

JURNAL REKAYASA TEKNIK SIPIL

REKATS



UNESA

Universitas Negeri Surabaya



JURNAL ILMIAH TEKNIK SIPIL	VOLUME: 01	NOMER: 01	HALAMAN: 40 - 48	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 Fitriahsari, 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 – 32
PENGARUH PENAMBAHAN ABU DASAR (BOTTOM ASH) PADA TANAH LEMPUNG EKSPANSIF DI DAERAH SURABAYA BARAT TERHADAP NILAI POTENSIAL SWELLING	
<i>Oryn Wijaya, Machfud Ridwan,</i>	33 – 39
PENGARUH PENGGUNAAN BOTTOM ASH BATU BARA DAN LIMBAH KARBIT SEBAGAI SUBSTITUSI SEMEN PADA CAMPURAN PAVING BLOCK	
<i>Brian Bhakti Purnaseta Tokede , Arie Wardhono,</i>	40 – 48

UNESA
Universitas Negeri Surabaya

PENGARUH PENGGUNAAN *BOTTOM ASH BATU BARA* DAN LIMBAH KARBIT SEBAGAI SUBSTITUSI SEMEN PADA CAMPURAN *PAVING BLOCK*

Brian Bhakti Purnaseta Tokede

Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: bbtokede@gmail.com

Arie Wardhono

Dosen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: Ariewardhono@unesa.ac.id

Abstrak

Industri pembuatan kertas PT. Tjiwi Kimia, Mojokerto menghasilkan produk sisa berupa limbah *bottom ash*, dengan kandungan kimia berupa silika (Si). Limbah las karbit merupakan limbah pengelasan dengan kandungan unsur Ca sebesar 97,21%. Dengan demikian *bottom ash* dan limbah las karbit memungkinkan untuk digunakan sebagai substitusi semen pada campuran *paving block*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan limbah *bottom ash* batu bara dan limbah las karbit sebagai substitusi semen pada campuran *paving block* terhadap kualitas paving, sesuai dengan SNI 03-0691-1996.

Pembuatan benda uji dilakukan dengan mengkombinasikan campuran *bottom ash* sebesar 30% untuk setiap variasi ditambah dengan campuran limbah las karbit berturut-turut 0,13%, 0,14%, 0,15%, 0,16%, 0,17% dari berat semen. Untuk mengetahui pengaruh penggunaan *bottom ash* dan limbah las karbit pada *paving block*, maka dilakukan pengujian pada kualitasnya. Pengujian terhadap kualitas meliputi sifat tampak, penyerapan air, kuat tekan, dan keausan yang dilakukan setelah benda uji mencapai umur 28 hari.

Hasil penelitian menunjukkan substitusi *bottom ash* dan limbah las karbit yang digunakan akan berpengaruh pada kuat tekan, penyerapan air dan ketahanan aus *paving block*. Pada proporsi 30% *bottom ash* dan 15% limbah las karbit didapatkan hasil paling optimal yang meliputi penyerapan air, kuat tekan dan ketahanan aus.

Kata Kunci: Bottom ash, limbah las karbit, paving block, penyerapan air, kuat tekan, keausan.

Abstract

Paper making industry PT. Tjiwi Kimia, Mojokerto produces waste products as bottom ash waste, with chemical content of silica (Si). Carbide welding waste is a welding waste with a Ca element content of 97.21%. Thus bottom ash and waste carbide welding allow it to be used as a cement substitution on paving block admixture. This study aims to determine the effect of waste bottom ash coal and waste wastewater waste as substitution of cement on paving block mixture to paving quality, in accordance with SNI 03-0691-1996.

The preparation of the specimen was carried out by combining the bottom ash mixture of 30% for each variation plus the mixture of waste carbide wastes by 0.13%, 0.14%, 0.15%, 0.16%, 0.17% by weight of cement. To determine the effect of using bottom ash and waste of carbide weld on paving block, then tested on its quality. Tests on quality include visible properties, water absorption, compressive strength, and abrasion resistance that is done after the test object reaches the age of 28 days.

The results showed that substitution of bottom ash and waste of carbide welding used will influence on compressive strength, water absorption and abrasion resistance. In the proportion of 30% bottom ash and 15% of carbide welding waste obtained the most optimal results that include water absorption, compressive strength and abrasion resistance.

Keywords: Bottom ash, waste carbide weld, paving block, water absorption, compressive strength, abrasion resistance.

PENDAHULUAN

Laju pertumbuhan penduduk di Indonesia yang sangat tinggi akan mengakibatkan tingginya kebutuhan

hunian. Pengembangan kawasan hunian tentunya akan berpengaruh terhadap bertambahnya kebutuhan akan bahan bangunan. Inovasi-inovasi baru banyak dibutuhkan di bidang konstruksi bangunan agar dapat memenuhi

kebutuhan bahan bangunan yang tinggi tersebut. Pemanfaatan sumber daya yang ada di lingkungan adalah salah satu upaya untuk mengatasi kebutuhan bahan bangunan yang terus meningkat.

Sampah atau limbah dapat dimanfaatkan sebagai alternatif pengganti bahan bangunan yang sudah ada sebelumnya, selain itu pemanfaatan sampah atau limbah juga dapat mengurangi pencemaran. Salah satu limbah yang dapat dijadikan sebagai alternatif adalah limbah dari batu bara yang menghasilkan residu berupa *fly ash* dan *bottom ash*.

