

## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Uji Pendahuluan

Uji pendahuluan meliputi pemeriksaan bahan yakni pemeriksaan agregat halus, semen, dan bubuk kaca. Adapun hasil pemeriksaan bahan dapat dilihat pada Tabel 4.1.

**Tabel 4.1. Hasil Pemeriksaan Bahan**

No	Jenis Pengujian Bahan	Bahan yang Diuji			
		Agregat Halus	Semen	Bubuk Kaca	Bubuk Kaca 50% + Semen 50%
1	Berat Jenis	-	3,12 gr/ml	2,56 gr/ml	-
2	Konsistensi Normal	-	0,268	-	0,233
3	Waktu Ikat Awal	-	93 menit	-	106 menit
4	Kadar Air		-	0,3%	
5	Uji Kadar Lumpur	3,85%	-	-	-
6	Kandungan Zat Organik	Tidak Ada	-	-	-
7	Modulus Halus Butir	3,46	-	-	-

Pemeriksaan bahan yang dilakukan pada semen dan bubuk kaca meliputi pemeriksaan berat jenis (SNI 03-2531-1991), konsistensi normal (SNI 03-6826-2002), waktu ikat awal (SNI 03-6827-2002), dan uji penyerapan air pada bubuk kaca mengacu pada SNI 03-6863-2002 tentang metode pengambilan contoh dan pengujian abu terbang atau pozzolan alam sebagai mineral pencampur dalam beton semen portland.

## 4.2. Deskripsi Data

### 4.2.1. Pandangan Luar

Pemeriksaan pandangan luar menurut SNI 03-0691-1996 pada bata beton *paving block* meliputi permukaan yang rata, tidak terdapat retak-retak dan cacat, bagian sudut dan rusuknya tidak mudah direpihkan dengan kekuatan jari tangan. Syarat penentuan kelulusan *paving block* disimpulkan melalui penglihatan visual dan sentuhan pada benda uji. Hasil pemeriksaan pandangan luar *paving block* dapat dilihat pada Tabel 4.2.

**Tabel 4.2. Hasil Pemeriksaan Pandangan Luar**

Varian persentase bubuk kaca pada benda uji	Jenis Pemeriksaan pandangan luar			Keterangan
	Rata-rata bidang permukaan rata	Rata-rata bidang permukaan tidak retak dan cacat	Rata-rata sudut rusuk tidak mudah direpihkan dengan kekuatan jari tangan	
0%	√	√	√	Lulus Uji
10%	√	√	√	Lulus Uji
20%	√	√	√	Lulus Uji
30%	√	√	√	Lulus Uji
50%	√	√	√	Lulus Uji

### 4.2.2. Pemeriksaan Ukuran

Dalam SNI 03-0691-1996 tentang Bata Beton *Paving Block*, pengukuran meliputi pengukuran dimensi dan toleransi (panjang, lebar, dan tebal). *Paving block* yang dibuat dikategorikan lulus uji jika memenuhi batas toleransi (panjang, lebar, dan tebal) yang mengacu pada SNI dan ASTM. Hasil pemeriksaan ukuran *paving block* dapat dilihat pada Tabel 4.3.

**Tabel 4.3. Hasil Pemeriksaan Ukuran Dimensi**

Varian persentase bubuk kaca pada benda uji	Ukuran (mm)		
	Rata-rata panjang	Rata-rata lebar	Rata-rata tebal
0%	209,60	104,73	58,00
10%	209,27	104,80	58,73
20%	208,93	104,93	58,93
30%	209,53	104,87	57,87
50%	209,20	104,80	58,73

\*Toleransi ukuran yang disyaratkan SNI untuk paving block adalah ukuran tebal minimal 60 mm dengan toleransi  $\pm 8\%$ . Sedangkan dalam ASTM C 936-82 untuk toleransi panjang  $\pm 2$  mm, lebar  $\pm 2$  mm, dan tebal  $\pm 3$  mm dari ukuran asli benda uji.

#### 4.2.3. Pemeriksaan Kuat Tekan

Pemeriksaan kuat tekan berdasarkan SNI 03-0691-1996. Hasil pemeriksaan uji kuat tekan dapat dilihat pada Tabel 4.4.

**Tabel 4.4. Hasil Pemeriksaan Uji Kuat Tekan**

Kelompok benda uji	Nilai kuat tekan rata-rata dari 5 benda uji (Mpa)	Kelas mutu paving block
0%	51,35	A
10%	27,35	B
20%	33,06	B
30%	40,18	A
50%	20,18	B

#### 4.2.4. Pemeriksaan Ketahanan Aus (Abrasi)

Pemeriksaan Ketahanan aus mengacu pada SNI 03-0691-1996. Hasil pemeriksaan penyerapan air dapat dilihat pada Tabel 4.5.

