

PEMANFAATAN ABU DASAR (*BOTTOM ASH*) DAN KAPUR SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN SEMEN PADA *PAVING BLOCK* SESUAI DENGAN SNI 03-0691-1996

Ria Nur Hayni¹, Prihantono², dan Anisah³

^{1,2,3}Pendidikan Teknik Bangunan, FT, UNJ

Email: anisah_mt@unj.ac.id

ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini adalah memanfaatkan bottom ash dan kapur sebagai pengganti parsial semen untuk mengetahui kualitas produk berdasarkan SNI 03-0691-1996 tentang paving block baik secara fisik maupun mekanik, sehingga dapat mengurangi jumlah limbah B3 yang tidak terpakai. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental, populasi paving block menggunakan bottom ash dan kapur sebagai pengganti sebagian semen sebesar 5 persen 25%, 30%, 35%, 40%, dan 45% dari jumlah semen yang digunakan dalam campuran normal. Penelitian ini menguji enam pengujian, yaitu: pengujian tekan, ketahanan aus, ketahanan terhadap natrium sulfat, uji absorpsi air dan pengujian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perbedaan kualitas produk mempunyai persentase yang berbeda, yaitu persentase 25% dan 30% menunjukkan kualitas B berdasarkan SNI 03-0691-1996. Persentase 35% menunjukkan mutu C dan 40% menunjukkan mutu D berdasarkan SNI 03-0691-1996. Persentase 45% menunjukkan hasil di bawah mutu berdasarkan SNI 03-0691-1996. Paving block optimum yang dihasilkan pada penelitian ini adalah 30% dengan hasil rata-rata 20,66 MPa pada uji tekan dan maksimum 21,86 MPa, ketahanan aus maksimum 0,086 mm / menit dari persentase 35% dan 2,25% merupakan jumlah maksimum untuk uji penyerapan air dari persentase 30%. Dalam penelitian ini semua produk yang menggunakan abu dasar dan kapur memiliki ketahanan natrium sulfat rata-rata 0,744%.

Kata kunci: paving block, limbah b3, bottom ash, kapur, semen

ABSTRACT

The purpose of this research is to utilize bottom ash and lime as substitute partial cement to know quality of product based on SNI 03-0691-1996 about paving block both physically and mechanically so that can reduce amount of B3 waste unused. This research used an experimental method, the population of paving block using bottom ash and lime as substitute partial of cement within 5 percentage 25%, 30%, 35%, 40%, and 45% of the amount of cement used in the normal mix. This research examined the six test, namely: testing of compressive test, wear resistance, resistance to sodium sulfate, water absorption and testing measure. The result showed that the difference of quality of product which have different percentage. Percentage 25% and 30% showed B quality based on SNI 03-0691-1996. Percentage 35% showed C quality and 40% showed a D quality based on SNI 03-0691-1996. Percentage 45% showed result below quality based on SNI 03-0691-1996. The optimum paving block produced in this research is 30% which has average 20,66 MPa result on compressive test and maximum 21,86 MPa, 0,086 mm/minute maximum for wear resistance from 35% percentage and 2,25% is maximum amount for water absorption test from 30% percentage. In this research all product which used bottom ash and lime has average 0.744% resistance of sodium sulfate.

Keywords: paving block, b3 waste, bottom ash, lime, cement

PENDAHULUAN

Pembuatan produk yang menggunakan bahan-bahan sisa atau limbah telah banyak dikembangkan pada saat ini, baik itu limbah pertanian maupun limbah industri. Pemanfaatan bahan-bahan limbah ini memiliki banyak keuntungan, di antaranya harganya yang murah dan dapat memberikan nilai tambah bagi produk tersebut. Salah satu contohnya adalah pemanfaatan abu dasar (*bottom ash*). Abu dasar (*bottom ash*) adalah salah satu limbah padat yang dihasilkan dari proses pembakaran batubara dalam PLTU. *Bottom ash* merupakan salah satu limbah B3 berdasarkan PP No.101 tahun 2014 tentang pengelolaan limbah B3 (Aziyar & Lisha, 2019).

