



Perbandingan Kapasitas Struktur Cermaton yang Diubah Menjadi *Pile Slab* Terhadap Beban Rencana

Muhammad Andika Pratama Putra¹, Andi Indianto²

^{1,2}Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Jakarta

¹m.andika1506@gmail.com, ²andi.indianto@sipil.pnj.ac.id*

Abstract

One of the bridges on the Serpong-Balaraja Toll Road section 1a project with the longest span is the Cisadane Bridge, which will employ a PCI Girder superstructure with a length of 50.8 meters. The approach road structure for the Cisadane Bridge was originally intended to employ Cermaton with a soil pile that was 6–8 m high. However, during construction, the design of the approach road changed from Cermaton to pile slab. In order to determine which structure is the most suitable for use, it is required to assess its performance. The SAP2000 program was used to check the bearing capacity of the foundation, the settlement that took place, and the structural capacity against seismic loads as part of the evaluation that was done as a result of changes in the structural design. The study results for structural design change demonstrated that the Cermaton was not superior to the pile slab since the Cermaton's decrease, which was 11.3 mm as opposed to 1.06 mm for the pile slab, was substantially greater. For an analysis of earthquake loads using SAP2000 software, it was found that Cermaton is not strong enough to withstand earthquake loads, while the pile slab is strong enough to withstand earthquake loads because the capacity of the pile slab is still adequate.

Keywords: bearing capacity, bridge, capacity, cermaton, earthquake load, evaluation, pile slab, structure.

Abstrak

Jembatan Cisadane merupakan salah satu jembatan dengan bentang terpanjang pada proyek Jalan Tol Serpong – Balaraja seksi 1a yang direncanakan menggunakan Struktur atas PCI Girder dengan panjang 50,8 meter. Pada Sta 2+500 – 2+564 direncanakan Struktur jalan pendekat jembatan menggunakan Cermaton dengan timbunan tanah setinggi 6 – 8 m, namun ditengah pelaksanaan berlangsung terdapat perubahan desain pada struktur jalan pendekat Jembatan Cisadane dari cermaton menjadi pile slab. Oleh karena itu perlu dilakukan evaluasi terhadap kinerja struktur tersebut untuk mengetahui struktur mana yang lebih tepat digunakan. Evaluasi yang dilakukan karena perubahan desain struktur dilakukan dengan cara pengecekan terhadap kapisitas daya dukung pondasi, penurunan yang terjadi serta kapasitas struktur terhadap beban gempa yang dianalisis dengan menggunakan bantuan software SAP2000. Hasil penelitian untuk perubahan desain struktur menunjukkan bahwa cermaton tidak lebih baik dibandingkan dengan pile slab dikarenakan penurunan yang terjadi pada cermaton jauh lebih besar dibandingkan dengan pile slab yaitu sebesar 11,3 mm, sedangkan pile slab 1,06 mm. untuk analisis terhadap beban gempa dengan menggunakan software SAP2000 didapatkan hasil bahwa cermaton tidak kuat menahan beban gempa sedangkan pile slab kuat menahan beban gempa karena kapasitas pile slab masih memadai.

Kata kunci: beban gempa, cermaton, daya dukung, evaluasi, jembatan, kapasitas, *pile slab*, struktur.

Diterima Redaksi : 2022-08-25 | Selesai Revisi : 2022-11-24 | Diterbitkan Online : 2022-12-01

1. Pendahuluan

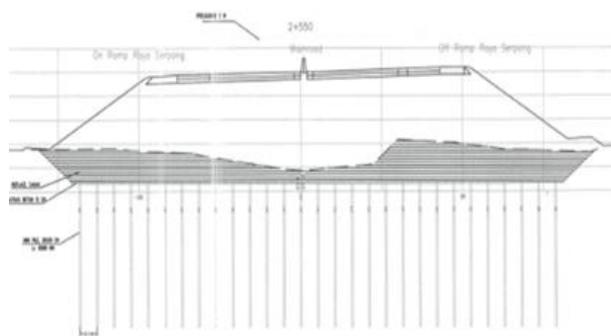
Pembangunan di Indonesia semakin berkembang seiring bertambahnya populasi manusia dan kemajuan teknologi. Konstruksi bangunan juga semakin berkembang seiring berjalannya waktu. Pada suatu pembangunan pasti ada suatu perencanaan sebelum bangunan didirikan [1]. Secara umum pembangunan jalan tol akan terdiri dari beberapa pekerjaan seperti konstruksi perkerasan, jembatan, underpass, overpass, interchange, dan lain sebagainya. Saat merencanakan suatu struktur jembatan harus dilakukan sesuai dengan

ketentuan yang sudah diperhitungkan agar struktur yang mampu menahan beban yang bekerja.

