

Rehabilitasi Oprit Menggunakan Metode Slab On Pile Slab Studi Kasus Jembatan Putri Petong Sungai Kendilo

La Jayani ¹⁾, Priyo Suroso ²⁾, Insan Kamil ³⁾

E-mail : lajayani@polnes.ac.id¹⁾ , priyo.polnes@gmail.com²⁾ , ikamil@polnes.ac.id³⁾

^{1,2,3)}Jurusan Teknik Sipil Program Studi Magister Rekayasa Perawatan dan Restorasi Jembatan
Politeknik Negeri Samarinda

Jl. Cipto Mangun Kusumo, Sungai Keledang, Kec. Samarinda Seberang, Kota Samarinda, Kalimantan Timur
75242, Indonesia

Koresponden naskah : lajayani@polnes.ac.id

ABSTRACT

By looking at the construction age of the Putri Petong Sungai Kendilo bridge in North Penajam Paser which is approximately 10 years old, visually there is a decrease in function in various bridge elements, especially in the oprit section of the bridge, with an oprit slope elevation of 5%. And there has been a decrease of approximately 31.5 cm. Oprit reduction can push the girders and floors of the bridge which leads to structural failure. Therefore, analysis and evaluation are needed to plan construction that meets the requirements in terms of bridge structure safety and traffic comfort, which aims to present pile slab construction planning as a substitute for bridge oprit that has decreased so that it can find out the carrying capacity of the soil in assessing the ability of pile carrying capacity to bear the existing load. The method used is the approach to calculating field test data, namely SPT and using loading calculations to analyze the structure in carrying soil loads, soil data, loading data, and pile slab design analysis. From the results of the analysis and calculation, pile slab planning is suitable and relevant to be used to meet the requirements in terms of bridge structure safety and traffic comfort and also as a substitute for bridge operations that have decreased. Based on the analysis and calculations carried out, a pile slab foundation with dimensions of 0.5 meters in diameter, 0.25 m thick and 54 meters long with an arrangement of the number of poles in the longitudinal direction as many as 10 pieces, The number of poles in one row is 5 pieces and the total number of poles is 50 pieces. From the results of plaxis analysis, it is known that it decreased by 6.083×10^{-3} within 3 months.

Keywords – Pile Slab, Putri Petong Bridge, Loading, SPT Test.

ABSTRAK

Dengan melihat usia konstruksi jembatan Putri Petong Sungai Kendilo di Penajam Paser Utara yang berusia kurang lebih 10 tahun secara visual terjadi penurunan fungsi diberbagai elemen jembatan terutama dibagian oprit jembatan, dengan elevasi kemiringan oprit 5%. Dan telah terjadi penurunan kurang lebih 31,5 cm. Penurunan oprit dapat mendorong gelagar dan lantai jembatan yang berujung kegagalan struktur. Oleh karena itu perlu analisa dan evaluasi untuk merencanakan konstruksi yang memenuhi syarat dari sisi keamanan struktur jembatan dan kenyamanan berlalu lintas yang bertujuan untuk menyajikan perencanaan konstruksi pile slab sebagai pengganti oprit jembatan yang mengalami penurunan sehingga dapat mengetahui daya dukung tanah dalam menilai kemampuan daya dukung tiang pancang dalam memikul beban yang ada. Metode yang digunakan adalah pendekatan perhitungan data tes lapangan yaitu SPT dan menggunakan perhitungan pembebanan untuk menganalisis struktur dalam memikul beban tanah, data tanah, data pembebanan, dan analisis rancangan pile slab. Dari hasil analisis dan perhitungan perencanaan pile slab cocok dan relevan digunakan untuk memenuhi syarat dari sisi keamanan struktur jembatan dan kenyamanan berlalu lintas dan juga sebagai pengganti oprit jembatan yang mengalami penurunan. Berdasarkan Analisa dan perhitungan yang dilakukan dapat direncanakan pondasi pile slab dengan dimensi diameter 0,5 Meter tebal 0,25 m dan Panjang 54 meter dengan susunan jumlah tiang dalam arah memanjang sebanyak 10 buah, jumlah tiang dalam satu baris sebanyak 5 buah dan jumlah tiang total sebanyak 50 buah. Dari hasil analisis plaxis diketahui penurunan sebesar $6,083 \times 10^{-3}$ dalam waktu kurun waktu 3 bulan .

