PEMANFAATAN PAVING STONE BETON BERPORI DENGAN BAHAN TAMBAHAN SIKACIM UNTUK MENANGGULANGI PERMASALAHAN BANJIR

Arie Wardhono
Universitas Negeri Surabaya – Unesa

ABSTRACT

Concrete paving stone is the most common used material in infrastructure development, especially in the residence area and parks. However, the main drawback of traditional concrete paving stone is the low ability to reduce water inundation due to high volume of water caused by heavy rains in Indonesia. This has led to the use of porous concrete paving stone (PCPS) material that has a high ability to flow water from the surface into the ground. The objective of this research is to identify the effect of sikacim addition on strength and porosity of porous concrete paving stone. The specimen was made by the mix composition of 1,0 cement : 4,0 aggregates : 0,32 water with the addition of sikacim to cement weight of 0,001, 0,002, 0,003, 0,004, and 0,005, respectively. Compressive strength, porosity and water flow rate tests were carried out to identify the quality of porous concrete paving stone and the ability to flow the water.

The results showed that the highest compressive strength was achieved by the addition of 0.001 sikacim with the compressive strength of 14,24 MPa, porosity of 22,09% and water flow rate of 0,411 cm/sec. The porous concrete paving stone demonstrated a comparable stength to that traditional concrete paving stone, however, it showed a better porosity and water flow rate. Thus it can be conclude that this paving stone can be categorized into quality C-D and can be used as pedestrian and park area.

Keywords: *Porous paving stone, sikacim, compressive strength, porosity, water flow rate*

ABSTRAK

Paving stone beton merupakan material yang paling banyak ditemui dan digunakan sebagai material infrastruktur terutama di perumahan dan taman. Namun kelemahan utama *paving stone* beton normal adalah rendahnya kemampuan mereduksi air limpasan akibat genangan air yang tinggi yang diakibatkan oleh tingginya curah hujan di Indonesia, khususnya di kota-kota besar. Salah satu upaya untuk menanggulangi hal tersebut adalah dengan menggunakan *paving stone* beton berpori yang memiliki kemampuan cukup tinggi dalam menyalurkan atau meresapkan air genangan akibat banjir ke dalam tanah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan sikacim terhadap kuat tekan dan porositas *paving stone* beton berpori. *Paving stone* beton berpori dibuat dengan campuran 1,0 semen : 4,0 agregat : 0,32 air dengan rasio penambahan sikacim terhadap berat semen sebesar 0,001, 0,002, 0,003, 0,004 dan 0,005 berat semen. Pengujian yang dilakukan adalah uji kuat tekan untuk mengetahui kekuatan dan kualitas, serta uji porositas untuk mendapatkan kemampuan *paving stone* beton berpori dalam menyerap air.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kuat tekan tertinggi dicapai oleh *paving stone* beton berpori dengan penambahan sikacim 0,001 dengan kuat tekan sebesar 14,24 MPa dengan nilai porositas 22,09% dan kecepatan serap air sebesar 0,411 cm/detik. Berdasarkan nilai kuat tekan, *paving stone* beton berpori dengan penambahan sikacim 0,001 masuk dalam kategori kualitas C-D dan cenderung untuk dapat digunakan pada area pedestrian dan taman.

Kata kunci : Paving stone berpori, sikacim, kuat tekan, porositas, kecepatan serap air

PENDAHULUAN

Paving stone beton merupakan material yang paling banyak ditemui dan digunakan sebagai material infrastruktur terutama di area perumahan, pedestrian dan taman. Namun kelemahan utama *paving stone* beton normal adalah rendahnya kemampuan mereduksi air limpasan akibat genangan air yang tinggi yang diakibatkan oleh tingginya curah hujan di Indonesia, khususnya di kota-kota besar. Salah satu upaya untuk menanggulangi hal tersebut adalah dengan menggunakan *paving stone* beton berpori yang memiliki kemampuan cukup tinggi dalam menyalurkan atau meresapkan air genangan akibat banjir ke dalam tanah.

