

**PENGARUH PENAMBAHAN EKSTRAK LIMBAH SAYURAN DAN
ZAT ADITIF BETONMIX TERHADAP KUAT TEKAN BETON
PULIH MANDIRI (*SELF HEALING CONCRETE*)**

TUGAS AKHIR

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Meraih Gelar Sarjana
Pada Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil
Universitas Islam Riau
Pekanbaru*



OLEH :

SADRAK MESAKH. S
NPM : 163110348

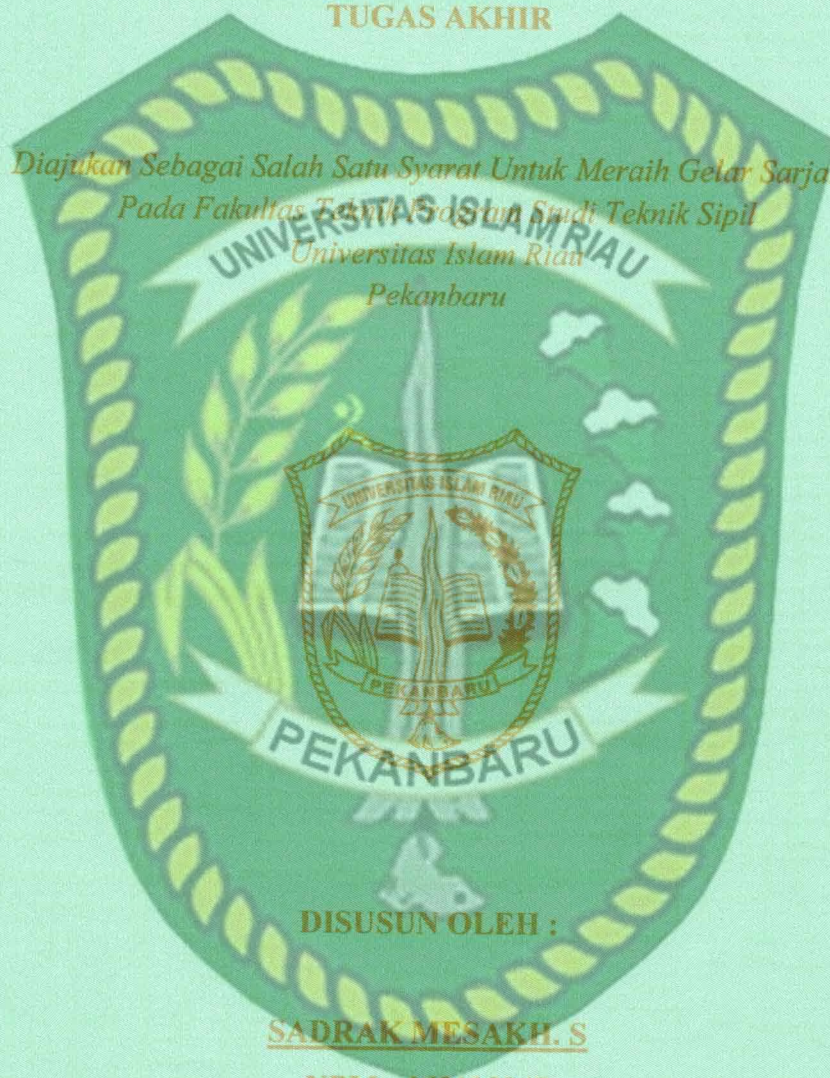
**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM RIAU
PEKANBARU**

2022

**PENGARUH PENAMBAHAN EKSTRAK LIMBAH SAYURAN DAN ZAT
ADITIF BETONMIX TERHADAP KUAT TEKAN BETON PULIH
MANDIRI (SELF HEALING CONCRETE)**

TUGAS AKHIR

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Meraih Gelar Sarjana
Pada Fakultas Teknik dan Studi Teknik Sipil
Universitas Islam Riau
Pekanbaru*



DISUSUN OLEH :

SADRAK MESAKH. S

NPM : 163110348

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM RIAU
PEKANBARU**

2022

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Miik :

**PENGARUH PENAMBAHAN EKSTRAK LIMBAH SAYURAN DAN ZAT
ADITIF BETONMIX TERHADAP KUAT TEKAN BETON PULIH
MANDIRI (SELF HEALING CONCRETE)**

TUGAS AKHIR

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Meraih Gelar Sarjana
Pada Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil
Universitas Islam Riau
Pekanbaru*

DISUSUN OLEH :

SADRAK MESAKH, S

NPM : 163110348

Diperiksa dan Disetujui oleh:

Firman Syarif, ST., M.Eng
Pembimbing


Tanggal : 19 Agustus 2022

HALAMAN PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

**PENGARUH PENAMBAHAN EKSTRAK LIMBAH SAYURAN DAN ZAT
ADITIF BETONMIX TERHADAP KUAT TEKAN BETON PULIH
MANDIRI (SELF HEALING CONCRETE)**

DISUSUN OLEH
SADRAK MESA KH. S
NPM : 163110348

*Telah Disetujui Didepan Dewan Penguji Tanggal 19 Agustus 2022
Dan Dinyatakan Telah Memenuhi Syarat Untuk Diterima*

SUSUNAN DEWAN PENGUJI


Firman Syarif, ST., M.Eng

Pembimbing


Roza Mildawati, ST., MT

Penguji I


Dr. Yolly Adriati, ST., MT

Penguji II

HALAMAN PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan :

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademi (Sastra Satu), di Universitas Islam Riau.
2. Karya tulis ini merupakan gagasan rumusan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan dari dosen pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila kemudian hari terdapat penyimpangan dan tidak kebenaran dalam pernyataan ini. Maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Pekanbaru, 19 Agustus 2022

Penulis



Sdrak Mesakh. S

163110348

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “**Pengaruh Penambahan Ekstrak Limbah Sayuran Dan Zat Aditif Betonmix Terhadap Kuat Tekan Beton Pulih Mandiri (*Self Healing Concrete*)**”. Adapun penulisan tugas akhir dimaksudkan untuk memenuhi persyaratan kurikulum akademis untuk menyelesaikan program studi (Strata I) pada Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Riau.

Penulis mengakui bahwa kesempurnaan itu hanya milik Tuhan Yang Maha Pengasih. Untuk itu, dengan kelapangan hati penulis menerima kritik dan saran yang membangun guna kesempurnaan dalam pembuatan Tugas Akhir ini. Penulis berharap proposal Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis dan semua pihak.

Pekanbaru, 19 Agustus 2022

Sadrak Mesakh. S

NPM. 163110348

UCAPAN TERIMA KASIH

Assalamualaikum Wr. Wb.

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga Tugas Akhir ini dengan judul **“PENGARUH PENAMBAHAN EKSTRAK LIMBAH SAYURAN DAN ZAT ADITIF BETONMIX TERHADAP KUAT TEKAN BETON PULIH MANDIRI (SELF HEALING CONCRETE)”** dapat diselesaikan. Penulisan Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Sipil pada Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.

Atas segala bimbingan dan bantuan yang telah diberikan, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. H. Syafrinaldi, S.H., MCL., selaku Rektor Universitas Islam Riau-Pekanbaru.
2. Bapak Dr. Eng. Muslim, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
3. Ibu Dr. Mursyidah, S.Si, M.Sc selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
4. Bapak Dr. Anas Puri, S.T., M.T., selaku Wakil Dekan II Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
5. Bapak Ir. Akmar Efendi, S.Kom., M.Kom., selaku Wakil Dekan III Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
6. Ibu Harmiyati, S.T., M.Si., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Program Studi Universitas Islam Riau.
7. Ibu Sapitri, S.T., M.T., selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Riau.
8. Bapak Firman Syarif, S.T., M.Eng selaku Pembimbing dalam Tugas Akhir ini.
9. Ibu Roza Mildawati, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji I dalam Tugas Akhir ini.

10. Ibu Dr. Yolly Adriati, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji II dalam Tugas Akhir ini.
11. Bapak Mahadi Kurniawan, ST, MT selaku kepala Laboratorium Teknologi Beton dan semua karyawan/I Laboratorium Universitas Islam Riau-Pekanbaru.
12. Bapak dan Ibu Dosen pengajar Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
13. Seluruh karyawan dan karyawan Fakultas Universitas Islam Riau.
14. Ayahanda Alpon Simanjuntak dan Ibunda Rosdiana Manullang, sebagai Orang Tua yang selalu memberikan seluruh kasih sayang, membimbing, selalu mendukung dan mendo'akan yang terbaik serta sngat berperan dalam proses pendewasaan penulis.
15. Kakak Siska Maria Simanjuntak, SKM, dan kakak Rani Purwanti Simanjuntak, S.S.T, adik Wahyudi Simanjuntak, yang selalu memberikan segala kasih sayang, motivasi, dan selalu memberikan semangat penulis.
16. Seluruh teman-teman Teknik Sipil UIR seperjuangan yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Terima kasih atas segala bantuannya, semoga penelitian ini bermanfaat bagi kita semua dan semoga segala amal baik kita mendapatkan balasan yang setimpal dari Allah SWT, Amin...

