

Analisis Stabilitas Tanggul Sungai Citonjong Kabupaten Pangandaran

Ilham

Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Sains Bandung

Email: ilham@itsb.ac.id

ABSTRAK

Sungai Citonjong, yang merupakan salah satu Daerah Aliran Sungai (DAS) Ciwulan-Cilaki, Jawa Barat, sering mengalami banjir akibat penurunan kapasitas daerah tangkapan air, sedimentasi, dan ketidakstabilan tanggul sungai Citonjong pada empat segmen TPT 2.5 m, 3.6 m, 4.5 m, dan 5.0 m) menggunakan perangkat lunak GEO5 2022. Analisis meliputi stabilitas struktur kantilever, kapasitas tiang, stabilitas lereng dan deformasi lateral pada kondisi statik dan seismik dengan muka air rendah dan banjir. Parameter geoteknik diperoleh dari investigasi lapangan, dan parameter struktur mengacu pada standar SNI 8460-2017. Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan, bahwa ke empat segmen TPT memenuhi angka keamanan minimum untuk guling (1.5 statik, 1.1 seismik), stabilitas lereng (1.5 statik, 1.1 seismik), dan daya dukung vertikal (2.5), dengan deformasi lateral di bawah ambang batas 60 mm. Rekomendasi meliputi pemasangan perlindungan gerusan seperti bronjong atau riprap pada tikungan sungai untuk meningkatkan ketahanan pasif *Continuous Concrete Sheet Piles* (CCSP).

Kata kunci: Sungai Citonjong, Stabilitas Tanggul, GEO5 2022, Kantilever, Deformasi Lateral

ABSTRACT

The Citonjong River, located within the Ciwulan-Cilaki Watershed (DAS) in West Java, frequently experiences flooding due to reduced catchment capacity, sedimentation, and embankment instability. This study analyzes the stability of the Citonjong River embankment at four design segments (TPT 2.5 m, 3.6 m, 4.5 m, and 5.0 m) using GEO5 2022 software. The analysis includes the stability of cantilever structures, pile capacity, slope stability, and lateral deformation under both static and seismic conditions, with low water levels and flooding. Geotechnical parameters were obtained from field investigations, while structural parameters adhere to the SNI 8460-2017 standards. The results indicate that all segments meet the minimum safety factors for overturning (1.5 static, 1.1 seismic), slope stability (1.5 static, 1.1 seismic), and vertical bearing capacity (2.5), with lateral deformation remaining below the 60 mm threshold. Recommendations include the installation of erosion protection, such as gabions or riprap, at river bends to enhance the passive resistance of the Continuous Concrete Sheet Piles (CCSP).

Keywords: Citonjong River, Embankment Stability, GEO5 2022, Cantilever, Lateral Deformation, CCSP.

Submitted: 29 April 2025	Reviewed: 15 Mei 2025	Revised 18 Juli 2025	Published: 01 Agustus 2025
------------------------------------	---------------------------------	--------------------------------	--------------------------------------

PENDAHULUAN

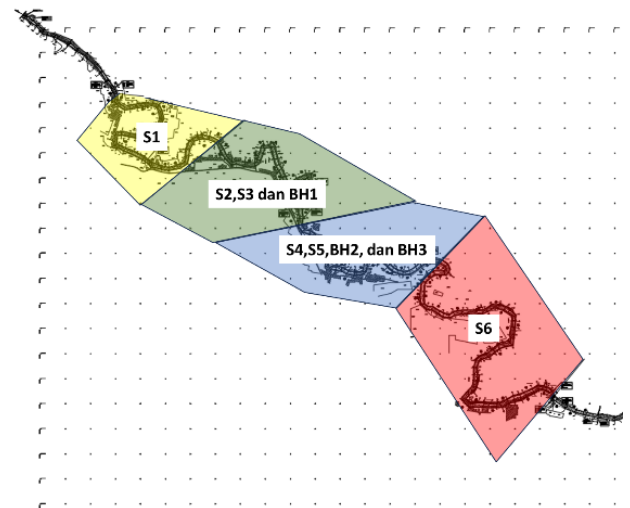
Sungai Citonjong yang terletak di Kabupaten Pangandaran, Jawa Barat, merupakan salah satu sumber utama air untuk irigasi pertanian di daerah sekitar. Namun, seperti banyak sungai lainnya, Sungai Citonjong sering menghadapi masalah banjir yang mengancam lahan pertanian, permukiman, serta infrastruktur di desa-desa sekitar seperti Bojong, Cibenda, Cikalong, dan Sukaresik. Penyebab utama dari banjir ini antara lain adalah penurunan kapasitas daerah tangkapan air, sedimentasi, serta ketidakstabilan pada struktur tanggul sungai.

Untuk mengatasi masalah tersebut, dilakukan studi perencanaan rinci terhadap tanggul Sungai Citonjong. Penelitian ini bertujuan untuk menilai stabilitas struktur dan geoteknik tanggul pada

empat segmen utama dengan desain tinggi yang bervariasi, yaitu TPT 2.5 m, 3.6 m, 4.5 m, dan 5.0 m. Melalui analisis yang mendalam, penelitian ini juga diharapkan dapat memberikan rekomendasi desain yang tepat untuk mengurangi risiko banjir dan meningkatkan ketahanan tanggul terhadap tekanan dari aliran sungai.

Dengan menggunakan perangkat lunak GEO5 2022, penelitian ini menganalisis beberapa aspek penting dari stabilitas tanggul, termasuk stabilitas struktur kantilever, kapasitas tiang pancang, stabilitas lereng, dan deformasi lateral dalam kondisi statik dan seismik. Data geoteknik yang digunakan diperoleh melalui investigasi lapangan, sementara parameter struktural mengikuti standar SNI 8460-2017. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan dalam upaya

Penelitian ini dilakukan di Sungai Citonjong, Kabupaten Pangandaran, Jawa Barat, yang sering terdampak banjir. Tanggul sungai dibagi menjadi empat segmen berdasarkan tinggi desainnya: 2.5 m, 3.6 m, 4.5 m, dan 5.0 m. Setiap segmen dianalisis untuk melihat stabilitasnya, dengan mempertimbangkan kondisi tanah, aliran sungai, dan potensi erosi yang berbeda di setiap bagiannya.



1. Segmen TPT 2.5 m: Penampang P1 hingga P42

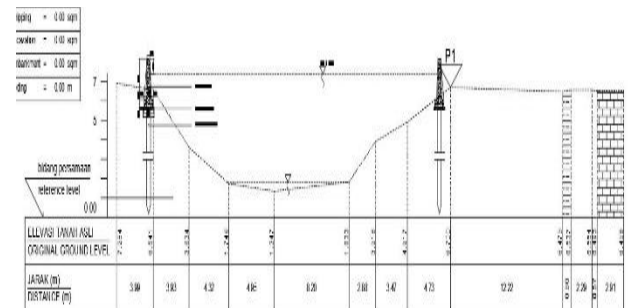
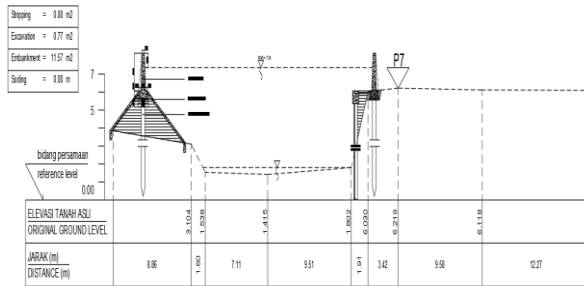


Diagram showing a cross-section of a road with a 12% slope. The diagram includes a table of elevations and a table of distances.

