

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengujian Sifat-Sifat Indeks Tanah

Untuk mengetahui sifat-sifat indeks tanah dilakukan pengujian sifat fisik tanah dan sifat mekanis tanah pada model fisik laboratorium seperti dibawah ini :

a. *Water content* (kadar air tanah)

Pengujian kadar air tanah dilakukan untuk mengetahui kandungan air yang terdapat pada butiran tanah. Pemeriksaan kadar air awal tanah sebesar 15,3% dan kadar air setelah pembasahan sebesar 104,1%. Hasil pengujian kadar air terlampir pada Lampiran 1.a.

b. *Specific gravity* (*G_s*)

Nilai berat jenis tanah (*G_s*) dari pengujian laboratorium pada tanah ekspansif ini sebesar 2,69. Data pengujian dapat dilihat pada Lampiran 1.b.

c. Batas – batas konsistensi tanah

Menurut Muntohar (2014), batas cair merupakan salah satu parameter yang dapat digunakan untuk mengetahui kemampuan kembang-susut tanah. Pada pengujian ini dilakukan pemeriksaan batas cair (*liquid limit*), batas plastis (*plastic limit*), batas susut (*SL*) dan Indeks plastisitas (*PI*). Data hasil pengujian terlampir pada Lampiran 1.c.

d. Distribusi ukuran butir tanah

Ukuran butir tanah dan klasifikasi jenis tanah diperoleh melalui uji hidrometer dan analisis saringan. Distribusi ukuran tanah yaitu untuk persen fraksi butiran lolos saringan 200 sebesar 89,66 % (Lampiran 1.d.).

e. Uji pemadatan tanah

Pada pengujian ini diperoleh nilai berat volume kering maksimum (*MDD*) sebesar 13,64 kN/m³ dan nilai kadar air optimum (*OMC*) sebesar 14,9 %. Nilai kepadatan digunakan sebagai dasar kepadatan tanah pada pengujian struktur tiang tunggal dan struktur pelat dengan susunan kelompok tiang. Dapat dilihat pada Lampiran 1.e.

f. CBR Laboratorium

Pengujian CBR laboratorium dilakukan dengan 2 kondisi yaitu kondisi terendam dan tak terendam. Dilakukan menggunakan metode pemadatan modifikasi dengan variasi 10 tumbukan, 25 tumbukan, dan 56 tumbukan. Data pengujian CBR laboratorium dapat dilihat pada Lampiran 1.f.

4.2. Parameter Input Analisis

Pada sistem pelat dengan susunan kelompok tiang pada tanah dianalisis untuk mengetahui kinerja dan karakteristik dari sistem dalam menahan beban. Kemampuan struktur dalam menahan beban dilakukan pada tanah ekspansif dan di uji melalui 2 kondisi tanah yaitu pada saat kondisi kering dan kondisi mengembang (*swelling*). Hal ini dilakukan untuk memperoleh nilai modulus reaksi tanah-dasar (k) yang akan mempengaruhi kekakuan struktur terhadap deformasi tanah. Parameter data *input* dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Data parameter pemodelan struktur

Parameter	Nilai
Modulus reaksi tanah-dasar (k)	$k_{\text{pengamatan}}$
Modulus reaksi tanah-dasar vertikal (k_v)	$1-10k_{\text{pengamatan}}$
Modulus reaksi tanah-dasar horizontal (k_h)	$2k_v$
Modulus reaksi tanah-dasar tiang (k_t)	$0,5k_v$
Beban titik dipusat pelat (kg)	50, 100, 190
Kuat tekan beton, f_c (Mpa)	25
Modulus elastisitas beton, E (Mpa)	584746,9
Dimensi tiang beton	
Diameter tiang (cm)	4
Panjang tiang 1 (cm)	10
Panjang tiang 2 (cm)	20
Jarak antar tiang (cm)	10
Dimensi pelat beton	
Panjang pelat (cm)	70
Lebar pelat (cm)	30
Tebal pelat (cm)	2

