

## **Analisis Struktur *Slab On Pile* terhadap Kontrol Lendutan pada Proyek Jalan Tol Kataraja**

**Faizal Addin Achmad<sup>1</sup>, Yonas Prima Arga Rumbyarso<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup>Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Krisnadwipayana Jakarta

Email: [ujangwar@gmail.com](mailto:ujangwar@gmail.com)<sup>1</sup>, [primusindonesiaku@gmail.com](mailto:primusindonesiaku@gmail.com)<sup>2</sup>

### **Abstrak**

Slab on pile merupakan salah satu struktur jembatan yang digunakan pada Proyek Jalan Tol Kataraja zona 1. Struktur slab on pile terdiri dari slab, pile head, dan tiang pancang. Struktur jembatan Slab On Pile adalah elemen struktur yang mendukung beban hidup maupun beban mati dan menyalurkannya ke struktur bawah pada jembatan. Masalah utama dalam perencanaan Slab On Pile jembatan adalah lendutan. Lendutan yang tidak diperhitungkan dengan baik pada saat pembangunan sebuah struktur akan menyebabkan struktur mengalami lendutan yang melebihi batas toleransi sehingga bukan hanya menyebabkan kurang aman bagi pengguna tetapi retak yang besar. Masalah ini dapat disebabkan antara lain karena kesalahan pada perencanaan dimensi dan tulangan sehingga tulangan yang dipasang tidak cukup menahan beban yang bekerja. Selain itu, penyebab lainnya adalah penggunaan bahan/material yang kurang baik pada saat pemasangan tulangan, sehingga dapat mengurangi kekuatan Slab On Pile yang menggunakan beton bertulang. Dengan mengambil Penelitian pada proyek Jalan Tol Kataraja maka akan dilakukan analisis Slab On Pile menggunakan SNI 1725:2016 dan RSNI T-12-2004 untuk mengetahui apakah dengan material dan dimensi tulangan yang digunakan cukup menahan lendutan yang terjadi pada Slab On Pile, dan apakah lendutan yang terjadi aman. Dalam hal ini setelah mempertimbangkan beberapa aspek yang dirasa mendukung maka kasus yang dipilih dalam penulisan Tugas Akhir ini adalah menganalisis kontrol lendutan pada slab on pile dengan software SAP 2000 v22. Dari hasil analisis data dan perhitungan pada slab on pile proyek Jalan Tol Kataraja-Jakarta Utara dapat diperoleh nilai lendutan yang terjadi pada slab on pile adalah  $\delta_{total} = 5,295 \text{ mm} < 141.666 \text{ mm(OK)}$  dan untuk nilai lendutan keatas (Uplift) yang terjadi pada slab on pile adalah  $SF = 1.36996283 > 1.2$

Kata Kunci : *Slab On Pile*, Jembatan, Lendutan, *Uplift*

### **Abstract**

Slab on pile is one of the bridge structures used in the Kataraja Toll Road Project zone 1. The slab on pile structure consists of slabs, pile heads, and piles. The Slab On Pile bridge structure is a structural element that supports live and dead loads and distributes them to the lower structure of the bridge. The main problem in planning Slab On Pile bridges is deflection. Deflection that is not taken into account properly during the construction of a structure will cause the structure to experience deflection that exceeds the tolerance limit so that it not only causes less safety for the user but large cracks. This problem can be caused, among others, by errors in the planning dimensions and reinforcement so that the reinforcement installed is not sufficient to withstand the working load. In addition, another cause is the use of materials that are not good enough when installing reinforcement, which can reduce the strength of Slab On Pile using reinforced concrete. By taking research on the Kataraja Toll Road project, a Slab On Pile analysis will be carried out using SNI 1725:2016 and RSNI T-12-2004 to find out whether the material and dimensions of the reinforcement used are sufficient to withstand the deflection that occurs in Slab On Pile, and whether the deflection what happens is safe. In this

case, after considering several aspects that are felt to be supportive, the case chosen in writing this final project is to analyze the deflection control on slab on pile with SAP 2000 v22 software. From the results of data analysis and calculations on the slab on pile of the Kataraja-North Jakarta Toll Road project, it can be obtained that the deflection value that occurs on the slab on pile is  $\delta_{total} = 5.295 \text{ mm} < 141,666 \text{ mm}$  (OK) and for the uplift value that occurs on the slab on pile is  $SF = 1.36996283 > 1.2$

**Keywords** : Slab On Pile, Bridge, Deflection, Uplift



## PENDAHULUAN

*Slab on pile* merupakan salah satu struktur jembatan yang digunakan pada proyek jalan tol Kataraja zona 1[1][2]. Slab on pile terdiri dari *slab*, *pile head*, *spoon pile*[3]. Sistem dasar yang digunakan dalam pemodelan adalah massa tumpuan pegas[4][5], dimana fungsi tumpuan pegas harus mewakili karakteristik tanah[3]. Struktur jembatan *Slab On Pile* adalah elemen struktur yang mendukung beban hidup dan mati serta mendistribusikannya ke struktur bawah jembatan[6][7][8]. Masalah utama dalam perencanaan jembatan *Slab On Pile* adalah lendutan[9][10]. Lendutan yang tidak diperhitungkan dalam konstruksi struktur menyebabkan struktur melengkung melebihi batas toleransi[11], yang tidak hanya mengganggu keselamatan pengguna, tetapi juga menyebabkan retakan yang besar[3].

