

JURNAL REKAYASA TEKNIK SIPIL

REKATS



UNESA

Universitas Negeri Surabaya



JURNAL ILMIAH TEKNIK SIPIL	VOLUME: 01	NOMER: 01	HALAMAN: 49 - 55	SURABAYA 2018	ISSN: 2252-5009
-------------------------------	---------------	--------------	---------------------	------------------	--------------------

JURUSAN TEKNIK SIPIL-FAKULTAS TEKNIK-UNIVERSITAS NEGERI SURABAYA

TIM EJOURNAL

Ketua Penyunting:

Prof.Dr.Ir.Kusnan, S.E,M.M,M.T

Penyunting:

1. Prof.Dr.E.Titiek Winanti, M.S.
2. Prof.Dr.Ir.Kusnan, S.E,M.M,M.T
3. Dr.Nurmi Frida DBP, MPd
4. Dr.Suparji, M.Pd
5. Hendra Wahyu Cahyaka, ST., MT.
6. Dr.Naniek Esti Darsani, M.Pd
7. Dr.Erina,S.T,M.T.
8. Drs.Suparno,M.T
9. Drs.Bambang Sabariman,S.T,M.T
10. Dr.Dadang Supryatno, MT

Mitra bestari:

1. Prof.Dr.Husaini Usman,M.T (UNJ)
2. Prof.Dr.Ir.Indra Surya, M.Sc,Ph.D (ITS)
3. Dr. Achmad Dardiri (UM)
4. Prof. Dr. Mulyadi(UNM)
5. Dr. Abdul Muis Mapalotteng (UNM)
6. Dr. Akmad Jaedun (UNY)
7. Prof.Dr.Bambang Budi (UM)
8. Dr.Nurhasanyah (UP Padang)
9. Dr.Ir.Doedoeng, MT (ITS)
10. Ir.Achmad Wicaksono, M.Eng, PhD (Universitas Brawijaya)
11. Dr.Bambang Wijanarko, MSi (ITS)
12. Ari Wibowo, ST., MT., PhD. (Universitas Brawijaya)

Penyunting Pelaksana:

1. Gde Agus Yudha Prawira A, S.T., M.T.
2. Krisna Dwi Handayani,S.T,M.T
3. Arie Wardhono, ST., M.MT., MT. Ph.D
4. Agus Wiyono,S.Pd,M.T
5. Eko Heru Santoso, A.Md

Redaksi:

Jurusan Teknik Sipil (A4) FT UNESA Ketintang - Surabaya

Website: tekniksipilunesa.org

Email: REKATS

DAFTAR ISI

Halaman

TIM EJOURNAL.....	i
DAFTAR ISI.....	ii
• Vol. 01 Nomor 01/rekat/18 (2018)	
PENGARUH PERSENTASE COAKAN PADA DENAH BANGUNAN STRUKTUR <i>FLATSLAB</i> TERHADAP GAYA GESER DAN SIMPANGAN	
<i>Wahyu Putra Anggara, Bambang Sabariman,</i>	01 – 09
PENGARUH SUBSTITUSI <i>FLY ASH</i> DENGAN LIMBAH MARMER TERHADAP KUAT TEKAN DAN POROSITAS BETON GEOPOLIMER PADA NaOH 15M	
<i>Binti Nur Fitriahtsari, Arie Wardhono,</i>	10 – 15
PENGARUH SUBSTITUSI LIMBAH MARMER PADA <i>FLY ASH</i> TERHADAP KUAT TEKAN DAN POROSITAS BETON GEOPOLIMER PADA MOLARITAS 10M	
<i>Imam Agus Arifin, Arie Wardhono,</i>	16 – 23
PERBANDINGAN HASIL PENGUKURAN TINGGI BADAN MANUSIA TERHADAP 3 KELOMPOK YANG BERBEDA	
<i>IAnita Susanti, Ria Asih Aryani Soemitro, Hitapriya Suprayitno,</i>	24 – 33
PENGARUH PENAMBAHAN ABU DASAR (BOTTOM ASH) PADA TANAH LEMPUNG EKSPANSIF DI DAERAH SURABAYA BARAT TERHADAP NILAI POTENSIAL SWELLING	
<i>Oryn Wijaya, Machfud Ridwan,</i>	34 – 40
PENGARUH PENGGUNAAN ABU DASAR (BOTTOM ASH) PADA PAVING BLOCK DENGAN CAMPURAN LIMBAH KERANG SEBAGAI SUBSTITUSI SEMEN	
<i>Hilal Achmad Ghozali, Arie Wardhono,</i>	49 – 55

UNESA
Universitas Negeri Surabaya

PENGARUH PENGGUNAAN ABU DASAR (*BOTTOM ASH*) PADA *PAVING BLOCK* DENGAN CAMPURAN LIMBAH KERANG SEBAGAI SUBSTITUSI SEMEN

Hilal Achmad Ghozali

Mahasiswa S1 Teknik Sipil, Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: hilal.achmadghozali@gmail.com

Arie Wardhono

Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email:

ABSTRAK

Industri batubara menghasilkan limbah *bottom ash* yang memiliki kandungan yang sama dengan semen yaitu silika (Si). *Bottom ash* yang didapat dari PT. Tjiwi Kimia mengandung silika (Si) sebanyak 19,6% dan mengandung kalsium (Ca) sebanyak 7,56%, sehingga dibutuhkan limbah kerang sebagai campuran tambahan untuk menutupi kekurangan kalsium (Ca) pada *bottom ash*. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh limbah *bottom ash* dan limbah kerang sebagai substitusi semen pada *paving block*, karena *paving block* saat ini semakin digemari sebagai alternatif perkerasan jalan. Pembuatan *paving block* menggunakan pasir pasuruan, semen Gresik PPC, air yang berasal dari tempat industri *paving block* di Surabaya. *Paving block* dibuat dengan ukuran 21 x 10,5 cm dengan tebal 6 cm dengan komposisi 1 semen : 3 pasir. Pengujian dalam penelitian ini meliputi pengujian kuat tekan, penyerapan air dan ketahanan aus. Benda uji dibuat dengan 6 variasi, yaitu 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50% *bottom ash* dari berat semen, dan masing-masing variasi mendapat tambahan 2% kerang dari berat semen. Hasil pengujian kuat tekan 10%, 20%, 30% dan 40% *bottom ash* masuk ke dalam mutu B, sedangkan 50% *bottom ash* masuk ke dalam mutu D. Hasil pengujian penyerapan air 10% dan 50% *bottom ash* masuk ke dalam mutu D, sedangkan 20%, 30% dan 40% *bottom ash* masuk ke dalam mutu B. Hasil pengujian ketahanan aus 10% dan 20% *bottom ash* masuk ke dalam mutu B, sedangkan 30%, 40% dan 50% *bottom ash* masuk ke dalam mutu A.

Kata Kunci: *Bottom ash*, Kerang, Ketahanan aus, Kuat tekan, *Paving block*, Penyerapan air.

ABSTRACT

The coal industry produces a *bottom ash* waste that has the same content as cement, silica (Si). *Bottom ash* obtained from PT. Tjiwi Kimia contains silica (Si) as much as 19.6% and contains calcium (Ca) of 7.56%, so it takes shell waste as an additional mixture to cover the deficiency of calcium (Ca) on *bottom ash*. The purpose of this research is to know the effect of *bottom ash* waste and shell waste as cement substitution in *paving block*, because *paving block* is now more popular as an alternative pavement. Making *paving block* using Pasuruan sand, Gresik PPC cement, water coming from *paving block* industrial area in Surabaya. *Paving block* made with size 21 x 10.5 cm with thickness 6 cm with composition 1 cement: 3 sand. Tests in this study include testing of compressive strength, water absorption and wear resistance. The test specimens were made with 6 variations, ie 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, and 50% *bottom ash* of the weight of cement, and each variation received an additional 2% of the shell from the weight of the cement. The results of the 10%, 20%, 30% and 40% *bottom ash* compressive strength go into quality B, while 50% *bottom ash* goes into quality D. The results of water absorption tests of 10% and 50% *bottom ash* fall into D, while 20%, 30% and 40% *bottom ash* categorize into quality B. The results of 10% wear resistance and 20% *bottom ash* test go into B quality, while 30%, 40% and 50% *bottom ash* enter into quality A.

Keywords: *Bottom ash*, Shells, wear resistance, Strength press, *Paving block*, Water absorption.

PENDAHULUAN

Batubara adalah salah satu alternatif yang dapat digunakan sebagai sumber bahan bakar pengganti bahan bakar minyak, mengingat produksi batubara di Indonesia sangat melimpah. Indonesia menempati urutan kelima dengan produksi batubara mencapai 241,1 miliar ton. (Bob Dudley, 2016). Limbah pembakaran batubara menghasilkan *fly ash* (abu terbang) dan *bottom ash* (abu dasar). limbah *bottom ash* umumnya hanya ditimbun atau ditumpuk di lahan kosong di dalam area industri dan belum banyak alternatif untuk mengolah dan memanfaatkannya, sedangkan pemanfaatan limbah *fly ash* sudah banyak alternatif yang dihasilkan, salah satunya menjadi bahan substitusi semen.

Bottom ash dianggap dapat menjadi pengganti semen karena mempunyai salah satu unsur kimia semen yang penting pada proses pengikatan yaitu silika. Pada prinsipnya *bottom ash* tersusun dari silika (Si), aluminium (Al), dan besi (Fe) dengan prosentase yang lebih kecil kalsium (Ca), Magnesium (Mg), dan senyawa lainnya (Agoes Soehardjono et al, 2013). Limbah *bottom ash* yang didapatkan dari pabrik kertas PT. Tjiwi kimia telah melalui pengujian material X-Ray Fluorescence (XRF) dan telah memenuhi persyaratan untuk digunakan menjadi bahan substitusi semen, berikut syarat kandungan utama semen dan hasil pengujian limbah *bottom ash* :

Tabel 1. Kandungan kimia semen dan *bottom ash*

No	Kandungan Kimia	Semen(%)	Bottom ash(%)
1	Si	23,13	19,6
2	Ca	58,66	7,56
3	Fe	4,62	57,17
4	Al	8,76	5,5