Batu bara banyak digunakan pada industri besar di Indonesia. Jumlah produksi batu bara pada tahun 2013 mencapai 450 juta ton dengan penggunaan jumlah konsumsi sebesar 70,320 juta ton dan sekitar 60,49 juta ton dialokasikan untuk PLTU (Badan Pusat Statistik, 2013:2). Hal ini juga menyebabkan hasil pembakaran batu bara menyumbang limbah yang besar terutama pada PLTU. *Bottom ash* memiliki kontribusi sekitar 20%-30% dari limbah batu bara (Kurniawan & Widiastuti, 2017). *Bottom ash* kaya akan kandungan silika, kalsium, aluminium dan besi (Whittaker M., Taylor, Li, Li, & Black, 2009). Oleh sebab banyaknya jumlah abu dasar (*bottom ash*) yang tidak digunakan tetapi dapat dimanfaatkan, maka abu dasar tersebut diharapkan dapat digunakan dalam pembuatan *paving block* karena kandungan *bottom ash* yang berpotensi dapat menggantikan semen.

Menurut SNI 03-0691-1996, *paving block* merupakan suatu komposisi bahan bangunan yang dibuat dari campuran semen *Portland* atau bahan perekat, air, dan agregat dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya yang tidak mengurangi mutu beton itu. *Paving block* dikenal juga dengan sebutan bata beton (*concrete block*) atau *cone blok*. *Paving block* banyak digunakan untuk perkerasan jalan seperti trotoar, areal

parkiran, jalanan pemukiman atau kompleks perumahan, dan taman (Adi, 2017). *Paving block* digolongkan dalam beberapa kategori mutu sebagai berikut :

Tabel 1. Kategori Mutu *Paving block*

Mutu	Kuat Tekan (MPa)		Klasifikasi Penggunaan
	Rata-Rata	Minimal	
A	40	35	Jalan
B	20	17	Pelataran Parkir
C	15	12,5	Pejalan Kaki
D	10	8,5	Taman dan Penggunaan lain

Pada penelitian yang dilakukan oleh Agoes Soehardjono, dkk (2013) mengenai penggunaan *bottom ash* untuk pengganti sebagian semen pada *paving block* dengan variasi 0%, 25%, 30%, 40%, 45%, 50%,

55%, dan 60% dari berat semen, dari penelitian ini didapatkan bahwa kadar optimum penggunaan *bottom ash* adalah 30%. *bottom ash* yang dapat mencapai mutu A, yaitu variasi 25%, 30% dan mutu Badalah variasi 35% dan 40%. Pada penelitian ini juga dianjurkan agar memvariasikan faktor air semen dan menambahkan bahan tambah agar *bottom ash* dapat memenuhi kandungan kimia yang setara dengan semen.

Melihat kandungan kimia *bottom ash* terutama kalsium yang terkandung di dalamnya tidak setara dengan kandungan kalsium yang berada di dalam semen. Disarankan menggunakan kapur dimaksudkan agar menambahkan senyawa kalsium yang kurang pada *bottom ash* (Soehardjono, Prastumi, & Hidayat, 2013). Kapur mentah yang merupakan senyawa CaO memiliki fungsi untuk menghasilkan energi panas dalam pembentukan hidrat dalam bahan ikat seperti semen (Sormin, Olivia, & Saputra, 2017). Menurut Mulyono (2005, hal. 22) kapur adalah bahan pengikat yang sudah dimanfaatkan dari zaman Romawi dan Yunani. Menurut SNI 15-2049-2004, Kapur Merupakan bahan penyusun semen terbanyak dengan kandungan 58%-65% dari berat semen.

Pada penelitian digunakan kapur tohor karena kapur yang diperjualbelikan saat ini memiliki kemungkinan kandungan pemutih di dalamnya jika dalam bentuk bubuk.