Masalah ini dapat disebabkan antara lain oleh kesalahan dimensi dan tulangan yang dirancang[12][13], sehingga tulangan yang terpasang tidak cukup kuat menahan beban kerja[14]. Selain itu, alasan lainnya adalah penggunaan material yang tidak mencukupi dalam pemasangan tulangan, yang dapat melemahkan kekuatan *slab on pile* beton bertulang. Pada dasarnya desain *slab on pile* yang baik adalah kuat atau tidaknya *Slab On Pile* dalam menopang beban kerja[15]. Karena desain menciptakan dimensi dan penguatan yang harus digunakan. Jika perhitungannya salah atau ada kesalahan di dalamnya, dapat menyebabkan pengukuran dan *verifikasi* hasil perhitungan, yang harus dipasang di lapangan. Dengan mengambil Penelitian pada proyek Jalan Tol Kataraja maka akan dilakukan analisis *Slab On Pile* menggunakan SNI 1725:2016 dan RSNI T-12-2004 untuk mengetahui apakah dengan material dan dimensi tulangan yang digunakan cukup menahan lendutan yang terjadi pada *Slab On Pile*, dan apakah lendutan yang terjadi aman.

## METODE

Metode yang di gunakan dalam pengumpulan data merupakan salah satu faktor terpenting yang menunjang keberhasilan penelitian. Metode pengumpulan data sendiri merupakan metode yang digunakan untuk mengumpulkan data dan informasi yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan. Metode pengumpulan data ini biasanya mengacu pada metode pengumpulan data, alat pengumpulan data, dan sumber yang dikutip. Peneliti menggunakan metode berikut untuk mengumpulkan data, antara lain:

### Observasi

Metode ini melibatkan pengamatan langsung terhadap orang, kelompok, atau situasi tertentu. Pengamatan dapat dilakukan dengan atau tanpa campur tangan ilmuwan. Data yang dikumpulkan selama observasi dapat berupa catatan lapangan, catatan observasi, atau rekaman audio/video. Pengamatan dapat digunakan untuk mengumpulkan informasi tentang perilaku, interaksi, atau situasi tertentu.

### Studi Literatur

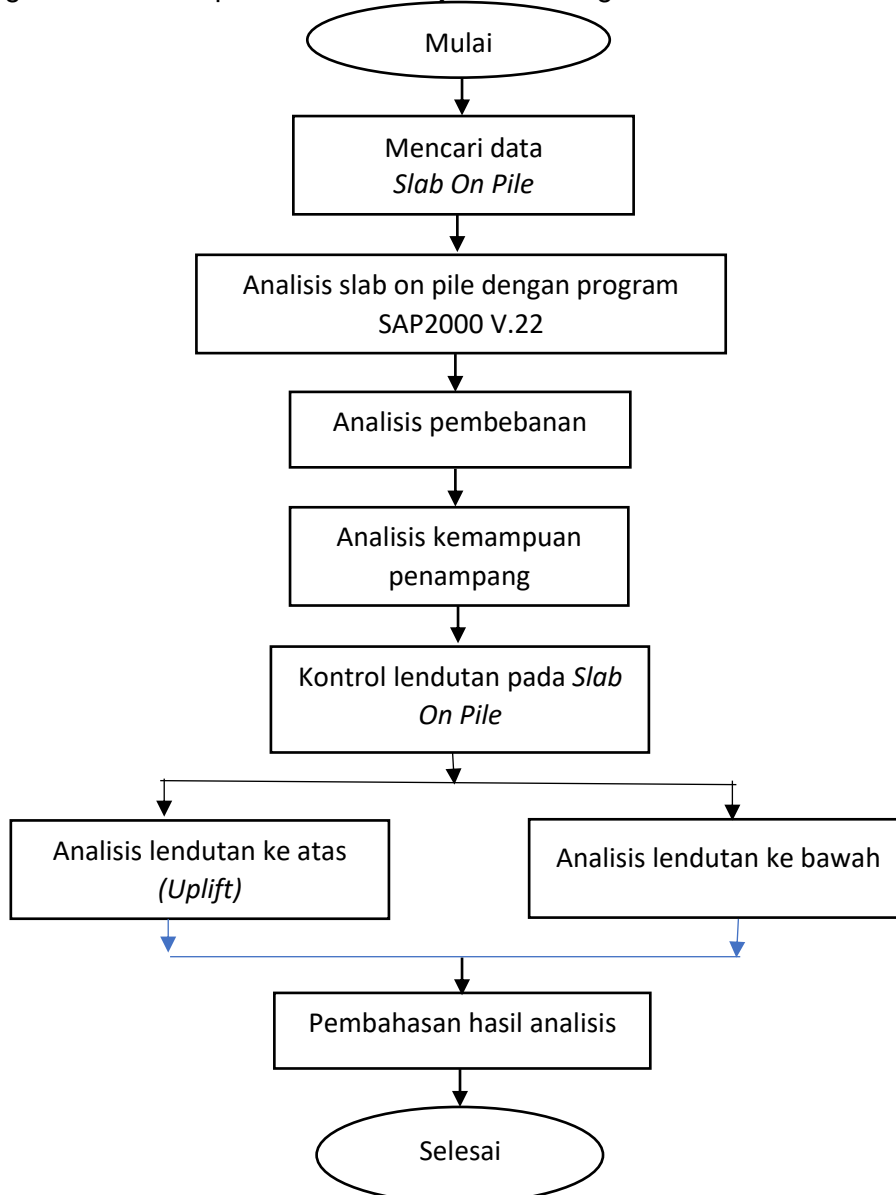
Metode ini melibatkan analisis literatur yang berkaitan dengan topik penelitian. Literatur yang digunakan dapat berupa buku, jurnal ilmiah, artikel atau sumber elektronik lainnya. Peneliti membaca, meringkas dan menganalisis literatur yang ada untuk membuat landasan teori penelitian dan untuk mendukung argumen yang disajikan.

