

Alternatif Perencanaan *Abutment* dan Oprit *Fly Over* Kandangan, Surabaya, Jawa Timur

Pungky Aditya Saputra, Suwarno, dan Trihanyndio Rendy Satrya

Departemen Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
Corresponding Author: trendysatrya@gmail.com

ARTIKEL INFO

Informasi Artikel

Artikel masuk:

Artikel revisi :

Artikel diterima:

Kata Kunci

Fly over, Oprit, Timbunan bersisi miring, Timbunan bersisi tegak, *Geotextile*, *Geogrid*, *Sheet-pile*, *Keystone wall*, *Micropile*, *Abutment*.

ABSTRAK

Kota Surabaya merupakan salah satu kota besar di Indonesia yang selalu bermasalah dalam bidang transportasi terutama kemacetan. Adanya pembangunan *fly over* yang melintasi jalur trek ganda kereta api Stasiun Benowo – Stasiun Kandangan KM 219+958 yang terletak di Desa Kandangan ini termasuk salah satu solusi untuk mengatasi kemacetan di Surabaya barat khususnya di daerah Kandangan dan sebagai jalur alternatif menuju Gresik. Pada penulisan studi ini penulis memodifikasi desain awal *fly over* Kandangan yang awalnya dengan konstruksi pilar disetiap bentangnya, dirubah menjadi timbunan tanah dengan alasan biaya timbunan lebih ekonomis daripada konstruksi pilar jembatan. Direncanakan alternatif bentuk timbunan` oprit serta perkuatan tanah timbunan dan perbaikan tanah dasarnya. Dua alternatif bentuk timbunan yang dibandingkan yaitu timbunan bersisi tegak dan bersisi miring. Dalam perencanaan perkuatan oprit bersisi tegak akan dibandingkan dua alternatif perkuatan antara lain: *geotextile wall reinforcement* kombinasi dengan *flat sheet-pile concrete*, dan *geogrid wall reinforcement* kombinasi dengan *keystone wall*. Sedangkan untuk perencanaan perkuatan oprit bersisi miring akan dibandingkan dua alternatif perkuatan antara lain: *geotextile slope reinforcement* dan cerucuk berupa *micropile* beton. *Abutment* direncanakan dengan kestabilan konstruksi harus ditinjau terhadap pengaruh gaya-gaya eksternal maupun terhadap gaya-gaya internal yang dapat menyebabkan pecahnya konstruksi. Apabila *abutment* tidak memenuhi maka daya dukungnya harus direncanakan pondasi dalam berupa tiang pancang. Hasil dari perhitungan total biaya konstruksi pada perencanaan oprit didapatkan diantaranya untuk oprit bersisi tegak dengan alternatif perkuatan *geotextile* kombinasi *sheet-pile* adalah Rp. 86.280.857.674,34 dan untuk alternatif perkuatan *geogrids* kombinasi *keystone-wall* adalah Rp. 73.797.613.851,84. Sedangkan untuk oprit bersisi miring dengan alternatif perkuatan *geotextile* adalah Rp. 103.183.365.174,93 dan untuk alternatif perkuatan *micropile* adalah Rp. 134.243.009.394,93. Maka dipilih alternatif timbunan dan perkuatan yang paling efektif dari segi biaya, pelaksanaan, dan hemat ruang sehingga oprit bersisi tegak dengan perkuatan *geogrids* kombinasi *keystone-wall* adalah yang paling sesuai. Sedangkan untuk *abutment* direncanakan dengan lebar melintang 32,725 m dan tinggi total 12,530 m. Dimensi *pilecap* 32,725 m x 6,5 m. Pondasi dalam dipakai tiang pancang *PC Spun Pile* diameter 60 cm berjumlah 84 buah dengan dipancang kedalaman 42 m dari OGL.

PENDAHULUAN

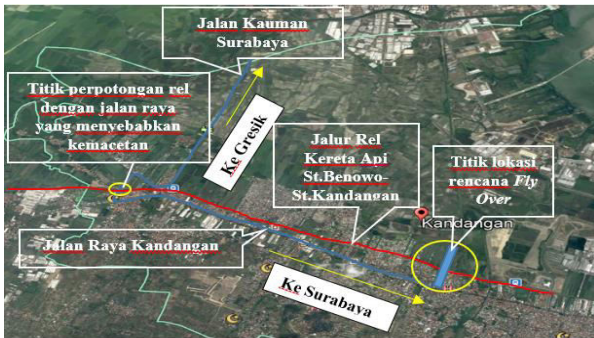
Kota Surabaya merupakan salah satu kota besar di Indonesia yang selalu bermasalah dalam bidang transportasi terutama kemacetan. Khususnya di daerah Kandangan sebuah kelurahan di wilayah Kecamatan Benowo, Surabaya Barat kemacetan sangat rentan terjadi pada saat jam kerja.

Salah satu faktor penghambat kelancaran lalu lintas yang mengakibatkan kemacetan adalah dikarenakan

Jalan Raya Kandangan tersebut melintasi jalur kereta api Stasiun Benowo – Stasiun Kandangan untuk terhubung dengan Jalan Kauman Surabaya. Dengan kondisi seperti itu, kemacetan panjang disaat kereta api akan melintas pada titik perpotongan dengan jalan raya tersebut sangat rentan terjadi.

