

# Pengaruh Penambahan *Admixture Adhesive Manufacturer 78* Terhadap Kuat Tekan Beton Dengan Metode *Self Healing Concrete*

## *The Effect of Additional Admixture Adhesive Manufacture 78 On The Concrete Compressive Strength Using the Self-Healing Concrete Method*

Nanda Hasyim<sup>1,\*</sup>, Firman Syarif<sup>2</sup>, Mahadi Kurniawan<sup>3</sup>, Vella Anggren<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Teknik Sipil, Universitas Islam Riau, Jl. Kaharuddin Nasution No. 133 Pekanbaru

\* Penulis korespondensi : nandahasyim@student.uir.ac.id

Diterima: Dec 20, 2022; Direvisi: April 15, 2023; Ditetujui: April 25, 2023.

DOI: 10.25299/saintis.2023.vol23(01).25239

### Abstrak

Penelitian ini menggunakan metode Self Healing Concrete yang dimana beton diharapkan mampu memperbaiki dirinya sendiri dari kerusakan retakan dengan memanfaatkan bakteri yang didapat dari ekstrak limbah sayuran. Untuk mengetahui peningkatan kekuatan beton setelah dicampur dengan bahan tambah limbah tomat dan Mastersure 1007 additive dengan metode self healing concrete dengan variasi limbah sayuran 3%, dan 0,8% Mastersure 1007 dan Mengetahui pengaruh penambahan ekstrak limbah sayuran dan Mastersure 1007 pada beton dengan metode self healing concrete terhadap kuat tekan beton Penelitian ini bersifat eksperimen (research) yang dilakukan dilaboratorium dengan mengacu pada ISO 140440 dengan benda uji berbentuk silinder sebanyak 27 sampel. Dan akan dilakukan uji tekan. Hasil dari penelitian ini, kuat tekan beton tanpa diretakkan variasi 1% adhesive manufacturer 78 dan 3%, 5%, 7%, 9% limbah sayuran secara berturut-turut adalah 44,59 Mpa, 42,28 Mpa, 42,71 Mpa, 49,85 Mpa, 41,25 Mpa, sedangkan kuat tekan beton diretakkan variasi 3%, 5%, 7%, 9% secara berturut-turut adalah 36,85 Mpa, 38,02 Mpa, 42,16 Mpa, 44,68 Mpa. Nilai slump pada beton campuran 1% adhesive manufacturer 78 memiliki nilai 43 mm, pada beton variasi 3%, 5%, 7%, 9% secara berturut-turut adalah 44,33 mm, 45,66 mm, 48,33 mm, 53,66 mm, sedangkan beton diretakkan memiliki nilai slump variasi 3%, 5%, 7%, 9% secara berturut-turut adalah 48,66 mm, 47 mm, 44,33 mm, 42,66 mm. Pemulihan retakan pada beton yang dilihat secara visual dengan perawatan selama 28 hari, dapat menutup retakan yang berukuran sehelai rambut pada beton.

**Kata Kunci:** *Self Healing Concrete, Ekstrak Limbah Sayuran, Adhesive Manufacture 78, Kuat Tekan*

### Abstract

This study uses the Self Healing Concrete method where the concrete is expected to be able to repair itself from crack damage by utilizing bacteria obtained from vegetable waste extracts. To determine the increase in the strength of concrete after being mixed with tomato waste and adhesive manufacturer 78 (AM78) additive with a self-healing concrete method with variations of vegetable waste 3%, 5%, 7%, 9% and 1% adhesive manufacturer 78 and to know the effect of adding vegetable waste extract and Adhesive Manufacturer (AM78) on concrete with self-healing concrete method for the recovery of cracks that occur in concrete. This research is experimental (research) conducted in the laboratory with reference to SNI 03-2834-2000 with a cube-shaped test object of 27 samples. The treatment period is 28 days and a pressure test will be carried out. Crack recovery in concrete can only be seen visually by taking pictures. The results of this study, the compressive strength of the uncracked concrete was 1% adhesive manufacturer 78 and 3%, 5%, 7%, 9% vegetable waste respectively 44.59 Mpa, 42.28 Mpa, 42.71 Mpa, 49.85 Mpa, 41.25 Mpa, while the compressive strength of cracked concrete with variations of 3%, 5%, 7%, 9% respectively were 36.85 Mpa, 38.02 Mpa, 42.16 Mpa, 44.68 MPa. The slump value in the 1% adhesive manufacturer 78 mixed concrete has a value of 43 mm, the variation of 3%, 5%, 7%, 9% concrete is 44.33 mm, 45.66 mm, 48.33 mm, 53 respectively. .66 mm, while the cracked concrete has slump values of variations of 3%, 5%, 7%, 9% respectively are 48.66 mm, 47 mm, 44.33 mm, 42.66 mm. The visual restoration of cracks in concrete with 28 days of treatment can close hair-sized cracks in concrete.