Data masukan yang digunakan dalam analisis ini berupa material tanah dan beton, data geometri struktur, data pembebanan dan data modulus reaksi *subgrade* (k) seperti yang telah dijelaskan pada Subbab 3.2. Nilai k yaitu nilai k_v , k_h dan k_t dengan asumsi nilai k_v adalah nilai k pada pengujian tiang tunggal, k_h adalah $2k_v$

dan k_t adalah $0,1k_v - 0,5k_v$. Asumsi nilai k_h dan k_t berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Puspasari (2013) dan Somantri (2013) yang mendekati dengan nilai lendutan yang terjadi pada laboratorium.

4.3. Analisis Nilai Lendutan Struktur Pada Kondisi Tanah Kering

4.3.1. Perbandingan Nilai Lendutan Pada Tiang panjang 20 cm

Hubungan antara beban dan lendutan pada pengujian laboratorium lebih lanjut disebut dengan $k_{\text{pengamatan}}$ dan pemodelan SAP 2000 di tampilkan pada Gambar 4.1. Pada Tabel 4.2. Diperoleh perbandingan nilai lendutan dari pemodelan SAP 2000 tidak mendekati hasil model fisik laboratorium hal ini dikarenakan program SAP menganalisis struktur secara keseluruhan dan lebih kompleks (lihat Tabel 4.3.). Modulus reaksi *subgrade* yang diberikan pada pemodelan tiang dan pelat tidak menunjukkan peningkatan daya dukung yang signifikan terutama pada pusat pelat akibat pembebanan sehingga nilai lendutan di pusat pelat pada SAP 2000 lebih besar dari pada model fisik laboratorium.

Untuk mendapatkan hasil lendutan yang mendekati nilai lendutan model fisik dilakukan percobaan (*trial*) nilai k_v sebesar $1,6 k_{\text{pengamatan}}$ sehingga diperoleh nilai k_v , k_h , k_t baru dan nilai lendutan yang diperoleh mendekati model fisik laboratorium. Dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.2. Lendutan Pengamatan Model Fisik Laboratorium

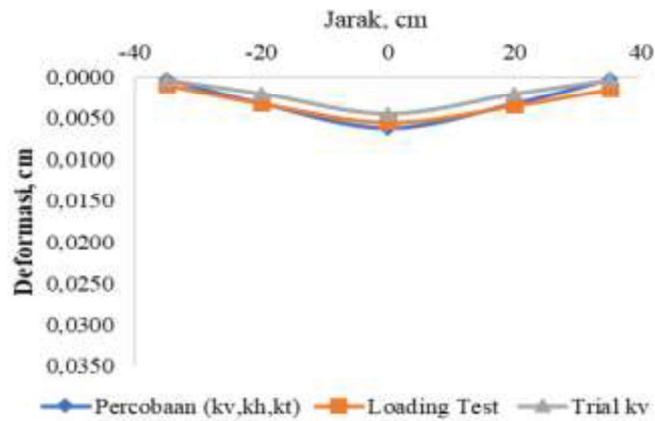
Panjang Tiang 20 cm	Beban		Lendutan (cm)				
			Jarak Tinjauan (cm)				
	kg	kN	-35	-20	0	20	35
	50	0,491	0,0010	0,0033	0,0055	0,0035	0,0015
	100	0,981	0,0020	0,0080	0,0140	0,0080	0,0020
	190	1,864	0,0060	0,0205	0,0350	0,0195	0,0040

