

Kajian Tahapan Konstruksi Timbunan Oprit terhadap Deformasi dan Gaya Dalam Fondasi Tiang Abutmen Jembatan

Albert Johan

Geotechnical Engineer - PT Geotechnical Engineering Consultant

Andy Sugianto

Senior Geotechnical Engineer - PT Geotechnical Engineering Consultant

Paulus P. Rahardjo

Professor of Geotechnical Engineering - Universitas Katolik Parahyangan

ABSTRAK: Dalam perencanaan fondasi tiang dari abutmen jembatan, gaya yang dihitung pada fondasi tiang umumnya berupa gaya aksial, lateral, dan momen akibat beban yang bekerja pada *pile cap* melalui struktur abutmen. Gaya lateral terhadap kelompok tiang fondasi umumnya hanya dihitung berdasarkan tekanan lateral tanah pada dinding abutmen. Pada kenyataan, tanah dasar di bawah timbunan oprit juga mengalami gerakan lateral sehingga memberikan deformasi dan gaya lateral tambahan pada fondasi. Mengacu kepada hal tersebut, maka pada kajian ini dilakukan pembahasan mengenai dampak tahapan konstruksi timbunan oprit terhadap fondasi tiang abutmen dengan metode elemen hingga. Tahapan konstruksi yang dikaji terdiri dari 2 tipe yaitu penimbunan oprit dilakukan sebagian sebelum konstruksi fondasi tiang abutmen dan fondasi tiang abutmen dikonstruksi sebelum penimbunan oprit dilakukan. Mengacu kepada hasil dari kajian tersebut, diketahui bahwa deformasi dan gaya dalam pada fondasi dapat berbeda cukup signifikan antara 2 tipe tahapan konstruksi tersebut sehingga harus dipertimbangkan dalam perencanaan fondasi tiang dari abutmen jembatan.

Kata Kunci: timbunan oprit, fondasi tiang, abutmen jembatan, metode elemen hingga

ABSTRACT: In planning the design of a bridge abutment pile foundation, the forces calculated on the pile foundation are generally in the form of axial, lateral, and moment forces due to loads acting on the pile cap through the abutment structure. The lateral forces to the pile group are generally only calculated based on the lateral soil pressure on the abutment walls. In fact, the soil material beneath the opriate also experiences lateral movement thereby providing additional deformation and forces on the foundation. Referring to this issue, this paper discusses the effect of the opriate embankment stage construction on the abutment pile foundation using finite element method. The construction stages studied consist of 2 types, namely the opriate embankment is carried out partially before the construction of the abutment pile foundation and the abutment pile foundation is constructed before the opriate embankment is carried out. Referring to the results of the study, it is known that the deformation and forces on the pile foundation can differ significantly between those 2 types of construction stage so it must be considered in planning the design of the pile foundation.

Keywords: opriate embankment, pile foundation, bridge abutment, finite element method

1 PENDAHULUAN

Sehubungan dengan rencana Pemerintah Indonesia dalam visi untuk mengurangi kemacetan lalu lintas dan untuk mengurangi waktu serta jarak tempuh berkendara, maka telah dilaksanakan pengembangan jalan tol. Mengacu kepada perencanaan pengembangan jalan tol tersebut, maka dalam upaya pengembangannya, sering kali konstruksi jembatan ditentukan sebagai alternatif solusi

pada area pengembangan yang terletak pada area lembah ataupun pada area yang dibutuhkan fasilitas penyeberangan.

Dalam perencanaan fondasi tiang dari abutmen jembatan, gaya yang dihitung pada fondasi tiang umumnya berupa gaya aksial, lateral, dan momen akibat beban yang bekerja pada *pile cap* melalui struktur abutmen. Gaya lateral terhadap kelompok tiang fondasi umumnya hanya dihitung berdasarkan tekanan lateral tanah pada dinding abutmen.

Pada kenyataannya, tanah dasar di bawah timbunan oprit juga mengalami gerakan lateral sehingga memberikan deformasi dan gaya lateral tambahan sehingga perencanaan fondasi dari abutmen jembatan hendaknya perlu mempertimbangkan tahapan konstruksi timbunan oprit terhadap dampak dari pergerakan tanah dasar tersebut.

