

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis potensi likuifaksi dilakukan pada empat titik sondir (S1-S4) dengan kedalaman 9 m-14,2m dan memiliki muka air tanah antara 1,3 m – 1,5 m . Pengolahan data dilakukan dengan perhitungan melalui *microsoft excel* sehingga didapatkan nilai-nilai yang kemudian dapat diplot menjadi grafik-grafik yang akan dianalisis untuk masing-masing data. Hal pertama yang dilakukan untuk analisis likuifaksi yaitu mencari nilai  $q_c$  (tahanan uji konus), *local friction* ( $f_s$ ), dan mencari nilai FR (*friction ratio*) dari data CPT. Dari data yang diperoleh disimpulkan dalam perhitungan ini parameter yang digunakan antara lain :

1. Kedalaman = 9 m -14,2 m
2. MAT (muka air tanah) = 1,3-1,5 m
3. Nilai  $a_{max}$  (percepatan batuan dasar) = 0,3 g
4. Nilai  $M_w$  (magnitudo gempa) = 6,5  $M_w$

### 4.1 Perhitungan CRR dan CSR

#### 4.1.1 Perhitungan CRR dan CSR dengan metode Youd - Idriss (1996)

1. Perhitungan nilai berat volume tanah ( $\gamma$ )

Nilai berat volume tanah dapat di hitung berdasarkan Persamaan (2.1), yang merupakan hasil dari korelasi antara nilai  $q_c/P_a$  dengan nilai FR pada Gambar (2.4).

Contoh perhitungan untuk mencari berat volume tanah ( $\gamma$ ) pada sondir pertama (S1) sebagai berikut :

Pada sondir pertama (S1) kedalaman 1,2 m diperoleh, nilai  $q_c = 300 \text{ kN/m}^2$  (lampiran 2a),  $P_a = 101,3 \text{ KPa}$  (bab 2 halaman 17), sehingga nilai  $q_c/p_a = 2,96$  (lampiran 2a).

Nilai FR = 6,02 (lampiran 2a), diperoleh nilai korelasi antara  $q_c/p_a$  dengan FR dari Gambar (2.4) sebesar  $\gamma/\gamma_w = 2$  , sehingga besarnya  $\gamma = \frac{\gamma}{\gamma_w} \cdot \gamma_w = 2 \times 9,81 = 19,62 \text{ kN/m}^3$ .

Perhitungan nilai berat volume tanah ( $\gamma$ ) secara lengkap dapat dilihat pada lampiran 2a s/d 2d.

## 2. Klasifikasi tanah

Klasifikasi tanah ditentukan berdasarkan grafik perilaku tanah pada Gambar (2.4), yang selanjutnya akan dikorelasikan dengan Tabel (2.1) untuk mengetahui jenis tanahnya. Hasil pengolahan data untuk klasifikasi tanah pada lokasi sondir dapat dilihat pada Tabel (4.1)

Tabel 4.1 Klasifikasi tanah pada lokasi sondir

Titik Sondir	Kedalaman (m)	Jenis Tanah	n
S1	1.2 s/d 8.4	Clay	1
	8.6, 12.2 s/d 13.2	Very stiff fine grined	0.5
	9, 11.2 s/d 12	Sand to clayey sand	0.7
	13.4 s/d 13.6	Sand to clayey sand	0.7
	9.2 s/d 10.6	Gravelly sand to sand	0.5
	10.8	Sand to silty sand	0.6
S2	11	Sand	0.5
	1.2 s/d 6	Clay	1
	6.2, 7.8 s/d 8.10	Sand to silty sand	0.6
	6.4, 7.2, 7.6	Sand	0.5
	6.6 s/d 7, 7.4, 8.2 s/d 9.8	Gravelly sand to sand	0.5
	10.2 s/d 10.6	Sand to clayey sand	0.7
S3	10.8 s/d 11.4	Very stiff fine grined	0.5
	1 s/d 8.8	Clay	1
	9, 12 s/d 13.2	Sand to clayey sand	0.7
	9.2 s/d 9.6, 10.2 s/d 11.6, 13.4	Gravelly sand to sand	0.5
S4	9.8 s/d 10, 11.8	Sand to silty sand	0.6
	1 s/d 8.6	Clay	1
	8.8	Silty clay to clay	0.8
	9	Sand to silty sand	0.6

Sumber : Hasil analisis data penulis (2020)

## 3. Perhitungan tegangan total ( $\sigma_v$ )

Perhitungan tegangan total dihitung berdasarkan persamaan (2.2). Contoh perhitungan untuk mencari nilai tegangan total ( $\sigma_v$ ) pada pengeboran pertama (S1) sebagai berikut :

Perhitungan pada kedalaman 1,2 m untuk lapisan tanah pertama,

$$\sigma_v = h \cdot \gamma$$

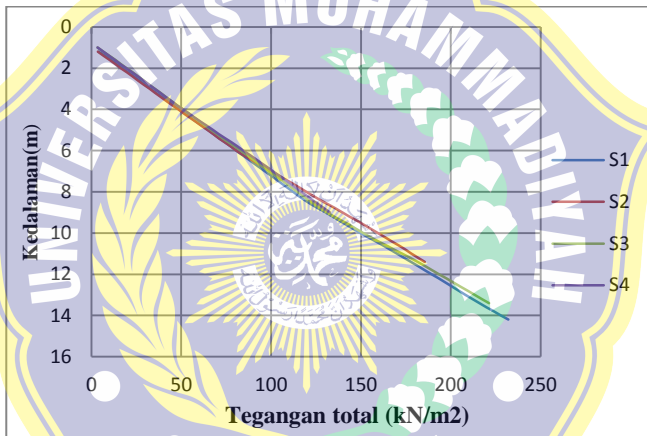
$$= (1,2-1) \cdot 19,62 = 3,92 \text{ kN/m}^2$$

Sedangkan pada kedalaman 1,4 m untuk lapisan tanah ke dua,

$$\sigma_v = h \cdot \gamma + \sigma_{v1,2}$$

$$= (1,4-1,2) \cdot 19,62 + 3,92 = 7.85 \text{ kN/m}^2$$

Perhitungan nilai tegangan total ( $\gamma$ ) secara lengkap dapat dilihat pada lampiran 2a s/d 2d dan disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar (4.1).



Gambar 4.1 Grafik h vs ( $\sigma_v$ )

Sumber : Hasil perhitungan penulis (2020)

Pada Gambar (4.1) terdapat grafik hubungan kedalaman (h) vs tegangan total ( $\sigma_v$ ) menunjukkan bahwa pada semua titik sondir (S1-S4) semakin jauh kedalaman nilai tegangan total ( $\sigma_v$ ) semakin besar, hal ini di karenakan ( $\sigma_v = h \cdot \gamma$ ), sehingga semakin besar kedalaman semakin besar tegangan total ( $\sigma_v$ ).

#### 4. Perhitungan tegangan air pori (u)

Perhitungan tegangan air pori dapat dihitung di bawah muka air tanah, karena di atas muka air tanah tegangan air pori ( $u=0 \text{ Kn/m}^2$ ). Tegangan air pori dihitung berdasarkan Persamaan (2.3). Contoh perhitungan nilai tegangan air pori (u) pada pengeboran pertama (S1) dengan MAT 1,5 m, pada kedalaman 1,6 m sebagai berikut :

$$\begin{aligned} u &= (h_a - h) \times \gamma_w \\ &= (1,6 - 1,5) \times 9,81 = 0,98 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Sedangkan untuk nilai tegangan air pori yang berada di lapisan bawahnya pada kedalaman 1,8 m adalah :

$$\begin{aligned} u &= (h_a - h) \times \gamma_w + u_{1,8} \\ &= (1,8 - 1,6) \times 9,81 + 0,98 = 2,94 \end{aligned}$$

Perhitungan nilai tegangan air pori (u) secara lengkap dapat dilihat pada lampiran 2a s/d 2d.

#### 5. Perhitungan tegangan efektif ( $\sigma'_v$ )

Perhitungan tegangan efektif dapat dihitung berdasarkan Persamaan (2.4). Tegangan efektif yang berada pada kedalaman di atas muka air tanah nilainya sama dengan tegangan total.

Contoh Perhitungan untuk mencari nilai tegangan efektif ( $\sigma'_v$ ) dengan MAT 1,5 m pada sondir pertama (S1) sebagai berikut :

Perhitungan pada kedalaman 1,2 m di atas muka air tanah,

$$\begin{aligned} \sigma_v &= \sigma'_v \\ 3,92 \text{ kN/m}^2 &= 3,92 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

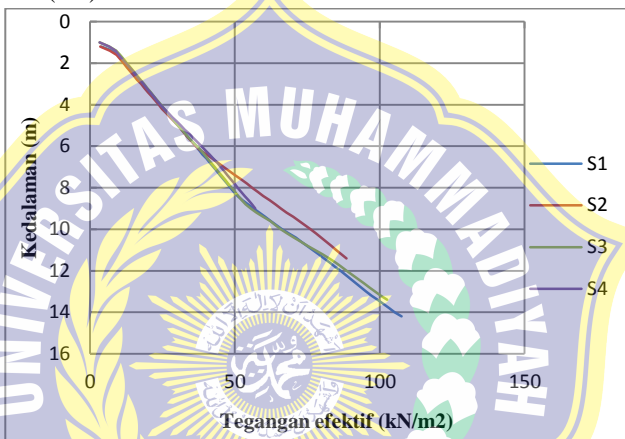
Perhitungan pada kedalaman 1,4 m di atas muka air tanah,

$$\begin{aligned} \sigma_v &= \sigma'_v \\ 7,85 \text{ kN/m}^2 &= 7,85 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Sedangkan pada kedalaman 1,6 m yang berada di bawah muka air tanah,

$$\begin{aligned}\sigma'_v &= \sigma_v - u \\ &= 10,99 - 0,98 = 10.01 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

Perhitungan nilai tegangan efektif ( $\sigma'_v$ ) secara lengkap dapat dilihat pada lampiran 2a s/d 2d dan disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar (4.2).



Gambar 4.2 Grafik h vs  $\sigma'_v$

Sumber : Hasil perhitungan penulis (2020)

Pada Gambar (4.2) terdapat grafik hubungan kedalaman (h) vs tegangan efektif ( $\sigma'_v$ ) menunjukkan bahwa pada semua titik sondir (S1-S4) semakin jauh kedalaman nilai tegangan efektif ( $\sigma'_v$ ) semakin besar, hal ini dikarenakan ( $\sigma'_v = \sigma_v - u$ ), sehingga semakin besar kedalaman semakin besar tegangan efektif ( $\sigma'_v$ ).

## 6. Perhitungan nilai rd

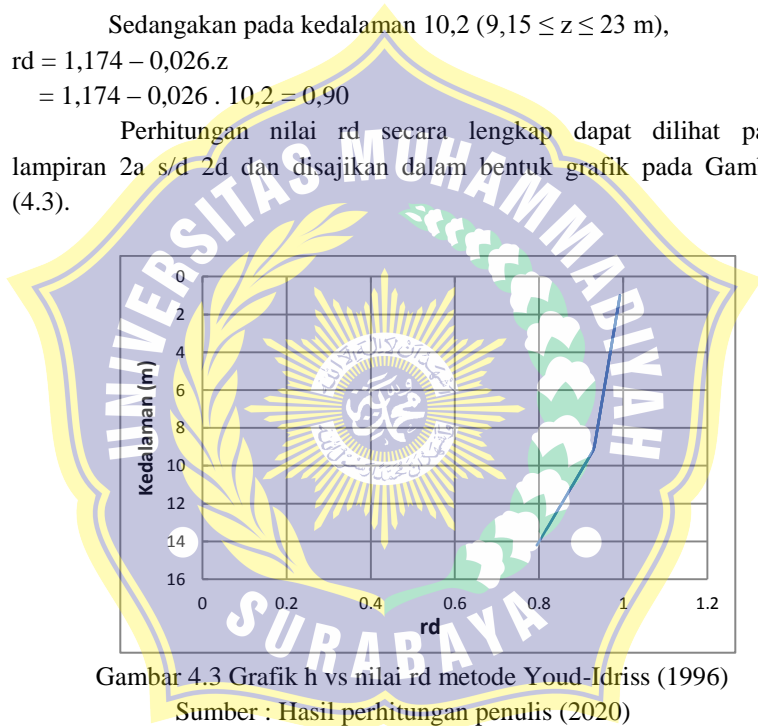
Perhitungan nilai rd dihitung perkedalaman masing-masing. Pada kedalaman  $\leq 9,15$  m dihitung berdasarkan Persamaan (2.5), untuk kedalaman  $9,15 \leq z \leq 23$  m dihitung berdasarkan Persamaan (2.6).

