

RINGKASAN

Yash'ad, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Januari 2015, Pengaruh Kecepatan Beban Melintas Terhadap Tegangan Dan Penurunan Tanah Ekspansif Pada Model Perkerasan Lentur, Dosen Pembimbing: Ir. Harimurti, MT dan Ir. Suroso, Dipl.HE,M.Eng.

Tanah lempung ekspansif adalah tanah lempung yang memiliki potensi kembang susut yang besar. Kembang susut yang besar diakibatkan oleh mineral ekspansif yang berada di dalam lempung ekspansif. Kembang susut besar ini ditengarai menjadi penyebab kerusakan jalan tepatnya di Kecamatan Paron Kabupaten Ngawi. Selain dari struktur tanahnya, penentuan kecepatan juga berdampak pada tingkat kerusakan suatu perkerasan jalan.

Pengujian yang dilakukan dengan cara memodelkan perkerasan lentur yang akan dilintasi oleh beban as roda. Model perkerasan lentur menggunakan skala 1:20 dan beban sebesar 20 kg. Pada pemodelan ini digunakan 2 variasi kecepatan yaitu 4,31 cm/s dan 7,5 cm/s. Data hasil yang didapatkan dalam pengujian berupa data tegangan tanah dan data penurunan tanah. Nilai tegangan dan penurunan inilah yang mewakili tingkat kerusakan yang diakibatkan oleh suatu kecepatan.

Dari hasil pengujian pada titik 1 dial 1 didapatkan nilai penurunannya sebesar 0,4056mm pada kecepatan 4,31 cm/s dan 0,0936mm pada kecepatan 7,5 cm/s sedangkan nilai tegangannya sebesar 199 g/cm² pada kecepatan 4,31 cm/s dan 207 g/cm² pada kecepatan 7,5 cm/s dengan kondisi kadar air 11,7% pada saat pengujian. Penurunan pada titik 2 dial 2 sebesar 0,1320mm pada kecepatan 4,31 cm/s dan 0,0000mm pada kecepatan 7,5 cm/s sedangkan nilai tegangan mempunyai pola yang berbeda dengan titik 1 dial 1. Pada titik 2 dial 2 nilai tegangan tanah sebesar 509 g/cm² pada kecepatan 4,31cm/s dan 357 g/cm² pada kecepatan 7,5 cm/s dengan kadar air yang sama yaitu 11,7%. Pada titik 1 nilai tegangan yang terjadi tercatat kecepatan 7,5 cm/s (kecepatan tinggi) mempunyai nilai yang lebih besar dibanding kecepatan 4,31 cm/s (kecepatan rendah) hal ini dikarenakan pada titik 1 terjadi hentakan pada saat beban roda menapak di perkerasan. Kecepatan 7,5cm/s (kecepatan tinggi) menimbulkan hentakan yang lebih besar dibanding kecepatan 4,31 cm/s (kecepatan rendah). Tegangan yang diakibatkan hentakan ini tidak mempengaruhi nilai penurunan sehingga nilai penurunan yang terjadi pada kecepatan 4,31cm/s (kecepatan rendah) tetap lebih besar dibanding nilai penurunan pada kecepatan 7,5cm/s (kecepatan tinggi)

Kata Kunci : Tanah Ekspansif, Pengaruh Kecepatan, Penurunan Tanah, Tegangan Tanah, Model Perkerasan

1. Latar Belakang

Di Indonesia sering ditemukan kerusakan jalan dengan berbagai sebab, salah satunya adalah kerusakan jalan akibat tanah dasarnya yang buruk. Kriteria tanah dasar buruk ditandai dengan kadar air tanah yang tinggi, kompresibilitas yang besar dan daya dukung yang rendah. Sebagian dari jenis tanah yang buruk ini adalah memiliki kembang susut yang besar seperti tanah lempung ekspansif.

Tanah lempung ekspansif adalah tanah lempung yang berpotensi mengembang dan menyusut dengan ekstrim. Tanah jenis ini dapat ditemukan salah satunya di ruas jalan Paron, kabupaten Ngawi, Jawa Timur. Tanah lempung ekspansif merupakan jenis tanah berbutir halus dengan ukuran koloidal terbentuk dari mineral ekspansif. Beberapa jenis mineral ekspansif diantaranya adalah montmorillonite, illite dan kaolinite. Kembang-susut yang besar terjadi pada setiap tanah lempung yang mengandung mineral ekspansif akibat perubahan kadar airnya. Kembang-susut inilah yang menyebabkan tanah ini tidak stabil menahan konstruksi di atasnya, tidak terkecuali konstruksi perkerasan jalan. Di Indonesia yang notabene beriklim tropis, mempunyai dua musim yaitu musim penghujan dan musim kemarau dengan perbedaan intensitas hujan yang besar sangat mempengaruhi terhadap kembang-susut tanah ekspansif tersebut. Selain kerusakan akibat subgrade yang buruk, kerusakan akibat kendaraan yang melintas juga tidak bisa diabaikan. Kebanyakan jalan-jalan yang rusak malah diakibatkan oleh kendaraan yang melintas setiap harinya. Untuk menghindari kerusakan yang parah di setiap titik, diperlukan perencanaan dan pemilihan jenis perkerasan yang tepat. Salah satu kriteria perencanaan jalan adalah penetapan kecepatan rencana pada ruas jalan

Kecepatan rencana merupakan suatu komponen yang tidak bisa lepas dari

sistem transportasi. Kecepatan kendaraan yang melintas sangat berperan pada tingkat kerusakan jalan. "Kendaraan yang melintas menyebabkan beban ke perkerasan tepat di bawah ban. Kecepatan kendaraan rendah menunjukkan waktu pembebanan yang tinggi, yang sama dengan frekuensi rendah. Kekakuan aspal akan menurun di bawah kondisi ini. Kecepatan rendah ini akan menyebabkan rutting menjalar yang dalam." (Epifanio:2009). Oleh karena itu penentuan tebal perkerasan harus disesuaikan dengan kondisi kecepatan rencana kendaraan di atasnya. Para peneliti disini ingin mengetahui seberapa besar dampak yang ditimbulkan dari perbedaan kecepatan beban melintas dengan melihat tegangan dan penurunan tanah ekspansif pada pemodelan perkerasan lentur. Dari dasar tersebut, akan diangkat topik dalam penelitian tugas akhir ini dengan judul : "**Pengaruh Kecepatan Beban Melintas Terhadap Tegangan dan Penurunan Tanah Ekspansif Pada Model Perkerasan Lentur di Kabupaten Ngawi**". Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi pertimbangan dalam mendesain perkerasan jalan di Paron Ngawi selanjutnya.