**Tabel 4.5. Hasil Pemeriksaan Uji Ketahanan Aus**

Kelompok benda uji	Ketahanan aus rata-rata (%)	Kelas mutu paving block
0%	0,039	A
10%	0,092	B

20%	0,073	A
30%	0,068	A
50%	0,176	D

#### 4.2.5. Pemeriksaan Penyerapan Air

Pemeriksaan penyerapan air mengacu pada SNI 03-0691-1996. Hasil pemeriksaan penyerapan air dapat dilihat pada Tabel 4.6.

**Tabel 4.6. Nilai Rata – rata Penyerapan Air Tiap Kelompok Benda Uji**

Kelompok benda uji	Penyerapan air rata-rata (%)	Kelas mutu <i>paving block</i>
0%	5,05	B
10%	5,92	B
20%	4,86	B
30%	4,12	B
50%	7,93	C

### 4.3. Pembahasan Hasil Penelitian

Berdasarkan sampel yang telah diuji, hasil penelitian pada benda uji bata beton *paving block* dapat disimpulkan sebagai berikut :

#### 4.3.1. Pandangan Luar

Menurut SNI 03-0691-1996 tentang Bata Beton *Paving Block*, pemeriksaan pandangan luar *paving block* harus memenuhi persyaratan antara lain harus mempunyai permukaan yang rata, tidak terdapat retak-retak dan cacat, bagian sudut dan rusuknya tidak mudah direpihkan dengan kekuatan jari tangan. Pada pemeriksaan bidang permukaan rata benda uji lolos uji, dikarenakan pembuatan *paving block* menggunakan pasir lolos saringan No.8 yaitu ukuran butir pasir yang lebih kecil dibanding ukuran butir yang di syartkan SNI yaitu lolos saringan No.4. Untuk pemeriksaan tidak terdapat retak-retak dan cacat benda

uji lolos uji, dikarenakan penggunaan FAS yang tepat yang membuat adukan tidak terlalu encer dan tidak terlalu kering sehingga proses hidrasi semennya sempurna yang membuat *paving block* tidak ada retakan dan cacat. Sedangkan untuk pemeriksaan bagian sudut dan rusuknya tidak mudah direpihkan dengan kekuatan jari tangan benda uji lolos uji, dikarenakan pembuatannya dengan mesin *press* hidrolik yang mana sampel permukaan benda uji mendapat besaran tekanan yang sama antara bagian permukaan bagian tengah dan ujung-ujungnya sehingga semua rusuk varian benda uji siku, permukaannya padat, dan tidak mudah direpihkan.

Penambahan persentase campuran bubuk kaca tidak mempengaruhi pandangan luar atau bentuk *paving block*. Pandangan luar sangat ditentukan oleh kondisi permukaan dan sudut-sudut pada penampang *paving block*. Kondisi permukaan akan mencapai tampilan terbaiknya bila bahan penyusun tercampur dengan baik pada saat proses pengadukan. Dengan kata lain, tidak ada cacat tampilan/pandangan luar benda uji disebabkan oleh homogennya seluruh campuran bahan yaitu air, pasir, semen, dan bubuk kaca pada saat proses pengadukan bahan. Hasil pemeriksaan pandangan luar dapat dilihat pada Tabel 4.7.

**Tabel 4.7. Hasil pemeriksaan pandangan luar**

Jenis Pemeriksaan	Kelompok Benda Uji				
	0%	10%	20%	30%	50%
Bidang permukaan rata	Rata	Rata	Rata	Rata	Rata
Bidang permukaan tidak boleh cacat	Tidak Cacat	Tidak Cacat	Tidak Cacat	Tidak Cacat	Tidak Cacat
Sudut rusuk tidak mudah direpihkan dengan kekuatan jari tangan	Tidak Mudah	Tidak Mudah	Tidak Mudah	Tidak Mudah	Tidak Mudah

#### 4.3.2. Ukuran dan Toleransi

Berdasarkan SNI 03-0691-1996, pengukuran meliputi dimensi panjang, lebar, dan tebal. Pengukuran dimensi *paving block* dalam SNI 03-0691-1996 hanya pada tebalnya saja yaitu minimal 60 mm dengan toleransi ukuran tebal  $\pm 8\%$  yaitu dengan batas maksimalnya 64,8 mm dan batas minimumnya 55,2 mm, sehingga untuk toleransi ukuran dimensi *paving block* dalam penelitian ini mengacu pada ASTM C 936 – 82 dengan toleransi ukuran panjang  $\pm 2$  mm dari panjang sampel, toleransi ukuran lebar  $\pm 2$  mm dari lebar sampel, dan toleransi ukuran tebal  $\pm 3$  mm dari tebal sampel.