Penelitian yang telah dilakukan oleh Tamara dkk (2009) menunjukkan bahwa kuat tekan rata-rata yang mampu dicapai oleh *paving stone* beton berpori adalah sebesar 12,5 MPa - 15 MPa

dengan komposisi 1 semen : 4 agregat : 0,3 air. Nilai kuat tekan ini dapat dikategorikan sebagai *paving stone* mutu C dan dapat digunakan sebagai area pedestrian **[1]**. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan sikacim terhadap kuat tekan, porositas dan kecepatan penyerapan air *paving stone* beton berpori. Benda uji *paving stone* beton berpori dibuat dengan komposisi campuran 1,0 semen : 4,0 agregat kasar : 0,32 air dengan rasio penambahan sikacim terhadap berat semen sebesar 0,001, 0,002, 0,003, 0,004 dan 0,005, dan tanpa menggunakan agregat halus atau pasir. Agregat kasar yang digunakan adalah agregat kasar dengan ukuran 0,5 cm - 1,0 cm dan 0,5 - 2,5 cm. Penambahan sikacim dilakukan untuk mempercepat proses pengikatan beton serta mempermudah pekerjaan (*workabilitas*). Pengujian yang dilakukan adalah uji kuat tekan untuk mengetahui kekuatan dan mutu *paving stone* beton berpori, serta uji porositas dan laju kecepatan penyerapan air untuk mengetahui kemampuan *paving stone* beton berpori dalam menyalurkan air genangan ke dalam tanah.

TINJAUAN PUSTAKA

1. *Paving stone*

Menurut SNI 03-0691-1996, bata beton (*paving stone*) adalah suatu komposisi bahan bangunan yang dibuat dari campuran semen portland atau bahan perekat hidrolis sejenisnya, air dan agregat dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya yang tidak mengurangi mutu bata beton itu **[4]**.

Persyaratan tentang mutu *paving stone* di Indonesia juga diatur dalam SNI 03-0691-1996. Mutu *paving stone* dapat dilihat pada Tabel 1 berikut:

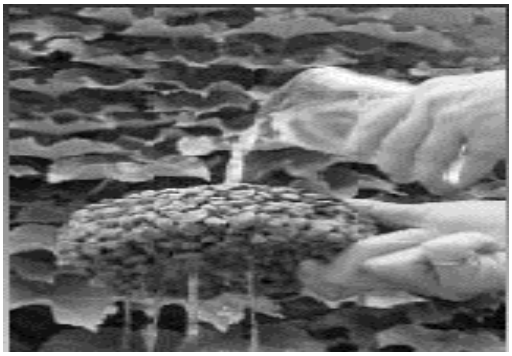
Tabel 1. Mutu Bata Beton (*Paving Stone*) sesuai SNI 03-0691-1996

Mutu	Kuat tekan (MPa)		Ketahanan aus		Penyerapan air rata-rata maks.
	Rata-rata	Min	Rata-rata	Min	(%)
A	40	35,0	0,090	0,103	3
B	20	17,0	0,130	0,149	6
C	15	12,5	0,160	0,184	8
D	10	8,5	0,219	0,251	10

Persyaratan penggunaan *paving stone* di Indonesia sesuai SNI 03-0691-1996 adalah sebagai berikut: *Paving* mutu A digunakan untuk jalan, *paving* mutu B digunakan untuk pelataran parkir, *paving* mutu C digunakan untuk pejalan kaki, dan *paving* mutu D digunakan untuk taman dan penggunaan lain **[4]**.

2. *Paving stone* beton berpori

Menurut *Portland Cement Association* (2004), *porous* atau *pervious concrete* atau beton berpori adalah jenis beton dengan porositas tinggi. Digunakan dalam pekerjaan konstruksi dengan permukaan datar yang mampu membuat air meresap menembus beton, yang mana dapat mengurangi *run-off* dari suatu lokasi dan meningkatkan pengisian kembali air tanah **[5]**.



Gambar 1. Beton berpori (*Portland Cement Association*)

Beton berpori dibuat dengan menggunakan pasta semen yang bersifat melekatkan partikel-partikel agregat kasar sehingga kerapatan antar rongga dapat terjaga. Hal ini akan menghasilkan nilai porositas yang tinggi karena tingginya kandungan rongga dalam beton berpori yang dibuat tanpa menggunakan pasir.