Pemanfaatan Abu Dasar... (Ria/ hal. 14-22)

Sedangkan kapur tohor merupakan kapur yang pada dasarnya berbentuk bongkahan, sehingga tidak terdapat kandungan pemutih di dalamnya. Kapur tohor merupakan hasil pembakaran batu kapur alam yang komposisinya sebagian besar merupakan kalsium karbonat (CaCO_3) pada temperatur di atas 900 derajat Celcius terjadi proses kalsinasi dengan pelepasan gas CO_2 hingga tersisa padatan CaO atau bisa juga disebut quick lime (Sormin, Olivia, & Saputra, 2017).

Dalam penelitian ini akan dilakukan pembuatan *paving block* dengan menggunakan bahan *bottom ash* dan kapur sebagai pengganti semen. Dalam hal ini, ditinjau sejauh mana mutu yang dihasilkan dari penggunaan *bottom ash* dan kapur sebagai pengganti sebagian semen pada pembuatan *paving block* memenuhi standar SNI 03-0691-1996 tentang bata beton (*paving block*). Dalam hal ini, mutu yang ingin dicapai adalah mutu A standar SNI 03-0691-1996 karena pada penelitian relevan yang dilakukan oleh Agoes Soehardjono penggunaan abu dasar maksimal dapat mencapai mutu A.

METODE

A. Tahap Persiapan

Bahan-bahan yang akan digunakan dipersiapkan terlebih dahulu seperti *bottom ash*, kapur tohor, semen, agregat halus dan air.

B. Tahap Pemeriksaan Bahan

Pemeriksaan bahan dilakukan untuk mengetahui sifat bahan seperti di bawah ini:

1. Semen

Pengujian ini menggunakan semen tipe I dan dilakukan sesuai SNI 15-7064-2004.

2. Agregat Halus

a. Pemeriksaan zat organik dalam pasir bertujuan untuk

menentukan adanya kandungan bahan organik dalam pasir yang dapat memengaruhi kualitas *paving block* dilakukan sesuai dengan SNI 03-1755-1990.

- b. Pengujian kadar air pasir sesuai SNI 03-1971-1990.
- c. Pengujian kadar lumpur pasir sesuai dengan SNI 03-1753-1990.
- d. Pengujian gradasi pasir sesuai dengan SNI 03-1968-1990.
- e. Pengujian spesifik gravity dan penyerapan air pasir sesuai dengan SNI 03-1970-1990

3. Air

Air yang digunakan adalah air PAM, sehingga tidak dilakukan pengujian.

C. Tahap Pembuatan Benda Uji

Benda uji dibuat dengan ukuran 21 cm x 10,5 cm x 8 cm dengan menggunakan mesin press hidrolik. Pembuatan benda uji *paving block* menggunakan perbandingan semen : pasir = 1:4, dengan ketentuan:

1. Kelompok N, dengan komposisi normal [0% *bottom ash* dan kapur +100% semen] : 4 pasir.
2. Kelompok A, dengan komposisi [(25% yang terdiri dari: 18,75% *bottom ash* + 6,25% kapur) + 70% semen] : 4 pasir.
3. Kelompok B, dengan komposisi [(30% yang terdiri dari: 22,5% *bottom ash* + 7,5% kapur) + 70% semen] : 4 pasir.
4. Kelompok C, dengan komposisi [(35% yang terdiri dari: 26,25% *bottom ash* + 8,75% kapur) + 65% semen] : 4 pasir.
5. Kelompok D, dengan komposisi [(40% yang terdiri dari: 30% *bottom ash* + 10% kapur) + 60% semen] : 4 pasir.
6. Kelompok E, dengan komposisi [(45% yang terdiri dari: 33,75% *bottom ash* + 11,25% kapur) + 55% semen] : 4 pasir

Perbandingan antara *bottom ash* dan kapur adalah 1:4. Dimana jumlah masing-masing kelompok adalah 20 buah (5 buah benda uji untuk tes kuat tekan dan 5 benda uji untuk tes penyerapan air, 1 buah untuk uji ketahanan aus, 2 buah untuk uji natrium sulfat), sehingga total *paving block* yang dibuat adalah 120 buah. Ukuran yang dibuat adalah 21 cm x 10,5 cm x 8 cm. Tahap pembuatan benda uji sebagai berikut:

1. Menyiapkan bahan penyusun *paving block*

Menimbang bahan-bahan penyusun *paving block*, yaitu semen, pasir, *bottom ash*, kapur dan air dengan berat yang telah ditentukan dalam perencanaan campuran. Mempersiapkan cetakan *paving block* dan peralatan lain yang dibutuhkan.