### Pengumpulan Data Sekunder

Metode ini melibatkan penggunaan data yang sudah tersedia dan dikumpulkan oleh pihak lain. Informasi sekunder dapat diperoleh dari sumber seperti database, publikasi statistik

atau temuan penelitian sebelumnya. Peneliti menganalisis dan menginterpretasikan data sekunder yang berkaitan dengan topik penelitian. Saat mengumpulkan data, penting untuk mempertimbangkan validitas, reliabilitas, dan etika. Ingatlah untuk merancang alat pengumpulan data yang baik, menjaga kerahasiaan data, dan mendapatkan persetujuan etis jika diperlukan.

Adapun diagram alir dalam penelitian ini disajikan dalam gambar 1.



**Gambar 1. Diagram Alir Penelitian**

## HASIL dan DISKUSI

Berdasarkan studi kasus pada Proyek Pembangunan Kontruksi Jalan Tol Kataraja Seksi 1 Sta 0+000 – 6+700 penelitian dilakukan dengan menganalisis Kontrol lendutan kebawah dan *Uplift* pada struktur *slab on pile* dan pemodelan menggunakan bantuan software SAP 2000.

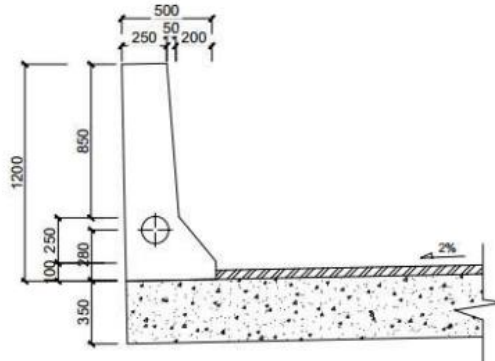
### Beban Mati tambahan/Utilitas (MA)

#### 1. Berat Aspal

$$t_{\text{aspal}} = 50 \text{ mm}$$
$$\gamma_{\text{aspal}} = 2300 \text{ kg/m}^3$$

$$\begin{aligned}\text{Berat aspal} &= t_{\text{aspal}} \times \gamma_{\text{aspal}} \\ &= 0,05 \text{ m} \times 2300 \text{ kg/m}^3 \\ &= 115 \text{ kg/m}^2\end{aligned}$$

## 2. Berat Barrier



Sumber: Shopdrawing proyek  
**Gambar 2 Dimensi Parafet/Barrier**

$$\begin{aligned}\text{Luas barrier} &= (1/2(0,25+0,3) \times 0,85) + (1/2(0,3+0,5) \times 0,25) + (0,5 \times 0,1) \\ &= 0,38375 \times 2 = 0,7675 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$Y_{\text{beton}} = 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$\begin{aligned}\text{Berat barrier} &= L_{\text{barrier}} \times Y_{\text{beton}} \\ &= 0,7675 \text{ m}^2 \times 2400 \text{ kg/m}^3 \\ &= 1.842,000 \text{ kg/m}^2\end{aligned}$$

### Beban Hidup

Beban hidup terdiri dari beban hujan dan pengaruh beban pelaksanaan pada saat kondisi sebelum komposit yang diatur dalam SNI 1725-2016 pasal 7.5

Beban air hujan:

$$\begin{aligned}t_{\text{genangan}} &= 30 \text{ mm} \\ Y_{\text{air}} &= 1000 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Berat air hujan} &= t_{\text{genangan}} \times Y_{\text{air}} \\ &= 0,03 \text{ m} \times 1000 \text{ kg/m}^3 \\ &= 30 \text{ kg/m}^2\end{aligned}$$

