

PERENCANAAN TURAP / *RETAINING WALL* PEMBANGUNAN JALAN TOL GEMPOL – PANDAAN STA 6+518 s/d 6+575

Marbono Widya Diputra , Musta'in Arif, ST., MT, Putu Tantri Kumala Sari, ST., MT
Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111
E-mail: arifmustain@yahoo.com; tantrigeoteknik@gmail.com

Abstrak - Jalan tol merupakan jalan bebas hambatan yang bertujuan untuk mempersingkat jarak dan waktu tempuh dari satu tempat ke tempat lain. Salah satunya di Jawa Timur yaitu dilakukan pembangunan jalan Tol Pandaan – Gempol sebagai kelanjutan dari ruas jalan Tol Surabaya – Porong dan Porong – Gempol yang akan terhubung dengan jalan Tol Pandaan – Malang. Jalan tol Gempol - Pandaan ini merupakan ruas jalan tol yang menghubungkan Surabaya dan Malang.

Pada stasioning Sta 6+518 s/d 5+575 terdapat galian sedalam 18 meter dengan desain lereng bersusun pada samping badan jalan untuk menghindari kelongsoran. Namun pada salah satu sisi jalan desain lereng bersusun tidak dapat dilakukan karena terbatasnya lahan akibat adanya bangunan eksisting milik pabrik kaca. Karena pembebasan lahan milik pabrik kaca terlalu mahal, maka pada sisi ini digunakan galian tegak dalam perencanaan ini, direnakan suatu kontruksi yang mempunyai fungsi sebagai perkuatan untuk menahan tanah galian tegak sedalam 18 m dari kelongsoran yang efektif dan ekonomis. Ada dua macam analisa pada perencanaan perkuatan tanah ini yaitu perencanaan perkuatan dengan mengguakan data tanah sesuai kondisi aslinya dan perencanaan perkuatan menggunakan data tanah yang dianggap sebagai pasir (*behaving like sand*). Hal ini dikarenakan pada lokasi yang tidak jauh dari pabrik terjadi kelongsoran walaupun tanah disekitar lokasi tersebut relatif padat/keras.

Dari hasil perhitungan perkuatan menggunakan data tanah *behaving like sand* menghasilkan dimensi perkuatan yang lebih besar bila dibandingkan dengan menggunakan data tanah asli. Pada turap kantilever dimensi yang didapatkan untuk perkuatan menggunakan *Stee Pipe Pile* yaitu 0,8 m dengan panjang total 26 m untuk kondisi asli dan 1,1 m dengan panjang total 32 m untuk kondisi *behaving like sand*. Sedangkan turap yang dikombinasikan dengan *ground anchor* didapatkan dimensi *bored pile* 0,7 m dengan panjang total 16 m untuk kondisi tanah asli dan 0,9 m dengan panjang total 20 m untuk kondisi *behaving like sand*. Pemasangan subdrain diletakkan dibelakang turap agar lereng tetap daam kondisi kering.

Kata kunci : *Galian, Turap, Retaining Wall, Stabilitas Lereng, Behaving Like Sand, Sheet Pile, Subdrain, Plaxis.*

I. PENDAHULUAN

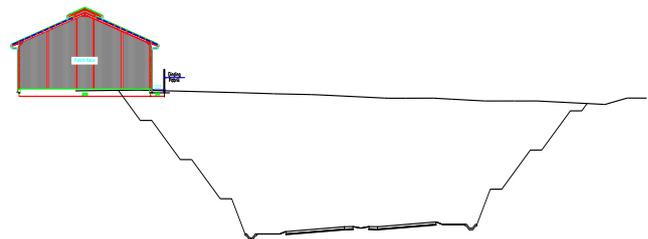
LATAR BELAKANG

Jalan tol merupakan jalan bebas hambatan yang bertujuan untuk mempersingkat jarak dan waktu tempuh dari satu tempat ke tempat lain. Saat ini perkembangannya begitu pesat seiring meningkatnya jumlah kendaraan dan aktifitas transportasi. Perkembangan ini ditanggapi positif oleh pemerintah dengan dibangunnya akses-akses jalan tol baru

untuk menghubungkan kota-kota di Indonesia melalui jalur darat.

Surabaya dan Malang merupakan dua kota besar yang berada di Jawa Timur. Untuk menghubungkan dua kota tersebut dilakukan pembangunan jalan Tol Pandaan – Gempol sepanjang 13,61 km sebagai kelanjutan dari ruas jalan Tol Surabaya – Porong dan Porong – gempol yang akan terhubung dengan jalan Tol Pandaan – Malang.

Pada proses pembangunannya terdapat kendala di Sta 6+518 s/d 5+575. Pada stasioning tersebut terdapat galian sedalam 18 meter dengan desain lereng bersusun pada samping badan jalan untuk menghindari kelongsoran. Namun di salah satu sisi desain lereng bersusun tidak dapat dilakukan karena terbatasnya lahan akibat adanya bangunan eksisting milik pabrik kaca seperti yang terlihat pada Gambar 1. Karena pembebasan lahan milik pabrik kaca terlalu mahal, maka pada sisi ini digunakan galian tegak. Lapisan tanah di lokasi relatif padat/keras sehingga tidak dapat digunakan perkuatan tanah dari *Prestressed Concrete (PC)*.