Adapun karakteristik beton berpori sesuai dengan persyaratan *Portland Cement Association* dapat dilihat pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Karakteristik beton berpori (*Portland Cement Association*)

Keterangan	Nilai yang disarankan
Slump	20 mm
Density (unit weight)	1600 to 2000 kg/m^3
Setting time	1 hour
Porosity	15% to 25% by volume
Permeability (flow rate)	120 L/m^2/min to 320 L/m^2/min (0,2 cm/s to 0,53 cm/s)
Compressive strength	3,5 MPa to 28 MPa
Flexural strength	1 MPa to 3,8 MPa

3. Uji kuat tekan

Pengujian kuat tekan *paving stone* beton berpori dilakukan di Laboratorium Beton Universitas Negeri Surabaya dengan menggunakan alat uji kuat tekan beton sesuai dengan SNI 03-0691-1996 dengan rumus:

Kuat tekan = $\frac{P}{L}$ ..... (1)

Keterangan:
P = beban tekan, N
L = luas bidang tekan, mm^2

4. Uji porositas atau penyerapan air

Uji porositas atau penyerapan air dilakukan untuk mengetahui prosentase rongga yang terdapat pada *paving stone* beton berpori. Semakin tinggi nilai porositas akan semakin tinggi pula kemampuan *paving stone* dalam menyalurkan air, namun akan menurun. Uji porositas atau penyerapan air dilaksanakan sesuai dengan SNI 03-0691-1996 dengan rumus:

Penyerapan air = $\frac{A-B}{B}$ x 100% ..... (2)

Keterangan:
A = berat *paving stone* beton basah pada kondisi SSD
B = berat *paving stone* beton kering oven

5. Uji kecepatan penyerapan air

Uji kecepatan penyerapan air dilakukan untuk mengetahui kemampuan *paving stone* beton berpori dalam menyalurkan air melalui rongga-rongganya. Uji ini dilakukan sesuai dengan uji yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya **[3]** sebagai berikut:

Analisa kecepatan serap air (V) = $\frac{H}{T}$ ..... (3)

Keterangan:
V = Kecepatan air (m/s)
H = Tinggi Benda uji (m)
T = Waktu air mengalir sampai dibawah permukaan (detik)

METODE

1. Material

Material dasar pembuatan benda uji beton berpori adalah semen, agregat kasar, air dan bahan tambahan sika. Agregat kasar yang digunakan adalah agregat kasar dengan ukuran 0,5-1,0 cm (modulus kehalusan 5,78) dan 0,5-2,5 cm (modulus kehalusan 7,07). Berat jenis dan penyerapan air agregat kasar 0,5-1,0 cm adalah 2,66 dan 1,84%. Untuk agregat kasar 0,5-2,5 cm, nilai berat jenis dan penyerapan air adalah sebesar 2,67 dan 1,75%.

Terkait dengan nilai faktor air semen yang rendah dalam pembuatan benda uji beton berpori, maka bahan tambahan sika yang digunakan adalah jenis sikacim. Bahan tambah ini dikategorikan sebagai bahan tambahan kimia type E, yang berfungsi ganda yaitu mempercepat proses pengikatan beton, mempermudah pekerjaan (*workabilitas*), dan menghasilkan mutu beton yang baik dengan konsistensi tertentu. Rasio penambahana sikacim adalah terhadap berat semen.

2. Komposisi campuran

Komposisi campuran *paving stone* beton berpori (PSB) dibuat berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Tamara dkk **[1]** dan Ainnurdin **[2]** sesuai dengan Tabel 3 berikut:

Tabel 3. Komposisi campuran *paving stone* berpori

Komposisi	Semen	Agregat	Air	Sika
PSB-1	1	4	0,32	-
PSB-2	1	4	0,32	0,001
PSB-3	1	4	0,32	0,002
PSB-4	1	4	0,32	0,003
PSB-5	1	4	0,32	0,004
PSB-6	1	4	0,32	0,005

3. Pembuatan dan Pengujian

Pembuatan benda uji *paving stone* beton berpori merujuk pada ACI 522R-10 dan didukung oleh penelitian-penelitian sebelumnya **[1, 2]**. Dimensi *paving stone* yang diteliti adalah sebagai berikut: panjang = 21 cm, lebar = 10 cm, dan tinggi = 8 cm.

