

# **PENGARUH KADAR AIR TERHADAP TEGANGAN DAN PENURUNAN SUBGRADE TANAH EKSPANSIF PADA MODEL PERKERASAN LENTUR**

RB. Akhmad Robitul Y.; Ir. Harimurti, MT; Dr. Eng. Yulvi Zaika, MT

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

Jalan MT. Haryono 167 Malang 65145 Jawa Timur

## **ABSTRAK**

Kerusakan perkerasan jalan seperti yang terjadi pada ruas jalan Paron yang terletak di Kabupaten Ngawi diduga disebabkan lapisan subgrade (tanah dasar) yang mengandung tanah ekspansif. Hal ini dikarenakan tanah ekspansif mempunyai potensi kembang susut yang tinggi jika kadar air pada tanah ekspansif tersebut terjadi perubahan. Sehingga pada saat musim hujan tanah ekspansif mengalami pengembangan sedangkan pada musim kemarau tanah ekspansif mengalami penyusutan. Mengetahui karakteristik dan perilaku dari tanah ekspansif pada subgrade perkerasan jalan sangat dibutuhkan supaya diperoleh desain perkerasan jalan yang tepat di atas tanah ekspansif pada ruas jalan Paron. Dari beberapa cara yang dapat digunakan untuk menganalisis perilaku tersebut yaitu dengan cara melihat dari nilai besaran tegangan dan penurunan yang terjadi pada tanah subgrade.

Dilakukan pengujian tegangan dan penurunan yang terjadi pada subgrade tanah ekspansif dengan pemodelan pemberian beban roda sebesar 20 kg dengan kecepatan 4,31 cm/s pada perkerasan lentur. Pemberian beban roda dilakukan sebanyak 100 lintasan di atas perkerasan lentur tiap kadar air. Penambahan kadar air pada tanah subgrade adalah sebesar 0% (kering); 5% (15 lt); 11,6% (35 lt); 15% (45 lt) dan 18,3% (55 lt). Data yang diambil untuk mengetahui pengaruh kadar air terhadap tegangan dan penurunan subgrade tanah ekspansif, yaitu lintasan ke-1, 25, 50, 75 dan 100 tiap kadar air.

Dari penambahan kadar air yang diberikan pada tanah didapatkan hasil pada pembacaan dial di titik A dan di titik B bahwa semakin besar variasi penambahan kadar air pada subgrade tanah ekspansif maka penurunan yang terjadi pada subgrade semakin besar. Hal ini disebabkan menurunnya nilai daya dukung tanah seiring penambahan kadar air pada subgrade tanah ekspansif dan juga akibat efek swelling pada subgrade tanah ekspansif yang masih terus bekerja karena adanya air. Begitu pula untuk tegangan subgrade yang terjadi, Didapatkan hasil pada pembacaan dial di titik A dan di titik B bahwa semakin besar variasi penambahan kadar air pada subgrade tanah ekspansif maka tegangan yang terjadi pada subgrade semakin besar. Hal ini dapat dipengaruhi oleh pengembangan tanah ekspansif seiring penambahan kadar air pada subgrade.

**Kata Kunci :** Tanah Ekspansif, Kadar Air, Tegangan tanah, Penurunan tanah, Model perkerasan lentur

## 1. LATAR BELAKANG

Dalam setiap pekerjaan konstruksi, tanah merupakan aspek yang sangat penting. Beberapa masalah dalam pekerjaan konstruksi bangunan seperti kerusakan perkerasan jalan seperti yang terjadi pada ruas jalan Paron yang terletak di Kabupaten Ngawi diduga disebabkan lapisan subgrade (tanah dasar) yang mengandung tanah ekspansif. Hal ini dikarenakan tanah ekspansif mempunyai potensi kembang susut yang tinggi jika kadar air pada tanah ekspansif tersebut terjadi perubahan. Sehingga pada saat musim hujan tanah ekspansif mengalami pengembangan sedangkan pada musim kemarau tanah ekspansif mengalami penyusutan.

