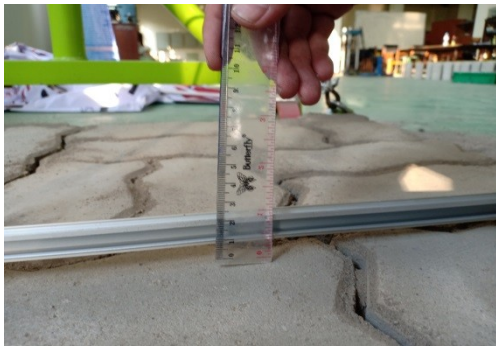
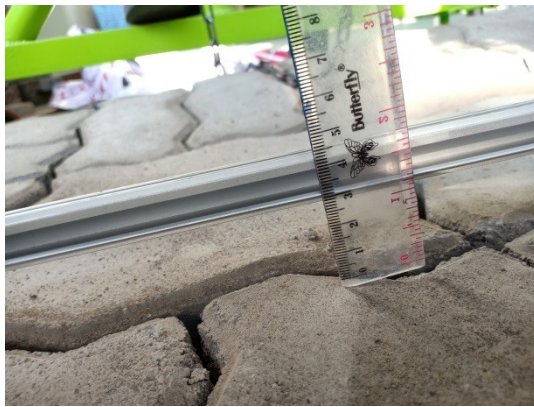


LAMPIRAN

Lampiran I





PENGARUH VARIASI BENTUK *PAVING BLOCK* TERHADAP KUAT TEKAN

Arie Putra

Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Riau
Tel. 076166596, Pekanbaru 28293 – Riau, E-mail: Arie_200789@yahoo.co.id

Alex Kurniawandy

Dosen Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Riau
Tel. 076166596, Pekanbaru 28293 – Riau, E-mail: Alexkurniawandy@gmail.com

Azhari

Dosen Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Riau
Tel. 076166596, Pekanbaru 28293 – Riau, E-mail: Azhari@unri.ac.id

ABSTRACT

The purpose of this research is to know the effect of paving block original shape variations and test shape of paving block with SNI standard 03-0691-1996 against compressive strength. Mix design of paving block in this research used proctor methods with cement ratio and fine aggregate allowed 1 : 2,857. Beam specimen with dimension 20×10×8 cm and cube with dimension 8×8×8 cm and hexagon specimens with lateral side dimension 10 cm and heavy 8 cm and then cube with dimension 8×8×8 cm for testing of compressive strength, while the specimen of beam with dimension 20×10×8 cm and specimen of hexagon with lateral dimension 10 cm and heavy 8 cm for testing of water absorption with total specimen 46 sample. The testing of compressive strength and water absorption conducted at 28 days. The result of compressive strength value was produced by testing of compressive strength with compression machine and the test of ultrasonic pulse velocity (UPV) towards specimen of original shape and specimen of cube shape with SNI standard. The result of the research showed that testing result of compression strength with compression machine between original shape of paving block and cube shape with SNI standard there were significant differences. Compressive strength of specimen beam with dimension 20×10×8 cm with cube with dimension 8×8×8 cm and specimen of hexagon with lateral dimension 10 cm and heavy 8 cm and cube with dimension 8×8×8 cm were obtained for each of it 39,58 MPa ; 34,22 MPa ; 53,50 MPa dan 32,89 MPa. The Average of water absorption that was obtained for the beam specimen and hexagon were respectively 2,66 dan 2,62%.

Keywords: paving block, original shape, cube shape, compressive strength, UPV, compression machine, water absorption and proctor method.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi membawa pengaruh terhadap kemajuan di segala bidang terutama bidang pembangunan. Salah satunya adalah beton, karena beton banyak dipakai secara luas sebagai bahan bangunan. Bahan tersebut diperoleh dengan cara mencampurkan semen portland, air, dan agregat pada perbandingan tertentu. Dengan adanya perkembangan

IPTEK maka mortar beton dapat dicetak kedalam bentuk *concrete block* dengan ukuran dan bentuk yang bervariasi, diantaranya adalah *paving block*. Ditinjau dari sisi lain, sekarang ini fungsi rumah tidak lagi hanya sekedar melindungi dari hujan dan panas, melainkan juga sebagai tempat yang bersih, sehat dan indah. Salah satu cara membuat ruang yang bersih dan indah di halaman, di tempat parkir adalah dengan menggunakan *paving block*.

Bentuk *paving block* ada beberapa macam tergantung dari cetakannya. Diantara berbagai macam alternatif bahan penutup tanah, *paving block* lebih banyak memiliki variasi, baik dari segi bentuk, ukuran, warna, corak dan tekstur permukaan, serta kekuatan. Namun belum diketahui secara pasti apakah variasi dari bentuk *paving block* tersebut berpengaruh terhadap kuat tekan masing-masing variasi bentuk. Oleh karena itu perlu dianalisis hubungan antara variasi bentuk *paving block* dan kuat tekannya. Berdasarkan SNI 03-0691-1996, *paving block* yang digunakan untuk standar pengujian adalah *paving block* yang berbentuk kubus, sedangkan banyak produsen *paving block* menguji dengan bentuk yang bervariasi sesuai dengan bentuk asli *paving block* setelah dicetak. Penelitian ini akan menganalisis pengaruh kuat tekan *paving block* yang diuji dalam bentuk yang bervariasi dengan kuat tekan *paving block* yang diuji berdasarkan bentuk standar uji yang ditetapkan oleh SNI 03-0691-1996.