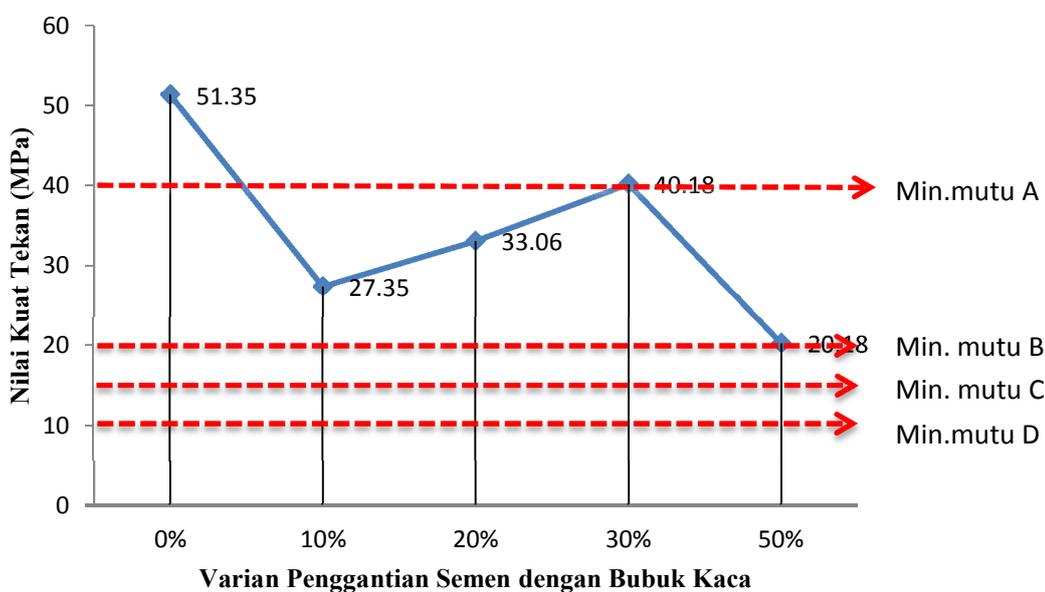
Berdasarkan hasil pemeriksaan ukuran dimensi pada tabel 4.3. maka dapat disimpulkan dimensi ukuran panjang, lebar dan tebal kelompok benda uji dengan persentase campuran bubuk kaca 0%, 10%, 20%, 30%, dan 50% rata-rata sesuai dengan dimensi ukuran di pabrik pembuatan benda uji (210 mm x 105 mm x 60 mm) dengan toleransi memenuhi SNI 03-0691-1996 dan ASTM C 936-82. Hasil pemeriksaan ukuran antar kelompok benda uji dapat dilihat pada Tabel 4.8.

**Tabel 4.8. Hubungan Pemeriksaan Ukuran terhadap Toleransi Ukuran**

Kode Benda Uji	Ukuran (mm)			Toleransi Ukuran (mm)			Keterangan
	Rata-rata Panjang	Rata-rata Lebar	Rata-rata Tebal	Rata-rata Panjang	Rata-rata Lebar	Rata-rata Tebal	
0%	209,60	104,73	58,00	208 - 212	103 - 107	57 - 63	Lulus Uji
10%	209,27	104,80	58,73	208 - 212	103 - 107	57 - 63	Lulus Uji
20%	208,93	104,93	58,93	208 - 212	103 - 107	57 - 63	Lulus Uji
30%	209,53	104,87	57,87	208 - 212	103 - 107	57 - 63	Lulus Uji
50%	209,20	104,80	58,73	208 - 212	103 - 107	57 - 63	Lulus Uji

### 4.3.3. Kuat Tekan

Menurut SNI 03-0691-1996, nilai kuat tekan rata-rata minimum *paving block* adalah 40 Mpa (kelas mutu A), 20 Mpa (kelas mutu B), 15 Mpa (kelas mutu C), dan 10 Mpa (kelas mutu D). Berdasarkan hasil pemeriksaan kuat tekan dari masing-masing varian benda uji, terlihat bahwa kuat tekan seluruh varian benda uji dengan bahan bubuk kaca sebagai pengganti sebagian semen memenuhi standar mutu kuat tekan SNI 03-0691-1996. Nilai kuat tekan rata-rata seluruh varian benda uji disajikan dalam gambar grafik 4.1.



