



Seminar Nasional Insinyur Profesional (SNIP)

Alamat Prosiding: snip.eng.unila.ac.id



Penggunaan Sistem Cakar Ayam Modifikasi (CAM) pada Area Gerbang Tol IC Musi Landas Jalan Tol Kayu Agung – Palembang – Betung, Sumatera Selatan

A. Notonegoro^{a*}, A. Purba^b, D. Despa^c

^aPT Waskita Karya (Persero) Tbk, Jl MT Haryono No. 10 RT 11 RW 11 Cawang, Kecamatan Jatinegara, Kota Jakarta Timur, Daerah Khusus Ibukota Jakarta 13340

^{b,c} Program Profesi Insinyur Fakultas Teknik Unila, Universitas Lampung, Jl. Prof. Soemantri Brojonegoro, Bandar Lampung 35145

INFORMASI ARTIKEL

ABSTRAK

Riwayat artikel:

Diterima 28 Februari 2023

Direvisi 21 Maret 2023

Diterbitkan 12 April 2023

Kata kunci:

Sistem CAM

Tanah Lunak

Differential Settlement

Consolidation Settlement

Gerbang Tol

Cakar Ayam Modifikasi

Pembangunan Jalan Tol Ruas Kayu Agung - Palembang - Betung Paket IV seksi 2A memiliki panjang 15,2 km + 3,4 km untuk *Interchange* (IC) Musi Landas. Kondisi tanah pada area proyek tol Kayu Agung – Palembang– Betung yang merupakan mayoritas adalah tanah lunak menyebabkan sulitnya melakukan pekerjaan tanah. *Differential settlement* yang terjadi pada ruas tol sebelumnya yaitu di Gerbang tol Kramasan dan dampak dari kendaraan *Over Dimension and Over loading* (ODOL) inilah yang mendasari penggunaan sistem Cakar Ayam Modifikasi (CAM) pada area gerbang tol IC Musi Landas, untuk memitigasi risiko yang terjadi di ruas sebelumnya. Sistem CAM masih mampu menjaga kerataannya karena adanya pipa-pipa CAM yang ditancapkan ke dalam tanah (tanah timbunan) memiliki kemampuan untuk mendukung gaya vertikal ke bawah, gaya vertikal ke atas (sebagai angkur yang mampu menyatukan pelat dengan permukaan tanah agar pelat tidak terangkat – tidak terjadi gap / celah antara tanah dengan permukaan bawah pelat), mendukung momen yang besar ke semua arah, mendukung gaya horizontal (rotasi pipa) ke semua arah. Kekakuan Sistem CAM ini menjaga terjadinya perbedaan penurunan dalam jangka panjang (Jaminan Desain CAM 10 Tahun) dibandingkan dengan konstruksi lain yang diterapkan di atas timbunan yang sama.

1. Pendahuluan

Sistem Cakar Ayam Modifikasi (CAM) merupakan suatu pengembangan sistem Cakar Ayam yang telah ditemukan oleh Sedyatmo pada tahun 1961. Perubahan pada sistem ini adalah terkait penggunaan pelat yang awalnya menggunakan pipa beton cakar diganti dengan pipa baja galvanis dan beton yang lebih ringan. Perubahan lain yaitu terkait metode yang digunakan dimana pada sistem Cakar Ayam Modifikasi ini digunakan analisis numeris dengan Metode Elemen Hingga. (Suhendro, B. 1999)

Sistem Cakar Ayam Modifikasi telah banyak digunakan dalam praktik konstruksi diantaranya (a) fondasi menara transmisi tegangan tinggi, (b) fondasi bangunan gedung bertingkat banyak, *power station*, kolam renang, gudang, tangka-tangki minyak, dan *hanger*, (c) perkerasan lapangan terbang (*runway*, *taxiway*, dan *apron*) di berbagai bandara, dan (d) perkerasan jalan raya di berbagai jalan tol, yang kesemuanya dibangun di atas tanah yang relatif lunak sampai sedang dengan ketebalan tanah lunaknya cukup besar. (Suhendro, B. 2005)

Sistem CAM mempunyai pipa-pipa CAM yang berfungsi sebagai *stiffener* sehingga pelat “tipis” (17 cm) dapat berperilaku seperti pelat “tebal” (± 50 cm) namun dengan beban berat pelat yang jauh lebih kecil. Dikarenakan kekakuan pelat, beban terpusat mampu disebarkan ke luasan efektif yang relatif besar, sehingga meskipun tanahnya lunak namun *bearing*

capacity-nya menjadi besar. Hal ini menyebabkan lendutan yang terjadi akibat beban terpusat menjadi lebih kecil dan *differential settlement* yang terjadi masih dalam batas toleransi.