1.1 Standar Mutu *Paving Block*

Standar mutu yang harus dipenuhi *paving block* menurut SNI 03-0691-1996 adalah sebagai berikut :

1. Sifat tampak *paving block* untuk lantai harus mempunyai bentuk yang sempurna, tidak terdapat retak-retak dan cacat, bagian sudut dan rusuknya tidak mudah direpihkan dengan kekuatan jari tangan,
2. Bentuk dan ukuran *paving block* untuk lantai tergantung dari persetujuan antara pemakai dan produsen. Setiap produsen memberikan penjelasan tertulis dalam *leaflet* mengenai bentuk, ukuran, dan konstruksi pemasangan *paving block* untuk lantai,
3. Penyimpangan tebal *paving block* untuk lantai diperkenankan kurang lebih 3 mm,
4. *Paving block* untuk lantai harus mempunyai kekuatan fisik seperti Tabel 1 berikut :

Tabel 1. Kekuatan fisik *Paving block*.

Mutu	Kuat Tekan (MPa)		Ketahanan Aus (mm/menit)		Penyerapan Air Rata-Rata Maks. (%)
	Rata-rata	Min	Rata-rata	Min	
A	40.0	35.0	0.0090	0.103	3
B	20.0	17.0	0.1300	1.149	6
C	15.0	12.5	0.1600	1.184	8
D	10.0	8.5	0.2190	0.251	10

Sumber : SNI 03-0691-1996

1.2 Material Penyusun *Paving Block*

1. Semen *Portland* (PC)

Semen *Portland* adalah semen hidraulis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan *klinker* yang terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidraulis, dan bahan tambahan berupa *gypsum* (SII 0013-1981).

2. Agregat Halus

Agregat halus atau pasir diartikan sebagai butiran-butiran mineral yang bentuknya mendekati bulat dengan ukuran butiran lebih kecil dari 4,75 mm atau lolos saringan no. 4 standar ASTM C 33. Agregat halus dapat berupa pasir alam, pasir olahan atau gabungan dari kedua pasir tersebut. Adapun kegunaan pasir adalah sebagai unsur dominan pembentuk *paving block*.

3. Air

Air merupakan bahan pembuat beton yang sangat penting namun harganya paling murah. Air diperlukan untuk bereaksi dengan semen sehingga terjadi reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya proses pengerasan pada beton, serta untuk menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat agar mudah dikerjakan dan dipadatkan.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Pemeriksaan dan Pengujian Bahan Susun *Paving Block*

Pengujian karakteristik sifat material penyusun *paving block* mengacu kepada standar pengujian karakteristik sifat material penyusun beton karena belum ada standar

yang mengatur tentang spesifikasi material penyusun *paving block*.

a) Semen

Semen yang digunakan pada penelitian ini adalah semen padang PCC dengan berat jenis $3,15 \text{ g/cm}^3$. Pada semen tidak dilakukan pengujian karena semen yang digunakan telah memenuhi standar uji sesuai dengan standar ASTM C-150-94 untuk semen portland.

b) Agregat Halus

1. Pemeriksaan Berat Jenis dan Absorpsi (SNI 03-1970-1990)

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menentukan *specific gravity* dan penyerapan (*absorption*) dari agregat halus. Nilai ini diperlukan untuk menetapkan besarnya komposisi volume agregat halus dalam adukan beton.

2. Pemeriksaan Berat Volume (SNI 03-4804-1998)

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menentukan berat isi agregat yang didefinisikan sebagai perbandingan antara berat material kering dengan volumenya.

3. Pemeriksaan Kadar Air (SNI 03-1971-1990)

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menentukan Kadar air agregat dengan cara pengeringan. Nilai kadar air digunakan untuk koreksi takaran air campuran beton yang disesuaikan dengan kondisi agregat di lapangan.

4. Pemeriksaan Bahan Lolos Saringan No. 200 (SNI 03-4142-1996)

Pemeriksaan bahan lolos saringan no. 200 bertujuan untuk menentukan persentase jumlah bahan dalam agregat yang lolos saringan nomor 200 dengan cara pencucian sampai air pencucian menjadi jernih.

5. Analisa Saringan (SNI 03-1968-1990)

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menentukan gradasi atau distribusi besaran atau jumlah persentase butiran agregat.

Distribusi butiran pada agregat diperlukan dalam perencanaan campuran *paving block*.

2.2 Perencanaan Campuran dengan Metode Proktor

Pada penelitian ini digunakan metode proktor untuk merencanakan campuran *paving block*, metode proktor bertujuan untuk menentukan kepadatan maksimum dari suatu campuran pada kadar air yang optimum. Metode proktor digunakan karena prinsip pembuatan *paving block* di lapangan menggunakan alat pemadat/ mesin pemadat dan kadar air yang digunakan adalah kadar air optimum (tidak dalam keadaan jenuh seperti beton).

Dalam metode proktor ini direncanakan untuk menentukan jumlah semen, pasir, dan abu batu dalam kepadatan yang maksimum, sedangkan air dalam jumlah yang optimum, adapun metode percobaan proktor yang dilakukan di laboratorium yaitu dicoba bermacam-macam variasi campuran semen, pasir, dan abu batu agar didapatkan kepadatan maksimum.

