

Analisis Pengaruh Penggunaan Zeolit Sebagai Pengganti Sebagian Semen Terhadap Kuat Tekan *Paving Block*

Mochamad Ridwan Pratama, Haadi Kusumah, Ruslan Efendi

Program Studi Teknik Sipil, Politeknik Sukabumi
mochamad.ridwan.pratama4@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini dilatar belakangi oleh kandungan SiO_2 zeolit yang merupakan salah satu unsur pembentuk semen. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan hasil kuat tekan dan daya serap antara *paving block* normal dan *paving block* campuran zeolit. *Paving block* dibuat dengan metode konvensional. Dalam penelitian ini penulis melakukan penelitian dengan menggunakan metode eksperimental, yaitu penulis langsung membuat benda uji, meneliti dan mengevaluasinya. *Paving Block* yang dibuat terdiri dari 5 variasi yaitu 0%; 0,5%; 1%; 2%; dan 2,5% zeolit terhadap berat semen dengan jumlah 3 benda uji setiap variasi. Benda uji keseluruhan berjumlah 30 untuk pengujian kuat tekan, 15 untuk pengujian daya serap air dan 15 untuk sampel pengganti. Hasil uji kuat tekan umur 14 hari *paving block* normal sebesar 6,09 MPa. Kenaikan hasil uji kuat tekan tertinggi terjadi pada variasi penggantian zeolit 1% sebesar 6,92 MPa. Hasil uji kuat tekan umur 28 hari *paving block* normal sebesar 8,64 MPa. Kenaikan hasil uji kuat tekan tertinggi terjadi pada variasi penggantian zeolit 1% sebesar 9,63 MPa. Hasil uji daya serap *paving block* normal sebesar 9,17%. Daya serap optimum terjadi pada variasi penggantian zeolit 1% sebesar 7,23%. Penggunaan zeolit sebagai pengganti sebagian semen berpengaruh baik pada pembuatan *paving block*. Kenaikan kuat tekan dan daya serap optimum *paving block* campuran zeolit terdapat pada variasi 1%.

Kata Kunci: *Paving Block*, Zeolit, Uji Tekan, Daya Serap

I. PENDAHULUAN

Penggunaan *paving block* sebagai lapisan atas struktur jalan memiliki keuntungan diantaranya karena sifatnya yang ramah lingkungan dengan tidak mengganggu siklus air yang terjadi di lingkungan dan membantu proses konservasi air tanah. Selain itu, penerapan *paving block* juga lebih cepat dan mudah dalam pemasangan maupun perawatannya dengan bentuk yang bervariasi dan bernilai estetis. Karena itu, tak heran penggunaan *paving block* semakin diminati masyarakat di masa ini selain harganya yang terjangkau.

Berbagai penelitian dalam pembuatan *paving block* pun sering dilakukan agar *paving block* lebih ramah lingkungan baik dalam pembuatan dan penerapannya. Salah satu penelitian dalam pembuatan *paving block* adalah dengan menggunakan material zeolit. Unsur utama pembentuk zeolit yaitu SiO_2 yang mana merupakan salah satu unsur pembentuk semen. Semen memiliki

komposisi utama diantaranya kalsium oksida (CaO) sebesar 60-65%, silika oksida (SiO_2) sebesar 20-24% [1].

Penelitian ini mendorong penulis untuk mengkaji penggunaan material zeolit sebagai pengganti sebagian semen dalam pembuatan *paving block*, dan meneliti pengaruh material zeolit tersebut terhadap kuat tekan *paving block*.

