

# **PENELITIAN AWAL TENTANG PENGARUH PENAMBAHAN *SLUDGE* HASIL LIMBAH PEMBUATAN *SPUN PILE* TERHADAP KESTABILAN TANAH EKSPANSIF**

Nandito Christian Hackim<sup>1</sup>, Hendy Pratama Sunarno<sup>2</sup> and Gogot Setyo Budi<sup>3</sup>

**ABSTRAK:** Pada penelitian ini dipelajari pengaruh penambahan *sludge* hasil limbah pembuatan *spun pile* terhadap kekokohan (CBR) dan *heaving* tanah ekspansif. Tanah ekspansif dapat menyerap air dalam jumlah banyak yang membuat pengembangan tanah yang besar, tetapi akan menyusut jika kering. Pada penelitian ini variabel yang diteliti adalah penambahan *sludge* dengan dua kondisi kadar air yang berbeda pada tanah ekspansif. Pertama, *sludge* yang dijemur selama tiga hari untuk mempresentasikan keadaan lapangan dan yang kedua, *sludge* yang dipanaskan  $100 \pm 5^\circ\text{C}$  selama 24 jam. Persentase penambahan *sludge* dibedakan menjadi tiga, yaitu 10%, 30%, dan 50% terhadap berat kering tanah ekspansif. Kadar air yang digunakan adalah kadar air optimum sebesar 7% dari berat kering tanah ekspansif. Tes CBR yang dilakukan meliputi CBR *unsoaked* dan CBR *soaked* dengan pengukuran *heaving*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa campuran *sludge* yang dijemur dengan persentase campuran 30% memiliki CBR *unsoaked* sebesar 40%, dan 1.04% dalam keadaan *soaked*. Namun pencampuran 30% *sludge* menghasilkan *heaving* tertinggi yaitu sebesar 28.67%. Untuk *sludge* yang dipanaskan  $100 \pm 5^\circ\text{C}$  dengan persentase *sludge* 30% memiliki kekuatan CBR *unsoaked* sebesar 33%, sedangkan persentase *sludge* 50% mendapatkan kekuatan CBR *soaked* paling tinggi sebesar 1.5%, dan penambahan ini menghasilkan *heaving* yang paling kecil yaitu sebesar 21.30%.

**KATA KUNCI:** tanah ekspansif, *sludge*, persentase tambahan, CBR, *heaving*.

## **1. PENDAHULUAN**

Jenis tanah lempung yang mempunyai sifat kembang susut akibat perubahan kadar air adalah tanah ekspansif. Tanah ekspansif memiliki sifat menyerap air yang ekstrim sehingga menyebabkan pengembangan yang besar, tetapi saat kering tanah ekspansif menjadi susut. Seperti telah dipublikasikan oleh Hausmann (1990), pencampuran tanah ekspansif dengan CaO dapat memperkuat kekuatannya dan mengurangi sifat kembang susutnya. Berbagai penelitian yang mencakup karakteristik dan parameter tanah telah dilakukan oleh beberapa peneliti seperti Ji-ru dan Xing (2002) yang menggunakan kapur dan *fly ash* menyimpulkan bahwa penambahan kapur dan *fly ash* dapat mereduksi kemungkinan kembang susut tanah ekspansif dan oleh Budi dkk, (2003) penambahan *fly ash* dapat menurunkan *Water Content* optimum dan juga menurunkan *swell pressure* serta dapat meningkatkan kekuatan tanah setelah di *curing* 28 hari. *Sludge* merupakan hasil buangan pada proses pembuatan *spun pile* yang di *spinning* dan diendapkan, dimana terkandung pasir, semen, dan *fly ash* yang tidak dimanfaatkan. Prayogo dan Christian pada tahun 2019 pernah meneliti kandungan CaO, dimana kandungan tersebut akan meningkat seiring dipanaskan. *Sludge* yang digunakan terdapat 2 keadaan yaitu *sludge* yang dijemur selama 3 hari untuk mensimulasikan keadaan lapangan yang memiliki kadar air sebesar 15,07% dan *sludge* yang dipanaskan dalam suhu  $100 \pm 5^\circ\text{C}$  selama 24 jam sehingga memiliki kadar air 0%. Penelitian ini

