

KAPASITAS DUKUNG FONDASI TELAPAK PADA TANAH LEMPUNG YANG DISTABILISASI DENGAN CAMPURAN PASIR DAN ABU SEKAM PADI

Hari Dwi Wahyudi¹, Togani Cahyadi Upomo²

Program Studi Teknik Sipil Universitas Widya Dharma¹, Klaten.
Program Studi Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang², Semarang
E-mail : hariwahyudi.hdw@gmail.com¹, toganicu@gmail.com²

ABSTRAK

Fondasi merupakan bagian paling bawah dari suatu struktur yang mempunyai fungsi sebagai mediator yang meneruskan beban konstruksi ke lapisan tanah yang berada di bawah fondasi. Tanah di bawah fondasi akan mengalami tekanan geser (*shear stresses*) jika tanah tersebut berada dalam kondisi menerima beban. Nilai tekanan geser ini sangat dipengaruhi oleh besarnya beban yang diterima oleh tanah tersebut, dan dimensi geometrik fondasi. Kuat geser (*shear strength*) adalah kemampuan tanah untuk menerima tekanan geser akibat pembebanan yang terjadi. Jika nilai tekanan geser yang dialami oleh tanah di bawah fondasi melebihi kuat geser tanah maka, tanah tersebut akan mengalami keruntuhan.

Stabilisasi tanah adalah proses untuk memperbaiki bahkan mengubah sifat tanah dasar dengan tujuan untuk meningkatkan mutu dan kemampuan daya dukungnya sehingga aman terhadap konstruksi bangunan yang akan didirikan di atasnya. Abu sekam padi (ASP) sebagai limbah dari hasil pengolahan padi menjadi beras pada merupakan salah satu alternatif bahan additive yang dapat digunakan sebagai material stabilisasi tanah.

Secara umum, tanah yang distabilisasi dengan campuran pasir dan Abu Sekam Padi (ASP) memiliki kapasitas dukung yang lebih baik dibandingkan dengan tanah yang tidak distabilisasi. Penurunan yang terjadi akibat pembebanan yang diberikan pada tanah yang distabilisasi akan semakin kecil seiring dengan penambahan prosentase Abu Sekam Padi (ASP). Bentuk telapak fondasi memberikan pengaruh pada kapasitas dukung fondasi dan nilai penurunan tanah di bawah fondasi. Komposisi bahan campuran untuk stabilisasi yang optimal yaitu campuran pasir dan 50% ASP, dengan tebal lapisan stabilisasi adalah 0,5B.

Kata kunci : Fondasi, Lempung, Pasir, Stabilisasi, ASP.

PENDAHULUAN

Fondasi merupakan bagian paling bawah dari suatu struktur yang mempunyai fungsi sebagai mediator yang meneruskan beban konstruksi ke lapisan tanah yang berada di bawah fondasi. Suatu struktur fondasi dikatakan dapat berfungsi dengan baik jika struktur fondasi tersebut mampu meneruskan beban konstruksi yang diterimanya ke tanah dengan tidak

melampaui kekuatan tanah yang bersangkutan.

Tanah di bawah fondasi akan mengalami tekanan geser (*shear stresses*) jika tanah tersebut berada dalam kondisi menerima beban. Nilai tekanan geser ini sangat dipengaruhi oleh besarnya beban yang diterima oleh tanah tersebut, dan dimensi geometrik fondasi. Kuat geser (*shear strength*) adalah kemampuan tanah untuk menerima tekanan geser akibat pembebanan yang terjadi. Jika nilai

tekanan geser yang dialami oleh tanah di bawah fondasi melebihi kuat geser tanah maka, tanah tersebut akan mengalami keruntuhan. Menurut Vesic (dalam Hardiyatmo, 2011), ada tiga macam tipe keruntuhan geser, yaitu :

a. Keruntuhan Geser Umum (*General Shear Failure*)