Sistem perkerasan CAM ini terbuat dari slab tipis beton bertulang dengan tebal 10-17 cm yang diperkaku dengan pipa-pipa beton diameter 120 cm, tebal 8 cm, dan panjang pipa 150-200 cm yang mana pipa-pipa ini tertanam pada lapisan *subgrade* lunak di bawahnya dengan jarak antar pipa 200-250 cm. Di bawah slab beton ini terdapat lapisan *lean concrete* setebal 10 cm dan *sand bedding* dengan tebal 10 cm yang berfungsi sebagai perkerasan sementara selama masa pelaksanaan atau konstruksi dan ditujukan agar permukaan *subgrade* rata dan slab beton CAM dapat dibuat di atasnya.

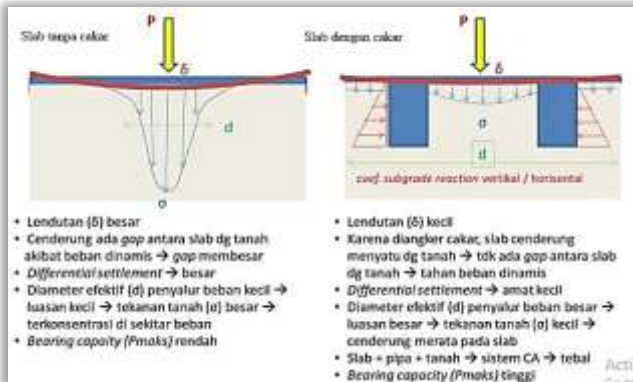
Apabila pipa cakar ayam (diameter tipikal 1 m, panjang 1,2 m, jarak antar pipa 2,5 m) ditancapkan ke tanah / tanah-lunak / tanah-timbunan, maka cakar tersebut akan memiliki kemampuan untuk : (1) mendukung gaya vertikal kebawah, (2) mendukung gaya vertical ke atas (sebagai angkur yang mampu menyatukan slab dengan permukaan tanah agar slab tidak terangkat – tidak terjadi gap / celah antara tanah dengan permukaan bawah slab), (3) mendukung momen yang besar ke semua arah, dan (4) mendukung gaya horizontal ke semua arah, seperti terlihat pada **Gambar 1** berikut.



Gambar 1. Pipa Cakar Ayam yang tertancap pada tanah

Apabila *slab* beton bertulang (tipikal tebal 17 cm) di-cor monolit dengan pipa-pipa cakar ayam yang berjarak tipikal 2,5 m maka slab yang relatif tipis tersebut akan menjadi sangat kaku dan berperilaku seperti *slab* tebal. Pipa-pipa cakar ayam berperan sebagai *stiffener* / pengaku *slab*. Akibat kakunya *slab*, beban roda kendaraan akan terdistribusi lebih merata ke luasan kontak slab dengan tanah yang lebih besar, yang berakibat : (i) defleksi *slab* mengecil, (ii) *differential settlement* akibat beban menjadi amat sangat kecil, (iii) tegangan yang dirasakan oleh tanah mengecil, (iv) *bearing capacity* *slab* menjadi besar, dan (v) tidak akan terjadi celah / *gap* antara *slab* dengan tanah (dipicu oleh getaran akibat beban dinamis kendaraan yang lewat) yang menjamin kemampuan butir (i) s/d (iv) termobilisir.

