

## ANALISIS LENDUTAN PERKERASAN KAKU PADA PEMBEBANAN TENGAH DAN TEPI DENGAN METODE ELEMEN HINGGA

Vian Prasetya Utomo<sup>1</sup>, Niken Silmi Surjandari<sup>2</sup>, Budi Yulianto<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Magister Teknik, Jurusan teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret Surakarta,  
vianprasetyaa@gmail.com

<sup>2</sup>Dosen Magister Teknik, Jurusan teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret Surakarta,  
nikensilmisurjandari@gmail.com

<sup>3</sup>Dosen Magister Teknik, Jurusan teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret Surakarta,  
budi.yulianto@ft.uns.ac.id

### ABSTRAK

*Perkerasan kaku banyak digunakan pada kondisi tanah dasar yang mempunyai daya dukung rendah. Perkerasan kaku merupakan solusi tepat dalam menangani tanah dasar yang bermasalah. Namun jika tebal dan mutu beton tidak diperhitungkan dengan tepat, akan menghasilkan lendutan yang sangat besar, sehingga menyebabkan cracking, serta pumping dan faulting pada perkerasan. Metode Elemen Hingga adalah salah satu alternatif dalam menganalisis besarnya lendutan akibat pembebanan pusat, dan tepi pelat. Penelitian ini menggunakan pelat berukuran 6x3 m dengan ketebalan 15,20, 25, 30 dan 35 cm dengan pembebanan 8 ton serta dengan mutu beton K250, K300 dan K350 pada pembebanan tengah dan tepi pelat. Pada CBR 5% dengan tebal 15 cm Nilai lendutan maximum pada pelat tengah adalah -0,7630 mm sedangkan pada beban tepi sebesar -1,5646 mm dengan prosentase penurunan 51,23%. Prosentase penurunan pada beban tepi dan tengah sebesar 38%-52%. Sebaran tahanan tanah dasar pada beban tepi lebih sedikit dari pada beban tengah sehingga lendutan menjadi lebih besar. Besarnya nilai lendutan berbanding terbalik dengan mutu beton, CBR dan tebal pelat.*

**Kata kunci:** Lendutan, sap 2000, Perkerasan Kaku, cracking, pumping

### 1. PENDAHULUAN

Pendistribusian barang didominasi transportasi darat. Dengan demikian apabila pendistribusian terhambat maka akan berimbas pada kestabilan ekonomi yaitu akan terjadi kenaikan harga barang dikarenakan biaya operasional yang dikeluarkan mengalami penambahan. Selain itu jika jalan rusak dapat mengurangi kenyamanan dalam berkendara bahkan dapat menyebabkan kecelakaan.

Perkerasan kaku banyak digunakan pada kondisi tanah dasar yang mempunyai daya dukung rendah, atau tanah yang tidak seragam (Surat, 2011). Perkerasan kaku adalah solusi tepat dalam menangani tanah dasar yang bermasalah. Namun jika tebal dan mutu beton tidak diperhitungkan dengan tepat, akan menghasilkan lendutan yang sangat besar, sehingga menyebabkan cracking, serta *pumping* dan *faulting* pada sambungan (Hilyanto, 2013). Kelebihan dari konstruksi perkerasan kaku adalah sifat kekakuan yang mampu menahan beban roda kendaraan dan menyebarkannya ke tanah dasar secara efisien serta mampu mengurangi deformasi pada perkerasan (Suryawan, 2009). Dampak terjadinya lendutan berlebih mengakibatkan retak-retak pada permukaan. Jika retak tidak segera ditangani berakibat pada berkurangnya umur rencana dari konstruksi perkerasan.

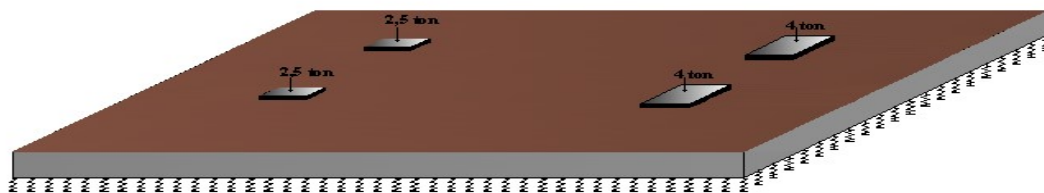
Penggunaan metode elemen hingga banyak digunakan dalam bidang engineering karena hasil yang akurat (Janco, 2010). Metode ini sangat fleksibel karena bentuk struktur yang rumit dan kompleks dapat di sederhanakan menjadi elemen–elemen kecil yang lebih sederhana.