2. Pengadukan campuran *paving block*

Masukkan air 70% dari air yang dibutuhkan dengan faktor air semen 0,5 ke mesin pengaduk kemudian masukkan semen, pasir, *bottom ash*, kapur dengan proporsi campuran 0%, 25%, 30%, 35%, 40%, dan 45% dari berat semen. Sisa air dimasukkan sedikit demi sedikit dalam jangka waktu $\pm 3-5$ menit. Pengadukan dilakukan satu kali untuk setiap proporsi campuran dan dilakukan pemeriksaan tingkat kelembaban campuran agar benda uji menyatu pada saat dicetak.

3. Pencetakan *paving block*

Adukan *paving block* dimasukkan cetakan. Adukan diisi hingga penuh kemudian di getarkan dan kemudian di press. Permukaan *paving block* kemudian diratakan apabila terdapat permukaan yang tidak rata. *Paving block* disusun dengan menggunakan papan sebagai alas terlebih dahulu hingga *paving block* agak mengeras (6 jam).

4. Pemeliharaan *paving block*

Paving block yang telah selesai dicetak, didiamkan terlebih dahulu pada suhu ruangan selama 24 jam. Kemudian *paving block* disiram pagidan sore selama 3 hari kemudian dibawa ke laboratorium. *Paving block* kemudian direndam dalam air selama 28 hari.

D. Tahap Pengujian Bedan Uji

Pengujian yang akan dilakukan menggunakan SNI 03-0691-1996 sebagai standar pengujian. Pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Uji Sifat Tampak

Paving block harus mempunyai permukaan yang rata, tifak terdapat retak-retak dan cacat, bagian sudut dan rusuknya tidak mudah direpihkan dengan kekuatan jari tangan. Hal ini dapat diperiksa dengan pengamatan yang teliti. *Paving block* disusun di atas permukaan yang rata sebagaimana pada pemasangan yang sebenarnya.

2. Uji Ukuran

Paving block harus mempunyai ukuran tebal nominal minimum 60 mm dengan toleransi +8%. Digunakan peralatan caliper atau sejenisnya dengan ketelitian 0,1 mm. pengukuran tebal dilakukan terhadap 3 tempat yang berbeda dan diambil nilai rata-rata. Pengujian dilakukan terhadap 10 buah benda uji.

3. Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan melalui prosedur sebagai berikut:

- a. Ambil 10 buah contoh uji masing-masing dipotong berbentuk kubus dengan ukuranyang disesuaikan dengan ketebalan, yaitu 8cm x 8 cm x 8 cm dan rusuk-rusuknya disesuaikan dengan ukuran benda uji.
- b. Benda uji yang telah dipotong kemudian diukur menggunakan peralatan kapiler dan sejenisnya dengan ketelitian 0,1mm.

- c. Benda uji di masukkan ke dalam oven selama 24 jam dengan suhu 110°C.
- d. Benda uji yang telah siap, ditekan hingga hancur dengan mesin penekan yang dapat diatur kecepatannya. Kecepatan penekanan dari mulai pemberian beban sampai contoh uji hancur, diatur dalam waktu 1 sampai 2 menit. Arah penekanan pada contoh uji disesuaikan dengan arah tekanan beban di dalam pemakaiannya.
- e. Kuat tekan dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{kuat tekan} = \frac{P}{L}$$

Keterangan :

P = Beban tekan (N)

L = Luas bidang tekan (mm²)

4. Ketahanan Aus

Ketahanan aus melalui prosedur sebagai berikut :