2. Metode Penelitian

Pemodelan Perkerasan dan Penempatan Alat Uji

Pemodelan dengan memodelkan perkerasan lentur yang ada di lapangan. Perkerasan direncanakan mulai dari subbase base dan lapis perkerasan lentur. Subbase dan base terbuat dari batu pecah dengan gradasi yang ditentukan dibawah . Model perkerasan lentur ini terbuat dari campuran agregat batu pecah dengan aspal menggunakan metode pencampuran aspal panas (*hotmix*) dengan presentase aspal 7% dengan skala geometri 1:20.

Tabel 2.1 Gradasi A untuk base

No	Lubang (mm)	lolos komulatif (%)	tertahan komulatif (%)
3/8	9,525	100	0
4	4,75	73,19	26,81
8	2,36	53,58	19,61
30	0,6	28,60	24,97
40	0,425	24,68	3,93
200	0,075	11,24	13,44
Pan			11,24

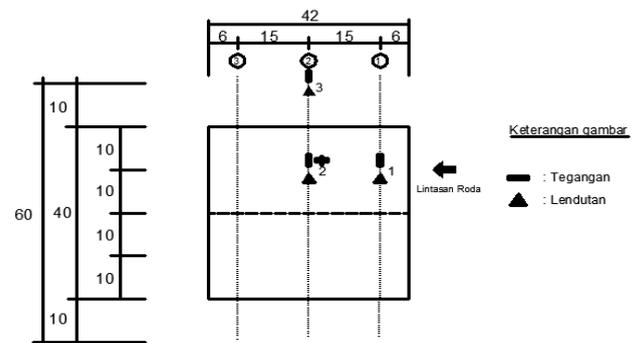
Tabel 2. 1 Gradasi campuran aspal

No	lubang(mm)	lolos komulatif(%)	tertahan komulatif (%)
4	4,75	100	0
8	2,36	73	27
16	1,18	53,44	19,56
30	0,6	39,41	14,03
50	0,3	28,85	10,56
100	0,15	21,12	7,73
200	0,075	15,46	5,56
Pan			15,46

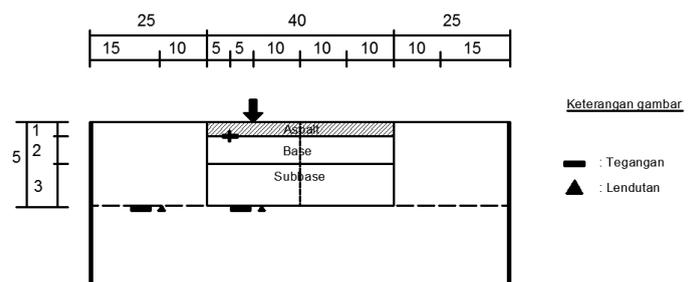
Tabel 2.2 Gradasi B untuk subbase

No	lubang(mm)	lolos komulatif (%)	tertahan komulatif (%)
0,375	9,525	100	0
4	4,75	73,19	26,81
10	2	49,54	19,64
40	0,425	24,68	24,87
200	0,075	11,24	13,44
Pan			11,24

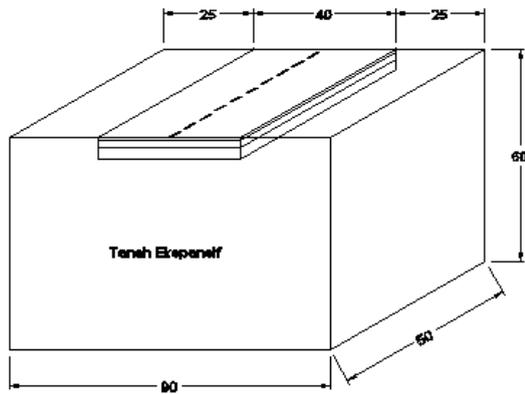
Sedangkan untuk kondisi tanah yang digunakan sebagai pondasi bawah (*subgrade*) adalah jenis tanah yang bersifat terganggu (*disturb soil*).



Gambar 2.1 Tampak atas denah posisi dial



Gambar 2. 1 Potongan melintang posisi dial



Gambar 2. 2 Posisi perkerasan pada Box dengan skala 1:20

Alat Uji Penurunan

Untuk mengukur penurunan, digunakan alat yang sistem kerjanya hampir sama dengan *dial gauge*. Rangkaian alat pengukur penurunan terdiri dari tahanan geser dan ohm meter. Tahanan geser dimodifikasi sedemikian rupa sehingga apabila tanah berubah posisi maka posisi tuas tahanan geser juga mengikuti, tahanan yang terbaca dari pergeseran tuas terbaca oleh Ohm meter. Angka inilah yang akan dikonversikan menjadi jarak penurunan.

Alat Uji

Alat Uji Tegangan

Alat uji tegangan ini terbuat dari *load cell* yang disambung dengan layar untuk memantau tegangan yang terjadi. Prinsip kerja alat ini sama seperti timbangan elektrik yang ada di pasaran. Pada saat ada tekanan pada *load cell*, *load cell* akan tertekan kemudian besar tekanan diterjemahkan menjadi angka yang ditunjukkan oleh layar monitor.



