

Perkuatan Tanah Dibelakang Abutment Untuk Mengurangi Penurunan Pada Pertemuan Struktur Jembatan Dengan Timbunan Di Proyek Jalan Tol Prabumulih Muara Enim Zona 5

Imam Islami Domel¹, Ratna Widyawanti², Mardiana^{3,*}

¹PT. Waskita Karya (Persero) Tbk, Jalan MT Haryono No.Kav. 12-13, RT.4/RW.11, Bidara Cina, Jatinegara, Jakarta Timur

^{2,3}Program Profesi Insinyur Universitas Lampung, Jl. Prof. Soemantri Brojonegoro, Bandar Lampung

Email:imamislamidomel@gmail.com (korespondensi)

Konstruksi jalan tol tidak dapat lepas dari pembangunan jembatan di dalamnya. Jembatan sendiri merupakan salah satu konstruksi penting pada jalan tol untuk menghubungkan jalan tol yang terpisahkan oleh sungai, pipa, dll. Pada pertemuan antara jalan tol dengan konstruksi timbunan dan jembatan tentu nya memiliki perbedaan sifat pada struktur nya. Struktur timbunan tanah pada jalan tol bersifat fleksibel dan memiliki penurunan yang relatif besar karena ditopang oleh permukaan tanah, sedangkan struktur jembatan sendiri merupakan struktur yang bersifat kaku dan memiliki penurunan yang relatif kecil karena beban langsung diteruskan ke tanah keras melalui konstruksi fondasi tiang. Pada pertemuan kedua struktur ini terdapat struktur pelat injak yang di bawahnya merupakan granular back fill sebagai penjaga kestabilan sambungan dari penurunan. Namun, yang sering terjadi adalah penurunan terjadi di belakang pelat injak yaitu pada konstruksi timbunan, sehingga menyebabkan perbedaan elevasi pada jalan tol. Hal ini menyebabkan tingkat kenyamanan berkendara menurun serta dapat membahayakan kendaraan yang melintas di atasnya. Untuk memperbaikinya, biasanya dilakukan penambahan lapisan aspal sebagai levelling yang tentunya menghabiskan biaya yang cukup besar. Oleh karena itu, untuk mengatasi hal ini diperlukan perkuatan pada timbunan tanah di belakang abutment menggunakan Minipile ataupun PVD Preloading sebelum konstruksi di bangun.

Pendahuluan

Konstruksi jalan tol tidak dapat lepas dari pembangunan jembatan di dalamnya. Jembatan sendiri merupakan salah satu konstruksi penting pada jalan tol untuk menghubungkan jalan tol yang terpisahkan oleh sungai, pipa, dll. Pada pertemuan antara jalan tol dengan konstruksi timbunan dan jembatan tentu nya memiliki perbedaan sifat pada struktur nya. Struktur timbunan tanah pada jalan tol bersifat fleksibel dan memiliki penurunan yang relatif besar karena ditopang oleh permukaan tanah, sedangkan struktur jembatan sendiri merupakan struktur yang bersifat kaku dan memiliki penurunan yang relatif kecil karena beban langsung diteruskan ke tanah keras melalui konstruksi fondasi tiang.

Pada pertemuan kedua struktur ini terdapat struktur pelat injak yang di bawahnya merupakan granular back fill sebagai penjaga kestabilan sambungan dari penurunan. Namun, yang sering terjadi adalah penurunan terjadi di belakang pelat injak yaitu pada konstruksi timbunan, sehingga menyebabkan perbedaan elevasi pada jalan tol. Hal ini menyebabkan tingkat kenyamanan berkendara menurun serta dapat membahayakan kendaraan yang melintas di atasnya. Untuk memperbaikinya, biasanya dilakukan penambahan lapisan aspal sebagai levelling yang tentunya menghabiskan biaya yang cukup besar. Oleh karena itu, untuk mengatasi hal ini diperlukan perkuatan pada timbunan tanah di belakang abutment menggunakan Minipile ataupun PVD Preloading sebelum konstruksi di bangun.