Contoh perhitungan nilai  $r_d$  pada sondir pertama (S1) sebagai berikut :

$$\begin{aligned} & \text{Pada kedalaman 1,2m } (\leq 9,15 \text{ m}), \\ r_d &= 1,0 - 0,00765 \cdot z \\ &= 1,0 - 0,00765 \cdot 1,2 = 0,99 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{Sedangkan pada kedalaman 10,2 } (9,15 \leq z \leq 23 \text{ m}), \\ r_d &= 1,174 - 0,026 \cdot z \\ &= 1,174 - 0,026 \cdot 10,2 = 0,90 \end{aligned}$$

Perhitungan nilai  $r_d$  secara lengkap dapat dilihat pada lampiran 2a s/d 2d dan disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar (4.3).



Gambar 4.3 Grafik  $h$  vs nilai  $r_d$  metode Youd-Idriss (1996)

Sumber : Hasil perhitungan penulis (2020)

Pada Gambar (4.3) terdapat grafik hubungan kedalaman ( $h$ ) vs nilai  $r_d$  menunjukkan bahwa pada semua titik sondir semakin jauh kedalaman nilai  $r_d$  semakin kecil, hal ini di karenakan pada kedalaman  $\leq 9,15 \text{ m}$  ( $r_d = 1,0 - 0,00765 \cdot z$ ), kedalaman  $9,15 \leq z \leq 23 \text{ m}$  ( $r_d = 1,174 - 0,026 \cdot z$ ). Sehingga semakin jauh kedalaman nilai  $r_d$  semakin kecil.

## 7. Perhitungan nilai Q

Perhitungan nilai Q dihitung berdasarkan Persamaan (2.7). Untuk nilai n disesuaikan dengan jenis tanahnya berdasarkan Tabel (4.1).

Contoh perhitungan Nilai Q pada sondir pertama (S1) dengan kedalaman 1,2 m adalah :

$$Q = \{(qc - \sigma_v) / Pa\} [(Pa / \sigma'_v)^n] \\ = \{(300 - 3,92) / 101,3\} [(101,3 / 3,92)^1] = 75,45$$

Pada kedalaman 1,2 m nilai  $n = 1$  , karena jenis tanahnya “clay” . Sedangkan untuk kedalaman 8,6 m nilai  $n = 0,5$  karena jenis tanahnya “*Very stiff fine grined*”, sehingga besarnya nilai Q adalah :

$$Q = \{(qc - \sigma_v) / Pa\} [(Pa / \sigma'_v)^n] \\ = \{(1600 - 122,23) / 101,3\} [(101,3 / 52,58)^{0,5}] = 20,25$$

Perhitungan nilai Q secara lengkap dapat dilihat pada lampiran 2a s/d 2d.

## 8. Perhitungan nilai F

Perhitungan nilai F dihitung berdasarkan Persamaan (2.9). Nilai F dapat dihitung jika diketahui nilai *local friction* pada masing-masing kedalaman tanah dari data CPT. Sehingga pada sondir pertama (S1) nilai F mulai dapat dihitung pada kedalaman 1,4 m. Contoh perhitungan nilai F sebagai berikut :

$$F = \{fs / (qc - \sigma_v)\} \times 100\% \\ = \{16 / (300 - 7,85)\} \times 100\% = 0,055$$

Perhitungan nilai F secara lengkap dapat dilihat pada lampiran 2a s/d 2d.

## 9. Perhitungan nilai Ic

Perhitungan nilai Ic dihitung berdasarkan Persamaan (2.10). Nilai Ic dapat dihitung jika nilai Q, dan nilai F sudah diketahui. Sehingga pada sondir pertama (S1) nilai Ic mulai dapat dihitung pada kedalaman 1,4 m.

Contoh perhitungan nilai Ic sebagai berikut :

$$I_c = \{(3,47 - \log Q)^2 + (1,22 + \log F)^2\}^{0,5}$$
$$= \{(3,47 - \log 37,23)^2 + (1,22 + \log 0,055)\}^{0,5} = 1,90$$

Perhitungan nilai Ic secara lengkap dapat dilihat pada lampiran 2a s/d 2d.

## 10. Perhitungan nilai Cq

Perhitungan nilai Cq dihitung berdasarkan Persamaan (2.11). Untuk nilai n disesuaikan dengan jenis tanahnya berdasarkan Tabel (4.1).

Contoh perhitungan nilai Cq pada sondir pertama (S1) dengan kedalaman 1,2 m adalah :

$$C_q = \left(\frac{pa}{\sigma'_v}\right)^n$$
$$= \left(\frac{101,3}{3,92}\right)^1 = 25,82 \text{ kN/m}^2$$

Pada kedalaman 1,2 nilai n = 1, karena jenis tanahnya “clay”. Sedangkan untuk kedalaman 8,6 nilai n = 0,5, karena jenis tanahnya “*Very stiff fine grined*”, sehingga besarnya nilai Cq adalah :

$$C_q = \left(\frac{pa}{\sigma'_v}\right)^n$$
$$= \left(\frac{101,3}{52,58}\right)^{0,5} = 1,39 \text{ kN/m}^2$$

Perhitungan nilai Cq secara lengkap dapat dilihat pada lampiran 2a s/d 2d.



### 11. Perhitungan nilai $q_cIN$

Perhitungan nilai  $q_cIN$  dihitung berdasarkan Persamaan (2.12). Nilai  $q_cIN$  pada sondir pertama (S1) dengan kedalaman 1,2 m adalah :

$$\begin{aligned} q_cIN &= C_q(q_c / P_a) \\ &= 25,82 (300/101,3) = 76,45 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Perhitungan nilai  $q_cIN$  secara lengkap dapat dilihat pada lampiran 2a s/d 2d.

### 12. Perhitungan nilai $K_c$

Perhitungan nilai  $k_c$  dihitung berdasarkan Persamaan (2.13) dan (2.14). Persamaan (2.13) digunakan jika nilai  $I_c \leq 1,64$ , persamaan (2.14) digunakan jika nilai  $I_c > 1,64$ .

Contoh perhitungan nilai  $K_c$  pada sondir pertama (S1) dengan kedalaman 1,4 m adalah :

Pada Kedalaman 1,4 m nilai  $I_c = 1,90$  ( $I_c > 1,64$ ) sehingga nilai  $K_c$  besarnya,

$$\begin{aligned} K_c &= - 0,403. I_c^4 + 5,581. I_c^3 - 21,63. I_c^2 + 33,75. I_c - 17,88 \\ &= - 0,403. 1,90^4 + 5,581. 1,90^3 - 21,63. 1,90^2 + 33,75. 1,90 - \\ &17,88 = 1,19 \end{aligned}$$

Perhitungan nilai  $q_cIN$  secara lengkap dapat dilihat pada lampiran 2a s/d 2d.

### 13. Perhitungan nilai $(q_cIN)_{cs}$

Perhitungan nilai  $(q_cIN)_{cs}$  dihitung berdasarkan Persamaan (2.15). Nilai  $(q_cIN)_{cs}$  pada sondir pertama (S1) dengan kedalaman 1,4 m adalah :

$$(q_cIN)_{cs} = K_c. q_cIN$$

$$= 1,19 \cdot 38,23 = 45,43 \text{ kN/m}^2$$

Perhitungan nilai  $(q_c IN)_{cs}$  secara lengkap dapat dilihat pada lampiran 2a s/d 2d.

#### 14. Perhitungan nilai $CRR_{7,5}$

Perhitungan nilai  $CRR_{7,5}$  dihitung berdasarkan Persamaan (2.16) untuk nilai  $(q_c IN)_{cs} < 211$ . Sedangkan nilai  $(q_c IN)_{cs} > 211$  dihitung berdasarkan Persamaan (2.17). Persamaan ini tidak dapat digunakan pada tanah lempung (*clay*) sehingga dapat dikatakan n.a (*not applicable*). Pada sondir pertama (S1) dengan kedalaman 8,6 m nilai  $(q_c IN)_{cs} < 211$  yaitu sebesar 34,69, sehingga nilai  $CRR_{7,5}$  adalah :

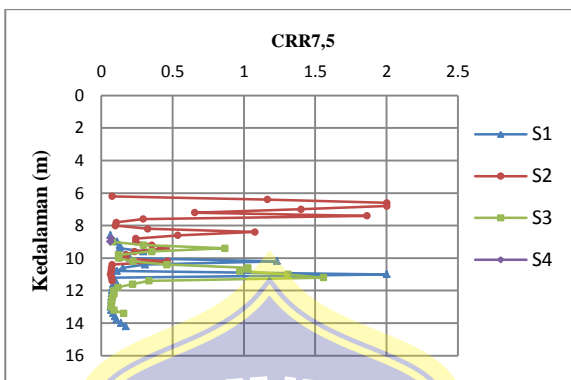
$$\begin{aligned} CRR_{7,5} &= ((q_c IN)_{cs} / 540) + ((q_c IN)_{cs} / 67)^2 - ((q_c IN)_{cs} / 80)^3 + \\ &\quad ((q_c IN)_{cs} / 114)^4 - 3 \\ &= ((34,69 / 540) + ((34,69 / 67)^2 - ((34,69 / 80)^3 + ((34,69) / \\ &\quad 114)^4 - 3 \\ &= 0,06 \end{aligned}$$

Sedangkan pada kedalaman 11 m nilai  $(q_c IN)_{cs} > 211$  yaitu sebesar 508,90 sehingga nilai  $CRR_{7,5}$  adalah :

Jika nilai  $(q_c IN)_{cs} > 211$

$$CRR_{7,5} = 2$$

Perhitungan nilai  $CRR_{7,5}$  secara lengkap dapat dilihat pada lampiran 2a s/d 2d dan disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar (4.4).



Gambar 4.4 Grafik h vs nilai CRR<sub>7,5</sub>  
 Sumber : Hasil perhitungan penulis (2020)

Pada Gambar (4.4) terdapat grafik hubungan kedalaman (h) vs nilai CRR<sub>7,5</sub> yang menunjukkan bahwa pada kedalaman tertentu mengalami kenaikan dan penurunan yang tidak lebih dari 2, hal ini dikarenakan persamaan dari CRR<sub>7,5</sub> dipengaruhi nilai (qcIN)<sub>cs</sub>. Jika nilai (qcIN)<sub>cs</sub> > 211 maka nilai CRR<sub>7,5</sub> bernilai 2, contoh pada kedalaman 6,6m dan 11m. Jika nilai (qcIN)<sub>cs</sub> < 211 nilai CRR<sub>7,5</sub> akan lebih kecil, contoh pada kedalaman 10,4 m - 14,2 m dengan nilai 0,075 – 0,11. Pada kedalaman 1,2 m - 6 m jenis tanahnya lempung (*clay*) sehingga dinyatakan *not applicable* (n.a).

#### 15. Perhitungan nilai MSF

Perhitungan nilai MSF dihitung berdasarkan Persamaan (2.18). Nilai MSF untuk semua sondir bernilai sama, karena nilai Mw pada penelitian ini kurang dari 7,5  
 Contoh perhitungan MSF pada sondir pertama (S1) dengan kedalaman 1,2 m adalah :

$$M_w < 7.5, MSF = 10^{2,24} / M_w^{2,56}$$

$$M_w = 6,5$$

$$MSF = 10^{2,24} / 6,5^{2,56} = 1,44$$

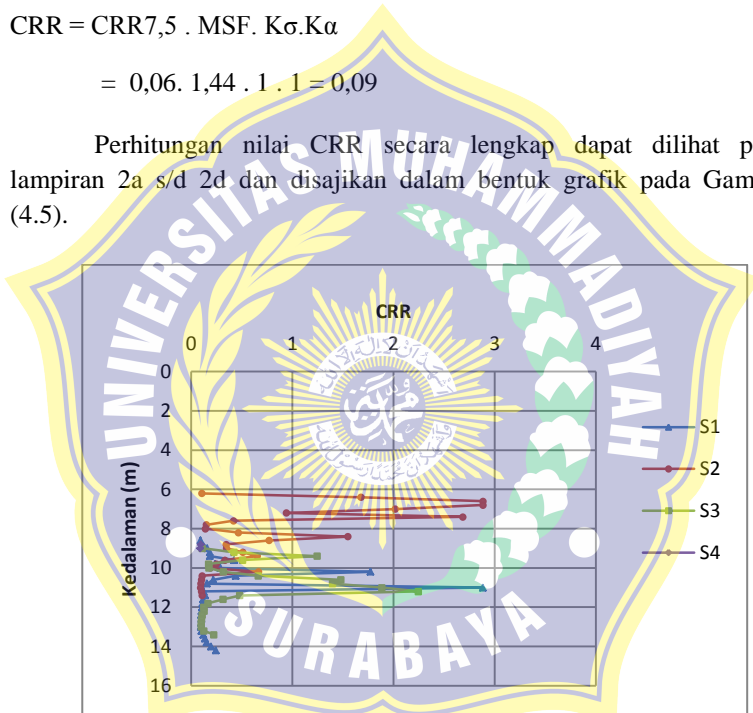
Perhitungan nilai MSF secara lengkap dapat dilihat pada lampiran 2a s/d 2d.

