

Pemanfaatan Limbah Sayur Sebagai Agen Dalam Pembuatan Beton Pulih Mandiri

Utilization of Vegetable Waste as an Agent in Self Healing Concrete

Harmiyati, Firman Syarif, Roza Mildawati, Iswanto, Nanda Hasyim

*Teknik Sipil, Universitas Islam Riau,
Jl. Kaharuddin Nasution No. 113 Pekanbaru, Riau, Indonesia*

* Penulis korespondensi :: harmiyati.mimi@eng.uir.ac.id

Tel.: +62-823-9205-7557

Diterima: Mar 2023; Direvisi: Des 13 2023.; Disetujui: Des 18, 2023.

DOI: 10.25299/saintis.2023.vol23(02).11477

Abstrak

Beton merupakan bahan konstruksi yang terdiri dari campuran semen, agregat dan air serta bahan tambahan lainnya. Saat ini penggunaan beton semakin meningkat karena beton merupakan bahan konstruksi yang memiliki beberapa kelebihan, seperti mudah dalam proses pengerjaannya dan harga material penyusunnya relatif murah serta mudah didapatkan. Tujuan penelitian ini untuk mengidentifikasi perubahan pada fisik beton menggunakan campuran ekstrak limbah sayuran dan menganalisa pengaruh faktor nilai slump 10-30 terhadap nilai kuat tekan beton pada mutu beton *self healing* dengan *Mix Design* berdasarkan SNI 03-2834-2000. Hasil nilai slump pada penelitian *self healing concrete* dengan nilai slump 10-30 mm pada beton varian ekstrak limbah sayuran 0% dan 3% memenuhi standar yaitu 20mm dan 30mm. Sedangkan pada varian 5%, 7% dan 9% tidak memenuhi standar yaitu 140mm, 220mm dan 200mm. Hasil kuat tekan beton pada perendaman umur 28 hari pada pengadukan pertama dengan varian 0%, 3%, 5%, 7% dan 9% mengalami penurunan berturut-turut dari 37,40 Mpa, 28,76 Mpa, 25,01 Mpa, 20,30 Mpa, dan 20,14 Mpa. Untuk pengadukan kedua pada varian 0%, 3% dan 5% mengalami penurunan dari varian 0% yaitu 37,40 Mpa, 29,15 Mpa dan 22,15 Mpa, sedangkan varian 7% mengalami kenaikan yaitu 23,26 Mpa dan varian 9% mengalami penurunan yaitu 18,79 Mpa. Penglihatan secara visual pada beton yang diretakkan pada varian 3% dan 5% mengalami pemulihan di hari ke 14 dan hari ke 21, tetapi tidak dapat memulihkan retakan sepenuhnya pada beton. Sedangkan pada varian 7% dan 9% dapat memulihkan di hari ke 14 dan hari ke 10 hampir pulih sepenuhnya.

Kata Kunci: Beton, *Self Healing Concrete*, Ekstrak Limbah Sayuran, Kuat Tekan, Nilai Slump.

Abstract

Concrete is a construction material consisting of a mixture of cement, aggregate and water as well as other additives. Currently the use of concrete is increasing because concrete is a construction material that has several advantages, such as being easy to process and the price of the material being made is relatively cheap and easy to obtain. The purpose of this study is to determine changes in the physical concrete and analyze the effect of the slump value of 10-30 on the value of the compressive strength of concrete on the quality of self-healing concrete with the method *Mix Design* based on SNI 03-2834- 2000. The results of the slump value in the self-healing concrete study with a slump value of 10-30 mm on the 0% and 3% vegetable waste extract variant concrete met the standards, namely 20mm and 30mm. While the 5%, 7% and 9% variants do not meet the standards, namely 140mm, 220mm and 200mm. The results of the compressive strength of concrete at 28 days of immersion in the first mixing with variants of 0%, 3%, 5%, 7% and 9% decreased from 37,40 Mpa, 28,76 Mpa, 25,01 Mpa, 20,30 Mpa and 20,14 Mpa. For the second mixing the 0%, 3% and 5% variants experienced a decrease from the 0% variant, namely 37,40 Mpa, 29,15 Mpa and 22,15 Mpa, while the 7% variant experienced an increase of 23,26 Mpa and variant 9% experienced a decrease of 18,79 Mpa. Visually the cracked concrete in the 3% and 5% variants recovered on day 14 and day 21, but could not fully restore the cracks in the concrete. While the 7% and 9% variants can recover on day 14 and day 10 almost fully recovered.

Keywords: Concrete, *Self Healing Concrete*, Vegetable Waste Extract, Compressive Strength, slump value.