---

<sup>1</sup> Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, m21415062@john.petra.ac.id

<sup>2</sup> Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, m21415085@john.petra.ac.id

<sup>3</sup> Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, gogot@petra.ac.id

dilakukan untuk mendapatkan tambahan pengetahuan dari efek penambahan *sludge* hasil limbah pembuatan *spun pile* terhadap kestabilan tanah ekspansif yaitu CBR dan *heaving*.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. *Sludge* Hasil Endapan Air *Slosh*

Penelitian kadungan *sludge* dari endapan air *ready-mix* sudah dilakukan oleh Chatveera dan Lertwattanaruk (2009), dimana *sludge* dipanaskan terlebih dahulu dengan suhu  $110 \pm 5^\circ\text{C}$  dan didapat kandungan kimia yang mirip dengan *portland cement* (PC). Kandungan kimia *sludge* dari hasil cucian molen dari truk *mixer* pernah diuji oleh Tsimas dan Zervaki (2011) yang membuahkan hasil berupa kandungan bubuk *sludge* yang salah satunya adalah CaO. Prayogo dan Christian (2019) menganalisa kadungan CaO *sludge* dan SiO<sub>2</sub> yang lolos ayakan no.16 serta dipanaskan masing-masing dipanaskan dengan suhu  $100^\circ\text{C}$  dan  $400^\circ\text{C}$ .

### 2.2. Tanah Ekspansif

Penelitian tentang tanah ekspansif dilakukan oleh Budi, dkk (2003), yang mengatakan bahwa persentase pengembangan tanah ekspansif bergantung pada kadar air awal (*initial water content*) yang terdapat pada tanah itu sendiri. Stabilisasi tanah ekspansif pernah dilakukan oleh Zhang Ji-ru dan Cao Xing (2002) penelitian ini dilakukan dengan mencampur tanah ekspansif dengan kapur dan *fly ash* yang mendapatkan hasil *swelling capacity* menurun. Penambahan ampas tebu pada tanah lempung ekspansif telah dilakukan oleh Budiman (2013) yang menyimpulkan peningkatan kekuatan dan penurunan *swelling*. Penelitian stabilisasi tanah ekspansif dengan menggunakan kapur dan abu sekam padi pernah dilakukan oleh Budi (2004) selain itu penelitian ini juga dilakukan pencampuran tanah ekspansif hanya dengan kapur.

### 2.3. Stabilisasi Tanah

Menurut Hausmann (1990) stabilisasi tanah bisa dikatakan sebagai kegiatan untuk menambah kekuatan sebuah tanah dengan mencampur tanah tersebut dengan suatu campuran seperti semen, bitumen dan lainnya. penelitian tentang stabilisasi tanah menggunakan *sludge ash*/semen dan nano aluminum oksida pernah dilakukan oleh Luo dkk (2012).

### 2.4. Karakteristik Tanah Ekspansif

Karakteristik tanah yang diuji pada umumnya meliputi LL (*Liquid Limit*), PL (*Plastic Limit*), PI (*Plasticity Index*), dan Gs (*Specify Gravity*). Sifat tanah ekspansif di daerah Surabaya barat diuji oleh Budi (2004) dan Sudjianto (2007) dengan menambahkan NaCl.

## 3. METODE PENELITIAN

### 3.1. Material

Penelitian membutuhkan material tanah ekspansif dan *sludge*. Untuk tanah ekspansif berasal dari daerah Surabaya barat. Limbah *sludge* didapatkan dari salah satu pabrik *spun pile* yang berlokasi di daerah Mojokerto. *Sludge* diambil dari endapan air *slosh* yang telah mengering dan terdapat kerikil didalamnya. Sebagian dari *sludge* dijemur selama tiga hari untuk mensimulasi keadaan lapangan. Selain itu juga sebagian *sludge* dipanaskan dengan suhu  $100 \pm 5^\circ\text{C}$  selama satu hari. Pengujian CBR *Unsoaked* menggunakan sampel tanah ekspansif yang dicampur dengan *sludge*. Pertama *sludge* (lolos ayakan No.12) ditimbang sesuai dengan persentase berat kering tanah ekspansif, yang kemudian dicampur dengan tanah ekspansif. Air ditambahkan sesuai dengan persentase berat kering tanah sesuai kadar air optimum. Pencampuran air dengan tanah ekspansif ditambah *sludge* menggunakan semprotan untuk