Tabel 4.3. Lendutan hasil SAP 2000

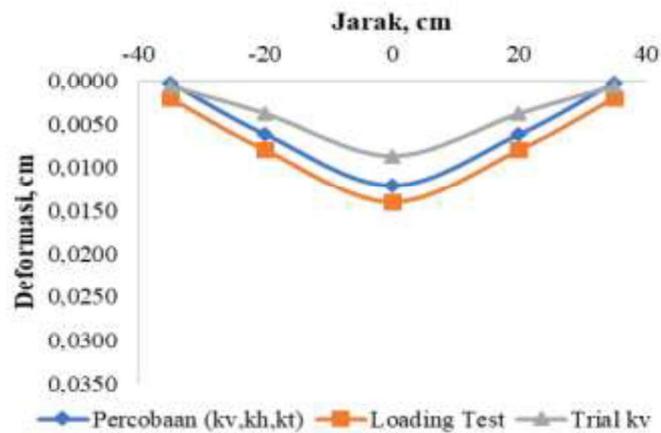
Panjang = 20 cm				Lendutan (cm)				
Beban	k_v	k_h	k_t	Jarak Tinjauan (cm)				
kg	kg/cm ³	kg/cm ³	kg/cm ³	-35	-20	0	20	35
50	7.1955	14.3911	3.5978	0.0002	0.0032	0.0062	0.0032	0.0002
100	7.1955	14.3911	3.5978	0.0003	0.0062	0.0122	0.0062	0.0003
190	7.1955	14.3911	3.5978	0.0004	0.0117	0.0229	0.0117	0.0004

Tabel 4.4. Lendutan hasil percobaan SAP 2000 dengan $k_v = 1,6k_{pengamatan}$

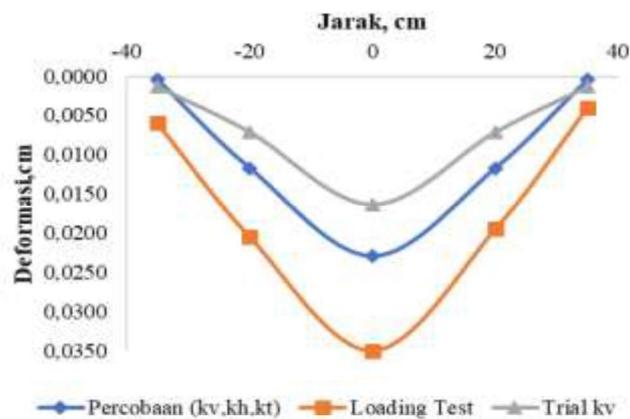
Panjang tiang = 20 cm				Lendutan (cm)				
Beban	k_v	k_h	kt	Jarak Tinjauan (cm)				
kg	kg/cm ³	kg/cm ³	kg/cm ³	-35	-20	0	20	35
50	11,513	23,026	5,756	0.0003	0.0019	0.0044	0.0019	0.0003
100	11,513	23,026	5,756	0.0006	0.0038	0.0087	0.0038	0.0006
190	11,513	23,026	5,756	0.0013	0.0071	0.0164	0.0071	0.0013



Gambar 4.1. Lendutan Tiang Panjang 20 cm Beban 50 kg



Gambar 4.2. Lendutan Tiang Panjang 20 cm Beban 100 kg.



Gambar 4.3. Lentutan Tiang Panjang 20 cm Beban 190 kg

Pemodelan struktur pelat dengan perkuatan tiang dengan menggunakan nilai $k = 1,6 k_{\text{pengamatan}}$ menghasilkan nilai lendutan yang paling mendekati uji fisik laboratorium sehingga dengan memperbesar nilai k akibat daya dukung tiang akan mereduksi nilai lendutan pelat.

4.3.2. Perbandingan Nilai Lentutan Pada Tiang panjang 10 cm

Hubungan antara beban dan lendutan pada pengujian laboratorium ($k_{\text{pengamatan}}$) dan pemodelan SAP 2000 tiang 10 cm tidak jauh berbeda dengan pelat yang diperkuat dengan tiang panjang 20 cm. Perbandingan nilai lendutan dari pemodelan SAP 2000 tidak mendekati hasil model fisik laboratorium dan modulus reaksi *subgrade* yang diberikan pada pemodelan tiang dan pelat tidak menunjukkan peningkatan daya dukung yang signifikan terutama pada pusat pelat akibat pembebanan sehingga nilai lendutan di pusat pelat pada SAP 2000 lebih besar dari pada model fisik.

