

PEMBEBANAN MODEL PELAT SKALA KECIL PERKERASAN KAKU (*RIGID PAVEMENT*) DI ATAS TANAH PASIR

Bambang Setiawan¹, Yusep Muslih Purwana², Raden Harya Dananjaya H.I³

¹²³Program studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret

¹bbstw88@yahoo.co.id, ²ymuslih@yahoo.com, ³dananjaya.harya@gmail.com

ABSTRACT

Road infrastructure issues need great attention, considering that this was a link and a cross-economy between one region and another. Damage to the pavement (pavement) would have fatal consequences for the development of an area and an increase in financial needs. Therefore, it was necessary to strengthen a solid road body so that it was able to strengthen the road and be comfortable for traffic loads to pass. Damage to the road body was a major concern in road maintenance efforts. This was due to several very complex problems in terms of the materials used, work implementation, traffic loads passing through the road body, and existing natural conditions.

This research studies and analyses the behavior of dynamic-loaded rigid pavements. This load was a traffic load model, and the behavior was reviewed in a small-scale laboratory model. The expected result was to know the model's behavior with and without rigid pavement reinforcement on both sandy and soft soils, namely in the form of analysis and the ability of the reinforcement to accept traffic loads.

This research showed that the plate test model shows that multiple plate thickness supports plate stiffness. The carak reinforcement plate affected the stiffness of the plate. The deflection value due to loading on the 3-layer plates (6.3 mm thick) was comparable to the 1-layer plate (2.1 mm) with carak. FEM analysis can be performed to predict deflection due to loading in the center of the plate, and this value was very close to the results of the laboratory small-scale loading test. The CBR value used to calculate the deflection was closest to the real condition, namely the value before loading 0.2 kN and after loading 0.8 kN.

Keywords: rigid pavement, model, load, dynamic,

ABSTRAK

Permasalahan infrastruktur jalan perlu mendapat perhatian besar, mengingat hal tersebut merupakan penghubung dan sebagai lintas ekonomi antar daerah satu dengan daerah lainnya. Kerusakan yang terjadi pada perkerasan jalan (*pavement*) akan berakibat fatal untuk permasalahan berkembangnya suatu daerah dan peningkatan kebutuhan finansialnya, untuk itu diperlukan perkuatan badan jalan yang kokoh sehingga mampu memperkuat jalan dan yaman untuk dilalui beban lalu lintas. Kerusakan badan jalan menjadi sorotan utama dalam upaya pemeliharaan jalan, hal ini disebabkan oleh beberapa permasalahan yang sangat kompleks, baik dilihat dari segi material yang digunakan, pelaksanaan pekerjaan, beban lalu lintas yang melewati badan jalan, maupun kondisi alam yang ada.

Riset ini mengkaji dan menganalisis perilaku perkerasan kaku yang terbebani dinamis, beban ini merupakan model beban lalu lintas, perilaku tersebut ditinjau dalam model skala kecil laboratorium. Hasil yang diharapkan adalah mengetahui perilaku model dengan dan tanpa perkuatan perkerasan kaku di atas tanah dasar baik tanah pasir maupun tanah lunak, yaitu berupa analisis dan kemampuan perkuatan dalam menerima beban lalu lintas. Hasil dari penelitian ini adalah model pelat uji menunjukkan bahwa kelipatan tebal pelat mendukung kekakuan pelat. Pelat dengan perkuatan carak berpengaruh dalam kekakuan pelat, nilai lendutan akibat pembebanan pada pelat 3 lapis (tebal 6,3 mm) sebanding dengan pelat 1 lapis (2,1 mm) dengan carak. Analisis MEH dapat dilakukan untuk memprediksi lendutan akibat pembebanan di tengah pelat, nilai ini sangat mendekati dengan hasil uji pembebanan skala kecil laboratorium. Penggunaan nilai CBR yang digunakan untuk menghitung lendutan adalah nilai terdekat dengan kondisi riilnya, yaitu nilai sebelum pembebanan 0,2 kN dan sesudah pembebanan 0,8 kN.

Kata kunci: perkerasan kaku, model, beban, dinamis.

1. PENDAHULUAN

Jalan raya sebagai salah satu bagian infrastruktur yang menghubungkan antar daerah terbagi menjadi 2 yaitu jalan dengan perkerasan lentur dan perkerasan kaku. Kedua jenis perkerasan tersebut memerlukan pemeliharaan yang diajukan dalam setiap tahun anggaran. Pemeliharaan ini memerlukan perhatian dan kajian yang tepat, agar didapat hasil yang sempurna dalam penanganan permasalahan. Kerusakan perkerasan jalan menjadi sorotan utama dalam upaya pemeliharaan jalan. Hal ini disebabkan oleh beberapa permasalahan yang sangat kompleks, baik dilihat dari segi

Corresponding Author

E-mail Address : bbstw88@yahoo.co.id

material yang digunakan, pelaksanaan pekerjaan, beban lalu lintas yang melewati badan jalan, maupun kondisi alam yang ada. Beberapa kondisi tersebut sangat berpengaruh terhadap awet tidaknya badan jalan dibangun, oleh karena itu perlu dilakukan penelitian yang dapat memberikan solusi maupun masukan tentang permasalahan tersebut.

