

PERBAIKAN PERKERASAN JALAN TOL SERBARAJA BANTEN SEKSI IB STA 5+525 - 5+550 (STUDI KASUS RETAK PADA PERKERASAN KAKU DAN LEAN CONCRETE)

Robert Wagner Silitonga¹⁾, Effy Hidayaty²⁾*, Dian Sovana³⁾

^{1,2,3}Jurusan Teknik Sipil, Sekolah Tinggi Teknologi Pekerjaan Umum Jakarta
Jl. Laksamana Malahayati No. 006 Kec. Duren Sawit Jakarta - Timur 13430

*E-mail: atihidayaty@gmail.com

Abstrak

Proyek pembangunan jalan tol Serbaraja yang menghubungkan Daerah Tangerang dengan balaraja sepanjang 39,9 km terbagi atas 3 sekdi, dimana salah satunya seksi 1B menghubungkan Simpang Susun BSD City dan Simpang Susun Legok. Permasalahan pada proyek jalan tol Serbaraja Seksi 1B tersebut terjadi di STA 5+525 sampai STA 5+550, terjadi retak pada perkerasan kaku dan *lean concrete* yang cukup panjang, serta terjadi penurunan tanah timbunan pada perkerasan jalan, pada bulan April 2023. Hal ini disebabkan oleh faktor utama kondisi tanah dasar berupa lempung lunak dengan kedalaman tanah keras 14 m. Kerusakan ini telah diperbaiki langsung di lapangan, karena saat tersebut masih dalam tahap konstruksi. Perbaikan dilaksanakan dengan melakukan pembongkaran dan pergantian tanah dengan mutu granular yang lebih baik, metoda pra-pembebanan dan pergantian sistem perkerasan pada lokasi tersebut. Melihat kondisi di lapangan, direkomendasikan tambahan perbaikan tanah mencakup penguatan pondasi tanah dasar menggunakan kombinasi metode *Prefabricated Vertical Drain (PVD)* dan *Prefabricated Horizontal Drain (PHD)* untuk mengatasi penurunan tanah timbunan. Rekomendasi perbaikan tambahan untuk memastikan proses penurunan tanah tidak terjadi lagi, untuk menjaga fungsi jalan tol tersebut terlaksana dengan baik dan memenuhi standar keamanan serta kenyamanan berkendara.

Kata Kunci : *retak, perkerasan kaku, lean concrete, pra-pembebanan.*

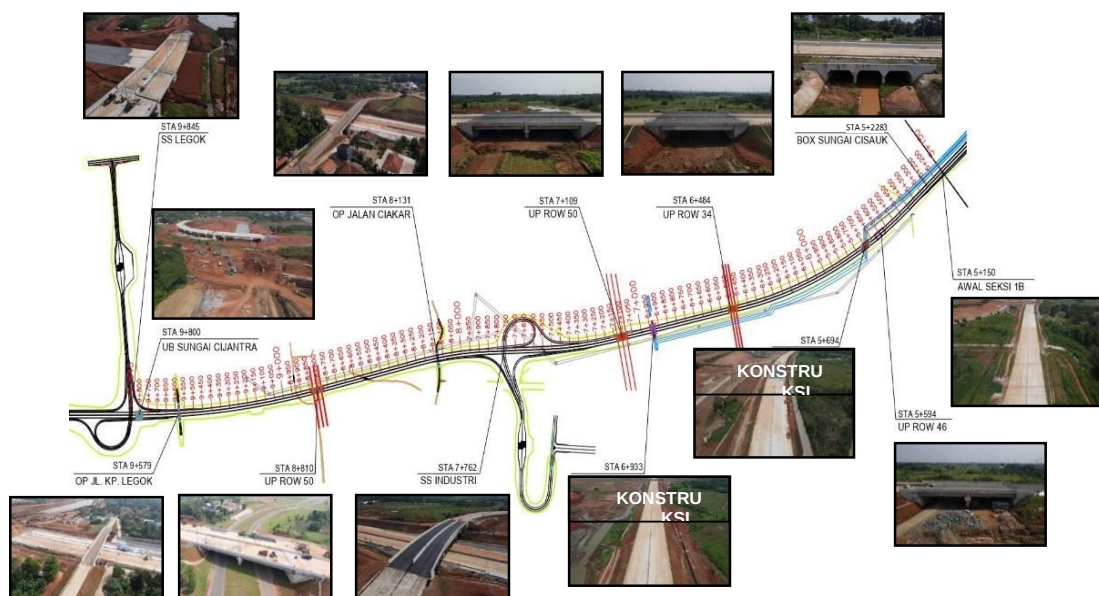
PENDAHULUAN

Permasalahan Transportasi merupakan kebutuhan primer dalam kehidupan sehari-hari, terutama dalam konteks ekonomi dan pariwisata. Dengan meningkatnya jumlah kendaraan, penting untuk memastikan bahwa jalan memenuhi syarat konstruksi yang kuat, awet, dan tahan air (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2018). Perkerasan jalan, yang langsung berinteraksi dengan lalu lintas, diklasifikasikan menjadi perkerasan lentur dan kaku, dimana penerapan masing-masingnya disesuaikan dengan kondisi alam lingkungan, faktor ekonomis dan beberapa kebijakan pemerintah.

Jalan tol umumnya menggunakan perkerasan kaku yang berbahan semen Portland, yang mampu menopang beban lalu lintas besar dengan biaya pemeliharaan yang lebih rendah, dibandingkan perkerasan lentur (Hardiyatmo, 2015), namun dalam proses konstruksi memerlukan pengendalian mutu yang ketat untuk memastikan keselamatan dan keandalannya.