Oleh karena permasalahan tersebut, diperlukan langkah pembangunan infrastruktur yang mendukung untuk mengatasi permasalahan kemacetan. Adanya pembangunan *fly over* yang melintasi jalur trek ganda

kereta api Stasiun Benowo – Stasiun Kandangan KM 219+958 yang terletak di Desa Kandangan ini termasuk salah satu solusi untuk mengatasi kemacetan di Surabaya barat khususnya di daerah Kandangan. Titik lokasi rencana pembangunan *fly over* kandang seperti dijelaskan pada Gambar 1:



Gambar 1. Titik Lokasi Fly Over Kandangan Surabaya Barat.

Fly over Kandangan semula direncanakan 4 lajur-2 arah dibatasi median dengan lebar total 20 meter. Akan tetapi dikarenakan adanya rencana pengembangan area perumahan di wilayah Kandangan dan meningkatnya angka pertumbuhan lalu lintas, sehingga direncanakan ulang *fly over* dengan lebar total 30 meter dibatasi median dengan masing-masing lebar 15 meter. Oleh karena perubahan perencanaan yang semula dengan lebar total 20 meter dirubah menjadi lebar total 30 meter, maka diperlukan perencanaan ulang pondasi dan abutment yang baru akibat perubahan beban rencana. Sketsa perencanaan awal *fly over* Kandangan dengan lebar total 20 meter, panjang per-bentang jembatan 30 meter, panjang horizontal jembatan 272 meter, dan panjang oprit jembatan 40 meter.

Dalam penulisan studi ini abutment direncanakan harus mampu menahan beban-beban pada jembatan. Kestabilan konstruksi harus ditinjau terhadap pengaruh gaya-gaya eksternal dan gaya-gaya internal yang dapat menyebabkan pecahnya konstruksi. Apabila daya dukung tanah yang terdapat dibawah abutment tidak memenuhi maka daya dukungnya harus ditambah dengan pondasi dalam. Sementara itu dikarenakan keterbatasan biaya dan luas ketersediaan lahan dari perencanaan yang lama, maka oprit direncanakan dengan membandingkan antara perencanaan timbunan bersisi tegak dan bersisi miring atau bebas serta perhitungan alternatif perkuatan yang dibutuhkan.

METODE PENELITIAN

Langkah-langkah utama yang digunakan dalam penelitian dijelaskan bagan pada Gambar 2.

PEMBAHASAN

A. Data Parameter Tanah Dasar & Tanah Timbunan

Data parameter tanah yang akan dijadikan acuan untuk perencanaan dalam studi ini digunakan data sekunder berdasarkan pengujian laboratorium dan lapangan.

Data rencana timbunan tanah oprit terdiri dari fisik material timbunan serta dimensi timbunan per titik zona

dan stationing tertinjau. Sifat fisik material timbunan direncanakan yaitu:

Jenis tanah : Pasir sirtu

$$\gamma_t : 1,8 \text{ t/m}^3$$

$$\phi : 30^\circ$$

$$C_u : 0 \text{ t/m}^2$$

Satu sisi Timbunan oprit yang direncanakan ditinjau menjadi 4 zoning dan 5 potongan dimensi diantaranya sebagai berikut:

- a. Zoning A: potongan 5-5, Tinggi timbunan 0 m s/d 3 m, Stasioning 0+000 s/d 0+075.
- b. Zoning B: potongan 4-4, Tinggi timbunan 3 m s/d 6 m, Stasioning 0+075 s/d 0+150.
- c. Zoning C: potongan 3-3, Tinggi timbunan 6 m s/d 9 m, Stasioning 0+150 s/d 0+225.
- d. Zoning D: potongan 2-2, Tinggi timbunan 9 m s/d 10.459 m, Stasioning 0+225 s/d 0+263.
- e. Zoning D: potongan 1-1 (didalam wing-wall abutment), Tinggi timbunan 10.459 m s/d 10.659 m, Stasioning 0+263 s/d 0+267.

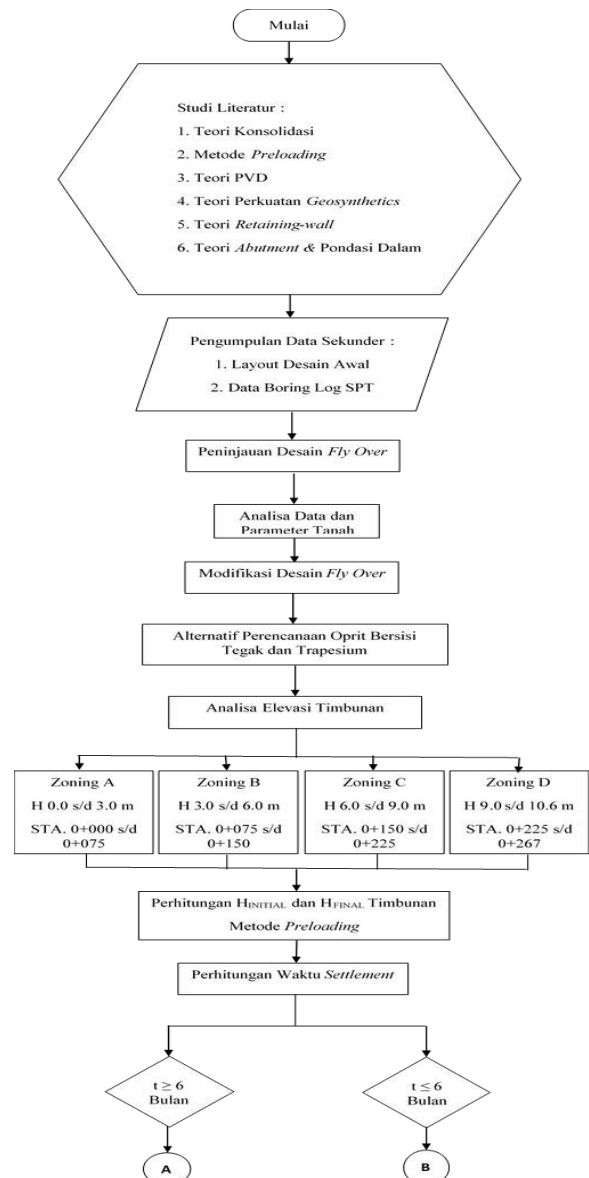
B. Perencanaan Alternatif Oprit Berisi Tegak

