

## ANALISA PERBAIKAN TANAH MENGGUNAKAN METODE *PRELOADING* DI PROYEK REKLAMASI TERMINAL TELUK LAMONG

Mochamad Sadili, Yuyu Sriwahyuni Hamzah

**Abstrak:** Proyek reklamasi di Terminal Teluk Lamong melibatkan upaya perbaikan tanah yang ekstensif untuk memastikan stabilitas dan keberlanjutan lahan yang baru terbentuk. Penelitian ini berfokus pada analisis perbaikan tanah menggunakan metode preloading, teknik yang diterima secara luas untuk mempercepat konsolidasi tanah dan meningkatkan kapasitas menahan beban. Metode preloading melibatkan penerapan beban sementara ke permukaan tanah, yang mendorong pengeluaran air pori dan dengan demikian mempercepat penurunan dan pemadatan. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas metode preloading dalam meningkatkan karakteristik tanah di lokasi reklamasi Teluk Lamong. Parameter utama yang dianalisis meliputi laju penurunan, derajat konsolidasi, dan perubahan kekuatan tanah. Data lapangan dikumpulkan melalui serangkaian investigasi geoteknik, termasuk pengambilan sampel tanah, pengujian laboratorium, dan pemantauan penurunan di tempat. Temuan studi ini menunjukkan bahwa metode preloading secara signifikan meningkatkan konsolidasi tanah, mencapai derajat konsolidasi U 90%. Penurunan yang dipercepat yang diamati selama periode preloading menghasilkan peningkatan yang nyata dalam kekuatan tanah dan kapasitas menahan beban. Analisis tersebut juga mengungkap pentingnya penerapan beban yang tepat dan durasinya dalam mencapai hasil perbaikan tanah yang optimal. Sebagai kesimpulan untuk mencapai U 90% pada setiap zona adalah, Zona D tahun 4 pasca beban operasional; Zona E tahun 1 pasca beban operasional; Zona F tahun 10 pasca beban operasional; dan Zona G tahun 7.45 pasca beban operasional

**Kata Kunci:** Perbaikan Tanah, Metode Preloading, Reklamasi, Konsolidasi Tanah.

**Abstract:** The reclamation project at Teluk Lamong Terminal involves extensive soil improvement efforts to ensure the stability and sustainability of the newly formed land. This study focuses on analyzing soil improvement using the preloading method, a widely accepted technique for accelerating soil consolidation and enhancing load-bearing capacity. The preloading method involves applying a temporary load to the ground surface, which encourages the expulsion of pore water, thereby accelerating settlement and compaction. This research aims to evaluate the effectiveness of the preloading method in improving soil characteristics at the Teluk Lamong reclamation site. Key parameters analyzed include settlement rate, degree of consolidation, and changes in soil strength. Field data were collected through a series of geotechnical investigations, including soil sampling, laboratory testing, and on-site settlement monitoring. The findings of this study indicate that the preloading method significantly enhances soil consolidation, achieving a degree of consolidation of U 90%. The accelerated settlement observed during the preloading period results in a substantial increase in soil strength and load-bearing capacity. The analysis also reveals the importance of applying the appropriate load and its duration in achieving optimal soil improvement results. In conclusion, to achieve U 90% in each zone: Zone D in year 4 post-operational load; Zone E in year 1 post-operational load; Zone F in year 10 post-operational load; and Zone G in year 7.45 post-operational load.

**Keywords:** Soil Improvement, Preloading Method, Reclamation, Soil Consolidation.

Dengan berkembangnya dunia perdagangan saat ini, membuat perusahaan BUMN bidang jasa maritim yang dikelola PT. Pelabuhan Indonesia (Persero) berinvestasi untuk menambah kapasitas Pelabuhan Peti Kemas dan Lapangan penumpukan sehingga mampu menampung kontainer domestik dan internasional, untuk itu PT. Pelabuhan Indonesia (Persero) melalui Regional 3 Surabaya berupaya menyediakan ketersediaan lapangan penumpukan.

