,0267z = 0,920$$

$$CSR = 0,65 \left( \frac{a_{max}}{g} \right) \left( \frac{\sigma_v}{\sigma'_v} \right) r_d = 0,361$$

(b) Menghitung CRR

$$(N_1)_{60} = N_m * \frac{2,2}{1,2 + \frac{\sigma'_v}{Pa}} * 60\% = 6,947$$

Didapatkan nilai CRR berdasarkan grafik Seed, et al. (1985) sebesar 0,16.

(c) Menghitung FK

$$FS = \frac{CRR}{CSR} = \frac{0,16}{0,361} = 0,434$$



*Analisis Potensi Likuefaksi pada Tanah Pasir Akibat Gempa  
(Studi Kasus Mataram, Nusa Tenggara Barat)*

Karena nilai faktor keamanan  $FS < 1,3$  maka tanah aman dan berpotensi terjadi likuefaksi.

2. Metode Youd, T. L., et al. (2001)

Data BR – 03 dan perhitungan CSR sama seperti pada metode Seed, H. B. & De Alba, P. (1985). Perbedaannya terdapat saat menghitung CRR.

(a) Menghitung CRR

Nilai untuk faktor koreksi diambil berdasarkan **Tabel 2** dengan uraian sebagai berikut:

$$C_N = \frac{2,2}{1,2 + \frac{\sigma'_v}{Pa}} = 0,96$$

$$C_E = 0,8$$

$$C_B = 1$$

$$C_R = 0,95$$

$$C_S = 1$$

$$N_m = 1$$

$$(N_1)_{60} = C_N C_E C_R C_B C_S N_m = 9$$

$$FC = 18\%$$

$$\alpha = \exp \left[ 1,76 - \left( \frac{190}{FC^2} \right) \right] = 3,234$$

$$\beta = \left[ 0,99 - \left( \frac{FC^{1,5}}{1000} \right) \right] = 0,914$$

$$(N_1)_{60cs} = \alpha + \beta * (N_1)_{60} = 11,274$$

$$CRR_{7,5} = \frac{1}{34 - (N_1)_{60cs}} + \frac{(N_1)_{60cs}}{135} + \frac{50}{[10 * x (N_1)_{60cs} + 45]^2} - \frac{1}{200} = 0,123$$

(b) Menentukan Faktor Keamanan

$$MSF = \frac{10^{2,24}}{M_w^{2,56}} = 1,238$$

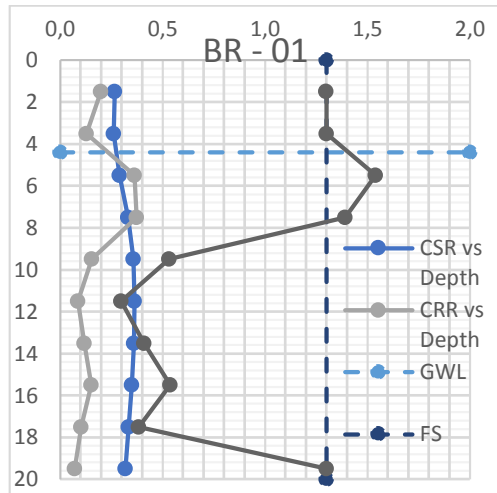
$$FS = \frac{CRR}{CSR} * MSF = 0,412$$

Karena nilai faktor keamanan  $FS < 1,3$  maka tanah tidak aman dan berpotensi terjadi likuefaksi. Hasil potensi lekuifaksi bor lainnya dapat dilihat pada **Tabel 3**.

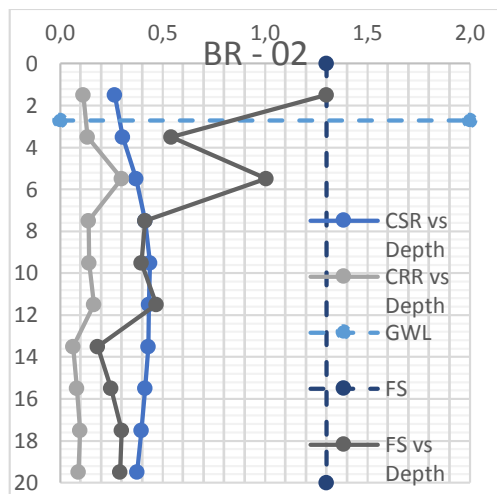
**Tabel 3. Hasil Perhitungan Potensi Likuefaksi Wilayah Mataram**