PENDAHULUAN

Beton adalah campuran antara semen *portland* atau semen hidraulik lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat [11]. Beton disusun dari agregat kasar dan agregat halus. Agregat halus yang digunakan biasanya adalah pasir alam maupun pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu, sedangkan agregat kasar yang dipakai biasanya

berupa batu alam maupun batuan yang dihasilkan oleh industri pemecah batu. Secara Sederhana Beton dibentuk oleh pengerasan campuran antara semen, air, agregat halus (pasir), dan agregat kasar (batu pecah kerikil). Kadang-kadang ditambahkan campuran bahan lain (*admixture*) untuk memperbaiki kualitas beton [4]. Beton merupakan bahan yang memiliki kuat tekan yang tinggi, bila dibuat dengan cara yang baik, kuat tekan akan

menyamai batu alami. Beton biasanya diaplikasikan pada pondasi, kolom, balok, plat lantai, gorong-gorong, dan bendungan.

Untuk mendapatkan beton yang berkualitas baik, diperlukan beton yang padat dengan sedikit pori. Apabila beton memiliki pori yang banyak artinya beton menjadi tidak awet dan umur pemakaiannya juga tidak akan panjang. Sebenarnya setiap beton yang diaplikasikan pada struktur bangunan pasti akan terjadi retakan, yang harus dipertimbangkan adalah apakah retakan tersebut dapat ditolerir karena tidak berbahaya atau retakan tersebut membahayakan struktur bangunan secara keseluruhan [2].

Maka, diperlukan suatu *inovasi* yang dapat mencegah keretakan beton dan meningkatkan *durabilitas* beton. Dalam penelitian ini penulis menggunakan ekstrak limbah sayuran pada campuran adukan beton untuk nilai *slump* 10-30 dalam proses *self healing concrete*. Limbah ini dipilih karena dapat menghasilkan senyawa zat kapur yang merupakan bahan utama semen. Berdasarkan kajian literatur yaitu *self healing concrete* adalah beton yang memanfaatkan mikroba pada komposisi campuran beton yang dapat membuat beton bersifat pulih mandiri pada retakan beton dan diharapkan dapat mengisi pori-pori pada beton dengan produksi mineral *Calcium Carbonate* (CaCO_3) yang diakibatkan oleh aktivitas mikroorganisme didalam beton yang dapat menghalangi retakan dan pori mikro pada beton. juga mampu membentuk *endospora* yang dapat tahan pada kondisi lingkungan yang *ekstrem*. *Endospora* ini memberikan kemampuan proteksi diri yang dapat *mentolerir* faktor lingkungan seperti panas, asam, basa dan garam dalam jangka waktu yang lama sehingga cocok menjadi bahan tambah untuk campuran beton [1].

Penggunaan mikroba tersebut ditunjukkan untuk dapat menambah kuat tekan beton dengan cara menutup pori-pori yang ada didalam beton dengan zat kapur sehingga beton menjadi lebih kuat dan padat [5]. Selain itu dalam pengaplikasiannya diharapkan dapat mencegah secara dini keretakan pada beton dengan memproduksi mineral yang diakibatkan oleh aktivitas mikroba didalam beton. *Degradasi* bakteri urea secara lokal meningkatkan *pH* dan mendorong pengendapan mikroba kalsium karbonat di lingkungan yang kaya kalsium karbonat [5].

Pada umumnya jika berhubungan dengan syarat, tuntutan mutu dan keawetan beton yang tinggi, selain kualitas agregat kasar dan halus sebagai material penyusun beton, ada beberapa faktor lain yang harus diperhatikan adalah kandungan air dan nilai *slump* dalam campuran beton. Untuk menentukan jumlah air dalam campuran beton dikenal suatu nilai yang disebut nilai faktor air semen (FAS). Faktor air semen atau *water to cementious ratio* merupakan rasio total berat air (termasuk air yang

terkandung dalam agregat dan pasir) terhadap berat total semen pada campuran beton.