Gambar 2. 4 alat uji penurunan



Gambar 2. 3 alat uji tegangan

Mesin Penguji (beban berjalan)

Mesin penguji ini didasarkan pada prinsip pembebanan yang terjadi pada jalan raya. Mesin ini memberikan pembebanan satu arah, maksudnya roda mesin akan menekan lintasan hanya pada saat maju dan melayang pada saat mundur. Variasi kecepatan dilakukan dengan cara mengganti gir pada mesin ini. Alat ini dapat memberikan pembebanan dan kecepatan uji yang konstan.



Gambar 2.6 Mesin pengujian

Pemodelan Kecepatan Uji

Kecepatan merupakan komponen utama dalam penelitian ini. Pada penelitian ini digunakan 2(dua) macam kecepatan. Kecepatan pertama adalah kecepatan rendah yaitu 31 km/jam dan kecepatan kedua adalah kecepatan tinggi yaitu 54 km/jam. Contoh perhitungannya seperti pada rumus di bawah ini.

$$\frac{V \text{ sebenarnya} \times 100000}{3600 \times \text{skala}} = V \text{ skala}$$

$$\frac{31 \times 100000}{3600 \times 20} = 4,31 \text{ cm/s}$$

$$\frac{54 \times 100000}{3600 \times 20} = 7,5 \text{ cm/s}$$

Pemodelan perilaku pembebanan pada perkerasan dan kondisi tanah

Dalam melaksanakan percobaan, dilakukan uji perilaku sesuai dengan petunjuk tabel 2.4

Tabel 2. 2 Pola pembebanan

Jumlah air	Beban	Kecepatan	Repetisi
40L(13,3%)	20 kg	4,31 cm/dtk	100 kali
		7,5cm/dtk	100 kali
45L(15%)	20 kg	4,31 cm/dtk	100 kali
		7,5cm/dtk	100 kali
55L(18,3%)	20 kg	4,31 cm/dtk	100 kali
		7,5cm/dtk	100 kali

Untuk mengetahui pengaruh kecepatan terhadap tegangan dan penurunan tanah ekspansif dilakukan dengan membandingkan data hasil uji pembebanan sesuai dengan petunjuk tabel 2.5

Tabel 2. 3 Pola Analisis Data

Jumlah air	Kecepatan	Data tegangan dan penurunan tanah
35L(11,7%)	4,31cm/dtk	Dibandingkan dan dianalisis antara kecepatan 1 dan 2
	7,5cm/dtk	
45L(15%)	4,31cm/dtk	Dibandingkan dan dianalisis antara kecepatan 1 dan 2
	7,5cm/dtk	
55L(18,3%)	4,31cm/dtk	Dibandingkan dan dianalisis antara kecepatan 1 dan 2
	7,5cm/dtk	

Tahapan uji perilaku

Untuk mengetahui pengaruh variasi kecepatan terhadap tegangan dan penurunan tanah ekspansif terhadap perkerasan lentur maka dilakukan uji perilaku yaitu:

- a. Siapkan tanah ekspansif dengan kondisi tanah kering oven lolos saringan 4

dengan berat total 292,11 kg di dalam box. Penghamparan tanah dilakukan bertahap. Setiap ketinggian 10cm tanah dipadatkan. Penghamparan tanah dilakukan hingga mencapai setengah dari tinggi box.

b. Pasang instalasi pipa diatas tanah tersebut kemudian hamparkan tanah ekspansif yang tersisa di atas pipa. Setiap ketinggian 10cm tanah dipadatkan. penghamparan tanah dilakukan hingga mencapai ketinggian 5cm sebelum muka box.

c. Kemudian pasang alat pengukur tegangan dan penurunan tanah pada muka tanah ekspansif pada kedalaman 5 cm sesuai gambar 3.1.

d. Hamparkan agregat yang terbuat dari batu pecah sebagai base dan subbase dengan ketebalan masing-masing 2 cm dan 3 cm seperti gambar 2.2. Gradasi subbase direncanakan seperti tabel 2.3. dan base seperti tabel 2.2.

e. Model perkerasan lentur terbuat dari campuran aspal dan agregat dengan konsentrasi aspal sebesar 7% dengan gradasi agregat seperti tabel 2.4 dan dimensi 42x40x1 cm.

f. Tempatkan model perkerasan lentur diatas tanah ekspansif yang telah disiapkan dengan kondisi tanah ekspansif tersebut sebagai tanah dasar (*subgrade*) dari model perkerasan lentur.

g. Setelah semua ditempatkan sesuai posisi, selanjutnya dilakukan pembebanan sesuai pola pada tabel 2.5. pembacaan dilakukan pada setiap titik baca seperti gambar 2.1. Pada tahap ini pencatatan tegangan tanah, penurunan tanah dilakukan.

h. Setelah pengukuran semua *rutting aspal* selesai, pemberian air dilakukan melewati instalasi selang sebanyak 15L dari kondisi kering oven. Diamkan selama 24jam.

i. Ulangi langkah h sampai k sampai jumlah air total sebanyak 55L. Pemberian air tahap ini dirubah menjadi 10L sehingga jumlah air pada tanah menjadi 0L,15L,25L,35L,45L,dan 55L.

3. Hasil Penelitian Dan Pembahasan

Hasil kalibrasi pengukur penurunan tanah

Alat pengukur penurunan tanah merupakan modifikasi hambatan geser yang biasa digunakan dalam rangkaian elektronika, jadi keluaran datanya masih berupa nilai hambatan *ohm*. Untuk merubahnya menjadi nilai penurunan maka harus dikonversi terlebih dahulu menjadi satuan jarak. Berikut gambaran detail alat pengukur penurunan tanah.