Kinerja perkerasan jalan tol dapat diukur melalui tiga aspek utama, yakni keamanan yang dipengaruhi oleh gesekan antara ban dan permukaan jalan, kondisi fisik perkerasan yang mencakup retak, amblas, alur, dan gelombang, serta fungsi pelayanan kepada pengguna jalan harus memenuhi Standar Pelayanan Minimum (SPM) bagi pengguna jalan tol. Hal ini juga berlaku pada Proyek tol Serbaraja Provinsi Banten, yang merupakan bagian dari Proyek Strategis Nasional (PSN), bertujuan untuk meningkatkan konektivitas wilayah Jakarta dengan kawasan penyangga, khususnya Tangerang Raya, Banten. Proyek Tol ini terdiri dari 3 seksi, dimana Seksi 1 menghubungkan Serpong-Legok sepanjang 9,8 kilometer.

Pada proyek Jalan Tol Serbaraja Seksi 1B (bagian dari seksi 1) yaitu menghubungkan Simpang Susun CBD BSD City dengan Simpang Susun Legok, terdapat masalah yang cukup besar, yaitu retakan sepanjang Sta 5+525 sampai Sta 5+550, diagonal jalan pada perkerasan kaku dan *lean concrete* dengan kedalaman sampai 50 cm,.Retakan ini diketahui pada saat proyek pembangunan tol masih dalam pekerjaan konstruksi, April 2023, sehingga memungkinkan dilakukan perbaikan segera untuk kelancaran dan keselamatan proyek.



Gambar 1. Lay out Struktur Proyek Jalan Tol Serbaraja Seksi 1B Prov.Banten

Sumber : PT Wirantha Buana Raya (WBR)

Banyak tipe retak yang terjadi pada perkerasan kaku, dengan penyebab utama yaitu kondisi perkerasan kaku yang buruk dan tanah dasar yang buruk. Untuk menangani permasalahan ini, salah satu alternatif yang bisa dipertimbangkan adalah penggunaan *lean concrete* sebagai lapisan pondasi bawah. *Lean concrete* merupakan campuran beton dengan kadar semen yang lebih rendah, namun tetap mampu memberikan dukungan yang memadai bagi perkerasan kaku di

atasnya. Karakteristik dan perilaku *lean concrete* perlu dianalisis secara cermat, terutama terkait dengan kemampuan dukung beban lalu lintas yang beragam, agar dapat meminimalisir potensi penurunan dan kerusakan pada konstruksi jalan tol. *Lean concrete*, yang berfungsi sebagai lapisan pendukung, dapat mengalami kelemahan struktural jika tidak melalui pengujian yang memadai.

Kerusakan perkerasan kaku diklasifikasikan sebagai deformasi, retak dan disintegrasi. Deformasi adalah sembarang perubahan permukaan dari bentuk aslinya, deformasi mengurangi kenyamanan kendaraan dan dapat menimbulkan genangan air yang bisa masuk ke perkerasan dan berisiko menimbulkan kecelakaan. Retak yang terjadi pada perkerasan beton disebabkan oleh beberapa faktor dengan pola retak yang berbeda-beda. Faktor utama penyebab timbulnya retak adalah kurangnya tebal perkerasan beton dan juga karena faktor lalu lintas, kuat tekan beton, tulangan dan kekuatan tanah dasar. Tipe-tipe retak pada perkerasan beton terbagi atas retak memanjang, retak melintang, retak diagonal, retak berkelok-kelok dan pecah sudut. (Bina Marga, 1983)

Penelitian mengenai penanganan kerusakan dan penurunan tanah pada konstruksi jalan tol telah dilakukan oleh berbagai peneliti dengan fokus pada solusi teknik yang efektif dan inovatif. Dalam konteks pembangunan infrastruktur jalan tol di Indonesia, beberapa studi telah mengevaluasi dan mengembangkan metode penanganan yang spesifik untuk mengatasi permasalahan keretakan dan penurunan tanah yang sering terjadi.

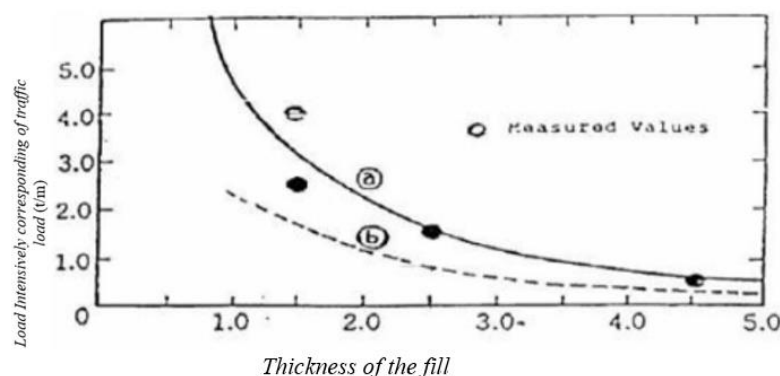
Perbaikan tanah adalah sesuatu cara yang harus dilakukan untuk memperbaiki sifat teknis tanah seperti kuat geser, kekakuan dan permeabilitasnya. Perbaikan tanah dapat dilakukan secara mekanis, modifikasi hidrolis dan mengubah sifat secara fisik dan kimia serta memodifikasi tanah dengan penyisipan dan pengekanan mekanis.

Dalam suatu proyek yang dibangun pada tanah-tanah bermasalah tersebut, beberapa alternatif cara penyelesaiannya antara lain pembongkaran dan penggantian, prapembebanan; drainase vertikal, pemadatan di tempat, injeksi (grouting); stabilisasi dengan bahan aditif, penulangan dan perkuatan.

