

**PENGARUH PENAMBAHAN FLY ASH PADA SIFAT FISIK DAN CBR
TANAH LUNAK DI PROYEK JALAN TOL GEMPOL – PASURUAN**
*(The Influence of Fly Ash to Physical Behavior and CBR of Soft Soil in Project of Gempol-
Pasuruan Toll Road)*

Muhammad Rizki Fathurrahman, Yulvi Zaika, Harimurti

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia

E-mail: fathuriizki@gmail.com

ABSTRAK

Jalan tol Gempol – Pasuruan merupakan jalan yang menghubungkan daerah Gempol, Sidoarjo dengan Kota Pasuruan. Karena akan digunakannya lahan tersebut sebagai keperluan jalan tol, maka diharapkan tanah dasarnya dapat menahan beban rencana, baik dari beban struktur maupun beban kendaraan yang akan melewati jalan tersebut. Seperti yang telah diketahui bahwa tanah di daerah tersebut bersifat kohesif, sehingga apabila terjadi anomali iklim yang dapat menyebabkan adanya variasi kadar air yang diterima oleh tanah, yang menyebabkan kondisi tanah menjadi tidak stabil. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan zat aditif, yaitu fly ash, terhadap karakteristik tanah berdasarkan sifat fisik dan mekaniknya sehingga dapat meningkatkan daya dukung tanah. Pada penelitian ini dilakukan analisis sifat fisik dan mekanik tanah yang telah dicampurkan dengan kadar fly ash yang bervariasi, yaitu sebesar 5%; 10%; 15%; 20%; dan 25% yang akan dibandingkan dengan tanah asli yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya. Adapun pengujian yang akan dibandingkan yaitu uji Pemadatan standar, uji California Bearing Ratio (CBR), uji density, dan uji Atterberg Limit (LL/PL/SL).

Kata kunci: tanah lunak, fly ash, daya dukung tanah, sifat tanah (mekanik dan fisik).

ABSTRACT

Gempol – Pasuruan toll road is a road that connects the region with the town of Sidoarjo, Gempol Pasuruan. Because it will use the land as a highway purposes, then the expected ground essentially can withstand the load plan, either from the load of the structure as well as the load the vehicle will pass through the roads. As it has been known that the soil in the area is cohesive, so that in the event of climate anomalies that can cause variations in moisture content is received by the land, which led to unstable ground conditions. This research aims to know the influence of the addition of additives, namely, fly ash, soil characteristics against based on physical properties and had engineer so as to enhance support of the land.

This research was conducted on the analysis of physical and mechanical properties of the soil that has been dicampurkan with the rate of fly ash vary by 5%; 10%; 15%; 20%; and 25% that will be compared to the original land that has been done by previous researchers. As for the test will be compared to the standard Compaction test, California Bearing Ratio (CBR) test, density test, and Atterberg Limit test (LL/PL/SL).

Keywords: soft soil, power ground support, fly ash, soil attributes (mechanical and physical).

Pendahuluan

Tanah merupakan salah satu aspek terpenting dari suatu infrastruktur karena fungsi tanah yaitu menerima dan menahan beban struktural di atasnya. Pada tanah lunak terdapat beberapa kekurangan yang membuatnya perlakuan khusus seperti salah satunya yaitu penambahan zat tambah (*additive*) terhadap tanah tersebut sebelum dilakukannya pembangunan karena sifat tanah lunak yang mempunyai kadar air yang tinggi juga memiliki daya dukung tanah yang rendah.

Dalam penelitian ini pengujian mengambil sampel tanah lempung ekspansif dari daerah Pasuruan yang menjadi area proyek pembangunan jalan tol Gempol yang menghubungkan antara daerah Gempol dengan Kota Pasuruan yang direncanakan akan berjarak ±34,15 km. Pada daerah tersebut, muka air tanah relatif tinggi dan terdapat tanah humus di lapisan atasnya. *Fly ash* yang digunakan untuk pencampuran adalah *fly ash* kelas-C yang umum digunakan masyarakat sebagai zat tambah untuk campuran semen. Tujuan pada penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh dan hasil dari tanah asli yang ditambahkan / diperbaiki menggunakan zat tambah *Fly Ash* terhadap sifat fisik tanah (LL, PL, SL, dan *density*).
2. Mengetahui pengaruh dan hasil dari tanah asli yang ditambahkan / diperbaiki menggunakan zat tambah *Fly Ash* terhadap uji pemadatan dan nilai CBR tanah.

