

**KAJIAN PENURUNAN TANAH TIMBUNAN PENYEBAB
KERETAKAN STRUKTUR RIGID PAVEMENT DENGAN
MENGUNAKAN METODE ASAOKA
(Studi Kasus Proyek Pembangunan Jalan XYZ)**

Supriyadi¹⁾, Junaidi^{1,*)}, Anis Wahyuni¹⁾, M. Rifqi Mubarok¹⁾

¹⁾*Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Semarang
Jln. Prof. H. Soedarto, S.H. Tembalang, Kota Semarang 50275*

^{*)}*Email : junaiditspolines@gmail.com*

Abstract

Rigid pavement work on the XYZ Road Construction Project experienced a problem, namely the occurrence of cracks in the rigid pavement structure above the box culverts under which soil improvement was carried out using embankment soil. The purpose of this study is to analyze the factors that cause settlement of the embankment that causes the rift of the rigid pavement structure on box culverts built on embankment soil so that the results can be used as a reference for handling or repairing rigid pavement work on box culverts with a structure piled up soil in subsequent segments. From the results of the analysis it can be seen that the process of casting rigid pavement was carried out at two points, namely Point 1 and Point 2 where after casting the rigid pavement, the subgrade beneath it still experienced a decrease of 10 mm and 6 mm. This decline occurred for up to 3 months and caused cracks in the rigid pavement structure above it. This is due to the difference in settlement of the box culvert which was initially assumed not to have decreased again with the surrounding embankment which was still experiencing settlement. In addition, the results of the analysis show that the rigid pavement design uses a single reinforcement so that the capacity of the concrete (M_u) is less than the weight of the concrete itself which causes the concrete to crack.

Kata kunci : *keretakan, rigid pavement, penurunan tanah*

PENDAHULUAN

Jalan merupakan salah satu infrastruktur penting untuk melancarkan konektivitas dari satu tempat ke tempat lain dengan memangkas waktu perjalanan lebih singkat. Manfaat dari terbangunnya jalan adalah memperlancar lalu lintas di daerah yang sedang berkembang, meningkatkan pelayanan distribusi barang dan jasa untuk menunjang pertumbuhan ekonomi, serta meningkatkan pemerataan hasil pembangunan.

Salah satu jalan yang masih dalam tahap pembangunan di Indonesia yaitu Proyek Pembangunan Jalan XYZ. Proyek jalan ini terdiri dari pekerjaan *slab on pile*, pekerjaan timbunan, pekerjaan jembatan, pekerjaan perkerasan kaku (*rigid pavement*) dan perkerasan lentur (*flexible pavement*). Dalam setiap pekerjaan pada proyek ini terdapat panduan metode pelaksanaan (*Work methode statement*) sebagai pedoman dalam proses pelaksanaan di setiap pekerjaannya.

Dalam pekerjaan perkerasan kaku (*rigid pavement*) di proyek ini terjadi permasalahan yaitu keretakan struktur *rigid pavement* yang berada di atas *box culvert* yang di bawahnya dilakukan perbaikan tanah menggunakan tanah timbunan. Oleh karena hal tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menganalisa mengenai faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya penurunan tanah timbunan yang menyebabkan terjadinya keretakan *rigid pavement* di atas *box culvert* tersebut. Harapannya agar hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai referensi dalam pelaksanaan maupun perbaikan metode pekerjaan perkerasan kaku (*rigid pavement*) di atas *box culvert* pada segmen-segmen selanjutnya. Penelitian-penelitian yang telah dilakukan dengan topik terkait penanganan masalah penurunan tanah dan keretakan jalan telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya.

Xiao (2018) meneliti retak memanjang trotoar beton polos bersendi di Louisiana dengan melakukan investigasi lapangan dan simulasi numerik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa masalah konstruksi seperti pembentukan sambungan longitudinal yang tidak memadai dan dukungan dasar yang tidak memadai merupakan salah satu faktor kontribusi khususnya untuk retak longitudinal prematur dan lokal. Namun, survei lapangan menunjukkan bahwa jumlah retak longitudinal meningkat dengan pelat melebar dan bahu beton terikat. Hasil dari simulasi numerik selanjutnya menunjukkan bahwa geometri pelat dapat sangat mempengaruhi potensi

retak memanjang, terutama ketika lalu lintas terdiri dari lebih banyak sumbu tandem dan tridem.