Pemadatan campuran semen dan agregat halus di laboratorium dimaksudkan untuk menentukan kadar air optimum dan kepadatan kering maksimum. Kadar air dan kepadatan maksimum ini dapat digunakan untuk menentukan syarat yang harus dicapai pada pekerjaan pemadatan tanah di lapangan. Setelah didapat campuran dari pengujian proktor, selanjutnya sampel dibuat di pabrik pembuat *paving block* Riau Jaya Paving, sampel dirawat di Laboratorium Teknologi Bahan Universitas Riau untuk selanjutnya diuji. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian kuat tekan dengan *compression machine* dan pengujian *ultrasonic pulse velocity (UPV)* pada umur 28 hari.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pemeriksaan Agregat Halus

Paving block merupakan bahan campuran yang terdiri dari agregat halus, semen, dan air. Agregat halus yang digunakan dalam campuran *paving block* ada dua yaitu pasir dan pecahan batu. Hasil pemeriksaan agregat halus dilakukan di Laboratorium Teknologi Bahan Fakultas Teknik Universitas

Riau. Pengujian dilakukan untuk mengetahui karakteristik dan spesifikasi agregat halus, dimana hasil karakteristik agregat halus yang didapat merupakan hasil pencampuran antara 50% pasir kasar dan 50% abu batu. Komposisi perbandingan campuran pasir kasar dan abu batu didapat dari gradasi pasir yang baik dari pengujian analisa saringan agregat halus. Hasil pemeriksaan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pemeriksaan uji karakteristik dasar material agregat halus

No.	Jenis Pemeriksaan	Hasil Pemeriksaan
1.	Modulus kehalusan	3,57
2.	Berat jenis (g/cm^3)	
	a. <i>Apparent specific gravity</i>	2,72
	b. <i>Bulk specific gravity on dry</i>	2,49
	c. <i>Bulk specific gravity on SSD</i>	2,58
	d. <i>% water absorption (%)</i>	3,39
3.	Kadar air (%)	6,36
4.	Berat volume (g/cm^3)	
	a. Kondisi padat	1,71
	b. Kondisi lepas	1,53
5.	Bahan lolos saringan no. 200 (%)	3,11

Sumber: Data Penelitian 2012

3.2 Hasil Mix Design Paving Block

Untuk merencanakan campuran *paving block* maka digunakan metode proktor (pengujian kepadatan). Kekuatan *paving block* bergantung pada campuran serta proses pemadatan oleh mesin press *paving block*. Karena proses pembuatan *paving block* dilapangan sama dengan pengujian proktor maka dalam penelitian ini digunakan metode proktor untuk menentukan campuran bahan penyusun *paving block*.

Pengujian ini dilakukan untuk menentukan jumlah semen, agregat halus (pasir dan pecahan batu) dan air agar tercapai kepadatan yang maksimum. Pengujian proktor dilakukan tiga variasi campuran pasir dan pecahan batu yaitu 50% pecahan batu dan 50% pasir, 30% pecahan batu dan 70% pasir, serta 70% pecahan batu dan 30% pasir. Campuran untuk pembuatan *paving block* di lapangan adalah pada variasi campuran yang memiliki kepadatan kering (ρ_d) maksimum.

Dari ketiga variasi campuran proktor diatas, maka didapatkan kepadatan kering maksimum seperti terlihat pada Tabel 3 dibawah ini.

Tabel 3. Nilai kepadatan kering maksimum dari variasi abu batu dan pasir

No.	Variasi	Semen (%)	Kepadatan Kering Maksimum, ρ_d (g/cm^3)
1	AB 50% : P 50%	35	2,806
2	AB 30% : P 70%	35	2,797
3	AB 70% : P 30%	40	2,787

Sumber: Data Penelitian 2012

Keterangan :

AB = Abu batu

P = Pasir

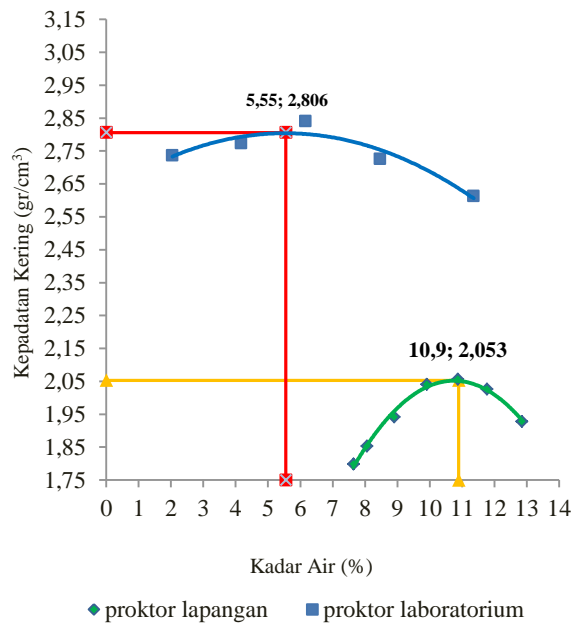
ρ_d = Kepadatan kering

Setelah dilakukan pembuatan *paving block* di Riau Jaya Paving dengan penggunaan air 5,55%, *paving block* yang dihasilkan belum bisa dicetak, disemua sisi *paving block* terjadi retak bahkan pecah, hal ini disebabkan karena jumlah air yang terkandung didalam *paving block* tidak cukup untuk membuat semen beraksi untuk mengikat agregat karena seperti yang diketahui semen memerlukan jumlah air tertentu untuk terjadinya reaksi ikat terhadap agregat. *Paving block* dengan kadar air 5,55% seperti Gambar 1.