## 2. METODE PENELITIAN

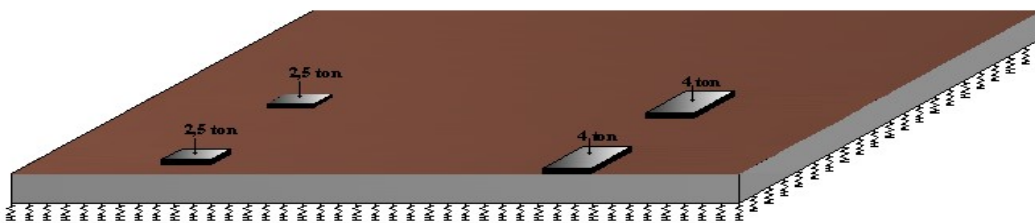
Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode Deskriptif Kuantitatif menggunakan pemodelan dengan program Sap-2000 v.14 untuk mendapatkan nilai lendutan pada pembebanan tengah dan tepi. Model berupa pelat berukuran 6x3 m dengan ketebalan 15,20, 25, 30 dan 35 cm dengan mutu beton K250, K300 dan K350 pada nilai CBR 5%, 10%, 15%, 20%, 25% dan 30% serta dengan beban 8 ton. Tahapan penelitian ini yaitu dengan melakukan analisis dengan membuat model pada program Sap-2000 v.14. dengan dilakukan variasi mutu beton, tebal pelat, dan nilai CBR. Output berupa besarnya lendutan perkerasan pada setiap pembebanan terhadap variasi penelitian.

## 3. ANALISIS

Hasil yang didapatkan dalam penelitian ini berupa grafik hasil lendutan tanah pada potongan melintang pelat akibat beban 8 ton pada pembebanan tengah dan tepi dengan variasi tebal pelat (15, 20, 25, 30 dan 35 cm) dan mutu beton (K250, K300, dan K350) dengan nilai CBR (5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30%). Gambar penampang model disajikan dalam gambar 1 dan 2.



Gambar 1. Penampang model beban di tengah



Gambar 2. Penampang model beban di tepi

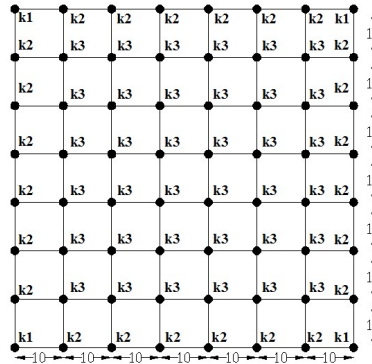
Tanah dasar (*subgrade*) yang dipakai sebagai tumpuan lapisan perkerasan jalan diasumsikan sebagai tumpuan elastis yang dimodelkan sebagai tumpuan spring. Nilai kekakuan spring dihitung berdasarkan model tumpuan pegas disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai Kekakuan Spring Berdasarkan CBR

No	CBR%	k (psi/in)	k (kg/cm <sup>3</sup> )	k1 (kg/cm <sup>1</sup> )	k2 (kg/cm <sup>1</sup> )	k3 (kg/cm <sup>1</sup> )
1	5	140	3.877	96.920	193.840	387.681
2	10	200	5.538	138.457	276.915	553.830
3	15	225	6.231	155.765	311.529	623.059
4	20	250	6.923	173.072	346.144	692.287
5	25	285	7.615	190.379	380.758	761.516
6	30	325	9.000	224.993	449.987	899.974

Dalam analisis ini jarak antar tumpuan spring arah memanjang dan melintang sebesar 10 cm. Berdasarkan data tersebut maka nilai kekakuan spring k1,k2,dan k3 dapat dilihat pada gambar 3 dan dapat dihitung sebagai berikut:

- $k_1 = 5,00 \times 5,00 \times 3,877 = 96,920 \text{ Kg/cm}^2$
- $k_2 = 5,00 \times 10,00 \times 3,877 = 193,840 \text{ Kg/cm}^2$
- $k_3 = 10,00 \times 10,00 \times 3,877 = 387,681 \text{ Kg/cm}^2$

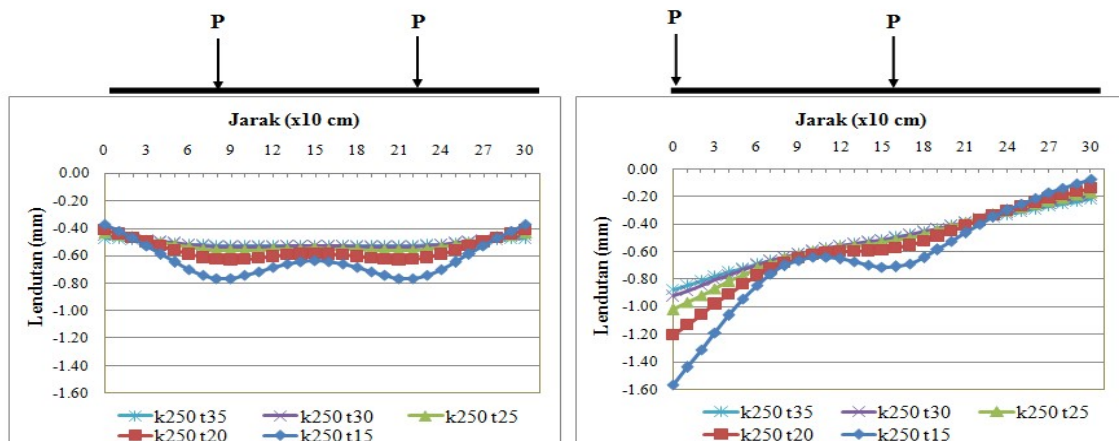


Gambar 3. Model Tumpuan Spring pada Perkerasan jalan k1, k2 dan k3.

### Lendutan Pelat

Deformasi atau lendutan pada tanah dasar memberikan gambaran tentang perubahan bentuk dari suatu struktur perkerasan dalam keadaan elastis. Lendutan ijin merupakan batas kritis dari suatu perkerasan dimana apabila lendutan ijin sudah dilampaui maka struktur perkerasan tersebut dianggap gagal secara struktural dan tidak layak desain.

Lendutan maximum yang diijinkan pada tanah dasar struktur perkerasan adalah 2,5 cm (Bowles, 1998). Berikut analisis besaran lendutan pada tanah dasar dibawah struktur perkerasan pada beban ditengah dan ditepi dengan mutu beton K250 yang disajikan disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. diagram lendutan pada pelat pada pembebanan tengah dan tepi

Lendutan maksimum terbesar pada beban tengah terletak pada tebal 15cm sebesar -0,7630 mm sedangkan pada beban tepi sebesar -1,5646 mm dengan presentase penurunan sebesar

