

PERENCANAAN UNDERPASS ZAENAL ABIDIN – SOEKARNO HATTA, BANDAR LAMPUNG

Mila Roofi Priliyani, Laela Fitriyantina, Muhrozi^{*)}, Kresno Wikan Sadono^{*)}

Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof Soedarto, Tembalang, Semarang. 50275, Telp.: (024)7474770, Fax.: (024)7460060

ABSTRAK

Kemacetan pada persimpangan Bundaran Tugu Radin Inten yang menghubungkan Jalan Soekarno-Hatta / Jalur Lintas Timur Sumatera (arteri primer) dengan Jalan Zaenal Abidin (arteri sekunder) telah menjadi permasalahan di Kota Bandar Lampung. Hal ini dikarenakan ruas jalan sudah tidak mampu menangani volume kendaraan pada persimpangan. Oleh karena itu perlu dibuat simpang tak sebidang (*underpass*). Analisa geoteknik sangat diperlukan untuk merencanakan struktur *underpass*, karena beban yang bekerja pada *underpass* tidak hanya berasal dari beban lalu lintas saja, namun sebagian besar berasal dari tanah yang mana sangat berpengaruh terhadap stabilitas struktur. Maka digunakan bantuan software Plaxis 8.2 untuk memperhitungkan besarnya deformasi, rembesan, dan gaya dalam yang terjadi pada *underpass*. Kemudian hasil dari gaya dalam tersebut dicek terhadap kapasitas *sheetpile* dengan bantuan software SPColumn, sedangkan untuk besarnya nilai *factor of safety* (FoS) rembesan (*water boiling*) yang dihasilkan harus $> 1,5$. Ketiga aspek perencanaan diatas harus diperhitungkan berdasarkan parameter jangka pendek dan jangka panjang. Selanjutnya hasil yang paling kritis dari kedua parameter tersebut dibandingkan dengan perhitungan menggunakan rumus empiris sebagai validasi hasil yang diperoleh. Hasil yang lebih kritis terdapat pada perhitungan menggunakan parameter jangka panjang. Hasil yang diperoleh dari analisa menggunakan software Plaxis 8.2 dan rumus empiris tidak berbeda jauh.

Kata Kunci : *Underpass*, Galian Dalam, Rembesan, *Sheetpile*

ABSTRACT

The traffic jam at Raden Inten Monument roundabout, where connect Soekarno-Hatta Street / East Sumatra Trails (primary artery) with Zaenal Abidin Street (secondary arteries), has been a problem in Bandar Lampung City. This is because of the roads capacities have been unable to handle the volume of vehicles on the crossing. Therefore, it needs to be made no plot intersections (underpass). Geotechnical analysis is needed to plan the structure of the underpass, because the load that acting on the underpass is not only derived from traffic load, but mostly from the soil which affects the stability of the structure. Using Plaxis 8.2 software is needed for calculating the amount of deformation, piping, and the force of the underpass. Then the results of the force checked against sheetpile capacity by using SPColumn software. The value factor of safety (FoS) of piping that is produced must be $>$

^{*)} Penulis Penanggung Jawab

1.5. *These three aspects of planning based on the parameters above should be calculated in short term and long term condition. Furthermore, the results of the most critical of these parameters compared with calculations using an empirical formula as a validation of the results obtained. The critical result will be found in long term parameter calculation. The result of analysis using software Plaxis 8.2 and an empirical formula does not differ very much.*