**Keywords:** *Self Healing Concrete, Vegetable Waste Extract, Adhesive Manufacturer 78, Compressive Strength,*

## PENDAHULUAN

Beton merupakan materi yang umum digunakan pada konstruksi bangunan dikarenakan kekuatan dan ketahanannya, serta rendah pembiayaan jika dibandingkan dengan material konstruksi lainnya [1]. Beton juga merupakan konstruksi yang sangat rentan terhadap terjadinya keretakan. Hal ini dapat berpengaruh terhadap

ketahanan dari konstruksi beton, sehingga perbaikan konstruksi perlu dilakukan dan membutuhkan pembiayaan dikarenakan material yang mengalami kerusakan menjadi tidak terpakai [2].

Disisi lain, tidak dapat dihindari bahwa ketahanan daripada material beton dapat menurun disebabkan oleh beberapa hal, diantaranya suhu serta kelembaban yang tidak stabil. Hal ini menyebabkan timbulnya retakan pada konstruksi beton. Retakan yang timbul, jika tidak ditangani,

dapat menjadi jalan masuknya partikel-partikel yang menyebabkan kerusakan pada beton seiring berjalannya waktu [3] Biaya perawatan serta perbaikan infrastruktur yang terbuat dari beton membutuhkan biaya yang tinggi. Beton merupakan bahan yang paling banyak digunakan dalam pembangunan konstruksi, tidak menutup kemungkinan adanya muncul celah-celah retakan di dalamnya dan tidak dapat dihindari.

Konsep *Self-Healing Concrete* (SHC) dikembangkan untuk mengatasi permasalahan tersebut. Beton jenis ini memiliki kemampuan memperbaiki retakan kecil secara otomatis melalui proses kimia atau biologis yang menghasilkan pengendapan kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) pada permukaan retak [4]. Mekanisme penyembuhan diri dapat terjadi secara *autogenous* maupun melalui bantuan mikroorganisme (*bacterial self-healing*) yang aktif menghasilkan senyawa pengisi retak [5].

Perlu diketahui semakin tinggi nilai factor air semen, mengakibatkan penurunan mutu kekuatan beton. Namun nilai Faktor air semen yang semakin rendah tidak selalu berarti kekuatan beton semakin tinggi. Jika Faktor air semen semakin rendah, maka beton akan semakin sulit untuk dipadatkan. Dengan demikian, pada suatu nilai factor air semen (FAS) yang optimal yang dapat menghasilkan kuat tekan beton yang maksimal menurut Tjokrodinuljo, [6] umumnya nilai faktor air semen yang diberikan dalam praktek pembuatan beton minimal 0,4 dan max 0,65. peneliti menggunakan variasi nilai factor air semen 0.56 untuk mengetahui tingkat kemudahan pengerjaan, pemadatan dan seberapa besar kuat tekan yang dihasilkan ketika menggunakan variasi presentasi campuran 0%, 3%, 5%, 7%, 9% ekstrak limbah tomat.

Perencana (*engineering*) dapat memperoleh beton yang efisien dan memenuhi kekuatan batas yang direncanakan oleh perencana serta memenuhi persyaratan yang ditentukan. Pada umumnya beton terbentuk dari tiga bahan campuran utama yaitu semen, agregat, dan air. Terkadang beberapa perencana memberikan bahan tambah atau bahan pengganti yang diperlukan pada campuran beton untuk mengubah sifat-sifat dari beton, dan memberikan sifat yang menguntungkan bagi pengguna beton itu sendiri [7]. Karena pentingnya fungsi beton pada suatu bangunan, maka saat ini banyak beragam jenis beton yang beredar dan memiliki fungsinya tersendiri, dibalik beragamnya jenis beton tersebut bukan tidak mungkin memiliki masalahnya tersendiri, ada banyak contoh masalah yang sering dihadapi dilapangan mengenai beton, beton ready mix misalnya, selalu memerlukan

campuran bahan zat adiktif untuk meningkatkan daya tahan beton dan mempermudah pengerjaan beton dilapangan. Berdasarkan pengalaman peneliti dilapangan banyak sekali masalah yang dihadapi dilapangan salah satunya adalah sifat beton yang sangat mudah mengering pada saat pengiriman ke lokasi konstruksi, maka berangkat dari permasalahan itu peneliti ingin menggabungkan konsep pengerjaan beton dengan metode *Self Healing Concrete* menggunakan bahan tambah *Adhesive Manufacturer* (AM 78) dengan harapan dapat menciptakan inovasi baru kualitas beton yang tinggi dan mempermudah pengerjaan dilapangan.

Pada penelitian ini peneliti menggunakan bahan tambah *Adhesive Manufacturer* 78 (AM78) dengan campuran 1% dari berat semen, digunakan untuk mempercepat pengerasan pada beton (kekuatan awal beton). Penggunaan air dapat berkurang sampai 15%-20%. Dapat juga untuk mengurangi keropos dan mempermudah pengerjaan pengecoran dilapangan [8].

