



Seminar Nasional Keinsinyuran (SNIP)

Alamat Prosiding: snip.eng.unila.ac.id



STUDI COMPARASI PAVING BLOCK TANAH TANPA BAKAR DI CAMPURAN MATERIAL SEMEN FLY ASH DENGAN KAPUR FLY ASH SEBAGAI ALTERNATIF JALAN LINGKUNGAN

Iswan

Jurusan Teknik Sipil, Universitas Lampung, Jl. Prof. Soemantri Brojonegoro, Bandar Lampung 35145)

INFORMASI ARTIKEL

ABSTRAK

Riwayat artikel:

Diterima 15/09/2021
(pengiriman artikel pertama;
Diterima 15 September 2021)
Direvisi 15/09/2021

Kata kunci:

Paving block
Tanah lempung anorganik
Kuat tekan
Daya serap air.

Salah satu upaya untuk menciptakan inovasi baru pada bahan campuran *paving block* yaitu dengan material tanah ditambah bahan *additive* semen atau kapur disubstitusi tambahan bahan *additive fly ash* (abu terbang) yang berasal dari limbah pembakaran batubara PLTU Tarahan Lampung dan membandingkan kuat tekan Paving Block dicampur semen fly ash dengan Paving Block dicampur kapur fly ash tanpa pembakaran.

Sampel tanah yang diuji pada penelitian ini yaitu tanah yang berasal dari daerah Karang Anyar, Lampung Selatan. Variasi kadar campuran yang digunakan adalah 6%, 8% dan 10%, perbandingan antara *fly ash* (abu terbang) dan semen yaitu 1:1 begitu pula fly ash dan kapur.

Nilai kuat tekan paving block tanah dengan aditif semen di campur fly ash lebih tinggi dibandingkan dengan penggunaan aditif kapur di tambah fly ash, Peningkatan nilai kuat tekan paving block tanah yang di campur bahan aditif semen ditambah fly ash dan kapur ditambah fly ash pasca pembakaran lebih tinggi dari tanpa pembakaran. pada semua prosentasi campuran, tidak memenuhi klasifikasi bata beton, hal ini disebabkan mutu paving tanah masih dibawah standar paving beton yaitu standar minimal kekuatannya 120 Kg/cm² (SNI-03-0691-1996).

Daya serap air pada Paving Block tanah yang dicampur semen ditambah fly ash lebih rendah dibandingkan dicampur aditif kapur ditambah fly ash.

1. Pendahuluan

Pemakaian *paving block* (bata beton) sebagai bahan material pelengkap bangunan teknik sipil sudah lama dikenal di Indonesia karena memiliki beberapa kelebihan, diantaranya memiliki sifat kuat tekan yang baik, umur rencana lebih lama, dapat menahan beban dalam batasan tertentu, efisien di dalam pemasangan, hemat dalam penggunaannya, ekonomis dalam harga belinya dan merupakan konstruksi ramah lingkungan.

Penggunaan semen dan pasir sebagai agregat sudah sering digunakan dalam pembuatan paving block dipasaran pada umumnya. Salah satu upaya untuk menciptakan inovasi baru pada bahan campuran paving block yaitu dengan mencoba menggunakan bahan tanah kualitas jelek ditambah bahan *ash* dengan nilai kuat tekan dari benda uji. Komposisi campuran 1 yaitu 94% tanah + 3% semen/kapur + 3% *fly ash*, komposisi campuran 2 yaitu 92% tanah + 4% semen/kapur + 4% *fly ash* dan untuk komposisi campuran 3 yaitu 90% tanah + 5% semen kapur + 5% *fly ash*.