Gambar 1. *Paving block* dengan kadar air 5,55%

Oleh karena itu perlu dilakukan pengujian proktor lapangan untuk menentukan kadar air yang pas untuk menghasilkan *paving block*. Proktor lapangan ini dilakukan di perusahaan pembuat *paving block*. Dari hasil pengujian proktor lapangan didapatkan kepadatan kering maksimum yaitu $2,053 \text{ g/cm}^3$ dan kadar air yang didapatkan adalah 10,9%. Grafik perbandingan hasil proktor lapangan dengan proktor laboratorium seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Perbandingan proktor laboratorium dengan proktor lapangan

3.3 Hasil Pengujian Kuat Tekan *Paving Block*

a) Hasil pengujian kuat tekan *paving block* dengan alat *Ultrasonic Pulse Velocity (UPV)*

Pengujian ini dilakukan terhadap 10 buah benda uji dari masing-masing variasi bentuk *paving block* berbentuk balok dan segi enam serta 10 buah benda uji yang berbentuk kubus dengan dimensi $8 \times 8 \times 8 \text{ cm}$ yang merupakan perwakilan dari masing-masing variasi bentuk *paving block*. Pengujian dilakukan dari berbagai sisi dari setiap benda uji sehingga dihasilkan nilai rata-rata untuk setiap benda uji.

Analisa dilakukan dengan membandingkan nilai kuat tekan bentuk asli *paving block* dan bentuk standar SNI. Dapat dilihat dari hasil kuat tekan rata-rata yang

didapat dari setiap variasi bentuk *paving block* tidak terjadi perbedaan yang signifikan, hal ini terjadi karena nilai kuat tekan yang didapat pada pengujian *UPV* tidak secara langsung terpengaruh oleh variasi bentuk serta dimensi benda uji. Nilai kuat tekan rata-rata dari pengujian *UPV* dapat dilihat pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Nilai Kuat Tekan uji *UPV* rata-rata *paving block*

Benda Uji	Bentuk dan Dimensi	Nilai Kuat Tekan <i>UPV</i> Rata-rata
		(MPa)
<i>Paving Block</i> Balok	Bentuk asli : Balok	23,48
	Bentuk Standar SNI : Kubus	27,94
<i>Paving Block</i> Segi Enam	Bentuk asli : Segi Enam	24,83
	Bentuk Standar SNI : Kubus	23,45

Sumber : Data Penelitian 2012

b) Hasil pengujian kuat tekan *paving block* dengan *compression machine*

Pengujian ini dilakukan terhadap 10 buah benda uji dari masing-masing variasi bentuk *paving block* berbentuk balok dan segi enam serta 10 buah benda uji yang berbentuk kubus dengan dimensi $8 \times 8 \times 8 \text{ cm}$ yang merupakan perwakilan dari masing-masing variasi bentuk *paving block*.

Analisa dilakukan dengan membandingkan nilai kuat tekan bentuk asli *paving block* dan bentuk kubus. Dapat dilihat dari hasil kuat tekan rata-rata yang didapat dari setiap variasi bentuk *paving block* terjadi perbedaan yang signifikan, hal ini terjadi karena nilai kuat tekan yang didapat pada pengujian sangat dipengaruhi oleh variasi bentuk serta dimensi benda uji khususnya rasio perbandingan luas bidang tekan dengan tinggi benda uji. Nilai kuat tekan rata-rata dari pengujian kuat tekan dapat dilihat pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5. Nilai kuat tekan rata-rata *paving block*

Benda Uji	Bentuk dan Dimensi	Nilai Kuat Tekan Rata-rata
		(MPa)
<i>Paving Block</i> Balok	Bentuk asli : Balok	39,58
	Bentuk Standar SNI : Kubus	34,22
<i>Paving Block</i> Segi Enam	Bentuk asli : Segi Enam	53,50
	Bentuk Standar SNI : Kubus	32,89

Sumber : Data Penelitian 2012

Untuk itu dapat dibuat hubungan konversi dari bentuk uji asli terhadap bentuk uji kubus standar SNI dengan membandingkan nilai kuat tekan uji dengan *compression machine* antara kedua bentuk pengujian.

- 1) Faktor konversi bentuk dari *paving block* ukuran $20 \times 10 \times 8$ cm kebentuk kubus standar SNI.

$$\begin{aligned} \text{Faktor konversi bentuk} &= \frac{\text{Kuat tekan sampel kubus}}{\text{Kuat tekan sampel balok}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Faktor konversi bentuk} &= \frac{34,22}{39,58} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Faktor konversi bentuk} &= 0,86 \end{aligned}$$

Dari faktor konversi bentuk diatas dapat kita artikan bahwa nilai kuat tekan *paving block* bentuk kubus standar SNI adalah 0,86 kali kuat tekan *paving block* bentuk balok $20 \times 10 \times 8$ cm.

