

ANALISIS *CREEP* TERHADAP MATERIAL PENGISI LUMPUR YANG DIGUNAKAN DI KAWASAN REKLAMASI

Max Suyatno Samsir¹ dan Chaidir Anwar Makarim²

¹Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No.1 Jakarta
Email: maxsamsir4@gmail.com

²Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No.1 Jakarta
Email: chaidir259@gmail.com

ABSTRAK

Reklamasi daratan adalah proses pembuatan daratan baru dari dasar laut dengan cara menimbun areal reklamasi tersebut dengan menggunakan material pengisi. Material pengisi tersebut dapat berupa batu, pasir bahkan lumpur. Penggunaan lumpur sebagai material pengisi dapat dikatakan kontroversial mengingat lumpur dapat mengalami konsolidasi primer dan sekunder. Konsolidasi sekunder atau yang biasa disebut *creep*, adalah penurunan yang berjangka panjang dan berkemungkinan besarnya melebihi konsolidasi primer. Namun dalam realita, fenomena *creep* jarang sekali diperhitungkan oleh perencana. Penelitian ini bertujuan untuk membuktikan bahwa fenomena *creep* sangat penting untuk diperhitungkan. Untuk menganalisisnya digunakan program dengan metode *boussinesq*. Penelitian ini dilakukan dengan menghitung besar *creep* yang terjadi pada material pengisi lumpur dengan menggunakan embankment load dengan tinggi yang berbeda. Simulasi ini menunjukkan bahwa *creep* sangat penting untuk diperhitungkan.

Kata kunci: reklamasi daratan, lumpur, konsolidasi, *creep*, *boussinesq*

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Adanya kebutuhan manusia untuk menciptakan lahan yang digunakan untuk berbagai macam aktifitas meningkat seiring dengan berjalannya waktu serta pembangunan, namun lahan yang dapat langsung dikembangkan bisa jadi tidak mencukupi peningkatan kebutuhan tersebut. Salah satu cara untuk dapat mengubah lahan yang tidak layak digunakan tersebut menjadi layak adalah dengan mengadakan reklamasi.

Menurut Suharto (2018), reklamasi adalah suatu pekerjaan/usaha memanfaatkan kawasan atau lahan yang relatif tidak berguna atau masih kosong dan berair menjadi lahan berguna dengan cara dikeringkan. Pada dasarnya reklamasi merupakan kegiatan yang mengubah wilayah perairan pantai menjadi daratan yang dimaksudkan untuk mengubah permukaan tanah yang rendah (biasanya terpengaruh oleh genangan air) menjadi lebih tinggi (biasanya tidak terpengaruh genangan air).

Menurut Wagiu, (2011), ditinjau dari aspek fisik dan lingkungannya, tujuan reklamasi yaitu:

1. Untuk mengembalikan tanah yang hilang akibat gelombang laut.
2. Untuk mengembalikan tanah baru di Kawasan depan garis pantai untuk mendirikan bangunan yang nantinya difungsikan sebagai benteng perlindungan garis pantai.
3. Untuk alasan ekonomis, pembangunan atau untuk mendirikan konstruksi bangunan dalam skala yang lebih besar.

Namun dalam pelaksanaannya, sering terjadi permasalahan khususnya permasalahan geoteknik di lokasi diadakannya reklamasi tersebut. Salah satunya adalah *creep* atau yang biasa disebut dengan rangkak. Menurut Bowless dan Hainim (1991), *creep* adalah suatu kondisi dimana tanah mengalami penurunan tanpa adanya perubahan beban. Kondisi ini sama dengan *secondary settlement* atau *secondary consolidation*, yang berlanjut setelah *primary consolidation*.

Melalui studi ini, akan dianalisa besarnya potensi *creep* pada material pengisi yang dapat terjadi di suatu proyek reklamasi. Sehingga dapat diketahui seberapa besar dan berbahaya potensi *creep* material pengisi yang akan terjadi di proyek reklamasi tersebut.

Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui besarnya *creep* terhadap material pengisi lumpur di sebuah proyek reklamasi menggunakan program berbasis *boussinesq* dalam kurun waktu 100 tahun dengan pemodelan *embankment load* setinggi 1 m, 1.5 m dan 2 m.