Untuk mendapatkan hasil lendutan yang mendekati nilai lendutan model fisik dilakukan percobaan (*trial*) nilai k_v sebesar $1,6 k_{\text{pengamatan}}$ sehingga diperoleh nilai k_v , k_h , k_t baru dan nilai lendutan yang diperoleh mendekati model fisik laboratorium. Dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Nilai lendutan yang dihasilkan dari pemodelan pelat dengan panjang tiang 10 cm lebih besar dari pada pelat dengan panjang tiang 20 cm. Hal ini menunjukkan penambahan panjang tiang dengan diameter yang sama dapat memperkecil nilai lendutan.

Tabel 4.5. Lendutan Pengamatan Model Fisik Laboratorium

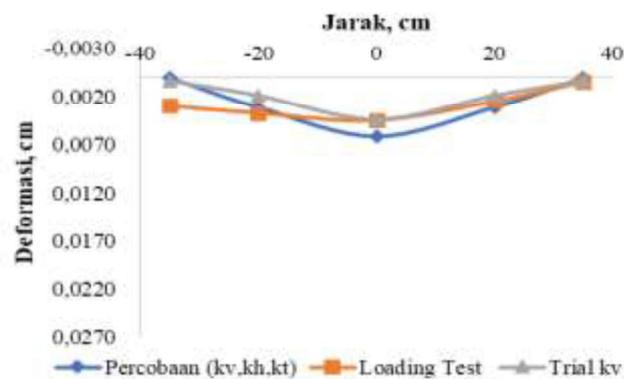
Ukuran Pelat 30 x 70 x 2 cm	Beban		Lendutan (cm)				
			Jarak Tinjauan (cm)				
	kg	kN	-35	-20	0	20	35
	50	0,491	0,0030	0,0038	0,0045	0,0025	0,0005
	100	0,981	0,0055	0,0088	0,0120	0,0065	0,0010
	190	1,864	0,0120	0,0195	0,0270	0,0150	0,0030

Tabel 4.6. Lendutan hasil SAP 2000

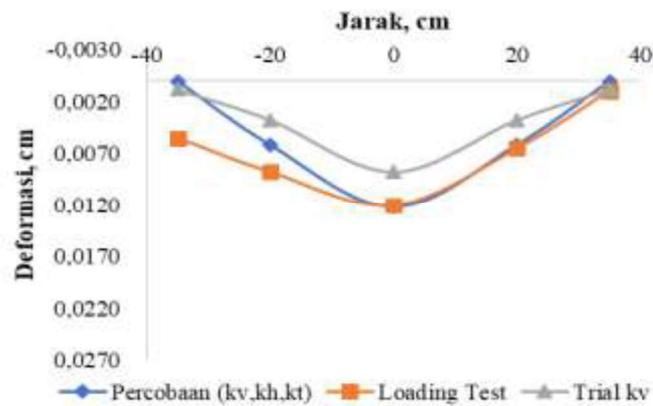
Panjang tiang = 10 cm				Lendutan (cm)				
Beban	k_v	k_h	kt	Jarak Tinjauan (cm)				
kg	kg/cm ³	kg/cm ³	kg/cm ³	-35	-20	0	20	35
50	7,196	14,391	3,598	0.0001	0.0031	0.0062	0.0031	0.0001
100	7,196	14,391	3,598	0.0001	0.0062	0.0122	0.0062	0.0001
190	7,196	14,391	3,598	0.00002	0.0116	0.0231	0.0116	0.00002