- 2) Faktor konversi bentuk dari *paving block* segi enam sisi 10 cm dan tebal 8 cm kebentuk kubus standar SNI.

$$\begin{aligned} \text{Faktor konversi bentuk} &= \frac{\text{Kuat tekan sampel kubus}}{\text{Kuat tekan sampel segi enam}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Faktor konversi bentuk} &= \frac{32,89}{53,50} \end{aligned}$$

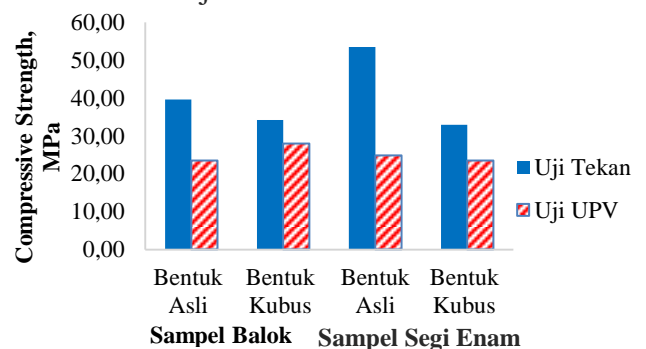
$$\begin{aligned} \text{Faktor konversi bentuk} &= 0,61 \end{aligned}$$

Dari faktor konversi bentuk diatas dapat kita artikan bahwa nilai kuat tekan *paving block* bentuk kubus standar SNI adalah 0,61 kali kuat tekan *paving block* bentuk segi enam sisi 10 cm tebal 8 cm.

c) **Perbandingan nilai kuat tekan dengan *compression machine* dan uji *UPV* pada sampel *paving block* dengan bentuk asli dan bentuk kubus standar SNI**

Perbandingan nilai kuat tekan dilakukan melalui pengujian *compression machine* dan *ultrasonic pulse velocity (UPV)* pada setiap sampel uji *paving block*.

Perbandingan nilai kuat tekan antara pengujian *compression machine* dan uji *UPV* untuk setiap sampel uji didapat nilai kuat tekan yang dihasilkan dari pengujian *UPV* relatif seragam, hal ini disebabkan nilai kuat tekan yang didapatkan dari pengujian *UPV* tidak secara langsung dipengaruhi oleh faktor bentuk benda uji.



Gambar 4. Perbandingan nilai kuat tekan dengan *compression machine* dan uji *UPV* pada sampel *paving block* dengan bentuk asli dan bentuk kubus standar SNI

Berbeda dengan nilai kuat tekan yang dihasilkan dari pengujian dengan *compression machine*, nilai kuat tekan untuk macam-

macam variasi bentuk dan dimensi benda uji sangat berbeda, hal ini disebabkan nilai kuat tekan yang didapat sangat dipengaruhi oleh variasi bentuk dan dimensi benda uji *paving block*.

Perbandingan nilai kuat tekan secara keseluruhan antara bentuk asli sampel uji dengan bentuk kubus standar pengujian SNI menunjukkan perbedaan nilai kuat tekan yang sangat signifikan khususnya pada pengujian dengan *compression machine*, hal ini disebabkan karena adanya perbandingan rasio luas penampang dan tinggi benda uji dengan bentuk asli yang cukup besar sehingga berakibat kepada tipe keruntuhan yang non daktail (lambat).

3.4 Hasil Pengujian Penyerapan Air *Paving Block*

Penyerapan air didapat dari rata-rata pengujian lima buah *paving block* berbentuk segi empat ukuran $20 \times 10 \times 8$ cm dan bentuk segi enam dengan ukuran sisi 10 cm dan tebal 8 cm, Menurut SNI 03-0691-1996 penyerapan air maksimum pada suatu *paving block* mutu A adalah maksimal 3%, dari penelitian ini didapat nilai penyerapan air yaitu 2,24 %, nilai ini memenuhi standar yang telah ditetapkan oleh SNI, jika pemadatan saat pembuatan baik, maka pori-pori pada *paving block* akan sedikit, sehingga nilai penyerapan airnya juga sedikit, nilai penyerapan air dapat dilihat pada Tabel 6. berikut.

Tabel 6. Penyerapan air *paving block*

No.	Kode benda uji	Penyerapan Air (%)	Penyerapan Air Rata-rata (%)
1	Balok ($20 \times 10 \times 8$ cm)		
	1	2.61	2.66
	2	2.97	
	3	2.40	
2	Segi enam (Sisi 10 cm tebal 8 cm)		
	A	2.59	2.62
	B	2.56	
	C	2.69	