Cascone (2013) melakukan penelitian studi kasus penurunan tanah yang disebabkan oleh Preloading dan vertical drain. Hasil penelitian menunjukkan bahwa heterogenitas endapan tanah aluvial mempengaruhi respons tangki. Penyelesaian dan distorsi absolut dan diferensial yang diamati konsisten dengan batas yang diizinkan yang diberikan oleh literatur dan dengan panduan desain, sehingga menegaskan keefektifan teknik preloading dan drainase yang diadopsi dalam proyek dan membayangkan kinerja tangki yang memuaskan dalam kondisi layanan.

Dhakal et al (2016) melakukan penelitian sintesis terkait mitigasi untuk retak refleksi pada perkerasan yang direhabilitasi. Hasil penelitian berdasarkan hasil tinjauan pustaka dan kuesioner survei, penilaian yang dirangkum disajikan untuk setiap metode penanganan. Untuk campuran aspal berlapis karet, hasilnya sangat positif di Arizona. Namun, di negara bagian lain tidak melaporkan keberhasilan yang sama terhadap retakan refleksi. Iklim kering yang panas di Arizona dapat menjelaskan ketidakkonsistenan ini. Untuk bahan daur ulang di tempat dingin, hasilnya sangat positif di banyak negara bagian untuk rehabilitasi perkerasan aspal. Secara umum, dari aspek tingkatan/strata, hasilnya beragam dan efektivitas biaya tidak pasti.

Tan (1996) melakukan penelitian perbandingan metode pengamatan Konsolidasi Hiperbolik dan Asaoka dengan Vertikal Drain. Hasil penelitian menemukan bahwa data penurunan di luar 60% tahap konsolidasi diperlukan di kedua metode untuk membuat prediksi yang akurat dari penurunan

primer akhir. Selanjutnya, kedua metode diterapkan pada data oedometer konsolidasi laboratorium untuk spesimen kaolin untuk menentukan bagaimana prediksi penurunan primer akhir dan koefisien konsolidasi akan dibandingkan dalam eksperimen laboratorium. Akhirnya, kedua metode tersebut diterapkan pada beberapa kasus proyek drainase vertikal yang terdokumentasi dengan baik, dan prediksi penurunan primer akhir dan koefisien konsolidasi in situ dibandingkan. Hasilnya bahwa kedua metode memberikan kesesuaian yang baik dengan prediksi, menjadikannya alat pelengkap untuk digunakan dalam memantau konsolidasi dalam aplikasi lapangan.

Penelitian yang dilakukan oleh Efendi et al (2019) dengan berjudul Evaluasi Penurunan Akhir Tanah di Lapangan Menggunakan Metode Observasional: Asaoka dan Hiperbolik pada Proyek PPKA Seksi 2 Palembang Sumatra Selatan 1 membandingkan hasil perhitungan prediksi penurunan tanah menggunakan 2 metode observasional yaitu; Asaoka dan Hiperbolik pada area tanah yang telah diperbaiki menggunakan metode *vacuum preloading*. Hasil penelitian merekomendasikan menggunakan metode Asaoka karena waktu yang dibutuhkan untuk mencapai EOP masih sangat memungkinkan untuk diterapkan pada proyek, sedangkan pada Hiperbolik waktu mencapai EOP (*End of Primary*) ada yang membutuhkan satu tahun. Meskipun penurunan tanah dari Hiperbolik lebih mendekati lapangan, tetapi Asaoka juga tidak terlalu jauh dengan lapangan. Dari nilai rerata derajat konsolidasi yang

dihasilkan juga pada Asaoka sebesar 98,687% sedangkan pada Hiperbolik sebesar 99.35%. Nilai derajat konsolidasi dari kedua metode tersebut telah memenuhi kriteria siap konstruksi apabila nilai derajat kondolidasi $>90\%$. Nilai *settlement* yang dihasilkan Asaoka lebih sesuai dengan lapangan, karena data yang digunakan untuk metode Asaoka adalah data keseluruhan dari *monitoring SP (settlement plate)*. Metode Asaoka juga direkomendasikan oleh SNI 2017 tentang persyaratan perancangan geoteknik.