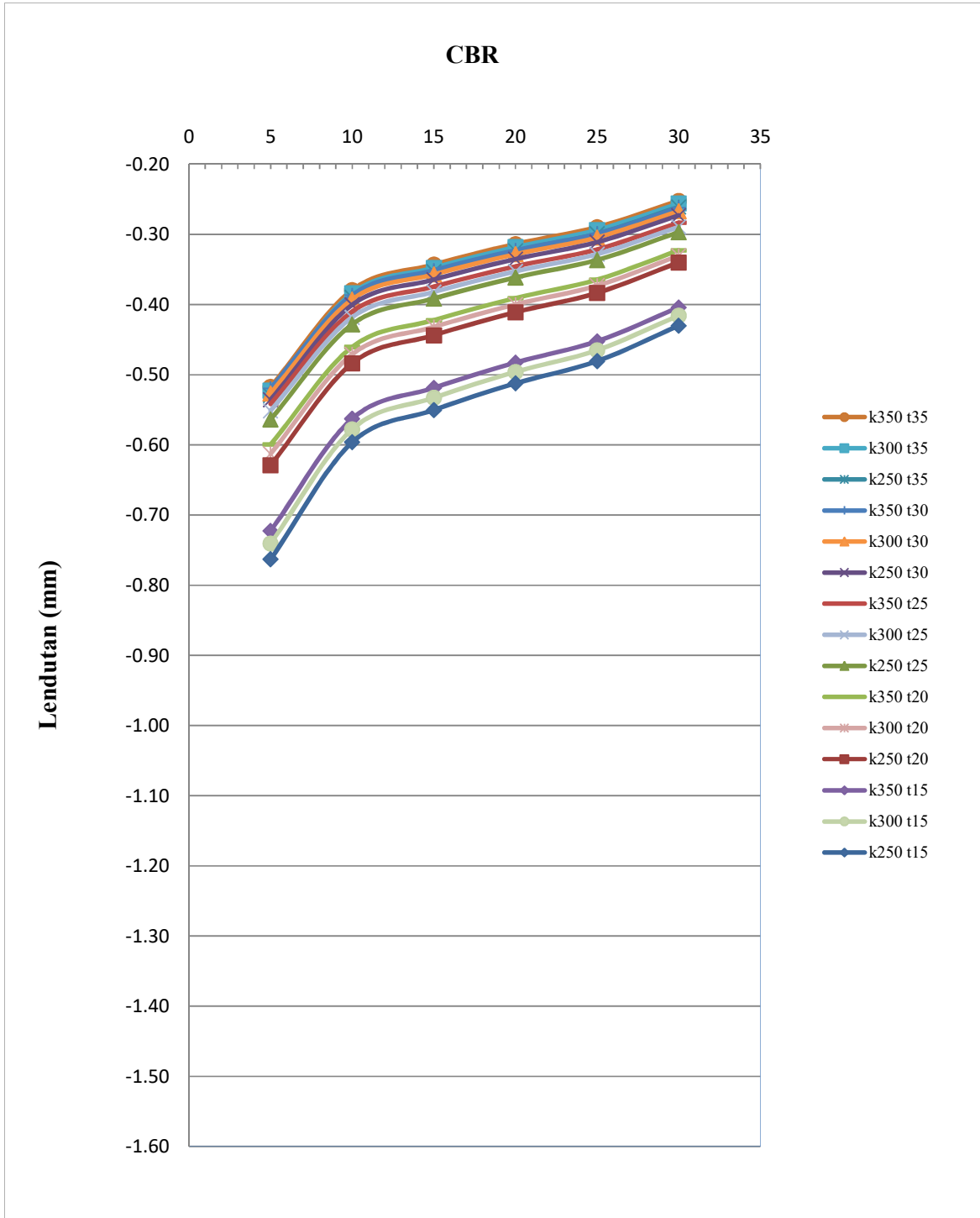
51,23%. Hasil analisis lendutan maksimum pada beban tengah dan tepi dapat dilihat pada tabel 2 dan tabel 3, dan gambar lendutan maksimum pada mutu beton K250 sampai K350 dapat terlihat pada gambar 5 dan gambar 6.

