

RINGKASAN

Rifky Anggi R., Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, April 2015, Pengaruh Perubahan Kadar Air Tanah Ekspansif Terhadap Deformasi Vertikal Dan Deformasi Horizontal Aspal Pada Model Perkerasan Lentur, Dosen Pembimbing: Ir. Harimurti, MT dan Dr. Ir. As'ad Munawir, MT.

Perkerasan lentur yang ada di daerah Paron Kab. Ngawi memiliki permasalahan sering terjadinya kerusakan lapisan permukaan, hal ini telah diidentifikasi karena tanah pendukung (subgrade) yang memiliki jenis tanah ekspansif. Tanah ini memiliki sifat berdeformasi yang sangat signifikan, deformasi yang terjadi disebabkan oleh perilaku kembang susutnya tanah jenis ini.

Pemodelan penelitian menggunakan jenis subgrade seperti lokasi di Paron dan lapisan-lapisan perkerasan yang sudah di skala. Pengujian digunakan kadar air berbeda-beda yaitu 0%, 5%, 11,7%, 15%, dan 18,3%. Hasil pengujian didapat kan data berupa rutting, regangan dan deformasi vertikal. Dari nilai rutting, regangan dan deformasi vertikal inilah dapat dilihat kerusakan lapisan perkerasan lentur yang terjadi.

Dari hasil pengujian didapat data pengukuran rutting aspal yang merupakan data lendutan aspal, lendutan aspal maksimal terjadi pada kadar air 18,3% dengan nilai 0,805 mm di titik 2. Pada LVDT titik 1 A didapatkan nilai deformasi ke bawah sebesar 0,404 mm pada kadar air 5% dan deformasi ke atas sebesar -0,455 mm di kadar air 11,7%. Di titik 1 B sebesar 0,298 mm pada kadar air 5% dan nilai minimum -0,438 mm pada kadar air 11,7%. Sedangkan nilai regangan pada posisi Y sebesar 0,6091 % pada kadar air 15% dan posisi X 0,0359 % pada kadar air 11,7% pada saat pengujian. Deformasi pada titik 2 A ke bawah sebesar 0,404 mm dan deformasi ke atas -0,455 mm pada kadar air 11,7% serta titik 2 B deformasi ke bawah 0,0298 mm pada kadar air 5% dan arah ke atas sebesar -0,438 mm, sedangkan nilai regangan pada titik 2 posisi Y regangan aspal sebesar 0,6092 % pada kadar air 5% dan pada posisi X sebesar 0,3588 % pada kadar air 11,7%. Deformasi pada titik 3 A ke atas sebesar -0,455 mm pada kadar air 11,7% dan ke bawah sebesar 0,404 mm pada kadar air 5% sedangkan titik 3 B deformasi ke bawah sebesar 0,304 mm pada kadar air 5% dan deformasi ke atas sebesar -0,431 mm pada kadar air 11,7% sedangkan nilai regangan pada titik 3 posisi Y regangan aspal sebesar 0,6091 % pada kadar air 5%, 15% dan pada posisi X sebesar 0,3589 % pada kadar air 11,7%.

Kata Kunci : Tanah Ekspansif, Pengaruh Kadar Air Subgrade, Rutting Aspal, Deformasi arah Vertikal Aspal, Regangan Aspal, Model Perkerasan

1. Latar Belakang

Kelayakan jalan sangat penting untuk mendukung mobilitas masyarakat Indonesia yang semakin tinggi taraf hidupnya, tapi ruas-ruas jalan di Indonesia masih banyak mengalami kerusakan yang diakibatkan oleh berbagai sebab, penyebab yang sering ditemui di daerah kabupaten Ngawi yakni akibat tanah dasar yang tidak mendukung untuk konstruksi perkerasan. Tanah di daerah Ngawi merupakan jenis tanah ekspansif, jenis tanah ini sangat tinggi tingkat pengembangan saat terpapar air dan mengalami susut saat keadaan kering. Proses mengembang dan menyusut yang ekstrim ini secara otomatis merusak lapisan

Pengaruh intensitas yang tinggi mempengaruhi kadar air dalam tanah dasar. Besarnya jumlah air yang semakin tinggi dalam tanah ekspansif membuat tanah tersebut mengembang sangat tinggi pula. Begitu juga sebaliknya saat kemarau atau panas keadaan tanah menyusut karena berkurangnya kadar air pada tanah subgrade. Selisih pengembangan dan penyusutan serta dalam kurun waktu yang singkat membuat kerusakan pada konstruksi perkerasan lentur pada permukaan tanah ekspansif, selain itu pula tingginya intensitas kendaraan yang melalui jalan daerah tersebut. Menurut kondisi seperti yang dijelaskan diatas peneliti menjadikan dasar uji perilaku pada penelitian yang akan dilakukan. Diharapkan pada uji perilaku peneliti dapat melihat penyebab yang ditimbulkan oleh naiknya kadar air pada tanah ekspansif dengan melihat nilai *rutting* aspal, regangan aspal, dan deformasi arah vertikal, sehingga dari teori yang dipaparkan sebelumnya peneliti mengambil judul tugas akhir dari penelitian ini : **“Pengaruh Perubahan Kadar Air Tanah Ekspansif Terhadap Deformasi Vertikal Dan Deformasi Horisontal Aspal Pada Model Perkerasan Lentur”**. Peneliti berharap hasil yang diperoleh nanti bisa dijadikan

opsi untuk menangani permasalahan konstruksi perkerasan di kabupaten Ngawi maupun di tempat lain yang memiliki kondisi serta permasalahan tanah yang sama.