Berdasarkan tujuan yang diharapkan terdapat beberapa tujuan penggunaan zat kimia ini, yaitu ; Zat kimia *adhesive Manufacturer* (AM 78) berfungsi untuk mengurangi air pada beton (*water reduction*). Hal ini dimaksudkan agar diperoleh adukan dengan nilai FAS yang tetap dengan kekentalan yang sama atau dengan FAS tetap, tetapi didapatkan adukan beton lebih encer, ini dimaksudkan agar diperoleh kuat tekan yang lebih tinggi dengan tidak mengurangi kekentalannya, atau diperoleh beton dengan kuat tekan yang sama tapi adukannya menjadi lebih encer agar lebih mudah dalam penuangan dan pengerjaan dilapangan Seperti diketahui bahwa beton pulih mandiri (*Self Healing Concrete*) adalah kemampuan beton dalam memperbaiki dirinya sendiri dan bantuan hujan dan karbon dioksida di udara, diharapkan kemudian retakan tersebut akan menyatu kembali dan beton memiliki kuat tekan yang diinginkan, sehingga akan mengurangi resiko kerusakan yang lebih parah, terutama yang sering terjadi pada saat setelah terjadi bencana alam gempa bumi.

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan utama untuk mengembangkan teknologi beton yang lebih inovatif, ramah lingkungan, dan memiliki ketahanan tinggi terhadap kerusakan struktural, khususnya retakan mikro yang umum terjadi pada beton. Dalam upaya ini, penambahan bahan alami seperti limbah tomat serta bahan kimia *Adhesive Manufacturer* 78 (AM78) digunakan sebagai campuran aditif dalam pembuatan beton dengan metode *self-healing concrete* atau beton penyembuh mandiri.

Secara khusus, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana peningkatan kekuatan beton setelah dicampur dengan bahan tambah limbah tomat dan AM78. Campuran ini diharapkan dapat memperbaiki kualitas struktur beton, tidak hanya dalam hal kekuatan awal, tetapi juga dalam hal ketahanan jangka panjang terhadap kerusakan [9]. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk memahami sejauh mana pengaruh kombinasi antara ekstrak limbah sayuran dan AM78 dalam mendukung proses pemulihan retakan pada beton secara otomatis melalui mekanisme *self-healing*.

Adapun manfaat dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang signifikan bagi dunia konstruksi. Salah satu manfaat utamanya adalah penerapan hasil penelitian ini secara luas dalam pembangunan konstruksi, baik pada skala nasional maupun internasional. Dengan pendekatan inovatif ini, beton yang dihasilkan diharapkan memiliki daya dukung yang tinggi, umur pakai yang lebih panjang, serta mengurangi kebutuhan akan perawatan berkala yang mahal dan memakan waktu. Lebih jauh, penelitian ini juga diharapkan mampu mendorong percepatan perkembangan teknologi dalam bidang Teknik Sipil, khususnya dalam pengembangan material bangunan yang adaptif dan cerdas. Dengan demikian, hasil penelitian ini tidak hanya memberikan solusi teknis, tetapi juga mendukung terciptanya sistem konstruksi yang lebih efisien, ekonomis, dan berkelanjutan di masa depan.

## **METODOLOGI**

Metode yang diterapkan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental, yaitu penelitian yang bertujuan untuk mengetahui hubungan sebab-akibat antara variabel bebas dan variabel terikat melalui pengujian langsung di laboratorium. Pendekatan ini digunakan untuk menganalisis pengaruh penambahan *Admixture Adhesive Manufacturer 78 (AM78)* dan ekstrak limbah sayuran terhadap kuat tekan serta kemampuan penyembuhan diri (*self-healing*) beton. Penelitian ini diawali dengan studi literatur yang mencakup kajian terhadap penelitian-penelitian terdahulu mengenai beton *self-healing*, penggunaan bahan aditif kimia seperti AM78, serta pemanfaatan limbah organik sebagai bahan biologis pendukung dalam pembentukan endapan kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ). Studi literatur dilakukan untuk menentukan arah penelitian, parameter uji, serta dasar teori yang relevan dalam perencanaan komposisi beton.

Tahap berikutnya adalah persiapan alat dan material, meliputi pemeriksaan kondisi peralatan laboratorium seperti mixer, cetakan beton kubus, *compression testing machine*, serta perlengkapan pengujian slump test. Material yang digunakan terdiri dari semen *Portland* tipe I merek Gresik, agregat halus berupa pasir alami dari Karangasem, agregat kasar berupa kerikil alami dari sumber yang sama, air bersih, bahan aditif AM78, serta ekstrak limbah sayuran yang diperoleh melalui proses fermentasi sederhana.

Selanjutnya dilakukan pemeriksaan sifat fisis agregat, meliputi pengujian kadar air, berat jenis, gradasi butiran, dan kadar lumpur sesuai standar SNI 03-2834-2000. Hasil pengujian digunakan untuk menentukan rancangan campuran beton (*Concrete Mix Design*). Rancangan campuran dibuat dengan mempertimbangkan faktor air-semen (FAS), proporsi agregat halus dan kasar, serta variasi kadar ekstrak limbah sayuran yaitu 0%, 3%, 5%, 7%, dan 9% dari berat air, dengan penambahan 1% AM78 dari berat semen. Tahap berikutnya adalah proses pengecoran dan pembuatan benda uji. Beton dicampur menggunakan mixer hingga homogen, kemudian segera dituangkan ke dalam cetakan berbentuk kubus berukuran  $15 \times 15 \times 15$  cm. Setiap variasi campuran dibuat dalam jumlah tiga sampel untuk mendapatkan nilai rata-rata kuat tekan. Setelah dicetak, benda uji dibiarkan selama 24 jam sebelum dilakukan perawatan.