Adapun metode pelaksanaan dari pencampuran dan pembuatan benda uji untuk masing-masing komposisi campuran :

additive semen dicampur *fly ash* dan kapur dicampur fly ash. Dan diamati kualitas kuat tekan paving block tanah tersebut dengan perlakuan tanpa pembakaran

2. Metodologi

Data-data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data primer, yaitu hasil pengujian tanah dengan *fly ash*, dan kapur untuk masing-masing kadar campuran. Data primer berupa nilai kadar air mula-mula, nilai uji pemadatan, nilai berat jenis, nilai batas-batas *Atterberg*, nilai analisa saringan, nilai kuat tekan dan nilai daya serap air.

Pada penelitian ini peneliti akan membuat benda uji dalam 3 komposisi campuran yang berbeda yang bertujuan untuk melihat pengaruh dari jumlah komposisi tanah, kapur dan *fly*

1. *Fly ash* dan kapur masing-masing disaring dengan saringan No. 4 (4,75 mm) diambil material lolos saring.
2. *Fly ash* dan kapur dicampur dengan sampel tanah yang telah ditumbuk (butir aslinya tidak pecah) dan lolos saringan No. 4 (4,75 mm).
3. Setelah tercampur secara merata ditambahkan air sesuai dengan perhitungan nilai kadar air optimum untuk masing-masing komposisi campuran.

4. Kemudian campuran tanah dicetak menggunakan alat pencetak paving yang berupa mesin cetak paving press hidrolik bentuk persegi panjang dengan panjang 200 mm, lebar 100 mm dan tebal 60 mm.
5. Setelah proses pencetakan, kemudian benda uji diperam selama 14 hari.
6. Kemudian proses penjemuran selama 1 hari.

Urutan prosedur pelaksanaan penelitian :

Adapun urutan dari prosedur penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Melakukan pengujian tanah asli untuk mendapat karakteristik dari tanah sampel seperti uji kadar air, analisis saringan, berat jenis, berat volume, batas *atterberg* dan uji pemadatan tanah.
- b. Dari hasil pengujian percobaan analisis saringan dan batas *atterberg* untuk tanah asli, digunakan untuk mengklasifikasikan tanah berdasarkan klasifikasi tanah AASHTO dan USCS.
- c. Melakukan pengujian pemadatan tanah untuk masing-masing campuran guna mendapatkan nilai kadar air optimum untuk masing-masing campuran.
- d. Melakukan pencampuran dan pembuatan benda uji.
- e. Melakukan pemeraman
- f. Melakukan penjemuran sampel selama 1 hari.
- g. Melakukan pengujian kuat tekan sebelum pembakaran untuk benda uji.
- h. Melakukan pembakaran selama 24 jam.
- i. Melakukan normalisasi suhu.
- j. Melakukan pengujian kuat tekan untuk benda uji.
- k. Melakukan uji daya serap air untuk benda uji.

3. Hasil dan pembahasan

A. Hasil Pengujian Untuk Sampel Tanah Asli

Tabel 1. Hasil pengujian sampel tanah asli

No	Pengujian	Hasil
1	Kadar air (ω)	25,70%
2	Berat Jenis (Gs)	2,433
3	Batas <i>Atterberg</i> :	
	a. Batas Cair (LL)	40,99%
	b. Batas Plastis (PL)	26,71%
	c. Indeks Plastisitas (PI)	14,28%
4	Gradasi lolos saringan No. 200	89,95%
5	Pemadatan :	
	a. Kadar air optimum	17,6%
	b. Berat isi kering maksimum	1,56 gr/cm ³

B. Klasifikasi Sampel Tanah Asli

Dari pengujian kadar air menunjukkan bahwa kadar air yang terkandung pada tanah asli adalah sebesar 25,70%

menunjukkan tanah tersebut merupakan tanah lempung lunak (Dunn, 1992). Hasil pengujian berat jenis tanah asli diperoleh sebesar 2,433 menunjukkan bahwa butiran tanah asli tersebut mengandung mineral *halloysite* (Das,1998).