2. CREEP PADA TANAH

Menurut Braja M. Das (1995), *creep* (biasa disebut *secondary consolidation* atau *secondary compression*) adalah penurunan yang berlanjut setelah konsolidasi primer. Penurunan ini terjadi seiring dengan waktu berlalu dan biasanya terjadi sangat lama setelah beban mulai bekerja, di mana partikel tanah mengalami *creep*. Penurunan ini terjadi saat semua tegangan air pori berlebih di dalam tanah telah terdisipasi dan saat tegangan efektif yang terjadi berada dalam keadaan konstan. Menurut Budhu dan Bowles (2015), *creep* terjadi pada tegangan efektif yang konstan, yaitu setelah penurunan konsolidasi primer berhenti.

Menurut Wesley (1997), besar penurunannya merupakan fungsi waktu (t) dan kemiringan kurva indeks pemampatan sekunder (C_α). Penurunan akibat konsolidasi sekunder, dihitung dengan persamaan:

$$S_s = \frac{C_\alpha}{1 + e_p} H \log \frac{t_2}{t_1} \quad (1)$$

dengan C_α = indeks pemampatan sekunder, e_p = angka pori saat akhir konsolidasi primer, H = tebal lapisan lempung dan t_2 = waktu setelah konsolidasi primer berhenti.

3. PEMODELAN PROGRAM

Input Data

Berdasarkan hasil uji laboratorium, lapangan dan korelasi, dapat dianalisis untuk mendapatkan parameter-parameter yang akan digunakan untuk melakukan pemodelan. Data didapat dari proyek di wilayah Jakarta namun tidak diperbolehkan untuk dipublikasi. Berikut merupakan kesimpulan parameter yang digunakan untuk pemodelan *creep* dengan menggunakan program berbasis *boussinesq* yang dapat dilihat pada tabel 1 sebagai berikut.

Tabel 1. Parameter Tanah yang Digunakan (Data Proyek di Wilayah Jakarta)

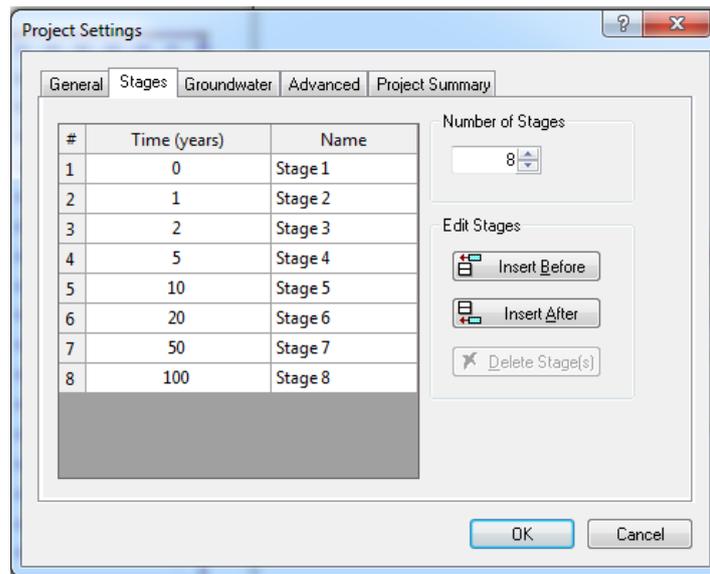
Parameter	Upper Holocene Clay	Lower Holocene Clay	Cutter Suction Dredged Mud
γ – Unit Weight (kN/m ³)	14.3	14.6	12
γ_{sat} – Sat. Unit Weight (kN/m ³)	16.3	16.3	14
ν – Poisson Ratio	0.2	0.2	0.15
C_c – Compression Index	0.96	0.85	1.08
C_r – Recompression Index	0.146	0.108	0.18
K – Permeability (m/year)	0.8979	0.22557	5.7305
C_α/C_c Ratio	0.06	0.06	0.06
e_o – Initial Void Ratio	3	2.54	3.5
OCR – Over-Consolidation Ratio	1	1	1

Dalam pemodelannya, diperlukan ketebalan per lapisan tanah. Ketebalan per lapisan tanah dapat dilihat pada tabel 3 sebagai berikut.