Sumber : Data Penelitian 2012

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan dari berbagai macam pengujian pada setiap variasi bentuk *paving block*, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dalam penelitian ini, penulis menggunakan metode proktor dalam merencanakan campuran *paving block*, karena prinsip pembuatan sampel *paving block* sama dengan prinsip kepadatan tanah yang ada pada metode proktor. Dari pengujian proktor didapatkan perbandingan antara semen dan agregat halus (pasir dan abu batu) adalah 1 : 2,857 dengan kadar air 10,9%.
2. Nilai kuat tekan rata-rata dari pengujian UPV pada sampel uji *paving block* balok, kubus standar SNI (sampel balok), segi enam, kubus standar SNI (sampel segi enam) masing-masing adalah 23,48 MPa ; 27,94 MPa ; 24,83 MPa dan 23,45 MPa.
3. Nilai kuat tekan rata-rata dari pengujian dengan *compression machine* pada sampel uji *paving block* balok, kubus standar SNI (sampel balok), segi enam, kubus standar SNI (sampel segi enam) masing-masing adalah 39,58 MPa ; 34,22 MPa ; 53,50 MPa dan 32,89 MPa.
4. Nilai kuat tekan rata-rata dari pengujian UPV dan pengujian *compression machine* pada penelitian ini tidak memenuhi standar mutu A yang digunakan untuk jalan yang ditetapkan dalam SNI 03-0691-1996 yaitu nilai kuat tekannya minimal 35 MPa dan rata-rata 40 MPa. Sedangkan nilai penyerapan air *paving block* pada penelitian ini memenuhi standar mutu A yang digunakan untuk jalan yang ditetapkan dalam SNI 03-0691-1996 yaitu kecil dari 3%.
5. Khususnya untuk pengujian kuat tekan dengan *compression machine* didapat nilai kuat tekan yang cukup berbeda antara *paving block* yang diuji dalam bentuk asli dan bentuk kubus standar SNI, untuk itu apabila pengujian *paving block* diuji dalam bentuk asli maka dibutuhkan nilai faktor konversi bentuk untuk mendapatkan nilai kuat tekan sesuai pengujian dengan standar SNI.

6. Faktor konversi bentuk yang didapat untuk *paving block* bentuk balok dimensi $20 \times 10 \times 8$ cm adalah 0,86 dan faktor konversi bentuk untuk *paving block* segi enam dengan sisi 10 cm dan tebal 8 cm adalah 0,61.
7. Penyerapan air rata-rata yang diperoleh untuk benda uji balok dan segi enam adalah masing-masing sebesar 2,66 dan 2,62%.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM.** 1995. *Annual Book of ASTM Standards*. Philadelphia: ASTM.
- SNI 03-0691-1996.** 1996. *Bata Beton (Paving Block)*. Bandung : Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 03-1968-1990.** 1990. *Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar*. Bandung: Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 03-1970-1990.** 1990. *Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus*. Bandung: Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 03-1971-1990.** 1990. *Metode Pengujian Kadar Air Agregat*. Bandung: Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 03-4142-1996.** 1996. *Metode Pengujian Jumlah Bahan dalam Agregat yang Lolos Saringan No. 200 (0,075 Mm)*. Bandung: Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 03-4804-1998.** 1998. *Metode Pengujian Bobot Isi dan Rongga Udara dalam Agregat*. Bandung: Badan Standardisasi Nasional.
- Standar Industri Indonesia (SII) 0013-1981.** 1981. *Mutu dan Cara Uji Baja Beton Pejal*. Departemen Perindustrian Republik Indonesia.
- Tjokrodimuljo, K** 1992. *Teknologi Beton*, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

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

Vian Prasetya Utomo¹, Niken Silmi Surjandari², Budi Yulianto³

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

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

³Dosen 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.

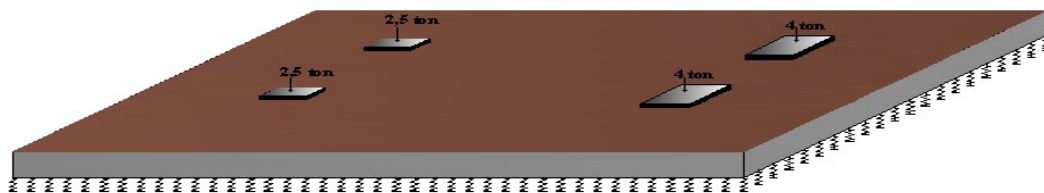
Penggunaan metode elemen hingga banyak digunakan dalam bidang engineering karena hasil yang akurat (Janco, 2010). Metode ini sangat fleksibel karena bentuk struktur yang rumit dan kompleks dapat di sederhanakan menjadi elemen–elemen kecil yang lebih sederhana.

2. METODE PENELITIAN

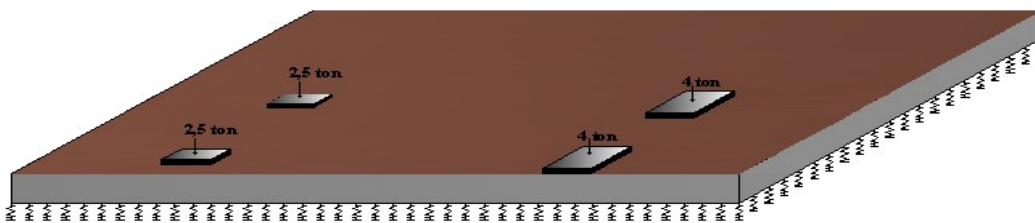
Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode Deskriptif Kuantitatif menggunakan pemodelan dengan program Sap-2000 v.14 untuk mendapatkan nilai lendutan pada pembebanan tengah dan tepi. Model berupa pelat berukuran 6x3 m dengan ketebalan 15,20, 25, 30 dan 35 cm dengan mutu beton 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

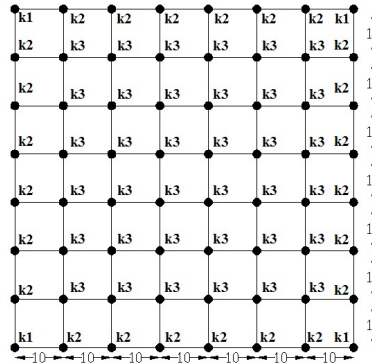
Tanah dasar (*subgrade*) yang dipakai sebagai tumpuan lapisan perkerasan jalan diasumsikan sebagai tumpuan elastis yang dimodelkan sebagai tumpuan spring. Nilai kekakuan spring dihitung berdasarkan model tumpuan pegas disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai Kekakuan Spring Berdasarkan CBR