2. Metode Penelitian

Pemodelan Perkerasan dan Penempatan Alat Uji

Model penelitian di desain kurang lebihnya sesuai dengan susunan perkerasan lentur secara umum. Pemodelan di rancang dengan skala 1:20. Lapisan permukaan di gunakan aspal hotmix dengan persen aspal 7%. Adapun ukuran agregat untuk setiap lapis perkerasan sudah ditentukan yang dapat dilihat pada tabel berikut

Tabel 2.1 Ukuran butiran agregat lapisan base

No	lubang(mm)	lolos kumulatif (%)	tertahan saringan kumulatif (%)
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

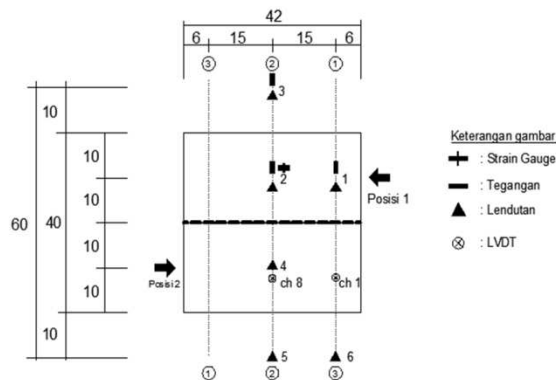
Tabel 2.2 Ukuran butiran agregat lapisan subbase

No	lubang(mm)	lolos kumulatif (%)	tertahan saringan kumulatif (%)
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

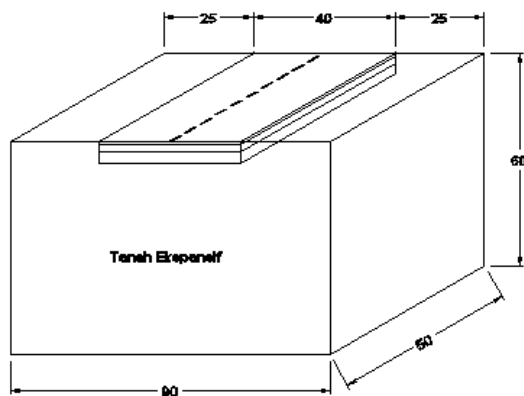
Tabel 2. 1 Ukuran butiran agregat lapisan aspal

No	lubang(mm)	lolos kumulatif (%)	tertahan saringan kumulatif (%)
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	

Untuk subgrade (tanah dasar) digunakan tanah ekspansif yang merupakan masalah utama pada penelitian ini.



Gambar 2.1 Posisi titik sensor tampak atas

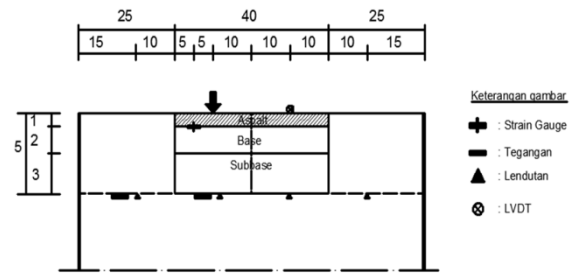


Gambar 2. 2 Posisi perkerasan pada Box dengan skala 1:20

Alat Uji

Alat Uji Regangan

Strain gauge (atau strain gauge) adalah alat yang digunakan dalam mengukur regangan suatu benda. Alat ini sangat kecil dan pembacaannya bernilai 10^{-6} atau biasa ditulis dalam satuan micro-epsilon.



Gambar 2. 1 Posisi sensor tampak samping



Gambar 2. 3 strain gauge

Alat Uji Deformasi Vertikal

LVDT (Linear Variable Differential Transformer) merupakan salah satu sensor posisi. LVDT bekerja dengan pada ada tidaknya medan magnet. Fungsi alat ini untuk mengetahui nilai perubahan posisi aspal terhadap sumbu vertikal



Gambar 2. 4 alat uji deformasi

Alat Ukur Rutting

Jangka sorong di gunakan untuk mengukur selisih lengkungan aspal (*rutting*) sebelum dan sesudah dibebani.



Gambar 2. 6 alat uji deformasi

Mesin Penggerak Beban

Mesin penggerak beban ini prinsip kerja menggerakkan beban dengan roda di bawah beban secara continui dan konstan. didasarkan pada prinsip pembebanan yang terjadi pada jalan raya, mesin ini dimaksudkan agar pembebanan lintasan otomatis dan peneliti hanya merekam data yang dihasilkan dan menghitung jumlah lintasan



Gambar 2.7 Mesin penggerak beban

Pemodelan Perilaku Pembebanan

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

Kadar air (%)	Beban (Kg)	Kecepatan (cm/dtk)
0 (kering)	20	4.31
5 (15L)	20	4.31
11,7 (35L)	20	4.31
15 (45L)	20	4.31
18,3 (55L)	20	4.31

Tahapan Uji Perilaku

Untuk mengetahui pengaruh kadar air pada subgrade terhadap regangan, deformasi dan *rutting* perkerasan lentur maka dilakukan uji perilaku yaitu:

- Pemadatan tanah ekspansif yang sudah dikondisikan kadar airnya 0%. Dipadatkan setiap ketebalan 10 cm.
- Masukkan rangkaian pipa untuk pendistribusian air ke subgrade ditengah-tengah tinggi subgrade. Beri jarak permukaan subgrade 5 cm pada permukaan kotak
- Tebal lapisan dasar 3 cm dan lapisan sub dasar 2 cm dihamparkan berturut-turut dengan gradasi agregat yang sudah direncanakan.
- Letakkan model lapisan permukaan yang terbuat dari campuran aspal 7% dan agregat batuan
- Semua alat dan benda uji ditempatkan sesuai posisi, kemudian pengujian benda bisa dilakukan. Perekaman nilai pada titik-titik yang ditentukan sesuai gbr 2.1. dikondisi ini pencatatan regangan aspal, deformasi aspal, dan rutting aspal dilakukan.
- Pengukuran rutting aspal selesai, tambahkan air yang melewati pipa yang mengalir ke subgrade sebanyak 5% dari total subgrade. Setelah penambahan air

penelitian selanjutnya dilakukan setelah 24 jam pengisian.