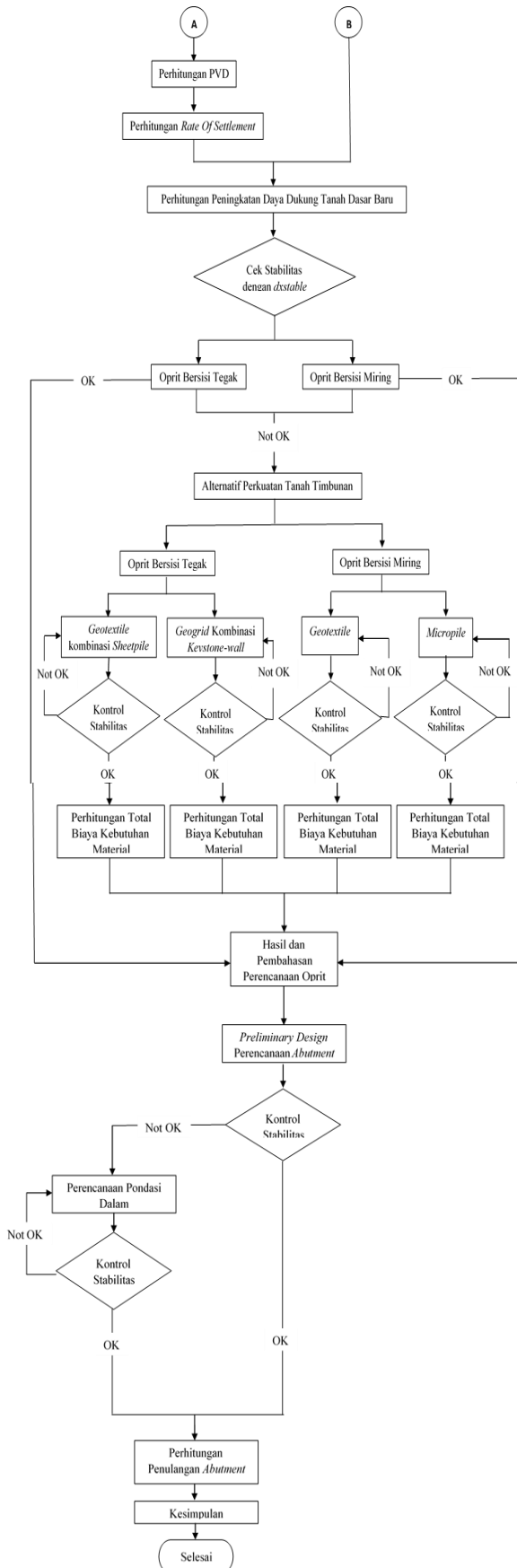
- Perhitungan H-Initial Oprit Berisi Tegak

Digunakan persamaan untuk perhitungan H-initial & H-final timbunan sebagai berikut:

$$H_{initial} = (Q_{\text{timbunan}} + (Sc_{\text{timbunan}} \times \gamma_w)) / \gamma_{\text{timbunan}} \quad (1)$$

$$H_{final} = (H_{initial} - Sc_{\text{timbunan}} - Sc_{\text{pavement}} - H_{\text{bongkar traffic}})$$





Gambar 2. Bagan Alir Pengerjaan Studi.

+ H pavement (2)

Untuk mendapatkan H-final rencana timbunan oprit bersisi tegak, telah didapatkan H-initial dari perhitungan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1:

Tabel 1. Rekap Perhitungan H-Timbunan Oprit Bersisi Tegak

Zoning Oprit	H Final (m)	H Initial (m)	ΔH (m)
--------------	-------------	---------------	--------

Zona A (pot. 5-5)	3	3,6353	0,635
Zona B (pot. 4-4)	6	7,5321	1,532
Zona C (pot. 3-3)	9	10,9258	1,926
Zona D (pot. 2-2)	10,459	12,5374	2,078
Zona D (pot. 1-1) didalam wing-wall	10,659	12,7568	2,098

- Perhitungan PVD & PHD untuk Oprit Bersisi Tegak

Berdasarkan perhitungan didapatkan harga C_v gabungan rata-rata adalah = $0.0001470699 \text{ cm}^2/\text{s}$, atau $0.0088947904 \text{ m}^2/\text{minggu}$, atau $0,4637997836 \text{ m}^2/\text{tahun}$.