Pengujian yang dilakukan pada benda uji *paving stone* beton berpori adalah uji kuat tekan dan uji porositas sesuai dengan SNI 03-0691-1996 **[4]** tentang *paving stone*. Sedangkan uji kecepatan penyerapan air dilakukan sesuai dengan pengujian yang telah dilakukan oleh Grajuantomo **[3]** pada penelitian sebelumnya. Uji kuat tekan dilakukan pada usia benda uji 7, 14, dan 28 hari, sedangkan uji porositas, dan kecepatan penyerapan air dilakukan pada usia 28 hari saja.

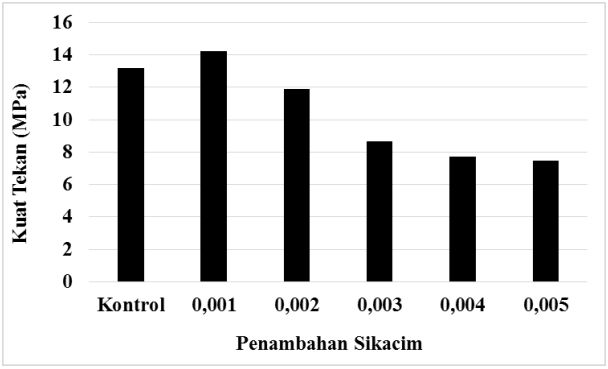
HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil uji kuat tekan

Hasil uji kuat tekan *paving stone* beton berpori pada usia 7, 14 dan 28 hari ditunjukkan pada Tabel 4 dan Gambar 2 berikut:

Tabel 4. Hasil uji kuat tekan *paving stone* beton berpori (MPa)

Komposisi	Kuat tekan (MPa) usia			Keterangan
	7	14	28	
PSB-1	11,68	12,82	13,21	Kontrol
PSB-2	12,11	13,02	14,24	Sika 0,001
PSB-3	9,66	11,03	11,92	Sika 0,002
PSB-4	8,20	8,37	8,65	Sika 0,003
PSB-5	6,96	7,42	7,75	Sika 0,004
PSB-6	4,51	4,67	7,48	Sika 0,005



Gambar 2. Hasil uji kuat tekan *paving stone* beton berpori usia 28 hari

Hasil pengujian kuat tekan menunjukkan bahwa kuat tekan tertinggi dicapai oleh benda uji PSB-2 dengan nilai kuat tekan sebesar 14,24 MPa, lebih tinggi dibandingkan nilai kuat tekan *paving stone* beton berpori tanpa penambahan sikacim sebesar 13,21 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan sikacim sebesar 0,001 dari total berat semen dapat meningkatkan kuat tekan *paving stone* beton berpori sebesar 7,79%.

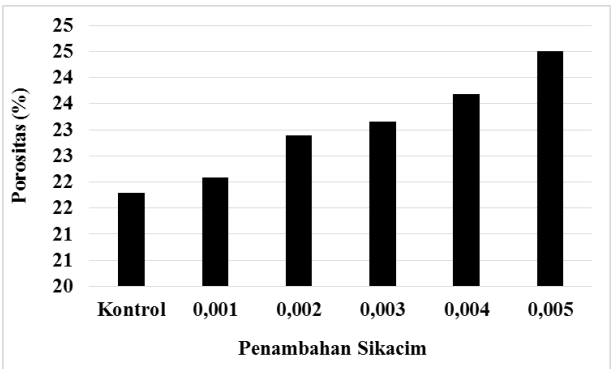
Penambahan bahan *additif* sikacim melebihi 0,001 tidak memberikan pengaruh terhadap peningkatan kuat tekan. Hal ini ditunjukkan dengan turunnya nilai kuat tekan pada penambahan sikacim sebesar 0,002 hingga 0,005. Penambahan sikacim sebesar 0,002 menurunkan kuat tekan *paving stone* beton berpori menjadi 11,92 MPa dan sebesar 7,48 MPa pada penambahan sikacim 0,005. Hasil ini juga menunjukkan bahwa *paving stone* beton berpori dapat dikategorikan dalam mutu C atau D dan dapat digunakan sebagai area pejalan kaki atau taman.