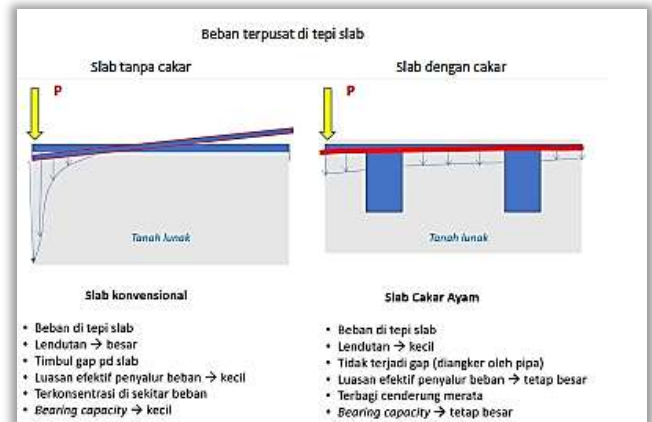
Pada **Gambar 2** di bawah ini diuraikan perbandingan perilaku antara perkerasan *rigid* konvensional dengan perkerasan Cakar Ayam Modifikasi apabila mengalami pembebanan roda kendaraan di tengah slab maupun di tepi slab.



Gambar 2. Perilaku perkerasan *slab* konvensional dan perkerasan Cakar Ayam Modifikasi dengan beban di tengah *slab*

Pipa-pipa CAM ini akan berfungsi sebagai *stiffener* sehingga *slab* “tipis” berukuran 15 cm ini dapat berperilaku seperti *slab* yang jauh lebih kecil, dan volume beton yang jauh lebih kecil hingga 35% nya. Pipa-pipa CAM ini berfungsi dengan baik apabila mendukung beban terpusat atau momen, dikarenakan kekakuan *slab* ini maka beban terpusat mampu disebarkan ke luasan efektif yang relatif besar sehingga meskipun tanahnya lunak namun *bearing capacity*-nya menjadi lebih besar. Akibatnya, lendutan dan *differential settlement* yang terjadi relatif sangat kecil. Pipa-pipa CAM ini akan berfungsi sebagai angkur yang mampu menjamin kelekatan *slab* dengan lapisan tanah di bawahnya sehingga mekanisme *transfer* beban menjadi sangat efektif dan struktur perkerasan mampu bertahan lebih lama untuk mendukung beban dinamis baik dari kendaraan, pesawat, maupun *impact load*. Ilustrasi mengenai

perbedaan perilaku antara perkerasan *slab* konvensional dengan perkerasan Cakar Ayam Modifikasi (CAM) jika diberikan beban di tepi *slab* dapat dilihat pada **Gambar 3** berikut ini. (Hardiyatmo, H.C., Suhendro, B. Hutagamissufardal & Susanto, H.A. 1999).



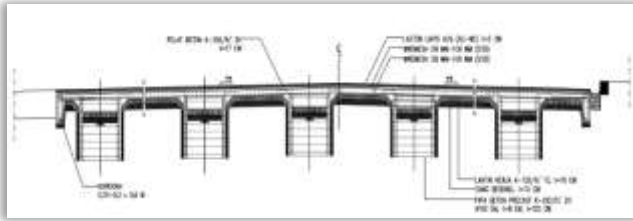
Gambar 3. Perilaku perkerasan *slab* konvensional dan perkerasan Cakar Ayam Modifikasi dengan beban di tepi *slab*

2. Metodologi

Dikarenakan *differential settlement* yang terjadi di area gerbang tol IC Musi Landas masih dalam batas toleransi, sehingga jalan masih tetap berfungsi walaupun terjadi *consolidation settlement* dalam jangka panjang, maka dipilih metode Sistem Cakar Ayam Modifikasi (CAM) dalam pekerjaan di area ini. Selain itu, juga terdapat beberapa hal yang melatar-belakangi penggunaan sistem CAM pada area gerbang tol IC Musi Landas Proyek KAPB Paket IV Seksi 2A diantaranya sebagai berikut:

1. Dimulainya pekerjaan *toll gate* dan akses jalan ke Kantor Pengelolaan Jalan Tol pada pekerjaan Jalan Tol Kayu Agung – Palembang - Betung di STA 63+116.680 (*Interchange* Musi Landas).
2. Adanya indikasi kerusakan perkerasan kaku (*Rigid Pavement*) di area gerbang Tol Kramasan akibat adanya *different settlement* dan kendaraan *Over Dimension and Over Loading (ODOL)*.
3. *Owner* PT. Waskita Sriwijaya Tol mengizinkan adanya penurunan tetapi tidak terjadi *different settlement* yang mengganggu fungsi layanannya.