Dari hasil pengujian batas-batas *Atterberg* diperoleh nilai batas plastis (PL) yang menunjukkan bahwa kadar air yang dibutuhkan oleh tanah untuk mentransisi tanah dari keadaan semi-padat ke keadaan plastis adalah sebesar 26,71% sedangkan untuk nilai batas cair (LL) menunjukkan bahwa kadar air yang dibutuhkan oleh tanah asli tersebut untuk mentransisi tanah dari keadaan plastis ke keadaan cair adalah sebesar 40,99 %.

Berdasarkan nilai batas plastis dan batas cair diperoleh nilai indeks plastisitas tanah asli sebesar 14,28 %.

Berdasarkan sistem klasifikasi AASTHO, dari pengujian analisis saringan No.200 diperoleh nilai 89,95 % (> 35 %) serta memiliki nilai batas cair (LL) \leq 41 % dan indeks plastisitas (PI) \geq 11 %. Tanah ini digolongkan sebagai kelompok tanah A-7 (tanah berlempung). Jika ditinjau dari rumus $PI \leq LL - 30$ ($PI > 10,99$ %) maka sampel tanah termasuk kelompok A-7-6.

Berdasarkan sistem *Unified* (USCS), untuk nilai persentase lolos saringan No. 200 sebesar 89,95 % (lebih besar dari 50 %) tanah ini dikategorikan golongan tanah berbutir halus. Identifikasi tanah yang diuji termasuk kedalam kelompok CL yaitu tanah lempung anorganik dengan plastisitas rendah.

C. Hasil Pengujian Pemadatan Tanah Campuran

Tabel 2. Hasil pengujian pemadatan tanah dengan campuran aditif semen dicampur *fly ash*

Campuran	Kadar Campuran	w opt (%)	Berat Isi Kering (γ_d) (gr/cm ³)
1	Tanah 94% + Semen 3% + <i>Fly ash</i> 3%	19,4	1,58
2	Tanah 92% + Semen 4% + <i>Fly ash</i> 4%	18,4	1,59
3	Tanah 90% + Semen 5% + <i>Fly ash</i> 5%	18,2	1,6

Dari hasil pengujian pemadatan tanah campuran, semakin besar kadar semen dan *fly ash* yang ditambahkan dalam setiap campuran, nilai pemadatan tanah campuran akan menurun. Penurunan disebabkan semakin banyak penambahan campuran semen + *fly ash* maka semakin sedikit kebutuhan air yang diperlukan tanah untuk mengikat partikel-partikelnya.

Dan sebaliknya pada Berat isi kering semakin banyak campuran semen + *fly ash* maka semakin meningkat berat isi keringnya. Peningkatan disebabkan semen dan *fly ash* mengisi rongga pori tanah yang sebelumnya terisi oleh udara.

Karena penambahan semen, partikel lempung membentuk pasta semen sehingga mengikat partikel-partikel tanah serta

butiran fly ash mampu mengisi rongga tanah sehingga semakin rapat dibandingkan dengan kondisi tanah asli.

Tabel 3. Hasil Pengujian Pemadatan Tanah dengan campuran

Campuran	Kadar Campuran	w opt (%)	Berat Isi Kering (γ _d) (gr/cm ³)
1	Tanah 94% + Kapur 3% + Fly ash 3%	18,7	1,6
2	Tanah 92% + Kapur 4% + Fly ash 4%	18,2	1,62
3	Tanah 90% + Kapur 5% + Fly ash 5%	17,9	1,59

aditif kapur dicampur fly ash

dari tabel 3, menunjukkan bahwa semakin besar jumlah fly ash dan kapur dalam campuran maka semakin kecil nilai kadar air optimum. Sedangkan untuk nilai dari berat isi kering campuran dapat dilihat campuran ke tiga memiliki nilai berat isi kering paling kecil yaitu sebesar 1,59 kg/cm³ hal ini menunjukkan bahwa semakin besar prosentase bahan additive yang ditambahkan, maka material tanah akan semakin getas, sehingga kepadatan maksimum tanah akan semakin menurun.