Tabel 3. 1 Detail kalibrasi alat ukur penurunan tanah

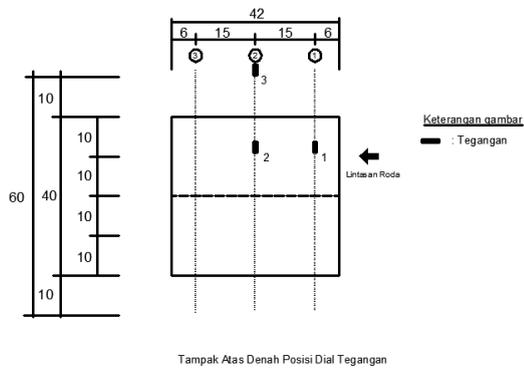
Dial	Min mm	Max mm	Selisih Mm	Digit Terbaca(kΩ)	Nilai kalibrasi mm/kΩ
1	43,9	57	13,1	84,1	0,156
2	46,4	57,2	10,8	97,6	0,111
3	43,8	54,9	11,1	84,7	0,131

Hasil pengujian pembebanan

Hasil pengujian pembebanan ditinjau dari tegangan tanah yang terjadi

Data yang diperoleh berdasar dial-dial yang ditempatkan dapat sebagai acuan reaksi subgrade terhadap beban yang berjalan di atasnya. Terdapat dua nilai dalam pembacaan tegangan yaitu, nilai positif maupun negatif. Nilai positif pada pembacaan dial tegangan dapat diartikan sebagai tekanan yang terjadi pada tanah di titik tempat dial pembacaan. Sedangkan nilai negatif pada pembacaan dial tegangan dapat diartikan sebagai pengurangan tegangan tanah melebihi tegangan tanah awal, dalam kasus ini diakibatkan oleh pengurangan tekanan akibat aspal

terangkat dan desakan dari tanah sekitar. Tegangan awal sebagai acuan adalah lintasan ke-0 sebesar 0 gr/cm² pada masing-masing kondisi dan kecepatan. Letak dial untuk mengukur tegangan tanah dapat dilihat dalam gambar 3.1



Pengujian tegangan pada titik pertama

Pengujian tegangan ini ditinjau pada titik pertama. Dial 1 tepat dibawah roda sehingga tegangan akan terbaca paling besar. Besaran tegangan setiap kecepatan dan kondisi pada titik pertama dapat dilihat pada tabel 3.2

Tabel 3. 2 Pembacaan tegangan pada titik pertama

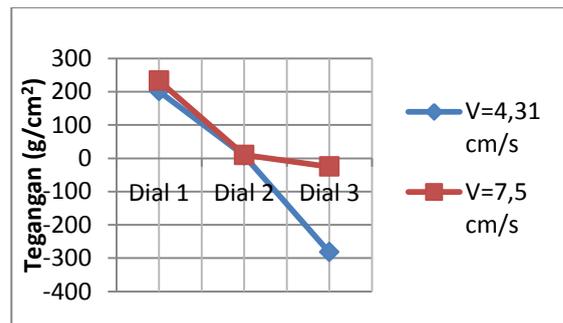
Kadar Air	Kecepatan	Tegangan (g/cm ²)		
		Dial 1	Dial 2	Dial 3
11,7%	4,31 cm/s	199	7	-1
	7,5 cm/s	207	21	2
15,0%	4,31 cm/s	142	-32	-14
	7,5 cm/s	203	21	0
18,3%	4,31 cm/s	201	8	-282
	7,5 cm/s	233	10	-25



Gambar 3. 1 Pembacaan tegangan titik pertama kadar air 11,7%



Gambar 3. 2 Pembacaan tegangan titik pertama kadar air 15%



Gambar 3. 3 Pembacaan tegangan titik pertama kadar air 18,3%

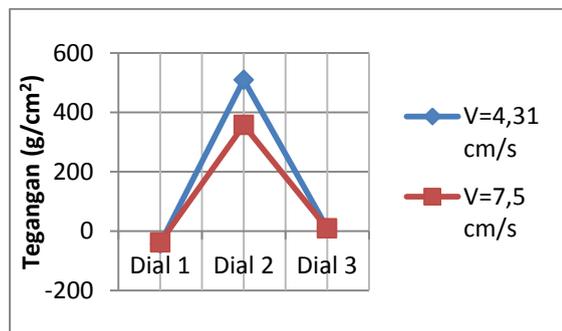
Nilai tegangan tanah akibat kecepatan 7,5 cm/s lebih besar dibanding tegangan tanah akibat kecepatan 4,31 cm/s meskipun nilainya tidak berbeda besar. Perbedaan paling besar terjadi pada kondisi kadar air 15% dengan 142 g/cm² pada kecepatan 4,31 cm/s dan 203 g/cm² pada kecepatan 7,5 cm/s. Hal ini dapat dimungkinkan karena alat mengalami hentakan pada saat menapak pada perkerasan. Kecepatan tinggi menyebabkan hentakan yang keras daripada kecepatan rendah.

Pengujian tegangan pada titik kedua

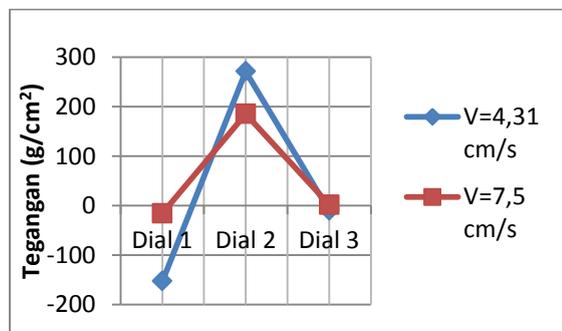
Pengujian tegangan ini ditinjau pada titik kedua. Dial 2 tepat dibawah roda sehingga tegangan akan terbaca paling besar. Besaran tegangan setiap kecepatan dan kondisi pada titik kedua dapat dilihat pada tabel 4.3