Beberapa penelitian tentang perkerasan kaku dan lentur telah dilakukan oleh beberapa peneliti terdahulu oleh Manohar et.al. (2018), Darestani et.al. (2006), Sarvesh (2020) dan Uljarevic et.al (2016). Penelitian model perkuatan dengan Sistem Cakar Ayam Modifikasi (CAM) pada tanah ekspansif dapat mereduksi *heave* akibat mengembangnya tanah dan lendutan akibat beban aksial. Defleksi pelat untuk pembebanan monotonik maupun repetitif akan lebih baik lagi, dan berfungsi sangat baik, jika tidak terpasang pada tanah timbunan, namun langsung pada tanah lunak, Setiawan dkk. (2012, 2015, 2016). Pelat terpaku memberikan kontribusi menahan beban sentris, sedangkan jungkitan mampu diredam sepenuhnya, Puri dkk. (2011). Simulasi Sistem Cakar Ayam dengan program komputer SAP 2000 v.11 yang dilakukan oleh Firdiansyah (2009), Nawangalam (2008), Jannah dkk. (2019) dan Yudandi dkk. (2019) menjadi dasar acuan simulasi pada skala penuh di lapangan. Simulasi dilakukan pada model Skala penuh di Waru dan Polonia, yang mengacu pada penelitian sebelumnya oleh Romadhoni (2008). Lendutan akibat pembebanan pada model skala penuh pelat beton dengan 9 cakar di lapangan diklarifikasi dengan hasil dari program komputer tersebut. Pemodelan Sistem Cakar Ayam secara 3D (3 dimensi), mencakup elemen pelat beton dan pipa cakar sebagai elemen *shell* 3D. Tumpuan tanah dimodelkan sebagai area *spring* linier baik untuk arah vertikal (pada bagian bawah pelat), horisontal (pada sisi luar pipa), maupun gesek (antara tanah dan beton pada kulit pipa). Tanah dalam pipa juga dimodelkan sebagai elemen solid 3D.

Uji model Sistem Cakar Ayam semi 3D dan 3D di laboratorium, dan membandingkan lendutan yang terjadi dengan analisis *finite element* *BoEF*, analisis ini mengacu pada hitungan lendutan pelat. Metode ini cukup baik untuk menghitung pengaruh cakar terhadap lendutan pelat, dan memberikan nilai lendutan lebih besar dari pada hasil pengamatan, Pempadi (2000) dan Hetenyi (1974).

Tinjauan terhadap sistem perkuatan dengan pipa Cakar Ayam telah dilakukan dengan model matematis dalam analisis Sistem Cakar Ayam dengan MEH, Ariseno dkk. (2019) dan Setiawan dkk. (2020). Pelat beton diilustrasikan sebagai *frame element* selebar a satuan panjang, untuk irisan horisontal atau $\frac{1}{2} a\sqrt{2}$ untuk irisan diagonalnya, tebal pelat 10 cm dengan tumpuan elastik tanah setara dengan koefisien *subgrade* vertikal tanah, $k_v = 3 \text{ kg/cm}^3$ (2.000 kN/m^3), CBR = 3, Peninjauan beban roda antara 3 hingga 10 ton (30 hingga 100 kN) *tire print* berupa lingkaran berdiameter 23 cm. pipa cakar diidealisasikan sebagai *frame element*, Suhendro dkk. (2006).

Pemasangan pipa beton di bawah pelat berfungsi sebagai paku. Pelat beton dan tanah tetap rapat pada sistem fondasi Cakar Ayam dan akan memperkecil besarnya lendutan akibat beban yang melintas di atasnya. Selain itu biaya pemeliharaan dapat diperkecil dan keawetan beton tetap terjaga. Usulan fondasi Cakar Ayam yang digabung dengan sistem penghalang kelembaban vertikal yang berfungsi menjaga kadar air dalam zona di bawah fondasi Cakar Ayam agar stabil, seperti penanganan kerusakan perkerasan jalan tanah ekspansif pada jalan raya Surakarta – Purwodadi, Jawa Tengah, Hardiyatmo (2006) dan Hardiyatmo dkk. (2000).

Tinjauan permasalahan dalam penelitian ini adalah bagaimana perilaku model perkerasan kaku menerima beban dinamis berupa lalu lintas yang terletak di tanah dasar keras. Hal ini diharapkan dapat memberikan gambaran pengaruh ketebalan pelat dan cakar terhadap model pelat uji skala kecil laboratorium. Hal ini dapat memberikan kontribusi prediksi dalam ukuran sebenarnya, dapat dilihat bagaimana pengaruh ketebalan model pelat terhadap lendutan akibat pembebanan, dan jika pengaruh penggunaan pipa cakar terhadap lendutan dan ketebalan pelatnya.

Perilaku model perkerasan kaku diharapkan dapat diketahui dalam penelitian ini, yang dimodelkan dalam model laboratorium (skala kecil). Hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi gambaran perilaku dalam analisis perancangan perkerasan kaku sebagai salah satu tipe badan jalan, sehingga akan membantu dalam disain dan pemeliharaan badan jalan.