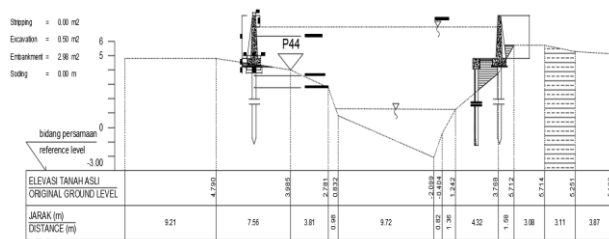
Stationing	Elevation (m)
0+00	1.00
0+10	1.00
0+20	1.00
0+30	1.00
0+40	1.00
0+50	1.00
0+60	1.00
0+70	1.00
0+80	1.00
0+90	1.00
1+00	1.00
1+10	1.00
1+20	1.00
1+30	1.00
1+40	1.00
1+50	1.00
1+60	1.00
1+70	1.00
1+80	1.00
1+90	1.00
2+00	1.00
2+10	1.00
2+20	1.00
2+30	1.00
2+40	1.00
2+50	1.00
2+60	1.00
2+70	1.00
2+80	1.00
2+90	1.00
3+00	1.00
3+10	1.00
3+20	1.00
3+30	1.00
3+40	1.00
3+50	1.00
3+60	1.00
3+70	1.00
3+80	1.00
3+90	1.00
4+00	1.00
4+10	1.00
4+20	1.00
4+30	1.00
4+40	1.00
4+50	1.00
4+60	1.00
4+70	1.00
4+80	1.00
4+90	1.00
5+00	1.00
5+10	1.00
5+20	1.00
5+30	1.00
5+40	1.00
5+50	1.00
5+60	1.00
5+70	1.00
5+80	1.00
5+90	1.00
6+00	1.00
6+10	1.00
6+20	1.00
6+30	1.00
6+40	1.00
6+50	1.00
6+60	1.00
6+70	1.00
6+80	1.00
6+90	1.00
7+00	1.00
7+10	1.00
7+20	1.00
7+30	1.00
7+40	1.00
7+50	1.00
7+60	1.00
7+70	1.00
7+80	1.00
7+90	1.00
8+00	1.00
8+10	1.00
8+20	1.00
8+30	1.00
8+40	1.00
8+50	1.00
8+60	1.00
8+70	1.00
8+80	1.00
8+90	1.00
9+00	1.00
9+10	1.00
9+20	1.00
9+30	1.00
9+40	1.00
9+50	1.00
9+60	1.00
9+70	1.00
9+80	1.00
9+90	1.00
10+00	1.00
10+10	1.00
10+20	1.00
10+30	1.00
10+40	1.00
10+50	1.00
10+60	1.00
10+70	1.00
10+80	1.00
10+90	1.00
11+00	1.00
11+10	1.00
11+20	1.00
11+30	1.00
11+40	1.00
11+50	1.00
11+60	1.00
11+70	1.00
11+80	1.00
11+90	1.00
12+00	1.00
12+10	1.00
12+20	1.00
12+30	1.00
12+40	1.00
12+50	1.00
12+60	1.00
12+70	1.00
12+80	1.00
12+90	1.00
13+00	1.00
13+10	1.00
13+20	1.00
13+30	1.00
13+40	1.00
13+50	1.00
13+60	1.00
13+70	1.00
13+80	1.00
13+90	1.00
14+00	1.00
14+10	1.00
14+20	1.00
14+30	1.00
14+40	

476



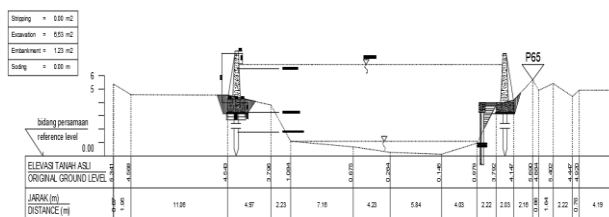
Gambar 4 Cross Section P7
(sumber: hasil analisa)

2. Segmen TPT 3.6 m: Penampang P42 hingga P65



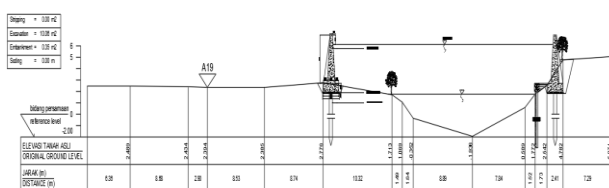
Gambar 5. Cross Section P44
(sumber: hasil analisa)

3. Segmen TPT 4.5 m: Penampang P65 hingga A67



Gambar 6. Cross Section P65
(sumber: hasil analisa)

4. Segmen TPT 5.0 m: Penampang A67 hingga A1



Gambar 7. Cross Section A19
(sumber: hasil analisa)

Parameter

1. Parameter Geoteknik dan Struktur
Parameter geoteknik diperoleh dari investigasi lapangan, termasuk Uji Penetrasi Konus (CPT) dan

Uji Penetrasi Standar (SPT). Lapisan tanah bervariasi antar segmen, umumnya terdiri dari timbunan pasir, lempung anorganik, pasir sedang, pasir lempung, dan pasir padat. Parameter utama meliputi berat jenis (γ), kuat geser tak terdrainase (S_u), kohesi (c'), sudut geser dalam (ϕ), dan modulus elastisitas (E_{oed}). Parameter struktur untuk dinding kantilever dan tiang pancang meliputi kuat tekan beton ($f'_c=20.75$ MPa), diameter tiang (0.4 m), panjang tiang (10 m), dan mutu baja (BJTS 420 A). Properti CCSP W-400 Tipe A mencakup luas penampang 1598 cm^2 dan modulus elastisitas $3.70E+07 \text{ kPa}$.

2. Parameter Seismik

Analisis stabilitas dalam kondisi seismik pada struktur laporan menggunakan peta percepatan gempa dengan periode ulang 100 tahun. Lokasi studi laporan ini menunjukkan pada percepatan gempa nilai 0.2 g.

$$K_h = \frac{a}{g} \quad (1)$$

Dimana:

K_h = koefisien horizontal

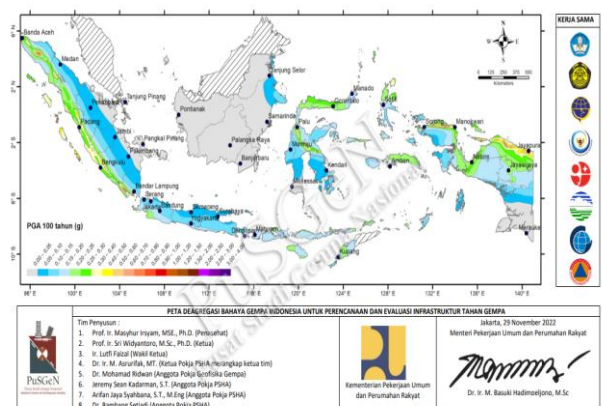
a = akselerasi puncak permukaan

g = gravitasi

$PGA = 0.2 \text{ g}$

K_h (koefisien seismic horizontal) = $0.5 / g \times 0.2 \text{ g} = 0.1$

K_v (koefisien seismic vertical) = $2/3 \times 0.1 = 0.067$



Gambar L1.1 Peta percepatan puncak di batuan dasar (SB) untuk periode ulang 100 tahun

Gambar 8. Peta Percepatan Puncak di Batuan Dasar (SB) Untuk Periode Ulang 100 Tahun
(Sumber: SNI 8460-2017)

Metode Analisis

Analisis stabilitas dilakukan menggunakan perangkat lunak GEO5 2022 pada kondisi statik dan seismik dengan muka air rendah (+1.83 m) dan banjir (bervariasi per segmen). Koefisien

seismik dihitung berdasarkan peta percepatan gempa periode ulang 100 tahun ($PGA = 0.2 \text{ g}$), menghasilkan koefisien seismik horizontal ($K_h = 0.1$) dan vertikal ($K_v = 0.067$) sesuai SNI 8460-2017. Analisis meliputi:

1. Stabilitas guling struktur kantilever.
2. Kapasitas tiang pancang (vertikal dengan metode NAVFAC, horizontal dengan kurva p-y).
3. Stabilitas lereng global
4. Deformasi lateral dinding penahan tanah CCSP
5. Penurunan (Settlement) pada timbunan (khususnya penampang P7)

Standar Acuan

Analisis mengacu pada SNI 8460-2017 dengan syarat keamanan minimum:

1. Stabilitas guling, syarat minimum adalah 1.5 kondisi statik.
2. Stabilitas lereng global, syarat minimum adalah 1.5 kondisi statik
3. Stabilitas guling, syarat minimum adalah 1.1 kondisi seismik
4. Stabilitas lereng global, syarat minimum adalah 1.5 kondisi seismik
5. Syarat maksimum deformasi lateral tiang 1% kedalaman sungai maka $6 \text{ cm} = 60 \text{ mm}$
6. Daya dukung vertikal, syarat minimum adalah 2.5