Tabel 3. 3 Pembacaan tegangan pada titik kedua

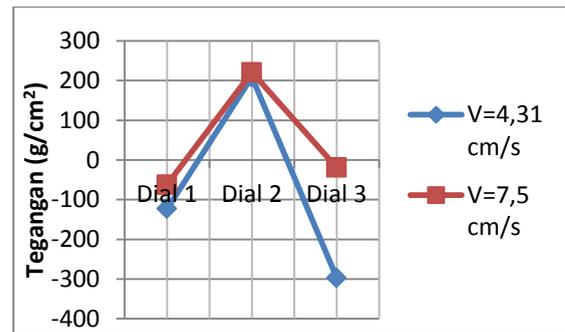
Kadar Air	Kecepatan	Tegangan (g/cm^2)		
		Dial 1	Dial 2	Dial 3
11,7%	4,31 cm/s	-42	509	9
	7,5 cm/s	-38	357	8
15,0%	4,31 cm/s	-153	271	-10
	7,5 cm/s	-15	185	2
18,3%	4,31 cm/s	-123	209	-297
	7,5 cm/s	-62	221	-19



Gambar 3. 4 Pembacaan tegangan titik kedua kadar air 11,7%



Gambar 3. 5 Pembacaan tegangan titik kedua kadar air 15%



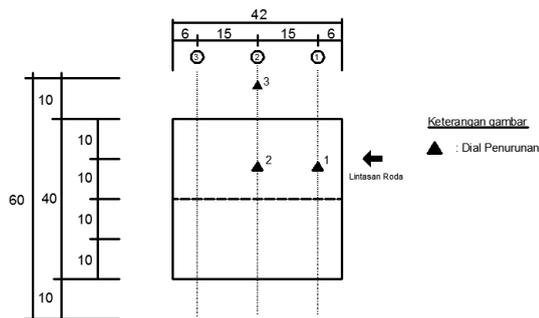
Gambar 3. 6 Pembacaan tegangan titik kedua kadar air 18,3%

Pada titik pengujian kedua nilai tegangan tanah akibat kecepatan 4,31 cm/s lebih besar dibanding tegangan tanah akibat kecepatan 7,5 cm/s meskipun nilainya tidak berbeda besar. Hal ini terjadi pada kadar air 11,7% dan 15% , namun hal yang berbeda terjadi pada kadar air 18,3%. Tegangan pada kecepatan 7,5cm/s lebih besar dibanding tegangan pada kecepatan 4,31cm/s meskipun perbedaannya sangat kecil.

Hasil pengujian pembebanan ditinjau dari penurunan tanah yang terjadi

Data yang diperoleh berdasar dial-dial yang ditempatkan dapat sebagai acuan reaksi subgrade terhadap beban yang berjalan di atasnya. Hanya ada nilai positif dalam pembacaan dial penurunan tanah. Pada setiap dial membutuhkan kalibrasi sebagaimana dijelaskan diatas pada tabel 3.1. Data yang disajikan pada subbab ini adalah data yang telah dikalibrasi sebelumnya. Untuk mempermudah menganalisa data hasil penurunan tanah dengan cara menghitung nilai penurunan dari selisih dari lintasan ke-100 dengan nilai penurunan pada lintasan ke-0 pada masing-masing kondisi dan kecepatan. Dengan asumsi awal kenaikan dan penurunan tanah sama-sama mengakibatkan kerusakan pada struktur perkerasan. Jadi semakin besar nilai penurunan yang ditunjukkan semakin besar pula kerusakan yang diakibatkan pada daerah tempat dial ditempatkan.

Letak dial untuk mengukur penurunan dapat dilihat pada gambar 3.9 dibawah ini.



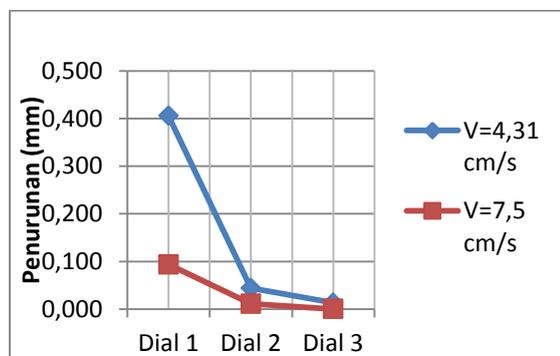
Gambar 3.9 Posisi dial penurunan tanah

Pengujian penurunan tanah pada titik pertama

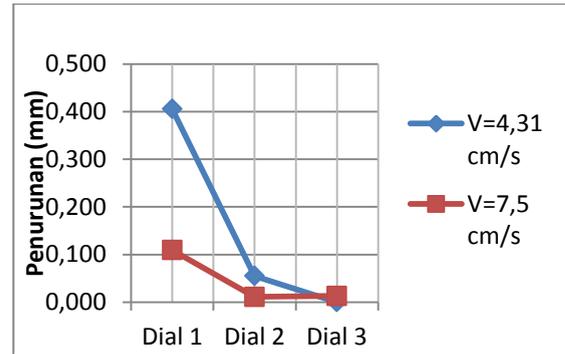
Pengujian penurunan tanah ini ditinjau pada titik pertama. Dial 1 tepat dibawah roda sehingga pengaruh beban akan diterima paling besar oleh dial 1. Nilai penurunan tanah pada titik pertama dapat dilihat pada tabel 3.4.

Tabel 3.4 Pembacaan penurunan tanah pada titik pertama

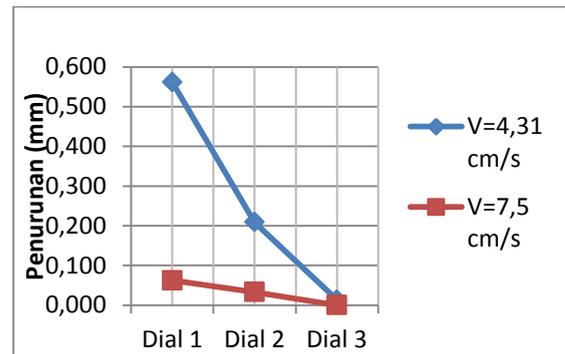
Kadar Air	Kecepatan	Penurunan (mm)		
		Dial 1	Dial 2	Dial 3
11,70%	4,31 cm/s	0,406	0,044	0,013
	7,5 cm/s	0,094	0,011	0,000
15%	4,31 cm/s	0,406	0,055	0,000
	7,5 cm/s	0,109	0,011	0,013
18,30%	4,31 cm/s	0,562	0,209	0,013
	7,5 cm/s	0,062	0,033	0,000