Kata Kunci – Pile Slab, Jembatan Putri Petong, Pembebanan, Uji SPT

1. PENDAHULUAN

Jembatan Putri Petong Sungai Kendilo terletak di Kecamatan Kuaro Kabupaten Paser. Jembatan ini menghubungkan Tanah grogot dan Desa Sungai Tuak dengan Titik Koordinat $1^{\circ} 54' 59,5''$ S ; $116^{\circ} 11' 53''$ E. Dari hasil identifikasi pada bagian oprit jembatan terdapat penurunan elevasi. Oprit Jembatan adalah timbunan tanah atau urugan dibelakang abutment yang dibuat sepadat mungkin untuk menghindari penurunan. Oprit bisa terdiri atas timbunan pilihan atau timbunan biasa dan membuat orprit berdiri kokoh. Maka dari itu dibuatlah tembok penahan tanah yang berfungsi menjaga kestabilan lereng oprit tersebut. Posisi oprit di bagian bawah menjadikannya masuk kategori bangunan bawah jembatan. Bangunan tersebut, dalam struktur utuh jembatan, berfungsi mengalirkan gaya dari atas jembatan ke tanah. Namun demikian, oprit dari timbunan tanah membuatnya cenderung tidak stabil terutama jika perhitungan dalam perencanaannya meleset atau keliru. Penurunan oprit dapat disebabkan tiga hal. Penyebab pertama adalah tekanan horizontal (tekanan datar) yang berlebihan. Bisa pula beban timbunan oprit bertambah karena banjir yang naik sampai mendekati lantai jembatan. Penurunan oprit juga disebut dapat memengaruhi struktur jembatan. Ketika oprit bergeser, bagian atas atau bawah kaki jembatan atau *abutment* ikut bergerak. Penurunan oprit dapat mendorong gelagar dan lantai jembatan yang berujung kegagalan struktur. Oleh karena itu perlu analisa dan evaluasi untuk merencanakan konstruksi yang memenuhi syarat dari sisi keamanan struktur jembatan dan kenyamanan berlalu lintas. Dalam hal ini penulis menyajikan perencanaan konstruksi pile slab sebagai pengganti oprit jembatan yang mengalami penurunan. Masalah-masalah yang muncul akibat kedalaman tanah lunak yang relatif dalam adalah waktu konsolidasi yang sangat lama dan daya dukung tanah lunak yang rendah. Waktu konsolidasi tanah yang lama ini akan menyebabkan tanah tidak termampatkan secara maksimal dalam waktu rencana proyek, hal ini dikarenakan pemampatan yang terjadi pada tanah lunak berlempung bisa terjadi selama bertahun-tahun. Oleh karena itu perlu dilakukan analisa dan evaluasi untuk merencanakan konstruksi yang memenuhi syarat dari sisi keamanan struktur jembatan putri petong sungai kandilo untuk kenyamanan masyarakat yang berlalu lintas. Adapun analisa yang akan dilakukan, yaitu perencanaan konstruksi pile slab sebagai pengganti oprit jembatan yang mengalami penurunan dengan melakukan penyelidikan tanah dengan pengujian SPT (*Standar Penetration Test*), dan analisis pembebanan struktur atas jembatan menggunakan SNI 1725:2016.

2. TINJAUAN PUSTAKA

- a. Jembatan adalah suatu bangunan pelengkap jalan yang memiliki fungsi sebagai penghubung dua bagian jalan yang terpotong oleh hambatan misalnya, rel kereta api, saluran irigasi, sungai, danau, lembah dan lain sebagainya. Menurut Struyk dan Veen (1984), jembatan merupakan suatu bangunan yang berfungsi untuk menyambung jalan melewati hambatan yang tidak sebidang dan lebih rendah. Hambatan ini umumnya berupa jalan air (sungai) atau jalan raya (lalu lintas biasa).
- b. Struktur Pile Slab
Pondasi pile slab merupakan struktur pondasi yang ditumpu oleh sekelompok 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. Penggunaan pondasi pile slab merupakan perkuatan pada tanah yang mempunyai daya dukung rendah seperti pada tanah gambut.
- c. Penyelidikan Tanah
Penyelidikan tanah dimaksudkan untuk mendapatkan data teknis tanah yang ditujukan untuk merencanakan suatu jenis pondasi, jenis perkerasan, perkuatan tebing yang aman dengan dimensi seekonomis mungkin. Data teknis ini umumnya dihasilkan oleh test lapangan dan test laboratorium. (Hardiyatmo, 1996) menyatakan tanah pada kondisi alam, terdiri dari campuran butiran-butiran mineral dengan atau tanpa kandungan bahan organik. Butiran-butiran tersebut dapat dengan mudah dipisahkan satu sama lain dengan kocokan air.
Test lapangan dalam hal ini ditujukan untuk mendapatkan data kekuatan tanah sedangkan test laboratorium yang dilakukan terhadap contoh tanah yang diambil pada kedalaman tertentu di lapangan ditujukan untuk mengetahui sifat fisik tanah, sifat deformasi dan sebagainya.
- d. Pengujian SPT (*Standar Penetration Test*)
Uji SPT adalah tes penetrasi yang dirancang untuk memberikan informasi tentang sifat-sifat geoteknik tanah. *Standart Penetration Test* (SPT) dilakukan untuk mengestimasi nilai kerapatan relatif dari lapisan tanah yang diuji. Untuk melakukan pengujian SPT dibutuhkan sebuah alat utama yang disebut Standard Split Barrel Sampler atau tabung belah standar. Alat ini dimasukkan ke dalam Bore Hole setelah dibor terlebih dahulu dengan alat bor. Alat ini diturunkan bersama-sama pipa bor dan diturunkan hingga

ujungnyanya menumpu ke tanah dasar. Setelah menumpu alat ini kemudian dipukul (dengan alat pemukul yang beratnya 63,5 kg) dari atas. Pada pemukulan pertama alat ini dipukul hingga sedalam 15,24 cm. Kemudian dilanjutkan dengan pemukulan tahap kedua sedalam 30,48 cm. Pada pukulan kedua inilah muncul nilai "N" yang merupakan manifestasi jumlah pukulan yang dibutuhkan untuk membuat tabung belah standar mencapai kedalaman 30,48 cm. Menurut teori Terzaghi dan Peck, hubungan nilai N dengan kerapatan relative ada sebagai berikut:

Tabel 1. Hubungan nilai N dengan kerapatan relatif

Nilai N	Kerapatan relative (Dr)
< 4	Sangat tidak padat
4 – 10	Tidak padat
10 – 30	Kepadatan sedang
30 – 50	Padat
>50	Sangat padat

e. Pembebanan

Analisis pembebanan struktur atas jembatan menggunakan SNI 1725:2016 dengan uraian beban sebagai berikut:

1) Berat Sendiri (MS)

Berat sendiri (*self weight*) adalah berat bahan dan bagian jembatan yang merupakan elemen structural, ditambah dengan elemen *non structural* yang dipikulnya dan bersifat tetap. Berat sendiri terdiri dari 2 (dua), yaitu berat sendiri struktur atas dan berat sendiri struktur bawah.

2) Beban Mati Tambahan (MA)

Beban mati tambahan adalah berat seluruh bahan yang menimbulkan suatu beban pada jembatan yang merupakan elemen *non structural*, dan mungkin besarnya berubah selama umur jembatan. Jembatan dianalisis haru mampu memikul beban tambahan seperti lapisan aspal, genangan air hujan jika system drainase tidak bekerja, pemasangan tiang listrik dan instalasi ME.

3) Beban Lajur D

Beban kendaraan yang berupa beban lajur D terdiri dari beban terbagi merata (uniformly distributed load), UDL dan beban garis (Knife Edge Load). UDL mempunyai intensitas q (kPa) yang besarnya tergantung pada

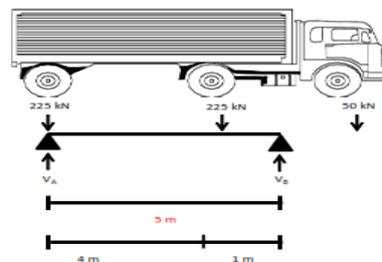
Panjang total L yang dibebani lalu lintas dinyatakan dengan rumus sebagai berikut:

$$q = 9,0 \text{ kPa untuk } L < 30\text{m}$$

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

4) Beban Truk "T" (TT)

Pembebanan truk "T" terdiri dari kendaraan truk semi-trailer yang mempunyai susunan dan berat as roda seperti terlihat dalam gambar dibawah, berat dari masing-masing as disebarkan menjadi 2 beban merata sama besar yang merupakan bidang kontak antara roda dengan permukaan lantai. Jaras as tengah dan as belakang dapat diubah-ubah antara 4 m sampai 9 m untuk mendapatkan pengaruh terbesar pada arah memanjang jembatan. Terlepas dari Panjang jembatan atau susunan bentang, hanya ada satu kendaraan truk "T" yang bisa ditempatkan pada satu lajur lalu lintas rencana. Untuk mendapatkan pengaruh terbesar pada cap, maka truk ditempatkan pada posisi seperti gambar dibawah dengan jarak antara as tengah dan belakang diambil 4 m.



Gambar 1. Beban Truk

5) Beban Pedestrian (Pejalan Kaki/TP)

Jembatan jalan raya direncanakan mampu memikul beban hidup merata pada trotoal yang tergantung pada luas bidang trotoar yang diduduknya.

6) Gaya Rem (TB)

Pengaruh pengereman dari lalu lintas diperhitungkan sebagai gaya dalam arah memajng yang bekerja pada ketinggian 1,8m diatas lantai jembatan. Besar gaya rem diambil yang terbesar dari: kondisi 1 = 25% dari berat gandar truk desain; kondisi 2 = 5% dari gandar truk desain

ditambah beban lajur terbagi rata UDL.

7) **Beban Angin**

Beban angin diasumsikan dengan kecepatan dasar sebesar 90 hingga 126 km/j. penentuan beban angin diasumsikan ahrus terdistribusi secara merata pada permukaan yang terkspos oleh angin. Luas area yang diperhitungkan luas area dari semua komponen, termasuk system lantai dan railing yang diambil tegal lurus terhadap arah angin. Arah ini harus divariasikan untuk mendapatkan pengaruh yang paling berbahaya terhadap struktur jembatan atau komponen-komponennya.

