

ANALISA KERUSAKAN ABUTMEN JEMBATAN KOTO GASIB KABUPATEN SIAK PROVINSI RIAU

Doni Hidayat dan Gawit Hidayat

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat

email: h1a110082@gmail.com

ABSTRAK

Koto Gasib bridge is a steel truss bridge class B, located in Koto area Gasib Siak Riau Province, was built as a link road to transport the crop that was built in 2010. By the end of 2013 one of the abutment on the left side of the bridge experienced a rotation of 45° causing construction and piles and piles up behind the abutments undergo displacement. Rotation that occurs on the abutments caused due to lateral forces which occur in soil and soil pile axial force received by the foundation abutment causing deflection. Based on the analysis results obtained with the program Geoslope minimum safety factor when the slope backfilled namely $SF_{min} = 0.838$ and the results Plaid's total displacement of = 1.98 m and a bending moment of = 125.28 kN on the condition of the ground water level of 38.5 meters.

Keywords: SF_{min} , total displacement, bending moment

1. PENDAHULUAN

Jembatan merupakan bangunan yang berfungsi sebagai penghubung dua ujung jalan yang terputus oleh sungai, saluran, lembah, selat atau laut. Salah satu pekerjaan penting pada konstruksi jembatan adalah perencanaan abutmen dan pondasi. Dalam perencanaan abutmen dan pondasi tidak bisa dipisahkan dengan pengetahuan mengenai perilaku tanah yang berhubungan dengan jenis tanah. Perilaku tanah lempung berbeda dengan tanah pasir dalam menerima beban suatu struktur.

Pada tahun 2010 PT Astra Agro Lestari yang merupakan salah satu perusahaan perkebunan terbesar di Indonesia melalui anak perusahaannya membangun jembatan girder dengan bentang sepanjang 21 meter di Kabupaten Siak Provinsi Riau. Pada akhir tahun 2013 salah satu abutment pada sisi sebelah kiri jembatan mengalami rotasi sebesar 45° seperti yang terlihat pada Gambar 1. Hal ini menyebabkan konstruksi pondasi tiang pancang terangkat seperti yang terlihat pada Gambar 2 dan timbunan di belakang abutment mengalami perpindahan (penurunan dan penyebaran lateral) seperti yang terlihat pada Gambar 3.



Gambar 1. Abutmen mengalami rotasi Gambar 2. Abutmen mengalami rotasi



Gambar 3. Patahan pada timbunan

Rotasi yang terjadi pada abutmen diakibatkan karena adanya gaya lateral tanah yang terjadi pada tanah timbunan dan gaya aksial yang diterima oleh abutment sehingga menyebabkan pondasi mengalami defleksi.

Dari permasalahan yang terjadi dilakukan analisa penyebab kerusakan pada salah satu abutmen Jembatan Koto Gasib Siak berdasarkan data penyelidikan tanah yang dilakukan oleh Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Riau dan analisa yang dibantu dengan menggunakan software Xstabl dan PLAXIS.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kuat Geser Tanah

Parameter kuat geser tanah diperlukan untuk analisis- analisis kapasitas dukung tanah, stabilitas lereng, dan gaya dorong pada dinding penahan tanah. Menurut teori Mohr (1910) kondisi keruntuhan suatu bahan terjadi oleh adanya kombinasi keadaan kritis dari tegangan normal dan tegangan geser. Hubungan fungsi antara tegangan normal dan tegangan geser pada bidang runtuhnya, dinyatakan oleh:

$$\tau = f(\sigma) \quad (1)$$

dengan τ adalah tegangan geser pada saat terjadinya keruntuhan atau kegagalan (*failure*), dan σ adalah tegangan normal pada saat kondisi tersebut. Garis kegagalan yang didefinisikan dalam persamaan (1), adalah kurva yang ditunjukkan dalam Gambar 4.

Kuat geser tanah adalah gaya perlawanan yang dilakukan oleh butir-butir tanah terhadap desakan atau tarikan. Dengan dasar pengertian ini, bila tanah mengalami pembebanan akan ditahan oleh:

- 1) Kohesi tanah bergantung pada jenis tanah dan kepadatannya, tetapi tidak tergantung dari tegangan normal yang bekerja pada bidang geser.
- 2) Gesekan antara butir-butir tanah yang besarnya berbanding lurus dengan tegangan normal pada bidang gesernya.

Coulomb (1776) mendefinisikan $f(\sigma)$ sebagai:

$$\tau = c + \sigma \tan \phi \quad (2)$$

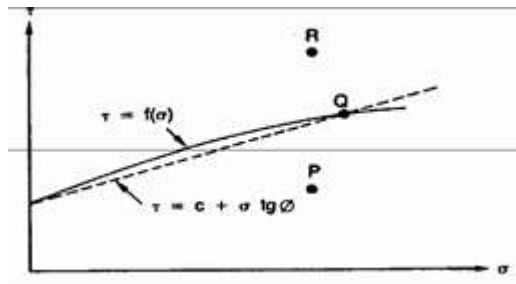
dengan:

τ = kuat geser tanah (kN/m^2)

c = kohesi tanah (kN/m^2)

ϕ = sudut gesek dalam tanah atau sudut gesek intern (derajat)

σ = tegangan normal pada bidang runtuh (kN/m^2)



Gambar 4 Kriteria kegagalan Mohr dan Couloumb (Hardiyatmo,2010)

2.2 Prinsip Dasar Perencanaan Timbunan

Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan timbunan seperti : Stabilitas timbunan adalah stabilitas konstruksi timbunannya dan stabilitas tanah dasarnya (Subgrade). Timbunan harus didesain dengan faktor keamanan yang cukup agar tidak terjadi kelongsoran, baik longsor lereng, longsor kaki dan longsor dalam.

