

Studi Eksperimental Pengaruh Ekstrak Limbah Sayuran Terhadap Nilai Kuat Tekan Beton Dalam Proses *Self Healing Concrete (SHC)*

Sy.sarah Alwiah¹, Firman Syarif², Cintya Ramadhani Putri³

Teknik Sipil Universitas Islam Riau, Pekanbaru, Indonesia

sarahalwiyah@eng.uir.ac.id¹, firmansyarif@eng.uir.ac.id², cinyaramadhani21@student.uir.ac.id³

Abstrak

Beton merupakan bahan paling banyak digunakan untuk pembangunan infrastruktur. Tetapi munculnya celah di dalamnya tidak dapat dihindari. Jika retakan terjadi di tempat-tempat yang sulit dijangkau, maka perbaikannya akan menjadi lebih rumit. Perawatan, pemantauan, dan perbaikan yang sering juga mahal. Pembentukan retakan terjadi karena kesalahan manusia, tenaga kerja yang tidak terampil, dan kondisi cuaca. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui perubahan pada fisik beton dan menganalisa pengaruh faktor air semen 0.55 terhadap nilai kuat tekan beton pada mutu beton self healing dengan metode yang digunakan untuk menghitung campuran beton (Mix Design) berdasarkan SNI 03-2834-2000. Persentase variasi yang digunakan yaitu 0%, 2%, 4%, 6%, dan 8%. Hasil kuat tekan beton pada perendaman umur 28 hari pada penelitian self healing concrete ini variasi 0% dengan nilai kuat tekan 33,45 MPa. Untuk variasi 2% bakteri dengan nilai kuat tekan 27,62 Mpa. Untuk variasi 4% bakteri dengan nilai kuat tekan 25,44 MPa. Untuk variasi 6% bakteri dengan nilai kuat tekan 20,06 MPa. Untuk variasi 8% bakteri dengan nilai kuat tekan 18,99 MPa. Kuat tekan beton setelah pemulihan retakan 28 hari dengan variasi 2% bakteri nilai kuat tekan 28,14 MPa. Untuk variasi 4% bakteri nilai kuat tekan 28,38 MPa. Untuk variasi 6% Bakteri nilai kuat tekan 27,29 MPa. Untuk variasi 8% bakteri nilai kuat tekan 19,59 MPa. Nilai kuat tekan beton pada perendaman 28 hari mengalami penurunan di bandingkan dengan beton variasi 0% bakteri dan pada beton setelah pemulihan retakan 28 hari mengalami penurunan kuat tekan pada persentase variasi 2%, 4%, 6%, 8%.

Kata Kunci: Beton, *Self Healing Concrete*, Bakteri, Ekstrak Limbah Sayuran, Kuat Tekan, Faktor Air Semen.

Abstract

Concrete is the most widely used material for infrastructure development. But the appearance of a gap in it is unavoidable. If cracks occur in hard-to-reach places, then their repair will become more complicated. Frequent maintenance, monitoring, and repairs are also expensive. Crack formation occurs due to human error, unskilled labor, and weather conditions. The purpose of this study was to determine the physical changes in concrete and to analyze the effect of water cement factor 0.55 on the concrete strength value on self-healing concrete quality with the method used to calculate the concrete mix (Mix Design) based on SNI 03-2834-2000. The percentages of variation used are 0%, 2%, 4%, 6%, and 8%. The results of the compressive strength of concrete at the age of 28 days of immersion in this self-healing concrete study varied 0% with a compressive strength value of 33.45 MPa. For a variation of 2% bacteria with a compressive strength value of 27.62 Mpa. For a variation of 4% bacteria with a compressive strength value of 25.44 MPa. For a variation of 6% bacteria with a compressive strength value of 20.06 MPa. For a variation of 8% bacteria with a compressive strength value of 18.99 MPa. The compressive strength of concrete after crack recovery is 28 days with a variation of 2% bacteria, the compressive strength value is 28.14 MPa. For the variation of 4% bacteria the compressive strength value is 28.38 MPa. For the variation of 6% Bacteria the compressive strength value is 27.29 MPa. For the variation of 8% bacteria the compressive strength value is 19.59 MPa. The value of the compressive strength of concrete at 28 days of immersion decreased compared to the 0% bacterial variation of concrete and the concrete after 28 days of crack recovery experienced a decrease in compressive strength at the percentage variations of 2%, 4%, 6%, 8%.

Keywords: Concrete, *Self Healing Concrete*, Bacteria, Vegetable Waste Extract, Compressive Strength, Water Cement Factor.