Berdasarkan kajian di atas, perlu adanya penelitian akan pemanfaatan zeolit sebagai bahan pengganti sebagian semen pada campuran *paving block* dengan komposisi yang bervariasi, sehingga penulis mengetahui bagaimana komposisi zeolit berpengaruh terhadap kualitas *paving block* dengan menguji kuat tekan dan daya serap *paving block* itu sendiri. Oleh karena itu penulis mencoba dengan segala keterbatasan dan kemampuan yang dimiliki untuk menulis Tugas Akhir dengan judul "ANALISIS PENGARUH PENGGUNAAN ZEOLIT SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN

SEMEN TERHADAP KUAT TEKAN PAVING BLOCK’.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Paving block (bata beton) merupakan suatu komposisi bahan bangunan yang terbuat dari campuran semen *portland* atau bahan perekat hidrolis yang sejenisnya, air, dan agregat dengan atau tanpa bahan lainnya yang tidak mengurangi mutu *paving block* itu sendiri [5].

Paving block berkualitas baik adalah *paving block* yang memiliki nilai kuat tekan yang tinggi (satuan MPa), serta nilai absorpsi (persentase serapan air) yang rendah (%). Dengan standar kualitas tersebut, tipe karakteristik kualitas yang diteliti adalah *larger the better* untuk kuat tekan, dan *smaller the better* untuk persentase serapan air. Semakin tinggi nilai kuat tekannya maka *paving block* semakin baik kualitasnya. Sedangkan untuk persentase serapan air (absorpsi), semakin rendah nilai absorpsinya, produk *paving block* semakin kuat [6].

Paving block dengan mutu terendah (mutu D) paling tidak memiliki kuat tekan 8,5 Mpa dan persentase serapan air rata-rata maksimum 10% [5].

Paving block untuk lantai wajib memenuhi persyaratan [5] adalah sebagai berikut:

Pertama yaitu sifat tampak *paving block* untuk lantai harus mempunyai bentuk yang sempurna, tidak terdapat retak-retak maupun cacat, bagian sudut dan rusuknya tidak mudah direpihkan atau dihancurkan dengan kekuatan jari tangan.

Kedua, bentuk dan ukuran *paving block* untuk lantai tergantung dari persetujuan antara konsumen dan produsen. Setiap produsen memberikan penjelasan tertulis dalam selebaran edaran mengenai bentuk, ukuran, dan konstruksi pemasangan *paving block* untuk lantai.

Ketiga, penyimpangan tebal *paving block* untuk lantai yang diperkenankan kurang lebih 3 mm.

Paving block untuk lantai harus mempunyai kekuatan fisik sebagai berikut:

Tabel 1. Kekuatan Fisik Paving Block [5]

Mutu	Kegunaan]	Kuat Tekan (Kg/cm ²)		Ketahanan Aus (mm/menit)		Penyerapan air rata-rata maks (%)
		Rata-rata	Min	Rata-rata	Min	
A	Perkerasan Jalan	400	350	0,0090	0,103	3
B	Tempat Parkir mobil	200	170	0,1300	1,149	6
C	Pejalan Kaki	150	125	0,1600	1,184	8
D	Taman Kota	100	85	0,2190	0,251	10

Adapun klasifikasi *paving block* yang didasarkan oleh mutu dan warna. Klasifikasi tersebut antara lain:

1. Klasifikasi Berdasarkan Mutu

Paving block (bata beton) diklasifikasikan dalam 4 jenis, yaitu bata beton mutu A yang diperuntukkan untuk jalan, bata beton mutu B yang diperuntukkan untuk area parker, bata beton mutu C yang digunakan untuk pejalan kaki, dan bata beton mutu D yang diperuntukkan untuk taman dan penggunaa non-struktur lain.

2. Klasifikasi Berdasarkan Warna

Menurut SK SNI T-04-1990 dalam [8], warna *paving block* yang tersedia di pasaran antara lain abu-abu, hitam, dan merah. *Paving block* yang berwarna kecuali untuk menambah keindahan juga dapat digunakan untuk memberi batas pada perkerasan seperti tempat parkir, tali air, dan lain-lain.