g. Lakukan berulang poin e dan f sampai diperoleh data sesuai rencana penelitian. Pemberian air pada tanah bertahap yakni ; 5%, 11,7%, 15%, 18,3%

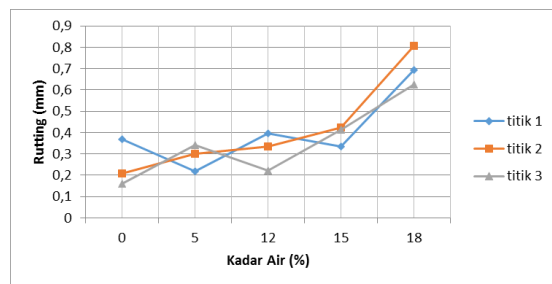
3. Hasil Penelitian Dan Pembahasan

Hasil Pengukuran Rutting Aspal

Data rutting aspal untuk mengetahui lendutan aspal, ini didapat dari pengukuran kedalaman cekungan rutting yang diukur dengan jangka sorong, pengukuran dilakukan setelah repetisi lintasan selesai dilakukan, berikut data hasil pengukuran rutting :

Tabel 3.1 Nilai Rutting Pada Setiap Kadar Air

Kadar air	titik 1	titik 2	titik 3
0,0%	0,37	0,21	0,16
5,0%	0,22	0,3	0,34
11,7%	0,395	0,335	0,223
15,0%	0,335	0,425	0,414
18,3%	0,695	0,805	0,625



Gambar 3. 1 Grafik Hubungan Kadar Air Terhadap Rutting Aspal

Pada hasil pengukuran *rutting* aspal di garis lintasan roda memiliki pola grafik cenderung naik di setiap titik, pada titik 1 nilai routing di kadar air 0% sebesar 0,37 mm, di kadar air 5% nilai *rutting* kecil menjadi 0,22 mm, di kadar air 11,7% menjadi 0,395 mm, di kadar air 15% nilai *rutting* kembali kecil ke 0,335 mm dan di kadar air 18,3% menjadi 0,695 mm, pada titik 2 pola *rutting* di kadar air 0% nilai *rutting* 0,21 mm, di kadar air 5% nilai

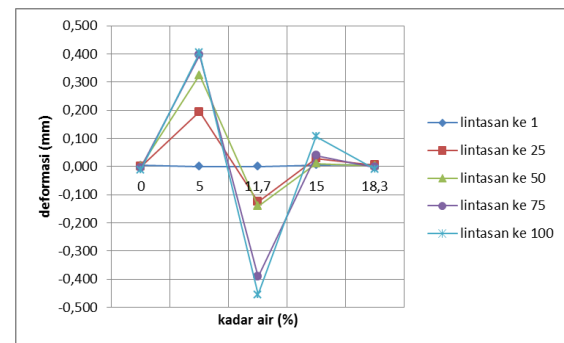
rutting 0,3 mm, di kadar air 11,7% nilai *rutting* 0,335 mm, di kadar air 15% nilai *rutting* 0,45 mm, dan di kadar air 18,3% nilai *rutting* 0,805 mm, sementara itu pada titik 3 di kadar air 0% nilai *rutting* 0,16 mm, di kadar air 5% nilai *rutting* naik menjadi 0,34 mm, di kadar air 11,7% nilai *rutting* turun ke 0,223 mm, di kadar air 15% kembali naik menjadi 0,414 mm, dan di kadar air 18,3% naik menjadi 0,625 mm.

Hasil Pengolahan Data LVDT

Pada deformasi vertikal aspal yang menggunakan LVDT terdapat dua pembacaan alat dengan masing masing kode A dan B

Tabel 3. 2 Hasil Pembacaan Alat LVDT di Titik 1 A

Lintasan ke	kadar air (%)				
	0	5	11,7	15	18,3
1	0,004	0,000	0,000	0,006	0,007
25	0,000	0,195	-0,125	0,029	0,005
50	0,002	0,325	-0,141	0,011	0,003
75	-0,004	0,397	-0,391	0,040	-0,002
100	-0,011	0,404	-0,455	0,107	-0,009



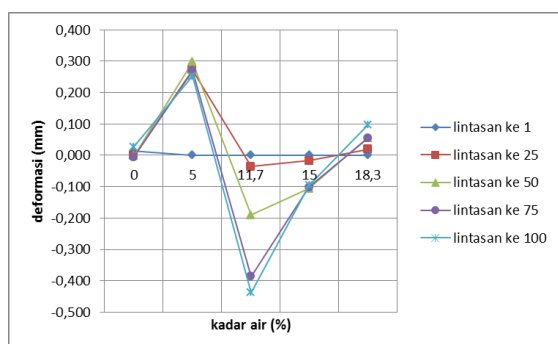
Gambar 3. 2 Grafik Hubungan Deformasi Arah Vertikal Dengan Kadar Air di Titik 1 A

Dari grafik hasil pembacaan deformasi pada titik 1 A, ada 5 (lima) beda jumlah lintasan sebagai pembanding pola grafik deformasi yang disebabkan kadar air dapat terlihat bahwa pada kondisi subgrade kering lintasan ke 1 mengalami deformasi dengan nilai 0,004 mm, lintasan ke 25 nilai deformasi kembali 0 mm, lintasan ke 50 nilai deformasi 0,002 mm, lintasan ke 75 nilai deformasi -0,004 mm, lintasan ke 100 nilai deformasi -0,011 mm, pada kadar air