menghindari terjadinya penggumpalan pada campuran tanah yang selanjutnya dipadatkan (*compact*) dan diuji sesuai standar CBR *unsoaked*. Pada pengujian CBR *Soaked* dilakukan juga uji *heaving*. CBR *soaked* memiliki langkah awal yang sama seperti CBR *Unsoaked* dan juga tanah dicampur dengan salah satu *sludge* dimana terdapat 2 jenis *sludge* yaitu *sludge* yang dijemur selama tiga hari dan *sludge* yang dipanaskan dengan  $100 \pm 5^\circ \text{C}$  selama 24 jam. Setelah tanah sudah dipadatkan di *mold*, pasang *collar* dan diletakkan pelat kaca tipis diatas tanah, dan dipasang *dial* dimana jarum *dial* menyentuh pada bagian tengah pelat. Diatur skala besar pada *dial* ke 0, dan dicatat skala kecil pada *dial* untuk mengetahui perputaran *dial* akibat *heaving* dari tanah. Rendam dalam air selama 4 hari, dan air diisi hingga kurang lebih sepertiga dari dasar *collar*, jika air sudah meresap hingga setinggi *mold*, air ditambahkan terus hingga akhir hari perendaman, juga diperlukan penyetulan ulang *dial* jika jarum *dial* akan habis karena pengembangan yang lebih. Pada hari keempat dicatat dan dihitung besar *heaving* pada tanah, dan tanah dikeluarkan dari bak perendaman. *Collar* dilepaskan dan bagian tanah yang melebihi *mold* dipotong baik pada atas maupun dasar *mold*, lalu didiamkan selama 10 menit. Setelah itu diuji CBR *soaked* pada mesin CBR.

### 3.2. Jumlah Sampel

Sampel-sampel yang diteliti meliputi tanah ekspansif yang dicampur *sludge*. Terdapat 2 jenis *sludge*, yang pertama yaitu *sludge* dijemur selama tiga hari untuk mensimulasi keadaan lapangan yang memiliki kadar air sebesar 15.07% dan yang kedua, *sludge* dipanaskan dengan suhu  $100 \pm 5^\circ \text{C}$  selama 24 jam yang memiliki kadar air 0%. Sampel-sampel tersebut ditunjukkan dalam **Tabel 1**.

**Tabel 1 Jumlah Sampel untuk CBR dan Heaving**

Campuran <i>Sludge</i> (campuran menggunakan kadar air optimum tanah ekspansif itu sendiri)	Dijemur selama 3 hari untuk mensimulasi keadaan lapangan (kadar air sebesar 15,07%)				Dipanaskan $100 \pm 5^\circ \text{C}$ selama 24 jam (kadar air sebesar 0%)			
	0%	10%	30%	50%	0%	10%	30%	50%
<b>CBR <i>Unsoaked</i></b>	6	6	6	6		2	2	2
<b>CBR <i>Soaked</i> dan <i>Heaving</i></b>	6	6	6	6		2	2	2

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Karakteristik Tanah Ekspansif

Pada **Tabel 2**, dapat dilihat hasil *Liquid Limit*, *Plastic Limit*, *Specific Gravity* dari tanah ekspansif masing-masing sebesar 107.73%, 40.07%, 2.64. Hal ini mendekati hasil pengujian yang telah dilakukan oleh Budi (2004) yaitu hasil *Liquid Limit*, *Plastic Limit*, *Specific Gravity* sebesar 111%, 37%, 2.64. Selain itu juga didapatkan *Specific Gravity* dari *sludge* sebesar 2.34.