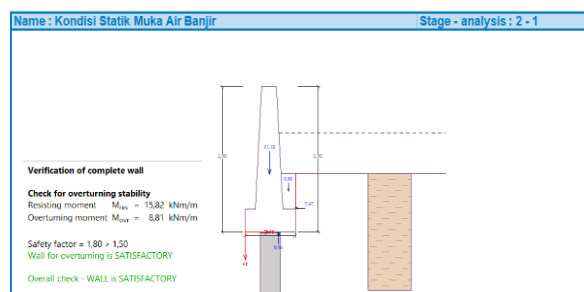
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Analisis GEO5 2022

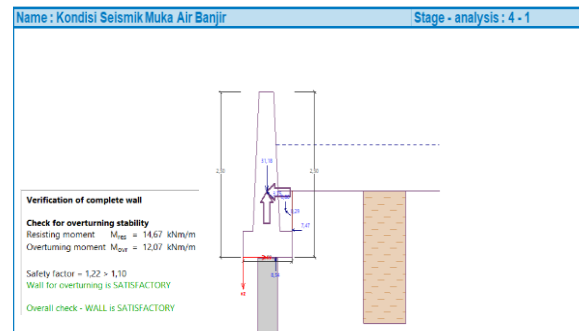
Segmen TPT 2.5 m

Penampang P1:

Stabilitas Guling Kantilever



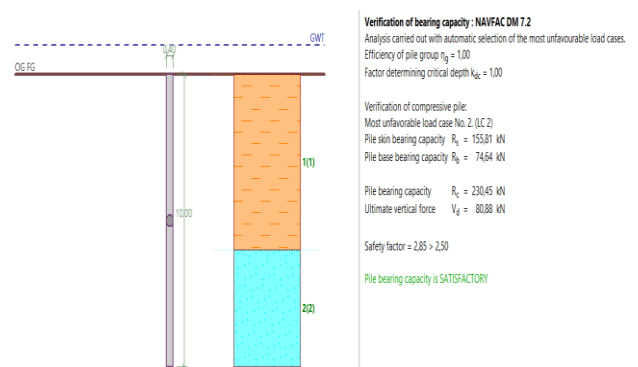
Gambar 9. Stabilitas Guling Kondisi Statik (sumber: hasil analisa)



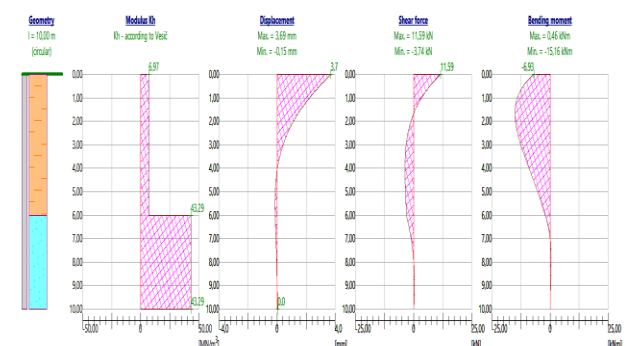
Gambar 10. Stabilitas Guling Kondisi Seismik (sumber: hasil analisa)

Stabilitas guling kantilever: Angka keamanan berkisar antara 1.80 (banjir, statik) hingga 3.40 (rendah, statik), 1.22 (seismik) sampai 1.22 (seismik) memenuhi syarat minimum (1.5 statik, 1.1 seismik).

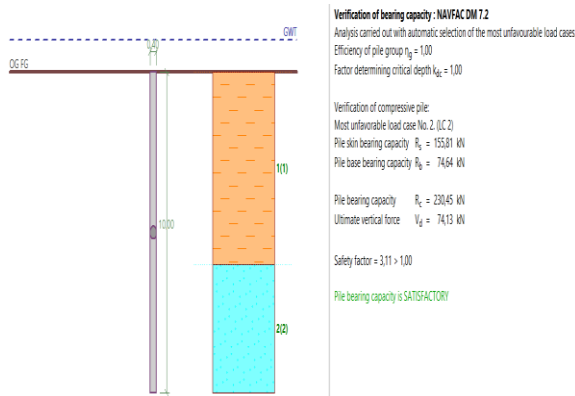
Kapasitas Tiang



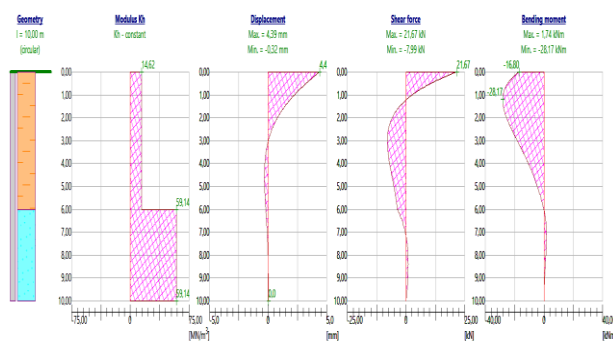
Gambar 11. Kapasitas Beban Vertikal Kondisi Statik (sumber: hasil analisa)



Gambar 12. Kapasitas Beban Horizontal Kondisi Statik (sumber: hasil analisa)



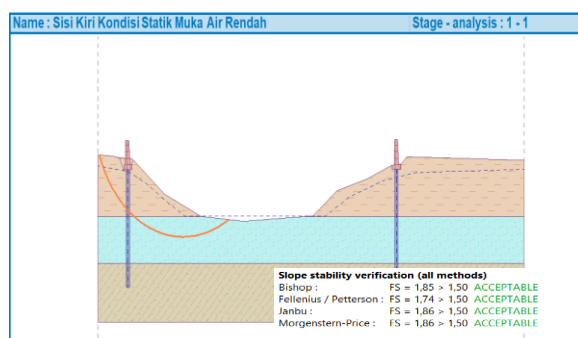
Gambar 13. Kapasitas Beban Vertikal Kondisi Seismik
(sumber: hasil analisa)



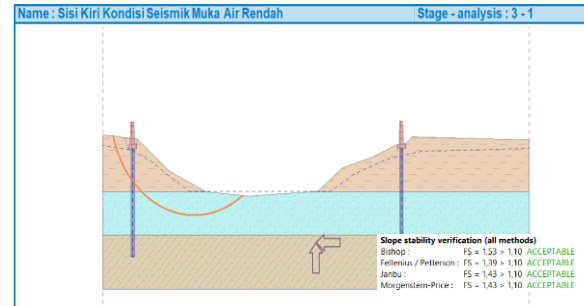
Gambar 14. Kapasitas Beban Horizontal Kondisi Seismik
(sumber: hasil analisa)

Kapasitas tiang: Daya dukung vertikal memiliki angka keamanan 2.85 – 3.62 melebihi syarat 2.0 (statik) dan 3.11-3.62 melebihi syarat 1.1 (seismik). Deformasi lateral 3.7 – 6.5 mm, jauh di bawah 60 mm.

Analisis Stabilitas Lereng



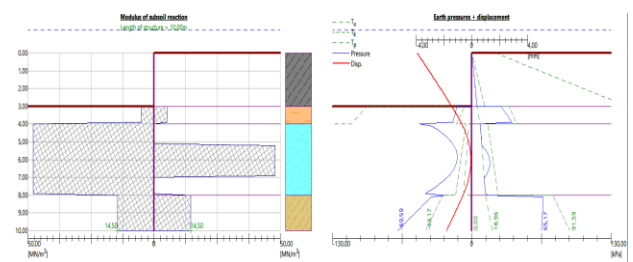
Gambar 15. Analisis Stabilitas Lereng Kondisi Statik
(sumber: hasil analisa)



Gambar 16. Analisis Stabilitas Lereng Kondisi Seismik
(sumber: hasil analisa)

Stabilitas Lereng: Angka keamanan 1.39-4.79, memenuhi syarat 1.5 (statik) dan 1.1 (seismik).

Penampang P2: Analisis Deformasi Lateral



Analysis properly completed.