Bottom ash dikenal sebagai salah satu alternatif *filler* yang digunakan dalam pembuatan aspal beton. *Bottom ash* memiliki kandungan silika dan kadar oksida yang merupakan mineral dasar yang dapat digunakan dalam pembuatan campuran semen (Ristinah, 2012). Penggunaan *bottom ash* sebagai campuran semen dapat memperkecil biaya produksi batako karena harga material semen dapat ditekan dengan menggantinya menggunakan material *bottom ash*.

Limbah las karbit adalah sisa dari pembakaran karbit yang jatuh ke air yang menghasilkan gas *acyetilene*. Limbah karbit adalah limbah yang diperoleh dari perindustrian pengelasan yang ada di bengkel-bengkel las *karbit* di daerah Surabaya, pada umumnya tidak dilakukan pengolahan terhadap limbah karbit karena dianggap tidak bernilai ekonomis. Limbah karbit biasanya digunakan sebagai bahan timbunan atau dibiarkan begitu saja dan langsung dibuang menuju TPS.

Hasil survey yang dilakukan dalam sehari bengkel las karbit dapat menghasilkan paling sedikit 4 kg limbah las karbit, maka dalam hitungan tahun cukup banyak jumlah limbah karbit yang dihasilkan dan terbuang percuma karena tidak dimanfaatkan dengan optimal. Menurut PP RI No. 101 tahun 2014 tentang pengelolaan limbah B3, limbah karbit termasuk dalam golongan limbah B3, yang artinya limbah B3 (bahan berbahaya dan beracun) berpotensi merusak lingkungan sekitar dan juga dapat mengganggu kesehatan masyarakat sekitar.

Limbah *bottom ash* dan limbah las karbit dinilai potensial untuk dimanfaatkan sebagai bahan tambahan semen dalam campuran untuk pembuatan paving. Limbah *bottom ash* dikombinasi dengan limbah las karbit sebagai suplemen (tambahan) dalam campuran semen pada *paving block*. Apabila *bottom ash* dan limbah las karbit digunakan dalam pembuatan campuran paving, akan dimungkinkan untuk dapat memperbaiki kualitas paving sehingga didapatkan mutu yang baik sesuai dengan SNI 03-0691-1996.

Berdasarkan uraian latar belakang tersebut, maka permasalahan yang dapat dirumuskan dalam penelitian ini antara lain: (1) Bagaimana sifat tampak *paving block* yang memenuhi syarat sesuai dengan dengan SNI 03-0691-

1996, bila menggunakan bahan tambahan limbah *bottom ash* yang dikombinasi limbah las karbit sebagai campuran semen?; (2) Bagaimana kuat tekan optimal pada *paving block* yang sesuai dengan SNI 03-0691-1996, bila menggunakan bahan tambahan limbah *bottom ash* yang dikombinasi limbah las karbit sebagai campuran semen?; (3) Bagaimana penyerapan air optimal pada *paving block* yang sesuai dengan SNI 03-0691-1996, bila menggunakan bahan tambahan limbah *bottom ash* yang dikombinasi limbah las karbit sebagai campuran semen?; (4) Bagaimana ketahanan aus optimal pada *paving block* yang sesuai dengan SNI 03-0691-1996, bila menggunakan bahan tambahan limbah *bottom ash* yang dikombinasi limbah las karbit sebagai campuran semen?

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini berdasarkan dari rumusan masalah adalah: (1) Untuk mengetahui sifat tampak *paving block* dengan penambahan limbah *bottom ash* dan limbah las karbit sebagai bahan substitusi semen semen terhadap kualitas *paving block* yang sesuai dengan SNI 03-0691-1996; (2) Mengetahui kuat tekan *paving block* dengan penambahan limbah *bottom ash* dan limbah las karbit sebagai bahan substitusi semen semen terhadap kualitas *paving block* yang sesuai dengan SNI 03-0691-1996; (3) Mengetahui penyerapan air pada *paving block* dengan penambahan limbah *bottom ash* dan limbah las karbit sebagai bahan substitusi semen terhadap kualitas *paving block* yang sesuai dengan SNI 03-0691-1996; (4) Mengetahui ketahanan aus pada *paving block* dengan penambahan limbah *bottom ash* dan limbah las karbit sebagai bahan substitusi semen terhadap kualitas *paving block* sesuai SNI 03-0691-1996.