Pemberian beban berupa timbunan tanah (*surcharge*) atau disebut dengan *preloading*, fungsinya sebagai beban untuk mempercepat penurunan, mengisi ruang yang diakibatkan oleh pemampatan dan meningkatkan daya dukung tanah di bawahnya. Ketika beban timbunan diletakkan diatas lapisan tanah lunak, tekanan air pori mengalir perlahan arah vertikal secara bertahap.

Beban yang bekerja diatas tanah dasar yaitu beban tanah timbunan, beban perkerasan (*surcharge*) dan beban lalu lintas. Ketiga beban tersebut dijumlahkan yang nantinya akan dimodelkan dalam bentuk tanah timbunan dengan jumlah berat beban yang sama.

Untuk beban lalu lintas menggunakan grafik hubungan tinggi timbunan dan beban lalu lintas pada gambar berikut.



Gambar 2. Grafik Hubungan Antara Tinggi Timbunan dan Beban Lalu Lintas

Berdasarkan grafik Gambar 2, jika tinggi timbunan 3 meter maka beban lalu lintas adalah 1,2 t/m², sedangkan tinggi timbunan 4 meter beban lalu lintasnya adalah 0,8 t/m². dan tinggi timbunan melebihi 5 meter maka beban lalu lintas adalah 0,6 t/m².(S. Enita, 2021)

Dari beberapa metoda perbaikan tanah, diusulkan metode perbaikan yang dapat diadaptasi sesuai dengan kondisi di lapangan, keamanan struktur dan keselamatan pengguna tol dengan tetap mempertimbangkan faktor ekonomis.

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kerusakan tersebut terhadap integritas struktur jalan tol pada sta 5+525 sampai sta 5+550 tersebut, menganalisis faktor penyebab retak pada perkerasan kaku dan *lean concrete*, serta mencari solusi perbaikan dengan beberapa metoda alternatif sekaligus mengeksplorasi pendekatan berkelanjutan dalam perbaikan untuk mendukung keberlanjutan infrastruktur jalan tol tersebut.

Dengan demikian, analisis mendalam mengenai penyebab kerusakan dan metode perbaikan yang efektif diperlukan untuk menjaga keberlanjutan dan keselamatan infrastruktur jalan tol, khususnya dalam hal ini proyek Jalan Tol Serbaraja di Banten. Analisis ini diharapkan berkontribusi pada solusi permasalahan infrastruktur, khususnya peningkatan kualitas jalan dengan prinsip-prinsip *green construction* dengan efisiensi sumber daya dan perlindungan lingkungan.

METODE PELAKSANAAN

Penelitian ini dilaksanakan di Proyek Pembangunan Jalan Tol Serbaraja Seksi 1B, khususnya pada area STA 5+525-5+550 di Provinsi Banten, dari bulan Juli hingga September 2023. Penelitian menggunakan pendekatan kualitatif, bertujuan untuk mendalami fenomena retakan pada perkerasan kaku dan *lean concrete* serta penurunan tanah.

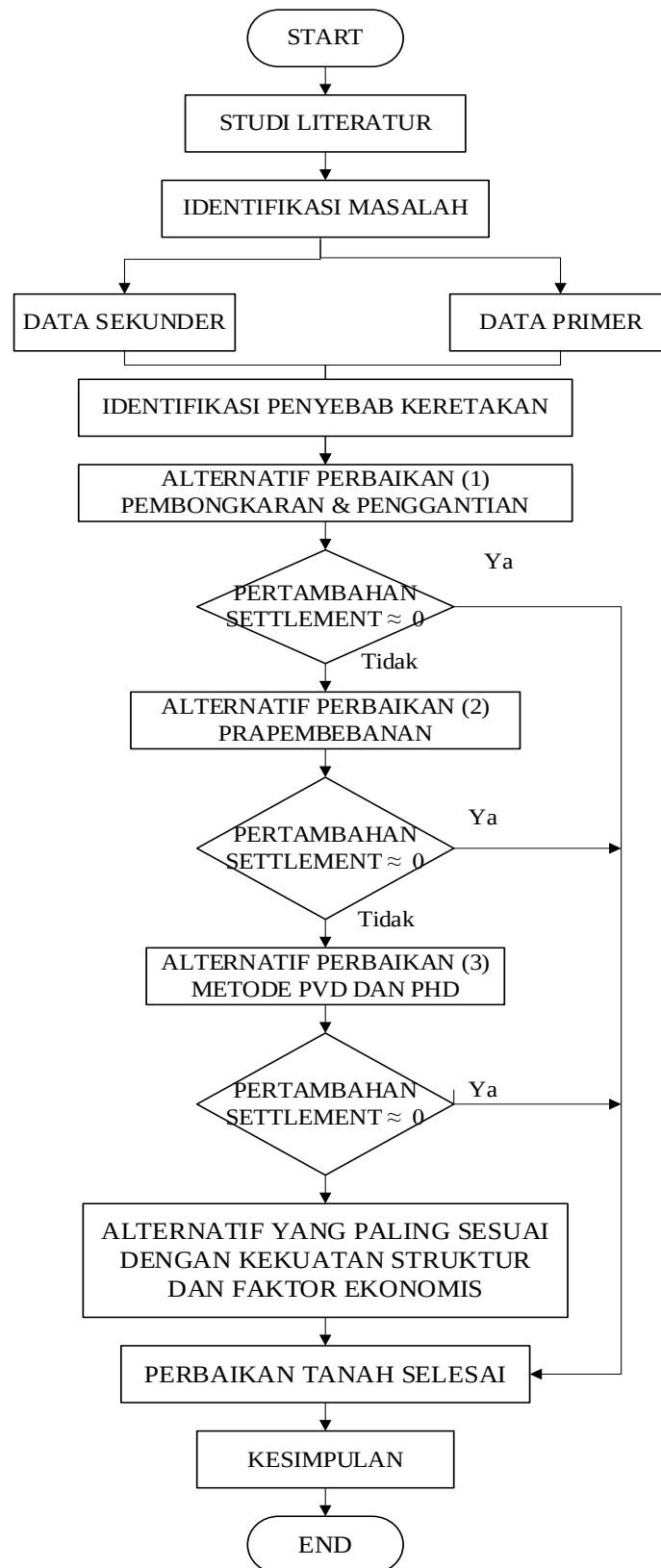
Sumber data berupa data sekunder diperoleh dari stakeholders terkait proyek tol termasuk dari PT Wirantha Buana Raya (WBR) selaku Konsultan Pengendali Mutu Independen, mencakup spesifikasi teknis yaitu kondisi material, karakteristik dan konstruksi yang digunakan; informasi mengenai tahun pembangunan, jenis perkerasan dan struktur jalan tol serta catatan perawatan atau perbaikan sebelumnya yang dapat memberikan konteks terhadap kondisi saat ini (jika ada). Data primer diperoleh melalui observasi lapangan dan wawancara mendalam dengan para ahli dan pihak terkait proyek untuk menggali informasi mengenai penyebab retakan dan faktor-faktor penurunan tanah untuk memahami kondisi nyata di lokasi proyek.