Metode Penelitian

Pada percobaan ini dilakukan dilakukan uji *Atterberg Limit*, *density*, pemadatan, dan CBR untuk mengetahui kadar air optimum (OMC) dan kadar *fly ash* optimum serta pengaruhnya

terhadap daya dukung tanah, dimana pada tiap sampel uji tersebut ditambahkan persentase kadar *fly ash* sebesar 5%; 10%; 15%; 20%; dan 25%.

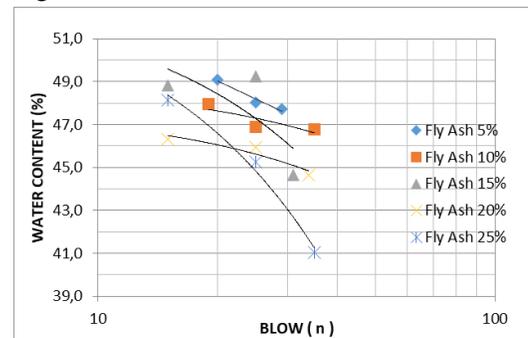
Hasil dan Pembahasan

Pengujian Batas Konsistensi (*Atterberg Limit*)

Pengujian batas-batas konsistensi atau *Atterberg Limit* terdiri dari 3 (tiga) penelitian, yaitu :

a. Pengujian Batas Cair (*Liquid Limit*)

Hasil dari pengujian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut :



Gambar 4.4. Hubungan batas cair tanah dengan penambahan *fly ash*

Dan disajikan pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.4. Hasil Pemeriksaan Batas Cair (*Liquid Limit*)

| KOMPOSISI TANAH | BATAS CAIR (LL) |
|------------------------------|-----------------|
| | (%) |
| 100% Tanah Asli | 56,12 |
| 95% Tanah Asli + 5% Fly Ash | 48,18 |
| 90% Tanah Asli + 10% Fly Ash | 47,24 |
| 85% Tanah Asli + 15% Fly Ash | 47,12 |
| 80% Tanah Asli + 20% Fly Ash | 46,05 |
| 75% Tanah Asli + 25% Fly Ash | 44,34 |

b. Pengujian Batas Plastis (*Plastic Limit*) dan Indeks Plastis

Pengujian batas plastis bertujuan untuk menentukan kadar air tanah pada kondisi plastis.

Dari pengujian yang dilakukan, didapatkan nilai batas plastis (PL) dan indeks plastis (PI) tanah sebagai berikut :

Tabel 4.5. Hasil Pemeriksaan Batas Plastis (Plastic Limit) dan Indeks Plastis

| KOMPOSISI TANAH | BATAS PLASTIS (PL) (%) | INDEKS PLASTIS (PI) (%) |
|------------------------------|------------------------|-------------------------|
| 100% Tanah Asli | 43,36 | 12,75 |
| 95% Tanah Asli + 5% Fly Ash | 28,94 | 19,24 |
| 90% Tanah Asli + 10% Fly Ash | 28,80 | 18,44 |
| 85% Tanah Asli + 15% Fly Ash | 27,94 | 19,18 |
| 80% Tanah Asli + 20% Fly Ash | 27,26 | 18,79 |
| 75% Tanah Asli + 25% Fly Ash | 26,56 | 17,78 |

c. Pengujian Batas Susut (Shrinkage Limit)

Pengujian batas susut bertujuan untuk menentukan kadar air tanah pada kondisi antara daerah semi padat dan padat. Dari pengujian batas susut, didapatkan nilai batas susut (SL) sebagai berikut :

Tabel 4.7. Hasil Pemeriksaan Batas Susut (Shrinkage Limit)

| KOMPOSISI TANAH | BATAS SUSUT (SL) (%) |
|------------------------------|----------------------|
| 100% Tanah Asli | 11,86 |
| 95% Tanah Asli + 5% Fly Ash | 24,94 |
| 90% Tanah Asli + 10% Fly Ash | 21,63 |
| 85% Tanah Asli + 15% Fly Ash | 21,16 |
| 80% Tanah Asli + 20% Fly Ash | 20,34 |
| 75% Tanah Asli + 25% Fly Ash | 19,62 |

Klasifikasi Tanah Berdasarkan Uji Atterberg Limit

| KOMPOSISI TANAH | KLASIFIKASI TANAH | |
|------------------------------|-------------------------------|--------------------------|
| | USCS | AASHTO |
| 100% Tanah Asli | MH (Lanau Plastisitas Tinggi) | A-7-5 (Tanah Berlempung) |
| 95% Tanah Asli + 5% Fly Ash | | |
| 90% Tanah Asli + 10% Fly Ash | | |
| 85% Tanah Asli + 15% Fly Ash | MH (Lanau Plastisitas Tinggi) | A6 (Lanau & Lempung) |
| 80% Tanah Asli + 20% Fly Ash | | |
| 75% Tanah Asli + 25% Fly Ash | | |