Wassalamu'alaikum Wr, Wb,

Pekanbaru, 19 Agustus 2022

Penulis

Sadrak Mesakh. S

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
UCAPAN TERIMA KASIH	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR NOTASI	viii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xii
ABSTRAK	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Terdahulu.....	5
2.2 Keaslian Penelitian.....	9
BAB III LANDASAN TEORI	10
3.1 Beton.....	10
3.2 Bahan Penyusun Beton.....	11
3.2.1 Semen.....	12
3.2.2 Agregat.....	13
3.2.3 Air.....	15
3.2.4 Bahan Tambah.....	16
3.3 <i>Admixture</i> Betonmix.....	16
3.4 <i>Self Healing Concrete</i>	17
3.5 Limbah Sayuran (<i>VegeGrout</i>).....	18

3.6	Pengujian Material.....	19
3.6.1	Gradasi Agregat	19
3.6.2	Berat Isi Agregat	19
3.6.3	Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air	20
3.6.4	Pemeriksaan Kadar Lumpur	21
3.6.5	Pemeriksaan Kadar Air	22
3.6.6	Pengujian Zat Organik Agregat Halus	22
3.7	Perencanaan Beton	22
3.8	<i>Slump</i> Test	26
3.9	Pemadatan Beton	27
3.10	Perawatan Beton.....	28
3.11	Kuat Tekan Beton.....	28
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN.....		31
4.1	Lokasi Penelitian	31
4.2	Bahan Material	31
4.3	Peralatan Penelitian	32
4.4	Teknik Penelitian.....	38
4.5	Proses Pengolahan Limbah Sayuran Menjadi Bakteri	39
4.6	Tahapan Pelaksanaan Penelitian.....	41
4.7	Tahapan Analisa Data.....	45
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN		46
5.1	Hasil Pemeriksaan Benda Uji.....	46
5.1.1	Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Halus	46
5.1.2	Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar	47
5.1.3	Hasil Pemeriksaan Kadar Air Agregat	49
5.1.4	Hasil Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air Material	49
5.1.5	Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur	50
5.1.6	Hasil Pemeriksaan Berat Isi Agregat	51
5.2	Hasil Pemeriksaan Beton.....	51
5.2.1	Hasil Pemeriksaan Campuran Beton.....	51
5.2.2	Hasil dan Analisa Nilai <i>Slump</i>	52

5.2.3	Hasil Uji Kuat Tekan Beton 28 Hari.....	54
5.2.4	Hasil Uji Kuat Tekan Beton Setelah Diredakkan	55
5.2.5	Hasil Pemulihan Beton Retakan.....	58

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN..... 61

6.1	KESIMPULAN	61
6.2	SARAN.....	61

DAFTAR PUSTAKA..... 62

LAMPIRAN A

LAMPIRAN B

LAMPIRAN C

LAMPIRAN D



DAFTAR NOTASI

<i>A</i>	= Jumlah air yang dibutuhkan (litr/m ³)
<i>A_h</i>	= Jumlah air yang dibutuhkan menurut jenis agregat alami (liter/m ³)
<i>A_k</i>	= Jumlah air yang dibutuhkan menurut jenis agregat batu pecah (liter/m ³)
<i>B</i>	= Jumlah air (Kg/m ³)
<i>BA</i>	= Berat benda uji kering permukaan jenuh (gram)
<i>BK</i>	= Berat benda uji kering oven (gram)
<i>BS</i>	= <i>British Standard</i>
<i>BT</i>	= Berat pikno + benda uji SSD + air (25°C) (gram)
<i>C</i>	= Jumlah agregat halus (Kg/m ³)
<i>Ca</i>	= Penyerapan air pada agregat halus (%)
<i>Ck</i>	= Kandungan air dalam agregat halus (%)
<i>D</i>	= Jumlah agregat kasar (Kg/m ³)
<i>Da</i>	= Penyerapan air pada agregat kasar (%)
<i>Dk</i>	= Kandungan air dalam agregat kasar (%)
<i>F.A.S</i>	= Faktor air semen
<i>f_c'</i>	= Kuat tekan beton
<i>f_c'_r</i>	= Kuat tekan beton rata-rata beton dari jumlah benda uji (MPa)
<i>f_c'_k</i>	= Kuat tekan beton karakteristik (MPa)
<i>f_t</i>	= Kuat tarik belah beton (MPa)
<i>f_t'_r</i>	= Kuat tarik belah beton rata-rata beton dari jumlah benda uji (MPa)
<i>K</i>	= Ketetapan Konstanta
<i>M</i>	= Nilai tambah margin (1 N/mm ² = 1 MPa)
<i>MPa</i>	= Mega Pascal (1 MPa = 10 Kg/cm ³)
<i>N/mm²</i>	= Newton/mm ² (1 N/mm ² = 1 MPa)
<i>P</i>	= Beban aksial yang bekerja (KN)
<i>S</i>	= Standar deviasi (MPa)
<i>SSD</i>	= Koreksi kadar air (<i>Saturated surface dry</i>)
<i>SNI</i>	= Standar Nasional Indonesia

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Batasan Gradasi Agregat Kasar	14
Tabel 3.2 Batasan Gradasi Untuk Agregat Halus	15
Tabel 3.3 Faktor pengali untuk deviasi standar	23
Tabel 3.4 Nilai deviasi standar untuk indikasi tingkat pengendalian mutu beton	23
Tabel 3.5 Penetapan Nilai Slump.....	26
Tabel 3.6 Beberapa jenis kuat tekan beton.....	29
Tabel 4.1 Jumlah Benda Uji Kuat Tekan Beton	42
Tabel 4.2 Jumlah Benda Uji Retak Beton.....	42
Tabel 5.1 Hasil Pemeriksaan Persentase Rata-Rata Lolos Agregat Halus.....	46
Tabel 5.2 Hasil Analisa Saringan Persentase Lolos Agregat Kasar.....	47
Tabel 5.3 Hasil Pemeriksaan Kadar Air.....	49
Tabel 5.4 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus.....	49
Tabel 5.5 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar	50
Tabel 5.6 Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur	50
Tabel 5.7 Hasil Pemeriksaan Berat Isi Agregat	51
Tabel 5.8 Hasil Perbandingan Campuran Beton Untuk Tiap 3 Sampel Kubus	52
Tabel 5.9 Hasil Pengujian Nilai Slump.....	53
Tabel 5.10 Hasil Uji Kuat Tekan Beton 28 Hari.....	54
Tabel 5.11 Hasil Uji Kuat Tekan Beton Setelah Diretakkan	56
Tabel 5.12 Perbandingan Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari dan Beton Retakan .	57

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Betonmix	17
Gambar 4.1 Timbangan Digital.....	32
Gambar 4.2 Timbangan Duduk.....	33
Gambar 4.3 Timbangan Neraca	33
Gambar 4.4 Cawan.....	33
Gambar 4.5 Saringan.....	34
Gambar 4.6 Kerucut Abrams	34
Gambar 4.7 Batang Penusuk.....	34
Gambar 4.8 Oven	35
Gambar 4.9 Molen	35
Gambar 4.10 Gelas Ukur.....	35
Gambar 4.11 Picnometer.....	36
Gambar 4.12 Talam.....	36
Gambar 4.13 Cetakan Beton	36
Gambar 4.14 Koran.....	37
Gambar 4.15 Mesin Kuat Tekan.....	37
Gambar 4.16 Kerucut Terpancung.....	37
Gambar 4.17 Mesin Penggetar	38
Gambar 4.18 Bak Perendaman.....	38
Gambar 4.19 Pembusukan Limbah Tomat.....	39
Gambar 4.20 Penghalusan Limbah Sayuran	39
Gambar 4.21 Penyaringan Cairan Sayuran	40
Gambar 4.22 Pencampuran CaCl ₂ dan Urea	40
Gambar 4.23 Penyimpanan Ekstrak Sayuran.....	41
Gambar 4.24 Bagan Alir Tahap Penelitian	45
Gambar 5.1 Grafik Gradasi Agregat Halus.....	47
Gambar 5.2 Grafik Gradasi Agregat Kasar	48
Gambar 5.3 Grafik Nilai Slump rata-rata.....	54
Gambar 5.4 Grafik Hasil Kuat Tekan Beton	55

Gambar 5.5 Grafik Kuat Tekan Beton Setelah Retakan	57
Gambar 5.6 Grafik Perbandingan Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari dan Beton Setelah Retakan	58
Gambar 5.7 Pemulihan Retakan Beton Varian Bakteri 3%	59
Gambar 5.8 Pemulihan Retakan Beton Varian Bakteri 5%	59
Gambar 5.9 Pemulihan Retakan Beton Varian Bakteri 7%	60
Gambar 5. 10 Pemulihan Retakan Beton Varian Bakteri 9%	61



DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A

- A-2 Rancangan Campuran Beton Dengan Metode SK.SNI 03-28334-2000
- A-11 Proporsi Campuran Beton
- A-13 *Slump Test* Beton
- A-14 Analisa Pengujian Kuat Tekan Beton

LAMPIRAN B

- B-1 Analisa Saringan Agregat
- B-7 Pemeriksaan Berat Isi Agregat
- B-9 Pemeriksaan Berat Jenis Agregat
- B-11 Pemeriksaan Kadar Air Agregat
- B-12 Pemeriksaan Kadar Lumpur
- B-14 Pengujian Kuat Tekan Beton