**Gambar 4.1. Grafik Hasil Pemeriksaan Kuat Tekan**

Penggantian semen dengan bubuk kaca menyebabkan penurunan kelas mutu sasaran. Sebagaimana direncanakan, kelas mutu yang ingin dicapai adalah kelas mutu A, dan pada varian persentase 0% bubuk kaca sebagai pengganti sebagian semen, rata-rata kuat tekan adalah senilai 51,35 Mpa. Nilai tersebut memenuhi kuat tekan yang ingin dicapai.

Kuat tekan pada persentase campuran bubuk kaca 10% mengalami penurunan nilai kuat tekannya dari persentase campuran bubuk kaca 0% sebesar 46,74% atau 24 Mpa dengan nilai rata-rata kuat tekan adalah 27,35 Mpa. Penurunan ini menyebabkan kelas mutu *paving block* dari kelas mutu A menjadi kelas mutu B.

Kuat tekan pada persentase campuran bubuk kaca 20% mengalami kenaikan nilai kuat tekannya dari persentase campuran bubuk kaca 10% sebesar 17,27% atau 5,71 Mpa dengan nilai rata-rata kuat tekan adalah 33,06 Mpa, masih pada kelas yang sama yaitu kelas mutu B.

Kuat tekan pada persentase campuran bubuk kaca 30% mengalami kenaikan nilai kuat tekannya dari persentase campuran bubuk kaca 20% sebesar 17,72% atau 7,12 Mpa dengan nilai rata-rata kuat tekan adalah 40,18 Mpa dengan mengalami kenaikan kelas mutu dari kelas mutu B ke kelas mutu A. Namun pada Kuat tekan persentase campuran bubuk kaca 50% mengalami penurunan nilai kuat tekannya dari persentase campuran bubuk kaca 30% sebesar 49,78% atau 20 Mpa dengan nilai rata-rata kuat tekan 20,18 Mpa serta mempunyai penurunan kelas mutu dari kelas mutu A menjadi kelas mutu B. Walaupun nilai rata-rata kuat tekan persentase campuran bubuk kaca 30% dan 0% memiliki perbedaan sebesar 21,75% atau 11,17 Mpa, akan tetapi keduanya masih berada dalam kelas mutu yang sama yaitu kelas mutu A sebagai kelas mutu *paving block* yang direncanakan.

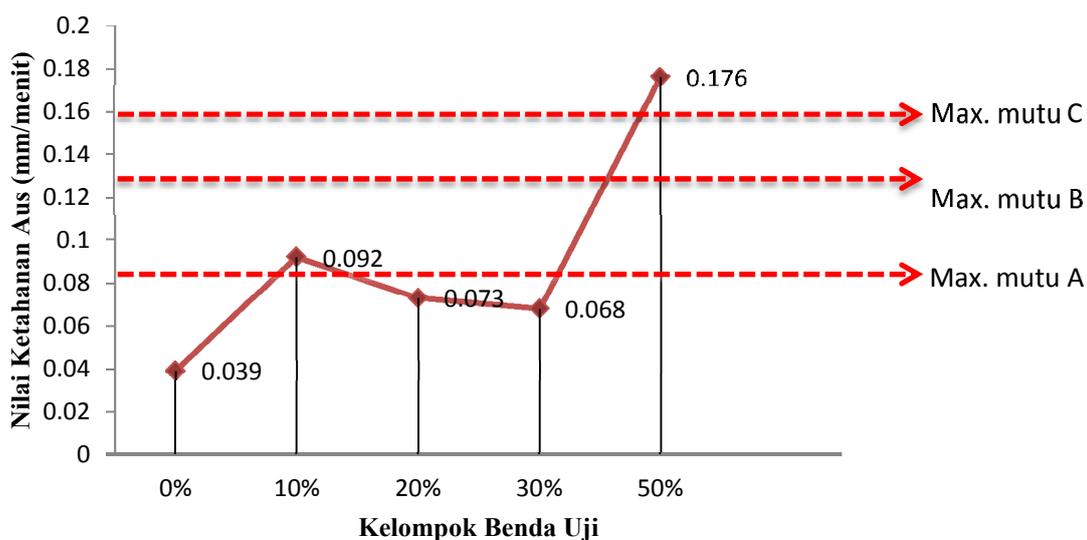
Campuran bubuk kaca mempengaruhi penurunan kuat tekan dari benda uji *paving block* normal. Hal ini disebabkan karena penambahan persentase campuran bubuk kaca pada *paving block* berarti membuat berkurangnya jumlah semen yang

digunakan pada jumlah penggunaan pasir yang sama. Semen berfungsi sebagai daya ikat terhadap agregat halus, maka saat jumlah semen berkurang maka daya ikat juga berkurang yang membuat *paving block* ketika diberi tekanan akan mudah hancur. Kadar silika oksida ( $\text{SiO}_2$ ) bubuk kaca sebanyak 45,01% masih ada pada standar persentase kandungan senyawa silika oksida ( $\text{SiO}_2$ ) pozzolan yang dicampurkan untuk semen pozzolan industri sebanyak 45% - 72%.