Jalan tol tak hanya sebagai sarana mempercepat akses transportasi bagi pengguna jalan tol, tetapi juga memiliki manfaat ekonomi, baik bagi pemerintah, investor, maupun masyarakat sekitar Kawasan jalan tol, baik yang dirasakan langsung maupun tidak langsung, antara lain :

- Meningkatkan perkembangan wilayah & ekonomi
- Meningkatkan mobilitas dan aksesibilitas orang dan barang
- Menghemat biaya operasi kendaraan (BOK) dan waktu dibanding apabila melewati jalan non tol
- Mendapatkan pengembalian investasi melalui pendapatan tol

Dalam Kurun waktu 7 tahun terakhir terdapat 83 ruas tol baik yang sudah beroperasi maupun yang masih dalam proses pembangunan, berada dalam pengaturan, perusahaan dan pengawasan Badan Pengatur Jalan Tol (BPJT). Ruas-ruas tol tersebut sebagian besar tersebar di pulau jawa dari Banten hingga Jawa Timur dan sebagiannya di Sumatera, Kalimantan dan Sulawesi. Dengan semakin banyaknya ruas jalan tol BPJT terus berupaya untuk mewujudkan pengaturan jalan tol yang dapat meningkatkan peran swasta secara efektif, efisien, terbuka transparan untuk percepatan pertumbuhan ekonomi wilayah, Mimpi besar tersebut dilakukan melalui tiga langkah peningkatan, yaitu :

- Iklim yang kondusif bagi badan usaha untuk berperan dalam investasi jalan tol
- Kualitas pembangunan, pelayanan operasi dan pemeliharaan jalan tol melalui pengawasan yang efektif dan efisien

c. Profesionalisme penyelenggara jalan tol

Infrastruktur merupakan pondasi pembangunan ekonomi yang berkualitas dan berkelanjutan. Ketersediaan infrastruktur yang handal menjadi kunci peningkatan produktifitas dan daya saing produk nasional. Dengan dukungan infrastruktur yang merata di seluruh negeri, konektivitas antar wilayah akan kian lancar sehingga arus perpindahan orang dan barang menjadi lebih cepat dan murah. Kondisi ini akan mendorong pertumbuhan ekonomi di suatu kawasan yang pada akhirnya diharapkan akan meningkatkan kesejahteraan masyarakat. (Yana Agustian., 2021; Jejak Untuk Negeri, Bandung)

Jalan Tol di Indonesia mempunyai beberapa metode pekerjaan diantaranya Pekerjaan tanah atau yang biasa disebut galian dan timbunan adalah pekerjaan awal yang sangat penting sebelum dilaksanakannya suatu proyek. Proses galian dan timbunan ini dilakukan untuk memenuhi elevasi atau kepadatan tanah agar sesuai dengan yang telah direncanakan. Perhitungan Volume Galian & Timbunan diperoleh dari hasil pemetaan topografi sehingga volume tanah dalam pekerjaan tersebut dapat diketahui

Kemudian Metode Pekerjaan Pileslab (Slab on pile) Merupakan struktur slab atau pelat yang menumpu langsung pada pile head atau kepala tiang suatu jembatan. Kegiatan Pengujian dilakukan dengan berbagai tahapan diantaranya pemeriksaan visual jembatan untuk mengetahui kondisi jembatan sebelum pelaksanaan uji beban dilakukan, pemeriksaan Non-Destructive Test (NDT) yang meliputi Ultrasonic Pulse Velocity test dan Hammer Test dengan tujuan untuk mengetahui perkiraan homogenitas mutu dan kerapatan beton di lapangan, pengujian dinamik sebelum uji beban statik untuk mengetahui perilaku dinamik (frekuensi alami dan redaman) sebelum dilakukan uji beban, pengujian statik untuk mengetahui perilaku statik dari struktur (lendutan), pengujian dinamik setelah uji beban statik untuk mengetahui apakah terjadi perubahan kekakuan pada struktur setelah dilakukan uji beban statik, dan diakhiri pemeriksaan visual untuk mengetahui apakah ada kerusakan yang terjadi diakibatkan oleh pengujian beban pada struktur jembatan. terletak jauh dibawah permukaan tanah.