Terminal ini ditujukan untuk mengurangi volume lalu lintas logistik di Terminal Petikemas Surabaya (TPS) yang merupakan salah satu komponen Pelabuhan Tanjung Perak yang telah mencapai kapasitas maksimal. Terminal ini berada di kawasan pengembangan reklamasi muara Sungai Lamong yang berada di antara Pelabuhan Tanjung Perak dan Pelabuhan Gresik. Tahap awal pembangunan terminal ini dimulai pada tahun 2010 hingga 2014. Pada bulan November 2014, layanan kapal domestik pertama telah selesai.

Melalui Flyover Teluk Lamong, fasilitas terminal ini menawarkan akses langsung ke Jalan Daendels dan Tol Surabaya- Manyar. Terminal ini terletak di dekat sejumlah bangunan penting, termasuk Stadion Utama Gelora Bung Tomo (GBT), Terminal Bus Tambak Osowilangon (TOW), dan Pusat Wisata Perikanan Romokalisari. Terminal ini secara umum berfungsi sebagai infrastruktur untuk memperlancar arus lalu lintas laut berbagai komoditas melalui anjungan tol laut dan layanan logistik untuk bongkar muat barang curah, kargo umum, dan peti kemas.

Saat ini, Terminal Teluk Lamong dinilai sebagai pelabuhan yang strategis dan penting secara global. Arus lalu lintas laut yang meningkat menyebabkan perjalanan kapal meningkat. PT. Pelabuhan Indonesia (Persero) bermaksud membangun fasilitas bongkar muat di area Terminal Teluk Lamong (TTL) Pelabuhan Tanjung Perak, mengingat kebutuhan untuk segera menyediakan lapangan penumpukan (*container yard*) semakin meningkat. Ada beberapa tahapan yang harus direncanakan dan dijadwalkan agar proses realisasi ini dapat tuntas.

## METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode studi kasus untuk menilai efektivitas preloading sebagai salah satu cara perbaikan kualitas tanah. Teknik analisis data dalam penelitian ini bertujuan untuk mengolah dan menginterpretasikan data yang telah dikumpulkan dari pengujian laboratorium dan pengujian lapangan. Analisis ini akan digunakan untuk mengevaluasi efektivitas metode preloading dalam perbaikan tanah di proyek reklamasi Terminal Teluk Lamong.

Proses analisis data dalam penelitian ini meliputi tahapan sebagai berikut :

- a. Analisis hasil uji sifat tanah antara lain: Kepadatan, kadar air, indeks plastisitas) dan sifat mekanik tanah (kekuatan geser, modulus elastisitas serta parameter konsolidasi
- b. Analisis data penurunan tanah yang diukur dengan settlement plate, mengolah data tekanan air pori yang diukur dengan piezometer.
- c. Analisis konsolidasi untuk menghitung tingkat konsolidasi dan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai konsolidasi tertentu.
- d. Membandingkan hasil pengukuran lapangan dengan prediksi teoritis untuk menilai kesesuaian model
- e. Analisis total penurunan tanah berdasarkan data penurunan yang di ukur.
- f. Menganalisis kecepatan penurunan tanah selama periode preloading.
- g. Evaluasi perbaikan sifat mekanik tanah
- h. Membandingkan parameter mekanik tanah (kekuatan geser, modulus elastisitas) sebelum dan sesudah penerapan preloading.
- i. Menggunakan analisis statistik (uji t atau analisis varian) untuk mengevaluasi signifikansi perbedaan parameter sebelum dan sesudah preloading.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

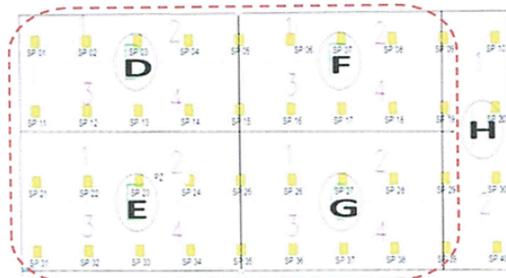
Dalam pembahasan ini menyajikan hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai perbaikan tanah menggunakan metode preloading di proyek reklamasi Terminal Teluk Lamong. Hasil penelitian meliputi data yang diperoleh dari pengujian laboratorium dan lapangan, serta analisis data yang dilakukan untuk mengevaluasi efektivitas metode preloading. Pembahasan hasil penelitian akan menguraikan temuan- temuan utama, menganalisis perubahan sifat mekanik tanah, dan membandingkan hasil ini dengan teori dan studi sebelumnya.



