

STABILITY ANALYSIS OF OPRIT ON THE SEI TUAK BRIDGE WITH REINFORCEMENT MODULAR SYSTEM DISTRICT PASER, TANAH GROGOT

Markawie¹⁾

Abstrac – Height of oprit on Sei Tuak Bridge reaches 3,5 m. Oprit made by new system, modular wall. Advantages of modular system are : construcability, has a positive aspect of the schedule, the number of field workers and office project are few, aspect of quality dan productivity, testing. Modular walls is choosed to increase aesthetics value. Modular wall are used on sand. However, in Sei Tuak Bridge modular wall built on clay. The purpose of analysis are analyzed stability oprit on the Sei Tuak Bridge. The result of analysis shows : soil active pressure at the first segment is 0.193 ton detained by deadmen is 0.235 ton, at the second segment is 0.2895 ton detained by deadmen is 1.873 ton, at the third segment is 0.2895 ton detained by deadmen is 2.474 ton, at the fourth segment is 0.355 ton detained by deadmen is 3.075 ton, and the fifth segment is 0.732 ton detained by deadmen is 3.675 ton. Deadmen is located at a distance 3.5 m. Its longer than failure area at 2.103 m. Safety factor of tierod at the first segment is 22.854, at the second segment 15.236, at the third 15.236, at the fourth segment is 12.425, and at the fifth segment is 6.026. Safety factor of bearing capacity is 1.122. And safety factor of this modular wall stability is 2.724.

Keywords : Oprit, modular wall, analysis, safety factor

PENDAHULUAN

Sistem modular adalah metode pelaksanaan pembangunan dengan memanfaatkan material atau komponen pabrikasi yang dibuat di luar lokasi proyek atau di dalam lokasi proyek namun perlu disatukan lebih dahulu antar komponennya (*erection*) ditempat yang seharusnya/posisi dari komponen tersebut. Metode pelaksanaan pembangunan sistem modular memungkinkan diterapkan pada berbagai jenis proyek konstruksi, yaitu : jembatan, bangunan industri, perumahan, pelabuhan, dan lain sebagainya. Hesler (1990) menyatakan keunggulan dari sistem ini adalah *construcability*, mempunyai aspek positif terhadap skedul, jumlah pekerja lapangan dan kantor proyek lebih sedikit, aspek kualitas dan produktivitas, testing.

Secara umum produk sistem modular dapat dikategorikan menjadi lima kelompok : (a) komponen-komponen untuk

kepentingan arsitektur/ornamen (b) komponen beton untuk bangunan jalan raya, (c) komponen-komponen struktur yang mendukung beban, (d) komponen penutup atap, yang disyaratkan kedap air dan tahan cuaca, (e) bata beton (batako).

Jalan termasuk jembatan merupakan prasarana yang sangat penting untuk menunjang pembangunan diberbagai sektor terutama sektor perhubungan, baik yang menyangkut kepentingan perekonomian secara nasional maupun lokal. Jembatan adalah suatu konstruksi yang dibangun untuk menghubungkan arus lalu lintas melewati berbagai penghalang seperti sungai, danau, lembah, jalan, saluran irigasi, teluk, dan lain-lain.

Pembangunan Jembatan Sei Tuak berada di Kabupaten Paser, Tanah Grogot provinsi Kalimantan Timur. Pembangunan jembatan ini bertujuan untuk menghubungkan daerah perkotaan dengan

daerah yang nantinya akan dijadikan sebagai daerah pusat olahraga.

Oprit pada jembatan Sei Tuak ini tingginya mencapai 3,5 m. Oprit dibuat dengan menggunakan sistem baru yaitu dengan dinding modular. Dinding modular dipilih selain mempunyai banyak keuntungan, juga untuk menambah nilai estetika dari oprit. Dinding modular biasanya menggunakan *backfill* abu batu. Namun, pada Jembatan Sei Tuak dinding modular dibangun dengan *backfill* tanah lempung. Oleh sebab itu sehingga perlu dilakukan kembali analisis terhadap dinding modular.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisa stabilitas oprit jembatan Sei Tuak berdasarkan kriteria-kriteria teknis perencanaan jembatan.

METODOLOGI PENELITIAN

Dalam penelitian ini langkah-langkah analisis menggunakan analisa yang saling berkaitan, antara lain :

- Studi Literatur
- Pengumpulan Data
- Analisis Data

Studi Literatur

Pada tahap ini yaitu mengumpulkan, membaca, dan menganalisa dari sumber-sumber pustaka yang ada kaitannya dengan penelitian ini.