Struktur jembatan terbagi atas dua bagian penting yaitu bagian atas jembatan dan bagian bawah jembatan. Struktur bagian atas jembatan memikul langsung beban-beban lalu lintas yang berada di atasnya sedangkan bagian bawah jembatan memikul beban struktur bagian atas jembatan dan meneruskannya ke lapisan tanah keras. Salah satu struktur bagian bawah jembatan adalah abutment jembatan.

Abutment atau kepala jembatan adalah bagian konstruksi bawah jembatan yang terdapat pada kedua ujung pilar-pilar jembatan yang berfungsi untuk mendukung atau memikul seluruh beban bangunan di atasnya. abutment bekerja dengan menerima beban-beban yang berasal dari bangunan atasnya dan kemudian menyalurkan beban-beban yang diterimanya tersebut ke pondasi. Selanjutnya pondasi yang juga berfungsi sebagai penahan tanah akan

meneruskan beban tersebut ke tanah dengan aman sehingga kestabilan tanah terjaga

Metode

Konstruksi Jalan tol tidak hanya sebuah konstruksi Jalan melainkan juga terdapat banyak konstruksi utama lainnya misalkan Konstruksi Jembatan, drainase, Box Culvert dan konstruksi lainnya,

Analisis pekerjaan ini bertujuan untuk dapat mengetahui tahapan pekerjaan yang cocok untuk Perkuatan Tanah Dibelakang Abutment agar dapat Mengurangi Penurunan Pada Pertemuan Struktur Jembatan Dengan Timbunan, beberapa point yang menjadi tujuan dari penelitian adalah sebagai berikut:

- a. Mengetahui metode perbaikan tanah pada area di belakang abutment.
- b. Mengetahui dampak yang ditimbulkan dari diperbaikinya tanah di area belakang abutment.

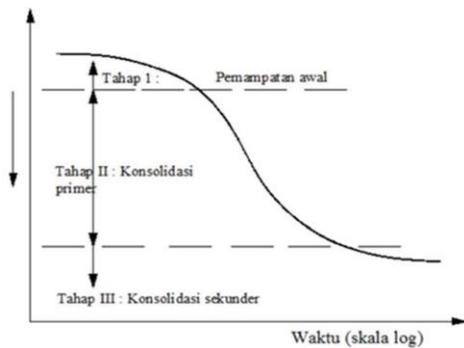
Dari 2 Poin diatas agar penelitian ini dapat berjalan sesuai dengan yang diharapkan perlu diketahui beberapa fakta dibawah ini :

- a. Penurunan (Settlement) Tanah akan mengalami penurunan (settlement) jika lapisan tanah diberi beban. Penurunan (settlement) yang terjadi disebabkan oleh 2 akibat, yaitu berubahnya susunan tanah dan berkurangnya rongga pori di dalam tanah tersebut. Sebagian besar penurunan diakibatkan oleh pengurangan angka pori (e) yang terjadi akibat bertambahnya beban.
- b. Penurunan segera (immediate settlement) merupakan penurunan yang terjadi seketika saat beban diberikan kepada tanah. Penurunan ini terjadi pada tanah berbutir kasar (granular) dan dapat juga terjadi pada tanah berbutir halus kering (tidak jenuh). Penurunan ini merupakan bentuk penurunan elastis yang sangat sulit diprediksi besarnya. Hal ini karena kondisi alam yang tidak homogen dan sulitnya mengevaluasi kondisi tegangan dan regangan yang terjadi pada lapisan tanah.
- c. Penurunan konsolidasi (consolidation settlement) merupakan penurunan yang terjadi pada tanah berbutir halus yang terletak di bawah muka air tanah (jenuh). Penurunan ini terjadi dalam jangka waktu tertentu yang lama penurunannya tergantung pada kondisi lapisan tanah. Penurunan konsolidasi (consolidation settlement) berlangsung dalam 3 fase, yaitu:
 - Fase Awal / Fase Penurunan Langsung (Immediate Settlement) Fase ini terjadi segera setelah beban bekerja pada tanah. Penurunan di fase ini terjadi akibat proses keluarnya udara dari dalam pori tanah akibat tekanan yang terjadi terhadap tanah. Pada tanah berbutir halus jenuh, kemungkinan terjadinya fase ini sangat kecil, tetapi dalam tanah berbutir halus tidak jenuh, fase ini sangat besar nilainya terhadap penurunan.
 - Fase Konsolidasi Primer (*Primary Consolidation*)