Tabel 2. Lendutan maksimum pada beban tengah

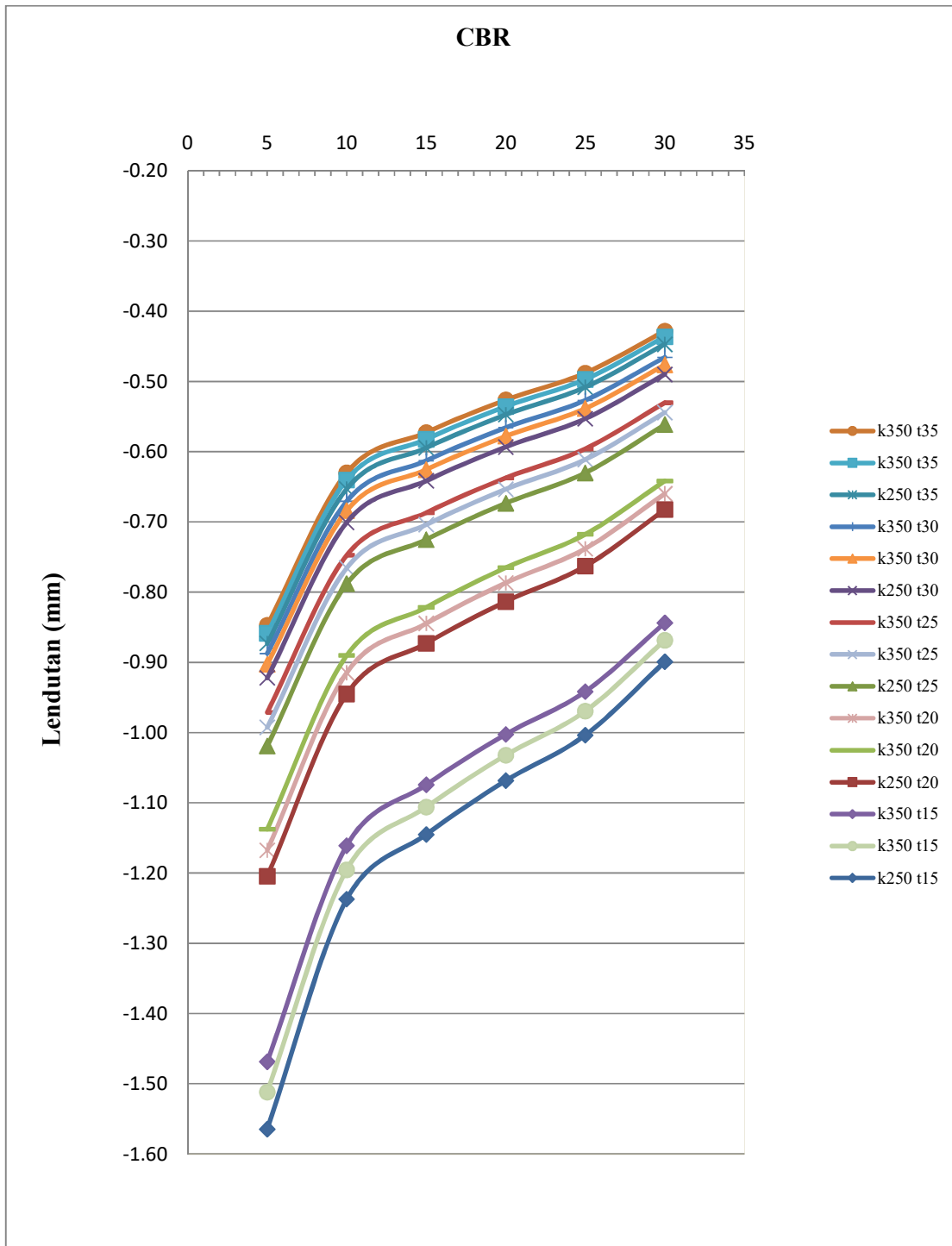
Tebal (cm)	Mutu Beton	Lendutan Tengah (mm)					
		CBR 5%	CBR 10%	CBR 15%	CBR 20%	CBR 25%	CBR 30%
15	K250	-0.7630	-0.5962	-0.5502	-0.5124	-0.4806	-0.4300
	K300	-0.7404	-0.5777	-0.5328	-0.4959	-0.4649	-0.4157
	k350	-0.7226	-0.5626	-0.5187	-0.4826	-0.4523	-0.4041
20	K250	-0.6289	-0.4837	-0.4438	-0.4110	-0.3834	-0.3399
	K300	-0.6127	-0.4709	-0.4319	-0.3999	-0.3730	-0.3304
	k350	-0.5995	-0.4604	-0.4222	-0.3908	-0.3645	-0.3228
25	K250	-0.5636	-0.4281	-0.3914	-0.3615	-0.3364	-0.2968
	K300	-0.5513	-0.4181	-0.3821	-0.3527	-0.3281	-0.2894
	k350	-0.5414	-0.4099	-0.3745	-0.3455	-0.3214	-0.2833
30	K250	-0.5355	-0.4003	-0.3644	-0.3352	-0.3110	-0.2730
	K300	-0.5265	-0.3926	-0.3571	-0.3283	-0.3044	-0.2670
	k350	-0.5193	-0.3864	-0.3511	-0.3226	-0.2990	-0.2621
35	K250	-0.5293	-0.3899	-0.3531	-0.3235	-0.2989	-0.2608
	K300	-0.5226	-0.3840	-0.3475	-0.3181	-0.2938	-0.2560
	k350	-0.5172	-0.3792	-0.3430	-0.3137	-0.2896	-0.2521