Kedalaman [m]	Analisis Potensi Likuefaksi Berdasarkan Data SPT				
	BR – 01	BR – 02	BR – 03	BR – 04	BR – 05
1,5	Tidak Likuefaksi	Tidak Likuefaksi	Tidak Likuefaksi	Tidak Likuefaksi	Tidak Likuefaksi
3,5	Tidak Likuefaksi	Likuefaksi	Tidak Likuefaksi	Tidak Likuefaksi	Tidak Likuefaksi
5,5	Tidak Likuefaksi	Likuefaksi	Likuefaksi	Likuefaksi	Likuefaksi
7,5	Tidak Likuefaksi	Likuefaksi	Likuefaksi	Likuefaksi	Likuefaksi
9,5	Likuefaksi	Likuefaksi	Likuefaksi	Likuefaksi	Likuefaksi
11,5	Likuefaksi	Likuefaksi	Likuefaksi	Likuefaksi	Likuefaksi
13,5	Likuefaksi	Likuefaksi	Tidak Likuefaksi	Likuefaksi	Likuefaksi
15,5	Likuefaksi	Likuefaksi	Likuefaksi	Likuefaksi	Likuefaksi
17,5	Likuefaksi	Likuefaksi	Tidak Likuefaksi	Tidak Likuefaksi	Tidak Likuefaksi
19,5	Tidak Likuefaksi	Tidak Likuefaksi	Tidak Likuefaksi	Tidak Likuefaksi	Tidak Likuefaksi

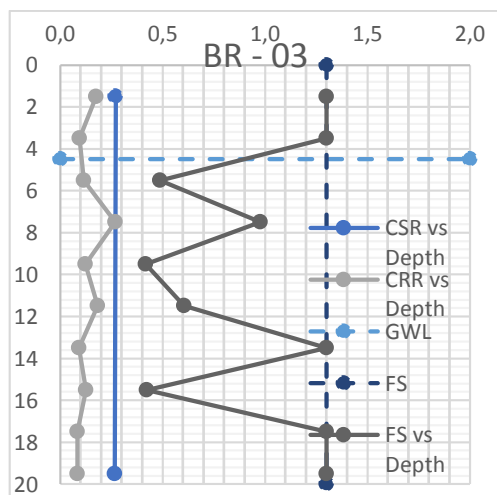
Berdasarkan evaluasi potensi likuefaksi didapat hubungan antara nilai CSR, CRR, dan faktor keamanan terhadap kedalaman seperti pada **Gambar 4** sampai dengan **Gambar 9**.