Key words : *Underpass, Deep Excavation , Piping, Sheetpile*

PENDAHULUAN

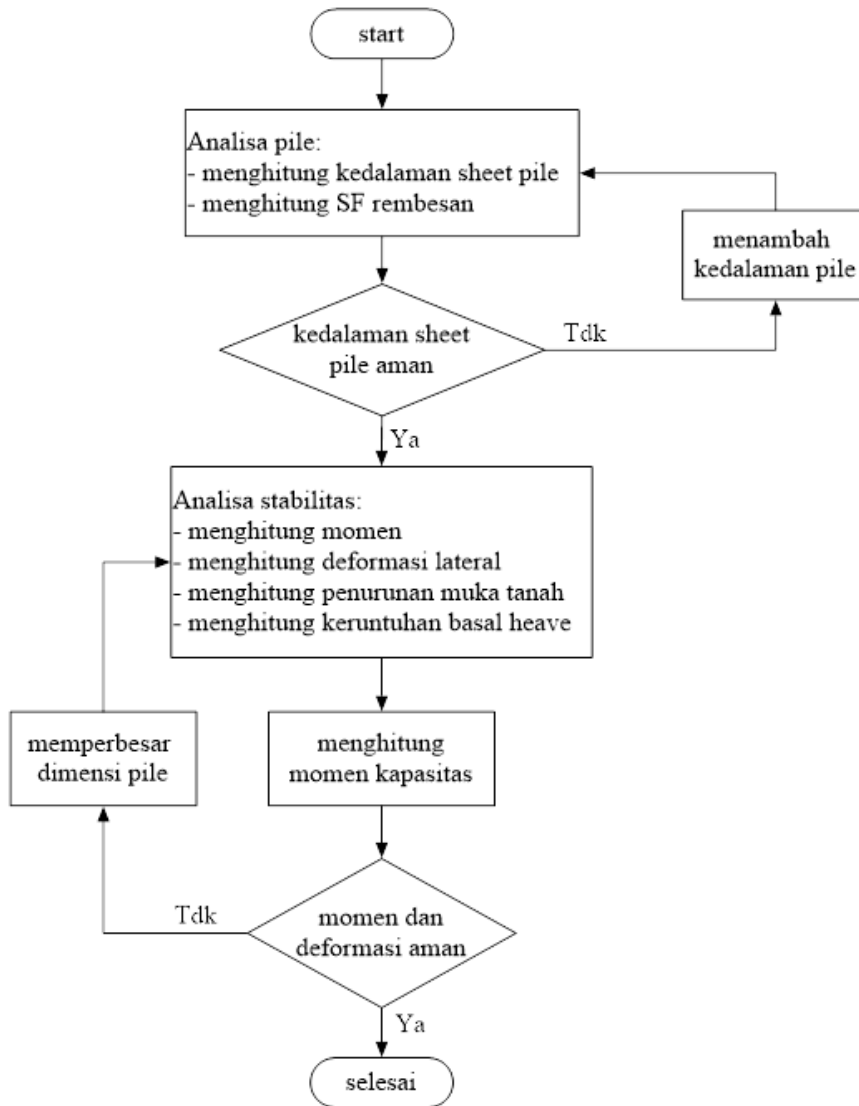
Provinsi Lampung merupakan pintu gerbang jalur transportasi utama dari Pulau Jawa ke Sumatera, maupun dari Sumatera ke Jawa. Khususnya pada Jalur Lintas Sumatera yang merupakan jalur penghubung antara Sumatera Selatan, Lampung, Jambi, dan provinsi-provinsi lain yang setiap tahunnya digunakan sebagai jalur mudik. Tingginya arus lalu lintas dan belum adanya jalur alternatif lain menyebabkan kemacetan pada jalan ini tidak dapat dihindari. Oleh karena itu diperlukan rekayasa lalu lintas untuk mengurai kemacetan. Namun semakin meningkatnya pergerakan ekonomi di daerah Sumatera menyebabkan volume kendaraan meningkat setiap tahunnya, sedangkan keterbatasan lahan untuk memperlebar ruas jalan menjadi salah satu kendala.