(Uji XRF Laboratorium FMIPA UM)

Di sisi lain, alternatif produk yang digunakan pada perkerasan tanah adalah *paving block*. *Paving block* mulai digermari karena memiliki beberapa kelebihan, selain mudah dalam pembuatan maupun pemasangannya, *paving block* memiliki nilai estetika yang unik jika di desain dengan pola dan warna yang indah, perbandingan harga yang lebih rendah dibandingkan dengan jenis perkerasan konvensional lainnya dan bisa diproduksi secara manual, sehingga permintaan semen untuk bahan baku yang digunakan dalam pembuatan *paving block* akan semakin meningkat. Semen yang dibutuhkan dalam jumlah banyak akan mengganggu keseimbangan lingkungan. Mengingat dengan adanya proses produksi semen dapat menimbulkan emisi gas rumah kaca. Gas ini dilepaskan ke atmosfer dengan bebas dan kemudian dapat merusak lingkungan hidup, yang sangat jelas terasa saat ini akibat adanya pelepasan gas karbondioksida ke atmosfer adalah pemanasan global (*global warming*).

Selain itu, campuran dalam *paving block* ini juga menggunakan limbah kerang. Kerang darah yang selama ini hanya diambil isinya untuk dimakan dan cangkangnya dibuang menjadi limbah. Menurut (Achmad Mustofa, 2015) komoditi kerang darah tahun 2014 di Desa Sedati mencapai 30.924 kg. Cangkang kerang mengandung senyawa kalsium yang tinggi. Siregar ((2009) dalam Andre 2012), menyatakan bahwa serbuk kulit kerang mengandung senyawa kimia yang bersifat pozzolan yang mengandung zat kapur (CaO), alumunium dan senyawa silika sehingga sesuai digunakan sebagai bahan baku beton. Kandungan kimia limbah kerang yang telah melalui pengujian material *X-Ray Flourecence*(XRF) adalah sebagai berikut :

Tabel 2. Kandungan kimia semen dan kerang

No	Kandungan kimia	Semen(%)	Kerang(%)
1	Si	23,13	4,3
2	Ca	58,66	81,55
3	Fe	4,62	6,45
4	Al	8,76	1,5

(Uji XRF Laboratorium FMIPA UM)

Berdasarkan latar belakang di atas, maka penelitian ini dimaksudkan untuk membuat *paving block* alternatif dengan bahan limbah *bottom ash* dan limbah kerang yang

layak untuk digunakan. Latar belakang yang telah diuraikan kemudian dirumuskan dalam beberapa permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana hasil uji kuat tekan *paving block* berbahan baku limbah *bottom ash* dan limbah serbuk kerang sesuai dengan SNI *paving block* 03-0691-1996?
2. Bagaimana hasil uji ketahanan aus *paving block* berbahan baku limbah *bottom ash* dan limbah serbuk kerang sesuai dengan SNI *paving block* 03-0691-1996?
3. Bagaimana hasil uji resapan air *paving block* berbahan baku limbah *bottom ash* dan limbah serbuk kerang sesuai dengan SNI *paving block* 03-0691-1996?
4. Berapa komposisi campuran ideal yang menghasilkan kuat tekan, ketahanan aus, dan penyerapan air terbaik sesuai dengan SNI *paving block* 03-0691-1996?

Adapun tujuan dari dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mendapatkan hasil kuat tekan *paving block* berbahan baku limbah *bottom ash* dan cangkang kerang sesuai dengan SNI *paving block* 03-0691-1996
2. Untuk mendapatkan hasil ketahanan aus *paving block* berbahan baku limbah *bottom ash* dan cangkang kerang sesuai dengan SNI *paving block* 03-0691-1996
3. Untuk mengetahui resapan air *paving block* berbahan baku limbah *bottom ash* dan cangkang kerang sesuai dengan SNI *paving block* 03-0691-1996
4. Untuk mendapatkan komposisi *paving block* berbahan baku limbah *bottom ash* dan limbah cangkang kerang yang menghasilkan campuran terbaik sesuai dengan SNI *paving block* 03-0691-1996

Manfaat dalam penelitian ini adalah memberikan pengetahuan tentang ilmu bahan bangunan terutama limbah yang dimanfaatkan sebagai bahan alternatif *paving block*, dan diharapkan dapat mengurangi penggunaan semen dan dapat mengurangi pencemaran akibat penumpukan limbah.