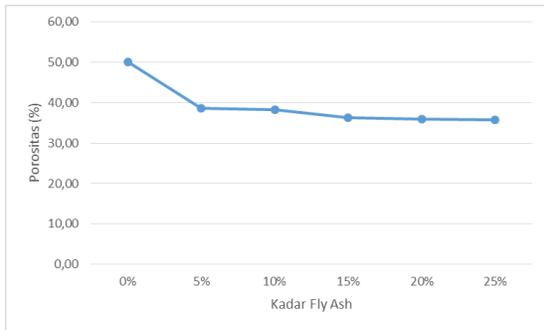
Berdasarkan dari data Uji Atterberg dan Klasifikasi Tanah diatas dapat kita lihat bahwa penambahan fly ash dapat menurunkan batas-batas Atterberg namun tidak sampai merubah sifat dan klasifikasi tanah.

Pengujian Density (Porositas Tanah)

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui nilai angka pori pada suatu sampel tanah. Hasil pengujian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut :

Tabel 4.8. Hasil Pemeriksaan Density

| KOMPOSISI TANAH | POROSITAS (%) |
|------------------------------|---------------|
| 100% Tanah Asli | 50,15 |
| 95% Tanah Asli + 5% Fly Ash | 38,59 |
| 90% Tanah Asli + 10% Fly Ash | 38,32 |
| 85% Tanah Asli + 15% Fly Ash | 36,35 |
| 80% Tanah Asli + 20% Fly Ash | 35,95 |
| 75% Tanah Asli + 25% Fly Ash | 35,73 |

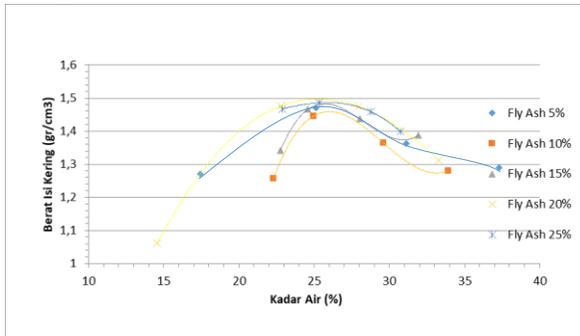


Gambar 4.8. Hubungan nilai porositas tanah dengan penambahan *fly ash*

Dari data diatas, dapat diketahui bahwa penambahan *fly ash* dapat memperkecil nilai porositas tanah, hal ini dikarenakan sifat *fly ash* yang berperan sebagai *filler* atau pengisi rongga yang ada di dalam tanah, yang pada tanah asli rongga tersebut diisi oleh air dan udara.

Pemeriksaan Pemadatan Standar

Pemadatan standart dilakukan terhadap benda uji tanah lempung ekspansif dan menggunakan campuran *fly ash* dengan masing-masing presentase 5%; 10%; 15%; 20%; 25% dari berat total campuran. Hasil percobaan adalah sebagai berikut :



Gambar 4.9. Perbandingan Hasil Pemadatan Tiap Persentase Bahan Stabilisasi

Dari grafik diatas, didapatkan data sebagai berikut :

| KOMPOSISI TANAH | KADAR AIR OPTIMUM (%) | BERAT ISI KERING MAKSIMUM (gr/cm ³) |
|------------------------------|-----------------------|---|
| 100% Tanah Asli | 31.25 | 1.25 |
| 95% Tanah Asli + 5% Fly Ash | 25.7 | 1.47 |
| 90% Tanah Asli + 10% Fly Ash | 25.9 | 1.48 |
| 85% Tanah Asli + 15% Fly Ash | 25.6 | 1.49 |
| 80% Tanah Asli + 20% Fly Ash | 25.2 | 1.50 |
| 75% Tanah Asli + 25% Fly Ash | 25.9 | 1.49 |

Dapat kita lihat dari data Uji Pemadatan diatas bahwa penambahan *fly ash* dapat menurunkan kadar air optimum karena terjadinya hidrasi pada saat *fly ash* bereaksi dengan air, selain itu juga *fly ash* dapat meningkatkan berat isi kering maksimum diakibatkan terjadinya substitusi yang terjadi antara rongga (*void*) dengan partikel *fly ash*.