Jembatan Cisadane merupakan salah satu jembatan dengan bentang terpanjang pada proyek Jalan Tol Serpong – Balaraja seksi 1a yang direncanakan menggunakan struktur atas PCI Girder dengan panjang 50,8 meter. pada sta 2+500 – 2+564 direncanakan struktur jalan pendekat jembatan menggunakan cermaton dengan timbunan tanah setinggi 6 – 8 m, namun ditengah pelaksanaan berlangsung terdapat



perubahan desain pada struktur jalan pendekat Jembatan Cisadane dari cermaton menjadi *pile slab*.



Gambar 1. Rencana Teknis Akhir Cermaton Pada Proyek Jalan Tol Serpong-Balaraja Seksi 1a.



Gambar 2. Struktur *Pile Slab* Pada Proyek Jalan Tol Serpong-Balaraja Seksi 1a.

Menurut Yasmara bahwa cermaton lebih baik digunakan dari pada *pile slab*, sedangkan pada proyek jalan tol Serpong-Balaraja ini justru adanya perubahan struktur cermaton menjadi *pile slab* [2]. Oleh karena itu perlu dilakukan analisis agar dapat mengetahui struktur mana yang lebih tepat digunakan. *Pile slab* merupakan struktur pondasi yang ditumpu oleh sistem kelompok tiang pancang dan diikat oleh *pile cap* yang digunakan untuk menahan dan meneruskan beban dari struktur atas ke dalam tanah yang mempunyai daya dukung untuk menahannya [3]. Pondasi adalah suatu bagian dari konstruksi bangunan yang bertugas meletakkan bangunan dan meneruskan bangunan atas (*upper structure/super structure*) ke dasar tanah yang cukup kuat mendukungnya [4]. Pondasi tiang pancang merupakan pondasi tiang yang dibuat terlebih dahulu sebelum dimasukkan ke dalam tanah hingga mencapai kedalaman tertentu dimana dapat dicapai daya dukung yang lebih baik [5]. Cerucuk Matras Beton (Cermaton) adalah metode perkuatan dengan memancang *mini pile* kemudian pada top *mini pile* dipasang pelat beton [6]. Cerucuk atau *mini-pile* adalah suatu tiang yang terbuat dari kayu atau beton dengan panjang relatif pendek [7]. Kekakuan tiang tergantung dari jenis bahan

DOI : <https://doi.org/10.52158/jaceit.v3i2.390>

tiang. Cerucuk juga dapat didefinisikan sebagai susunan tiang dengan diameter atau ukuran sisi antara 8-15 cm yang dimasukkan ke dalam tanah dan berfungsi sebagai penyalur beban [8].

2. Metode Penelitian

Tahapan dalam penelitian ini dijelaskan secara ringkas melalui bagan alir berikut.



Gambar 3. Bagan Alir Penelitian

- Melakukan survey pendahuluan pada lokasi penelitian yaitu Struktur jalan pendekat pada jembatan cisadane ruas jalan tol serpong-balaraja seksi 1a Sta 2+500 - 2+564.
- Mengumpulkan data yang berkaitan dengan topik penelitian berupa data Primer yang didapatkan saat survey kondisi eksisting berupa dimensi Struktur dan data sekunder yang diperoleh dari PT Multi Phi Beta berupa *Detail Engineering design* (DED), spesifikasi, dan data tanah.
- Membuat pemodelan struktur cermaton dan pile slab dengan tinjauan 3 segmen sepanjang 15 meter berdasarkan Shop Drawing dengan bantuan software.
- Melakukan analisis kapasitas kekuatan struktur cermaton dan pile slab dengan memasukan data dimensi, material, dan beban-beban yang bekerja pada software.
- Membandingkan kapasitas pondasi cermaton dengan kapasitas pondasi pile slab berdasarkan hasil analisis pada software.
- Setelah melakukan perbandingan kapasitas kekuatan struktur maka dilanjutkan dengan membuat kesimpulan yang dikaitkan dengan volume pondasi dan daya dukung pondasi,

Beban mati tambahan

- Aspal

Dengan tebal aspal 0,05 m dan berat jenis aspal 22 kn/m³ maka didapatkan hasil perhitungan beban aspal sebagai berikut.