Salah satu alternative yang dapat dilakukan dengan melihat kondisi serta karakteristik jalan adalah dengan dibuatnya simpang tak sebidang di Bundaran Tugu Radin Inten sehingga arus transportasi di Lampung menjadi lebih lancar. *Underpass* merupakan salah satu solusi untuk mengatasi kemacetan di persimpangan. *Underpass* adalah tembusan di bawah permukaan tanah terutama merupakan bagian dari jalan, jalan rel, atau jalan bagi pejalan kaki. Fungsi penggunaan *underpass* diantaranya adalah memperbaiki geometrik jalan sehingga dapat memberikan rasa nyaman dan aman bagi pengendara bermotor atau pejalan kaki.

Analisa geoteknik sangat diperlukan untuk merencanakan struktur *underpass*, karena beban yang bekerja pada *underpass* tidak hanya berasal dari beban lalu lintas saja, namun sebagian besar berasal dari tanah yang mana sangat berpengaruh terhadap stabilitas struktur.

METODOLOGI PERENCANAAN

Langkah-langkah perencanaan *underpass* dapat dilihat pada Gambar 1. Data yang digunakan dalam perencanaan ini adalah data SPT dan sondir. Sedangkan *underpass* yang direncanakan ada 2 jenis *underpass* yaitu; *underpass* terbuka dan *underpass* tertutup dengan kedalaman galian sedalam 7 m. Perencanaan dilakukan terhadap hasil yang paling kritis antara parameter jangka panjang dan jangka pendek. Analisa pile maupun stabilitas menggunakan *Finite Elemen Method* (software Plaxis) dan rumus empiris, serta pengecekan terhadap kapasitas *pile* menggunakan software SPColumn.



Gambar 1. Metode Perencanaan

ANALISA DATA

Analisa data SPT

Dari data SPT yang diperoleh dapat ditentukan *soil properties* dan parameter tanah pada kondisi *short term* maupun *long term* dengan mengacu pada studi literatur. Sehingga didapatkan data pada Tabel 1, Tabel 2, dan Tabel 3 berikut:

Tabel 1. Soil Properties

Layer	depth (m)	N-SPT (kN/m ²)	N-SPT Average	Soil type	description	Cu	remarks
Gravelly SAND layer1	0-1.6	7	7	Coarse grain	Medium dense	-	Tanah urugan
Sandy CLAY layer 2	1.6-5	10, 16	13	Fine grain	stiff	52	
Sandy CLAY layer 3	5-7	21	21	Fine grain	Very stiff	84	
Sedimentary Rock layer 4	7-25	21,26, 28,36, 40, 52, 60,60	40	Fine grain	Very stiff	160	

Tabel 2. Parameter Tanah Long Term

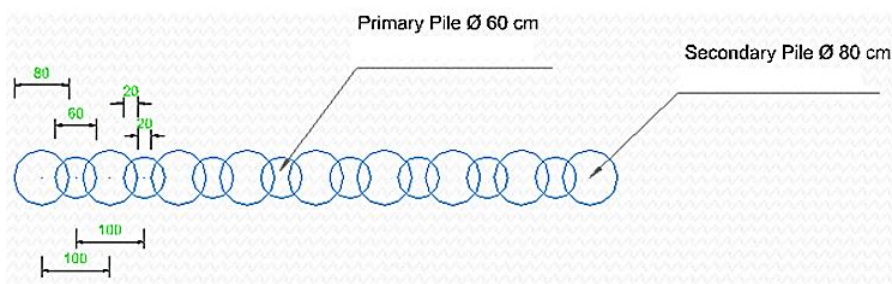
Layer	depth (m)	γ_{sat} (kN/m ³)	γ_{unsat} (kN/m ³)	Φ' degree	c' (kN/m ²)	kx (m/s)	ky (m/s)	E _{ref} (kN/m ²)	v
Gravelly SAND layer1	0-1.6	20	17	30	-	10 ⁻⁴	10 ⁻⁴	19000	0.3
Sandy CLAY layer 2	1.6-5	18	16	22,5	14	10 ⁻⁶	10 ⁻⁶	10 000	0.3
Sandy CLAY layer 3	5-7	19	17	25	17	10 ⁻⁷	10 ⁻⁷	15 000	0.3
Sedimentary Rock layer 4	7-25	20	18	27,5	20	10 ⁻⁷	10 ⁻⁷	30 000	0.3
Impervious zone		22	22	-	-	10 ⁻¹²	10 ⁻¹²	23500	0.3