Gambar 1 Potongan Melintang Ruas Jalan Tol Gempol - Pandaan Sta 6+518 s/d Sta 6+575

Untuk menanggulangi permasalahan tersebut, diperlukan suatu kontruksi yang mempunyai fungsi sebagai perkuatan untuk menahan tanah galian tegak sedalam 18 m dari kelongsoran yang efektif dan ekonomis. Dalam hal ini akan dianalisis stabilitas lereng tegak dengan perkuatan turap / *retaining wall* untuk menghindari terjadinya kelongsoran. Ada dua macam kondisi pada perencanaan perkuatan tanah ini yaitu perencanaan perkuatan dengan mengguakan data tanah kondisi asli dan perencanaan perkuatan menggunakan data tanah yang dianggap sebagai pasir (*behaving like sand*). Hal ini dikarenakan pada lokasi yang tidak jauh dari pabrik terjadi kelongsoran walaupun tanah disekitar lokasi tersebut relatif padat/keras.

Sebelumnya Sianipar (2016) telah melakukan perencanaan dilokasi yang sama dengan perkuatan *soldier pile* dengan material *bored pie*. Dalam perencanaannya perhitungan turap dilakukan dengan mengasumsikan tanah *behaving like sand* dan dikontrol menggunakan metode cerucuk.

Pada tugas akhir ini mencoba untuk membandingkan perencanaan perkuatan galian tegak menggunakan PLAXIS

dengan metode konvensional serta memberikan alternatif perencanaan sebagai solusi untuk mengatasi stabilitas galian, keterbatasan lahan dan biaya. Perkuatan yang akan dijadikan alternatif dalam tugas ini adalah turap / retaining wall dengan menggunakan material bored piles dan Steel Pipe Pile (SPP). Tugas akhir ini juga membahas pemasangan subdrain di belakang lereng untuk menjaga agar lereng tetap dalam kondisi kering.

TUJUAN PERENCANAAN

Tujuan perhitungan perkuatan galian tegak menggunakan PLAXIS dan metode konvensional pada ruas jalan Gempol – Pandaan Sta 6+518 s/d 6+575 adalah untuk memperoleh alternatif perkuatan galian yang tepat, efisien dan ekonomis agar tidak mengganggu badan jalan dan bangunan disekitarnya.

RUMUSAN MASALAH

Dari uraian di atas, masalah yang harus diselesaikan dalam Tugas Akhir ini adalah merencanakan perkuatan tanah serta subdrain dibelakang turap. Pada tugas akhir ini yang akan dibahas :

1. Bagaimana perkuatan turap pada galian dengan menggunakan data tanah asli dengan metode konvensional ?
2. Bagaimana perkuatan turap pada galian dengan menggunakan data tanah asli dengan program bantu PLAXIS ?
3. Bagaimana perkuatan turap pada galian dengan menggunakan data tanah *behaving like sand* dengan metode konvensional ?
4. Bagaimana perkuatan turap pada galian dengan menggunakan data tanah *behaving like sand* dengan program bantu PLAXIS ?
5. Bagaimana perbandingan dari kedua kondisi tanah dasar dan besarnya biaya yang diperlukan?

BATASAN MASALAH

Adapun batasan masalah yang akan dibahas pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

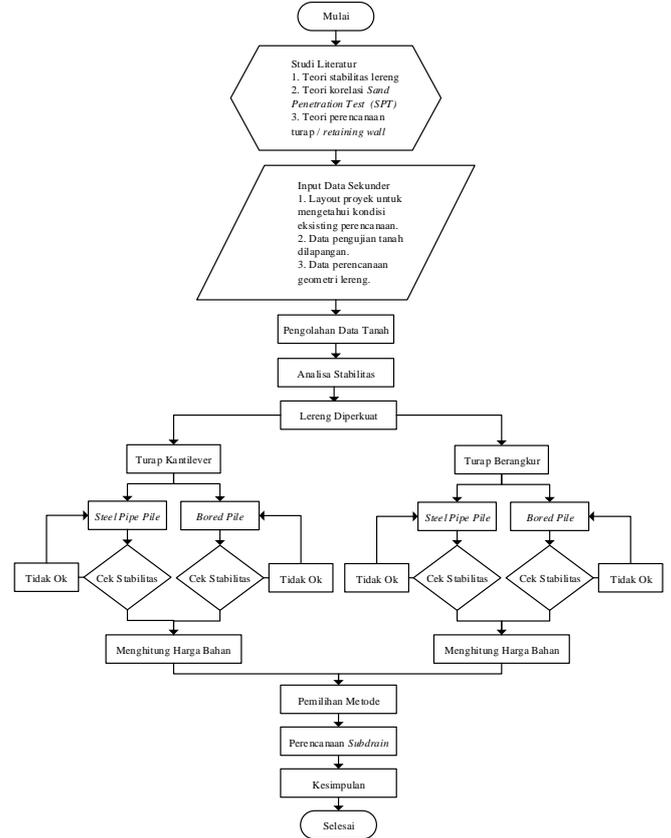
1. Lokasi perencanaan hanya sepanjang pabrik kaca.
2. Tidak menghitung RAB, hanya menghitung kebutuhan bahan dan harga bahan.
3. Tidak membahas stabilitas galian diseborang jalan.
4. Tidak membahas tentang metode pelaksanaan.

MANFAAT

Manfaat yang dapat diperoleh dari perencanaan ini adalah didapat perbandingan keamanan dan kestabilan galian tegak agar tidak terjadi longsor yang diakibatkan beban besar yang berada disekitarnya. Serta didapatkan solusi untuk mengatasi keterbatasan lahan dan perencanaan yang ekonomis.