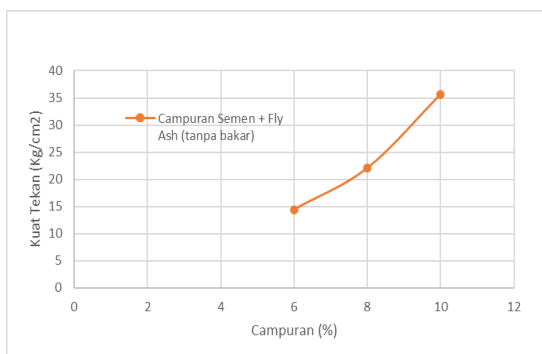
D. Hasil Pengujian Paving block Sesuai Kadar Campuran

1. Hasil Pengujian Kuat Tekan

Hasil pengujian kuat tekan dilakukan terhadap dua kondisi, yaitu kondisi paving block tanpa pembakaran dan kondisi paving block pasca pembakaran. Hasil pengujian kuat tekan paving block adalah sebagai berikut :

a. Uji Kuat Tekan Paving Block Tanah dengan Bahan Aditif Semen dicampur Fly Ash, Tanpa Pembakaran.

Adapun nilai kuat tekan untuk masing-masing campuran adalah sebagai berikut :



Gambar 1. Hubungan antara Nilai Kuat Tekan Paving Block Tanah tanpa pembakaran dengan kadar campuran semen + fly ash

Untuk nilai kuat tekan paving block tanah dicampur semen ditambah fly ash tanpa pembakaran semakin banyak kadar campuran maka semakin meningkat kuat tekannya. Peningkatan disebabkan semakin banyak penambahan

campuran semen + fly ash mampu mengikat partikel tanah sehingga dapat mengisi ruang pori antar partikel, pada semua prosentasi campuran, tidak memenuhi klasifikasi bata beton, hal ini disebabkan mutu paving tanah masih dibawah standar paving beton yaitu standar minimal kekuatannya 120 Kg/cm² (SNI-03-0691-1996).

b. Uji Kuat Tekan Paving Block Tanah dengan Bahan Aditif Kapur dicampur Fly Ash, Tanpa Pembakaran

Adapun nilai kuat tekan untuk masing-masing campuran adalah sebagai berikut :

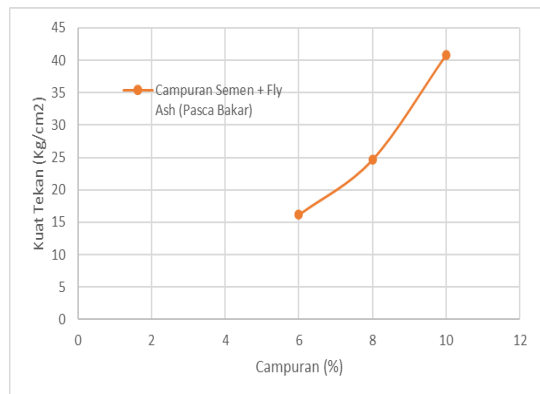


Gambar 2. Hubungan antara Nilai Kuat Tekan Paving Block tanpa pembakaran dengan kadar campuran Kapur + Fly Ash

Dari gambar 2, menunjukkan bahwa Nilai Kuat Tekan Paving Block dengan campuran kapur ditambah fly ash tanpa pembakaran semakin banyak kadar campuran maka semakin meningkat kuat tekannya. Peningkatan disebabkan semakin banyak penambahan campuran kapur + Fly Ash mampu mengikat partikel tanah sehingga dapat mengisi ruang pori antar partikel pada semua prosentasi campuran, tidak memenuhi klasifikasi bata beton, hal ini disebabkan mutu paving tanah masih dibawah standar paving beton yaitu standar minimal kekuatannya 120 Kg/cm² (SNI-03-0691-1996).

c. Uji Kuat Tekan Paving Block Tanah dengan Bahan Aditif Semen dicampur Fly Ash, Pasca Pembakaran.