Material penyusun pada *paving block* yang akan digunakan antara lain:

1. Semen Portland (PC)

Semen *portland* didefinisikan sebagai semen hidrolik yang dihasilkan dengan menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrolik, yang umumnya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama-sama dengan bahan utamanya. Fungsi utama semen adalah mengikat butir-butir agregat hingga hingga membentuk suatu massa padat dan mengisi rongga-rongga udara di antara butir-butir agregat. Semen yang digunakan di Indonesia harus memenuhi syarat SII.0013-81 [6].

2. Agregat Halus

Berdasarkan SNI 03-1750-1990 dalam [6] agregat halus atau pasir adalah butiran-butiran mineral keras yang bentuknya cenderung bulat, tajam dan sifatnya kekal dengan ukuran butir sebagian besar terletak antara 0,07-5 mm. Agregat halus digunakan sebagai bahan pengisi dalam campuran *Paving block* sehingga dapat meningkatkan kekuatan, mengurangi penyusutan dan mengurangi pemakaian bahan pengikat/semen. Pasir adalah salah satu dari bahan campuran beton yang diklasifikasikan sebagai agregat halus. Yang dimaksud dengan agregat halus adalah agregat yang lolos saringan no.8 dan tertahan pada saringan no.200. Pasir merupakan bahan tambahan yang tidak bekerja aktif dalam proses pengerasan, walaupun demikian kualitas pasir sangat berpengaruh pada beton. Mutu dari agregat halus ini sangat menentukan mutu *Paving block* yang dihasilkan.

3. Air

Air pada campuran paving block berfungsi sebagai pembantu dalam reaksi kimia yang menyebabkan berlangsungnya proses pengikatan. Persyaratan air berdasarkan Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 dalam [6] adalah sebagai berikut:

- Tidak mengandung lumpur (atau benda melayang lainnya) lebih dari 2gram/liter.
- Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik, dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter.
- Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0.5 gram/liter.
- Tidak mengandung senyawa-senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

Pemakaian air pada pembuatan campuran haruslah sesuai karena pemakaian air yang terlalu berlebihan akan menyebabkan banyaknya gelembung air yang terbentuk setelah proses hidrasi selesai dan hal tersebut akan mengurangi kekuatan paving block yang dihasilkan. Sedangkan jika air yang digunakan terlalu sedikit maka akan menyebabkan proses hidrasi tidak tercapai seluruhnya, sehingga dapat mempengaruhi kekuatan Paving block yang dihasilkan [6].

4. Zeolit

Zeolit adalah kristal alumina silikat terhidrasi yang mengandung kation alkali atau alkali tanah yang berbentuk seperti kerangka tiga dimensi, bersifat asam dan memiliki pori-pori yang berukuran molekul. Rumus molekul empiris zeolit adalah $M_2n(Al_2O_3 \cdot ySiO_2) \cdot wH_2O$ dimana M = kation alkali tanah atau alkali, n = valensi logam alkali dan x,y = bilangan tertentu. Zeolit terdiri dari 3 komponen yaitu kation yang bisa ditukarkan, kerangka alumina silikat dan kandungan air. Kandungan air berubah-ubah tergantung sifat-sifat dari kation-kation yang dipertukarkan dan kondisi kristalisasi. Air dan kation yang ada di dalam rongga zeolit dapat disubstitusikan dengan molekul lain. Zeolit merupakan mineral berpori dan memiliki sifat yang sama dengan mineral silika lainnya. Jika terdapat beberapa interaksi molekul dengan zeolit. Mekanisme interaksi molekul yang terjadi bisa secara penyerapan fisika (gaya Van der Waals), penyerapan kimia (gaya elektrostatis), ikatan hidrogen dan pembentukan kompleks koordinasi. Efektivitas penyerapan bergantung pada sifat spesies yang diserap, kemampuan pertukaran ion, keasaman padatan zeolit dan kelembaban sistem. Zeolit dengan rongga-rongga molekulnya mempunyai gugus aktif di dalam saluran antar kristal sehingga dapat berlaku sebagai pengemban katalis [9].