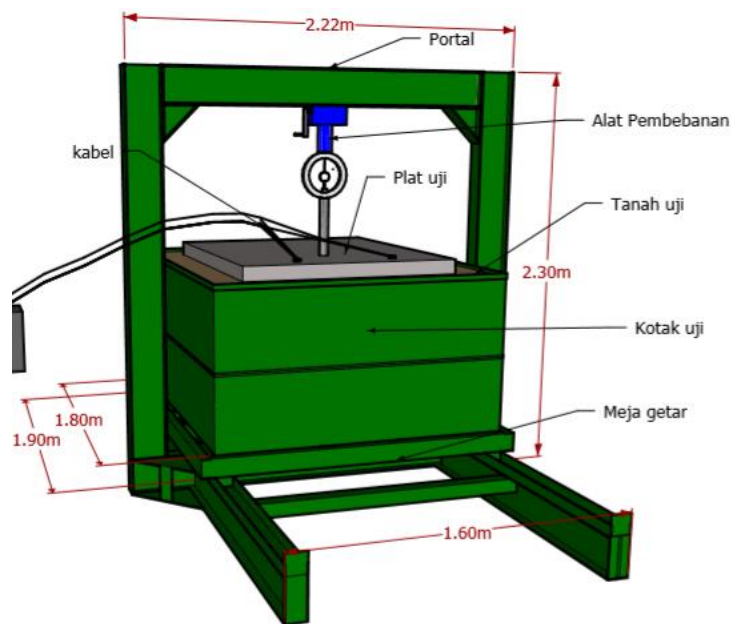
C. METODE PENELITIAN

Pemodelan skala kecil ini berupa, rangkaian pelat dan pipa cakar yang disatukan dengan baut pada kotak uji ukuran $1,1 \text{ m} \times 1,1 \text{ m} \times 0,6 \text{ m}$. Pengamatan perilaku perkerasan kaku sistem CAM (salah satu obyek penelitian), pada tanah dengan model 3 dimensi skala kecil laboratorium, yang terbuat dari pelat baja dengan ukuran $0,7 \text{ m} \times 0,3 \text{ m}$, tebal 0,8 mm tanpa cakar, maupun pelat dengan cakar, tinggi (h) = 10 cm, diameter 6 cm, tebal 0,8 mm. Peninjauan dilakukan pada saat proses pembasahan, tanah akan mengembang, dan pembebanan pada pelat baja dengan dan tanpa perkuatan. *Portal frame* sebagai tumpuan pembebanan dalam model skala laboratorium menggunakan baja IWF 200, kotak uji ukuran $1,1 \text{ m} \times 1,1 \text{ m} \times 1,1 \text{ m}$ juga terbuat dari pelat baja tipis yang diperkuat dengan rangka baja siku 5 cm. Rangka baja IWF 200 digunakan sebagai model frame penumpu beban dalam model skala lapangan.

Pelat baja tipis dengan ketebalan 0,8 mm digunakan sebagai model pelat. Pelat ini berfungsi sebagai perkerasan kaku, dan pipa baja yang disambungkan menjadi satu dengan pelat baja (berfungsi sebagai pipa perkuatan). Penyambungan dilakukan dengan baut sehingga mudah untuk melepasnya, sehingga variasi posisi dan jumlah pipa cakar dapat dilakukan.



Gambar 1 Model pelat uji baja tanpa cakar dan dengan cakar



Gambar 2 Set uji model skal kecil di laboratorium

Tahap persiapan dilakukan berbagai rangkaian pekerjaan berupa pembuatan portal beban, kotak uji, pelat baja sebagai model perkerasan (pelat uji), dan persiapan lainnya yaitu berupa pengambilan tanah pasir sebagai media tanah dasarnya. Tanah dijemur terlebih dahulu untuk meminimalkan nilai kadar airnya, dengan cara dihamparkan dan dijemur dibawah terik sinar matahari selama 3 hari. Tanah pasir siap dihamparkan dalam kotak uji, dengan cara sebagai berikut, tanah dimasukan sedikit demi sedikit merata tiap lapisan 20 cm, hingga kondisi merata dan padat. Pematatan dilakukan dengan cara menumbuk namun tidak terlalu keras, hanya dengan melepas jatuh bebas penumbuk.

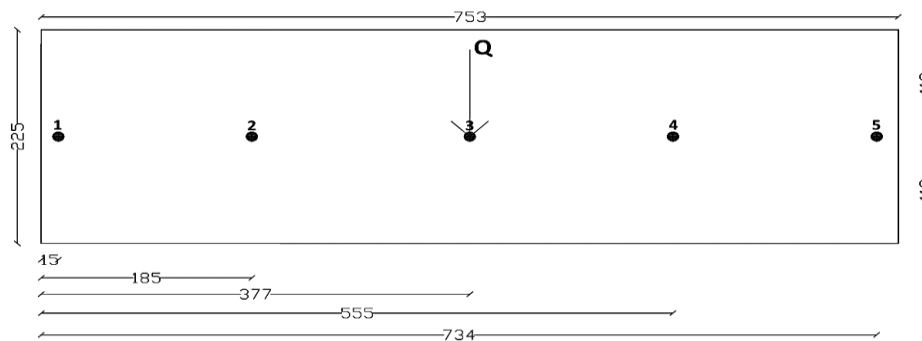
Permukaan tanah diratakan sesuai elevasi tertentu dengan menggunakan *waterpass*, model sistem ditanamkan ke dalam tanah dengan cara dipancang pada tanah lempung. Model pelat dengan perkuatan harus ditanamkan dengan tepat. Pembebanan saat model gempal dilakukan secara manual yaitu dengan meletakkan beban blok besi secara bertahap sesuai dengan kebutuhan, 0,2 kN, 0,4 kN, 0,6 kN hingga 0,8 kN. Pipa cakar terbuat dari pelat baja tipis dengan tebal 0,8 mm, diameter 6 cm dan tinggi 10 cm, yang disambung dengan pelat menggunakan mur baut, Gambar 1 menunjukkan model pelat uji skala kecil laboratorium, sedangkan Gambar 2 adalah set kotak uji modelnya.