1. PENDAHULUAN

Beton merupakan bahan paling banyak digunakan untuk pembangunan pada konstruksi. tetapi munculnya celah-celah retakan di dalamnya tidak dapat dihindari. Umur awal beton merupakan periode yang sangat penting, pembentukan retakan primer terjadi selama pengawetan karena panas dibebaskan yang merupakan hasil dari panas hidrasi. pembentukan retakan terjadi karena kesalahan manusia, tenaga kerja yang tidak terampil, kondisi cuaca, dan lain-lain [1]. Retakan mikro tidak dapat menghambat integritas keseluruhan

struktur seperti itu tetapi pelebaran dan paparan bahan kimia dapat berdampak buruk. Mempengaruhi pada kekuatan dan daya tahan beton. Keretakan sering terjadi pada beton karena kekuatan tarik material yang rendah. Pemulihan retak sangat diperlukan karena zat kimia lebih mudah masuk ke beton melalui retakan dari pada melalui matriks beton [2]. Akan lebih baik jika retakan beton dapat dipulihkan secara mandiri dengan melepaskan bahan pemulihan di dalam matriks ketika retakan muncul [3].

Metode penelitian ini menggunakan *Microbiologically Induced Calcite* atau *Calcium Carbonate (CaCO₃) Precipitation (MICCP)* berdasarkan konsep bio-mineralisasi, dengan menambahkan bakteri pada beton, menghasilkan kristal kalsium karbonat yang menghalangi retakan dan pada pori mikro beton [4]. Oleh karena itu pengendapan kalsium karbonat yang diinduksi oleh bakteri telah diusulkan sebagai alternatif dan teknik perbaikan retak yang ramah lingkungan oleh banyak peneliti [5]. Penelitian menggunakan Ekstrak limbah sayur yang didominasi oleh sawi dan kubis untuk menghasilkan ekstrak bakteri, dipilih kubis dan sawi dikarenakan dalam limbah sayur tersebut mengandung mikroorganisme yang mengendapkan kalsit atau kalsium karbonat (CaCO₃) di sekitar setiap partikel dengan melalui beberapa reaksi kimia [6,7].

Adapun yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah bagaimana pengaruh dari penambahan ekstrak limbah sayuran dengan nilai faktor air semen 0,55 dari setiap persentase bakteri 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% yang akan direncanakan pada mutu beton normal serta melihat hasil beton yang telah ditambahkan ekstrak limbah sayuran saat mengalami kerusakan atau keretakan setelah beton didiamkan selama 28 hari.

Dari penelitian yang akan dibahas memiliki tujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan ekstrak limbah sayuran dengan nilai faktor air semen dari setiap persentase pada mutu beton normal yang telah direncanakan dan mengetahui hasil kerusakan/keretakan dari beton yang telah ditambahkan ekstrak limbah sayuran.

2. SISTEMATIKA PENULISAN

A. Metodologi

Penelitian ini bersifat eksperimental dengan melakukan penelitian di laboratorium yang mengacu pada (SNI 03-2834-2000) dengan benda uji beton berbentuk kubus 150 x 150 x 150 mm berjumlah 3 benda uji beton normal variasi 0% dan 6 benda uji tiap penambahan bakteri ekstrak limbah Sayuran variasi 2%, 4%,

6%, 8%, sebagai bahan pengganti sebagian semen.

Self healing concrete dibuat dengan menambahkan bakteri pada campuran beton atau disebut dengan beton pulih mandiri. Peneliti hanya menggunakan campuran ekstrak limbah sayuran dengan mutu beton $F_c' 32$ Mpa setara dengan K-385 [8,9]. Nilai faktor air semen yang digunakan dalam penelitian ini 0,55 dengan menggunakan agregat kasar dan agregat halus yang digunakan berasal dari agregat lokal PT. Riau Mas Bersaudara Rimbo Panjang Kampar, serta semen yang digunakan adalah PCC (Portland Composite Cement) Tipe I. Jenis limbah sayur yang digunakan dalam penelitian ini didominasi dengan kubis dan sawi. Kadar 0% untuk beton tanpa campuran untuk persentase ekstrak limbah sayur digunakan 2%,4%,6% dan 8% sebagai pengganti sebagian semen. Jumlah benda uji beton kubus berjumlah 27 sampel. Pada variasi 0% tanpa campuran sebanyak 3 sampel, dan pada masing-masing variasi 2%, 4%, 6%, 8% sebanyak 6 sampel. Pengujian kuat tekan beton dilakukan perendaman umur 28 hari pada beton normal dan beton variasi ekstrak limbah sayuran. Pengujian kuat tekan beton dilakukan setelah pemulihan retakan selama 28 hari [10].