Umumnya nilai faktor air semen yang diberikandalam praktek pembuatan beton min 0,4 dan max 0,65. Peneliti menggunakan variasi nilai faktor air semen 0,6 untuk mengetahui tingkat kemudahan pengerjaan [7]. Pada nilai *slump* peneliti menggunakan *slump* 10-30 (kental) tujuan dari pengujian *slump* adalah untuk mengetahui tingkat kemudahan pengerjaan beton yang dinyatakan dalam nilai tertentu. *Slump* didefinisikan sebagai besarnya penurunan ketinggian pada pusat permukaan atas beton yang diukur segera setelah cetakan uji *slump* diangkat (SNI 03-1972-2008). Nilai *slump* dipengaruhi oleh faktor air semen. Semakin tinggi fas maka nilai *slump* akan semakin tinggi yakni menggunakan banyak air dan sedikit semen, sehingga pasta semen lebih encer dan mengakibatkan nilai *slump* lebih tinggi. Semakin besar nilai *slump test* berarti adukan beton semakin mudah dikerjakan. pemadatan dan seberapa besar kuat tekan yang dihasilkan ketika menggunakan variasi persentase 0%, 3%, 5%, 7% dan 9% ekstrak limbah sayuran.

METODOLOGI

Pada penelitian ini menggunakan metode *self-healing concrete* atau beton pulih mandiri. Dengan cara mencampurkan bahan tambah yaitu ekstrak limbah sayuran, yang dapat menghasilkan kristal kalsium karbonat yang menghalangi retakan pada pori mikro beton berupa zat kapur.

Penelitian ini menggunakan ekstrak limbah sayuran yang didominasi oleh kubis dan sawi. Pada penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui pengaruh ekstrak limbah sayur terhadap beton dengan faktor air semen 0,6 dan nilai *slump* 10-30. Penelitian ini juga mengamati secara visual terhadap perubahan retakan beton.

Penelitian ini bersifat eksperimental dengan melakukan penelitian di laboratorium yang mengacu pada (SNI 03-2834-2000) dengan benda uji beton berbentuk kubus 15 x 15 x 15 cm berjumlah 3 benda uji beton normal variasi 0% dengan 6 benda uji tiap penambahan bakteri ekstrak limbah sayur variasi 3%, 5%, 7%, 9%, sebagai bahan pengganti sebagian semen. Pengujian dilakukan pada perawatan 28 hari menggunakan mesin kuat tekan beton.

HASIL DAN DISKUSI

Hasil Pemeriksaan Benda Uji

Hasil pengujian material pada penelitian ini adalah analisa pemeriksaan saringan agregat halus dan agregat kasar, pemeriksaan berat jenis agregat halus dan kasar, pemeriksaan berat volume agregat halus dan kasar, pemeriksaan kadar air agregat halus dan kasar, dan pemeriksaan kadar lumpur pada agregat halus dan kasar.

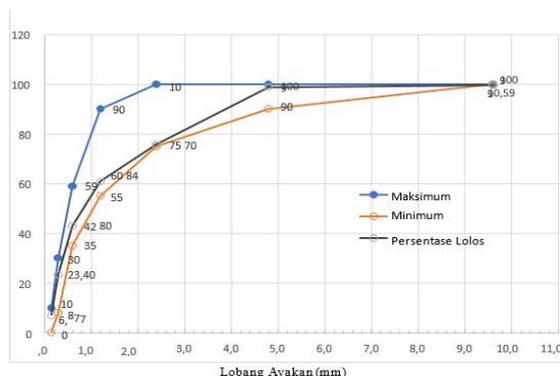
a. Hasil Pemeriksaan Saringan Agregat Halus

Tabel 1. Hasil Pemeriksaan Rata-rata Nilai Persentase Lolos Agregat Halus

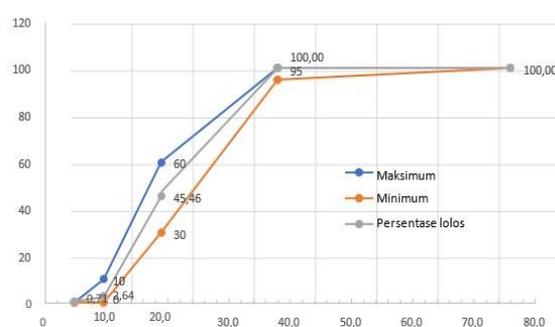
Nomor saringan	Ukuran saringan	Persentase Rata-rata Lolos Saringan
1,5"	38,1	100
1"	25,4	100
3/4"	19	100
1/2"	12,7	100
3/8"	9,6	99,65
#4	4,8	98,36
#8	2,4	77,02
#16	1,2	63,29
#30	0,6	45,26
#50	0,3	25,32
#100	0,15	10,53
#200	0,075	6,41

Tabel 2. Hasil Pemeriksaan Rata-rata Nilai Persentase Lolos Agregat Kasar

Nomor saringan	Ukuran saringan	Persentase Rata-rata Lolos Saringan
1,5"	38,1	100
1"	25,4	100
3/4"	19	49,10
1/2"	12,7	3,52
3/8"	9,6	0,64
#4	4,8	0,60
#8	2,4	0,60
#16	1,2	0,60
#30	0,6	0,60
#50	0,3	0,60
#100	0,15	0,60
#200	0,075	0,48