Variasi pelat model

Pengujian dilakukan dengan 3 model pelat uji yaitu pelat tanpa perkuatan dan pelat CAM. Proses pembebanan yang dilakukan adalah beban tunggal yang diletakkan pada dua perletakan beban titik (beban sentris dan eksentris). Variasi pengujian disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 Variasi uji model pelat

Tipe Model	Ukuran kecil (cm)	Keterangan
1	30 x 70	Tanpa perkuatan, tebal 2,1 mm
2	30 x 70	Tanpa perkuatan, tebal 4,2 mm
3	30 x 70	Tanpa perkuatan, tebal 6,3 mm
4	30 x 70	Cakar Ayam Modifikasi (CAM)



Gambar 3 Dimensi pelat uji dan posisi titik baca dan titik uji

Pembebanan pada pelat

Langkah-langkah pengujian pembebanan yang dilakukan adalah, pembebanan dilakukan tahap demi tahap dengan penambahan beban 200 kN. Pembacaan dial gauge dilanjutkan ke penambahan beban pada saat bacaan dial < 0,03 mm/menit dan pembebanan dihentikan pada beban 1,2 kN. Pembebanan selanjutnya adalah dengan penggoyangan arah horisontal 1 arah, dalam hal ini dinamakan model beban gempa horisontal. Pembacaan posisi model uji perkerasan dicatat kemudian dibebani kembali, hal ini dilakukan untuk melihat kemampuan pelat dan tanah dasar dalam menerima beban luarnya. Pembebanan sentris (tengah) pelat dilakukan di permukaan pelat baja sebagai model perkerasan kaku.

Analisis dilakukan dengan cara melakukan perbandingan terhadap kinerja pelat saat pembebanan repetitif, yang kemudian dibandingkan dengan hasil analisis dengan metode elemen hingga (MEH). Metode ini menggunakan aplikasi software SAP 2000. Hasil keduanya berupa grafik lendutan yang membentuk garis mangkok, nilai terbesar berada di pusat pembebanan. Perbandingan tersebut diharapkan dapat menjadi prediksi untuk analisis model dengan skala yang lebih besar dan material yang digunakan juga sesuai dengan kebutuhan di lapangan.

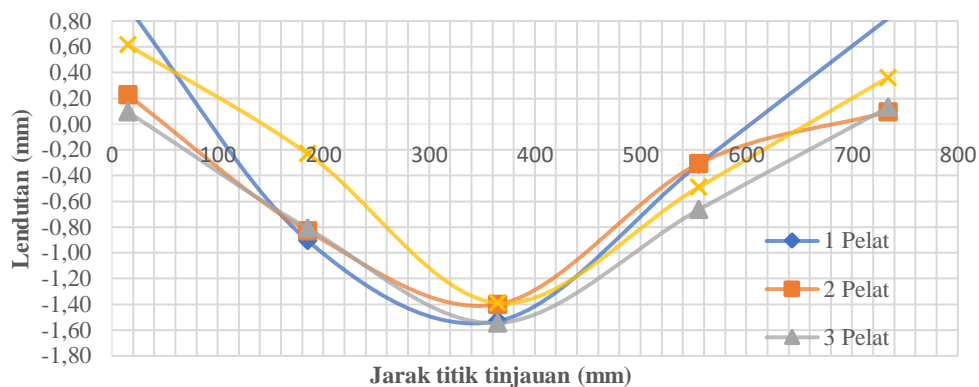
D. HASIL UJI DAN PEMBAHASAN

Hasil Uji

Pembebanan di tengah pelat, tampak bahwa pola lendutan di tengah pelat pada seluruh variasi tebal pelat mengalami penekanan bersama sesuai zona pembebanannya. Tampak bahwa lendutan di tengah pelat dan terjadi pergerakan ke atas di seberang (di luar) titik beban, namun kurva masih membentuk garis lengkung seperti mangkok (*bowl line*), lihat Tabel 2 dan Gambar 5.

Tabel 2 Rekapitulasi model skala laboratorium untuk pembebanan 0,8 kN

No.	Variasi	Tebal Pelat	Beban 0,8 kN				
			Deformasi				
			1	2	3	4	5
1	1 Pelat	2,1	0.908	-0.905	-1.530	-0.312	0.820
2	2 Pelat	4,2	0.225	-0.830	-1.400	-0.307	0.095
3	3 Pelat	6,3	0.095	-0.808	-1.545	-0.665	0.130
4	Pelat dengan Cakar	2,1	0.615	-0.228	-1.390	-0.490	0.362
	Jarak titik tinjau (mm)		15	185	365	555	734

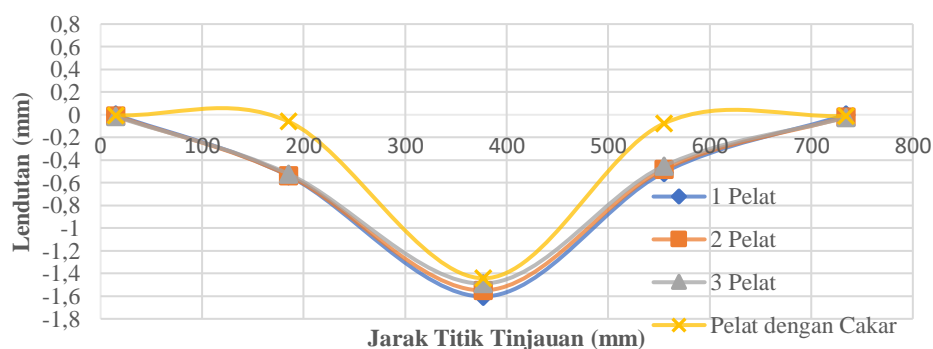


Gambar 5 Hasil uji pembebanan 0,8 kN pada model pelat uji di laboratorium

Tabel 2 saat pembebanan 0,8 kN menunjukkan bahwa nilai lendutan terbesar terjadi pada variasi 1 pelat yaitu 1,53 mm dan nilai deformasi terendah pada pelat dengan cakar yaitu 1,39 mm. Interpretasi hasil rekapitulasi nilai lendutan pembebanan 0,8 kN pada Tabel 2 disajikan Gambar 5, tampak bahwa bagian tepi pelat terangkat keatas dan bagian tengah melendut saat pembebanan. Ditinjau pada titik pembebanan 0,8 kN tampak menunjukkan nilai lendutan tertinggi terjadi pada variasi 1 pelat yaitu 1,603mm dan nilai defleksi terendah pada pelat dengan cakar yaitu 1,4422 mm. Interpretasi hasil rekapitulasi nilai defleksi pembebanan 0,8 kN disajikan pada Gambar 6 berikut ini, hasil ini menunjukkan perbedaan posisi di tepi pelat tidak mengalami penjurangan (terangkat), sedangkan besarnya nilai lendutan disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3 Rekapitulasi nilai defleksi hasil analisis MEH untuk pembebanan 0,8 kN