adalah penurunan yang terjadi akibat perubahan volume tanah selama periode keluarnya air dari dalam pori tanah setelah adanya tambahan tekanan berupa pembebanan. Pada penurunan ini, tegangan air pori secara kontinyu berpindah ke dalam tegangan efektif.

- Fase Konsolidasi Sekunder (Secondary Consolidation) Konsolidasi sekunder (secondary consolidation) adalah penurunan yang terjadi setelah proses konsolidasi primer (primary consolidation) atau setelah tekanan air pori telah hilang seluruhnya. Hal ini menyebabkan terjadinya proses pemampatan akibat penyesuaian posisi yang bersifat plastis dari butir-butir tanah.

Setelah penjelasan di atas, maka dapat disimpulkan bahwa penurunan total dari tanah berbutir halus yang jenuh adalah jumlah dari penurunan segera (immediate settlement) dan penurunan konsolidasi (consolidation settlement) dengan penurunan konsolidasi (consolidation settlement) dipecah menjadi 2, yaitu: konsolidasi primer (primary consolidation) dan konsolidasi sekunder (secondary consolidation). Hal ini digambarkan dalam grafik yang dapat dilihat pada Gambar berikut :



Gambar 1. Grafik Penurunan vs Waktu pada Tanah

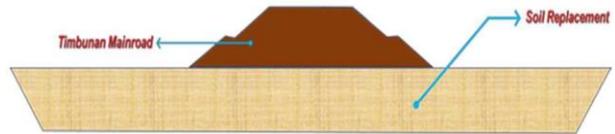
- d. Sistem Perbaikan Tanah di Belakang Abutment Penurunan di belakang abutment sering terjadi pada bagian timbunan tanah. Hal ini dikarenakan beberapa faktor, yakni:

- Beban yang lebih besar terjadi pada area di belakang abutment akibat kendaraan yang melambat karena akan melewati jembatan.
- Pada jembatan sungai, adanya kemungkinan tanah timbunan menjadi jenuh akibatnya masuknya air ke dalam lapisan timbunan sehingga menurunkan kekuatan timbunan tanah.
- Tanah di belakang timbunan merupakan tanah yang kurang stabil.

Sistem perbaikan tanah untuk area di belakang abutment diperlukan untuk memperbaiki masalah tersebut. Ada beberapa metode perbaikan yang dapat dilakukan untuk mengatasi hal tersebut, yaitu: soil replacement, PVD + Pre-loading, atau Minipile. Pemilihan metode ini sangat bergantung dari kondisi geologis tanah, karakteristik tanah, biaya yang diperlukan, pengadaan alat dan material, serta kemampuan dalam pelaksanaan di lapangan. Masing-

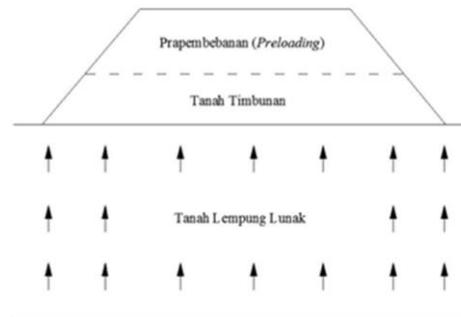
masing metode tersebut akan dijelaskan sebagai berikut.