Pengumpulan Data

Pengumpulan data berupa data sekunder, serta literatur-literatur yang ada dapat menunjang penyusunan penelitian. Data sekunder tersebut berupa data tanah, data sistem modular, dan data tierod.

Data modular:

Mutu beton yang digunakan = K-350

Tulangan yang terpasang = 8 mm

Data tanah timbunan:

Berdasarkan hasil uji laboratorium terhadap tanah timbunan yang digunakan, maka didapat:

$$c = 1.5 \text{ ton/m}^2$$

$$\phi = 28^\circ$$

$$\gamma = 1.78 \text{ ton/m}^3$$

Data tierod:

Mutu baja tulangan yang digunakan adalah U-39.

Analisis Data

Analisis Pembebanan

Perhitungan pembebanan dilakukan berdasarkan SKBI-1.3.28.1987. Untuk beban hidup adalah beban truk parkir yang dapat diekivalenkan menjadi 0.6 m dikalikan berat isi tanah timbunan, merujuk pada SKBI-1.3.28.1987

Analisis Tekanan Tanah, Tierod, dan Daya Dukung

Menghitung besarnya tekanan tanah agar dapat ditahan tierod dan menentukan besarnya daya dukung yang terjadi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data tanah timbunan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\text{Kohesi (c)} = 1.5 \text{ ton/m}^2$$

$$\text{Sudut geser dalam } (\phi) = 28^\circ$$

$$\text{Berat isi tanah } (\gamma) = 1.78 \text{ ton/m}^3.$$

Data sondir

Berikut ini adalah tabel penentuan kondisi tanah berdasarkan besarnya nilai konus.

Tabel 1. Penentuan kondisi tanah berdasarkan nilai konus

Nilai Konus (kg/cm ²)	Kondisi Tanah
0-5	Sangat Lembek
5-10	Lembek
10-20	Teguh
20-40	Kenyal
40-80	Sangat Kenyal
80-150	Keras
>150	Sangat Keras

Berdasarkan hasil sondir yang dilakukan, maka didapat:

a. Titik S1

Dari grafik sondir diinformasikan bahwa pada lapisan tanah setempat sampai kedalaman 23.20 m dijumpai nilai tekanan konus sebesar 0-145 kg/cm². Dengan memperhatikan nilai konus pada hasil tes sondir, diprediksikan kondisi tanah:

Tabel 2. Interpretasi hasil sondir titik S1

Kedalaman (m)	Nilai Konus (kg/cm ²)	Kondisi Tanah
0.00-0.20	0-10	Lembek
0.40-1.00	20-40	Kenyal
1.20-7.00	40-80	Sangat Kenyal
7.20-15.80	20-40	Kenyal
16.00-21.80	40-80	Sangat Kenyal

Pada kedalaman 23.80 m dicapai lapisan tanah keras dengan nilai perlawanan konus 150 kg/cm².

b. Titik S2

Dari grafik sondir diinformasikan bahwa pada lapisan tanah setempat sampai kedalaman 24.60 m dijumpai nilai tekanan konus sebesar 0.00-145 kg/cm². Dengan memperhatikan nilai konus pada hasil tes sondir, diprediksikan bahwa kondisi tanah:

Tabel 3. Interpretasi hasil sondir titik S2

Kedalaman (m)	Nilai Konus (kg/cm ²)	Kondisi Tanah
0.00-0.20	0-5	Sangat Lembek
0.40-0.60	10-20	Teguh
0.80-1.00	20-40	Kenyal
1.20-4.80	40-80	Sangat Kenyal
5.00-15.80	20-40	Kenyal
16.00-21.80	40-80	Sangat Kenyal

Pada kedalaman 25.00 m dicapai lapisan tanah keras dengan nilai perlawanan konus 150 kg/cm². Dimensi dinding modular, blok jangkar, dan tiang galam