Gambar 3.10 Pembacaan penurunan tanah titik pertama Kadar air 11,7%



Gambar 3.11 Pembacaan penurunan tanah titik pertama Kadar air 15%



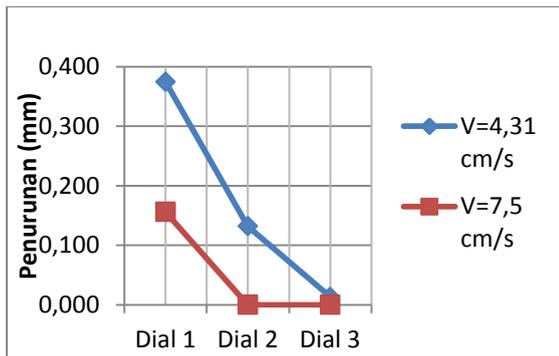
Gambar 3.12 Pembacaan penurunan tanah titik pertama kadar air 18,3%

Pengujian penurunan tanah pada titik kedua

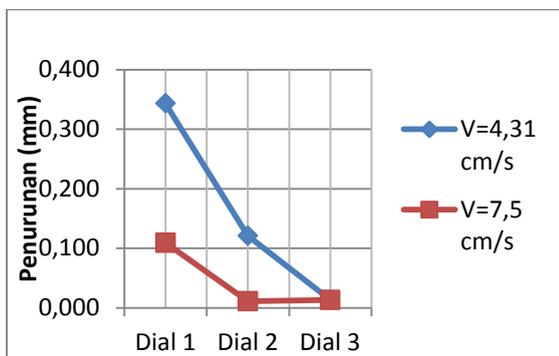
Pengujian penurunan tanah ini ditinjau pada titik kedua. Dial 2 tepat dibawah roda sehingga pengaruh beban akan diterima paling besar oleh dial 2. Nilai penurunan tanah pada titik kedua dapat dilihat pada tabel 3.5

Tabel 3.5 Pembacaan penurunan tanah pada titik kedua

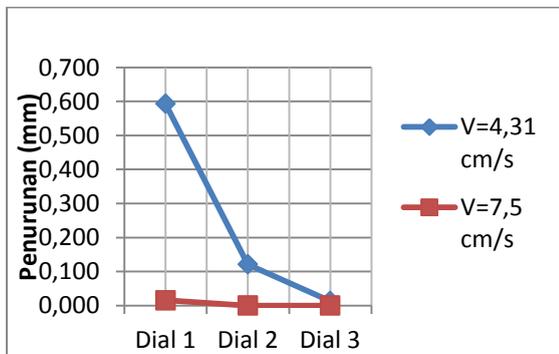
Kadar Air	Kecepatan	Penurunan (mm)		
		Dial 1	Dial 2	Dial 3
11,70%	4,31 cm/s	0,374	0,132	0,013
	7,5 cm/s	0,156	0,000	0,000
15,00%	4,31 cm/s	0,343	0,121	0,013
	7,5 cm/s	0,109	0,011	0,013
18,30%	4,31 cm/s	0,593	0,121	0,013
	7,5 cm/s	0,016	0,000	0,000



Gambar 3.13 Pembacaan penurunan tanah titik kedua kadar air 11,7%



Gambar 3.14 Pembacaan penurunan tanah titik kedua kadar air 15%



Gambar 3.15 Pembacaan penurunan tanah titik kedua kadar air 18,3%

Dari grafik yang diperoleh pada pengujian pembebanan pada titik 1 dan 2 didapatkan data yang relatif berpola sama antar titik pengujian. Dial yang mengalami nilai penurunan yang besar yaitu dial 1 dan 2.

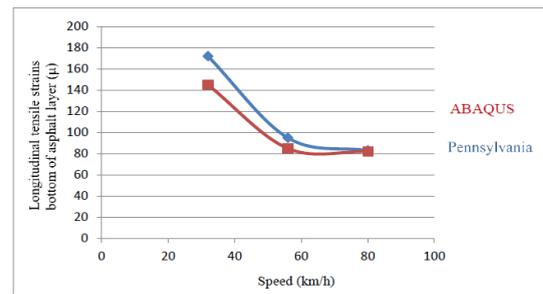
Dial 1 dan 2 mengalami perubahan elevasi tanah diakibatkan oleh roda yang melintas tepat di atasnya. Dial 3 masih

terjadi perubahan elevasi meskipun cukup kecil dikarenakan tidak ada pengaruh beban yang langsung yang sampai pada titik ini.

Dapat dilihat dalam grafik nilai penurunan yang diakibatkan oleh kecepatan 4,31 cm/s lebih besar dibanding penurunan tanah yang diakibatkan oleh kecepatan 7,5cm/s.

Penelitian pembandingan

Penelitian oleh Gholam Ali Shafabakhsh(2013), memberikan kesimpulan bahwa peningkatan kecepatan dari 32 ke 80 km/jam mengurangi regangan longitudinal sampai 46%. Peningkatan kecepatan menurunkan tegangan tarik sehingga meningkatkan umur pakai perkerasan.

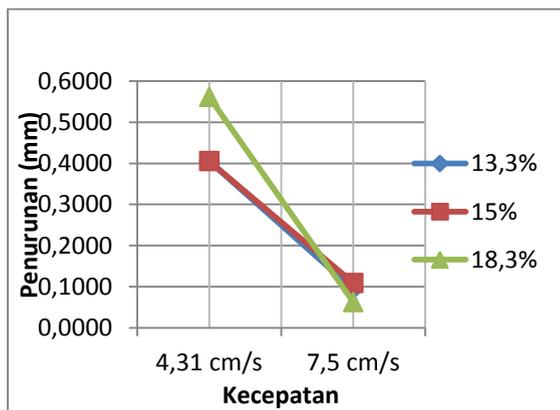


Gambar 3.16 Perbandingan kecepatan terhadap tegangan tarik aspal

Dalam kasus ini tegangan tarik aspal dapat diasumsikan sebanding dengan penurunan tanah. Apabila penurunan tanah besar, tegangan tarik pada aspal juga akan besar. oleh karena itu penelitian oleh Gholam Ali Shafabakhsh (2013) ini dapat dijadikan sumber referensi untuk membandingkan dengan hasil data penurunan tanah yang didapatkan.