Beberapa penerapan sistem CAM di lapangan telah menunjukkan keberhasilannya seperti pada *runway*, *taxiway*, dan *apron* di bandara Soekarno Hatta - Jakarta, *apron* di bandara Juanda - Surabaya, maupun *runway* di bandara Polonia - Medan, dan telah terbukti berfungsi baik dalam jangka panjang (selama lebih dari 27 tahun) tanpa mengalami kerusakan yang berarti dan biaya perawatan yang relatif rendah. Sebagai perkerasan jalan raya, sistem CAM juga telah menunjukkan keberhasilannya sebagai *access road* sepanjang 13,5 km yang menghubungkan Jakarta - Bandara Soekarno Hatta, dan beberapa ruas jalan tol Kampung Kayan - Sitiawan di Malaysia maupun beberapa ruas jalan tol Simpang X – Taman Peringgit Jala di Malaka, Malaysia, yang semuanya dibangun di atas tanah *subgrade* relatif lunak dan berfungsi baik selama lebih dari 27 tahun. Tipikal perkerasan CAM yang akan diaplikasikan pada gerbang Tol IC Musi Landas Proyek Jalan Tol Kayu Agung – Palembang – Betung (KAPB) Paket IV Seksi 2A dapat dilihat pada **Gambar 4** berikut ini.

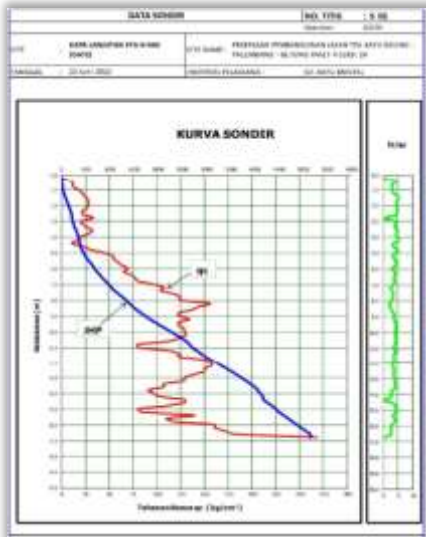


Gambar 4. Tipikal Perkerasan Cakar Ayam Modifikasi Gerbang Tol IC Musi Landas

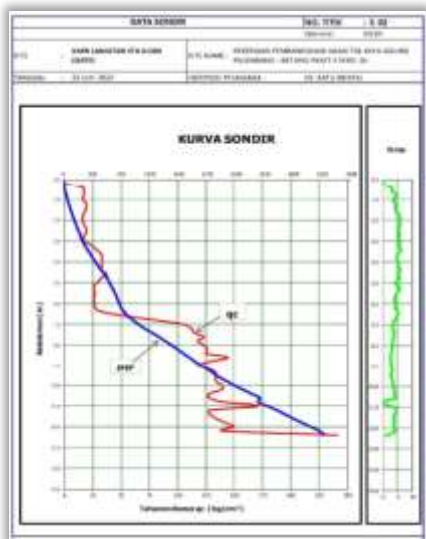
3. Hasil dan Pembahasan

Pekerjaan Sistem CAM dilaksanakan di atas tanah timbunan dengan rata-rata timbunan sekitar 5,00 - 6,00 m di atas tanah asli.

Data penyelidikan tanah yang sudah dilakukan berupa data *Cone Penetration Test* atau Pengujian *Sondir* sebanyak 3 (tiga) titik *sondir* di area Gerbang Tol IC Musi Landas. Kurva hubungan kedalaman dengan nilai konus (q_c) dan nilai komulatif total friksi (f_s) dengan hasil pada **Gambar 5**, **Gambar 6**, dan **Gambar 7**. Hasil *sondir* akan di *superimpose* untuk dianalisis untuk kebutuhan perhitungan desain