2 DESKRIPSI LOKASI KAJIAN

Untuk studi lebih lanjut tahapan konstruksi timbunan oprit terhadap dampak pergerakan tanah dasar di bawah timbunan oprit, maka kajian secara komprehensif dilakukan pada salah satu jembatan *crossing* yang terletak pada ruas Jalan Tol Jakarta - Cikampek Selatan.

Proyek Jalan Tol Jakarta - Cikampek Selatan merupakan salah satu proyek strategis negara yang terdiri dari enam seksi yaitu :

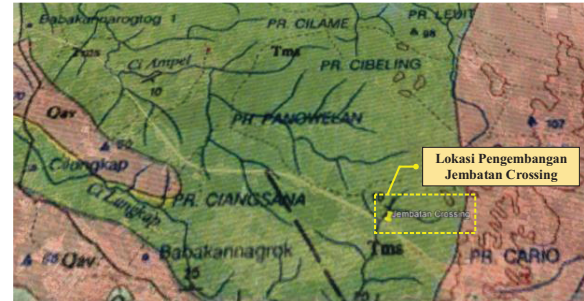
- Seksi I Jatiasih - Bantar Gebang (5,75 km)
- Seksi II Bantar Gebang - Setu (4,4 km)
- Seksi III Setu - Sukaragam (9,15 km)
- Seksi IV Sukaragam - Taman Mekar (15,7 km)
- Seksi V Taman Mekar - Kutanegara (19,3 km)
- Seksi VI Kutanegara - Sadang (7,2 km)

Lokasi pengembangan jembatan *crossing* terletak di area Sadang yang terletak pada seksi VI proyek Jalan Tol Jakarta - Cikampek Selatan seperti yang dapat dilihat pada Gbr. 1.



Gbr. 1. Lokasi Pengembangan Jembatan Crossing, Google Earth.

Berdasarkan peta geologi Lembar Karawang seperti yang dapat dilihat pada Gbr. 2, diketahui bahwa lokasi pengembangan jembatan *crossing* terletak pada Formasi Subang yang didominasi dengan material batu lempung, batu pasir, dan batu gamping pasiran.

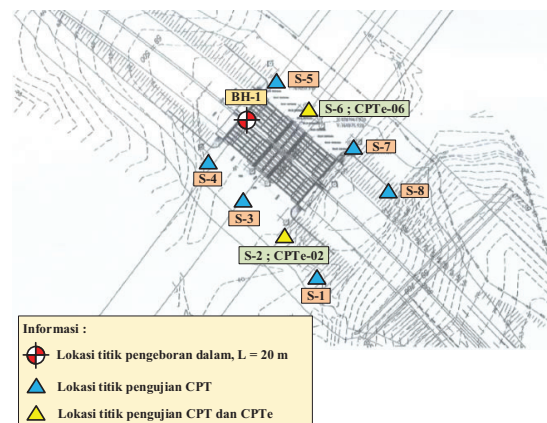


Gbr. 2. Lokasi Pengembangan Jembatan Crossing pada Peta Geologi Lembar Karawang, Achdan dan Sudana (1992).

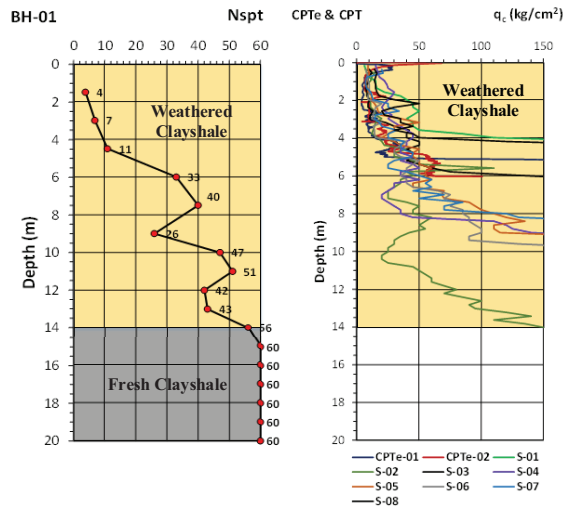
Umumnya material tanah yang terletak pada Formasi Subang sering disebut sebagai material *clayshale* (lempung berserpih) yang cenderung memiliki konsistensi keras namun berpotensi mengalami kembang susut yang besar dan memiliki karakteristik sensitif terhadap air. Apabila terkontaminasi dengan air atau udara luar, maka material *fresh clayshale* akan sangat mudah mengalami degradasi yang umumnya disebut sebagai material *weathered clayshale*.