Tabel 4.7. Lendutan hasil percobaan SAP 2000 dengan $k_v = 1,6 k_{pengamatan}$

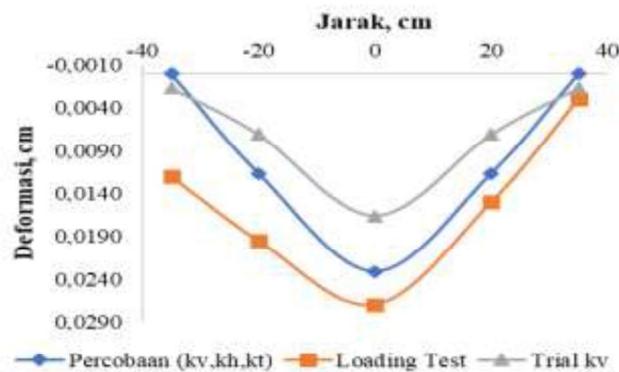
Panjang tiang = 10 cm				Lendutan (cm)				
Beban	k_v	k_h	kt	Jarak Tinjauan (cm)				
kg	kg/cm ³	kg/cm ³	kg/cm ³	-35	-20	0	20	35
50	11,513	23,026	5,756	0.0004	0.0019	0.0044	0.0019	0.0004
100	11,513	23,026	5,756	0.0008	0.0038	0.0088	0.0038	0.0008
190	11,513	23,026	5,756	0.0017	0.0071	0.0166	0.0071	0.0017



Gambar 4.4. Lendutan Tiang Panjang 10 cm Beban 50 kg.



Gambar 4.5. Lendutan Tiang Panjang 10 cm Beban 100 kg.



Gambar 4.6. Lendutan Tiang Panjang 10 cm Beban 190 kg.

Tabel 4.8. Selisih lendutan pelat kondisi kering (%)

Panjang Tiang	Selisih Lendutan (%)			
	Variasi	Beban (kg)		
		50	100	190
20	kv,kh,kt	11.8545	-13.207	-34.43
	Trial kv	-20.145	-37.943	-53.08
10	kv,kh,kt	36.9111	1.76667	-14.4
	Trial kv	-1.9111	-27	-38.58

Pemodelan struktur pelat dengan perkuatan tiang dengan nilai $k = 1,6$ $k_{\text{pengamatan}}$ menghasilkan nilai lendutan yang paling mendekati uji fisik laboratorium, sehingga dengan memperbesar nilai k akibat daya dukung tiang akan mereduksi nilai lendutan pelat. Dari hasil analisis tiang dengan panjang 10 cm dan 20 cm menunjukkan bahwa panjang tiang mempengaruhi nilai k dan lendutan pelat.

4.4. Analisis Nilai Lendutan Struktur Pada Kondisi Tanah Basah

4.4.1. Perbandingan Nilai Lendutan Pada Tiang panjang 20 cm

Perbandingan nilai lendutan dari pemodelan SAP 2000 untuk kondisi tanah basah tidak mendekati hasil model fisik laboratorium dan modulus reaksi *subgrade* yang diberikan pada pemodelan tiang tidak menunjukkan peningkatan daya dukung yang signifikan terutama pada pusat pelat akibat pembebanan sehingga nilai lendutan di pusat pelat pada SAP 2000 lebih besar dari pada model fisik. Sehingga nilai lendutan yang diperoleh berbeda jauh dengan uji model fisik laboratorium.

Untuk mendapatkan hasil lendutan yang mendekati nilai lendutan model fisik dilakukan percobaan (trial) nilai k_v sebesar $10 k_{pengamatan}$ sehingga diperoleh nilai k_v , kh , kt baru dan nilai lendutan yang diperoleh mendekati model fisik laboratorium seperti pada Gambar 4.7. Pemodelan struktur pelat dengan perkuatan tiang dilakukan dengan menggunakan nilai $k = 10k_{pengamatan}$ yang sama seperti model struktur pada kondisi kering. Sehingga di peroleh nilai lendutan yang paling mendekati uji model fisik laboratorium. Dari hasil analisis tiang pada kondisi tanah basah dan kering menunjukkan perbedaan nilai lendutan yaitu nilai lendutan pada tanah ekspansif basah jauh lebih besar daripada kondisi kering. Perbedaan ini akibat dari nilai modulus reaksi tanah-dasar pada tanah kering lebih besar dari pada kondisi basah. Sehingga apabila nilai k lebih kecil maka pelat yang dibebani dengan pembebanan yang sama akan mempunyai lendutan yang lebih besar.