### Beban Lalu lintas

#### 1. Beban lajur "D"

##### a. Beban Terbagi Rata (BTR)

Jika  $L \leq 30 \text{ m}$ , maka  $q = 9 \text{ kPa}$

Jika  $L > 30 \text{ m}$ , maka  $q = 9 \times (0,5 + 15/L) \text{ kPa}$

Panjang total jembatan yang dibebani ( $L$ ) = 50 m

Intensitas beban terbagi rata dalam arah memanjang jembatan:

$$\begin{aligned}q &= 9 \times (0,5 + 15/L) \\ &= 9 \times (0,5 + 15/50 \text{ m}) = 7,2 \text{ kPa} = 720 \text{ kg/m}^2\end{aligned}$$

##### b. Beban Garis Terpusat (BGT)

Menurut SNI 1725-2016 pasal 8.3.1

Nilai  $P = 49 \text{ kN/m}$

Faktor Beban Dinamis (FBD) diambil sebagai berikut:

$FBD = 0,4$  untuk  $L \leq 50 \text{ m}$

$FBD = 0,4 - 0,0025 \times (L - 50)$  untuk  $50 < L < 90 \text{ m}$

$FBD = 0,3$  untuk  $L \geq 90 \text{ m}$

Karena  $L \leq 50 \text{ m}$ , maka nilai FBD diambil = 0,4

$$P_{\text{BGT}} = P \times (1 + FBD)$$

- =  $49 \times (1+0,4)$   
 = 68,6 kN/m  
 = 6860 kg/m
2. Beban Truk "T"  
 Beban truk di input pada program SAP dengan menggunakan moving load pada lines.
3. Gaya Rem (TB)  
 Besarnya gaya rem arah memanjang jembatan harus diambil yang terbesar dari SNI 1725-2016 pasal 8.7  
 25% dari berat gandar truk desain atau Berat gandar truk (SNI 1725-2016 pasal 8.4.1)  
 =  $2 \times 11250 \text{ kg} = 22500 \text{ kg}$   
 =  $25\% \times 22500 \text{ kg}$   
 = 5625 kg  
 5% dari berat truk rencana ditambah beban lajur terbagi rata BTR.  
 Berat truk rencana = 500 kN = 50000 kg  
 BTR =  $720 \text{ kg/m}^2 \times 3 \text{ m} \times 6 \text{ m} = 12900 \text{ kg}$   
 =  $5\% \times (\text{truk rencana} + \text{BTR})$   
 =  $5\% \times (50000 \text{ kg} + 12900 \text{ kg}) = 3148 \text{ kg}$   
 Maka diambil nilai TB terbesar = 5625 kg

### Beban Aksi Lingkungan

1. Beban angin kendaraan (Ewi)  
 Angin bekerja dengan sudut serang  $0^\circ = 1,46 \text{ N/mm}$  Bekerja 1800 mm diatas permukaan jalan =  $1,46 \text{ N/mm} \times 1800 = 2628 \text{ N} = 262,8 \text{ kg}$
2. Beban angin struktur (Ews)  
 Tekanan angin dasar (Tekan)  
 $P_B (\text{tekan}) = 0,0024 \text{ Mpa}$   
 Tekanan angin dasar (Hisap)  
 $P_B (\text{hisap}) = 0,0012 \text{ Mpa}$   
 Kecepatan gesekan angin  $V_o = 17,6 \text{ km/jam}$   
 Kecepatan angin rencana  $V_B = 90 \text{ km/jam}$   
 Kecepatan angin pada elevasi 10000 mm  $V_{10} = 90 \text{ km/jam}$   
 Panjang gesekan di hulu jembatan  $Z_o = 1 \text{ m}$   
 Elevasi struktur diukur dari permukaan tanah  
 $Z = 10 \text{ m}$   
 Kecepatan angin rencana pd elevasi rencana  
 $V_{DZ} = 2,5 V_o \left( \frac{V_{10}^{10}}{V_B} \right) \ln \frac{Z}{20} = 101,314 \text{ km/jam}$   
 Tekanan angin rencana (TEKAN)  
 $P_D (\text{TEKAN}) = P_B \left( \frac{V_{DZ}}{V_B} \right)^2 = 0,00304 \text{ mpa}$   
 Tekanan angin rencana (TEKAN)  
 $P_D (\text{HISAP}) = P_B \left( \frac{V_{DZ}}{V_B} \right)^2 = 0,00152 \text{ mpa}$

### Pembebanan Gempa

1. Klasifikasi Tanah

Tabel 1. Resume Hasil Bor Dalam (B-32,tahap 1)

No.	Kedalaman (m)	NSPT	Konsistensi	Deskripsi
1	0.00 – 3.50	3	Lunak	Lempung Lanau Pasiran
2	3.50 – 10.00	2	Lunak	Lempung
3	10.00 – 12.50	10	Kaku	Lempung
4	12.50 – 16.00	11	Kaku	Lempung
5	16.00 – 23.00	13	Kaku	Lempung
6	23.00 – 28.00	24	Sangat Kaku	Lempung