No	Variasi	Tebal Pelat	Beban 0,8 kN				
			1	2	3	4	5
1	1 Pelat	2,1	-0,001	-0,538	-1,603	-0,507	-0,000
2	2 Pelat	4,2	-0,009	-0,536	-1,550	-0,481	-0,020
3	3 Pelat	6,3	-0,016	-0,521	-1,489	-0,451	-0,025
4	Pelat dengan Cakar	2,1	-0,004	-0,059	-1,442	-0,076	-0,010
Jarak titik tinjau (mm)			15	185	365	555	734

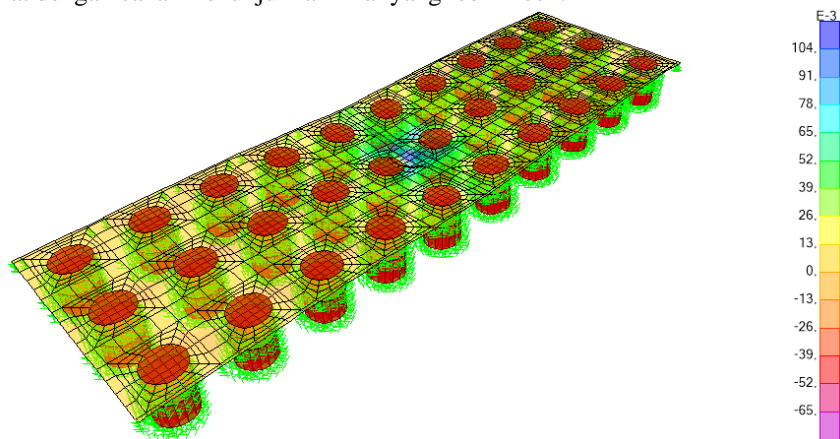


Gambar 6 Hasil analisis MEH pada pembebanan 0,8 kN pada 3 model pelat dan pelat dengan cakar

Pembahasan

Hasil uji pelat Sistem CAM dengan perkuatan pipa cakar menunjukkan terjadinya lendutan yang lebih kecil jika dibandingkan dengan model pelat 3 lapis (6,3 mm). Jumlah cakar mempengaruhi besarnya kapasitas dukung yang dimiliki oleh model pelat dengan cakar, hal ini dibuktikan dengan besarnya lendutan yang terjadi pada pembebanan pada kedua model tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa dengan penambahan cakar yang terpasang monolit dengan

pelat uji memberikan pengaruh yang signifikan, pelat menjadi semakin kaku sebanding dengan nilai lendutan setebal 6,3 mm, bahkan pelat dengan cakar menunjukkan nilai yang lebih kecil.

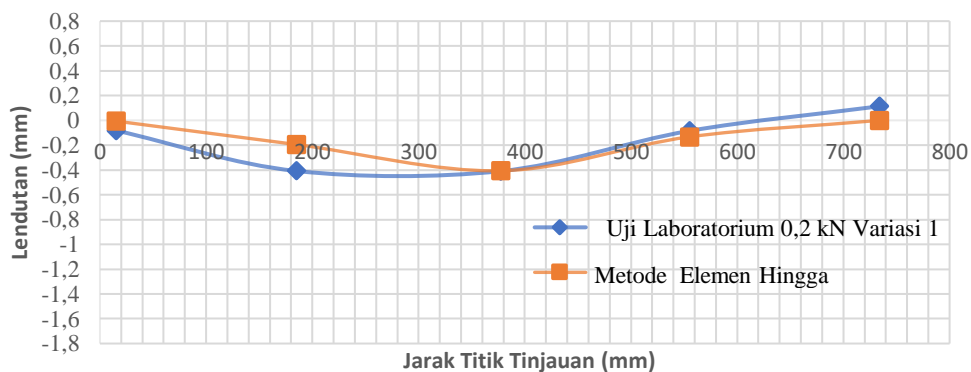


Gambar 7 Hasil analisis MEH pada pelat dengan cakar beban 0,8 kN

Variasi dan pembebanan dilaksanakan menggunakan metode skala laboratorium dan analisis MEH. Kedua metode tersebut didapatkan nilai perubahan defleksi yang ditimbulkan pada variasi 1 pelat, 2 pelat, 3 pelat, dan pelat dengan cakar. Hasil analisis untuk variasi pelat dengan cakar disajikan dalam Gambar 7. Data input modulus reaksi subgrade menggunakan korelasi dari nilai *California Bearing Ratio* (CBR) yang digunakan adalah pada saat sebelum pembebanan 0,2 kN dan nilai sesudah pembebanan 0,8 kN. Hal ini dilakukan karena nilai tersebut sangat dekat dengan kondisi riilnya, sehingga implementasinya tidak terlalu menyimpang. Hal lain yang perlu diperhatikan adalah nilai CBR diantara beban 0, 2 kN hingga 0,8 kN, sebaiknya digunakan interpolasi nilai yang sudah ada sebanding dengan besarnya nilai beban yang terjadi pada pelat tersebut.