Semen pozzolan merupakan suatu bahan pengikat hidrolis yang dibuat dengan mencampur secara merata bubuk semen portland dan bubuk bahan lain yang bersifat pozzolan yaitu bahan yang mengandung senyawa silika yang tidak mempunyai sifat sama persis seperti semen, akan tetapi dengan bentuknya yang halus dan dengan adanya air maka senyawa tersebut akan bereaksi secara kimiawi dengan kalsium hidroksida (senyawa hasil reaksi antara semen dan air). Bahan pozzolan yang ditambahkan pada semen portland untuk menjadi semen pozzolan pada sesuai SNI 15-0302-2004 adalah antara 6% - 40%, namun pada industri pabrik pozzolan biasanya hanya sebesar 15% – 40% dari massa semen. Dari penelitian ini nilai optimum kuat tekan pada penambahan bubuk kaca ada pada persentase 30% dari berat semen dan yang terendah adalah persentase 50% dari berat semen. Hal ini sesuai seperti yang dikemukakan Muna dkk (2015) bahwa kandungan silika yang bersifat pozzolanik pada semen portland menghasilkan gel CSH baru oleh reaksi pengikatan antara silika dengan kalsium hidroksida  $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$  dari hasil hidrasi semen menjadi kalsium silikat, sehingga pada prinsipnya bisa meningkatkan kekuatan pasta semen karena gel CSH merupakan kekuatan pasta semen, namun sekaligus bisa mengurangi kelemahan kuat tekan karena unsur telah mereduksi kalsium hidroksida.

#### 4.3.4. Ketahanan Aus

Pada SNI 03-0691-1996 syarat lulus uji ketahanan aus untuk *paving block* rata-rata maksimum 0,090 mm/menit (kelas mutu A), rata-rata maksimum 0,130 mm/menit (kelas mutu B), rata-rata maksimum 0,160 mm/menit (kelas mutu C), dan rata-rata maksimum 0,219 mm/menit (kelas mutu D). Berdasarkan hasil pemeriksaan ketahanan aus, seluruh kelompok benda uji memenuhi syarat ketahanan aus maksimal dalam SNI 03-0691-1996 karena nilai ketahanan aus kelompok persentase 0%, 10%, 20%, 30%, dan 50% secara berturut-turut adalah sebesar 0,039 mm/menit; 0,092 mm/menit; 0,073 mm/menit; 0,068 mm/menit; dan 0,176 mm/menit.



**Gambar 4.2. Grafik Hasil Pemeriksaan Ketahanan Aus**

Pada gambar grafik 4.2, terlihat bahwa terjadi penurunan dan kenaikan nilai ketahanan aus pada setiap persentase penggantian campuran semen dengan bubuk kaca yang terlalu sedikit dan yang terlalu banyak. Ketahanan aus pada persentase campuran bubuk kaca 0% nilai rata-rata keausannya adalah 0,039 mm/menit sehingga termasuk kedalam kelas mutu A, bahkan lebih baik dari

standar SNI untuk kelas mutu A itu sendiri. Persentase campuran bubuk kaca 0% juga dijadikan sebagai benda uji kontrol.

Ketahanan aus pada persentase campuran bubuk kaca 10% mengalami kenaikan nilai rata-rata keausannya dari persentase campuran bubuk kaca 0% sebesar 57,61% atau 0,053 mm/menit dengan nilai rata-rata keausannya adalah 0,092 mm/menit sehingga mengalami penurunan kelas mutu dari kelas mutu A menjadi kelas mutu B.

Ketahanan aus pada persentase campuran bubuk kaca 20% mengalami penurunan nilai rata-rata keausannya dari persentase campuran bubuk kaca 10% sebesar 20,65% atau 0,019 mm/menit dengan nilai rata-rata keausannya adalah 0,073 mm/menit, sehingga mengalami kenaikan kelas mutu B menjadi kelas mutu A kembali.

Ketahanan aus pada persentase campuran bubuk kaca 30% mengalami penurunan nilai rata-rata keausannya dari persentase campuran bubuk kaca 20% sebesar 6,85% atau 0,005 mm/menit dengan nilai rata-rata keausannya adalah 0,068 mm/menit, sehingga mengalami peningkatan kualitas namun tetap pada kelas mutu yang sama dengan persentase campuran bubuk kaca 20% yaitu kelas mutu A.