Analisis data dilakukan secara kualitatif dengan memanfaatkan informasi dari konsultan pengendali mutu independen dan hasil wawancara untuk mengidentifikasi kondisi tantangan teknis dan manajemen yang dihadapi. Data-data yang diperoleh dari konsultan pengendali mutu independen PT. Wirantha Buana Raya menjadi titik awal dalam eksplorasi. Wawancara mendalam dengan para ahli dan pihak terkait proyek dilakukan untuk menggali pandangan mereka mengenai penyebab retakan dan faktor-faktor yang berkontribusi terhadap penurunan tanah serta pengamatan lapangan serta solusi yang lebih kontekstual dan tepat dapat ditemukan, karena pemahaman yang mendalam tentang dinamika proyek dan kondisi lapangan. Dengan demikian, penelitian kualitatif ini tidak hanya memberikan data, tetapi juga menggambarkan tentang perjalanan proyek dan upaya yang dilakukan untuk mengatasi tantangan yang dihadapi.

Penelitian diawali dengan studi literatur, sebagai tahap persiapan mencakup kajian pustaka, penentuan kebutuhan data, pencarian informasi dari instansi terkait, dan survei langsung di lokasi. Data yang dikumpulkan berupa data sekunder dan data primer. Data sekunder berupa pengumpulan sampel di lapangan, pengambilan data propertis tanah untuk dilakukan pengujian laboratorium, peta topografi, jenis kerusakan dan dimensi kerusakan jalan, Gambar *cross section* jalan, Data penurunan *Settlement Plate* 65,66 & 67. Data Primer berupa pengamatan langsung di lapangan pada lokasi penurunan & perbaikan perkerasan jalan (retak *rigid & lean concrete*) pada area STA 5+525 sampai dengan sta 5+550.

Dari hasil survei lokasi, dapat dilakukan identifikasi masalah, termasuk bentuk retak perkerasan kaku di lapangan, sehingga dapat ditentukan faktor penyebab kerusakan, risiko lanjutan, data yang diperlukan untuk perbaikan jalan Sebagai bahan penelitian ilmiah, pada penelitian ini diusulkan beberapa solusi alternatif metoda perbaikan tanah untuk mengatasi faktor utama keretakan struktur yaitu *settlement* yang besar pada Sta 5+525 sampai dengan 5+550, dengan pertimbangan utama kekuatan struktur perkerasan, keselamatan pengguna tol

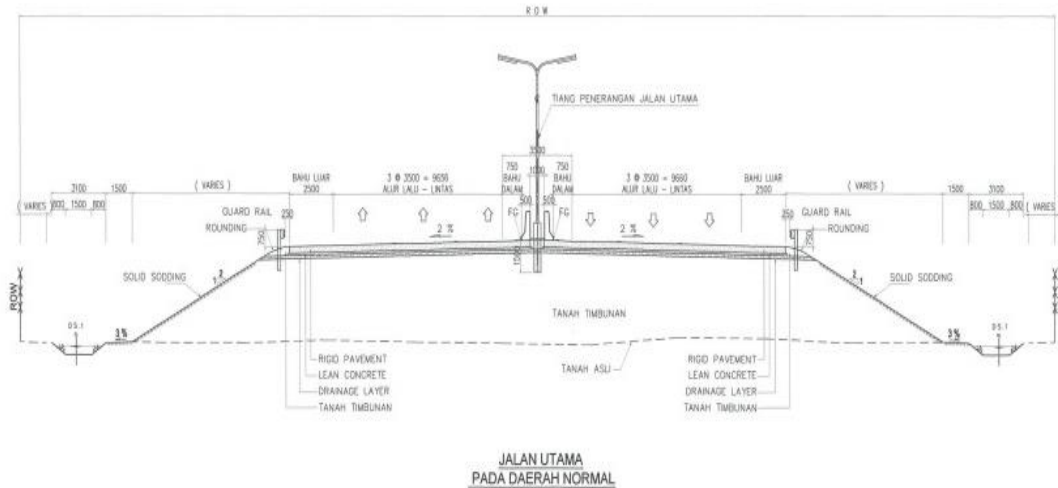
dan tetap mempertimbangkan faktor ekonomis. Untuk lebih jelasnya, diberikan diagram alir penelitian seperti berikut ini.