Tabel 4 Rekapitulasi hasil uji pembebanan 0,2 kN

No.	Variasi	Tebal Pelat	Beban 0,2 kN				
			Lendutan				
			1	2	3	4	5
1	Uji Laboratorium	2,1	-0,081667	-0,40833	-0,41000	-0,08500	0,113333
2	Metode Elemen Hingga	2,1	-0,006118	-0,195	-0,40673	-0,13309	-0,00021
	Jarak Titik Tinjau (mm)		15	185	377	555	734

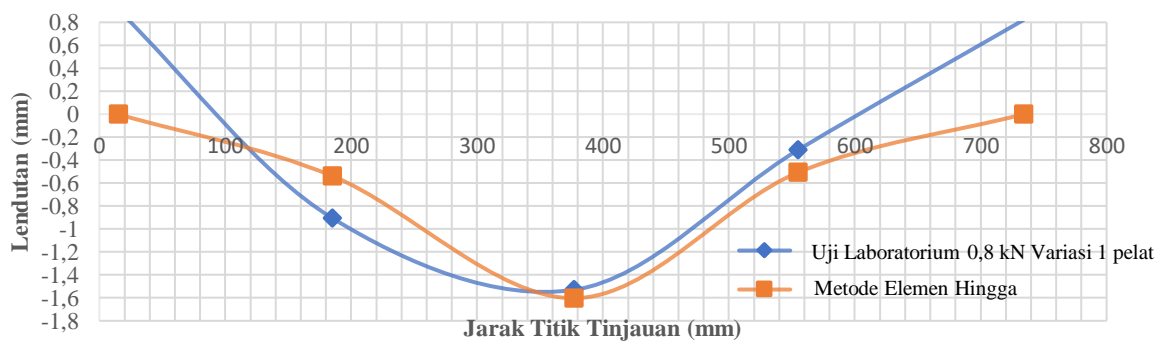


Gambar 8 Hasil uji pembebanan 0,2 kN pada variasi 1 pelat

Hasil analisis MEH diperoleh nilai defleksi pada pelat yang menggambarkan nilai lendutan akibat pembebanan untuk setiap variasi dengan pembebanan 0,2 kN dan 0,8 kN. Rekapitulasi perbandingan nilai defleksi (lendutan) untuk pengujian skala laboratorium dengan analisis MEH menunjukkan hasil yang mendekati, dengan demikian analisis ini dapat digunakan sebagai prediksi awal untuk menentukan kondisi yang sebenarnya. Tabel 4 dan Gambar 8 menunjukkan bahwa pada pembebanan terkecil yaitu 0,2 kN, nilai defleksi pelat dengan cakar pada hasil uji laboratorium diperoleh defleksi mencapai 0,41 mm sedangkan hasil analisis program MEH sebesar 0,40673 mm. Hasil kedua percobaan tersebut menunjukkan kemiripan, dan hal ini dapat membuktikan bahwa dengan perkuatan cakar pada pelat dapat mengurangi nilai defleksi pada pelat tersebut saat pembebanan.

Tabel 5 Rekapitulasi perbandingan hasil uji pembebanan 0,8 kN variasi 1 Pelat

No.	Variasi	Tebal Pelat	Beban 0,8 kN				
			1	2	3	4	5
1	Uji Laboratorium	2,1	0,908	-0,905	-1,530	-0,312	0,820
2	Metode Elemen Hingga	2,1	-0,001	-0,538	-1,603	-0,507	-0,000
Jarak Titik Tinjau (mm)			15	185	377	555	734

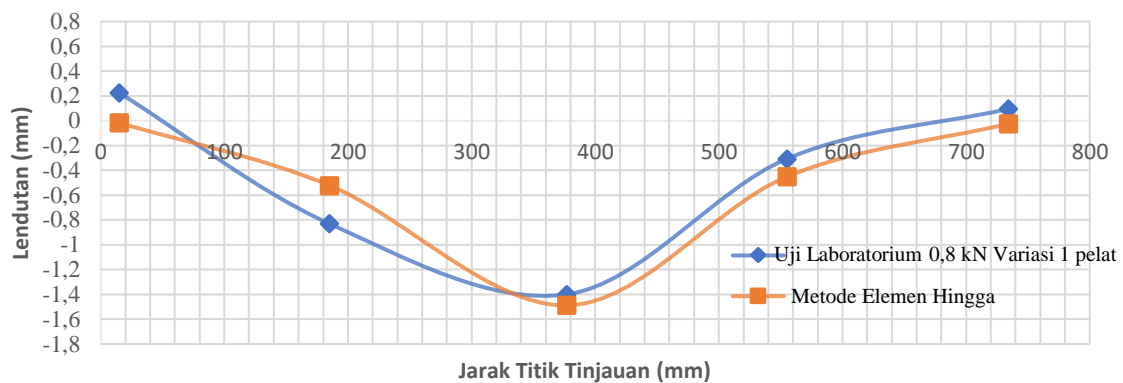


Gambar 9 Rekapitulasi Perbandingan Lendutan Pembebanan 0,8 kN variasi 1 pelat

Tabel 5 menunjukkan bahwa pada pembebanan terbesar yaitu 0,8 kN, nilai defleksi pelat dengan cakar pada hasil uji diperoleh defleksi 1,53 mm, sedangkan hasil analisis MEH sebesar 1,602 mm. Hasil keduanya tersebut menunjukkan kesesuaian dan membuktikan bahwa dengan pemberian cakar pada pelat dapat mengurangi nilai defleksi pada pelat tersebut saat pembebanan. Rekapitulasi hasil uji dan analisis MEH pada Tabel 5 diinterpretasikan pada Gambar 9.