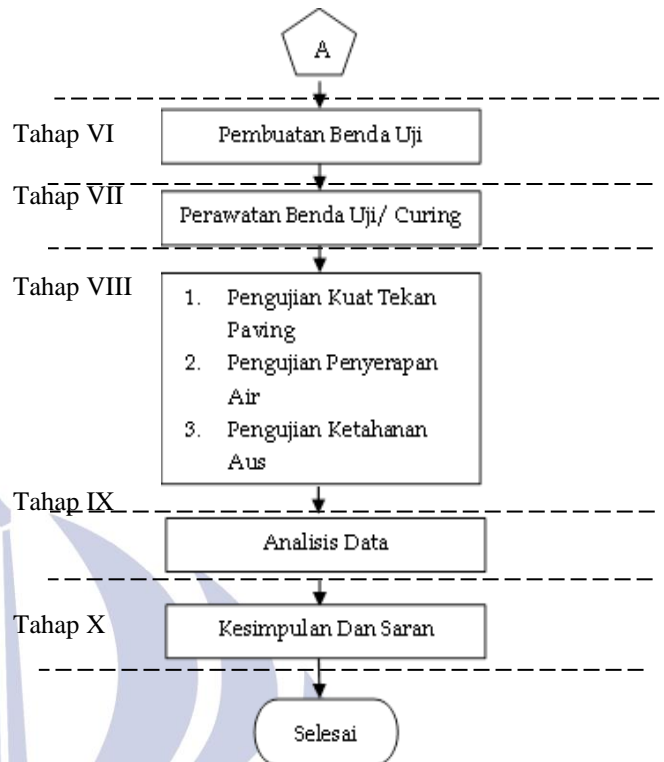
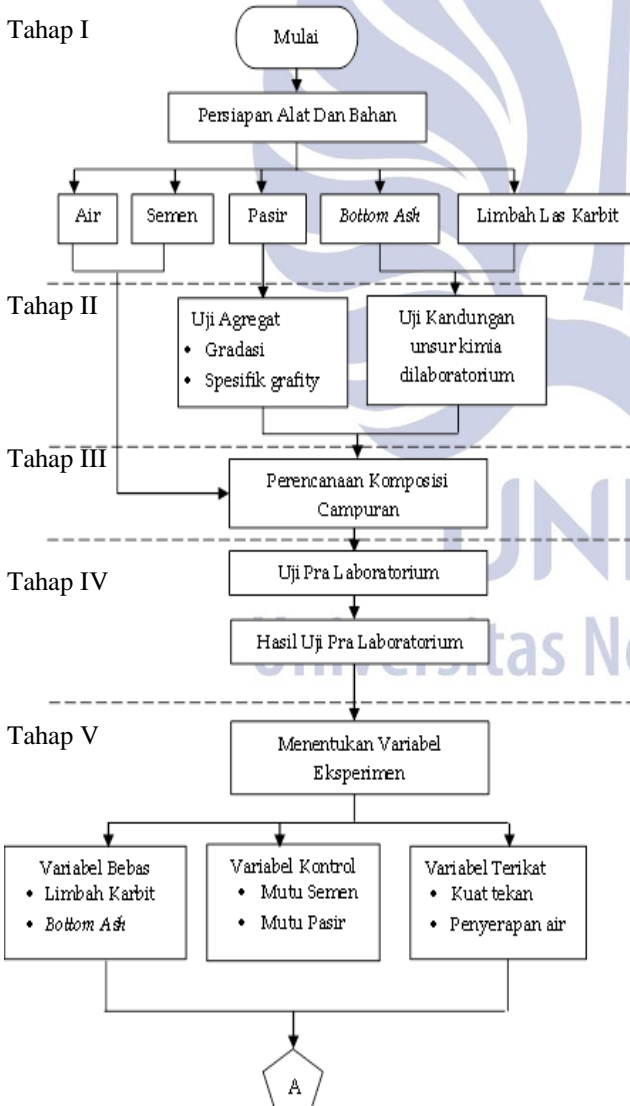
Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini dinilai secara teoritis yaitu sebagai salah satu sumbangan dalam pengembangan ilmu pengetahuan khususnya dalam dunia teknik sipil, sehingga menambah wawasan khususnya pada bahan alternatif pembuatan *paving block*. Sedangkan secara praktis, antara lain: (1) Sebagai bahan masukan pemanfaatan limbah *bottom ash* dan limbah las karbit baik kepada perusahaan terkait atau masyarakat sekitar; (2) Sebagai bahan masukan kepada industri pembuatan *paving block* dengan pemanfaatan limbah *bottom ash* dan limbah las karbit; (3) Dapat mengurangi pencemaran lingkungan akibat penumpukan limbah *bottom ash* dan limbah las karbit yang dihasilkan oleh industri yang menggunakan bahan bakar batu bara dan pengelasan karbit; (4) Dapat mengetahui kekuatan *paving block* sesuai SNI 03-0691-1996 dengan campuran limbah *bottom ash* batu bara dan limbah las karbit sebagai substitusi semen pada *paving block*.

Batasan-batasan dari penelitian ini, antara lain: (1) Pengujian dilakukan setelah benda uji berumur 28 hari; (2) Jenis benda uji berupa *paving block* tipe C berbentuk

persegi dengan ukuran cetakan 20 cm x 10,5 cm x 8 cm; (3) Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen gersik; (4) Faktor Air Semen yang digunakan dalam penelitian ini sebesar 0,3%; (5) Limbah las karbit diperoleh dari perusahaan baja industri pengelasan karbit yang ada di daerah Surabaya; (6) *Bottom Ash* diperoleh dari PT. Tjiwi Kimia, Mojokerto, Jawa Timur.

METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperemental, dimana percobaan dilakukan untuk mendapatkan kumpulan data, yang kemudian akan dianalisa secara statistik kuantitatif dan kualitatif. Tahapan penelitian dilakukan untuk mengetahui apa saja yang akan dilakukan dalam pembuatan *paving block* mulai dari perencanaan hingga dapat ditarik kesimpulan. Tahapan-tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini dapat dilihat dalam bagan alir (*flowchart*).