Tabel 3. Parameter Tanah Short Term

Layer	depth (m)	γ_{sat} (kN/m ³)	γ_{unsat} (kN/m ³)	Φ_u degree	Cu (kN/m ²)	kx (m/s)	ky (m/s)	E _{ref} (kN/m ²)	v
Gravelly SAND layer1	0-1.6	20	17	30	-	10 ⁻⁴	10 ⁻⁴	19000	0.3
Sandy CLAY layer 2	1.6-5	18	16	-	52	10 ⁻⁶	10 ⁻⁶	15 000	0.3
Sandy CLAY layer 3	5-7	19	17	-	84	10 ⁻⁷	10 ⁻⁷	22 000	0.3
Sedimentary Rock layer 4	7-25	20	18	-	160	10 ⁻⁷	10 ⁻⁷	40 000	0.3
Impervious zone		22	22	-	-	10 ⁻¹²	10 ⁻¹²	23500	0.3

Analisa Kedalaman Pemancangan Pile

Direncanakan menggunakan *sheetpile* sebagai dinding penahan tanah *underpass* dengan konfigurasi *pile* seperti pada Gambar 2. *Pile* direncanakan dengan mutu beton $f_c' = 29$ MPa, baja tulangan $f_y = 400$ MPa. Analisa ini hanya dilakukan pada *secondary pile* yang mana direncanakan memiliki kedalaman *pile* lebih pendek daripada *primary pile*. Dengan tulangan longitudinal 15 D 25 dan tulangan sengkang D 16.

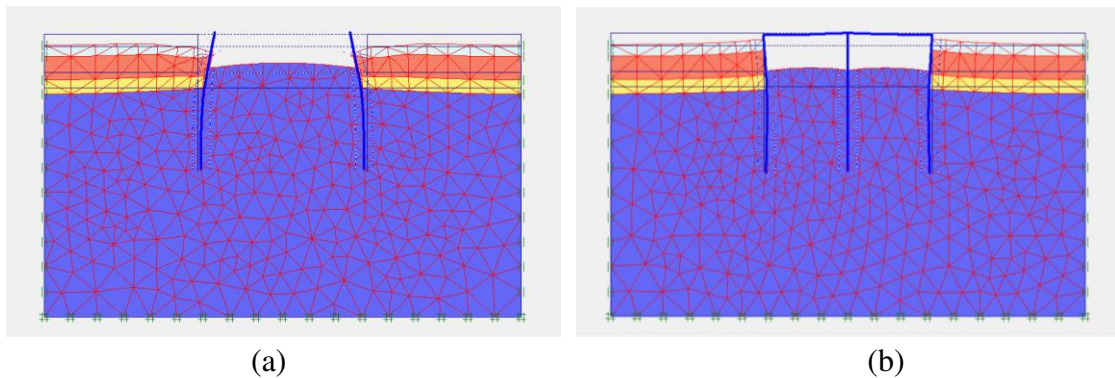


Gambar 2. Konfigurasi *pile*

Perhitungan kedalaman *pile* dilakukan dengan menggunakan *simplified method* sehingga didapat *pile* sedalam 11 m dengan $SF = 2,15 (> 1,5)$ untuk kondisi *long term*. Kemudian dihitung untuk kondisi *short term* dengan kedalaman *pile* yang sama didapat $SF = 6,086 (> 1,3)$.

Analisa Pile dengan FEM

Analisa pile dilakukan dengan bantuan *software* Plaxis berdasarkan data tanah yang telah didapat sebelumnya. Kemudian dimasukkan pembebanan sesuai kondisi pembebanan yang terjadi pada underpass, yaitu sebagai berikut; beban tanah di kanan kiri galian = 15 kN/m^2 , beban merata diatas underpass tertutup = $16,2 \text{ kN/m}^2$, dan beban terpusat diatas underpass tertutup = 78 kN/m . Sehingga didapatkan hasil seperti pada Gambar 3 dan Tabel 4.