Terdapat tiga modus stabilitas konstruksi timbunan di atas tanah lunak, yaitu stabilitas internal (internal stability), stabilitas tanah dasar (foundation stability), dan stabilitas konstruksi secara keseluruhan (overall stability)

Penurunan timbunan terdiri atas pemampatan tanah timbunan dan tanah dasarnya. Pemampatan pada tanah timbunan terjadi akibat berat timbunan dan pemadatan oleh arus lalu lintas terutama pada lapisan teratasnya. Penurunan tanah dasar diakibatkan adanya

proses konsolidasi. Timbunan tidak boleh mengalami penurunan dan perbedaan penurunan yang besar sesudah pelaksanaan (Adawiyah, 2008).

Penentuan rencana tinggi timbunan harus mempertimbangkan tinggi maksimum timbunan yang mampu didukung lapisan tanah tanpa terjadi keruntuhan geser atau penurunan yang berlebihan (Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Riau, 2014).

Tinggi timbunan kritis dihitung dengan rumus:

$$Hk = \frac{Nc.cu}{\gamma t} \quad (3)$$

keterangan:

Hk = tinggi timbunan kritis (m)

cu = kuat geser *undrained* yang terkoreksi (kPa atau kN/m²)

γt = berat isi timbunan (kN/m³)

2.3 Stabilitas Lereng

Analisis stabilitas lereng pada konsepnya berdasarkan pada keseimbangan plastis batas (limit plastic equilibrium). Maksud analisa stabilitas adalah untuk menentukan faktor aman dari bidang longsor yang potensial. Ada beberapa anggapan yang telah dibuat dalam analisa stabilitas lereng yaitu:

- 1) Kelongsoran lereng yang terjadi disepanjang permukaan bidang longsor tertentu.
- 2) Massa tanah yang longsor dianggap berupa benda yang pasif.
- 3) Tahanan geser dari massa tanah pada titik sepanjang bidang longsor tidak tergantung dari orientasi permukaan longsor (kuat geser dianggap isotropis).
- 4) Faktor aman didefinisikan dengan memperhatikan tegangan geser rata-rata sepanjang bidang longsor yang potensial dan kuat geser tanah rata-rata sepanjang permukaan longsor.

Beberapa metode yang digunakan untuk menganalisa stabilitas lereng antara lain:

- 1) Metode Fellinius (1927)

Metode ini dipakai untuk bidang runtuh yang berupa lingkaran pada semua jenis tanah dan pemakaiannya sederhana (praktis). Analisa stabilitas dengan metode ini menganggap gaya-gaya yang bekerja pada sisi kanan dan kiri dari sembarang irisan mempunyai resultan nol pada arah tegak lurus bidang longsornya.

- 2) Metode Alan W. Bishop (1955)

Metode ini sama dengan metode Fellinius yaitu gaya-gaya yang bekerja pada sisi-sisi irisan resultannya nol pada arah vertical bidang longsor, hanya saja dalam

pemakaiannya agak rumit dan membutuhkan cara coba-coba tetapi cara ini menghasilkan penelitian yang lebih teliti.

3) Diagram Bishop dan Morgestren (1960)

Pada metode ini penyelesaian stabilitas lereng dapat digunakan untuk menghitung faktor keamanan pada tinjauan tegangan efektif. Metode ini dapat digunakan pada bidang runtuh baik lingkaran maupun non lingkaran untuk semua jenis tanah, hanya saja pemakaian metode ini agak rumit (menggunakan komputer).

4. Metode Janbu (1956)

Pada metode ini digunakan untuk bidang runtuh lingkaran dan non lingkaran tetapi pemakaiannya agak rumit (menggunakan computer)

2.4 Tiang Mendukung Beban Lateral

Pondasi tiang harus dirancang dengan memperhitungkan beban-beban horisontal atau lateral, seperti: beban angin, tekanan tanah lateral, beban gelombang air, benturan kapal dan lain-lain. Besarnya beban lateral yang harus didukung pondasi tiang bergantung pada rangka bangunan yang mengirimkan gaya lateral tersebut ke kolom bagian bawah. Jika tiang dipasang vertical dan dirancang untuk mendukung beban horisontal yang cukup besar, maka bagian atas dari tanah pendukung harus mampu menahan gaya tersebut, sehingga tiang-tiang tidak mengalami gerakan lateral yang berlebihan. Karena itu, tiang-tiang perlu dihubungkan dengan gelagar-gelagar horisontal yang berfungsi sebagai penahan gaya lateral. Jika gaya lateral yang harus didukung tiang sangat besar, maka dapat digunakan tiang miring.

Beberapa metode yang digunakan untuk menghitung tahanan beban lateral ultimit antara lain:

1) Metode Brinch Hansen

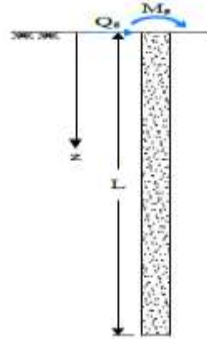
Metode Hansen (1961) dapat digunakan untuk menghitung tahanan lateral pada tiang-tiang pendek. Cara yang relatif sederhana dapat digunakan untuk lapisan tanah uniform maupun yang berlapis-lapis. Dalam cara ini, tahanan tiang yang kaku pada titik x diberikan oleh jumlah momen tahanan-tahanan tanah diatas dan dibawah titik tersebut.

2) Metode Broms

Metode Broms (1964) dapat digunakan untuk menghitung tahanan lateral pada tiang dalam tanah kohesif dan tiang pada tanah granular.