Tabel 6 Rekapitulasi perbandingan hasil uji pembebanan 0,8 kN variasi 3 pelat

No.	Variasi	Tebal Pelat	Beban 0,8 kN				
			1	2	3	4	5
1	Uji Laboratorium	6,3	0,225	-0,830	-1,400	-0,307	0,095
2	Metode Elemen Hingga	6,3	-0,016	-0,521	-1,489	-0,451	-0,025
Jarak Titik Tinjau (mm)			15	185	377	555	734

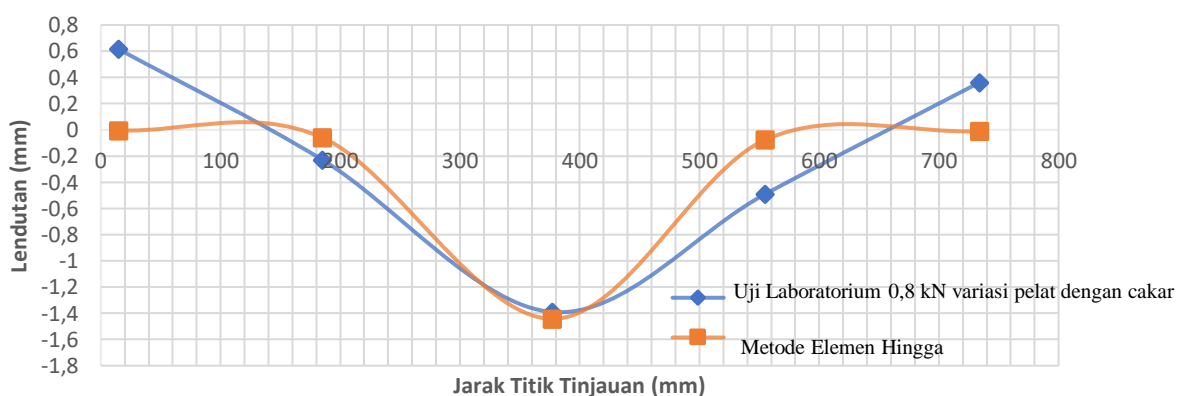


Gambar 10 Rekapitulasi Perbandingan Lendutan Pembebanan 0,8 kN variasi 3 pelat

Tabel 6 menunjukkan bahwa pada pembebanan terbesar yaitu 0,8 kN, nilai defleksi pada variasi 3 pelat pada hasil uji diperoleh defleksi mencapai 1,4 mm, sedangkan hasil analisis MEH sebesar 1,489 mm. Hasil keduanya tersebut menunjukkan kecocokan dan membuktikan bahwa dengan pemberian cakar pada pelat dapat mengurangi nilai defleksi pada pelat tersebut ketika diberikan pembebanan, rekapitulasi hasil uji pada Tabel 6 diinterpretasikan pada Gambar 10. Tabel 7 menunjukkan bahwa pada pembebanan terbesar yaitu 0,8 kN, nilai defleksi pada variasi pelat dengan cakar pada hasil uji diperoleh defleksi mencapai 1,39 mm, sedangkan hasil analisis MEH sebesar 1,442 mm. Hasil keduanya tersebut menunjukkan kecocokan dan membuktikan bahwa dengan pemberian cakar pada pelat dapat mengurangi nilai defleksi pada pelat tersebut ketika diberikan pembebanan. Rekapitulasi hasil uji dan analisis MEH pada Tabel 7 diinterpretasikan pada Gambar 11.

Tabel 7 Rekapitulasi perbandingan hasil uji pembebanan 0,8 kN variasi pelat dengan cakar

No.	Variasi	Tebal Pelat	Beban 0,8 kN				
			1	2	3	4	5
1	Uji Laboratorium	2,1	0,615	-0,228	-1,390	-0,490	0,362
2	Metode Elemen Hingga	2,1	-0,004	-0,059	-1,442	-0,076	-0,010
Jarak Titik Tinjau (mm)			15	185	377	555	734



Gambar 11 Rekapitulasi Perbandingan Lendutan Pembebanan 0,8 kN variasi pelat dengan cakar

Sistem CAM membuktikan bahwa pengaruh pipa cakar berbanding lurus dengan kemampuan sistem mengantisipasi beban yang diterima. Pengaruh beban dapat diuji pada pembebanan pelat tanpa cakar dengan ketebalan yang semakin tebal dan pelat dengan cakar. Hasil uji pembebanan di posisi titik beban yaitu tengah, menunjukkan pengaruh pembebanan uji pelat dengan analisis MEH dapat digunakan sebagai prediksi lendutan model pelat. Hal ini dapat dilakukan terhadap prediksi model skala penuh di lapangan.

Kesimpulan

1. Model pelat uji menunjukkan bahwa kelipatan tebal pelat mendukung kekakuan pelat.
2. Pelat dengan perkuatan cakar berpengaruh dalam kekakuan pelat, nilai lendutan akibat pembebanan pada pelat 3 lapis (tebal 6,3 mm) sebanding dengan pelat 1 lapis (2,1 mm) dengan cakar.
3. Analisis MEH dapat dilakukan untuk memprediksi lendutan akibat pembebanan di tengah pelat, nilai ini sangat mendekati dengan hasil uji pembebanan skala kecil laboratorium.
4. Penggunaan nilai CBR yang digunakan untuk menghitung lendutan adalah nilai terdekat dengan kondisi riilnya, yaitu nilai sebelum pembebanan 0,2 kN dan sesudah pembebanan 0,8 kN.