Tabel 4.9. Lendutan Pengamatan Model Fisik Laboratorium

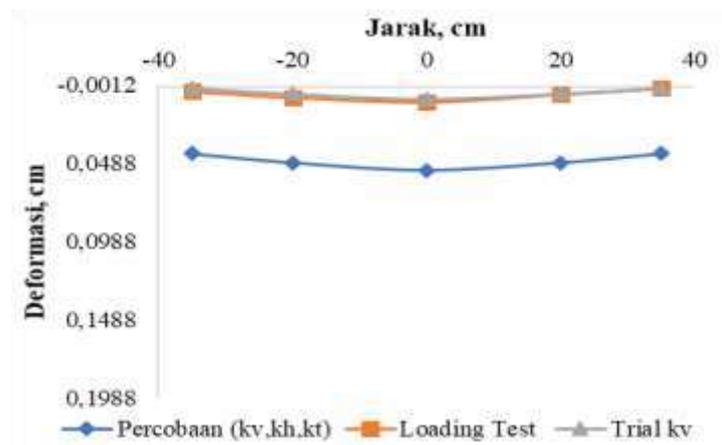
Ukuran Pelat 70 x 30 x 2 cm	Beban		Lendutan (cm)				
			Jarak Tinjauan (cm)				
	kg	kN	-35	-20	0	20	35
	50	0,491	0,0030	0,0070	0,0100	0,0050	0,0010
	100	0,981	0,0090	0,0210	0,0280	0,0150	0,0045
	190	1,864	0,0225	0,0740	0,0950	0,0500	0,0085

Tabel 4.10. Lendutan hasil SAP 2000

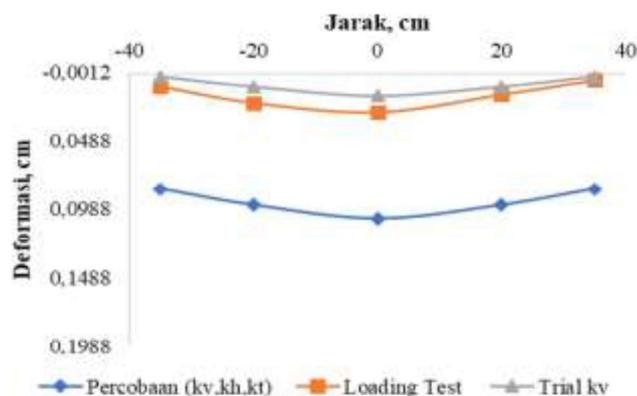
Panjang = 20 cm				Lendutan (cm)				
Beban	k_v	k_h	kt	Jarak Tinjauan (cm)				
kg	kg/cm ³	kg/cm ³	kg/cm ³	-35	-20	0	20	35
50	0,4973	0,9947	0,2487	0.0428	0.0486	0.0535	0.0486	0.0428
100	0,4973	0,9947	0,2487	0.0840	0.0956	0.1054	0.0956	0.0840
190	0,4973	0,9947	0,2487	0.1581	0.1803	0.1988	0.1803	0.1581