5% lintasan 1 tidak mengalami deformasi, lintasan 25 mengalami deformasi dengan nilai 0,195 mm, lintasan 50 nilai deformasi dengan nilai 0,325 mm, lintasan 75 mengalami deformasi dengan nilai 0,397 mm, lintasan 100 mengalami deformasi dengan nilai 0,404 mm. Untuk kadar air 11,7% lintasan ke 1 mengalami deformasi dengan nilai 0 mm, lintasan ke 25 nilai deformasi kembali -0,125 mm, lintasan ke 50 nilai deformasi - 0,141 mm, lintasan ke 75 nilai deformasi -0,391 mm, lintasan ke 100 nilai deformasi -0,455 mm. Untuk kadar air 15% lintasan ke 1 mengalami deformasi dengan nilai 0,006 mm, lintasan ke 25 nilai deformasi kembali 0,029 mm, lintasan ke 50 nilai deformasi 0,011 mm, lintasan ke 75 nilai deformasi 0,040 mm, lintasan ke 100 nilai deformasi 0,107 mm., sedangkan untuk kadar air 18,3% lintasan ke 1 mengalami deformasi 0,007mm, pada lintasan ke 25 dengan nilai 0,005 pada lintasan ke 50 dengan nilai 0,003 pada lintasan 75 dengan nilai -0,002 dan pada lintasan 100 memiliki nilai - 0,009.

Tabel 3. 3 Hasil Pembacaan Alat LVDT di Titik 1 B

Lintasan ke	kadar air (%)				
	0	5	11,7	15	18,3
1	0,013	0,000	0,000	0,000	0,000
25	-0,002	0,272	-0,036	-0,017	0,019
50	-0,002	0,298	-0,191	-0,106	0,056
75	-0,006	0,270	-0,386	-0,102	0,054
100	0,027	0,252	-0,438	-0,096	0,096



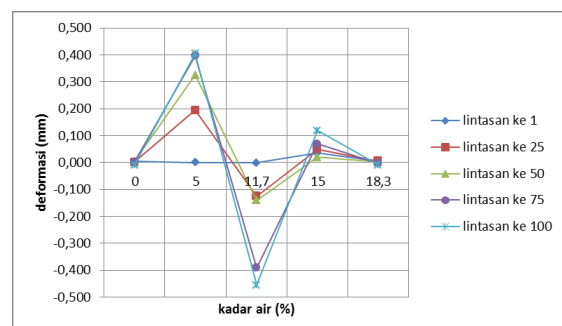
Gambar 3. 3 Grafik Hubungan Deformasi Arah Vertikal Dengan Kadar Air di Titik 1 B

Dari grafik hasil pembacaan deformasi pada titik 1 B, grafik kadar air pada subgrade kondisi kering di lintasan 1

mengalami deformasi dengan angka 0,013 mm, di lintasan 25 mengalami deformasi - 0.002 mm di lintasan ke 50 tetap di -0,002 mm di lintasan ke 75 menjadi -0,006 mm dan pada lintasan 100 deformasi mengalami perubahan berlawanan menjadi 0,027 mm, pada kadar air 5% mengalami deformasi pada lintasan ke 25 dengan nilai 0,272 mm lintasan ke 50 dengan nilai 0,298 mm lintasan ke 75 dengan nilai 0,270 mm dan lintasan ke 100 dengan nilai 0,252 mm sedangkan untuk kadar air 11,7% terjadi deformasi pada lintasan ke 25 dengan nilai -0,036 mm lintasan ke 50 dengan nilai -0,191 mm lintasan ke 75 dengan nilai -0,386 mm lintasan ke 100 dengan nilai -0,438 mm, pada kadar air 15% terjadi deformasi pada lintasan ke 25 dengan nilai -0,017 mm lintasan ke 50 dengan nilai -0,106 mm lintasan ke 75 dengan nilai -0,102 mm lintasan ke 100 dengan nilai -0,096 mm pada kadar air 18,3% terjadi deformasi pada lintasan ke 25 dengan nilai 0,019 mm lintasan ke 50 dengan nilai 0,056 mm lintasan ke 75 dengan nilai 0,054 mm lintasan ke 100 dengan nilai 0,096 mm.

Tabel 3. 4 Hasil Pembacaan Alat LVDT di Titik 2 A

Lintasan ke	kadar air (%)				
	0	5	11,7	15	18,3
1	0,004	0,000	-0,001	0,035	0,005
25	0,002	0,195	-0,125	0,050	0,005
50	0,004	0,325	-0,141	0,020	0,002
75	0,002	0,397	-0,391	0,070	-0,002
100	-0,009	0,404	-0,455	0,119	-0,009



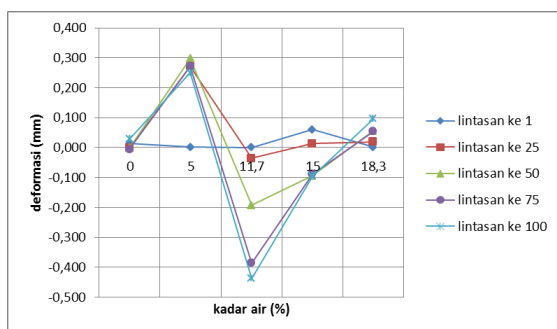
Gambar 3. 4 Grafik Hubungan Deformasi Arah Vertikal Dengan Kadar Air di Titik 2 A