No.	Kedalaman (m)	NSPT	Konsistensi	Deskripsi
7	28.00 – 30.00	31	Keras	Lempung Pasiran
8	30.00 – 32.00	29	Kepadatan Sedang	Pasir Lempungan
9	32.00 – 46.00	23	Sangat Kaku	Lempung Pasiran
10	46.00 – 60.00	31	Keras	Lempung

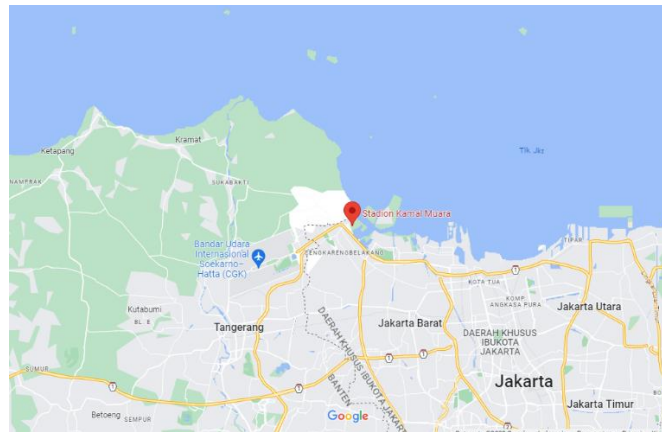
Sumber: *Pekerjaan Soil Investigation* Proyek Jalan Tol Kataraja tahap 1

$$\begin{aligned} \sum di &= 60 \\ \sum Ni &= 31 \\ N &= \sum di / Ni = 60/31 = 1,935 \end{aligned}$$

Sesuai tabel klasifikasi situs SNI 2833:2016 Tabel 2, apabila  $N = 1,935 < 15$  maka tanah masuk ke dalam kelas situs E (Tanah Lunak)

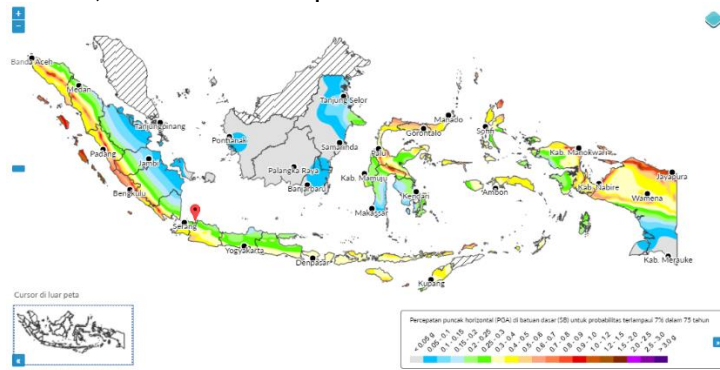
## 2. Perhitungan Respons Spektrum

Berdasarkan data SPT tersebut, tanah termasuk klasifikasi SE (tanah lunak). Kemudian lokasi pelaksanaan proyek relokasi jalan tol Kataraja berada di Jakarta Utara dengan peta lokasi sebagai berikut:



**Gambar 3 Peta Lokasi Pelaksanaan Struktur Slab On Pile**  
Sumber: Google Maps

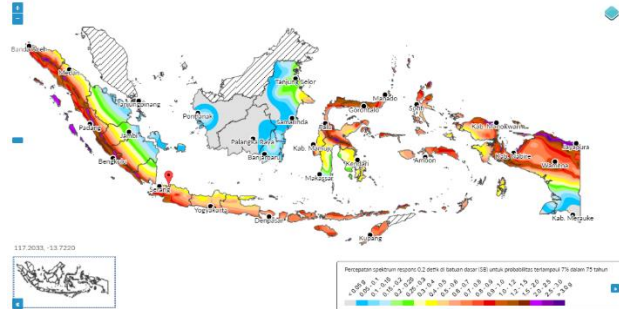
Didapatkan nilai  $PGA = 0,27$  berdasarkan peta berikut:



**Gambar 4. Peta Percepatan Puncak di Batuan Dasar (PGA) untuk Probabilitas Terlampaui 7% dalam 75 tahun**

Sumber: <https://lini.binamarga.pu.go.id/>

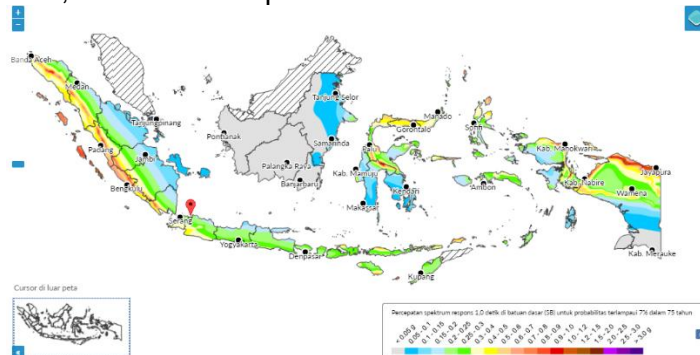
Didapatkan nilai  $S_s = 0,5$  berdasarkan peta berikut:



**Gambar 5. Peta Respons Spectra Percepatan 0,2 Detik di Batuan Dasar Untuk Probabilitas Terlampaui 7% dalam 75 Tahun**

Sumber: <https://lini.binamarga.pu.go.id/>

Didapatkan nilai  $S_1 = 0,2$  berdasarkan peta berikut:



**Gambar 6. Peta Respons Spectra Percepatan 1 Detik di Batuan Dasar Untuk Probabilitas Terlampaui 7% dalam 75 Tahun**

Sumber: <https://lini.binamarga.pu.go.id/>

### 3. Menentukan Periode Getar

Dari peta zonasi gempa didapatkan kesimpulan nilai sebagai berikut:

$$S_s = 0,5$$

$$S_1 = 0,2$$

$$PGA = 0,27$$

Kemudian mencari nilai amplifikasi untuk periode 0,2 detik ( $F_a$ ) berdasarkan tabel berikut:

Kelas situs	$PGA \leq 0,1$	$PGA = 0,2$	$PGA = 0,3$	$PGA = 0,4$	$PGA > 0,5$
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
Batuan Keras (SA)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Batuan (SB)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Tanah Keras (SC)	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
Tanah Sedang (SD)	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
Tanah Lunak (SE)	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
Tanah Khusus (SedF)	SS	SS	SS	SS	SS

Sumber: SNI 2833:2016 Tabel 2

Didapatkan nilai PGA dan  $F_a$ .

$$F_a = 2,02$$

$$PGA = 1,45$$

Mencari nilai faktor amplifikasi untuk periode 1 detik ( $F_v$ ) berdasarkan berikut:

Kelas situs	S1 ≤ 0.1	S1 = 0.2	S1 = 0.3	S1 = 0.4	S1 ≥ 0.5
Batuan Keras (SA)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Batuan (SB)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Tanah Keras (SC)	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
Tanah Sedang (SD)	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
Tanah Lunak (SE)	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4
Tanah Khusus (SF)	SS	SS	SS	SS	SS

Sumber: SNI 2833:2016 Tabel 3

Didapatkan nilai  $F_v = 3,2$

Nilai  $F_a$  dan  $F_v$  selanjutnya digunakan untuk menghitung parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek,  $SD_s$ , dan untuk periode 1 detik,  $SD_1$ , dapat dihitung sebagai berikut:

$$A_s = F_{PGA} \times PGA = 1,45 \times 0,27 = 0,391$$

$$SD_s = F_a \times S_s = 2,02 \times 0,5 = 1,01$$

$$SD_1 = F_v \times S_1 = 3,2 \times 0,2 = 0,64$$

Menentukan periode getar  $T_0$  dan  $T_s$ :

$$T_0 = 0,20 \times SD_1 / SD_s = 0,129$$

$$T_s = SD_1 / SD_s = 0,646$$

#### 4. Menentukan Zona Gempa

Tabel 4. Zona Gempa

Koefisien percepatan ( $SD_1$ )	Zona gempa
$SD_1 \leq 0,15$	1
$0,15 < SD_1 \leq 0,30$	2
$0,30 < SD_1 \leq 0,50$	3
$SD_1 > 0,50$	4

Sumber: SNI 2833:2016 Tabel 5

Dengan nilai  $SD_1 > 0,5$  maka termasuk dalam zona gempa 4 Maka perhitungan gaya gempa rencana mengikuti ketentuan zona gempa 4 SNI 2833-2016 pasal 5.9.3 dimana pada pasal tersebut gaya gempa ditentukan  $R$  diambil sama dengan 1 untuk fondasi. Sedangkan untuk bangunan atas seperti pelat gaya gempa di ditentukan  $R = 3$  berdasarkan kriteria kinerja 2 SNI 2833-2016 pasal 8.2.

### Perhitungan Struktur

#### 1. Berat Struktur

Berat slab beton,

$$P = 50 \times 34 \times 2.400 = 4.080.000$$

Berat Parafet,

$$P = 50 \times 3,07 \times 2.400 = 368.400$$

Berat Aspal,

$$P = 50 \times 34 \times 0,05 \times 2.300 = 195.500$$

$$WS = P_{slab} + P_{parafet} + P_{aspal}$$

$$= 4.080.000 + 368.400 + 195.500$$

$$= 4.643.900 \text{ kg}$$

#### 2. Perhitungan Penulangan Slab

$$\text{Untuk } f_c' \leq 30 \text{ MPa} = \beta_1 = 0.85$$

$$\text{Untuk } f_c' > 30 \text{ MPa} = \beta_1 = 0,85 - 0,05 \times (f_c' - 30)/7$$