Komposisi kimia mineral zeolit pada umumnya terdiri dari SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 dan CaO yang merupakan oksida dominan. Sedangkan oksida yang lain jumlahnya hanya beberapa persen dari berat semen. Komposisi kimia mineral zeolit dapat dilihat pada Tabel 2 [11].

Tabel 2. Komposisi Kimia Zeolit Alam [11]

Komposisi kimia	Persentase (%)
Silikon Dioksida (SiO_2)	53,23
Alumunium Oksida (Al_2O_3)	10,28
Ferri Oksida (Fe_2O_3)	4,84
Kalsium Oksida (CaO)	27,69
Magnesium Oksida (MgO)	1,59

Dilihat dari kemiripan unsur yang dimiliki semen dan zeolit tersebut, maka pemanfaatan zeolit sebagai bahan pengganti sebagian semen pada paving block diharapkan mampu menjadi alternatif untuk mendapatkan mutu paving block yang baik serta ramah lingkungan karena menggunakan bahan yang didapat langsung dari alam.

Di Indonesia tercatat endapan zeolit di 20 lokasi dengan jumlah sumberdaya 447.490.160 ton, seperti di Provinsi Jawa Barat mempunyai sumberdaya 185.595.160 ton, Provinsi Lampung sumberdayanya 43.800.000 ton, Provinsi Nusa Tenggara Timur sumberdayanya 6.115.000 ton, Provinsi Sulawesi Barat sumberdayanya 26.400.000 ton, Provinsi Sulawesi Selatan sumberdayanya 169.880.000 ton dan Provinsi Sumatera Utara sumberdayanya 16.200.000 ton [12].

Adapun potensi zeolit di daerah Cikembar kabupaten Sukabumi yaitu berupa tuff atau tufa hijau berbatu apung, tufa hijau pasir dan tufa hijau masif, yang keseluruhannya termasuk dalam satuan batuan tufa hijau, anggota tufa dan Breksi dari Formasi Jampang yang berumur Miosen. Jenis mineral zeolit adalah klinoptilolit dan mordenit dengan mineral lainnya yaitu plagioklas, kuarsa, kaolinit, monmorilonit dan kristobalit [12].

Secara teori, sumber daya zeolit yang terdapat di Kabupaten Sukabumi dapat mencapai 24.151.000 ton [12].

III. METODE PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan zeolit sebagai pengganti sebagian semen terhadap kuat tekan paving block.

Di Indonesia, *paving block* pada umumnya dibuat dari campuran semen, pasir, dengan atau tanpa abu batu dan air. Namun pada penelitian ini, peneliti mencoba mengembangkan penelitian dengan memanfaatkan zeolit sebagai pengganti sebagian semen dalam pembuatan *paving block*. Peneliti mencari persentase penggantian sebagian semen dengan zeolit pada *paving block* yang paling optimum terhadap kuat tekan *paving block*. Metodologi yang dilakukan pada penelitian ini adalah metode penelitian eksperimental. Pembuatan dan pengujian benda uji mengacu pada SNI 03-0691-1996 dan beberapa penelitian terdahulu mengenai *paving block*. Variasi persentase penggunaan zeolit yang digunakan adalah 0%, 0,5%, 1%, 2%, dan 2,5% dari berat semen. *Paving block* yang dibuat berukuran 20x10x7cm dan penelitian ini menggunakan objek berupa *paving block* masing-masing variasi terdiri dari 3 sampel yang kemudian diuji dengan uji kuat tekan pada umur 14 dan 28 hari dan pengujian daya serap pada umur 14 hari.

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Timbangan kapasitas 25kg.
2. Cetakan Paving block.
3. Palu penumbuk.
4. Mesin uji kuat tekan.
5. Meja Laboratorium.
6. Sekop besar.
7. Penggaris.
8. Ember plastik.
9. Sendok semen.
10. Bak pengaduk.
11. Bak perendaman.
12. Rolley dorong.