Nilai kuat tekan untuk masing-masing campuran adalah sebagai berikut :

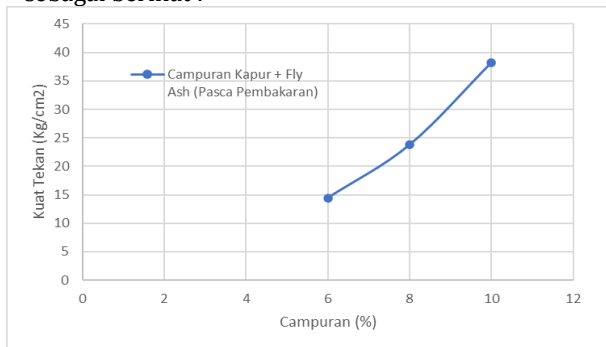


Gambar 3. Hubungan antara Nilai Kuat Tekan Paving Block pasca pembakaran dengan kadar campuran semen + fly ash

Dari gambar 3, menunjukkan bahwa Nilai Kuat Tekan Paving Block dengan kadar campuran semen + fly ash tanpa pembakaran semakin banyak kadar campuran maka semakin meningkat kuat tekannya. Peningkatan disebabkan semakin banyak penambahan campuran semen + fly ash mampu mengikat partikel tanah sehingga dapat mengisi ruang pori antar partikel, pada semua prosentasi campuran, tidak memenuhi klasifikasi bata beton, hal ini disebabkan mutu paving tanah masih dibawah standar paving beton yaitu standar minimal kekuatannya 120 Kg/cm² (SNI-03-0691-1996).

d. Uji Kuat Tekan Paving Block Tanah dengan Bahan Aditif Kapur dicampur Fly Ash, Pasca Pembakaran.

Nilai kuat tekan untuk masing-masing campuran adalah sebagai berikut :



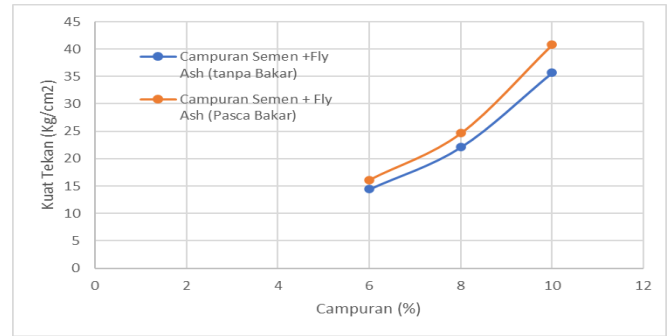
Gambar 4. Hubungan antara nilai kuat tekan pasca pembakaran dengan kadar campuran kapur + fly ash

Benda uji setelah pembakaran mempunyai berat yang lebih ringan dibandingkan dengan benda uji tanpa pembakaran, Hal ini disebabkan dari proses pemanasan yang mengakibatkan hilangnya berat air yang ada pada benda uji sehingga beratnya menjadi berkurang.

Untuk nilai kuat tekan tanpa pembakaran semakin banyak kadar campuran maka semakin meningkat kuat tekannya. Peningkatan disebabkan semakin banyak penambahan campuran kapur + fly ash mampu mengikat partikel tanah lebih baik sehingga dapat mengisi ruang pori antar partikel, pada semua prosentasi campuran, tidak memenuhi klasifikasi bata beton, hal ini disebabkan mutu paving tanah masih dibawah standar paving beton yaitu standar minimal kekuatannya 120 Kg/cm² (SNI-03-0691-1996).

e. Perbandingan Nilai Kuat Tekan Paving Block dengan Aditif Semen di Campur Fly Ash Tanpa Pembakaran dengan Aditif Semen di Campur Fly Ash Pasca Pembakaran.