Rasio tulangan pada kondisi balance,

$$\rho_b = 0,84 \times 0,85 \times \frac{0,84 \times 0,85 \times 31,2}{420} \times \left( \frac{600}{600+420} \right) = 0,0312$$

Faktor tahanan momen maksimum,



$$R_{max} = 0,75 \times 0,0312 \times 420 \times \left( \frac{1 - 1/2 \times 0,75 \times 0,0312 \times 420}{0,85 \times 31,2} \right) = 7,2842$$

Jarak tulangan terhadap sisi luar beton,

$$d_s = 50 + \frac{19}{2} = 59,5 \text{ mm}$$

Tebal efektif plat lantai,

$$D = 350 - 59,5 \text{ mm}$$

Momen nominal rencana,

$$M_n = \frac{24.768,470}{0,19} = 130.360 \text{ kNm}$$

Factor tahanan momen,

$$R_n = 130.360 \times 10^{-6} / (1000 \times 290,5^2) = 1,5447$$

1,5447 < 130.360 ,aman (OK)

Rasio tulangan yang diperlukan,

$$\rho = 0,85 \times \frac{31,2}{420} \times \left( 1 - \sqrt{\frac{1 - 2 \times 1,5447}{0,85 \times 31,2}} \right) = 0,0037$$

Luas tulangan yang diperlukan,

$$A_s = 0,0037 \times 1000 \times 290,5 = 1,074,85 \text{ mm}^2$$

Jarak tulangan yang diperlukan,

$$S = \frac{3,14}{4} \times 19^2 \times \frac{1000}{1,074,85} = 1,8822 \text{ mm}^2$$

Jarak tulangan maksimum,

$$S_{max} = 2 \times 350 = 700 \text{ mm}$$

Luas tulangan terpakai,

$$A_s = \frac{3,14}{4} \times 19^2 \times \frac{1000}{700} = 404,8357$$

## Kontrol Lendutan

### 1. Kontrol Lendutan Slab

Modulus elastis beton,

$$E_c = 4700 \times \sqrt{31,2} = 26252,771$$

Modulus elastisitas baja tulangan  $E_s = 200000 \text{ Mpa}$

Beban merata (tak terfaktor) pada slab,

$$Q = 1190,334 + 959,945 = 2.150,279$$

Batas maksimum lendutan yang diijinkan,

$$34.000/240 = 141.666 \text{ mm}$$

Momen inersia brutto penampang slab,

$$I_g = \frac{1}{12} \times 1000 \times 350^3 = 3,5729 \text{ mm}^3$$

Modulus keruntuhan lentur beton,

$$f_r = 0,7 \times \sqrt{31,2} = 3,90 \text{ mpa}$$

Nilai perbandingan modulus elastisitas,,

$$N = 200000 / 26252,771 = 7,61$$

Jarak garis netral terhadap sisi atas beton,

$$c = 7,61 \times 404,8357/1000 = 3.080 \text{ mm}$$

Momen inersia penampang retak yang ditransformasikan ke beton,

$$I_{cr} = \frac{1}{3} \times 1000 \times 3.080^3 + 7,61 \times 404,8357 \times (290,5 - 3.080)^2 = 254515390,6 \text{ mm}^4$$

$$y_t = \frac{350}{2} = 175 \text{ mm}$$

Momen retak,

$$M_{cr} = 3,90 \times \frac{3,57291667}{175} = 7.962,500 \text{ Nmm}$$

Momen maksimum akibat beban (tanpa factor beban),

$$M_a = \frac{1}{8} \times 2.150,279 \times 34.000^2 = 9.138,685 \text{ Nmm}$$

Inersia efektif untuk perhitungan lendutan,

$$I_e = \left( \frac{7.962,500}{9.138,685} \right)^2 \times 3,57291667 + \left[ 1 - \left( \frac{7.962,500}{9.138,685} \right)^2 \right] \times 254515390,6$$

$$= 67981398,98 \text{ Nmm}^4$$

Lendutan elastis seketika akibat beban mati dan beban hidup,

$$g_e = \frac{5}{384} \times 2.150,279 \times 34.000^4 / (26252,771 \times 67981398,98) = 2,0964 \text{ mm}$$

$$\rho = 404,8357/1000 \times 290,5 = 0,0014$$

Untuk beban mati (jangka waktu >5 tahun) sebesar,

$$\int = 2$$

$$\lambda = 2 / (1+50 \times 0,0014) = 1.8691$$

$$\delta_g = 1,8691 \times 5 / 384 \times 2.150.279 \times 34.000^4 / (26252,771 \times 67981398,98)$$

$$= 3.918 \text{ mm}$$

$$\delta_{\text{total}} = 2.096 + 3.198$$

$$= 5.294 \text{ mm}$$

Syarat  $\delta_{\text{total}} < L \times 240$

$$1.294 \text{ mm} < 34.000/240$$

$$1.295 < 141.666 \text{ mm} \dots \text{(OK)}$$

## 2. Kontrol Terhadap Uplift

Adanya beban uplift dan air tanah mengakibatkan konstruksi terkena bahaya beban angkat keatas. Untuk itu dilakukan analisa antara kesetimbangan beban dengan uplift, sebagai berikut ini :