Tabel 2. Ketebalan Lapisan Tanah (Data Proyek di Wilayah Jakarta)

Jenis Material	Kedalaman
Lapisan 1 <i>Cutter Suction Dredged Mud</i>	30 m
Lapisan 2 <i>Upper Holocene Clay</i>	25 m
Lapisan 3 <i>Lower Holocene Clay</i>	45 m

Karena analisis dilakukan dengan kurun waktu 100 tahun, maka *stage per year* harus dikonfigurasi pada program tersebut. Konfigurasi tahun yang digunakan dapat dilihat pada gambar 1 sebagai berikut.



Gambar 1. Konfigurasi Tahun yang Digunakan

Dalam pemodelan digunakan pula *wick drain*. *Wick drain* digunakan untuk mempercepat *rate of settlement* agar konsolidasi berjalan lebih cepat. Spesifikasi *wick drain* didapat dari data proyek di wilayah Jakarta namun tidak diperbolehkan untuk dipublikasi. Spesifikasi *wick drain* yang digunakan dapat dilihat pada tabel 3 sebagai berikut.

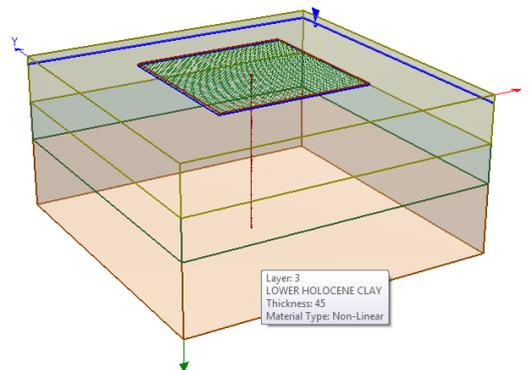
Tabel 3. Spesifikasi *Wick Drain* yang Digunakan (Data Proyek di Wilayah Jakarta)

<i>Installation Stage</i>	0 = 0y
<i>Cross Section Shape</i>	<i>Strip</i>
<i>Width</i>	0.1 m
<i>Thickness</i>	0.005 m
<i>Drain spacing</i>	1.2 m
<i>Drain length</i>	20 m
<i>Drain pattern</i>	<i>Square</i>
<i>Ratio of diameter of smear zone to diameter of drain</i>	1
<i>Ratio of undistributed to smear zone permeability</i>	1
<i>Double drainage</i>	<i>Yes</i>
<i>Discharge capacity</i>	10 m ³ /year = 0.833 m ³ /month

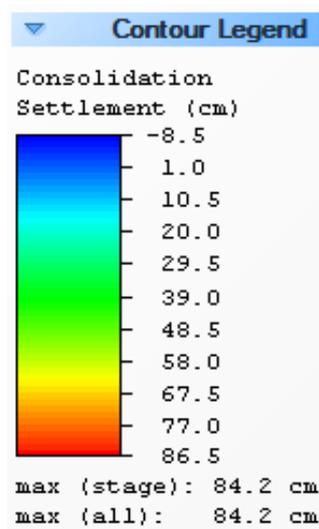
Dalam pemodelan *embankment load*, akan digunakan tinggi dengan variasi 1 m, 1.5 m dan 2 m. *Embankment load* dimodelkan menjadi jenis tanah pasir dengan berat jenis sebesar 16.2 kN/m³ dalam pemodelannya.

Pemodelan Creep dengan Embankment Load Setinggi 1 m

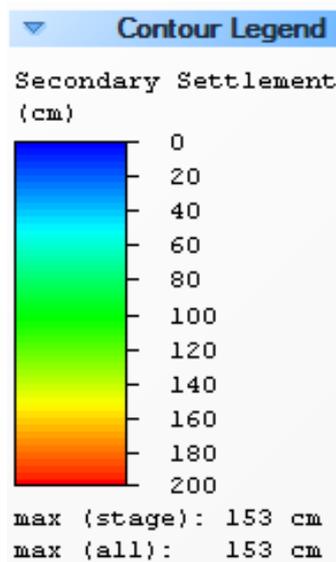
Berdasarkan hasil parameter yang sudah ditentukan, akan dilakukan *input* ke program berbasis boussinesq. Hasil pemodelan dapat dilihat pada gambar dan tabel berikut ini.