II. METODOLOGI

Bab ini menerangkan langkah-langkah yang akan dilakukan dalam mengerjakan perencanaan tugas akhir ini. Pada Gambar 2 berikut adalah diagram alir dalam tugas akhir perencanaan alternatif turap/ retaining wall pada pembangunan jalan Tol Gempol – Pandaan Sta 6+518 s/d 6+575.

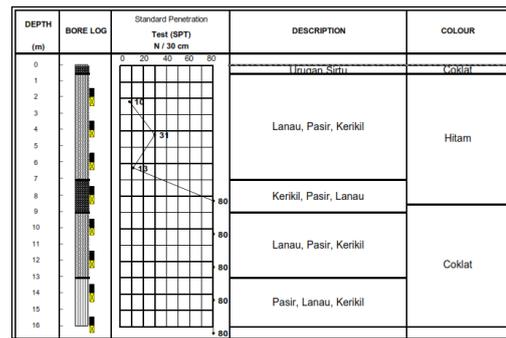


Gambar 2. Diagram Alir Metodologi Perencanaan

III. DATA DAN ANALSA

ANALISA PARAMETER TANAH

Data tanah yang digunakan adalah hasil penyelidikan tanah berupa *Standard Penetration Test* (SPT) yang terletak di lokasi rencana pembangunan Tol Pandaan – Gempol Kabupaten Pasuruan Jawa Timur. Hasil dari pengujian SPT data dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Boring Log

DATA TANAH

Berdasarkan hasil penyelidikan tanah yang dilakukan, maka dapat disimpulkan parameter tanah yang dipakai untuk menghitung desain turap seperti terlihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1 Data Tanah Asli

Kedalaman (m)	Ketebalan (m)	NSPT	Jenis Tanah	γ sat kN/m^3	γ' kN/m^3	ϕ	c_u kN/m^2	μ	E_s kN/m^2
0 - 3	3	10	Pasir Berlanau	18.98	8.98	16	31	0.3	25000
3 - 5	2	31	Pasir Berlanau	18.93	8.93	14	34	0.3	25000
5 - 8	3	13	Pasir Berlanau	18.53	8.53	12	38	0.3	25000
8 - ~	~	80	Pasir Berlanau	17.56	7.56	22	30	0.3	200000

Tabel 2 Data Tanah *Behaving Like Sand*

Kedalaman (m)	Ketebalan (m)	NSPT	Jenis Tanah	γ sat (kN/m ³)	γ' (kN/m ³)	ϕ (°)	c_u (kN/m ²)	μ	Es (kN/m ²)
0 - 3	3	10	Pasir	18.98	8.98	30	0	0.3	25000
3 - 5	2	31	Pasir	18.93	8.93	30	0	0.3	25000
5 - 8	3	13	Pasir	18.53	8.53	30	0	0.3	25000
8 - 18	~	80	Pasir	17.56	7.56	30	0	0.3	25000
18 - ~	~	80	Pasir Berlanau	17.56	7.56	22	30	0.3	200000

DATA STEELPIPE PILE

Steel Pipe Pile (SPP) yang digunakan dalam perencanaan turap adalah ASTM A 252 grade 2 yang berintan beton dengan mutu K175. Data perencanaan sebagai berikut :

Tabel 3 Data Propertis *Steel Pipe Pile*

Diameter (mm)	Thickness (mm)	Sectional area (cm ²)	Unit weight (kg/m)	Moment of Inertia (cm ⁴)	Section Modulus (cm ³)	Radius of gyration (cm)	E modifikasi (kN/m ²)	I modifikasi (m ⁴)
500	19	287.1	225	83200	3330	17.0	237659676	0.010
700	19	406.5	319	236000	6740	24.1	254611141	0.029
800	19	466.2	366	356000	8890	27.6	254611141	0.049
1100	23	778.2	611	1130000	20500	38.1	273723890	0.111

DATA BORED PILE

Mutu beton yang digunakan dalam perencanaan turap material *bored pile* Tugas Akhir ini adalah K350 dengan data sebagai berikut :

Tabel 4 Data Propertis *Bored Pile*

Diameter (mm)	Cover (mm)	Tulangan		Sengkang		Moment of Inertia (cm ⁴)	Section Modulus (cm ³)
		jumlah (n)	diameter (mm)	diameter (mm)	jarak (mm)		
700	40	22	22	13	200	1558215	21354
900	40	34	22	13	200	4186096	43926
900	40	34	22	13	200	4186096	43926
1200	40	34	36	16	200	14927140	146941

DATA KABEL TENDON

Kabel tendon yang digunakan dalam perencanaan *ground anchor* adalah ASTM A 416/A416M – 06 grade 270.

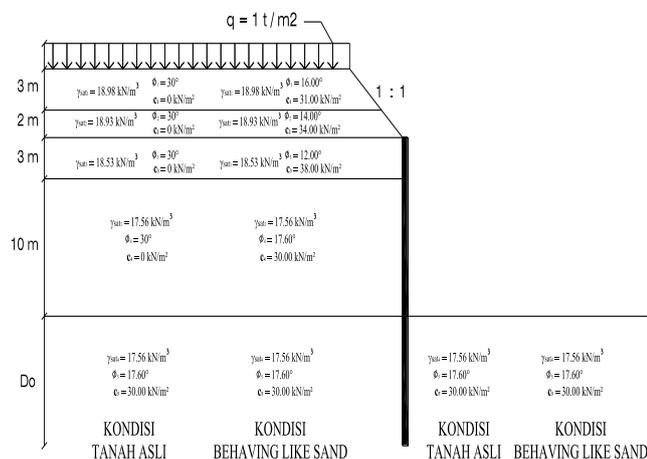
IV. PERENCANAAN

ANALISA STABILITAS LERENG

Analisa kestabilan lereng pada tugas akhir ini dilakukan dengan 2 kondisi yaitu :