Dari grafik hasil pembacaan deformasi pada titik 2 A, dapat terlihat bahwa pola

grafik diatas hampir sama pada grafik di titik 1 pada kadar air 0% lintasan ke 1 mengalami deformasi 0,004 mm di lintasan ke 25 mengalami deformasi 0,002 mm di lintasan ke 50 mengalami deformasi 0,004 mm di lintasan ke 75 mengalami deformasi 0,002 mm di lintasan ke 100 mengalami deformasi -0,009 mm sedangkan untuk kadar air 5% terjadi deformasi yang signifikan pada lintasan ke 25 dengan nilai 0,195 mm lintasan ke 50 dengan nilai 0,325 mm lintasan ke 75 dengan nilai 0,397 mm dan lintasan ke 100 dengan nilai 0,404 mm terlihat dari penurunan drastis pada grafik, deformasi pada kadar air 11,7% di lintasan 1 bernilai -0,001 mm lintasan ke 25 dengan nilai -0,125 mm lintasan ke 50 dengan nilai -0,141 mm lintasan ke 75 dengan nilai -0,391 mm dan lintasan ke 100 dengan nilai -0,455, deformasi pada kadar air 15% di lintasan 1 bernilai 0,035 mm lintasan ke 25 dengan nilai 0,050 mm lintasan ke 50 dengan nilai 0,020 mm lintasan ke 75 dengan nilai 0,070 mm dan lintasan ke 100 dengan nilai 0,119, deformasi pada kadar air 18,3% di lintasan 1 bernilai 0,005 mm lintasan ke 25 dengan nilai 0,005 mm lintasan ke 50 dengan nilai 0,002 mm lintasan ke 75 dengan nilai -0,002 mm dan lintasan ke 100 dengan nilai -0,009.

Tabel 3. 5 Hasil Pembacaan Alat LVDT di Titik 2 B

Lintasan ke	kadar air (%)				
	0	5	11,7	15	18,3
1	0,013	0,002	0,001	0,060	0,002
25	-0,002	0,272	-0,036	0,013	0,019
50	-0,002	0,298	-0,193	-0,094	0,056
75	-0,006	0,272	-0,386	-0,089	0,054
100	0,029	0,250	-0,438	-0,096	0,096

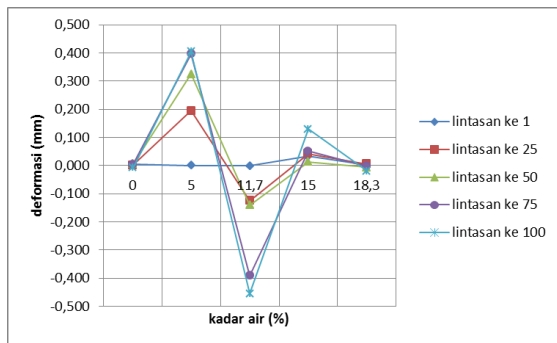


Gambar 3. 5 Grafik Hubungan Deformasi Arah Vertikal Dengan Kadar Air di Titik 2 B

Dari grafik hasil pembacaan deformasi pada titik 2 B, grafik pada kondisi kering di semua lintasan mengalami deformasi yang sangat kecil dengan nilai di lintasan ke 1 yaitu 0,013 mm di lintasan ke 25 nilai yang di dapat -0,002mm di lintasan ke 50 di dapat -0,002 lintasan ke 75 dengan nilai -0,006 dan di lintasan ke 100 dengan nilai 0,029, pada kadar air 5% mengalami deformasi pada lintasan ke 1 dengan nilai 0,002 mm lintasan ke 25 deformasi yang terjadi sangat signifikan dengan nilai 0,272 mm lintasan ke 50 dengan nilai 0,298 mm lintasan ke 75 nilai yang didapat 0,272 mm dan lintasan ke 100 dengan nilai 0,250 mm sedangkan di kadar air 11,7% terjadi deformasi yang berubah drastis pada lintasan ke 1 nilai yang didapat 0,001 mm lintasan ke 25 dengan nilai -0,036 mm lintasan ke 50 dengan nilai -0,193 mm lintasan ke 75 dengan nilai -0,386 mm dan pada lintasan ke 100 nilai yang didapat -0,438 mm. Deformasi pada aspal saat kadar air 15% pada lintasan ke 1 didapat nilai 0,060 mm lintasan ke 25 didapat nilai 0,013 mm pada lintasan ke 50 di dapat nilai -0,094 mm di lintasan ke 75 di dapat nilai -0,089 mm dan pada lintasan ke 100 didapat -0,096 mm sedangkan pada kadar air 18,3% pada lintasan 1 nilai yang di dapat 0,002 mm pada lintasan ke 25 nilai yang di dapat 0,019 mm pada lintasan ke 50 memiliki nilai 0,056 mm di lintasan ke 75 di dapat nilai 0,054 mm dan di lintasan ke 100 didapat nilai 0,096 mm.

Tabel 3. 6 Hasil Pembacaan Alat LVDT di Titik 3 A

Lintasan ke	kadar air (%)				
	0	5	11,7	15	18,3
1	0,006	0,000	-0,001	0,033	0,003
25	0,002	0,195	-0,125	0,042	0,005
50	0,006	0,325	-0,141	0,013	-0,006
75	0,004	0,397	-0,391	0,051	-0,002
100	-0,007	0,404	-0,455	0,129	-0,019

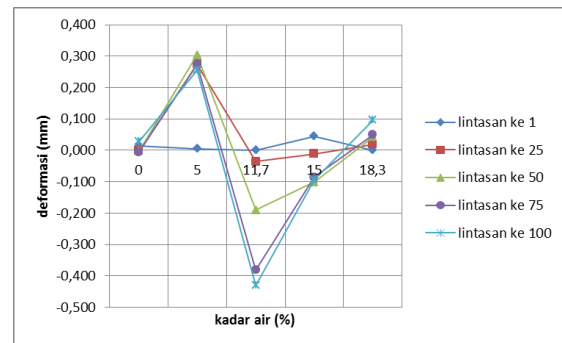


Gambar 3. 6 Grafik Hubungan Deformasi Arah Vertikal Dengan Kadar Air di Titik 3 A