**Gambar 1.** Lokasi Penelitian

**Analisa Hasil Pengujian Laboratorium**

Pengujian laboratorium dilakukan untuk mengetahui sifat fisik dan mekanik tanah sebelum dan sesudah penerapan metode preloading. Parameter yang diuji meliputi kepadatan, kadar air, indeks plastisitas, kekuatan geser, modulus elastisitas, dan parameter konsolidasi. Adapun denah pemasangan settlement plate area preloading sebagai berikut:



**Gambar 2.** Denah Pemasangan Settlement Plate Area Preloading

Hasil pengujian laboratorium dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 1.** Hasil Uji Laboratorium Sifat Tanah

Sifat Fisik Tanah	Hasil Uji	Keterangan
Kepadatan	Terjadi Peningkatan	Hal ini menunjukkan adanya penurunan volume pori dan peningkatan konsolidasi tanah.
Kadar Air	Terjadi Penurunan	Menandakan adanya pengurangan kandungan air dalam tanah akibat proses konsolidasi.
Indeks Plastis	Terjadi Penurunan	mengindikasikan bahwa tanah menjadi lebih kaku dan kurang plastis.
Sifat Mekanik Tanah	Hasil Uji	Keterangan
Kekuatan Geser	Terjadi Peningkatan	Hal ini menunjukkan peningkatan daya dukung tanah.
Modulus Elastisitas	Terjadi Peningkatan	Menandakan tanah menjadi lebih kaku dan mampu menahan beban dengan deformasi yang lebih kecil.
Parameter Konsolidasi	Terjadi Penurunan	Tingkat konsolidasi mencapai 90% dari konsolidasi penuh.

### Analisa Hasil Pengujian Lapangan

Pengujian lapangan dilakukan dengan memasang settlement plate dan piezometer untuk memantau penurunan tanah dan tekanan air pori selama penerapan preloading dengan hasil bahwa:

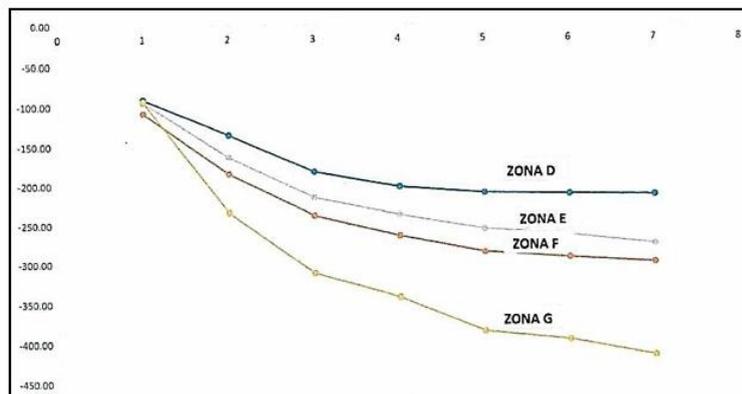
#### 1. Penurunan Tanah:

- a. Data penurunan tanah menunjukkan bahwa terjadi penurunan yang signifikan selama periode preloading. Penurunan ini terjadi secara bertahap dan mencapai stabilitas setelah beberapa waktu. Dari data tabel 2. dapat ditampilkan penurunan rata – rata setiap zona sebagai berikut :

**Tabel 2.** Penurunan Rata–Rata Setiap Zona

Waktu Pengamatan	Settlement Rata-Rata			
	D	E	F	G
September	-91.75	-108.63	-94.75	-93.88
Oktober	-135.88	-184.50	-163.88	-233.86
November	-182.50	-237.88	-215.25	-311.86
Desember	-202.25	-264.50	-237.63	-342.71
Januari	-210.50	-285.38	-256.13	-386.00
Pebruari	-212.38	-293.00	-264.13	-397.00
Maret	-214.00	-299.75	-276.38	-416.71

- b. Grafik penurunan tanah menunjukkan pola yang sesuai dengan teori konsolidasi, dengan penurunan yang cepat pada awal preloading dan melambat seiring waktu. Secara grafis penurunan maksimum lapisan tanah dasar akibat beban Preloading pada masing – masing zona dapat dilihat pada gambar 3.