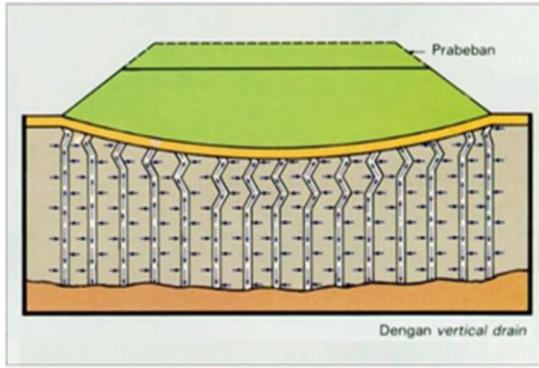
- e. Soil replacement adalah metode perbaikan tanah dengan cara mengganti lapisan tanah yang labil dengan tanah yang baik dan kuat. Soil replacement dapat dilakukan dengan cara menggali tanah yang unstable tersebut kemudian ditimbun menggunakan tanah baik dan dipadatkan atau dapat juga dilakukan dengan cara disuntik tanah baik. Ilustrasi soil replacement dapat dilihat pada Gambar 2.2 berikut.



Gambar 2. Ilustrasi Metode Soil Replacement

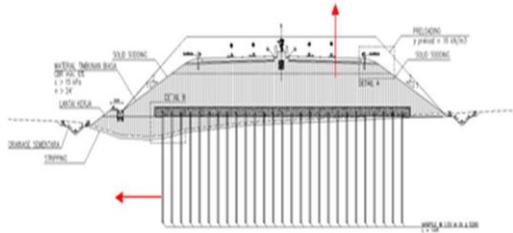
- f. PVD + Pre-Loading merupakan metode perbaikan tanah lunak dengan cara menimbun tanah di atas permukaan tanah lunak sebagai beban awal untuk membuat tanah lunak mengalami konsolidasi primer (primary consolidation). Konsolidasi primer sendiri merupakan proses keluarnya air dari pori-pori tanah. Untuk tanah dengan undrained condition atau impermeable, keluarnya air dari pori tanah akan berjalan sangat lambat. Untuk mempercepat proses ini, dilakukan pemasangan Prefabricated Vertical Drain (PVD). PVD adalah pipa vertikal yang ditanam dalam tanah sebagai jalan keluar untuk air. Tanah dengan kondisi permeable atau drained condition tidak perlu pemasangan PVD karena air dapat dengan mudah keluar dari dalam pori tanah. Setelah tanah lunak mengalami konsolidasi primer, maka tanah lunak akan mengalami penurunan konsolidasi primer dan setelah total penurunan sudah selesai atau sangat kecil, maka beban pre-loading akan dikupas atau dibongkar (unloading). Selanjutnya, pelaksanaan pekerjaan konstruksi dapat dilanjutkan. Keuntungan metode ini ialah menambah kuat geser tanah dan mengurangi penurunan. Konsolidasi primer menyebabkan keluarnya air dari pori tanah. Ilustasi PVD + Pre-loading dapat dilihat pada Gambar berikut :





Gambar 3 Ilustrasi Metode Pre-Loading

- g. Minipile merupakan konstruksi seperti tiang pancang dengan ukuran yang lebih kecil dan lebih pendek. Minipile ini sendiri dipancang sesuai dengan kedalaman tanah yang stabil kemudian diikat dengan timbunan di atasnya menggunakan geotekstil woven. Adapun ilustrasi metode minipile dapat dilihat pada Gambar berikut :

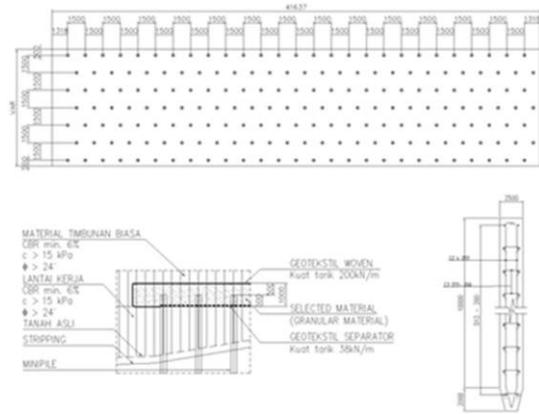


Gambar 2.4 Ilustrasi Metode Minipile

Hasil Kerja/Analisa

Seperti yang telah dijelaskan pada bab-bab sebelumnya bahwa rencana improvement yang akan dilakukan merupakan perbaikan tanah di belakang abutment. Tanah di belakang abutment sangat rawan terjadi penurunan karena adanya penambahan beban akibat kendaraan yang melambat serta penurunan kestabilan tanah karena berada pada area sambungan. Penurunan yang terjadi dapat menyebabkan bengkaknya biaya perawatan akibat peninggian kembali sehingga perlu di antisipasi ketika masa konstruksi.