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proyek Jalan Tol Serbaraja Seksi 1B mempunyai potongan melintang jalan seperti pada gambar 3 berikut:



Gambar 4. Potongan Melintang Jalan Tol serbaraja Seksi 1B

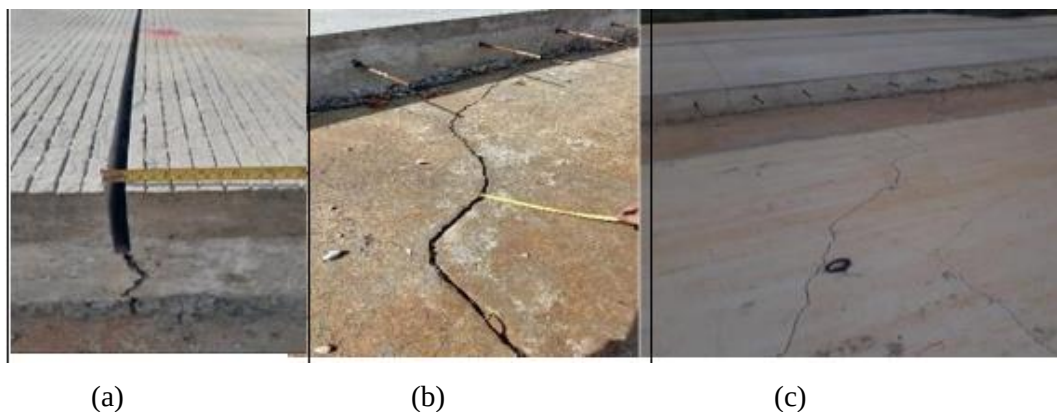
Sumber: PT Wirantha Buana Raya (WBR)

Penelitian ini fokus membahas permasalahan terkait retakan pada perkerasan jalan, seperti terlampir pada Gambar 4. Kondisi lapangan juga menunjukkan terjadi penurunan tanah timbunan dan retak pada perkerasan kaku *rigid* serta retak pada *lean concrete*, terletak di STA 5+525 sampai dengan STA 5+550 dengan detailnya seperti pada gambar berikut.



Gambar 5. Retak pada perkerasan kaku dan *Lean concrete* pada STA 5+525-5+550

Sumber: PT Wirantha Buana Raya (WBR)



Gambar 6. Retak pada perkerasan kaku dan *Lean concrete* pada STA 5+525 s/d 5+550
 (a) Retak pada perkerasan kaku/rigid (b) Retak pada lean concrete (c) Retak menerus dan tersambung pada lean concrete

Sumber: PT Wirantha Buana Raya (WBR)

Sesuai Gambar 5 dan 6, diidentifikasi terjadi retak pada perkerasan kaku berbentuk diagonal (coran warna putih) dan retak pada *lean concrete* bentuk diagonal (Coran warna peach) pada STA 5+525-5+550. Dari bentuk retak diagonal tersebut, dikaitkan dengan klasifikasi tipe bentuk retak perkerasan kaku, dinyatakan bahwa retak yang terjadi berbentuk diagonal.

Faktor-faktor penyebab kerusakan retak diagonal bisa diakibatkan oleh susutnya beton selama masa perawatan, panjang pelat yang berlebihan, pelat perkerasan beton kurang tebal, penurunan tanah dasar, pelat mengalami *rocking*. Resiko lanjutan yang mungkin terjadi adalah terganggunya kenyamanan pengguna jalan tol, berkembangnya retak menjadi patahan atau gompal dan retak meluas ke seluruh area plat beton.(HC Hardiyatmo, 2009).

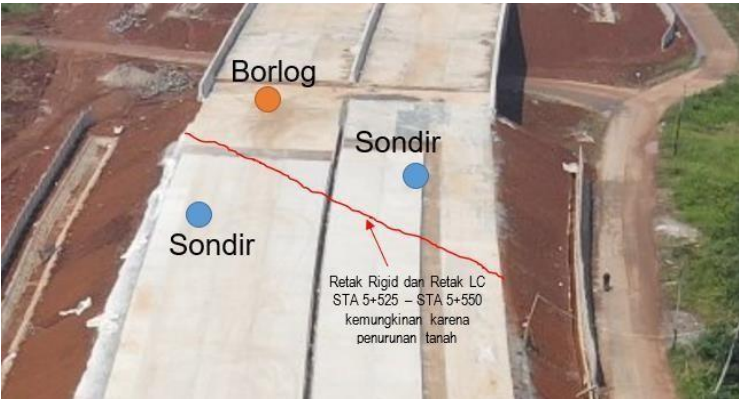
Berdasarkan data di lapangan, dilakukan identifikasi dengan hasil seperti pada tabel 1 berikut.