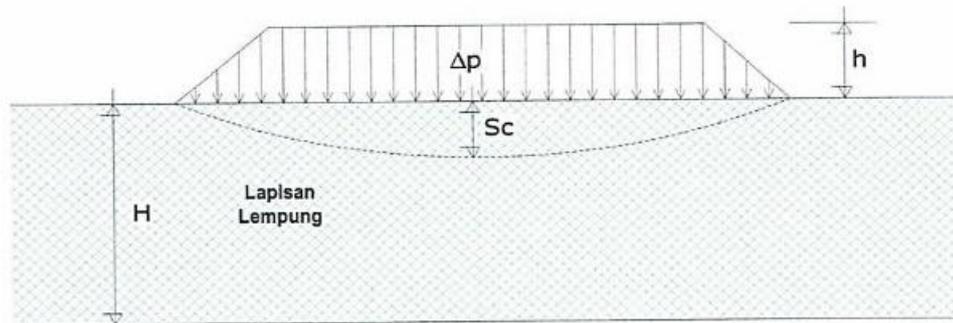


**Gambar 3.** Grafik Penurunan Rata – Rata Tanah Pada Tiap Zona

#### 2. Tekanan Air Pori:

- a. Pengukuran tekanan air pori menunjukkan adanya penurunan tekanan air pori seiring dengan penurunan tanah. Hal ini mengindikasikan bahwa air dalam pori-pori tanah terdorong keluar selama proses konsolidasi.
- b. Penurunan tekanan air pori juga menunjukkan bahwa metode preloading efektif dalam mengurangi kandungan air dalam tanah dan meningkatkan konsolidasi tanah. Untuk memperhitungkan prediksi penurunan secara umum dilakukan dengan berdasarkan data hasil pengujian di laboratorium, dengan

menggunakan persamaan over consolidated clay dengan rumus sebagai berikut :



**Gambar 4.** Sketsa Ketebalan Compressible Soil Layer

Berikut ini adalah grafik penurunan timbunan dan derajat konsolidasi dengan menggunakan teori konsolidasi 1D dari Terzaghi, hasil perhitungan ditampilkan dalam bentuk tabel berikut :

**Tabel 3.** Tebal Lapisan Kompresibel Per Zona

Zona Reklamasi	Data Tanah	Tebal Lapisan Compressible (m) (clay dengan nilai N <10)
D	BH-1	3
E	BH-2	2
F	BH-3	13
G	BH-4	16

Sedangkan derajat konsolidasi yang terjadi akibat beban preloading adalah seperti tabel berikut :

**Tabel 4.** Derajat Konsolidasi Aktual dan Derajat Konsolidasi Teoritis

Zona	Penurunan Teoritis	U Teoritis	Penurunan Aktual	U Aktual
	Sc (cm)	(%)	Sc (cm)	(%)
D	38.43	66.95	21.40	37.28
E	36.13	89.23	30.00	74.10
F	29.95	22.49	27.60	20.72
G	36.42	21.41	41.70	24.51

Oleh karena terdapat perbedaan U teoritis dan U lapangan maka untuk perhitungan derajat konsolidasi perlu penyesuaian nilai Cv sesuai dengan kondisi lapangan. Cv Baru hasil penyesuaian seperti pada tabel berikut :

**Tabel 5.** Penyesuaian Harga Cv

Zona	Cv Lama (cm <sup>2</sup> /dtk)	Cv Baru (cm <sup>2</sup> /dtk)
D	0.0025	0.00075
E	0.0025	0.00141
F	0.0025	0.00466
G	0.0025	0.00937

Dengan data Cv baru diatas waktu yang dibutuhkan untuk mencapai U90 seperti pada tabel berikut :