Perbandingan nilai kuat tekan masing-masing campuran adalah sebagai berikut :

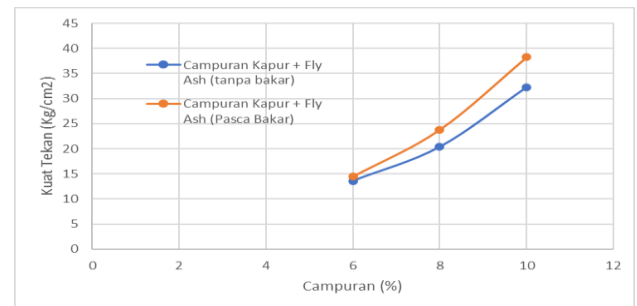


Gambar 5. Perbandingan Nilai Kuat Tekan Paving Block dengan Aditif Semen di Campur Fly Ash Tanpa Pembakaran dan Pasca Pembakaran

Pada Gambar 5. Menunjukkan bahwa peningkatan Kuat tekan pasca pembakaran dengan campuran aditif semen di campur fly ash lebih tinggi dibandingkan dengan tanpa pembakaran hal ini diduga akibat berkurangnya air dalam pori tanah atau kelembaban tanah sehingga meningkatkan nilai kuat tekan Paving Block.

f. Perbandingan Nilai Kuat Tekan Paving Block dengan Aditif Kapur di Campur Fly Ash Tanpa Pembakaran dengan Aditif Kapur di Campur Fly Ash Pasca Pembakaran.

Perbandingan nilai kuat tekan masing-masing campuran adalah sebagai berikut :

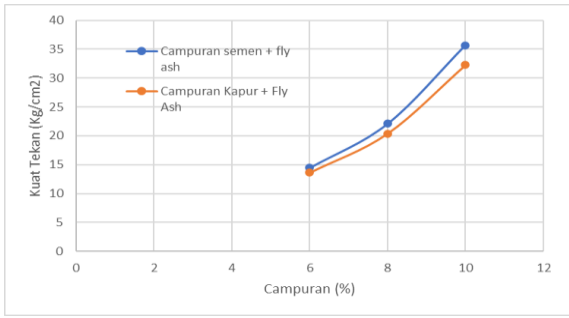


Gambar 6. Perbandingan Nilai Kuat Tekan Paving Block dengan Aditif Kapur di Campur Fly Ash Tanpa Pembakaran dengan Aditif Kapur di Campur Fly Ash Pasca Pembakaran.

Pada Gambar 6. Menunjukkan bahwa peningkatan Kuat tekan pasca pembakaran dengan campuran aditif kapur di campur fly ash lebih tinggi dibandingkan dengan tanpa pembakaran, hal ini diduga akibat berkurangnya air dalam pori tanah atau kelembaban tanah sehingga meningkatkan nilai kuat tekan Paving Block.

f. Perbandingan Nilai Kuat Tekan Paving Block dengan Aditif Semen di Campur Fly Ash dan Aditif Kapur di Campur Fly Ash dengan Tanpa Pembakaran.

Perbandingan nilai kuat tekan masing-masing campuran adalah sebagai berikut :

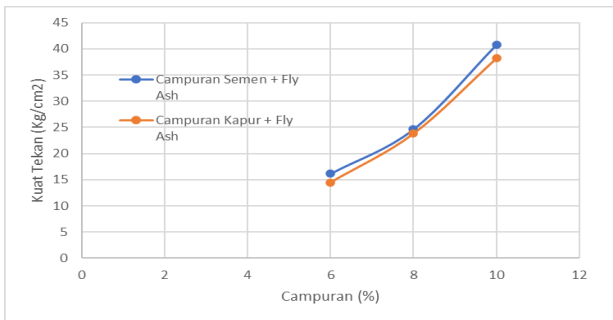


Gambar 7. Perbandingan nilai kuat tekan tanpa pembakaran campuran kapur + fly ash dengan campuran semen + fly ash