2. Hasil uji porositas

Hasil uji porositas atau penyerapan air *paving stone* beton berpori pada usia 28 hari ditunjukkan pada Tabel 5 dan Gambar 3 berikut:

Tabel 5. Hasil porositas atau penyerapan air *paving stone* beton berpori (%)

Komposisi	Porositas, Penyerapan Air (%)	Keterangan
PSB-1	22,19	Kontrol
PSB-2	22,09	Sika 0,001
PSB-3	22,89	Sika 0,002
PSB-4	23,16	Sika 0,003
PSB-5	23,69	Sika 0,004
PSB-6	24,50	Sika 0,005



Gambar 3. Hasil uji porositas *paving stone* beton berpori usia 28 hari

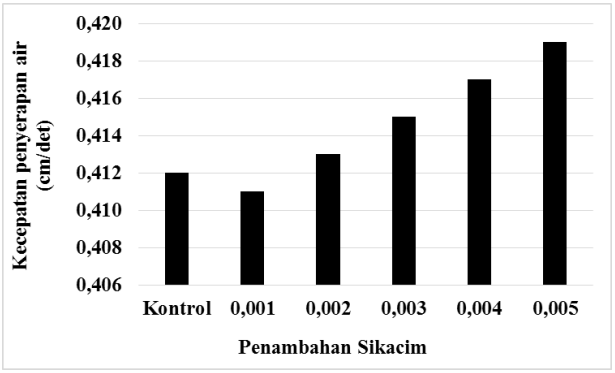
Hasil uji porositas menunjukkan bahwa secara umum rata-rata porositas *paving stone* beton berpori adalah 22,09%. Hal ini masih dalam batasan persyaratan beton berpori untuk nilai porositas sebesar 15% - 25% dari total volume sesuai dengan persyaratan *Porland Cement Association* **[5]**. Penambahan sikacim sebesar 0,001 dapat menurunkan nilai porositas, namun penambahan sikacim diatas 0,001 cenderung menaikan nilai porositas material. Hal ini terlihat pada kenaikan porositas sebesar 10,91% dari porositas PSB-2 (sikacim 0,001) sebesar 22,09% menjadi 24,50% pada PSB-6 dengan penambahan sikacim sebesar 0,005.

3. Hasil uji kecepatan penyerapan air

Hasil uji kecepatan penyerapan air *paving stone* beton berpori pada usia 28 hari ditunjukkan pada Tabel 6 dan Gambar 4 berikut:

Tabel 6. Hasil uji kecepatan penyerapan air *paving stone* beton berpori (cm/det)

Komposisi	kecepatan penyerapan air (cm/detik)	Keterangan
PSB-1	0,412	Kontrol
PSB-2	0,411	Sika 0,001
PSB-3	0,413	Sika 0,002
PSB-4	0,415	Sika 0,003
PSB-5	0,417	Sika 0,004
PSB-6	0,419	Sika 0,005



Gambar 4. Hasil uji kecepatan penyerapan air *paving stone* beton berpori usia 28 hari

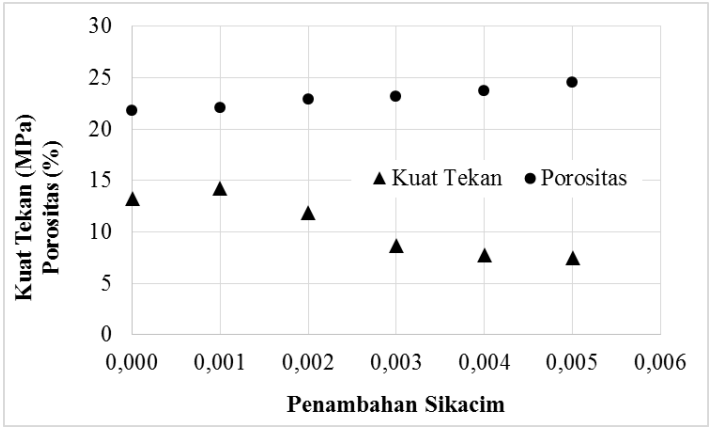
Hasil uji kecepatan air menunjukkan bahwa penambahan sikacim sebesar 0,001 dapat menurunkan kecepatan penyerapan air. Hal ini tampak pada kecepatan penyerapan air untuk PSB-1 sebesar 0,412 cm/detik turun menjadi 0,411 cm/detik pada PSB-2 dengan penambahan sikacim sebesar 0,001. Namun, penambahan sikacim lebih dari 0,001 cenderung untuk meningkatkan kecepatan penyerapan air seiring dengan meningkatnya nilai porositas. Namun demikian, hasil pengujian kecepatan penyerapan air sebesar 0,412 - 0,419 cm/detik masih dalam ambang batas persyaratan kecepatan penyerapan air untuk beton berpori sesuai dengan yang diisyaratkan dalam *Porland Cement Association* **[5]**.