Pemeriksaan CBR Tak Terendam (Unsoaked)

Sebelum diuji, sampel CBR tak terendam di *curing* selama 1 (satu) hari dan dibuat berdasarkan kadar air optimum dari hasil pengujian pemadatan. Hasil pengujian CBR tak terendam dapat dilihat pada tabel 4.10.

Tabel 4.10. Hasil Pengujian CBR tak terendam (*unsoaked*)

| KOMPOSISI TANAH | CBR |
|------------------------------|--------------|
| | UNSOAKED (%) |
| 100% Tanah Asli | 15,53 |
| 95% Tanah Asli + 5% Fly Ash | 20,58 |
| 90% Tanah Asli + 10% Fly Ash | 21,16 |
| 85% Tanah Asli + 15% Fly Ash | 25,63 |
| 80% Tanah Asli + 20% Fly Ash | 21,67 |
| 75% Tanah Asli + 25% Fly Ash | 18,64 |

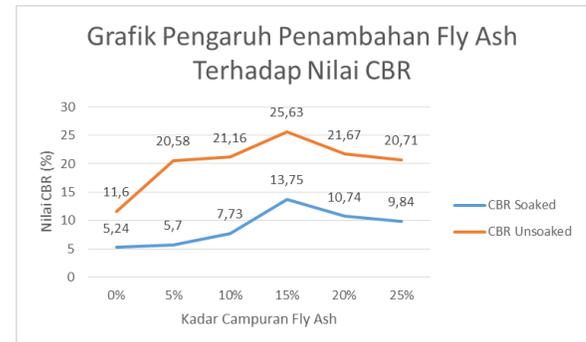
Pemeriksaan CBR Terendam (*soaked*)

Pengujian ini dilakukan pada sampel tanah dalam keadaan jenuh air dengan perendaman tanah dan cetakan di dalam air selama 4 (empat) hari dimana tanah mengalami kondisi jenuh maksimum. Hasil dari CBR terendam (*soaked*) ditunjukkan dalam tabel 4.11.

Tabel 4.11. Hasil Pengujian CBR terendam (*soaked*)

| KOMPOSISI TANAH | CBR SOAKED |
|------------------------------|------------|
| | (%) |
| 100% Tanah Asli | 5,24 |
| 95% Tanah Asli + 5% Fly Ash | 5,70 |
| 90% Tanah Asli + 10% Fly Ash | 7,73 |
| 85% Tanah Asli + 15% Fly Ash | 13,70 |
| 80% Tanah Asli + 20% Fly Ash | 10,74 |
| 75% Tanah Asli + 25% Fly Ash | 9,71 |

Dari data nilai CBR soaked dan unsoaked yang telah ada, didapatkan grafik perbandingan seperti dibawah ini :



Gambar 4.14. Perbandingan Nilai CBR Tak Terendam (*Unsoaked*) dan Terendam (*Soaked*)

Dapat kita lihat bahwa nilai CBR maksimum terdapat pada kadar fly ash sebanyak 15% dari total berat tanah, hal ini disebabkan karena pada kadar fly ash 15% reaksi yang terjadi antara tanah fly ash, dan air berjalan optimum sehingga menghasilkan nilai CBR yang tinggi.

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Sifat fisik tanah yang sudah dicampurkan dengan *fly ash* sebagai berikut :
 - a. Menurut sistem klasifikasi tanah *Unified* termasuk ke dalam golongan MH (lanau plastisitas tinggi) sedangkan menurut klasifikasi AASHTO, termasuk ke dalam golongan tanah lempung grup A 6 (Silt & Clay), dimana hasil tersebut tidak merubah dari sifat tanah asli yang sudah ada.
 - b. Penambahan *fly ash* dapat menurunkan batas cair dan plastis,

sementara meningkatkan batas susut dari tanah asli.

- c. Penambahan *fly ash* dapat meningkatkan berat isi tanah sekaligus memperkecil nilai porositas dari tanah asli.
2. Hasil pemadatan dan CBR tanah yang sudah dicampurkan dengan *fly ash* sebagai berikut :
 - a. Penambahan *fly ash* dapat meningkatkan berat isi kering tanah dan menurunkan kadar air optimum (OMC) dari tanah asli.
 - b. Nilai CBR *unsoaked* mengalami peningkatan pada kadar *fly ash* tertentu dikarenakan reaksi kimia yang terjadi selama proses *curing*, peningkatan nilai CBR tanah tidak berbanding lurus dengan penambahan *fly ash* dikarenakan *fly ash* hanya bersifat sebagai *filler* dan pengikat dengan peningkatan maksimum nilai CBR adalah sebesar 120,95% pada kadar *fly ash* 15% jika dibandingkan dengan nilai CBR tanah asli.
 - c. Sedangkan pada CBR *soaked* nilai CBR yang didapat lebih kecil daripada CBR *unsoaked* dalam presentase kadar *fly ash* yang sama, namun penambahan *fly ash* sangat efektif pada keadaan tanah terendam dan bisa meningkatkan nilai CBR tanah sampai 162,40% pada kadar *fly ash* 15% jika dibandingkan dengan nilai CBR tanah asli.