Jika hal tersebut terus dibiarkan maka secara tidak langsung akan menyebabkan kerugian yang besar bagi dunia konstruksi Indonesia dan khususnya bagi para pemakai jalan tersebut. Maka dari itu perlu adanya penanganan khusus untuk mendesain perkerasan jalan raya di atas tanah ekspansif, agar anggaran yang dikeluarkan dari APBN (Anggaran Pendapatan dan Belanja Negara) yang asalnya dari masyarakat juga tidak disia-siakan karena desain jalan yang kurang tepat dan efektif.

Mengetahui karakteristik dan perilaku dari tanah ekspansif pada subgrade perkerasan jalan sangat dibutuhkan supaya diperoleh desain perkerasan jalan yang tepat di atas tanah ekspansif pada ruas jalan Paron. Dari beberapa cara yang dapat digunakan untuk menganalisis perilaku tersebut yaitu dengan cara melihat dari nilai besaran tegangan dan penurunan yang terjadi pada tanah subgrade akibat pengaruh perubahan kadar airnya. Maka dari itu penyusun akan mengangkat bahasan untuk penelitian Tugas Akhir ini yang berjudul : **“Pengaruh Kadar Air Terhadap Tegangan dan Penurunan Subgrade Tanah Ekspansif Pada Model Perkerasan Lentur”**. Dari hasil analisis ini bisa dijadikan sebagai pertimbangan untuk memilih desain perkerasan jalan pada subgrade yang berupa tanah ekspansif.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Penempatan Alat Penguji dan Pemodelan Perkerasan

Perkerasan direncanakan dengan pemodelan mulai dari subbase, base dan lapis perkerasan lentur. Pemodelan perkerasan dengan menggunakan skala 1:20. Metode yang digunakan pada pembuatan aspal yaitu metode pencampuran aspal panas dengan prosentase aspal 7%. Pada model

lapis atas perkerasan lentur ini terbuat dari campuran agregat batu pecah dengan gradasi yang ditentukan pada tabel 2.1.

**Tabel 2.1** Gradasi aspal

No	Lubang (mm)	lolos komulatif (%)	tertahan saringan 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

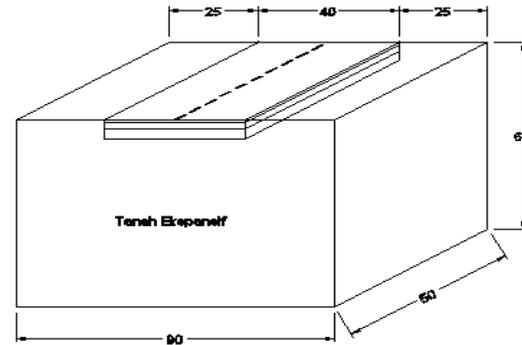
**Tabel 2.2** Gradasi B (subbase)

No	Lubang (mm)	lolos komulatif (%)	tertahan saringan 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

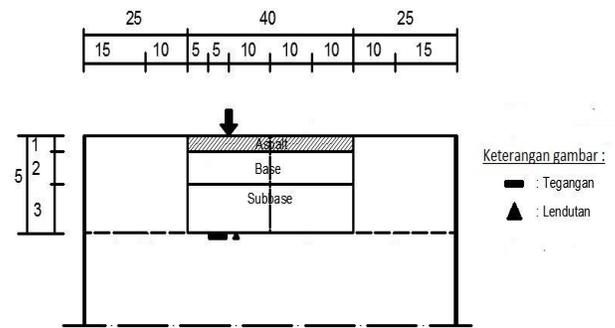
**Tabel 2.3** Gradasi A (base)

No	Lubang (mm)	lolos komulatif (%)	tertahan saringan komulatif (%)
0,375	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