Keruntuhan geser umum terjadi pada tanah yang padat dan kaku, atau dapat juga terjadi pada tanah lempung yang terkonsolidasi normal atau jenuh yang terbebani dalam kondisi tak terdrainase. Keruntuhan geser umum mulai terjadi dari satu ujung fondasi sampai permukaan tanah sehingga fondasi menjadi miring, keruntuhan geser umum juga ditandai dengan naiknya permukaan tanah di sekitar fondasi. Pada keruntuhan geser umum, kondisi kesetimbangan plastis terjadi penuh diatas *failure plane*, dan kapasitas dukung batas (q_u) bisa diamati dengan baik.

b. Keruntuhan Geser Setempat (*Local Shear Failure*)

Pada kondisi keruntuhan geser setempat, bidang runtuh yang terjadi tidak sampai mencapai permukaan tanah. Kondisi tanah disekitar fondasi mengalami pengembangan tetapi tidak sampai berakibat terjadi penggulingan fondasi, hal ini disebabkan karena tekanan ke bawah tanah dasar fondasi lebih besar dibandingkan tekanan ke arah samping. Pada keruntuhan geser setempat, kondisi kesetimbangan plastis hanya terjadi pada sebagian tanah saja, sedangkan kapasitas dukung batas (q_u) sulit dipastikan sulit dianalisis, hanya bisa diamati penurunannya saja. Keruntuhan geser setempat biasa terjadi pada tanah dengan kompresibilitas tinggi yang ditunjukkan dengan penurunan yang relatif besar.

c. Keruntuhan Geser Penetrasi (*Punching Shear Failure*)

Pola keruntuhan geser penetrasi ini adalah pola keruntuhan yang terjadi secara perlahan – lahan, dan terjadi

pada tanah dengan kompresibilitas tinggi dan kompresibilitas rendah jika kedalaman pondasi agak dalam. Pola keruntuhan ini terjadi akibat desakan di bawah dasar fondasi disertai pergeseran arah vertikal sepanjang tepi. Penurunan yang terjadi pada kasus keruntuhan geser penetrasi mempunyai nilai yang besar.

Penurunan merupakan istilah yang digunakan untuk menunjukkan aktifitas gerakan titik tertentu suatu bangunan terhadap titik referensi yang tetap. Penurunan terjadi jika ada perubahan susunan tanah dan berkurangnya rongga pori di dalam tanah. Lempung, dalam Hardiyatmo 2011 didefinisikan sebagai tanah berbutir halus yang lolos saringan no. 200 (0,075 mm), lempung mempunyai sifat plastis dalam kisaran kadar air tertentu dan kekuatannya tinggi bila berada pada kondisi kering udara. Tanah granuler (tanah pasir) adalah butiran tanah yang dapat mengendap pada suatu larutan suspensi secara individu, tidak tergantung pada butiran yang lain. Kemampuan untuk mengendap tersebut dikarenakan berat butiran itu sendiri. Susunan partikel – partikelnya mungkin padat atau mungkin tidak padat (Hardiyatmo, C.H, 2001).

Stabilisasi tanah adalah proses untuk memperbaiki bahkan mengubah sifat tanah dasar dengan tujuan untuk meningkatkan mutu dan kemampuan daya dukungnya sehingga aman terhadap konstruksi bangunan yang akan didirikan di atasnya. Stabilisasi secara kimiawi ialah cara menambahkan bahan kimia pada tanah dasar yang akan ditingkatkan mutunya. Bahan kimia ini antara lain terdiri dari adalah *Portland Cement* (PC), lime, bitumen, kapur, abu sekam padi, fly ash dan lain-lain. Abu Sekam Padi (ASP) merupakan suatu material yang merupakan limbah dari hasil pengolahan padi menjadi beras pada pabrik penggilingan padi yang tidak digunakan untuk proses lanjutan, sehingga ASP tersebut merupakan limbah yang tidak mengalami pengolahan kembali. Sebagai material limbah pengolahan pabrik penggilingan padi, ASP

merupakan salah satu alternatif bahan additive yang dapat digunakan sebagai material stabilisasi tanah.