Bahan yang digunakan dalam proses pencampuran *paving block* adalah :

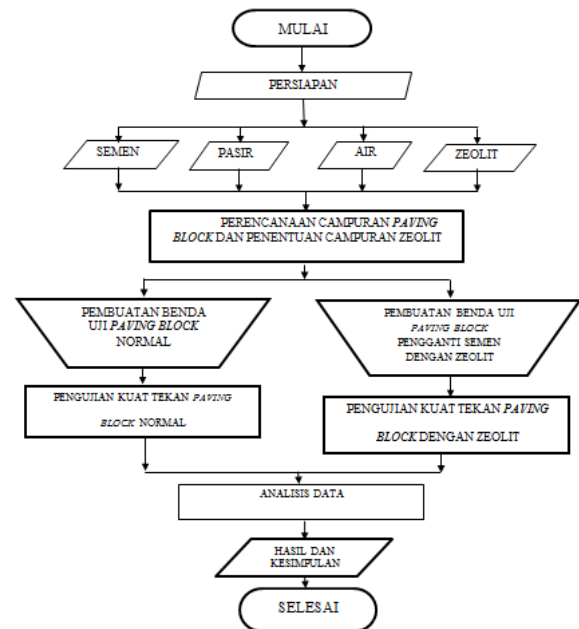
1. Semen *portland* (PC) Indonesia merk SCG tipe I.
2. Agregat halus (pasir) yaitu pasir Jebrod.
3. Air diambil dari SMKN 1 kota Sukabumi.
4. Zeolit didapat di daerah Cikembar, kabupaten Sukabumi.

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Struktur dan Material, Jurusan Konstruksi Gedung Sanitasi dan Perawatan (KGSP), SMK Negeri 1 kota Sukabumi yang beralamat di Jl. Kandanghewan no. 90 kota Sukabumi.

Sampel yang dibuat merupakan benda uji *paving block* berbentuk balok dengan ukuran panjang 20cm, lebar 10cm, dan tinggi 7cm. Terdiri dari *paving block* normal atau variasi 0% dan *paving block* menggunakan campuran zeolit sebagai pengganti sebagian komposisi semen

portland.

Masing-masing variasi benda uji sebanyak 3 (tiga) sampel yang akan diuji pada umur 14 dan 28 hari, dengan total benda uji sebanyak 45 buah. Pengujian sampel dilakukan sesuai dengan data-data hasil studi literatur yang mengacu pada SNI dan beberapa penelitian terdahulu.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penulis melaksanakan penelitian ini dengan menggunakan alat-alat dan laboratorium di SMKN 1 kota Sukabumi. Seluruh tahap pekerjaan yang direncanakan pada penelitian ini telah selesai dilaksanakan, yang meliputi tahap pengambilan data lapangan, perhitungan campuran *paving block*, kemudian persiapan bahan dan material, pembuatan benda uji, perawatan benda uji, sampai dengan pengujian kuat tekan dapat dilaksanakan tanpa menemui kesulitan yang berarti. Hasil penelitian ini dibuat berupa data-data kasar, yang selanjutnya dianalisis untuk mengetahui pengaruh penggunaan zeolit sebagai pengganti sebagian semen terhadap kuat tekan *paving block*. Pengujian material tidak dilakukan karena agregat halus didapat langsung dari laboratorium yang sebelumnya telah melewati proses pengujian. Data pengujian meliputi kadar lumpur, kadar air, penyerapan *Saturated Surface Dry* (SSD), berat jenis, dan modulus butiran halus.