Gambar 1 Benda uji beton

B. Bahan Penelitian

- Semen yang digunakan dalam sampel penelitian ini adalah semen *portland (PCC Tipe I)* dari PT. Semen Padang kemasan 50 kg/zak
- Agregat halus yang digunakan dalam sampel penelitian ini merupakan Pasir

dari PT. Riau Mas Bersaudara Rimbo Panjang (Kampar)

- Agregat Kasar yang digunakan dalam sample penelitian ini merupakan batu pecah 1/2 (ukuran maksimum 10-20 mm) dari PT. Riau Mas Bersaudara Rimbo Panjang (Kampar)
- Air yang di pakai dalam proses *mix design self healing concrete* yaitu air sumur bor Laboratorium Fakultas Teknik Sipil Universitas Islam Riau, Pekanbaru
- Urea ($(\text{NH}_2)_2\text{CO}$)
- Kalsium Klorida (CaCl_2)
- Asam Klorida (HCl)
- Larutan Ekstrak yang dibuat dari Limbah Sayur yang diperam selama seminggu



Gambar 2 Ekstrak limbah sayur

C. Pengujian

- Karakteristik Agregat kasar dan Agregat kasar (Analisa saringan, berat isi, berat jenis, kadar lumpur dan kadar air)



Gambar 3 Pengujian kadar lumpur

- Ekstrak limbah sayur



Gambar 4 Ekstrak limbah sayur

- *Slump test*



Gambar 5 Pembacaan nilai slump

- Kuat tekan



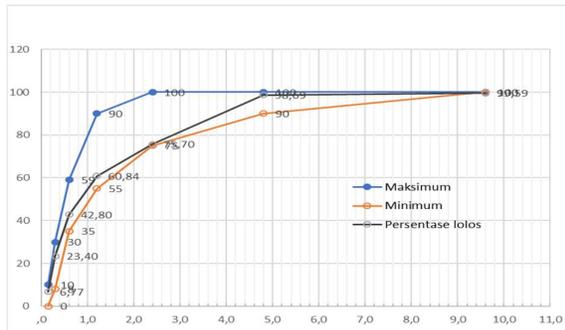
Gambar 6 Pengujian kuat tekan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Karakteristik Material

1) Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Halus dan Kasar: Pemeriksaan analisa saringan tersebut digunakan untuk memperoleh jumlah persentasi butiran pada agregat halus dan menentukan batas gradasi. Dapat diketahui bahwa agregat halus

memenuhi syarat batas gradasi, yaitu pada daerah zona II.



Gambar 7 Grafik gradasi agregat halus

Dapat dilihat pada gambar 1 saringan 1,5” sampai 1/2” masing-masing persentase lolos sebesar 100%. Pada saringan 3/8” persentase yang lolos 99,65%, pada saringan ukuran No.4 persentasi lolos 98,36%, untuk saringan No.8 memiliki nilai persentase lolos 77,02 %, saringan No.16 memiliki nilai persentasi lolos 63,29%, saringan No. 30 memiliki nilai persentasi lolos 45,26%, saringan No.50 memiliki nilai persentasi lolos 25,32%, saringan No. 100 memiliki nilai persentasi lolos 10,53%, dan saringan No.200 memiliki nilai persentasi lolos 6,41%.

Besar butir agregat maksimum adalah 20 mm. Persentase lolos agregat kasar ukuran 1/2 saringan 1 1/2” dan 1 “persentase lolos 100%, Saringan 3/4” persentase lolos 49,10 %. Saringan 1/2” persentasi lolos sebesar 3,52%. Saringan ukuran 3/8” sampai dengan saringan No.100 memiliki nilai persentase lolos 0,60%, dan saringan No.200 memiliki nilai persentase lolos 0,48%.

2) *Pemeriksaan Berat Isi Agregat:* Hasil pemeriksaan berat isi pada agregat halus dan agregat kasar memenuhi standar untuk digunakan dalam pengadukan beton. Dimana nilai standar untuk agregat halus 1,4-1,9 dan agregat kasar sebesar 1,4-1,9.

3) *Pemeriksaan Berat Jenis Agregat:* Hasil pemeriksaan berat jenis untuk agregat halus seperti berat jenis semu, berat jenis permukaan, dan berat jenis curah hasil penelitian ini

mencapai standar. Sedangkan pada penyerapan yaitu 0,53 % tidak mencapai standar, yang mana standarnya adalah 2% - 7%.