Gambar 5. Kurva *sondir* titik S 01



Gambar 6. Kurva *sondir* titik S 02

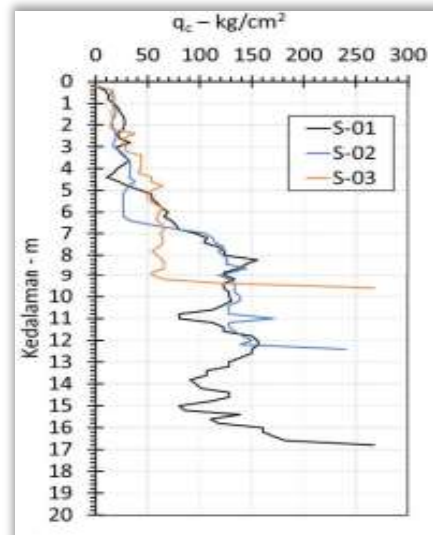


Gambar 7. Kurva *sondir* titik S 03

A. Kondisi Lapisan Tanah

Kondisi lapisan tanah didasarkan pada data *sondir* (CPT) di tiga titik di sekitar area gerbang Tol IC Musi Landas, Sumatra Selatan. **Gambar 8** menunjukkan hasil *superimpose* dari 3 titik uji *sondir*.

Terlihat bahwa kondisi tanah terburuk adalah pada titik *sondir* S 03 (**Gambar 7**). Untuk keamanan hitungan didasarkan pada data *sondir* S-03 tersebut. Pada lokasi ini, secara umum tanah fondasi timbunan dari kedalaman 0 sampai 5 m mempunyai tahanan konus rata-rata 21 kg/cm². Pada kedalaman 5 sampai 8 m tahanan konus rata-rata sekitar 82 kg/cm², sedang dari kedalaman 8 sampai 17 m tahanan konus rata-rata 130 kg/cm². Dari data sementara hasil pengeboran di area gerbang Tol IC Musi Landas, tanah dari permukaan sampai kedalaman sekitar 18 m berupa lempung.

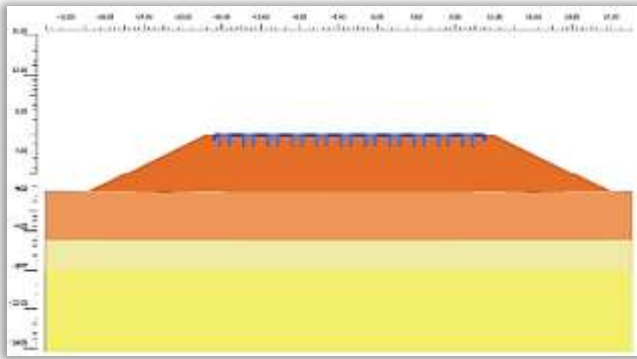


Gambar 8. Hasil Uji Sondir (CPT) 3 lokasi area proyek

B. Analisis Penurunan

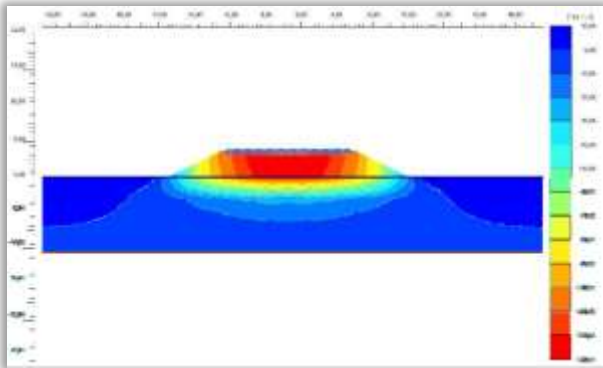
Analisis penurunan dilakukan dengan menggunakan *software* Plaxis. Dalam pemodelan ini, timbunan yang diperhitungkan memiliki tinggi 6 m, kemiringan lereng 2H : 1V, berat volume tanah timbunan 18 kN/m³, kohesi *undrained* c_u =

150 kPa (tanah dipadatkan) dan $E = 120.000$ kPa. Tampang timbunan dengan perkerasan sistem CAM yang diperhatikan dalam pemodelan ditunjukkan dalam **Gambar 9**.