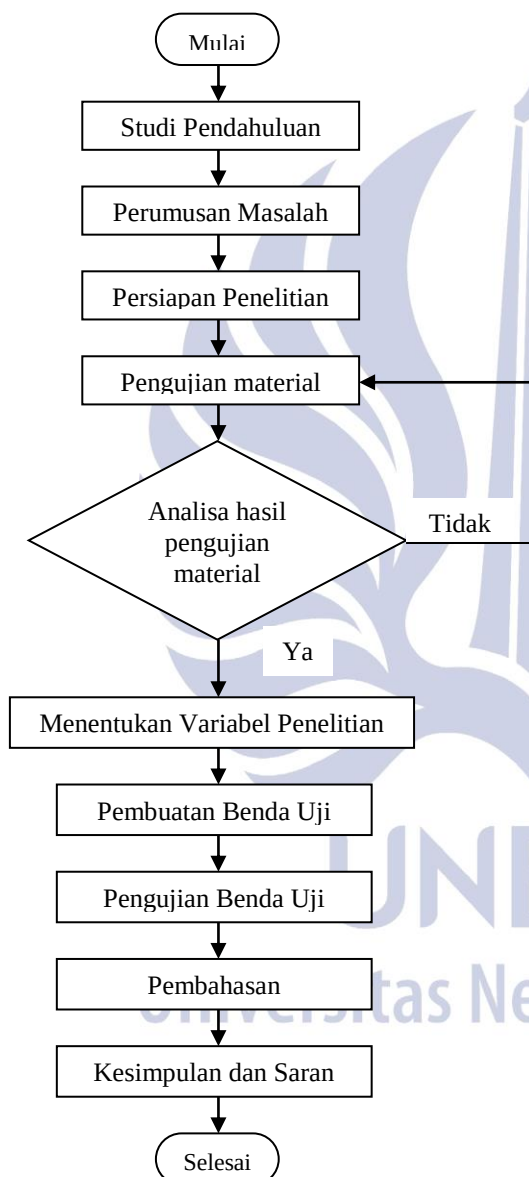
Batasan masalah yang digunakan pada penelitian ini antara lain:

1. Penelitian ini tidak menghiraukan aspek ekonomis.
2. Penelitian ini menggunakan dasar peraturan SNI 03-0691-1996 bata beton (*paving block*).
3. *Bottom ash* didapat dari pabrik kertas PT. Tjiwi Kimia di Mojokerto yang telah melalui uji kandungan unsur kimia.
4. Limbah cangkang kerang didapat dari Desa Sedati di Sidoarjo yang telah melalui uji kandungan unsur kimia.
5. Ukuran *paving block* yang akan diteliti berbentuk balok dengan dimensi sebesar 21 x 10,5 x 6 cm.
6. Umur *paving block* 28 hari.

METODE

A. Prosedur Penelitian

Penelitian ini melakukan beberapa kegiatan yang prosesnya dimulai dari kegiatan memperoleh data hingga data tersebut bisa digunakan sebagai dasar untuk membuat keputusan, dan untuk membuat keputusan tersebut diantaranya melalui proses pengumpulan data, pengolahan data, analisa data dan cara pengambilan keputusan berdasarkan hasil penelitian. Garis besar tahapan penelitian dapat dilihat pada *flowchart* dibawah ini :



Gambar 1. *Flowchart* penelitian

B. Variabel Penelitian

1. Variabel bebas

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah penggunaan limbah *bottom ash* sebesar 10%, 20%, 30%, 40% dan 50% pada campuran *paving block*. Komposisi campuran pada *paving block* adalah sebagai berikut :

- a) 0,88 PC : 0,1 BA : 0,02 LK : 3 PS
- b) 0,78 PC : 0,2 BA : 0,02 LK : 3 PS
- c) 0,68 PC : 0,3 BA : 0,02 LK : 3 PS
- d) 0,58 PC : 0,3 BA : 0,02 LK : 3 PS
- e) 0,48 PC : 0,3 BA : 0,02 LK : 3 PS

Hitungan berat campuran untuk 1 benda uji *paving block* adalah :

- a) 1,067 PC : 0,121 BA : 0,024 LK : 3,675 PS (kg)
- b) 0,946 PC : 0,242 BA : 0,024 LK : 3,675 PS (kg)
- c) 0,824 PC : 0,364 BA : 0,024 LK : 3,675 PS (kg)
- d) 0,703 PC : 0,485 BA : 0,024 LK : 3,675 PS (kg)
- e) 0,582 PC : 0,606 BA : 0,024 LK : 3,675 PS (kg)

Keterangan :

PC : *Portland Cement*

BA : *Bottom Ash*

LK : *Limbah Kerang*

PS : *Pasir*

2. Variabel terikat

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah penggunaan limbah kerang sebesar 2% dari berat semen di setiap komposisi, dan pengujian kuat tekan, penyerapan air dan ketahanan aus sesuai dengan SNI 03-0691-1996.

3. Variabel kontrol

Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah dimensi *paving block*, serta kualitas bahan penyusun *paving block* meliputi :

- a) Mutu semen sesuai dengan SNI 15-2049-2004
- b) Mutu pasir sesuai dengan syarat PBI 1970