1. Analisa kestabilan lereng dengan data tanah asli
2. Analisa kestabilan lereng dengan data tanah *behaving like sand*

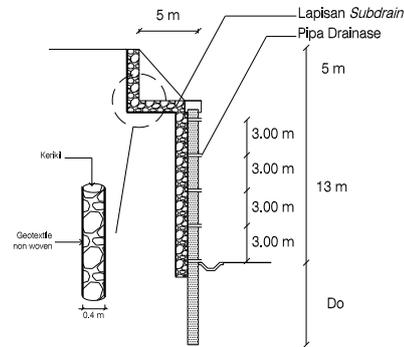
Geometri perkuatan dimodelkan pada gambar 4 berikut :



Gambar 4. Perencanaan Geometri Lereng

PERENCANAAN SUBDRAIN

Untuk menjaga muka air tanah agar tidak setinggi lereng, maka digunakan *subdrain* untuk mempercepat penurunan muka air tanah. Dalam perencanaan ini *subdrain* berdiameter 0.4 m dengan material dari kerikil dan *geotextile non woven* sebagai pelapis agar butiran tanah tidak menyumbat lapisan *subdrain*. Perencanaan pemasangan *subdrain* dapat dilihat pada Gambar 5.13.



Gambar 13 Rencana Subdrain

PERHITUNGAN KOEFISIEN TEKANAN TANAH

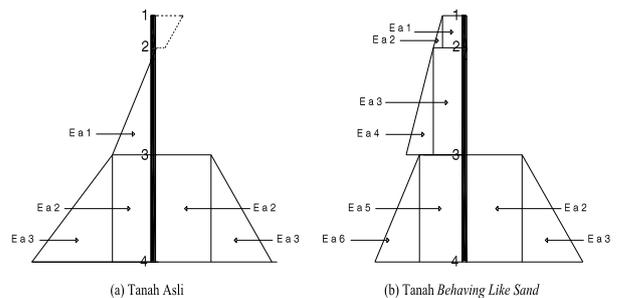
Koefisien tekanan tanah aktif dan pasif diperoleh dengan menggunakan rumus Rankine. Hasil dari perhitungan dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Nilai Koefisien Aktif & Pasif Tanah

Lapisan Tanah Ke	Ketebalan (m)	Tanah Asli		Behaving Like Sand	
		Ka	Kp	Ka	Kp
1	3	0.57	1.76	0.33	3.00
2	2	0.61	1.64	0.33	3.00
3	3	0.66	1.52	0.33	3.00
4	10	0.54	1.87	0.33	3.00
5	D	0.54	1.87	0.54	1.87

PERHITUNGAN TURAP KANTILEVER

Pada Gambar 5 dapat dilihat hasil dari perhitungan tekanan tanah lateral.



Gambar 5 Diagram Tegangan dan Tekanan Tanah Lateral Turap Kantilever

Dari tekanan tanah yang dikalikan dengan jarak ke ujung bawah turap didapatkan persamaan untuk mendapatkan kedalaman turap dan momen maksimal. Untuk perhitungan dapat dilihat pada Tabel 6 untuk tanah asli dan Tabel 7 untuk tanah *behaving like sand*.

Tabel 6 Perhitungan kedalaman turap tanah asli

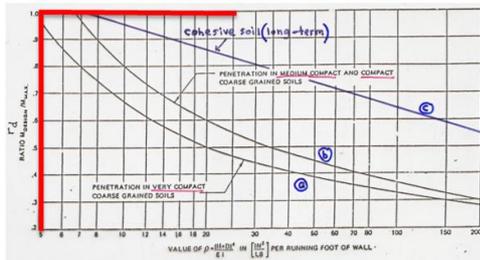
	Gaya	Jarak ke titik 4	Momen
Tekanan tanah aktif	$Ea_1 = 194.04$	$3.26 + Do$	$633.2 + 194.04 Do$
	$Ea_2 = 39.64 Do$	$0.50 Do$	$19.82 Do^2$
	$Ea_3 = 2.02 Do^2$	$0.33 Do$	$0.67 Do^3$
Tekanan tanah pasif	$Ep_1 = 81.98 Do$	$0.50 Do$	$40.99 Do^2$
	$Ep_2 = 7.06 Do^2 + 81.98 Do$	$0.33 Do$	$2.35 Do^3$

Tabel 6 Perhitungan kedalaman turap tanah asli

	Gaya	Jarak ke titik 4	Momen
Tekanan tanah aktif	$Ea_1 = 54.79$	$11.50 + Do$	$630.10 + 54.79 Do$
	$Ea_2 = 12.80$	$11.00 + Do$	$140.79 + 12.80 Do$
	$Ea_3 = 267.97$	$5.00 + Do$	$1339.83 + 267.97 Do$
	$Ea_4 = 125.99$	$3.33 + Do$	$419.98 + 125.99 Do$
	$Ea_5 = 39.64 Do$	$0.50 Do$	$19.82 Do^2$
	$Ea_6 = 2.02 Do^2$	$0.33 Do$	$0.67 Do^3$
Tekanan tanah pasif	$Ep_1 = 81.98 Do$	$0.50 Do$	$40.99 Do^2$
	$Ep_2 = 7.06 Do^2$	$0.33 Do$	$2.35 Do^3$

Dari hasil perhitungan didapatkan $D_o = 13$ m dan momen maksimum 1206.47 kNm. Untuk tanah asli. Sedangkan untuk tanah *behaving like sand* didapatkan $D_o = 19$ m dan momen maksimum 4885.97 kNm. Pada tanah asli digunakan dimensi turap dengan material SPP dengan diameter 0.8 m dan *bored pile* diameter 0.9 m. tanah behaving like sand digunakan SPP diameter 1.1 m dan *bored pile* diameter 1.2 m.