Dimensi dinding modular yaitu:

panjang= 2000 mm

lebar = 1500 mm

tebal = 140 mm

Dimensi blok jangkar yaitu:

panjang= 150 mm

lebar = 150 mm

tebal = 80 mm

Dimensi tiang galam yaitu:

panjang = 4000 mm

diameter = 100 mm

Menghitung Beban yang Bekerja pada Oprit Jembatan

Berdasarkan SKBI-1.3.28.1987 besarnya beban yang bekerja pada oprit dihitung dengan persamaan:

$$q = 0.6 \text{ m} \times \gamma_{\text{timb}}$$

dimana:

q = besarnya beban yang bekerja pada oprit

γ_{timb} = berat isi tanah timbunan

Sehingga besarnya beban yang bekerja pada oprit jembatan yaitu:

$$q = 0.6 \text{ m} \times \gamma_{\text{timb}}$$

$$= 0.6 \text{ m} \times 1.78 \text{ ton/m}^3$$

$$q = 1.068 \text{ ton/m}^2$$

Menghitung Distribusi Tegangan Tanah yang Terjadi

Tabel 4. Tegangan horizontal pada berbagai kedalaman

No	H	σ_{h1} (ton/m ²)	σ_{h2} (ton/m ²)	$\sigma_{h \text{ total}}$ (ton/m ²)
1	0	-1.803	0.386	-1.417
2	0.5	-1.481	0.386	-1.095
3	1.25	-0.999	0.386	-0.613
4	2	-0.517	0.386	-0.131
5	2.75	-0.035	0.386	0.351
6	3.5	0.447	0.386	0.833

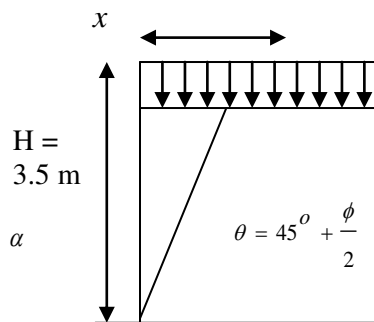
Menghitung Besarnya Tekanan Tanah per Pias

Besarnya tekanan tanah yang bekerja pada tiap-tiap pias dinding modular dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$P_a = \bar{\sigma} \cdot A$$

Tabel 5. Tekanan tanah per pias

No	Panel	Kedalaman (H)	σ_a (ton/m ²)	σ_b (ton/m ²)	$\bar{\sigma}$ (ton/m ²)	A (m ²)	P_a (ton)
1	1	0.5	-1.417	-1.095	-1.256	0.5	-0.628
2	2	1.25	-1.095	-0.613	-0.854	0.75	-0.6405
3		2	-0.613	-0.131	-0.372	0.75	-0.279
4	3	2.75	-0.131	0.351	0.11	0.75	0.0825
5		3.5	0.351	0.833	0.592	0.75	0.444

Menentukan Lokasi Aman Jangkar

Gambar 1. Lokasi aman jangkar

Berdasarkan hasil uji laboratorium didapatkan nilai $\phi = 28^\circ$, sehingga:

$$\begin{aligned}\theta &= 45^\circ + \frac{\phi}{2} \\ &= 45^\circ + \frac{28^\circ}{2} \\ &= 59^\circ\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\alpha &= 90^\circ - \theta \\ &= 90^\circ - 59^\circ \\ &= 31^\circ\end{aligned}$$

$$\tan \alpha = \frac{x}{H}$$

$$\tan 31^\circ = \frac{x}{3.5}$$

$$\begin{aligned}x &= (\tan 31^\circ) \cdot (3.5) \\ &= 2.103 \text{ m}\end{aligned}$$

Jadi, blok jangkar terletak pada jarak yang aman (3.5 m > 2.103 m . . Aman)

Menghitung Kapasitas Blok Jangkar

Kapasitas blok jangkar di dekat permukaan dihitung dengan menggunakan rumus:

$$T_u = L(P_p - P_a) + q_u H^2$$

dimana:

T_u = kapasitas tarik (ton)

L = panjang blok jangkar (m)

P_p = total tekanan tanah pasif (ton/m)

P_a = total tekanan tanah aktif (ton/m)

$q_u = 2c$ = kekuatan tekan bebas tanah (ton/m²)

H = kedalaman (m)

Untuk kapasitas blok jangkar yang terletak di tanah yang dalam, persamaan yang digunakan adalah:

$$T_u = Q_{ult}$$

$$T_u = A_p \times q_u$$

$$= A_p \times (c.N_c + \gamma.H.N_q + \frac{1}{2}\gamma.B.N_\gamma)$$

dimana:

A_p = luas blok jangkar (m²)

B = lebar blok jangkar (m)

N_c, N_q, N_γ = faktor daya dukung untuk persamaan Terzaghi.