Dari grafik hasil pembacaan deformasi pada titik 3 A, dapat terlihat bahwa pola grafik diatas hampir sama pada grafik di titik 1 dan 2 pada kadar air 5% semua lintasan mengalami deformasi yang sangat kecil dan berada di nilai lvdt yang sama yaitu 0,004 mm, sedangkan untuk kadar air 11,7% terjadi deformasi yang besar pada lintasan ke 25 dengan nilai 0,403 mm lintasan ke 50 dengan nilai 0,494 mm lintasan ke 75 dengan nilai 0,588 mm dan lintasan ke 100 dengan nilai 0,640 mm terlihat dari penurunan drastis pada grafik. Deformasi pada aspal berkurang saat kadar air di subgrade sebesar 15% pada lintasan ke 25 dengan nilai 0,321 mm lintasan ke 50 dengan nilai 0,503 mm lintasan ke 75 dengan nilai 0,542 mm dan lintasan ke 100 dengan nilai 0,593 mm ini dapat dilihat pada kenaikan grafik, sedangkan untuk kadar air 18,3% mengalami deformasi yang kecil pada lintasan ke 25 dengan nilai 0,241 mm lintasan ke 50 dengan nilai 0,358 mm lintasan ke 75 dengan nilai 0,421 mm dan lintasan ke 100 dengan nilai 0,470 mm.

Tabel 3. 7 Hasil Pembacaan Alat LVDT di Titik 3 B

Lintasan ke	kadar air (%)				
	0	5	11,7	15	18,3
1	0,013	0,005	0,001	0,045	0,000
25	-0,002	0,274	-0,036	-0,011	0,019
50	-0,002	0,304	-0,191	-0,102	0,043
75	-0,006	0,274	-0,381	-0,085	0,050
100	0,029	0,256	-0,431	-0,094	0,096



Gambar 3. 7 Grafik Hubungan Deformasi Arah Vertikal Dengan Kadar Air di Titik 3 B

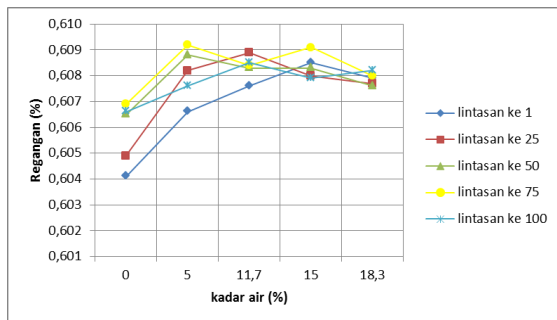
Dari grafik hasil pembacaan deformasi pada titik 3 B, grafik kadar air dapat terlihat bahwa pada kadar air 5% semua lintasan mengalami deformasi yang sangat kecil dengan pada lintasan ke 1 nilai yang didapat 0,013 mm di lintasan ke 25 nilai yang diperoleh -0,002 mm di lintasan ke 50 nilai yang diperoleh sama dengan lintasan 25 yaitu -0,002 mm di lintasan ke 75 nilai yang diperoleh -0,006 mm dan di lintasan ke 100 nilai yang didapat 0,029 mm, pada kadar air 11,7% mengalami deformasi berlawanan arah bahkan cenderung besar selisih nilai dari kadar air sebelumnya nilai yang didapat diantaranya, lintasan ke 1 dengan nilai 0,001 mm lintasan ke 25 dengan nilai -0,036 mm lintasan ke 50 dengan nilai -0,191 mm dan lintasan ke 75 dengan nilai -0,381 mm dan di lintasan ke 100 diperoleh nilai -0,431 mm, sedangkan untuk kadar air 15% terjadi deformasi yang lebih kecil dari sebelumnya, di lintasan ke 1 nilai yang didapat 0,045 mm lintasan ke 25 dengan nilai -0,011 mm lintasan ke 50 dengan nilai -0,102 mm lintasan ke 75 dengan nilai -0,085 mm dan di lintasan ke 100 nilai yang diperoleh -0,094. Deformasi pada aspal menunjukkan nilai positif lagi pada kadar air 18,3% ini, di lintasan ke 1 tidak terjadi deformasi pada lintasan ke 25 deformasi yang terjadi 0,019 mm pada lintasan ke 50 deformasi meningkat menjadi 0,043 mm di lintasan ke 75 deformasi meningkat lagi menjadi 0,050 mm dan di lintasan akhir nilai deformasi 0,096 mm.

Hasil Pengolahan Data Strain Meter

Data strain meter ini mengukur besaran pergerakan arah deformasi horisontal pada aspal akibat pembebanan lintasan maupun *swelling* pada subgrade. Pembacaan untuk regangan aspal dengan subgrade yang diberi tambahan kadar air secara berkala akan diambil lima beda jumlah lintasan yakni 1, 25, 50, 75, dan 100. adapun hasil pembacaan strain meter pada aspal terdapat dua posisi, Y sejajar arah lajur aspal dan X melintang arah lajur aspal yang tercantum berikut ini :

Tabel 3. 8 Hasil Pembacaan Regangan Arah Y di Titik 1

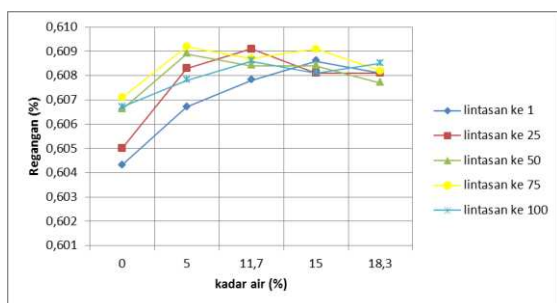
Lintasan ke	kadar air (%)				
	0	5	11,7	15	18,3
1	0,6041	0,6066	0,6076	0,6085	0,6079
25	0,6049	0,6082	0,6089	0,6080	0,6077
50	0,6065	0,6088	0,6083	0,6083	0,6076
75	0,6069	0,6092	0,6084	0,6091	0,6080
100	0,6066	0,6076	0,6085	0,6079	0,6082