8) **Beban Gempa**

Saat terjadi gempa, jembatan harus direncanakan memiliki kemungkinan terkecil untuk runtuh dan mengalami kerusakan signifikan, sehingga jembatan masih dapat berfungsi dengan baik pasca gempa. Beban gempa diambil sebagai gaya horizontal.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Pada perencanaan ini penulis menggunakan pendekatan perhitungan data tes lapangan yaitu SPT dan menggunakan perhitungan pembebanan untuk menganalisis struktur dalam memikul beban tanah:

a. Dalam menganalisis struktur pile slab ini penulis melakukan tahapan-tahapan sebagai berikut:

- 1) Menganalisis jenis dan sifat-sifat tanah;
- 2) Menghitung beban-beban yang bekerja pada bagian oprit jembatan;
- 3) Menganalisis pondasi pile slab;
- 4) Menganalisis kekuatan pile slab.
- 5) Modelling Konstruksi pile menggunakan Software Plaxis 2D V.20

b. **Data Tanah**

Data ini untuk mengetahui kemampuan daya dukung tiang pancang di dalam memikul beban-beban yang ada, perlu dilakukan analisis struktur secara menyeluruh. Daya dukung tiang pancang dihitung berdasarkan nilai N-SPT yang didapat dari uji tanah di lapangan.

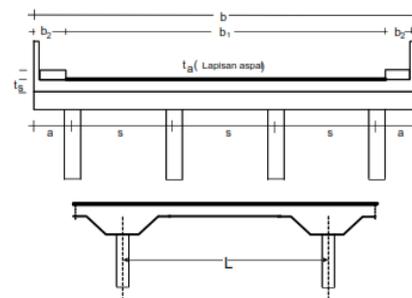
c. **Data Pembebanan**

Perencanaan pile slab pada area Jembatan Putri Petong - Sungai Kendilo diawali dengan menghitung beban-beban yang bekerja pada konstruksi tersebut. Hal ini dapat dilakukan dengan menggunakan standarisasi pembebanan pada panduan Indonesia Bridge Management System (IBMS, 1992), beban-beban yang akan dihitung antara lain: berat sendiri, beban mati tambahan (MA), beban lalu lintas (TL), beban pedestrian, gaya rem, beban angin, beban gempa dan kombinasi beban kerja.

d. **Analisis Rancangan Pile Slab**

Dari data tanah dan data pembebanan penulis membuat rencana profil pile slab yang memenuhi syarat untuk dilakukan rehabilitasi dan rekonstruksi bagian oprit jembatan.

Untuk melakukan perhitungan pile cap harus diketahui terlebih dahulu rencana dimensi struktur atas (lantai pile slab) dengan rincian sebagai berikut:



Gambar 2. Rancangan Pile Slab

Tabel 2. Uraian Dimensi Jembatan

No.	Uraian dimensi	Notasi	Dimensi	Satuan
1	Lebar jalan (jalur lalu lintas)	b1	7	M
2	Lebar trotoar (pejalan kaki)	Bt	2	M
3	Lebar sandaran	Bs	0,3	M
4	Jumlah jalur	nI	1	Jalur
5	Jumlah lajur	nI	2	Lajur
6	Lebar median (pemisah jalur)	Bm	0	M
7	Lebar total jembatan	Bjemb	11,60	M
8	Tebal slab jembatan	Ts	0,56	M
9	Tebal lapisan aspal+overlay	Ta	0,10	M
10	Tebal trotar	Tt	0,25	M
11	Tinggi genangan air hujan	Th	0,05	M
12	Tinggi bangunan atas + railing	Hg	1,05	M
13	Panjang jembatan	Ljemb	5	M
No.	Specific Gravity	Notasi	Berat Volume	Satuan
1	Berat beton bertulang	Wc	25,00	kN/m ³
2	Berat beton tidak bertulang	W'c	24,00	kN/m ³
3	Berat aspal	Wa	23,20	kN/m ³
4	Berat jenis air	Ww	9,80	kN/m ³
No	Bahan Struktur	Jenis	Nilai	Satuan
1	Mutu beton	K-350	29,18	Mpa
2	Mutu baja tulangan ulir	U-39	390,00	Mpa
3	Mutu baja tulangan polos	U-24	240,00	Mpa

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Hasil Penyelidikan Tanah

Dari hasil penyelidikan tanah didapat hasil sebagai berikut:

Tabel 3. Pengujian Lapangan Borehole

Pengujian Lapangan Borehole			
Uraian	Satuan	BH-01	BH-02
Koordinat		X=0410861; Y=9788166	X=0411213; Y=9788158
Kedalaman	Meter	26,00	24,00
Pengujian SPT	Test	13	12
Sampel UDS	Tabung	2	2
Muka air tanah	meter	-0,10	-0,30

Dalam pengujian tersebut dilakukan 2 (dua) titik pengujian pada koordinat X=0410861; Y=9788166 dan X=0411213; Y=9788158 dan masing-masing diberi kode BH-01

(lokasi di drainase/parit) dan BH-02 (lokasi di rawa/dekat kolam ikan) dengan hasil pengujian SPT sebagai berikut:

Tabel 4. Hasil Pengujian SPT

Kode	Lapisan	Kedalaman (m)	Jenis Tanah	Ketebalan (m)	N-SPT
BH-01	1	0-1	Timbunan setempat, warna coklat abu-abu	1	
	2	1-7	Lempung berorganik, warna abu-abu tua	7	0;30
	3	8-10,5	lempung	2,5	2;30
	4	10,5-18,5	lempung	8,00	6;30
	5	18,5-20	Lempung berpasir halus	1,5	6;30
	6	20-21	Lempung berpasir	1	10;30
	7	21-26	Pasir berkorala	5	47;30
BH-02	1	0-0,5	Timbunan tanah coklat	0,5	
	2	0,5-5,2	Lempung berorganik, warna abu-abu tua	2,30	5;30
	3	5,2-7,5	lempung	2,30	2;30
	4	7,5-13	Pasir halus kelempungan	5,50	10;30
	5	13-20	lempung	7,00	5;30
	6	20-21,40	Pasir kelempungan	1,40	21;30
	7	21,40-24	Pasir berkorala	2,60	48;23

b. Hasil Pengujian Laboratorium

shear dan Atterberg limit dengan hasil sebagaimana Tabel berikut:

Pengujian laboratorium atas material tanah yang diambil meliputi pengujian kadar air, bobot isi, berat jenis, *unconfined, direct*

Tabel 5. Hasil Pengujian Laboratorium

No. BH	Number Sample Depth (Meter)	USCS	Moisture Content (W) (%)	Density (γ) (gr/cm ³)	Specific Gravity (Gs)	Atterberg Limit			Dry Density (γ _d) (gr/cm ³)	e _o	n	Unconfined (kg/cm ²)	Direct Shear		Information
						LL (%)	PL (%)	PI (%)					φ (°)	C (kg/cm ²)	
BH-01	UDS.01 (03,00 - 03,50)	CH	65.55	1.661	2.508	61.55	32.24	29.31	1.003	1.28	56.17	0.197	7.27	0.098	
	UDS.02 (05,00 - 05,50)	OH	62.90	1.665	2.527	62.85	40.02	22.83	1.022	1.30	56.45	0.253	14.46	0.114	
BH-02	UDS.01 (03,00 - 03,50)	OH	66.80	1.675	2.492	58.62	38.70	19.92	1.004	1.21	54.76	0.107	13.32	0.049	
	UDS.02 (05,00 - 05,50)	CH	49.64	1.718	2.553	57.88	31.63	26.26	1.148	1.16	53.77	0.168	7.03	0.098	

c. Perhitungan Pile Cap

Dari hasil perhitungan pembebanan disampaikan dalam tabel sebagai berikut:

Tabel 6. Hasil Perhitungan Pembebanan

No	Rekap beban kerja		Arah	Vertikal	Horizontal		Momen	
	Aksi/beban	Kode	P (kN)	Tx (kN)	Ty (kN)	My (kNm)	Mx (kNm)	
Aksi tetap	1	Berat sendiri	MS	1252,64			80,04	
	2	Beban mati tambahan	MA	72,52				
Beban lalu lintas	3	Beban lalu lintas	TL	795,20				
	4	Beban pedestrian	TP	100,00				
	5	Gaya rem	TB		28,25		83,51	
	6	Beban angin struktur	EW1		8,33	22,20	7,93	21,16
	7	Beban angin kendaraan	EWL	3,75	2,75	7,30	5,65	15,01
	8	Beban gempa	EQ		88,08	85,28	116,19	117,73

Tabel 7. Daya Layan I

Daya Layan I		Arah	Vertikal	Horizontal		Momen	
No	Aksi/beban	Faktor Beban	P (kN)	Tx (kN)	Ty (kN)	My (kNm)	Mx (kNm)
Aksi tetap	1	Berat sendiri	1,00	1252,64	0,00	0,00	0,00
	2	Beban mati tambahan	1,00	72,52	0,00	0,00	0,00
Beban lalu lintas	3	Beban lalu lintas	1,00	795,20	0,00	0,00	0,00
	4	Beban pedestrian	1,00	100,00	0,00	0,00	0,00
	5	Gaya rem	1,00	0,00	28,25	0,00	83,52
	6	Beban angin struktur	0,30	0,00	8,33	22,20	7,93
	7	Beban angin kendaraan	1,00	3,75	2,75	7,30	5,65
	8	Beban gempa			88,08	85,28	116,19
Total				2224,11	33,50	13,96	171,59

Tabel 8. Rekap Kombinasi Beban

Rekap kombinasi beban untuk perencanaan tegangan kerja						
No	Kombinasi beban	P (kN)	Tx (kN)	Ty (kN)	My (kNm)	Mx (kNm)
1	Daya layan I	2224,11	33,50	13,96	171,59	21,36

d. Kombinasi Beban Ultimit

Tabel 9. Kombinasi Beban Ultimit

Rekap beban kerja		Arah	Vertikal	Horizontal		Momen	
No	Aksi/beban	Kode	P (kN)	Tx (kN)	Ty (kN)	My (kNm)	Mx (kNm)
Aksi tetap	1	Berat sendiri	MS	1252,64		80,04	
	2	Beban mati tambahan	MA	72,52			
Beban lalu lintas	3	Beban lalu lintas	TL	795,20			
	4	Beban pedestrian	TP	100,00			
	5	Gaya rem	TB		28,25		83,51
	6	Beban angin struktur	EW1		8,33	22,20	7,93
	7	Beban angin kendaraan	EWL	3,75	2,75	7,30	5,65
	8	Beban gempa	EQ		29,56	42,64	38,73