Susiazi et al (2020) melakukan penelitian dengan judul Analisis Penurunan Konsolidasi Metode Preloading dan *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) menghitung besar dan waktu penurunan tanah asli pada Jalan Tol Balikpapan - Samarinda berdasarkan analisa secara manual, menghitung besar dan waktu penurunan tanah dengan metode Preloading dan dengan menggunakan PVD. Berdasarkan analisa secara manual dan menggunakan program PLAXIS 8.2 2D, menentukan jarak pemasangan PVD yang paling efektif terhadap waktu penurunan. Hasil penelitian berdasarkan analisis perhitungan secara manual pada kondisi asli tanpa adanya metode perbaikan tanah diperoleh besarnya penurunan yang terjadi adalah 0,0306 m dalam waktu 7,11 tahun. Dari hasil perhitungan secara manual menggunakan sistem Preloading diperoleh besarnya penurunan yang terjadi adalah 0,0308 m dalam waktu 7,11 tahun. Waktu kondisi asli dan sistem Preloading sama karena yang memepengaruhi waktu pada penurunan

adalah nilai C_v (koefisien konsolidasi) sedangkan dengan analisis menggunakan PLAXIS didapat hasil besar penurunan 0,048 m dalam waktu 7,11 tahun. Dari hasil analisis yang dilakukan dengan menggunakan pola pemasangan PVD segi empat dengan variasi jarak 1,2 m; 1,4 m; 1,5 m; 1,6 m. Jarak pemasangan yang paling efisien adalah 1,2 m karena lebih cepat daripada jarak yang lain yaitu 25 hari. Dari hasil analisis yang dilakukan dan dengan data lapangan didapatkan selisih waktu 6 hari dengan selisih besar penurunan 0,06 mm.

Hardiyatmo (2010) menjelaskan bahwa tanah merupakan sekumpulan mineral, bahan organik, dan endapan yang relatif lepas (*loose*), dan terletak di atas batuan dasar (*bedrock*). Tanah juga bisa dapat didefinisikan sebagai sekumpulan material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang kosong diantara partikel padat (Das, 1995). Namun umumnya tanah dapat juga disebut sebagai kerikil (*gravel*), pasir (*sand*), lanau (*silt*), dan lempung (*clay*), tergantung pada ukuran partikel yang dominan pada tanah tersebut.

Kuswanda (2016) menjelaskan bahwa untuk menanggulangi problem pembangunan infrastruktur transportasi pada tanah lempung lunak, beberapa metoda perbaikan tanah yang tersedia adalah *preloading (with vertical drain)*, *electroosmosis*, *vacuum consolidation*, *lightweight fill*, *stone column*, *jet*

grouting, *lime columns*, *fracture grouting*, *ground freezing*, *vitrification*, *electrokinetic treatment* dan *electroheating*.

Metode konstruksi ASAOKA (1978) merupakan metode observasi yang paling populer, karena selain dapat memprediksi penurunan akhir juga dapat memungkinkan diperolehnya parameter-parameter konsolidasi. Langkah-langkah perhitungan prediksi penurunan tanah metode ASAOKA adalah sebagai berikut:

- a. Merekap data dari hasil monitoring sesuai interval hari yang ditentukan. Interval minimal 3 hari
- b. Lalu seleksi data yang digunakan untuk diplot data, yaitu dimulai dari data penurunan tanah stabil sampai penurunan akhir yang terjadi di lapangan
- c. Plot grafik data hasil yang sudah diseleksi, grafik hubungan s_n vs s_{n+1}
- d. Lalu tarik garis yang membentuk 45° pada grafik yang sama
- e. Kemudian cari titik perpotongan antara plot data dengan garis 45° . Titik perpotongan dapat dicari menggunakan persamaan garis linier $y = mx + c$
 $x = \frac{c_2 - c_1}{y_2 - y_1}$
- f. Dari titik perpotongan kedua garis tersebut diketahui nilai prediksi penurunan tanah dari metode ASAOKA

METODE PENELITIAN

Data yang digunakan untuk penelitian ini diperoleh dari sumber data dan survey lapangan yang dilakukan pada Pembangunan Jalan XYZ. Prosedur

penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahapan seperti dapat dilihat pada diagram alir di Gambar 1 di bawah. Data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi 2 jenis data, yaitu data primer dan data sekunder. Sugiyono (2012) menjelaskan bahwa metode pengumpulan data adalah penelitian lapangan (*field research*) dilakukan dengan cara mengadakan peninjauan langsung pada instansi yang menjadi objek untuk mendapatkan data primer dan sekunder.