Ketahanan aus pada persentase campuran bubuk kaca 50% mengalami kenaikan nilai rata-rata keausannya dari persentase campuran bubuk kaca 30% sebesar 61,36% atau 0,108 mm/menit dengan nilai rata-rata keausannya adalah 0,176 mm/menit sehingga mengalami penurunan kualitas dan penurunan kelas mutu yang sangat jauh dari kelas mutu A menjadi kelas mutu D.

Dari data diatas persentase bubuk kaca 30% masih dalam kelas mutu A walaupun dari segi kualitas tidak lebih baik dari bubuk kaca 0%. Maka bisa

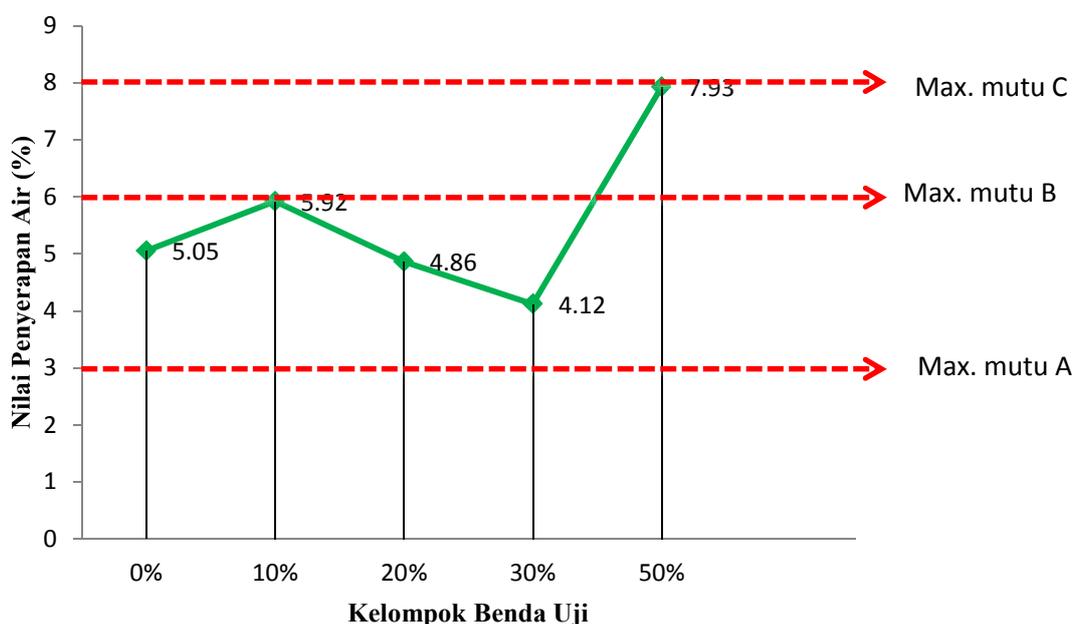
dikatakan untuk nilai ketahanan aus yang kualitasnya paling baik untuk penambahan campuran bubuk kaca pada sebagian semen ada pada persentase 30%.

Bubuk kaca pada benda uji secara kimiawi bersifat hidrolik yang bereaksi mengikat kapur bebas atau kalsium hidroksida  $[Ca(OH)_2]$ , yang dilepaskan semen saat proses hidrasi. Reaksi kimia yang terjadi tersebut membuat kapur bebas yang semula adalah mortar udara mengeras bersama air dan bubuk kaca yang akhirnya mempengaruhi kekuatan paving block. Kadar kalsium hidroksida akibat proses hidrasi yang berkurang karena adanya pengikatan yang terjadi dengan bubuk kaca menyebabkan porositas dan permeabilitas berkurang sehingga membuat paving block menjadi lebih padat dan lebih kuat. Sedangkan pada semen kadar Ca lebih besar dari pada Ca yang terdapat pada bubuk kaca, dengan kata lain penggantian semen dengan bubuk kaca memang mengalami penurunan, akan tetapi dari persentase 10% sampai dengan persentase 30% terus meningkat akibat berkurangnya pula kadar Ca penyebab porositas dan permeabilitas yang membuat *paving block* yang kadar Ca nya berkurang secara tepat menjadi lebih kuat dan padat. Untuk persentase 50% melonjak turun karena kadar Ca yang terlalu banyak menghilang juga mengakibatkan bubuk kaca tidak bereaksi dengan kapur bebas dan membentuk massa sendiri yang menghalangi ikatan antar butiran agregat, sehingga paving block persentase 50% mudah tergerus.