Gambar 3. 8 Grafik Hubungan Regangan Arah Y Dengan Kadar Air di Titik 1

Tabel 3. 9 Hasil Pembacaan Regangan Arah Y di Titik 2

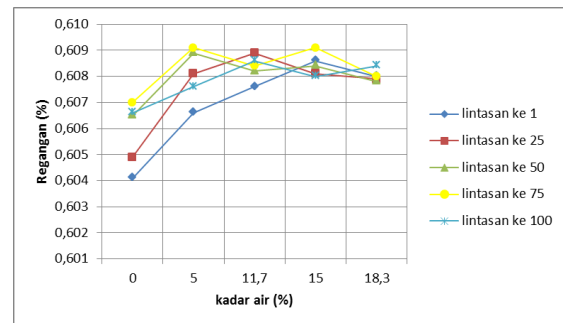
Lintasan ke	kadar air (%)				
	0	5	11,7	15	18,3
1	0,6043	0,6067	0,6078	0,6086	0,6081
25	0,6050	0,6083	0,6091	0,6081	0,6081
50	0,6066	0,6089	0,6084	0,6084	0,6077
75	0,6071	0,6092	0,6087	0,6091	0,6082
100	0,6067	0,6078	0,6086	0,6081	0,6085



Gambar 3. 9 Grafik Hubungan Regangan Arah Y Dengan Kadar Air di Titik 2

Tabel 3. 10 Hasil Pembacaan Regangan Arah Y di Titik 3

Lintasan ke	kadar air (%)				
	0	5	11,7	15	18,3
1	0,6041	0,6066	0,6076	0,6086	0,6080
25	0,6049	0,6081	0,6089	0,6081	0,6079
50	0,6065	0,6089	0,6082	0,6084	0,6078
75	0,6070	0,6091	0,6084	0,6091	0,6080
100	0,6066	0,6076	0,6086	0,6080	0,6084



Gambar 3. 10 Grafik Hubungan Regangan Arah Y Dengan Kadar Air di Titik 3

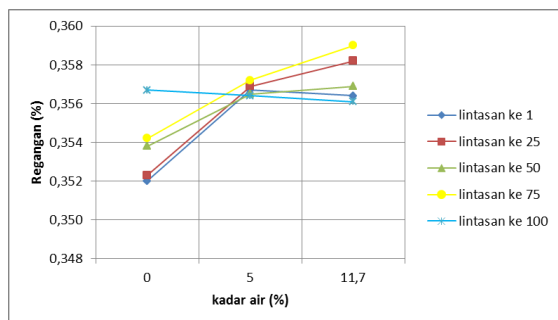
Pada hasil pembacaan regangan yang dihasilkan dari strain meter arah Y memiliki pola yang sama antara dan cenderung memiliki nilai yang sama antara titik 1, 2, dan 3. Diketahui nilai tertinggi pada kadar air 0% di titik 1 pada lintasan ke 75 dengan nilai regangan 0,6069 %, di titik ke 2 pada lintasan 75 nilai regangan 0,6071 %, dan di titik 3 pada lintasan 75 nilai regangan 0,6066 %. Untuk nilai tertinggi pada kadar air 5% di titik 1 nilai tertinggi regangan di lintasan ke 75 dengan nilai regangan 0,6092 %, sedangkan di titik 2 nilai regangan tertinggi yaitu 0,6092 % di lintasan ke 75, pada titik 3 regangan tertinggi di lintasan ke 75 dengan nilai 0,6091 %. Untuk kadar air 11,7% nilai regangan tertinggi di titik 1 terdapat di lintasan ke 25 dengan nilai regangan 0,6089 %, di titik 2 terdapat di lintasan ke 25 dengan nilai regangan 0,6091 %, dan di titik 3 terdapat di lintasan ke 25 dengan nilai regangan 0,6089 %. Kadar air selanjutnya yaitu 15% nilai regangan tertinggi di titik 1 terdapat di lintasan ke 75 dengan nilai regangan 0,6079 %, di titik 2 terdapat pada lintasan ke 75 dengan nilai regangan 0,6091 %, di titik 3 nilai

regangan tertinggi di lintasan ke 75 dengan nilai 0,6091 %. Sedangkan pada kadar air 18% nilai regangan tertinggi pada titik 1 berada dilintasan ke 100 dengan nilai regangan 0,6082 %, di titik 2 nilai regangan tertinggi di lintasan ke 100 dengan nilai regangan 0,6085 %, dan di titik 3 nilai regangan berada di lintasan ke 100 dengan nilai 0,6084 %.

Pembacaan regangan pada arah horisontal dikarena kerusakan alat strain meter, maka pada kadar air 15% dan 18,3% tidak terekam angka pembacaan regangan, sehingga data dicantumkan yang terbaca saja yaitu kadar air 0%, 5%, dan 11,7%, berikut data yang terlampir :

Tabel 3. 1 Hasil Pembacaan Regangan Arah X di Titik 1

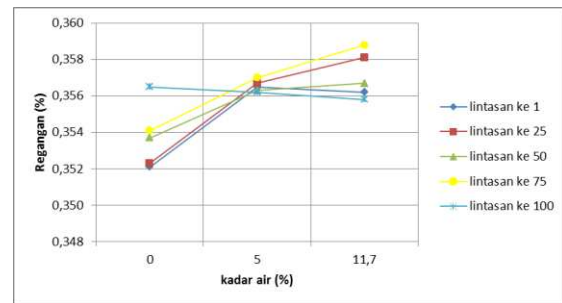
Lintasan ke	kadar air (%)		
	0	5	11,7
1	0,3520	0,3567	0,3564
25	0,3523	0,3569	0,3582
50	0,3538	0,3565	0,3569
75	0,3542	0,3572	0,3590
100	0,3567	0,3564	0,3561