$$F_u = 997 \times (-1.70) \times 1.700 = -2.881.330$$

$$SF = \frac{4.643.900}{-2.881.330} > 1.2 = -1,611 > 1.2$$

## SIMPULAN

Dari hasil analisis data dan perhitungan pada slab on pile proyek Jalan Tol Kataraja-Jakarta Utara dapat disimpulkan bahwa nilai lendutan yang terjadi pada *slab on pile* adalah  $\delta_{\text{total}} = 5,295 \text{ mm} < 141.666 \text{ mm} \dots \text{(OK)}$  dan nilai lendutan keatas (Uplift) yang terjadi pada *slab on pile* adalah  $SF = 1.36996283 > 1.2$

## DAFTAR PUSTAKA

- Y. Prima and A. Rumbayroso, "Re-planning of Concrete Structures in the Ngoro Dormitory Project in Surabaya," *J. Appl. Sci. Eng. Technol. Educ.*, vol. 5, no. 1, pp. 15–24, 2023.
- G. Pribadi, "ANALYSIS OF REINFORCEMENT OF HIGHWAY BRIDGE," *Multiscience*, vol. 3, no. 2, pp. 94–99, 2022.
- T. M. Santoso, M. S. Wahyudi, M. Muhrozi, and I. D. Atmanto, "Analisis Struktur Slab on Pile Studi Kasus Jalan Tol Semarang – Demak Seksi 2," *Teknika*, vol. 17, no. 1, p. 21, 2022, doi: 10.26623/teknika.v17i1.4823.
- N. Azis, G. Pribadi, and M. S. Nurcahya, "Analisa dan Perancangan Aplikasi Pembelajaran Bahasa Inggris Dasar Berbasis Android," *J. IKRA-ITH Inform.*, vol. 34, no. 4, pp. 101–108, 2020.
- N. Azis, A. Edinata, and J. F. Andry, "Audit of IT Helpdesk Application Using COBIT 5," in *International Conference of SNIKOM 2021*, 2023, vol. 020032.
- N. Azis, "Analisa dan Perancangan Aplikasi Pengambilan Barang Berbasis Web Pada Pt. Jalur Nugraha Ekakurir (JNE) Divisi Pick-Up Corporate," *Ikraith-Informatika*, vol. 7, no. 2, pp. 78–83, 2022, doi: 10.37817/ikraith-informatika.v7i2.2258.
- 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, pp. 41–48, 2017.
- A. Sutiono, "Perhitungan Konstruksi Gedung Kantor Sewa Lantai di Pontianak," *J. Mhs. Tek. Sipil Univ. Tanjungpura*, vol. 6, no. 2, pp. 1–6, 2017.
- N. Azis, "Pelatihan Animasi Tingkat Basic Menggunakan Adobe Flash Terhadap Siswa-Siswi.pdf," *KRIDA CENDEKIA*, vol. 1, no. 3, pp. 1–7, 2021.
- F. Harsa, A. Indianto, and E. Yanuarini, "EVALUASI KAPASITAS STRUKTUR EKSISTING LANTAI JEMBATAN PADA JEMBATAN TYPE PILE SLAB DI RUAS JALAN TOL

- JORR W1 KEBON JERUK," *Constr. Mater. J.*, vol. 5, no. 1, 2023.
- J. Manguande, M. R. E. Manoppo, and T. K. Sendow, "Analisis Perbandingan Desain Overlay Perkerasan Lentur Dengan Metode Bina Marga 2017 Menggunakan Data Lendutan Bb Dan Aashto 1993 Menggunakan Data Lendutan Fwd ( Study Kasus : Ruas Jalan Airmadidi - Kairagi )," *J. Sipil Statik*, vol. 8, no. 1, pp. 23–32, 2020.
- R. P. Patrisko Hirel Karisoh, Servie O. Dupas, "Perencanaan Struktur Gedung Beton Bertulang dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)," *Univ. Sam Ratulangi Manad.*, vol. 6, no. 6, pp. 1–260, 2018.
- B. Kusumo and N. Azis, "Rancang Bangun Alat Penyiram Sayuran Hidroponik Menggunakan Arduino Mega 2560," *J. Media Inform. Budidarma*, vol. 5, no. 1, pp. 124–128, 2021, doi: 10.30865/mib.v5i1.2584.
- Ukiman, S. Utomo, and Yusetyowati, "Alat uji sondir," *Bangun Rekaprima*, vol. 03, no. 2, pp. 57–63, 2017.
- N. U. R. Azis, "Rancang bangun sistem keamanan login advance di php," *Semin. Nas. Teknol. Fak. Tek. Univ. Krisnadwipayana, Jakarta 17 Juli 2019*, pp. 699–703, 2019.