LAMPIRAN C

- C-1 Dokumentasi Analisa Saringan
- C-2 Dokumentasi Pemeriksaan Berat Volume/Isi Agregat
- C-3 Dokumentasi Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air
- C-4 Dokumentasi Pemeriksaan Kadar Air
- C-5 Dokumentasi Pemeriksaan Kadar Lumpur
- C-6 Dokumentasi Pembuatan Ekstrak Limbah Sayuran
- C-7 Dokumentasi Pembuatan Benda Uji
- C-8 Dokumentasi Peretakan Benda Uji
- C-9 Dokumentasi Perawatan Benda Uji
- C-10 Dokumentasi Pengujian Kuat Tekan Benda Uji

PENGARUH PENAMBAHAN EKSTRAK LIMBAH SAYURAN DAN ZAT ADITIF BETONMIX TERHADAP KUAT TEKAN BETON PULIH MANDIRI (*SELF HEALING CONCRETE*)

Sadrak Mesakh. S
163110348

ABSTRAK

Beton adalah bahan bangunan yang paling banyak digunakan di dunia. Retak yang ada pada beton bersifat progresif, sehingga potensi keretakannya harus dicegah secara dini. Salah satu cara mengurangi keretakan pada beton menggunakan bahan tambah bakteri yang mampu membuat beton pulih mandiri atau disebut juga *self healing concrete*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melihat pengaruh penambahan ekstrak limbah sayuran dan zat aditif betonmix terhadap kuat tekan beton pulih mandiri (*self healing concrete*).

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimental, yaitu untuk melihat pengaruh perlakuan terhadap *self healing concrete* dengan penambahan ekstrak limbah sayuran dan betonmix. Penelitian ini menggunakan benda uji berbentuk kubus dengan ukuran 15 cm x 15 cm x 15 cm sebanyak 27 benda uji, dengan varian ekstrak limbah sayuran 0%, 3%, 5%, 7% dan 9% sebagai pengganti sebagian semen dan penambahan betonmix sebesar 1% dari berat semen. Untuk setiap varian berjumlah 3 sampel benda uji, beton yang direncanakan berumur 28 hari dengan pengujian benda uji berupa uji kuat tekan dan uji pemulihan retakan.

Berdasarkan hasil analisa penelitian, kuat tekan beton pada *self healing concrete* dengan penambahan betonmix beton umur 28 hari dengan varian ekstrak limbah sayuran 0%, 3%, 5%, 7% dan 9% sebagai pengganti semen berturut-turut adalah 47,36 MPa; 37,12 MPa; 32,65 MPa; 40,31 MPa; dan 36,58 MPa. Kuat tekan beton setelah peretakan dengan varian ekstrak limbah sayuran 3%, 5%, 7% dan 9% adalah 38,75 MPa; 41,18 MPa; 41,63 MPa; dan 33,96 MPa. Kuat tekan beton setelah peretakan mengalami kenaikan tertinggi pada varian 5% dengan kenaikan sebesar 26,13% dibandingkan dengan beton umur 28 hari pada varian yang sama. Hasil pengamatan secara visual menunjukkan beton tidak mengalami perubahan yang signifikan. Retakan yang menutup adalah retakan dalam skala kecil atau sebesar helai rambut.

Kata Kunci : *Self Healing Concrete*, Ekstrak Limbah Sayuran, Betonmix, Kuat Tekan

EFFECT OF ADDITION OF VEGETABLE WASTE EXTRACT AND BETONMIX ADDITIVES ON THE COMPRESSIVE STRENGTH OF *SELF-HEALING CONCRETE*

Sadrak Mesakh. S
163110348

ABSTRACT

Concrete is the most widely used building material in the world. The cracks present in the concrete are progressive, so the potential cracks must be prevented early. One way to reduce cracks in concrete is using bacterial added materials that are able to make concrete recover independently or also called *self-healing concrete*. The purpose of this study was to see the effect of the addition of vegetable waste extract and concrete additives on the compressive strength of *self-healing concrete*).

The method used in this study is an experimental method, which is to see the effect of treatment on *self-healing concrete* by adding vegetable waste extract and betonmix. This study used a cube-shaped test object with a size of 15 cm x 15 cm x 15 cm as many as 27 test objects, with variants of vegetable waste extract of 0%, 3%, 5%, 7% and 9% as a substitute for part of cement and the addition of betonmix by 1% of the weight of cement. For each variant there are 3 samples of test objects, the planned concrete is 28 days old with test objects in the form of compressive strength tests and crack recovery tests.

Based on the results of the research analysis, the compressive strength of concrete on *self-healing concrete* with the addition of betonmix concrete aged 28 days with vegetable waste extract variants of 0%, 3%, 5%, 7% and 9% as a substitute for cement respectively is 47.36 MPa; 37.12 MPa; 32.65 MPa; 40.31 MPa; and 36.58 MPa. The compressive strength of concrete after planting with vegetable waste extract variants of 3%, 5%, 7% and 9% is 38.75 MPa; 41.18 MPa; 41.63 MPa; and 33.96 MPa. The compressive strength of concrete after hatching experienced the highest increase in the 5% variant with an increase of 26.13% compared to 28-day-old concrete in the same variant. The results of visual observations showed that the concrete did not undergo significant changes. Cracks that close are cracks on a small scale or the size of a strand of hair.

Keywords : *Self Healing Concrete*, Vegetable Waste Extract, Betonmix, Compressive Strength

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beton merupakan campuran antara semen *Portland* atau semen hidrolis yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa bahan campuran tambahan yang membentuk massa padat (SNI-2847-2013). Beton adalah bahan bangunan yang paling banyak digunakan di dunia. Jika dibandingkan dengan material konstruksi lainnya, material beton memiliki keunggulan teknis yaitu memiliki kuat tekan yang tinggi dan kemudahan pengerjaannya (*workability*). Selain mempunyai kelebihan, beton juga mempunyai kekurangan salah satu yang cukup signifikan adalah mempunyai kuat tarik yang rendah sehingga mudah retak sebelum mencapai kekuatan batasnya, beton hanya mempunyai kuat tarik yang berkisar antara 9-15% dari kuat tekannya (Dipohusodo, 1996), kekurangan yang lainnya yaitu bentuk yang telah dibuat sulit untuk diubah serta keretakan pada beton.

Keretakan pada permukaan beton adalah masalah besar dan memerlukan biaya perbaikan yang besar, apalagi jika keretakan tersebut berada di lokasi yang sulit dijangkau, jika tidak ditanggulangi keretakan akan menimbulkan kerusakan pada tulangan. Retak yang ada pada beton bersifat progresif, sehingga potensi keretakannya harus dicegah secara dini. Kecendrungan beton untuk retak ini mampu mengurangi kinerja pada beton. Jika keretakan yang ada pada beton terjadi secara terus menerus, hal ini akan mempengaruhi kekuatan beton yaitu akan mereduksi kekuatan dari beton tersebut dan biaya pemeliharaan dari struktur bangunan yang menggunakan beton sebagai bahan konstruksinya. Salah satu cara mengurangi keretakan pada beton digunakan bahan tambah yaitu bakteri yang bisa membuat beton pulih mandiri atau disebut juga *self healing concrete*.

Self healing concrete adalah beton yang dapat melakukan perbaikan secara mandiri pada retakan beton dan diharapkan dapat mengisi pori-pori pada beton dengan produksi mineral CaCO_3 yang diakibatkan oleh aktivitas mikroorganisme

didalam beton (Khaliq & Ehsan, 2016). *Self healing* adalah inovasi teknologi yang dapat mengatasi keretakan dengan cara memanfaatkan bakteri dalam adukan campuran beton dengan harapan beton mampu memperbaiki keretakan pada dirinya sendiri lebih dini. Bakteri akan memproduksi batu kapur sehingga akan mengisi bagian yang retak pada saat terjadi keretakan (Lala *et al*, 2014). Proses beton memperbaiki keretakan pada dirinya sendiri dengan cara memproduksi asam oksalat, dan oksigen. Celah-celah keretakan akan menjadi tempat masuknya air dalam beton, sehingga spora bakteri yang berkecambah menjadi sel vegetatif yang aktif ketika kontak langsung dengan air, bakteri akan memakan asam oksalat kemudian menjadi batu kapur. Batu kapur ini akan mengeras pada retakan dipermukaan beton, sehingga dapat mengakibatkan penyumbatan dan menutupnya retakan pada beton.