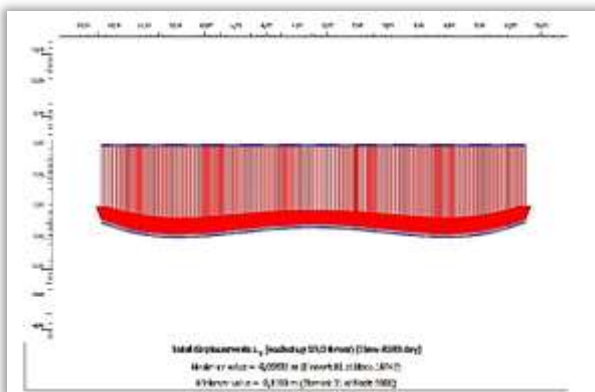


Gambar 9. Tampang timbunan dengan perkerasan Sistem CAM

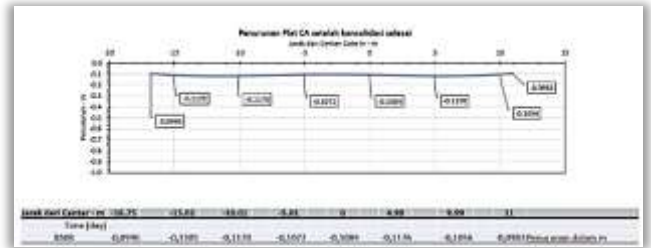
Hasil analisis dengan menggunakan *software* Plaxis padd **Gambar 10** menunjukan pola sebaran displacement pada area timbunan yang kemudian dari pola tersebut dapat ditinjau juga pola penurunan secara potongan memanjang dalam **Gambar 11**. Dengan memperhatikan **Gambar 12** (timbunan dengan perkerasan sistem CAM) dapat diketahui bahwa beda penurunan minimum dan maksimum hanya sekitar 2 cm sampai dengan konsolidasi selesai. **Gambar 13** menunjukkan penurunan dari waktu ke waktu pelat dari sistem CAM. Hasil ini menunjukkan bahwa penurunan konsolidasi total di pusat plat CAM sebesar 11 cm terjadi 1.800 hari atau sekitar 5 tahun setelah pembangunan. (Gutawa Mitra Konsultan, 2022)



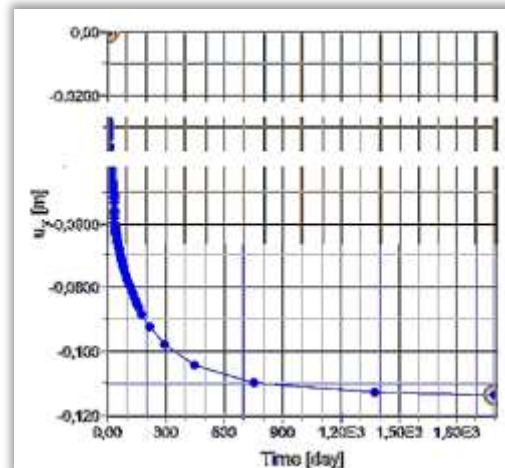
Gambar 10. Displacement vertikal total timbunan dari Sistem CAM



Gambar 11. Profil penurunan pelat Sistem CAM



Gambar 12. Profil penurunan Sistem CAM setelah konsolidasi selesai untuk setiap jarak 5 m



Gambar 13. Penurunan vs waktu di pusat pelat Sistem CAM

C. Hasil Uji *Full Scale Test* di Lapangan pada Tanah Lunak

Pada pengujian *full scale test experimental* ini dibuat prototipe perkerasan Cakar Ayam Modifikasi (CAM) berukuran 5 m x 5 m, tebal slab 15 cm, didukung oleh 4 pipa cakar ayam berjarak 2,5 m. Slab langsung dibuat diatas tanah lunak tebal yang berdaya-dukung rendah pada **Gambar 14** terlihat proses *mock up* di lapangan dilaksanakan pada tanah lunak eksisting.



Gambar 14. Pembuatan prototipe slab perkerasan Cakar Ayam Modifikasi dengan 4 pipa cakar ayam pada tanah lunak.

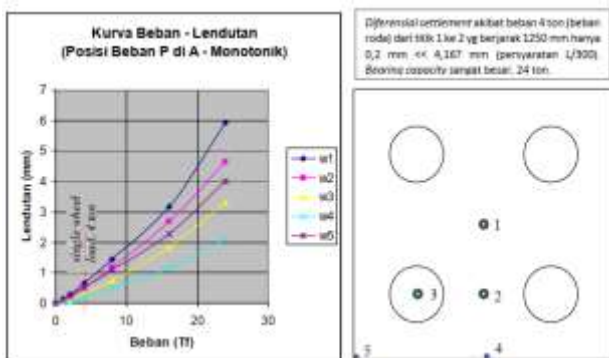
Prototipe perkerasan Cakar Ayam Modifikasi dibebani beban terpusat dengan *hydraulic jack* di 3 tempat (tengah slab, antara 2 pipa, dan diatas pipa), dan respon lendutan vertikal slab dimonitor dengan sensor *dial gauge* di 5 titik : tengah slab (1),