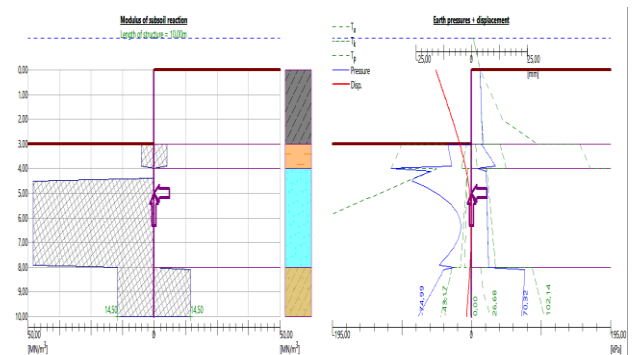
Maximum values of internal forces acting on the structure

Maximum shear force = 23,95 kN/m

Maximum moment = 30,66 kNm/m

Maximum displacement = 3,9 mm

Gambar 17. Analisis Deformasi Lateral Kondisi Statik
(sumber: hasil analisa)



Analysis properly completed.

Maximum values of internal forces acting on the structure

Maximum shear force = 40,72 kN/m

Maximum moment = 101,77 kNm/m

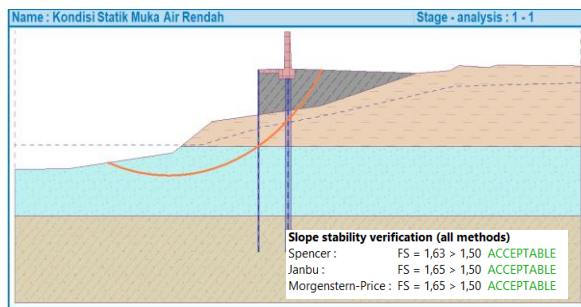
Maximum displacement = 16,1 mm

Warning - allowable range of input data exceeded during earthquake analysis!
The analysis is carried out with the modified value of terrain inclination β . ($\beta=0,00^\circ$, $\beta_{\text{modified}}=0,00^\circ$) ($E=0,27$, $E_{\text{modified}}=0,00$)

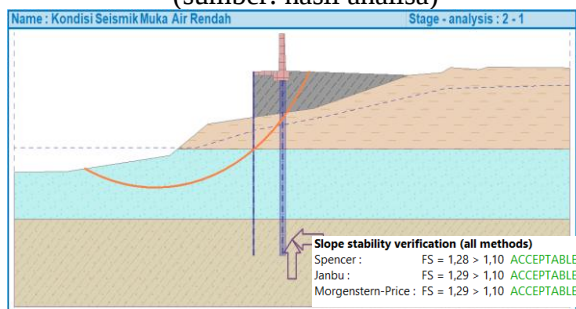
Gambar 18. Analisis Deformasi Lateral Kondisi Seismik
(sumber: hasil analisa)

Deformasi lateral CCSP: Deformasi 3.9 – 28.1 mm, di bawah 60 mm

Analisis Stabilitas Lereng



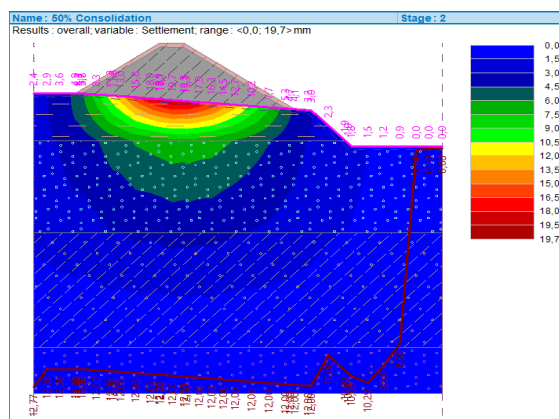
Gambar 19. Analisis Stabilitas Lereng Kondisi Statik
(sumber: hasil analisa)



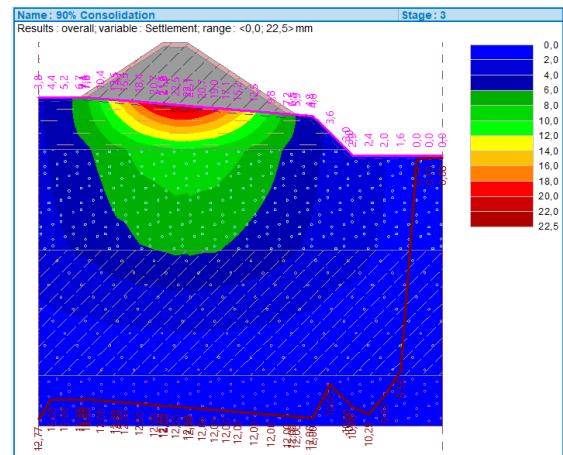
Gambar 20. Analisis Stabilitas Lereng Kondisi Seismik
(sumber: hasil analisa)

Stabilitas Lereng: Angka keamanan 1.28-3.68, memenuhi syarat.

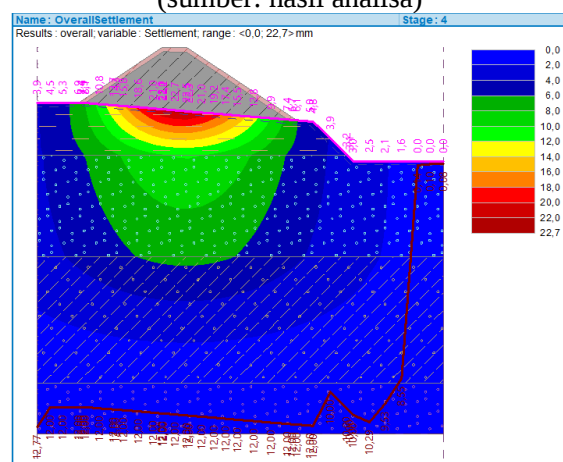
Penampang P7:



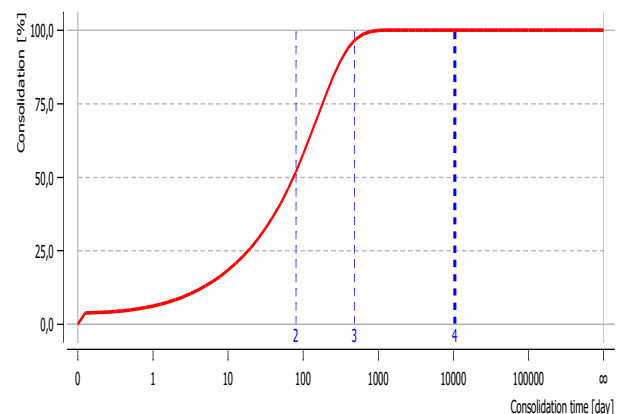
Gambar 21. Konsolidasi 50%
(sumber: hasil analisa)



Gambar 22. Konsolidasi 90%
(sumber: hasil analisa)



Gambar 23. Konsolidasi Total
(sumber: hasil analisa)



Analysis performed, method Analysis using oedometric modulus

Maximum settlement = 22,7 mm

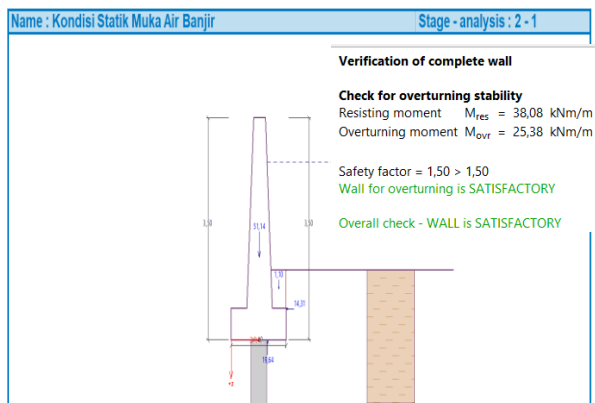
Maximum depth of influence zone = 12,77 m

Gambar 24. Grafik Konsolidasi terhadap waktu
(sumber: hasil analisa)

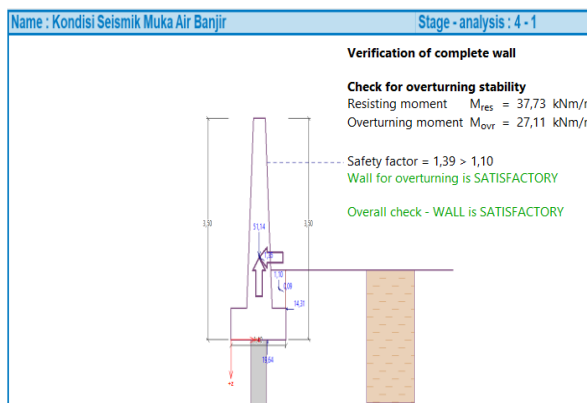
Penurunan: Total penurunan 22.7 mm, dengan konsolidasi 50% pada 90 hari dan 90% pada 400 hari. Tinggi jagaan tambahan 22.7 mm diperlukan