Pada penelitian ini peneliti menggunakan campuran yang berasal dari ekstrak limbah sayuran tomat yang kegunaannya sebagai *self healing* pada beton. Penggunaan limbah sayuran tomat sebagai *self healing* karena bahan pembuatan dari limbah sayuran ini mudah didapat. Limbah sayuran yang akan dicampurkan keadukan beton terlebih dahulu ditambahkan dengan urea dan CaCl_2 . Dengan penggunaan ekstrak limbah sayuran dalam campuran beton diharapkan dapat memperbaiki retakan tanpa adanya biaya perbaikan dan perawatan tambahan pada beton. Persentase varian ekstrak limbah sayuran yang digunakan pada penelitian ini adalah 0%, 3%, 5%, 7% dan 9%. Selain limbah sayuran tomat bahan tambah lainnya yang digunakan adalah betonmix yang kegunaan untuk mempersingkat waktu pengerasan beton dan meningkatkan mutu beton. Penggunaan air dapat dikurangi 10% - 30% dari kebutuhan air normal, mempermudah pengecoran dan terhindar dari beton keropos.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan peneliti melakukan penelitian beton di Laboratorium Struktur Material dan Komputer Universitas Islam Riau dengan judul “Pengaruh Penambahan Ekstrak Limbah Sayuran Dan Zat aditif Betonmix Sebagai Campuran Kuat Tekan beton Pulih Mandiri (*Self Healing Concrete*).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh penambahan ekstrak limbah sayuran dan Betonmix sebagai campuran terhadap kuat tekan beton dengan metode *Self Healing Concrete*?
2. Bagaimana pengaruh penambahan ekstrak limbah sayuran dan Betonmix terhadap kemampuan *Self Healing Concrete* dalam menutupi retakannya?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui pengaruh penambahan ekstrak limbah sayuran dan Betonmix sebagai campuran terhadap kuat tekan beton dengan metode *Self Healing Concrete*.
2. Untuk mengetahui pengaruh penambahan ekstrak limbah sayuran dan Betonmix terhadap kemampuan *Self Healing Concrete* dalam menutupi retakannya.

1.4 Manfaat Penelitian

Setelah dilakukan penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat untuk bidang konstruksi dan pembangunan, manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat membantu perkembangan teknologi beton dalam konstruksi.
2. Dapat dipergunakan sebagai bahan referensi untuk penelitian berikutnya.
3. Dapat menghasilkan beton berkualitas serta berumur panjang dan ekonomis pada perawatan beton.

1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penyusunan penelitian ini untuk membatasi permasalahan yang ada agar tidak melebar jauh dari penelitian yang dilakukan sebagai berikut :

1. Penelitian ini tidak melihat reaksi dan efek kimia pada masing-masing bahan tambah.

2. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian kuat tekan beton dan proses pemulihannya.
3. Kadar bakteri yang digunakan berasal dari ekstrak limbah sayuran tidak diteliti.
4. Beton yang dicetak menggunakan cetakan kubus dengan ukuran 15cm x 15cm.
5. Metode yang digunakan adalah penambahan zat aditif Betonmix dan ekstrak limbah sayuran.
6. Betonmix yang digunakan sebesar 1% dari semen.
7. Persentase ekstrak limbah sayuran yang digunakan adalah 0%, 3%, 5%, 7% dan 9% sebagai pengganti semen.
8. Ekstrak limbah sayuran yang digunakan pada penelitian ini adalah tomat.
9. Ekstrak limbah sayuran yang digunakan telah ditambahkan dengan urea dan CaCl_2 .
10. Ekstrak limbah sayuran yang telah ditambahkan urea dan CaCl_2 disimpan selama 7 hari.
11. Beton direndam selama 28 hari.
12. Peretakan pada beton hanya dilihat secara visual.
13. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Struktur Material dan Komputer Universitas Islam Riau.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu bertujuan untuk mendapatkan bahan perbandingan dan acuan dari penelitian yang sudah ada. Selain itu untuk menghindari anggapan kesamaan dengan penelitian ini. Maka dari itu tinjauan pustaka ini peneliti mencantumkan penelitian terdahulu sebagai berikut :

Fauzaan (2022) dengan judul penelitian “pengaruh penambahan ekstrak limbah sayuran pengganti sebagian dari berat semen terhadap nilai *slump* 60-180 dan nilai kuat tekan beton dalam proses *self healing concrete*” yang membahas tentang nilai *slump* beton dengan campuran ekstrak limbah sayuran variasi 3%, 5%, 7% dan 9% apakah dapat memenuhi standar nilai *slump* 60-180 dan mengetahui perubahan keretakan pada beton yang menggunakan campuran ekstrak limbah sayuran dalam proses *self healing concrete*. Penelitian dilakukan di laboratorium mengacu pada SNI 03-03-2834-2000 dengan benda uji beton berbentuk kubus sebanyak 27 sampel, dengan jumlah 3 benda uji setiap variasi. Umur perawatan 28 hari setelah itu sampel yang diretakkan dilakukan pemulihan selama 28 hari, kemudian sampel diuji tekan. Hasil dari penelitian ini nilai *slump* beton normal memiliki nilai *slump* 146,667 mm, sedangkan beton dengan campuran ekstrak limbah sayuran nilai *slump* varian 3% dan 5% mengalami penurunan dengan nilai *slump* 70 mm dan 90 mm, hal ini menunjukkan bahwa beton menyerap air lebih besar. Untuk nilai *slump* varian 7% dan 9% mengalami kenaikan dengan nilai *slump* 166,667 mm dan 180 mm, dan nilai *slump* masih memenuhi standar yang direncanakan yaitu 60 mm sampai 180 mm. Setelah melihat penyembuhan retakan secara visual pada beton selama 28 hari, hasil dari proses *self healing concrete* tiap variasi 3%, 5%, 7% dan 9% mengalami penutupan pada retakannya secara mandiri. Penutupan retakan terlihat pada varian 5% dan 7% yang mengandung kadar CaCO_3 berjumlah 11,5 % dan 10,5%.

Wirani (2020) dengan judul penelitian “pengaruh penggunaan *resin epoxy*

dan additive cement terhadap kuat tekan beton” yang membahas tentang pengaruh penggunaan resin epoxy dan additive cement terhadap kuat tekan beton. Metode penelitian ini menggunakan metode eksperimental dan mengolah data menggunakan excel. Pada eksperimen awal yang dilakukan adalah membuat campuran resin epoxy dan additive cement sebanyak 3 variasi dengan menggunakan kode sampel BME1 (additive cement 1,5% + resin epoxy 5%), BME2 (additive cement 1,5% + resin epoxy 7%), dan BME3 (additive cement 1,5% + resin epoxy 10%). Penggunaan benda uji berbentuk silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm untuk pengujian kuat tekan beton pada umur 7 hari dan 14 hari, kuat tekan rencana adalah 30 MPa dan mix design menggunakan metode SNI 7656-2012. Pada hasil pengujian kuat tekan benda uji silinder umur 7 hari variasi BME1 mempunyai kuat tekan rata-rata sebesar 15,59 MPa, BME2 mempunyai kuat tekan rata-rata sebesar 21,49 MPa, dan BME3 mempunyai kuat tekan rata-rata sebesar 23,83 MPa. Dari penelitian ini dapat dilihat kuat tekan silinder untuk beton umur 7 hari mengalami kenaikan dengan penambahan persentase resin epoxy. Pada hasil pengujian kuat tekan benda uji silinder umur 14 hari variasi BME1 mempunyai kuat tekan sebesar 26,96 MPa, BME2 mempunyai kuat tekan rata-rata sebesar 32,01 MPa dan BME3 mempunyai kuat tekan rata-rata 36,46 MPa. Untuk hasil kuat tekan beton pada umur 14 hari tercapai sesuai kuat tekan rencana. Dari penelitian ini penambahan kombinasi resin epoxy dan additive cement menghasilkan peningkatan kuat tekan yang lebih besar, sehingga dapat disimpulkan bahwa mencampurkan kedua bahan tambah dapat meningkatkan kuat tekan dan kecepatan pengikatan.

Hidayat (2018) dengan judul penelitian “pengaruh penambahan zat admixture accelerators betonmix terhadap sifat-sifat mekanis mortar busa” yang membahas tentang pengaruh Betonmix terhadap sifat mekanis mortar busa. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kuat tekan mortar busa yang terjadi dengan tambahan zat admixture accelerators dan untuk mengetahui kecepatan waktu pengerasan mortar busa dengan mix design menggunakan bahan tambah. Penelitian penggunaan zat admixture accelerators sebagai bahan kimia tambahan pada mortar busa yang fungsinya untuk mempercepat proses ikatan dan

pengerasan. Mortar busa adalah campuran antara air, semen, pasir dan *foam agent*. Metode penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan desain penelitian eksperimental yang dilakukan dilaboratorim. Benda uji yang digunakan adalah mortar busa berbentuk silinder dengan ukuran diameter 10 cm dan tinggi 20 cm sebanyak 24 buah yang terdiri dari 12 buah mortar busa tidak menggunakan tambahan zat *accelerator* dan 12 buah menggunakan tambahan zat *accelerator*. Persentase penambahan zat *accelerator* betonmix terhadap berat semen adalah 3% sedangkan perbandingan air dan *foam agent* yang ditambahkan adalah 0,010 : 0,060 kg untuk satu silinder. Uji kuat tekan dilakukan pada umur 7 hari, 14 hari, 21 hari dan 28 hari. Hasil penelitian menunjukkan adanya pengaruh kuat dari penambahan zat *accelerator* terhadap kuat tekan, lamanya waktu pengerasan dan penyusutan pada mortar busa.