Tabel 6. Kapasitas blok jangkar pada tanah yang dalam

H (m)	N_c	N_q	N_γ	B (m)	A_p (m ²)	q_u (ton/m ²)	$T_u = Q_{ult}$ (ton)
0.875	33.25	20	16.67	0.15	0.0225	83.25	1.873
1.625	33.25	20	16.67	0.15	0.0225	109.95	2.474
2.375	33.25	20	16.67	0.15	0.0225	136.65	3.075
3.125	33.25	20	16.67	0.15	0.0225	163.35	3.675

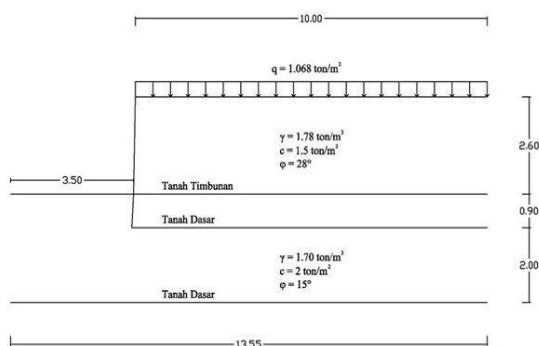
Besarnya kapasitas blok jangkar dekat permukaan tanah dan pada tanah yang dalam dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 7. Kapasitas blok jangkar

H (m)	T_u (ton)
0.20	0.235
0.875	1.873
1.625	2.474
2.375	3.075
3.125	3.675

Memeriksa Stabilitas Keseluruhan (Over All Stability)

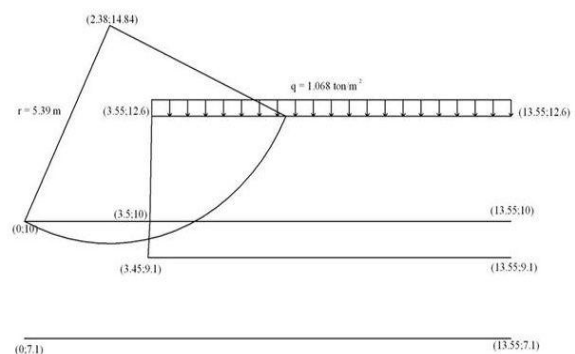
Pemeriksaan stabilitas keseluruhan (over all stability) dilakukan dengan program bantu XSTABL. Input data-data pada XSTABL dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 1. Input data pada program XSTABL

Dari hasil analisa stabilitas keseluruhan (over all stability) dengan menggunakan

program bantu XSTABL diperoleh faktor keamanan sebesar 2.724. Syarat keamanan untuk *over all stability* harus lebih besar dari 1.5. Dengan demikian dapat diketahui bahwa stabilitas keseluruhan aman. Gambar hasil analisa (run) program XSTABL dapat dilihat pada gambar dibawah.



Gambar 3. Hasil run program XSTABL disertai dengan bidang longsor

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Setelah dilakukan analisa berdasarkan data-data yang ada, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Besar Tekanan Tanah

Besarnya tekanan tanah yang bekerja pada tiap pias adalah:

1. $P_{a1} = -0.628$ ton
2. $P_{a2} = -0.6405$ ton
3. $P_{a3} = -0.279$ ton
4. $P_{a4} = 0.0825$ ton
5. $P_{a5} = 0.444$ ton