Tabel 1 Hasil pemeriksaan berat isi agregat

Materi al	Berat Isi (gr/cm ³)		Nilai Standar	Kete-rangan
	Kondisi Gembur	Kondisi Padat		
Agregat Halus	1.65	1.74	1.4-1.9	Ok Ok
Agregat Kasar	1.34	1.475	1.4-1.9	Tidak Ok

Tabel 2 Hasil pemeriksaan berat jenis agregat halus

Jenis Pemeriksaan	Satuan	Agregat Halus	Nilai Standar (%)	Ket.
BJ Semu	gr	2,638	2,5-2,7	Ok
BJ Permukaan Jenuh	gr	2,616	2,5-2,7	Ok
BJ Curah	gr	2,602	2,5-2,7	Ok
Penyerapan	gr	0,530	2-7	Tidak Ok

Hasil pemeriksaan berat jenis untuk agregat kasar seperti berat jenis semu, berat jenis permukaan, dan berat jenis curah memenuhi standar, sedangkan penyerapan hasil penelitian ini tidak mencapai standar.

Tabel 3 Hasil pemeriksaan berat jenis agregat kasar

Jenis Pemeriksaan	Satuan	Agregat Halus	Nilai Standar (%)	Ket.
BJ Semu	gr	2,656	2,5-2,7	Ok
BJ Permukaan Jenuh	gr	2,619	2,5-2,7	Ok
BJ Curah	gr	2,596	2,5-2,7	Ok
Penyerapan	gr	0,875	2-7	Tidak Ok

4) *Pemeriksaan Kadar Air Agregat:* Hasil pengujian agregat halus memiliki kadar air 2,57%, kadar air pada agregat halus tidak sesuai standar SNI 03-4142-1996 spesifikasi kadar air yaitu 3% sampai 5%.

Tabel 4 Hasil pemeriksaan kadar air agregat

Material	Kadar Air (%)	Nilai Standar (%)	Ket.
Agregat Halus	2,57	3-5	Tidak Oke
Agregat Kasar 2/3	0,76	3-5	Tidak Oke

5) *Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat:* Semua material memiliki kadar lumpur < 5 maka semua material memenuhi standar untuk digunakan pada pengadukan beton.

Tabel 5 Hasil pemeriksaan kadar lumpur agregat

Material	Kadar Lumpur (%)	Nilai Standar (%)	Ket
Agregat Halus	3,11	< 3	Ok
Agregat Kasar	0,22	< 3	Ok

B. Pemeriksaan Campuran Beton

Bahwa proporsi campuran beton normal untuk tiap 3 benda uji kubus menggunakan air, agregat halus, agregat kasar, adalah 2,5189 liter; 8,98 kg; 12,665 kg. Untuk variasi 0% bakteri semen yang dibutuhkan sebanyak 4,528 kg. Untuk variasi 2% bakteri semen dan bakteri yang dibutuhkan sebanyak 4,4374 kg dan 0,09056 kg. Untuk variasi 4% bakteri semen dan bakteri yang dibutuhkan sebanyak 4,3468 kg dan 0,18112 kg. Untuk variasi 6% bakteri semen dan bakteri yang dibutuhkan sebanyak 4,2563 kg dan 0,27168 kg. Untuk variasi 8% bakteri semen dan bakteri yang dibutuhkan sebanyak 4,1657kg dan 0,36224 kg.

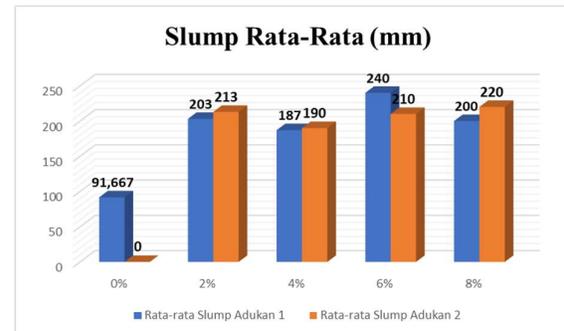
Tabel 6 Hasil Proporsi Campuran Beton Untuk Tiap 3 Benda Uji Kubus

Per-sentase Bak-teri	Semen (kg)	Air (liter)	Ag Ha (Kg)	Ag Ka (kg)	Estrak Limba h Sayur (gram)
0%	4,528	2,5189	8,98	12,66	-
2%	4,4374	2,5189	8,98	12,66	0,9056
4%	4,3468	2,5189	8,98	12,66	1,8112
6%	4,2563	2,5189	8,98	12,66	2,7168
8%	4,1657	2,5189	8,98	12,66	3,6224