Dari momen yang terjadi direduksi dengan momen Rowe pada setiap profil yang digunakan. Dari grafik diperoleh harga $r_d = 1$ untuk masing-masing profil kekuatan seperti yang terlihat di Gambar 6.



Gambar 6. Reduksi Momen Rowe

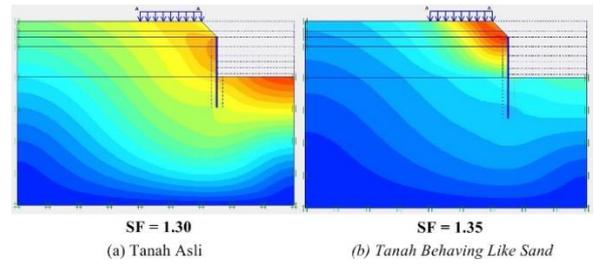
Dari hasil analisa yang dilakukan, hasil dari kekuatan turap kantilever dengan menggunakan beberapa alternatif dan bahan dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7 Hasil Perhitungan Turap Kantilever

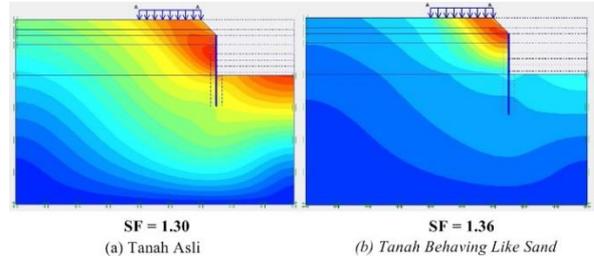
Kondisi Tanah	Turap Kantilever			
	Tanah Asli		Behaving Like Sand	
Jenis Turap	SPP	Bored Pile	SPP	Bored Pile
Diameter (mm)	800	900	1100	1200
Panjang Total Turap (m)	23	23	26	26
Jarak Turap (m)	0.85	0.95	1.15	1.25
SF	1.30	1.30	1.35	1.36

ANALISA TURAP KANTILEVER DENGAN PLAXIS

Dari hasil perhitungan yang telah didapat kemudian dilakukan analisa dengan menggunakan program PLAXIS untuk mengetahui kestabilan kekuatan. Hasil *running* program PLAXIS menunjukkan kekuatan yang direncanakan kuat menahan lereng dari kelongsoran. Output dari program plaxis data dilihat pada Gambar 6, 7, 8, dan 9. Deformasi terbesar yang terjadi ditunjukkan pada area gambar yang berwarna gelap area turap.



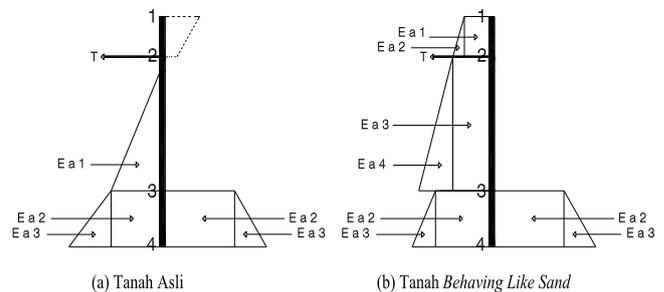
Gambar 6. Displacement Butiran Tanah SPP Kantilever



Gambar 7. Displacement Butiran Tanah Bored Pile Kantilever

PERHITUNGAN TURAP BERANGKUR

Pada Gambar 8 dapat dilihat hasil dari perhitungan tekanan tanah lateral. Dari tekanan tanah yang dikalikan dengan jarak ke letak angker. Didapatkan persamaan untuk mendapatkan kedalaman turap dan momen maksimal. Untuk perhitungan dapat dilihat pada Tabel 8 untuk tanah asli dan Tabel 9 untuk tanah *behaving like sand*.



Gambar 8 Diagram Tegangan dan Tekanan Tanah Lateral Turap Berangkur

Tabel 8 Perhitungan Kedalaman Turap Tanah Asli

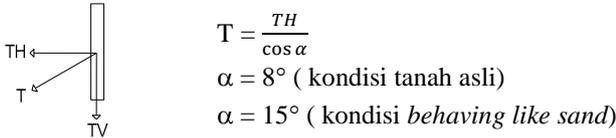
	Gaya	Jarak ke angker	Momen
Tekanan tanah aktif	$Ea_1 = 194.04$	6.74	1307.21
	$Ea_2 = 39.64 Do$	$0.50 Do + 10$	$396.42 Do + 19.82 Do^2$
	$Ea_3 = 2.02 Do^2$	$0.67 Do + 10$	$40.07 Do^2 + 1.35 Do^3$
Tekanan tanah pasif	$Ep_1 = 81.98 Do$	$0.50 Do + 10$	$40.99 Do^2 + 819.8 Do$
	$Ep_2 = 7.06 Do^2$	$0.67 Do + 10$	$70.6 Do^2 + 4.70 Do^3$