**Tabel 6.** Waktu yang dibutuhkan untuk mencapai U90

Zona	H (mm)	U (%)	TV	Cv (cm <sup>2</sup> /dtk)	Tp (tahun)
D	300	90.00	0.848	0.00075	3.26
E	200	90.00	0.848	0.00141	0.77
F	1300	90.00	0.848	0.00466	9.90
G	1600	90.00	0.848	0.00937	7.45

Untuk memprediksi settlement yang terjadi beberapa waktu kedepan dilakukan peninjauan dalam keadaan kondisi beban operasional yaitu kondisi beban preloading setelah dilakukan cutting dan ditambahkan beban operasional container 80% dari 8 t/m<sup>2</sup> yaitu sebesar 6,4 t/m<sup>2</sup>. Hal ini dilakukan untuk mempresentasikan kondisi realita operasional di lapangan bahwa penumpukan container tidak sepenuhnya dilakukan setinggi 6 tumpuk container.

Analisa terhadap besarnya penurunan total akibat beban operasional tersebut seperti pada tabel berikut :

**Tabel 7.** Settlement Total Akibat Beban Operasional

Zona Reklamasi	Settlement Total (cm)
D	42.66
E	29.38
F	95.02
G	120.23

Sedangkan besarnya settlement yang terjadi akibat beban operasional untuk 10 tahun kedepan adalah sebagai berikut :

**Tabel 8.** Nilai Sisa Penurunan Pada Zona D Akibat Beban

No	H	T (th)	Cv	Tv	U	Penurunan (Sc) pada tahun ke	Penurunan per-th	Penurunan Kumulatif
1	300	0	0.0008	-	-	21.40	-	-
2	300	1.00	0.0008	0.26	57.56	24.55	3.15	3.15
3	300	2.00	0.0008	0.52	77.54	33.08	8.52	11.68
4	300	3.00	0.0008	0.78	88.18	37.62	4.54	16.22
5	300	4.00	0.0008	1.04	93.78	40.01	2.39	18.61
6	300	5.00	0.0008	1.30	96.72	41.26	1.26	19.86
7	300	6.00	0.0008	1.56	98.28	41.93	0.66	20.53
8	300	7.00	0.0008	1.82	99.09	42.27	0.35	20.87
9	300	8.00	0.0008	2.08	99.52	42.46	0.18	21.06
10	300	9.00	0.0008	2.34	99.75	42.55	0.10	21.15
11	300	10.00	0.0008	2.60	99.87	42.60	0.05	21.20

**Tabel 9.** Nilai Sisa Penurunan Pada Zona E Akibat Beban

No	H	T (th)	Cv	Tv	U	Penurunan (Sc) pada tahun ke	Penurunan per-th	Penurunan Kumulatif
1	200	0	0.0014	-	-	29.98	-	-
2	200	1.00	0.0014	1.10	94.63	27.8056	2.17	2.17
3	200	2.00	0.0014	2.20	99.64	29.2789	1.47	0.70
4	200	3.00	0.0014	3.30	99.98	29.3765	0.10	0.60
5	200	4.00	0.0014	4.40	100.00	29.3829	0.01	0.59

