

**“PENGARUH PENGGUNAAN TERAK dan FLY ASH SEBAGAI
BAHAN TAMBAH TERHADAP KUAT TEKAN PAVING BLOCK
SEBAGAI SUPLEMEN BAHAN AJAR MATERI MATA KULIAH
TEKNOLOGI BETON PTB FKIP UNS”**

Rudy Wibisono¹, Anis Rahmawati², Ida Nugroho Saputro³
Pendidikan Teknik Bangunan, Universitas Sebelas Maret
e-mail: rudywibie48@gmail.com

ABSTRAK: Penelitian mengenai *paving block* bertujuan untuk mengetahui ketebalan minimum *paving block* dengan bahan tambah terak dan *fly ash* jika ditinjau terhadap kuat tekannya berdasarkan SNI 03-0691-1996. Penelitian ini, membuat 7 variasi ketebalan dengan 2 variasi penambahan *fly ash* yang proporsi campuran pertama 1 pc : 6 ps : 3t, *fly ash* 5% dengan variasi ketebalan 7 cm, 6 cm, 5 cm, 4 cm, 3 cm dan 2 cm serta perbandingan proporsi yang ke dua adalah 1 pc : 6 ps : 3t, *fly ash* 10% dengan variasi ketebalan 7 cm, 6 cm, 5 cm, 4 cm, 3 cm dan 2 cm . Pada penelitian ini menggunakan faktor air semen mendekati 0,5. Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen portland tipe I dengan benda uji dites dalam umur 28 hari.

Ketebalan minimum *paving block* terdapat pada ketebalan 5 cm dengan penggunaan *fly ash* 10% yang menghasilkan kuat tekan rata – rata 9,861 MPa dimana pada ketebalan ini termasuk *paving block* mutu kelas D dengan tujuan penggunaannya adalah penggunaan pada taman.

Kata Kunci : *paving block*, terak, *fly ash*, Ketebalan minimum *paving block*, Bahan Ajar *paving block*

ABSTRACT: The research was purposed to find out the minimum thickness of the *paving blocks* with slag material and *fly ash* added according to the compressive strength by SNI 03-0691-1996. The research made 7 variations of thickness with 2 variations of fly ash addition. The first *paving block* mix proportion was 1 pc: 6 ps: 3t : *fly ash* 5% with variation of the thickness of 7 cm, 6 cm, 5 cm, 4 cm, 3 cm and 2 cm. The second *paving block* mix proportion was 1 pc: 6 ps: 3t : 10% *fly ash* with thickness variation 7 cm, 6 cm, 5 cm, 4 cm, 3 cm and 2 cm. The *paving block* was made of Portland Cements Type I with water-cement factor approaching 0.5 and tested until the *paving block* was 28 days old.

The applicable minimum thickness of paving blocks was 5 cm with 10% of *fly ash* which has average compressive strength about 9.861 M.pa. The thickness of *paving block* (5 cm) belonging of D-class quality and made to be used for making a park.

Keywords : paving block, slag, *fly ash*, minimum thickness, teaching material

¹Mahasiswa Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan FKIP UNS

²Pembimbing I Anis Rahmawati, S.T., M.T.

³Pembimbing II Ida Nugroho S, S.T., M.Eng.

PENDAHULUAN

Tingginya laju pertumbuhan penduduk berbanding lurus dengan peningkatan pembangunan. Indonesia adalah negara dengan jumlah penduduk mencapai 23.641.326 jiwa menurut sensus penduduk oleh Badan Pusat Statistik pada tahun 2010. Peningkatan pembangunan itu tentu akan berdampak pada kebutuhan material bangunan. Material bangunan harus disediakan dalam jumlah yang besar. Akan tetapi, hal ini akan berbanding terbalik dengan ketersediaan bahan bangunan. Salah satu cara untuk mengatasinya adalah memanfaatkan sumber daya alternatif tertentu yang tersedia dalam jumlah yang besar dengan tujuan meminimalisir penggunaan material bangunan yang semakin berkurang.

Paving block merupakan salah satu elemen bahan bangunan yang dibuat dari campuran semen portland atau sejenisnya, agregat, air dengan atau tambahan lainnya yang tidak mengurangi mutu bata beton tersebut (SNI-03-0691-1996). *Paving block* mulai dikenal di Indonesia tahun 1977/ 1978.