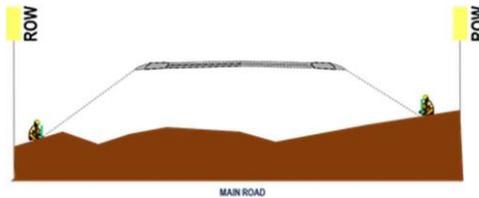
Terdapat beberapa metode yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kestabilan tanah di belakang abutment dan metode tersebut akan dipilih berdasarkan jenis tanah eksisting. Pada proyek jalan Tol Prabumulih – Muara Enim Zona 5, direncanakan akan dilakukan perbaikan tersebut menggunakan metode Minipile dengan jarak 2 x tinggi abutment di belakang abutment. Konfigurasi minipile ini sendiri dipasang setiap 1,5 m dengan bentuk segitiga dengan detail yang dapat dilihat pada Gambar berikut.



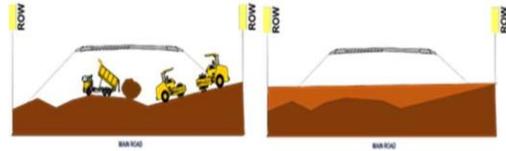
Gambar 4. Konfigurasi dan Detail Minipile

Dari metodologi dan pembahasan di atas didapatkan metode kerjanya sebagai berikut:

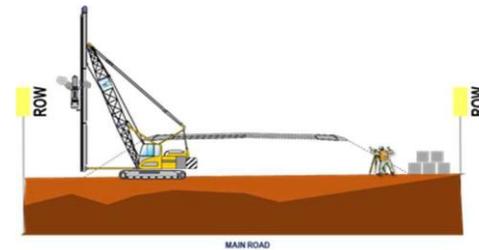
- Elevasi timbunan rencana ditentukan dahulu, kemudian patok batas kaki timbunan dan patok identifikasi ketinggian timbunan dipasang.



- Lantai kerja dibuat terlebih dahulu dengan CBR minimal 6% sebagai bentuk

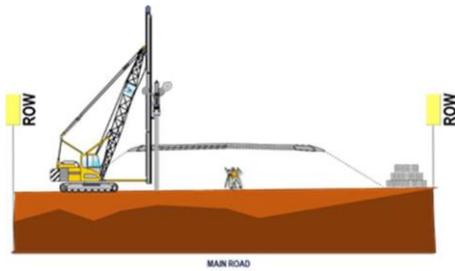


- Marking koordinat Minipile dan Handling.

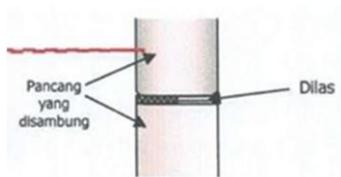


- Minipile ditegakkan sehingga benar-benar mencapai posisi vertikal dari 2 sisi monitor, positioning dibantu dengan Theodolite dan klem bawah dikunci supaya posisi minipile tidak berubah.

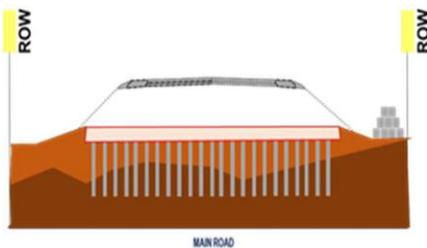
- Minipile diletakkan pada titik pancang dan dipandu surveyor dari 2 arah.