C. Pemeriksaan Pengujian Nilai Slump

Didapat nilai slump tersebut, beton variasi 2%, 4%, 6%, 8% tidak memenuhi nilai standar

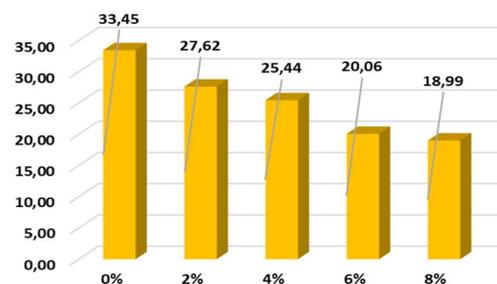
slump yang disarankan. Nilai maksimum slump yang disarankan untuk pemakaian pelat, balok, kolom, dan dinding 15cm dan minimumnya 7,5 cm [11].



Gambar 8 Grafik nilai slump rata-rata

D. Hasil Kuat Tekan Beton Setelah Perendaman Selama 28 Hari

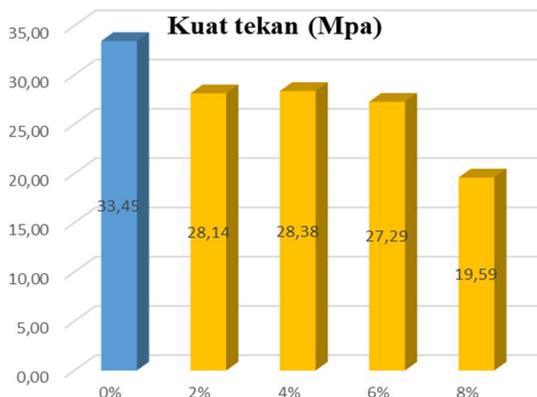
Dapat diketahui bahwa hasil kuat tekan umur 28 hari beton kubus di dapat untuk beton normal tanpa bakteri memiliki rata-rata 33,45 MPa. Pada beton dengan varian 2 % bakteri limbah sayuran nilai kuat tekan yang didapat rata-rata 27,62 MPa mengalami penurunan 21,108% dari beton normal. Untuk beton dengan varian 4% bakteri limbah sayuran nilai kuat tekan yang didapat rata-rata 25,44 MPa mengalami penurunan 31,486 % dari beton varian sebelumnya. Untuk beton dengan varian 6% bakteri limbah sayuran nilai kuat tekan yang didapat rata-rata 20,06 MPa mengalami penurunan 66,750 % dari beton varian sebelumnya. Untuk beton dengan varian 8% bakteri limbah sayuran nilai kuat tekan yang didapat rata-rata 18,99 MPa mengalami penurunan 76,145 % dari beton varian sebelumnya.



Gambar 9 Grafik hasil kuat tekan beton umur 28 hari

E. Hasil Kuat Tekan Beton Setelah Pemulihan Retakan Selama 28 Hari

Dapat dilihat bahwa hasil uji kuat tekan beton umur 28 hari kuat tekan maksimum berada di beton normal tanpa bakteri 0% dengan nilai 33,45 MPa. Nilai kuat tekan minimum berada pada variasi 8% bakteri sebagai pengganti sebagian semen dengan nilai 19,59 MPa.

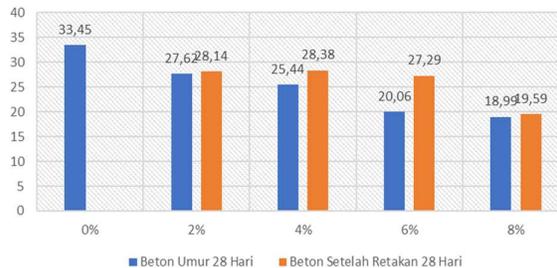


Gambar 10 Grafik hasil kuat tekan beton umur 28 hari setelah retakan

F. Perbandingan Kuat Tekan Beton Perendaman 28 Hari dan Beton 28 Hari Setelah Retakan

Diketahui bahwa hasil perbandingan kuat tekan sebelum retakan 28 hari dengan setelah pemulihan retakan 28 hari beton kubus. Pada beton sebelum retakan 28 hari dengan varian 2% bakteri limbah sayuran nilai kuat tekan yang didapat rata-rata 27,62 MPa dan pada beton setelah pemulihan retakan 28 hari rata-rata 28,14 MPa mengalami kenaikan 1,883% dari beton sebelum retakan 28 hari. Untuk beton dengan varian 4% bakteri limbah sayuran nilai kuat tekan yang didapat pada beton sebelum retakan 28 hari rata-rata 25,44 MPa dan pada beton setelah pemulihan retakan 28 hari 28,38 MPa mengalami kenaikan 11,557 % dari beton sebelum retakan 28 hari. Untuk beton dengan varian 6% bakteri limbah sayuran nilai kuat tekan yang didapat pada beton sebelum retakan 28 hari rata-rata 20,06 MPa dan pada beton setelah pemulihan retakan 56 hari rata-rata 27,29 MPa