TINJAUAN PUSTAKA

Teguh Widodo, Heri Suprayitno (2013) dalam penelitiannya yang berjudul Penambahan Lapisan Pasir Padat Sebagai Solusi Masalah Penurunan Fondasi Di Atas Lapisan Lempung Lunak : Suatu Studi Model, menyimpulkan bahwa penambahan lapisan pasir padat di bawah fondasi akan mengurangi penurunan model fondasi dan meningkatkan daya dukung tanah, tipe keruntuhan general shear failure terjadi pada penambahan lapisan pasir padat $\frac{1}{2}$ B, semakin besar dimensi model fondasi maka peningkatan daya dukung tanah semakin kecil. Idharmahadi Adha (2011) dalam penelitiannya yang berjudul Pemanfaatan Abu Sekam Padi Sebagai Pengganti Semen Pada Metoda Stabilisasi Tanah Semen, menyimpulkan bahwa semakin besar prosentase yang ditambahkan, maka sifat plastisitas tanah campuran akan mengalami penurunan, dan abu sekam dapat dimanfaatkan sebagai pengganti sebahagian semen sebagai material additive untuk stabilisasi tanah.

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Penelitian ini mengambil contoh tanah lempung dari lingkungan Kampus Universitas Widya Dharma Klaten, dan menggunakan pasir Merapi yang diambil dari sumber quarry di Kaliworo, Klaten.

Tahapan Penelitian

Metode penelitian ini dibagi menjadi dua tahap, yaitu : pengujian awal dan pengujian lanjutan. Pengujian awal dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui parameter properties tanah

asli, yang meliputi : pengujian kadar air, berat volume tanah, berat jenis tanah (*specific gravity*), uji analisa saringan, dan uji batas – batas atterberg. Pengujian lanjutan dilakukan dengan tujuan untuk menguji stabilitas tanah dan penurunannya, pengujian ini dilakukan dengan uji pembebanan langsung.

1. Tahap Pengujian Awal Pengambilan Contoh Tanah Di Lapangan

Tujuan dari pengambilan contoh tanah di lapangan adalah untuk mendapatkan gambaran tanah berdasarkan jenis dan warna tanah melalui pengamatan visual dan plastisitas dari gesekan dengan tangan. Pengambilan contoh tanah untuk penyelidikan yang lebih teliti mengenai sifat-sifat lapisan tanah ini tidak mengalami perubahan yang berarti dalam struktur, kadar air maupun susunan kimianya.

Uji Berat Isi dan Kadar Air

Percobaan ini untuk mengukur berat dan kadar air alami tanah dengan menggunakan uji ring gamma. Parameter lain yang dapat diturunkan adalah angka pori (e), porositas (n), dan derajat kejenuhan (S_r).

Uji Berat Jenis Tanah (*Specific Gravity*)

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan *specific gravity* yang mempunyai butiran lewat saringan No. 4 dengan menggunakan picnometer. *Specific gravity* adalah perbandingan antara berat butir tanah dan berat air suling dengan isi yang sama pada suhu tertentu.

Uji Saringan (Analisis Gradasi Butiran)

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan pembagian butir (*gradasi*) agregat halus dan agregat kasar dengan menggunakan saringan.

Uji Hidrometer

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk mengetahui pembagian butir (gradasi) agregat halus dan agregat kasar dengan menggunakan metode *Hydrometer*.

Uji Batas-Batas Atterberg

1. Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan kadar air suatu tanah pada keadaan batas plastis. Batas plastis adalah kadar air minimum dimana suatu tanah masih dalam keadaan plastis.
2. Pemeriksaan ini dilakukan untuk menentukan kadar air suatu tanah pada keadaan batas cair. Batas cair adalah kadar air batas dimana suatu tanah berubah dari keadaan cair menjadi keadaan plastis.
3. Mencari kadar air tanah dinyatakan dalam persen terhadap berat kering tanah setelah dioven, dimana pengurangan kadar air tidak akan menyebabkan pengurangan volume massa tanah, tetapi penambahan kadar air tanah akan menyebabkan penambahan volume massa tanah.