#### **4.3.5. Penyerapan Air**

Dalam SNI 03-0691-1996 syarat lulus uji penyerapan air untuk *paving block* rata-rata maksimum 3% (kelas mutu A), rata-rata maksimum 6% (kelas mutu B), rata-rata maksimum 8% (kelas mutu C), dan rata-rata maksimum 10%

(kelas mutu D). Berdasarkan hasil pemeriksaan penyerapan air, seluruh kelompok benda uji memenuhi syarat penyerapan air maksimal dalam SNI 03-0691-1996 karena nilai penyerapan air rata-rata kelompok persentase 0%, 10%, 20%, 30%, dan 50% secara berturut – turut adalah sebesar 5,05%, 5,92%, 4,86%, 4,12%, dan 7,93%.



**Gambar 4.3. Grafik Hasil Pemeriksaan Penyerapan Air**

Pada gambar grafik 4.3, terlihat bahwa terjadi penurunan dan kenaikan nilai rata-rata penyerapan air pada setiap persentase penggantian campuran semen dengan bubuk kaca yang terlalu sedikit dan yang terlalu banyak. Penyerapan air pada persentase campuran bubuk kaca 0% nilai rata-rata penyerapannya adalah 5,05% sehingga termasuk kedalam kelas mutu B. Persentase campuran bubuk kaca 0% juga dijadikan sebagai benda uji kontrol.

Penyerapan air pada persentase campuran bubuk kaca 10% mengalami kenaikan nilai rata-rata penyerapan airnya dari persentase campuran bubuk kaca

0% sebesar 0,87% dengan nilai rata-rata penyerapan air adalah 5,92% sehingga sebenarnya mengalami penurunan kualitas namun masih tetap dalam kelas mutu yang sama dengan persentase campuran bubuk kaca 0%.

Penyerapan air pada persentase campuran bubuk kaca 20% mengalami penurunan nilai rata-rata penyerapan airnya dari persentase campuran bubuk kaca 10% sebesar 1,06% dengan nilai rata-rata penyerapan airnya adalah 4,86%, sehingga sebenarnya mengalami kenaikan kualitas tanpa mengalami kenaikan kelas mutu.

Penyerapan air pada persentase campuran bubuk kaca 30% mengalami penurunan nilai rata-rata penyerapan air dari persentase campuran bubuk kaca 20% sebesar 0,74% dengan nilai rata-rata penyerapan air adalah 4,12% dengan mengalami kenaikan kualitas tetapi masih dalam kelas mutu B.

Penyerapan air pada persentase campuran bubuk kaca 50% mengalami kenaikan nilai rata-rata penyerapan airnya dari persentase campuran bubuk kaca 30% sebesar 3,81% dengan nilai rata-rata penyerapan air 7,93% sehingga mempunyai penurunan kualitas dan penurunan kelas mutu dari kelas mutu B menjadi kelas mutu C.

Pada uji penyerapan air persentase bubuk kaca seluruhnya masuk dalam kelas mutu B dan dari segi kualitasnya yang paling baik adalah persentase bubuk kaca 30%. Serapan air meningkat karena jika semakin banyak jumlah pasta semen maka kerusakan yang terjadi akibat pemanasan semakin besar sehingga *paving block* menjadi lebih porus dan serapan air semakin besar. Bubuk kaca yang dicampur kedalam semen portland sifatnya sama seperti semen pozzolan yang telah dibahas pada pembahasan kuat tekan. Pozzolan memiliki standarisasi

maksimal kadar airnya sebesar 3%, sedangkan bubuk kaca kadar airnya sebesar 0,3% yang artinya bubuk kaca pada penelitian ini termasuk dalam pozzolan. Semen pozzolan sendiri digunakan untuk bangunan yang kedap air, karena pozzolan yang tercampur pasta semen yang bereaksi dengan kalsium hidroksida dapat menurunkan PH larutan pori. Selain itu, silika yang terkandung dalam pozzolan dapat bereaksi dengan alkali dalam semen. Reaksi ini tidak berbahaya karena pada dasarnya melompati langkah tarik air yang luas.

Tetapi pada uji penyerapan air pada persentase bubuk kaca 50% termasuk yang paling rendah yaitu masuk kedalam kelas mutu C. Hal itu disebabkan daya ikat paving pada persentase tersebut telah berkurang karena pengurangan semennya juga membuat penyerapan airnya jadi lebih banyak dilakukan oleh agregat halusnya.

#### **4.3.6. Analisis Secara Keseluruhan**

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan, dapat disimpulkan bahwa bubuk kaca dengan kadar penggantian sebagian semen pada persentase 0%, 10%, 20%, 30% dan 50% dari berat semen yang digunakan pada *paving block* masih memenuhi syarat lulus uji sesuai SNI 03-0691-1996. Bisa dilihat pada Tabel 4.9. ada pengaruh yang saling berhubungan antara nilai kuat tekan, ketahanan aus, dan penyerapan air.