3) Metode Matlock dan Reese (1960)

Matlock dan Reese (1960) memberikan metode umum untuk menentukan momen dan perpindahan dari suatu pondasi tiang yang tertanam di tanah *granular* berdasarkan beban lateral dan momen yang terjadi di permukaan tanah. Pada gambar 5 dapat dilihat pondasi tiang dengan panjang L diberikan gaya lateral Q_g dan momen M_g pada permukaan tanah ($z=0$).



Gambar 5 Beban Lateral Dan Momen Pada Pondasi Tiang

4) Metode p - y

Analisis defleksi tiang secara non linier yang paling banyak digunakan adalah metode p - y . Metode ini banyak digunakan karena kalibrasi kondisi sebenarnya yang diperoleh dari uji skala penuh.

3. METODE PENELITIAN

Setelah inventarisasi data selesai, kemudian dilanjutkan dengan interpretasi data yang bertujuan untuk menganalisis penyebab kerusakan abutment jembatan dan analisis keruntuhan lapisan tanah. Kegiatan ini meliputi :

- 1) Interpretasi data tanah
- 2) Perhitungan daya dukung tanah dasar untuk menentukan tinggi kritis (H_{kritis})
- 3) Analisis stabilitas lereng, perhitungan dilakukan untuk mengetahui bidang longsor dan besaran angka keamanan minimum dengan menggunakan program Geoslope.
- 4) Perhitungan kapasitas daya dukung pondasi tiang
- 5) Perhitungan stabilitas abutmen
- 6) Analisis perilaku tanah dengan program Plaxis

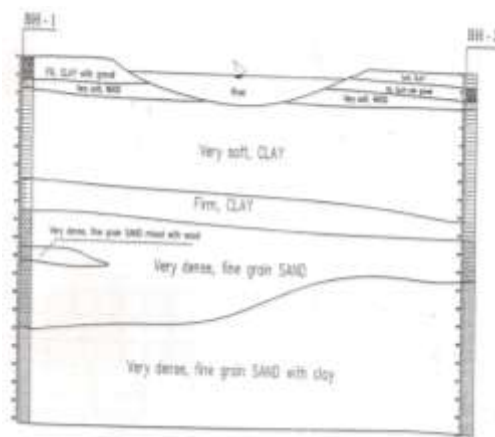
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Geometri Tanah Dasar

Pelaksanaan pekerjaan pembangunan jembatan Koto Gasip di bangun di atas tanah lunak. Data yang digunakan berdasarkan data bor mesin dan data penyelidikan (BH-2),

karena lokasi penyelidikan berdekatan dengan abutmen yang rusak. Jenis tanah di lokasi berdasarkan perkiraan sebagai berikut:

- Ketebalan lapisan timbunan diperkirakan sekitar 2,50 meter
- Ketebalan lapisan tanah bercampur bahan organik sekitar 1,00 meter.
- Ketebalan lapisan lempung sangat lunak diperkirakan sekitar 10 meter.
- Ketebalan lapisan lempung padat diperkirakan sekitar 3,5 meter.
- Ketebalan lapisan pasir sangat padat diperkirakan sekitar 23,45 meter
- Bor dihentikan di kedalaman 40,45 meter pada lapisan pasir bercampur lempung sangat padat.



Gambar 6 Deskripsi Tanah Dasar

Kondisi muka air tanah pada dasar di bawah timbunan adalah berkisar 1,5 meter di atas lapisan tanah bercampur bahan organik atau 2,5 meter di atas lapisan tanah dasar, yakni pada kondisi pasang tertinggi (HWL). Ketinggian air 38,95 meter.

4.2 Perhitungan Kapasitas Daya Dukung Tanah Dasar

Untuk menghitung kapasitas daya dukung tanah dasar (*Ultimate Bearing Capacity*) digunakan persamaan umum Skempton (1951) dengan mengasumsikan bahwa lapisan tanah dalam kondisi undrained (*short term*), maka nilai ϕ dianggap 0° . Perhitungan asumsi undrained atau kondisi short term memberikan kapasitas daya dukung ultimate:

$$q_{ult} = c_u \cdot N_c$$

Dimana nilai c_u diambil dari titik tanah yang mengalami longsor:

q_{ult} = kapasitas dukung ultimit tanah (kN/m^2)

c_u = kohesi undrained = BH2 = 6,88 kN/m^2

N_c = faktor kapasitas dukung tanah (fungsi ϕ) = 5,14

Sehingga : $q_{ult} = c \cdot N_c = (6,88 \times 5,14) = 35,363 \text{ kN/m}^2$

Daya dukung tanah titik BH2 adalah sebesar 35,363 kN/m^2

Tinggi timbunan yang dipakai dalam analisis tidak ditambahkan angka ekivalen lalu lintas. Besarnya beban timbunan dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$q_{\text{timbunan}2} = \gamma t \times H_{\text{timbunan}} = 18 \times 3 = 54 \text{ kN/m}^2$$

Sehingga faktor keamanan (FK) dapat diperhitungkan sebagai berikut:

$$FK2 = \frac{35,363 \text{ kN/m}^2}{54 \text{ kN/m}^2} = 0,65 < 1,0 \text{ (Tidak Aman)}$$

Dilakukan perkuatan tanah dasar dengan menggunakan dolken diameter 10 cm dengan jarak 1 x 1 meter sesuai dengan pelaksanaan di lapangan berdasarkan gambar teknik.

$$\text{Daya dukung dolken} = \pi \cdot d \cdot c_u \text{ dengan SF: } 3 = (\pi \cdot 0,1 \cdot 4 \cdot 6,88) / 3 = 2,88 \text{ kN}$$

$$\text{Sehingga daya dukung dasar menjadi: } c_u \text{ baru} = c_u + c_u \text{ dolken} = 6,88 + 2,88 = 9,76 \text{ kN}$$

$$\text{Sehingga: } q_{\text{ult}} \text{ baru} = c \cdot N_c = (9,76 \times 5,14) = 50,166 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Daya dukung tanah titik BH2 adalah sebesar } 50,116 \text{ kN/m}^2$$