Tabel 1. Beban Mati Tambahan Aspal *Pile Slab*

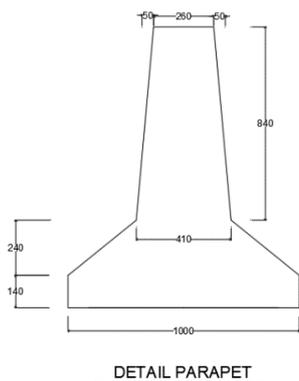
Bentang	Lebar Tinjauan Lantai (m)	SDL Aspal (kN/m)
Serpong A2	4,39	4,829
Serpong P7	4,73	5,203
Serpong P6	5,09	5,599
Balaraja	3,81	4,191
Tengah	3,75	4,125

Tabel 2. Beban Mati Tambahan Aspal Cermaton

Beban Aspal	Lebar Tinjauan Lantai (m)	SDL Aspal (kN/m)
	2,1	2,31

- Parapet

Dengan luasan penampang parapet 0,5438 m² dan berat jenis beton 25 kn/m³ maka didapatkan hasil perhitungan beban parapet sebesar 13,595 Kn/m.



Gambar 5 Detail Penampang parapet

Beban hidup

- Beban garis terpusat

Sesuai dengan ketentuan SNI 1725:2016 besaran beban garis terpusat adalah 49 kN/m dikalikan dengan faktor beban dinamis. Maka didapatkan hasil 68,6 kN/m.

- Beban terbagi rata

Tabel 3. Beban Terbagi Rata *Pile Slab*

Bentang	Lebar Tinjauan Lantai (m)	QLL (kN/m)
Serpong A2	4,39	39,51
Serpong P7	4,73	42,57
Serpong P6	5,09	45,81
Balaraja	3,81	34,29
Tengah	3,75	33,75

Untuk perhitungan beban terbagi rata pada cermaton didapatkan hasil sebagai berikut.

$$QLL = q \times \text{jarak antar mini pile} \quad (4)$$

$$= 9 \text{ kPa} \times 2,1 \text{ m}$$

$$= 18,9 \text{ kN/m}$$

- Gaya rem

Perhitungan gaya akibat rem didapatkan dari 25% berat gandar truk atau 5 % dari berat truk rencana ditambah BTR. Didapatkan hasil 195 kN/m.

- Beban gempa

Dalam perhitungan beban gempa, digunakan SNI 2833:2016. Yang didalamnya terdapat parameter dalam perhitungan beban gempa yaitu berat struktur, koefisien respon elastik, dan faktor modifikasi [13]. Berat struktur dapat dihitung secara otomatis menggunakan *software* SAP2000 ditambah beban hidup. Faktor beban hidup dalam perhitungan beban gempa ditentukan berdasarkan kondisi spesifik jembatan yaitu 0,5 (jembatan jalan tol). Berdasarkan lokasi penelitian yang terletak di Serpong, Tangerang Selatan maka nilai koefisien respon elastik disesuaikan lokasi pada peta gempa serta waktu getar struktur. Didapatkan beban gempa sebesar 483 ton (*pile slab*) dan 2,08 ton (per 1 matras cermaton). Karena beban gempa tersebut bekerja pada pusat massa konfigurasi beban gempa yang digunakan adalah 100% untuk arah melintang dan 30% arah memanjang.

Tabel 4. Perhitungan Beban Gempa *Pile Slab*

Perhitungan Beban Gempa <i>Pile Slab</i>	
F _{PGA}	1,05
F _a	1,2
F _v	3,4
C _{sm}	0,42
E _q (x)	1450,801 kN
E _q (y)	4836,006 kN

Tabel 5. Perhitungan Beban Gempa Cermaton

Perhitungan Beban Gempa <i>Pile Slab</i>	
F _{PGA}	1,05
F _a	1,3
F _v	2,6
C _{sm}	0,41
E _q (x)	7,6 kN
E _q (y)	25,87 kN

Perhitungan konstanta pegas

Perhitungan nilai konstanta pegas digunakan dalam permodelan struktur bawah *pile slab* dan cermaton seperti *spun pile* dan *mini pile*. Kondisi tanah di sekitar pondasi *spun pile* maupun *mini pile* yang terbenam di dalam tanah dibuat model dengan konstanta pegas tanah atau *spring* dengan besaran sesuai dengan nilai N-spt yang sudah di koreksi mengacu pada SNI 4153 tahun