Kebutuhan *paving block* semakin bertambah dari waktu ke waktu. Peningkatan kebutuhan *paving block* ini menjadikan kebutuhan material bahan penyusunnya bertambah.

Bahan penyusun *Paving block* termasuk ke dalam sumber daya alam yang dapat diperbaharui. Akan tetapi, jangka waktu yang dibutuhkan untuk memperbaharui relatif lama. Kontrol terhadap sumber daya ini perlu dilakukan. Pemanfaatan sumber daya alternatif merupakan cara efektif yang dapat dilakukan. Salah satu pemanfaatan sumber daya alternatif ini adalah pemanfaatan limbah atau sampah yang mana pemanfaatannya kurang maksimal. Adapun salah satu limbah yang dapat dimanfaatkan dengan baik adalah limbah pengecoran logam. Industri pengecoran yang ada di desa Batur kecamatan Ceper merupakan industri yang bergerak di bidang pengolahan logam. Industri ini menghasilkan sisa material yang berupa terak/ slag yang sangat banyak.

Terak merupakan bongkahan yang berukuran sedang sampai halus menyerupai agregat

¹Mahasiswa Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan FKIP UNS

²Pembimbing I Anis Rahmawati, S.T., M.T.

³Pembimbing II Ida Nugroho S, S.T., M.Eng.

kasar. Keberadaan terak ini biasanya oleh industri hanya ditumpuk. Sedangkan pemanfaatan terak oleh masyarakat sekitar hanya sebagai urugan. Hal ini bertentangan dengan Kementerian Lingkungan Hidup yang menyatakan bahwa limbah atau slag baja yang biasanya dihasilkan oleh industri di Indonesia masih berbentuk bongkahan masih termasuk limbah yang berbahaya dan beracun (B3) dan kemungkinan besar keberadannya di dalam tanah akan mempengaruhi tanah di sekitarnya (<http://news.ipb.ac.id>, 2010).

Ditinjau dari bentuknya terak mempunyai karakteristik yang hampir sama dengan agregat kasar, hanya saja pada permukaannya lebih halus. Kelebihan dari terak baja ini mengandung 40 % silika yang dapat memberikan daya ikat yang kuat antara semen dengan agregat. Berat jenis terak tergolong besar yaitu 2800 kg/m^3 .

Dari paparan di atas maka dimungkinkan terak berpotensi dijadikan bahan tambah material bangunan seperti beton, batako, dan *paving block*. Akan tetapi, berat jenis terak yang begitu besar maka terak

akan lebih tepat jika digunakan sebagai bahan tambah pada material bangunan komponen struktur bawah. *Paving block* merupakan salah satu material bangunan komponen pelapis jalan. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Isah Iriawan (2011) yang menyatakan bahwa penambahan terak akan meningkatkan kuat tekan *paving block*.

Fly ash merupakan hasil pembakaran batu bara pada tungku pembangkit listrik tenaga uap, yang berbentuk halus, bundar, serta bersifat pozolanik (Fathoni, 2013). Sedangkan pozzolan adalah suatu bahan alam atau buatan yang sebagian besar terdiri dari unsur-unsur silika dan atau aluminat yang reaktif (SNI 03-6863-2002). Senyawa silika-alumina aktif yang terkandung dalam *fly ash* dapat bereaksi dengan kalsium hidroksida pada suhu kamar dan adanya air yang cukup banyak membentuk senyawa stabil yang mempunyai sifat-sifat seperti semen (PT.Semen Andalas, 1998) dengan unsur dominan unsur CaO sebanyak 15,2%

¹Mahasiswa Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan FKIP UNS

²Pembimbing I Anis Rahmawati, S.T., M.T.

³Pembimbing II Ida Nugroho S, S.T., M.Eng.

dan Silika (SiO_2) sebanyak 31,45% (Muhardi, dkk, 2007).

Abu terbang sendiri tidak memiliki kemampuan mengikat seperti halnya semen. Tetapi dengan kehadiran air dan ukuran partikelnya yang halus, oksida silika yang dikandung oleh abu terbang akan bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida yang terbentuk dari proses hidrasi semen dan menghasilkan zat yang memiliki kemampuan mengikat (Roni Ardiansyah, 2010). Dengan demikian, beton yang di dalamnya terkandung abu terbang akan memiliki kekuatan yang lebih besar karena ada tambahan kekuatan dari reaksi antara sisa hidrasi semen dengan abu terbang. Penelitian Mardiono (2010) menunjukkan *paving block* dengan penambahan *fly ash* 15% dapat meningkatkan kuat desak dari 20,328 MPa menjadi 29,946 MPa.

Hasil penelitian Isah Iriawan (2012) menunjukkan bahwa penambahan terak berpengaruh positif terhadap kenaikan kuat tekan *Paving Block*, dimana kekuatan tertinggi dicapai pada penambahan terak maksimal yang digunakan

dalam penelitian tersebut (1 semen: 6 pasir: 2 terak) dengan kuat tekan 18,09 MPa sehingga belum diketahui nilai optimal penambahan terak. Berdasarkan pada kondisi-kondisi tersebut, maka perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk mengetahui pengaruh penggunaan terak sebagai bahan tambah pada pembuatan *Paving Block*. Sebagai hasil dari penelitian ini nanti adalah diharapkan akan diperoleh proporsi campuran bahan penyusun *Paving Block* dengan bahan tambah terak baja dan abu terbang (*fly ash*) untuk memperoleh kuat tekan yang paling optimal.

Dari paparan di atas maka dilakukan penelitian ketebalan minimum *paving block* yang sudah ditambahkan dengan terak ataupun *fly ash* akan menghasilkan kuat tekan standar sesuai SNI 03-0691-1996 dimana ketebalan standar *paving block* berdasarkan SNI 03-0691-1996 adalah 6 cm. “Ketebalan minimum *paving block* dengan bahan tambah terak dan *fly ash* sesuai kualitas mutu SNI 03-0691-1996 sebagai Suplemen Materi Mata Kuliah Teknologi Beton PTB FKIP UNS”. Dengan ketebalan

¹Mahasiswa Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan FKIP UNS

²Pembimbing I Anis Rahmawati, S.T., M.T.

³Pembimbing II Ida Nugroho S, S.T., M.Eng.

minimum *paving block* yang sudah ditambahkan terak dan *fly ash* akan menghasilkan kuat tekan yang sesuai dengan SNI, sehingga diperoleh pengetahuan baru mengenai bahan bangunan yang dapat meminimalisir kebutuhan bangunan dan juga dapat mengurangi pencemaran lingkungan. Serta ilmu ini dapat membantu dalam mempelajari mata kuliah teknologi beton.

Teknologi Beton

Teknologi Beton merupakan mata kuliah wajib yang harus diambil oleh mahasiswa Pendidikan Teknik Bangunan (PTB) dengan beban capaian 2 SKS. Mata kuliah ini membahas mengenai macam-macam dan karakteristik agregat atau bahan penyusun beton, perkembangan teknologi beton baik itu bahan-bahan campuran beton, inovasi bahan tambah campuran beton, pengujian material beton dan beton jenis lain termasuk materi pokok didalamnya.

Paving Block

Menurut SNI 03-0691-1996, bata beton (*paving block*) adalah

suatu komposisi bahan bangunan yang dibuat dari campuran semen portland atau bahan perekat hidrolis sejenisnya, air dan agregat dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya yang tidak mengurangi mutu bata beton tersebut.

Syarat umum bata beton (*paving block*) berdasarkan SNI-03-061-1996 adalah sebagai berikut :

1) Sifat tampak

Bata beton harus mempunyai permukaan yang rata, tidak terdapat retak-retak dan cacat, bagian sudut dan rusuknya tidak mudah direpihkan dengan kekuatan jari tangan.

2) Ukuran

Bata beton harus mempunyai ukuran tebal nominal minimum 60 mm dengan toleransi + 8%

Bahan Penyusun *Paving Block*

Bahan penyusun penyusun dalam peneitian ini adalah semen, agregat (pasir, terak dan *fly ash*) dan air.

Kuat Tekan

Kuat tekan *paving block* adalah besarnya beban per satuan

¹Mahasiswa Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan FKIP UNS

²Pembimbing I Anis Rahmawati, S.T., M.T.

³Pembimbing II Ida Nugroho S, S.T., M.Eng.

luas, yang menyebabkan benda uji *paving block* hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin tekan (SNI 03-1974-1990)

Salah satu alat yang digunakan untuk uji kuat tekan adalah *Compressing Testing Machine* (*CTM*) yang menggunakan prinsip pompa hidrolis.

Berikut ini merupakan persyaratan mutu kuat tekan *paving block* sesuai SNI 03-0691-1996 :

Tabel 1 Persyaratan Mutu *Paving Block* SNI-03-0691-1996

Mutu	Kuat Tekan (MPa)		Ketahanan Aus (mm/menit)		Penyerapan air rata-rata maks
	Rata - rata	Min	Rata - rata	Maks	%
A	40	35	0,090	0,103	3
B	20	17	0,130	0,149	6
C	15	12,5	0,160	0,184	8
D	10	8,5	0,219	0,251	10

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di beberapa tempat, yaitu :

- a. Pengujian bahan, pengujian kuat tekan dilaksanakan di Laboratorium PTB JPTK FKIP Universitas Sebelas Maret

- b. Pembuatan *Paving Block* dilaksanakan di Pabrik Paving dan Genteng Restu Adi

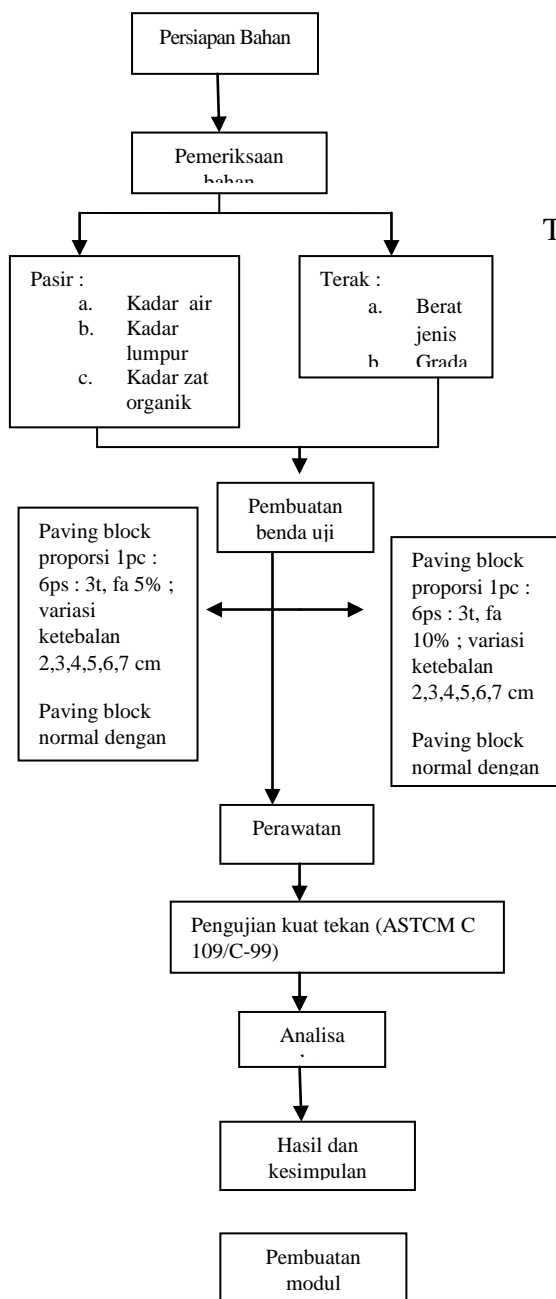
Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan eksperimen yang dilaksanakan di laboratorium dengan kondisi dan perlengkapan yang disesuaikan dengan kebutuhan untuk mendapatkan data tentang ketebalan minimum *paving block* dengan bahan tambah terak dan *fly ash* sesuai kualitas mutu SNI 03-0691-1996 sebagai suplemen materi mata kuliah Teknologi Beton PTB FKIP UNS.

Dalam penelitian ini benda uji dibuat dengan menambah sebagian agregat halus dengan terak dalam pembuatan *paving block*. Setelah itu benda uji bisa dilakukan pengujian setelah umur 28 hari, karena pada umur tersebut memiliki puncak kekuatan dan setelah umur 28 hari peningkatan kekuatannya sangat sedikit. Adapun alur penelitian dan tahapannya sebagai berikut:

¹Mahasiswa Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan FKIP UNS

²Pembimbing I Anis Rahmawati, S.T., M.T.

³Pembimbing II Ida Nugroho S, S.T., M.Eng.



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

Sampel dalam penelitian ini adalah 36 buah benda uji. Penelitian ini menggunakan semua anggota populasi untuk dijadikan sampel.

Berikut rincian sampel pada tabel Tabel 2

Tabel 2 Rincian Benda Uji

Pengujian	Proporsi campuran	Variasi ketebalan					Jumlah Sampel	
		7	6	5	4	3		2
Kuat Tekan	1pc : 6ps : 3t, 5% fly ash	6	6	6	6	6	6	36
	1pc : 6ps : 3t, 10% fly ash	6	6	6	6	6	6	36
	1 pc : 6 ps	-	6	-	-	-	-	6
Jumlah Sampel							78	buah

Sumber data dalam pelaksanaan penelitian ini dikelompokkan menjadi dua yaitu:

- Data primer merupakan data yang diperoleh dari hasil eksperimen dan pengamatan di laboratorium, yang berupa hasil uji bahan dan kuat tekan terhadap *paving block* umur 28 hari.
- Data sekunder merupakan data yang diperoleh dari referensi informasi penunjang yang berkaitan dengan penelitian yang dilaksanakan, yang berupa buku-buku penunjang maupun hasil penelitian yang

¹Mahasiswa Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan FKIP UNS

²Pembimbing I Anis Rahmawati, S.T., M.T.

³Pembimbing II Ida Nugroho S, S.T., M.Eng.

terdahulu atau yang relevan dengan penelitian yang dilaksanakan.

Analisis data yang digunakan untuk mengetahui ketebalan minimum *paving block* yang sesuai mutu SNI 03-0691-1996 yaitu dengan deskriptif kuantitatif. Dalam melakukan deskriptif kuantitatif peneliti akan membandingkan kuat tekan *paving block* yang ditambah terak yang dan *fly ash* yang ketebalannya bervariasi dengan kuat tekan *paving block normal* dan persyaratan mutu kuat tekan *paving block* sesuai SNI. Pada hasil kuat tekan *paving block* dilakukan analisis yaitu menggunakan standar deviasi . hal ini dilakukan mengingat adanya faktor kesalahan pada pengujian *paving block*. Dari hasil analisis tersebut akan didapat perubahan kuat tekan *paving block* terak dan *fly ash* dengan kuat tekan *paving block normal* dan ketebalan minimum *paving block* yang sesuai mutu SNI 03-0691-1996.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian kuat tekan optimum *Paving Block* dengan

penambahan terak dan *fly ash* dapat dilihat pada tabel 3, 4 dan 5 berikut.

Tabel 3 Kuat Tekan *Paving Block* Dengan *Fly Ash* 5%

Tebal (cm)	Kuat Tekan (MPa)					Kuat Tekan Rerata (MPa)
	1	2	3	4	5	
7	13,194	12,847	12,847	13,889	-	13,194
6	10,764	11,458	9,722	11,458	-	10,851
5	8,333	7,986	7,986	8,681	-	8,247
4	6,944	6,944	6,944	10,069	5,903	7,726

Tabel 4. Kuat Tekan *Paving Block* Dengan *Fly Ash* 10%

Tebal (cm)	Kuat Tekan (MPa)					Kuat Tekan Rerata (MPa)
	1	2	3	4	5	
7	17,014	18,056	18,403	11,111	-	16,146
6	11,111	11,111	12,500	-	-	11,574
5	9,722	8,333	10,069	10,069	11,111	9,861
4	7,292	8,333	8,333	7,986	7,986	7,986

Tabel 5 Kuat Tekan *Paving Block* normal

Tebal (cm)	Kuat Tekan (MPa)					Kuat Tekan Rerata (MPa)
	1	2	3	4	5	
6	10,06	10,41	9,37	11,11	-	10,24

Kuat Tekan *Paving Block*

Hipotesis pertama yang menyatakan bahwa ada perubahan kuat tekan *paving block* dengan bahan tambah terak dan *fly ash* terhadap kuat tekan *paving block* normal dengan tebal 6 cm. Pengujian

¹Mahasiswa Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan FKIP UNS

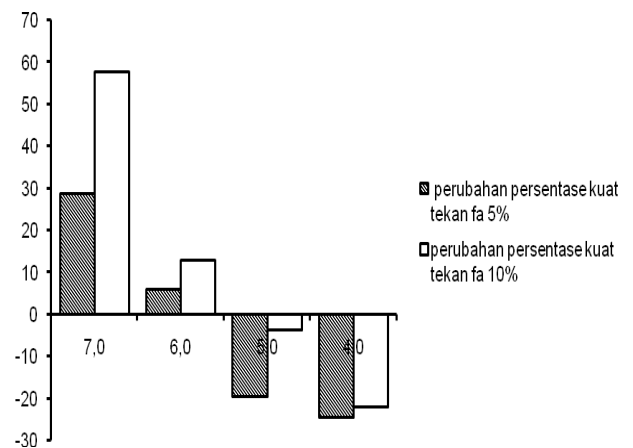
²Pembimbing I Anis Rahmawati, S.T., M.T.

³Pembimbing II Ida Nugroho S, S.T., M.Eng.

hipotesis ini menggunakan Microsoft excel dengan menggunakan metode deskriptif kuantitatif, yakni dengan cara menggambarkan perubahan kuat tekan *paving block* dengan bahan tambah terak dan *fly ash* dengan *paving block normal* dimana perubahan kuat tekan yang dimaksud adalah perubahan kuat tekan rata – rata seperti pada tabel 6 yang kemudian akan ditampilkan dengan grafik perubahan kuat tekan pada gambar 2

Tabel 6 Kuat Tekan Rata – Rata

Jenis <i>Paving Block</i>	Kuat Tekan Rata -Rata (MPa)			
	7 cm	6 cm	5 cm	4 cm
<i>paving block normal</i>	-	10,24	-	-
<i>paving block terak dan fly ash 5%</i>	13,194	10,851	8,247	7,726
<i>paving block terak dan fly ash 10%</i>	16,146	11,574	9,861	7,986



Gambar 2 Persentase Perubahan Kuat Tekan *Paving Block* Dengan Bahan Tambah Terak Dan *Fly Ash* Terhadap Kuat Tekan *Paving block normal*

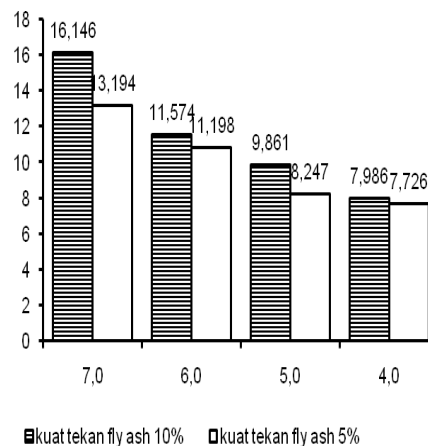
Ketebalan minimum *Paving Block*

Hipotesis kedua menyatakan bahwa ada ketebalan minimum *paving block* yang menghasilkan kuat tekan standar sesuai SNI 03-0691-1996 pada umur 28 hari. Untuk membuktikan hipotesis tersebut akan diuji dengan perhitungan kuat tekan *paving block* pada masing – masing variasi, dapat dilihat pada gambar 3

¹Mahasiswa Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan FKIP UNS

²Pembimbing I Anis Rahmawati, S.T., M.T.

³Pembimbing II Ida Nugroho S, S.T., M.Eng.



Gambar 3 Grafik Perbandingan Kuat Tekan *Paving Block* Ditambah Terak dan *Fly Ash* Dengan Berbagai Ketebalan Terhadap SNI 03-0691-1996

SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Ada perubahan kuat tekan *paving block* dengan penambahan terak dan *fly ash* dengan berbagai ketebalan terhadap kuat tekan *paving block normal* dengan tebal 6 cm. Perubahan yang terjadi tergantung pada tebal *paving block*. Perubahan positif (peningkatan kuat tekan) terjadi pada *paving block* dengan tebal 6 cm dan 7 cm baik pada penambahan *fly ash* 5% dan 10%
2. Peningkatan pada tebal 6 cm dengan penambahan *fly ash* 5%

sebesar 5,964% dan untuk tebal 6 cm dengan penambahan *fly ash* 10% sebesar 13,028%, sedangkan peningkatan pada ketebalan 7 cm dengan penambahan *fly ash* 5% adalah 28,852% dan untuk tebal 7 cm dengan penambahan *fly ash* 10% mengalami peningkatan kuat tekan sebesar 57,674%.

3. Penurunan pada tebal 5 cm dengan penambahan *fly ash* 10% sebesar 3,7% dan untuk tebal 5 cm dengan penambahan *fly ash* 5% sebesar 19,468%, sedangkan untuk ketebalan 4 cm dengan penambahan *fly ash* 5% adalah 24,453% dan untuk tebal 4 cm dengan penambahan *fly ash* 10% mengalami penurunan kuat tekan sebesar 22,01%.
4. Pada penelitian ini didapatkan ketebalan minimum *paving block* yang ditambah terak dan *fly ash* yaitu pada ketebalan 5 cm dengan penambahan *fly ash* 10% yang menghasilkan kuat tekan sebesar 9,861 MPa dengan kelas paving D.

¹Mahasiswa Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan FKIP UNS

²Pembimbing I Anis Rahmawati, S.T., M.T.

³Pembimbing II Ida Nugroho S, S.T., M.Eng.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggodo, Ari. (2014). Pengaruh Penggunaan Abu Batu Bara (*Fly Ash*) Terhadap Kuat Tekan *Paving Block*. Skripsi. Fakultas Teknik. Universitas 17 Agustus 1945. Samarinda
- Anonim. SK SNI S 04-1989-F. Persyaratan Bahan Bangunan.
- Anonim. 1996. Batu Beton (Paving Block) (SK SNI-03-0691-1996). Yayasan
- Asroni, Ali. (2010) Balok dan pelat beton bertulang. Graha Ilmu. Yogyakarta
- Cornellia Rimba, dkk. (2009). Konstruksi Bangunan I-TA251. Bandung: Jurusan Pendidikan Teknik Arsitektur, FPTK Universitas Pendidikan Indonesia.
- Dewangga,, I.G. (2012). Pengaruh *Fly Ash* Terhadap Paving Block Dengan Metode Pressing Hidrolik Sebagai Proses Pembuatannya. Jurnal Skripsi. Jurusan Teknik Sipil. Fakultas Teknik. Universitas Jember. Jember
- Dewi, triana. 2013. Pengaruh Penggunaan Terak Sebagai Pengganti Agregat Kasar Terhadap Kuat Lentur Dan Berat Jenis Pada Beton Normal Dengan Perbandingan 1:2:3. Skripsi. FKIP. UNS. Surakarta
- Iriawan, Isah. (2012). Pengaruh penambahan terak terhadap kuat tekan *paving block*. Skripsi. FKIP. UNS. Surakarta
- Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan: Jakarta
- Mardiono. 2010. Pengaruh Pemanfaatan Abu Terbang (*Fly Ash*) Dalam Beton Mutu Tinggi. Skripsi. Jurusan Teknik Sipil. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Universitas Gunadarma. Jakarta Pusat
- Ngarifin. 2015. Pengaruh Penambahan *Fly Ash* Terhadap Kuat Tekan, Berat Jenis, Dan Daya Hambat Panas Bata Beton Ringan Foam Sebagai Suplemen Bahan Ajar Mata Kuliah Teknologi Beton Pada Semester III PTB FKIP UNS. Skripsi. FKIP. UNS. Surakarta
- Nugraha, Paul dan Antoni. (2003). Teknologi Beton. Yogyakarta
- Safitri, Endah dan Djumari (2009). Kajian Teknis dan Ekonomis Pemanfaatan Limbah Batu Bara (*Fly Ash*) Pada Produksi *Paving Block Paving Block*. Jurnal Teknik Sipil. Fakultas Teknik. Universitas Sebelas Maret. Surakarta
- Winarsunu, Tulus. (2007). Statistik Dalam Penelitian Psikologi Dan Pendidikan . Universitas Muhammadiyah Malang. Malang.

¹Mahasiswa Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan FKIP UNS

²Pembimbing I Anis Rahmawati, S.T., M.T.

³Pembimbing II Ida Nugroho S, S.T., M.Eng.

¹Mahasiswa Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan FKIP UNS

²Pembimbing I Anis Rahmawati, S.T., M.T.

³Pembimbing II Ida Nugroho S, S.T., M.Eng.