- a. Ambil lima buah benda uji dipotong berbentuk bujur sangkar dengan ukuran 50 mm x 50 mm dan tebal 20 mm (untuk pengujian ketahanan aus).
- b. Sisa dari pemotongan dibuat benda uji persegi dengan ukuran 50mm x 20 mm dan 20 mm (untuk penentuan berat jenis yang akan digunakan pada perhitungan ketahanan aus).
- c. Benda uji yang akan digunakan untuk aus dan berat jenis dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 110° selama 24 jam.
- d. Penandaan berat jenis disesuaikan dengan penandaan pada benda uji aus.
- e. Mesin aus yang dipergunakan, cara-cara mengaus dan mencari berat jenis disesuaikan dengan SNI 03-0028-1987, cara uji

ubin semen. Berikut ini merupakan tata cara ubin semen berdasarkan SNI 03-0028-1987:

- Penentuan berat jenis (benda uji persegi dengan ukuran kurang dari 20mm). Benda uji dibersihkan kemudian dikeringkan sampai berat tetap lalu ditimbang sampai ketelitian 1 mg. Kemudian dihitung berat jenis dari benda uji (Bj) dengan menghitung volume dari benda uji dan berat benda uji. Kemudian hitung berat jenis dengan menggunakan rumus :
$$\text{Berat Jenis} = \frac{\text{Massa}}{\text{Volume}}$$
- Benda uji diukur dan ditimbang, kemudian diletakkan di dalam mesin pengaus yang telah diberi beban tambahan untuk menekan benda uji dan bahan pengaus, yaitu pasir kuarsa.
- Mesin pengaus dijalankan selama 2,5 menit kemudian benda uji diputar 180°. Pengujian dilakukan selama 5 menit (w).
- Selama pengausan berlangsung diperhatikan apakah benda uji rusak atau serpih.
- Benda uji yang tidak rusak selama pengausan dibersihkan dengan kuas dan ditimbang dengan ketelitian 10 mg.
- Catat hasil penimbangan dan hitung selisih berat benda uji sebelum dan sesudah diaus (A).
- Ketahanan Aus masing-masing benda uji dihitung sebagai berikut:

$$\text{Ketahanan Aus} = \frac{A \times 10 \times 1.222}{B_j \times 1 \times w} \frac{\text{mm}}{\text{menit}}$$

Keterangan:

A = selisih berat benda uji sebelum dan setelah di Aus

B_j = berat jenis benda uji

I = luas permukaan bidang aus (cm²)

w = waktu pengausan (menit)

1.222 = koefisien mesin uji aus yang digunakan

- Hitung ketahanan aus rata-rata (jumlah dari nilai aus tiap benda uji dibagi dengan jumlah benda uji yang diaus) dinyatakan dalam mm/menit.

5. Ketahanan Terhadap Natrium Sulfat

Pengujian ketahanan terhadap natrium sulfat dengan prosedur sebagai berikut :

- a. Dua buah benda uji utuh (bekas pengujian ukuran) dibersihkan dari kotoran-kotoran yang melekat, kemudian dipotong dengan ukuran 50mm x 50 mm x 10 mm, keringkan benda uji dalam oven pada suhu (110)°C hingga berat tetap, lalu didinginkan dalam eksikator.
- b. Larutkan natrium sulfat dengan proporsi 1 liter aquades di campurkan dengan 282 gram natrium sulfat sesuai dengan SOP laboratorium yang berlaku.
- c. Setelah dingin ditimbang sampai ketelitian 0,1 gram, kemudian direndam dalam larutan jenuh garam natrium sulfat selama 16 sampai dengan 18 jam, setelah itu diangkat dan didiamkan dulu agar cairan yang berlebihan meniris.
- d. Selanjutnya benda uji dijemur agar terkena cahaya matahari selama 30 menit.
- e. Benda uji dimasukkan kembali ke dalam wadah yang berisi larutan

jenuh natrium sulfat selama 16 sampai 18 jam.

