

STABILISASI TANAH LEMPUNG EKSPANSIF MENGGUNAKAN FLY ASH DI DESA OEBELO KABUPATEN KUPANG

Rosmiyati A Bella^{1*}, Dolly W. Karels², Hilda Talo³

^{1,2,3} Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Kota Kupang

* E-mail: rossy_bella@staf.undana.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan *fly ash* terhadap tanah lempung ekspansif Desa Oebelo dalam rangka stabilisasi tanpa melalui proses pemeraman. Parameter yang diteliti adalah sifat-sifat fisik dan mekanik tanah berupa parameter berat jenis tanah, batas-batas Atterberg, kadar air optimum dan berat volume kering maksimum dari pemadatan standar dan potensi pengembangan. Kadar *fly ash* yang ditambahkan pada tanah tersebut adalah sebesar 10%, 20% dan 30%. Hasil pengujian sifat fisik tanah menunjukkan kenaikan nilai berat jenis, dan penurunan nilai batas cair, batas plastis, indeks plastisitas dan peningkatan nilai batas susut tanah seiring dengan bertambah besarnya kadar *fly ash* dalam tanah. Penambahan kadar *fly ash* juga menyebabkan penurunan nilai kadar air optimum dan peningkatan nilai kepadatan kering maksimum, serta menyebabkan peningkatan nilai potensi pengembangan.

Kata kunci: potensi pengembangan, batas-batas Atterberg, tanpa pemeraman.

PENDAHULUAN

Tanah berperan penting dalam suatu konstruksi karena tanah merupakan berfungsi untuk menopang beban struktur di atasnya. Oleh karena itu, guna menghasilkan suatu konstruksi yang baik, dibutuhkan tanah dengan daya dukung tanah yang baik. Namun, kondisi tanah di berbagai tempat umumnya berbeda-beda. Salah satu tanah yang bermasalah dalam bagi konstruksi adalah tanah ekspansif.

Di wilayah Kabupaten Kupang terdapat beberapa wilayah yang mengalami permasalahan terkait tanah ekspansif, salah satunya adalah tanah ekspansif di Desa Oebelo. Sonbay (2010) menyelidiki tanah ekspansif di wilayah ini dan menemukan bahwa tanah tersebut mengandung 75% mineral *montmorillonite*. Pah (2010), Hangge (2017) dan Bella, dkk, (2015) menyelidiki potensi pengembangan pada kadar air tanah yang terjadi pada musim hujan dan musim kemarau. Bella, dkk, (2015) juga menyelidiki tingkat kerusakan yang terjadi pada beberapa rumah penduduk di Desa Oebelo. Kerusakan yang terjadi pada konstruksi berat merupakan akibat perilaku kembang susut dari tanah ekspansif dengan potensi pengembangan tinggi hingga sangat tinggi. Untuk mengatasi masalah tersebut maka diperlukan tindakan stabilisasi tanah untuk memperbaiki maupun meningkatkan sifat-sifat teknis dan mekanis

tanah. Stabilisasi dapat dilakukan secara mekanis maupun kimiawi. Stabilisasi mekanis dapat dilakukan dengan cara pemadatan sedangkan stabilisasi kimiawi dilakukan dengan menambahkan bahan kimia seperti kapur, *fly ash*, semen dan bahan kimia lainnya.

Tanah merupakan material yang memiliki sifat yang khas. Respon tanah terhadap bahan kimia yang ditambahkan dalam stabilisasi pun tentu berbeda karena tergantung pada komposisi mineral dan kimia tanah tersebut. Penelitian terkait stabilisasi kimiawi pada tanah ekspansif di wilayah desa Oebelo telah Sonbay (2010). Peneliti ini menyelidiki penggunaan garam sebagai bahan stabilisasi pada tanah ekspansif di Desa Oebelo. Penggunaan bahan kimia lain belum diketahui. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana pengaruh penambahan *fly ash* terhadap sifat-sifat fisik dan mekanis dari tanah lempung ekspansif Desa Oebelo terkait stabilisasi tanah tersebut. *Fly ash* yang digunakan pada penelitian ini berasal dari PLTU (Pembangkit Listrik Tenaga Uap) Bolok Kabupaten Kupang. Penggunaan *fly ash* ini diharapkan dapat menjadikan limbah PLTU ini lebih bermanfaat terutama di bidang konstruksi.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan menggunakan