Gambar 1. Flow Chart Tahapan Penelitian

Variasi penggunaan limbah las karbit yaitu sebesar 13%, 14%, 15%, 16%, dan 17% dari kebutuhan bahan pengikat. Untuk komposisi antara bahan pengikat dan agregat halus yang digunakan pada variasi kontrol adalah 1 PC : 3 Pasir : 0,3 *Bottom Ash*. *Mix design* tersebut digunakan sebagai proporsi dalam pembuatan benda uji. Sebelum digunakan untuk pembuatan benda uji, dilakukan pengujian terhadap karakteristik bahan yaitu antara *botom ash* dengan pasir. Pengujian karakteristik meliputi uji kandungan kimia bahan dan uji analisa ayakan.

Pembuatan benda uji dilakukan dengan mencampurkan bahan-bahan yang digunakan menjadi campuran yang homogen. Proporsi fas yang digunakan dalam pembuatan benda uji sebesar 30% dari berat bahan pengikat yang dibutuhkan. Adukan yang telah homogen dituang dalam bak, kemudian dituangkan kedalam mesin cetakan paving dan dipadatkan dengan menggunakan mesin *hidraulis paving* dengan cara dipress. Setelah dilakukan pencetakan, paving dilepas dari cetakan dan diangin-anginkan. Proses perawatan (*curing*) pada *paving block* dilakukan dengan cara penyiraman sebanyak satu kali sehari selama 7 hari. Cara pengujian pada *paving block* adalah sesuai dengan yang tertera dalam SNI 03-0691-1996, yaitu meliputi: pengujian penyerapan air, pengujian kuat tekan, dan pengujian ketahanan aus.

Pengujian penyerapan air, sesuai dengan SNI 03-0691-1996 *paving block*, ini dimaksudkan untuk mengetahui persentase absorpsi benda uji dengan

perbandingan antara berat air yang terkandung pada paving block dengan berat paving block yang kering. Uji penyerapan air dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\text{Penyerapan air} = \frac{A - B}{B} \times 100\% \dots\dots\dots(2)$$

dengan:

Penyerapan air (%)

A = Berat benda dalam kondisi basah (gram)

B = Berat benda dalam kondisi kering (gram)

Pengujian kuat tekan, sesuai dengan SNI 03-0691-1996 *paving block*, dimaksudkan untuk menentukan kuat tekan paving block yang berbentuk balok yang dibuat di pabrik paving block dan dirawat (curing) di laboratorium Teknologi Beton UNESA. Uji kuat tekan dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\text{Kuat Tekan} = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(1)$$

dengan:

Kuat tekan (N/mm²)

P = gaya tekan (N)

A = luas bidang tekan (mm²)

Pengujian keausan, sesuai dengan SNI 03-0691-1996 *paving block*, ini dimaksudkan untuk mengetahui persentase ketahanan aus pada *paving block* yang diuji. Uji ketahanan aus dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\text{Ketahanan aus} = \frac{Ta - Tb}{Waktu} \dots\dots\dots(3)$$

dengan:

Ta = tebal sampel awal (mm)

Tb = tebal sampel sesudah diauskan (mm)

Waktu = dalam menit

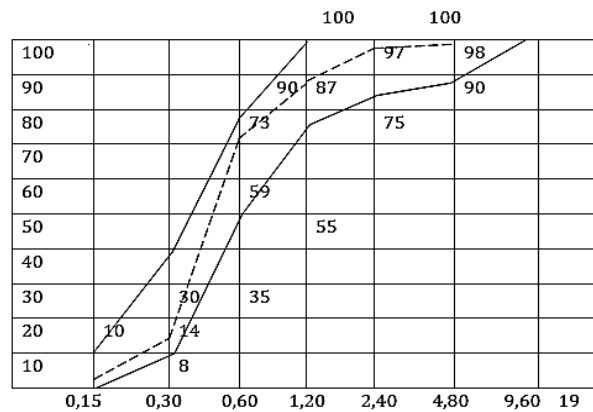
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil yang diperoleh dari dilakukannya penelitian adalah berupa data. Data-data tersebut diperoleh dari pembuatan benda uji *paving block* hingga proses pengujiannya sesuai dengan tahapan penelitian. Beberapa pengujian pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

Pengujian Karakteristik Material

Pengujian material yang dilakukan dalam penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui sifat dan karakteristik material-material yang digunakan dalam campuran mortar yang disesuaikan pada standar yang ada, seperti SNI dan ASTM. Pada penelitian ini pengujian yang dilakukan antara lain pengujian agregat halus (pasir) dan pengujian kadar kimia *bottom ash* dan limbah las karbit.

Pengujian agregat halus berupa pasir Lumajang dilakukan dengan uji analisa ayakan untuk mengetahui gradasi pasir tersebut dan uji berat jenis untuk mengetahui nilai berat jenis dari pasir Lumajang yang digunakan.