2008 dan buku *Foundation Analysis and Design* 1997. Analisis kapasitas tiang
 Berikut persamaan Koreksi N-SPT [14].

$$N_{60} = \frac{(N_{spt} \times C_e \times C_b \times C_s \times C_r)}{0,6} \quad (5)$$

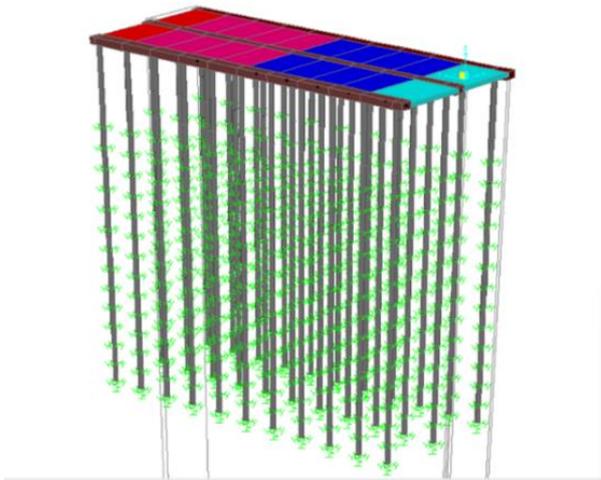
Menurut Joseph E. Bowles besarnya konstanta pegas tanah arah vertikal dan horizontal adalah

$$K_{sv} = 40 \times SF \times qa \quad (6)$$

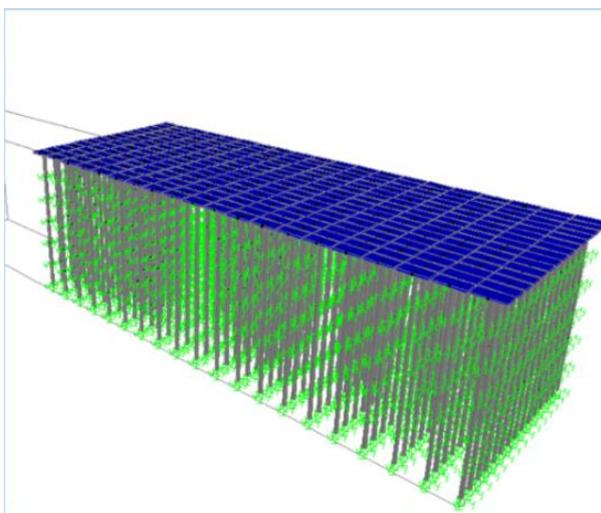
$$K_{sh} = 2 \times k_{sv} \quad (7)$$

hubungan antara daya dukung tanah yang diizinkan (qa) dengan nilai N-SPT adalah $qa = N/8$ (kg/cm²) [15].

dilanjutkan dengan proses analisis struktur *pile slab* dan cermaton menggunakan *software* SAP2000. Dengan membuat permodelan seperti gambar berikut.



Gambar 6. Permodelan *Pile Slab* 15 m



Gambar 7. Permodelan Cermaton

Dalam menganalisis kapasitas tiang *spun pile* dan *mini pile* dilihat dari volume dan total reaksi yang diterima oleh struktur.

- Volume *pile slab* dan cermaton

Dalam menghitung volume pondasi pile slab dapat dilihat pada persamaan berikut.

$$V = A_s \times L \times \text{Jumlah tiang} \quad (8)$$

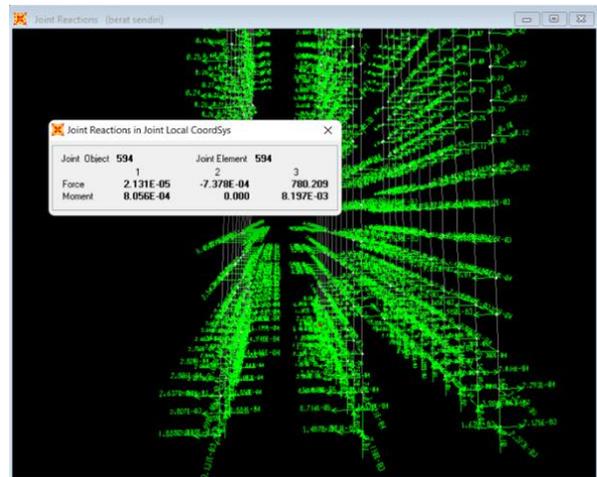
Keterangan:

A_s = Luas penampang

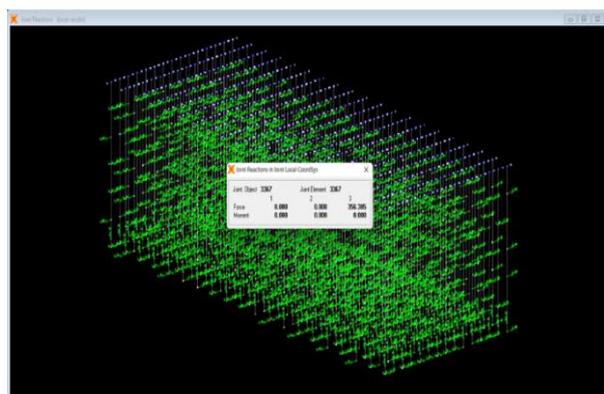
L = Panjang

Maka dari itu didapatkan volume *pile slab* sebesar 317,077 m³ dan volume cermaton sebesar 208,8 m³.

- Reaksi pada *pile slab* dan cermaton



Gambar 8. Reaksi Pada *Pile Slab*

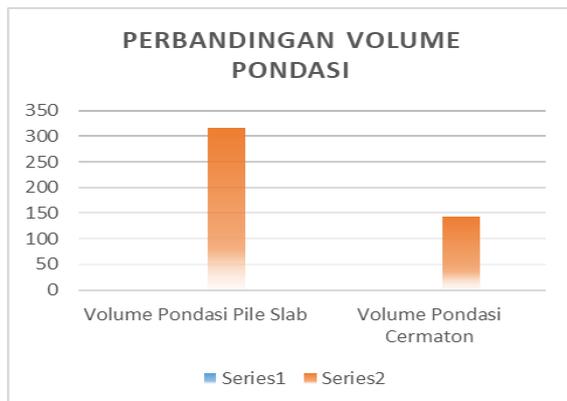


Gambar 9. Reaksi Pada Cermaton

Didapatkan hasil total reaksi pada masing-masing struktur sebagai berikut.

Tabel 6. Perbandingan hasil reaksi

Total reaksi	<i>Pile slab</i>	cermaton
	20157,57 kN	137118,7 kN



Gambar 10. Perbandingan Volume *Pile Slab* Dan Cermaton

Berdasarkan hasil analisis menggunakan *software* SAP2000, didapatkan bahwa cermaton memiliki daya dukung pondasi yang lebih besar dengan volume pondasi yang lebih kecil dibandingkan dengan *pile slab*.

- Kontrol daya dukung pondasi

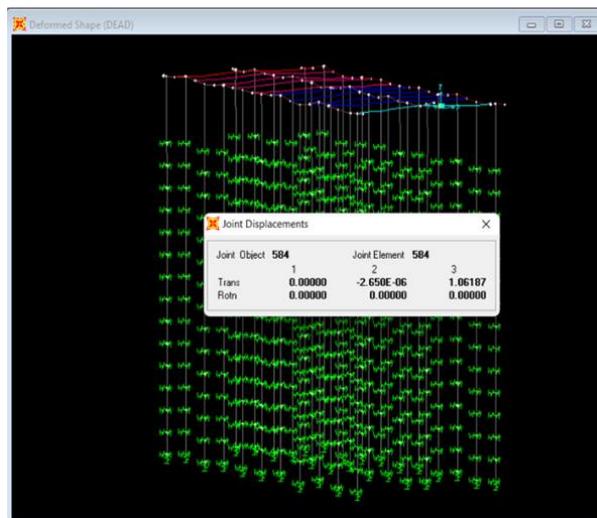
Setelah menganalisis menggunakan *software* SAP2000 kemudian di kontrol kembali dengan menghitung daya dukung pondasi secara manual. Perhitungan daya dukung pondasi di analisis menggunakan metode mayerhof. Didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 7. Perbandingan Daya Dukung Pondasi