Proses perawatan beton (*curing*) dilakukan dengan perendaman dalam air bersih selama 28 hari pada suhu ruang agar proses hidrasi berlangsung optimal. Setelah mencapai umur 28 hari, dilakukan pengujian kuat tekan beton menggunakan *Compression Testing Machine (CTM)* sesuai prosedur SNI 1974:2011. Sebagian benda uji kemudian dibuat retak secara terkendali menggunakan mesin tekan dan direndam kembali selama 28 hari untuk mengamati kemampuan penyembuhan diri beton. Tahap terakhir adalah pengolahan dan analisis data. Data hasil pengujian kuat tekan sebelum dan sesudah peretakan dibandingkan untuk menilai pengaruh variasi ekstrak limbah sayuran terhadap peningkatan kekuatan beton. Analisis juga mencakup pengamatan visual terhadap retakan yang menutup selama masa perawatan, serta interpretasi hasil berdasarkan teori *self-healing concrete* yang diperoleh dari studi literatur.

## HASIL DAN DISKUSI

### Hasil Pemeriksaan Berat Isi Agregat

Kadar air yang terdapat pada agregat kasar perlu diketahui untuk menghitung jumlah air pada campuran beton sesuai dengan perbandingan air Berat isi sendiri adalah perbandingan antara agregat kering dan volumenya. Hasil dari pemeriksaan kadar air dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

**Tabel 1.** Hasil pemeriksaan Berat Isi

Material	Berat Isi		Nilai Standar	Keterangan	
	(gr/cm <sup>3</sup> )				
	Kondisi Gembur	Kondisi Padat			
Agregat Halus	1.28	1.60	1.4 – 1.9	Ok	Ok
Agregat Kasar	1.18	1.53	1.4 – 1.9	Tidak Ok	Ok

Berdasarkan Tabel 1 menunjukkan hasil pemeriksaan berat isi pada agregat halus dan agregat kasar telah memenuhi standar untuk campuran beton.

### Hasil Pemeriksaan Kadar Air Agregat

Kadar air pada agregat perlu diketahui untuk menghitung jumlah air pada campuran beton sesuai dengan perbandingan air atau FAS. Hasil dari pemeriksaan kadar air dapat dilihat pada table berikut:

**Tabel 2.** Pemeriksaan Kadar Air Agregat

Material	Kadar Air (%)	Nilai Standar (%)	Keterangan
Agregat Kasar 2/3	0,15	3 - 5	Tidak OK

Berdasarkan Tabel 2 diketahui bahwa dari pengujian agregat halus yang didapat memiliki kadar air 3,24. Kadar air pada agregat halus sesuai dengan standar SNI 03-4142-1996 [10] dimana spesifikasi kadar air yaitu 3% sampai 5%. Hasil dari pengujian kadar air agregat kasar ini memiliki kadar air yang rendah yaitu 0,15%, kadar air pada agregat kasar tidak sesuai dengan standar SNI 03-4142-1996 [11] dimana spesifikasi kadar air yaitu 3% sampai 5%. Untuk agregat kasar nilai kadar air yang terkandung tidak mencapai standar karena agregat kasar yang digunakan adalah batu pecah dari pangkalan dimana air yang terkandung didalamnya sangat kecil.

### Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat

Pemeriksaan kadar lumpur pada penelitian ini menggunakan metode penjumlahan dari bahan agregat yang lolos dari saringan no 200 (0,075 mm) yang menjadi pedoman untuk pelaksanaan pada pengujian kali ini dan untuk melakukan jumlah setelah pencucian benda uji. Analisa untuk perhitungan kadar lumpur ini dapat dilihat pada Table berikut:

**Tabel 3.** Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat

Material	Kadar Lumpur (%)	Nilai Standar (%)	Keterangan
Agregat Halus	1,19	<5	OK
Agregat Kasar	0,46	<5	OK

Berdasarkan Tabel 3 dapat dilihat semua material yang digunakan memiliki kadar lumpur <5 jadi semua material memenuhi standar yang dapat digunakan untuk campuran beton.

### Hasil Pemeriksaan Beton

Hasil pemeriksaan pada beton sebagai benda uji terdiri dari beberapa pemeriksaan yakni dari hasil pemeriksaan campuran beton (*mix design*), hasil pemeriksaan nilai Slump, hasil dari kuat tekan beton dan hasil dari pengujian retak beton dan juga hasil dari pengujian kuat tekan beton pulih mandiri (*self healing concrete*) setelah uji retak beton.