3 KONDISI TANAH

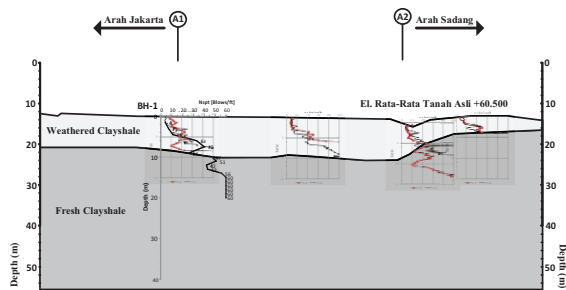
Untuk memverifikasi kondisi tanah pada area pengembangan jembatan *crossing*, maka telah dilakukan penyelidikan tanah berupa pengeboran dalam yang disertai pengujian SPT, pengujian CPT dan CPTe seperti yang dapat dilihat pada Gbr. 3, Gbr. 4, dan Gbr. 5.



Gbr. 3. Lokasi Penyelidikan Tanah pada Area Pengembangan Jembatan Crossing.



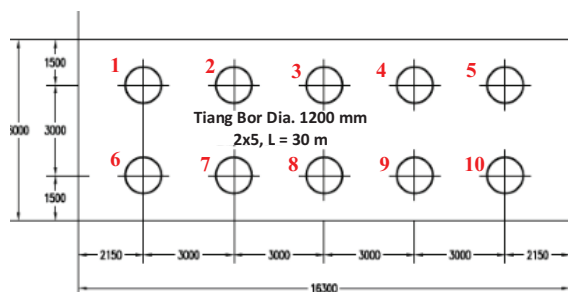
Gbr. 4. Hasil Penyelidikan Tanah pada Area Pengembangan Jembatan Crossing.



Gbr. 5. Interpretasi Stratifikasi Tanah pada Area Pengembangan Jembatan Crossing.

4 DETAIL JEMBATAN

Jembatan *crossing* direncanakan memiliki total bentang ± 60 m dengan struktur utama menggunakan struktur beton bertulang. Fondasi dari abutmen dan pier jembatan direncanakan menggunakan fondasi tiang bor diameter 1.2 m dengan panjang 30 m dan jarak spasi 2.5D seperti yang dapat dilihat pada Gbr. 6.



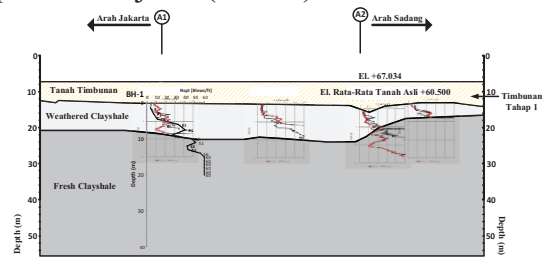
Gbr. 6. Detail Konfigurasi Fondasi Tiang Bor pada Abutmen dan Pier.

5 TAHAPAN KONSTRUKSI

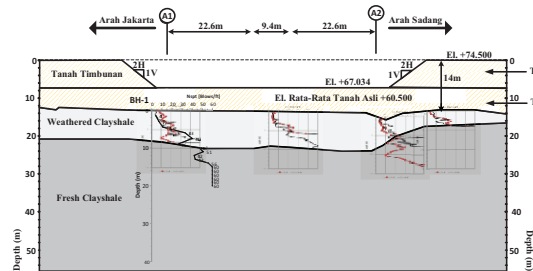
Jalan tol direncanakan berada pada elevasi +74,500 dan elevasi tanah asli berada pada elevasi +60,500 sehingga pada sisi abutmen akan dilakukan penimbunan setinggi 14 m.

Pada kondisi eksisting, tahapan konstruksi jembatan ialah sebagai berikut.