Gambar 3. (a) *Output underpass* terbuka, (b) *Output underpass* tertutup

Tabel 4. Rekapitulasi *output* analisa *pile* dengan FEM

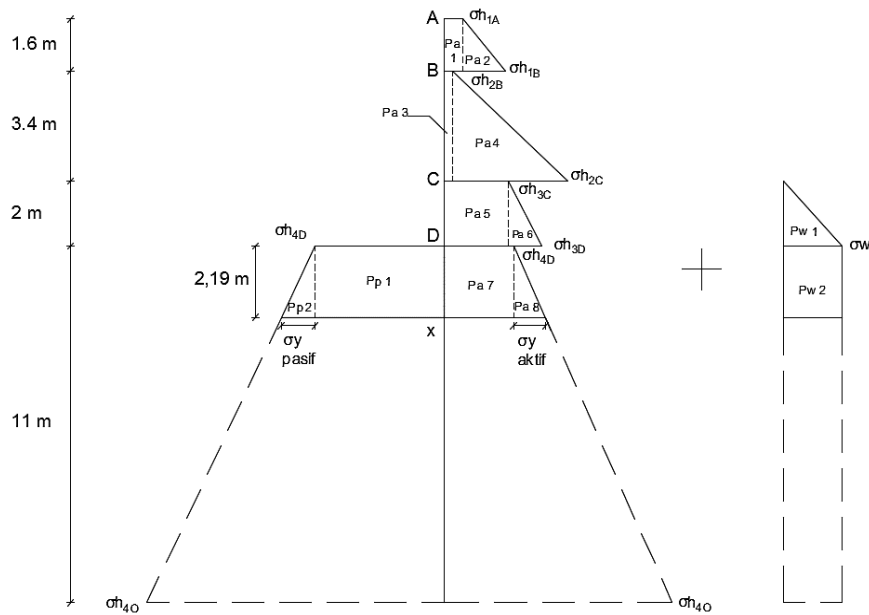
	<i>Short Term</i>				<i>Long Term</i>			
	UP Terbuka		UP Tertutup		UP Terbuka		UP Tertutup	
	Pile Tepi	Tepi	Tengah	Slab	Pile Tepi	Tepi	Tengah	Slab
<i>Momen</i> (kNm/m)	-147,33	-276,78	-0,0058	890,00	-347,81	-465,31	-12,48	753,86
<i>Shear</i> (kN/m)	83,78	-118,31	-0,006	367,52	-149,48	-182,05	11,28	338,94
<i>Axial</i> (kN/m)	-191,56	-389,33	-801,48	-118,33	144,56	-392,89	-741,72	-183,55
<i>Lateral displacement</i> (m)	0,02	0,005	0,003	0,009	0,044	0,008	0,0002	0,006
<i>SF</i>	3,428		4,205		1,561		2,42	

Dari hasil diatas dapat diketahui bahwa parameter jangka panjang (*long term*) merupakan parameter kritis, sehingga untuk perhitungan selanjutnya hanya dihitung terhadap parameter jangka panjang saja.

Analisa Momen pada Pile dengan Rumus Empiris

Sebagai validasi hasil yang diperoleh dengan analisa FEM digunakan perhitungan menggunakan rumus empiris. Yaitu dengan terlebih dahulu mencari lokasi dimana gaya geser yang terjadi pada pile = 0 kemudian dicari nilai momen pada lokasi tersebut (pada shear = 0 → momen = max).