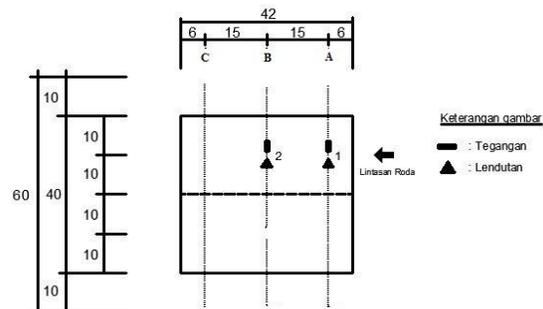
Pada lapisan subgrade (tanah dasar) digunakan jenis tanah yang bersifat terganggu (*disturb soil*).



**Gambar 2.1** Posisi model perkerasan pada kotak menggunakan skala 1:20



**Gambar 2.2** Potongan melintang kotak dan posisi dial



**Gambar 2.3** Tampak atas posisi dial pada permukaan subgrade

## 2.2 Alat Penguji

### Alat Pengukur Penurunan (modifikasi)

Untuk mendapatkan besar penurunan, digunakan alat modifikasi yang cara kerjanya sama seperti dial gauge. Set alat pengukur penurunan terdiri dari ohm meter, hambatan geser dan dihubungkan dengan kabel. Tahanan geser dirancang sehingga apabila tanah mengalami perubahan elevasi maka posisi tuas akan berubah, hambatan dibaca oleh ohm meter dari pergeseran tuas. Nilai hambatan geser kemudian dikonversikan menjadi jarak dengan mengalikan faktor skala alat.



**Gambar 2. 4** alat pengukur penurunan

### Mesin Pembebanan (beban roda)

Mesin penguji ini dirancang untuk memodelkan pembebanan yang terjadi pada jalan. Pembebanan yang terjadi yaitu pembebanan satu arah, roda mesin akan menapak lintasan hanya saat maju dan pada

saat mundur, roda tidak menapak. Alat ini dapat memberikan repetisi yang konstan.



**Gambar 2.5** Mesin pembebanan

### Alat Ukur Tegangan (modifikasi)

Untuk mendapatkan besar nilai tegangan digunakan alat uji yang terbuat dari modifikasi load cell yang tersambung dengan lcd untuk mengukur tegangan yang terjadi. Cara kerja alat ini seperti timbangan elektrik standar. Pada saat ada tekanan pada load cell, load cell akan mengalami penurunan kemudian besar penurunan diterjemahkan menjadi angka yang ditunjukkan oleh layar monitor.



**Gambar 2. 6** alat pengukur tegangan

### 2.3 Pemodelan Perilaku Pembebanan Pada Perkerasan Dan Kondisi Tanah

Dalam melakukan percobaan uji perilaku dapat dilihat sesuai petunjuk tabel 2.4

**Tabel 2.4** Pemodelan pembebanan

Kadar air	Beban	Kecepatan	Repetisi
Kering	20 kg	4,31cm/dtk	100 kali
15 L (5%)	20 kg	4,31cm/dtk	100 kali
35L (11,6%)	20 kg	4,31cm/dtk	100 kali
45L (15%)	20 kg	4,31cm/dtk	100 kali
55L (18,3%)	20 kg	4,31cm/dtk	100 kali

### 2.4 Langkah-Langkah Pengujian

Untuk melihat pengaruh perubahan kadar air terhadap penurunan dan tegangan tanah ekspansif terhadap perkerasan lentur maka dilakukan pengujian dengan tahapan sebagai berikut:

- Kotak dan tanah ekspansif disiapkan dengan kondisi tanah kering dan lolos saringan 4 dengan berat 292,11 kg.
- Pemberian tanah ke dalam kotak dilakukan bertahap dengan tinggi 10 cm tiap lapisan tanah kemudian dipadatkan. Pemberian tanah tahap awal dilakukan hingga ketinggian 1/2 tinggi kotak.
- Pada ketinggian tersebut dipasang saluran pipa kemudian tambahkan tanah ekspansif sampai mencapai ketinggian 5

cm dari mulut kotak . Setiap ketinggian 10 cm tanah dipadatkan.