- f. Ulangi perendaman dan pengeringan sampai 5 kali berturut-turut.
- g. Pada pengeringan yang terakhir, benda uji dicuci sampai tidak ada lagi sisa-sisa garam sulfat yang tertinggal.
- h. Untuk mengetahui bahwa tidak ada lagi garam sulfat yang tertinggal, larutan pencucinya dapat diuji dengan larutan BaCl₂.
- i. Untuk mempercepat pencucian dapat dilakukan pencucian dengan air panas bersuhu kurang lebih 40-50°C.
- j. Setelah pencucian sampai bersih, benda uji dikeringkan dalam dapur pengering sampai berat tetap (±2-4 jam), didinginkan dalam eksikator. Kemudian ditimbang lagi sampai ketelitian 0,1 gram.
- k. Di samping itu diamati keadaan benda uji apakah setelah perendaman dalam larutan garam sulfat terjadi atau tampak adanya retakan, gugusan atau cacat-cacat lainnya.
- l. Laporkan keadaan setelah perendaman itu dengan kata-kata:
 - Baik/tidak cacat, bila tidak tampak adanya retak-retak atau perubahan lainnya
 - Cacat/retak-retak, bila tampak adanya retak-retak (meskipun kecil), rapuh, dan gugus dan lain-lain.
- m. Apabila selisih penimbangan sebelum perendaman dan setelah perendaman tidak lebih besar dari 1% dan benda uji tidak cacat, maka dinyatakan benda-benda uji tadi baik. Bila selisih penimbangan dari 2 diantara 3 benda uji tadi lebih besar dari 1%, sedangkan benda uji baik (tidak cacat) dinyatakan bahwa benda uji secara keseluruhan

menjadi cacat.

6. Penyerapan Air

Pengujian penyerapan air menggunakan prosedur sebagai berikut:

- a. Lima buah benda uji dalam keadaan utuh direndam dalam air hingga jenuh (24 jam), pada suhu kurang lebih 110°C sampai beratnya dua kali penimbangan berselisih tidak lebih dari 0,5% penimbangan yang terdahulu.
- b. Penyerapan air dihitung sebagai berikut :

Penyerapan Air

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

Keterangan :

A = Berat *paving block* basah

B = Berat *paving block* kering

E. Metode Penelitian

Metode yang akan dilakukan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen di laboratorium dengan benda uji *paving block* yang menggunakan *bottom ash* dan kapur dengan perbandingan terhadap berat semen.

F. Perlakuan Penelitian

Pada penelitian ini akan dilakukan pengujian berdasarkan SNI 03-0691-1996, dengan perlakuan sebagai berikut :

Tabel 2. Jumlah Sampel Uji Berdasarkan SNI 03-0691-1996

No	Perlakuan	Jumlah Sampel Utuh (buah) dan Ukuran Sampel (cm)				
		Uji Ukuran dan Sifat Tampak	Uji Tekan	Uji Ketahanan aus	Uji Penyerapan Air	Uji Ketahanan Natrium Sulfat
	Dimensi (cm)	(21x10,5 x6)	(6x6x6)	(5x5x2)	(21x10,5x 6)	(5x5x1)
1	A	10	5	5	5	2
2	B	10	5	5	5	2
3	C	10	5	5	5	2
4	D	10	5	5	5	2
5	E	10	5	5	5	2

G. Teknik Analisis Data

Teknik analisis data yang digunakan

adalah analisis statistik deskriptif. Bambang Suryoatmono (2004, hal. 18) menyatakan statistika deskriptif adalah statistika yang menggunakan data pada suatu kelompok untuk menjelaskan atau menarik kesimpulan mengenai kelompok itu saja. Statistik deskriptif dapat dinyatakan dengan frekuensi, mode, mean dan keragaman (variability). Pada penelitian ini akan dilakukan statistika deskriptif dengan menggunakan mean (nilai rata-rata) tiap variasi campuran dan tiap jenis pengujian yang akan dijelaskan dalam bentuk tabel dan grafik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil penelitian *paving block* yang menggunakan abu dasar (*bottom ash*) dan kapur sebagai pengganti sebagian semen dengan persentase 0%, 25%, 30%, 35%, 40%, dan 45% dapat kita lihat bahwa mutu yang dicapai oleh setiap pengujian berbeda. Mutu yang dicapai oleh setiap kelompok uji diambil dari mutu terendah yang dicapai pada pengujian. Sementara pengujian ketahanan terhadap natrium sulfat tidak termasuk dalam pengelompokan mutu *paving block* sesuai SNI 03-0691-1996. Ketahanan terhadap natrium sulfat hanya dimaksudkan untuk mengetahui nilai ketahanan pada natrium tanpa menggolongkan mutu dari kelompok uji. Berikut ini merupakan tabel mutu berdasarkan hasil penelitian :