Segmen TPT 3.6 m

Penampang P44: Analisis Stabilitas Lereng



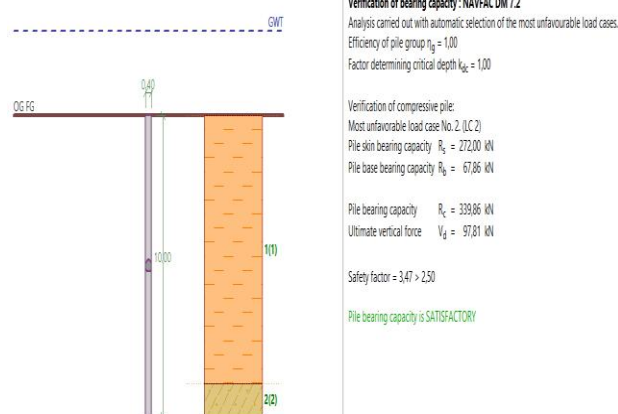
Gambar 25. Analisis Stabilitas Lereng Kondisi Statik
(sumber: hasil analisa)



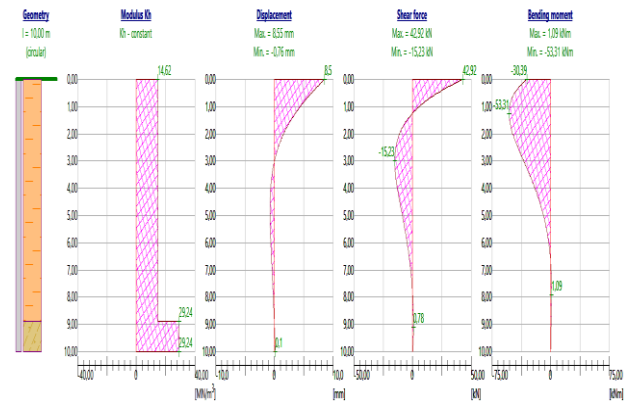
Gambar 26. Analisis Stabilitas Lereng Kondisi Seismik
(sumber: hasil analisa)

Stabilitas Guling Kantilever: Angka keamanan 1.50-4.26, memenuhi syarat.

Analisis Kapasitas Tiang



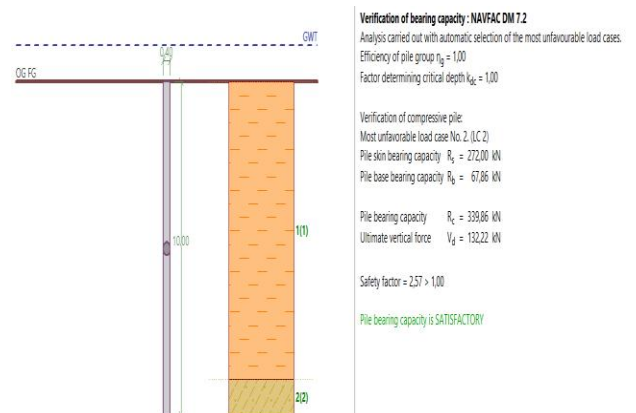
Gambar 27. Kapasitas Beban Vertikal Kondisi Statik
(sumber: hasil analisa)



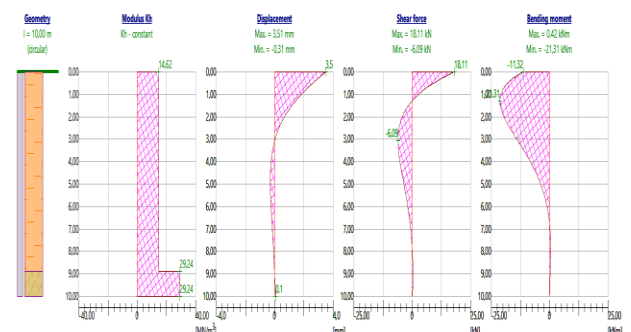
Maximum internal force and deformation :

Max. pile displacement = 8,5 mm
Max. shear force = 42,92 kN
Maximum moment = 53,31 kNm

Gambar 28. Kapasitas Beban Horizontal Kondisi Statik
(sumber: hasil analisa)



Gambar 29. Kapasitas Beban Vertikal Kondisi Seismik
(sumber: hasil analisa)



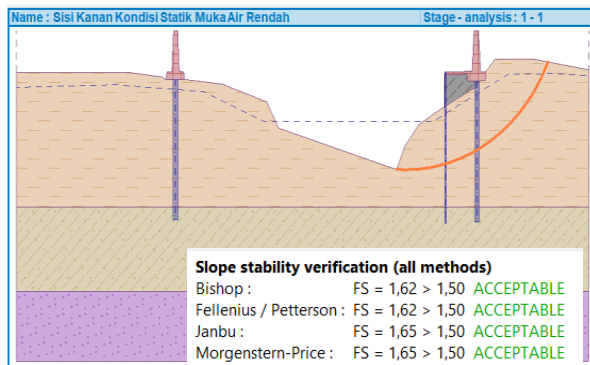
Maximum internal force and deformation :

Max. pile displacement = 3,5 mm
Max. shear force = 18,11 kN
Maximum moment = 21,31 kNm

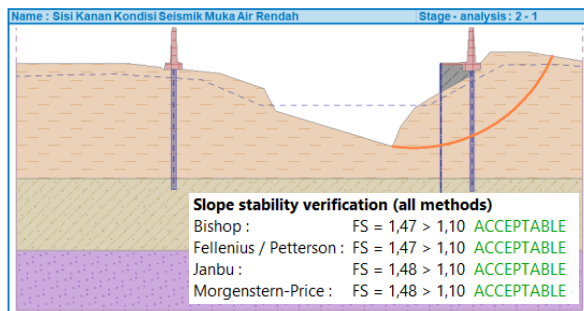
Gambar 30. Kapasitas Beban Horizontal Kondisi Seismik
(sumber: hasil analisa)

Kapasitas tiang: Daya dukung vertikal 2.54-3.52, deformasi lateral 3.5-9.5 mm, memenuhi syarat.

Analisis Stabilitas Lereng



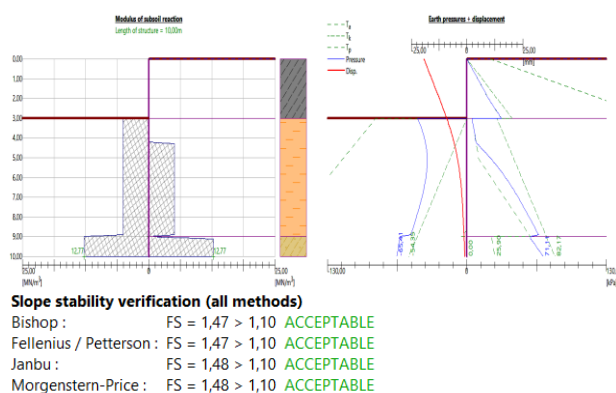
Gambar 31. Stabilitas Lereng Kondisi Statik (sumber: hasil analisa)



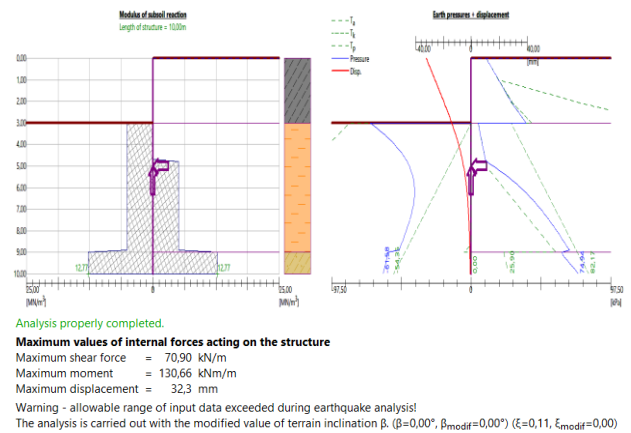
Gambar 32. Stabilitas Lereng Kondisi Seismik (sumber: hasil analisa)

Stabilitas Lereng: Angka keamanan 1.47-6.34, memenuhi syarat.