antara 2 pipa (2), diatas pipa (3), di tepi slab (4) dan di pojok slab (5) (Gambar 14). Beban yang dikerjakan adalah : 4 ton (beban swl : single wheel load), 8 ton (2x beban swl), 16 ton (4x swl) dan 24 ton (6x swl), dengan *counter weight* sebagai tumpuan jack adalah 50 ton. Peralatan yang diperlukan untuk pengujian *full scale prototype* perkerasan Cakar Ayam Modifikasi dapat dilihat pada **Gambar 15** berikut ini.



Gambar 15. Uji *full scale prototype* perkerasan Cakar Ayam Modifikasi

Hasil uji *full scale* disajikan pada **Gambar 16**, berupa respon lendutan slab di titik 1, 2, 3, 4, 5 akibat beban 4 ton (*single wheel load*), 8 ton (2x swl), 16 ton (4x swl) dan 24 ton (6x swl), di posisi 1, 2, dan 3. Untuk beban *single wheel load* (4 ton) di tengah slab (titik 1), terdapat lendutan di titik 1, 2, 3, 4, 5 berturut-turut adalah 1,4 mm; 1,2 mm; 0,8 mm; 0,6 mm; dan 1,1 mm. Antara titik 1 dengan titik 2 (jarak $L=125$ mm) terdapat *differential settlement* δ sebesar 0,2 mm ($=1,4-1,2$), sementara persyaratan toleransinya adalah maksimal $L/300$ atau dengan jarak $L=1250$ mm *differential settlement* ijin = 4,167 mm. *Differential settlement* (δ) Cakar Ayam Modifikasi hanya 0,2 mm jauh lebih kecil dari persyaratan yaitu 4,167 mm. Antara titik-titik pengamatan lainnya akan menghasilkan *differential settlement* antar titik yang relatif lebih kecil lagi. Hasil lain berupa daya dukung slab, sistem perkerasan Cakar Ayam mampu mendukung beban sampai 24 ton (6 x beban *single wheel*) dengan masih berperilaku mendekati *elastiklinier*, yang mengindikasikan bahwa *bearing capacity* slab perkerasan Cakar Ayam Modifikasi sangat besar sehingga mampu mengakomodir *overload* yang cukup besar. (Suhendro, B, 2005)



Gambar 16. Grafik hasil uji *full scale prototype* perkerasan Cakar Ayam Modifikasi di Waru Surabaya

4. Kesimpulan

Berdasarkan data uji sondir di area sekitar Gerbang Tol IC Musi Landas, untuk tinggi timbunan 6 m yang di atasnya dibangun Sistem CAM, diperoleh besarnya penurunan total di pusat pelat CAM setelah konsolidasi selesai (yaitu sekitar 5 tahun) adalah sekitar 11 cm. Beda penurunan maksimum dan minimum di permukaan plat Sistem CAM sampai konsolidasi selesai adalah sekitar 2 cm.

Dengan adanya penurunan Sistem CAM akibat penurunan konsolidasi, Sistem CAM masih mampu menjaga kerataannya karena adanya pipa-pipa CAM yang ditancapkan ke dalam tanah (tanah timbunan) memiliki kemampuan untuk:

1. Mendukung gaya vertikal ke bawah,
2. Mendukung gaya vertikal ke atas (sebagai anker yang mampu menyatukan pelat dengan permukaan tanah agar pelat tidak terangkat – tidak terjadi gap/celah antara tanah dengan permukaan bawah pelat),
3. Mendukung momen yang besar ke semua arah,
4. Mendukung gaya horizontal (rotasi pipa) ke semua arah.

Sistem perkerasan rigid konvensional apabila terjadi penurunan dan adanya beban dinamis yang terjadi di tengah pelat maupun di tepi pelat cenderung memunculkan terjadinya *gap* antara permukaan timbunan dengan pelat perkerasan, karena sistem tersebut tidak mempunyai kemampuan untuk menyatukan pelat dengan permukaan timbunan. Apabila terjadi *gap* antara permukaan timbunan dengan pelat perkerasan maka lendutan akan membesar, luas efektif penyaluran beban mengecil, terkonsentrasi di sekitar beban, *bearing capacity* mengecil sehingga kemungkinan terjadinya *differential settlement* besar.