**Tabel 2 Karakteristik Tanah Ekspansif**

Material	Karakteristik		
	<i>Liquid Limit</i>	<i>Plastic Limit</i>	<i>Specific Gravity</i>
Tanah Ekspansif	107.73%	40.07%	2.64
<i>Sludge</i>	-	-	2.34

### 4.2. Kandungan dari *Sludge* yang Dijemur

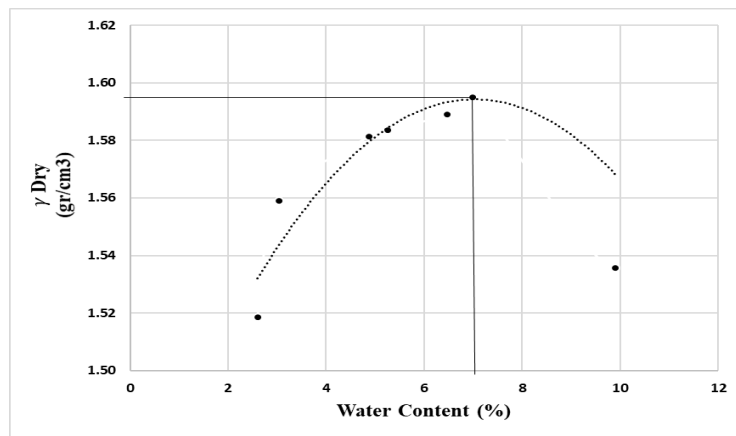
Kandungan kimia yang diuji hanyalah kandungan CaO dan SiO<sub>2</sub>. Hasil pengujian menunjukkan kandungan CaO sebesar 20.11% (**Tabel 3**), hasil ini mirip dengan penelitian Prayogo dan Christian (2019) yaitu kandungan CaO sebesar 8.93%. Terlihat jika *sludge* diambil dari tempat yang sama dapat menghasilkan kandungan yang berbeda.

**Tabel 3 Kandungan dari Sludge**

Komposisi Kimia	Persentase (%)
CaO	20.11
SiO <sub>2</sub>	29.24

#### 4.3. Proctor Test Tanah Ekspansif

Pengujian ini bertujuan untuk mencari kadar air optimum yang selanjutnya digunakan untuk tes CBR. Pada **Gambar 1** didapatkan hasil dari kadar air optimum dan berat volume kering sebesar 7% dan 1.595 gr/cm<sup>3</sup>, hal ini mendekati hasil pengujian yang dilakukan oleh Sudjianto (2007) yaitu hasil kadar air optimum dan berat volume kering sebesar 11.7% dan 1.542 gr/cm<sup>3</sup>.

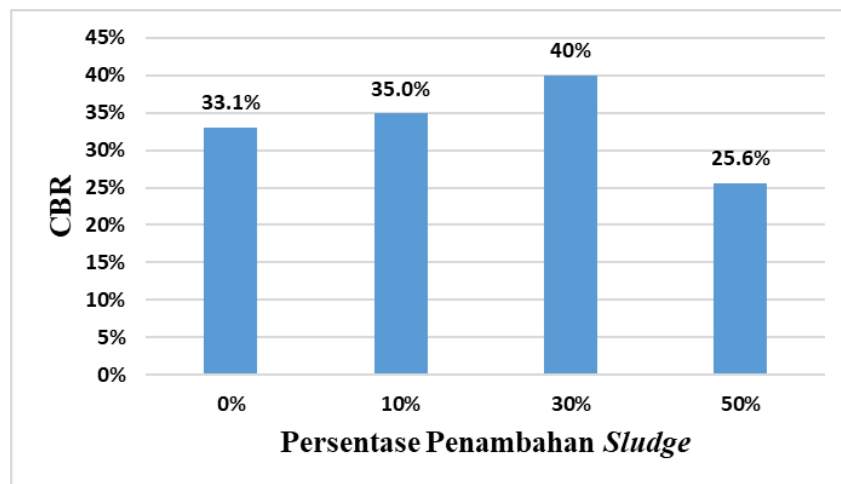


**Gambar 1 Hubungan Kadar Air dengan Berat Volume Kering**

#### 4.4. Pengujian untuk Mengetahui Kekokohan Tanah Ekspansif dengan Sludge yang Dijemur Selama 3 Hari untuk Mensimulasi Keadaan Lapangan