Titik shear = 0 berada pada kedalaman 2,19 m dari dasar galian dapat dilihat pada Gambar 4 di bawah ini:

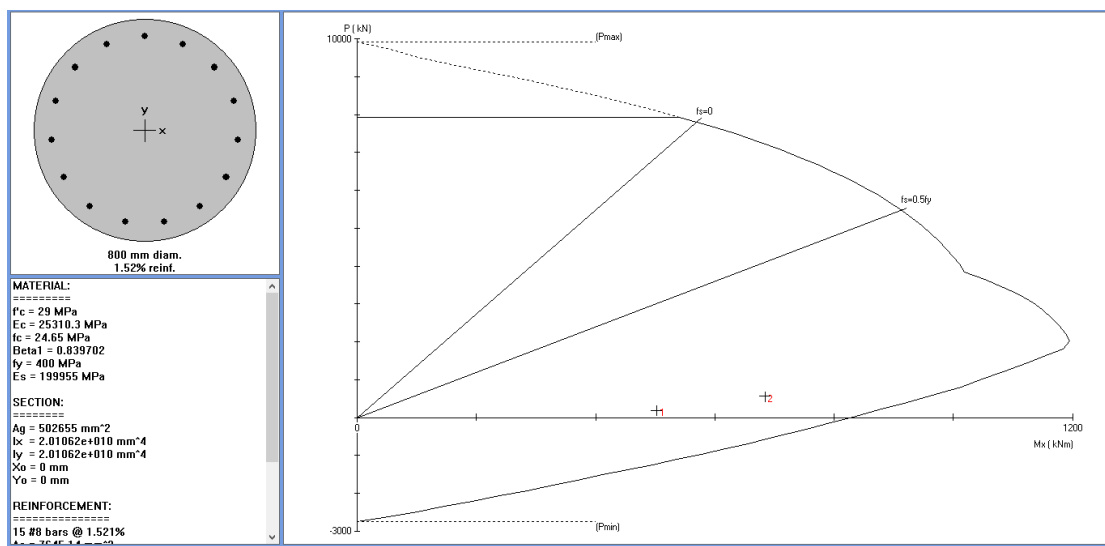


Gambar 4. Perhitungan momen maximum

Sehingga momen maximum yang terjadi pada *pile underpass* terbuka kondisi *long term* = 496,79 kNm/m

Analisa Momen Kapasitas *Pile*

Analisa momen kapasitas *pile* pada underpass tertutup hanya dilakukan pada *pile* tepi karena lokasi momen ultimit berada pada *pile* tepi. Dengan bantuan *software* SPColumn didapatkan hasil seperti Gambar 5. Titik 1 merupakan momen pada *underpass* terbuka dan titik 2 merupakan momen pada *underpass* tertutup.



Gambar 5. Output dari SPColumn

Analisa Basal Heave

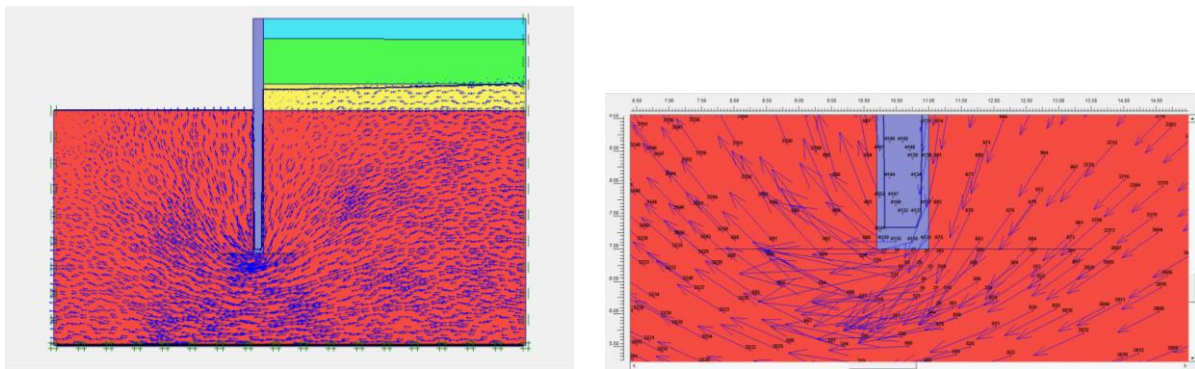
Stabilitas galian harus dicek terhadap keamanan *basal heave* sehingga menunjukkan bahwa massa tanah yang runtuh tidak akan masuk kedalam zona penggalian.