Tinjauan struktur berdasarkan analisis perhitungan dengan beban 4 ton (beban roda), *settlement* yang terjadi 0,2 mm lebih kecil dari persyaratan *settlement* 4,167 mm ($1/300 \times 1$), sehingga *differential settlement* yang terjadi masih dalam batas toleransi, sehingga fungsi layanan perkerasan jalan dengan sistem CAM masih bisa berfungsi dengan normal walaupun terjadi penurunan perkerasan secara merata akibat proses konsolidasi timbunan tanah di bawahnya.

Sistem CAM terdiri dari beton bertulang (tipikal tebal 17 cm) dicor *monolit* dengan pipa-pipa cakar ayam yang berjarak tipikal 2,5 m yang ditancapkan ke dalam tanah (tanah timbunan) maka pelat setebal 17 cm tersebut akan menjadi sangat kaku dan berperilaku seperti pelat tebal. Pipa-pipa cakar ayam berperan sebagai *stiffener* / pengaku pelat. Akibat kakunya pelat, beban roda kendaraan akan terdistribusi lebih merata ke luasan kontak slab dengan tanah yang lebih besar dan *differential settlement* yang terjadi masih dalam batas toleransi. Kekakuan Sistem CAM ini menjaga terjadinya perbedaan penurunan dalam jangka panjang (Jaminan desain CAM 10 tahun) dibandingkan dengan konstruksi lain yang diterapkan di atas timbunan yang sama.

Ucapan terima kasih

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 semua pihak yang telah memberikan bantuan, bimbingan dan motivasi dalam penyelesaian artikel ini. Semoga artikel inidapat bermanfaat dan dapat memberikan sumbangan ilmu pengetahuan secara umum.

Daftar pustaka

- Gutawa Mitra Konsultan, (2022). *Justifikasi Teknis Penggunaan Sistem Cakar Ayam Modifikasi pada Area Gerbang Tol IC Rengas Palembang*. PT Gutawa Mitra Konsultan
- Hardiyatmo, H.C. & Suhendro, B. (2010). *Laporan Penelitian Program Insentif 2009, Kementrian Negara Riset & Teknologi RI : "Perilaku Sistem Cakar Ayam Modifikasi pada Tanah Ekspansif"*. Yogyakarta: Jurusan Teknik Sipil & Lingkungan FT-UGM
- Suhendro, B. (2005). *Sistem Cakar Ayam Modifikasi Sebagai Alternatif Solusi Konstruksi Jalan di Atas Tanah Lunak*. Jakarta : Buku 60 Tahun Departemen Pekerjaan Umum
- Sehendro, B. (2005). *Laporan Hasil Full Scale Loading Test Sistem Cakar Ayam Modifikasi di Lokasi Tanah Lunak Waru-Surabaya*. Yogyakarta : Laboratorium Teknik Struktur, Jurusan Teknik Sipil FT-UGM
- Hardiyatmo, H.C., Suhendro,B. Hutagamissufardal & Susanto, H.A. (1999). *Perilaku Fondasi Cakar Ayam pada Model di Laboratorium – Kontribusi untuk Perancangan*. Yogyakarta : Prosiding Seminar Nasional Geoteknik, Jurusan Teknik Sipil FT-UGM, 8 November.
- Suhendro, B. (1999). *Pemodelan Elemen Hingga dan Studi Eksperimental Perilaku Struktural Sistem Perkerasan Cakar Ayam di Bandara Soekarno-Hatta, Jakarta*. Bandung : Prosiding Seminar Nasional Metode Elemen Hingga, ITB, 17 Desember
- Suhendro, B. (1994). *Laporan Penelitian Pekerjaan Pengkajian Lanjutan Sistem Cakar Ayam di Landasan Pacu, Taxiway, dan Apron Bandara Soekarno-Hatta, Jakarta*. Jakarta : Perum Angkasa Pura II
- Suhendro, B. (1994). *Laporan Penelitian Pekerjaan Pengkajian Sistem Cakar Ayam di Landasan Pacu, Taxiway, dan Apron Bandara Soekarno-Hatta, Jakarta*. Jakarta : Perum Angkasa Pura II