No	CBR%	k (psi/in)	k (kg/cm ³)	k1 (kg/cm ¹)	k2 (kg/cm ¹)	k3 (kg/cm ¹)
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:

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

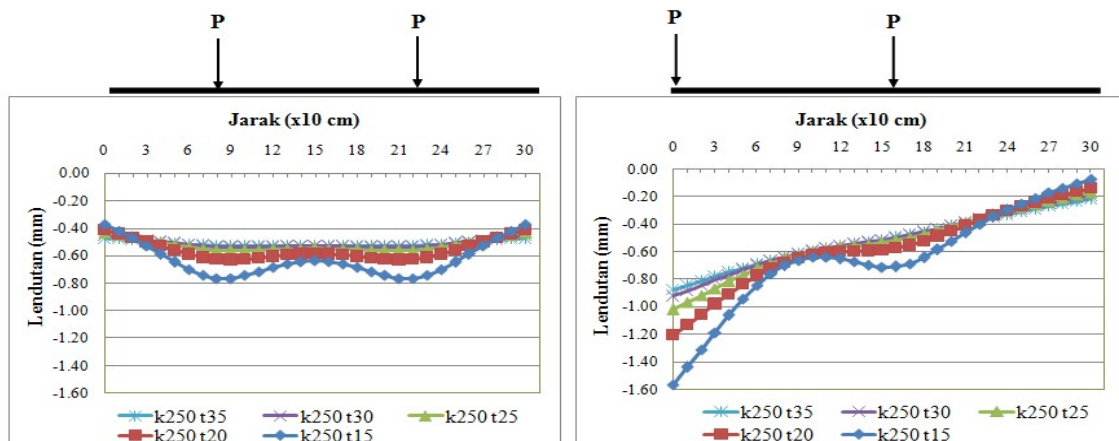


Gambar 3. Model Tumpuan Spring pada Perkerasan jalan k1, k2 dan k3.

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

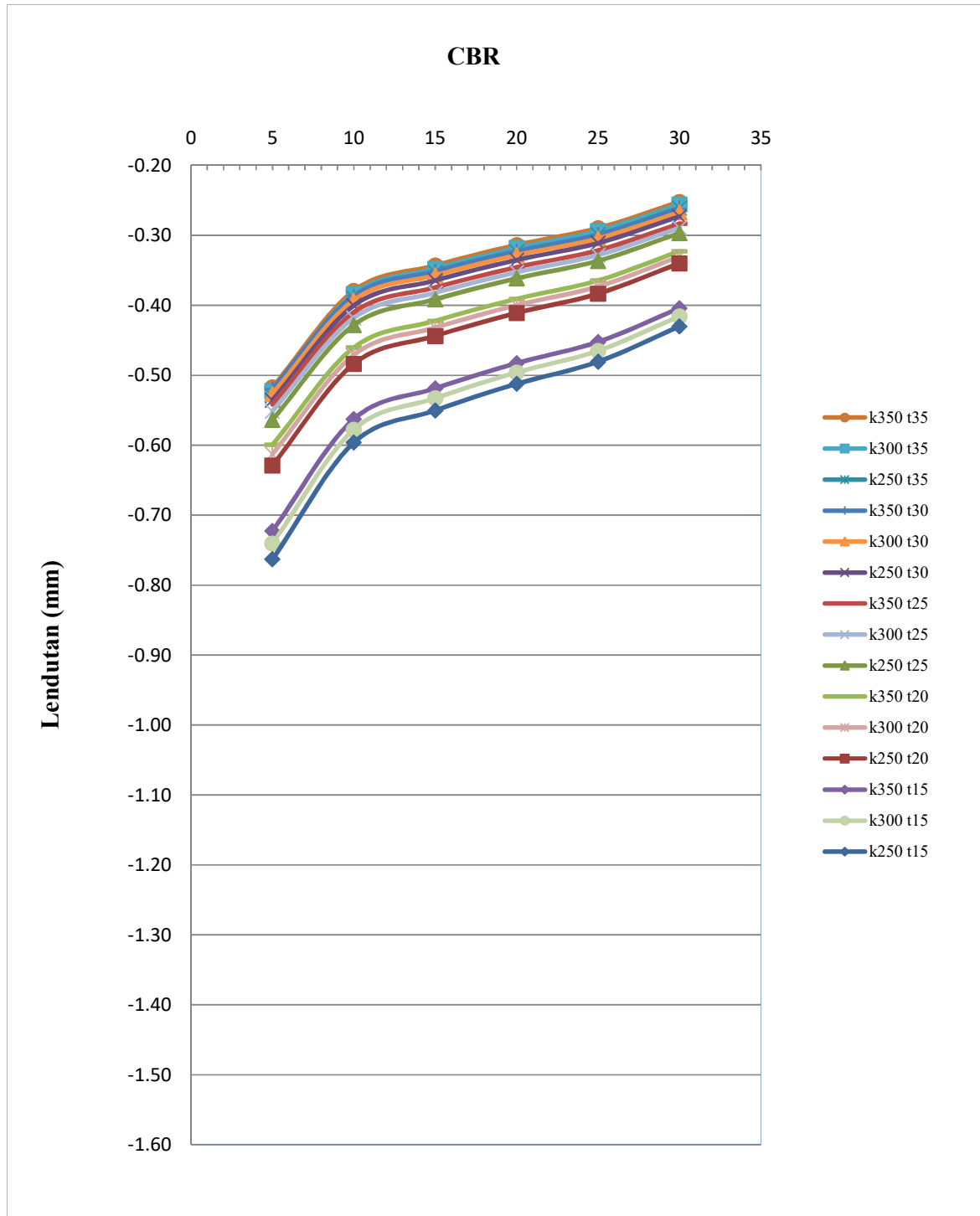
51,23%. Hasil analisis lendutan maksimum pada beban tengah dan tepi dapat dilihat pada tabel 2 dan tabel 3, dan gambar lendutan maksimum pada mutu beton K250 sampai K350 dapat terlihat pada gambar 5 dan gambar 6.