Tabel 1. Hasil Identifikasi Faktor Penyebab Retak Perkerasan Kaku dan *Lean Concrete*

No	Faktor-faktor Penyebab Retak Diagonal	Kondisi Lapangan
1	Susutnya beton selama masa perawatan	Tidak mungkin, karena pelaksanaan diawasi oleh konsultan pengawas dan konsultan pengendali mutu
2	Panjang pelat yang berlebihan	Sesuai hasil desain Konsultan Perencana
3	Pelat perkerasan beton kurang tebal	Sesuai hasil desain Konsultan Perencana, $t=30$ cm
4	Penurunan tanah dasar	Sangat mungkin, karena dari hasil penyelidikan tanah diketahui tanah dasar

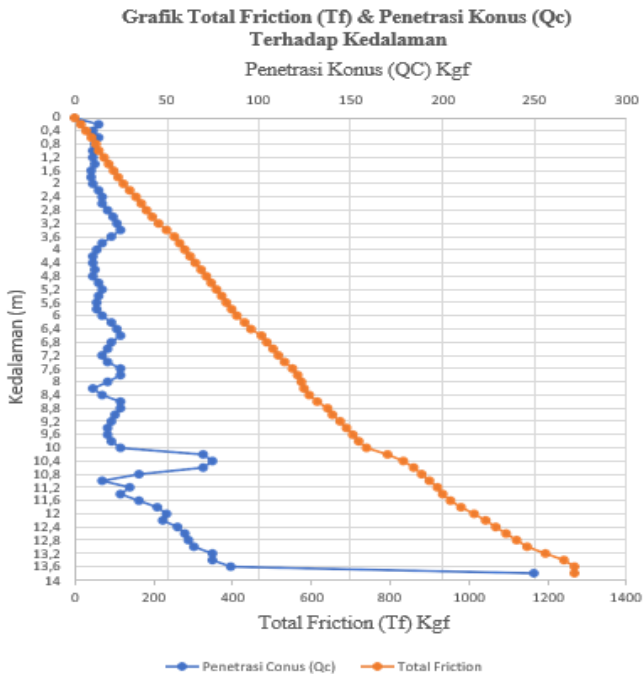
		berupa lempung lunak
5	Pelat mengalami <i>rocking</i>	Tidak ada data di lapangan yang mengindikasikan hal ini terjadi

Dari tabel 1, untuk memperkuat hasil identifikasi tersebut dilakukan penyelidikan tanah ulang berupa pengujian tanah dengan sondir pada 2 titik dan boring pada 1 titik seperti berikut. Hal ini bertujuan untuk mencari solusi yang tepat dalam mengatasi masalah penurunan tanah tersebut. (Laporan Penelitian Jalan Tol Serbaraja Seksi 1B, Tahun 2023)



Gambar 7. Letak penyelidikan tanah

Sumber: PT Wirantha Buana Raya (WBR)



Gambar 8. Hasil penyelidikan tanah berupa sondir

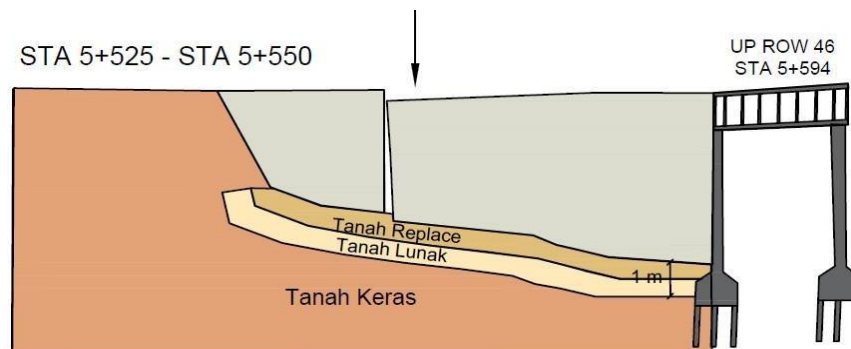
Sumber: PT Wirantha Buana Raya (WBR)

Data hasil sondir tersebut, diketahui posisi tanah keras pada kedalaman 14 m. Artinya dengan posisi tanah keras yang cukup dalam tersebut, harus dilakukan perbaikan tanah untuk menghentikan *settlement* yang terjadi. Beberapa alternatif perbaikan tanah yang efektif dan sering dilakukan pada proyek pembangunan jalan tol dan telah dilakukan pada proyek tol ini, dengan hasil seperti di tabel 2 berikut.

Tabel 2. Solusi perbaikan retak perkerasan kaku dan *lean concrete* Sta 5+525 s/d Sta 5+550

No.	Solusi Alternatif	Hasil akhir	Kendala	Keterangan
1.	Pembongkaran dan Pergantian Tanah Lempung Lunak	Tidak berhasil, terbukti masih terjadi <i>settlement</i>	Membutuhkan banyak tenaga, alat dan biaya	Gambar 7.
2.	Prapembebanan	Berhasil, dimana diperoleh <i>settlement</i> ≈ 0 (hasil sementara)		Gambar 8.
3.	Pergantian perkerasan kaku menjadi perkerasan lentur	Hasil pemantauan masih terjadi retak rambut dengan jumlah yang tidak signifikan		Dilakukan overlay
4	Penerapan metoda PVD dan PHD		Belum dicoba di lapangan, karena membutuhkan biaya yang cukup besar.	

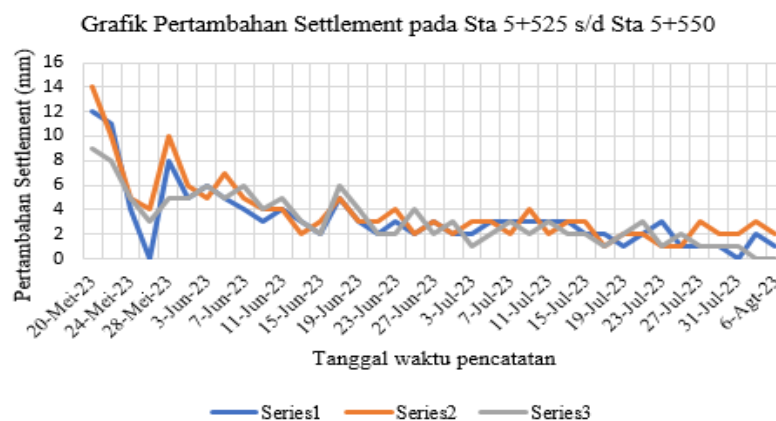
Sesuai tabel 2 di atas, perbaikan tanah dilakukan pertama kali dengan mengganti tanah lempung lunak dengan tanah timbunan granular dengan grade yang lebih baik, tapi setelah dilakukan pengukuran ternyata *settlement* masih cukup besar, karena tanah keras berada pada kedalaman 14 m, sehingga tidak semua tanah lunak direplace, seperti pada gambar 7 berikut.