mengalami kenaikan lebih tinggi 36,042 % dari beton varian sebelum retakan 28 hari. Untuk beton dengan varian 8% bakteri limbah sayuran nilai kuat tekan yang didapat pada beton sebelum retakan 28 hari rata-rata 18,99 MPa dan pada beton setelah pemulihan retakan 28 hari rata-rata 19,59 MPa mengalami kenaikan 3,160 % dari beton varian sebelum 28 hari.



Gambar 11 Grafik perbandingan kuat tekan beton perendaman umur 28 hari dan beton retakan

G. Hasil Pengujian Kuantifikasi Kalsium Karbonat

Bahwa kadar CaCO₃ pada variasi bakteri 2% memiliki persentase kadar CaCO₃ 4,5%, pada variasi bakteri 4% memiliki kadar CaCO₃ sebesar 3,5%, pada variasi bakteri 6% memiliki kadar CaCO₃ sebesar 4,5% dan pada variasi bakteri 8% memiliki kadar CaCO₃ sebesar 3,5%.

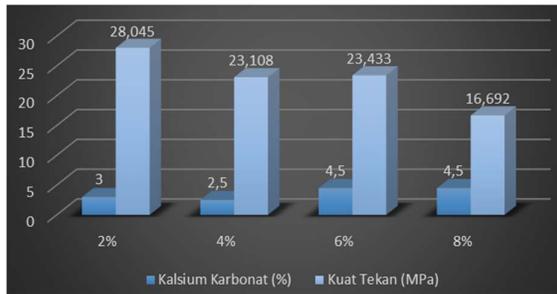


Gambar 12 Kuantifikasi kalsium karbonat sebelum beton diretakan

H. Hasil Uji Kuantifikasi Kalsium Karbonat Setelah Retakan

Nilai persentase kadar CaCO₃ Setelah beton diretakan, pada variasi Bakteri 2% memiliki persentase kadar CaCO₃ 3%, pada variasi Bakteri 4% memiliki kadar CaCO₃ sebesar 2,5%, pada variasi Bakteri 6% memiliki kadar

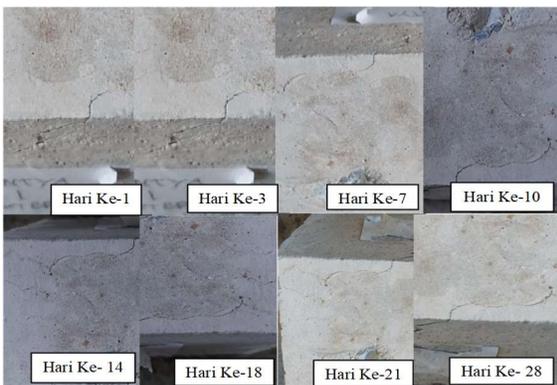
CaCO₃ sebesar 4,5% dan pada variasi Bakteri 8% memiliki kadar CaCO₃ sebesar 4,5%.



Gambar 13 Kuantifikasi kalsium karbonat setelah beton diretakkan

I. Hasil Penglihatan Secara Visual Penutupan Pada Retakan Beton

Uji Penglihatan Secara visual pemulihan retakan pada beton dengan cara melihat reaksi dari setiap persentase Bakteri dari ekstrak limbah Sayuran untuk memulihkan retakan yang terjadi pada beton. dari hasil retakan beton yang diamati dalam waktu 28 hari beton tersebut mengeluarkan zat kapur di permukaan beton dan memulihkan permukaan yang retak pada beton tersebut.