Tabel 4.11. Lendutan hasil percobaan SAP 2000 dengan $k_v = 10 k_{pengamatan}$

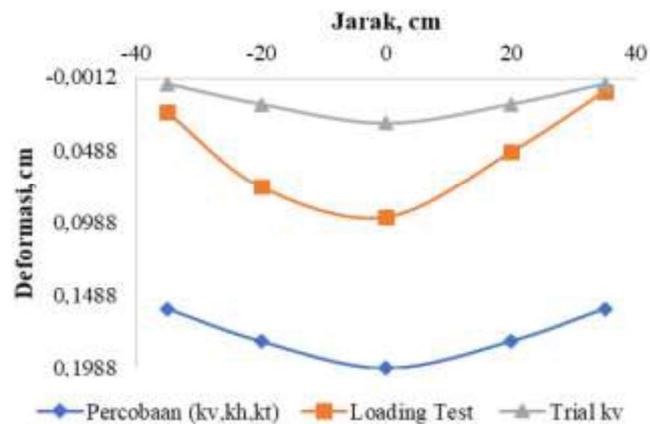
Panjang = 20 cm				Lendutan (cm)				
Beban	k_v	k_h	kt	Jarak Tinjauan (cm)				
kg	kg/cm ³	kg/cm ³	kg/cm ³	-35	-20	0	20	35
50	4,9733	9,9466	0,4973	0.0010	0.0046	0.0080	0.0046	0.0010
100	4,9733	9,9466	0,4973	0.0018	0.0091	0.0159	0.0091	0.0018
190	4,9733	9,9466	0,4973	0.0033	0.0171	0.0301	0.0171	0.0033



Gambar 4.7. Lendutan Tiang Panjang 20 cm Beban 50 kg (Kondisi Basah).



Gambar 4.8. Lendutan Tiang Panjang 20 cm Beban 100 kg (Kondisi Basah).



Gambar 4.9. Lendutan Tiang Panjang 20 cm Beban 190 kg (Kondisi Basah).

4.4.2. Perbandingan Nilai Lendutan Pada Tiang panjang 10 cm

Hubungan antara beban dan lendutan pada pengujian laboratorium (k pengamatan) dan pemodelan SAP 2000 tiang 10 cm menghasilkan lendutan yang lebih besar daripada tiang dengan panjang 20 cm. Perbandingan nilai lendutan dari pemodelan SAP 2000 tidak mendekati hasil model fisik laboratorium dan modulus reaksi *subgrade* yang diberikan pada pemodelan tiang dan pelat mendukung struktur dalam mereduksi lendutan terutama pada pusat pelat akibat pembebanan sehingga nilai lendutan di pusat pelat pada SAP 2000 lebih besar dari pada model fisik. Dari hasil analisis tiang pada kondisi tanah basah dan kering menunjukkan perbedaan nilai lendutan pada tanah ekspansif kondisi basah jauh lebih besar daripada kondisi kering dan panjang tiang juga berpengaruh terhadap daya dukung struktur.

Tabel 4.12. Lendutan Pengamatan Model Fisik Laboratorium

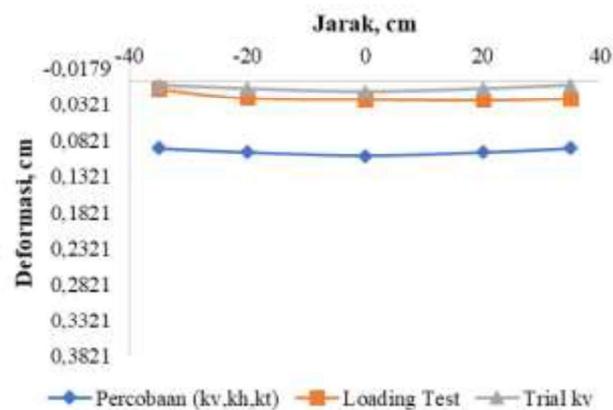
Ukuran Pelat 30 x 70 x 2 cm	Beban		Lendutan (cm)				
			Jarak Tinjauan (cm)				
	kg	kN	-35	-20	0	20	35
	50	0,491	0,0100	0,0230	0,0250	0,0260	0,0240
	100	0,981	0,0315	0,0625	0,0770	0,0800	0,0780
	190	1,864	0,0690	0,1900	0,2560	0,2260	0,1970