4. Pembahasan

Hubungan antara nilai kuat tekan dan nilai porositas serta kecepatan penyerapan air dapat dilihat pada Gambar 5. Peningkatan kuat tekan sebesar 1,04 MPa pada penambahan sikacim sebesar 0,001 diikuti dengan penurunan nilai porositas sebesar 0,1%. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan sikacim dapat meningkatkan kerapatan *paving stone* beton berpori seiring dengan penambahan nilai kuat tekan.

Namun penambahan sikacim diatas 0,001 berakibat pada penurunan kuat tekan, hal ini tampak pada penurunan kuat tekan sebesar 2,32 MPa akibat penambahan sikacim 0,002 dan sebesar 6,76 MPa pada penambahan 0,005 yang berarti penurunan sebesar 47,5%. Penambahan

sikacim diatas 0,001 menyebabkan *paving* stone menjadi lebih berpori dan menaikan nilai porositas serta laju kecepatan penyerapan air. Hal ini disebabkan karena lapisan pasta pada *paving stone* beton berpori yang mengering menjadi mudah rontok dan membuat ikatan pasta antar agregat kasar menjadi lemah.



Gambar 5. Hubungan kuat tekan porositas terhadap penambahan sikacim

KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian terkait dengan pengaruh penambahan sikacim terhadap kuat tekan, porositas, dan laju kecepatan penyerapan air adalah sebagai berikut:

1. Hasil terbaik pada pembuatan *paving block* beton berpori diperoleh pada penambahan sikacim sebesar 0,001 dengan nilai kuat tekan sebesar 14,24 MPa, porositas sebesar 22,09%, dan laju kecepatan penyerapan air sebesar 0,411 cm/detik.
2. Penambahan sikacim sebesar 0,001 dari berat semen dapat meningkatkan kuat tekan *paving stone* beton berpori. Namun, penambahan diatas 0,001 tidak memberikan efek positif dan cenderung menurunkan nilai kuat tekan.
3. Nilai porositas dan laju kecepatan penyerapan air juga dipengaruhi oleh penambahan sikacim dengan penambahan maksimum sebesar 0,001. Penambahan sikacim hingga sebesar 0,005 cenderung menaikan nilai porositas dan laju kecepatan penyerapan air.
4. *Paving stone* beton berpori dapat dikategorikan sebagai *paving stone* mutu C dan D, dan dapat digunakan pada area pejalan kaki dan area taman.
5. *Paving stone* beton berpori dapat digunakan sebagai alternatif material untuk mengurangi dan menanggulangi permasalahan banjir dan genangan air karena memiliki sifat permeabilitas yang tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Tamara, P., dan Sahusilawane, D., 2009, *Pembuatan Porous Concrete Stone*. Universitas Kristen Petra, Surabaya.
[2] Ainnurdin, K., 2016, *Pengaruh Penggunaan Bahan Admixture Sikacim Terhadap Penguatan Kuat Tekan dan Permeabilitas Permeaconcrete Paving Stone*. Jurnal Rekats, Vol. 3 No. 3 2016.
[3] Grajuantomo, 2008, *Pembuatan Beton Lulus Air (Porous Concrete) Menggunakan Material Geopolimer Sebagai Bahan Pengikat.* Universitas Indonesia, Jakarta.
[4] Standar Nasional Indonesia, 1996, *SNI 03-0691-1996: Bata Beton (Paving Stone)*, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
[5] Portland Cement Association, 2004, *Concrete Technology Today*, December 2004, http://www.cement.org/

ISBN 978-602-98569-1-0

- halaman ini sengaja dikosongkan -