2. Tahap Pengujian Lanjutan

Penelitian ini dilakukan pada sampel tanah yang tidak diberikan bahan stabilisasi dan pada tanah yang distabilisasi dengan bahan kimiawi berupa penambahan pasir dan abu sekam padi dengan berbagai variasi yang telah ditentukan. Pemberian beban pada model fondasi dilakukan dengan menggunakan uji pembebanan langsung (*pre-loading test*). Simulasi pengujian utama terhadap model fondasi dan pembebanan mengikuti rencana pada tabel 1. Analisa hasil pengujian dilakukan

dengan mengamati penurunan yang terjadi pada masing – masing model fondasi.

Tabel 1. Rencana pengujian model

No.	Jenis Model fondasi	Notasi	Jumlah Model			
			Pspjg	Bjskr	Lgkrm	Total
1.	Tanah asli (tanah lempung)	TL - 1	3	3	3	9
2.	Tanah asli distabilisasi pasir	TL - 2	3	3	3	9
3.	Tanah asli distabilisasi pasir + 30% ASP	TL - 3	3	3	3	9
4.	Tanah asli distabilisasi pasir + 50% ASP	TL - 4	3	3	3	9
5.	Tanah asli distabilisasi pasir + 70% ASP	TL - 5	3	3	3	9
Jumlah Total						45

PEMBAHASAN DAN HASIL

1. Parameter Karakteristik Tanah Asli

Data teknis mengenai parameter karakteristik tanah asli yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Batas cair (LL) : 35,10 %
- Batas plastis (PL) : 18,90 %
- Plasticity Index (PI) : 16,20 %
- Kadar air (\square) : 27,00 %
- Berat volume (\square) : 1,72 gram/cm³
- Specific Gravity (Gs) : 2,61
- Ukuran butiran
 - a. Lempung : 42,30 %
 - b. Lanau : 31,50 %
 - c. Pasir : 26,20 %

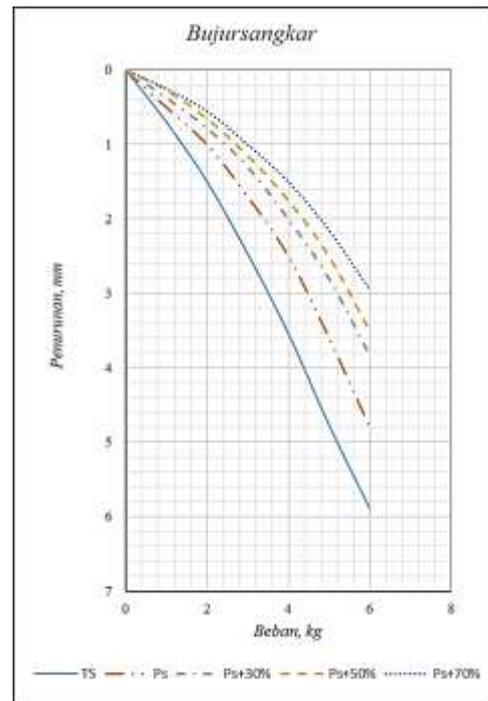
2. Beban dan Penurunan

Pengujian utama yang dilakukan pada model fondasi dengan variasi prosentase ASP dan tebal lapisan stabilisasi, disajikan dalam grafik hubungan beban yang diterima dengan penurunan yang terjadi, dilihat pada Gambar 1 sampai dengan Gambar 3. Penambahan lapisan stabilisasi mampu mengurangi penurunan yang terjadi pada tanah di bawah fondasi. Pada tanah tanpa stabilisasi, keruntuhan yang terjadi adalah keruntuhan geser penetrasi (*punching shear failure*). Tanah yang dilakukan stabilisasi, keruntuhan yang terjadi adalah keruntuhan geser setempat (*local shear failure*). Ketebalan lapisan stabilizer berpengaruh pada berkurangnya nilai penurunan, semakin tebal lapisan