Suyadi (2018) dengan judul penelitian “studi kuat tekan mortar dengan menggunakan pasir lokal merauke dan bahan tambah *admixture* betonmix” yang membahas tentang kuat tekan mortar dengan menggunakan bahan tambah betonmix. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar perbandingan kekuatan kuat tekan mortar normal dengan mortar yang menggunakan bahan tambah betonmix. Pengujian mortar normal dan mortar dengan presentasi bahan tambah kimia betonmix menggunakan presentasi 1%, 1,5% dan 2% dengan metode eksperimental yang dilakukan menggunakan perbandingan campuran mortar 1 semen : 1,5 pasir. Agregat halus (pasir) yang digunakan berasal dari kampung kumaaf distrik ulilin. Berdasarkan analisa perhitungan hasil pengujian kuat tekan mortar normal pada umur 28 hari sebesar 13,21 MPa. Hasil uji kuat tekan mortar menggunakan bahan tambah *admixture* betonmix pada umur 28 hari dengan persentasi 1%, 1,5% dan 2% diperoleh nilai masing-masing sebesar 22,27 MPa, 26,04 MPa dan 26,80 MPa dengan peningkatan kuat tekan masing-masing sebesar 40,69%, 14,48% dan 2,84%. Kenaikan signifikan terjadi pada penambahan bahan tambah betonmix 1% dimana pada umur mortar dengan penambahan betonmix 14 hari melebihi kuat tekan mortar normal dengan 28 hari.

Herlambang (2018) dengan judul penelitian “*bio concrete: self healing*

concrete, aplikasi mikroorganisme sebagai solusi pemeliharaan infrastruktur rendah biaya” yang meneliti tentang perlunya melakukan pemeliharaan pada infrastruktur yang terbuat dari beton untuk menjaga agar infrastruktur tetap layak untuk digunakan dan mengetahui aplikasi mikroorganisme pada teknologi *bio concrete* dan mekanismenya pada proses *self healing* sehingga diperoleh pemahaman tentang solusi pemeliharaan infrastruktur rendah biaya. Retak yang sering terjadi pada infrastruktur yang terbuat dari beton dapat menjadi lebar dan dapat membahayakan jika tidak dilakukan perbaikan. Untuk perbaikan retak pada beton membutuhkan biaya yang tinggi. Dilain sisi terdapat inovasi yaitu *bio concrete*, merupakan campuran beton menggunakan mikroorganisme yang mampu membuat beton memperbaiki dirinya sendiri (*self healing concrete*) ketika adanya kerusakan retak pada beton. Mikroorganisme yang biasa digunakan dalam campuran beton ini adalah *Bacillus sp.* dan *Sporosarcina sp.* Bakteri ini dapat mensekresikan senyawa yang dapat membentuk endapan CaCO_3 (kalsium karbonat) yang mampu mengisi retak pada beton melalui jalur metabolismenya. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa *bio concrete* adalah solusi dari permasalahan infrastruktur yang membutuhkan pembiayaan yang tinggi. Disisi lain penggunaan material ini juga ramah lingkungan, selanjutnya perlu dilakukan penelitian lebih dalam mengenai teknik-teknik yang lebih baik pada proses pembuatan *bio concrete*, karena masih ada kelemahan pada teknik pembuatan yang sudah ada pada saat ini.

Kusuma (2017) dengan judul penelitian “*self healing concrete*” yang membahas tentang penyumbatan retakan pada beton menggunakan *bacillus megaterium*, pengaruh terhadap kuat tekan, penyerapan air dan permeabilitas air dari beton akibat pencampuran bakteri. Penggunaan *bacillus megaterium* meningkatkan kuat tekan dan kekakuan beton. Hal ini juga menunjukkan terjadi penurunan penyerapan air dan permeabilitas air jika dibandingkan dengan beton konvensional. Bakteri yang akan dimasukkan kedalam beton harus memiliki sifat tahan alkali dan juga harus membentuk endospore, sehingga dapat menahan tekanan yang dihasilkan beton saat pencampuran, pengangkutan dan penempatan. Retakan terjadi pada kubus dengan menggunakan lembaran logam tipis setebal

0,3 mm dengan ketebalan 10 mm pada beton segar. Selanjutnya lembaran logam dilepas sebelum pengikatan akhir beton sedemikian rupa sehingga retakan terlihat jelas pada benda uji. Setelah 24 jam beton dikeluarkan dari cetakan dan disimpan untuk pengawetan dalam air. Setiap minggu beton dikeluarkan dari tangka pengawetan dan foto diambil untuk memvisualisasikan penyembuhan retakan. Adanya endapan putih menunjukkan retakan sudah sembuh.

2.2 Keaslian Penelitian

Judul yang diajukan peneliti pada penelitian Tugas Akhir ini memang mempunyai kesamaan terhadap judul-judul peneliti sebelumnya namun memiliki perbedaan seperti bahan tambah yang digunakan yaitu Betonmix, lokasi penelitian, dan metode yang digunakan. Maka seluruh penelitian ini hasil penelitian penulis dan penelitian ini belum pernah diteliti sebelumnya sebagai objek penelitian Tugas Akhir.



BAB III LANDASAN TEORI

3.1 Beton

Beton adalah campuran antara agregat kasar, agregat halus, semen Portland atau semen hidraulik dan air dengan atau tanpa bahan tambah membentuk massa padat (SNI 03-2834-2000). Beton terdiri dari *filler* (pengisi) dan *binder* (pengikat), *filler* adalah bahan pengisi yang terdiri dari agregat kasar yang berasal dari batu pecah dan agregat halus yaitu pasir, sedangkan *binder* adalah bahan pengikat *filler* agar menjadi satu kesatuan yang padat, *binder* ini adalah campuran antara semen dan air. Beton akan mencapai keadaan stabil saat mencapai umur 28 hari, saat awal pengecoran sampai umur 28 hari beton akan bertambah kekuatannya secara linier dengan cepat, kemudian beton akan mencapai keadaan stabil dan kenaikan kekuatannya akan kecil. Pada kondisi tertentu kekuatan beton dapat bertambah sampai tahun pertama tergantung dari bahan-bahan tertentu yang ditambahkan dalam beton (Ummati, dkk, 2015).

Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kekuatan beton yaitu bahan campuran beton, cara persiapan, perawatan dan keadaan pada saat dilalukan percobaan. Setiap bahan campuran beton ini mempunyai sifat yang dipengaruhi oleh beberapa faktor alami yang tidak dapat dihindarkan, namun dengan mengetahui sifat-sifat bahan baku, maka dapat diketahui kebutuhan dari masing-masing bahan baku dan beberapa kekuatan yang dicapainya (Djamaludin, dkk, 2015).

Menurut (Tjokrodimulyo, 2007) beton memiliki kelebihan antara lain sebagai berikut :

1. Harga yang relatif murah karena menggunakan bahan-bahan dasar yang umumnya mudah didapat.
2. Termasuk bahan yang awet, tahan aus, tahan panas, tahan terhadap pengkaratan atau pembusukan oleh kondisi lingkungan, sehingga biaya perawatan lebih murah

3. Mempunyai kuat tekan cukup tinggi sehingga jika dikombinasikan dengan baja tulangan yang mempunyai kuat tarik tinggi sehingga dapat menjadi satu kesatuan struktur yang tahan tarik dan tahan tekan, untuk itu struktur beton betulang dapat diaplikasikan atau digunakan untuk pondasi, kolom, dinding, balok, perkerasan jalan, landasan pesawat terbang, penampung air, pelabuhan, bendungan, dan sebagainya.
4. Pengerjaan atau workability mudah karena beton mudah untuk dicetak dalam bentuk dan ukuran sesuai dengan keinginan. Cetakan beton dapat dipakai beberapa kali sehingga secara ekonomis menjadi lebih mudah.

Selain memiliki kelebihan, beton juga mempunyai beberapa kekurangan.

Menurut (Tjokrodimulyo, 2007) kekurangan beton sebagai berikut :

1. Bahan dasar penyusun beton agregat halus maupun agregat kasar bermacam-macam sesuai dengan lokasi pengambilannya, sehingga perencanaan dan pembuatannya bermacam-macam.
2. Beton mempunyai beberapa kelas kekuatannya sehingga harus direncanakan sesuai dengan bagian bangunan yang akan dibuat, sehingga cara perencanaan dan pelaksanaan bermacam pula.
3. Beton mempunyai kuat tarik yang rendah, sehingga getas atau rapuh dan mudah retak. Oleh karena itu perlu diberikan cara mengatasinya, misalnya dengan memberikan baja tulangan, serat baja dan sebagainya agar mempunyai kuat tarik yang tinggi.

3.2 Bahan Penyusun Beton

Beton adalah campuran antara agregat kasar dan agregat halus dengan pasta semen yang terkadang ditambahkan bahan tambah (*admixture*), campuran ini bila dituangkan kedalam cetakan dan didiamkan akan menjadi keras seperti batuan. Proses pengerasan ini terjadi karena adanya reaksi kimiawi antara air dan semen yang berlangsung terus dari waktu ke waktu, hal ini menyebabkan kekerasan beton dapat bertambah dengan sejalannya waktu. Beton juga bisa dipandang sebagai batuan buatan dimana adanya rongga pada partikel yang besar (agregat kasar) diisi oleh agregat halus dan rongga yang ada diantara agregat halus

diisi oleh pasta (campuran air dan semen) yang berfungsi untuk bahan perekat sehingga membuat semua bahan penyusun dapat menyatu menjadi massa yang padat. Sifat yang penting pada beton ialah kuat tekan, apabila kuat tekan tinggi maka sifat-sifat yang lain juga baik. Material penyusun beton adalah semen, air, agregat kasar, agregat halus dan bahan tambah (*admixture*) bila diperlukan.