Tabel 4.13. Lendutan hasil SAP 2000

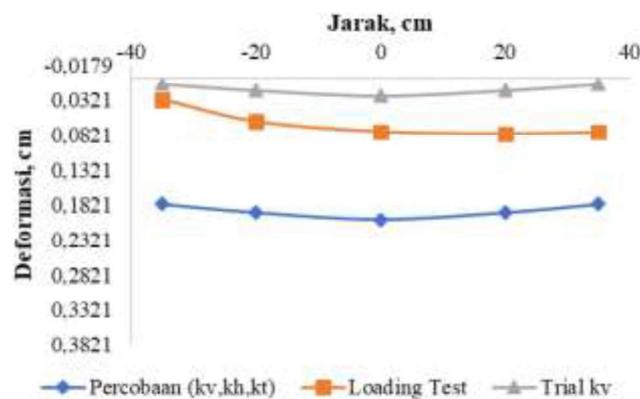
Panjang = 10 cm				Lendutan (cm)				
Beban	k_v	k_h	kt	Jarak Tinjauan (cm)				
kg	kg/cm ³	kg/cm ³	kg/cm ³	-35	-20	0	20	35
50	0,497	0,995	0,249	0.0928	0.0988	0.1038	0.0988	0.0928
100	0,497	0,995	0,249	0.1812	0.1932	0.2032	0.1932	0.1812
190	0,497	0,995	0,249	0.3402	0.3631	0.3821	0.3631	0.3402

Tabel 4.14. Lendutan hasil percobaan SAP 2000 dengan $k_v = 10 k_{pengamatan}$

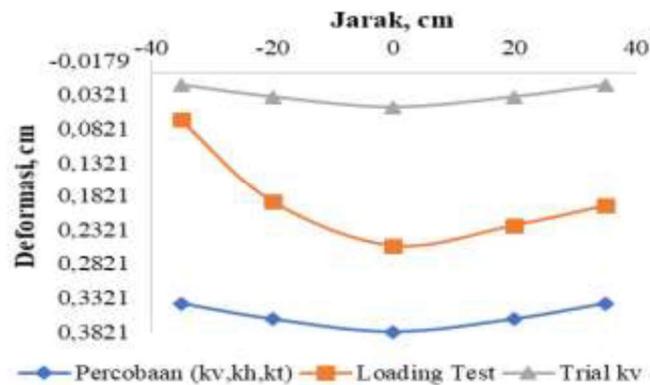
Panjang = 10 cm				Lendutan (cm)				
Beban	k_v	k_h	kt	Jarak Tinjauan (cm)				
kg	kg/cm ³	kg/cm ³	kg/cm ³	-35	-20	0	20	35
50	4,973	9,947	0,497	0.0050	0.0096	0.0136	0.0096	0.0050
100	4,973	9,947	0,497	0.0096	0.0188	0.0268	0.0188	0.0096
190	4,973	9,947	0,497	0.0179	0.0352	0.0506	0.0352	0.0179



Gambar 4.10. Lendutan Tiang Panjang 10 cm Beban 50 kg (Kondisi Basah).



Gambar 4.11. Lendutan Tiang Panjang 10 cm Beban 100 kg (Kondisi Basah).



Gambar 4.12. Lendutan Tiang Panjang 10 cm Beban 190 kg (Kondisi Basah).

Tabel 4.15. Selisih lendutan pelat kondisi basah (%)

Panjang Tiang	Selisih Lendutan (%)			
	Variasi	Beban (kg)		
		50	100	190
20	kv,kh,kt	435	276,43	109,26
	Trial kv	-20	-43,21	-68,32
10	kv,kh,kt	315,17	163,88	49,26
	Trial kv	-80,25	-65,17	-80,25

Nilai modulus reaksi tanah-dasar pada tanah kering lebih besar dari pada kondisi basah. Hal ini disebabkan karena pada kondisi basah, tanah ekspansif mengalami pengembangan yang menyebabkan daya dukung tanah semakin kecil apabila dibebani. Nilai daya dukung tanah ditunjukkan dengan nilai modulus reaksi tanah-dasar (k) sehingga semakin rendah nilai k maka struktur yang dibebani dengan pembebanan yang sama akan mempunyai lendutan yang lebih besar. Penambahan panjang tiang sebanyak 10 cm pada struktur akan mempengaruhi kekakuan dari struktur tersebut yang mengakibatkan adanya tahanan gesek antara tiang.