#### 16. Perhitungan nilai CRR

Perhitungan nilai CRR dihitung berdasarkan Persamaan (2.20). Nilai CRR pada sondir pertama (S1) dengan kedalaman 8,6 m adalah :

$$\begin{aligned} \text{CRR} &= \text{CRR}_{7,5} \cdot \text{MSF} \cdot K \cdot \sigma \cdot \alpha \\ &= 0,06 \cdot 1,44 \cdot 1 \cdot 1 = 0,09 \end{aligned}$$

Perhitungan nilai CRR secara lengkap dapat dilihat pada lampiran 2a s/d 2d dan disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar (4.5).



Gambar 4.5 Grafik h vs nilai CRR metode Youd-Idriss (1996)  
Sumber : Hasil perhitungan penulis (2020)

Pada Gambar (4.5) terdapat grafik hubungan kedalaman (h) vs nilai CRR yang menunjukkan bahwa pada kedalaman tertentu mengalami kenaikan dan penurunan, hal ini dikarenakan persamaan dari CRR dipengaruhi nilai  $\text{CRR}_{7,5}$ . Semakin besar nilai  $\text{CRR}_{7,5}$

semakin besar nilai CRR sesuai dengan persamaan ( $CRR = CRR_{7,5} \cdot MSF \cdot K\sigma \cdot K\alpha$ ).

Nilai CRR saling berkaitan dengan nilai CSR, jika nilai CRR < CSR maka nilai FS (faktor keamanan) yang diperoleh kecil ( $< 1$ ), semakin kecil nilai FS potensi likuifaksi semakin besar. Jika nilai CRR > CSR maka nilai nilai FS (faktor kemanan) yang diperoleh besar ( $> 1$ ), semakin besar nilai FS potensi likuifaksi kecil.

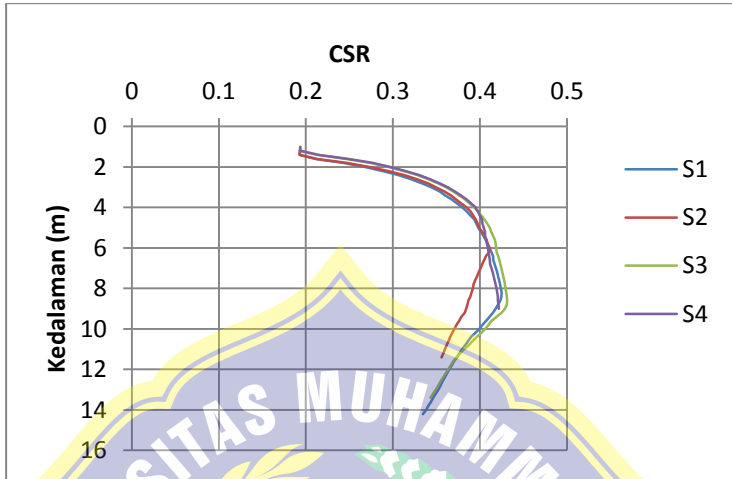
Nilai CRR terbesar terdapat pada kedalaman 6,6m, 7,4m, dan 11m yaitu bernilai antara 2,69 – 2,88. Nilai CRR terkecil terdapat pada kedalaman 8,6m dengan nilai 0,09. Untuk mendapatkan nilai FS yang tidak terjadi potensi likuifaksi ( $> 1$ ) nilai CRR harus lebih besar dari nilai CSR. Pada kedalaman 1,2 m - 6 m jenis tanahnya lempung (*clay*) sehingga dinyatakan *not applicable* (n.a)

#### 17. Perhitungan nilai CSR

Perhitungan nilai CSR dihitung berdasarkan Persamaan (2,21). Nilai CSR pada sondir pertama (S1) dengan kedalaman 1,2 m adalah :

$$\begin{aligned} CSR &= 0,65 \left( \frac{a_{max}}{g} \right) \cdot \left( \frac{\sigma_v}{\sigma'_v} \right) \cdot rd \\ &= 0,65 \left( \frac{0,3 \cdot g}{g} \right) \cdot \left( \frac{3,92}{3,92} \right) \cdot 0,99 = 0,19 \end{aligned}$$

Perhitungan nilai CSR secara lengkap dapat dilihat pada lampiran 2a s/d 2d dan disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar (4.6).



Gambar 4.6 Grafik h vs nilai CSR metode Youd-Idriss (1996)

Sumber : Hasil perhitungan penulis (2020)

Pada Gambar (4.6) terdapat grafik hubungan kedalaman (h) vs nilai CSR yang menunjukkan bahwa pada kedalaman tertentu mengalami kenaikan dan penurunan, hal ini dikarenakan persamaan dari CSR dipengaruhi beberapa variabel tegangan yaitu  $a_{max}$ ,  $g$ ,  $\sigma_v$ ,  $\sigma'_v$ , dan nilai rd.

Nilai CSR saling berkaitan dengan nilai CRR, jika nilai CSR < CRR maka nilai FS (faktor keamanan) yang diperoleh besar ( $> 1$ ), semakin besar nilai FS potensi likuifaksi semakin kecil. Jika nilai CSR > CRR maka nilai nilai FS (faktor keamanan) yang diperoleh kecil ( $< 1$ ), semakin kecil nilai FS potensi likuifaksi besar.

Nilai CSR terbesar pada kedalaman 8,6 m dengan nilai 0,43. Nilai CSR terkecil pada kedalaman 14,2 dengan nilai 0,33. Untuk mendapatkan nilai FS yang tidak terjadi potensi likuifaksi ( $> 1$ ) nilai CSR harus kurang dari nilai CRR. Pada kedalaman 0,2 – 1,2 m jenis tanahnya lempung sehingga dinyatakan n.a (*not applicable*).

#### 4.1.2 Perhitungan CRR dan CSR dengan metode Cetin (2004)

##### 1. Perhitungan nilai berat volume tanah ( $\gamma$ )

Nilai berat volume tanah dapat di hitung berdasarkan Persamaan (2.1), yang merupakan hasil dari korelasi antara nilai  $q_c/P_a$  dengan nilai FR pada grafik perilaku tanah Gambar (2.4).

Contoh perhitungan untuk mencari berat volume tanah ( $\gamma$ ) pada sondir pertama (S1) sebagai berikut :

Pada sondir pertama (S1) kedalaman 1,2 m diperoleh nilai  $q_c = 300 \text{ kN/m}^2$  (lampiran 2a),  $P_a = 101,3 \text{ KPa}$  (bab 2 halaman 15), sehingga  $q_c/p_a = 2,96$  (lampiran 2a)

Nilai FR = 6,02 (lampiran 2a) diperoleh nilai korelasi antara  $q_c/p_a$  dengan FR dari gambar (2.4) sebesar  $\gamma/\gamma_w = 2$ , sehingga besarnya  $\gamma = \frac{\gamma}{\gamma_w} \cdot \gamma_w = 2 \times 9,81 = 19,62 \text{ kN/m}^3$ .

Perhitungan nilai berat volume tanah ( $\gamma$ ) secara lengkap dapat dilihat pada lampiran 3a s/d 3d.

##### 2. Klasifikasi tanah

Klasifikasi tanah ditentukan berdasarkan grafik perilaku tanah pada Gambar (2.4) yang selanjutnya akan dikorelasikan dengan Tabel (2.1) untuk mengetahui jenis tanahnya. Hasil pengolahan data untuk klasifikasi tanah pada lokasi sondir dapat dilihat pada Tabel (4.1)

##### 3. Perhitungan tegangan air pori ( $u$ )

Perhitungan tegangan air pori dapat dihitung di bawah muka air tanah, karena di atas muka air tanah tegangan air pori ( $u=0 \text{ Kn/m}^2$  ). Tegangan air pori dihitung berdasarkan Persamaan (2.3).

Contoh perhitungan nilai tegangan air pori ( $u$ ) pada sondir pertama (S1) dengan MAT 1,5 m, pada kedalaman 1,6 m sebagai berikut :

$$\begin{aligned} u &= (h_a - h) \times \gamma_w \\ &= (1,6 - 1,5) \times 9,81 = 0,98 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Sedangkan untuk nilai tegangan air pori yang berada di lapisan bawahnya pada kedalaman 1,8 m adalah :

$$\begin{aligned} u &= (h_a - h) \times \gamma_w + u_{1,8} \\ &= (1,8 - 1,6) \times 9,81 + 0,98 = 2,94 \end{aligned}$$

Perhitungan nilai tegangan air pori (u) secara lengkap dapat dilihat pada lampiran 3a s/d 3d.

#### 4. Perhitungan tegangan efektif ( $\sigma'_v$ )

Perhitungan tegangan efektif dapat dihitung berdasarkan Persamaan (2.4). Tegangan efektif yang berada pada kedalaman di atas muka air tanah nilainya sama dengan tegangan total.

Contoh perhitungan untuk mencari nilai tegangan efektif ( $\sigma'_v$ ) dengan MAT 1,5 m pada pengeboran pertama (S1) sebagai berikut :

Perhitungan pada kedalaman 1,2 m di atas muka air tanah,

$$\begin{aligned} \sigma_v &= \sigma'_v \\ 3,92 \text{ kN/m}^2 &= 3,92 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Perhitungan pada kedalaman 1,4 m di atas muka air tanah,

$$\begin{aligned} \sigma_v &= \sigma'_v \\ 7,85 \text{ kN/m}^2 &= 7,85 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Sedangkan pada kedalaman 1,6 m yang berada di bawah muka air tanah,

$$\begin{aligned} \sigma'_v &= \sigma_v - u \\ &= 10,99 - 0,98 = 10,01 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Perhitungan nilai tegangan efektif ( $\sigma'_v$ ) secara lengkap dapat dilihat pada lampiran 3a s/d 3d dan disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar (4.2).



### 5. Perhitungan nilai rd

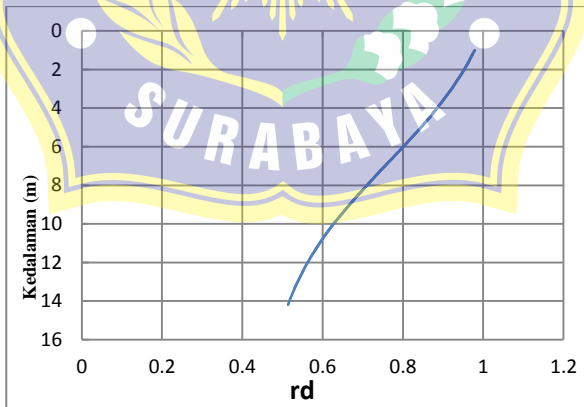
Perhitungan nilai rd dihitung perkedalaman masing-masing. Pada kedalaman < 20m dihitung berdasarkan Persamaan (2.26), untuk kedalaman ≥ 20m dihitung berdasarkan Persamaan (2.27). Contoh perhitungan nilai rd pada pengeboran pertama (S1) sebagai berikut :

Nilai rd pada kedalaman 1,2m (< 20m),

$$rd = \frac{\left[ 1 + \frac{-9,147 - 4,173 \cdot a_{max} + 0,652 \cdot Mw}{10,567 + 0,089 \cdot e^{0,089(-z \cdot 3,28 + 7,760 \cdot a_{max} + 78,576)}} \right]}{\left[ 1 + \frac{-9,147 - 4,173 \cdot a_{max} + 0,652 \cdot Mw}{10,567 + 0,089 \cdot e^{0,089(-7,760 \cdot a_{max} + 78,576)}} \right]}$$

$$= \frac{\left[ 1 + \frac{-9,147 - 4,173 \cdot 0,3 + 0,652 \cdot 6,5}{10,567 + 0,089 \cdot e^{0,089(-1,2 \cdot 3,28 - 7,760 \cdot 0,3 + 78,576)}} \right]}{\left[ 1 + \frac{-9,147 - 4,173 \cdot 0,3 + 0,652 \cdot 6,5}{10,567 + 0,089 \cdot e^{0,089(-7,760 \cdot 0,3 + 78,576)}} \right]} = 0,97$$

Perhitungan nilai rd secara lengkap dapat dilihat pada lampiran 3a s/d 3d dan disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar (4.8).