Saran

Setelah melakukan analisis dan pembahasan terhadap hasil penelitian ini, maka muncul saran-saran untuk pengembangan penelitian ini lebih lanjut. Saran-saran yang dapat diberikan adalah:

1. Penelitian perlu dilakukan dalam kurun waktu yang relatif sama, kurun waktu yang berbeda dapat menyebabkan sifat zat aditif khususnya *fly ash* dapat berubah tergantung suhu dan kondisi ruangan tempat disimpannya *fly ash*.
2. Dikarenakan sifat sementasi *fly ash* tergolong lambat dan warna *fly ash* yang digunakan relatif sama dengan warna tanah, maka ketelitian pada saat melakukan penelitian harus diprioritaskan, terkhusus pada saat mencampurkan *fly ash* dengan tanah..

Daftar Pustaka

- Bowles, Joseph E. 1992. *Analisa dan Desain Pondasi Jilid I (Edisi Keempat)*. Jakarta: Erlangga.
- Bowles, Joseph E. 1993. *Sifat – Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah)*. Jakarta: Erlangga.
- Craig, RF. 1991. *Mekanika Tanah Edisi Keempat*. Jakarta: Erlangga.
- Das, Braja M. 1995. *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 1*. Terjemahan oleh Noor Endah dan Indrasurya B. Mochtar. Jakarta : Erlangga.
- Das, Braja M. 1995. *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 2*. Terjemahan oleh Noor Endah dan Indrasurya B. Mochtar. Jakarta: Erlangga.
- Das, Braja M. 1999. *Shallow Foundation: Bearing Capacity and Settlement, CRC Press, Sacramento, California*.

- Hardiyatmo, H.C. 2012. *Mekanika Tanah I*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- Indrawahyuni, Herlien. 2008. *Mekanika Tanah I*. Malang : Bargie Media.
- Suroso. dkk. 2013. *Pengaruh Variasi Lama Perendaman, Energi Pemadatan, dan Kadar Air terhadap Pengembangan (swelling) dan DDT Ekspansif di Kecamatan Paron, Kabupaten Ngawi*. Jurnal Volume 7 Nomor 1. Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang.
- Terzaghi, Karl. 1987. *Mekanika Tanah Dalam Praktek Rekayasa Jilid I*. Jakarta : Erlangga.
- Wesley. 1997. *Mekanika Tanah*. Jakarta : Badan Penerbit Pekerjaan Umum.
- Rama, Indera K. dkk. 2016. *Stabilisasi Tanah dengan Menggunakan Fly Ash dan Pengaruhnya Terhadap Nilai Kuat Tekan Bebas*. Jurnal Fondasi Volume 5 Nomor 1. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- Mina, Enden. dkk. 2017. *Stabilisasi Tanah Lempung Lunak Menggunakan Fly Ash dan Pengaruhnya Terhadap Nilai Kuat Tekan Bebas*. Jurnal Fondasi Volume 6 Nomor 2. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- Cristanto, Andy. dkk. 2003. *Pengaruh Fly Ash Terhadap Sifat Pengembangan Tanah Ekspansif*. Civil Engineering Dimension Volume 5 Nomor 1. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Kristen Petra.
- Apriyanti, Yayuk. dkk. 2014. *Pemanfaatan Fly Ash untuk Peningkatan Nilai CBR Tanah Dasar*. Jurnal Fropil Volume 2 Nomor 2. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Bangka Belitung.
- Widianto, Alvin Krisnanta. dkk. 2016. *Pengaruh Konsistensi Fly Ash Terhadap Sifat - Sifat Mortar HVFA*.
- Ibrahim. 2014. *Stabilisasi Tanah Lempung dengan Bahan Aditif Fly Ash Sebagai Lapisan Pondasi Dasar Jalan (Subgrade)*. Jurnal Teknik Sipil Volume 10 Nomor 1. Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Putri, A. dan Zaika, Y. 2018. *Pengaruh Kadar Air terhadap Daya Dukung pada Tanah Lunak di Jalan Tol Gempol-Pasuruan*. Naskah Terpublikasi Teknik Sipil FT-UB. Malang: Universitas Brawijaya.