##### 4.4.1. CBR Unsoaked

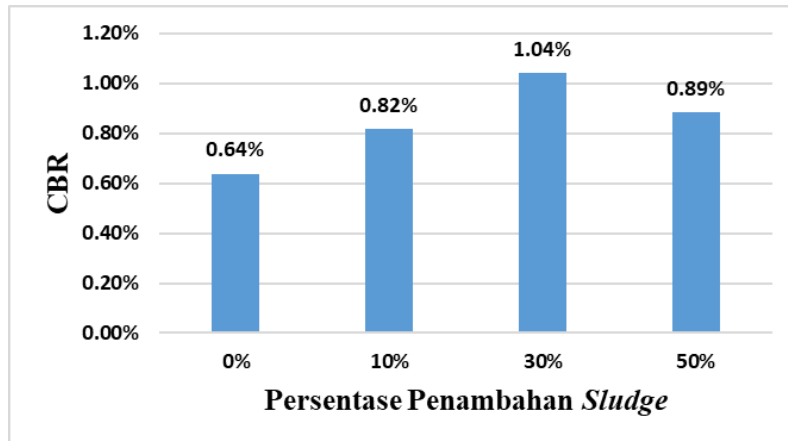
Hasil dari CBR *unsoaked* dengan kandungan *sludge* 0% sampai 50% berkisar antara 25.6% sampai 40%. Pada **Gambar 2** terlihat bahwa dengan penambahan *sludge* 30% adalah hasil CBR tertinggi yang menandakan campuran tersebut paling kokoh, hal ini karena *sludge* telah mengisi pori-pori dari campuran tersebut sehingga menjadi lebih padat. Sedangkan untuk penambahan *sludge* 50% menurunkan nilai CBR karena campuran tidak bisa menyatu (*brittle*) akibat dari kurangnya tanah ekspansif itu sendiri.



**Gambar 2 CBR Unsoaked dengan Sludge yang Dijemur**

#### 4.4.2. CBR Soaked

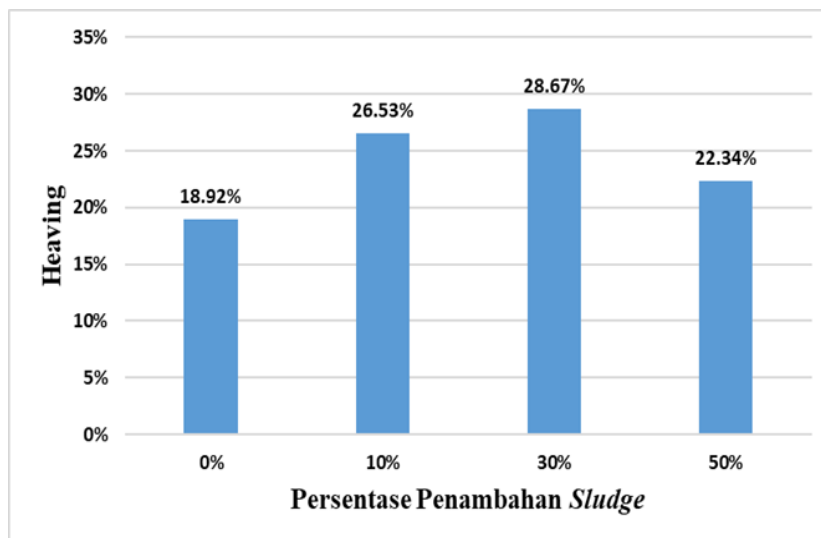
Hasil dari CBR *soaked* dengan kandungan *sludge* 0% sampai 50% berkisar antara 0.64% sampai 1.04%. Pada **Gambar 3** terlihat bahwa dengan penambahan *sludge* 30% adalah hasil CBR tertinggi yang menandakan campuran tersebut paling kokoh, hal ini karena *sludge* telah mengisi pori-pori dari campuran tersebut sehingga menjadi lebih padat. Sedangkan untuk penambahan *sludge* 50% menurunkan nilai CBR karena campuran tidak bisa menyatu (*brittle*) akibat dari kurangnya tanah ekspansif itu sendiri.