Tabel 10. Kuat I

Kuat I		Arah	Vertikal	Horizontal		Momen	
No	Aksi/beban	Faktor beban	Pu (kN)	Tux (kN)	Tuy (kN)	Muy (kNm)	Mux (kNm)
Aksi tetap	1	Berat sendiri	1,3	1628,43		104,05	
	2	Beban mati tambahan	2	145,04			
Beban lalu lintas	3	Beban lalu lintas	1,8	1431,36			
	4	Beban pedestrian	1,8	180			
	5	Gaya rem	1,8		50,85		150,33
	6	Beban angin struktur					
	7	Beban angin kendaraan					
	8	Beban gempa					
Total				3384,83	50,85	0	254,38

Tabel 11. Kuat III

Kuat III			Arah	Vertikal	Horizontal		Momen	
No	Aksi/beban		Faktor beban	Pu (kN)	Tux (kN)	Tuy (kN)	Muy (kNm)	Mux (kNm)
Aksi tetap	1	Berat sendiri	1,3	1628,43			104,05	
	2	Beban mati tambahan	2	145,04				
Beban lalu lintas	3	Beban lalu lintas						
	4	Beban pedestrian						
	5	Gaya rem						
	6	Beban angin struktur	1,4		11,66	31,08	11,11	29,62
	7	Beban angin kendaraan						
	8	Beban gempa						
		Total		1773,47	11,66	31,08	115,16	29,62

Tabel 12. Kuat V

Kuat V			Arah	Vertikal	Horizontal		Momen	
No	Aksi/beban		Faktor beban	Pu (kN)	Tux (kN)	Tuy (kN)	Muy (kNm)	Mux (kNm)
Aksi tetap	1	Berat sendiri	1,3	1628,43			104,05	
	2	Beban mati tambahan	2	145,04				
Beban lalu lintas	3	Beban lalu lintas						
	4	Beban pedestrian						
	5	Gaya rem						
	6	Beban angin struktur	0,4	0	3,33	8,88	3,17	8,46
	7	Beban angin kendaraan	1	3,75	2,75	7,30	5,65	15,01
	8	Beban gempa						
		Total		1777,22	6,08	16,18	112,88	23,47

Tabel 13. Ekstrem I

Ekstrem I			Arah	Vertikal	Horizontal		Momen	
No	Aksi/beban		Faktor beban	Pu (kN)	Tux (kN)	Tuy (kN)	Muy (kNm)	Mux (kNm)
Aksi tetap	1	Berat sendiri	1,3	1628,43			104,05	
	2	Beban mati tambahan	2	145,04				
Beban lalu lintas	3	Beban lalu lintas	0,3	238,56				
	4	Beban pedestrian	0,3	30,00				
	5	Gaya rem	0,3		8,48		25,05	
	6	Beban angin struktur						
	7	Beban angin kendaraan						
	8	Beban gempa	1		16,25	24,28	21,29	31,80
		Total		2041,03	24,72	24,28	150,40	31,80

e. Rekap kombinasi beban ultimit pile cap

Tabel 14. Rekap kombinasi beban ultimit pile cap

No	Kombinasi beban	P (kN)	Tx (kN)	Ty (kN)	My (kNm)	Mx (kNm)
1	Kuat I	3383,83	50,85	0,00	254,38	0,00
2	Kuat III	1773,47	11,66	31,08	115,16	29,62
3	Kuat V	1777,22	6,08	16,18	11,88	23,47
4	Ekstrem I	2042,03	24,72	24,28	150,40	31,80
5	Total	3382,83	50,85	31,08	254,38	31,80

f. Analisis pondasi *pile cap*

Daya dukung aksial ijin tiang berdasarkan kekuatan tanah didapat $P_{ult} = 40 \times N_b \times A_b$ (menurut Meyerhoff pengujian SPT) angka aman $SF=3$ dengan daya dukung ijin tiang $P_{ijin} = P_{ult}/SF = 785,40$ kN.

Daya dukung lateral ijin tiang dapat dihitung dengan persamaan $H = (12 \times EI \times \beta^3 \times 6a) / (1 + \beta^3 \times h)^3 + 2$ sehingga didapat nilai daya dukung ijin lateral tiang sebesar $H/SF = 45,71$ kN. Dari analisis pondasi pile cap didapat rekapitulasi daya layan I sebagaimana tabel berikut:

Tabel 15. Kombinasi beban pile cap

No	Kombinasi beban	H max x (kN)	H max y (kN)	H max result (kN)	H ijin (kN)	B (m)
1	Daya layan I	8,37	3,49	9,07	45,71	0,005

Pengaruh *bucling* harus diperhitungkan dengan hasil perhitungan sebagai berikut
 $\lambda = 65$

$$p_k = \pi^2 \times E_c \times I_{sp} / Lk^2 = 116,537 \text{ ton} > P_{max} = 68,622 \text{ ton.}$$