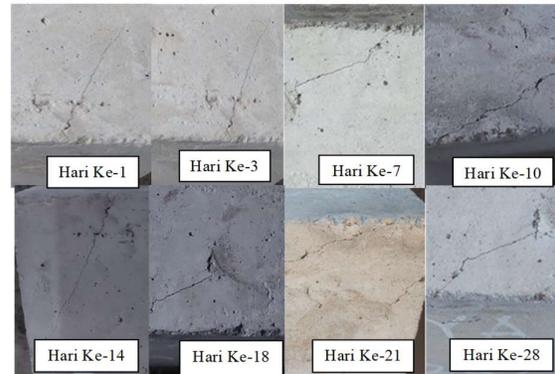


Gambar 14 Pemulihan retakan variasi bakteri dari limbah sayuran 2%

Dapat dilihat hari ke-1 terjadinya awal peretakan. Pada hari ke-7 pemulihan retakan pada beton variasi 2% mengalami penutupan pada retakan beton. Pada hari ke-28 terlihat retakan hampir terisi penuh. Hal ini dikarenakan zat kapur yang dihasilkan dari ekstrak limbah sayuran dapat menutupi

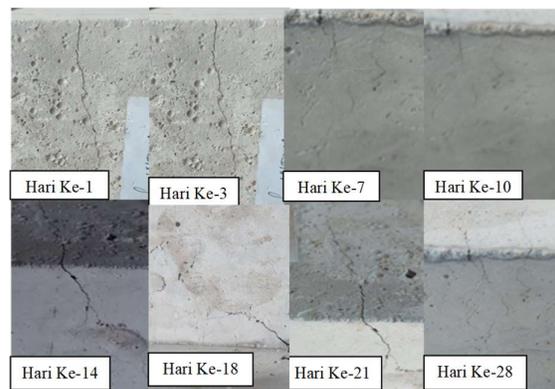
retakan namun belum dapat menutupi semua retakan pada beton.

Dapat dilihat dari Gambar 15 Pemulihan retakan pada beton variasi 4% mengalami penutupan pada beton hari ke-14 namun ia belum menutupi semua retakan. Pemulihan retakan hampir menutupi retakan pada waktu 28 hari.



Gambar 15 Pemulihan retakan variasi bakteri dari limbah sayuran 4%

Dilihat dari Gambar 16 pada hari ke-1 terjadinya awal peretakan. Pada hari ke-18 retakan hampir menutupi semua retakkan. Pemulihan retakan pada beton variasi 6% mengalami penutupan pada retakan beton hampir menutupi semua retakan pada hari ke-28.



Gambar 16 Pemulihan retakan variasi bakteri dari limbah sayuran 6%

Diketahui Gambar 17 Pemulihan retakan pada beton variasi 8% ekstrak limbah sayuran hampir pulih pada hari ke -28, hal ini dapat

dilihat pada sifat fisik beton berubah warna kekuningan dan mengeluarkan zat kapur.



Gambar 17 Pemulihan retakan variasi bakteri dari limbah sayuran 8%

Dapat disimpulkan bahwa dari penutupan retakan pada beton dari setiap variasi persentase ekstrak limbah sayuran mengalami pemulihan pada retakannya. Retakan yang terjadi pada beton secara perlahan-lahan tertutupi oleh zat kapur yang dihasilkan dari ekstrak limbah sayuran. Dan pada hari ke 28 pada setiap variasi persentasenya mengalami hampir pulih seutuhnya, dan sifat fisik beton berubah warna kekuningan.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Kuat tekan beton pada perendaman umur 28 hari pada penelitian self healing concrete ini variasi 0% dengan nilai kuat tekan 33,45 MPa. Untuk variasi 2% bakteri dengan nilai kuat tekan 27,62 Mpa. Untuk variasi 4% bakteri dengan nilai kuat tekan 25,44 MPa. Untuk variasi 6% bakteri dengan nilai kuat tekan 20,06 MPa. Untuk variasi 8% bakteri dengan nilai kuat tekan 18,99 MPa. Kuat tekan beton setelah pemulihan retakan 28 hari dengan variasi 2% bakteri nilai kuat tekan 28,14 MPa. Untuk variasi 4% bakteri nilai kuat tekan 28,38 MPa. Untuk variasi 6% Bakteri nilai kuat tekan 27,29 MPa. Untuk variasi 8% bakteri nilai kuat tekan 19,59 MPa. Nilai kuat tekan beton pada perendaman 28 hari mengalami penurunan di bandingkan dengan beton variasi 0%

bakteri dan pada beton setelah pemulihan retakan 28 hari mengalami penurunan kuat tekan pada persentase variasi 2%, 4%, 6%,8%. Namun tetapi pada perbandingan nilai kuat tekan beton setelah pemulihan retakan 28 hari mengalami kenaikan dibandingkan dengan beton perendaman umur 28 hari dengan variasi 2% nilai kenaikannya 1,883%, untuk variasi 4% nilai kenaikannya 11,557%, untuk variasi 6% nilai kenaikannya 36,042%, untuk variasi 8% nilai kenaikannya 3,160%.