Data primer diperoleh dengan cara observasi terhadap obyek penelitian dan pengambilan data meliputi *work methode statement*, data penurunan timbunan dan data-data pengujian lapangan (*sand cone*, CBR lapangan dan *proof rolling*). Sedangkan data sekunder berupa studi kepustakaan dengan membaca dan mengutip isi buku atau jurnal yang berhubungan dengan permasalahan yang ditinjau untuk melengkapi dan menyelesaikan tulisan ini. Penelitian dilakukan dengan mengacu pada langkah-langkah berikut:

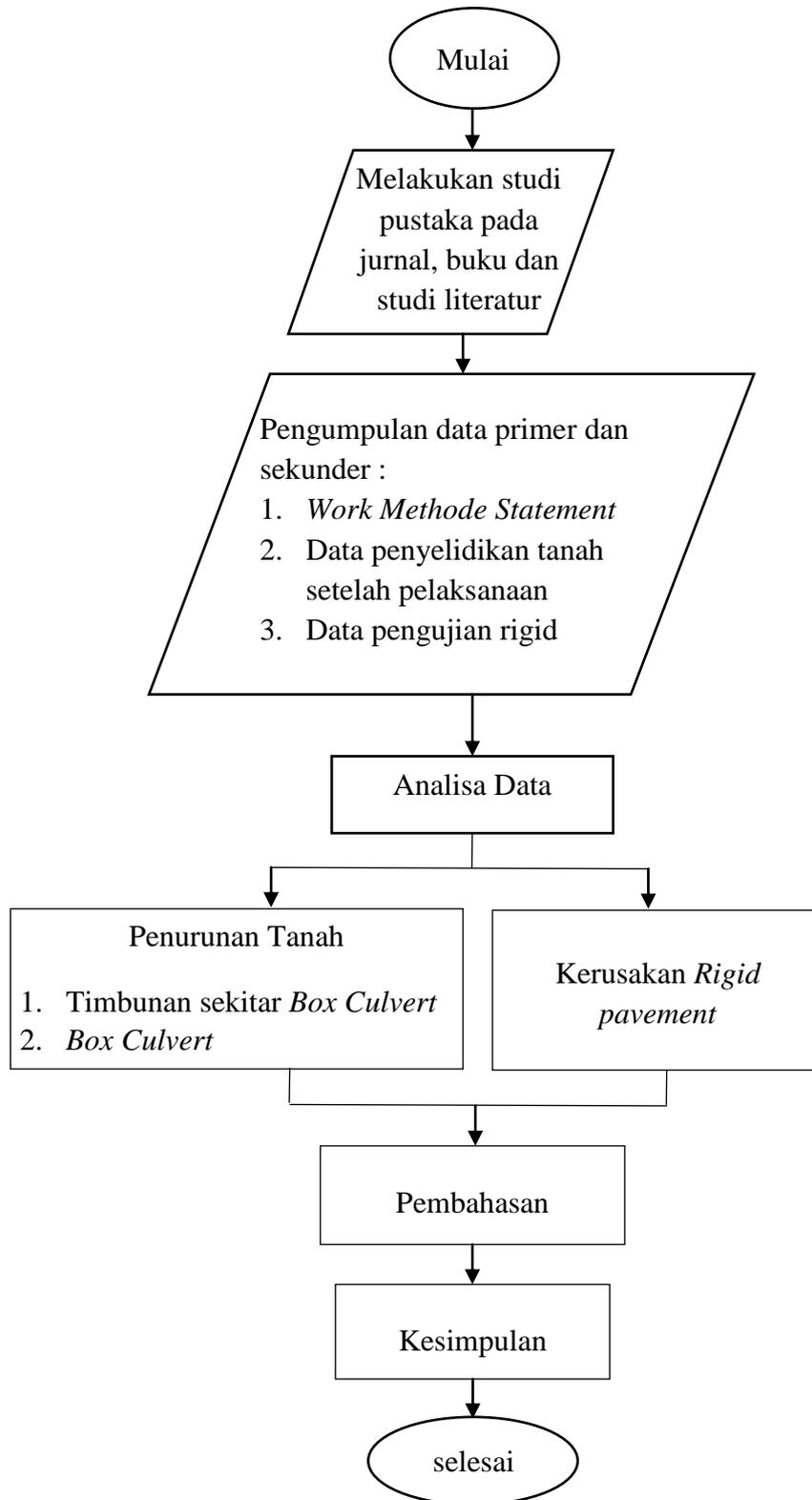
- a. Mencari dan melakukan studi literatur pada jurnal, buku atau penelitian terdahulu.
- b. Mengumpulkan dan menganalisa data berupa data sekunder yaitu data yang berasal dari dokumen perusahaan yang sudah ada seperti data *work methode statement*, data penurunan timbunan dan data pengujian lapangan serta data primer berupa pengamatan langsung di lapangan.