Gambar 2. Grafik Hasil Uji Analisa Ayakan Pasir

Dari grafik hasil uji analisa ayakan dapat diketahui bahwa pasir Lumajang masuk dalam zona 2, dengan FM (*Fineness Modulus*) = 229,2 : 100 = 2,29. Menurut Mulyono, 2003 agregat halus yang baik memiliki nilai FM antara 1,50 – 3,80, sehingga dalam hal ini pasir Lumajang termasuk dalam agregat halus yang baik digunakan dalam campuran paving. Sedangkan nilai berat jenis dan penyerapan air pada pasir Lumajang diperoleh hasil sebesar 2,75 gram/cm³ dengan penyerapan air sebesar 1,63%.

Untuk pengujian karakteristik pada *bottom ash* dan limbah las karbit dilakukan uji kadar kimia yaitu dengan uji XRF. Berdasarkan hasil uji XRF, kandungan kimia *bottom ash* yang paling besar adalah Fe sebesar 57,71% dilanjutkan dengan kandungan Si yang mencapai 19,6% diikuti dengan kandungan Ca 7,56% dan yang berikutnya adalah kandungan Al dengan 4,5%.

Tabel 1. Hasil Uji XRF *Bottom Ash*

No.	Komponen	Kadar (%)
1	Al	4,5 +/- 0,1
2	Si	19,6 +/- 0,2
3	K	1,0 +/- 0,01
4	Ca	7,56 +/- 0,02
5	Ti	1,1 +/- 0,003
6	V	0,06 +/- 0,004
7	Cr	0,28 +/- 0,005
8	Mn	0,51 +/- 0,009
9	Fe	57,71 +/- 0,05
10	Ni	1,18 +/- 0,02
11	Cu	0,21 +/- 0,004
12	Zn	0,02 +/- 0,01
13	Rb	0,33 +/- 0,01
14	Sr	0,9 +/- 0,03
15	Mo	2,9 +/- 0,02
16	Ba	0,37 +/- 0,004
17	Eu	0,5 +/- 0,03
18	Re	0,3 +/- 0,04

Dan untuk hasil uji XRF limbah las karbit didapatkan bahwa limbah las karbit memiliki kandungan kimia terbesar berupa Ca 97,21% diikuti dengan kandungan Fe 0,52 dan kandungan Si 0,37%.

Tabel 2. Hasil Uji XRF Limbah Las Karbit

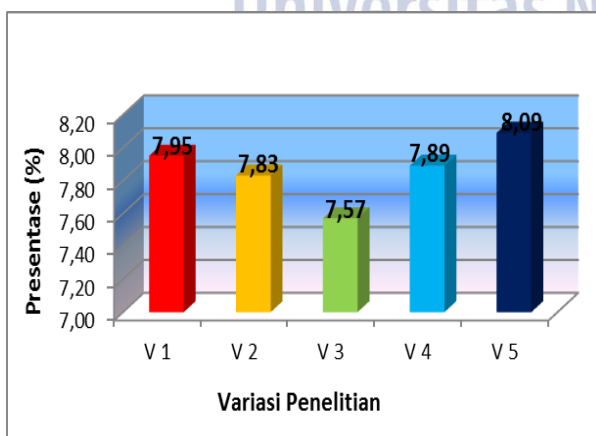
No.	Komponen	Kadar (%)
1	Si	0,37 +/- 0,19
2	Ca	97,21 +/- 0,36
3	Ti	0,12 +/- 0,02
4	Fe	0,52 +/- 0,008
5	Ni	0,985 +/- 0,011
6	Cu	0,098 +/- 0,003
7	Mo	0,6 +/- 0,5
8	Ba	0,2 +/- 0,05

Dari tabel hasil uji XRF dari *bottom ash* dan limbah las karbit terlihat bahwa kedua bahan tersebut memiliki kandungan kimia yang mirip dengan kandungan kimia yang terdapat pada semen. Kandungan kimia tersebut berupa kapur (CaO), silika (SiO₂), dan alumina (Al₂O₃).

Hasil Pengujian Paving Block

Penggunaan limbah las karbit dan *bottom ash* pada campuran *paving block* memiliki pengaruh baik secara fisik maupun secara pengujian sesuai dengan SNI 03-0691-1996. Pengaruh penggunaan *bottom ash* dan limbah las karbit dapat diketahui dengan melakukan pengujian secara fisik. dari *paving block* dengan campuran limbah *bottom ash* batu bara dan limbah las karbit telah memenuhi syarat *paving block* menurut SNI 03-0691-1996 yaitu tidak retak, permukaan rata, dan tidak mudah hancur pada bagian tepinya.

Selain berpengaruh terhadap sifat fisik juga berpengaruh terhadap nilai penyerapan air. Penggunaan *bottom ash* dan limbah las karbit menyebabkan terjadinya nilai fluktuatif pada penyerapan air.