Gambar 1. Grafik Gradasi Agregat Halus



Gambar 2. Grafik Gradasi Agregat Kasar

b. Hasil Pemeriksaan Kadar Air

Kadar air pada agregat perlu diketahui untuk menghitung jumlah air pada campuran beton sesuai perbandingan air dan FAS. Hasil pemeriksaan kadar air dapat dilihat pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Hasil Pemeriksaan Kadar Air

Material	Ag. Halus	Ag. Kasar 2/3
Kadar Air (%)	0,41	0,76
Nilai Standar (%)	3-5	3-5
Keterangan	Tidak Oke	Tidak Oke

c. Hasil pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air

Tabel 4. Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus

Jenis Pemeriksaan	Sat	Agr. Halus	Nilai Standar (%)	Ket.
BJ Semu	gr	2,64	2,5 - 2,7	Ok
BJ Permukaan Jenuh	gr	2,61	2,5 - 2,7	Ok
BJ Curah	gr	2,59	2,5 - 2,7	Ok
Penyerapan	gr	0,53	2 - 7	Tidak Ok

Tabel 5. Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar

Jenis Pemeriksaan	Sat	Agr. Kasar	Nilai Standar (%)	Ket
BJ Semu	gr	2,66	2,5 - 2,7	Ok
BJ Permukaan Jenuh	gr	2,62	2,5 - 2,7	Ok
BJ Curah	gr	2,60	2,5 - 2,7	Ok
Penyerapan	gr	0,88	2 - 7	Tidak Ok

d. Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur

Pemeriksaan kadar lumpur pada penelitian ini menggunakan metode penjumlahan bahan agregat yang lolos saringan No.200 (0,075 mm) yang bermaksud dijadikan acuan atau pedoman untuk pelaksanaan pengujian dan untuk melakukan jumlah setelah dilakukan pencucian benda uji.

Tabel 6. Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur

Material	Kadar Lumpur (%)	Nilai Standar (%)	Ket
Agregat Halus	3,11	<5	Ok
Agregat Kasar	0,22	<5	Ok

Tabel 8. Hasil Proporsi Campuran Beton untuk 3 sampel beton berbentuk kubus

Varian	Semen(kg)	Air(l)	Ag.Halus(kg)	Ag.Kasar(kg)	ekstrak limbah sayur (gr)
0%	4,131	2,095	7,80	15,152	0
3%	4,007	2,095	7,80	15,152	123,93
5%	3,924	2,095	7,80	15,152	206,55
7%	3,841	2,095	7,80	15,152	289,17
9%	3,759	2,095	7,80	15,152	371,79

Pada tabel 8 dapat diketahui bahwa proporsi campuran beton normal untuk tiap 3 sample kubus beton menggunakan semen 4,131 kg, air 2,095 l, agregat halus 7,80 kg, agregat kasar 15,152 kg. Untuk variasi 3% ekstrak limbah sayur tiap 3 sample kubus beton menggunakan semen 4,007 kg, air 2,095 l, agregat halus 7,80 kg, agregat kasar 15,152 kg. Untuk variasi 5% bakteri tiap 3 sample kubus beton menggunakan semen 3,924 kg, air 2,095 l, agregat halus 7,80 kg, agregat kasar 15,152 kg. Untuk variasi 7% bakteri tiap 3 sample kubus beton menggunakan semen 3,841 kg, air 2,095 l, agregat halus 7,80 kg, agregat kasar 15,152 kg. Dan untuk variasi 9% bakteri tiap 3 sample kubus beton menggunakan semen 3,759

e. Hasil Pemeriksaan Berat Isi Agregat

Tabel 7. Hasil Pemeriksaan Berat Isi Agregat

Material	Berat Isi (gr/cm ³)		Nilai Standar	Ket	
	Kondisi Gembur	Kondisi Padat			
Agregat Halus	1.65	1.74	1.4 - 1.9	Ok	Ok
Agregat Kasar	1.34	1.47	1.4 - 1.9	Tidak Ok	Ok

Hasil Pemeriksaan Benda Beton

Hasil dari pemeriksaan beton berupa hasil pemeriksaan *mix design*, hasil pemeriksaan *slump* pada beton segar, hasil pemeriksaan kuat tekan beton normal dan beton yang menggunakan mikroorganisme dari limbah sayuran.

a. Hasil Pemeriksaan Campuran Beton

Perencanaan campuran beton bertujuan untuk mengetahui proporsi campuran antara semen, agregat halus, agregat kasar, dan ekstrak limbah sayur sebagai pengganti sebagian berat semen. Hasil campuran beton untuk 3 sampel dapat dilihat pada Tabel 8 berikut.

kg, air 2,095 l, agregat halus 7,80 kg, agregat kasar 15,152 kg.