Gambar 2. Pemodelan Analisis Pertama dalam Bentuk 3D



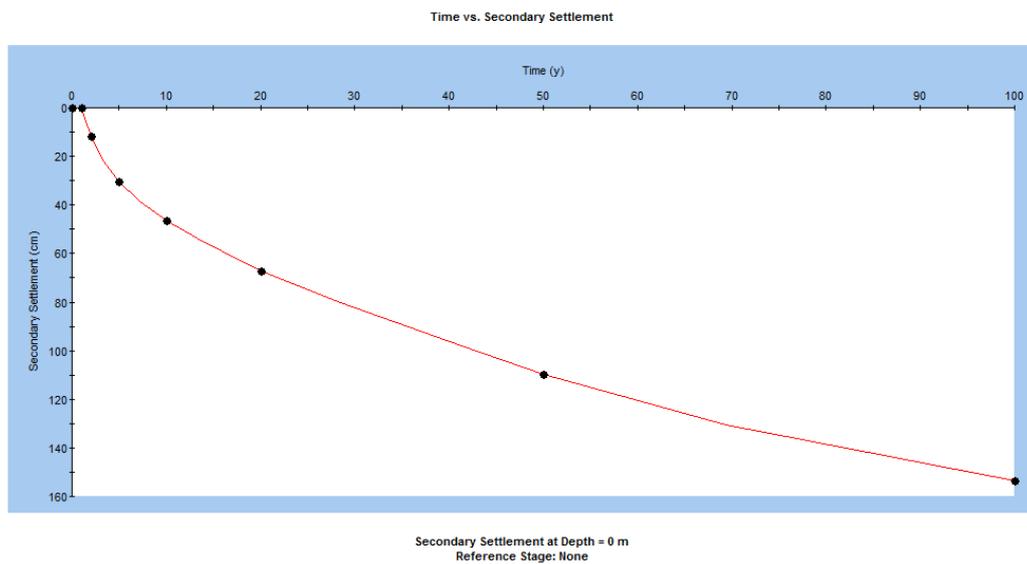
Gambar 3. Total Consolidation Settlement pada Analisis Pertama



Gambar 4. Total Secondary Settlement pada Analisis Pertama

Tabel 4. *Secondary Settlement* per Tahun pada Analisis Pertama

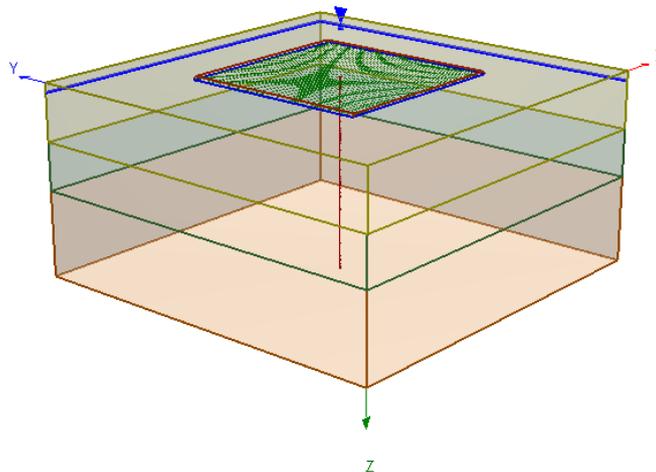
<i>Time (y)</i>	<i>Secondary Settlement (cm)</i>
0	0
1	0
1.35221	4.40469
2	11.7041
5	30.3809
10	46.3216
20	67.0563
50	109.801
100	153.347



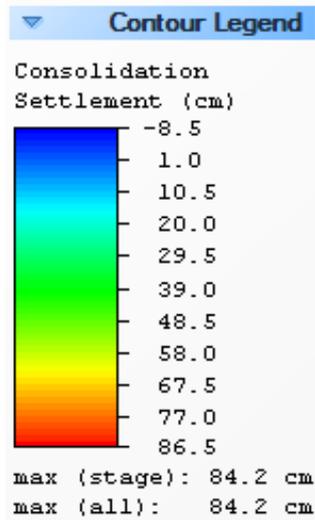
Gambar 5. Grafik *Time vs. Secondary Settlement* pada Analisis Pertama