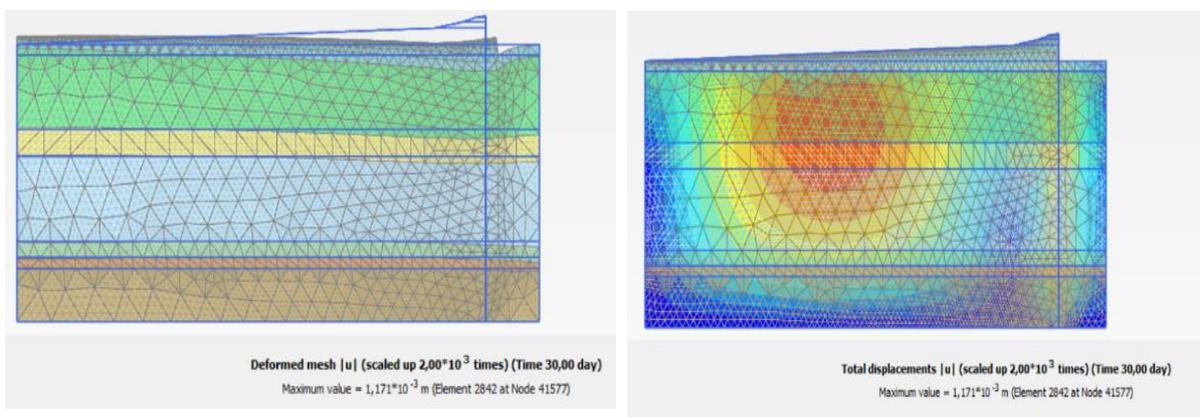
g. Analisis Kekuatan Pile Cap

Dari perhitungan kombinasi gaya aksial ultimit tiang didapat rekapitulasi sebagaimana tabel berikut:

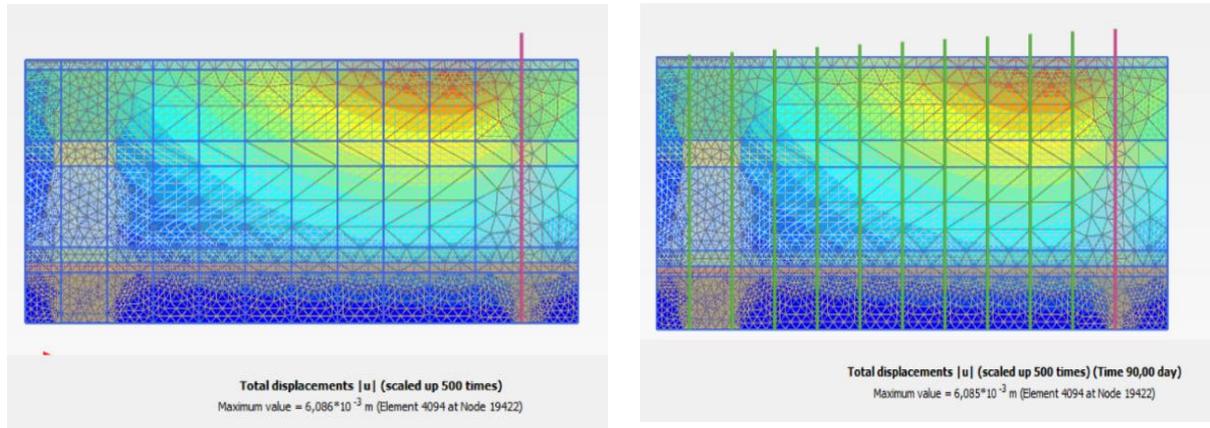
Tabel 16. Kombinasi Beban Analisis Kekuatan Pile Cap

No	Kombinasi beban	Pmax(kN)	hmax x (kN)	hmaxy (kN)	hmax result (kN)
1	Kuat I	973,83	12,71	0,00	12,71
2	Kuat III	574,55	2,91	7,77	8,30
3	Kuat V	574,75	1,52	4,05	4,32
4	Ekstrem I	641,95	6,18	6,07	8,06
5	Max	973,83			12,71

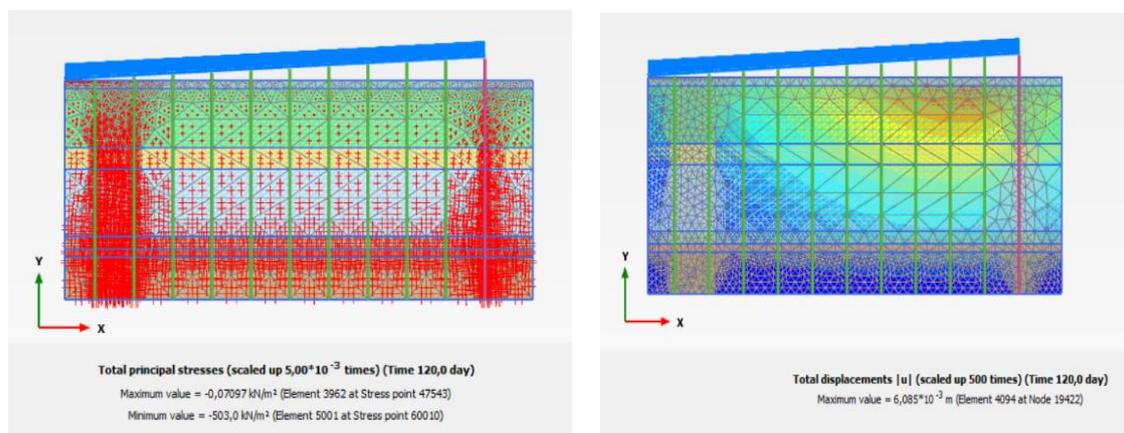
h. Analisis hasil modelling oprit menggunakan aplikasi Plaxis 2 D V20:



Gambar 3 Modelling Kondisi Oprit Pra konstruksi



Gambar 4. Modelling Kondisi Oprit Pra Konstruksi



Gambar 5. Modelling Kondisi Oprit Pasca Konstruksi

5. KESIMPULAN

Dari perhitungan berdasarkan daya dukung tanah, pembebanan dan daya dukung pondasi maka didapat desain pondasi yang memenuhi syarat untuk pile slab sebagai berikut:

a. Desain Pondasi

Tabel 17. Desain Pondasi

No	Dimensi	Notasi	Nilai	Satuan
1	Diameter	D	0,50	M
2	Tebal	T	0,25	M
3	Panjang	L	26,00	M
Data susunan tiang				
1	Jumlah baris tiang	Nx	1,00	Buah
2	Jumlah tiang dalam satu baris	Ny	4,00	Buah
3	Jumlah tiang total	N	4,00	Buah

b. Desain Penulangan

Tabel 18. Desain Penulangan

No.	Uraian penulangan	Perhitungan		Dipasang	
		Tulangan utama	Tulangan geser	Tulangan utama	Tulangan geser
1	Pile cap	8 D25	D13 - 221	8 D25	D13 - 150

c. Desain Penulangan Slab Lantai:

Tabel 19. Desain Penulangan slab Lantai

No.	Uraian penulangan	Perhitungan			Dipasang		
		Tulangan utama	Tulangan bagi	Tulangan geser	Tulangan utama	Tulangan bagi	Tulangan geser
1	Slab lantai	D22 - 205	D16-362	D12 – 271/300	D22 – 150	D16 - 150	D12 – 150/300

Tulangan polos untuk tulangan diameter <12 mm dan tulangan ulir untuk tulangan diameter >12 mm.

d. Hasil Modelling Plaxis 2D V20:

Didapat penurunan tanah pasca konstruksi Pile Slab sebesar : $6,085 \times 10^{-3}$ meter = 6,85 mm <

penurunan Ijin = 65 mm (Skempton dan Mc Donald :1995)

District. Universitas Diponegoro Semarang.

6. DAFTAR PUSTAKA

Amris Azizi, M Agus Salim , Gilang Ramadhon, 2020. *Analisis Daya Dukung Dan Penurunan Pondasi Tiang Pancang Proyek Gedung DPRD Kabupaten Pemalang*. Universitas Muhammadiyah Sorong.

Hadi Kusumah, Hartono, 2020. *Analisa Daya Dukung Dan Penurunan Tanah Terhadap Pondasi Telapak Di Pembangunan Ruko Jl Pelabuhan Ii Kota Sukabumi*. UMMI.

Apriani Dyah Wahyu dan Arum Dwicahyani, 2019. *Prediksi Penurunan Tanah Timbunan Studi Kasus Pembangunan Rumah Susun Sewa Intitut Teknologi Kalimantan*. Institut Teknologi Kalimantan.

Setiyarto Y. Djoko, *Standar Pembebanan pada Jembatan Menurut SNI 1725 2016*. Universitas Komputer Indonesia.

Claudio Daniel Sorongan, Fabian J. Manoppo, Steeva G. Rondonuwu, 2018. *Analisa Pile Slab Pada Tanah Rawa (Jalan Tol Manado – Bitung)*. Jurnal Tekno Vol.16 No.70, 2018 ISSN: 0215-9617.

Supriyadi Bambang dan Muntohar Setyo Agus 2007. *Jembatan Cetakan Pertama*. Yogyakarta : Beta Offset Kavling Madukismo 28.

Efendi, Aco Wahyudi , 2020. *Modeling of Soil Subsidence in IKN using numerical analysis of the finite element method LISA V.8*.

Sutarman,, Encu 2013. *Konsep dan Aplikasi Pengantar Teknik Sipil Bandung*. Andi Offset.

Efendi, Aco Wahyudi , 2022. *Repair Analysis of Pinang Bridge Oprit Subsidence With Mortar Form Using LISA FEA*. Universitas Tridharma.

Thomas Marcellino Santoso, Muhammad Sigit Wahyudi, Muhrozi, Indrastono Dwi Atmanto, 2022. *Analisis Struktur Slab On Studi Kasus Jalan Tol Semarang – Demak Seksi 2*. Jurnal Teknika 17 (1) (2022) 21-34.

Fachridia Luthfiani, Ilham Nurhuda, Indrastono Dwi Atmanto, 2017. *Analisis Penurunan Bangunan Pondasi Tiang Pancang Dan Rakit Pada Proyek Pembangunan Apartemen Surabaya Central Business*