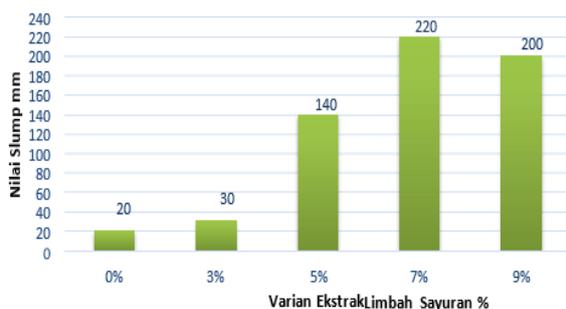
b. Hasil dan Analisa Nilai Slump

Tujuan pengujian *slump* adalah untuk mengecek adanya kadar air yang adadalam adukan beton, sedangkan pemeriksaan nilai *slump* bertujuan untuk mengetahui konsistensi beton dan sifat kemudahan pengerjaan (*workability*) beton sesuai dengan syarat-syarat yang ditetapkan. Semakin tinggi nilai *slump* maka semakin mudah pengerjaan beton. Sebaliknya semakin kecil nilai *slump* maka pengerjaan beton semakin sulit. Hasil nilai *slump* beton dengan adanya tambahan ekstrak

limbah sayur yang menggantikan sebagian berat semen dapat dilihat pada tabel 9 berikut.

Tabel 9. Nilai *Slump* Kubus Beton

% varian	Slump Rata-Rata (mm)	Penurunan (%)	Kenaikan (%)
0	20	-	-
3%	30	-	50
5%	140	-	366
7%	220	-	57,142
9%	200	9,090	-



Gambar 3. Grafik Hasil Nilai *Slump* rata-rata setiap varian ekstrak limbah sayuran

Berdasarkan gambar 3, jika dibandingkan nilai *slump* beton yang tanpa bakteri dengan nilai 20mm dan varian 3% masuk dalam kategori nilai *slump* 10- 30, sedangkan varian 5%, dan 7% dengan nilai 140mm, dan 220mm mengalami kenaikan nilai *slump*, kemudian beton varian 9% mengalami penurunan dengan nilai 200mm dibandingkan beton varian 7%.

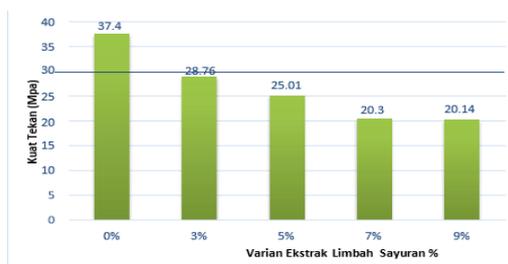
Untuk varian 5%, 7% dan 9% mengalami kenaikan nilai *Slump* (cair) diakibatkan semakin tinggi nilai varian campuran ekstrak limbah sayuran semakinencer adukan beton.

c. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan terbagi menjadi dua bagian, yaitu benda uji pengadukan pertama dan benda uji pengadukan kedua. Untuk benda uji adukan pertama, uji kuat tekan dilaksanakan setelah perawatan benda uji denganperendaman 28 hari. Untuk adukan kedua, setelah benda uji dilakukan perawatan perendaman selama 28 hari, benda uji dilakukan peretakan dan diharapkan retak kembali pulih secara mandiri dalam waktu 28 hari kedepan, kemudian setelah benda uji dinyatakan pulih selama 28 hari, maka benda uji pada adukan kedua dilakukan pengujian kuat tekan. Hasil uji kuat tekan pengadukan pertama dapat dilihat pada Tabel 10 berikut.