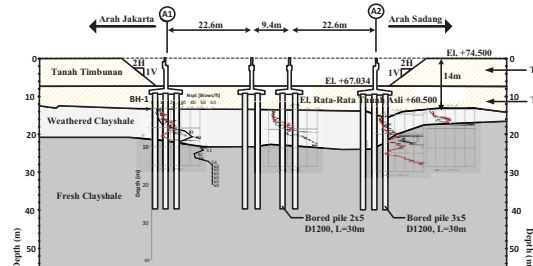
- Land clearing* dan penggantian tanah dasar setebal 3 m pada area sekitar *pile cap*.
- Penimbunan tahap 1 hingga elevasi jalan industri (Gbr. 7).
- Penimbunan tahap 2 sejarak 6 m di sisi belakang abutmen. Tujuan dari penimbunan dilakukan sebagian dahulu sebelum konstruksi fondasi tiang bor dilakukan ialah agar potensi deformasi pada fondasi tiang bor akibat penimbunan dapat diminimalisir (Gbr. 8).
- Konstruksi fondasi tiang bor, pier, dan abutmen (Gbr. 9).
- Penimbunan pada sisi belakang abutmen dan diikuti dengan konstruksi *girder* dan perkerasan jalan (Gbr. 10).



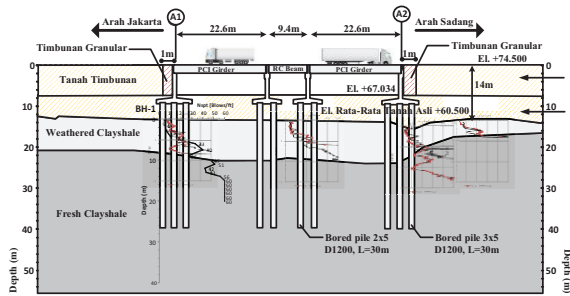
Gbr. 7. Penimbunan Tahap 1.



Gbr. 8. Penimbunan Tahap 2.

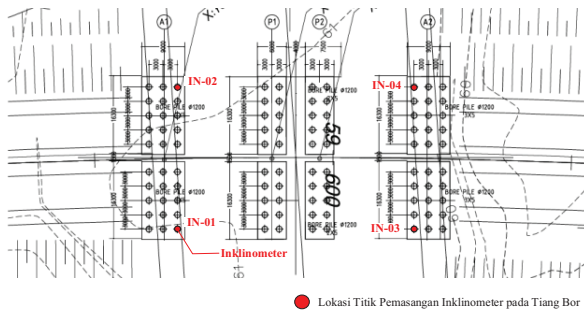


Gbr. 9. Konstruksi Fondasi, Pier, dan Abutmen.



Gbr. 10. Penimbunan Sisi Belakang Abutmen, Konstruksi *Girder*, dan Perkerasan Jalan.

Untuk memantau pergerakan fondasi tiang bor selama proses penimbunan dilakukan, maka alat instrumentasi inklinometer dipasang pada beberapa titik tiang bor. Lokasi titik pemasangan inklinometer pada tiang bor dapat dilihat pada Gbr. 11. Hasil pengukuran deformasi sepanjang tiang bor digunakan untuk menginterpretasi gaya dalam aktual yang terjadi pada tiang bor.



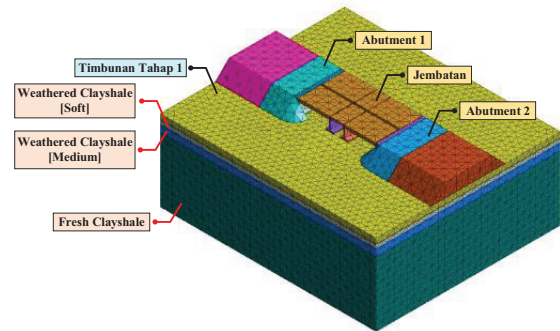
Gbr. 11. Lokasi Titik Pemasangan Inklinometer pada Tiang Bor.

6 BACK ANALYSIS TERHADAP HASIL PENGAMATAN INKLINOMETER

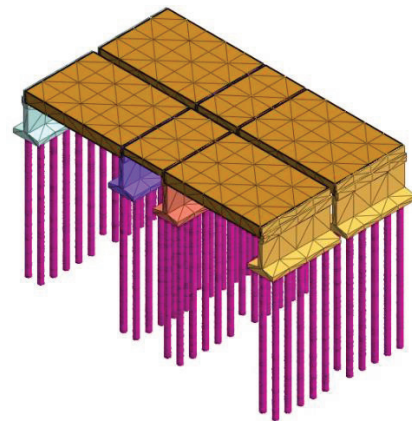
Kajian *back analysis* terhadap hasil pengamatan inklinometer ditujukan untuk menyesuaikan parameter tanah yang digunakan dalam pemodelan agar pemodelan yang dilakukan sesuai dengan kondisi eksisting di lapangan. Titik inklinometer yang dijadikan acuan dalam kajian *back analysis* ialah inklinometer IN-04 yang terukur mengalami deformasi terbesar.