Perhitungan waktu konsolidasi dengan diharapkan derajat konsolidasi $U_v = 90\%$, maka didapatkan variasi faktor waktu (T_v) = 0,848. Maka dapat dihitung waktu konsolidasi alami tanpa ada metode percepatan pemampatan sebagai berikut:

$$t = (T_{90\%} \times H_{dr}^2) / C_v = (0,848 \times 121^2) / 0,463 \text{ m}^2/\text{tahun}$$

$$t = 222 \text{ tahun} = 11536 \text{ minggu, maka } t > 6 \text{ bulan,}$$

Maka waktu konsolidasi alami tanpa ada metode percepatan pemampatan untuk menghilangkan *consolidation settlement* sangat lama yaitu 222 tahun.

Sehingga diputuskan untuk mempercepat proses konsolidasi dan Mempercepat peningkatan daya dukung tanah dasar diperlukan PVD serta PHD untuk pengalir air pori dari PVD. Dengan perhitungan digunakan persamaan:

$$t = \left(\frac{D^2}{8.C_h} \right) \cdot (2.F(n)) \cdot \ln \left(\frac{1}{1-U_h} \right) \quad (3)$$

Dengan hasil perhitungan installasi PVD sebagai berikut:

Alternatif timbunan bersisi tegak

Pola pemasangan PVD: segi empat

Spasi pemasangan : 0,8 m

Kadalaman pancang : 11 m (very soft to medium stiff soil)

Jumlah titik PVD : 2 x 13360 titik (untuk 2 oprit)

Jumlah baris PHD : 2 x 334 baris melintang (untuk 2 oprit)

- Kestabilan Timbunan Oprit Bersisi Tegak Setelah Metode *Preloading*

Akibat adanya penimbunan bertahap (*preloading*) tentunya tanah akan mengalami pemampatan. Oleh akibat adanya pemampatan itu maka dapat dianalisis berdasarkan kestabilan lereng dengan *software* DXSTABLE oleh juga karena peningkatan daya dukung tanah dasar setelah selesai masa penimbunan H-initial. Untuk kestabilan timbunan oprit bersisi tegak diperoleh hasil seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2:

Tabel 2. Rekap Kestabilan Timbunan Oprit Bersisi Tegak

Zoning Oprit	SF eksisting min.	Cek	SF Rencana	Ket.
Zona A (pot. 5-5)	1.167	<	1.25	Butuh Perkuatan
Zona B (pot. 4-4)	0.884	<	1.25	Butuh Perkuatan
Zona C (pot. 3-3)	0.856	<	1.25	Butuh Perkuatan
Zona D (pot. 2-2)	0.853	<	1.25	Butuh Perkuatan
Zona D (pot. 1-1) didalam wing-wall	0.83	<	1.25	Butuh Perkuatan

- Perkuatan Timbunan Oprit Berisi Tegak (Alternatif *Geotextile* kombinasi *Flat Sheet-pile*)

Perhitungan kebutuhan *geotextile* digunakan persamaan sebagai berikut:

$$S_v = \frac{T_{Allow}}{SF \times \sigma H_{totalz}} ; \text{ dengan } S_v \text{ pakai } < S_v \quad (4)$$

Hitungan.

$$L_r = (H - Z) \times \tan(45 - \frac{\phi}{2}) ; \text{ dengan } L_r \text{ pakai } > L_r \text{ output } dxstable > L_r \text{ Hitungan.} \quad (5)$$

$$L_e = \frac{S_v \cdot \sigma_h \cdot SF}{2 \cdot [C + \sigma_v \cdot \tan \delta]} ; \quad (6)$$

dengan jika $< 1m$, maka $\approx 1m$.

$$L_o = \frac{S_v \cdot \sigma_h \cdot SF}{4 \cdot [C + \sigma_v \cdot \tan \delta]} ; \quad (7)$$

dengan jika $< 1m$ maka $\approx 1m$.

Kestabilan *geotextile* juga dikontrol terhadap 3 kondisi dengan persamaan sebagai berikut:

- *Eksternal Stability*:

$$SF = \frac{\sum W \cdot x + \sum Pa \cdot \sin \delta x}{\sum Pa \cdot \cos \delta x} > 1,5 \quad (8)$$

- Kontrol Geser:

$$SF = \frac{C + \left(\left(\frac{\sum W + \sum Pa \cdot \sin \delta}{L} \right) \times \tan \delta \right)}{\left(\frac{\sum Pa \cdot \cos \delta}{L} \right)} > 3 \quad (9)$$

- kontrol *bearing capacity failure*:

$$SF = \frac{Cd \cdot N_c + q \cdot N_q + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma}{\gamma \cdot H + Q + M / W} > 1,5 \quad (10)$$

Didapatkan hasil dari perhitungan yang aman untuk masing-masing zoning seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3:

Tabel 3. Rekap Kebutuhan *Geotextile* Oprit berisi Tegak

Zoning Oprit	H Final (m)	H initial (m)	Reinforcement	Total Layer
Zona A (pot. 5-5)	3	3.635	GW*	14
Zona B (pot. 4-4)	6	7.532	GW	30
Zona C (pot. 3-3)	9	10.926	GW	32
Zona D (pot. 2-2)	10.459	12.537	GW	38
Zona D (pot. 1-1) didalam wing-wall	10.659	12.757	GW	39

*GW = *Geotextile Woven*

Karena sheet pile yang direncanakan tidak menerima beban sama sekali dan hanya berfungsi sebagai penutup sisi timbunan, maka direncanakan kedalaman tanam sheet pile sebesar 4 m untuk ketinggian oprit 0 m hingga 10,459 m. Direncanakan pula besi penahan berjarak setiap 2 m untuk berjaga-jaga apabila ada gaya horizontal yang tidak diinginkan.