**Gambar 4. Grafik bubungan antara CSR, CRR, dan FS dengan kedalaman pada BR – 01**

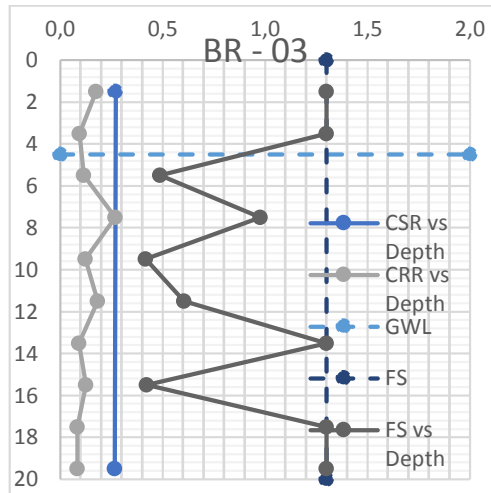


**Gambar 5. Grafik bubungan antara CSR, CRR, dan FS dengan kedalaman pada BR – 02**

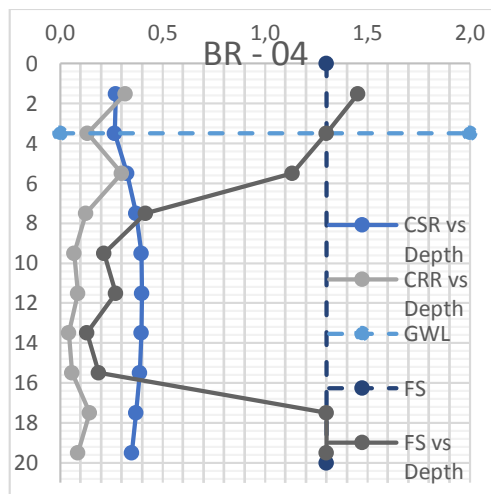


**Gambar 6. Grafik bubungan antara CSR, CRR, dan FS dengan kedalaman pada BR – 03**

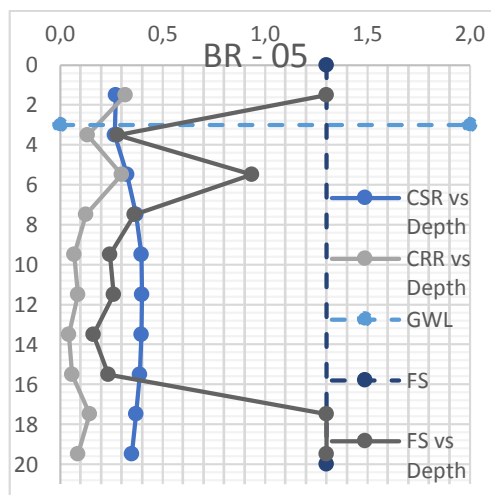
*Analisis Potensi Likuefaksi pada Tanah Pasir Akibat Gempa  
(Studi Kasus Mataram, Nusa Tenggara Barat)*



**Gambar 7. Grafik bubungan antara CSR, CRR, dan FS dengan kedalaman pada BR – 03**



**Gambar 8. Grafik bubungan antara CSR, CRR, dan FS dengan kedalaman pada BR – 04**



**Gambar 9. Grafik bubungan antara CSR, CRR, dan FS dengan kedalaman pada BR – 05**

#### 4.2 Liquefaction Potential Index (LPI)

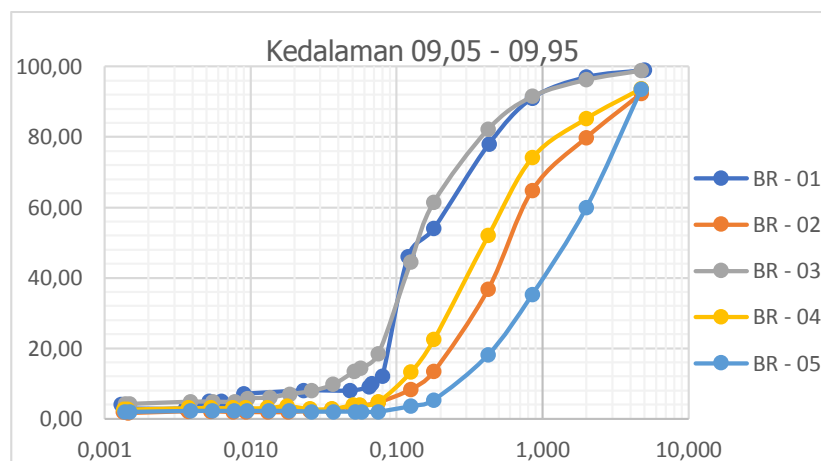
Berikut adalah data hasil analisis untuk BR – 03 di kedalaman 9,5 m menggunakan metode Youd, T. L., et al. (2001) untuk mengetahui seberapa rentan lapisan tanah terhadap likuefaksi.

$$\begin{aligned}
 z &= 9,5 \text{ m untuk } z < 20 \text{ m} \\
 FS &= 0,412 \text{ untuk } FS < 1 \\
 F &= 1 - FS = 1 - 0,412 = 0,588 \\
 w &= 10 - 0,5z = 10 - (0,5 * 2) = 9 \\
 LPI &= \int_0^{20} F(z)w(z)dz = \int_0^2 (0,588 * 9) dz = 10,94
 \end{aligned}$$

Untuk mengetahui kerentanan tanah terhadap likuefaksi, nilai LPI terlebih dahulu dihitung setiap lapisan tanah yang terlikuefaksi kemudian dikumulatif dan gunakan **Tabel 1**. Pada metode Youd, T. L., et al. (2001) di BR – 03 memiliki nilai LPI 9,97.

#### 4.3 Analisis Potensi Likuefaksi Berdasarkan Gradasi

Berdasarkan perhitungan distribusi butiran diperoleh hasil seperti pada **Gambar 10**.