### Hasil Pemeriksaan Campuran Beton

Hasil dari pemeriksaan campuran beton bertujuan untuk menentukan rasio campuran agregat halus, agregat kasar, air, semen, bahan tambah (*addiktive*) dan limbah sayuran yang digunakan. Hasil dari campuran beton dapat dilihat pada Tabel berikut:

**Tabel 4.** Hasil Pemeriksaan Campuran Beton

No	Material Campuran	Proporsi Campuran Untuk 1x Adukan (kg)
1	Semen	3,75
2	Air	1,162
3	Agregat Halus	8,660
4	Agregat Kasar	13,740
5	Limbah Sayuran (9%)	0,3708
6	Adhesive Manufacturer 78 (1%)	0,0412

Berdasarkan Tabel 4 dapat diketahui bahwa nilai proporsi campuran untuk adukan beton pada beton normal dengan variasi campuran 0% bakteri dan 0% cairan *Adhesive Manufacturer 78* (AM78) Disetiap 3 benda uji beton kubur 15 x 15. Pada 0%

*Pengaruh Penambahan Admixture Adhesive Manufacturer 78 (AM78) Sebagai Bahan Campuran Terhadap Kuat Tekan Beton Dengan Metode Beton Pulih Mandiri (Self Healing Concrete)  
(Nanda Hasyim, Firman Syarif, Mahadi Kurniawan, Vella Anggren)*

bakteri menggunakan semen sebanyak 4,12 dengan variasi campuran bahan tambah Adhesive Manufacturer (AM78) 1%. menggunakan air, agregat kasar, agregat halus dan 1% Adhesive Manufacturer 78 yakni 0,412 kg. Pada adukan beton 3% bakteri menggunakan semen sebanyak 3,99 kg dan bakteri 0,1236 liter. Pada adukan beton 5% bakteri menggunakan semen sebanyak 3,91 kg dan bakteri 0,206 liter. Pada adukan beton 7% menggunakan semen sebanyak 3,83 kg dan bakteri 0,2884 liter. Pada adukan beton 9% menggunakan semen sebanyak 375 kg dan bakteri 0,3708 liter.

**Hasil Pengujian Slump**

Pengujian slump ini bertujuan untuk mengetahui adakah perubahan kadar air yang terjadi pada adukan beton dan pemeriksaan slump ini memiliki tujuan yang dimaksud untuk mengetahui konsistensi adukan beton dan menilai sifat kemudahan pengerjaannya (*workability*). Semakin tinggi nilai slump maka semakin mudah pengerjaan pada beton. Dan sebaliknya semakin kecil nilai dari slump maka akan semakin sulit pula pengerjaan pada beton. Hasil dari nilai slump beton dengan penambahan bahan campur Adhesive Manufacturer (AM 78) dan bakteri dapat dilihat pada Tabel berikut ini:

**Tabel 5. Hasil Pengujian Slump**

No	Persentase variasi	Slump Pengadukan 1 (mm)	Rata-rata Slump Adukan 1 (mm)	Slump Adukan 2 (mm)	Rata-rata Slump Adukan 2 (mm)
1	0%	39	43,00		0
		44			
		46			
2	3%	46	44,33	49	48,66
		42		50	
		45		47	
3	5%	46	45,66	46	47
		44		45	
		47		50	
4	7%	46	48,33	46	44,33
		49		42	
		50		45	
5	9%	56	53,66	40	42,66
		49		42	
		56		46	

**Hasil dan Analisa Kuat Tekan Beton**

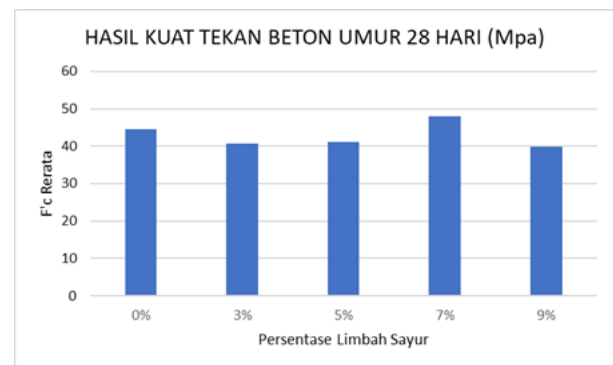
Pengujian kuat tekan beton dilaksanakan setelah melakukan proses perawatan (*curing*) benda uji pada umur 28 hari, dengan pengadukan normal dengan pencampuran limbah sayuran dan adhesive manufacturer (78) terhadap berat semen. Dari hasil

pengujian beton benda uji kubus dengan menggunakan alat kuat tekan maka didapat hasil untuk tiap benda uji dengan variasi penambahan limbah sayuran sebanyak 0%, 3%, 5%, 7%, 9% dan menggunakan campuran obat beton *Adhesive Manufacturer* sebanyak 1%.