Kajian *back analysis* terhadap hasil pengamatan inklinometer dilakukan dengan menggunakan metode elemen hingga yaitu dengan bantuan program Midas GTS NX. Pada pemodelan program Midas GTS NX, material tanah, abutmen, dan *pier* dimodelkan dalam bentuk *cluster*, sedangkan fondasi tiang bor dimodelkan dalam bentuk *beam*.

Pemodelan konstruksi timbunan pada sisi belakang abutmen jembatan pada program Midas GTS NX dapat dilihat pada Gbr. 12 dan Gbr. 13.

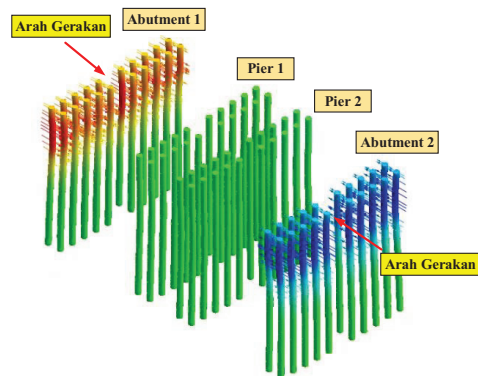


Gbr. 12. Pemodelan 3 Dimensi Penimbunan pada Abutmen Jembatan.



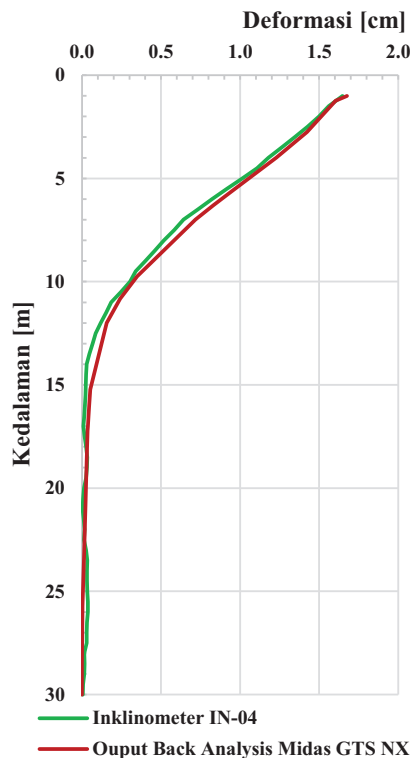
Gbr. 13. Pemodelan 3 Dimensi Struktur Jembatan.

Dari hasil pemodelan Midas GTS NX yang telah disesuaikan dengan tahapan konstruksi di lapangan, diketahui bahwa pola deformasi fondasi tiang bor abutmen dengan dia. 1.2 m pasca penimbunan telah sesuai dengan pergerakan lateral yang terjadi di lapangan yaitu pergerakan lateral terdeteksi terjadi dari kedalaman ± 15 m seperti yang dapat dilihat pada Gbr. 14 dan Gbr. 15.



Gbr. 14. Arah Pergerakan Fondasi Tiang Bor Pasca Penimbunan.

Deformasi vs Kedalaman



Gbr. 15. Pola Deformasi Fondasi Tiang Bor Pasca Penimbunan.

7 KAJIAN TAHAPAN KONSTRUKSI TIMBUNAN OPRIT

Kajian tahapan konstruksi pada penimbunan oprit dilakukan sebelum beban lalu lintas bekerja. Kajian tersebut dilakukan pada 2 tipe tahapan konstruksi yaitu :

- Tipe 1 ialah mengacu kepada kondisi eksisting di lapangan yaitu dengan cara melakukan penimbunan oprit sebagian terlebih dahulu sebelum melaksanakan konstruksi fondasi tiang abutmen.
- Tipe 2 ialah fondasi tiang abutmen di konstruksi terlebih dahulu dan kemudian diikuti dengan penimbunan oprit secara keseluruhan.