Tabel 9 Perhitungan Kedalaman Turap Behaving Like Sand

	Gaya	Jarak ke angker	Momen
Tekanan tanah aktif	$Ea_1 = 54.79$	1.50	82.19
	$Ea_2 = 12.80$	1.00	12.80
	$Ea_3 = 267.97$	5.00	1339.83
	$Ea_4 = 125.99$	6.67	839.95
	$Ea_5 = 39.64 Do$	$0.50 Do + 10$	$396.42 Do + 19.82 Do^2$
	$Ea_6 = 2.02 Do^2$	$0.67 Do + 10$	$20.25 Do^2 + 0.67 Do^3$
Tekanan tanah pasif	$Ep_1 = 81.98 Do$	$0.50 Do + 10$	$819.80 Do + 40.99 Do^2$
	$Ep_2 = 7.06 Do^2 + 81.98 Do$	$0.67 Do + 10$	$70.60 Do^2 + 4.70 Do^3$

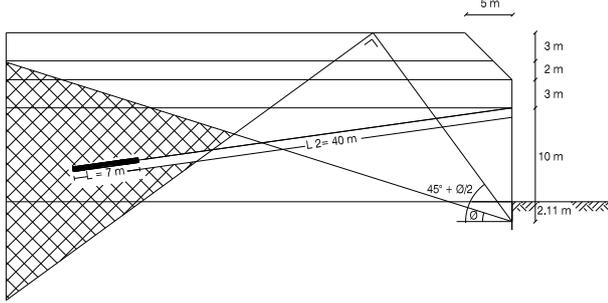
Dari hasil perhitungan didapatkan $D_o = 3$ m, momen maksimum 410.50 kNm dan gaya tarik angkur 77.19 kN

untuk tanah asli. Sedangkan untuk tanah *behaving like sand* didapatkan $D_o = 4$ m, momen maksimum 966.26 kNm, dan gaya tarik angkur 282.68 kN. Pada tanah asli digunakan dimensi turap dengan material SPP dengan diameter 0.5 m dan *bored pile* diameter 0.7 m. tanah *behaving like sand* digunakan SPP diameter 0.7 m dan *bored pile* diameter 0.9 m. Panjang D_o perlu ditinjau kebutuhan panjang jepitan kritisnya (D_c). Letak *ground anchor* pada Gambar 11 untuk tanah asli dan Gambar 12 untuk tanah *behaving like sand*.

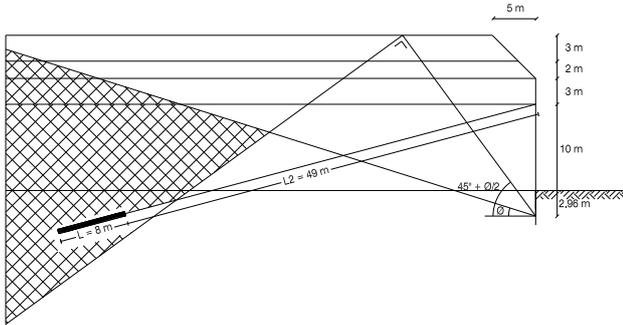


$$T = \frac{TH}{\cos \alpha}$$

$\alpha = 8^\circ$ (kondisi tanah asli)
 $\alpha = 15^\circ$ (kondisi *behaving like sand*)



Gambar 9. Letak *ground anchor* kondisi tanah asli



Gambar 10. Letak *ground anchor* kondisi *behaving like sand*

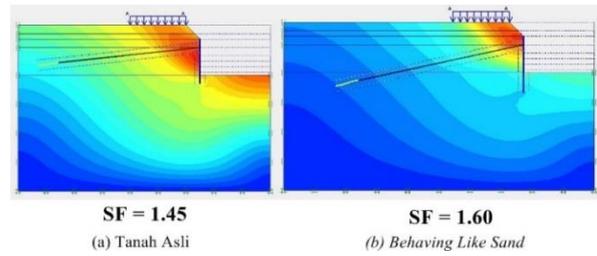
Dari hasil analisa yang sama untuk perhitungan turap berangkur dengan kondisi tanah asli dan *behaving like sand* dengan material SPP dan *bored pile* dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9 Hasil perhitungan turap berangkur

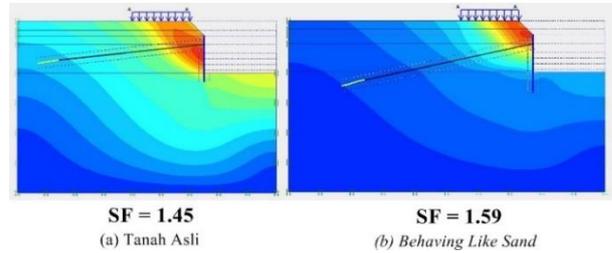
Kondisi Tanah	Turap Berangkur			
	Tanah Asli		<i>Behaving Like Sand</i>	
Jenis Turap	SPP	<i>Bored Pile</i>	SPP	<i>Bored Pile</i>
Diameter (mm)	500	700	700	900
Panjang (m)	16	16	18	20
Total Turap	16	16	18	20
Jarak Turap (m)	0.55	0.75	0.75	0.95
Panjang Angkur (m)	47	47	57	57
Jarak Angkur (m)	2.20	2.25	1.50	1.90
SF	1.45	1.45	1.60	1.59

ANALISA DENGAN PLAXIS

Hasil dari perhitungan sebelumnya kemudian dilakukan analisis dengan menggunakan program PLAXIS. Hasil *running* program PLAXIS kekuatan turap menggunakan SPP dan *bored pile* dapat dilihat pada Gambar 13, 14, 15, dan 16 dibawah ini.



Gambar 11. Displacement Butiran Tanah SPP Berangkur



Gambar 12. Displacement Butiran Tanah *Bored Pile* Berangkur

HARGA BAHAN TURAP KANTILEVER

Pada Tabel 9 ditampilkan jumla total harga dari perkuatan turap kantilever. Total harga meliputi dari jumlah *pile* dan *capping beam* pada masing-masing jenis perkuatan.

Tabel 10 Harga Perkuatan Turap Kantilever

No	Jenis perkuatan	Harga	Jumlah	Tota #Harga
1	TurapKantilever Tanah Asli			
1.1	- Steel Pipe Pile	Rp 135,531,649.97	81	Rp 10,978,063,648
	- Capping Beam	Rp 156,471,163.64		Rp 156,471,164
	- Subdrain	Rp 1,713,047.64	80	Rp 137,043,811
	Jumlah			Rp 11,271,578,623
1.2	- Bored Pile	Rp 47,392,155.82	73	Rp 3,459,627,375
	- Capping Beam	Rp 163,611,163.64		Rp 163,611,164
	- Subdrain	Rp 1,713,047.64	72	Rp 123,339,430
	Jumlah			Rp 3,746,577,969
2	TurapKantilever Behaving Like Sand			
2.1	- Steel Pipe Pile	Rp 258,321,116.40	61	Rp 15,757,588,101
	- Capping Beam	Rp 190,951,700.68		Rp 190,951,701
	- Subdrain	Rp 1,713,047.64	60	Rp 102,782,859
	Jumlah			Rp 16,051,322,660
2.2	- Bored Pile	Rp 122,292,680.31	56	Rp 6,848,390,097
	- Capping Beam	Rp 198,944,997.13		Rp 198,944,997
	- Subdrain	Rp 1,713,047.64	55	Rp 94,217,620
	Jumlah			Rp 7,141,552,715

HARGA BAHAN TURAP BERANGKUR

Pada Tabel 10 ditampilkan jumla total harga dari perkuatan turap mengguakan *ground anchor*. Total harga meliputi dari jumlah *pile*, *capping beam*, dan *ground anchor* pada masing-masing jenis perkuatan.

Tabel 10 Harga Perkuatan Turap Berangkur

No	Jenis perkuatan	Harga	Jumlah	Tota #Harga
1	Turap berangkur Tanah Asli			
1.1	- Steel Pipe Pile	Rp 56,368,397	125	Rp 7,046,049,636
	- Ground anchor	Rp 28,935,589	33	Rp 954,874,451
	- Capping Beam	Rp 115,526,246		Rp 115,526,246
	- Walling	Rp 38,615,715		Rp 38,615,715
	- Subdrain	Rp 1,713,048	124	Rp 212,417,908
	Jumlah			Rp 8,367,483,955
1.2	- Bored Pile	Rp 21,161,263	92	Rp 1,946,836,156
	- Ground anchor	Rp 28,935,589	32	Rp 925,938,861
	- Capping Beam	Rp 144,329,822		Rp 144,329,822
	- Walling	Rp 74,261,708		Rp 74,261,708
	- Subdrain	Rp 1,713,048	91	Rp 155,887,335
	Jumlah			Rp 3,247,253,883
2	Turap berangkur Behaving Like Sand			
2.1	- Steel Pipe Pile	Rp 91,600,652	92	Rp 8,427,259,960
	- Ground anchor	Rp 64,593,712	47	Rp 3,035,904,444
	- Capping Beam	Rp 144,329,822		Rp 144,329,822
	- Walling	Rp 74,261,708		Rp 74,261,708
	- Subdrain	Rp 1,713,048	91	Rp 155,887,335
	Jumlah			Rp 11,837,643,270
2.2	- Bored Pile	Rp 27,894,833	73	Rp 2,036,322,825
	- Ground anchor	Rp 72,901,899	38	Rp 2,770,272,170
	- Capping Beam	Rp 163,611,164		Rp 163,611,164
	- Walling	Rp 74,261,708		Rp 74,261,708
	- Subdrain	Rp 1,713,048	72	Rp 123,339,430
	Jumlah			Rp 5,167,807,297

V. KESIMPULAN DAN SARAN

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan dengan menggunakan metode konvensional, didapatkan dimensi, panjang turap, dan jumlah serta panjang angkur yang dibutuhkan. Kemudian dianalisa dengan menggunakan Plaxis untuk mengetahui stabilitas dan angka keamanannya. Dari analisa tersebut, maka dapat disimpulkan tentang alternatif perencanaan yang akan digunakan yaitu kriteria pemilihan alternatif perkuatan yang aman dan ekonomis. Adapun kesimpulan yang diperoleh adalah sebagai berikut :

1. Perhitungan turap kantilever dan berangkur dengan metode konvensional untuk dua kondisi tanah didapatkan perkuatan yang terlihat di Tabel 6.1 diawah ini :

Tabel 6.1 Hasil Analisa Turap Kantilever dan Turap Berangkur dengan Metode Konvensional

Kondisi Tanah	Turap Kantilever				Turap Berangkur			
	Tanah Asli		Behaving Like Sand		Tanah Asli		Behaving Like Sand	
Jenis Turap	SPP	Bored Pile	SPP	Bored Pile	SPP	Bored Pile	SPP	Bored Pile
Diameter (mm)	800	900	1100	1200	500	700	700	900
Panjang Total Turap (m)	23	23	26	26	16	16	18	20
Jarak Turap (m)	0.85	0.95	1.15	1.25	0.55	0.75	0.75	0.95
Panjang Angkur (m)	-	-	-	-	47	47	57	57
Jarak Angkur	-	-	-	-	2.20	2.25	1.50	1.90

2. Analisa menggunakan program bantu PLAXIS pada turap kantilever dan berangkur untuk dua kondisi tanah didapatkan nilai *safety factor* perkuatan yang terlihat di Tabel 6.2 :

Tabel 6.2 Hasil Analisa Turap Kantilever dan Turap Berangkur dengan PLAXIS

Kondisi Tanah	Turap Kantilever				Turap Berangkur			
	Tanah Asli		Behaving Like Sand		Tanah Asli		Behaving Like Sand	
Jenis Turap	SPP	Bored Pile	SPP	Bored Pile	SPP	Bored Pile	SPP	Bored Pile
Diameter (mm)	800	900	1100	1200	500	700	700	900
Panjang Total Turap (m)	23	23	26	26	16	16	18	20
Panjang Angkur (m)	-	-	-	-	47	47	57	57
SF	1.30	1.30	1.35	1.32	1.45	1.45	1.6	1.59

3. Dari hasil hitungan alternatif perkuatan, didapatkan berapa besar volume dan hargaabahan yang dibutuhkan untuk setiap jenis alternatif perkuatan. Harga total untuk setiap jenis perkuatan dapat dilihat pada Tabel 6.3 dibawah ini :

Tabel 6.3 Rekapitulasi Harga Perkuatan

No	Jenis Perkuatan	Total Harga
Turap Kantilever Tanah Asli		
1.1	- Steel Pipe Pile	Rp 11,271,578,623
1.2	- Bored Pile	Rp 3,746,577,969
Behaving Like Sand		
2.1	- Steel Pipe Pile	Rp 16,051,322,660
2.2	- Bored Pile	Rp 7,141,552,715
Turap Berangkur Tanah Asli		
1.1	- Steel Pipe Pile	Rp 8,367,483,955
1.2	- Bored Pile	Rp 3,247,253,883
2.1	- Steel Pipe Pile	Rp 11,837,643,270
2.2	- Bored Pile	Rp 5,167,807,297

4. Dari kedua kondisi tanah yang berbeda didapatkan perkuatan dengan dimensi dan kedalaman turap yang berbeda. Pada kondisi tanah *behaving like sand* dimensi dan kedalaman tiang lebih besar bila dibandingkan dengan analisa menggunakan data tanah asli. Dari perbedaan hasil analisa tersebut disimpulkan bahwa

perkuatan yang digunakan adalah dengan menggunakan kondisi tanah *behaving like sand* karena kondisinya dianggap paling kritis.

5. Dari kedua alternatif dan material perkuatan turap dalam kondisi *behaving like sand*., dipilih alternatif yang paling ekonomis yaitu perkuatan turap berangkur menggunakan material *bored pile* dengan biaya Rp 5.167.807.297,00.

SARAN

Berdasarkan perencanaan yang telah dilakukan, maka disarankan :

1. Perencanaan harus memperhatikan kondisi tanah dilapangan dan sekitarnya karena belum tentu sesuai dengan parameter tanah yang diperoleh.
2. Perencanaan dilakukan dengan kondisi tanah yang paling kritis, seperti pada kasus ini tanah direncanakan dengan menganggap tanah pada lereng adalah pasir (*behaving like sand*).
3. Dalam perencanaan perlu memperhatikan adanya *subdrain* sehingga pada saat perencanaan tidak memperhitungkan pengaruh hujan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Brinkgreve.R.B.J. dkk. 2002. *Manual Plaxis*. Netherland: A.A. Balkema Publishers.
- [2] Bowles, J.E. 1983. *Analisa dan Desain Pondasi Jilid II*. Jakarta: Erlangga.
- [3] Cernica, Jhon N. 1983. *Geotechnical Enginerring Foundation Design*. Jakarta: Erlangga,
- [4] Das, Braja M. (translated by Mochtar N.E, and Mochtar I.B.). 1985. *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknik) Jilid I*. Jakarta: Erlangga.
- [5] Das, Braja M. (translated by Mochtar N.E, and Mochtar I.B.). 1985. *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknik) Jilid II*. Jakarta: Erlangga.
- [6] Hardiyatmo, H C. 2010. *Analisis dan Peencanaan Fondasi bagian II*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press
- [7] Rowe, P.W. 1952. *Anchored sheet pile walls, Proceedings*.(Vol. 1, Part 1, pp.27-70) London: Institute of Civil Engineers
- [8] Rowe, P.W. 1957. *Sheet pile walls in clay, Proceedings*, Institute of Civil Engineers (Vol. 7, pp.629-654), London : Institute of Civil Engineers
- [9] Sianipar, Benny R. 2016. *Perencanaan Sodier Pile Untuk Perkuatan Lereng Jalan Tol Gempol – Pandaan STA 6+ + 518 – STA 6 + 575*. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- [10] Simatupang, P T. *Modul I Jenis Turap dan Turap Cantilever*. Pusat Pengembangan Bahan Ajar – UMB.
- [11] Simatupang, P T. *Modul II Turap Berjangkar* . Pusat Pengembangan Bahan Ajar – UMB.
- [12] Untung, Djoko. 2012. *Bahan Ajar Rekayasa Pondasi dan Timbunan*. Surabaya: Jurusan Teknik Sipil FTSP ITS
- [13] Wahyudi, Herman. 1999. *Daya Dukung Pondasi Dalam*. Surabaya: Jurusan Teknik Sipil FTSP ITS