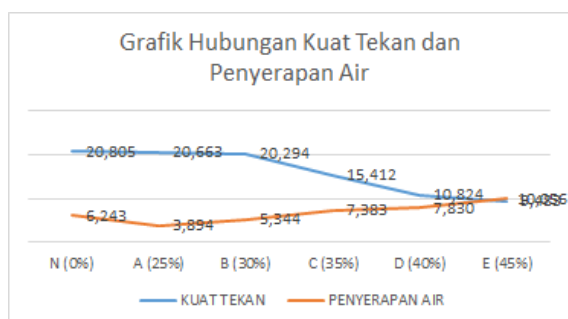
Tabel 3. Mutu Kelompok Uji Berdasarkan SNI 03-0691-1996

No	Kelompok Uji	Mutu berdasarkan Jenis Pengujian		
		Pengujian Tekan	Ketahanan Aus	Penyerapan Air
1	N (0%)	B	B	B
2	A (25%)	B	B	A
3	B (30%)	B	B	B
4	C (35%)	C	A	C
5	D (40%)	D	B	C
6	E (45%)	-	D	-

Penggunaan *bottom ash* dan kapur sebagai pengganti sebagian semen dengan persentase 25%, 30%, 35%, 40%, dan 45% dari berat semen dengan komposisi 1

semen: 4 pasir dapat mencapai mutu B-D. Persentase 25% dan 30 % mencapai mutu B, 35% mencapai mutu C, 40% mencapai mutu D dan 45% tidak dapat digolongkan dalam mutu. Kuat tekan rata-rata yang dihasilkan oleh *paving block* A sampai dengan E adalah 20.6 MPa, 20.2 MPa, 15.4 MPa, 10.8 MPa, 10.8 MPa, dan 9.4 Mpa secara berturut-turut dengan penyerapan air 3.89%, 5.34%, 7.38%, 7.82%, 10,05% dan ketahanan aus 0.145 mm/menit, 0.159 mm/menit, 0.127 mm/menit, 0.155 mm/menit, dan 0.230 mm/menit.

Ketahanan terhadap natrium sulfat pada benda uji mencapai 0.60%~0.89%, sehingga benda uji seluruh kelompok dinyatakan lolos uji dan dapat dipergunakan karena tidak lebih dari 1%. Nilai kuat tekan rata-rata *paving block* yang menggunakan *bottom ash* dan kapur sebagai pengganti sebagian semen adalah 15.33 MPa. Nilai maksimal kuat tekan adalah 23.57 MPa terdapat pada kelompok uji B.



Gambar 1. Grafik Hubungan Kuat Tekan dan Penyerapan Air

Dapat dilihat dari gambar histogram di atas bahwa kuat tekan berbanding terbalik dengan penyerapan air pada hasil penelitian yang telah dilakukan. Hal ini disebabkan oleh semakin tingginya penyerapan air, maka semakin banyak rongga pada benda uji (porositas). Sehingga pada saat pengujian tekan hal ini menyebabkan rendahnya nilai kuat tekan. Ketahanan natrium sulfat dan ketahanan aus tidak saling memengaruhi karena

ketahanan aus bergantung kepada lapisan atas benda ujudan ketahanan natrium sulfat bergantung pada komposisi kimia bahan penyusun benda uji. Penambahan kapur dan *bottom ash* pada *paving block* tidak menghasilkan mutu yang semakin baik. Mutu yang optimum dihasilkan pada campuran 25% dan 30%. Berdasarkan penelitian relevan pada penelitian ini dimana hasil pengujian kuat tekan dan penyerapan air disimpulkan bahwa penggunaan 25%,30%,35% dan 40% termasuk antara mutu A dan B. Penggunaan 45% termasuk mutu B (Soehardjono, Prastumi, & Hidayat, 2013, hal. 4). Mutu yang dihasilkan lebih rendah dibandingkan *paving block* yang hanya menggunakan *bottom ash* sebagai pengganti semen.