Gambar 9. Alternatif 1 perbaikan tanah dengan pembongkaran dan pergantian

Setelah metode pembongkaran dan pergantian dihentikan, maka dilakukan alternatif 2 perbaikan tanah dengan metode pra-pembebanan yang dilakukan mulai tanggal 18 Mei-7 Agustus 2023, dengan plate *settlement* pada 3 titik.

Dari hasil pengukuran selama 76 hari tersebut, terjadi trend *settlement* yang menurun, sampai tercapai nilai mendekati nol, seperti ditunjukkan pada gambar 8 berikut.



Gambar 10. Grafik pertambahan *settlement* pada Sta 5+525 s/d 5+550

Dan dilakukan test CBR untuk memastikan kepadatan tanah dasar jalan tol sudah memenuhi persyaratan seperti gambar berikut.

  							
SUMMARY CBR TEST							
PROJECT : PEKERJAAN PEMBANGUNAN JALAN TOL SERPONG-BALARAJA SEKSI 1B							
PERIODE : NOVEMBER 2022							
WORK ITEM : CBR TEST (CAPPING LAYER)							
No	Test Date	Lokaal	THIK (STA)	Lajur	Material	CBR	Min 35%
1	11/11/2022	8+625 - 8+700	8+677	R2	Capping Layer	42.71	oke
2	11/11/2022	8+625 - 8+700	8+652	R3	Capping Layer	42.71	oke
3	19/11/2022	8+350 - 8+475	8+410	L1	Capping Layer	35.59	oke
4	19/11/2022	8+350 - 8+475	8+385	L2	Capping Layer	35.59	oke
5	23/11/2022	6+637 - 6+700	6+675	L2	Capping Layer	42.71	oke
6	23/11/2022	6+637 - 6+700	6+698	L3	Capping Layer	42.71	oke
7	23/11/2022	5+390 - 6+475	5+398	R3	Capping Layer	39.15	oke
8	23/11/2022	5+390 - 6+475	5+420	R2	Capping Layer	48.27	oke
9	24/11/2022	5+475 - 5+550	5+518	R1	Capping Layer	42.71	oke
10	24/11/2022	5+475 - 5+550	5+499	R3	Capping Layer	37.37	oke
11	26/11/2022	6+625 - 6+700	6+655	R2	Capping Layer	51.61	oke
		Disetujui Oleh, PT Trans Bumi Serbaraja		Diperiksa Oleh, PT Multi Phi Beta		Dibuat Oleh, PT Nusa Raya Cipta	
		Heri Prastiyo		Yandri Yalmi		Festy Maulani	

Gambar 11. Hasil Uji CBR

Sumber : Sumber: PT Wirantha Buana Raya (WBR)

Berdasarkan gambar-gambar di atas, dilakukan penghentian pemberian pembebanan dan pelaksana proyek membiarkan beberapa waktu tanpa ada kegiatan, dan dengan berbagai pertimbangan, pada akhirnya pada STA tersebut diganti dengan perkerasan lentur.

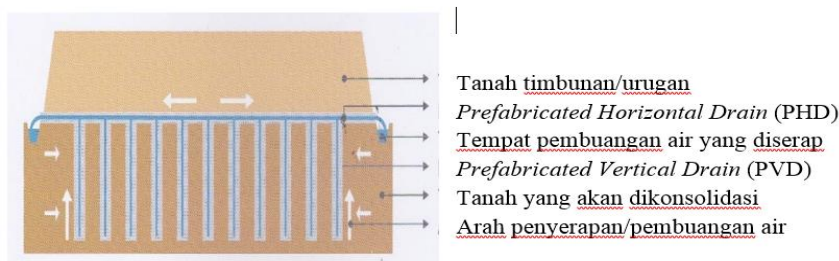
Hasil pengamatan di lapangan, sebenarnya setelah dilakukan pergantian menjadi perkerasan lentur, retak-retak pada STA tersebut masih terjadi, dibuktikan masih terjadinya retak-retak rambut, yang kemudian ditutupi dengan pekerjaan over lay.

Secara ilmiah, pembebanan dengan pertambahan *settlement* mendekati nol belum bisa sepenuhnya diartikan bahwa proses *settlement* telah selesai, karena selayaknya pengukuran *settlement* dilakukan dengan alat yang berfungsi baik, pemasangan alat harus akurat dan dilaksanakan oleh ahlinya, sehingga untuk mencegah terjadinya kesalahan pencatatan tersebut, bisa dilakukan pembacaan dari berbagai macam alat dengan kualitas terbaik, yaitu *settlement plate*, *piezometer*, dan *inclinometer*.

Jika ternyata proses penurunan tanah (*settlement*) belum selesai, perbaikan tanah dapat dilanjutkan dengan metode drainase vertikal yaitu *Prefabricated Vertikal Drain* (PVD), dan bisa dikombinasikan dengan metode *Prefabricated Horizontal Drain* (PHD) yaitu sistem drainase vertikal & horizontal yang terbuat dari bahan sintesis (geotekstil dan plastik), yang dipasang secara vertikal dan horizontal di dalam tanah lunak untuk memperpendek jarak aliran air vertikal sehingga mempercepat proses konsolidasi tanah.