Gambar 3 CBR *Soaked* dengan *Sludge* yang Dijemur

#### 4.5. Pengujian untuk Mengetahui Kembang Susut Tanah Ekspansif dengan *Sludge* yang Dijemur Selama 3 Hari untuk Mensimulasi Keadaan Lapangan

Hasil dari *heaving test* dengan kandungan *sludge* 0% sampai 50% berkisar antara 18.92% sampai 28.67%. Pada **Gambar 4** menunjukkan bahwa dengan kandungan *sludge* 30% memiliki nilai *heaving* tertinggi, hal ini dikarenakan pori-pori dari campuran telah terisi oleh *sludge* lebih banyak dibandingkan dengan campuran 0% dan 10%. Sedangkan untuk kandungan *sludge* 50% nilai *heaving* menurun, hal ini terjadi karena jumlah tanah ekspansif sendiri menjadi lebih berkurang dibandingkan dengan kandungan *sludge* yang 30%.

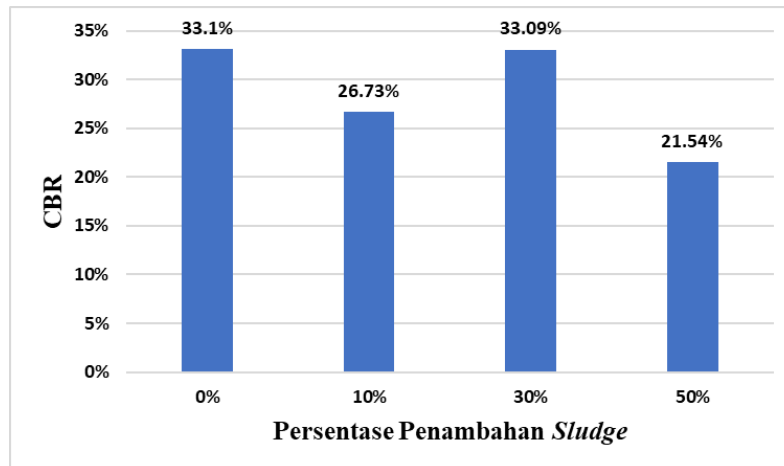


Gambar 4 Nilai *Heaving* dengan *Sludge* yang Dijemur

#### 4.6. Pengujian untuk Mengetahui Kekokohan Tanah Ekspansif dengan *Sludge* yang Dipanaskan pada Suhu $100\pm 5$ °C Selama 24 jam

##### 4.6.1. CBR *Unsoaked*

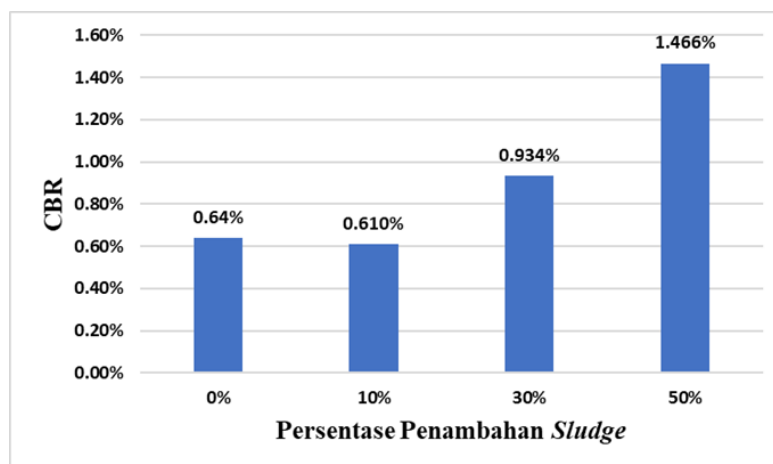
Hasil dari CBR *unsoaked* dengan kandungan *sludge* 0% sampai 50% berkisar antara 21.54% sampai 33.1%. Pada **Gambar 5** terlihat bahwa hasil yang didapatkan tidak memiliki pola sehingga tidak dapat disimpulkan, tetapi dengan penambahan campuran 50% *sludge* mengalami penurunan dikarenakan campuran tersebut kekurangan air.