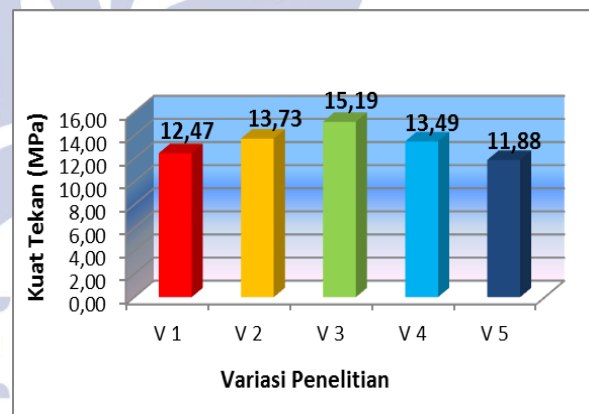


Gambar 3. Diagram Rata-Rata Penyerapan Air

Berdasarkan grafik tersebut diketahui terjadi penurunan penyerapan air dari 7,95% sampai dengan variasi pecampuran limbah las karbit 15% sebesar 7,57%. Kemudian mengalami peningkatan pada penggunaan limbah las karbit 17% sebesar 8,09%.

Dari pernyataan tersebut dapat diketahui bahwa penyerapan optimal *paving block* terdapat pada variasi ke 3 yaitu dengan rata-rata penyerapan 7,44%, menunjukkan bahwa nilai penyerapan ini berada dibawah nilai penyerapan paving kontrol yaitu sebesar 7,21% hal ini disebabkan karena adanya penambahan limbah las karbit yang sifat fisiknya sendiri memiliki penyerapan air yang tinggi.

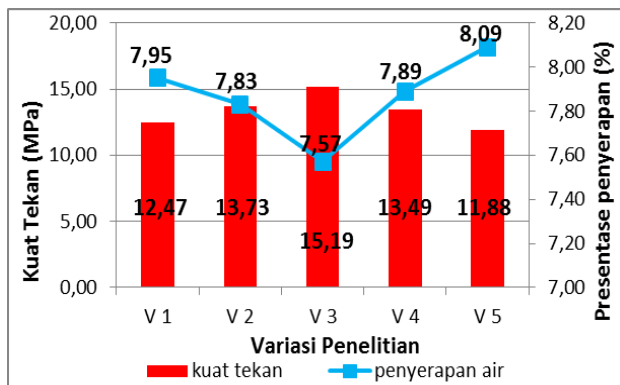
Ditinjau dari hasil uji kuat tekan, menunjukkan terjadinya peningkatan nilai kuat tekan dari 12,47 MPa hingga pada penggunaan limbah las karbit 15% menjadi 15,19 MPa. Kemudian mengalami penurunan hingga 11,88 MPa pada penggunaan limbah las karbit sebesar 17%. Hal ini dipengaruhi oleh kandungan silika (Si) dan kalsium (Ca) yang dimiliki *bottom ash* lebih rendah dari kandungan Si dan Ca pada semen. Akan tetapi, kandungan Ca yang kecil dapat di tingkatkan dengan mensubstitusikan limbah las karbit tetapi tidak dapat membantu menaikkan kuat tekan. Sehingga penurunan nilai kuat tekan.



Gambar 4. Diagram Rata-Rata Kuat Tekan

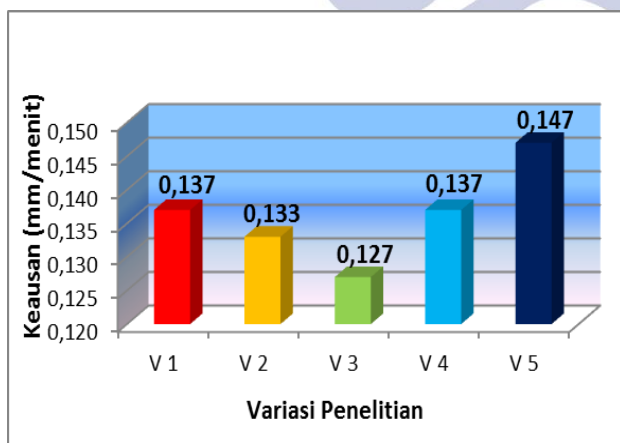
Jika dikaitkan dengan pengujian sebelumnya, antara nilai penyerapan air dan nilai kuat tekan memiliki keerkaitan. Semakin tinggi nilai kuat tekan *paving block* maka semakin rendah presentase penyerapan air paving block tersebut. Ini dikarenakan semakin tinggi nilai kuat tekan maka semakin sempit pori-pori yang ada didalam *paving block* tersebut sehingga air yang masuk pada *paving block* tersebut semakin sedikit sehingga nilai penyerapannya pun semakin kecil. Pernyataan ini juga didukung oleh penelitian Soehardjono, Prastumi, Taufik Hidayat dan Gagoek Soenaryo tahun 2013, yang menuliskan bahwa kuat tekan optimum *paving block* dengan campuran *bottom ash* sebagai pengganti semen

terdapat pada campuran *bottom ash* 30% dan juga menuliskan bahwa semakin tinggi kombinasi *bottom ash* yang digunakan akan menurunkan kuat tekan *paving block*. Sedangkan kadar penyerapan air sendiri akan semakin besar apabila kombinasi *bottom ash* yang digunakan semakin besar.