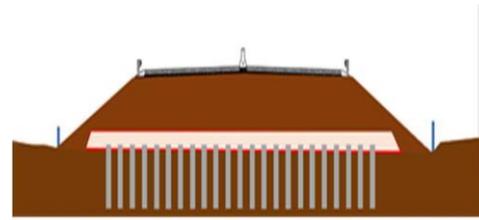
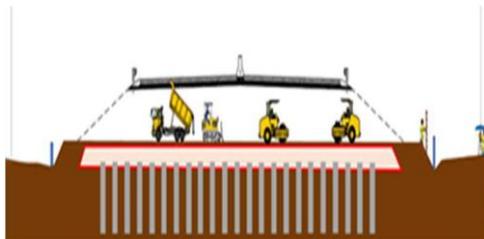
- Minipile dipukul dan dimonitoring setiap pemukulannya.
- Minipile disambung dengan cara dilas, jika kebutuhan kedalaman lebih dari panjang minipile.



- Memonitor kedalaman minipile dengan cara dilakukan kalendering dengan syarat pemancangan dihentikan bila penurunan yang terjadi di bawah 2,5 cm pada 10 pukulan terakhir.
- Setelah minipile terpancang sermua maka di atasnya diberi material granular dan dibungkus dengan geotextile.



- Dilakukan pekerjaan penimbunan seperti biasa sampai dengan elevasi top subgrade.



Dalam proses analisis yang dilakukan harapannya perlu memperhatikan tahapan-tahapan pelaksanaan pekerjaan (*sequence of work*), sehingga dapat dilakukan *overlapping* pekerjaan, hal tersebut bisa mempermudah pelaksanaan & mempercepat waktu pelaksanaan, beberapa uraiannya sebagai berikut :

1. Efisiensi pelaksanaan pekerjaan dilokasi tersebut
2. Percepatan waktu pelaksanaan dan produktifitas pekerjaan
3. Mitigasi dampak lingkungan saat banjir Pembebasan Lahan
4. Membandingkan biaya pada saat konstruksi dan pemeliharaan pada At Grade dan Pile Slab

Kesimpulan

Berdasarkan hasil rangkuman diatas bahwa improvement yang akan dilakukan merupakan perbaikan tanah di belakang abutment. Tanah di belakang abutment sangat rawan terjadi penurunan karena adanya penambahan beban akibat kendaraan yang melambat serta penurunan kestabilan tanah karena berada pada area sambungan. Penurunan yang terjadi dapat menyebabkan bengkaknya biaya perawatan akibat peninggian kembali sehingga perlu di antisipasi ketika masa konstruksi.

Adapun metode kerja yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kestabilan tanah di belakang abutment dan metode tersebut akan dipilih berdasarkan jenis tanah eksisting. Pada proyek jalan Tol Prabumulih – Muara Enim Zona 5, direncanakan akan dilakukan perbaikan tersebut menggunakan metode Minipile dengan jarak 2 x tinggi abutment di belakang abutment. Konfigurasi minipile ini sendiri dipasang setiap 1,5 m dengan bentuk segitiga

Ucapan Terimakasih

Dengan mengucapkan puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan Rahmat, Ridho dan Karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan artikel ini dengan baik. Penulis mengucapkan terimakasih kepada PT. Waskita Karya Proyek Kayuagung-Palembang-Betung Paket II seksi 3 karena telah terus mendukung sehingga artikel ini bisa selesai. terimakasih juga untuk Keluarga & semua pihak yang telah memberikan bantuan, bimbingan dan motivasi dalam penyelesaian artikel ini. Semoga artikel ini dapat bermanfaat dan dapat memberikan sumbangan ilmu pengetahuan secara umum.

Referensi

- 1 Direktorat Jendral JBH (2017). *Spesifikasi Umum*
- 2 Yana Agustian (2021). *Jejak Untuk Negeri. Bandung*
- 3 Pengadaan (2020). *Pengertian Abutment Jembatan dan Jenis-jenisnya*
<https://www.pengadaan.web.id/2020/10/abutment-jembatan.html>.
- 4 proyek jalan tol ruas simpang indralaya – muara enim seksi prabumulih – muara enim zona 5 (2020). *Improvement*