**Tabel 10.** Nilai Sisa Penurunan Pada Zona F Akibat Beban

No	H	T (th)	Cv	Tv	U	Penurunan (Sc) pada tahun ke	Penurunan per-th	Penurunan Kumulatif
1	1300	0	0.0047	-	-	27.64	-	-
2	1300	1.00	0.0047	0.09	34.38	32.67	5.03	5.03
3	1300	2.00	0.0047	0.17	46.88	44.55	11.89	16.91
4	1300	3.00	0.0047	0.26	57.01	54.17	9.62	26.53
5	1300	4.00	0.0047	0.34	65.20	61.96	7.79	34.32
6	1300	5.00	0.0047	0.43	71.83	68.26	6.30	40.62
7	1300	6.00	0.0047	0.51	77.20	73.36	5.10	45.72
8	1300	7.00	0.0047	0.60	81.55	77.49	4.13	49.85
9	1300	8.00	0.0047	0.69	85.06	80.83	3.34	53.19
10	1300	9.00	0.0047	0.77	87.91	83.54	2.71	55.90
11	1300	10.00	0.0047	0.88	90.21	85.73	2.19	58.09
12	1300	11.00	0.0047	0.94	92.08	87.50	1.77	59.86
13	1300	12.00	0.0047	1.03	93.59	88.93	1.43	61.30
14	1300	13.00	0.0047	1.11	94.81	90.09	1.16	62.46
15	1300	14.00	0.0047	1.20	95.80	91.03	0.94	63.40
16	1300	15.00	0.0047	1.29	96.60	91.79	0.76	64.16
17	1300	16.00	0.0047	1.37	97.25	92.41	0.62	64.77
18	1300	17.00	0.0047	1.46	97.77	92.91	0.50	65.27
19	1300	18.00	0.0047	1.54	98.20	93.31	0.40	65.67
20	1300	19.00	0.0047	1.63	98.54	93.64	0.33	66.00
21	1300	20.00	0.0047	1.71	98.82	93.90	0.26	66.27
22	1300	21.00	0.0047	1.80	99.04	94.12	0.21	66.48

**Tabel 11.** Nilai Sisa Penurunan Pada Zona G Akibat Beban

No	H	T (th)	Cv	Tv	U	Penurunan (Sc) pada tahun ke	Penurunan per-th	Penurunan Kumulatif
1	1600	0	0.0094	-	-	41.67	-	-
2	1600	1.00	0.0094	0.11	38.78	46.62	4.95	4.95
3	1600	2.00	0.0094	0.23	53.77	64.65	18.03	22.98
4	1600	3.00	0.0094	0.34	65.09	78.26	13.61	36.59
5	1600	4.00	0.0094	0.46	73.64	88.54	10.28	46.87
6	1600	5.00	0.0094	0.57	80.10	96.30	7.76	54.63
7	1600	6.00	0.0094	0.68	84.97	102.16	5.86	60.49
8	1600	7.00	0.0094	0.80	88.65	106.59	4.43	64.92
9	1600	8.00	0.0094	0.85	90.00	108.21	1.62	66.54
10	1600	9.00	0.0094	0.91	91.43	109.93	3.34	68.26
11	1600	10.00	0.0094	1.02	93.43	112.45	2.52	70.78
12	1600	11.00	0.0094	1.14	95.11	114.36	1.91	72.69
13	1600	12.00	0.0094	1.25	96.31	115.80	1.44	74.12
14	1600	13.00	0.0094	1.37	97.21	116.88	1.09	75.21
15	1600	14.00	0.0094	1.48	97.90	117.70	0.82	76.03
16	1600	15.00	0.0094	1.59	98.41	118.32	0.62	76.65
17	1600	16.00	0.0094	1.71	98.80	118.79	0.47	77.12
18	1600	17.00	0.0094	1.82	99.09	119.14	0.35	77.47

Dari tabel diatas dapat dihitung rata – rata settlement pasca beban operasional adalah seperti tabel berikut :

**Tabel 12.** Rata – Rata Settlement Per Tahun Pasca Beban Operasional

Zona	Tahun ke	Settlement Kumulatif (cm/tahun)	Rata-rata settlement (cm/tahun)
D	4.00	18.61	4.65
E	1.00	0.00	0.00
F	10.00	58.09	5.81
G	7.45	66.54	8.93

Berdasarkan tabel diatas, masih adanya sisa settelemnt yang cukup besar terutama di zona F dan G ( antara 5 - 13 cm/tahun) sedangkan di zona D dan E penurunan relatif kecil dan sudah selesai. Beberapa alternatif penanganan settlement antara lain :

- a. Meninggikan elevasi rencana untuk mengcover penurunan yang terjadi sampai pada waktu perbaikan yang telah ditentukan, misal perbaikan dilakukan di tahun ke 5, maka elevasi timbunan harus ditinggikan sebesar 5x settlement rate.
- b. Membiarkan settlement terjadi dan menambahkan timbunan atau overlay pada tahun rencana perbaikan tertentu, misal perbaikan akan direncanakan pada tahun ke 5 maka elevasi urugan akan turun sampai pada elevasi +5.80LWS - (5 x rate settlement), elevasi pada tahun ke lima tersebut ditambahkan (overlay) sampai elevasi +5.80 kembali.