Gambar 5 CBR *Unsoaked* dengan *Sludge* yang Dipanaskan

##### 4.6.2. CBR *Soaked*

Hasil dari CBR *soaked* dengan kandungan *sludge* 0% sampai 50% berkisar antara 0.610% sampai 1.466%. Pada **Gambar 6** terlihat bahwa seiring dengan penambahan *sludge* nilai CBR mengalami peningkatan. Hal ini terjadi karena kandungan CaO bereaksi dengan air dimana ketika CaO bereaksi dengan air menghasilkan reaksi yang sama saat semen dicampur dengan air (reaksi *pozzolanic*) sehingga campuran menjadi lebih keras.

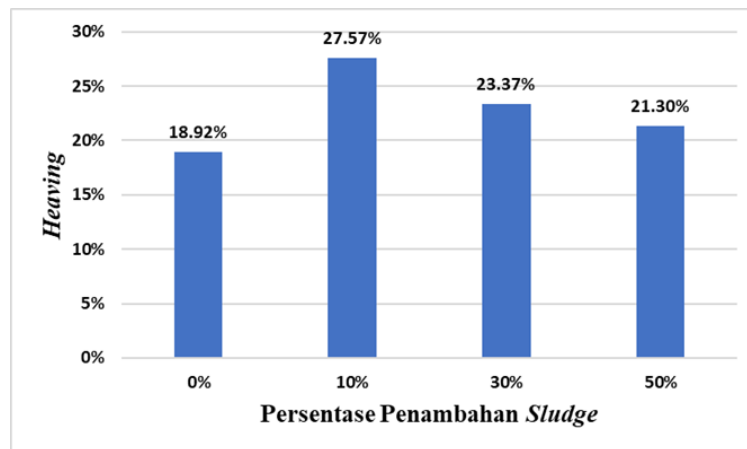


Gambar 6 CBR *Soaked* dengan *Sludge* yang Dipanaskan

#### 4.7. Pengujian untuk Mengetahui Kembang Susut Tanah Ekspansif dengan *Sludge* yang Dipanaskan pada Suhu $100\pm 5$ °C Selama 24 jam

Hasil dari *heaving test* dengan kandungan *sludge* 0% sampai 50% berkisar antara 18.92% sampai 27.57%. Pada **Gambar 7** terlihat bahwa seiring dengan penambahan *sludge* nilai *heaving* mengalami

penurunan. Hal ini terjadi karena kandungan CaO bereaksi dengan air dimana ketika CaO bereaksi dengan air menghasilkan reaksi yang sama saat semen dicampur dengan air (reaksi *pozzolanic*) sehingga campuran menjadi lebih keras.



Gambar 7 Nilai Heaving dengan Sludge yang Dipanaskan

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Campuran tanah ekspansif dengan *sludge* yang dijemur dengan kadar air sebesar 15.07% sebanyak 30% dari berat kering tanah ekspansif menghasilkan kekuatan paling tinggi pada CBR *unsoaked* dan *soaked* yaitu sebesar 40% dan 1.04%. Hal ini dikarenakan *sludge* telah mengisi pori-pori dari campuran tersebut sehingga menjadi lebih padat.
2. Dengan menggunakan campuran *sludge* 50% yang dipanaskan hingga  $100 \pm 5^\circ\text{C}$  dengan kadar air 0% menghasilkan kekuatan yang paling rendah pada CBR *unsoaked* sebesar 21.54%, hal ini terjadi karena kurangnya air pada campuran tersebut. Tetapi campuran ini adalah campuran yang memiliki kekuatan CBR *soaked* yang paling tinggi yaitu sebesar 1.466%, karena CaO telah bereaksi dengan air (reaksi *pozzolanic*) saat sampel direndam.
3. Penambahan *sludge* pada tanah ekspansif menghasilkan *heaving* yang berkisar antara 22.34% sampai 28.67%. Nilai *heaving* tersebut lebih besar dibandingkan *heaving* dengan tanah ekspansif sendiri sebesar 18.92%. Hal ini menunjukkan dengan penambahan *sludge* menyebabkan nilai *heaving* semakin tinggi, dikarenakan *sludge* mengisi pori-pori pada campuran dan juga kandungan CaO yang belum aktif dikarenakan *sludge* hanya dijemur.
4. Tambahan *sludge* yang dipanaskan hingga  $100 \pm 5^\circ\text{C}$  bisa mengurangi *heaving* seiring dengan persentase penambahan *sludge*, *heaving* menurun dari 27.57% pada kandungan 10% *sludge* dan 21.30% pada kandungan 50% *sludge*. Hal ini dikarenakan kandungan CaO telah aktif akibat dipanaskan dan bereaksi dengan air saat direndam (reaksi *pozzolanic*).
5. Dengan menggunakan *sludge*, memang dapat meningkatkan kekokohan (CBR) tanah, tetapi menyebabkan nilai *heaving* yang lebih tinggi dari tanah aslinya.
6. Dapat disimpulkan bahwa *sludge* yang dijemur selama 3 hari hanya berfungsi sebagai *filler* pada tanah ekspansif. Dengan *sludge* yang dipanaskan hingga  $100 \pm 5^\circ\text{C}$  menyebabkan kandungan CaO kembali aktif sehingga dapat meningkatkan nilai CBR *soaked* karena telah bereaksi dengan air.