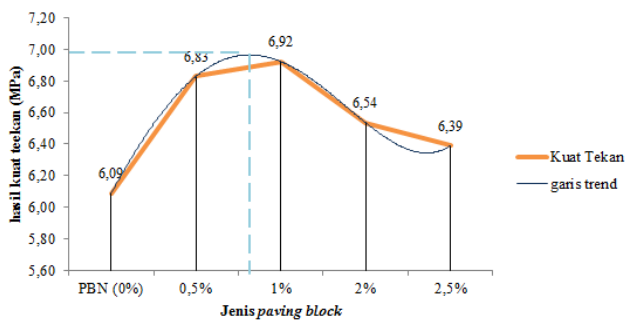
A. Uji Kuat Tekan

Setelah dilakukan pembuatan dan perawatan benda uji, selanjutnya dilakukan pengujian kuat tekan benda uji yang dilaksanakan di Laboratorium Struktur dan Material, Jurusan Konstruksi Gedung Sanitasi dan Perawatan (KGSP), SMK Negeri 1 Kota Sukabumi. Perbandingan adukan digunakan 1:3, yaitu 1 semen dan 3 pasir. Pengujian kuat tekan *paving block* dilakukan pada umur 14 dan 28 hari sebanyak 5 variasi campuran untuk masing-masing campuran diambil 6 sampel untuk kuat tekan setiap variasi.

Dengan menggunakan rumus dari persamaan sesuai dengan [5] didapat hasil hitungan kuat tekan rata-rata benda uji *paving block* umur 14 hari sesuai pada Tabel 3 dan Gambar 2.

Tabel 3. Hasil pengujian rata-rata kuat tekan *paving block* umur 14 hari

Kode Benda Uji	F ^c (Mpa)
<i>Paving block</i> Normal (0%)	6,09
PBZ 0,5%	6,83
PBZ 1%	6,92
PBZ 2%	6,54
PBZ 2,5%	6,39



Gambar 2. Grafik hasil pengujian rata-rata kuat tekan *paving block* umur 14 hari

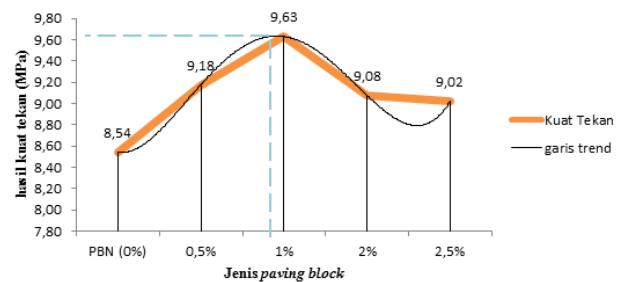
Berdasarkan Tabel 3 dan Gambar 2 di atas dapat disimpulkan bahwa kuat tekan *paving block* campuran zeolit pada umur 14 hari mengalami peningkatan pada semua variasi dari *paving block* normal, yaitu variasi penggantian dengan zeolit persentase 0,5%; 1%; 2%; dan 2,5%. Peningkatan kuat tekan dapat terjadi oleh sifat zeolit yang adsorben yaitu mampu mengikat air sehingga mencegah air hilang dengan cepat oleh tingginya panas hidrasi semen. Peningkatan optimum terjadi pada variasi 1% lalu kemudian turun seiring

bertambahnya penggunaan zeolit. Jika dibuat garis *trend* (*trendline*) dapat diketahui kemungkinan kuat tekan maksimum berada pada variasi zeolit 0,8% dengan kuat tekan diperkirakan 6,98 MPa. Penggunaan zeolit sebagai pengganti sebagian semen lebih dari 1% mengakibatkan penurunan kuat tekan yang dihasilkan. Penurunan yang terjadi dapat disebabkan oleh adanya penambahan zeolit yang memiliki sifat mengikat air tanpa adanya penambahan air pada campuran *paving block* sehingga campuran *paving block* mengalami pemadatan yang kurang sempurna dibanding variasi 0,5% dan 1%. Semua variasi *paving block* yang diuji pada umur 14 hari belum masuk ke dalam mutu *paving block* berdasarkan SNI.

Setelah dilakukan pengujian tekan pada *paving block* umur 14 hari, kemudian dilakukan pengujian tekan pada *paving block* umur 28 hari, sehingga didapat hasil uji tekan rata-rata *paving block* umur 28 hari sesuai pada Tabel 4 dan Gambar 3.