Saran

1. Pembebanan monotoik diperukan untuk membandingkan dengan pembebanan repetitif, dan sebagai representasi beban parkir.
2. Perlu dilakukan uji model pelat beton agar perilaku lebih dekat dengan kondisi riil perkerasan kaku yang umumnya terbuat dari beton.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariseno, N., M., Medika, A., Setiawan, B., Djarwanti, N., 2019, Pengaruh Pola Pada Sistem Cam Menggunakan Metode Elemen Hingga, *Jurnal Riset Rekayasa Sipil Universitas Sebelas Maret, Surakarta*
- Darestani, M. Y., David P. Thambiratnam And A. Nataatmadja Daksh Baweja, 2006, Experimental Study On Structural Response of Rigid Pavements Under Moving Truck Load, *22nd ARRB Conference – Research Into Practice, Canberra Australia,*
- Firdiansyah, A., 2009, *Evaluasi Dimensi Sistem Cakar Ayam Akibat Pengaruh Variasi Letak Beban dan Kondisi Tanah*, Magister Pengelolaan Sarana Prasarana, Program Pasca Sarjana, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
- Hardiyatmo, C.H., 2006, Permasalahan dan Alternatif Penanganan Perkerasan Jalan pada Tanah Ekspansif, *Seminar Sehari Kaji Terap Konstruksi Jalan di Kabupaten Grobogan*
- Hardiyatmo, C.H., Suhendro B., Adi A., D., 2000, Perilaku Fondasi Cakar Ayam pada Model di Laboratorium Kontribusi untuk Perancangan, Laporan Komprehensif Penelitian Hibah Bersaing Perguruan Tinggi Tahun Anggaran 1998-2000, Lembaga Penelitian Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
- Hetenyi, M., 1974, *Beams on Elastic Foundaton*, The Iniversity of Michigan Press, Ann Arbor, Michigan, USA
- Jannah, A., Setiawan, B., Djarwanti, N., 2019, The Analysis of Modified of Cakar Ayam (CAM) Designed with Concrete Plate Thickness Variation in Soft Soil, *ICETsAS 2018, Journal of Physics: Conference Series, IOP Publishing*
- Manohar K M, P Narasimha Reddy, Siddu Shivaraj Dana, Mahantesh , 2018, Construction of Rigid Pavement, *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), <http://www.ijert.org>, Vol. 7 Issue 05*
- Nawangalam, P., 2008, *Pemodelan Elemen Hingga Sistem Cakar Ayam dengan Analisis Tanah Dasar Non-Linier*, Tesis S-2 Program Pasca Sarjana, UGM, Yogyakarta.
- Pempadi, I., 2000, *Analisis Lendutan Pelat dengan Metode Beams on Elastic Foundation Aplikasi untuk Perancangan Fondasi Cakar Ayam dan Sumuran*, Skripsi, Jurusan Teknik Sipil & Lingkungan, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Puri, A., Hardiyatmo, C.H., Suhendro, B., Rifa'i, A., 2011, Studi Eksperimental Lendutan Pelat yang Diperkuat Tiang-tiang Friksi Pendek pada Lempung Lunak, *Pertemuan Ilmiah Tahunan XIV HATTI, Development of Geotechnical Engineering in Civil Works and Geo-Environment, Yogyakarta*
- Romadoni, 2008, Perilaku Perkerasan Sistem Cakar Ayam Dengan Metode Elemen Hingga, Tugas Akhir S-1 Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan FT UGM, Yogyakarta.
- Sarvesh, PSR, 2020, Rigid and Flexible Pavement Designs in Construction, *International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE), ISSN: 2277-3878, Volume-8 Issue-6,*

- Setiawan, B., Hardiyatmo, C. H., Suhendro, B., Adi, A., D., 2012, Uji Pembebanan dan Pengembangan Model Small Size di Lapangan Sistem Cakar Ayam Modifikasi pada Tanah Ekspansif, *HATTI, Jakarta*
- Setiawan, B., Hardiyatmo, C. H., Suhendro, B., Adi, A., D., 2015, *Perilaku Sistem Cakar Ayam Modifikasi pada Tanah Ekspansif*, Desertasi, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta
- Setiawan, B., Hardiyatmo, C. H., Suhendro, B., Adi, A., D., 2016, Uji Pembebanan pada Model Perkerasan Kaku (rigid pavement) Sistem Cakar Ayam Modifikasi (CAM) Skala Penuh di Lapangan pada Tanah Lunak, *Prosiding Seminar Nasional Geoteknik HATTI, Yogyakarta*
- Setiawan, B. Dananjaya H.I.R.H., Fathurrahman, M., 2020, Pengaruh Perkuatan Tiang Terhadap Stabilitas Timbunan diatas Tanah Lunak Menggunakan Metode Elemen Hingga, *Jurnal Riset Rekayasa Sipil UNS*
- Suhendro, B. dan Supardi, 2006, Cakar Ayam Modifikasi untuk Konstruksi Jalan di atas Tanah Lunak, *Seminar Sehari, Jalan di atas Tanah Lunak, Humas PU*, www.kimpraswil.go.id, download 07.05.07
- Uljarevic, M., Šupic, S., 2016, Comparative Analysis Of Flexible and Rigid Pavement Design, *4th International Conference Contemporary achievements in Civil Engineering*,. Subotica, *SERBIA*
- Yudandi, A., Y., Setiawan, B., Djarwanti, N., 2019, Analisis Lendutan Model Sistem Cakar Ayam Modifikasi dengan Pembebanan Tunggal (Beban Titik), *Jurnal Riset Rekayasa Sipil Universitas Sebelas Maret, Surakarta*