C. Pengumpulan Data

1. Data primer

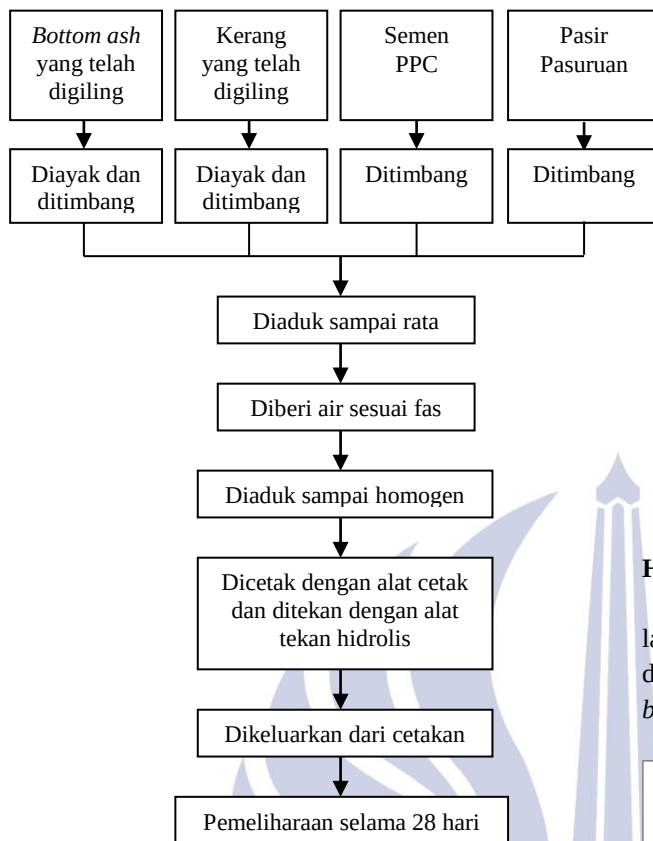
Data primer yang digunakan pada penelitian eksperimental ini berupa observasi dan pengujian. Observasi dilakukan ditempat pengambilan limbah, yaitu di PT. Tjiwi Kimia dan di Sedati Sidoarjo, sedangkan pengujian dilakukan di Laboratorium Bahan Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Surabaya.

2. Data sekunder

Data sekunder yang digunakan pada penelitian ini adalah studi literatur dan buku yang berkaitan dengan penelitian.

D. Pembuatan Benda Uji

Pembuatan benda uji dilakukan di tempat produksi *paving block*, yaitu di UD. Banuwa Bangun Surabaya. Berikut tahapan dalam pembuatan *paving block* :



Gambar 2. Flowchart pembuatan benda uji

E. Teknik Analisis Data

1. Analisis sifat tampak

Analisis ini dilakukan berdasarkan SNI 03-0691-1996, yaitu harus mempunyai permukaan yang rata, tidak terdapat retak maupun cacat, bagian sudutnya tidak mudah dihancurkan dengan tangan.

2. Analisis kuat tekan

Analisis ini dihitung dengan menggunakan rumus SNI 03-0691-1996 sebagai berikut :

$$\text{Kuat Tekan} = \frac{P}{A}$$

Keterangan : P = Beban Tekan (N)

A = Luas bidang tekan (mm)

3. Analisis penyerapan air

Analisis ini dihitung dengan menggunakan rumus SNI 03-0691-1996 sebagai berikut :

$$\text{Penyerapan air} = \frac{A-B}{B} \times 100\%$$

Keterangan : A = Berat bata beton basah (kg)

B = Berat bata beton kering (kg)

4. Analisis ketahanan aus

Analisis ini dihitung berdasarkan SNI 03-6428-2000 tentang metode pengujian ketahanan abrasi permukaan beton atau mortar dengan metode berputar. Metode tersebut menyebutkan bahwa ketahanan aus dihitung berdasarkan kedalaman keausan dalam millimeter, sehingga didapatkan rumus sebagai berikut :

$$\text{Ketahanan aus} = \frac{W_a - W_{ka}}{Waktu}$$

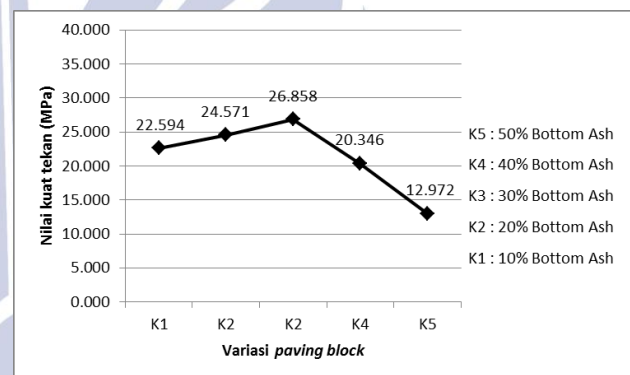
Keterangan : W_a = Tebal Awal (mm)

W_{ka} = Tebal setelah diauskan

$Waktu$ = dalam menit

HASIL DAN PEMBAHASAN

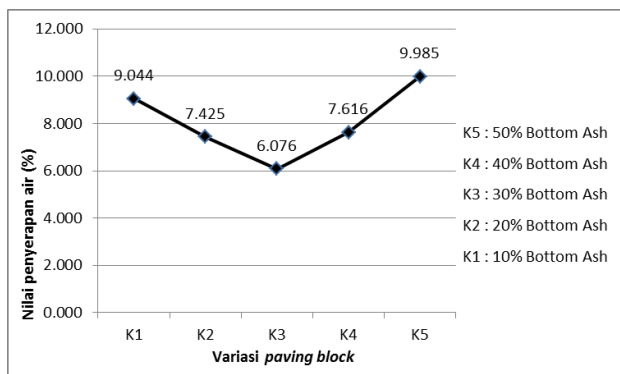
Data yang diperoleh dari hasil pengujian laboratorium yang meliputi kuat tekan, penyerapan air dan ketahanan aus. Hasil pengujian kuat tekan *paving block* akan dijelaskan melalui grafik berikut:



Gambar 3. Grafik kuat tekan

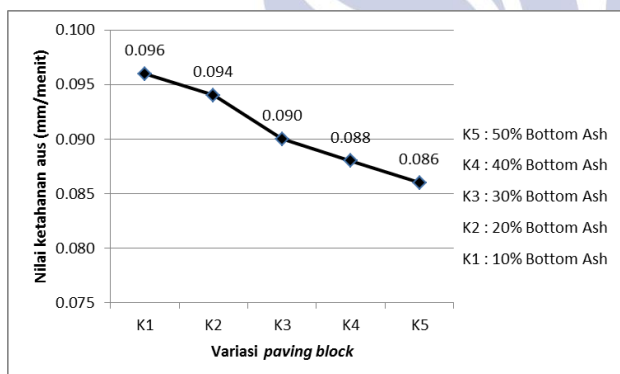
Gambar 3 menunjukkan nilai kuat tekan *paving block* berturut-turut pada variasi pertama sampai variasi kelima yaitu 22,594 MPa, 24,571 MPa, 26,858 MPa, 20,346 MPa, dan 12,972 MPa. Hal ini memperjelas adanya pengaruh penggunaan limbah *bottom ash* dan limbah kerang yang mendapatkan hasil optimal pada nilai 26,858 MPa, sedangkan nilai *paving block* kontrol hanya 24,411 MPa.

Hasil pengujian kuat tekan dalam penelitian ini sesuai dengan syarat mutu SNI 03-0691-1996. Variasi pertama sampai keempat masuk ke dalam *paving block* mutu B, sedangkan variasi kelima masuk ke dalam mutu D. Hasil pengujian penyerapan air *paving block* akan dijelaskan melalui grafik berikut :



Gambar 4. Grafik penyerapan air

Gambar 4 menunjukkan nilai penyerapan air *paving block* berturut-turut pada variasi pertama sampai kelima yaitu 9,044 %, 7,425 %, 6,076 %, 7,616 % dan 9,985 %. Nilai penyerapan air *paving block* kontrol lebih kecil sedikit daripada nilai optimal *paving block* penelitian. Namun, hasil pengujian penyerapan air masih sesuai dengan syarat mutu SNI 03-0691-1996. Variasi pertama dan kelima masuk dalam mutu D, sedangkan variasi kedua, ketiga dan keempat masuk ke dalam mutu C. Hasil pengujian ketahanan aus *paving block* akan dijelaskan melalui grafik berikut :

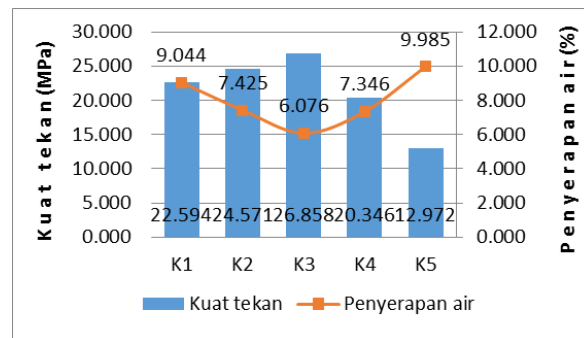


Gambar 5. Grafik ketahanan aus

Gambar 5 menunjukkan nilai keausan *paving block* berturut-turut pada variasi pertama sampai kelima yaitu 0,096, 0,094, 0,090, 0,088, dan 0,086 mm/minit. Hal ini memperjelas adanya pengaruh penggunaan limbah *bottom ash* yang semakin banyak di setiap variasinya, karena semakin banyak penggunaan *bottom ash* maka semakin turun keausan *paving block* hingga mencapai nilai optimal pada 0,086 mm/minit, sedangkan nilai keausan *paving block* kontrol hanya 0,107 mm/minit.

Hasil pengujian ketahanan aus *paving block* sesuai dengan syarat mutu SNI 03-0691-1996. Pada variasi pertama dan kedua masuk ke dalam *paving block* mutu B, sedangkan variasi ketiga, keempat dan kelima masuk ke dalam mutu A.

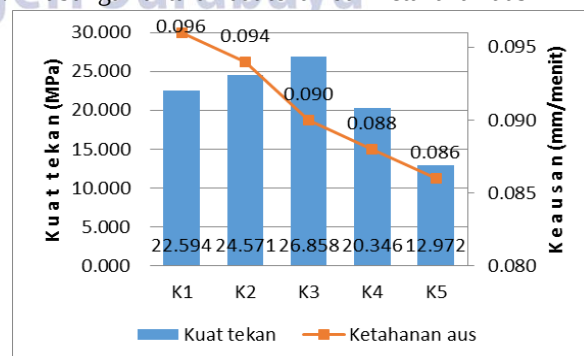
1. Hubungan antara kuat tekan dan penyerapan air