Tabel 10. Hasil Uji Kuat Tekan Beton Pengadukan Pertama

Varian (%)	Umur (Hari)	Dimensi (mm)	Kuat Tekan	Fc' Rerata (Mpa)	Penurunan (%)
0	28	150x150x150	450,657	37,40	-
3	28	150x150x150	346,522	28,76	-8,64
5	28	150x150x150	301,361	25,01	-12,39
7	28	150x150x150	244,630	20,30	-17,1
9	28	150x150x150	242,591	20,14	-17,1

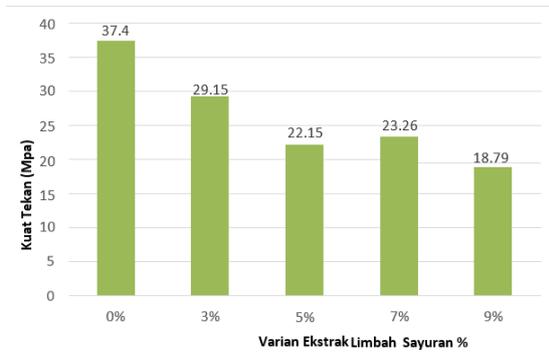


Gambar 4. Grafik Hasil Kuat Tekan Beton Pengadukan Pertama

Hasil pengujian kuat tekan beton yang telah diretakkan dilakukan setelah perawatan beton selama 28 hari dengan melakukan penyiraman dengan air pada retakan beton, setelah retakan pada beton pulih maka beton yang sudah diretakkankemudian di uji, dengan varian benda uji 3%, 5%, 7% dan 9%. Untuk hasil kuat tekan beton setelah diretakkan dapat dilihat dalam tabel 11 sebagai berikut.

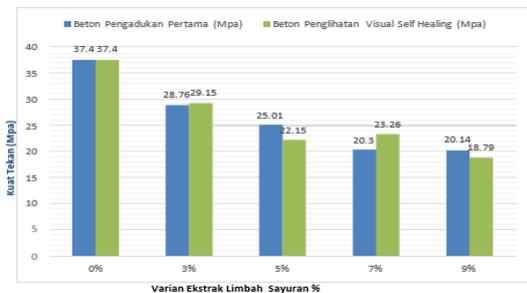
Tabel 11. Hasil Uji Kuat Tekan Beton Penglihatan visual *self healing*

Varian (%)	Umur (Hari)	Dimensi (mm)	Kuat Tekan	Fc' Rerata (Mpa)	Penurunan (%)
0	28	150x150x150	450,657	37,40	-
3	28	150x150x150	351,156	29,15	-8,25
5	28	150x150x150	266,911	22,15	-15,25
7	28	150x150x150	280,216	23,26	-14,14
9	28	150x150x150	226,390	18,79	-18,61



Gambar 5. Grafik Hasil Kuat Tekan Beton Penglihatan Visual *Self Healing*

Hasil perbandingan kuat tekan beton pengadukan pertama dan beton penglihatan visual *self healing* dapat dilihat pada grafik seperti gambar 6 berikut.



Gambar 6. Grafik Perbandingan Kuat Tekan Beton Pengadukan Pertama, dan Beton Penglihatan Visual *Self Healing*

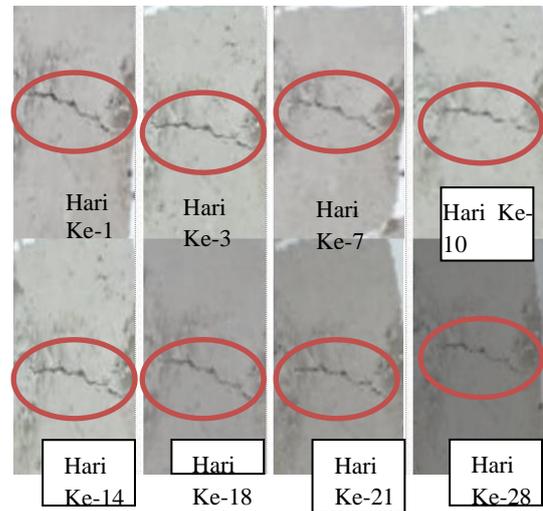
Berdasarkan Gambar 6 dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi persentase ekstrak limbah sayuran semakin rendah kuat tekan beton pengadukan pertama dan beton penglihatan visual *self healing*.

Hasil Pemeriksaan Self Healing Concrete

Hasil dari pemeriksaan *self healing concrete* berupa pengamatan pemulihan retakan pada beton yang terkandung zat kapur dan hasil dari penutupan retakan pada beton yang telah diretakkan.

a. Hasil Penglihatan Penutupan Retakan Beton Secara Visual

Hasil dari pemeriksaan penutupan retakan pada beton setelah beton diretakkan dengan menggunakan varian ekstrak limbah sayuran, Pemulihan retakan beton dengan menggunakan varian 3% dapat dilihat pada Gambar 7 sebagai berikut.