2. Jumlah kadar kalsium karbonat (CaCO_3) dengan nilai kuat tekan yang dihasilkan pada setiap variasi persentase 2%, 4%,6%,8% berbanding lurus. Semakin banyak kadar kalsium karbonat (CaCO_3) maka semakin tinggi nilai kuat tekan beton yang dihasilkan.
3. Penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan self healing concrete dapat menjadi alternatif yang kompeten dan zat yang digunakan untuk beton berkualitas tinggi yang ramah lingkungan, hemat biaya dan juga menghasilkan peningkatan daya tahan bahan bangunan.
4. Dapat dilihat Secara visual retakan pada beton mengalami perubahan, tetapi tidak terlalu signifikan. Retakan pada beton perlahan menutup retakan beton seiring dengan waktu perawatannya. Pada permukaan beton terdapat zat kapur yang menempel di telapak tangan apabila di usap dan perubahan warna pada beton. Ini dapat menunjukkan zat kapur yang dihasilkan dapat menutupi retakan tetapi retakan-retakan yang berukuran kecil dengan ukuran sebesar helai rambut.

B. Saran

1. Untuk penelitian selanjutnya dapat melakukan peretakan beton dengan seragam menggunakan mesin uji kuat tekan.
2. Mengetahui terlebih dahulu jenis bakteri yang dapat digunakan ke dalam campuran beton.

3. Perlu adanya memodifikasi atau menambah variasi konsentrasi bakteri dan metode yang digunakan.
4. Perlu dilakukan scanning electron microscope terhadap beton untuk mengetahui perkembangan bakteri dalam mengisi ruang beton
5. Melakukan pengukuran awal mula saat retakan beton dan melakukan pengukuran kembali pada saat penutupan retakan beton

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih disampaikan kepada Tim *Jurnal Teknik Sipil dan Aplikasi (Tekla)* yang telah meluangkan waktu untuk membuat template ini. Jazaakumullahu khayron, Baarakallahufiikum.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. Amrulloh, S. Riyanto, dan T. Rochman, “Pengaruh Limbah Abu Alumunium Sebagai Substitusi Agregat Halus dengan Faktor Air Semen yang Berbeda pada Beton Ringan Terhadap Kuat Tekan dan Absorpsi”, *Online Skripsi*, vol. 2, pp. 97–103, 2021.
- [2] Anonim, “Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung SK SNI T-15-1991-03”, Departemen Pekerjaan Umum, 1991.
- [3] Antoni, dan P. Nugraha, *Teknologi Beton*, CV Andi Offset, 2007.
- [4] R. Arizki, I. Sari, S.E. Wallah, dan R.S. Windah, “Pengaruh Jumlah Semen dan FAS Terhadap Kuat Tekan Beton dengan Agregat yang Berasal dari Sungai”, *Jurnal Sipil Statik*, vol. 3 (1), pp. 68–76, 2015.
- [5] J. Dick, W. De Windt, B. De Graef, H. Saveyn, P. Van Der Meeren, N. De Belie, & W. Verstraete, “Bio-deposition of a calcium carbonate layer on degraded limestone by *Bacillus* species”, *Biodegradation*, vol. 17 (4), pp. 357–367, 2006.
- [6] I. Dispohusodo, “Struktur Beton Bertulang SK SNI T-15-1991”, vol. 3, 1993.
- [7] B. Doloksaribu, dan D. S. Nababan, “Pengaruh Faktor Air Semen Terhadap Nilai Kuat Tekan”, *Jurnal Ilmiah Mustek Anim Ha*, vol. 7 (1), pp. 1–11, 2018.
- [8] N. Elisa, Z. Djauhari, dan E. Yuniarto, “Sifat Mekanik Beton dengan Menambah Bakteri *Bacillus Subtilis* untuk Aplikasi Beton Pulih Mandiri”, *Jurnal Online Mahasiswa FTeknik*, vol. 5, pp. 1–6, 2018.
- [9] P. Ghodke, dan S. Mote, “THE SELF-HEALING CONCRETE—A REVIEW”, pp. 29–34, February 2018.
- [10] W. Herlambang, dan A. Saraswati, “Bio Concrete: Self-Healing Concrete, Aplikasi Mikroorganisme Sebagai Solusi Pemeliharaan Infrastruktur Rendah Biaya”, *Simposium II – UNIID 2017*, March, 1–5, 2017.
- [11] Anonim, “Metode pengujian slump beton SK SNI 03-1972-1990”, Departemen Pekerjaan Umum, 1990.