Pemodelan *Creep* dengan *Embankment Load* Setinggi 1.5 m

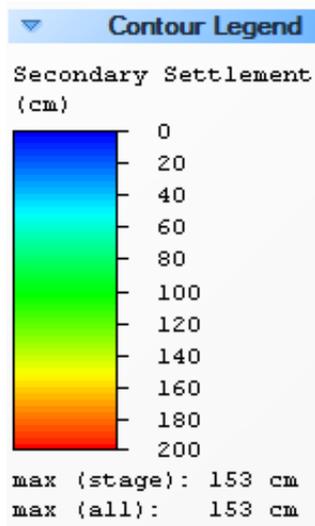
Dengan parameter yang sama, tinggi *embankment load* divariasikan menjadi 1.5 m, kemudian akan dilakukan *input* ke program berbasis *boussinesq*. Hasil pemodelan dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 6. Pemodelan Analisis Kedua dalam Bentuk 3D



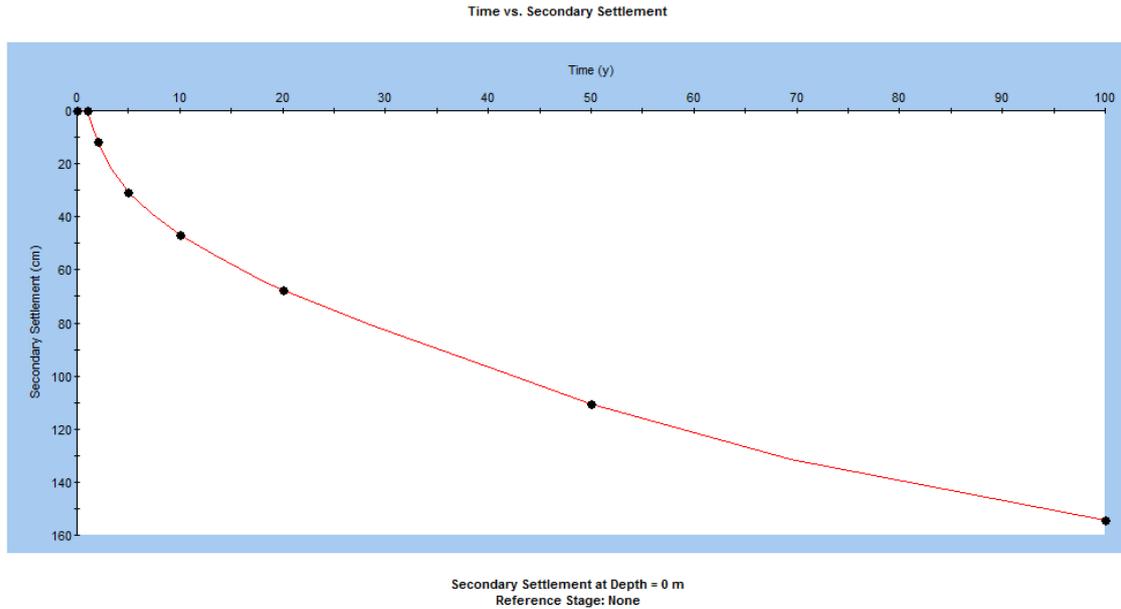
Gambar 7. Total Consolidation Settlement pada Analisis Kedua



Gambar 8. Total Secondary Settlement pada Analisis Kedua

Tabel 5. Secondary Settlement per Tahun pada Analisis Kedua

Time (y)	Secondary Settlement (cm)
0	0
1	0
1.35221	4.44812
2	11.8118
5	30.6444
10	46.7085
20	67.5772
50	110.592
100	154.492