**Gambar 10. Hasil Perhitungan Gradasi Butiran Kedalaman 09,05 – 09,95**

### 5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan dalam penelitian dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil perhitungan BR – 01 mengalami likuefaksi setebal 8 m, BR – 02 setebal 18 m, BR – 03 setebal 8 m, BR – 04 setebal 10 m, dan BR – 05 setebal 12 m.
2. Hasil yang diperoleh untuk nilai CSR relatif sama pada kedua metode yang digunakan.
3. Hasil nilai CRR ada sedikit perbedaan antara kedua metode karena pada metode Seed, H. B. & De Alba, P. (1985) perlu ketelitian lebih karena menggunakan grafik.
4. Evaluasi tingkat likuefaksi di lokasi penelitian berdasarkan nilai LPI memiliki tingkat sedang sampai tinggi.
5. Potensi likuefaksi dapat diketahui berdasarkan gradasi butiran tanah.

### DAFTAR RUJUKAN

- Das, B. M. (1993). *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Jakarta: Erlangga.
- Idriss, I. &. (2008). *Soil Liquefaction during Earthquake*. Oakland: Earthquake Engineering Research Institute.
- Ishihara, K. (1995). *Earthquake Geotechnical Engineering*. Rotterdam: CRC Press/Balkema.

- Iwasaki, T., Arakawa, T. & Tokida, K. (1982). Simplified procedures for assessing soil liquefaction during earthquakes. *The Conference on Soil Dynamics and Earthquake* (p. 925–939). Southampton: \_\_\_.
- Kramer, S. L. (1996). *Geotechnical Earthquake Engineering*. London: Pearson.
- Liao, S. S. C. & Whitman, R. V. (1986). Overburden Correction Factors for SPT in Sand. *Journal of Geotechnical Engineering*, 112(3), 373-377.
- Luna, R. & Frost, J. D. (1998). Spatial liquefaction analysis system. *Journal Comput. Civil Eng.*, 12, 48–56.
- MERM. (2003). *Microzonation for Earthquake Risk Mitigation (MERM): Microzonation Manual, World Institute for Disaster Risk Management*. \_\_\_: World Institute for Disaster Risk Management.
- Robertson, P.K. & Wride, C. (1998). Evaluating Cyclic Liquefaction Potential Using the Cone Penetration Test. *Canadian Geotechnical Journal*, 35, 442-459.
- Seed, H. B. & De Alba, P. (1985). Use of SPT and CPT tests for evaluating the liquefaction resistance of sands. *The Conference on Use of in Situ Tests in Geotechnical Engineering* (pp. 281-302). Blacksburg: American Society of Civil Engineers.
- Seed, H. B. & Idriss, I. M. (1971). Simplified Procedure for Evaluation Soil Liquefaction Potential. *Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division*, 97(9), 1249-1273.
- Seed, H. B. (1982). *Ground Motions and Soil Liquefaction During Earthquakes*. Berkeley, Calif: Earthquake Engineering Research Institute.
- Seed, H. B., Tokimatsu, K., Harder, L. F. & Chung, R. M. (1985). Influence of SPT Procedures in Soil Liquefaction Resistance Evaluation. *Journal of Geotechnical Engineering*, 111(12), 1452-1445.
- Skempton, A.W. (1986). Standard Penetration Test Procedures and the Effects in Sand of Overburden Pressure, Relative Density, Particle Size, Ageing and Overconsolidation. *Géotechnique*, 36, 425-447.
- US Dept of State Geographer . (2020, Oktober 20). *Google*. Retrieved Oktober 20, 2020, from Google Earth: <https://earth.google.com/web/search/GECC+Lombok+Peaker+130-150+MW,+Jalan+Arya+Banjar+Getas,+Tanjung+Karang,+Mataram+City,+West+Nusa+Tenggara,+Indonesia/@-8.5899563,116.0761923,10.26875008a,1043.2857692d,35y,0h,45t,0r/data=CuABGrUBEq4BCiUweDJkY2RiZjg4MGQ2Y>
- Youd, T. L., Idriss, I. M., Andrus, R.D., Arango, I., Castro, G., Christian, J. T. & et al. (2001). Liquefaction resistance of soils: summary report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF workshops on evaluation of liquefaction resistance of soils. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 127(10), 817-833.