Deformasi Lateral



Gambar 33. Deformasi Lateral Kondisi Statik (sumber: hasil analisa)



Gambar 34. Deformasi Lateral Kondisi Seismik (sumber: hasil analisa)

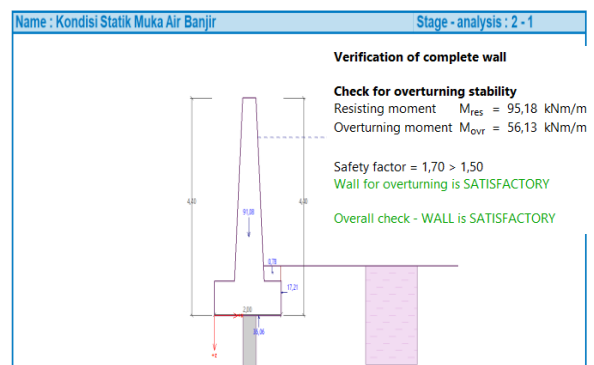
Deformasi Lateral CCSP: Deformasi 5.4-32.3 mm, di bawah 60 mm.

Segmen TPT 4.5 m

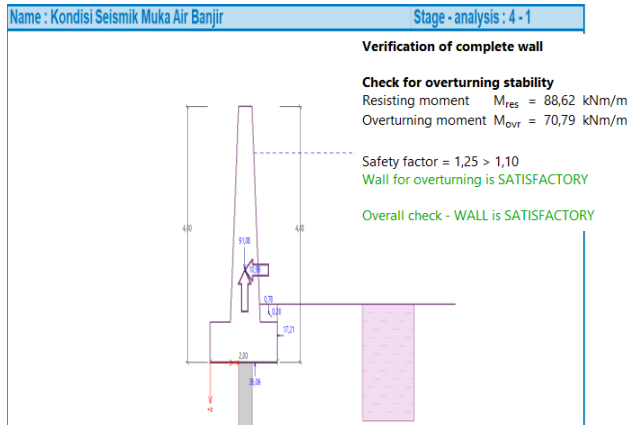
Penampang P65:

Analisis Stabilitas Guling

Analisis stabilitas guling pada tanggul Sungai Citonjong bertujuan untuk memastikan apakah struktur tanggul mampu bertahan terhadap tekanan horisontal yang disebabkan oleh aliran air. Pada penelitian ini, stabilitas guling diukur dengan melihat faktor keamanan (safety factor) yang mencakup kondisi statik dan seismik. Semua segmen yang dianalisis menunjukkan angka keamanan yang memenuhi standar minimum, baik dalam kondisi biasa maupun saat terjadi gempa. Dengan hasil ini, dapat disimpulkan bahwa tanggul memiliki daya tahan yang cukup kuat terhadap potensi pergerakan guling, namun tetap perlu perhatian pada beberapa titik rawan, terutama yang terpengaruh oleh erosi atau beban yang lebih berat.



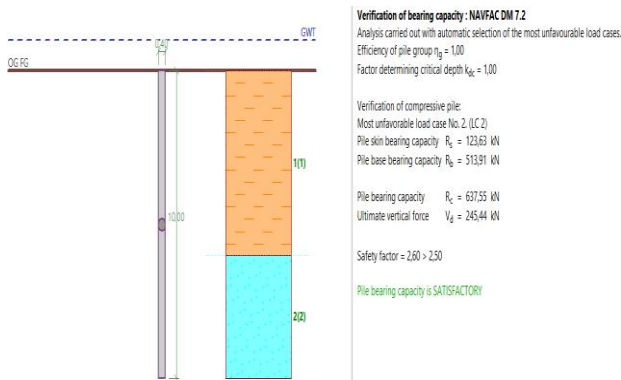
Gambar 35. Analisis Stabilitas Guling Kondisi Statik (sumber: hasil analisa)



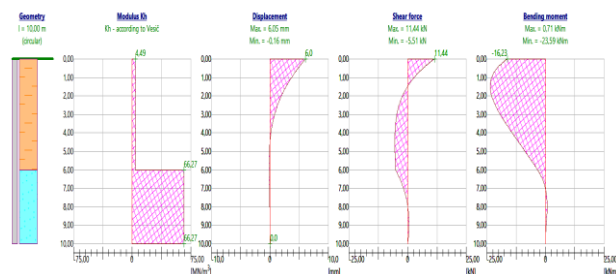
Gambar 36. Analisis Stabilitas Guling Kondisi Seismik
(sumber: hasil analisa)

Stabilitas Guling Kantilever: Angka keamanan 1.70-6.50 memenuhi syarat.

Analisis Kapasitas Tiang

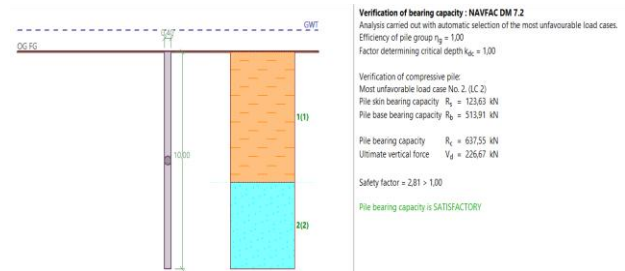


Gambar 37. Kapasitas Beban Vertikal Kondisi Statik
(sumber: hasil analisa)

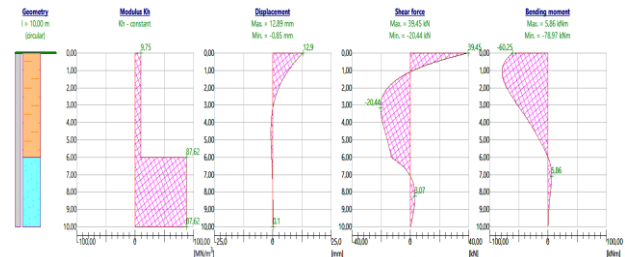


Maximum internal force and deformation :
Max. pile displacement = 6,0 mm
Max. shear force = 11,44 kN
Maximum moment = 23,59 kNm

Gambar 38. Kapasitas Beban Horizontal Kondisi Statik
(sumber: hasil analisa)



Gambar 39. Kapasitas Beban Vertikal Kondisi Seismik
(sumber: hasil analisa)

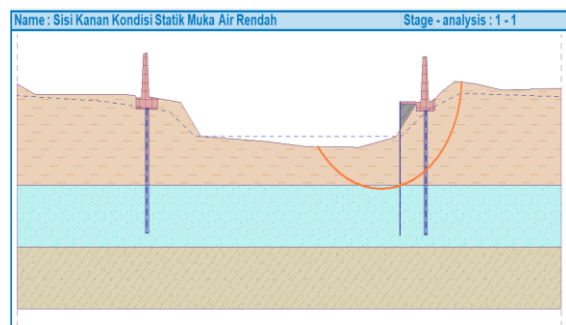


Maximum internal force and deformation :
Max. pile displacement = 12,9 mm
Max. shear force = 39,45 kN
Maximum moment = 78,97 kNm

Gambar 40. Kapasitas Beban Horizontal Seismik
(sumber: hasil analisa)

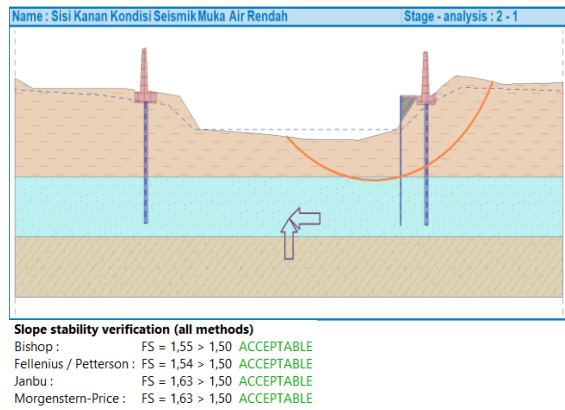
Kapasitas tiang: daya dukung vertikal 2.60-4.29, deformasi lateral 6.0-24.5 mm, memenuhi syarat.