metode eksperimental. Pengujian dilaksanakan di Laboratorium Mekanika Tanah, Universitas Nusa Cendana. Sejumlah pengujian dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat fisik tanah dan mekanis guna mengetahui pengaruh penambahan *fly ash* pada tanah ekspansif tanpa proses pemeraman.

Sampel tanah yang digunakan pada penelitian ini diambil dari Desa Oebelo. Ada dua lokasi yang dijadikan sebagai sumber pengambilan tanah yaitu pada lokasi 1 dengan koordinat (10°6'33,70" LS, 123°45'48,88" BT) atau diberi simbol LS dan lokasi 2 pada titik koordinat (10°6'37,07" LS 123°45'32,71" BT) atau diberi simbol YA. Kedua lokasi ini dipilih berdasarkan hasil penelitian Bella, dkk (2015) yang menunjukkan bahwa pada kedua lokasi tersebut mengalami kerusakan berat dan potensi pengembangan yang tinggi.



Gambar 1. Lokasi Pengambilan Sampel

Kedua jenis sampel tersebut kemudian ditambahkan *fly ash* yang diambil dari Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Bolok. Variasi penambahan *fly ash* adalah 10%, 20% dan 30%. Campuran tanah ekspansif dan *fly ash* lalu diuji di laboratorium tanpa melalui proses pemeraman terlebih dahulu.

Pengujian-pengujian yang dilakukan untuk meneliti sifat-sifat fisik dan mekanis pada campuran tanah dan *fly ash* terdiri atas :

1. Pengujian kadar air yang mengacu pada SNI 1965:2008.
2. Pengujian berat jenis tanah yang mengacu pada SNI 1964:2008.
3. Pengujian batas cair yang mengacu pada SNI 1967:2008.
4. Pengujian batas plastis yang mengacu pada SNI 1966:2008
5. Pengujian batas susut .yang mengacu pada SNI 3422:2008

6. Pengujian pemadatan standar tanah yang mengacu pada SNI 1742:2008.
7. Pengujian potensi pengembangan yang mengacu pada SNI 6424:2008.

Hasil-hasil pengujian tersebut di atas kemudian dianalisa dengan menggunakan regresi linear untuk mengetahui hubungan penggunaan *fly ash* pada campuran tanah ekspansif. Untuk mengetahui hubungan secara kuantitatif berdasarkan nilai indeks plastisitas, digunakan pendekatan Chen (Chen(1975) dalam Hardiyatmo (2017)). Pendekatan ini dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1 Hubungan Potensi Pengembangan dan Indeks Plastisitas (PI)

PI (%)	Potensi Pengembangan
>35	Sangat Tinggi
20-55	Tinggi
10-35	Sedang
0-15	Rendah

Sumber : Chen (1975) dalam Hardiyatmo (2017)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tanah Ekspansif

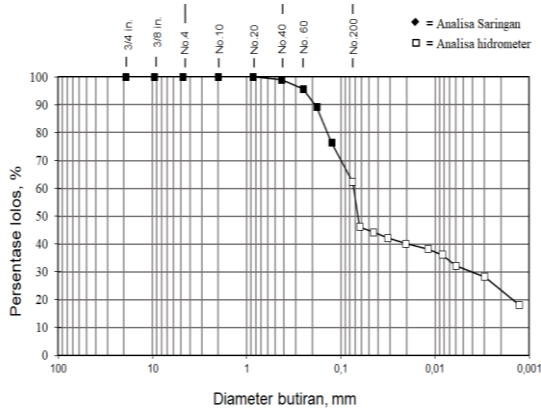
Tanah lempung ekspansif dari dua lokasi di Desa Oebelo diuji sifa-sifat fisik dan mekanisnya. Hasil dari pengujian tanah tersebut dapat dilihat pada Tabel 2. Pada gambar 2 dapat dilihat hasil uji saringan dan hidrometer untuk kedua sampel tersebut.

Tabel 2. Sifat-sifat Fisik dan Mekanis Tanah

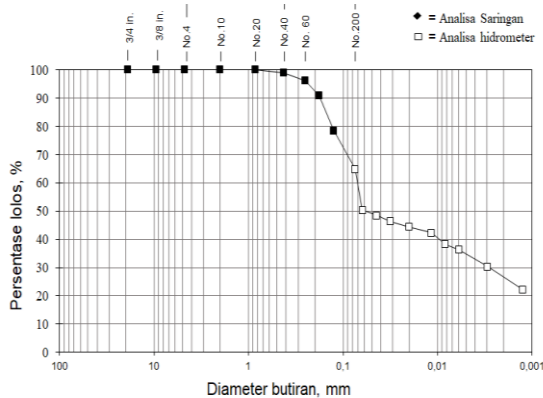
Pengujian	Satuan	Sampel	
		LS	YA
A. Sifat-sifat Fisik;			
Kadar air (w)	%	27,64	31,45
Berat Jenis (Gs)		2,67	2,64
Batas Cair (LL)	%	77,80	73,65
Batas Plastis (PL)	%	30,47	29,46
Batas Susut (SL)	%	13,90	9,81
Indeks Plastisitas (PI)	%	47,34	44,19
B. Sifat-sifat Mekanis			
Pemadatan Standar:			
Kadar Air Optimum (W_{opt})	%	39,00	38,11
Berat Volume Kering Maksimum (γ_{dmax})	gr/cm ³	1,15	1,13
Potensi Pengembangan	(%)	0,234	0,514

Berdasarkan data pada gambar 2 dan 3 dapat diketahui bahwa tanah tersebut termasuk ke dalam tanah berbutir halus

karena besarnya persentase butiran tanah yang lolos saringan no. 200 lebih dari 50% yaitu 62,24% dan 64,86% untuk masing-masing sampel tanah asli LS dan YA. Kedua sampel tanah tersebut tergolong dalam kelompok CH atau lempung tak organik dengan plastisitas tinggi menurut klasifikasi USCS (Gambar 4). Berdasarkan klasifikasi AASHTO (Gambar 5) maka tanah LS diklasifikasikan A-7-5 (55) dan tanah YA diklasifikasikan A-7-6 (52).



Gambar 2. Grafik analisis ukuran butiran sampel tanah LS

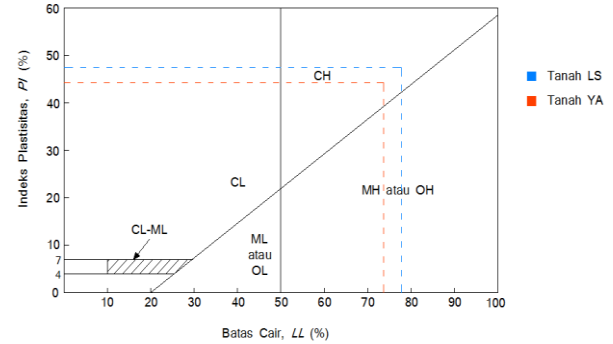


Gambar 3. Grafik analisis ukuran butiran sampel tanah YA

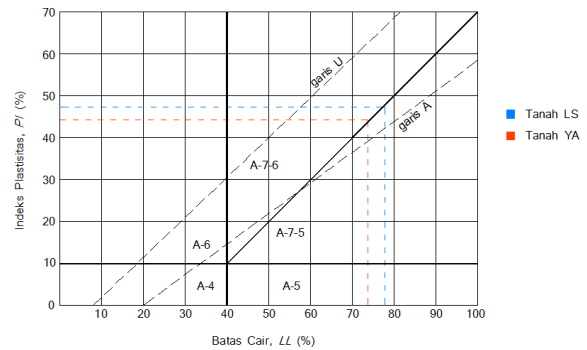
Fly Ash

Pada penelitian ini digunakan material fly ash yang berasal dari PLTU Bolok. Material dari lokasi tersebut pernah diteliti oleh Simatupang, dkk (2015) yang menunjukkan bahwa fly ash tersebut digolongkan sebagai fly ash dengan kadar kalsium rendah atau fly ash kelas F. Hasil XRF menunjukkan bahwa bahan tersebut kaya akan kandungan silika, SiO₂ (57,47%) dan alumina (21,88%). Secara lengkap, hasil

uji XRF tersebut dapat dilihat pada tabel 3. Pengujian yang dilakukan pada material ini adalah uji berat jenis. Nilai berat jenis yang diperoleh dari pengujian tersebut adalah sebesar 2,31.



Gambar 4. Klasifikasi tanah berdasarkan klasifikasi USCS



Gambar 5. Klasifikasi Tanah Berdasarkan Klasifikasi AASHTO

Tabel 3. Kandungan Fly Ash PLTU Bolok

No	Oksida	Kandungan (%)
1	SiO ₂	57,47
2	Al ₂ O ₃	21,88
3	CaO	3,64
4	Fe ₂ O ₃	3,61
5	Na ₂ O	2,69
6	K ₂ O	1,59
7	MgO	1,41
8	TiO ₂	0,81
9	Hilang pijar (LO)	1,77

Sumber : Simatupang, dkk (2015)

Stabilisasi Tanah Menggunakan Fly Ash

Untuk mengetahui perubahan sifat-sifat fisik dan mekanis akibat stabilisasi tanah ekspansif dari Desa Oebelo dengan menggunakan fly ash maka dilakukan pengujian berat jenis dan batas-batas konsistensi dan pemadatan standar serta

potensi pengembangan tanpa melalui proses pemeraman. Kedua sampel tanah asli ditambahkan *fly ash* 10%, 20%, dan 30%. Hasil dari pengujian-pengujian tersebut seperti yang terlihat pada tabel 2 dan tabel 3.

Tabel 2. Data hasil pengujian batas-batas konsistensi pada sampel LS

Pengujian	Kadar <i>Fly Ash</i> (%)			
	0%	10%	20%	30%
A. Sifat-sifat Fisik;				
Berat Jenis (Gs)	2,67	2,70	2,72	2,75
Batas Cair (LL)	77,80	75,69	74,57	73,61
Batas Plastis (PL)	30,47	29,43	28,33	27,56
Batas Susut (SL)	13,90	17,07	18,85	19,79
Indeks Plastisitas (PI)	47,34	46,26	46,24	46,05
B. Sifat-sifat Mekanis;				
Pemadatan Standar:				
Kadar Air Optimum (W_{opt})	39,00	38,17	37,51	37,43
Berat Volume Kering Maksimum (Y_{dmax})				
Potensi Pengembangan	0,234	0,362	0,433	0,536

Tabel 3. Data hasil pengujian batas-batas konsistensi pada sampel YA

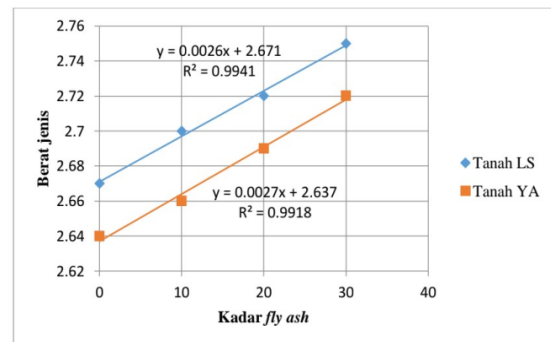
Pengujian	Kadar <i>Fly Ash</i> (%)			
	0%	10%	20%	30%
A. Sifat-sifat Fisik;				
Berat Jenis (Gs)	2,64	2,66	2,69	2,72
Batas Cair (LL)	73,65	70,17	65,81	62,41
Batas Plastis (PL)	29,46	28,51	27,54	26,66
Batas Susut (SL)	9,81	11,96	14,50	17,78
Indeks Plastisitas (PI)	44,19	41,66	38,28	35,75
B. Sifat-sifat Mekanis;				
Pemadatan Standar:				
Kadar Air Optimum (W_{opt})	38,11	37,57	36,70	36,15
Berat Volume Kering Maksimum (Y_{dmax})				
Potensi Pengembangan	0,514	0,598	0,656	0,721

PEMBAHASAN

Berdasarkan tabel 2 dan 3 tersebut dapat dilihat bahwa penambahan *fly ash*

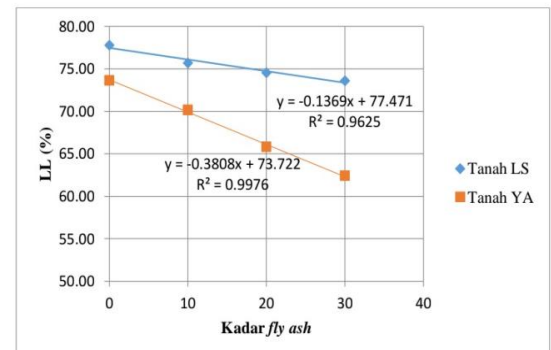
tanpa pemeraman pada proses stabilisasi akan mempengaruhi sifat-sifat fisik tanah dan mekanik tanah ekspansif dari desa Oebelo. Hubungan dari kandungan *fly ash* yang ditambahkan terhadap perubahan sifat-sifat fisik tanah tersebut dapat dilihat pada gambar 6 hingga gambar 10 sedangkan terhadap perubahan sifat-sifat mekanis dapat dilihat pada gambar 11 hingga 13.

Sifat-sifat Fisik

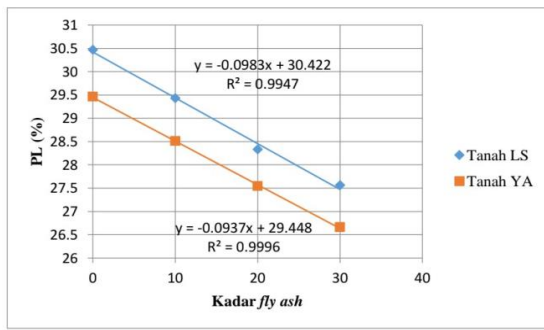


Gambar 6. Hubungan Kadar *Fly Ash* dan Berat Jenis

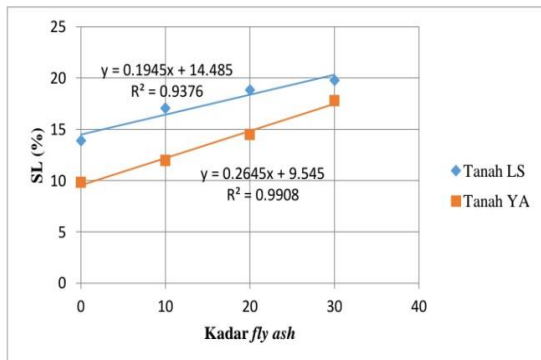
Gambar 6 di atas menunjukkan bahwa nilai berat jenis tanah semakin meningkat seiring dengan bertambah besarnya persentase *fly ash* pada tanah. Penambahan *fly ash* yang berbutir halus pada campuran tanah akan mengisi rongga-rongga kosong pada tanah tersebut sehingga terjadi peningkatan berat pada volume yang sama. Inilah yang menyebabkan terjadinya peningkatan berat jenis pada tanah ekspansif tersebut. Tren ini terjadi pada kedua sampel yang diuji dengan gradien yang hampir sama.



Gambar 7. Hubungan Kadar *Fly Ash* dan Batas Cair (LL)



Gambar 8. Hubungan Kadar Fly Ash dan Batas Plastis (PL)

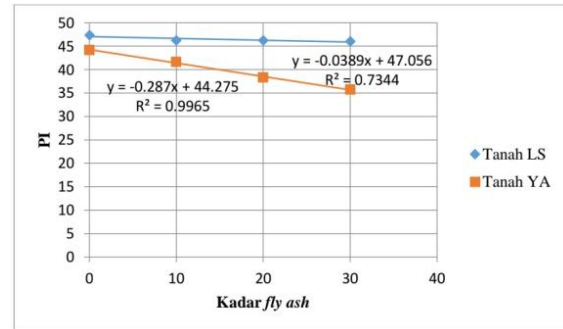


Gambar 9. Hubungan Kadar Fly Ash dan Batas Susut (SL)

Selanjutnya pada gambar 7 hingga 9 dapat dilihat hubungan penambahan kadar fly ash pada nilai batas-batas Atterberg. Semakin banyak fly ash ditambahkan pada tanah ekspansif maka nilai batas cair, batas plastis dan indeks plastisitasnya pun makin berkurang. Namun, perilaku tersebut berlawanan dengan batas susut. Menurut Leliana dan Andajani (2015) penurunan nilai batas cair diakibatkan karena adanya tambahan fly ash yang mengandung ion bermuatan positif sehingga terjadi tarik-menarik dengan anion pada permukaan tanah lempung di mana sebagian dari tanah tersebut cenderung mengikat fly ash. Dengan demikian tanah akan lebih sedikit mengikat air. Hal ini juga berdampak pada sifat plastisitas tanah. Kemampuan mengikat air yang rendah menyebabkan tanah tersebut menjadi bersifat kering dengan demikian nilai batas plastisitasnya pun mengalami penurunan dan sebaliknya nilai batas susut mengalami peningkatan.

Hubungan kadar fly ash dan indeks plastisitas ditunjukkan pada gambar 10. Pada gambar tersebut terlihat bahwa semakin banyak penambahan fly ash pada tanah maka semakin kecil nilai indeks plastisitas. Dalam penelitian Tobing, dkk (2014) tren

yang sama juga terjadi dan hal ini disebabkan oleh adanya reaksi pertukaran ion. Akibat pertukaran ion tersebut maka terjadi perubahan ion Ca⁺ sehingga mengurangi ekspansifitas pada tanah lempung. tersebut

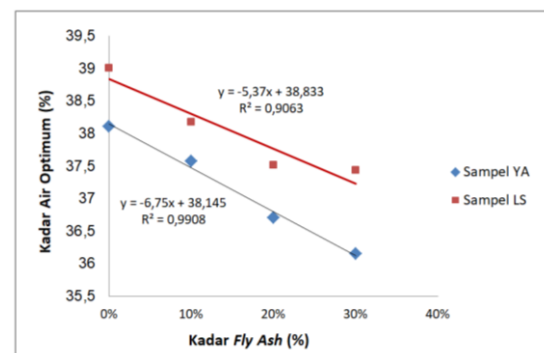


Gambar 10. Hubungan Kadar Fly Ash dan Indeks Plastisitas (PI)

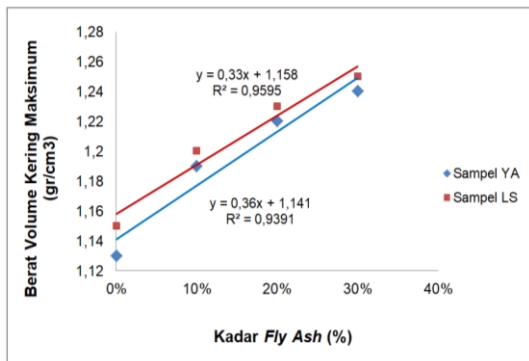
Secara umum, penambahan fly ash dapat memperbaiki sifa-sifat fisik tanah baik pada tanah lempung. Oleh karena itu fly ash dapat digunakan sebagai salah satu bahan stabilisasi untuk tanah lempung ekspansif dalam memperbaiki sifat fisik tanah.

Sifat-sifat Mekanis

Selain sifat-sifat fisik, pada penelitian ini diteliti juga hubungan penambahan fly ash pada tanah ekspansif terhadap sifat-sifat mekanis. Sifat-sifat mekanis yang akan ditinjau adalah kadar air optimum dan berat volume kering maksimum pada uji pemadatan standar dan potensi pengembangan. Gambaran tentang hubungan tersebut dapat dilihat pada gambar 11 hingga 13.



Gambar 11. Hubungan Kadar Fly Ash dan Kadar Air Optimum



Gambar 12. Hubungan Kadar *Fly Ash* dan Berat Volume Kering Maksimum

Pada gambar 11 dapat dilihat bahwa semakin besar kandungan *fly ash* yang ditambahkan ke tanah maka semakin kecil pula nilai kadar air optimum yang tercapai pada proses pemadatan tersebut. Hal ini diakibatkan oleh adanya penurunan kemampuan tanah lempung mengikat air karena adanya *fly ash* yang mengandung kation (Leliana dan Andajani, 2015). Namun, pada gambar 12 dapat dilihat bahwa semakin besar jumlah kandungan *fly ash* yang ditambahkan maka semakin besar juga nilai berat volume kering maksimum yang dicapai dari pengujian pemadatan standar. Penambahan *fly ash* yang berbutir halus dapat mengisi rongga-rongga udara pada tanah lempung sehingga meningkatkan berat volume kering pada tanah (Leliana dan Andajani, 2015).

Potensi pengembangan suatu tanah dapat dinilai secara kuantitatif berdasarkan parameter indeks plastisitas (Chen (1988) dalam Hardiyatmo (2017)) dan juga diukur di laboratorium. Pada penelitian ini digunakan metode kuantitatif versi Chen dan metode pengujian menggunakan konsolidometer.

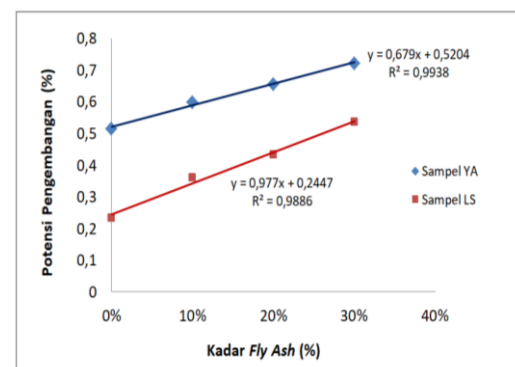
Secara kuantitatif, berdasarkan nilai indeks plastisitas terkait dengan penambahan *fly ash* dalam tanah, diperoleh potensi pengembangan seperti pada tabel 4. Pada tabel tersebut dapat dilihat bahwa potensi pengembangan tanah ekspansif pada kedua sampel tidak mengalami perubahan akibat penambahan kadar *fly ash*.

Namun, perbedaan akan lebih nampak pada hasil pengujian di laboratorium. Hubungan kadar *fly ash* dan potensi pengembangan berdasarkan hasil pengujian

laboratorium ditunjukkan pada gambar 13.

Tabel 4. Hubungan Indeks Plastisitas (PI) terhadap Potensi Pengembangan Menurut Chen (1977) dalam Hardiyatmo, 2017.

Sampel	PI (%)	Potensi Pengembangan
Tanah LS		
Asli (0%)	47,34	Sangat Tinggi
10% <i>Fly Ash</i>	46,26	Sangat Tinggi
20% <i>Fly Ash</i>	46,24	Sangat Tinggi
30% <i>Fly Ash</i>	46,05	Sangat Tinggi
Tanah YA		
Asli (0%)	44,19	Sangat Tinggi
10% <i>Fly Ash</i>	41,66	Sangat Tinggi
20% <i>Fly Ash</i>	38,28	Sangat Tinggi
30% <i>Fly Ash</i>	35,75	Sangat Tinggi



Gambar 13. Hubungan Kadar *Fly Ash* dan Potensi Pengembangan

Pada gambar 13 tersebut terlihat bahwa semakin banyak penambahan *fly ash* pada tanah maka semakin meningkat juga potensi pengembangan yang terjadi pada tanah tersebut. Fenomena ini menunjukkan bahwa penambahan *fly ash* pada kondisi kedua sampel yang tidak diperam tidak menurunkan perilaku kembang susut pada tanah ekspansif tersebut secara signifikan. Hal ini dapat disebabkan karena *fly ash* yang digunakan adalah *fly ash* tipe F yang bersifat *non-self-cementing* (Hardiyatmo, 2017). Dengan demikian agar *fly ash* dapat bereaksi dengan tanah maka penggunaan *fly ash* yang berasal dari PLTU Bolok pada lempung ekspansif di Oebelo perlu dikombinasikan dengan kapur atau semen. Kapur dapat menjadi salah satu alternatif yang baik untuk ditambahkan pada campuran *fly ash* dan tanah ekspansif karena potensi kapur yang berasal dari gamping

cukup besar di Kabupaten Kupang (KabKupang, 2019).

PENUTUP

Penambahan *fly ash* dengan variasi 10-30% pada tanah lempung ekspansif dari wilayah desa Oebelo tanpa melalui proses pemeraman mampu menurunkan batas cair, batas plastis, indeks plastisitas, kadar air optimum pada pemadatan standar. Namun, di sisi lain penambahan tersebut juga mampu meningkatkan berat jenis tanah, batas susut, berat volume kering maksimum pada pemadatan standar dan potensi pengembangan. Stabilisasi tanah ekspansif dari desa Oebelo dengan menggunakan bahan tambah *fly ash* dari PLTU Bolok saja tidak mampu mengurangi potensi pengembangan sehingga tidak direkomendasikan bahan tersebut untuk digunakan secara sendiri. Penelitian lanjutan menggunakan bahan tambahan lain perlu dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bella, R. A., Bunganaen, W. & Sogen, P. M. (2015). Identifikasi Kerusakan Konstruksi Akibat Potensi Pengembangan Tanah Lempung Ekspansif di Desa Oebelo, *Jurnal Teknik Sipil*, 4(2), 195-208.
- Hangge, E E (2017) Pengaruh Perubahan Kadar Air Pada Potensi Pengembangan Lempung Oebelo; *Prosiding Seminar Nasional Teknik FST Undana 2017*, Kupang 04-05 November 2017.
- Hardiyatmo, H. C. (2017) Tanah Ekspansif: Permasalahan dan Penanganan (edisi 2), Yogyakarta, Gajah Mada University Press.
- Leliana, A., & Andajani, N. (2015). Pengaruh Penambahan *Fly Ash* Terhadap Nilai Kuat Tekan Bebas Pada Tanah lempung Ekspansif di daerah Magetan Jawa Timur, *Jurnal Rekayasa Teknik Sipil*, 1(1), 1-8.
- KabKupang. (2019) Sektor Pertambangan. Retrieved from <https://kupangkab.go.id/hal-sektor-pertambangan.html>
- Pah, M. (2010). Identifikasi Tingkat Pengembangan, Potensi Pengembangan dan Tekanan Pengembangan Tanah Lempung Ekspansif (Studi Kasus. Jln. Timor

Raya-2 Desa Oebelo Kabupaten Kupang); (Skripsi S-1 Jurusan Teknik Sipil tidak dipublikasikan); Universitas Nusa Cendana, Kupang

- Simatupang, P., Nine, V., & Sinaga, AE. (2019) Setting Time And Compression Strength Of Low- Calcium Fly Ash Geopolymer Paste With Non- Calcined Red Soil Substitution In Ambient Curing, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, doi:10.1088/1757-899X/669/1/012025
- Sonbay, R. a., (2010). Kajian Stabilitas Tanah Lempung Ekspansif di Daerah Oebelo dengan Garam Dapur Lokal; (Skripsi S-1 Jurusan Teknik Sipil tidak dipublikasikan); Universitas Nusa Cendana, Kupang
- Tobing, B. C. L., Suroso, & Zaika, Y. (2014) Pengaruh Lama Waktu Curing Terhadap Nilai CBR dan *Swelling* Pada Tanah Lempung Ekspansif di Bojonegoro Dengan Campuran 15% *Fly Ash*, *Jurnal Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik*, Retrieved from <http://sipil.studentjournal.ub.ac.id/index.php/jmts/article/view/85>