**Tabel 6. Kuat Tekan Beton Self Healing Concrete setelah direndam umur 28 hari**

Umur Beton	Persentase Limbah Sayuran	Persentase AM (78)	Kuat Tekan Beton Rerata (Kg/cm <sup>2</sup> )	f <sub>c</sub> Rerata (Mpa)	Kenaikan (%)
28	0%	1%	555,925	44,59	0
28	3%	1%	536,287	40,75	-2,31
28	5%	1%	549,127	41,16	0,43
28	7%	1%	623,150	48,04	7,13
28	9%	1%	529,489	39,76	-8,59

Berdasarkan Tabel 6 diatas didapatkan hasil kuat tekan beton umur 28 hari tanpa tambahan pengganti semen adalah 44,59 MPa, pada variasi tambahan 3% bakteri pengganti semen adalah 42,28 MPa dengan penurunan kuat tekan sebesar 2,31%, pada variasi penambahan 5% bakteri sebagai pengganti semen adalah 42,71 Mpa dengan kenaikan sebesar 0,43%, pada variasi penambahan 7% bakteri sebagai bahan pengganti semen adalah 49,85 MPa dengan mengalami kenaikan sebesar 7,13%, pada variasi penambahan variasi bakteri sebesar 9% bakteri sebagai pengganti semen adalah 41,25 MPa dengan penurunan sebesar 8,59% dibandingkan dengan beton tanpa bakteri. Dari data pada tabel dapat dibuat dalam bentuk grafik seperti berikut.



**Gambar 1. Grafik Hasil Kuat Tekan Beton**

Gambar grafik 1 diatas menunjukkan bahwa hasil kuat tekan beton maksimum berada pada beton varian 7% bakteri dengan nilai kuat tekan sebesar 49,85 MPa dan nilai kuat tekan minimum berada pada varian 9% bakteri dengan nilai kuat tekan sebesar 41,25 Mpa, pada grafik ini ditemui kuat tekan pada varian 5% sebesar 42,71 Mpa dan pada varian 7% naik sebesar 49,52 Mpa dan pada varian

9% turun menjadi 41,25 Mpa pada kasus ini peneliti menyadari bahwa ada 9 faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton [6].

1. Kualitas semen
2. Proporsi semen terhadap campuran
3. Kekuatan dan kebersihan agregat
4. Interaksi antara pasta semen dengan agregat
5. Pencampuran yang tepat dari bahan bahan pembentuk beton
6. Ketetapan dalam pemadatan beton
7. Perawatan beton
8. Kandungan klorida
9. Kualitas pelaksanaan

Keadaan alam cuaca yang panas dan suhu yang tinggi sangat mempengaruhi nilai slump, dan mengakibatkan campuran beton mengental sehingga mempengaruhi kekuatan beton.

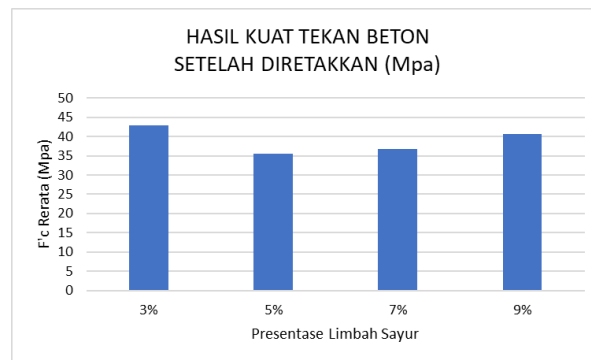
Berikut hasil uji kuat tekan beton setelah diretakkan dan dilakukan penyiraman dan perawatan selama 28 hari dapat dilihat pada table dibawah ini Tabel 6. Hasil pengujian rata-rata kuat tekan beton *Self Healing Concrete* setelah diretakkan sebagai berikut:

**Tabel 6.** Hasil pengujian rata-rata kuat tekan beton *Self Healing Concrete* setelah diretakkan

Umur Beton	Persentase Limbah Sayuran	Presentase AM (78)	Kuat Tekan Beton Rerata (Kg/cm <sup>3</sup> )	f'c Rerata (Mpa)	Kenaikan (%)
28	3%	1%	497,765	42,97	0
28	5%	1%	524,957	35,51	1,16
28	7%	1%	534,776	36,64	4,15
28	9%	1%	546,861	40,63	2,52

Berdasarkan tabel diatas didapatkan hasil kuat tekan beton setelah diretacka, pada variasi tambahan 3% bakteri pengganti semen adalah 36,85 MPa, pada variasi penambahan 5% bakteri sebagai pengganti semen adalah 38,02 Mpa dengan kenaikan sebesar 1,16%, pada variasi penambahan 7% bakteri sebagai bahan pengganti semen adalah 42,16 MPa dengan mengalami kenaikan sebesar 4,15%, pada variasi penambahan variasi bakteri sebesar 9% bakteri sebagai pengganti semen adalah 44,68 MPa memiliki kenaikan sebesar 2,52 dibandingkan dengan beton tanpa bakteri.

Dari data pada tabel diatas dapat dibuat dalam bentuk grafik seperti berikut.



**Gambar 2.** Grafik Hasil Kuat Tekan Beton Setelah Diretakkan

Gambar grafik 2 menunjukkan bahwa hasil kuat tekan beton maksimum berada pada beton varian 9% bakteri dengan nilai kuat tekan sebesar 44,68 MPa dan nilai kuat tekan minimum berada pada varian 3% bakteri dengan nilai kuat tekan sebesar 36,85 Mpa, dan dapat disimpulkan bahwa penambahan limbah bakteri kedalam beton dengan variasi 5%, 7%, dan 9%, mengakibatkan kekuatan beton semakin naik

**Hasil Pemulihan Beton Retakan**

Hasil dari pemulihan beton retakan adalah berupa hasil dari penutupan retakan pada beton yang telah diretakkan dan dilakukan perawatan selama 28 hari dengan cara menyiram beton yang retak. Pengamatan dilakukan secara visual dengan cara pengambilan gambar setiap harinya. Berikut ini hasil pengamatan perawatan beton setelah diretakkan.

Dari hasil pengamatan yang dilihat secara teliti beton yang diretakkan setelah mendapatkan perawatan (curing) selama 28 hari didapat hasil perbandingan beton yang menutupi keretakannya pada varian campuran 1% *Adhesive Manufacture* (AM 78) dan 3% limbah sayuran terlihat pada beton hari ke-1 retakan yang ada pada beton masih terlihat jelas, pada hari ke-28 retakan yang ada pada beton sedikit tertutup pada bahagian ujung atas. Proses ini menunjukkan bahwa self healing concrete yang ada pada beton bekerja dengan baik dan zat *Addictive Adhesive Manufacturer* (AM78) tidak merusak bakteri Limbah Sayuran yang bekerja menutupi keretakan pada.

**DISKUSI**

Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penambahan bahan aditif dapat meningkatkan kuat tekan dan durabilitas beton. Gusti dkk [9], meneliti pengaruh penambahan *Admixture Adhesive Manufacturer 78* (AM78) terhadap beton dengan mutu rencana  $f'c = 20$  MPa.

Hasilnya menunjukkan bahwa variasi penambahan AM78 mampu meningkatkan kuat tekan beton hingga maksimum 26,82 MPa dengan dosis optimum 1,5%, atau meningkat sekitar 34,33% dibanding beton normal sebesar 19,96 MPa.

Penelitian lain oleh Fauzia dkk [12], mengenai pengaruh variasi penambahan bahan aditif Consol SG terhadap kuat tekan beton menunjukkan bahwa bahan ini efektif mengurangi jumlah air dan memperlambat proses pengeringan beton. Dengan variasi hingga 1,00% terhadap berat semen, kuat tekan maksimum mencapai 361,37 kg/cm<sup>2</sup>, melebihi kuat tekan rencana K-225. Hal ini menunjukkan bahwa bahan aditif dapat meningkatkan performa beton baik dalam hal kemudahan pengerjaan (workability) maupun kekuatan tekan.

Sementara itu, Desmi [13] meneliti pengaruh penggunaan abu jerami dengan tambahan Sikacim Concrete Additive terhadap kuat tekan beton. Hasilnya menunjukkan bahwa kombinasi abu jerami 10% dan Sikacim 1% mampu meningkatkan kuat tekan beton hingga 27,3 MPa atau naik 1,1% dari beton normal. Namun, penambahan abu jerami di atas 20% justru menurunkan kekuatan beton, menunjukkan adanya batas optimum dalam pemakaian bahan tambahan organik.

Dalam konteks beton pulih mandiri, Herlambang & Saraswat [14], memperkenalkan konsep Bio Concrete atau Self-Healing Concrete yang menggunakan mikroorganisme seperti *Bacillus* sp. dan *Sporosarcina* sp. untuk memperbaiki retak secara alami. Mikroorganisme ini mampu mensekresikan senyawa kalsium karbonat (CaCO<sub>3</sub>) yang mengisi retakan beton melalui proses metabolik, sehingga dapat menekan biaya pemeliharaan infrastruktur. Selain itu, Seifan & Samani [15], menegaskan bahwa metode perawatan beton berbasis mikroba merupakan alternatif yang ramah lingkungan dibanding bahan kimia atau polimer yang umum digunakan. Pendekatan bioconcrete memiliki potensi untuk memperbaiki retakan secara aktif dan tahan lama karena mikroorganisme dapat menginduksi pengendapan kalsium karbonat (CaCO<sub>3</sub>) yang memperkuat struktur beton.

Dengan demikian, hasil penelitian ini memperkuat temuan-temuan terdahulu bahwa kombinasi bahan kimia (AM78) dan biologis (limbah sayuran) dapat bekerja sinergis: AM78 meningkatkan kepadatan dan kekuatan beton, sedangkan mikroorganisme dari limbah sayuran memperbaiki retakan mikro melalui proses biomineralisasi. Kombinasi ini terbukti