Analisis Stabilitas Lereng



Slope stability verification (all methods)
Bishop: FS = 2,07 > 1,50 ACCEPTABLE
Fellenius / Petterson: FS = 2,08 > 1,50 ACCEPTABLE
Janbu: FS = 1,91 > 1,50 ACCEPTABLE
Morgenstern-Price: FS = 1,91 > 1,50 ACCEPTABLE

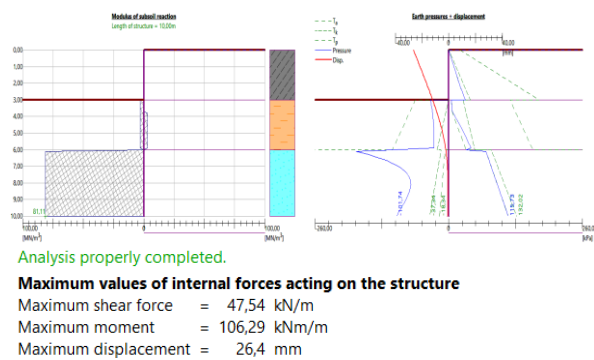
Gambar 41. Analisis Stabilitas Lereng Kondisi Statik
(sumber: hasil analisa)



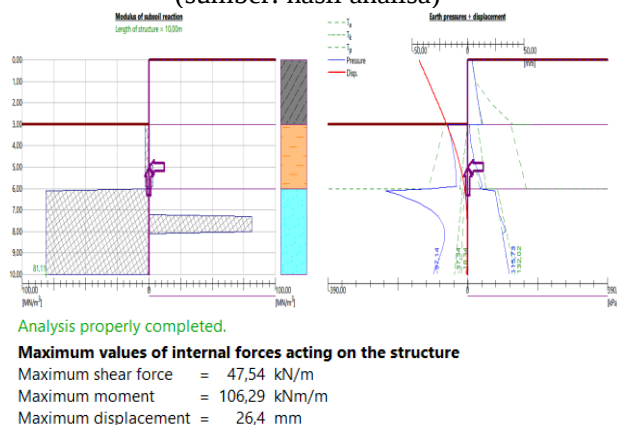
Gambar 42. Analisis Stabilitas Lereng Kondisi Seismik
(sumber: hasil analisa)

Stabilitas lereng: angka keamanan 1,54-5,19, memenuhi syarat.

Deformasi Lateral CCSP



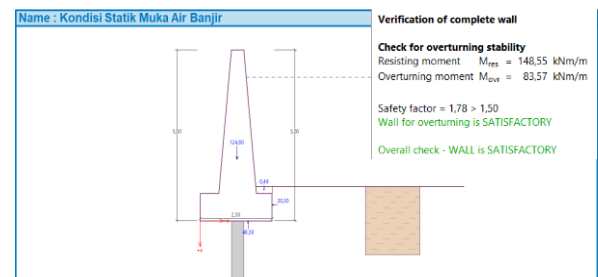
Gambar 43. Deformasi Lateral CCSP Kondisi Statik
(sumber: hasil analisa)



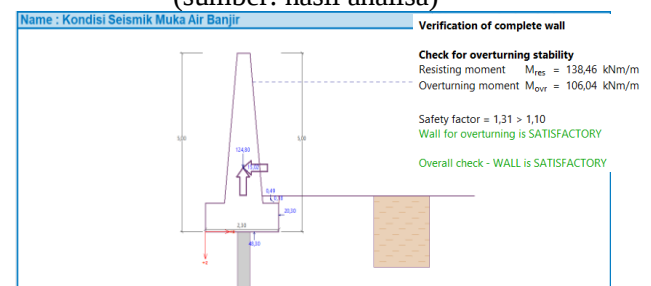
Gambar 44. Deformasi Lateral CCSP Kondisi Seismik (sumber: hasil analisa)
Deformasi lateral CCSP: Deformasi 11.1-43.7 mm di bawah 60 mm.

Segmen TPT 5.0 m

Penampang A19: Analisis Stabilitas Guling



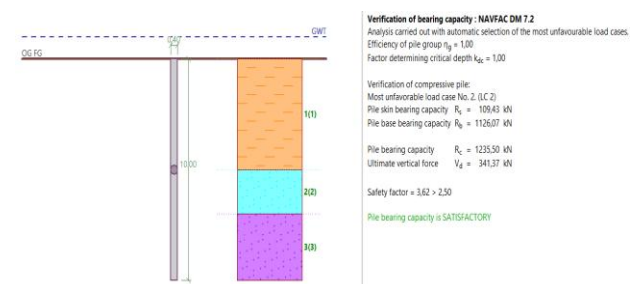
Gambar 45. Analisis Stabilitas Guling Kondisi Statik
(sumber: hasil analisa)



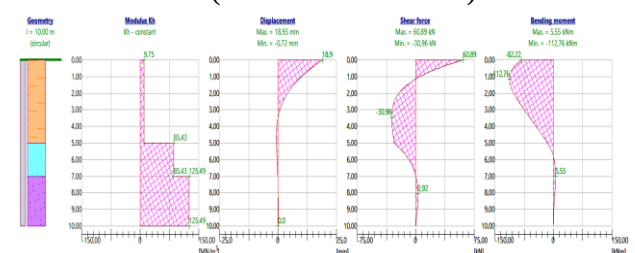
Gambar 46. Analisis Stabilitas Guling Kondisi Seismik
(sumber: hasil analisa)

Stabilitas Guling Kantilever: Angka keamanan 1.78-7.86, memenuhi syarat.

Analisis Kapasitas Tiang



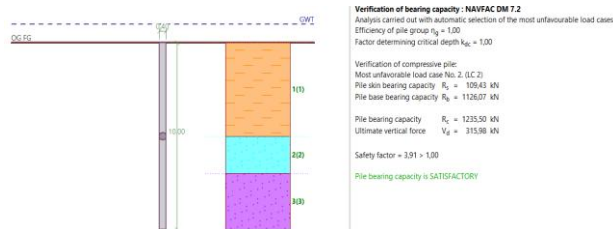
Gambar 47. Kapasitas Beban Vertikal Kondisi Statik (sumber: hasil analisa)



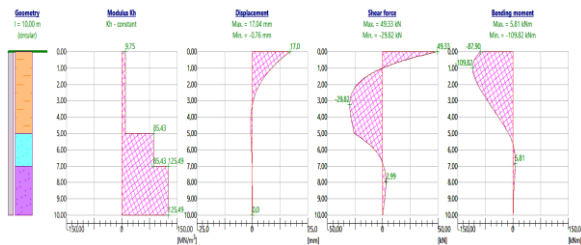
Maximum internal force and deformation :

Max. pile displacement	= 18,9 mm
Max. shear force	= 60,89 kN
Maximum moment	= 112,76 kNm

Gambar 48. Kapasitas Beban Horizontal Kondisi Statik (sumber: hasil analisa)



Gambar 49. Kapasitas Beban Vertikal Kondisi Seismik (sumber: hasil analisa)



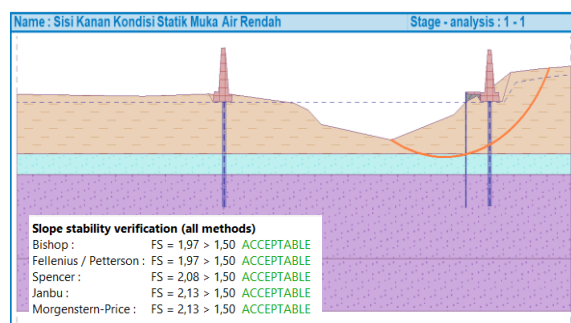
Maximum internal force and deformation :

Max. pile displacement = 17,0 mm
Max. shear force = 49,33 kN
Maximum moment = 109,82 kNm

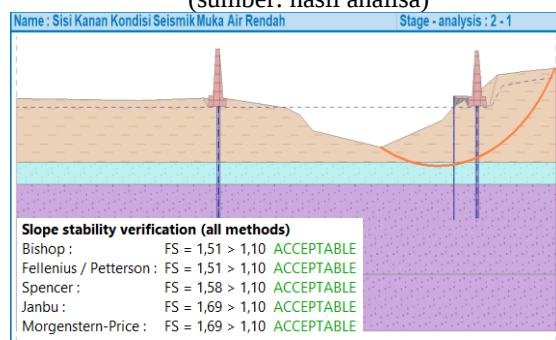
Gambar 50. Kapasitas Beban Horizontal Kondisi Seismik (sumber: hasil analisa)

Kapasitas Tiang: Daya dukung vertikal 3.62-6.01, deformasi lateral 6.6-32.0 mm, memenuhi syarat.