Pada Gambar 7. Menjelaskan bahwa Paving Block tanah dengan aditif semen di campur dengan fly ash, seiring bertambahnya campuran, terjadi peningkatan nilai kuat tekan paving block. Dan begitu pula dengan campuran aditif kapur ditambah fly ash, akan tetapi dengan campuran yang sama semen ditambah fly ash jauh lebih tinggi nilai kuat tekan paving block tanah, dibandingkan dengan aditif kapur di tambah fly ash, hal ini disebabkan karena proses sementasi terjadi lebih baik semen ditambah fly ash, akibat reaksi semen dan fly ash dan air menyebabkan stabilisasi kimiawi terjadi kuat.

g. Perbandingan Nilai Kuat Tekan Paving Block dengan Aditif Semen di Campur Fly Ash dan Aditif Kapur di Campur Fly Ash dengan Pasca Pembakaran.

Perbandingan nilai kuat tekan masing-masing campuran adalah sebagai berikut :



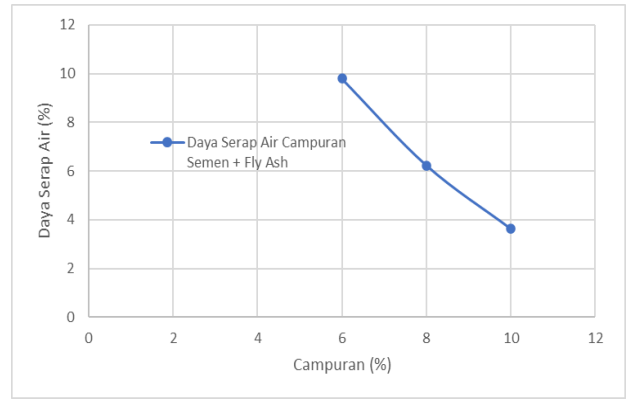
Gambar 8. Perbandingan nilai kuat tekan Pasca Pembakaran campuran kapur + fly ash dengan aditif semen + fly ash

Untuk nilai kuat tekan pasca pembakaran dapat dilihat lebih meningkat dan kuat tekan paving block dengan campuran semen ditambah fly ash sedikit lebih baik nilainya, hal ini diduga akibat proses sementasi yang lebih baik pada semen dengan fly ash dibandingkan dengan campuran kapur dengan fly ash, hal ini dikarenakan semen lebih reaktif terhadap fly ash . Peningkatan nilai kuat tekan tersebut disebabkan karena pada proses pembakaran mengakibatkan rongga-rongga yang berisi air di dalam paving block berkurang sehingga paving block menjadi lebih keras/lebih kuat. pada semua prosentasi campuran, tidak memenuhi klasifikasi bata beton, hal ini disebabkan mutu paving tanah masih dibawah standar paving beton

yaitu standar minimal kekuatannya 120 Kg/cm² (SNI-03-0691-1996).

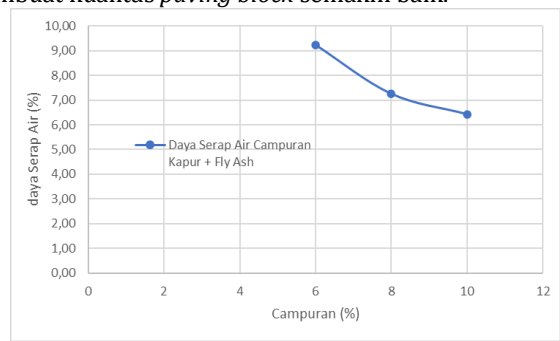
2. Hasil Pengujian Daya Serap Air

Pengujian daya serap air ini dilakukan pada benda uji paving block pada proses pembakaran, direndam dalam air selama 24 jam. Adapun hasil nilai daya serap air adalah sebagai berikut :



Gambar 9. Hubungan antara nilai daya serap air dengan kadar campuran semen + fly ash

Untuk nilai daya serap air dapat dilihat pada gambar 9, bahwa semakin besar kadar campuran maka semakin rendah daya serap air, artinya semakin besar kadar campuran maka kualitas paving block semakin baik. Hal ini disebabkan karena pada batasan komposisi tersebut terjadi ikatan yang ideal antar partikel dengan bahan additive. Selain itu nilai daya serap air yang semakin kecil menunjukkan bahwa paving block tersebut semakin kedap, dan menunjukkan bahwa komposisi kadar campuran yang semakin tinggi akan membuat kualitas paving block semakin baik.