Gambar 5. Hubungan Kuat Tekan dan Penyerapan Air

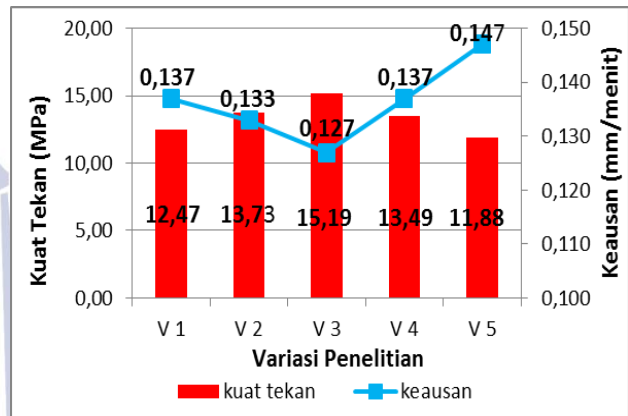
Ditinjau dari nilai keausan, hasil uji tersebut berbanding lurus dengan nilai penyerapan air. Hasil uji keausan menunjukkan bahwa terjadi penurunan dari 0,137 mm/menit menjadi 0,127 mm/menit pada penggunaan limbah las karbit 15%. Kemudian terjadi peningkatan hingga 0,147 pada variasi penggunaan limbah las karbit sebesar 17%. Hal ini dikarenakan dalam kandungan *bottom ash* terdapat kandungan besi (Fe) yang tinggi sehingga membuat paving tidak mudah mengalami keausan pada saat mengalami gesekan dengan ban kendaraan.



Gambar 6. Diagram Rata-Rata Keausan

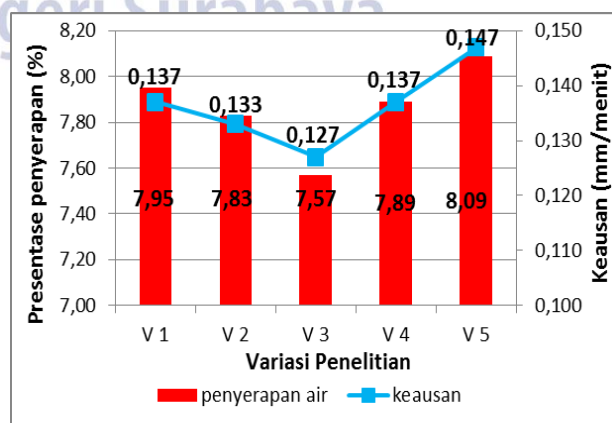
Apabila dikaitkan dengan pengujian sebelumnya, memiliki hubungan antara pengujian satu dengan pengujian yang lain. Sehingga hasil uji keausan memiliki hubungan dengan uji kuat tekan. Semakin tinggi nilai kuat tekan, nilai keausan paving akan semakin kecil. Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Iwan Wikana

dan Gulo tahun 2012, yang menyebutkan adanya hubungan antara kuat tekan dan ketahanan aus *paving block*, dalam penelitiannya dituliskan bahwa semakin tinggi nilai kuat tekan *paving block* maka akan semakin rendah nilai gesekan pada *paving block* hal ini diakibatkan oleh adanya pori-pori dalam *paving block* sehingga membuat kuat tekan menjadi berkurang dan membuat gesekan pada paving semakin besar



Gambar 7. Hubungan Kuat Tekan dan Keausan

Seperti halnya kuat tekan, keausan dan penyerapan air *paving block* juga memiliki keterkaitan. Semakin kecil keausan *paving block* maka semakin kecil pula nilai penyerapan *paving block* tersebut begitupun sebaliknya nilai penyerapan tinggi maka tingkat keausan pun akan semakin tinggi. Hal ini disebabkan oleh pori-pori pada *paving block* yang banyak dan besar sehingga membuat nilai penyerapan air semakin besar pula sehingga pada saat terjadi gesekan akan membuat nilai keausan *paving block* semakin besar pula. Pernyataan ini diperkuat dengan hasil penelitian oleh Iwan Wikana dan Gulo tahun 2012, yang menuliskan bahwa hubungan antara penyerapan air dan *paving block*, semakin besar nilai penyerapan air maka semakin besar pula nilai keausan *paving block* tersebut



Gambar 8. Hubungan Penyerapan Air dan Keausan

PENUTUP

Simpulan

Ditinjau dari sifat tampak, *paving block* dengan campuran *bottom ash* dan limbah las karbit memenuhi syarat sifat tampak SNI 03-0691-1996. Ditinjau pada grafik kuat tekan maka didapat komposisi optimal pada campuran variasi ketiga dengan komposisi 30% *bottom ash* dan 15% limbah las karbit dengan rata-rata nilai kuat tekan 15,19 Mpa. Ditinjau dari grafik penyerapan komposisi optimal ada pada variasi ketiga dengan komposisi 30% *bottom ash* dan 0,15% limbah las karbit dengan nilai rata-rata penyerapan 7,57%. Ditinjau dari hasil grafik ketahanan aus, hasil optimal ada pada variasi ketiga dengan nilai rata-rata ketahanan aus sebesar 0,127 mm/menit.

Saran

Beberapa saran yang diperoleh terkait penelitian ini, antara lain: (1) Perlu adanya penelitian lebih lanjut tentang *paving block* dengan campuran limbah *bottom ash* sebagai pengganti semen yang dikombinasikan dengan bahan lainnya; (2) Perlu adanya penelitian lebih lanjut tentang *paving block* menggunakan *bottom ash* dengan variasi faktor air semen; (3) Perlu adanya penelitian lebih lanjut tentang campuran *bottom ash* dan limbah las karbit dengan variasi *bottom ash* yang proporsi yang berbeda-beda; (4) Pada saat pembuatan benda uji campuran harus benar-benar homogen dan tercampur dengan baik; (5) Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang cara dan waktu curing *paving block*.