Gambar 6. Diagram hubungan kuat tekan dan penyerapan air *paving block*

Gambar 6 menunjukkan *paving block* variasi pertama sampai kelima menghasilkan nilai optimal pada variasi ketiga (K3). Hasil dari pengujian tersebut mengatakan bahwa semakin tinggi nilai kuat tekan akan semakin rendah nilai prosentase penyerapan air *paving block*. Karena daya ikat semen dan *bottom ash* hingga pada penggunaan 30% dapat mengikat secara optimal, sehingga air yang masuk di dalam *paving block* semakin sedikit. Ditambah lagi dengan penggunaan serbuk kerang 2% dari berat semen yang mengisi pori-pori *paving block* sehingga *paving block* semakin padat. Pernyataan ini juga didukung oleh penelitian Soehardjono, 2013. Penelitian tersebut menuliskan bahwa kuat tekan optimum *paving block* dengan campuran *bottom ash* sebagai pengganti semen terdapat pada campuran 30%.

Peneliti memilih menggunakan *paving block* K3 dengan campuran 30% *bottom ash* yang memiliki nilai kuat tekan maksimum yaitu 26.86 MPa dengan penyerapan air 6.08%. Karena dengan kuat tekan *paving block* yang tinggi dapat menahan beban diatas permukaan jalan dan umur pemakaian *paving block* akan lebih lama karena penyerapan air *paving block* rendah sehingga air yang mengalir di permukaan jalan akan langsung disalurkan ke dalam tanah.

2. Hubungan antara kuat tekan dan ketahanan aus

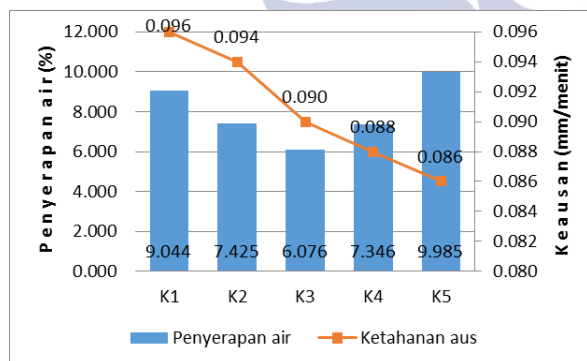
Gambar 7. Diagram hubungan kuat tekan dan ketahanan aus *paving block*

Gambar 7 menunjukkan bahwa nilai kuat tekan optimal *paving block* berada di variasi ketiga, namun pada nilai ketahanan aus *paving block* mengalami penurunan di setiap variasi hingga mendapatkan nilai optimal pada variasi kelima. Hal ini berbeda dengan penelitian Wikana dan Gulo, 2012. Penelitian tersebut menyebutkan adanya hubungan antara kuat tekan dan ketahanan aus, dengan semakin tinggi nilai kuat tekan maka semakin rendah nilai gesekan pada *paving block*.

Hal ini berbeda karena *bottom ash* memiliki kandungan besi (Fe) yang tinggi sehingga tidak mudah untuk diauskan, seperti yang ditunjukkan dalam pengujian xrf, *bottom ash* yang digunakan dalam penelitian ini memiliki kandungan besi sebesar 57.71%. dan penambahan setiap variasi masing-masing 10%, 20%, 30%, 40% dan 50%. Sehingga terjadi penurunan keausan di setiap variasi *paving block*.

Peneliti memilih menggunakan *paving block* variasi 3 atau K3 dengan campuran *bottom ash* 30% yang memiliki nilai kuat tekan maksimum yaitu 26.86 MPa dan memiliki nilai keausan 0.090 mm/menit. Karena dengan nilai kuat tekan yang maksimum dapat menahan beban diatas permukaan jalan tanpa khawatir terjadi retak dan keausannya sendiri tergolong dalam mutu A yang memperpanjang masa pemakaian *paving block* pada saat terkena gesekan ban roda kendaraan di jalan.

3. Hubungan antara ketahanan aus dan penyerapan air



Gambar 8. Hubungan antara ketahanan aus dan penyerapan air *paving block*

Gambar 8 menunjukkan penyerapan air pada variasi ketiga adalah penyerapan air optimal *paving block*, namun pada ketahanan aus *paving block* mengalami penurunan di setiap variasi. Hal ini didukung dengan penelitian Wikana dan Gulo, 2012. Yang menuliskan bahwa hubungan antara penyerapan air dan *paving block*, semakin kecil nilai penyerapan. Pada penelitian yang sudah peneliti lakukan. Pada variasi keempat penyerapan mengalami kenaikan dan keausan mengalami penurunan, hal ini dikarenakan campuran *bottom ash* dengan prosentase 40% dengan tambahan 2% serbuk kerang tidak dapat lagi mengisi

pori-pori di dalam *paving block* tersebut, karena penggunaan *bottom ash* yang terlalu banyak dan daya ikat semen terhadap *bottom ash* menurun. Namun pada saat ketahanan aus, *bottom ash* yang memiliki kandungan besi yang tinggi akan menghalangi tingkat keausan pada *paving block* sehingga tidak ada kenaikan yang dialami pada ketahanan aus *paving block* variasi keempat.