**Tabel 4.9. Hubungan Kuat Tekan, Ketahanan Aus, Dan Penyerapan Air**

No.	Varian Persentase Bubuk Kaca	Nilai rata - rata			Kelas Mutu		
		Kuat Tekan (Mpa)	Ketahanan Aus (mm/menit)	Penyerapan Air (%)	Kuat Tekan	Ketahanan Aus	Penyerapan Air
1	0%	51,35	0,039	5,05	A	A	B
2	10%	27,35	0,092	5,92	B	B	B
3	20%	33,06	0,073	4,86	B	A	B
4	30%	40,18	0,068	4,12	A	A	B
5	50%	20,18	0,176	7,92	B	D	C

Dapat dilihat dari Tabel 4.9., penggantian sebagian semen dengan bubuk kaca tidak dapat melebihi nilai kuat tekan dan ketahanan aus *paving block* yang tanpa mengganti sebagian semen. Terlihat bahwa penggantian sebagian semen dengan bubuk kaca mengalami penurunan nilai kuat tekan dan ketahanan aus dari *paving block* kontrol. Hal ini diindikasikan karena penambahan persentase bubuk kaca yang semakin banyak akan semakin mengurangi jumlah semen yang berperan sebagai pengikat. Akan tetapi dari persentase 10% sampai 30% terus naik dan turun di 50% dikarenakan berarti nilai optimum bubuk sebagai pengganti sebagian semen ada pada persentase 30%. Pada persentase tersebut kuat tekan dan ketahanan ausnya sejalan, dengan artian bahwa nilai kuat tekan yang tinggi akan mempengaruhi nilai ketahanan aus yang tinggi pula dan sebaliknya nilai kuat tekan yang rendah akan menghasilkan ketahanan aus yang rendah pula. Sedangkan pengelompokkan kelas mutu hanya sebagai pengelompokkan untuk jenis penggunaannya.

Pada uji penyerapan air persentase bubuk kaca 0% ada di posisi ke tiga lebih rendah dibanding pada persentase 20% dan 30%. Hal tersebut disebabkan bahwa terlalu banyak semen pada campuran juga tidak terlalu baik untuk penyerapan air, terutama untuk unsur senyawa Ca akan membuat pori pada saat

proses hidrasi yang nantinya pori tersebut menjadi tempat lajunya air mengingat juga bahwa persentase Ca pada semen sebanyak 76,46% lebih banyak daripada bubuk kaca hanya 18,98%. Atau dengan kata lain, semakin besar persentase bubuk kaca akan mengakibatkan *paving block* makin berkurang porositasnya. Dengan demikian pada penelitian ini berarti nilai kuat tekan ataupun ketahanan aus yang baik tidak selalu menghasilkan nilai penyerapan air yang baik pula. Akan tetapi walaupun begitu nilai penyerapan air antara 0% ke nilai penyerapan air 20% dan antara nilai penyerapan air 0% ke nilai penyerapan air 30% tidak sampai mencapai nilai yang signifikan jauh, yaitu berturut-turut hanya 0,19% dan 0,93%, tidak sampai berbeda 1%. Pada penelitian ini bisa dikatakan berarti untuk kelas mutu sasaran tercapai pada penggantian bubuk kaca di persentase 30% dari berat semen.

#### **4.4. Keterbatasan Penelitian**

Dalam penelitian ini ada beberapa keterbatasan penelitian yang diantaranya adalah :

- a. Tidak dilakukan penelitian ASR (*Alkali Silika Reaction*) dikarenakan di didaerah Jabodetabek belum ada laboratorium yang menyediakan perangkat untuk pengujian tersebut.
- b. Karena banyaknya sampel yang digunakan maka menyulitkan proses penempatan, perawatan, dan pemindahan *paving block* dari tempat pembuatan sampai tempat penelitian, proses ini dikhawatirkan mempengaruhi hasil uji sampel.

- c. Tidak bisa dipastikan bahwa sampel uji untuk setiap jenis pengujian merupakan hasil dari proses pencetakan yang bersamaan waktunya, hal tersebut dikarenakan setiap varian melalui dua kali proses pencetakan.
- d. Kurangnya alat pengujian untuk ketahanan aus yang menyebabkan peneliti harus menggunakan dua laboratorium yang jaraknya cukup jauh dan standarisasi pengujian yang berbeda. Hal tersebut dikhawatirkan mempengaruhi hasil uji sampel.
- e. Seluruh pengujian tidak dilakukan pemotongan pada sampel sesuai ukuran SNI dikarenakan keterbatasan alat yang rusak pada Laboratorium Uji Bahan UNJ maupun Laboratorium Struktur dan Material UI. Hal tersebut dikhawatirkan mempengaruhi hasil uji sampel.