

# PENGARUH *FLY ASH* TERHADAP SIFAT PENGEMBANGAN TANAH EKSPANSIF

Gogot Setyo Budi

Dosen Fakultas Teknik Sipil & Perencanaan, Jurusan Teknik Sipil - Universitas Kristen Petra

Andy Cristanto, Eddy Setiawan

Alumni Fakultas Teknik Sipil & Perencanaan, Jurusan Teknik Sipil - Universitas Kristen Petra

## ABSTRAK

Sifat kembang susut tanah ekspansif merupakan salah satu kendala yang cukup rumit dalam rekayasa bidang teknik sipil. Makalah ini mempresentasikan penelitian laboratorium tentang stabilisasi tanah ekspansif dengan menggunakan *fly ash* (FA). Kandungan *fly ash* yang ditambahkan bervariasi antara 10% sampai 25% dari berat kering tanah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan *fly ash* ke dalam tanah dapat menurunkan *specific gravity* (Gs), meningkatkan indeks plastisitas (PI), meningkatkan berat volume kering (*dry density*), menurunkan potensi pengembangan (*swelling potential*), dan menaikkan kekuatan tanah. Sedangkan pengaruh *curing* menunjukkan bahwa, lamanya *curing* dapat menurunkan potensi pengembangan dan meningkatkan kekuatan.

Kata kunci: tanah ekspansif, stabilisasi tanah, *fly ash*.

## ABSTRACT

*Swell and shrink behavior of expansive clays raise significant problem in the field of civil engineering. This paper presents the laboratory experiment of expansive soil stabilization using fly ash (FA). The amount of fly ash used in this experiment ranges from 10% to 25% of dry weight of soil. The results show that the addition of fly ash reduces the specific gravity (Gs), increases the plasticity index (PI), increases the dry density, decreases swelling potentials, and increases strength of soil. This experiment also shows that the increase of strength and the decrease of swelling potential were influenced by the curing time.*

*Keywords: Expansive soil, soil stabilization, fly ash.*

## PENDAHULUAN

Sifat kembang susut tanah dapat menimbulkan kerusakan pada bangunan yang berdiri di atasnya, seperti yang terjadi di daerah Surabaya Barat. Daerah ini didominasi oleh tanah liat ekspansif yang memiliki potensi mengembang dan menyusut sangat tinggi [1] akibat perubahan kadar air di dalam tanah [2]. Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mencari alternatif perbaikan tanah ekspansif sehingga didapatkan tanah yang lebih stabil. Stabilisasi tanah yang pernah dilakukan antara lain dengan mencampur tanah ekspansif dengan

kapur (*lime*) [3,4], dengan semen Portland dan semen Clean Set [5], dengan Geosta [6], dengan mikro-organisma Road Tech 2000 [7], dll. Beberapa penelitian tentang penggunaan *waste material* (*fly ash*, abu sekam, *bottom ash*, dll), baik yang dicampur dengan material lain seperti kapur [4,8] maupun tanpa dicampur dengan material yang lain [9] juga telah banyak dilakukan.

Dalam penelitian ini dicoba stabilisasi tanah ekspansif, yang diambil dari daerah Surabaya Barat, dengan *fly ash* yang diambil dari sisa pembakaran batu bara di Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Paiton, Probolinggo, Jawa Timur. Penelitian ini dimaksudkan untuk mempelajari pengaruh *fly ash* terhadap sifat pengembangan, perubahan karakteristik, dan kekuatan tanah.

---

**Catatan:** Diskusi untuk makalah ini diterima sebelum tanggal 1 Juni 2003. Diskusi yang layak muat akan diterbitkan pada Dimensi Teknik Sipil Volume 5 Nomor 2 September 2003.

## MATERIAL DAN JENIS PERCOBAAN

*Fly ash* adalah material yang sangat halus dengan gradasi yang sangat uniform yang berasal dari sisa pembakaran batu bara. *Fly ash* termasuk material yang disebut dengan *pozzolanic material* karena mengandung bahan-bahan *pozzolan* seperti Silika ( $\text{SiO}_2$ ), besi oksida ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), Aluminium oksida ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), Kalsium oksida ( $\text{CaO}$ ), Magnesium oksida ( $\text{MgO}$ ), dan Sulfat ( $\text{SO}_4$ ) [10].

Penambahan *fly ash* pada tanah ekspansif dimaksudkan agar terbentuk reaksi *pozzolanic*, yaitu reaksi antara kalsium yang terdapat pada *fly ash* dengan alumina dan silikat yang terdapat pada tanah, sehingga menghasilkan masa yang keras dan kaku. Penambahan *fly ash* selain memperkaya kandungan alumina dan silika pada tanah, juga memperbaiki gradasi tanah.

Penelitian yang dilakukan meliputi *index properties*, *grain size distribution*, *density*, *swelling*, dan *unconfined compression test* (UCS). Untuk mengetahui pengaruh *curing* pada sifat kembang susut dan kekuatan tanah, maka sample tanah di *curing* selama 7 hari dan 14 hari sebelum dilakukan uji *swelling*, dan 7 hari dan 28 hari untuk uji UCS .

## HASIL TEST

### Pengaruh FA Terhadap Karakteristik Tanah Ekspansif

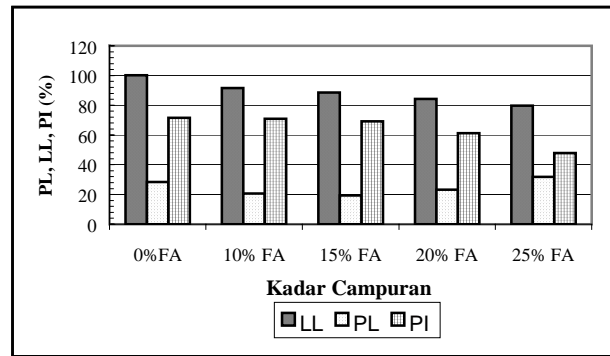
Pengaruh pencampuran FA terhadap *Liquid limit* (LL), *Plastic limit* (PL), dan *Plasticity Index* (PI) untuk masing-masing campuran dapat dilihat pada Gambar 1. *Liquid limit* tanah akibat penambahan FA cenderung menurun, yaitu dari sekitar 100% pada tanah asli menjadi sekitar 80% setelah dicampur dengan FA sebesar 25%. Gambar 1 juga menunjukkan bahwa penambahan FA akan menurunkan PI tanah ekspansif.

Penambahan FA cenderung menurunkan *specific gravity* (Gs) tanah (Gambar 2), hal ini disebabkan FA memiliki Gs yang lebih kecil dari tanah, yaitu antara 1.9 sampai 2.5 [11].

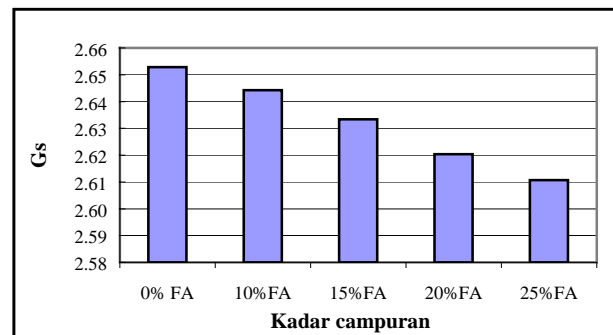
### Pengaruh FA terhadap Berat-Volume Kering Tanah

Hasil tes density dengan menggunakan Standard Proctor menunjukkan bahwa, penambahan FA cenderung memperkecil kadar air optimum

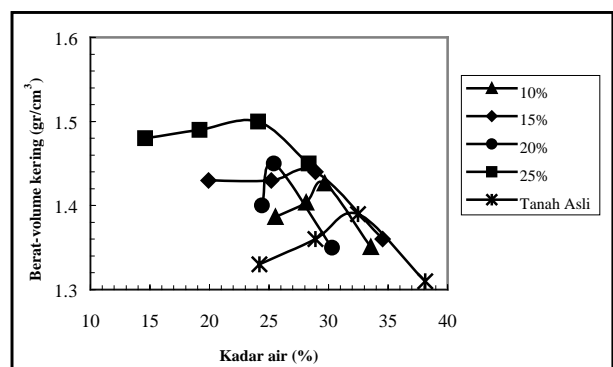
( $W_c$  optimum) dan meningkatkan berat-volume kering ( $\gamma_d$ ) maksimum tanah, seperti dapat dilihat pada Gambar 3. Kadar air optimum dan berat-volume kering tanah asli yang masing-masing sebesar 33% dan  $1.39 \text{ kg/cm}^3$  berubah menjadi sekitar 23% dan  $1.5 \text{ kg/cm}^3$  bila tanah ditambah dengan 25% FA. Perubahan ini menunjukkan bahwa penambahan FA dapat memperbaiki gradasi butiran tanah.



Gambar 1. Pengaruh Penambahan *Fly Ash* terhadap *Liquid Limit* (LL), *Plastic Limit* (PL), dan *Plasticity Index* (PI) Tanah



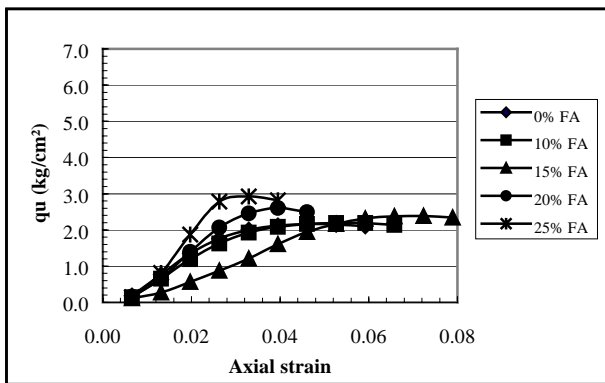
Gambar 2. Pengaruh Penambahan *Fly Ash* Terhadap *Specific Gravity* (Gs)



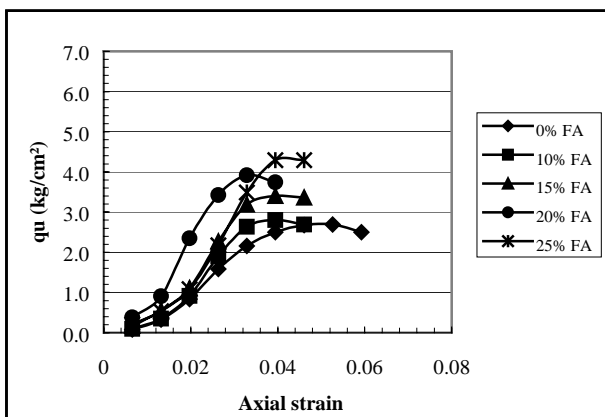
Gambar 3. Hubungan Antara Kadar Air dan Berat-Volume Kering Tanah Campuran.

### Pengaruh FA terhadap Kekuatan Tanah ( $q_u$ )

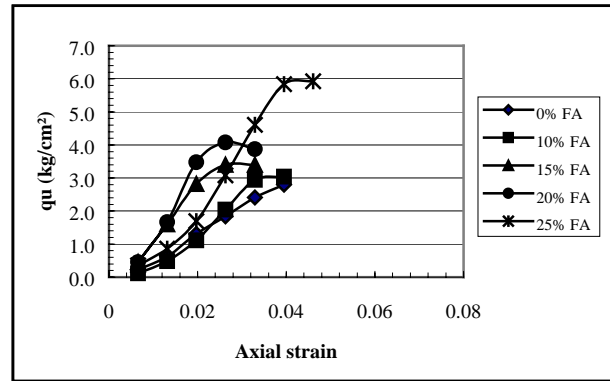
Pengaruh penambahan FA terhadap kekuatan tanah ( $q_u$ ), yang ditunjukkan dari hasil tes *Unconfined Compression Strength* (UCS), dapat dilihat pada Gambar 4, 5, dan 6. Secara umum, ketiga gambar menunjukkan bahwa penambahan kandungan FA, baik yang di-curing maupun tidak, dapat meningkatkan kekuatan tanah; dimana semakin besar persen FA yang ditambahkan semakin besar kekuatan tanah. Pada sample tanah yang tidak dilakukan *curing* (Gambar 4) terlihat bahwa semakin besar persen penambahan FA, semakin kecil regangan (*axial strain*) untuk mencapai kekuatan maksimum, akan tetapi kecenderungan ini tidak terlihat pada sampel yang di-curing selama 7 dan 28 hari. Ketiga gambar juga menunjukkan bahwa, secara umum, kekuatan tanah campuran yang di-curing (Gambar 5 dan 6) lebih besar dari kekuatan tanah yang tidak di-curing (Gambar 4)



Gambar 4. Pengaruh Penambahan *Fly Ash* Terhadap Kekuatan Tanah ( $q_u$ ) Tanpa *Curing*



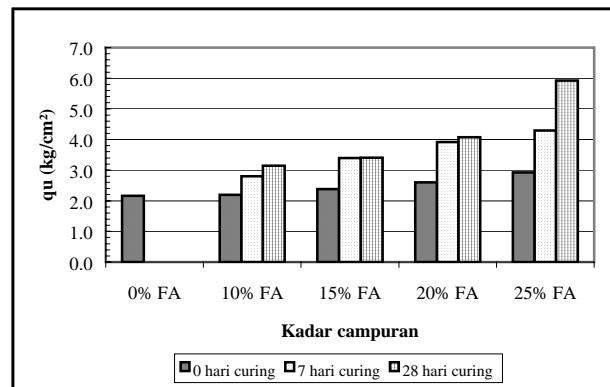
Gambar 5. Pengaruh Penambahan *Fly Ash* Terhadap Kekuatan Tanah ( $q_u$ ) Pada *Curing* 7 Hari



Gambar 6. Pengaruh Penambahan *Fly Ash* Terhadap Kekuatan Tanah ( $Q_u$ ) Pada *Curing* 28 Hari

### Pengaruh *Curing* terhadap Kekuatan dan Kekuatan Pengembangan

Hubungan antara kenaikan kekuatan ( $q_u$ ) dan waktu *curing* dapat dilihat lebih jelas pada Gambar 7. Gambar ini menunjukkan bahwa kekuatan pada tanah asli terjadi peningkatan dengan waktu *curing*. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh berkurangnya kadar air sehingga sample mengering dan mengeras.

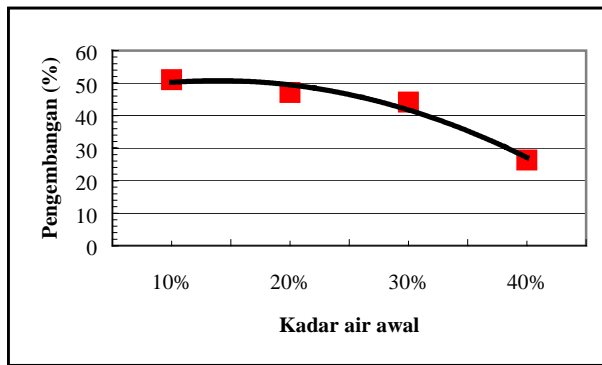


Gambar 7. Hubungan Peningkatan Kekuatan Tanah Campuran Dengan *Curing*

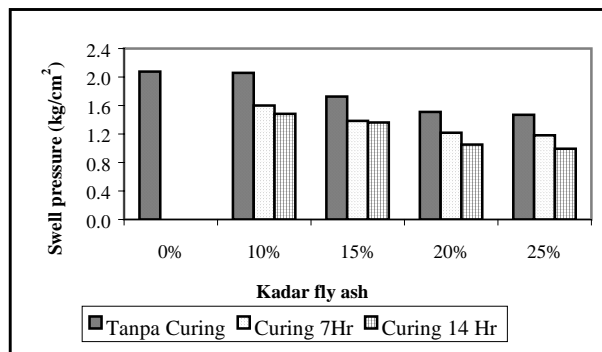
Tingkat pengembangan tanah ekspansif sangat tergantung dari kadar air-awal (*initial water content*) yang terdapat dalam tanah; semakin kecil kadar air awal di dalam tanah, semakin besar pengembangan yang akan terjadi dan sebaliknya seperti yang terlihat pada Gambar 8. Hubungan antara kadar air awal dan kenaikan pengembangan tanah ekspansif mendekati linear.

Pengaruh penambahan FA terhadap kekuatan pengembangan (*swell pressure*) tanah ekspansif dapat dilihat pada Gambar 9. Gambar ini menunjukkan bahwa *swell pressure* pada tanah dengan kadar FA 20% hampir sama dengan

tanah yang memiliki kadar FA 25%. Dengan kata lain, kadar optimum FA untuk menurunkan *swell pressure* tanah adalah 20%. *Swell pressure* tanah yang dicampur dengan FA sebesar 20%, tanpa *curing*, turun dari sekitar 2 kg/cm<sup>2</sup> menjadi sekitar 1.5 kg/cm<sup>2</sup> atau sekitar 25%; sedangkan *swell pressure* pada tanah yang di *curing* selama 28 hari turun menjadi sekitar 1 kg/cm<sup>2</sup> atau turun 50%.



Gambar 8. Hubungan antara Kadar Air-Awal dengan Pengembangan



Gambar 9. Hubungan Antara Kadar *Fly Ash* dengan *Swell Pressure*

## KESIMPULAN

Dari hasil-hasil percobaan yang telah dilakukan dapat ditarik beberapa kesimpulan, sebagai berikut:

- Penambahan FA cenderung menurunkan *specific gravity* (Gs) tanah.
- *Liquid limit* (LL) dan *plasticity index* (PI) tanah ekspansif yang dicampur dengan FA cenderung menurun sejalan dengan bertambahnya kandungan *fly ash*.
- Penambahan kadar FA dapat memperbaiki gradasi butiran tanah, yang ditunjukkan oleh adanya kecenderungan penurunan kadar air (WC) optimum untuk mencapai berat-volume kering ( $\gamma_d$ ) maksimum dan kenaikan kekuatan tanah.

- Pada kandungan FA 25%, WC optimum turun sebesar 8.5% sedangkan berat-volume kering ( $\gamma_d$ ) maksimum naik sebesar 0.11 g/cm<sup>3</sup> (dari 1.39 g/cm<sup>3</sup> menjadi 1.5 g/cm<sup>3</sup>)
- Kekuatan tanah dicampur dengan 25% FA dan di *curing* selama 28 hari meningkat menjadi sekitar 6 kg/cm<sup>2</sup> dari sekitar 2 kg/cm<sup>2</sup> pada tanah asli, atau meningkat sekitar 300%
- Penambahan FA sebesar 25% dan *curing* selama 28 hari dapat menurunkan *swell pressure* tanah ekspansif dari sekitar 2 kg/cm<sup>2</sup> menjadi sekitar 1 kg/cm<sup>2</sup>, atau turun sebesar 50%. Kadar FA optimum untuk menurunkan *swell pressure* tanah adalah 20%.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Tanuaji, I dan Indrawati, K., *Study Karakteristik Tanah Ekspansif Daerah Dukuh Kupang*, Skripsi No. 165.S, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Kristen Petra Surabaya, 1984
2. Chen, F.H., *Foundations on Expansive Soils*, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam-Oxford-New York, (1988).
3. Kusuma, Lily, *Pengaruh Pencampuran Tanah Ekspansif dalam Kondisi Batas Cair dengan Kapur terhadap Sifat Kembang Susut Tanah*, Skripsi No. 820.S, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Kristen Petra Surabaya, 1998.
4. Jaya, A. T.dan Ariwibowo, D. S., *Pengaruh Pencampuran Abu Sekam dan Kapur Terhadap Kestabilan Tanah pada Tanah Ekspansif*, Skripsi No. 1131.S, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Kristen Petra Surabaya, 2002.
5. Martina dan Syapriadi, *Studi Perbandingan Stabilisasi Tanah Ekspansif dengan Semen Portland dan Semen Clean Set*, Skripsi, Universitas Kristen Petra Surabaya, 1998.
6. Henry dan Hwie, L. M., *Penambahan Bahan Kimia Geosta pada Campuran Kapur dan Tanah untuk Menanggulangi Sifat Swell Tanah*, Skripsi No. 757 S, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Kristen Petra Surabaya, 1997.

7. Tanaya, I.N.P. dan Brahmoko, D, *Studi tentang Pengaruh Penggunaan Road Tech 2000 terhadap Sifat-sifat Tanah Ekspansif*, Skripsi No. 1129.S, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Kristen Petra Surabaya, 2001.
8. Kamon, M and Nontananandh, S., *Combining industrial waste with lime for soil stabilization*, Journal of Geotechnical Journal, 33, 11-12, 1996.
9. Cokca, Erdal, *Effect of Fly Ash on Swell Pressure of an Expansive Soil*, EJGE Paper no 9910, 1999.
10. Hausmann, Manfred R., *Engineering Principles of Ground Modification*, McGraw-Hill Inc. 1990, pp. 318.
11. Hausmann, Manfred R., *Engineering Principles of Ground Modification*, McGraw-Hill Inc. 1990, pp. 319.