### 5.2. Saran

Berikut adalah beberapa saran yang dapat kami sampaikan sehubungan dengan tujuan untuk meningkatkan kekokohan tanah ekspansif (CBR) dan menurunkan nilai *heaving*, yaitu :

1. Jika memakai *sludge* yang dipanaskan hingga  $100 \pm 5^\circ \text{C}$ , lebih baik melakukan pengujian *proctor test* dari campuran *sludge* dengan tanah ekspansif untuk mendapatkan kadar air optimum dari campuran.
2. Mencari dan menggunakan persentase pasti campuran *sludge* yang paling optimum kurang lebih dari 30%.
3. Dapat menggunakan *sludge* yang dipanaskan dengan suhu yang lebih tinggi dari  $100 \pm 5^\circ \text{C}$  agar meningkatkan kandungan dari CaO itu sendiri.

## 6. DAFTAR REFERENSI

- Budi, G. S. (2004). Pengaruh Pencampuran Abu Sekam Padi dan Kapur untuk Stabilisasi Tanah Ekspansif. *Civil Engineering Dimension*, 4(2), 94-99.
- Budi, G. S., Cristanto, A., & Setiawan, E. (2003). Pengaruh Fly Ash terhadap Sifat Pengembangan Tanah Ekspansif. *Civil Engineering Dimension*, 5(1), 20-24.
- Budiman, N. A. (2013). Pengaruh Penambahan Abu Ampas Tebu terhadap Sifat Fisik dan Sifat Mekanik Tanah Lempung Ekspansif. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 17(1), 84-96.
- Chatveera, B., & Lertwattanaruk, P. (2009). Use of Ready-Mixed Concrete Plant Sludge Water in Concrete Containing an Additive or Admixture. *Journal of Environmental Management*, 90(5), 1901-1908. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2009.01.008>.
- Hausman, M. R. (1990). *Engineering Principle of Ground Modification*. Sydney: McGraw-Hill.
- Ji-ru, Z., & Xing, C. (2002). Stabilization of Expansive Soil by Lime and Fly Ash. *Journal of Wuhan University of Technology-Mater. Sci. Ed.*, 17(4), 73-77. <https://doi.org/10.1007/BF02838423>.
- Luo, H. L., Hsiao, D. H., Lin, D. F., & Lin, C. K. (2012). Cohesive Soil Stabilized using Sewage Sludge Ash/Cement and Nano Aluminum Oxide. *International Journal of Transportation Science and Technology*, 1(1), 83-99. <https://doi.org/10.1260/2046-0430.1.1.83>.
- Prayogo, D., Christian, H. (2019). *Pengaruh Substitusi Semen dengan Sludge dari Proses Spinning Pembuatan Tiang Beton pada Kekuatan Tekan Mortar* (TA No. 21012350/SIP/2019). Universitas Kristen Petra, Surabaya.
- Sudjianto, A. T. (2007). Stabilisasi Tanah Lempung Ekspansif dengan Garam Dapur (NaCl). *Jurnal Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta*, 8(1), 53-63.
- Tsimas, S., & Zervaki, M. (2011). Reuse of Waste Water from Ready-Mixed Concrete Plants. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 22(1), 7-17. <https://doi.org/10.1108/14777831111098444>.