Sehingga faktor keamanan (FK) dapat diperhitungkan sebagai berikut:

$$FK2 = \frac{50,166 \text{ kN/m}^2}{54 \text{ kN/m}^2} = 0,92 < 1,0 \text{ (Tidak Aman)}$$

Ditinjau dari faktor keamanan maka $FK < 1,0$ di titik timbunan BH2, maka timbunan “tidak aman” terhadap penurunan walaupun tanah dasar diperkuat dengan dolken dan perhitungan belum ditambahkan angka ekivalen lalu lintas.

4.3 Perhitungan Tinggi Timbunan Kritis

Tinggi timbunan oprit yang direncanakan adalah sebesar 3 meter. Tinggi timbunan kritis dihitung dengan rumus:

$$Hk = \frac{Ncc_u}{\gamma t} = \frac{5,14c_u}{\gamma tFK} = \frac{q_{\text{ult}}}{\gamma tFK}$$

Keterangan:

$$q_{\text{ult}} = \text{kapasitas dukung ultimit tanah} \quad (\text{kN/m}^2)$$

$$\gamma t = \text{berat volume tanah timbunan} = 18 \quad \text{kN/m}^3$$

$$FK = 1$$

Sehingga perhitungan tinggi timbunan kritis menjadi,

$$Hk = \frac{50,166}{18} = 2,79 \text{ m}$$

Jadi tinggi timbunan kritis untuk titik BH2 adalah 2,79 m.

Apabila telah diketahui tinggi timbunan ($H_t = 3 \text{ m}$) lebih besar dari tinggi timbunan kritis ($H_{k2} = 2,79 \text{ m}$), maka stabilitas timbunan “tidak aman” untuk titik BH2. Sehingga bisa dipastikan akan terjadi keruntuhan (*failure*).

4.4 Analisis Stabilitas Lereng

Analisis keruntuhan terhadap lereng jembatan Koto Gasip menggunakan aplikasi program komputer GEO STUDIO 2007 untuk *Slope Stability* dengan tipe analisis *Bishop*, *Ordinary* dan *Janbu*, maka akan didapatkan tipe keruntuhan dan besaran angka keamanan.

Perbandingan nilai faktor keamanan yang didapat dari hasil program GEO STUDIO 2007 untuk tipe analisis Bishop beserta kategori lerengnya dapat dilihat pada Tabel 1

Tabel 1. Perbandingan nilai faktor keamanan pada lereng

No.	Kondisi Timbunan	Tinggi Muka Air Tanah (m)	Faktor Keamanan	Stabilitas Lereng SF > 1 s/d 1,25	Keterangan
1	Belum ada	38,5	3,483	> 1	Aman
2	Ada	38,5	0,838	< 1	Tidak Aman
3	Ada	38.5	0.98	< 1	Tidak Aman
4	Ada	38.5	1.293	< 1	Aman

Hasil analisis perhitungan stabilitas lereng kondisi awal didapatkan SF = 3,483 (aman). Hasil analisis dengan tambahan tanah timbunan didapatkan SF = 0,838, dari konsep faktor keamanan maka stabilitas lereng terhadap kelongsoran “*tidak aman*”. Keruntuhan yang terjadi pada lereng tersebut adalah “*keruntuhan foundation stability*”. Hal ini berarti lereng mengalami keruntuhan yang diakibatkan beban luar yaitu beban timbunan. Pengaruh aliran air atau rembesan menjadi faktor yang sangat penting dalam stabilitas lereng. Terlihat perbedaan dari hasil faktor keamanan pada tinggi muka air yang berbeda.

4.4 Perhitungan Daya Dukung Tiang Berdasarkan Kekuatan Bahan

Data tiang pancang untuk diameter 30 cm:

$$\text{Tebal} = 1 \text{ cm} ; D = 30 \text{ cm} ; A_{\text{baja}} = 0,00911 \text{ m}^2$$

$$W_s = 78,3 \text{ kg/m} = 0,783 \text{ kN/m} ; I_p = 9,5888 \times 10^{-5}$$

$$\text{Mutu Baja} = 2400 \text{ kg/cm}^2 \text{ (BJ-37)}$$

$$\sigma_{\text{ijin}} = 1600 \text{ kg/cm}^2 = 160000 \text{ kN/m}^2$$

Maka kekuatan tiang pancang diperhitungkan sebagai berikut,

$$\bar{P}_{\text{ijin}} = \bar{\sigma}_{\text{baja}} \times A_{\text{baja}} = 120000 \times 0,00911 = 1093,274 \text{ kN}$$

$$M_{\text{ijin}} = \bar{\sigma}_{\text{baja}} \times \frac{I_p}{0,5D} = 160000 \times \frac{9,588 \times 10^{-5}}{0,5 \times 0,3} = 102,282 \text{ kN.m}$$

4.5 Analisis Keruntuhan Tanah Dengan Metode Plaxis

Metode elemen hingga digunakan dalam analisis balik dengan bantuan program Plaxis 8.6. Model tanah yang digunakan adalah *Mohr Coulomb*. Tahapan konstruksi memungkinkan pengaktifan atau penonaktifan dari berat, kekakuan dan kekuatan dari komponen-komponen yang diinginkan dalam model. Metode ini memudahkan mengubah distribusi tekanan. air

Permodelan tanah di analisis dalam beberapa kondisi yang tertera dalam Tabel 2. Beban aksial rencana yang mampu ditopang oleh 1 pondasi adalah 400 kN. Tiang yang digunakan adalah tiang pipa baja diameter 30 cm.