3.2.1 Semen

Menurut ASTM C 150-92, semen *Portland* adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan menggiling *klinker* yang terdiri dari kalsium silika hidrolis, pada umumnya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersamaan dengan bahan utamanya. Semen dibagi menjadi 2 kelompok, yaitu semen non hidrolis dan semen hidrolis. Semen non hidrolis adalah semen yang tidak bisa mengikat dan mengeras didalam air, sedangkan semen hidrolis adalah semen yang memiliki kemampuan untuk mengikat dan mengeras didalam air. Semen *Portland* mengandung kalsium dan almunium silika. Semen *Portland* terbuat dari bahan yang mengandung kalsium oksida (CaO), silika dioksida (SiO₂) dan almunium oksida (Al₂O₃).

Menurut SNI 15-2049-2004 semen portland dibedakan menurut tipe dan penggunaannya sebagai berikut :

- a. Tipe I adalah semen portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang diisyaratkan pada jenis jenis lain.
- b. Tipe II adalah semen Portland yang dalam penggunaannya membutuhkan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang.
- c. Tipe III adalah semen Portland yang dalam penggunaannya membutuhkan kekuatan tinggi pada tahap pemulaan sesudah peningkatan terjadi.
- d. Tipe IV adalah semen Portland yang dalam penggunaannya membutuhkan kalor hidrasi rendah
- e. Tipe V adalah semen Portland yang dalam penggunaannya membutuhkan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

3.2.2 Agregat

Agregat adalah bahan mineral alami berupa butiran yang kegunaannya sebagai bahan pengisi dalam campuran beton. Agregat didapat dari sumber daya alam yang telah mengalami pengecilan ukuran dengan cara alamiah melalui proses pelapukan dan abrasi yang berlangsung lama, agregat dapat juga dengan cara memecahkan batuan induk yang lebih besar (sugianto, dkk 2017). Kekuatan suatu beton dipengaruhi oleh kualitas dari masing-masing agregat, karena agregat pada umumnya dipakai dalam campuran beton sebanyak 60% - 75% dari volume total campuran beton. Agregat harus bergradasi sedemikian rupa agar seluruh massa beton bisa berfungsi sebagai satu kesatuan yang utuh, homogen, rapat, dan variasi dalam perilaku (Nawy, 1998). Dengan agregat yang baik beton bisa dikerjakan (*workable*), kuat tahan lama (*durable*) dan ekonomis (Nugraha dan Antoni, 2007). Agregat dibedakan menjadi dua bagian, yaitu agregat kasar dan agregat halus.

1. Agregat Kasar

Menurut SNI 1970-2008 agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batuan atau batu pecah yang didapat dari industri pemecah batu dan memiliki ukuran butir antara 4,75 mm (No.4) sampai 40 mm (No.1½ inci). Agregat kasar dapat berasal dari batu-batuan alami yang terintegritas menjadi kerikil atau batu pecah baik yang dipecahkan menggunakan mesin maupun secara manual oleh manusia. Agregat kasar harus memenuhi persyaratan, yaitu :

- a. Tidak boleh bersifat reaktif terhadap alkali jika digunakan untuk beton yang berhubungan dengan basah dan lembab atau yang berhubungan dengan bahan yang bersifat reaktif terhadap alkali semen, dimana penggunaan semen yang mengandung natrium oksida tidak lebih dari 0,6%.
- b. Sifat fisika yang mencakup kekerasan agregat diuji dengan mesin *Los Angeles* dan bersifat kekal. Batas izin partikel yang berpengaruh buruk terhadap beton dan sifat fisika yang diizinkan untuk agregat kasar (Mulyono, 2004).

- c. Kekerasan dari butir butir agregat bila diperiksa dengan mesin *Los Angeles* tidak boleh kehilangan berat lebih dari 50%
- d. Agregat kasar tidak bisa mengandung lumpur lebih dari 1% dari berat kering, apabila lebih maka agregat sebaiknya dicuci.

Agregat kasar memiliki susunan butiran batasan gradasi yang dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 3.1 Batasan Gradasi Agregat Kasar (ASTM, 1991)

Ukuran lubang ayakan (mm)	Persentase lolos kumulatif (%)
38	95 – 100
19	35 – 70
9,6	10 – 40
4,8	0 – 5

2. Agregat Halus

Agregat halus adalah agregat besar butir maksimum 4,76 mm berasal dari alam atau hasil alam, sedangkan agregat halus olahan merupakan agregat halus yang dihasilkan dari pecahan dan pemisahan butiran dengan cara penyaringan atau cara lainnya dari batuan atau terak tanur tinggi (SNI 03-6820-2002). Agregat halus yang mempunyai butir lebih kecil dari 1,2 mm disebut pasir halus, butir butir yang lebih kecil dari 0,075 mm disebut *silt*, dan yang lebih kecil dari 0,002 mm disebut *clay* (SK SNI T-15-1991-03). Menurut PBI 1971, beberapa syarat yang harus dipunyai oleh agregat halus adalah :

- a. Pasir terdiri dari butir-butir tajam dan keras, bersifat kekal yang artinya tidak mudah lapuk oleh pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan.
- b. Tidak mengandung lumpur lebih dari 5%, lumpur merupakan bagian-bagian yang bisa melewati ayakan 0,063 mm. Bila kadar lumpur lebih dari 5% maka harus dicuci.
- c. Tidak mengandung bahan-bahan organik terlalu banyak yang dibuktikan dengan percobaan warna dari *abrams-harder*. Agregat yang tidak memenuhi syarat percobaan ini bisa digunakan apabila kekuatan tekan

adukan agregat tersebut pada umur 7 dan 28 hari tidak kurang dari 95% dari kekuatan adukan beton dengan agregat yang sama tapi dicuci dalam larutan 3% NaOH yang kemudian dicuci dengan air hingga bersih pada umur yang sama.

Agregat halus yang dipakai harus mempunyai gradasi yang baik, adapun batasan gradasi agregat halus menurut ASTM sebagai berikut :

Tabel 3.2 Batasan Gradasi Untuk Agregat Halus (ASTM, 1991)

Ukuran Saringan ASTM	Persentase berat yang lolos tiap saringan
9,5 mm (3/8 in)	100
4,76 mm (No.4)	95 – 100
2,36 mm (No.8)	80 – 100
1,19 mm (No.16)	50 – 85
0,595 mm (No.30)	25 – 60
0,300 mm (No.50)	10 – 30
0,150 mm (No.100)	0 - 10

3.2.3 Air

Air adalah bahan dasar pembuat beton yang penting tetapi harganya paling murah. Air digunakan untuk bereaksi dengan semen, serta untuk bahan pelumas antara butir-butir agregat supaya dapat mudah dikerjakan dan dipadatkan. Untuk direaksikan dengan semen, air yang digunakan hanya 25% berat semen saja, tetapi kenyataannya nilai faktor air semen yang digunakan sulit kurang dari 0,35. Kadar air pada beton tidak boleh terlalu banyak karena mengakibatkan kekuatan beton akan rendah dan betonnya berlubang-lubang.

Kualitas air sangat mempengaruhi kekuatan beton. Kualitas air erat kaitannya dengan bahan-bahan yang terkandung dalam air tersebut. Air diusahakan supaya tidak membuat rongga pada beton, tidak membuat retak beton dan tidak membuat korosi pada tulangan yang mengakibatkan beton menjadi rapuh. Menurut SK SNI S-04-1989-F, persyaratan air sebagai bahan bangunan harus memenuhi syarat antara lain :

1. Air harus bersih
2. Tidak mengandung lumpur, minyak dan benda terapung lainnya yang bisa dilihat secara visual.
3. Tidak boleh mengandung benda-benda tersuspensi lebih dari 2 gram/liter.
4. Tidak mengandung garam-garam yang dapat larut dan bisa merusak beton (asam, zat organik dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter. Kandungan klorida (Cl) tidak lebih dari 0,5 gram/liter dan senyawa sulfat tidak lebih dari 0,1 gram/liter.
5. Bila dibandingkan dengan kekuatan tekan adukan dan beton yang memakai air suling, maka penurunan kekuatan adukan dan beton yang menggunakan air yang diperiksa tidak lebih dari 10%.
6. Semua air yang mutunya meragukan harus dianalisa secara kimia dan dievaluasi mutunya menurut pemakaiannya.

3.2.4 Bahan Tambah

Bahan tambah merupakan bahan selain unsur pokok beton (air, agregat, dan semen) yang ditambahkan pada adukan beton. Kegunaannya ialah untuk mengubah satu atau lebih sifat-sifat beton sewaktu masih dalam keadaan segar atau mengeras. Bahan tambah seharusnya hanya berguna kalau sudah ada evaluasi teliti tentang pengaruhnya pada beton, khususnya pada keadaan dimana beton diharapkan akan dipakai. Bahan tambah biasanya diberikan dalam jumlah yang relatif sedikit, dan pengawasan yang ketat harus diberikan supaya tidak berlebihan yang akan membuat memperburuk sifat beton. Penggunaan bahan tambah pada sebuah campuran beton harus memperhatikan standar yang berlaku seperti SNI (Standar Nasional Indonesia), ASTM (*American Society for Testing and Materials*) atau ACI (*American Concrete Institute*).