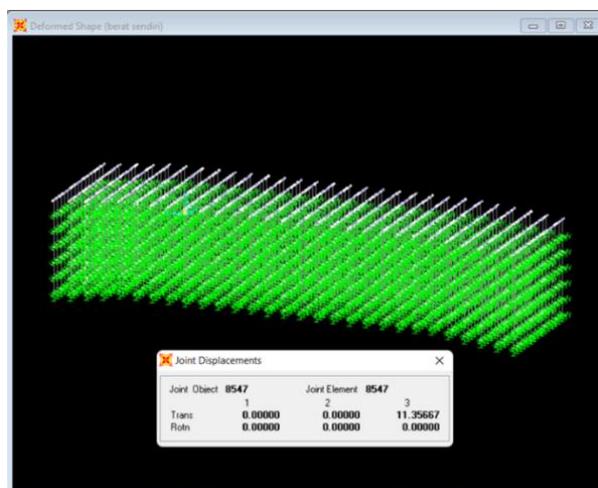
Perbandingan Daya Dukung Tiang			
Cermaton		<i>Pile Slab</i>	
Qa (ton)	n	Qa (ton)	n
73,44	435	408,3352	33
31946,4		13475,06	

- Cek penurunan pada SAP2000

Dalam mengecek penurunan pada *pile slab* yang akan dibandingkan dengan cermaton yang digunakan hanya akibat beban mati struktur. Seperti yang dapat dilihat pada **Gambar 11** dan **Gambar 12**.



Gambar 11. Hasil Penurunan Pada *Pile Slab*

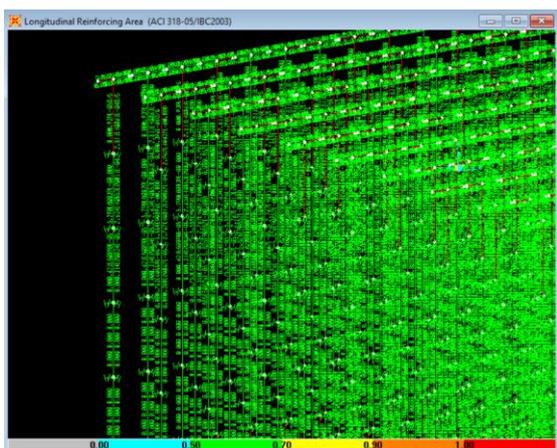


Gambar 12. Hasil Penurunan Pada Cermaton

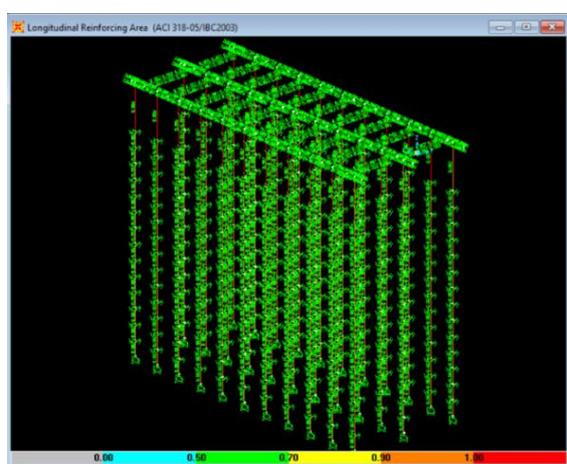
Setelah di bandingkan menggunakan *software* SAP2000 didapatkan hasil bahwa pada struktur *pile slab* terjadi penurunan sebesar 1,06 mm sedangkan penurunan yang terjadi pada cermaton sebesar 11,3 mm.

- Cek kapasitas tiang terhadap beban gempa

Berikut adalah hasil Cek kapasitas Struktur Cermaton dan *pile slab* akibat beban gempa yang sudah di analisis sebelumnya.



Gambar 13. Hasil Cek Kapasitas Struktur Cermaton Akibat Beban Gempa



Gambar 14. Hasil Cek Kapasitas Struktur *Pile Slab* Akibat Beban Gempa

Setelah di analisis terhadap beban gempa, kapasitas struktur *pile slab* lebih baik menerima beban akibat gempa dibandingkan dengan cermaton dikarenakan *capacity ratio* pada *pile slab* masih dibawah 1,0 sedangkan cermaton diatas 1,0 atau *overstress*.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan untuk mengevaluasi perbandingan struktur *pile slab* dan cermaton maka di peroleh kesimpulan sebagai berikut.