$$SF_b = \frac{1}{H_g} \times \frac{5,7 Su_u}{\gamma + \left(\frac{q_s}{H_g}\right) - \left(\frac{Su_u}{D}\right)} = \frac{1}{7} \times \frac{5,7 \times 160}{19 + \left(\frac{45}{7}\right) - \left(\frac{68}{15}\right)} = 7,844 > 1,5 \text{ (tidak terjadi basal heave)}$$

Analisa Rembesan / Piping

Direncanakan muka air di bagian hulu berada pada kedalaman 5 meter dari muka tanah. Sedangkan muka air di hilir berada tepat pada muka galian yaitu di kedalaman 7 meter. Dari hasil Plaxis pada Gambar 6 dicari nilai U_s (*pressure head*) dengan merata-ratakan nilai *pressure head* di sekitar kaki turap bagian hilir.

$$SF = \frac{(\gamma_{sat} - \gamma_w)}{U_s} \times D = \frac{(20 - 9,8)}{12,644} \times 11 = 8,87355609 > 2 \text{ (tidak terjadi water boiling)}$$



Gambar 6. Flow net rembesan

Hasil perhitungan rembesan kemudian dibandingkan dengan analisa *sand boiling* sebagai berikut:

$$FS = \frac{\gamma'(H_g + 2H_p - d_i - d_j)}{\gamma_w \Delta H_w} = \frac{(20 - 9,8)(7 + 2 \times 11 - 0 - 5)}{9,8 \times 2} = 12,4898 > 5 \text{ (aman)}$$

Analisa Penurunan Muka Tanah yang Disebabkan oleh Galian

Analisa penurunan muka tanah dengan rumus empiris hanya dapat dilakukan pada *underpass* terbuka, sehingga pada *underpass* tertutup didapatkan dari analisa *FEM* saja. Hasil analisa *displacement* dengan *FEM* dapat dilihat pada Tabel 5 berikut:

Tabel 5. Rekapitulasi analisa *displacement* dengan *FEM*

	<i>Underpass</i> terbuka	<i>Underpass</i> Tertutup
Max lateral displacement (m)	0,03793	0,00772
Max vertical displacement (m)	0,04382	0,03036

Analisa didasarkan bahwa besarnya penurunan tanah disebabkan oleh *displacement* lateral pada *pile*, sehingga massa tanah mengalami perpindahan setara dengan luasan bidang *displacement*.

Ad (luasan perpindahan lateral), didapat dari analisa FEM = 0,209 m²

$$D \text{ (estimasi pengaruh penurunan muka tanah)} = (H_e + H_d) \tan (45 - \phi/2) \\ = (7 + 8,773) \tan (45 - 25,83/2) = 9,89 \text{ m}$$

$$\text{dengan, } H_d = 0,5B \tan (45 + \phi/2) = 0,5 \times 11 \times \tan (45 + 25,83/2) = 8,773 \text{ m}$$

Sehingga besarnya *displacement* vertikal tiap jarak x dapat dilihat pada Tabel 6. Hasil tersebut dapat dibandingkan dengan besarnya *displacement* vertikal yang didapat dari analisa FEM pada Tabel 7.