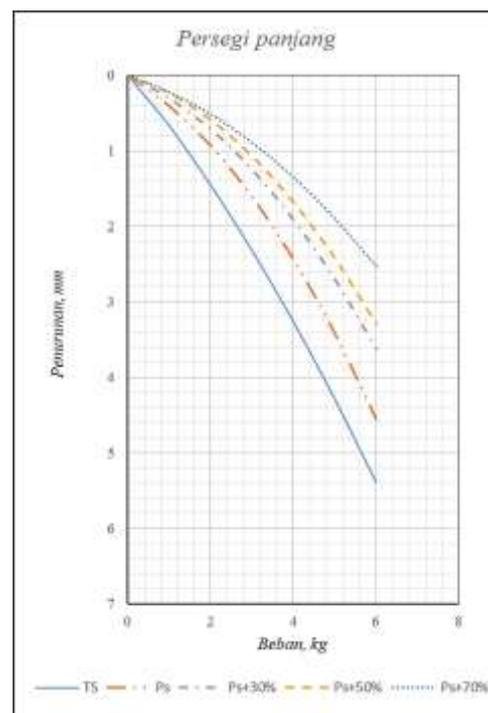
stabilizer maka semakin kecil nilai penurunan yang terjadi. Kecenderungan terjadinya keruntuhan geser umum (*general shear failure*), pada kondisi tanah yang diberikan stabilizer dengan ketebalan 0,75B dan komposisi pasir + 70% ASP. Hal tersebut karena penambahan bahan stabilisasi dan ketebalan lapisan stabilizer berakibat tanah di bawah fondasi bertambah kekakuan dan kepadatannya. Nilai optimal yang masih bisa diterima adalah pada komposisi bahan stabilisasi pasir + 50% ASP, dengan ketebalan lapisan stabilizer 0,30B sampai dengan 0,50B.

3. Bentuk Telapak Fondasi

Geometri telapak fondasi juga berpengaruh terhadap nilai penurunan yang terjadi. Pada grafik hubungan beban dengan penurunan, dilihat bahwa pada telapak fondasi berbentuk bujur sangkar mempunyai nilai penurunan yang lebih besar dibandingkan dengan penurunan yang terjadi pada telapak fondasi yang berbentuk persegi panjang. Telapak fondasi yang mempunyai nilai luasan besar, maka semakin tinggi nilai kapasitas dukungnya, dan semakin kecil pula nilai penurunannya yang terjadi. Hal tersebut, berlaku pada kondisi tanah yang distabilisasi maupun tanah yang tidak dilakukan stabilisasi.

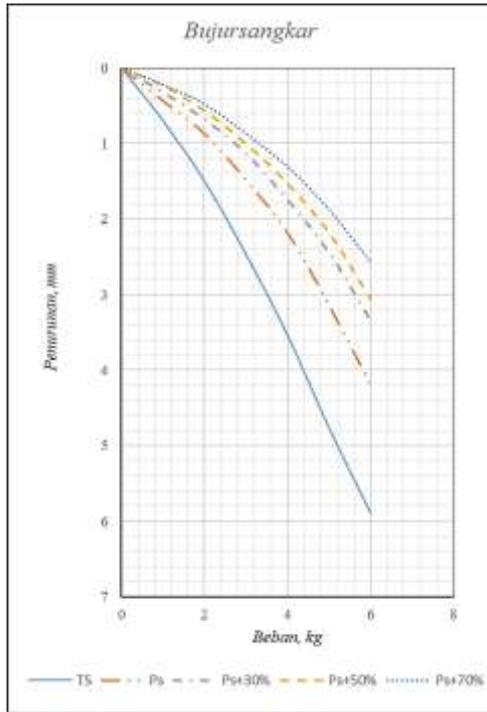


(a)

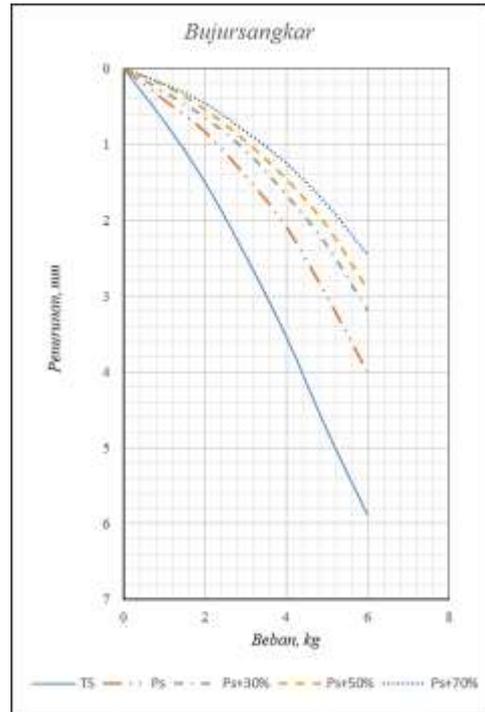


(b)