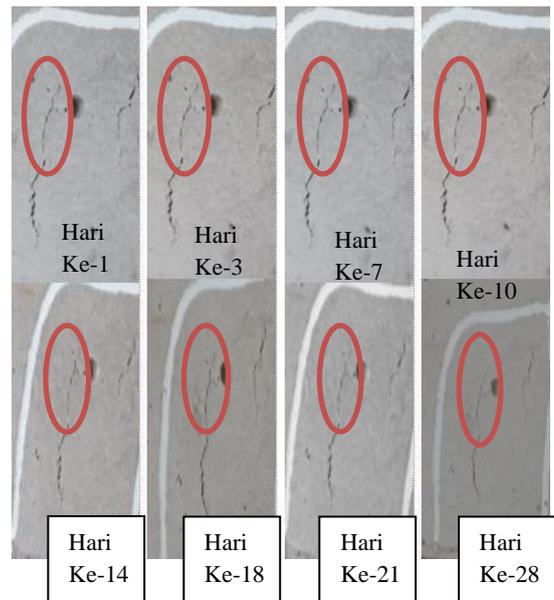


Gambar 7. Pemulihan Retakan Varian 3%

Berdasarkan hasil pengamatan pada gambar 7 penutupan retakan pada beton dengan varian 3% dapat memulihkan retakan beton di hari ke 14, Hal ini terjadi akibat adanya zat kapur yang dihasilkan. Akan tetapi tidak dapat memulihkan retakan sepenuhnya pada beton.

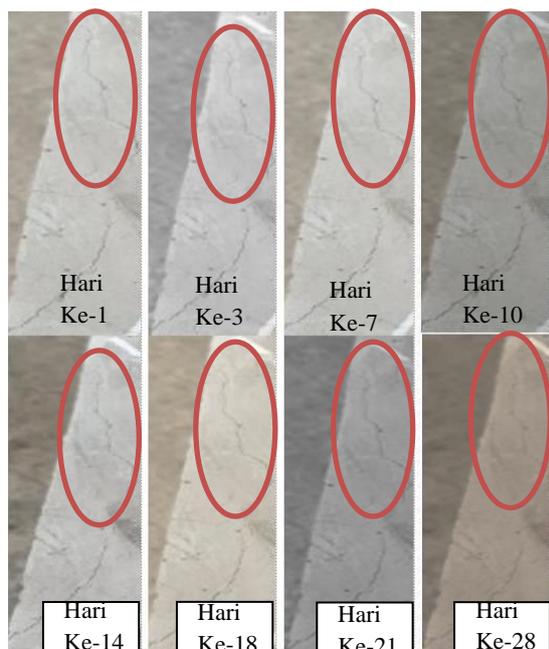
Berdasarkan hasil pengamatan pada gambar 5.8 penutupan retakan pada beton dengan varian 5% dapat memulihkan retakan beton di hari ke 21. Akan tetapi tidak dapat memulihkan retakan sepenuhnya pada beton.

Pemulihan retakan beton dengan menggunakan varian 5% dapat dilihat pada Gambar 8 berikut.



Gambar 8. Pemulihan Retakan Varian 5%

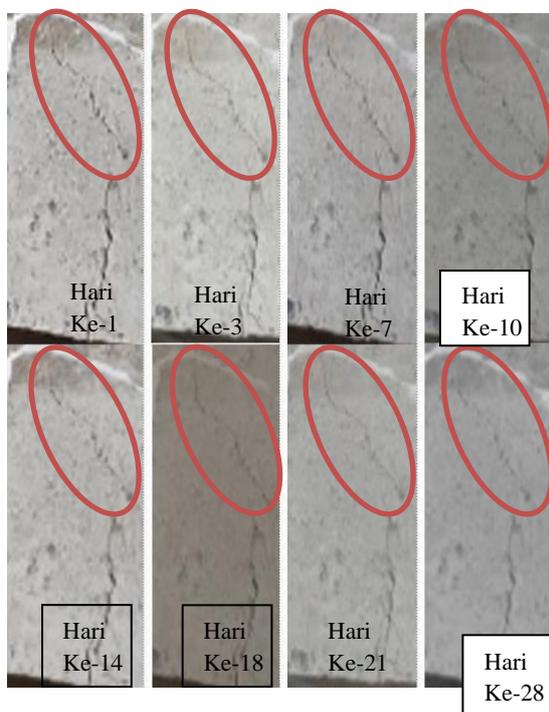
Pemulihan retakan beton dengan menggunakan varian sebanyak 7% dapat dilihat pada Gambar 9 berikut.



Gambar 9. Pemulihan Retakan Varian 7%

Berdasarkan hasil pengamatan pada gambar 9 penutupan retakan pada beton dengan varian 7% dapat memulihkan retakan beton di hari ke 14, pemulihan retakan pada beton hampir pulih sepenuhnya dalam jangka waktu 28 hari.