- Berdasarkan hasil analisis volume dan reaksi yang di terima oleh struktur, cermaton lebih baik dibandingkan dengan *pile slab* dikarenakan dengan volume yang lebih kecil dan didapatkan total reaksi yang lebih besar.
- Berdasarkan hasil analisis penurunan yang terjadi pada struktur, *pile slab* lebih baik dibandingkan dengan cermaton karena hasil analisis menunjukkan bahwa penurunan yang terjadi pada *pile slab* jauh lebih kecil dibandingkan dengan cermaton.
- Berdasarkan hasil analisis terhadap beban gempa, kapasitas struktur *pile slab* lebih baik menerima

beban akibat gempa dibandingkan dengan cermaton.

Pada penelitian ini berbeda dengan penelitian sebelumnya yang mengatakan bahwa cermaton lebih baik dibandingkan dengan *pile slab*, tetapi pada penelitian ini didapatkan bahwa *pile slab* dikatakan lebih baik dibandingkan dengan cermaton karena dilihat dari penurunannya yang akan berdampak pada keretakan struktur tersebut.

Daftar Rujukan

- N. A. Istikomqh and M. A. Rudiyanto, “Studi Perencanaan Struktur Jembatan Pile Group Slab Dengan Menggunakan Beton Komposit Dan Pelat Buhul Ruas Tol Mojokerto Kertosono,” vol. 6, no. 2, 2017.
- I. N. Yasmara, “(Studi Kasus : Underpass Simpang Tugu Ngurah Rai),” 2018.
- M. Munir and Y. A. Yakin, “Evaluasi Deformasi dan Stabilitas Struktur Tiang Pelat (Pile Slab) di Atas Tanah Gambut (Studi Kasus : Ruas Jalan Tol Pematang Panggang - Kayu Agung , Provinsi Sumatera Selatan),” vol. 4, no. 3, pp. 105–116, 2018.
- M. Setiawati, S. Pengajar, J. Sipil, F. Teknik, and U. M. Palembang, “Analisa Daya Dukung Tiang Pancang Hotel Santika Premiere Palembang (Studi Kasus : Kel . Talang Jambe , Kec . Sukarame),” vol. 4, no. 2, pp. 84–88, 2015.
- E. Hidayat, A. Alwi, and E. Priadi, “Uji Beban Lateral Pada Tiang Spunpile Pada Pembangunan PLTU II Tanjung Gundul,” *J. Mhs. Tek. Sipil Univ. Tanjungpura*, vol. 2, no. 2, 2013, [Online]. Available: <http://jurnal.untan.ac.id/index.php/JMHMS/article/view/3713>.
- R. Romdhani, “Engineering Departemen Sipil Umum 2 Pt . Wijaya Karya (Persero) Tbk Departemen Sipil Umum 2 Pt . Wijaya Karya (Persero) Tbk,” 2014.
- D. P. Pranata, I. F. Marshush, R. Karlinasari, and H. P. Adi, “Biaya Konstruksi Studi Kasus Jalan Tol Pematang,” pp. 206–215, 2019.
- S. Juliarsih, S. Widodo, and Sumiyattinah, “Evaluasi Tebal Perkerasan Oprit Jembatan Bawas Dengan Menggunakan Manual Desain Perkerasan Jalan NO. 02/M/BM/2013,” *Ft Untan*, no. 02, pp. 1–7, 2013.
- B. M. Das, “Principles of Foundation Engineering: Instructors Solution Manual.” p. 160, 2007.
- Y. A. Yakin, D. S. Pratiwi, and B. F. Bilaldy, “Analisis Konstanta Pegas pada Fondasi Tiang (Studi Kasus: Gedung Type B DPRD Surabaya),” *RekaRacana J. Tek. Sipil*, vol. 6, no. 1, p. 42, 2020, doi: 10.26760/rekaracana.v6i1.42.
- A. S. Rosyada and A. Indianto, “Evaluasi Kapasitas Tiang Pancang Miring pada Pilar Jembatan Tipe Pile Cap,” *J. Appl. Civ. Eng.*

- Infrastruct. Technol.*, vol. 2, no. 2, pp. 32–38, 2021, [14] SNI4153, “SNI 4153:2008 Cara uji penetrasi lapangan dengan,” 2008.
doi: 10.52158/jaceit.v2i2.245.
- [12] SNI 1725, “Standar pembebanan untuk jembatan,” 2016. [15] J. E. Bowles, *Foundation Analysis and Design International Fifth Edition*. 1997.
- [13] Badan Standardisasi Nasional, “SNI 2833:2008 Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Jembatan,” no. ICS 91.120.25, pp. 1–88, 2008.