- c. Menganalisa data penurunan antara timbunan dan *box culvert* dengan perbaikan tanah menggunakan tiang pancang. Dalam kajian ini dilakukan evaluasi instrumen geoteknik menggunakan *settlement plate*, kemudian menghitung prediksi penurunan dengan metode observasi ASAOKA.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Penurunan Timbunan

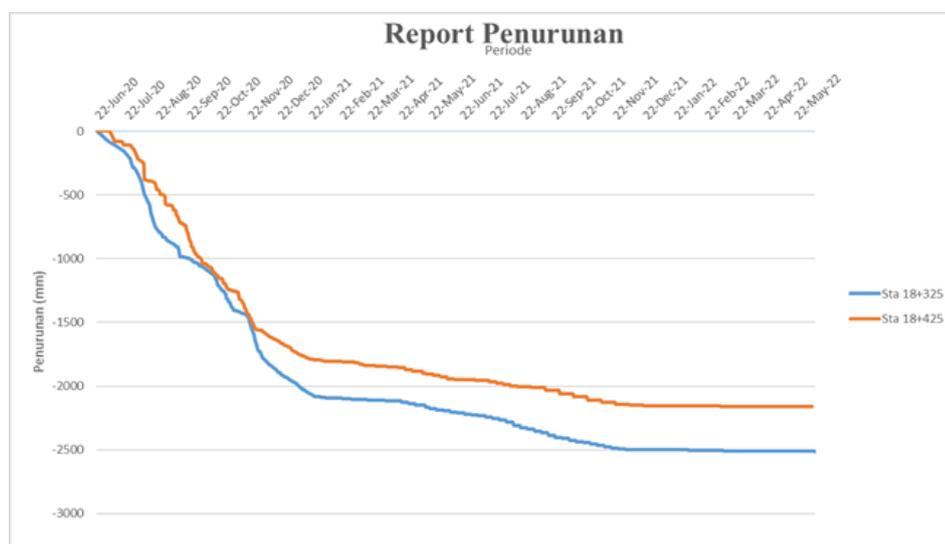
Pada Proyek Pembangunan Jalan XYZ kondisi lahan *eksisting* didominasi oleh sawah dan rawa yang umumnya memiliki kondisi tanah dasar yang bersifat sangat lunak. Permasalahan pada tanah lunak antara lain memiliki daya dukung tanah yang rendah, kembang susut yang tinggi, kandungan air yang tinggi, dan penurunan (*settlement*) yang besar jika diberi beban di atasnya. Hal ini disebabkan karena tanah lunak umumnya memiliki kuat geser rendah dan sulit terdrainase karena permeabilitas tanah yang relatif rendah. Dengan demikian untuk menghindari waktu yang dibutuhkan untuk konsolidasi yang lebih lama dan ketidakstabilan timbunan yang terjadi, diperlukan suatu metode perbaikan tanah untuk dapat mengatasi permasalahan ini. Metode yang dipakai dalam proyek ini untuk mengatasi masalah pada tanah lunak tersebut adalah dengan menggunakan perkuatan *geotextile* dan suatu metode *preloading*.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Selama pekerjaan *preloading*, pekerjaan monitoring perilaku tanah dilakukan selama jangka waktu yang ditentukan menggunakan instrument *settlement plate monitoring* yang dilakukan antara lain *monitoring* penurunan tanah, kemiringan lereng timbunan, penurunan muka air tanah dan pergerakan vertikal profil tanah. Data *monitoring settlement*

plate pada Titik 1 (Sta 18+325) dan Titik 2 (Sta 18+425) dapat dilihat pada Gambar 2. Selain itu, metode *preloading* dikombinasikan dengan *Prefabricated Vertical Drain (PVD)* dan *Prefabricated Horizontal Drain (PHD)*. Kemudian dianalisa mengenai konsolidasi / penurunan tanah menggunakan metode ASAOKA.



Gambar 2. Grafik penurunan tanah dengan instrument *settlement plate*

Analisa Metode ASAOKA dan Derajat Konsolidasi

Metode konstruksi ASAOKA (1978) merupakan metode observasi yang paling sering digunakan karena selain dapat memprediksi penurunan akhir juga dapat memungkinkan diperolehnya parameter-parameter konsolidasi. Perhitungan penurunan tanah menggunakan metode ASAOKA lebih sesuai dengan lapangan (aktual) karena data yang digunakan untuk ASAOKA berasal dari semua data *monitoring settlement plate* lapangan. Analisa ASAOKA diawali dengan merekap data dari hasil monitoring *settlement plate* sesuai interval hari yang ditentukan

pada Titik 1 dan Titik 2 yang dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Kemudian dari data tersebut dilakukan seleksi data yang digunakan untuk plot data, yaitu dimulai dari data penurunan tanah stabil sampai penurunan akhir yang terjadi di lapangan. Selanjutnya diplot grafik data hasil yang sudah diseleksi dengan grafik hubungan (sn) vs (sn+1) dan tarik garis yang membentuk 45° pada grafik yang sama. Kemudian dicari titik perpotongan antara plot data dengan garis 45°. Titik perpotongan dapat dicari menggunakan persamaan garis linier.