Dapat diperkirakan bahwa penambahankapur dan *bottom ash* sebagai pengganti sebagian semen tidak mencapai hasil yang maksimal. Perbedaan kandungan persentase kandungan kimia, kandungan logam alkali yang bertambah, kandungan TiO₂ dan faktor teknis pembuatan, yaitu pencampuranbahan yang tidak merata akibat mesinpengaduk yang tidak sesuai dengan jumlah campuran, penambahan lapisan atas benda uji yang tidak sesuai dengan FAS yang digunakan dan mesin press manual yang memiliki kekuatan press yang tidak merata adalah alasan penambahan *bottom ash* dan kapur tidak mencapai hasil yang maksimal.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian *paving block* yang menggunakan abu dasar (*bottomash*) dan kapur sebagai pengganti sebagian semen, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

Semakin banyak penggunaan bahan substitusi semen menyebabkan penurunan mutu. Sehingga penggunaan *bottom ash* dan kapur tidak dapat mencapai mutu A. Mutu maksimal yang dapat dihasilkan adalah

Pemanfaatan Abu Dasar... (Ria/ hal. 14-22)

mutu B dan mutu yang terendah di bawah mutu D sesuai SNI 03-0691-1996. Dengan membandingkan persentase kelompok uji A~E dengan kelompok uji N (campuran normal). Mutu kelompok uji A(25%) dan B(30%) memiliki kualitas yang dapat disetarakan dengan kelompok uji N (0%). Sebagai pemanfaatan dapat digunakan sampai dengan persentase 30%.

DAFTAR PUSTAKA

- Adi, A. S. (2017). Analisa Persentase Penambahan *Fly Ash* dan *Bottom Ash* pada Campuran Beton dalam Pembuatan Paving Block. 5(2).
- Aziyar, A., & Lisha, S. (2019). Pemanfaatan Limbah Abu Dasar Batubara (*Bottom Ash*) Sebagai Logam Fe pada Limbah Cair PLTU Teluk Sirih, Sumatra Barat. *Jurnal Aerasi*, 1(1).
- Kurniawaan, R. Y., & Widiastuti, N. (2017). Sintetis Zeolit-A dari Abu Dasar Batu Bara dengan Pemisahan Fe dan Ca. *Jurnal Sains & Seni*, 6(1).
- Mulyono, T. (2005). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: PT. ANDI.
- Soehardjono, A., Prastumi, P., & Hidayat, T. (2013). Pengaruh Penggunaan *Bottom Ash* Sebagai Pengganti Semen terhadap Nilai Kuat Tekan dan Kemampuan Resapan Air Struktur Paving. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 7(1).
- Sormin, L. S., Olivia, M., & Saputra, E. (2017). Porositas dan Sorptivity Beton OPC dan Beton OPC Pofa dengan Perbaikan Air Gambut Sebagai Air Pencampur Menggunakan Kapur Tohor di Lingkungan Gambut. *Jom FTEKNIK*, 4(2).
- Suparni, S. R. (2009). *Kapur Putih*.
- Suryoatmono, B. (2004). *Statistika dan Probabilitas*. Bandung: Fakultas Teknik Universitas Katolik Parahyangan.
- Whittaker, M., Taylor, R., Li, Q., Li, S., & Black, L. (2009). The Behaviour of Finely Ground *Bottom Ash* in *Portland Cement*. *29th Cement and Concrete Science Conference*.
- Whittaker, M., Taylor, R., Li, S., Li, Q., & Black, L. (2012). The Effect of *Bottom Ash* as a Partial Cement Replacement.