Gambar 4.7 Grafik h vs rd metode Cetin (2004)

Sumber : Hasil perhitungan penulis (2020)

Pada Gambar (4.7) terdapat grafik hubungan kedalaman (h) vs nilai rd yang menunjukkan bahwa pada semua titik sondir semakin jauh kedalaman nilai rd semakin kecil. Hal ini sesuai paper dari Farichah (2019) yang menyatakan “ nilai rd semakin kecil seiring dengan meningkatnya kedalaman, selain itu nilai rd dari metode Cetin lebih kecil jika dibandingkan dengan metode Seed, Idriss dan Boulanger”

Pada persamaan nilai rd, nilai kedalaman dan variabel lain berfungsi sebagai bilangan yang di bagi. Sedangkan pada bilangan pembagi nilainya akan tetap pada kedalaman berapapun. Hal ini berlaku untuk semua sondir (S1-S4).

#### 6. Perhitungan nilai c

Nilai c dapat dihitung berdasarkan persamaan (2.28), untuk dapat menghitung nilai c, terlebih dahulu mencari nilai parameter  $f_1$ , dan  $f_2$  dan  $f_3$ . Nilai  $f_1$ ,  $f_2$  dan  $f_3$  pada sondir pertama (S1) dengan kedalaman 1,2 m adalah :

Nilai  $f_1$  dapat dihitung berdasarkan Persamaan (2.29)

$$\begin{aligned} f_1 &= x_1 \cdot qc^{x_2} \\ &= 0,78 \cdot 300^{-0,33} = 0,1 \end{aligned}$$

Nilai  $f_2$  dapat dihitung berdasarkan Persamaan (2.30)

$$\begin{aligned} f_2 &= -(y_1 \cdot qc^{y_2} + y_3) \\ &= -(-0,32 \cdot 300^{-0,35} + 0,49) = -0,447 \end{aligned}$$

Nilai  $f_3$  dapat dihitung berdasarkan Persamaan (2.31)

$$\begin{aligned} f_3 &= \text{abs}[\log(10 + qc)]^{z_1} \\ &= \text{abs}[\log(10 + 30)]^{1,21} = 3,02 \end{aligned}$$

Nilai c dapat dihitung :

$$c = f_1 \cdot \left(\frac{FR}{f_3}\right)^{f_2}$$

$$= 0,119 \cdot \left(\frac{6,02}{3,02}\right)^{-0,447} = 0,807$$

Perhitungan nilai c secara lengkap dapat dilihat pada lampiran 3a s/d 3d.

#### 7. Perhitungan nilai Cq

Nilai Cq dapat dihitung berdasarkan Persamaan (2.32). Nilai Cq pada sondir pertama (S1) dengan kedalaman 1,2 m adalah :

$$Cq = \left(\frac{Pa}{\sigma'_v}\right)^c$$

$$= \left(\frac{101,3}{3,92}\right)^{0,807} = 0,0013 \text{ MPa}$$

Perhitungan nilai Cq secara lengkap dapat dilihat pada lampiran 3a s/d 3d.

#### 8. Perhitungan nilai qc,1

Nilai qc,1 dapat dihitung berdasarkan persamaan (2.33). Nilai qc,1 pada sondir pertama (S1) dengan kedalaman 1,2 m adalah:

$$qc,1 = Cq \cdot qc$$

$$= 0,0013 \cdot 300 = 0,0004 \text{ MPa}$$

Perhitungan nilai qc,1 secara lengkap dapat dilihat pada lampiran 3a s/d 3d.

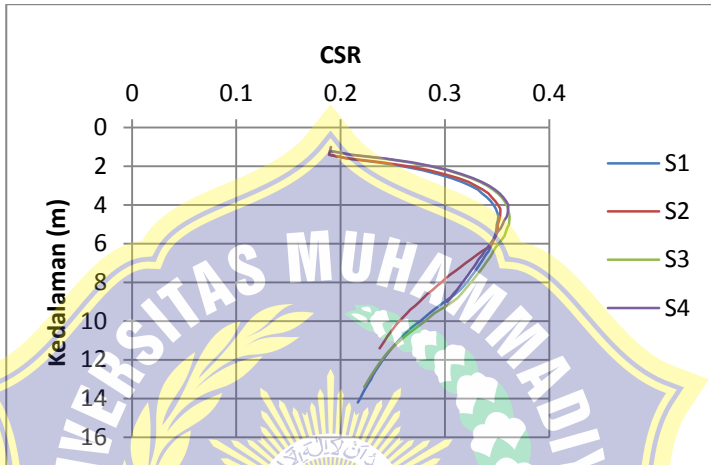
#### 9. Perhitungan nilai CSR

Nilai CSR dapat dihitung berdasarkan Persamaan (2.34). Nilai CSR pada sondir pertama (S1) dengan kedalaman 1,2 m adalah :

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

$$= 0,65 \left(\frac{0,3g}{g}\right) \cdot \left(\frac{3,92}{3,92}\right) \cdot 0,96 = 0,19$$

Perhitungan nilai CSR secara lengkap dapat dilihat pada lampiran 3a s/d 3d dan disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar (4.9).



Gambar 4.8 Grafik h vs CSR metode Cetin (2004)  
 Sumber : Hasil perhitungan penulis (2020)

Pada Gambar (4.8) terdapat grafik hubungan kedalaman (h) vs nilai CSR yang menunjukkan bahwa pada kedalaman tertentu mengalami kenaikan dan penurunan, hal ini dikarenakan persamaan dari CSR dipengaruhi beberapa variabel tegangan yaitu  $a_{max}$ ,  $g$ ,  $\sigma_v$ ,  $\sigma'_v$ , dan nilai  $rd$ .

Nilai CSR saling berkaitan dengan nilai CRR, jika nilai CSR < CRR maka nilai FS (faktor keamanan) yang diperoleh besar ( $> 1$ ), semakin besar nilai FS potensi likuifaksi semakin kecil. Jika nilai CSR > CRR maka nilai nilai FS (faktor keamanan) yang diperoleh kecil ( $< 1$ ), semakin kecil nilai FS potensi likuifaksi besar.

Nilai CSR terbesar terdapat pada kedalaman 3,6 m dengan nilai 0,36. Nilai CSR terkecil berada pada kedalaman 14,2 m dengan nilai 0,22. Untuk mendapatkan nilai FS yang tidak terjadi potensi likuifaksi ( $> 1$ ) nilai CSR harus kurang dari nilai CRR.

## 10. Perhitungan nilai PL

Nilai PL dapat dihitung berdasarkan Persamaan (2.35). Untuk dapat mengetahui nilai distribusi normal kumulatif digunakan rumus NORMDIST(x,mean,standard\_dev,cumulative).

Contoh perhitungan nilai PL pada sondir pertama (S1) dengan kedalaman 1,2 m adalah :

$$\begin{aligned}
 PL &= \Phi \left\{ - \frac{ \left[ qc \cdot 1^{1,045} + qc \cdot 1(0,110.FR) + (0,001.FR) + c(1+0,850.FR) \right] }{ 1,632 } \right\} \\
 &= \left\{ - \frac{ \left[ 0,0004 \cdot 1^{1,045} + 0,0004(0,110 \cdot 6,02) + (0,001 \cdot 6,02) + 0,087(1+0,850 \cdot 6,02) \right] }{ 1,632 } \right\} \\
 &= 6,16
 \end{aligned}$$

Nilai 6,16 berfungsi sebagai nilai x, nilai x dari semua kolom akan digunakan untuk mencari nilai mean, standard deviasi, dan nilai kumulatif sebagai berikut :

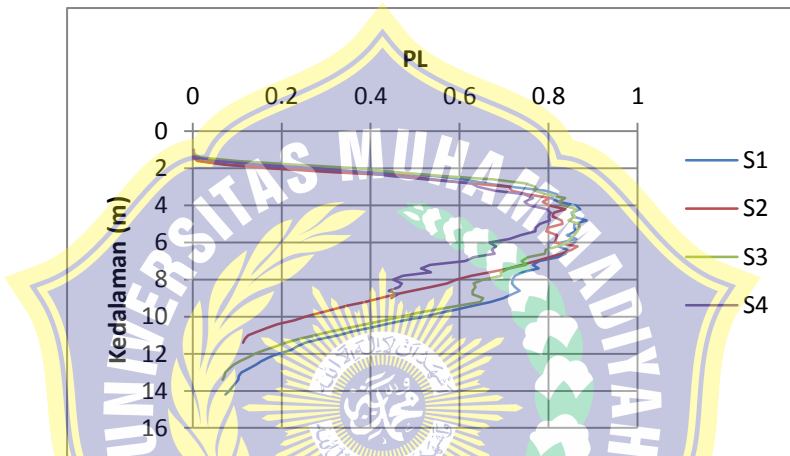
$$\begin{aligned}
 \text{Mean} &= \text{Average (nilai x dari semua kolom)} \\
 &= \text{Average (V18:V69)} \\
 &= 8
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Standard\_deviasi} &= \text{STDEV (nilai x dari semua kolom)} \\
 &= \text{STDEV (V18:V69)} \\
 &= 0,71
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kumulatif} &= \text{SUM (nilai x dari semua kolom)} \\
 &= \text{SUM (V18:V69)} \\
 &= 520,04
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 PL &= \text{NORMDIST}(x, \text{mean}, \text{standard\_dev}, \text{cumulative}). \\
 &= \text{NORMDIST}(6,16, 8, 0,71, 520,04) = 0,002
 \end{aligned}$$

Perhitungan nilai PL secara lengkap dapat dilihat pada lampiran 3a s/d 3d dan disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar (4.10).



Gambar 4.9 Grafik h vs PL metode Cetin (2004)

Sumber : Hasil perhitungan penulis (2020)

Pada Gambar (4.9) terdapat grafik hubungan kedalaman (h) vs nilai PL yang menunjukkan bahwa pada kedalaman tertentu mengalami kenaikan dan penurunan, hal ini dikarenakan persamaan (x) yang menggabungkan beberapa variabel seperti ( $qc1$ ,  $FR$ ,  $CSR$ ,  $Mw$ , dan  $\sigma'v$ ) untuk mencari PL sesuai dengan rumus ( $\text{NORMDIST}(x, \text{mean}, \text{standard\_dev}, \text{cumulative})$ ).

Jika nilai x lebih kecil, maka nilai PL akan kecil. Semakin kecil nilai PL, semakin kecil terjadinya potensi likuifaksi. Nilai PL terkecil terletak pada titik sondir ke empat (S4) dengan nilai antara 0,001 – 0,80. Nilai PL terbesar terletak pada titik sondir pertama (S1) dengan nilai antara 0,004 - 0,89.

### 11. Perhitungan nilai $\phi^{-1}PL$

Nilai  $\phi^{-1}PL$  dapat dihitung berdasarkan persamaan (2.37). Untuk dapat mengetahui nilai inverse distribusi normal kumulatif digunakan rumus NORMINV(probability,mean,standard\_dev). Contoh perhitungan nilai  $\phi^{-1}PL$  pada sondir pertama (S1) dengan kedalaman 1,2 m adalah:

Pada kedalaman 1,2m diketahui nilai PL = 0,005. Nilai PL dari semua kolom akan digunakan untuk mencari nilai mean, dan standard deviasi,

$$\begin{aligned}\text{Mean} &= \text{Average} (\text{nilai PL dari semua kolom}) \\ &= \text{Average} (W18:W82) \\ &= 0,52\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Standard deviasi} &= \text{STDEV}(\text{Nilai PL dari semua kolom}) \\ &= \text{STDEV}(W18:W82) \\ &= 0,31\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi^{-1}PL &= \text{NORMINV}(\text{probability,mean,standard\_dev}) \\ &= \text{NORMINV}(0,005, 0,52, 0,31) = -0,27\end{aligned}$$

Perhitungan nilai  $\phi^{-1}PL$  secara lengkap dapat dilihat pada lampiran 3a s/d 3d.