Peneliti memilih menggunakan *paving block* variasi 3 dengan campuran *bottom ash* 30% yang memiliki nilai penyerapan 6.08% dan memiliki nilai keausan 0.090 mm/menit. Karena semakin rendah nilai penyerapan air *paving block* maka semakin bagus, air yang mengalir di permukaan jalan dapat disalurkan langsung ke dalam tanah. Sedangkan keausan pada variasi 3 tergolong mutu A yang sudah cukup untuk menahan gaya gesekan terhadap ban roda kendaraan di permukaan *paving block*.

PENUTUP

A. Simpulan

Berdasarkan hasil dan analisa pada bab sebelumnya dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Penggunaan *bottom ash* pada *paving block* dengan tambahan limbah kerang jika ditinjau dari nilai kuat tekannya mengalami kenaikan sampai pada variasi ketiga dengan penggunaan *bottom ash* 30% dari berat semen. Hasil yang paling optimum didapatkan diantara kelima variasi campuran adalah variasi ketiga atau K3 dengan nilai kuat tekan 26.858 MPa dan masuk dalam kategori kelas B sesuai dengan klasifikasi *paving block* menurut SNI 03-0691-1996., sedangkan hasil minimum yang didapatkan pada variasi kelima dengan nilai kuat tekan 12.972 MPa dan masuk dalam kategori kelas D.
2. Penggunaan *bottom ash* pada *paving block* dengan tambahan limbah kerang jika ditinjau dari nilai ketahanan aus mengalami penurunan di setiap variasinya. Hasil yang optimum untuk ketahanan aus *paving block* adalah variasi kelima dengan nilai ketahanan aus 0.086 mm/menit dan masuk dalam kategori kelas A sesuai dengan klasifikasi *paving block* menurut SNI 03-0691-1996.
3. Penggunaan *bottom ash* pada *paving block* dengan tambahan limbah kerang jika ditinjau dari nilai penyerapan air mengalami penurunan sampai pada variasi ketiga dengan penggunaan *bottom ash* 30% dari berat semen. Hasil optimum untuk penyerapan air *paving block* yaitu 6.076% dan masuk dalam kategori kelas B sesuai dengan klasifikasi *paving block* menurut SNI 03-0691-1996. Sedangkan hasil minimum yang didapatkan pada variasi pertama dan kelima dengan nilai penyerapan air 9.044% dan 9.985% dan masuk dalam kategori kelas D.
4. Komposisi terbaik untuk sebuah *paving block* berbahan limbah *bottom ash* dengan campuran kerang adalah komposisi 30% *bottom ash* dan 2% kerang, karena mendapatkan hasil kuat tekan dan penyerapan terbaik dibanding komposisi yang lain, namun untuk hasil ketahanan aus bukan hasil yang terbaik namun

tetap masuk dalam kategori *paving block* mutu A menurut SNI 03-0691-1996.

B. Saran

Berdasarkan hasil pembahasan dan kesimpulan yang telah diuraikan, maka beberapa saran yang dapat diberikan antara lain:

1. Perlu diperhatikan aspek ekonomis dalam pembuatan *paving block* penelitian
2. Melihat kandungan kimia *bottom ash* yang memiliki kalsium rendah, dan penggunaan serbuk kerang yang minim. Maka disarankan pada penelitian selanjutnya untuk menambah serbuk kerang dengan tujuan mendapatkan hasil kuat tekan, penyerapan air dan ketahanan aus yang maksimal
3. Jika penelitian pengaruh penggunaan *bottom ash* pada *paving block* dengan campuran serbuk kerang sebagai substitusi semen ini dilanjutkan, perlu adanya peninjauan faktor air semen dengan tujuan untuk mendapatkan hasil yang lebih maksimal

DAFTAR PUSTAKA

Andre. 2012. *Studi Sifat Mekanik Paving Block Terbuat dari Campuran Limbah Adukan Beton dan Serbuk Kerang*. Depok: Universitas Indonesia.

Anonim. 1996. *SNI 03-0691-1996 Bata Beton (Paving Block)*. Bandung: Badan Standardisasi Nasional

Anonim. 2000. *SNI 03-6428-2000 Metode Pengujian Ketahanan Abrasi Permukaan Beton atau Mortar Dengan Metode Pemotongan Berputar*. Bandung: Badan Standardisasi Nasional

Dudley, Bob. 2016. *BP Statistical World of Energy*. London. UK

Indriani, Santoso, Roy Kumar, Salil. 2012. *Pengaruh Bottom ash terhadap karakteristik campuran aspal beton*. Surabaya: Universitas Kristen Petra

Mustofa, Achmad. 2015. *Laporan Keanggotaan PT Samudera Eco Anugerah (SEA) Dalam Seafood Savers*. Jawa Timur, Indonesia

Soehardjono, Agoes, Prastumi, Tufik Hidayat, 2013. *Pengaruh Penggunaan Bottom Ash Sebagai Pengganti Semen Terhadap Nilai Kuat Tekan Dan Kemampuan Resapan Air Struktur Paving*. Malang: Universitas Brawijaya.

Wikana Iwan, Gulo. 2012. *Pengaruh Penambahan Tumbukan Batu Bata Merah Dan Pengurangan Semen Terhadap Kuat Tekan Serta Keausan Paving Block*. Yogyakarta: Universitas Kristen Immanuel Yogyakarta