- Kontrol *bearing capacity failure* ;

Dengan Q ijin adalah dihitung berdasarkan daya dukung tiang sheetpile metode Mayerhoff dan Bazaraa. *Flat Sheet-pile* diasumsi sebagai tiang diameter 32 cm dengan kedalaman 4 m, didapatkan Q ijin = Q ujung + $\sum R_{si} = 37,21$ ton.

Dengan $V/A = total\ length \times unit\ weight = 14,459\ m \times 0,4\ ton/m = 5,7836$ ton, dengan *sheet-pile* diasumsi tidak menerima gaya horizontal dari tanah timbunan maka

$$M/W = 0. \text{ Maka didapatkan } SF = \frac{37,21}{5,7836+0} = 6,433 > 3...OK!$$

maka aman terhadap *bearing capacity*.

- Periksa terhadap gaya lateral gempa

Dimana moment crack sheet-pile harus mampu melawan momen gaya geser seismic.

$$SF = \text{moment crack Sheet Pile} / \text{moment seismic} > 1,5.$$

Dengan diasumsi koefisien dasar gempa (C_s) = 8% x berat SP.

$$F_{seismic} = C_s \times unit\ weight \times HSP\ from\ top\ soil = 8\% \times 0,4\ ton/m \times 10,459\ m = 0,334\ ton$$

$$M_{seismic} = F_{seismic} \times HSP = 0,334\ ton \times 10,459\ m = 3,5\ ton.m$$

$$M_{crack\ sheet\ pile} = 6,05\ ton.m$$

$$SF = 6,05 / 3,5 = 1,728 > 1,5 \text{ aman dari gaya lateral gempa.}$$

- Perkuatan Timbunan Oprit Berisi Tegak (Alternatif Perkuatan *Geogrids* kombinasi *Keystone-wall*)

Perhitungan kebutuhan *geogrids* digunakan persamaan yang sama dengan perhitungan *geotextile* untuk timbunan bersisi tegak. Diantaranya perhitungan S_v , L_r , L_e , L_o dan kontrol stabilitasnya. Didapatkan hasil perhitungan untuk masing-masing zoning seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4:

Tabel 4. Rekap Kebutuhan *Geotextile* Oprit berisi Tegak

Zoning Oprit	H Final (m)	H initial (m)	Reinforcement	Total Layer
Zona A (pot. 5-5)	3	3.635	GU* TT-160	7 layer
Zona B (pot. 4-4)	6	7.532	GU TT-160	20 layer
Zona C (pot. 3-3)	9	10.926	GU TT-160	37 layer
Zona D (pot. 2-2)	10.459	12.537	GU TT-160	45 layer
Zona D (pot. 1-1) didalam wing-wall	10.659	12.757	GU TT-160	45 layer

*GU = *Geogrids Uni-axial TT-160*

Keystone-wall yang direncanakan tidak menerima gaya horizontal timbunan tanah karena semua gaya horizontal telah diterima oleh *geogrids*. Kontrol *bearing capacity failure* ;

Dengan Q ijin dihitung berdasarkan daya dukung pondasi dangkal metode Terzaghi. *Keystone* diasumsi sebagai model pondasi dangkal dengan kedalaman 4 m.

$$SF = \frac{14,518}{4,771+0} = 3,042 > 3...OK!$$

Didapatkan maka aman terhadap *bearing capacity*.

C. Perencanaan Alternatif Oprit Berisi Miring

Digunakan persamaan untuk perhitungan H-initial & H-final sama seperti pada perhitungan oprit bersisi tegak. Untuk H-final rencana timbunan oprit bersisi miring, didapatkan H-initial dari perhitungan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5:

Tabel 5. Rekap Perhitungan H-Timbunan Oprit Berisi Miring

Zoning Oprit	H Final (m)	H Initial (m)	ΔH (m)
Zona A (pot. 5-5)	3	4.4569	1.457
Zona B (pot. 4-4)	6	8.3042	2.304
Zona C (pot. 3-3)	9	11.7566	2.757
Zona D (pot. 2-2)	10,459	13.3901	2.931

Zona D (pot. 1-1) didalam wing-wall	10,659	12.7568	2.098
--	--------	---------	-------

- Perhitungan PVD & PHD untuk Oprit Berisi Miring Berdasarkan perhitungan yang sama seperti pada perhitungan PVD untuk oprit bersisi tegak maka didapatkan dengan hasil perhitungan installasi PVD sebagai berikut:

- Alternatif timbunan bersisi miring
- Pola pemasangan PVD: segi empat
- Spasi pemasangan : 0,8 m
- Kadalaman pancang : 11 m (very soft to medium stiff soil)
- Jumlah titik PVD: 2 x 20040 titik (untuk 2 oprit)
- Jumlah baris PHD: 2 x 334 baris melintang (untuk 2 oprit)

Akibat adanya penimbunan bertahap (preloading) tentunya tanah akan mengalami pemampatan. Oleh akibat adanya pemampatan itu maka dapat dianalisis berdasarkan kestabilan lereng dengan *software* DXSTABLE. Untuk kestabilan timbunan oprit bersisi miring diperoleh hasil seperti yang ditunjukkan pada Tabel 6:

Tabel 6. Rekap Kestabilan Timbunan Oprit Berisi Miring

Zoning Oprit	SF		Rencana	Ket.
	eksisting min.	Cek		
Zona A (pot. 5-5)	0.595	<	1.25	Butuh Perkuatan
Zona B (pot. 4-4)	1.177	<	1.25	Butuh Perkuatan
Zona C (pot. 3-3)	1.172	<	1.25	Butuh Perkuatan
Zona D (pot. 2-2)	0.853	<	1.25	Butuh Perkuatan
Zona D (pot. 1-1) didalam wing-wall	1.124	<	1.25	Butuh Perkuatan

- Perkuatan Timbunan Oprit Berisi Miring (Alternatif Perkuatan Geotextile untuk Oprit bersisi Miring)
Geotextile digunakan Woven geotextile 200/45 produk Stablenka. Dimana untuk masing-masing hasil output SF kritis stabilitas timbunan dari *dxstable* perpotongan zoning oprit dihitung kebutuhan jumlah layer terbanyak untuk dapat mencapai MR rencana. persamaan sebagai berikut:

$$L = Sv + L_o + L_e + L_d \tag{11}$$

$$Sv = 25 \text{ cm}$$

$$L_e = \frac{T_{Allow} \times FS}{(\tau_1 + \tau_2) \times E} \tag{12}$$

Ld = panjang geotextile melewati bid.longsor. Kestabilan geotextile juga dikontrol terhadap 3 kondisi dengan persamaan sebagai berikut:

- Internal Stability:

$$Pa1 \leq \frac{((\text{Berat efektif } ABC \times \tan \delta))}{SF} \tag{13}$$

(Tanpa ada Geotextile)

$$Pa1 \leq \frac{(\text{Berat efektif } ABC \times \tan \delta)}{SF} + T.Allow \tag{14}$$

(ada Geotextile)

- Overall Stability:

$$SF = \frac{M.penahan}{M.pendorong} = \frac{MR.eksisting + \Delta MR.rencana}{M.Pendorong} > 1,5 \tag{15}$$

- Foundation Stability:

$$Pa \leq \frac{PP + (2 \times (2/3 \times Cu) \times L)}{SF} \tag{16}$$

(Tanpa ada Geotextile)

$$Pa \leq \frac{PP + (2 \times (2/3 \times Cu) \times L)}{SF} + T.Allow \tag{17}$$

(ada Geotextile)

Didapatkan hasil dari perhitungan yang aman untuk masing-masing zoning seperti yang ditunjukkan pada Tabel 7:

Tabel 7. Rekap Kebutuhan Geotextile Oprit bersisi Miring

Zoning Oprit	H Final (m)	H initial (m)	Reinforcement	Total Layer
Zona A (pot. 5-5)	3	4.457	GW* 200/45	7 layer
Zona B (pot. 4-4)	6	8.304	GW 200/45	7 layer
Zona C (pot. 3-3)	9	11.757	GW 200/45	21 layer
Zona D (pot. 2-2)	10.459	13.390	GW 200/45	33 layer
Zona D (pot. 1-1) didalam wing-wall	10.659	12.757	GW 200/45	39 layer

*GW = Geotextile Woven

- Perkuatan Timbunan Oprit Berisi Miring (Alternatif Perkuatan Geotextile untuk Oprit bersisi Miring)

Digunakan micropile dengan dimensi 30 cm x 30 cm dengan mutu beton 30 MPa dan penulangan 4-D16. Didapatkan hasil perhitungan untuk masing-masing zoning seperti yang ditunjukkan pada Tabel 8:

Tabel 8. Rekap Kebutuhan Micropile oprit bersisi miring

Zoning Oprit	Reinforcement	Total (2 oprit)	Depth (m)
Zona A (pot. 5-5)	MP* 30cm x 30cm	2 x 13 pcs per-meter longt.*	3
Zona B (pot. 4-4)	MP 30cm x 30cm	2 x 19 pcs per-meter longt.	3
Zona C (pot. 3-3)	MP 30cm x 30cm	2 x 29 pcs per-meter longt.	6
Zona D (pot. 2-2)	MP 30cm x 30cm	2 x 25 pcs per-meter longt.	6
Zona D (pot. 1-1) didalam wing-wall	MP 30cm x 30cm	2 x 25 pcs per-meter longt.	6

*MP: Micropile

*longt.: Longitudinal

D. Perencanaan Biaya Material Timbunan

- Perhitungan Biaya Alternatif Timbunan Berisi Tegak

Untuk timbunan oprit bersisi tegak dapat dibandingkan biaya antara alternatif geotextile kombinasi flat sheet-pile dan alternatif geogrids kombinasi keystone-wall dengan perbandingan biaya sebagai berikut:

- Rekap total biaya timbunan oprit bersisi tegak dengan perkuatan alternatif geotextile kombinasi flat sheet-pile dengan total biaya Rp.86,280,857,674.34.
- Rekap total biaya timbunan oprit bersisi tegak dengan perkuatan alternatif geogrids kombinasi keystone-wall dengan total biaya Rp.73,797,613,851.84

- Perhitungan Biaya Alternatif Timbunan Berisi Miring
Untuk timbunan oprit bersisi miring dapat dibandingkan biaya antara alternatif geotextile dan alternatif micropile dengan perbandingan biaya sebagai berikut:

- Rekap total biaya timbunan oprit bersisi miring dengan perkuatan alternatif geotextile dengan total biaya Rp.103,183,365,174.93

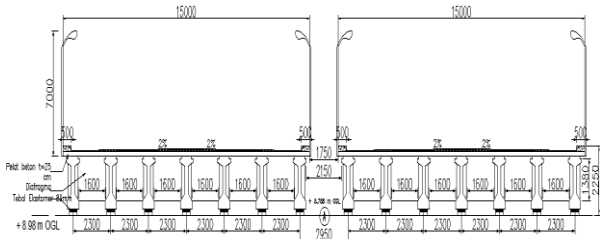
- Rekap total biaya timbunan oprit bersisi miring dengan perkuatan alternatif *micropile* dengan total biaya Rp.134,243,009,394.93

E. Perencanaan Abutment

Data jembatan adalah sebagai berikut:

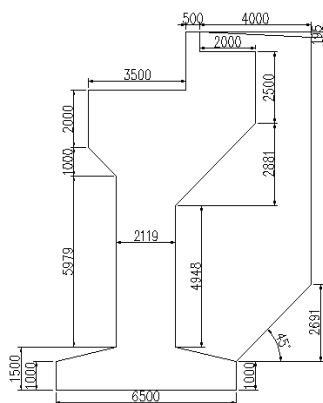
- Panjang girder (L) = 30 m
- Lebar jalan (b) = 2 x 14 m
- Lebar Trotoar = 4 x 0.5 m
- Tebal Trotoar = 0.5 m
- Tebal plat lantai jembatan (t_s) = 0.25 m
- Tebal lapisan aspal + overlay (t_a) = 0.1 m
- Lebar abutment (B) = 32.725 m
- Tinggi abutment (ha) = 12.529 m

Sketsa potongan melintang jembatan ditunjukkan pada Gambar 3:



Gambar 3. Potongan Melintang Jembatan.

Direncanakan *abutment* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4:



Gambar 4. Rencana *abutment*.

Dengan rekap kombinasi pembebanan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 9:

Tabel 9. Rekap Kombinasi Pembebanan pada *Abutment*

Kombinasi Pembebanan	Gaya (ton)			momen-x (t-m)	momen-y (t-m)
	Hx	Hy	V		
Kombinasi 1	2260,66	0	5631,78	0	5825,81
Kombinasi 2	2264,99	0	5631,78	0	5871,2
Kombinasi 3	2260,66	6,51	5631,78	75,62	5825,81
Kombinasi 4	2264,99	6,51	5631,78	75,62	5871,2
Kombinasi 5 X	6641,6	433,56	5157,74	3074,71	38689,94
Kombinasi 5 Y	3539,94	1445,19	5157,74	10249,04	15326,37

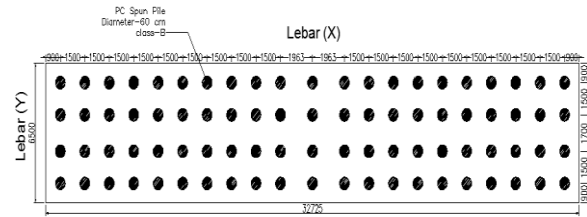
Kontrol stabilitas *abutment* tanpa ada pondasi dalam:

- Dalam keadaan masa layan diperiksa kestabilan geser & guling menurut ps.11 RSNi T-02 2005 ; menunjukkan stabilitas *abutment* tidak aman.
- Dalam keadaan masa konstruksi diperiksa kestabilan terhadap geser, guling, dan amblas ; menunjukkan stabilitas *abutment* tidak aman.

Dikarenakan kontrol stabilitas *abutment* tidak aman, maka *abutment* membutuhkan pondasi dalam berupa tiang pancang.

F. Perencanaan Pondasi Dalam

Dihitung daya dukung tanah untuk PC Spun pile diameter 60 cm dengan metode Mayerhoff & Bazaraa per-data DB 01 & DB-02. Direncanakan grup tiang pancang seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5:



Gambar 5. Konfigurasi Tiang Pancang *Abutment*.

Tiang pancang digunakan produk PT. Waskita Precast PC Spun Pile Class = B Kedalaman Pancang = 42 m (dari OGL) Jumlah Tiang pancang = 84 buah

G. Penulangan *Abutment*

Rekap hasil perhitungan penulangan *abutment* seperti yang ditunjukkan pada Tabel 10:

Tabel 10. Rekap Penulangan *abutment*

Penulangan	Jumlah - Diameter - Jarak					
	Tulangan Utama			Tulangan Bagi		
Plat Injak	220	D22	148	12	D19	453
Back Wall	124	D22	261	8	D19	222
Wing Wall	62	D25	62	46	D22	243
Breast Wall	402	D32	81	48	D22	185
Pile Cap	452	D32	72	52	D19	121