$$y = mx + c$$

$$x = c2-c1 / y2-y1$$

Garis yang berpotongan inilah yang menunjukkan *final settlement*. Dalam penelitian ini memiliki target 90 %

konsolidasi, sehingga Gambar 3 sudah menunjukkan *final settlement*. Untuk grafik ASAOKA dapat dilihat pada Gambar 3.

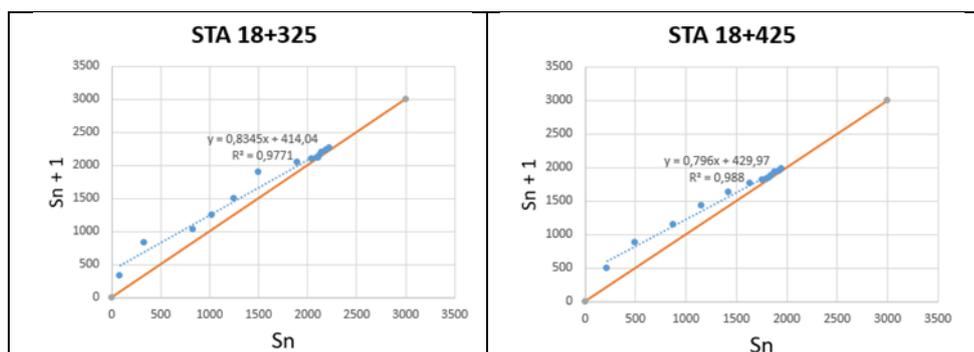
Tabel 1. Data *monitoring settlement plate* Titik 1

<i>Settlement plate</i>		SP21		
STA		18+325		
	Keterangan	Tinggi Timbunan (cm)	Sn (mm)	Sn+1 (mm)
2020	07 Juni 2020	100	0	0
	05 Juli 2020	229	0	85
	02 Agustus 2020	362.3	85	334
	30 Agustus 2020	476.8	334	835
	27 September 2020	476.8	835	1025
	25 Oktober 2020	594.3	1025	1250
	22 November 2020	682.8	1250	1497
	20 Desember 2020	682.8	1497	1890
2021	17 Januari 2021	719.2	1890	2039
	14 Februari 2021	736.9	2039	2095
	14 Maret 2021	736.9	2095	2105
	11 April 2021	736.9	2105	2117
	09 Mei 2021	736.9	2117	2147
	06 Juni 2021	736.9	2147	2193
	04 Juli 2021	736.9	2193	2227
	01 Agustus 2021	736.9	2227	2268

Tabel 2. Data *monitoring settlement plate* Titik 2

<i>Settlement plate</i>		SP23		
STA		18+425		
	Keterangan	Tinggi Timbunan (cm)	Sn (mm)	Sn+1 (mm)
2020	07 Juni 2020	0	0	0
	05 Juli 2020	175	0	0
	02 Agustus 2020	275	0	220
	30 Agustus 2020	404.8	220	496
	27 September 2020	512	496	874
	25 Oktober 2020	512	874	1151
	22 November 2020	706.9	1151	1423
	20 Desember 2020	706.9	1423	1632
2021	17 Januari 2021	706.9	1632	1762
	14 Februari 2021	706.9	1762	1804
	14 Maret 2021	706.9	1804	1821

Settlement plate		SP23		
STA		18+425		
Keterangan	Tinggi Timbunan (cm)	Sn (mm)	Sn+1 (mm)	
11 April 2021	706.9	1821	1846	
09 Mei 2021	706.9	1846	1881	
06 Juni 2021	706.9	1881	1930	
04 Juli 2021	706.9	1930	1951	
01 Agustus 2021	706.9	1951	1977	