d. Kemudian pasang dial penurunan dan tegangan pada permukaan tanah subgrade sesuai gambar 2.3

e. Tambahkan agregat batu pecah sebagai lapisan base dan subbase dengan tebal 2 cm dan 3 cm sesuai gambar 2.2 Gradasi base direncanakan seperti tabel 2.3 dan subbase seperti tabel 2.2

f. Letakkan model perkerasan lentur dengan dimensi seperti pada gambar 2.2 dan gambar 2.3 di atas base yang telah dipadatkan.

g. Kemudian dilakukan repetisi sesuai pemodelan pembebanan yang ditunjukkan tabel 2.4. Dilakukan pembacaan dial pada tiap titik seperti gambar 2.3. Pada langkah ini dilakukan pembacaan tegangan dan penurunan tanah yang tampil pada layar.

h. Setelah pengukuran selesai, penambahan air dilakukan melalui selang sebanyak 15 liter dari kondisi awal. Diamkan selama 24 jam.

i. Tahap h sampai tahap k dilakukan pengulangan hingga air berjumlah sebanyak 55 liter. Pemberian air dirubah menjadi 10 liter pada tahap ini sehingga pemberian air bertahap-tahap sebesar 0% (kering), 5% (15 liter), 11,6% (35 liter), 15% (45 liter) dan 18,3% (55 liter).

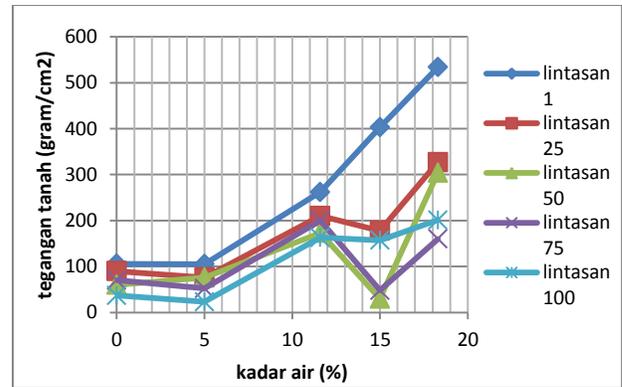
### 3. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pembahasan dari hasil pengujian ini dibatasi pada penurunan dan tegangan titik atau dial 1 dan 2 ( **Gambar 2.3**). Dimana untuk nilai besarnya penurunan dan tegangan dial 1 dicatat ketika beban berada pada titik A, sedangkan penurunan dan tegangan dial 2 dicatat ketika beban berada pada titik B. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan nilai tegangan pada kondisi yang paling ekstrim pada saat diberikan pembebanan. Dan pola pembebanan 20 kg pada durasi waktu 24 jam setelah penambahan air.

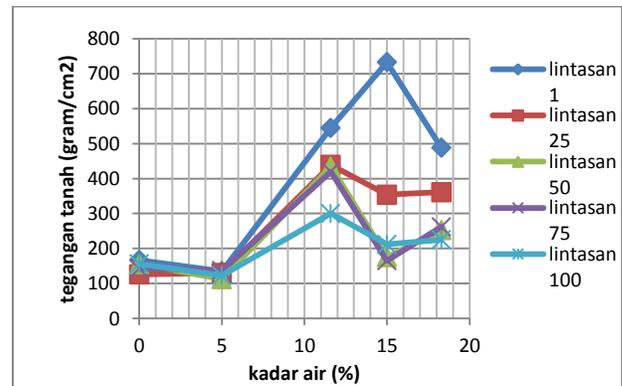
#### Hubungan antara penambahan kadar air dengan besarnya tegangan yang terjadi pada subgrade tanah ekspansif