KESIMPULAN

Dalam perencanaan studi ini telah diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan alternatif perencanaan timbunan oprit *fly over* Kandangan dimana direncanakan antara oprit bersisi tegak dan oprit bersisi miring. Diperoleh perencanaan tinggi timbunan awal (H initial) yang dibutuhkan untuk mencapai tinggi timbunan akhir (H final) yang direncanakan serta besar consolidation settlement yang akan terjadi. Telah dijelaskan pada Tabel 3.2 dan Tabel 3.6.
2. Perhitungan pemampatan konsolidasi alami disimpulkan bahwa waktu yang dibutuhkan untuk menghilangkan *consolidation settlement* sangat lama yaitu 222 tahun dan sisa consolidation settlement dari umur rencana ini bisa mengakibatkan rusaknya perkerasan oprit. Sehingga diputuskan Untuk mempercepat proses konsolidasi (U_v = 90%) dan Mempercepat peningkatan daya dukung tanah dasar diperlukan pemasangan PVD serta PHD untuk pengalir air pori dari PVD.
3. Diperoleh hasil bahwa pola pemasangan PVD segi empat dengan spasi antar PVD 0,8 m adalah yang paling efektif dengan waktu konsolidasi yang di ijinakan 24 Minggu (masa efektif PVD). Dengan kebutuhan installasi PVD untuk masing-masing alternatif perencanaan oprit telah dijelaskan dalam pembahasan diatas.
4. Berdasarkan analisa kestabilan lereng oleh karena peningkatan daya dukung tanah dasar setelah selesai masa penimbunan H-initial untuk masing-masing

alternatif timbunan oprit. Untuk kestabilan timbunan oprit bersisi tegak & miring telah dijelaskan pada tabel 3.3 & tabel 3.7.

5. Perencanaan perkuatan timbunan pada oprit bersisi tegak direncanakan dengan 2 alternatif. Dengan diperoleh kesimpulan total biaya variabel secara pendekatan (+ PPN 10%) untuk alternatif perkuatan *geotextile* kombinasi *flat sheet-pile* adalah Rp. 86.280.857.674,34 dan untuk alternatif perkuatan *geogrids* kombinasi *keystone-wall* adalah Rp. 73.797.613.851,84. Sehingga disimpulkan untuk oprit bersisi tegak dengan perkuatan *geogrids* kombinasi *keystone-wall* yang lebih murah.

6. Perencanaan perkuatan timbunan pada oprit bersisi miring direncanakan dengan 2 alternatif. Dengan diperoleh kesimpulan total biaya variabel secara pendekatan (+ PPN 10%) untuk alternatif perkuatan *geotextile* adalah Rp. 103.183.365.174,93 dan untuk alternatif perkuatan *micropile* adalah Rp. 134.243.009.394,93 Sehingga disimpulkan bahwa untuk oprit bersisi miring dengan perkuatan *geotextile* yang lebih murah.

7. Berdasarkan perhitungan total biaya yang dibutuhkan oleh alternatif perencanaan timbunan oprit, maka dipilih alternatif timbunan dan perkuatan yang paling efektif dari segi biaya, pelaksanaan, dan hemat ruang sehingga oprit bersisi tegak dengan perkuatan *geogrids* kombinasi *keystone-wall* adalah yang paling sesuai. Dengan total biaya Rp. 73.797.613.851,84.

8. *Abutment* direncanakan dengan lebar melintang 32,725 m dan tinggi total 12,530 m dengan -1.50 m dari OGL. Dimensi *pilecap* 32,725 m x 6,5 m.

9. Pondasi dalam dipakai tiang pancang PC Spun Pile produk PT.Waskita Precast diameter 60 cm berjumlah 84 buah dengan dipancang kedalaman 42 m dari OGL.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Das, M. Braja., Mekanika Tanah 1 (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis), Erlangga, Jakarta, 1985.
- [2] Das, M. Braja., Mekanika Tanah 2 (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis), Erlangga, Jakarta, 1985.
- [3] Das, Braja M. Mekanika Tanah I: Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknik. Diterjemahkan oleh Noor Endah dan Indrasurya B.M. Surabaya: Erlangga, 1988.
- [4] Das, M. Braja., "Principles of Foundation Engineering, second edition", Brooks Cole, 1990.
- [5] Departemen Pekerjaan Umum., Modul Pengantar dan Prinsip-Prinsip Perencanaan Bangunan Bawah/Pondasi Jembatan, Indonesia. 1988.
- [6] Hansbo, S., "Consolidation of Clay by Band-Shaped Prefabricated Drains", Ground Engineering, Vol.12, No.5, pp.21-25, 1979.
- [7] Mochtar, Noor E., "Modul Ajar Metode Perbaikan Tanah", Jurusan Teknik Sipil FTSLK - ITS, Surabaya: ITS PRESS, 2012.
- [8] Mochtar, Indrasurya B., "Teknologi Perbaikan Tanah dan Alternatif Perencanaan pada Tanah Bermasalah (Problematic Soils)", Jurusan Teknik Sipil FTSLK - ITS.
- [9] Muntohar, Agus S., Jembatan, cetakan edisi-IV, Beta offset, Yogyakarta, 2007.
- [10] NAVFAC DM-7., "Design Manual, Soil Mechanics, Foundation and Earth Structure", Dept of the Navy Naval Facilities Engineering Command, Virginia, USA, 1970.
- [11] Pedoman Konstruksi dan Bangunan Pd-T-11-2003., Perencanaan Timbunan Jalan Pendekat Jembatan, Indonesia, 2003.
- [12] Terzaghi, Karl dan B. Peck, Ralph, Mekanika Tanah Dalam Praktek Rekayasa, Erlangga, Jakarta, 1993.
- [13] Wahyudi, Herman. Daya Dukung Pondasi Dangkal. Jurusan Teknik Sipil FTSLK - ITS Surabaya, 1999.