Tabel 2. Lendutan maksimum pada beban tengah

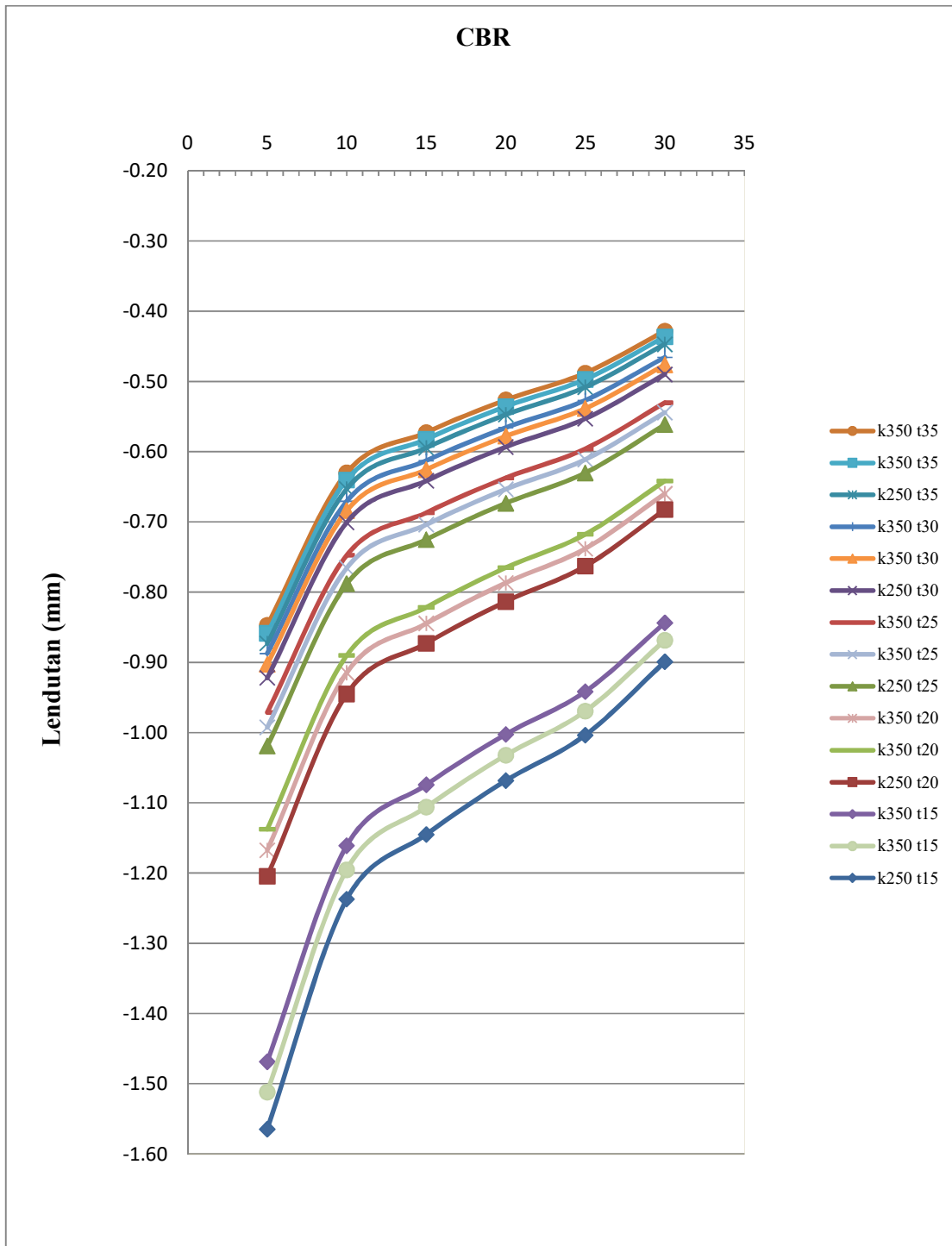
Tebal (cm)	Mutu Beton	Lendutan Tengah (mm)					
		CBR 5%	CBR 10%	CBR 15%	CBR 20%	CBR 25%	CBR 30%
15	K250	-0.7630	-0.5962	-0.5502	-0.5124	-0.4806	-0.4300
	K300	-0.7404	-0.5777	-0.5328	-0.4959	-0.4649	-0.4157
	k350	-0.7226	-0.5626	-0.5187	-0.4826	-0.4523	-0.4041
20	K250	-0.6289	-0.4837	-0.4438	-0.4110	-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