2. Kapasitas Blok Jangkar
Besarnya kapasitas blok jangkar adalah:
 1. $T_{u1} = 0.235$ ton
 2. $T_{u2} = 1.873$ ton
 3. $T_{u3} = 2.474$ ton
 4. $T_{u4} = 3.075$ ton
 5. $T_{u5} = 3.675$ ton
3. Keseimbangan Gaya Horizontal
Keseimbangan terjadi apabila $T_u \geq P_a$ sehingga struktur aman
 1. $T_{u1} = 0.235$ ton $> P_{a1} = -0.628$ ton
Aman
 2. $T_{u2} = 1.873$ ton $> P_{a2} = -0.6405$ ton
Aman
 3. $T_{u2} = 2.474$ ton $> P_{a3} = -0.279$ ton
Aman
 4. $T_{u2} = 3.075$ ton $> P_{a4} = 0.0825$ ton
Aman
 5. $T_{u2} = 3.675$ ton $> P_{a5} = 0.444$ ton
Aman
4. Lokasi Aman Jangkar
Berdasarkan hasil analisa dapat diketahui bahwa keruntuhan yang terjadi merupakan garis linear dengan:
 1. Sudut keruntuhan $\alpha = 31^\circ$
 2. Daerah aman jangkar ≥ 2.103 m
 3. Blok jangkar terpasang pada jarak 3.5 m ($3.5\text{m} \geq 2.103$ m. . . . Aman)
5. Tierod (Batang Tarik)
Syarat faktor aman terhadap putus tulangan (F_r) adalah 1.20. Berdasarkan analisa didapat:
 1. $F_{r1} = 7.024$ Aman
 2. $F_{r2} = 6.887$ Aman
 3. $F_{r3} = 15.810$ Aman
 4. $F_{r4} = 53.465$ Aman
 5. $F_{r5} = 9.934$ Aman
6. Daya Dukung Tiang
Berdasarkan hasil analisa dapat diketahui:
 1. Daya dukung tiang galam $Q_p = 3.623$ ton
 2. Beban yang bekerja $P = 0.664$ ton
 3. Faktor keamanan $SF = \frac{Q_p}{P} = 5.456$
7. Stabilitas Keseluruhan (*Over All Stability*)
Berdasarkan hasil pemeriksaan dengan program bantu XSTABL maka dapat

diketahui bahwa faktor keamanan yang terjadi adalah 2.724.

$SF = 2.724 > 1.5$ Aman.

Saran

1. Sebaiknya dilakukan penelitian yang lebih teliti tentang data tanah timbunan sehingga didapatkan data-data yang lebih akurat.
2. Letak blok jangkar dapat diperpendek menjadi 2.5 m atau 3 m karena masih berada dalam posisi yang aman.
3. Mutu baja tulangan dapat diturunkan sehingga lebih menghemat biaya yang diperlukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, J.E. 1968. *Foundation Analysis and Design International Student Edition*. McGraw-Hill Kogakusha, Ltd.Tokyo.
- Bowles, J.E. 1982. *Foundation Analysis and Design Third Edition*. McGraw-Hill Book Co. Singapore.
- Bowles, J.E. 1984. *Analisa dan Desain Pondasi Jilid 2 Edisi ke-3*. Terjemahan oleh Pantur Silaban, Ph.D. Erlangga. Jakarta.
- Bowles, J.E. John K. Hainim. 1991. *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*. Erlangga. Jakarta.
- Das, B.M. 1987. *Advance Soil Mechanic*. Hemisphere Publishing Corporation, McGraw-Hill Book Company.
- Das, B.M. 1990. *Principles Of Foundation Engineering Second Edition*. PWS-KENT, Amerika
($SF = 5.456 > 1$, Aman)
- Das, B.M. 1999. *Principles of Foundation Engineering 4th Edition*. PWS-KENT. Amerika.

- Ervianto, W.I. *Potensi Penggunaan Sisem Modular pada Proyek Konstruksi*. <http://jurnal.pdii.lipi.go.id/admin/jurnal/8208170183.pdf> Diakses pada tanggal 8 Mei 2011.
- Hardiyatmo, H.C. 2006. *Teknik Pondasi 1*. Beta Offset. Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H.C. 2008. *Teknik Pondasi 2 cetakan ke-4*. Beta Offset. Yogyakarta.
- Kh, Sunggono. 1995. *Buku Teknik Sipil*. Nova. Bandung.
- Instruktur Laboratorium. 2010. *Laporan Penyelidikan Tanah Proyek Pembangunan Jembatan di Sungai Tuak*. Laboratorium Mekanika Tanah. Banjarbaru.
- Ma'mun. 1986. *Pengantar Mekanika Tanah*. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Universitas Lambung Mangkurat Banjarmasin.
- Nakazawa. Kazuto dkk.. 2005. *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*. PT Pradnya Paramita. Jakarta.
- Ruslan, Haryono. 1978. *Pengantar dan Prinsip-Prinsip Perencanaan Bangunan Bawah atau Pondasi Jembatan*. Direktorat Bina Program Jalan, Direktorat Jendral Bina Marga, Departemen Pekerjaan Umum.
- Teng, W.C. 1981. *Foundation Design*. Prentice-Hall Of India Private Limited. New Delhi.