**Tabel 3.1** Tegangan tanah akibat beban yang bekerja dengan perubahan kadar air

Lintasan ke-	Posisi beban	Tegangan tanah pada penambahan kadar air : (gram/cm <sup>2</sup> )				
		Kering	5%	11.6%	15%	18.3%
1	A	106	105	262	403	534
	B	167	135	545	354	488
25	A	90	76	210	178	327
	B	126	130	439	354	361
50	A	60	76	173	30	304
	B	155	113	435	175	253
75	A	70	52	200	48	160
	B	143	137	420	165	262
100	A	37	23	163	157	201
	B	156	123	300	212	225



**Gambar 3.1** Grafik hubungan tegangan dan penambahan kadar air pada tanah akibat pembebanan di titik A di berbagai lintasan



**Gambar 3.2** Grafik hubungan tegangan dan penambahan kadar air pada tanah akibat pembebanan di titik B di berbagai lintasan

Dari gambar 3.1 dan gambar 3.2 dapat dilihat pola grafik hubungan tegangan dan penambahan kadar air pada tanah subgrade akibat pembebanan di titik A dan titik B. Pola tegangan kedua titik pada subgrade cenderung sama yaitu terjadi penurunan tegangan pada kadar air 15%

kemudian mengalami kenaikan kembali pada kadar air 18,3%. Tetapi pola tegangan subgrade akibat pembabanan di lintasan 1 terjadi perbedaan pada kadar air 18,3%, dimana tegangan di titik A mengalami peningkatan sedangkan tegangan di titik B mengalami penurunan. Hal ini dikarenakan awal pemberian beban roda setelah penambahan kadar air sehingga kondisi subgrade masih belum cukup stabil akibat masih adanya efek swelling pada subgrade. Tetapi untuk variasi lintasan berikutnya pola tegangan tanah pada subgrade cenderung sama yaitu terjadi penurunan tegangan pada kadar air 15% kemudian mengalami kenaikan kembali pada kadar air 18,3%.

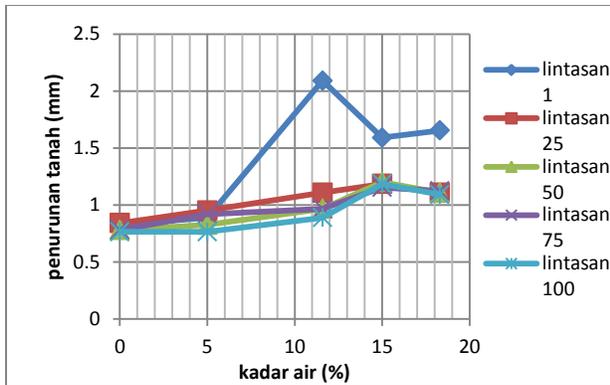
Jadi jika ditinjau dari besarnya kadar air pada subgrade tanah ekspansif terhadap tegangan yang terjadi berdasarkan hasil penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa semakin besar kadar air pada subgrade tanah ekspansif maka tegangan yang terjadi pada subgrade di bawah perkerasan akibat pemberian beban roda juga akan semakin besar. Hal ini berdasarkan data hasil yang digambarkan pada grafik dengan variasi kadar air (0%; 5%; 11,6%; 15%; 18,3%), tegangan yang terjadi pada subgrade cenderung meningkat meskipun pada kadar air tertentu mengalami penurunan. Tegangan pada subgrade yang cenderung meningkat

ini terjadi dikarenakan tanah pada subgrade masih mengalami efek swelling akibat penambahan kadar air. Sehingga pada kondisi tersebut tegangan yang terjadi cenderung meningkat ketika pembebanan diberikan pada perkerasan.