Pemulihan retakan beton dengan varian 9% dapat dilihat pada gambar 10 berikut.



Gambar 10. Pemulihan Retakan Varian 9%

Berdasarkan hasil pengamatan pada gambar 10 penutupan retakan pada beton dengan varian 9% dapat memulihkan retakan beton di hari ke 10, pemulihan retakan pada beton hampir pulih sepenuhnya dalam jangka waktu 28 hari.

Hasil pengamatan secara visual pada gambar-gambar diatas terlihat perubahan yang terjadi pada retakan beton. Retakan pada beton perlahan menutup seiring waktu perawatan beton. Air yang masuk pada celah retakan membuat bakteri menjadi aktif dan menumbuhkan spora-spora berupa zat kapur yang melapisi permukaan beton, zat kapur yang dihasilkan hanya dapat menutup retakan-retakan halus pada beton.

KESIMPULAN

Dari data hasil penelitian dan pembahasan, menggunakan nilai *slump* 10-30 mm pada beton varian ekstrak limbah sayuran 0% dan 3% memenuhi standar yaitu 20mm dan 30mm. Sedangkan pada varian 5%, 7% dan 9% tidak memenuhi standar yaitu 140mm, 220mm dan 200mm. Berdasarkan hasil kuat tekan beton menggunakan varian ekstrak limbah sayuran menggantikan sebagian berat semen pada beton umur 28 hari dengan varian 0%, 3%, 5%, 7% dan 9% mengalami penurunan berturut-turut dari 37,40 Mpa, 28,76 Mpa, 25,01 Mpa, 20,30 Mpa, dan 20,14 Mpa. Untuk pengadukan penglihatan visual *self healing* pada varian 0%, 3% dan 5% mengalami penurunan dari varian 0% yaitu 37,40 Mpa, 29,15 Mpa dan 22,15 Mpa, sedangkan varian 7% mengalami kenaikan yaitu 23,26 Mpa dan varian 9% mengalami penurunan yaitu 18,79 Mpa. 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 menghasilkan peningkatan daya tahan bahan bangunan. Penglihatan secara visual pada beton yang diretakan pada varian 3% dan 5% mengalami pemulihan di hari ke 14 dan hari ke 21, tetapi tidak dapat memulihkan retakan sepenuhnya pada beton. Sedangkan pada varian 7% dan 9% dapat memulihkan di hari ke 14 dan hari ke 10, pemulihan hampir sepenuhnya terjadi pada 28 hari.

REFERENSI

[1] Afifah, Siti, Pengaruh Kuat Lentur Balok Self Healing Concrete Dengan Bacillus Subtilis Terhadap Umur Perawatan, Universitas Muhammadiyah. Yogyakarta. 2017.
 [2] Agustin. M, Permasalahan Belajar dan Inovasi Pembelajaran, Bandung: Refika Aditma, 2014.

- [3] Antoni, & Nugraha, P, Teknologi Beton, CV Andi Offset, 2007.
- [4] Asroni, A, Struktur Beton I (Balok dan Plat Beton Bertulang), Graha Ilmu, Yogyakarta, 2010.
- [5] Dick, J., De Windt, W., De Graef, B., Saveyn, H., Van Der Meeren, P., De Belie, N., & Verstraete, W, *Bio-deposition of a calcium carbonate layer on degraded limestone by Bacillus species*, *Biodegradation*, 17(4), 357-367, <https://doi.org/10.1007/s10532-005-9006-x>, 2006.
- [6] Mulyadi, Asri. Diawarman dan Donny Ismail, Pengaruh Penambahan Limbah Plastik Terhadap Kuat Tekan Mutu Beton K-175, *Jurnal Teknik Sipil UNPAL Vol 8, NO 2 November*, 2018.
- [7] Mulyono, T., Teknologi Beton, Yogyakarta : penerbit Andi, 2003.
- [8] Mulyono, T, Teknologi Beton, Edisi Kedua, Andi Yogyakarta, 2004.
- [9] Mulyono, Yoga Surya Wijaya, Pengaruh Limbah Gypsum Pada Kuat Tekan Beton, Universitas Semarang, 2020
- [10] Ningsih, Wahyu, Pemanfaatan Limbah Kulit Kerang Darah (Anadara Granosa) Sebagai Pengganti Sebagian Semen Pada Campuran Beton, (pp. 1-162), Universitas Islam Riau. Pekanbaru, 2021.
- [11] SNI-03-2847-2002, Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung.