

**POLA SIMULASI DESAIN OPRIT JEMBATAN DENGAN METODE ELEMEN
HINGGA MENGGUNAKAN SOFTWARE PLAXIS 2D****Chafifurrahman Al Islami^{1*}**^{1,2,3} Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Wiralodra, Indramayu 45213

*Email: chafialislami@yahoo.co.id

Abstract

approach road embankment (oprit) is a segment that connects the pavement construction with the bridge abutment which is limited by the planned width and height in such a way as to support the strength and stability of the abutment. In some cases, especially in the area of Pekanbaru, Riau, there are circumstances where there is damage to the oprit section of the bridge, including a decrease in the oprit elevation which causes the tread plate to break on the bridge oprit and causes the car vehicle to feel discomfort while driving due to an excessive decrease in the oprit area and results in vehicle damage. The purpose of this study is to determine the analysis of stress, drop, and safety factors on the bridge oprit using Plaxis 2D software. based on the results of the analysis, the results obtained from the analysis using Plaxis 2D Software on the implementation of A, B, C and D, for a better stage, namely the simulation of the design of the A tread plate on the red soil heap (in the area of the tread plate with granular sand), because in terms of the time for its implementation is faster than the implementation of design B and D simulations.

Keywords: Design simulation, bridge orbit, finite element method, Plaxis 2D

Abstrak

Timbunan jalan pendekat (oprit) merupakan segmen yang menghubungkan konstruksi perkerasan dengan abutment jembatan yang dibatasi oleh lebar dan tinggi yang direncanakan sedemikian rupa sehingga mendukung terhadap kekuatan dan kestabilan abutment. Pada beberapa kasus khususnya di daerah Pekanbaru, Riau terdapat keadaan dimana terjadi kerusakan pada bagian oprit jembatan, diantaranya yaitu penurunan elevasi oprit yang menyebabkan patahnya pelat injak pada oprit jembatan dan mengakibatkan kendaraan mobil pada saat melaju terasa ketidaknyamanan dalam berkendara dikarenakan penurunan di area oprit yang berlebih dan mengakibatkan rusaknya kendaraan. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui analisa tegangan, penurunan dan faktor keamanan pada oprit jembatan dengan menggunakan *Software Plaxis 2D*. berdasarkan hasil analisis didapatkan nilai hasil dari analisa menggunakan *Software Plaxis 2D* pada pelaksanaan A,B,C dan D, untuk tahapan yang lebih baik yaitu simulasi desain A pelat injak diatas tanah timbunan tanah merah (di area pelat injak dengan pasir granular), karena dari segi waktu untuk pelaksanaannya lebih cepat dibandingkan dengan pelaksanaan simulasi desain B dan D.

Kata kunci: Simulasi desain, orpit jembatan, metode elemen hingga, plaxis 2D

I. PENDAHULUAN

Jembatan adalah struktur bangunan yang menghubungkan transportasi yang terputus oleh sungai, danau, selat, atau jalan pelintas lainnya [1]. Faktor utama kerusakan jembatan sebagian besar diakibatkan oleh faktor usia. Berdasarkan data dari kementerian pekerjaan umum dan perumahan rakyat ada sekitar 40% jembatan di Indonesia dalam keadaan rusak dan sebagian besar berlokasi di daerah-daerah pelosok [2]. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk desain oprit jembatan dengan metode elemen hingga menggunakan software Plaxis 2d. Metode elemen hingga merupakan salah satu metode numerik yang bisa diterapkan

berbagai kasus bidang rekayasa untuk menghitung gaya dalam (internal forces) [3]. Pengaplikasian metode elemen hingga pada software Plaxis yang mana Plaxis 2d merupakan salah satu program komputer yang menganalisis pemecahan masalah dalam geoteknik dengan pendekatan elemen hingga. Plaxis 2d mampu menganalisis daya dukung pondasi dan penurunannya. Plaxis juga mampu mensimulasikan kegiatan konstruksi dilapangan [4].

II. METODE PENELITIAN

Teknik pengumpulan data pada penelitian ini diperoleh dari hasil uji laboratorium, hasil

uji lapangan berupa data *CPT*, *SPT*. Pengujian di laboratorium bertujuan untuk mengetahui sifat-sifat tanah (gradasi butiran, kadar air, modulus geser, berat jenis, struktur tanah). Kemudian data tersebut diolah dan dimasukkan kedalam *software Plaxis 2D*.

2.1 Lokasi penelitian

Pada penelitian ini, lokasi penelitian berlokasi di Oprit Jembatan *Over Pass* STA 1 + 047 Muara Fajar, Rumbai, Kota Pekanbaru, Riau. Pada Proyek Jalan Tol Pekanbaru - Dumai Section-1. Lokasi proyek terletak di sekitaran pekerjaan jalan tol Pekanbaru – Dumai seksi 1 dari STA. 0+335 sampai STA. 9+150, Pekanbaru, Riau. Terdapat 4 titik bor pada lokasi tersebut dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 1. Lokasi titik pengujian
Sumber: CV MKS Proyek Tol Pekdum Sec-1

2.2 Pemboran Teknik

Pemboran tanah dilakukan dengan menggunakan 1 unit mesin pemboran YBM lengkap pompanya. Alat juga dilengkapi dengan casing untuk mencegah runtuhnya dinding lubang. Selama pekerjaan pengeboran, air permukaan dicegah untuk tidak memasuki lubang bor. Inti sampel yang dikumpulkan selama pengeboran dimasukkan ke dalam kotak inti (*core box*) dan diserahkan ke perwakilan pemilik proyek untuk disimpan, sedangkan sampel *UDS* selanjutnya dikirim ke laboratorium untuk uji lebih lanjut. Sampel ini diberi label untuk identifikasi tanah, yang didasarkan pada pemeriksaan visual, dan manual seperti yang dijelaskan dalam ASTM D 2488.

Dari data bor bahwa Secara umum, tujuan penyelidikan tanah pada proyek ini adalah untuk memberikan informasi stratifikasi tanah, *index properties* tanah, dan *engineering properties*. Penyelidikan tanah yang dilakukan terdiri dari pengujian lapangan berupa pemboran tanah beserta pengambil sampel *UDS*. Penyelidikan tanah diproyek ini dilakukan menyebar di beberapa titik di area lokasi, termasuk didalamnya pengambilan

sampel tanah *undisturbed* (*UDS*) yang diambil pada lokasi untuk diuji di laboratorium. Pengujian lapangan dan pengujian tanah di laboratorium ditabelkan sebagai berikut dapat dilihat pada tabel berikut.

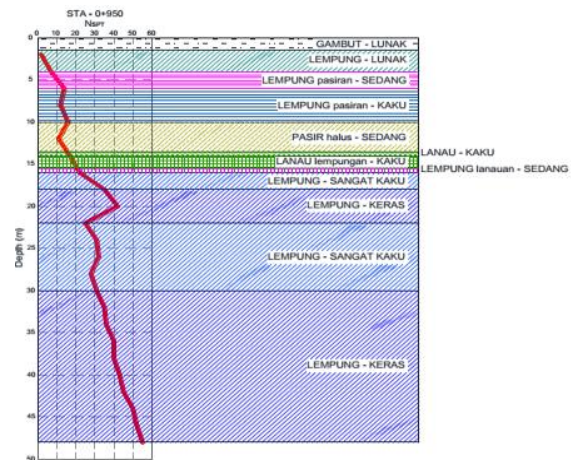
Tabel 1. Data pemboran teknik

No	Titik Lokasi	Kedalaman (m)	MA T (m)	Pengambilan sampel UDS
1	Seragam	60,0	-2,00	3,0
2	Tak Teratur	46,0	-3,00	4,0
3	Seragam	48,0	-1,00	5,0
4	Seragam	30,0	-0,20	6,0

sumber: CV MKS Proyek Tol Pekdum Sec-1

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan pengujian pemboran tanah dan *N-SPT*, diasumsikan untuk titik lokasi Jembatan *Over Pass* di STA 1+047, untuk pengambilan sampel tanahnya diambil pengujian *SPT* yang mendekati yaitu titik lokasi pemborannya berada di STA 0+950. Pada Gambar 4.1 *N-SPT* dibawah ini.



Gambar 1. Statifikasi Tanah STA 0 + 950

Parameter untuk tanah asli terdiri dari 9 lapisan tanah pada lampiran 3 yaitu:

- 1) Lapisan tanah 1 jenis tanah (Gambut, coklat gelap) kedalaman 0 m – 1,5 m.
- 2) Lapisan tanah 2 jenis tanah (Lempung, abu-abu gelap) kedalaman 1,5 m – 4 m.
- 3) Lapisan tanah 3 jenis tanah (Lempung pasir, abu-abu kehijauan) kedalaman 4 m – 10 m.
- 4) Lapisan tanah 4 jenis tanah (Pasir halus, abu-abu) kedalaman 10 m – 13,5 m.
- 5) Lapisan tanah 5 jenis tanah (Lanau, abu-abu) kedalaman 13,5 m – 14 m.

- 6) Lapisan tanah 6 jenis tanah (Lanau lempungan, abu-abu) kedalaman 14 m – 15,5 m.
- 7) Lapisan tanah 7 jenis tanah (Lempung lanauan, abu-abu) kedalaman 15,5 m – 16 m.
- 8) Lapisan tanah 8 jenis tanah (Lempung, abu-abu) kedalaman 16 m – 30 m.
- 9) Lapisan tanah 9 jenis tanah (Lempung, abu-abu gelap) kedalaman 30 m – 48 m, pada program *Plaxis 2D*.

Berdasarkan korelasi *SPT* dengan Modulus elastisitas menurut *Foundation analysis and design*, *Prakash dan Sharma*, untuk penelitian ini diambil untuk jenis tanah lempung diambil angka dikalikan 1000 dan untuk jenis tanah pasir diambil angka 500 ($N + 15$) dan untuk jenis tanah lempung berpasir diambil angka 320 ($N + 15$) dan untuk jenis tanah lanau, lanau berpasir atau lempung lanau diambil angka 300 ($N + 15$) pada setiap jenis lapisan tanah yaitu:

- 1) Lapisan 1 = $1000 \times 1,92 \text{ kg/cm}^2$
= 1920 kN/m^2
- 2) Lapisan 2 = $320 \times (1,42 \text{ kg/cm}^2 + 15)$
= $5254,4 \text{ kN/m}^2$
- 3) Lapisan 3 = $500 \times (0,90 \text{ kg/cm}^2 + 15)$
= 7950 kN/m^2
- 4) Lapisan 4 = $300 \times (1,10 \text{ kg/cm}^2 + 15)$
= 4830 kN/m^2
- 5) Lapisan 5 = $300 \times (1,04 \text{ kg/cm}^2 + 15)$
= 4812 kN/m^2
- 6) Lapisan 6 = $300 \times (1,04 \text{ kg/cm}^2 + 15)$
= 4812 kN/m^2
- 7) = 4812 kN/m^2
- 8) Lapisan 7 = $1000 \times 1,06 \text{ kg/cm}^2$
= 1060 kN/m^2
- 9) Lapisan 8 = $1000 \times 1,11 \text{ kg/cm}^2$
= 1110 kN/m^2

Dimodelkan dalam Tabel untuk setiap lapisan tanah untuk di *input* ke program *Plaxis 2D*.

3.1 Parameter tiang

Pondasi yang digunakan pada pondasi ini adalah pondasi tiang pancang, dengan ukuran 0,25 m, yang terbuat dari beton dengan mutu K-350 kg/cm^2 . Tiang pancang pada *Plaxis 2D* dimodelkan dengan *Cluster*, berikut hasil dari perhitungan dalam bentuk Tabel 2 dan Tabel 3 dibawah ini.

Tabel 2. Parameter *Mini pile* Kedalaman 7 m *Plaxis*

Parameter Material	Nilai Parameter	Satuan
Jenis Bahan	Tiang	-
Permodelan Material	Linear elastis	-

Tipe Material	Elastic	-
Sisi (B)	0,25	M
Kekakuan Fleksural (EI)	3736,44	kN/m^3
Kekakuan Aksial (EA)	956527,53	kN/m^3
Poisson Ratio (v)	0,15	-

Tabel 3. Parameter *Mini pile* Kedalaman 2.5m *Plaxis 2D*

Parameter Material	Nilai Parameter	Satuan
Jenis Bahan	Tiang	-
Permodelan Material	Linear elastis	-
Tipe Material	Elastic	-
Sisi (B)	0,25	M
Kekakuan Fleksural (EI)	4871,554692	kN/m^3
Kekakuan Aksial (EA)	3044721,683	kN/m^3
Poisson Ratio (v)	0,15	-

3.2 Parameter raft (pelat injak)

Raft dari pondasi yaitu terbuat dari beton dengan mutu beton K-250 kg/cm^2 , ketebalan 0,3 m, pada program *Plaxis 2D* dimodelkan dengan model *Cluster*, Cara menghitung modulus elastisitas yaitu dengan cara:

$$\begin{aligned}
 E &= 4700 \times \sqrt{F'c} \\
 &= 4700 \times \sqrt{20} \\
 &= 4700 \times 4,472 \\
 &= 21019,03899 \text{ N/mm}^2 \\
 &= 21019038,99 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

3.3 Parameter AC-WC, AC-BC, AC-Base, Base Course

Data dimensi struktur perkerasan lentur yang ditinjau adalah:

Panjang perkerasan lentur : 8 m

Lebar perkerasan lentur : 5 m

Tebal perkerasan lentur : 0.3 m

diantaranya yaitu:

AC-WC : 0,04 m

AC-BC : 0,06 m

AC-Base : 0,08 m

Base Course : 0,12 m

3.4 Penentuan beban

Diketahui Beban Kendaraan

50 ton x 2 Kendaraan = 100 ton

Dimensi Pelat Injak = $P \times L = 8 \text{ m} \times 5 \text{ m}$
= 40 m^2

DL (Beban Mati) = $1,6 (1 + 60\%)$
diasumsikan

$$\frac{\text{Beban Kendaraan}}{\text{Dimensi Pelat Injak}} = \frac{100 \text{ ton}}{40 \text{ m}^2} = 2,5 \text{ ton/m}^2 \text{ Total} =$$

$2,5 \text{ ton/m}^2 \times \text{DL}$

= $2,5 \text{ ton/m}^2 \times 1,6 = 4 \text{ ton/m}^2$

= $4 \text{ ton/m}^2 = 40 \text{ kN/m}^2$

Jadi total pembebanan untuk di input ke *Plaxis 2D* adalah 40 kN/m^2 . Kapasitas beban yang dihitung diperoleh dari perhitungan analisa beban kendaraan beban dengan nilai beban terberat 40 kN/m^2 . Beban yang akan dimasukkan pada *Plaxis 2D* adalah beban titik (*Point Load*) yang ditempatkan pada titik pusat pelat injak.

3.5 Model dan Tahap Konstruksi pada *Plaxis 2D*

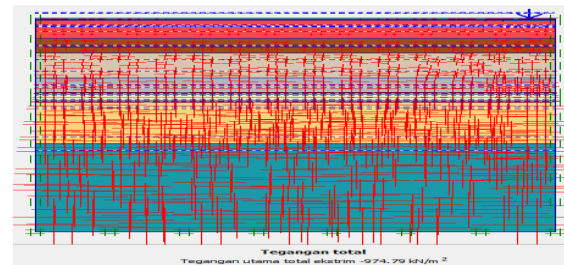
- 3.5.1 Koordinat tiang pancang pada *Plaxis 2D*, titik koordinat tiang pancang yang akan dibuat pada *Plaxis 2D* dilakukan dengan *tools Geometry line*.
- 3.5.2 Model koordinat pile pada *Plaxis 2D*. Titik koordinat yang akan dibuat pada *Plaxis 2D* menggunakan *tools plate*, jumlah pile yang akan digambarkan pada pondasi tiang pancang sebanyak satu sesuai dengan kedalaman yang diinginkan.
- 3.5.3 Membuat parameter tanah, Model ini dilakukan dengan cara mengisi parameter kemudian dimasukkan ke *Geometri*.
- 3.5.4 Model beban pada *Plaxis 2D*, Model beban pada *Plaxis 2D* dilakukan dengan *point loads* (Sistem A), beban yang dimodelkan yaitu beban titik terhadap pusat *plate*.
- 3.5.5 Membatasi model dengan standar *Fixities*, Model ini bertujuan untuk membatasi wilayah yang akan dibaca pada program *Plaxis 2D*.
- 3.5.6 Model tahapan pelaksanaan A, B, C dan D, Model yang akan dibuat pada penelitian ini adalah 4 model, model yang pertama adalah tahapan pelaksanaan A, tahapan pelaksanaan ini adalah pekerjaan dilakukan pemasangan pelat injak diatas tanah timbunan tanah merah, 1 untuk diarea pelat injak dengan timbunan tanah merah dan 2 untuk diarea pelat injak dengan timbunan pasir granular dan untuk tahapan pelaksanaan B pekerjaan dilakukan pemasangan pelat injak diatas tanah timbunan tanah merah dengan *mini pile*, 1 untuk diarea pelat injak dengan timbunan tanah merah dan 2 untuk diarea pelat injak dengan timbunan pasir granular dan untuk tahapan pelaksanaan C pekerjaan dilakukan pemasangan pelat injak dibawah tanah timbunan tanah merah

dan untuk tahapan pelaksanaan D pekerjaan dilakukan pemasangan pelat injak dibawah tanah dengan *mini pile*. Berikut ini adalah gambar model tahapan pelaksanaan yang akan dibuat pada *Plaxis 2D* dapat dilihat dibawah ini.

3.6 Tahapan Pelaksanaan A Pelat Injak diatas Tanah Timbunan Tanah Merah (diarea pelat injak dengan timbunan tanah merah)

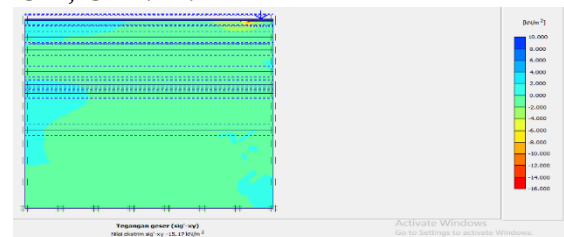
3.6.1 Hasil analisa tegangan

Hasil *output* tegangan dengan menggunakan aplikasi *Plaxis 2D*, profil tegangan total dan tegangan geser pelaksanaan simulasi desain A dapat dilihat pada gambar di bawah.



Gambar 2. Tegangan Total

Dari Gambar 2 menjelaskan tahapan pembebanan dengan beban statis terpusat proses dimana setelah semua selesai dikerjakan, hasil dari perhitungan *Plaxis 2D* pergerakan tanah akibat dibebani dan terjadinya tegangan total dengan nilai sebesar $-974,79 \text{ kN/m}^2$.

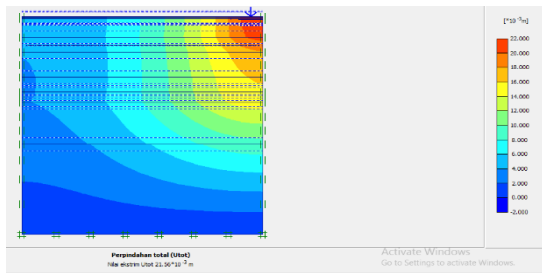


Gambar 3. Tegangan Geser (σ'_{xy})

Dari Gambar 3 menjelaskan tahapan pembebanan dengan beban terpusat proses dimana setelah semua selesai dikerjakan, garis kontur warna tersebut menjelaskan hasil dari perhitungan *Plaxis 2D* pergerakan tanah kearah horisontal mengarah kekiri untuk kearah vertikal menyebar kesemua arah dengan nilai sebesar $-15,17 \text{ kN/m}^2$.

3.6.2 Hasil Analisa Penurunan

Hasil *output* penurunan dengan menggunakan aplikasi *Plaxis 2D*, profil penurunan total pelaksanaan simulasi desain A dapat dilihat pada gambar di bawah.

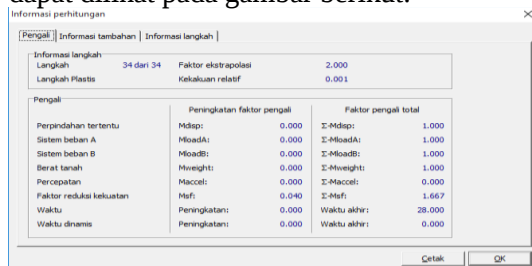


Gambar 4. Perpindahan Total

Dari Gambar 4.6, menjelaskan tahapan pembebanan dengan beban terpusat proses dimana setelah semua selesai dikerjakan, garis kontur warna tersebut menjelaskan hasil dari perhitungan *Plaxis 2D* pergerakan tanah kearah horizontal dan bergerak kekiri untuk kearah vertikal menyebar kesemua arah dengan nilai sebesar $21,56 \times 10^{-3} \text{m}$.

3.6.3 Hasil Analisa Faktor Keamanan

Hasil output faktor keamanan dengan menggunakan aplikasi *Plaxis 2D*, profil faktor keamanan pelaksanaan simulasi desain A dapat dilihat pada gambar berikut.



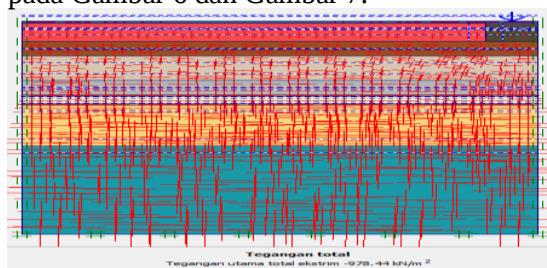
Gambar 5. Faktor keamanan

Dari Gambar 5 menjelaskan *SF* proses dimana hasil perhitungan *SF* ini setelah proses pembebanan selesai dan hasil perhitungan untuk nilai faktor keamanan yaitu 1,667

3.7 Tahapan Pelaksanaan A Pelat Injak diatas Tanah Timbunan Tanah Merah (diarea pelat injak dengan timbunan tanah granular)

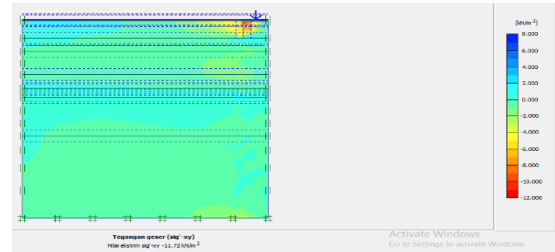
3.7.1 Hasil analisa tegangan

Hasil *output* tegangan dengan menggunakan aplikasi *Plaxis 2D*, profil tegangan total dan tegangan geser pelaksanaan simulasi desain A dapat dilihat pada Gambar 6 dan Gambar 7.



Gambar 6. Tegangan total

Tahapan pembebanan dengan beban statis terpusat proses dimana setelah semua selesai dikerjakan, hasil dari perhitungan *Plaxis 2D* pergerakan tanah akibat dibebani dan terjadinya tegangan total dengan nilai sebesar -978.44 kN/m².

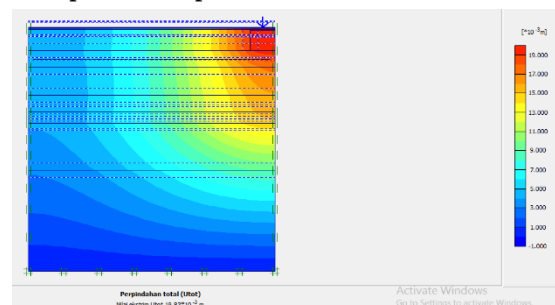


Gambar 7. Tegangan Geser (sig'-xy)

tahapan pembebanan dengan beban terpusat proses dimana setelah semua selesai dikerjakan, garis kontur warna tersebut menjelaskan hasil dari perhitungan *Plaxis 2D* pergerakan tanah kearah horisontal mengarah kekiri untuk kearah vertikal menyebar kesemua arah dengan nilai sebesar -11,72 kN/m².

3.7.2 Hasil Analisa Penurunan

Hasil *output* penurunan dengan menggunakan aplikasi *Plaxis 2D*, profil penurunan total pelaksanaan simulasi desain A dapat dilihat pada Gambar 8 berikut



Gambar 8. Perpindahan Total (Utut)

Pembebanan dengan beban terpusat proses dimana setelah semua selesai dikerjakan, garis kontur warna tersebut menjelaskan hasil dari perhitungan *Plaxis 2D* pergerakan tanah kearah horisontal dan bergerak kekiri untuk kearah vertikal menyebar kesemua arah dengan nilai sebesar $19,83 \times 10^{-3} \text{m}$

3.7.3 Analisa Faktor Keamanan

Hasil *output* faktor keamanan dengan menggunakan aplikasi *Plaxis 2D*, profil faktor keamanan pelaksanaan simulasi desain A dapat dilihat pada Gambar 9.

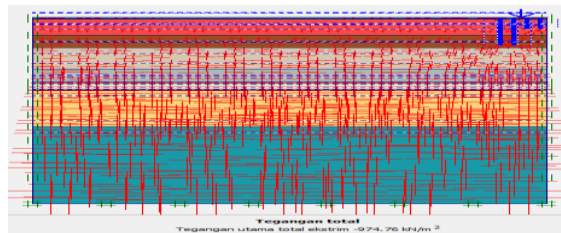


Gambar 9. Faktor keamanan

Dari Gambar 9 menjelaskan *SF* proses dimana hasil perhitungan *SF* ini setelah proses pembebanan selesai dan hasil perhitungan untuk nilai faktor keamanan yaitu 2,375

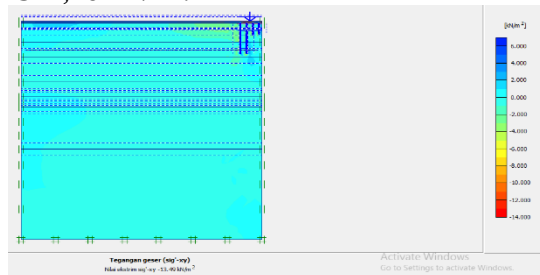
3.8 Tahapan Pelaksanaan B Pelat Injak diatas tanah timbunan tanah merah dengan *mini pile* (diarea pelat injak dengan timbunan tanah merah)

3.9.1 Hasil analisa tegangan



Gambar 10. Tegangan total

Dari Gambar 10 menjelaskan tahapan pembebanan dengan beban statis terpusat proses dimana setelah semua selesai dikerjakan, hasil dari perhitungan *Plaxis 2D* pergerakan tanah akibat dibebani dan terjadinya tegangan total dengan nilai sebesar -974,76 kN/m².



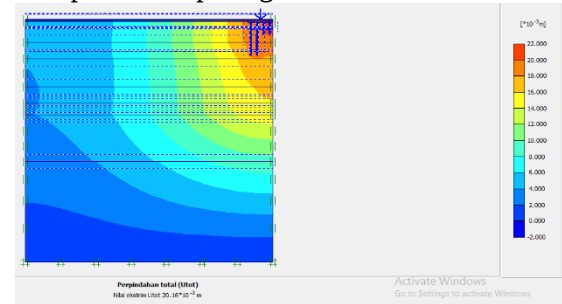
Gambar 11. Tegangan Geser (σ'_{xy})

Gambar menjelaskan tahapan pembebanan dengan beban terpusat proses dimana setelah semua selesai dikerjakan, garis kontur warna tersebut menjelaskan hasil dari perhitungan *Plaxis 2D* pergerakan tanah kearah horisontal mengarah kekiri untuk kearah vertikal menyebar kesemua arah dengan nilai sebesar -13,49 kN/m².

3.9.2 Hasil Analisa Penurunan

Hasil *output* penurunan dengan menggunakan aplikasi *Plaxis 2D*, profil

penurunan total pelaksanaan simulasi desain B dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 12. Perpindahan Total (Utot)

Dari Gambar 12, menjelaskan tahapan pembebanan dengan beban terpusat proses dimana setelah semua selesai dikerjakan, garis kontur warna tersebut menjelaskan hasil dari perhitungan *Plaxis 2D* pergerakan tanah kearah horisontal dan bergerak kekiri untuk kearah vertikal menyebar kesemua arah dengan nilai sebesar $20,16 \times 10^{-3} \text{ m}$

3.9.3 Analisa faktor keamanan

Hasil *output* faktor keamanan dengan menggunakan aplikasi *Plaxis 2D*, profil faktor keamanan pelaksanaan simulasi desain B dapat dilihat pada gambar berikut.



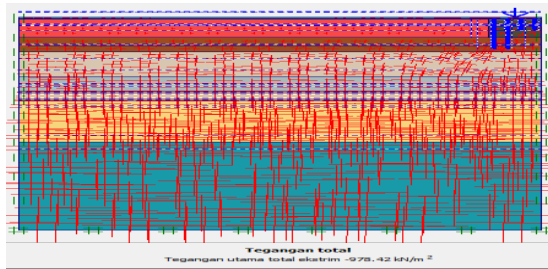
Gambar 13. Faktor keamanan

Dari Gambar 13 menjelaskan *SF* proses dimana hasil perhitungan *SF* ini setelah proses pembebanan selesai dan hasil perhitungan untuk nilai faktor keamanan yaitu 1,321.

3.10 Tahapan Pelaksanaan B Pelat Injak diatas tanah timbunan tanah merah dengan *mini pile* (diarea pelat injak dengan timbunan pasir granular)

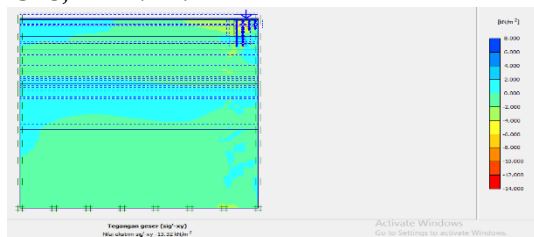
3.10.1 Hasil Analisa Tegangan

Hasil *output* tegangan dengan menggunakan aplikasi *Plaxis 2D*, profil tegangan total dan tegangan geser pelaksanaan simulasi desain B dapat dilihat pada gambar 14 dan Gambar 15.



Gambar 14. Tegangan total.

Dari Gambar 14 menjelaskan tahapan pembebanan dengan beban statis terpusat proses dimana setelah semua selesai dikerjakan, hasil dari perhitungan *Plaxis 2D* pergerakan tanah akibat dibebani dan terjadinya tegangan total dengan nilai sebesar $-978,42 \text{ kN/m}^2$.

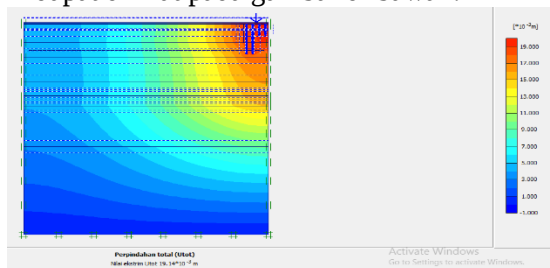


Gambar 15. Tegangan Geser ($\text{sig}'\text{-xy}$)

Dari Gambar 4.20, menjelaskan tahapan pembebanan dengan beban terpusat proses dimana setelah semua selesai dikerjakan, Garis kontur warna tersebut menjelaskan hasil dari perhitungan *Plaxis 2D* pergerakan tanah kearah horisontal mengarah kekiri untuk kearah vertikal menyebar kesemua arah dengan nilai sebesar -13.32 kN/m^2 .

3.10.2 Hasil Analisa Penurunan

Hasil *output* penurunan dengan menggunakan aplikasi *Plaxis 2D*, profil penurunan total pelaksanaan simulasi desain B dapat dilihat pada gambar di bawah.

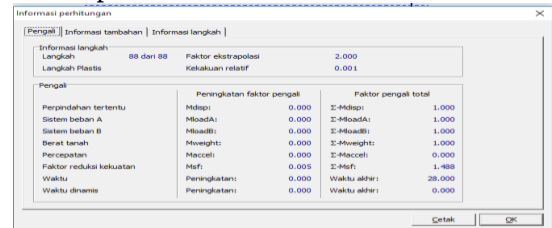


Gambar 16. Perpindahan Total (Utot)

Dari Gambar 13 menjelaskan tahapan pembebanan dengan beban terpusat proses dimana setelah semua selesai dikerjakan, Garis kontur warna tersebut menjelaskan hasil dari perhitungan *Plaxis 2D* pergerakan tanah kearah horisontal dan bergerak kekiri untuk kearah vertikal menyebar kesemua arah dengan nilai sebesar $19,14 \times 10^{-3} \text{ m}$.

4.13.1 Analisa Faktor Keamanan

Hasil *output* faktor keamanan dengan menggunakan aplikasi *Plaxis 2D*, profil faktor keamanan pelaksanaan simulasi desain B dapat dilihat pada Gambar berikut



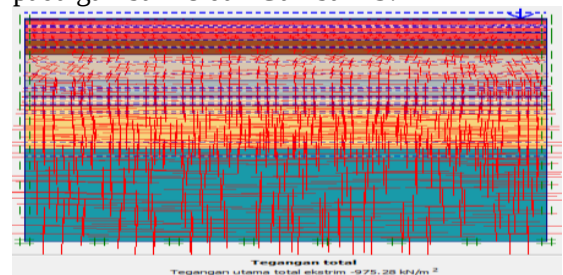
Gambar 17. Faktor keamanan

Dari Gambar 17, menjelaskan SF proses dimana hasil perhitungan SF ini setelah proses pembebanan selesai dan hasil perhitungan untuk nilai Faktor Keamanan yaitu 1,488

3.11 Tahapan Pelaksanaan C Pelat Injak diatas tanah timbunan tanah merah dengan mini pile (diarea pelat injak dengan timbunan tanah merah)

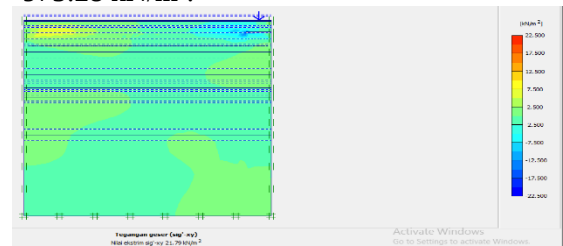
3.11.1 Hasil analisa tegangan

Hasil *output* tegangan dengan menggunakan aplikasi *Plaxis 2D*, profil tegangan total dan tegangan geser pelaksanaan simulasi desain C dapat dilihat pada gambar 18 dan Gambar 19.



Gambar 18. Tegangan total

Dari Gambar 18 menjelaskan tahapan pembebanan dengan beban statis terpusat proses dimana setelah semua selesai dikerjakan, hasil dari perhitungan *Plaxis 2D* pergerakan tanah akibat dibebani dan terjadinya tegangan total dengan nilai sebesar -975.28 kN/m^2 .



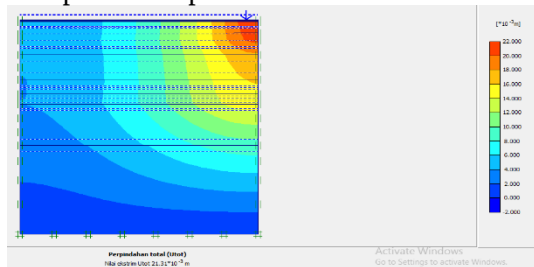
Gambar 19. Tegangan geser ($\text{sig}'\text{-xy}$)

Dari Gambar 19 menjelaskan tahapan pembebanan dengan beban terpusat proses dimana setelah semua selesai dikerjakan,

Garis kontur warna tersebut menjelaskan hasil dari perhitungan *Plaxis 2D* pergerakan tanah kearah horisontal mengarah kekiri untuk kearah vertikal menyebar kesemua arah dengan nilai sebesar 21.79 kN/m^2 .

3.11.2 Hasil Analisa Penurunan

Hasil *output* penurunan dengan menggunakan aplikasi *Plaxis 2D*, profil penurunan total pelaksanaan simulasi desain C dapat dilihat pada Gambar



Gambar 20. Perpindahan Total (Utot)

Dari Gambar 4.26, menjelaskan tahapan pembebanan dengan beban terpusat proses dimana setelah semua selesai dikerjakan, Garis kontur warna tersebut menjelaskan hasil dari perhitungan *Plaxis 2D* pergerakan tanah kearah horisontal dan bergerak kekiri untuk kearah vertikal menyebar kesemua arah dengan nilai sebesar $21,31 \cdot 10^{-3} \text{ m}$.

3.11.3 Analisa Faktor Keamanan

Hasil *output* faktor keamanan dengan menggunakan aplikasi *Plaxis 2D*, profil faktor kemanan pelaksanaan simulasi desain C dapat dilihat pada gambar berikut.

Informasi perhitungan

Pengali

Informasi tambahan

Informasi langkah

Informasi langkah

Langkah

Langkah Plastik

94 dari 94

Faktor ekstrapolasi

Kekakuan relatif

0.500

0.000

Pengali

Peningkatan faktor pengali

Faktor pengali total

Perpindahan tertentu

Mdispl:

0.000

Z-Mdispl:

1.000

Sistem beban A

MloadA:

0.000

Z-MloadA:

1.000

Sistem beban B

MloadB:

0.000

Z-MloadB:

1.000

Serat tanah

Mweight:

0.000

Z-Mweight:

1.000

Percepatan

Maccel:

0.000

Z-Maccel:

0.000

Faktor reduksi kekuatan

Msf:

0.002

Z-Msf:

2.374

Waktu

Peningkatan:

0.000

Waktu akhir:

42.000

Waktu dinamis

Peningkatan:

0.000

Waktu akhir:

0.000

Cetak

OK

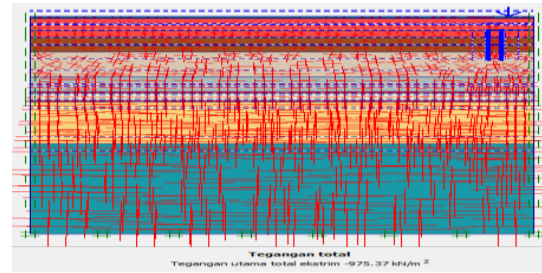
Gambar 21. Faktor keamanan

Dari Gambar 20, menjelaskan *SF* proses dimana hasil perhitungan *SF* ini setelah proses pembebanan selesai dan hasil perhitungan untuk nilai faktor keamanan yaitu 2,374.

3.12 Tahapan Pelaksanaan D Pelat Injak dibawah tanah timbunan tanah merah dengan mini pile

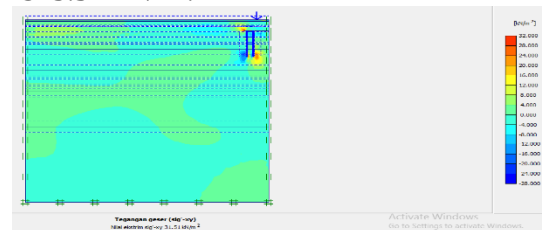
3.12.1 Hasil Analisa Tegangan

Hasil *output* tegangan dengan menggunakan aplikasi *Plaxis 2D*, profil tegangan total dan tegangan geser Pelaksanaan Simulasi Desain D dapat dilihat pada Gambar 22 dan Gambar 23.



Gambar 22. Tegangan total

Dari Gambar 22, menjelaskan tahapan pembebanan dengan beban statis terpusat proses dimana setelah semua selesai dikerjakan, hasil dari perhitungan *Plaxis 2D* pergerakan tanah akibat dibebani dan terjadinya tegangan total dengan nilai sebesar -975.37 kN/m^2 .

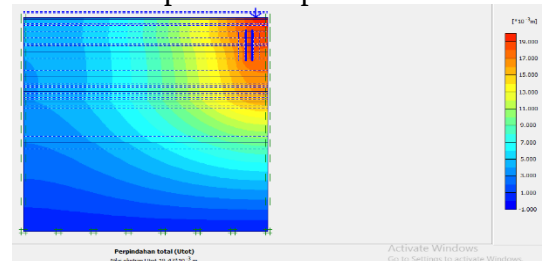


Gambar 23. Tegangan Geser (σ'_{xy})

Dari Gambar 23, menjelaskan tahapan pembebanan dengan beban terpusat proses dimana setelah semua selesai dikerjakan, garis kontur warna tersebut menjelaskan hasil dari perhitungan *Plaxis 2D* pergerakan tanah kearah horisontal mengarah kekiri untuk kearah vertikal menyebar kesemua arah dengan nilai sebesar $-31,51 \text{ kN/m}^2$.

3.12.2 Hasil Analisa Penurunan

Hasil *output* penurunan dengan menggunakan aplikasi *Plaxis 2D*, profil penurunan total pelaksanaan simulasi desain D dapat dilihat pada Gambar



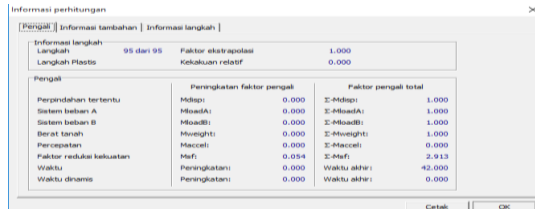
Gambar 24. Perpindahan Total (Utot)

Dari Gambar 24, menjelaskan tahapan pembebanan dengan beban terpusat proses dimana setelah semua selesai dikerjakan, garis kontur warna tersebut menjelaskan hasil dari perhitungan *Plaxis 2D* pergerakan tanah

kearah horisontal dan bergerak kekiri untuk kearah vertikal menyebar kesemua arah dengan nilai sebesar $19,47 \times 10^{-3} \text{m}$.

3.12.3 Analisa Faktor Keamanan

Hasil *output* faktor keamanan dengan menggunakan aplikasi *Plaxis 2D*, profil faktor kewanaman pelaksanaan simulasi desain D dapat dilihat pada Gambar.



Gambar 25. Faktor keamanan.

Dari Gambar 4.32, menjelaskan *SF* proses dimana hasil perhitungan *SF* ini setelah proses pembebanan selesai dan hasil perhitungan untuk nilai faktor keamanan yaitu 2,913.

Dari hasil analisa diatas dibuatlah tabel analisis perbandingan dari keempat simulasi desain oprit jembatan dengan *Software Plaxis 2D* sebagai berikut.

Tabel 4. Hasil Perhitungan dengan *Plaxis 2D* untuk Tegangan Pelaksanaan A, B, C dan D Setelah Selesai Pembebanan

Metode Pelaksanaan	Tegangan Total	Tegangan Geser (sig'xy)
A Pelat injak diatas tanah timbunan tanah merah diarea bawah pelat injak dengan tanah merah	-974,79 kN/m ²	-15,17 kN/m ²
Pelat injak diatas tanah timbunan tanah merah diarea bawah pelat injak dengan pasir granular	-978,44 kN/m ²	-11,72 kN/m ²
B Pelat injak diatas tanah timbunan tanah merah dengan <i>mini pile</i> diarea bawah pelat injak dengan tanah merah	-974,76 kN/m ²	-13,49 kN/m ²
Pelat injak diatas tanah timbunan tanah merah dengan <i>mini pile</i> diarea bawah pelat injak dengan pasir granular	-978,42 kN/m ²	-13,32 kN/m ²
C Pelat injak dibawah tanah timbunan tanah merah	-975,28 kN/m ²	21,79 kN/m ²
D Pelat injak dibawah tanah timbunan tanah merah dengan <i>mini pile</i>	-975,37 kN/m ²	-31,51 kN/m ²

Berdasarkan Tabel 4 Menjelaskan perbandingan tegangan pelaksanaan A,B,C dan D, dimana antara keempat pelaksanaan tersebut pada perbandingan A,B, C dan D, untuk tegangan total hasilnya bervariasi dan tidak berselisih jauh pada tegangan geser hasilnya bervariasi dan berselisih jauh, oleh karena itu pada tegangan geser Pelaksanaan

Simulasi Desain A Pelat injak diatas tanah timbunan tanah merah diarea pelat injak dengan pasir granular karena lebih kecil yaitu -10,45 kN/m² dibandingkan dengan pelaksanaan lainnya. Pondasi yang dibawah ini berpengaruh terhadap beban yang diatas mengakibatkan terjadinya tegangan dan regangan. Untuk analisis perpindahan total (*Utot*) pada tabel dibawah ini.

Tabel 5. Hasil Perhitungan dengan *Plaxis 2D* untuk Penurunan Pelaksanaan A,B,C dan D Setelah Selesai Pembebanan.

Metode Pelaksanaan	Perpindahan Total (<i>Utot</i>)
A Pelat injak diatas tanah timbunan tanah merah diarea bawah pelat injak dengan tanah merah	2,16 cm
Pelat injak diatas tanah timbunan tanah merah diarea bawah pelat injak dengan pasir granular	1,98 cm
B Pelat injak diatas tanah timbunan tanah merah dengan <i>mini pile</i> diarea bawah pelat injak dengan tanah merah	2,02 cm
Pelat injak diatas tanah timbunan tanah merah dengan <i>mini pile</i> diarea bawah pelat injak dengan pasir granular	1,91 cm
C Pelat injak dibawah tanah timbunan tanah merah	2,13 cm
D Pelat injak dibawah tanah timbunan tanah merah dengan <i>mini pile</i>	1,95 cm

Berdasarkan Tabel 4.19, menjelaskan perbandingan Penurunan Pelaksanaan simulasi desain A,B,C dan D, dimana antara keempat pelaksanaan tersebut pada perbandingan A,B,C dan D penurunannya bervariasi dan tidak berselisih jauh. Oleh karena itu beban pondasi yang dibawah ini mempengaruhi timbunan beban *over load* dan beban diatas mengakibatkan terjadinya penurunan.

Analisis *SF* (*Safety Factor*) pada tabel dibawah ini.

Tabel 6. Hasil Perhitungan dengan *Plaxis2D* untuk Faktor Keamanan Pelaksanaan A,B,C dan D setelah Selesai Pembebanan.

Metode Pelaksanaan	<i>SF</i> (<i>Safety Factor</i>)
A Pelat injak diatas tanah timbunan tanah merah diarea bawah pelat injak dengan tanah merah	1,667
Pelat injak diatas tanah timbunan tanah merah diarea bawah pelat injak dengan pasir granular	2,375
B Pelat injak diatas tanah timbunan tanah merah dengan <i>mini pile</i> diarea bawah pelat injak dengan tanah merah	1,321
Pelat injak diatas tanah timbunan tanah merah dengan <i>mini pile</i> diarea bawah pelat injak dengan pasir granular	1,488
C Pelat injak dibawah tanah timbunan tanah merah	2,374
D Pelat injak dibawah tanah timbunan tanah merah dengan <i>mini pile</i>	2,913

Pelaksanaan A,B,C dan D setelah Selesai Pembebanan. Berdasarkan Tabel 6, menjelaskan dimana perbandingan faktor keamanan pada Pelaksanaan Ssimulasi desain A,B,C dan D, hasil dari perhitungan *SF* menggunakan *Plaxis 2D* nilainya memenuhi yaitu >1 . Yaitu nilai Perpindahan Total hasil dari *Output Plaxis 2D* dibandingkan terhadap batas penurunan maksimum berdasarkan *Skempton* dan *McDonald* (1955) sebesar 6,5 cm. Hasil perbandingan tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.21 dibawah ini

Tabel 7. Hasil Perhitungan dengan *Plaxis 2D* untuk Faktor Keamanan menurut *Skempton* dan *McDonald* 1955.

Metode Pelaksanaan		<i>SF</i> (Safety Factor) Memenuhi dan Tidak memenuhi
A	Pelat injak diatas tanah timbunan tanah merah diarea bawah pelat injak dengan tanah merah	Memenuhi
	Pelat injak diatas tanah timbunan tanah merah diarea bawah pelat injak dengan pasir granular	Memenuhi
B	Pelat injak diatas tanah timbunan tanah merah dengan <i>mini pile</i> diarea bawah pelat injak dengan tanah merah	Memenuhi
	Pelat injak diatas tanah timbunan tanah merah dengan <i>mini pile</i> diarea bawah pelat injak dengan pasir granular	Memenuhi
C	Pelat injak dibawah tanah timbunan tanah merah	Memenuhi
D	Pelat injak dibawah tanah timbunan tanah merah dengan <i>mini pile</i>	Memenuhi

Berdasarkan Tabel 7, menjelaskan untuk semua Simulasi Desain tersebut memenuhi menurut *Skempton* dan *McDonald* 1955 karena penurunan batas maksimum pada pondasi yang terpisah dengan tanah lempung nilainya 6,5 cm dan berdasarkan hasil perhitungan menggunakan *Software Plaxis 2D* nilai hasil penurunannya yaitu dibawah 3 cm menurut *Skempton* dan *McDonald* 1955 memenuhi.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan dari data Pola Simulasi Desain Oprit Jembatan Proyek Ruas Jalan Tol Pekanbaru - Dumai Section 1 sta 1+047 maka ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Nilai hasil dari analisa menggunakan *software Plaxis 2D* pada pelaksanaan A,B,C dan D, nilai hasil tegangan total, tegangan geser, penurunan dan faktor keamanan nilai hasilnya adalah untuk

Simulasi Desain A Pelat injak diatas tanah timbunan tanah merah (diarea pelat injak dengan timbunan tanah merah) sebesar: - 974,79 kN/m², -15,17 kN/m², 2,16 cm dan 1,667. Simulasi Desain A (diarea pelat injak dengan timbunan pasir granular) sebesar : -978,44 kN/m², -11,72 kN/m², 1,98 cm dan 2,375. Simulasi Desain B Pelat injak diatas tanah timbunan tanah merah dengan *mini pile* (diarea pelat injak dengan timbunan tanah merah) sebesar : -974,76 kN/m², -13,49 kN/m², 2,02 cm dan 1,321. Simulasi Desain B (diarea pelat injak dengan timbunan pasir granular) sebesar : -978,42 kN/m², -13,32 kN/m², 1,91 cm dan 1,488. Simulasi Desain C Pelat injak dibawah tanah timbunan tanah merah sebesar : - 975,28 kN/m², 21,79 kN/m², 2,13 cm dan 2,374. Simulasi Desain D Pelat injak dibawah tanah timbunan tanah merah dengan *mini pile* sebesar : -975,37 kN/m², -31,51 kN/m², 1,95 cm dan 2,913.

- 2) Nilai hasil dari analisa menggunakan *software Plaxis 2D* pada pelaksanaan A,B,C dan D, untuk tegangan totalnya yaitu Simulasi Desain B Pelat injak diatas tanah timbunan tanah merah dengan *mini pile* (diarea pelat injak dengan tanah merah) sebesar -974,76 kN/m², untuk tegangan gesernya yaitu Simulasi Desain B pelat injak diatas tanah timbunan tanah merah (diarea pelat injak dengan tanah merah) sebesar -11,72 kN/m², untuk penurunannya yaitu Simulasi Desain D pelat injak dibawah tanah timbunan tanah merah dengan *mini pile* sebesar 1,91 cm dan faktor keamanannya yaitu Simulasi Desain D Pelat injak dibawah timbunan tanah merah dengan *mini pile* 2,913. Diasumsikan untuk tegangan pada simulasi desain B dan A karena lebih sedikit nilai tegangannya dibandingkan dengan nilai dari Simulasi Desain lainnya, untuk penurunan Simulasi Desain D karena penurunannya lebih kecil dibandingkan dengan Simulasi Desain lainnya dan untuk faktor keamanan Simulasi Desain D karena lebih besar dibandingkan dengan Simulasi Desain lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. P. Wibowo, “Analisa Penurunan Oprit Jembatan Tanpa Plat Injak Dan Menggunakan Plat Injak Dengan Program Plaxis V 8.2 (Studi Kasus: Jembatan Bendoharjo, Kec. Gabus, Kab. Grobogan),” *Univ. Islam Sultan Agung*, 2018.
- [2] S. I. Kusumaningrum, N. Endah, And S. Suwarno, “Perencanaan Pondasi, Dinding Penahan Tanah, Dan Oprit Jembatan Yang Efisien Studi Kasus: Jembatan Ngabungan Penghubung Ponco-Jatirogo Sta 131+046,” *J. Tek. Its*, Vol. 9, No. 2, Pp. 3–9, 2021, Doi: 10.12962/J23373539.V9i2.53924.
- [3] Fadillawaty, “Metode Elemen Hingga,” Yogyakarta, 2018.
- [4] M. Rahmanhadi, “Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Bor Dengan Pemodelan Konstruksi Menggunakan Plaxis 2d Studi Kasus Rusun Polri Pesing Jakarta,” *Univ. Katolik Parahyangan*, 2018.