Tabel 3.6 Perbandingan kecepatan dengan penurunan tanah pada titik 1 dial 1

Kadar	Kecepatan	
	4,31 cm/s	7,5 cm/s
Air		
11,7%	0,4056mm	0,0936mm
15%	0,4056mm	0,1092mm
18,3%	0,5616mm	0,0624mm

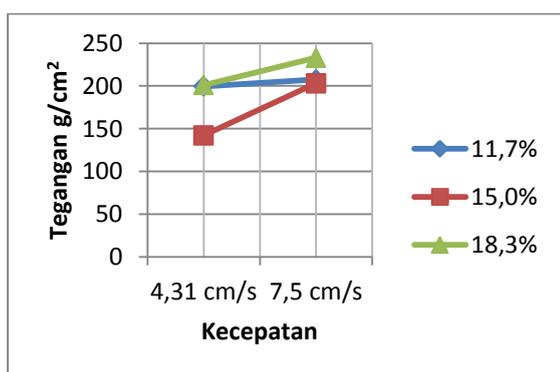


Gambar 3.17 Perbandingan kecepatan dengan penurunan tanah pada titik 1 dial 1

Pada saat penurunan yang terjadi ketika beban berada pada titik 1, tegangan yang terbaca pada dial 1 dapat dilihat seperti tabel 3.7 dibawah ini.

Tabel 3.7 Perbandingan kecepatan dengan tegangan tanah pada titik 1 dial 1

Kadar Air	Kecepatan	
	4,31 cm/s	7,5 cm/s
11,7%	199 g/cm ²	207 g/cm ²
15,0%	142 g/cm ²	203 g/cm ²
18,3%	201 g/cm ²	233 g/cm ²



Gambar 3.18 Perbandingan kecepatan dengan tegangan tanah pada titik 1 dial 1

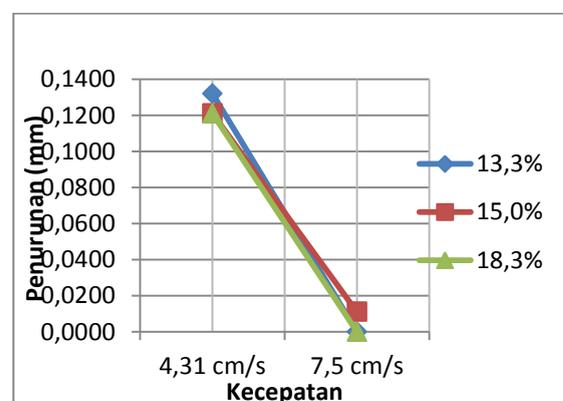
Penurunan pada titik 1 dapat dilihat pada gambar kecepatan 4,31cm/s mempunyai

penurunan yang lebih besar dibanding dengan kecepatan 7,5cm/s. Tetapi hal yang berbeda terjadi pada nilai tegangan tanah yang menunjukkan tegangan pada kecepatan 7,5cm/s lebih besar dibanding dengan kecepatan 4,31cm/s. Hal ini dimungkinkan karena pengaruh hentakan singkat pada saat perpindahan posisi beban dari terangkat menjadi menapak aspal. Hentakan singkat ini belum mengakibatkan penambahan penurunan tanah sehingga nilai penurunan tetap menunjukkan kecepatan rendah (4,31cm/s) tetap lebih besar dibanding kecepatan tinggi (7,5cm/s).

Untuk memperkuat hasil penelitian maka ditambahkan data kedua. Data kedua yang diperoleh dari titik 2 dengan dial 2 sebagai peninjau dapat dilihat pada tabel 3.17 dibawah ini.

Tabel 3.8 Perbandingan kecepatan dengan penurunan tanah pada titik 2 dial 2

Kadar Air	Kecepatan	
	4,31 cm/s	7,5 cm/s
11,7%	0,1320mm	0,0000mm
15%	0,1210mm	0,0110mm
18,3%	0,1210mm	0,0000mm

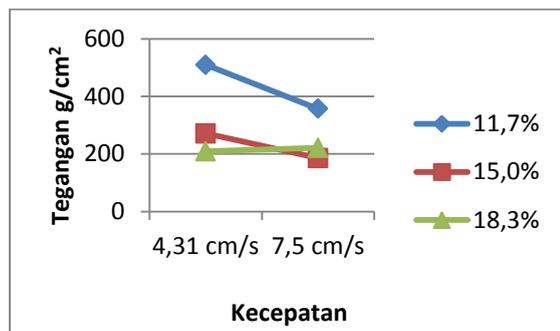


Gambar 3.19 Perbandingan kecepatan dengan penurunan tanah pada titik 2 dial 2

Pada saat penurunan yang terjadi ketika beban berada pada titik 1, tegangan yang terbaca pada dial 1 dapat dilihat seperti tabel 3.9 dibawah ini.

Tabel 3.9 Perbandingan kecepatan dengan tegangan tanah pada titik 2 dial 2

Kadar	Kecepatan	
	4,31 cm/s	7,5 cm/s
Air		
11,7%	509 g/cm ²	357 g/cm ²
15,0%	271 g/cm ²	185 g/cm ²
18,3%	209 g/cm ²	221 g/cm ²



Gambar 3.20 Perbandingan kecepatan dengan penurunan tanah pada titik 2 dial 2

Penurunan pada titik 2 dapat dilihat pada gambar 4.23 kecepatan 4,31cm/s mempunyai penurunan yang lebih besar dibanding dengan kecepatan 7,5cm/s. Berbeda pada titik 1, di titik 2 pengaruh hentakan sesaat tegangan pada kecepatan rendah (4,31 cm/s) mempunyai tegangan yang lebih besar dibanding dengan tegangan pada kecepatan tinggi (7,5 cm/s) kecuali pada kadar air 18,3% yang terjadi sebaliknya.