Gambar 3. Grafik ASAOKA

Dari titik perpotongan kedua garis tersebut diketahui nilai prediksi penurunan tanah dari metode ASAOKA yaitu sebesar 2.450 mm pada Sta 18+325 dan sebesar 1.950 mm pada Sta 18+425. Dari hasil prediksi tersebut kemudian dilakukan perhitungan derajat konsolidasi dengan membandingkan hasil penurunan *real* di lapangan dengan prediksi *final settlement* menggunakan metode ASAOKA. Adapun perhitungan penurunan konsolidasi PVD adalah seperti berikut :

$$Sc = U \cdot Sult$$

$$U = Sc / Sult$$

Dalam data penurunan ditunjukkan penurunan aktual dari Sta 18+325 adalah sebesar 2.499 dan pada Sta 18+425 adalah sebesar 2.149. kemudian dapat dicari derajat konsolidasinya menggunakan formula sebagai berikut :

$$Sc = U \cdot Sult$$

$$U = Sc / Sult \times 100\%$$

$$= 2.499 / 2.450 \times 100\%$$

$$= 102 \% \quad (\text{Sta } 18+325)$$

$$Sc = U \cdot Sult$$

$$U = Sc / Sult \times 100\%$$

$$= 2.149 / 1.950 \times 100\%$$

$$= 110 \% \quad (\text{Sta } 18+425)$$

Berdasarkan hasil perhitungan derajat konsolidasi tersebut didapatkan lebih dari 90% maka tanah sudah siap untuk *unloading* dan dibuktikan dengan pengujian tanah dasar dengan *proof rolling*, CBR dan uji *sandcone* yang dilakukan di lapangan sudah menunjukkan hasil yang diinginkan.

Analisa Penurunan Tanah

Setelah pekerjaan *unloading* timbunan *preloading*, pekerjaan dilanjutkan dengan pekerjaan perkerasan jalan yang terdiri dari lapis *drainase layer*, *lean concrete* dan pengecoran *rigid*

pavement. Namun setelah pekerjaan perkerasan selesai, terjadi kerusakan berupa keretakan melintang pada *rigid pavement* di atas *box culvert* dengan

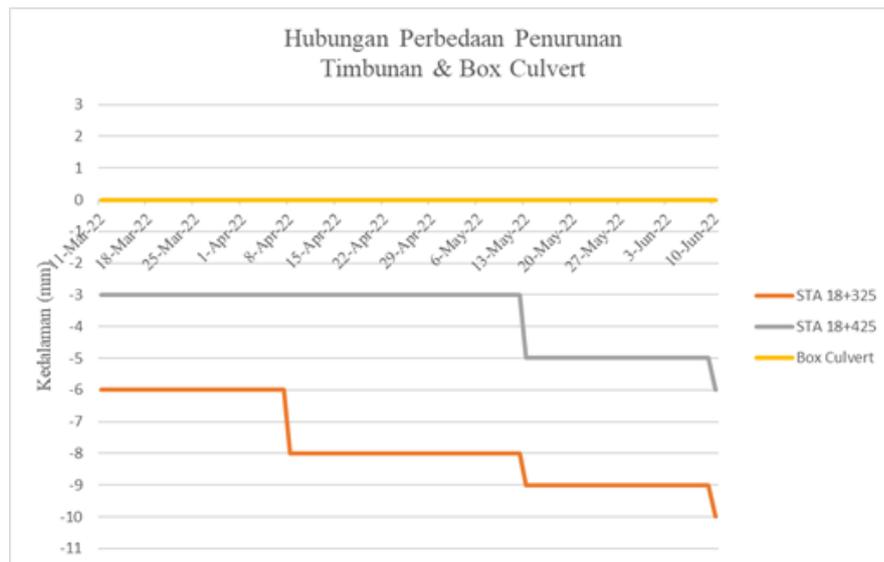
perbaikan tanah menggunakan tiang pancang pada Sta 18+375 seperti dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Keretakan rigid pavement pada Sta 18+375

Untuk mengetahui penyebab keretakan tersebut dilakukan analisa untuk mencari perbedaan penurunan timbunan di sekitar *box culvert* dan analisa *design rigid pavement*. Data yang digunakan untuk mencari penurunan adalah data monitoring *settlement plate* periode

setelah pekerjaan pengecoran *rigid pavement* pada tanggal 11 maret 2022. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 5 mengenai perbedaan penurunan yang terjadi antara *box culvert* dan timbunan yang ada di sebelahnya.



Gambar 5. Data monitoring *settlement plate* setelah pekerjaan *rigid pavement*

Box culvert diasumsikan sudah tidak mengalami penurunan karena posisi *box culvert* yang telah dipancang, sehingga diasumsikan penurunannya sebesar 0 mm. Namun untuk timbunan di sekitarnya masih mengalami penurunan sebesar 6 mm untuk Sta. 18+425 dan 10 mm untuk Sta. 18+325 tercatat hingga tanggal 10 juni 2022 dan diperkirakan akan terus mengalami penurunan. Maka perbedaan penurunan yang terjadi pada timbunan dan *box culvert* Titik 1 (Sta 18+375) itulah yang menyebabkan *rigid pavement* mengalami keretakan.