Kombinasi metode PVD dan PHD dipilih sebagai solusi terbaik karena keduanya memiliki keunggulan yang saling melengkapi dalam mengatasi masalah tanah lembek atau berlumpur. Metode PVD membantu mengurangi tekanan air pori dalam tanah dengan saluran vertikal, mempercepat proses konsolidasi, sedangkan metode PHD menggunakan saluran horisontal

untuk mengalirkan air terperangkap, mempercepat pengeluaran air. Dengan menggunakan kedua metode ini, air dalam tanah dapat dialirkan keluar dengan lebih cepat dan efisien, meningkatkan stabilitas tanah secara keseluruhan. Kombinasi ini memaksimalkan efek pengurangan tekanan air pori dari kedua arah, baik secara vertikal maupun horisontal.



Gambar 12. Kombinasi PVD dan PHD

Sumber: <https://www.insindo.id/phd/>

Sinergi terjadi antara Metode PVD dan PHD ketika digunakan secara bersama-sama, sehingga dapat mengoptimalkan efisiensi pengeluaran air dari tanah yang terperangkap di berbagai arah. Saluran drainase vertikal PVD menangani pengeluaran air kedalam tanah, sementara saluran drainase *horizontal* PHD mengelola air yang terperangkap di lapisan *horizontal* tanah. Kombinasi keduanya membantu mengurangi tekanan air pori dalam tanah secara lebih menyeluruh. Dengan demikian, proses konsolidasi tanah dapat dipercepat secara signifikan, karena air yang terperangkap di dalam tanah dapat dialirkan lebih cepat keluar dari zona yang terpengaruh. Akibatnya, penurunan tanah timbunan dapat dikendalikan lebih baik, risiko kerusakan struktural akibat penurunan tanah dapat diminimalkan, dan waktu pelaksanaan proyek dapat dipercepat karena waktu yang diperlukan untuk pengeringan tanah berkurang. (LM Junaidi. 2021)

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil studi lapangan dan analisis data, ditemukan bahwa faktor utama yang menyebabkan penurunan tanah (*settlement*) di area STA 5+525- 5+550 pada proyek jalan tol dengan posisi tanah keras pada 14 m, berdampak signifikan terhadap integritas struktur perkerasan jalan sehingga menimbulkan retak pada perkerasan kaku dan *lean concrete* berupa retak diagonal.

Kondisi ini sudah diperbaiki dengan melakukan pembongkaran dan pergantian tanah timbunan dengan kualitas material yang lebih baik, tapi belum memperbaiki situasi sehingga dilanjutkan dengan metoda pra-pembebanan selama 76 hari, dengan *settlement* pertama 14 mm berlanjut sampai diperoleh pertambahan *settlement* nol.

Disarankan pada lokasi tersebut, dilakukan juga tambahan metoda perbaikan tanah kombinasi metoda PVD (*Prefabricated Vertical Drain*) dan PHD (*Prefabricated Horizontal Drain*) untuk memastikan bahwa proses konsolidasi berhenti total untuk mencegah timbulnya kembali retak pada struktur perkerasan dan *lean concrete*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Konsultan Pengendali Mutu Independen PT. Wiranta Bhuana Raya, yaitu Bapak Ir. Pudjiono Sutomo, selaku Ketua *Team Leader* dan Bapak Ir. Caturyanto S, selaku Ahli *Quality Assurance & Quality Control* Senior Konsultan yang telah berkontribusi banyak memberikan data, bimbingan dan saran selama melakukan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Direktorat Jenderal *Bina Marga*, 1983, Manual Pemeliharaan Jalan No. 03/MN/B/1983, Jilid 1a Perawatan Jalan, Jakarta
- [2] Direktorat Jenderal Bina Marga, 2017, Surat Edaran Direktorat Jenderal Bina Marga Nomor 07/SE/Db/2017 tentang Petunjuk Teknis Penanganan Kerusakan Perkerasan Kaku. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- [3] Direktorat Jenderal Bina Marga, (2018). Surat Edaran Direktorat Jenderal Bina Marga Nomor 02/SE/Db/2018 tentang Spesifikasi Umum 2018 Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan, Jakarta.
- [4] Direktorat Jenderal Bina Marga. (2024), Surat Edaran Nomor: 15/SE/Db/2024 tentang Manual Desain Perkerasan Jalan 2024, Jakarta
- [5] Hardiyatmo, H. C., 2015, Pemeliharaan Jalan Raya. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- [6] Hardiyatmo, H. C., 2023, Perbaikan Tanah, Gajah Mada University Press, Yogyakarta
- [7] Junaidi, L. M., et.al, 2021, Pergerakan Horizontal Tanah yang Terjadi Akibat Proses Percepatan Konsolidasi Metode Vacuum + PVD + PHD + Preloading Pada Pekerjaan Perpanjangan Runway Bandar Udara Internasional Supadio, https://magistersipil.teknik.untan.ac.id/files/jurnal/vol-21-no-1-2021-lalu-m-junaidi-opt_1647755181.pdf
- [8] PT Nusa Raya Cipta, 2023, Laporan Penelitian Jalan Tol Serbaraja Seksi 1B, Jakarta
- [9] S. Enita, et. al., 2021, Perbaikan Tanah Lempung Lunak dengan Metode Preloading pada Jalan Tol Palembang–Indralaya STA 1+670, Fondasi: Jurnal Teknik Sipil, Volume 10 No 2, Serang Banten.