Tabel 6. *Displacement* vertikal dengan rumus empiris

X [m]	Y [m]	lx [m]	δ_v [m]
51,89	25	0	0
51,39	25	0,5	0,000218
50,89	25	1	0,000871
50,39	25	1,5	0,00196
49,89	25	2	0,003484
49,39	25	2,5	0,005443
48,89	25	3	0,007838
48,39	25	3,5	0,010669
47,89	25	4	0,013935
47,39	25	4,5	0,017636
46,89	25	5	0,021773
46,39	25	5,5	0,026346
45,89	25	6	0,031354
45,39	25	6,5	0,036797
44,89	25	7	0,042676
44,39	25	7,5	0,04899
43,89	25	8	0,05574
43,39	25	8,5	0,062925
42,89	25	9	0,070545
42,39	25	9,5	0,078602
42	25	9,89	0,085188

Tabel 7. *Output displacement* vertikal dari analisa FEM

X [m]	Y [m]	Uy [m]
42,000	25	-0,04382
43,723	25	-0,03532
45,626	25	-0,03326
47,726	25	-0,02792
48,886	25	-0,02539
50,045	25	-0,02486
51,325	25	-0,02529
52,606	25	-0,02577
54,019	25	-0,02635
55,433	25	-0,02693
56,993	25	-0,0275
58,554	25	-0,02795
60,277	25	-0,02825
62,000	25	-0,02837

KESIMPULAN

Dari hasil analisa diatas dapat diambil kesimpulan pada perencanaan Underpass Zaenal Abidin – Soekarno Hatta sebagai berikut:

1. Digunakan *sheetpile* sepanjang 18 m; untuk galian sedalam 7 m dengan kedalaman pemancangan tiang 11 m.
2. Dari analisa terhadap dua jenis parameter diketahui kondisi paling ekstrim terjadi pada kondisi *long term*, dengan *SF* pada *underpass* terbuka = 1,561 sedangkan *SF* pada *underpass* tertutup = 2,42

3. Momen yang terjadi pada *pile* baik pada perhitungan manual maupun dari *output* plaxis masih berada di dalam diagram P-M. Sehingga momen tersebut dapat dinyatakan aman terhadap momen kapasitas *pile*. Adanya perbedaan besar momen yang didapat dari analisa *FEM* dan rumus empiris disebabkan karena pada analisa *FEM* telah memperhitungkan parameter *pile*, *interface*, dan juga E_{reff} .
4. *Pile* aman terhadap terjadinya *basal heave* dan rembesan. Dengan *SF* terhadap *basal heave* = 7,844 > 1,5 dan *SF* terhadap rembesan / *piping* = 9,708 > 2
5. *Pile* aman terhadap perpindahan dan penurunan muka tanah, yang ditandai dengan nilai *displacement* lateral dan vertikal yang tidak terlalu besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Craig, Robert F., 2003, *Craig's Soil Mechanics*, London: Spon Press.
- Das, Braja M., 2014, *Principles of Foundation Engineering*, Boston: Cengage Learning.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1987, Pedoman Perencanaan Pembebanan Jembatan Jalan Raya, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1992, Bridge Management System – Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan, Jakarta.
- Department of Transportation / FHWA, 1984, *Steel Sheet Piling Design Manual*, Pittsburg: USS.
- Look, Burt G., 2007, *Handbook of Geotechnical Investigation and Design Table*, London: Taylor and Francis.
- Ou, Chang Yu, 2006, *Deep Excavation – Theory and Practice*, London: Taylor and Francis.
- Persson, Josefin, 2013, *Modelling of an Excavation in Sensitive Soil with Strain Rate Dependency*, Master's Thesis Chalmers University Of Technology, Swedia.
- RSNI T-02-2005, 2005, Standar Pembebanan untuk Jembatan, Panitia Teknik Standardisasi Bidang Konstruksi dan Bangunan: Jakarta.
- SNI 2827-2008, 2008, Cara Uji Penetrasi Lapangan dengan Alat Sondir, BSN.
- SNI 4153-2008, 2008, Cara Uji Penetrasi Lapangan dengan SPT, BSN.
- Thissen Krupp GfT Bautechnik, 2008, *Sheet Piling Handbook Design*, Hamburg.
- Whitlow, Roy, 1995, *Basic Soil Mechanics*, Bristol: Longman.