Gambar 3. 11 Grafik Hubungan Regangan Arah X Dengan Kadar Air di Titik 1

Tabel 3. 2 Hasil Pembacaan Regangan Arah X di Titik 2

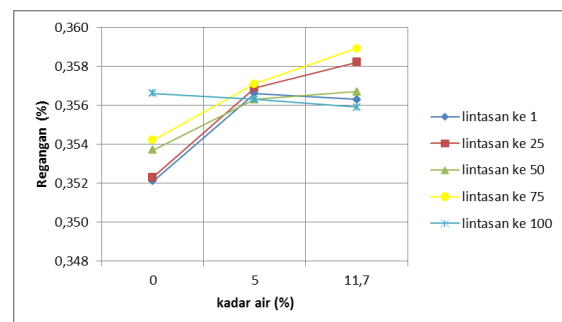
Lintasan ke	kadar air (%)		
	0	5	11,7
1	0,3521	0,3565	0,3562
25	0,3523	0,3567	0,3581
50	0,3537	0,3563	0,3567
75	0,3541	0,3570	0,3588
100	0,3565	0,3562	0,3558



Gambar 3. 12 Grafik Hubungan Regangan Arah X Dengan Kadar Air di Titik 2

Tabel 4. 3 Hasil Pembacaan Regangan Arah X di Titik 3

Lintasan ke	kadar air (%)		
	0	5	11,7
1	0,3521	0,3566	0,3563
25	0,3523	0,3569	0,3582
50	0,3537	0,3563	0,3567
75	0,3542	0,3571	0,3589
100	0,3566	0,3563	0,3559



Gambar 3. 13 Grafik Hubungan Regangan Arah X Dengan Kadar Air di Titik 3

Pada pembacaan regangan aspal arah X nilai regangan pada aspal cenderung kecil ini dilihat dari pola grafik yang menurun, grafik regangan di titik 1, titik 2, dan titik 3 memiliki pola yang sama dari kadar 0% ke 11,7% yaitu cenderung mengalami regangan yang turun di setiap kadar air nya. Adapun nilai regangan yang di dapat dari alat strain meter Pada kadar air 0% di titik 1 nilai regangan tertinggi terdapat pada lintasan ke 100 dengan nilai regangan horisontal aspal 0,3567 %, di titik 2 nilai regangan tertinggi terdapat di lintasan ke 100 dengan nilai regangan 0,3565 %, dan nilai regangan tertinggi di titik 3 terjadi pada lintasan ke 100 pula dengan nilai 0,3566 %. Untuk regangan tertinggi pada

kadar air 5% nilai tertinggi di titik 1 terjadi di lintasan ke 75 dengan nilai regangan 0,3572 %, di titik 2 nilai regangan tertinggi terjadi di lintasan ke 75 dengan nilai 0,3570 %, sedangkan di titik 3 nilai regangan tertinggi terjadi di lintasan ke 75 dengan nilai 0,3571 %. Adapun nilai tertinggi di kadar air 11,7% untuk titik 1 terjadi di lintasan ke 75 dengan nilai 0,3590 %, di titik 2 terjadi di lintasan ke 75 dengan nilai 0,3588 %, dan di titik 3 nilai regangan tertinggi terjadi di lintasan ke 75 dengan nilai 0,3589 %.

4. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil pembahasan untuk data *rutting* bisa di simpulkan, semakin tinggi kadar air pada subgrade tanah ekspansif semakin besar pula nilai *rutting* yang terjadi.
2. Berdasarkan hasil pembacaan alat Strain Meter posisi vertikal, kondisi subgrade dari kadar air 0% ke kadar air 5% terjadi regangan yang besar nilainya, pada kadar 11,7% sampai 18,3% mengalami regangan yang cenderung sama. Berdasarkan hasil pembacaan alat Strain Meter posisi horisontal, di simpulkan semakin tinggi kadar air semakin besar nilai regangan yang terjadi. Pada kasus ini hasil penelitian sesuai dengan penelitian pembandingan.
3. Berdasarkan hasil pembacaan alat LVDT a dan b dapat di lihat deformasi aspal akibat beban lintasan (gaya tekan ke arah gravitasi) dan gaya keatas akibat *swelling* tanah ekspansif sebagai subgrade perkerasan lentur tersebut.

Disimpulkan deformasi yang terjadi tidak konsisten.

Saran

1. Untuk melakukan penelitian lanjutan terhadap pengaruh kadar air terhadap deformasi dan regangan aspal, alat pembaca deformasi sebaiknya terpasang di setiap segmen agar mendapatkan data deformasi aspal di banyak segmen.
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 subgrade harus dikondisi kan lagi agar kegiatan pra penelitian tidak terlalu lama

Daftar Pustaka

- Ditjen Bina Marga. 2005. Pedoman Kontruksi Bangunan Penanganan Tanah Ekspansif untuk Konstruksi Jalan. Jakarta : Ditjen Bina Marga.
- Soedarsono, D.U. (1992). *Rekayasa Jalan Raya-2 untuk Perancangan Tebal Perkerasan*.
 From http://elearning.gunadarma.ac.id/docmodul/rekayasa_jalan_raya_2/bab5_perancangan_tebal_perkerasan.pdf, 27 Agustus 2014
- Sukirman, Silvia. 1999. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Bandung: Nova
- Zhang, Wei dan Macdonald, Robin A. 2002. Models for determining permanent strains in the subgrade and the pavement functional condition. *Danish Road Institute Report 115*