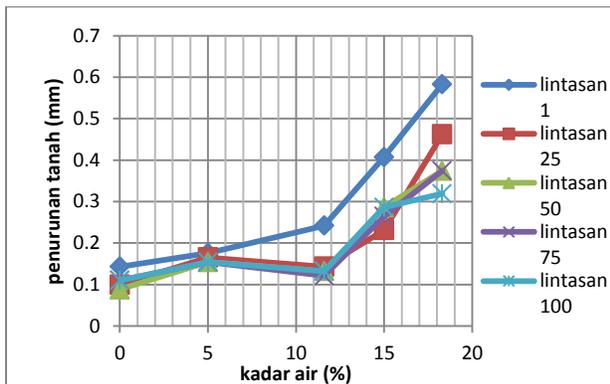
### **Hubungan antara penambahan kadar air dengan besarnya penurunan yang terjadi pada subgrade tanah ekspansif**

**Tabel 3.2** Penurunan tanah akibat beban yang bekerja dengan perubahan kadar air

Lintasan ke-	Posisi beban	Penurunan tanah pada penambahan kadar air :				
		Kering	5%	11.60%	15%	18.30%
1	A	0.8268	0.8892	2.0904	1.5912	1.6536
	B	0.1430	0.1760	0.242	0.4070	0.5830
25	A	0.8424	0.9516	1.1076	1.1856	1.1084
	B	0.0990	0.1650	0.143	0.2310	0.4620
50	A	0.7800	0.8268	0.9672	1.2012	1.1076
	B	0.0880	0.1540	0.132	0.2860	0.3740
75	A	0.7800	0.9204	0.9672	1.1544	1.1232
	B	0.1100	0.1540	0.1210	0.2640	0.3740
100	A	0.7644	0.7644	0.8892	1.1856	1.0920
	B	0.1100	0.1540	0.132	0.2860	0.319



**Gambar 3.3** Grafik hubungan penurunan dan penambahan kadar air pada tanah akibat pembebanan di titik A di berbagai lintasan



**Gambar 3.4** Grafik hubungan penurunan dan penambahan kadar air pada tanah akibat pembebanan di titik B di berbagai lintasan

Dari gambar 3.3 dapat dilihat pola grafik penurunan subgrade pada titik A yang terbaca pada dial 1 cenderung meningkat seiring bertambahnya kadar air. Kenaikan penurunan ini disebabkan oleh efek swelling pada lempung masih terus bekerja karena adanya air. Pola penurunan subgrade terbesar terjadi pada lintasan 1 dan

puncaknya di kadar air 11,6%. Hal ini dikarenakan awal pemberian beban setelah penambahan kadar air sehingga kondisi subgrade masih belum cukup stabil akibat adanya pengembangan tanah pada subgrade. Tetapi untuk variasi lintasan berikutnya pola penurunan tanah pada subgrade cenderung sama yaitu penurunan terbesar terjadi pada kadar air 15%.

Dari gambar 3.4 dapat dilihat pola grafik penurunan subgrade pada titik B yang dibaca dial 2 cenderung meningkat seperti yang terjadi pada penurunan titik A. Tetapi pola penurunan pada titik A lebih landai dan lebih besar daripada pola penurunan pada titik B. Hal ini dapat dikarenakan alat penguji pembebanan terjadi hentakan pada saat awal melintasi pada perkerasan yang mengakibatkan penurunan pada titik A lebih besar daripada titik B. Pada titik B penurunan subgrade terbesar terjadi pada kadar air 18,3%.

Jadi jika ditinjau dari besarnya kadar air pada subgrade tanah ekspansif terhadap penurunan yang terjadi berdasarkan hasil penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa semakin besar kadar air pada subgrade tanah ekspansif maka penurunan yang terjadi pada subgrade di bawah perkerasan akibat pemberian beban roda juga akan semakin besar. Hal ini berdasarkan penelitian Dwi

Ratna (2012) dengan jenis tanah yang sama didapatkan bahwa semakin tinggi kandungan air pada tanah maka semakin rendah nilai daya dukung tanah tersebut. Selain itu tanah subgrade masih mengalami pengembangan saat pemberian beban roda akibat penambahan kadar air sehingga subgrade mengalami penurunan. Hal ini yang dapat mempercepat terjadinya kerusakan pada perkerasan jalan.