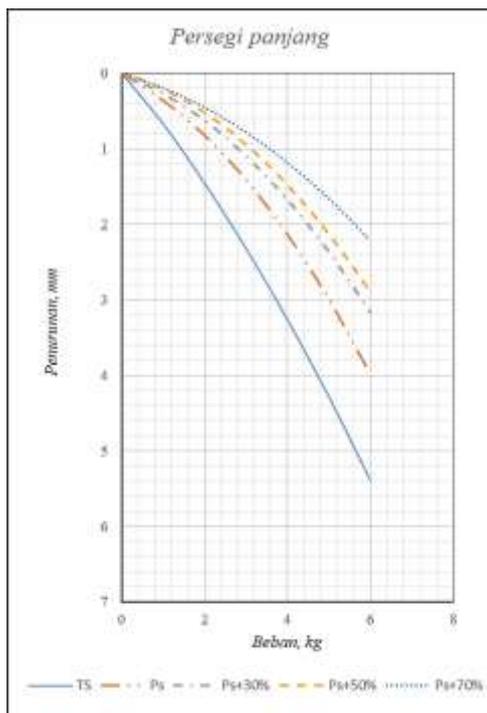
Gambar 1. Penurunan untuk tebal stabilisasi, $t = 1,00$ cm
a. Penurunan untuk telapak bujursangkar.
b. Penurunan untuk telapak persegi



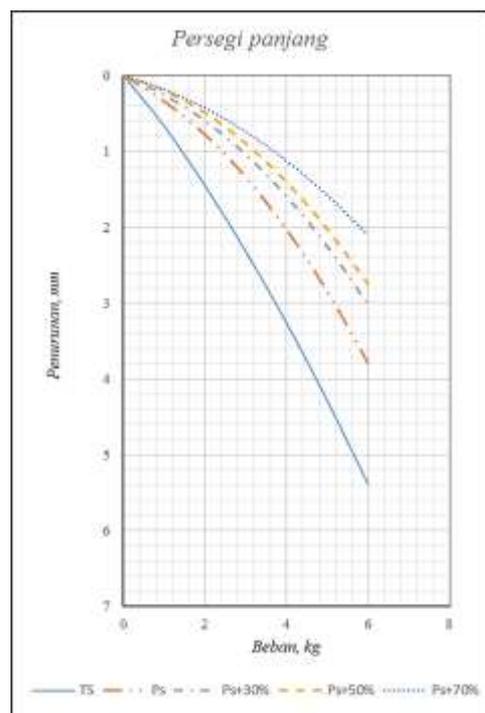
(a)



(a)



(b)



(b)

Gambar 2. Penurunan untuk tebal stabilisasi, $t = 2,00$ cm
 a. Penurunan untuk telapak bujursangkar.
 b. Penurunan untuk telapak persegi

Gambar 3. Penurunan untuk tebal stabilisasi, $t = 3,00$ cm
 a. Penurunan untuk telapak bujursangkar.
 b. Penurunan untuk telapak persegi panjang.

4. Kapasitas Dukung.

Kapasitas dukung merupakan parameter kemampuan tanah untuk

menahan penurunan akibat pembebanan yang terjadi. Dalam penelitian ini kapasitas dukung ijin adalah nilai beban yang mampu diterima fondasi untuk nilai penurunan 0,1B.