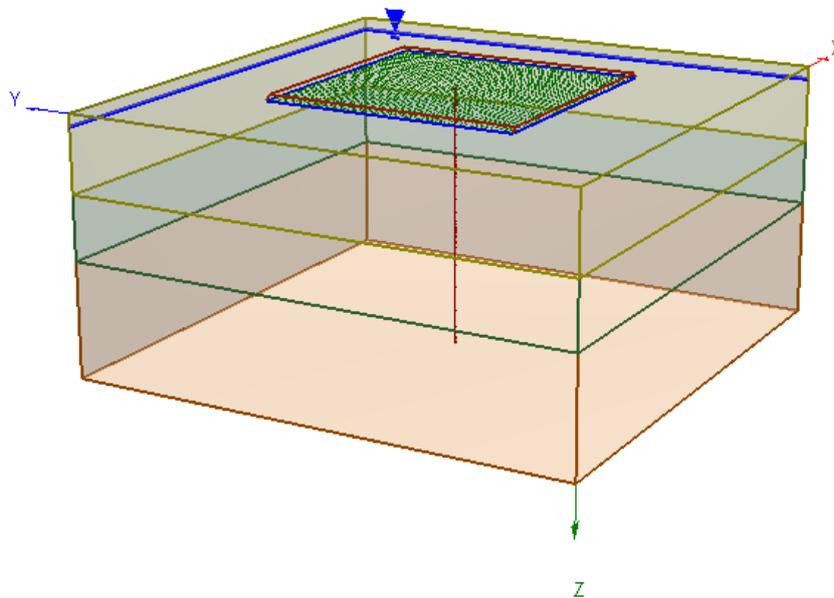


Gambar 9. Grafik *Time vs. Secondary Settlement* pada Analisis Kedua

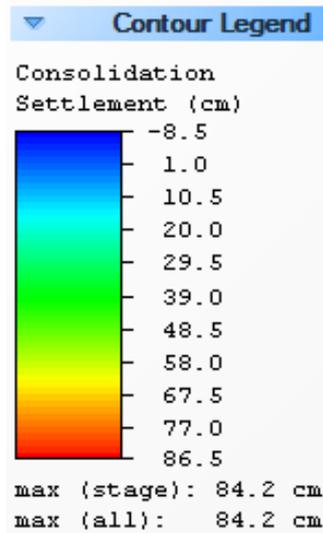
Apabila dibandingkan dengan hasil analisis pertama, dapat dilihat dari hasil analisis kedua bahwa besar *consolidation settlement* yang didapatkan adalah sebesar 118 cm dan besar *secondary settlement* yang didapatkan adalah sebesar 154.492 cm dalam kurun waktu 100 tahun. Besar *secondary settlement* mengalami peningkatan yang tidak terlalu signifikan.

Pemodelan *Creep* dengan *Embankment Load* Setinggi 2 m

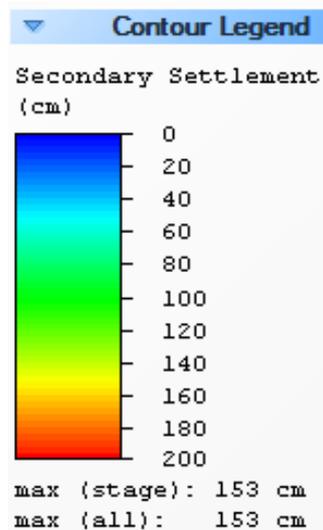
Dengan parameter yang sama, tinggi *embankment load* divariasikan menjadi 2 m, kemudian akan dilakukan *input* ke program berbasis *boussinesq*. Hasil pemodelan dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 10. Pemodelan Analisis Ketiga dalam Bentuk 3D