Tabel 3. Lendutan maksimum pada beban tepi

Tebal (cm)	Mutu Beton	Lendutan Tepi (mm)					
		CBR 5%	CBR 10%	CBR 15%	CBR 20%	CBR 25%	CBR 30%
15	K250	-1.5646	-1.2372	-1.1450	-1.0684	-1.0036	-0.8992
	K300	-1.5118	-1.1952	-1.1061	-1.0321	-0.9694	-0.8686
	k350	-1.4688	-1.1608	-1.0743	-1.0024	-0.9415	-0.8437
20	K250	-1.2047	-0.9450	-0.8729	-0.8133	-0.7630	-0.6825
	K300	-1.1675	-0.9147	-0.8446	-0.7868	-0.7380	-0.6600
	k350	-1.1374	-0.8900	-0.8216	-0.7652	-0.7176	-0.6416
25	K250	-1.0193	-0.7881	-0.7251	-0.6734	-0.6301	-0.5614
	K300	-0.9926	-0.7656	-0.7039	-0.6534	-0.6112	-0.5441
	k350	-0.9712	-0.7475	-0.6869	-0.6373	-0.5958	-0.5301
30	K250	-0.9222	-0.7008	-0.6415	-0.5932	-0.5530	-0.4898
	K300	-0.9027	-0.6840	-0.6255	-0.5780	-0.5385	-0.4764
	k350	-0.8872	-0.6705	-0.6127	-0.5658	-0.5268	-0.4656
35	K250	-0.8731	-0.6529	-0.5945	-0.5473	-0.5082	-0.4470
	K300	-0.8586	-0.6401	-0.5823	-0.5356	-0.4969	-0.4366
	k350	-0.8470	-0.6300	-0.5726	-0.5263	-0.4879	-0.4282



Gambar 5. Lendutan maksimum pelat pada pembebanan tengah



Gambar 6. Lendutan maksimum pelat pada pembebanan tepi

Perbandingan lendutan akibat beban tepi dan tengah dapat dilihat dalam tabel 4.

Tabel 4. Perbandingan lendutan beban tepi dan tengah

Tebal (cm)	Mutu Beton	Prosentase Lendutan (%)					
		CBR 5%	CBR 10%	CBR 15%	CBR 20%	CBR 25%	CBR 30%
15	K250	51.2326	51.8074	51.9472	52.0469	52.1143	52.1765
	K300	51.0259	51.6660	51.8291	51.9520	52.0421	52.1476
	K350	50.8040	51.5326	51.7136	51.8545	51.9624	52.1025
20	K250	47.7944	48.8147	49.1608	49.4711	49.7501	50.1930
	K300	47.5188	48.5204	48.8640	49.1741	49.4545	49.9420
	K350	47.2921	48.2749	48.6150	48.9234	49.2039	49.6945
25	K250	44.7131	45.6740	46.0132	46.3255	46.6146	47.1344
	K300	44.4593	45.3918	45.7217	46.0262	46.3086	46.8184
	K350	44.2507	45.1601	45.4819	45.7794	46.0559	46.5562
30	K250	41.9321	42.8728	43.1930	43.4885	43.7633	44.2623
	K300	41.6782	42.6066	42.9181	43.2054	43.4724	43.9579
	K350	41.4697	42.3801	42.6916	42.9725	43.2334	43.7075
35	K250	39.3762	40.2836	40.6035	40.8999	41.1769	41.6540
	K300	39.1334	40.0182	40.3286	40.6158	40.8838	41.3634
	K350	38.9325	39.7998	40.1030	40.3830	40.6438	41.1207

#### 4. PEMBAHASAN

Dari hasil analisis posisi pembebanan pusat, menghasilkan lendutan tanah terbesar pada tengah bentang sedangkan pembebanan tepi lendutan maksimum berada di tepi. Tanah dasar yang menahan pelat saat pembebanan tepi hanya sumbu z dan sumbu x negatif, sedangkan pada beban tengah tanah dasar sumbu x dan sumbu z menahan semua sehingga lendutan pada beban tepi lebih besar dari pada lendutan pada pembebanan tengah.

##### Pengaruh Lokasi Pembebanan

Lokasi pembebanan memberikan pengaruh yang sangat besar terhadap lendutan. Pembebanan ditepi memberikan nilai defleksi tertinggi sebesar 1,5646 mm pada mutu beton K250 tebal 15 cm. Prosentase penurunan beban tepi dan tengah sebesar 39%-52%.

##### Pengaruh Mutu Beton

Mutu beton pelat yang digunakan dalam analisis ini adalah K250, K300 dan K350. Hasil dari perhitungan menunjukkan bahwa peningkatan mutu beton pada pelat dapat mengurangi lendutan pelat, semakin bagus mutu beton mempengaruhi besarnya Modulus Young Pelat yang mampu menahan pelat sehingga lendutan semakin kecil.

##### Pengaruh Ketebalan Pelat

Tebal pelat yang digunakan dalam analisis ini adalah 15 cm, 20 cm, 25 cm, 30 cm dan 35 cm. Hasil dari perhitungan menunjukkan bahwa penambahan ketebalan pelat mampu mengurangi lendutan pelat yang sangat signifikan, semakin tebal pelat maka kekakuan akan semakin tinggi sehingga lendutan mengecil.

## 5. SIMPULAN

Berdasarkan analisis data dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- a. Lokasi pembebanan berpengaruh terhadap nilai defleksi. Beban ditepi pada CBR 5% pada tebal pelat 15 cm memberikan nilai defleksi tertinggi. Prosentasi penurunan sebesar 51,23%.
- b. Besarnya mutu beton sangat berpengaruh terhadap nilai lendutan pelat. Semakin besar mutu beton semakin kecil Lendutan yang terjadi pada plat perkerasan.
- c. Semakin tebal pelat maka kekakuan akan semakin tinggi sehingga lendutan mengecil.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aleš Florian, Lenka Ševelová, and Rudolf Hela. (2012), Statistical Analysis of Stresses in Rigid Pavement. *International Journal of Civil and Environmental Engineering*, 63, 867-873.
- Bowles, Joseph E. (1989). Sifat-sifat fisis dan geoteknis tanah, Erlangga, Jakarta.
- Hardiatmo HC, (2008). “Sistem Plat Terpaku Untuk Perkuatan Pelat Beton Pada Perkerasan kaku”. Seminar Nasional Teknologi Tepat Guna Sarana dan Prasarana di Indonesia, Jogjakarta.
- Hilyanto, R.R. (2013). Simulasi Perilaku Pelat Beton Sebagai Perkerasan Kaku Di Atas Tanah Subgrade dengan Menggunakan Metode Elemen Hingga. *e-Jurnal Matriks Teknik Sipil*, 1, 424-431.
- Islam.M, (2014). Using Of Finite Element In Developing A New Method For Rigid Pavement Analysis, *International Journal, Civil Engineering And Technology*, 5, 69-75.
- Janco, Roland. (2010). “Solution Methods for Beam and Frames on Elastic Foundation Using the Finite Element Method”, International Scientific Conference MSFE, Ostrava, Czech Republik, 13 September 2010.
- Meshram, K., Goliya and Poddar A. (2013). Stress Analysis and Determination of Effective k-value for Rigid Pavement. *International Journal of Engineering Science and Technology*, 5(03),468-474.
- Maske, N.A, Anandkumar, A & Majumder, A. (2013). Analysis of rigid pavement stresses by Finite Element Method & Westergaard’s Method by varying sub-grade soil properties. *International Journal of Engineering Science Invention*, 2 (3).
- Padmono, Handi. (2007). Desain Kontruksi Plat dan Rangka Beton Bertulang Dengan Sap 2000 Versi 9, Andi, Jogjakarta.
- Suhendro, B. (2000). Metode Elemen Hingga Dan Aplikasinya. Jurusan Teknik Sipil. Universitas Gajah Mada. Jogjakarta
- Surat. (2011). Analisis struktur perkerasan jalan Di atas tanah ekspansif. Thesis. Jurusan Teknik Sipil. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Suryawan, Ary, (2009). Perkerasan jalan Beton Semen Portland (Rigid Pavement).Beta Offside. Yogyakarta