Tabel 2. Kapasitas Dukung Ijin (lapisan stabilizer, t = 2,00 cm)

Bahan Stabilizer	% ASP	Tebal Stabilizer	Lebar Fondasi	Penurunan Ijin	Kapasitas Dukung Ijin	ΔQ_{ijin}
		t	B	z_{ijin}	Q_{ijin}	kg
		cm	cm	mm	kg	kg
Non-Stabilizer	TS	2,00	4,00	2,00	2,45	0,00
Pasir Padat	0	2,00	4,00	2,00	3,69	1,24
Pasir Padat + ASP	30	2,00	4,00	2,00	4,32	1,87
Pasir Padat + ASP	50	2,00	4,00	2,00	4,50	2,05
Pasir Padat + ASP	70	2,00	4,00	2,00	5,00	2,55

Sumber : Hasil

Tabel 3. Kapasitas Dukung Ijin (lapisan stabilizer, t = 3,00 cm)

Bahan Stabilizer	% ASP	Tebal Stabilizer	Lebar Fondasi	Penurunan Ijin	Kapasitas Dukung Ijin	ΔQ_{ijin}
		t	B	z_{ijin}	Q_{ijin}	kg
		cm	cm	mm	kg	kg
Non-Stabilizer	TS	3,00	4,00	2,00	2,45	0,00
Pasir Padat	0	3,00	4,00	2,00	3,90	1,45
Pasir Padat + ASP	30	3,00	4,00	2,00	4,60	2,15
Pasir Padat + ASP	50	3,00	4,00	2,00	5,00	2,55
Pasir Padat + ASP	70	3,00	4,00	2,00	5,30	2,85

Sumber : Hasil

Pada Tabel 2 sampai dengan Tabel 3, merupakan tabel kapasitas dukung ijin dari pengujian model fondasi. Stabilisasi memberikan penambahan nilai kapasitas dukung tanah dibandingkan dengan tanah yang tidak distabilisasi. Ketebalan lapisan stabilisasi dan komposisi bahan stabilizer berpengaruh pada nilai kapasitas dukung ijin tanah tersebut, semakin tebal lapisan stabilisasi akan berpengaruh dengan semakin tingginya nilai kapasitas dukung tanah. Penambahan prosentase komposisi ASP juga memberikan pengaruh terhadap nilai kapasitas dukung, semakin besar prosentase ASP akan semakin meningkatkan nilai kapasitas dukung tersebut.

KESIMPULAN

Dari hasil analisa pengujian yang dilakukan pada model fondasi dalam pelbagai komposisi stabilisasi sesuai

dengan skema yang direncanakan, ditarik kesimpulan :

1. Penambahan lapisan pasir dibawah fondasi akan meningkatkan kapasitas dukung tanah.
2. Campuran pasir dan Abu Sekam Padi (ASP) dapat digunakan sebagai bahan untuk stabilisasi (stabilizer).
3. Komposisi bahan campuran untuk stabilisasi yang optimal yaitu campuran pasir dan 50% ASP, dengan tebal lapisan stabilisasi adalah 0,5B.
4. Secara umum, tanah yang distabilisasi dengan campuran pasir dan Abu Sekam Padi (ASP) memiliki kapasitas dukung yang lebih baik dibandingkan dengan tanah yang tidak distabilisasi.
5. Penurunan yang terjadi akibat pembebanan yang diberikan pada tanah yang distabilisasi akan semakin kecil seiring dengan penambahan prosentase Abu Sekam Padi (ASP).
6. Bentuk telapak fondasi memberikan pengaruh pada kapasitas dukung fondasi dan nilai penurunan tanah di bawah fondasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Idharmahadi Adha, 2011, *Pemanfaatan Abu Sekam Padi Sebagai Pengganti Semen Pada Metoda Stabilisasi Tanah Semen*, Jurnal Rekayasa Vol. 15 No. 1, April 2011.
- Hardiyatmo, H.C., 2011, *Mekanika Tanah 1 edisi keempat*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta, Indonesia.
- Hardiyatmo, H.C., 2011, *Teknik Fondasi 1 cetakan ketiga*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta, Indonesia.
- Teguh Widodo, Heri Suprayitno, 2013, *Penambahan Lapisan Pasir Padat Sebagai Solusi Masalah Penurunan Fondasi Di Atas Lapisan Lempung Lunak : Suatu Studi Model*, Jurnal Teknik Vol. 3 No. 2/Oktober 2013.