SIMPULAN

Dari hasil analisis perbedaan penurunan timbunan dan analisis design rigid pavement dapat disimpulkan bahwa setelah pekerjaan rigid pavement selesai, masih terjadi penurunan di timbunan sekitar box culvert sehingga mengakibatkan terjadinya perbedaan penurunan antara box culvert dan timbunan di sekitarnya. Dari hasil analisa juga diketahui bahwa proses pengecoran rigid pavement dilakukan pada dua titik yaitu Titik 1 dan Titik 2 dimana setelah pengecoran rigid pavement, tanah dasar di bawahnya masih mengalami penurunan sebesar 10 mm dan 6 mm. Penurunan itu terjadi hingga 3 bulan dan menimbulkan keretakan struktur rigid pavement di atasnya. Hal ini terjadi karena perbedaan penurunan dari box culvert yang pada awalnya diasumsikan tidak mengalami penurunan kembali dengan tanah timbunan di sekitarnya yang masih mengalami penurunan. Selain itu, hasil analisis menunjukkan bahwa desain rigid pavement menggunakan

tulangan tunggal sehingga kapasitas beton (μ) lebih kecil dari berat beton itu sendiri yang berakibat beton rigid pavement mengalami keretakan

UCAPAN TERIMA KASIH

Tulisan ini diolah dari Laporan Tugas Akhir penulis dengan studi kasus pada Proyek Pembangunan Jalan XYX tahun 2022. Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada seluruh direksi dan staf di Proyek Pembangunan Jalan XYZ yang telah mengizinkan penulis untuk mendapatkan data, membantu, serta membimbing penulis melakukan penelitian pada proyek tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Asaoka, A., 1978, Observational Procedure of Settlement Predictions, *Journal of Soils and Foundations*, Vol. 18, No. 4, pp. 87-101.
- Cascone, Ernesto and Giovanni Biondi, 2013, A Case Study on Soil Settlements Induced by Preloading and Vertical Drains, *Jurnal of Geotextiles and Geomembranes*, Vol. 38 (2013) pp. 51-67.
- Dhokal, Nirmal, Mostafa A. Elseifi, Zhongjie Zhang, 2016, Mitigation strategies for reflection cracking in rehabilitated pavements – A synthesis, *International Journal of Pavement Research and Technology*, Vol. 9 (2016) pp. 228–239.
- Das, Braja M., 1995, *Mekanika Tanah: Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknik Jilid 1*. Diterjemahkan oleh Noor Endah dan Indrasurya B.M., Surabaya: Erlangga.

- Efendi, Aflah Baihaqi, Indra Nurtjahtjaningtyas & Luthfi Amri Wicaksono, 2019, *Evaluasi Penurunan Akhir Tanah Di Lapangan Menggunakan Metode Observasional : Asaoka Dan Hiperbolik Pada Proyek PPKA Seksi 2 Palembang Sumatra Selatan*. Jurnal Rekayasa Sipil dan Lingkungan Vol. 3, No. 1, Fakultas Teknik, Universitas Jember.
- Hardiyatmo, Harry C., 2010, *Mekanika Tanah 2*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Kuswanda, Wahyu P., 2016, *Perbaikan Tanah Lempung Lunak Metoda Preloading Pada Pembangunan Infrastruktur Transportasi Di Pulau Kalimantan*. Prosding Seminar Nasional Geoteknik, Teknik Sipil, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarmasin.
- Sugiyono, 2012, *Memahami Penelitian Kualitatif*. ALFABETA, Bandung.
- Susiazti, Heny, Masayu Widiastuti & Rusfiana Widyanti, 2020, *Analisis Penurunan Konsolidasi Metode Preloading Dan Prefabricated Vertical Drain (PVD)*. Jurnal Teknologi Sipil Vol. 4, No. 1, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman, Samarinda.
- Tan, Siew Ann and Soon Hoe Chew, 1996, Comparison of the Hyperbolic and Asaoka Observational Method of Monitoring Consolidation with Vertical Drains, *Journal of Soils and Foundations* Vol. 36, No. 3, pp. 31-42, Sept. 1996.
- Xiao, Danny X., and Zhong Wu, 2018, Longitudinal Cracking of Jointed Plain Concrete Pavements in Louisiana: Field Investigation and Numerical Simulation, *International Journal of Pavement Research and Technology*, Vol. 11 (2018) pp. 417–426.