3.3 Admixture Betonmix

Betonmix merupakan nama dagang bahan tambah kimia yang bersifat untuk mengurangi kadar air (*water reducer*) dan mempercepat pengikatan beton (*accelerator*). Betonmix termasuk *admixture* Tipe E “*water reducing and accelerating admixtures*”. Sesuai dengan namanya (*water reducer*), *admixture*

jenis ini berfungsi untuk mengurangi air campuran tanpa mengurangi *workability* beton. *Admixture* ini juga mampu mempercepat proses pengikatan dan pengerasan beton, dalam 7-14 hari umur setara dengan kuat tekan beton 28 hari beton tanpa menurunkan nilai *slump*. Betonmix dapat digunakan $\frac{1}{2}$ sampai 1 kg per zak (50 kg) semen. Bahan yang terkandung dalam bahan tambah betonmix ialah *accelerator* berbahan dasar kalsium klorida atau kalsium format. Tetapi penggunaannya dibatasi hanya pada beton/mortar tanpa tulangan saja, karena berpotensi mempengaruhi korosi pada tulangan.



Gambar 3.1 Betonmix

Penambahan *Admixture* Betonmix pada campuran beton mempunyai beberapa keunggulan, yaitu :

1. Meningkatkan mutu beton
2. Mempercepat pengerasa beton (beton umur 7-14 hari setara dengan beton umur 28 hari)
3. Mempermudah pengecoran (terhindar dari beton keropos).

3.4 Self Healing Concrete

Self healing concrete adalah beton yang mampu melakukan perbaikan secara mandiri pada retakan beton dan diharapkan dapat mengisi pori pori pada beton dengan produksi mineral CaCO_3 yang diakibatkan oleh aktivitas mikroorganisme didalam beton (Khaliq dan Ehsan, 2016). *Self healing concrete* dibedakan menjadi dua berdasarkan mekanisme perbaikannya, yaitu *autogenous*

healing dan *engineered healing*. *Autogenous healing* adalah proses yang terjadi didalam beton akibat reaksi kimiawi dari dalam matriks beton, dan *engineered healing* adalah dengan menambahkan bahan kimia maupun biologi yang spesifik kedalam campuran matriks beton. *Self Healing* merupakan salah satu teknologi yang saat ini dibutuhkan untuk mengatasi atau mengurangi masalah perbaikan pada retakan beton. *Self Healing Concrete* dapat mengatasi keretakan dengan memanfaatkan bakteri *bacillus subtilis* dalam adukan campuran beton dengan harapan beton dapat memperbaiki keretakan pada dirinya sendiri lebih dini. Proses beton memperbaiki keretakan pada dirinya sendiri dengan cara memproduksi asam oksalat, dan oksigen.

Penerapan *self healing* pada retak beton mempunyai potensi untuk dikembangkan jika dikaji dari sisi lingkungan, ekonomi maupun sosial. Penggunaan *self healing concrete* bisa mengurangi kebutuhan semen pada proses konstruksi beton. Ini membuat *self healing concrete* bisa menjadi solusi infrastruktur rendah biaya, baik dalam segi pembangunan ataupun pemeliharaan.

3.5 Limbah Sayuran (*VegeGrout*)

Limbah merupakan sisa dari suatu usaha maupun kegiatan yang mengandung bahan berbahaya atau beracun yang karena sifat, konsentarsi, dan jumlahnya baik yang secara langsung maupun tidak langsung dapat membahayakan lingkungan, kesehatan, kelangsungan hidup manusia dan makhluk hidup lainnya (Mahida, 1984). Bahan yang sering ditemukan dalam limbah adalah senyawa organik yang dapat terbiodegradasi, senyawa organik yang mudah menguap, senyawa organik yang sulit terurai.

Limbah sayuran adalah limbah padat organik yang mengandung kadar air yang tinggi dan cepat membusuk. Limbah sayuran jika dibuang pada keadaan terbungkus tanpa adanya oksigen akan menghasilkan gas metana (CH_4) dan karbondioksida (CO_2) yang dapat mencemarkan lingkungan seperti penipisan lapisan ozon (Silvia, 2019). Penumpukan sampah terutama sampah sisa sayuran perlu dilakukan pengolahan atau pemanfaatan sampah yang baik dan benar. Salah satu pemanfaatan limbah sayuran adalah sebagai campuran dalam inovasi beton

pulih mandiri (*self healing concrete*). Limbah sayuran dicampur dengan bahan kimia agar bakteri berperan sebagai reagen yang dapat mengubah senyawa kimia menjadi kalsium karbonat yang akan berperan sebagai proses perbaikan secara mandiri.

3.6 Pengujian Material

Pengujian material dilakukan untuk mengetahui jumlah serta jenis agregat yang baik dari air, agregat kasar, dan agregat halus. Bentuk dan cara pengajiannya disesuaikan dengan ketetapan yang sudah ditentukan, sehingga hasil pengujian material dapat digunakan untuk kepentingan perencanaan, antara lain (Panduan Pratikum Teknologi Bahan Universitas Islam Riau, 2019) :

3.6.1 Gradasi Agregat

Gradasi agregat ialah distribusi dari variasi ukuran butir agregat. Gradasi agregat berpengaruh pada besarnya rongga dalam campuran dan menentukan kemudahan dalam pekerjaan serta stabilitas campuran. Gradasi agregat ditentukan dengan cara analisa saringan, dimana sampel agregat harus melalui satu set saringan. Tujuan dilakukan pemeriksaan gradasi agregat ialah untuk memperoleh besaran atau jumlah persentase butiran, baik agregat kasar maupun agregat halus. Gradasi agregat diperoleh dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Persentase (\%)} \text{ tertahan} = \frac{\text{Jumlah Berat Tertahan}}{\text{Berat Bahan Kering}} \times 100 \quad (3.1)$$

$$\text{Persentase (\%)} \text{ lolos} = 100\% - \text{Persentase \% tertahan} \quad (3.2)$$

3.6.2 Berat Isi Agregat

Berat isi agregat adalah berat satuan butiran dibagi dengan berat isi atau volume agregat. Pemeriksaan berat isi agregat bertujuan untuk menentukan berat isi agregat halus, kasar atau campuran yang didefinisikan sebagai perbandingan antara berat material kering dengan volumenya.

Perhitungan berat isi (satuan) pada masing masing benda uji (agregat halus dan agregat kasar) sebagai berikut :

Berat bersih benda uji :

$$W_3 \text{ (gram)} = W_2 - W_1 \quad (3.3)$$

Dimana :

W_1 = Berat tempat (gr)

W_2 = Berat tempat + benda uji (gr)

W_3 = Berat benda uji (gr)

Berat isi tempat (W_4) :

$$W_4 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot T \quad (3.4)$$

Dimana :

D = Diameter tempat (gr)

T = Tinggi tempat (gr)

W_4 = Berat isi tempat (gr)

Berat isi lepas (W_5) :

$$W_5 = W_3 + W_4 \quad (3.5)$$

Dimana :

W_5 = Berat isi lepas (gr)

3.6.3 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air

Pemeriksaan ini adalah suatu pegangan utama dalam pengujian agregat pembuat beton untuk menentukan berat jenis curah, berat jenis kering permukaan jenuh, berat jenis semu dari agregat halus dan kasar, serta angka penyerapan dari agregat halus dan kasar. Hasil pengujian ini dapat digunakan dalam pekerjaan :

1. Penyelidikan Quarry Agregat
2. Perencanaan campuran pengendalian mutu beton
3. Perencanaan campuran dan pengendalian mutu perkerasan

Hitungan berat jenis dan penyerapan agregat dengan rumus :

$$\text{Berat jenis (bulk)} \quad : \quad \frac{Bk}{Bj - Ba} \quad (3.6)$$

$$\text{Berat jenis permukaan jenuh} \quad : \quad \frac{B_j}{B_j - B_a} \quad (3.7)$$

$$\text{Berat jenis semu (apparent)} \quad : \quad \frac{B_k}{B_j - B_a} \quad (3.8)$$

$$\text{Penyerapan (absorption)} \quad : \quad \frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\% \quad (3.9)$$

$$\text{Resapan Efektif (Re)} \quad : \quad \frac{B_j - B_k}{B_j} \times 100\% \quad (3.10)$$

$$\text{Berat air yang mampu diserap benda uji (Wa)} \quad : \quad Re \times B_j \quad (3.11)$$

Dimana :

B_j = Berat benda uji kering oven (gr)

B_k = Berat benda uji kering permukaan (gr)

B_a = Berat benda uji kering permukaan jenuh (gr)

3.6.4 Pemeriksaan Kadar Lumpur

Pemeriksaan kandungan lumpur ini merupakan cara untuk menetapkan banyaknya kandungan lumpur terutama dalam pasir secara teliti. Dalam pengujian kali ini menggunakan metode penjumlahan bahan dalam agregat yang lolos saringan No.200 (0,0075 mm) yang dimaksudkan sebagai acuan dan pegangan dalam melaksanakan pengujian untuk menentukan jumlah setelah dilakukan pencucian benda uji.