#### **4.1 Kesimpulan**

1. Berdasarkan hasil pengukuran penurunan subgrade tanah ekspansif dengan variasi penambahan air pada model perkerasan lentur disetiap kondisi cenderung sama. Didapatkan hasil pada pembacaan dial di titik A dan di titik B bahwa semakin besar variasi penambahan kadar air pada subgrade tanah ekspansif maka penurunan yang terjadi pada subgrade semakin besar. Hal ini disebabkan menurunnya nilai daya dukung tanah seiring penambahan kadar air pada subgrade tanah ekspansif. Selain itu juga akibat efek swelling pada subgrade tanah ekspansif yang masih terus bekerja karena adanya air. Tetapi pola penurunan pada titik A lebih landai dan lebih besar daripada pola penurunan pada titik B. Hal ini dapat dimungkinkan karena alat pengukur penurunan di titik A mengalami hentakan

pada saat menapak pada perkerasan yang mengakibatkan penurunan pada titik A lebih besar daripada titik B.

2. Berdasarkan hasil pengukuran tegangan subgrade tanah ekspansif dengan variasi penambahan air pada model perkerasan lentur disetiap kondisi juga relatif sama. Didapatkan hasil pada pembacaan dial di titik A dan di titik B bahwa semakin besar variasi penambahan kadar air pada subgrade tanah ekspansif maka tegangan yang terjadi pada subgrade semakin besar. Hal ini dikarenakan ketika pembebanan diberikan pada perkerasan, subgrade masih mengalami efek swelling akibat penambahan kadar air sehingga tegangan yang terjadi cenderung meningkat. Perlu diperhatikan pada lintasan 1 dimana terjadi pola tegangan terbesar pada subgrade akibat pemberian beban roda. Hal ini dikarenakan awal pemberian beban setelah penambahan kadar air sehingga kondisi subgrade masih belum cukup stabil akibat adanya pengembangan tanah pada subgrade. Tetapi untuk variasi lintasan berikutnya pola tegangan tanah pada subgrade cenderung sama yaitu terjadi penurunan tegangan pada kadar air 15% kemudian mengalami kenaikan kembali pada kadar air 18,3%.

## 4.2 Saran

1. Diperlukan penelitian lebih lanjut pengaruh variasi kadar air terhadap subgrade tanah ekspansif hingga mencapai kadar air optimum atau lebih. Sehingga data yang didapatkan lebih lengkap.
2. Alat uji pembebanan perlu disempurnakan agar data yang didapat lebih baik. Seperti jatuhnya beban roda lebih diperhalus sehingga tidak terjadi hentakan pada perkerasan dan pembacaan data dari alat ukur secara otomatis agar data yang didapat lebih akurat
3. Perlu diperhitungkan jumlah tanah subgrade dengan pemodelan untuk penelitian selanjutnya agar penyediaan bahan penelitian lebih efektif dan efisien.

## DAFTAR PUSTAKA

Anonim. 1987. *Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya Dengan Metode Analisa Komponen*. Jakarta: Yayasan Badan Penerbit PU

Bowles, Joseph E. 1989. *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah)*, Jakarta : Erlangga

Christady Hardiyatmo, Hary. 2002. *Mekanika Tanah II Edisi ke 2*. Beta Offset. Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada Yogyakarta

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.

Hardiyatmo. 1994. *Mekanika Tanah 2*. Jakarta : PT Gramedia Pustaka Utama

Head, K.H. 1980. *Manual of Soil Laboratory Testing. Volume 1: Soil Classification and Compaction Tests*. London : Pentech Press

Ratna, D. 2012. *Pengaruh Variasi Kadar Air Terhadap Pengembangan ( Swelling ) dan Daya Dukung Tanah Ekspansif di Kecamatan Paron Kabupaten Ngawi*. Malang : Universitas Brawijaya.

Mitchell, James K. 1976. *Fundamentals of Soil Behavior*. Barkeley: University of California