Gambar 10. Hubungan Komposisi Campuran dengan Nilai Daya Serap Air Rata-rata

Nilai ini menunjukkan bahwa semakin besar jumlah kapur dan fly ash dalam campuran maka semakin kecil kemampuan daya serap terhadap air dikarenakan semakin banyak zat aditif yang terkandung dalam paving block tanah maka semakin padat karena zat aditif tersebut berfungsi mengisi rongga-rongga yang ada pada tanah sehingga kepadatan semakin tinggi. Nilai daya serap air paving block tanah ini masih termasuk dalam spesifikasi daya serap untuk paving block SNI - 03 - 0691 - 1996 yaitu antara 3% - 10%.

D. Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah Sampel tanah yang digunakan dalam penelitian ini berdasarkan sistem klasifikasi AASHTO digolongkan pada subkelompok A-7-6 (tanah berlempung) sedangkan berdasarkan sistem klasifikasi USCS digolongkan tanah berbutir halus dan termasuk kedalam kelompok CL yaitu tanah lempung anorganik dengan plastisitas rendah.

Nilai kuat tekan Paving Block tanah yang dicampur semen ditambah fly ash lebih tinggi dibandingkan dengan Paving Block tanah yang dicampur kapur ditambah fly ash pada kondisi tanpa bakar maupun pasca bakar.

Peningkatan nilai kuat tekan paving block tanah yang di campur bahan aditif semen ditambah fly ash dan kapur ditambah fly ash pasca pembakaran lebih tinggi dari tanpa pembakaran. pada semua prosentasi campuran, tidak memenuhi klasifikasi bata beton, hal ini disebabkan mutu paving tanah masih dibawah standar paving beton yaitu standar minimal kekuatannya 120 Kg/cm² (SNI-03-0691-1996).

Daya serap air pada Paving Block tanah yang dicampur semen ditambah fly ash lebih rendah dibandingkan dicampur aditif kapur ditambah fly ash.

Ucapan terima kasih

Ucapan terimakasih kepada Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Lampung yang telah membantu dalam proses persiapan sampel sampai pengujian sifat-sifat tanah.

Daftar pustaka

- Bowles, E.J. 1989. *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*. PT. Erlangga. Jakarta.
- Bowles, E.J. Johan K. Helnim. 1991. *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah)*. PT. Erlangga. Jakarta.
- Canonica, L. 1991. *Memahami Mekanika Tanah*. Angkasa. Bandung
- Craig, R.F. 1991. *Mekanika Tanah*. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Das, Braja. M. 1995. *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid I*. Erlangga. Jakarta.
- Dunn, Anderson dan Kiefer. 1992. *Dasar-dasar Analisis Geoteknik*. IKIP Semarang Press. Semarang.
- Hardiyatmo, Hary Christady. 1992. *Mekanika Tanah I*. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Hendarsin, Shirley L. 2000. *Penuntun Praktis Perencanaan Teknik Jalan Raya*. Politeknik Negeri Bandung. Bandung.
- Suhanda dan Hartono. 2009. *Penelitian Abu Batubara Bukit Asam dan Umbilin untuk Bahan Bangunan Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Industri Keramik*. Departemen Perindustrian dan Perdagangan Artikel. Bandung.
- Verhoef, P.N.W. 1994. *Geologi Untuk Teknik Sipil*. Erlangga. Jakarta. (Akmaluddin dkk. 1998).
- Anonim. 1996. *Spesifikasi Kekuatan Fisik Paving Block*. (SNI-03-0691-1996). Badan Standarisasi Nasional