menghasilkan kuat tekan optimum 49,85 MPa pada variasi 7% limbah sayuran dan 1% AM78, sekaligus memberikan kemampuan self-healing alami yang menjadikan beton lebih tahan lama dan ramah lingkungan.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pengaruh penambahan ekstrak limbah sayuran terhadap beton dengan campuran *Adhesive Manufacturer 78 (AM78)* menggunakan metode *self-healing concrete*, dapat disimpulkan bahwa kombinasi AM78 dan ekstrak limbah sayuran berpengaruh signifikan terhadap kuat tekan serta kemampuan penyembuhan diri beton. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kuat tekan beton pada umur 28 hari dengan variasi ekstrak limbah sayuran sebesar 0%, 3%, 5%, 7%, dan 9% masing-masing adalah 44,59 MPa; 42,28 MPa; 42,71 MPa; 49,85 MPa; dan 41,25 MPa. Setelah peretakan dan perendaman selama 28 hari, beton menunjukkan peningkatan kekuatan dengan nilai kuat tekan berturut-turut sebesar 36,85 MPa; 38,02 MPa; 42,16 MPa; dan 44,68 MPa untuk variasi 3%, 5%, 7%, dan 9%. Peningkatan kuat tekan tertinggi terjadi pada campuran dengan 7% ekstrak limbah sayuran, dengan kenaikan sebesar 7,13% dibandingkan beton umur 28 hari pada variasi yang sama. Secara visual, retakan yang muncul pada beton perlahan menutup selama masa perawatan, terutama pada retakan berukuran kecil, menunjukkan bahwa proses *self-healing* terjadi secara alami melalui aktivitas mikroorganisme yang terkandung dalam ekstrak limbah sayuran serta pengaruh kimia dari AM78 yang mempercepat proses hidrasi dan memperkuat ikatan antar partikel semen. Dengan demikian, penggunaan kombinasi bahan biologis dan kimia ini terbukti mampu meningkatkan performa mekanik sekaligus memberikan kemampuan penyembuhan diri pada beton, menjadikannya material yang lebih tahan lama, efisien, dan ramah lingkungan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis berterima kasih kepada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau atas dukungan dan fasilitas yang diberikan selama pelaksanaan penelitian di laboratorium.

## REFERENSI

- [1] M. B. Khaliq, W. & Ehsan, "Penyembuhan Retak pada Beton Menggunakan Berbagai

- Teknik Penyembuhan Diri Pengaruh Bio”,  
*Konstr. dan Bahan Bangunan .*, vol. 102, pp. 349–357, 2016.
- [2] N. Van Tittelboom, K., & De Belie, “Self-healing in cementitious materials-a review.,” *Mater.*, vol. Vol. 6, no. Issue 6, 2013, doi: <https://doi.org/10.3390/ma6062182>.
- [3] E. Tziviloglou, E.; Wiktor, V.; Jonkers, H. M.; & Schlangen, “Bacteriabased Self-Healing Concrete to Increase Liquid Tightness,” *Constr. Build. Mater.*, vol. 122, pp. 118–125., 2016.
- [4] N. Sayuti, I., & Hardianti, “IDENTIFIKASI BAKTERI PADA SAMPAH ORGANIK PASAR KOTA PEKANBARU DAN POTENSINYA SEBAGAI RANCANGAN LEMBAR KERJA SISWA ( LKS ) BIOLOGI SMA,” vol. 13(1), 51–, 2016.
- [5] V. Li, *Penyembuhan autogenous komposit semen yang direkayasa di bawah siklus basah-kering*. 2009.
- [6] Tjokrodinuljo, *Teknologi Beton*. Yogyakarta, 2007.
- [7] A. Gunawan, “PERBAIKAN PERILAKU KUAT TEKAN BETON AIR RAWA DENGAN,” *Stud. Tek. Sipil*, vol. 6(1), pp. 73–80., 2002.
- [8] A. Rochani, I.; Prasetyo, A.; & Kurniawan, *Pemanfaatan Batu Apung (Pumice) sebagai Agent Perbaikan Kerusakan Retak pada Beton*, vol. 30, 49– 57. 2016.
- [9] S. Gusti, I., Sudika, M., Astariani, N. K., Gede, I., & Kanca, “PENGARUH PENAMBAHAN ADMIXTURE ADHESIVE MANUFACTURER,” *Jur. Tek. Gradien*, vol. Vol. 9, no. Issue 2, 2018.
- [10] S. 03-1968., “Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar,” *Badan Standar Nas. Indones.*, pp. 1–5, 1990.
- [11] S. 03-3449-2002, “Tata cara rencana pembuatan campuran beton ringan dengan agregat ringan,” *Yayasan LPMB*, pp. 1–32, 2002.
- [12] S. W. Fauzia, I., Yanti, G., & Megasari, “Pengaruh Variasi Penambahan Bahan Aditif Consol SG terhadap Kuat Tekan Beton.,” vol. 12, pp. 155–162, 2018.
- [13] A. Desmi, “Pengaruh Penggunaan Abu Jerami Dengan Penambahan Zat Additive Sikacim Concrete Terhadap Kuat Tekan Beton,” *Teras J.*, vol. 8(1), p. 339, 2018, doi: <https://doi.org/10.29103/tj.v8i1.120>.
- [14] A. Herlambang, W., & Saraswati, “Bio Concrete : Self-Healing Concrete, Aplikasi Mikroorganisme Sebagai Solusi Pemeliharaan Infrastruktur Rendah Biaya,” *Simp. II – UNIID 2017*, pp. 520–524., 2018.
- [15] B. A. Seifan M, Samani AK, “Presipitasi kalsium karbonat yang diinduksi menggunakan spesies Bacillus,” 2016.