Tabel 2 Kondisi permodelan tanah

Kondisi	Tinggi timbunan (m)	Kondisi
A	3	Muka air tanah pada -1,5 meter di bawah tanah timbunan
B	3	Muka Air pada -3 meter di bawah tanah timbunan diatas tanah dasar
C	3	Muka air tanah pada -1,5 meter di bawah tanah timbunan dengan menggunakan cu yang diperkuat dengan dolken

4.5.1 Hasil Analisis Program Plaxis

Hasil analisis dengan program plaxis dijelaskan dengan kondisi sebagai berikut:

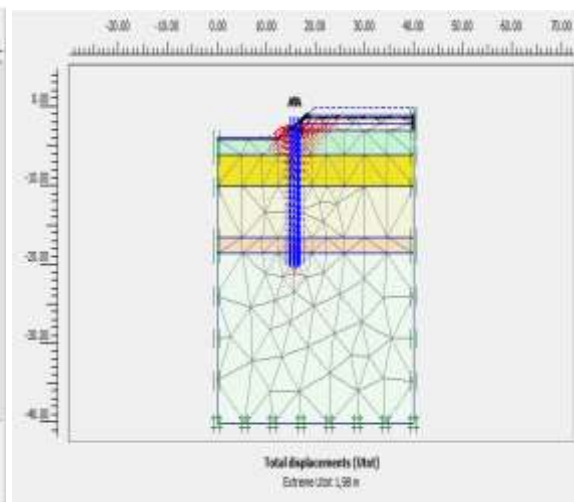
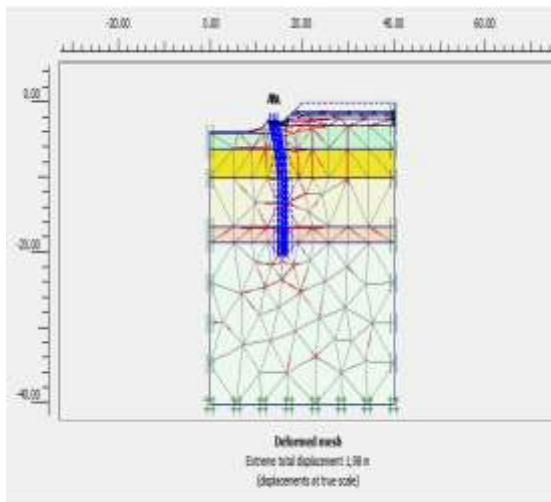
1. Kondisi A

Pada kondisi ini, timbunan dimodelkan secara bertahap per satu meter sampai setinggi 3 meter dengan ketinggian muka air di -1,5 meter dari muka tanah tanah timbunan dengan beban lateral tanah timbunan sebesar 73 kN . Dari hasil analisis diperoleh besaran total displacement dan bending moment pada Gambar 7 sampai Gambar 11. Pada Gambar 7 digambarkan pergerakan tanah dengan displacement sebesar 1,98 meter. Untuk bending moment tiang pancang didapatkan bending momen tiang depan lebih besar dari bending momen tiang tengah dan belakang. Hal ini karena tiang pancang belakang lebih menahan beban bekerja tanah timbunan. Hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 3.

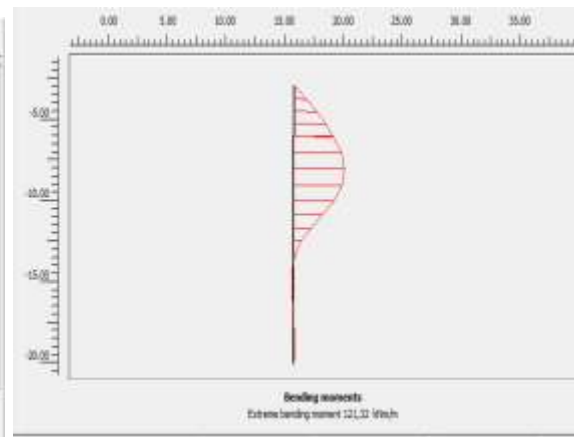
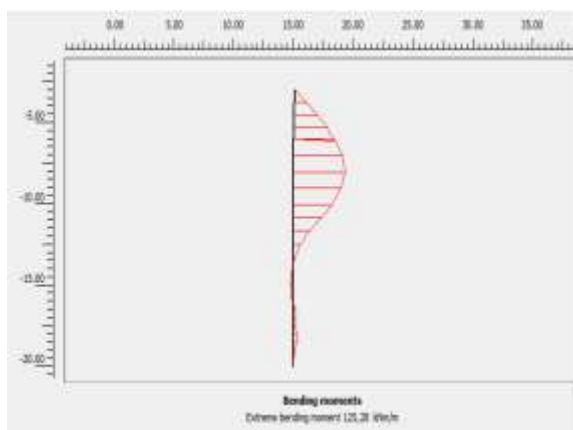
Tabel 3 Total displacement dan bending momen pada kondisi A

Keterangan	Satuan	Hasil
Total displacement	m	1,98
Bending momen tiang depan	kNm/m	125,28
Bending momen tiang tengah	kNm/m	121,32
Bending momen tiang belakang	kNm/m	121,39
Bending momen izin	kNm/m	102,282

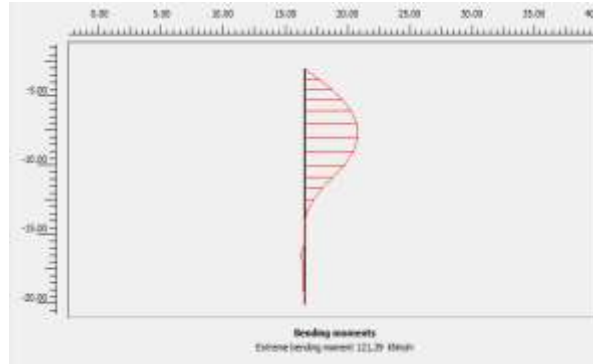
Terlihat bahwa bending momen yang terjadi melebihi bending momen ijin tiang pancang. Hal ini menyebabkan tiang pancang akan patah. Pergerakan tersebut terjadi pada tinggi timbunan 2 meter.



Gambar 7 Deformed Mess akibat timbunan Gambar 8 Deformed Mess arah pergerakan tanah



Gambar 9 Diagram bending momen tiang depan Gambar 10 Diagram bending momen tiang tengah



Gambar 11 Diagram bending momen tiang belakang

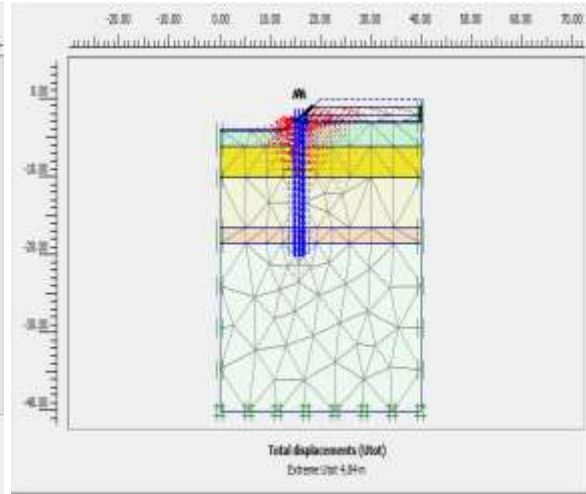
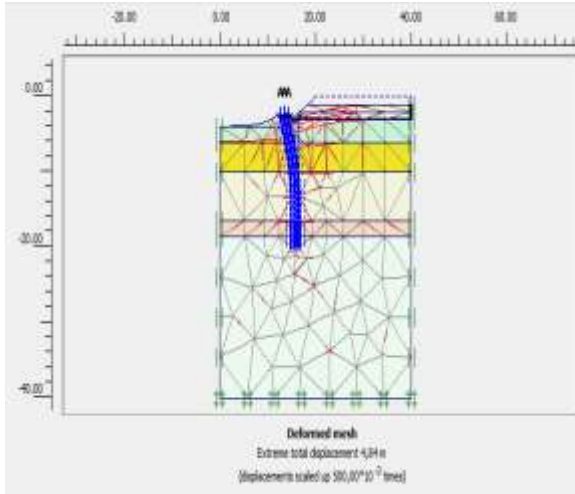
2. Kondisi B

Pada kondisi ini, timbunan dimodelkan secara bertahap per satu meter sampai setinggi 3 meter dengan ketinggian muka air di -3 meter diatas tanah dasar dari muka tanah dasar. Dari hasil analisis diperoleh besaran total displacement dan bending moment pada Gambar 12 sampai Gambar 16. Pada Gambar 12 digambarkan pergerakan tanah dengan displacement sebesar 4,84 meter. Untuk bending moment tiang pancang didapatkan bending momen tiang belakang lebih besar dari bending momen tiang tengah dan depan. Hal ini karena tiang pancang belakang lebih menahan beban bekerja tanah timbunan. Hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 4.

Terlihat bahwa bending momen yang terjadi melebihi bending momen ijin tiang pancang. Hal ini menyebabkan tiang pancang kemungkinan akan patah. Pergerakan tersebut terjadi pada tinggi timbunan 2 meter. Selain itu total displacement dan bending moment kondisi B lebih besar daripada total displacement dan bending moment kondisi A karena disebabkan oleh gaya lateral pada tanah untuk kondisi B lebih besar daripada kondisi A.

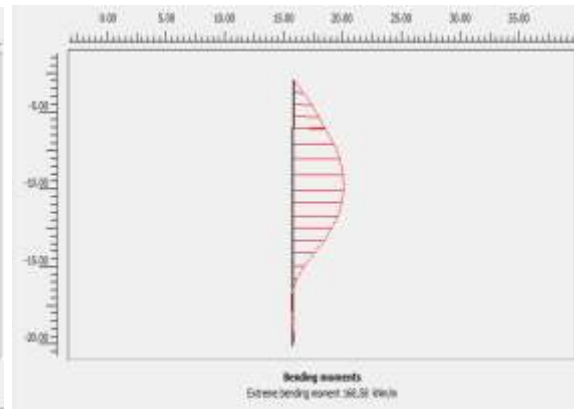
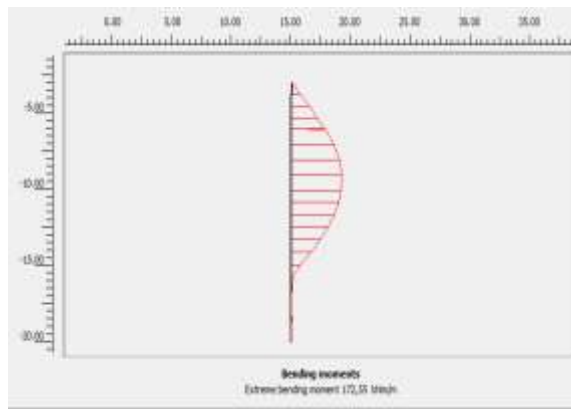
Tabel 4 Total displacement dan bending momen pada kondisi B

Keterangan	Satuan	Hasil
Total displacement	m	4,84
Bending momen tiang depan	kNm/m	172,55
Bending momen tiang tengah	kNm/m	168,58
Bending momen tiang belakang	kNm/m	167,98
Bending momen izin	kNm/m	102,282



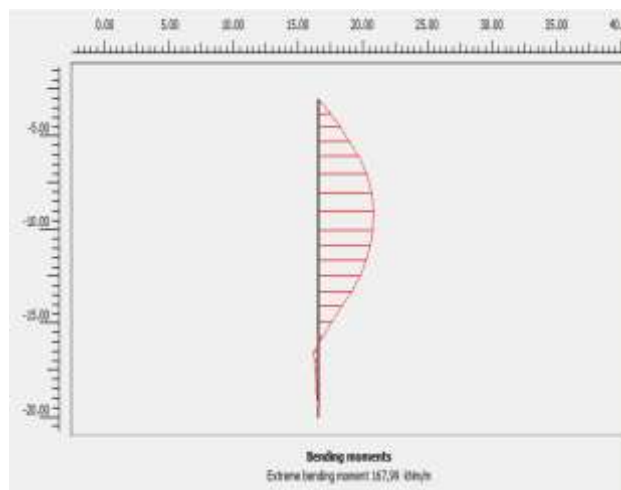
Gambar 12 Deformed Mess akibat timbunan

Gambar 13 Deformed Mess arah pergerakan tanah



Gambar 14 Diagram bending momen tiang depan

Gambar 15 Diagram bending momen tiang tengah



Gambar 16 Diagram bending momen tiang belakang

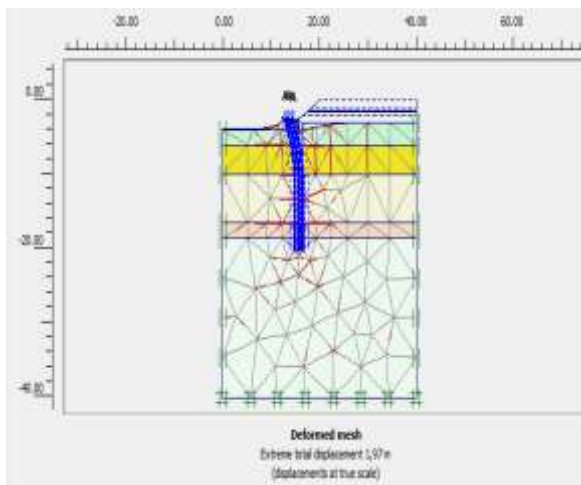
2. Kondisi C

Pada kondisi ini, timbunan dimodelkan secara bertahap per satu meter sampai setinggi 3 meter dengan ketinggian muka air di -1,5 meter di atas tanah dasar dari muka tanah dasar dan tanah dasar menggunakan cu yang diperkuat dengan dolken seperti yang dilaksanakan di lapangan sebesar 9,76 kN. Dari hasil analisis diperoleh besaran *total displacement* dan *bending moment* pada Gambar 17 sampai Gambar 21. Pada Gambar 17 digambarkan pergerakan tanah dengan displacement sebesar 1,99 m. Untuk bending moment tiang pancang didapatkan bending momen tiang depan lebih besar dari bending momen tiang tengah dan belakang. Hal ini karena tiang pancang depan lebih menahan beban bekerja tanah timbunan. Hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 5.

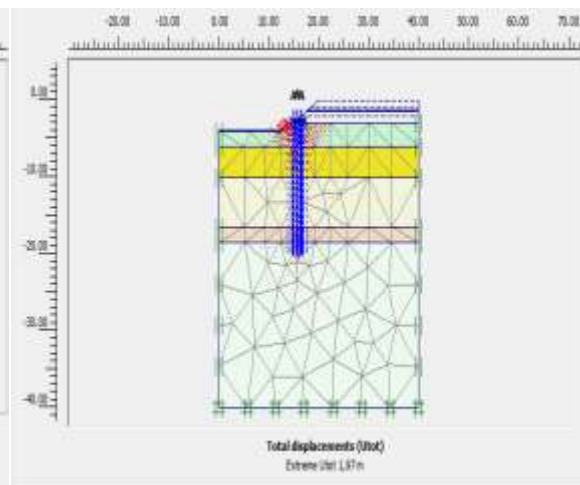
Tabel 5 Total displacement dan bending momen pada kondisi C

Keterangan	Satuan	Hasil
Total displacement	m	1,97
Bending momen tiang depan	kNm/m	138,05
Bending momen tiang tengah	kNm/m	134,43
Bending momen tiang belakang	kNm/m	135,82
Bending momen izin	kNm/m	102,282

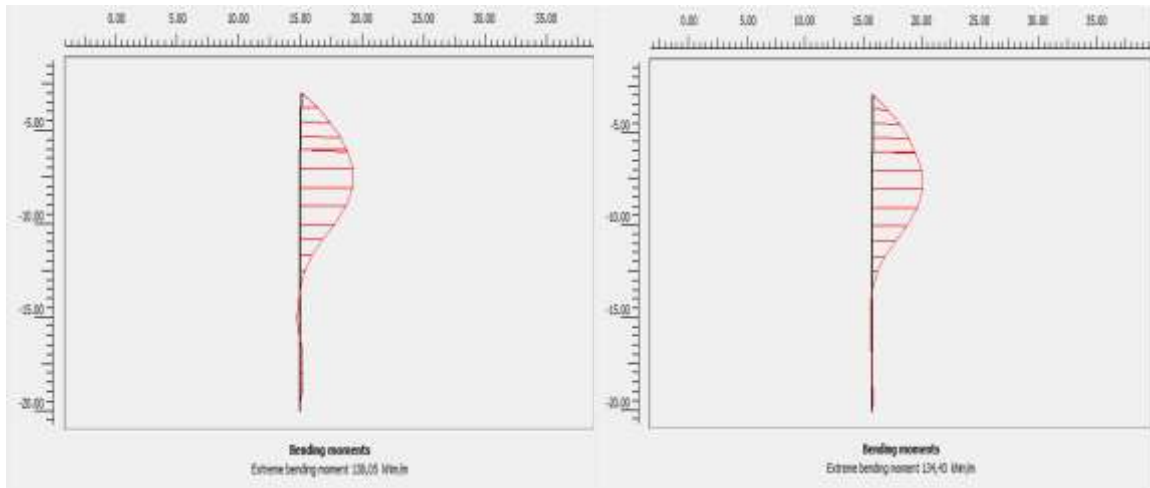
Terlihat bahwa bending momen yang terjadi melebihi bending momen ijin tiang pancang. Hal ini menyebabkan tiang pancang kemungkinan akan patah. Pergerakan tersebut terjadi pada tinggi timbunan 1 meter.



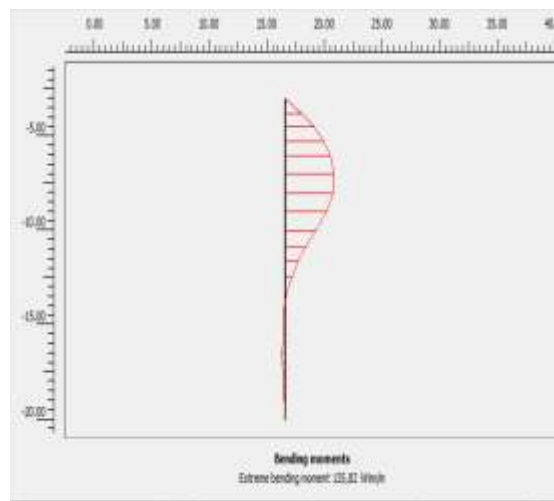
Gambar 17 Deformed Mess akibat timbunan



Gambar 18 Deformed Mess arah pergerakan tanah



Gambar 19 Diagram bending momen tiang depan Gambar 20 Diagram bending momen tiang tengah



Gambar 21 Diagram bending momen tiang belakang

5. KESIMPULAN

Dari hasil analisis kerusakan abutmen Jembatan Koto Gasip di daerah Siak (Provinsi Riau) yang telah diuraikan sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Tinggi timbunan di lapangan melebihi tinggi timbunan kritis yang mampu dipikul tanah dasar yang telah diperkuat dengan dolken sehingga stabilitas timbunan tidak aman dan sehingga akan terjadi keruntuhan pada dasar timbunan (*foundation stability*).
2. Kapasitas daya dukung tiang pancang tunggal dan kelompok aman terhadap beban yang bekerja.
3. Faktor pengaruh ketinggian muka air sangat mempengaruhi besarnya *bending moment* yang terjadi dimana ketinggian muka air -1,5 meter didapatkan *total displacement*

1,98 m dan *bending moment* maksimum sebesar 125,28 kN dan ketinggian muka air -3 meter didapatkan *total displacement* 4,84 m dan *bending moment* sebesar 172,55 kN.

4. Dengan terjadinya keruntuhan tanah dasar akibat tingginya timbunan menyebabkan tiang pancang mengalami defleksi dan patah, hal ini bisa dilihat pada *bending moment* tiang yang terjadi lebih besar daripada *bending moment* ijin pada tiang.

Akibat tekanan tanah lateral aktif tanah timbunan mengakibatkan tiang pancang mengalami perpindahan total (*displacement total*) sebesar 1,98 meter untuk muka air -1,5 meter dibawah permukaan tanah, 4,84 meter untuk muka air -3 meter dibawah permukaan tanah dan 1,97 meter untuk tanah dasar yang diperkuat dengan dolken

DAFTAR PUSTAKA

- Adawiyah, Rabiatul (2010), *Analisa Kerusakan Abutmen Jembatan Baja Bentang 40 Meter Di Daerah Ampah (Kalimantan Tengah)*, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru.
- Bowles, Joseph E. (1981), *Analisa dan Desain Pondasi* (jilid 2), Erlangga, Jakarta
- Craig, R. F. (1989), *Mekanika Tanah (Edisi Keempat)*, Erlangga, Jakarta.
- GEO-SLOPE International Ltd (2008), *Stability Modeling with SLOPE/W 2007 Version*, GEO-SLOPE International, Ltd, Canada
- Hardiyatmo, Hary Christady, (2010), *Mekanika Tanah I (Edisi Pertama)*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, Hary Christady, (2010), *Mekanika Tanah II (Edisi Pertama)*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, Hary Christady, (2011), *Analisis dan Perancangan Fondasi I (Edisi Kedua)*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, Hary Christady., (2011), *Analisis dan Perancangan Fondasi II (Edisi Kedua)*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- PLAXIS b.v. (2002), *PLAXIS Version 8 Manual*, A.A. Balkema Publishers, Netherlands.
- Risan, Meni (2006), *Studi Perbandingan Daya Dukung Pondasi Tiang Bor Secara Analitis Dengan Hasil Pengujian Beban Secara Statis Dan Dinamis (Studi Kasus Pada Gedung Parkir Wisma Asia Ii Jl. Tali Raya, Slipi, Jakarta Barat)*, Universitas Bina Nusantara, Jakarta.
- Tjandianto, Arief, (2008), *Analisa Pengaruh Tahapan Penimbunan Terhadap Perkuatan Geotekstil Pada Dasar Timbunan Di Atas Tanah Lunak Dengan Program Plaxis 8.6*, Universitas Bina Nusantara, Jakarta.