Tabel 4. Hasil pengujian rata-rata kuat tekan *paving block* umur 28 hari

Kode Benda Uji	F ^c (Mpa)
<i>Paving block</i> Normal (0%)	8,54
PBZ 0,5%	9,18
PBZ 1%	9,63
PBZ 2%	9,08
PBZ 2,5%	9,01



Gambar 3. Grafik hasil pengujian rata-rata kuat tekan *paving block* umur 28 hari

Berdasarkan Tabel 4 dan Gambar 3 di atas dapat disimpulkan bahwa kuat tekan *paving block* campuran zeolit pada umur 28 hari kurang lebih memiliki kesamaan dengan *paving block* umur 14 hari, yaitu mengalami peningkatan dari *paving block* normal, dengan peningkatan optimum pada variasi 1%, lalu mengalami penurunan kuat tekan pada variasi 2% dan 2,5%. Jika dibuat garis *trend* (*trendline*) dapat diketahui kemungkinan kuat tekan

maksimum berada pada variasi zeolit 0,9% dengan kuat tekan diperkirakan sebesar 9,65 MPa. Pada umur 28 hari, semua variasi *paving block* masuk dalam jenis *paving block* mutu D berdasarkan SNI. *Paving block* mutu D dapat digunakan untuk taman dan keperluan nonstruktural lainnya.

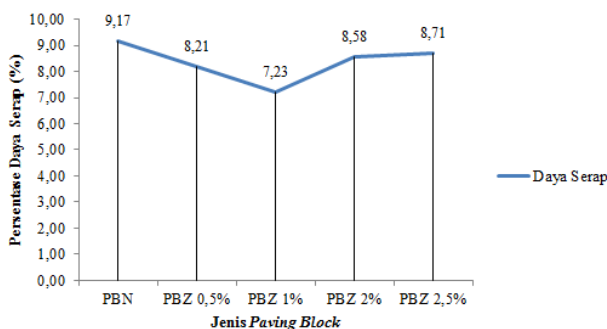
B. Uji Daya Serap

Analisis daya serap benda uji dilaksanakan di laboratorium uji kontruksi SMKN 1 kota Sukabumi dan dilakukan saat *paving block* berumur 14 hari dengan jumlah sampel terdiri dari 5 variasi campuran untuk masing-masing campuran diambil 3 sampel untuk daya serap setiap variasi.

Dengan menggunakan rumus berdasarkan [5] didapat hasil hitungan daya serap rata-rata berikut ini:

Tabel 5. Hasil pengujian rata-rata daya serap *paving block* umur 14 hari

Jenis <i>Paving block</i>	Daya Serap <i>Paving block</i> (%)
<i>Paving block</i> Normal (0%)	9,17
PBZ 0,5%	8,21
PBZ 1%	7,23
PBZ 2%	8,58
PBZ 2,5%	8,71



Gambar 4. Grafik hasil pengujian daya serap *paving block*

Berdasarkan Tabel 5 dan Gambar 4 di atas dapat disimpulkan bahwa semua variasi *paving block* pencampuran zeolit mampu menurunkan daya serap *paving block*. Variasi yang memiliki daya serap optimum ada pada variasi zeolit 1% dengan persentase daya serap paling rendah. Semakin rendah persentase daya serap pada *paving block* maka semakin baik mutunya, karena rendahnya daya serap akan membuat *paving block* tidak mudah berlumut. Semua variasi *paving block* termasuk ke

dalam mutu D. Penggunaan zeolit diatas 1% mengakibatkan meningkatnya daya serap air. Hal ini dapat disebabkan oleh zeolit yang mulai mengalami peningkatan sifat adsorben yaitu mengikat air, sehingga terbentuk pori-pori yang lebih banyak pada *paving block*. Tingginya daya serap juga bisa disebabkan oleh proses pemadatan yang kurang baik. Jika pemadatan saat pembuatan *paving block* baik, maka pori-pori pada *paving block* akan sedikit dan daya serap airnya rendah.

V. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah penulis laksanakan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Penggunaan zeolit sebagai pengganti sebagian semen berpengaruh baik pada pembuatan *paving block* karena mampu meningkatkan mutu *paving block*, baik kuat tekannya maupun daya serapnya.
2. Kenaikan optimum *paving block* campuran zeolit terdapat pada variasi 1% karena berdasarkan hasil yang didapat, *paving block* zeolit variasi 1% memiliki hasil kuat tekan rata-rata paling tinggi dan persentase daya serap yang paling rendah.

REFERENSI

- [1] I. Marzuki, "Analisis Penambahan Additive Batu Gamping Terhadap Kualitas Komposisi Kimia Semen Portland," *Jurnal Chimica UNM*, vol. 10, no. 1, p. 6, 2009.
- [2] F. S. A. G. Agung Rizki Pratomo, "Pengaruh Penggunaan Zeolit Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Semen Terhadap Kuat Tekan Paving Block Konvensional," *ISSN*, vol. 10, no. 2, p. 6, 2018.
- [3] L. K. Bore, Pengaruh Penggunaan Zeolit Sebagai Pengganti Semen Terhadap Sifat Mekanis Beton Ringan Dengan Agregat Kasar Batu Apung, Yogyakarta: Universitas Atma Jaya Yogyakarta, 2016.
- [4] A. Hidayat, "STATISKIAN," 03 Oktober 2012. [Online]. Available: <https://www.statistikian.com/2012/10/penelitian-experimen.html>. [Accessed 25 Agustus 2019].
- [5] BSNI, "SNI 03-0691-1996," *Bata Beton (Paving Block)*, p. 9, 1996.
- [6] S. B. P. Mona Khoirunnisah, Pengaruh Abu Cangkang Sawit Untuk Substitusi Semen Terhadap Kuat Tekan Paving Block, Sriwijaya: Politeknik Negeri Sriwijaya, 2015.
- [7] D. D. Triyono, Pemanfaatan Limbah Tempurung Kelapa Sawit Untuk Pembuatan Paving Block,

Prosiding SEMNASTERA (Seminar Nasional Teknologi dan Riset Terapan)
Politeknik Sukabumi, 21 September 2019

Semarang: Universitas Negeri Semarang, 2010.

- [8] R. Fitriana, Pengaruh Penggantian Sebagian Bahan Pengikat (Fly Ash dan Kapur) Terhadap Kuat Tekan Paving Block, Purwokerto: Universitas Muhammadiyah Purwokerto, 2016.
- [9] W. S. Atikah, "Potensi Zeolit Alam Gunung Kidul Teraktivasi Sebagai Media Adsorben Pewarna Tekstil," *ARENA TEKSTIL*, vol. 32, no. 1, p. 8, 24 June 2017.
- [10] H. A. ZA, Sintesis Zeolit Berbasis Silika Sekam Padi Dengan Metode Elektrokimia Sebagai Adsorben Rhodamin B, Lampung: Universitas Lampung, 2014.
- [11] A. P. Setiadi, "Preparasi dan Karakterisasi Zeolit Alam Untuk Konversi Senyawa Abe Menjadi Hidrokarbon," *ISSN*, p. 6, 2007.
- [12] Kusdarto, "Potensi Zeolit di Indonesia," *JURNAL ZEOLIT INDONESIA*, vol. 07, no. 02, p. 10, 2008.
- [13] A. M. Simanjuntak, "Pengaruh Penambahan Zeolit Sebagai Substitusi Semen Terhadap Sifat Mekanik Beton," *STUDI EKSPERIMENTAL*, vol. VII, no. 1, p. 11, 2018.
- [14] Saka Agung Abadi, "Saka Agung Abadi" PT. Saka Agung Abadi, 1 October 2012. [Online]. Available: <https://www.sakaagungabadi.com/semnastera/>. [Accessed 14 July 2019].