### KESIMPULAN

1. Hasil uji laboratorium menunjukkan bahwa tanah timbunan sangat bervariasi, mulai dari batu, kerikil dan pasir sampai dengan tanah lanau dan lempung, akan tetapi nilai PI nya relatif rendah sehingga dapat diklasifikasikan antara tanah kerikil sampta dengan tanah lanau berplastisitas rendah.
2. Waktu untuk mencapai  $U = 90\%$  adalah :  
Zona D tahun 4 pasca beban operasional;  
Zona E tahun 1 pasca beban operasional;  
Zona F tahun 10 pasca beban operasional;  
Zona G tahun 7.45 pasca beban operasional
3. Besarnya sisa settlement pasca beban operasi adalah:  
Zona D Scr = 4.65 cm/tahun;  
Zona E Scr = 0 cm/tahun;  
Zona F Scr = 5.81 cm/t;  
Zona G Scr = 8.93 cm/tahun

### DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, J. E. (1997). *Foundation Analysis and Design*. 5th Edition. McGraw-Hill, New York.
- Das, B. M. (2010). *Principles of Geotechnical Engineering*. 7th Edition. Cengage Learning, Stamford.
- Hardiyatmo, H. C. (011). *Mekanika Tanah I*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Head, K. H. (1992). *Manual of Soil Laboratory Testing*. Volume 1: Soil Classification and Compaction Tests. 2nd Edition. Pentech Press, London.
- Holtz, R. D., & Kovacs, W. D. (1981). *An Introduction to Geotechnical Engineering*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.

- Indraratna, B., Chu, J., & Rujikiatkamjorn, C. (2015). *Ground Improvement Case Histories: Embankments with Special Reference to Consolidation and Other Physical Methods*. Elsevier, Amsterdam.
- Lancellotta, R. (1995). *Geotechnical Engineering*. A.A. Balkema, Rotterdam.
- Lambe, T. W., & Whitman, R. V. (1979). *Soil Mechanics*. John Wiley & Sons, New York.
- Murthy, V. N. S. (2002). *Geotechnical Engineering: Principles and Practices of Soil Mechanics and Foundation Engineering*. Marcel Dekker, New York.
- Noor, Z., & Wijaya, I. (2010). *Metode Perbaikan Tanah: Studi Kasus Penerapan Teknologi Geosintetik di Indonesia. Edisi Pertama*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Pells, P. J. N., & Poulos, H. G. (1995). Prediction of Embankment Settlement on Soft Clays. *Geotechnical Engineering Journal*, Volume 26, Issue 3, pp. 451-467.
- Prasad, D. N. (2014). *Principles and Applications of Geotechnical Engineering*. CBS Publishers & Distributors Pvt Ltd, New Delhi.
- Schmertmann, J. H. (1978). *Guidelines for Cone Penetration Test, Performance and Design*. U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Washington, D.C.
- Soedarsono, P. (2003). *Rekayasa Pondasi*. Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Suwandi, S., & Setyawan, P. (2016). *Aplikasi Teknologi Preloading dalam Pembangunan Infrastruktur di Indonesia*. Seminar Nasional Teknik Sipil, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Terzaghi, K., Peck, R. B., & Mesri, G. (1996). *Soil Mechanics in Engineering Practice*. 3rd Edition. John Wiley & Sons, New York.
- Ueno, M., & Watanabe, T. (2002). *Ground Improvement Techniques*. CRC Press, Boca Raton.
- Van Impe, W. F. (1989). *Soil Improvement Techniques and Their Evolution*. CRC Press, Boca Raton.
- Wu, J. T. H. (2002). *Geotechnical Engineering: Principles and Practices*. CRC Press, Boca Raton.
- Xanthakos, P. P., Abramson, L. W., & Bruce, D. A. (1994). *Ground Control and Improvement*. John Wiley & Sons, New York.