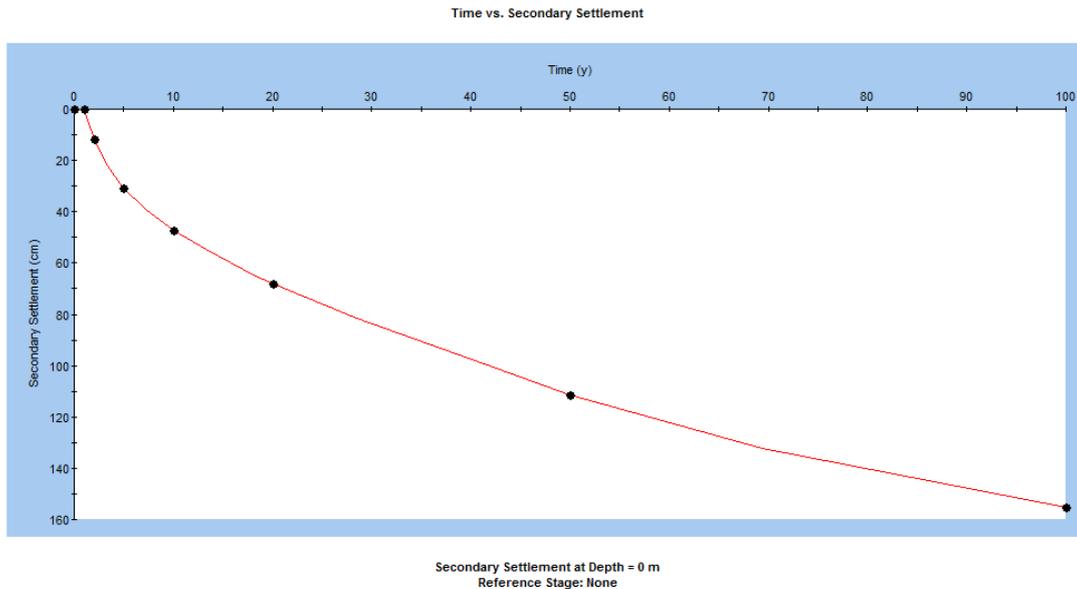
Gambar 11. Total Consolidation Settlement pada Analisis Ketiga



Gambar 12. Total Secondary Settlement pada Analisis Ketiga

Tabel 13. Secondary Settlement per Tahun pada Analisis Ketiga

<i>Time (y)</i>	<i>Secondary Settlement (cm)</i>
0	0
1	0
1.352211	4.48746
2	11.9109
5	30.8909
10	47.0677
20	68.0605
50	111.258
100	155.307



Gambar 10. Grafik *Time vs. Secondary Settlement* pada Analisis Ketiga

Apabila dibandingkan dengan hasil analisis kedua, dapat dilihat dari hasil analisis ketiga bahwa besar *consolidation settlement* yang didapatkan adalah sebesar 149 cm dan besar *secondary settlement* yang didapatkan adalah sebesar 155.307 cm dalam kurun waktu 100 tahun. Besar *secondary settlement* mengalami peningkatan seperti sebelumnya namun tidak terlalu signifikan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis yang dilakukan menggunakan program berbasis boussinesq, didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil analisis dengan program *Settle3D* terhadap material pengisi lumpur, dalam kurun waktu 100 tahun dengan menggunakan *embankment load* berupa pasir setinggi 1 m didapatkan *secondary settlement* sebesar 153.347 cm. Dengan memvariasikan tinggi *embankment load* menjadi sebesar 1.5 m dan 2 m, didapatkan *secondary settlement* sebesar 154.492 cm dan 155.307 cm. Dari hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa penambahan tinggi *embankment load* tidak terlalu mempengaruhi besarnya *secondary settlement*.
2. Dari hasil grafik *time vs. secondary settlement*, dapat disimpulkan bahwa menggunakan material pengisi berupa *cutter suction dredged mud* dapat mengakibatkan *secondary settlement* yang cukup besar dalam kurun waktu 100 tahun.
3. Dari hasil perbandingan antara *consolidation settlement* dengan *secondary settlement* dalam kurun waktu 100 tahun, didapatkan hasil *secondary settlement* lebih besar daripada *consolidation settlement*. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa dalam merencanakan konstruksi di kawasan reklamasi dengan menggunakan material *filler* berupa *cutter suction dredged mud*, *creep* sangat penting untuk diperhitungkan

DAFTAR PUSTAKA

- Bowless, J.E. and Hainim, J.K. (1991). *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*. Jakarta: Penerbit Erlangga
- Budhu, M. and J.E. Bowles (2015). *Soil Parameters and Correlation*. New York: John Wiley & Sons
- Das, Braja M. (1995). *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 1*. Jakarta: Penerbit Erlangga
- Das, Braja M. (2002). *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 2*. Jakarta: Penerbit Erlangga
- Harwadi, Fuad. *Teknik Reklamasi*. Universitas Borneo, Tarakan
- Wesley, L.D. (1997). *Mekanika Tanah*. Jakarta: Badan Penerbit Pekerjaan Umum