Dari grafik diatas didapatkan perbedaan yang signifikan akibat perbedaan kecepatan. Pada titik 1 dial 1 kadar air 18,3% memiliki perbedaan penurunan tanah yang besar antar kecepatan. Tercatat 0,5616 mm pada kecepatan 4,31 cm/s dan 0,0624 mm pada

kecepatan 7,5 cm/s. Selain itu data yang didapatkan relatif sama pada setiap kondisi. Pola yang didapatkan pada penelitian ini hampir sama dengan penelitian yang dilakukan oleh Gholam Ali Shafabakhsh. Hanya pada penelitian ini variasi kecepatan berjumlah 2 sehingga grafik yang didapatkan hanya berupa garis linear.

4. Kesimpulan dan Saran

1. Berdasarkan hasil pengukuran tegangan yang terjadi pada tanah *subgrade* ekspansif, pola yang dimunculkan masing-masing kondisi relatif sama. Kecepatan 4,31cm/s (kecepatan rendah) memiliki tegangan yang lebih besar dibanding dengan kecepatan 7,5cm/s (kecepatan tinggi). Tetapi ada hal yang perlu diperhatikan pada hasil pengukuran tegangan titik 1 (satu), tegangan yang dihasilkan oleh kecepatan 7,5cm/s (kecepatan tinggi) menunjukkan nilai yang lebih besar dibanding dengan tegangan yang dihasilkan kecepatan 4,31cm/s (kecepatan rendah). Hal ini dikarenakan kondisi alat yang menimbulkan hentakan pada saat perpindahan posisi roda dari mengambang menjadi menapak di atas permukaan aspal. Apabila dibandingkan pada kenyataan, hentakan ini bisa diibaratkan seperti tekanan kejut pada saat kendaraan melakukan pengereman. Kecepatan tinggi mempunyai pengaruh yang lebih besar daripada kecepatan rendah. Namun penambahan tegangan yang diakibatkan hentakan ini tidak terlalu mempengaruhi hasil penurunan tanah. Hal ini bisa dilihat dari tidak ada perbedaan pola pembacaan penurunan tanah dari titik 1(satu) sampai titik 3(tiga) yaitu kecepatan rendah memiliki hasil yang besar daripada kecepatan tinggi.

2. Berdasarkan hasil pengukuran penurunan tanah yang terjadi pada tanah *subgrade* ekspansif, pola yang

dimunculkan masing-masing kondisi relatif sama. Kecepatan 4,31cm/s (kecepatan rendah) memiliki nilai penurunan yang lebih besar dibanding dengan kecepatan 7,5cm/s (kecepatan tinggi). Hal ini terjadi pada semua dial. Pada dial 1 menunjukkan nilai yang lebih besar dibanding dial 2 dikarenakan letak dial 2 berada di tengah lintasan yang cenderung lebih stabil dibanding dengan dial 1 yang terletak di pinggir lintasan.

Saran

1. Untuk melakukan penelitian lanjutan terhadap pengaruh kecepatan, variasi kecepatan yang digunakan 3(tiga variasi) atau lebih. Lebih banyak variasi, data yang didapatkan akan semakin bagus dan dapat digunakan untuk menentukan kecepatan optimal.
2. Perlu pengadaan sensor untuk menghitung jumlah lintasan secara otomatis dan sensor untuk mengetahui posisi roda agar pada saat pembacaan dial dapat dilakukan dengan mudah dan pada saat yang tepat.
3. Jumlah tanah yang digunakan tidak perlu terlalu banyak. Ketinggian tanah yang diuji disesuaikan dengan kedalaman penetrasi beban dan penyekalaan model. Penentuan jumlah tanah yang tepat sangat berpengaruh pada efisiensi waktu penelitian.

Daftar Pustaka

- Bowles, Joseph E. 1989. *Mekanika Tanah (Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah)*. Jakarta : Erlangga
- Chen, Fu Hua.1975. *Foundations On Expansive Soils*. Amsterdam: Elsevier Science Publishers B.V.
- Chen, Ming Kuo & Jo Chou Fang. 2004. "Development of 3-D Finite Element Model for Flexible Pavements". *Journal of the Chinese Institute of Engineers, Vol. 27, No. 5*. Chinese Institute of Engineer.
- Das, Braja M. 1985. *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Jilid 1. Jakarta : Erlangga
- Ditjen Bina Marga. 1987. *PPPLJR dengan Metode Analisa Komponen*. SKBI-2.3.26. Jakarta: Ditjen Bina Marga
- Ditjen Bina Marga. 2005. *Pedoman Kontruksi Bangunan Penanganan Tanah Ekspansif untuk Konstruksi Jalan*. Jakarta : Ditjen Bina Marga.
- Epifanio, Edwardo Gabriel, & Liu Gan. 2009. "Validation of Pavement Performance Model for Flexible Pavement Based Test Result in MnRoad". *Thesis*. Chalmers University Of Technology. Sweden
- Hary, Christady Hardiyatmo. 2002. *Mekanika Tanah II Edisi ke 2*. Beta Offset. Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada Yogyakarta
- Ratna, D. 2012. "Pengaruh Variasi Kadar Air Terhadap Pengembangan (Swelling) dan Daya Dukung Tanah Ekspansif di Kecamatan Paron Kabupaten Ngawi". *Skripsi* tidak dipublikasikan. Universitas Brawijaya. Malang.
- Shafabakhsh, Gholam Ali, et al. 2013. "Validation of Load Movement on Flexible Pavement Using Pennsylvania Field Test". *Technical Journal of Engineering and Applied Sciences*. No. 3125-3150. Semnan University. Semnan
- Sukirman, Silvia. 1999. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Bandung: Nova