Analisis Stabilitas Lereng



Gambar 51. Analisis Stabilitas Lereng Kondisi Statik (sumber: hasil analisa)

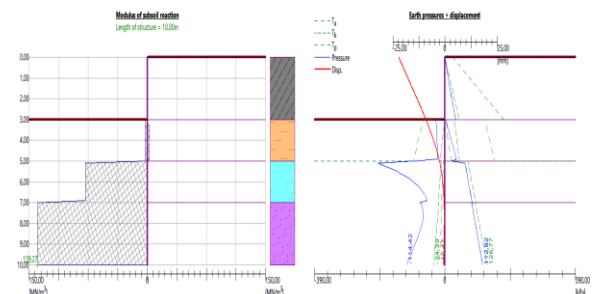


Gambar 52. Analisis Stabilitas Lereng Kondisi Seismik (sumber: hasil analisa)

Stabilitas Lereng: Angka keamanan 1.51-5.43, memenuhi syarat.

Deformasi Lateral CCSP

Deformasi lateral pada dinding penahan tanah CCSP diukur untuk mengetahui seberapa besar perubahan bentuk yang terjadi akibat tekanan horisontal. Hasil analisis menunjukkan bahwa deformasi yang terjadi pada semua segmen tetap berada di bawah batas aman, yaitu 60 mm, baik dalam kondisi statik maupun seismik, yang berarti dinding tanggul masih dapat berfungsi dengan baik dan stabil.

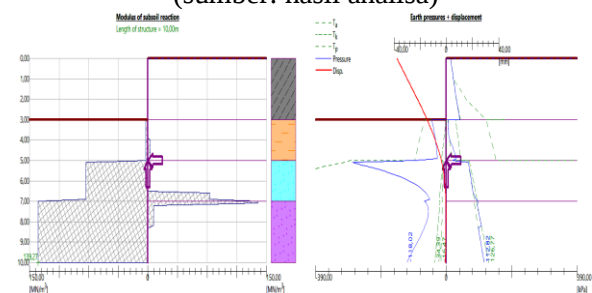


Analysis properly completed.

Maximum values of internal forces acting on the structure

Maximum shear force = 51,40 kN/m
Maximum moment = 118,51 kNm/m
Maximum displacement = 22,2 mm

Gambar 53. Deformasi Lateral CCSP Kondisi Statik (sumber: hasil analisa)



Analysis properly completed.

Maximum values of internal forces acting on the structure

Maximum shear force = 89,30 kN/m
Maximum moment = 199,89 kNm/m
Maximum displacement = 37,7 mm

Warning - allowable range of input data exceeded during earthquake analysis!
The analysis is carried out with the modified value of terrain inclination β . ($\beta=0,00^\circ$, $\beta_{modified}=0,00^\circ$) ($E=0,11$, $\epsilon_{modified}=0,00$)

Gambar 54. Deformasi Lateral CCSP Kondisi Seismik (sumber: hasil analisa)

Besar deformasi lateral CCSP sebesar 8.4-37.7 mm, di bawah 60 mm

Pembahasan

Analisis menunjukkan bahwa semua segmen tanggul memenuhi persyaratan stabilitas minimum sesuai SNI 8460-2017. Stabilitas guling dan lereng menunjukkan performa yang kuat, terutama pada kondisi statik dengan muka air rendah, dengan angka keamanan tertinggi pada segmen TPT 5.0 m (7.86). Kapasitas tiang pancang konsisten melebihi syarat minimum, dengan deformasi lateral jauh di bawah ambang batas 60 mm, menunjukkan desain yang kokoh terhadap beban horizontal. Penurunan pada

penampang P7 (22.7 mm) dapat diatasi dengan penambahan tinggi jagaan yang sesuai. Namun, kecepatan aliran sungai pada tikungan dapat menyebabkan gerusan, mengurangi kapasitas pasif CCSP, sehingga memerlukan perlindungan tambahan. Stabilitas guling dan lereng menunjukkan performa yang kuat, dengan angka keamanan tertinggi ada segmen TPT 5.0 m (7.86 untuk guling statik dan 5.43 untuk lereng statik), menunjukkan desain yang kokoh pada kondisi muka air rendah

KESIMPULAN

Desain tanggul Sungai Citonjong pada segmen TPT 2.5 m hingga 5.0 m dinyatakan aman, mendukung upaya mitigasi banjir di Kabupaten Pangandaran berdasarkan analisis stabilitas struktur dan geoteknik. Semua parameter, termasuk stabilitas guling (1.50-7.86), kapasitas tiang (2.54-6.01), stabilitas lereng (1.28-6.34) dan deformasi lateral (3.70-43.7), memenuhi syarat minimum SNI 8460-2017.

Rekomendasi

Untuk meningkatkan ketahanan tanggul, terutama pada tikungan sungai, disarankan pada saat pemasangan bronjong untuk melindungi dasar sungai dari gerusan. Pemasangan riprap untuk memperkuat zona pasif CCSP. Studi lanjutan mengenai kecepatan aliran sungai diperlukan untuk memastikan desain yang optimal dan mencegah penurunan kapasitas pasif akibat erosi.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. (2017). *SNI 8460-2017 Persyaratan Perancangan Geoteknik*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional
- Bowles, J. E. (1996). *Foundation Analysis and Design* (5th ed). New York: McGraw-Hill
- Burland, J. B., & Wroth, C. P. (1989). *Soil Mechanics: Theories and Applications*. New York: Springer-Verlag.
- Chayati, N., Wicaksono, M. H., & Taqwa, F. M. L. (2023). Analisis Stabilitas Lereng Bendungan terhadap Beban Gempa sebagai Upaya Pengurangan Bencana (Studi Kasus: Bendungan Jlantah). *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*, 23(1), 1035-1042.
<http://dx.doi.org/10.33087/jiubj.v23i1.2249>

- Das, B. M. (2015). *Principles of Geotechnical Engineering (8th ed)*. Stamford: Cengage Learning.
- Fadli, M., Hariati, F., Chayati, N., & Taqwa, F. M. L. (2022). Perlindungan Tebing Sungai Ciliwung dengan Dinding Kantilever Ruas Kampung Legok Nyenang, Kabupaten Bogor. *Jurnal Komposit: Jurnal Ilmu-Ilmu Teknik Sipil*, 5(1), 17-23.
<https://doi.org/10.32832/komposit.v5i1.4582>
- Fine Software. (2022). *GEO5 2022 User Manual*. Praha: Fine Software.
- Lutfi, M., Berangkat, R., & Taqwa, F. M. L. (2022). Finite Element Method Modelling of Steel Sheet Pile Structure on Deep Foundation Excavation. *Astonjadro*, 11(2), 371-381.
<https://doi.org/10.32832/astonjadro.v11i2.6302>
- Hudson, J. A., & Harrison, J. P. (2005). *Engineering Rock Mechanics: An Introduction to the Principles*. Oxford: Elsevier.
- Morgenstern, N. R., & Price, V. E. (1965). The Analysis of the Stability of General Slip Surfaces. *Geotechnique*, 15(1), 79-93.
<https://doi.org/10.1680/geot.1965.15.1.79>
- Pusat Gempa Nasional (PusGen). (2022). Peta Percepatan Puncak di Batuan Dasar (SB) untuk Periode Ulang 100 Tahun. Jakarta: Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika.
- Peck, R. B., & Hansen, W. H. (1969). *Foundation Engineering* (2nd ed.). New York: John Wiley & Sons.
- Taqwa, F. M. L. (2017). Perencanaan Normalisasi Arus Sungai Cijere di Ds. Pasirmukti Kec. Citeureup Kab. Bogor. *Jurnal Komposit: Jurnal Ilmu-Ilmu Teknik Sipil*, 1(2), 87-99.
<https://doi.org/10.32832/komposit.v1i2.1544>
- Widjaja, O., & Makarim, C. A. (2020). Penggunaan Dinding Silang sebagai Tahan Lateral pada Galian Dalam di Tanah Sangat Lunak. *Jurnal Muara Sains, Teknologi, Kedokteran Dan Ilmu Kesehatan*, 4(2), 257-268.
<https://doi.org/https://doi.org/10.24912/jmst.kik.v4i2.7090>