Mengacu kepada hasil pemodelan Midas GTS NX terhadap kedua tipe tahapan konstruksi, diketahui bahwa bila fondasi tiang abutmen dikonstruksi sebelum penimbunan oprit dilakukan (tahapan konstruksi tipe 2), hal tersebut akan menghasilkan deformasi dan gaya dalam yang lebih besar dibandingkan jika penimbunan oprit dilakukan sebagian dahulu sebelum fondasi tiang abutmen dikonstruksi (tahapan konstruksi tipe 1).

Rekapitulasi deformasi dan gaya dalam kedua tipe tahapan konstruksi dapat dilihat pada Tabel 1, Tabel 2, Gbr. 16 dan Gbr. 17.

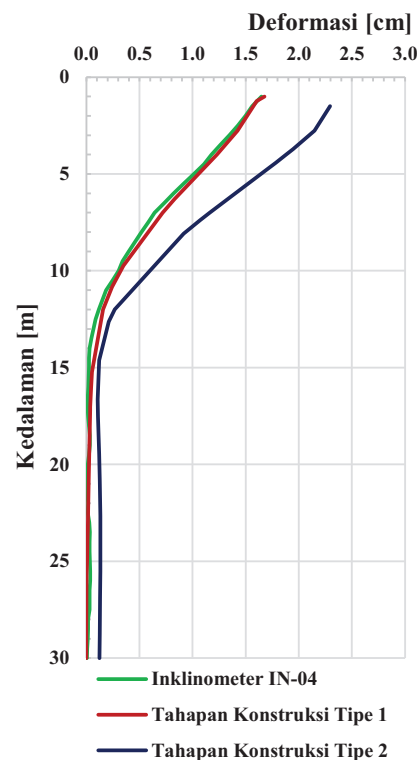
Tabel 1. Rekapitulasi Deformasi pada Fondasi Tiang Abutmen.

Keterangan	Deformasi (cm)
Inklinometer IN-04	1,64
Tahapan Konstruksi Tipe 1	1,68
Tahapan Konstruksi Tipe 2	2,48

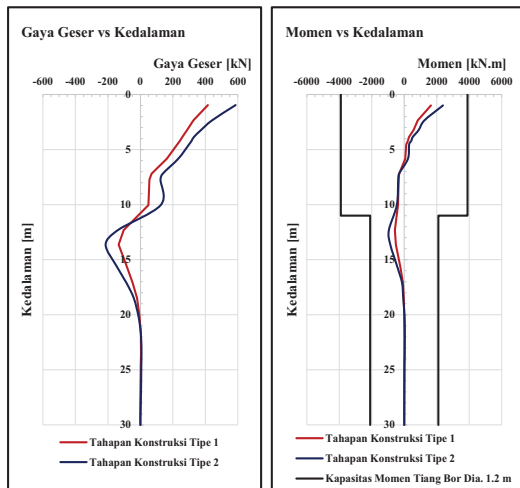
Tabel 2. Rekapitulasi Gaya Dalam Maksimum pada Fondasi Tiang Abutmen.

Keterangan	Gaya Geser (kN)	Momen (kN.m)
Tahapan Konstruksi Tipe 1	416	1644
Tahapan Konstruksi Tipe 2	586	2384

Deformasi vs Kedalaman

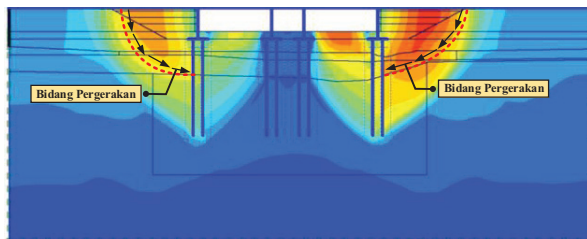


Gbr. 16. Perkiraan Deformasi Fondasi Tiang Bor pada Kedua Tipe Tahapan Konstruksi.



Gbr. 17. Perkiraan Gaya Dalam Fondasi Tiang Bor pada Kedua Tipe Tahapan Konstruksi.