DAFTAR PUSTAKA

- Andre. 2012. *Studi Sifat Mekanik Paving Block Terbuat dari Campuran Limbah Adukan Beton dan Serbuk Kerang*. Depok: Universitas Indonesia.
- Anggraini, Retno. 2013. "Pengaruh Variasi *Bottom Ash* dalam Pasta Semen Terhadap Waktu Pengikatan Awal dan Akhir". *Jurnal Rekayasa Sipil*. Vol. 7 (1): hal (66-73)
- A. Buchwald, Et al. (2005). "The Influence of Calcium Content on the Performance of Geopolymeric Binder Especially the Resistance Against Acids". Makalah disajikan dalam *4th International Conference on geopolymer*, St. Quentin, France, 29.06.05-01.07.05
- Bobby Dean Pahlevi, Juyanti. 2013. *Lumpur Sidoarjo Bakar, Fly Ash Sebagai Substitusi Semen Dan Kapur (Ca(OH)) Untuk Campuran Beton Ringan Dengan Menggunakan Bubuk Aluminium Sebagai Bahan Pengembang*. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh November.
- Dowson, et A.J. all. 2000. *Mix Design For Concrete Block Paving*. UK
- Hendro Suseno. DKK. 2012. *Pengaruh Penggunaan Bottom Ash Sebagai Pengganti Tanah Liat Pada Campuran Bata Terhadap Kuat Tekan*. Malang: Universitas Brawijaya
- Ian Syahrial Hidayat Has. 2016. *Pengaruh Penambahan Limbah Gas Esetilen Pengganti Fly Ash Terhadap Kualitas Genteng Beton Sesuai SNI 0096:2007*. Surabaya. Universitas Negeri Surabaya.
- Moch. Husni Dermawan. 2011 *Model Kuat Tekan, Porositas, Dan Ketahanan Aus Proporsi Limbah Peleburan Besi Dan Semen Untuk Bahan Dasar Paving*. Jurnal Teknik sipil Universitas Negeri Semarang (UNNES) No.1: Vol 13, hal:(41-50).
- Nindya Rossavina. DKK. 2016. *Studi Pemanfaatan Limbah B3 Karbit Dan Fly Ash Sebagai Bahan Campuran Beton Siap Pakai (BSP) Studi Kasus PT. Varia Usaha Beton*. Surabaya. Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
- Puslitbang Teknologi Mineral Dan Batubara. 2003. Dinas <http://www.tekmira.esdm.go.id/> diakses pada 30 September 2016).
- Ristinah. Dkk. 2012. *Pengaruh Penggunaan Bottom Ash Sebagai Pengganti Semen Pada Campuran Batako Terhadap Kuat Tekan Batako*. Malang: Universitas Brawijaya.
- SNI 03-0691-1996 *Bata Beton (Paving Block)*. Badan Standardisasi Nasional
- SNI 2049:2015. *Semen Portland*. Badan Standardisasi Nasional
- SNI 03-6428-2000. *Metode Pengujian Ketahanan Abrasi Permukaan Beton atau Mortar Dengan Metode Pemotongan Berputar*. Badan Standardisasi Nasional
- Suprpto. 2009. "Pengaruh Penggunaan Kulit Kerang Pada Campuran Paving Stone Terhadap Kualitasnya". *Jurnal Teknika*. Vol. 10 (2): 109-116.
- Tjokrodinuljo, K. 1996. *Teknologi Beton*, Nafiri: Yogyakarta
- Tjokrodinuljo, K. 2007. *Teknologi Beton*, Nafiri: Yogyakarta
- Tim Penyusun Penulisan Skripsi. 2014. *Pedoman Penulisan Skripsi Program Sarjana Strata Satu (S-1)*. Surabaya. Universitas Negeri Surabaya.
- Wintoko, Bambang. 2007. *Sukses Wirausaha Batako Paving Block*. Pustaka Baru. Jakarta.
- Wikana Iwan, D. Gulo. 2012. *Pengaruh Penaambahan Tumbukan Batu Bata Merah Dan Pengurangan Semen Terhadap Kuat Tekan Serta Keausan Paving Block*. Jurnal Teknik Sipil. Universitas Kristen Immanuel Yogyakarta. *Jurnal Rekayasa Sipil*. Vol. 7 (1): hal. 76.

- Y.K, Arif. 2008. *Pemanfaatan Limbah Bottom Ash Sebagai Pengganti Semen Pada Genteng Beton Ditinjau Dari Segi Kuat Lentur dan Perembesan Air*. Malang: Universitas Brawijaya
- Putra, Yusuf Eka. 2016. "Pemanfaatan Limbah Sandblasting Sebagai Bahan Campuran Paving Block". *Jurnal Rekayasa Teknik Sipil*. Vol. 1: hal. 81-86
- Zulmahdi Darwis, Soelarso. 2013. *Pemanfaatan Steel Slag Untuk Bahan Baku Pembuatan Paving Block*. Jurnal Teknik sipil Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.