### 12. Perhitungan CRR

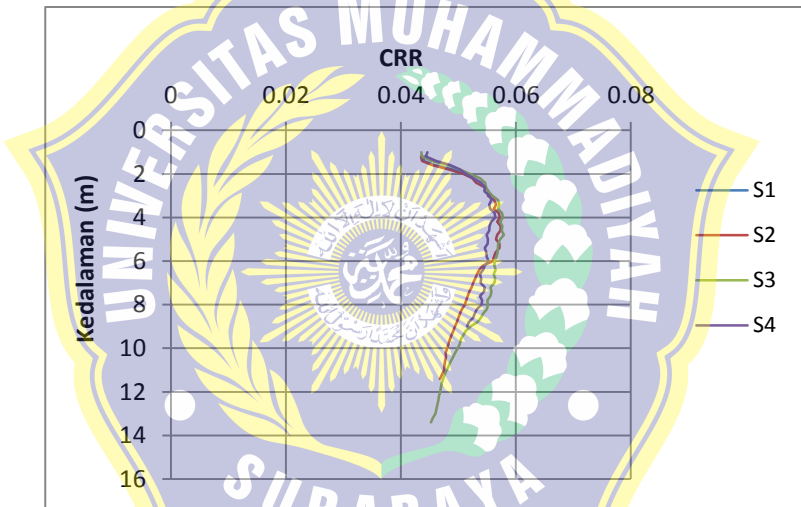
Nilai CRR dapat dihitung berdasarkan Persamaan (2.38). Contoh perhitungan nilai PL pada sondir pertama (S1) dengan kedalaman 1,2 m adalah :

$$\text{CRR} = \exp \left\{ \frac{\left[ qc, 1^{1,045} + qc, 1(0,110.FR) + (0,001.FR) + c(1+0,850.FR) \right]}{7,177} \right\}$$

$$= \exp \left\{ \frac{[0,0004^{1,045} + 0,0004(0,110,6,02) + (0,001,6,02) + 0,087(1 + 0,850,6,02)]}{-0,848 \ln(6,5) - 0,002 \ln(3,92) - 20,923 + 1,632(0,15)} \right\}$$

$$= 0,04$$

Perhitungan nilai CRR secara lengkap dapat dilihat pada lampiran 3a s/d 3d dan disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar (4.11).



Gambar 4.10 Grafik h vs CRR metode Cetin (2004)  
 Sumber : Hasil perhitungan penulis (2020)

Pada Gambar (4.10) terdapat grafik hubungan kedalaman (h) vs nilai CRR yang menunjukkan bahwa nilai CRR dari ke empat titik sondir berada pada rentang 0,04-0,06. Hal dikarenakan persamaan yang menggabungkan beberapa variabel seperti ( $qc_1$ , FR, CSR,  $M_w$ , dan  $\sigma'v$ , dan  $\phi^{-1}PL$ ). Nilai CRR memiliki nilai lebih kecil dari CSR, sehingga ke empat titik sondir memiliki potensi lukifikasi.



Nilai CRR saling berkaitan dengan nilai CSR, jika nilai CRR < CSR maka nilai FS (faktor keamanan) yang diperoleh kecil ( < 1 ), semakin kecil nilai FS potensi likuifaksi semakin besar. Jika nilai CRR > CSR maka nilai nilai FS (faktor kemanan) yang diperoleh besar ( > 1 ), semakin besar nilai FS potensi likuifaksi kecil.

## 4.2. Perhitungan nilai FS

### 4.2.1 Perhitungan nilai FS dengan metode Youd-Idriss (1996)

#### 1. Perhitungan nilai FS

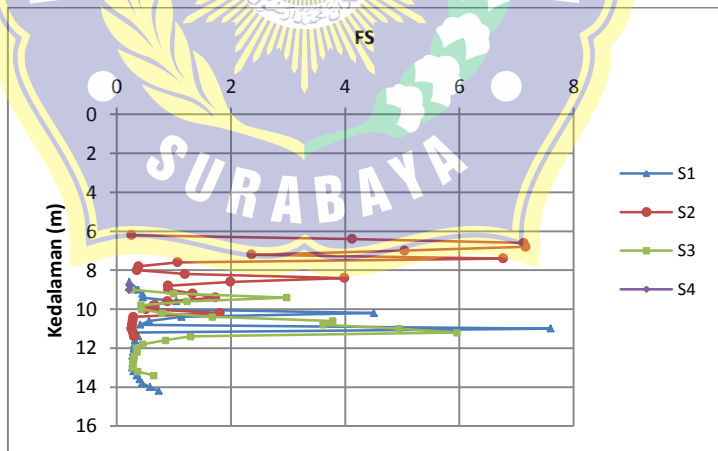
Perhitungan nilai FS dihitung berdasarkan Persamaan (2.22).

Nilai FS pada sondir pertama (S1) dengan kedalaman 8,6 m adalah :

$$FS = \frac{CRR}{CSR}$$

$$= \frac{0,09}{0,42} = 0,22$$

Perhitungan nilai FS secara lengkap dapat dilihat pada lampiran 2a s/d 2d dan disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar (4.7).



Gambar 4.11 grafik h vs FS metode Youd-Idriss (1996)

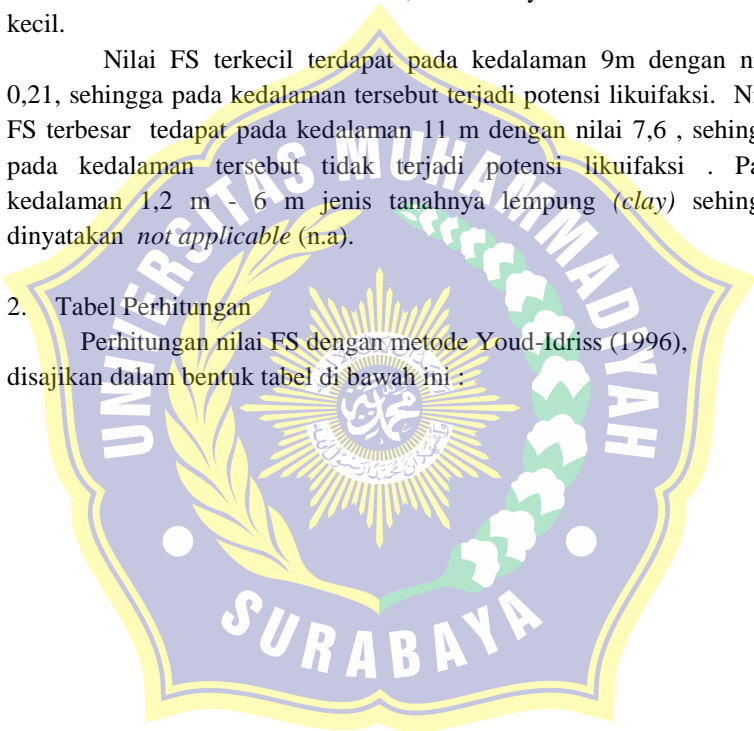
Sumber : Hasil perhitungan penulis (2020)

Pada Gambar (4.11) terdapat grafik hubungan kedalaman (h) vs nilai FS yang menunjukkan bahwa pada kedalaman tertentu mengalami kenaikan dan penurunan, hal ini dikarenakan persamaan dari FS dipengaruhi nilai CRR dan CSR. Nilai CRR berfungsi sebagai penahan tanah terhadap likuifaksi. Sedangkan nilai CSR merupakan tegangan geser tanah yang dihasilkan dari gempa bumi. Sehingga jika nilai CRR lebih kecil dari nilai CSR, akan menyebabkan nilai FS lebih kecil.

Nilai FS terkecil terdapat pada kedalaman 9m dengan nilai 0,21, sehingga pada kedalaman tersebut terjadi potensi likuifaksi. Nilai FS terbesar terdapat pada kedalaman 11 m dengan nilai 7,6 , sehingga pada kedalaman tersebut tidak terjadi potensi likuifaksi . Pada kedalaman 1,2 m - 6 m jenis tanahnya lempung (*clay*) sehingga dinyatakan *not applicable* (n.a).

## 2. Tabel Perhitungan

Perhitungan nilai FS dengan metode Youd-Idriss (1996), disajikan dalam bentuk tabel di bawah ini :



Tabel 4.2 Perhitungan FS pada sondir pertama (S1) kedalaman 1,2 m s/d 7m

Kedalaman (m)	qc (Kn/m <sup>2</sup> )	CRR7.5	CRR	CSR	FS
1.2	300	-	-	0.19	n.a
1.4	300	n.a	n.a	0.19	n.a
1.6	200	n.a	n.a	0.21	n.a
1.8	150	n.a	n.a	0.24	n.a
2	150	n.a	n.a	0.27	n.a
2.2	200	n.a	n.a	0.29	n.a
2.4	300	n.a	n.a	0.31	n.a
2.6	150	n.a	n.a	0.32	n.a
2.8	150	n.a	n.a	0.33	n.a
3	150	n.a	n.a	0.34	n.a
3.2	200	n.a	n.a	0.35	n.a
3.4	300	n.a	n.a	0.36	n.a
3.6	150	n.a	n.a	0.37	n.a
3.8	150	n.a	n.a	0.37	n.a
4	200	n.a	n.a	0.38	n.a
4.2	200	n.a	n.a	0.38	n.a
4.4	150	n.a	n.a	0.39	n.a
4.6	150	n.a	n.a	0.39	n.a
4.8	300	n.a	n.a	0.40	n.a
5	200	n.a	n.a	0.40	n.a
5.2	200	n.a	n.a	0.40	n.a
5.4	150	n.a	n.a	0.40	n.a
5.6	150	n.a	n.a	0.41	n.a
5.8	200	n.a	n.a	0.41	n.a
6	150	n.a	n.a	0.41	n.a
6.2	150	n.a	n.a	0.41	n.a
6.4	200	n.a	n.a	0.41	n.a
6.6	300	n.a	n.a	0.42	n.a
6.8	200	n.a	n.a	0.42	n.a
7	170	n.a	n.a	0.42	n.a

Sumber: Hasil perhitungan penulis (2020)

Tabel 4.3 Perhitungan FS pada sondir pertama (S1) kedalaman 7,2m s/d 14,2 m

Kedalaman (m)	qc (Kn/m <sup>2</sup> )	CRR7.5	CRR	CSR	FS
7.2	170	n.a	n.a	0.42	n.a
7.4	200	n.a	n.a	0.42	n.a
7.6	200	n.a	n.a	0.42	n.a
7.8	200	n.a	n.a	0.42	n.a
8	200	n.a	n.a	0.42	n.a
8.2	300	n.a	n.a	0.42	n.a
8.4	500	n.a	n.a	0.42	n.a
8.6	1600	0.06	0.09	0.42	0.22
9	5200	0.11	0.16	0.42	0.38
9.2	7000	0.13	0.19	0.41	0.45
9.4	7200	0.13	0.19	0.41	0.45
9.6	8200	0.30	0.43	0.41	1.05
9.8	8600	0.17	0.24	0.40	0.60
10	9600	0.20	0.29	0.40	0.73
10.2	10500	1.23	1.78	0.39	4.50
10.4	13000	0.31	0.44	0.39	1.14
10.6	8600	0.15	0.22	0.39	0.57
10.8	6400	0.11	0.16	0.38	0.41
11	6000	2.00	2.88	0.38	7.60
11.2	4600	0.09	0.13	0.38	0.33
11.4	3500	0.10	0.14	0.37	0.38
11.6	4400	0.08	0.12	0.37	0.32
11.8	4000	0.08	0.11	0.37	0.31
12	3700	0.08	0.11	0.36	0.30
12.2	3400	0.07	0.10	0.36	0.29
12.4	3000	0.07	0.10	0.36	0.28
12.6	3200	0.07	0.10	0.36	0.29
12.8	2800	0.07	0.10	0.35	0.28
13	2500	0.07	0.10	0.35	0.27
13.2	3400	0.07	0.10	0.35	0.29
13.4	5000	0.08	0.12	0.35	0.35
13.6	6150	0.10	0.14	0.34	0.40
13.8	7200	0.11	0.15	0.34	0.45
14	9800	0.14	0.20	0.34	0.59
14.2	12000	0.17	0.25	0.33	0.74

Sumber: Hasil perhitungan penulis (2020)

Tabel 4.4 Perhitungan FS pada sondir ke dua (S2) kedalaman 1,2 m s/d 7 m.

Kedalaman (m)	qc (Kn/m <sup>2</sup> )	CRR7.5	CRR	CSR	FS
1.2	500	n.a	n.a	0.19	n.a
1.4	300	n.a	n.a	0.19	n.a
1.6	300	n.a	n.a	0.21	n.a
1.8	200	n.a	n.a	0.25	n.a
2	150	n.a	n.a	0.27	n.a
2.2	150	n.a	n.a	0.29	n.a
2.4	200	n.a	n.a	0.31	n.a
2.6	150	n.a	n.a	0.33	n.a
2.8	150	n.a	n.a	0.34	n.a
3	200	n.a	n.a	0.35	n.a
3.2	150	n.a	n.a	0.36	n.a
3.4	150	n.a	n.a	0.37	n.a
3.6	200	n.a	n.a	0.37	n.a
3.8	150	n.a	n.a	0.38	n.a
4	150	n.a	n.a	0.38	n.a
4.2	200	n.a	n.a	0.39	n.a
4.4	150	n.a	n.a	0.39	n.a
4.6	150	n.a	n.a	0.39	n.a
4.8	200	n.a	n.a	0.40	n.a
5	200	n.a	n.a	0.40	n.a
5.2	150	n.a	n.a	0.40	n.a
5.4	150	n.a	n.a	0.41	n.a
5.6	200	n.a	n.a	0.41	n.a
5.8	250	n.a	n.a	0.41	n.a
6	200	n.a	n.a	0.41	n.a
6.2	2200	0.1	0.1	0.41	0.26
6.4	11600	1.2	1.7	0.41	4.12
6.6	13400	2.0	2.9	0.40	7.12
6.8	11400	2.0	2.9	0.40	7.16
7	9600	1.4	2.0	0.40	5.04

Sumber: Hasil perhitungan penulis (2020)

Tabel 4.5 Perhitungan FS pada sondir ke dua (S2) kedalaman 7,2 m s/d 11,4 m

Kedalaman (m)	qc (Kn/m <sup>2</sup> )	CRR7.5	CRR	CSR	FS
7.2	8500	0.65	0.94	0.40	2.36
7.4	10500	1.86	2.69	0.40	6.77
7.6	7600	0.29	0.42	0.39	1.07
7.8	5000	0.10	0.15	0.39	0.39
8	4500	0.10	0.14	0.39	0.36
8.2	11900	0.32	0.47	0.39	1.20
8.4	15200	1.08	1.55	0.39	3.99
8.6	12400	0.53	0.77	0.39	1.99
8.8	10000	0.24	0.35	0.39	0.90
9	10800	0.24	0.35	0.38	0.91
9.2	12600	0.35	0.51	0.38	1.33
9.4	14500	0.45	0.65	0.38	1.73
9.6	11600	0.23	0.33	0.38	0.89
9.8	9800	0.17	0.25	0.37	0.67
10	7600	0.13	0.19	0.37	0.51
10.2	14200	0.46	0.67	0.37	1.81
10.4	3400	0.08	0.11	0.37	0.30
10.6	3000	0.07	0.10	0.36	0.28
10.8	2600	0.07	0.10	0.36	0.27
11	2000	0.06	0.09	0.36	0.26
11.2	3200	0.07	0.10	0.36	0.29
11.4	3800	0.08	0.11	0.36	0.31

Sumber: Hasil perhitungan penulis (2020)

Tabel 4.6 Perhitungan FS pada sondir ke tiga (S3) kedalaman 1m s/d 7m

Kedalaman (m)	qc (Kn/m <sup>2</sup> )	CRR7.5	CRR	CSR	FS
1	500	n.a	n.a	0.19	n.a
1.2	400	n.a	n.a	0.19	n.a
1.4	500	n.a	n.a	0.21	n.a
1.6	400	n.a	n.a	0.25	n.a
1.8	200	n.a	n.a	0.27	n.a
2	200	n.a	n.a	0.30	n.a
2.2	150	n.a	n.a	0.31	n.a
2.4	150	n.a	n.a	0.33	n.a
2.6	200	n.a	n.a	0.34	n.a
2.8	300	n.a	n.a	0.35	n.a
3	200	n.a	n.a	0.36	n.a
3.2	150	n.a	n.a	0.37	n.a
3.4	150	n.a	n.a	0.38	n.a
3.6	200	n.a	n.a	0.38	n.a
3.8	150	n.a	n.a	0.39	n.a
4	150	n.a	n.a	0.39	n.a
4.2	200	n.a	n.a	0.40	n.a
4.4	200	n.a	n.a	0.40	n.a
4.6	150	n.a	n.a	0.41	n.a
4.8	150	n.a	n.a	0.41	n.a
5	200	n.a	n.a	0.41	n.a
5.2	300	n.a	n.a	0.41	n.a
5.4	200	n.a	n.a	0.42	n.a
5.6	200	n.a	n.a	0.42	n.a
5.8	300	n.a	n.a	0.42	n.a
6	400	n.a	n.a	0.42	n.a
6.2	300	n.a	n.a	0.42	n.a
6.4	250	n.a	n.a	0.42	n.a
6.6	200	n.a	n.a	0.42	n.a
6.8	180	n.a	n.a	0.42	n.a
7	180	n.a	n.a	0.42	n.a

Sumber: Hasil perhitungan penulis (2020)

Tabel 4.7 Perhitungan FS pada sondir ke tiga (S3) kedalaman 7,2m s/d 13,4m

Kedalaman (m)	qc (Kn/m <sup>2</sup> )	CRR7.5	CRR	CSR	FS
7.2	200	n.a	n.a	0.43	n.a
7.4	200	n.a	n.a	0.43	n.a
7.6	200	n.a	n.a	0.43	n.a
7.8	200	n.a	n.a	0.43	n.a
8	200	n.a	n.a	0.43	n.a
8.2	200	n.a	n.a	0.43	n.a
8.4	200	n.a	n.a	0.43	n.a
8.6	300	n.a	n.a	0.43	n.a
8.8	600	n.a	n.a	0.43	n.a
9	2700	0.08	0.11	0.43	0.26
9.2	11400	0.29	0.42	0.43	1.00
9.4	14600	0.86	1.25	0.42	2.98
9.6	13000	0.35	0.51	0.41	1.23
9.8	6500	0.12	0.17	0.41	0.42
10	6800	0.12	0.18	0.41	0.43
10.2	11000	0.22	0.32	0.40	0.79
10.4	14400	0.46	0.66	0.40	1.67
10.6	16400	1.03	1.48	0.39	3.78
10.8	16500	0.97	1.40	0.39	3.61
11	16800	1.31	1.89	0.38	4.94
11.2	17400	1.56	2.25	0.38	5.96
11.4	14200	0.33	0.48	0.37	1.29
11.6	12000	0.22	0.32	0.37	0.85
11.8	7600	0.12	0.17	0.37	0.46
12	5000	0.09	0.13	0.36	0.35
12.2	5200	0.09	0.13	0.36	0.35
12.4	3900	0.08	0.11	0.36	0.31
12.6	3400	0.07	0.10	0.35	0.29
12.8	3000	0.07	0.10	0.35	0.28
13	3000	0.07	0.10	0.35	0.29
13.2	5500	0.09	0.13	0.35	0.37
13.4	10800	0.15	0.22	0.34	0.65

Sumber: Hasil perhitungan penulis (2020)



Tabel 4.8. Perhitungan FS pada sondir ke empat (S4) kedalaman 1m s/d 9m

Kedalaman (m)	qc (Kn/m <sup>2</sup> )	CRR7.5	CRR	CSR	FS
1	400	n.a	n.a	0.19	n.a
1.2	500	n.a	n.a	0.19	n.a
1.4	300	n.a	n.a	0.21	n.a
1.6	200	n.a	n.a	0.25	n.a
1.8	200	n.a	n.a	0.28	n.a
2	300	n.a	n.a	0.30	n.a
2.2	200	n.a	n.a	0.31	n.a
2.4	150	n.a	n.a	0.33	n.a
2.6	150	n.a	n.a	0.34	n.a
2.8	200	n.a	n.a	0.35	n.a
3	150	n.a	n.a	0.36	n.a
3.2	150	n.a	n.a	0.37	n.a
3.4	200	n.a	n.a	0.38	n.a
3.6	200	n.a	n.a	0.38	n.a
3.8	150	n.a	n.a	0.39	n.a
4	150	n.a	n.a	0.39	n.a
4.2	300	n.a	n.a	0.40	n.a
4.4	400	n.a	n.a	0.40	n.a
4.6	400	n.a	n.a	0.40	n.a
4.8	500	n.a	n.a	0.40	n.a
5	400	n.a	n.a	0.40	n.a
5.2	400	n.a	n.a	0.41	n.a
5.4	500	n.a	n.a	0.41	n.a
5.6	300	n.a	n.a	0.41	n.a
5.8	300	n.a	n.a	0.41	n.a
6	200	n.a	n.a	0.41	n.a
6.2	300	n.a	n.a	0.41	n.a
6.4	300	n.a	n.a	0.41	n.a
6.6	500	n.a	n.a	0.41	n.a
6.8	300	n.a	n.a	0.41	n.a
7	200	n.a	n.a	0.41	n.a
7.2	150	n.a	n.a	0.41	n.a
7.4	150	n.a	n.a	0.42	n.a
7.6	200	n.a	n.a	0.42	n.a
7.8	150	n.a	n.a	0.42	n.a
8	150	n.a	n.a	0.42	n.a
8.2	200	n.a	n.a	0.42	n.a
8.4	200	n.a	n.a	0.42	n.a
8.6	300	n.a	n.a	0.42	n.a
8.8	380	0.07	0.10	0.42	0.23
9	960	0.06	0.09	0.42	0.21

Sumber: Hasil perhitungan penulis (2020)

3. Perbandingan nilai FS pada empat titik sondir

Nilai FS pada empat titik sondir dengan metode Youd-Idriss (1996) telah dirangkum pada tabel di bawah ini untuk mempermudah membandingkan nilai FS pada masing-masing titik sondir.

Tabel 4.9 Nilai FS pada kedalaman 1,2m s/d 7m.

Kedalaman (m)	FS			
	S1	S2	S3	S4
1	-	-	n.a	n.a
1.2	n.a	n.a	n.a	n.a
1.4	n.a	n.a	n.a	n.a
1.6	n.a	n.a	n.a	n.a
1.8	n.a	n.a	n.a	n.a
2	n.a	n.a	n.a	n.a
2.2	n.a	n.a	n.a	n.a
2.4	n.a	n.a	n.a	n.a
2.6	n.a	n.a	n.a	n.a
2.8	n.a	n.a	n.a	n.a
3	n.a	n.a	n.a	n.a
3.2	n.a	n.a	n.a	n.a
3.4	n.a	n.a	n.a	n.a
3.6	n.a	n.a	n.a	n.a
3.8	n.a	n.a	n.a	n.a
4	n.a	n.a	n.a	n.a
4.2	n.a	n.a	n.a	n.a
4.4	n.a	n.a	n.a	n.a
4.6	n.a	n.a	n.a	n.a
4.8	n.a	n.a	n.a	n.a
5	n.a	n.a	n.a	n.a
5.2	n.a	n.a	n.a	n.a
5.4	n.a	n.a	n.a	n.a
5.6	n.a	n.a	n.a	n.a
5.8	n.a	n.a	n.a	n.a
6	n.a	n.a	n.a	n.a
6.2	n.a	0.26	n.a	n.a
6.4	n.a	4.12	n.a	n.a
6.6	n.a	7.12	n.a	n.a
6.8	n.a	7.16	n.a	n.a
7	n.a	5.04	n.a	n.a

Sumber: Hasil perhitungan penulis (2020)

Tabel 4.10 Nilai FS pada kedalaman 7,2m s/d 14,2m.

Kedalaman (m)	FS			
	S1	S2	S3	S4
7.2	n.a	2.36	n.a	n.a
7.4	n.a	6.77	n.a	n.a
7.6	n.a	1.07	n.a	n.a
7.8	n.a	0.39	n.a	n.a
8	n.a	0.36	n.a	n.a
8.2	n.a	1.20	n.a	n.a
8.4	n.a	3.99	n.a	n.a
8.6	0.22	1.99	n.a	n.a
9	0.38	0.90	n.a	0.23
9.2	0.45	0.91	0.26	0.21
9.4	0.45	1.33	1.00	-
9.6	1.05	1.73	2.98	-
9.8	0.60	0.89	1.23	-
10	0.73	0.67	0.42	-
10.2	4.50	0.51	0.43	-
10.4	1.14	1.81	0.79	-
10.6	0.57	0.30	1.67	-
10.8	0.41	0.28	3.78	-
11	7.60	0.27	3.61	-
11.2	0.33	0.26	4.94	-
11.4	0.38	0.29	5.96	-
11.6	0.32	0.31	1.29	-
11.8	0.31	-	0.85	-
12	0.30	-	0.46	-
12.2	0.29	-	0.35	-
12.4	0.28	-	0.35	-
12.6	0.29	-	0.31	-
12.8	0.28	-	0.29	-
13	0.27	-	0.28	-
13.2	0.29	-	0.29	-
13.4	0.35	-	0.37	-
13.6	0.40	-	0.65	-
13.8	0.45	-	-	-
14	0.59	-	-	-
14.2	0.74	-	-	-

Sumber: Hasil perhitungan penulis (2020)

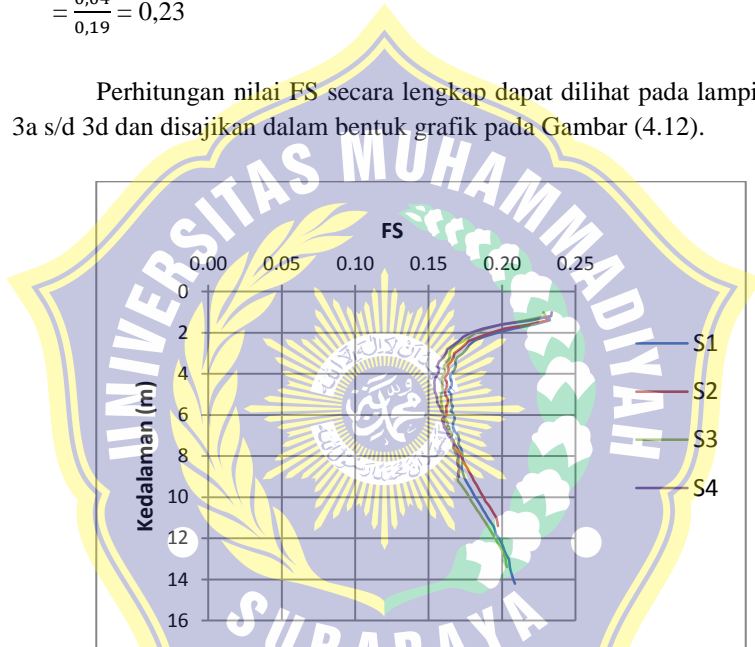
#### 4.2.2 Perhitungan nilai FS dengan metode Cetin (2004)

##### 1. Perhitungan FS

Nilai FS dapat dihitung berdasarkan persamaan (2.39). Nilai FS pada sondir pertama (S1) dengan kedalaman 1,2 m adalah :

$$\begin{aligned} FS &= \frac{CRR}{CSR} \\ &= \frac{0,04}{0,19} = 0,23 \end{aligned}$$

Perhitungan nilai FS secara lengkap dapat dilihat pada lampiran 3a s/d 3d dan disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar (4.12).



Gambar 4.12 Grafik h vs FS metod Cetin (2004)

Sumber : Hasil analisis penulis (2020)

Pada Gambar (4.12) terdapat grafik hubungan kedalaman (h) vs nilai FS yang menunjukkan bahwa, nilai FS dari ke empat titik sondir berada pada rentang 0,15 -0,25. Hal ini dikarenakan persamaan dari FS dipengaruhi nilai CRR dan CSR. Nilai CRR berfungsi sebagai penahan tanah terhadap likuifaksi. Sedangkan nilai CSR merupakan tegangan

geser tanah yang dihasilkan dari gempa bumi. Sehingga jika nilai CRR lebih kecil dari nilai CSR, akan menyebabkan nilai FS lebih kecil.

## 2. Tabel Perhitungan

Perhitungan nilai FS dengan metode Cetin (2004) disajikan dalam bentuk tabel di bawah ini :

Tabel 4.11 Perhitungan FS pada sondir pertama (S1), kedalaman 1,2m s/d 7m

Kedalaman (m)	qc (Kn/m <sup>2</sup> )	CSR	PL	$\phi^{-1}$ PL	CRR	FS
1.2	300	0.19	0.005	-0.27	0.04	0.23
1.4	300	0.19	0.004	-0.28	0.04	0.23
1.6	200	0.21	0.02	-0.12	0.05	0.22
1.8	150	0.24	0.08	0.10	0.05	0.21
2	150	0.26	0.21	0.27	0.05	0.20
2.2	200	0.28	0.39	0.44	0.05	0.19
2.4	300	0.29	0.54	0.56	0.05	0.18
2.6	150	0.31	0.61	0.61	0.05	0.18
2.8	150	0.32	0.66	0.65	0.06	0.18
3	150	0.32	0.72	0.70	0.06	0.17
3.2	200	0.33	0.79	0.77	0.06	0.17
3.4	300	0.34	0.82	0.80	0.06	0.17
3.6	150	0.34	0.81	0.79	0.06	0.17
3.8	150	0.34	0.82	0.81	0.06	0.17
4	200	0.35	0.86	0.86	0.06	0.17
4.2	200	0.35	0.87	0.87	0.06	0.16
4.4	150	0.35	0.85	0.84	0.06	0.17
4.6	150	0.35	0.86	0.85	0.06	0.17
4.8	300	0.35	0.89	0.89	0.06	0.16
5	200	0.35	0.86	0.85	0.06	0.17
5.2	200	0.35	0.86	0.85	0.06	0.17
5.4	150	0.35	0.86	0.86	0.06	0.17
5.6	150	0.35	0.84	0.83	0.06	0.17
5.8	200	0.35	0.86	0.86	0.06	0.17
6	150	0.35	0.83	0.81	0.06	0.17
6.2	150	0.34	0.82	0.80	0.06	0.17
6.4	200	0.34	0.84	0.83	0.06	0.17
6.6	300	0.34	0.84	0.83	0.06	0.17
6.8	200	0.34	0.82	0.80	0.06	0.17
7	170	0.33	0.78	0.76	0.06	0.17

Sumber : Hasil perhitungan penulis (2020)

Tabel 4.12 Perhitungan FS pada sondir pertama (S1) kedalaman 7,2m s/d 14,2m

Kedalaman (m)	qc (Kn/m <sup>2</sup> )	CSR	PL	$\phi^{-1}$ PL	CRR	FS
7.2	170	0.33	0.76	0.74	0.06	0.17
7.4	200	0.33	0.78	0.76	0.06	0.17
7.6	200	0.33	0.74	0.72	0.06	0.17
7.8	200	0.32	0.72	0.71	0.06	0.17
8	200	0.32	0.72	0.70	0.06	0.17
8.2	300	0.32	0.72	0.70	0.06	0.17
8.4	500	0.31	0.72	0.71	0.05	0.17
8.6	1600	0.31	0.73	0.72	0.05	0.17
9	5200	0.30	0.70	0.68	0.05	0.17
9.2	7000	0.29	0.67	0.66	0.05	0.18
9.4	7200	0.29	0.63	0.63	0.05	0.18
9.6	8200	0.29	0.59	0.60	0.05	0.18
9.8	8600	0.28	0.56	0.57	0.05	0.18
10	9600	0.28	0.52	0.54	0.05	0.18
10.2	10500	0.27	0.48	0.51	0.05	0.18
10.4	13000	0.27	0.44	0.47	0.05	0.19
10.6	8600	0.26	0.40	0.44	0.05	0.19
10.8	6400	0.26	0.36	0.41	0.05	0.19
11	6000	0.26	0.33	0.39	0.05	0.19
11.2	4600	0.25	0.29	0.35	0.05	0.19
11.4	3500	0.25	0.25	0.32	0.05	0.19
11.6	4400	0.25	0.23	0.30	0.05	0.20
11.8	4000	0.24	0.22	0.29	0.05	0.20
12	3700	0.24	0.19	0.26	0.05	0.20
12.2	3400	0.24	0.17	0.23	0.05	0.20
12.4	3000	0.24	0.15	0.21	0.05	0.20
12.6	3200	0.23	0.14	0.20	0.05	0.20
12.8	2800	0.23	0.13	0.17	0.05	0.20
13	2500	0.23	0.11	0.15	0.05	0.20
13.2	3400	0.23	0.10	0.14	0.05	0.21
13.4	5000	0.22	0.10	0.14	0.05	0.21
13.6	6150	0.22	0.10	0.13	0.05	0.21
13.8	7200	0.22	0.09	0.11	0.05	0.21
14	9800	0.22	0.08	0.10	0.05	0.21
14.2	12000	0.22	0.07	0.08	0.05	0.21

Sumber : Hasil perhitungan penulis (2020)

Tabel 4.13 Perhitungan FS pada sondir ke dua (S2) kedalaman 1,2m s/d 7m

Kedalaman (m)	qc (kn/m <sup>2</sup> )	CSR	PL	$\phi^{-1}$ PL	CRR	FS
1.2	500	0.19	0.002	-0.28	0.04	0.23
1.4	300	0.19	0.002	-0.31	0.04	0.23
1.6	300	0.21	0.01	-0.13	0.05	0.22
1.8	200	0.24	0.07	0.11	0.05	0.20
2	150	0.26	0.17	0.26	0.05	0.19
2.2	150	0.28	0.31	0.39	0.05	0.18
2.4	200	0.30	0.48	0.52	0.05	0.18
2.6	150	0.31	0.54	0.56	0.05	0.17
2.8	150	0.32	0.62	0.62	0.06	0.17
3	200	0.33	0.71	0.69	0.06	0.17
3.2	150	0.34	0.72	0.69	0.06	0.17
3.4	150	0.34	0.75	0.72	0.06	0.17
3.6	200	0.34	0.80	0.77	0.06	0.16
3.8	150	0.35	0.79	0.76	0.06	0.16
4	150	0.35	0.80	0.77	0.06	0.16
4.2	200	0.35	0.84	0.81	0.06	0.16
4.4	150	0.35	0.81	0.78	0.06	0.16
4.6	150	0.35	0.81	0.78	0.06	0.16
4.8	200	0.35	0.83	0.80	0.06	0.16
5	200	0.35	0.83	0.80	0.06	0.16
5.2	150	0.35	0.80	0.77	0.06	0.16
5.4	150	0.35	0.80	0.77	0.06	0.16
5.6	200	0.35	0.82	0.79	0.06	0.16
5.8	250	0.35	0.82	0.79	0.06	0.16
6	200	0.35	0.81	0.79	0.06	0.16
6.2	2200	0.34	0.87	0.85	0.05	0.16
6.4	11600	0.34	0.85	0.83	0.05	0.16
6.6	13400	0.33	0.83	0.80	0.05	0.16
6.8	11400	0.32	0.80	0.77	0.05	0.16
7	9600	0.32	0.77	0.74	0.05	0.16

Sumber : Hasil perhitungan penulis (2020)

Tabel 4.14 Perhitungan FS pada sondir ke dua (S2) kedalaman 7,2ms/d 11,4m

Kedalaman (m)	qc (Kn/m <sup>2</sup> )	CSR	PL	$\phi^{-1}$ PL	CRR	FS
7.2	8500	0.31	0.74	0.71	0.05	0.17
7.4	10500	0.31	0.71	0.69	0.05	0.17
7.6	7600	0.30	0.67	0.65	0.05	0.17
7.8	5000	0.30	0.63	0.62	0.05	0.17
8	4500	0.30	0.59	0.60	0.05	0.17
8.2	11900	0.29	0.57	0.58	0.05	0.17
8.4	15200	0.29	0.54	0.56	0.05	0.17
8.6	12400	0.28	0.49	0.53	0.05	0.18
8.8	10000	0.28	0.46	0.50	0.05	0.18
9	10800	0.28	0.42	0.47	0.05	0.18
9.2	12600	0.27	0.39	0.45	0.05	0.18
9.4	14500	0.27	0.35	0.42	0.05	0.18
9.6	11600	0.26	0.32	0.39	0.05	0.18
9.8	9800	0.26	0.29	0.37	0.05	0.19
10	7600	0.26	0.25	0.34	0.05	0.19
10.2	14200	0.25	0.23	0.32	0.05	0.19
10.4	3400	0.25	0.19	0.28	0.05	0.19
10.6	3000	0.25	0.17	0.25	0.05	0.19
10.8	2600	0.24	0.15	0.23	0.05	0.19
11	2000	0.24	0.12	0.20	0.05	0.20
11.2	3200	0.24	0.12	0.19	0.05	0.20
11.4	3800	0.24	0.11	0.18	0.05	0.20

Sumber : Hasil perhitungan penulis (2020)



Tabel 4.15 Perhitungan FS pada sondir ke tiga (S3) kedalaman 1m s/d 7m

Kedalaman (m)	qc (Kn/m <sup>2</sup> )	CSR	PL	$\phi^{-1}$ PL	CRR	FS
1	500	0.19	0.003	-0.27	0.04	0.23
1.2	400	0.19	0.003	-0.30	0.04	0.23
1.4	500	0.21	0.02	-0.10	0.05	0.22
1.6	400	0.24	0.10	0.14	0.05	0.20
1.8	200	0.27	0.23	0.31	0.05	0.19
2	200	0.29	0.37	0.43	0.05	0.18
2.2	150	0.30	0.46	0.50	0.05	0.18
2.4	150	0.31	0.56	0.57	0.05	0.17
2.6	200	0.32	0.68	0.66	0.05	0.17
2.8	300	0.33	0.75	0.72	0.06	0.17
3	200	0.34	0.77	0.75	0.06	0.16
3.2	150	0.35	0.77	0.75	0.06	0.16
3.4	150	0.35	0.79	0.77	0.06	0.16
3.6	200	0.35	0.84	0.82	0.06	0.16
3.8	150	0.36	0.82	0.80	0.06	0.16
4	150	0.36	0.83	0.81	0.06	0.16
4.2	200	0.36	0.86	0.85	0.06	0.16
4.4	200	0.36	0.85	0.84	0.06	0.16
4.6	150	0.36	0.86	0.85	0.06	0.16
4.8	150	0.36	0.84	0.83	0.06	0.16
5	200	0.36	0.87	0.86	0.06	0.16
5.2	300	0.36	0.87	0.86	0.06	0.16
5.4	200	0.36	0.86	0.85	0.06	0.16
5.6	200	0.36	0.86	0.84	0.06	0.16
5.8	300	0.35	0.85	0.83	0.06	0.16
6	400	0.35	0.84	0.82	0.06	0.16
6.2	300	0.35	0.82	0.80	0.06	0.16
6.4	250	0.35	0.79	0.77	0.06	0.16
6.6	200	0.34	0.79	0.77	0.06	0.16
6.8	180	0.34	0.75	0.73	0.06	0.17
7	180	0.34	0.74	0.72	0.06	0.17

Sumber : Hasil perhitungan penulis (2020)

Tabel 4.16 Perhitungan FS pada sondir ke tiga (S3) kedalaman 7,2m s/d 13,4m

Kedalaman (m)	qc (Kn/m2)	CSR	PL	$\phi^{-1}$ PL	CRR	FS
7.2	200	0.34	0.75	0.73	0.06	0.17
7.4	200	0.33	0.71	0.69	0.06	0.17
7.6	200	0.33	0.69	0.68	0.06	0.17
7.8	200	0.33	0.69	0.68	0.06	0.17
8	200	0.32	0.65	0.64	0.06	0.17
8.2	200	0.32	0.63	0.63	0.05	0.17
8.4	200	0.32	0.64	0.63	0.05	0.17
8.6	300	0.32	0.63	0.62	0.05	0.17
8.8	600	0.31	0.63	0.62	0.05	0.17
9	2700	0.31	0.65	0.64	0.05	0.17
9.2	11400	0.30	0.65	0.64	0.05	0.17
9.4	14600	0.30	0.60	0.60	0.05	0.17
9.6	13000	0.29	0.55	0.56	0.05	0.17
9.8	6500	0.29	0.51	0.53	0.05	0.18
10	6800	0.28	0.47	0.50	0.05	0.18
10.2	11000	0.28	0.43	0.48	0.05	0.18
10.4	14400	0.27	0.39	0.44	0.05	0.18
10.6	16400	0.27	0.35	0.41	0.05	0.18
10.8	16500	0.26	0.31	0.38	0.05	0.18
11	16800	0.26	0.27	0.35	0.05	0.19
11.2	17400	0.25	0.24	0.32	0.05	0.19
11.4	14200	0.25	0.21	0.29	0.05	0.19
11.6	12000	0.25	0.19	0.26	0.05	0.19
11.8	7600	0.24	0.16	0.24	0.05	0.19
12	5000	0.24	0.14	0.21	0.05	0.20
12.2	5200	0.24	0.12	0.19	0.05	0.20
12.4	3900	0.23	0.11	0.16	0.05	0.20
12.6	3400	0.23	0.09	0.14	0.05	0.20
12.8	3000	0.23	0.08	0.12	0.05	0.20
13	3000	0.23	0.07	0.10	0.05	0.20
13.2	5500	0.22	0.07	0.09	0.05	0.20
13.4	10800	0.22	0.07	0.09	0.05	0.20

Sumber : Hasil perhitungan penulis (2020)

Tabel 4.17 Perhitungan FS pada sondir ke empat (S4) kedalaman 1m s/d 9m

Kedalaman (m)	qc (Kn/m <sup>2</sup> )	CSR	PL	$\phi^{-1}$ PL	CRR	FS
1	400	0.19	0.001	-0.20	0.04	0.23
1.2	500	0.19	0.001	-0.20	0.04	0.23
1.4	300	0.21	0.005	-0.06	0.05	0.22
1.6	200	0.24	0.05	0.16	0.05	0.20
1.8	200	0.27	0.15	0.31	0.05	0.19
2	300	0.29	0.28	0.41	0.05	0.18
2.2	200	0.30	0.38	0.48	0.05	0.17
2.4	150	0.32	0.44	0.52	0.05	0.17
2.6	150	0.33	0.53	0.56	0.05	0.17
2.8	200	0.34	0.63	0.62	0.05	0.16
3	150	0.34	0.64	0.63	0.06	0.16
3.2	150	0.35	0.68	0.66	0.06	0.16
3.4	200	0.35	0.74	0.70	0.06	0.16
3.6	200	0.36	0.77	0.72	0.06	0.16
3.8	150	0.36	0.75	0.70	0.06	0.16
4	150	0.36	0.76	0.71	0.06	0.16
4.2	300	0.36	0.80	0.74	0.06	0.15
4.4	400	0.36	0.80	0.75	0.06	0.15
4.6	400	0.36	0.80	0.75	0.06	0.15
4.8	500	0.36	0.80	0.75	0.05	0.15
5	400	0.36	0.78	0.73	0.06	0.16
5.2	400	0.35	0.77	0.72	0.06	0.16
5.4	500	0.35	0.77	0.72	0.05	0.16
5.6	300	0.35	0.74	0.70	0.05	0.16
5.8	300	0.35	0.71	0.68	0.05	0.16
6	200	0.34	0.67	0.65	0.06	0.16
6.2	300	0.34	0.68	0.66	0.05	0.16
6.4	300	0.34	0.67	0.65	0.05	0.16
6.6	500	0.34	0.68	0.66	0.05	0.16
6.8	300	0.33	0.63	0.63	0.05	0.16
7	200	0.33	0.61	0.62	0.05	0.16
7.2	150	0.33	0.53	0.57	0.05	0.17
7.4	150	0.32	0.51	0.56	0.05	0.17
7.6	200	0.32	0.54	0.57	0.05	0.17
7.8	150	0.32	0.47	0.53	0.05	0.17
8	150	0.32	0.45	0.52	0.05	0.17
8.2	200	0.31	0.47	0.53	0.05	0.17
8.4	200	0.31	0.46	0.53	0.05	0.17
8.6	300	0.31	0.44	0.51	0.05	0.17
8.8	380	0.31	0.46	0.53	0.05	0.17
9	960	0.30	0.45	0.52	0.05	0.17

Sumber : Hasil perhitungan penulis (2020)

### 3. Perbandingan nilai FS pada empat titik sondir

Nilai FS pada empat titik sondir dengan metode Cetin (2004) telah dirangkum pada tabel di bawah ini untuk mempermudah membandingkan nilai FS pada masing-masing titik sondir.

Tabel 4.18 Nilai FS pada kedalaman 1 m s/d 7m

Kedalaman (m)	FS			
	S1	S2	S3	S4
1	-	-	0.23	0.23
1.2	0.23	0.23	0.23	0.23
1.4	0.23	0.23	0.22	0.22
1.6	0.22	0.22	0.20	0.20
1.8	0.21	0.20	0.19	0.19
2	0.20	0.19	0.18	0.18
2.2	0.19	0.18	0.18	0.17
2.4	0.18	0.18	0.17	0.17
2.6	0.18	0.17	0.17	0.17
2.8	0.18	0.17	0.17	0.16
3	0.17	0.17	0.16	0.16
3.2	0.17	0.17	0.16	0.16
3.4	0.17	0.17	0.16	0.16
3.6	0.17	0.16	0.16	0.16
3.8	0.17	0.16	0.16	0.16
4	0.17	0.16	0.16	0.16
4.2	0.16	0.16	0.16	0.15
4.4	0.17	0.16	0.16	0.15
4.6	0.17	0.16	0.16	0.15
4.8	0.16	0.16	0.16	0.15
5	0.17	0.16	0.16	0.16
5.2	0.17	0.16	0.16	0.16
5.4	0.17	0.16	0.16	0.16
5.6	0.17	0.16	0.16	0.16
5.8	0.17	0.16	0.16	0.16
6	0.17	0.16	0.16	0.16
6.2	0.17	0.16	0.16	0.16
6.4	0.17	0.16	0.16	0.16
6.6	0.17	0.16	0.16	0.16
6.8	0.17	0.16	0.17	0.16
7	0.17	0.16	0.17	0.16

Sumber : Hasil perhitungan penulis (2020)

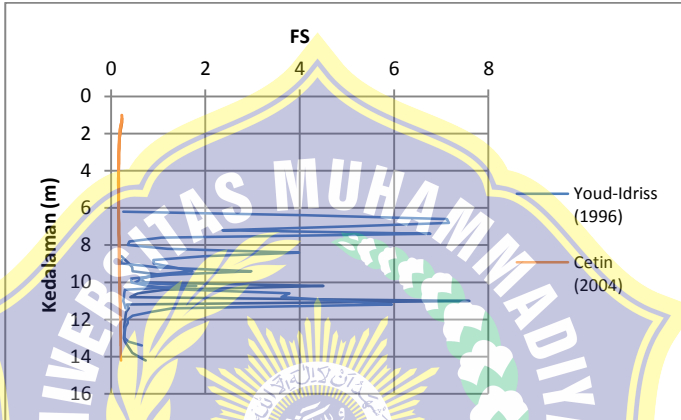
Tabel 4.19 Nilai FS pada kedalaman 7,2m s/d 14,2m

Kedalaman (m)	FS			
	S1	S2	S3	S4
7.2	0.17	0.17	0.17	0.17
7.4	0.17	0.17	0.17	0.17
7.6	0.17	0.17	0.17	0.17
7.8	0.17	0.17	0.17	0.17
8.0	0.17	0.17	0.17	0.17
8.2	0.17	0.17	0.17	0.17
8.4	0.17	0.17	0.17	0.17
8.6	0.17	0.18	0.17	0.17
9.0	0.17	0.18	0.17	0.17
9.2	0.18	0.18	0.17	-
9.4	0.18	0.18	0.17	-
9.6	0.18	0.18	0.17	-
9.8	0.18	0.18	0.17	-
10.0	0.18	0.19	0.18	-
10.2	0.18	0.19	0.18	-
10.4	0.19	0.19	0.18	-
10.6	0.19	0.19	0.18	-
10.8	0.19	0.19	0.18	-
11.0	0.19	0.19	0.18	-
11.2	0.19	0.20	0.19	-
11.4	0.19	0.20	0.19	-
11.6	0.20	0.20	0.19	-
11.8	0.20	-	0.19	-
12.0	0.20	-	0.19	-
12.2	0.20	-	0.20	-
12.4	0.20	-	0.20	-
12.6	0.20	-	0.20	-
12.8	0.20	-	0.20	-
13.0	0.20	-	0.20	-
13.2	0.21	-	0.20	-
13.4	0.21	-	0.20	-
13.6	0.21	-	-	-
13.8	0.21	-	-	-
14.0	0.21	-	-	-
14.2	0.21	-	-	-

Sumber : Hasil perhitungan penulis (2020)^^

### 4.3 Perbandingan nilai FS metode Youd-Idriss (1996) dan metode Cetin (2004)

Dari hasil analisis data menunjukkan adanya perbandingan nilai FS dari ke dua metode. Berikut ini grafik yang menunjukkan perbandingan nilai FS.



Gambar 4.13 Grafik perbandingan nilai FS metode Youd-Idriss (1996) dengan metode Cetin (2004)

Sumber : Hasil perhitungan penulis (2020)

Pada Gambar (4.13) terdapat grafik hubungan antara kedalaman (h) vs nilai FS menunjukkan perbandingan antara nilai FS metode Youd Idriss (1996) dan metode Cetin 2004. Metode Youd Idriss memiliki nilai FS yang lebih besar 0,21- 7,60. Sedangkan metode Cetin 2004 memiliki nilai FS yang lebih kecil antara 0,15 – 0,23 , hal ini dikarenakan nilai CSR dan nilai CRR dari metode Cetin lebih kecil sehingga mempengaruhi nilai FS.