Dari hasil kajian yang telah dilakukan, diketahui bahwa sebelum beban lalu lintas bekerja, fondasi tiang abutmen telah mengalami deformasi dan gaya dalam yang cukup besar. Fondasi tiang abutmen pada tahapan konstruksi tipe 2 mengalami deformasi dan gaya dalam yang lebih besar diduga disebabkan oleh dorongan gaya lateral yang terjadi pada tanah dasar seperti yang dapat dilihat pada Gbr. 18.



Gbr. 18. Bidang Pergerakan pada Tanah Dasar Berdasarkan Hasil Pemodelan Plaxis 2D.

Mengacu kepada hasil kajian tersebut, untuk menghasilkan desain fondasi abutmen jembatan yang optimal dalam aspek kekuatan dan biaya, maka diusulkan agar dalam pengembangan struktur jembatan, penimbunan oprit dapat dilakukan dahulu sedekat mungkin dengan abutmen sebelum konstruksi fondasi tiang abutmen dikonstruksi.

8 KESIMPULAN

Berdasarkan kajian yang telah dilakukan, berikut kesimpulan yang dapat disampaikan.

- a. Dalam perencanaan fondasi tiang dari abutmen jembatan, gaya yang dihitung pada fondasi tiang umumnya berupa gaya aksial, lateral, dan momen akibat beban yang

bekerja pada *pile cap* melalui struktur abutmen.

- b. Pada kenyataannya, tanah dasar di bawah timbunan oprit juga mengalami gerakan lateral sehingga memberikan deformasi dan gaya lateral tambahan.
- c. Kajian lebih lanjut tahapan konstruksi timbunan oprit terhadap dampak pergerakan tanah dasar di bawah timbunan oprit dilakukan pada salah satu jembatan *crossing* yang terletak pada ruas Jalan Tol Jakarta - Cikampek Selatan. Kajian tahapan konstruksi pada penimbunan oprit dilakukan sebelum beban lalu lintas bekerja dan dilakukan pada 2 tipe tahapan konstruksi yaitu :
 - Tipe 1 mengacu kepada kondisi eksisting di lapangan dengan cara melakukan penimbunan oprit sebagian terlebih dahulu sebelum melaksanakan konstruksi fondasi tiang abutmen.
 - Tipe 2 ialah fondasi tiang abutmen di konstruksi terlebih dahulu dan kemudian diikuti dengan penimbunan oprit secara keseluruhan.
- d. Mengacu kepada hasil pemodelan Midas GTS NX terhadap kedua tipe tahapan konstruksi, diketahui bahwa bila fondasi tiang abutmen dikonstruksi sebelum penimbunan oprit dilakukan (tahapan konstruksi tipe 2), hal tersebut akan menghasilkan deformasi dan gaya dalam yang lebih besar dibandingkan jika penimbunan oprit dilakukan sebagian dahulu sebelum fondasi tiang abutmen dikonstruksi (tahapan konstruksi tipe 1).
- e. Fondasi tiang abutmen pada tahapan konstruksi tipe 2 mengalami deformasi dan gaya dalam yang lebih besar diduga disebabkan oleh dorongan gaya lateral yang terjadi pada tanah dasar.
- f. Mengacu kepada hasil kajian tersebut, maka untuk menghasilkan desain fondasi abutmen jembatan yang optimal dalam aspek kekuatan dan biaya, maka diusulkan agar dalam pengembangan struktur jembatan, penimbunan oprit dapat dilakukan dahulu sedekat mungkin dengan abutmen sebelum konstruksi fondasi tiang abutmen dikonstruksi.
- g. Proses perencanaan fondasi dari suatu struktur abutmen jembatan hendaknya perlu mempertimbangkan dampak pergerakan lateral pada sisi tanah dasar yang diakibatkan oleh penimbunan pada sisi oprit.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT Geotechnical Engineering Consultant atas data yang telah diberikan sehingga kajian dampak tahapan konstruksi timbunan oprit terhadap fondasi tiang abutmen jembatan dapat dikaji secara komprehensif.

DAFTAR PUSTAKA

- GEC. 2020. *Laporan Final Perhitungan Struktur Bawah Jembatan Crossing Japek II Selatan*. Bandung.
- GEC. 2021. *Laporan Final Monitoring Instrumentasi Geoteknik Jembatan Crossing Japek II Selatan*. Bandung.