Berikut adalah cara menghitung kadar lumpur dengan rumus :

$$\text{Persentase Kadar Lumpur} \quad : \quad \frac{B_1 - B_2}{B_1} \times 100\% \quad (3.12)$$

Dimana :

B_1 = Berat benda uji kering sebelum dicuci (gr)

B_2 = Berat benda uji kering sesudah dicuci (gr)

3.6.5 Pemeriksaan Kadar Air

Pemeriksaan kadar air adalah cara untuk mengetahui seberapa besar serapan air yang terjadi didalam agregat. Tujuan dilakukannya pemeriksaan kadar air adalah untuk mengetahui nilai kadar air yang terjadi pada agregat halus dan agregat kasar saat dilapangan sehingga memenuhi prosedur yang harus dilaksanakan dalam perencanaan dan pembuatan beton.

Hitungan persentase kadar air agregat dengan rumus :

$$\text{Kadar air (\%)} : \frac{W_1}{W_2} \times 100\% \quad (3.13)$$

Dimana :

W_1 = Berat benda uji sebelum di oven (gr)

W_2 = Berat benda uji sesudah di oven (gr)

3.6.6 Pengujian Zat Organik Agregat Halus

Menentukan kandungan bahan organik pada agregat halus sangat penting dan memiliki tujuan agar beton tidak mudah rusak. Kandungan bahan organik yang berlebihan pada bahan beton dapat mempengaruhi kualitas dari beton tersebut.

3.7 Perencanaan Beton

Perencanaan campuran beton merupakan proses pencampuran dari bahan-bahan pembuat beton (semen, air, agregat kasar dan agregat halus) yang proporsinya telah ditentukan terlebih dahulu. Proses perencanaan campuran beton dilakukan agar mendapatkan komposisi dan perbandingan bahan yang sesuai dalam pembuatan beton yang diinginkan.

Adapun syarat-syarat perencanaan dari metode SNI 2834-2000 adalah sebagai berikut :

1. Merencanakan kuat tekan ($f'c$) yang diisyaratkan pada umur 28 hari. Beton yang direncanakan harus memenuhi persyaratan kuat tekan beton rata-rata ($f'c'r$).
2. Deviasi Standar (S)

Deviasi Standar (S) adalah alat ukur tingkat mutu pelaksanaan pembuatan (produksi) beton. Deviasi Standar merupakan identifikasi penyimpangan yang terjadi dalam kelompok data dalam hal ini produksi beton. Nilai S ini digunakan sebagai salah satu data masukan pada perencanaan campuran adukan beton.

Rumus menghitung deviasi standar adalah sebagai berikut :

$$S = \sqrt{\frac{\sum(fc'r - f'c)^2}{n-1}} \quad (3.14)$$

Dimana :

- S = Deviasi Standar
- $f'c$ = Kuat tekan beton estimasi 28 hari
- n-1 = Jumlah benda uji
- $fc'r$ = Kuat tekan beton rata-rata 28 hari

Menurut SNI 03-2834-2000 faktor pengali untuk deviasi standar dikelompokkan berdasarkan jumlah pengujiannya seperti pada tabel 3.3 berikut.

Tabel 3.3 Faktor pengali untuk deviasi standar (SNI 03-2834-2000)

Jumlah Pengujian	Faktor Pengali Deviasi Standar
Kurang dari 15	Lihat butir (4.2.3.1.1) (5)
15	1,16
20	1,08
25	1,03
30 atau lebih	1,00

Tabel 3.4 Nilai deviasi standar untuk indikasi tingkat pengendalian mutu beton (Mulyono, 2004)

Deviasi Standar (S)	Indeks Tingkat Pengendalian Mutu Beton
2,8	Sangat memuaskan
3,5	Memuaskan

4,2	Baik
5,6	Cukup
7,0	Jelek
8,4	Tanpa kendali

Data hasil uji yang digunakan untuk menghitung deviasi standar (S) harus sebagai berikut :

- a. Mewakili bahan-bahan, prosedur pengawasan mutu dan kondisi produksi yang serupa dengan pekerjaan yang diusulkan.
 - b. Mewakili kuat tekan beton yang diisyaratkan f_c' yang nilainya dalam batas lebih kurang 7 MPa dari nilai yang ditentukan.
 - c. Paling sedikit dari 30 hasil uji yang berurutan atau dua kelompok hasil uji berurutan jumlah benda uji minimum 30 hasil uji diambil dalam prediksi selama jangka waktu tidak kurang dari 45 hari.
3. Nilai tambah (Margin)

Nilai tambah dihitung dengan rumus :

$$M = K \times S \quad (3.15)$$

Dimana :

M = Nilai tambah margin (N/mm²)

K = 1,64 adalah ketetapan statistik yang nilainya tergantung pada persentase yang lebih rendah dari f_c' . Dalam hal ini diambil 5%, sehingga nilai $k = 1,64$

S = Standar deviasi (N/mm²)

4. Perhitungan kuat rata-rata ($f_c'r$) yang ditargetkan. Kuat tekan rata-rata direncanakan dihitung dengan rumus :

$$f_c'r = f_c' + M \quad (3.16)$$

Dimana :

$f_c'r$ = Kuat tekan rata-rata (MPa)

f_c' = Kuat tekan beton yang direncanakan (MPa)

M = Nilai tambah atau Margin (MPa)

5. Menetapkan jenis semen *Portland* yang digunakan.
6. Menetapkan jenis agregat yang akan digunakan, baik agregat halus ataupun agregat kasar.
7. Menentukan Faktor Air Semen (FAS)

Faktor air semen merupakan perbandingan jumlah air dengan jumlah semen yang digunakan dalam suatu campuran beton. Faktor air semen sangat penting dalam perencanaan campuran beton, karena semakin rendah perbandingan semen dengan air berarti semakin kental campuran beton dan semakin tinggi juga kuat tekan beton yang dihasilkan. Nilai faktor air semen semakin rendah tidak berarti bahwa kuat tekan beton semakin tinggi. Nilai faktor air semen yang rendah dapat menyebabkan kesulitan dalam pekerjaan, yaitu kesulitan dalam pemadatan yang menyebabkan mutu beton menurun.

8. Penetapan nilai *slump*.
9. Penetapan ukuran agregat maksimum.
10. Kadar air bebas
Untuk menentukan kadar air bebas agregat gabungan yang berupa campuran antara campuran pasir alami dan kerikil (batu pecah) maka kadar air bebas diperhitungkan dengan menggunakan rumus :

$$\frac{2}{3}Wh + \frac{1}{3}Wk \quad (3.17)$$

Dimana :

Wh = perkiraan air untuk agregat halus

Wk = perkiraan air untuk agregat kasar

11. Menghitung jumlah semen.
12. Jumlah semen maksimum diabaikan jika tidak ditetapkan.
13. Menghitung berat jenis relatif agregat :

$$B_j \text{ Campuran} = \left(\frac{P}{100} \times B_j \text{ agregat halus} \right) + \left(\frac{K}{100} \times B_j \text{ agregat kasar} \right) \quad (3.18)$$

Dimana :

P = Persentase agregat halus terhadap agregat campuran (%)

K = Persentase agregat kasar terhadap agregat campuran (%)

B_j = Berat jenis

14. Hitung kadar air gabungan, yaitu berat jenis beton dikurangi dengan kadar semen dan kadar air.
15. Hitungan kadar agregat kasar, agregat gabungan dikurangi kadar agregat kasar.

3.8 *Slump* Test

Pengujian *slump* (*slump* test) dilakukan untuk mengetahui seberapa kental adukan beton yang akan diproduksi agar mencapai kekuatan dan mutu beton yang sesuai. Pengujian *slump* test menghasilkan cara praktis dan sederhana untuk mempertahankan informasi yang dapat diterima terhadap konsistensi beton yang dihasilkan dilapangan. Tujuan pengujian *slump* adalah untuk mengecek adanya perubahan kadar air yang ada pada adukan beton, sedangkan pemeriksaan nilai *slump* dimaksud 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 semakin sulit juga pengerjaan beton.

Untuk itu dianjurkan penggunaan nilai *slump* yang terletak dalam batasan yang telah ditentukan dalam tabel 3.5.

Tabel 3.5 Penetapan Nilai *Slump* (SNI 03-2834-2000)

Pemakaian Beton	Slump (cm)	
	Maks	Min
Dinding, plat pondasi dan plat telapak bertulang	12,5	5,0
Pondasi telapak tidak bertulang koison, struktur dibawah tanah	9,0	2,5
Plat, balok, kolom dan dinding	15,0	7,5
Pengerasan jalan	7,5	5,0
Pembetonan missal	7,5	2,5

Pengujian *slump* dilakukan dengan cara kerucut didirikan diatas alas yang telah dibersihkan, kemudian beton segar dimasukkan kedalam kerucut dengan sekop kecil sepertiga dari tinggi kerucut. Beton ditumbuk sebanyak 25 kali dengan menggunakan batang besi, tambahkan lapisan kedua dan tumbuk sebanyak 25 kali, tambahkan beton dan tumbuk beton sampai kerucut penuh. Angkat kerucut perlahan keatas dalam waktu 5-7 detik dan ukur berapa nilai dari *slump*.

3.9 Pemadatan Beton

Sesudah pengujian *slump* selesai dilakukan maka dilaksanakan pemadatan beton. Pemadatan bertujuan untuk menghilangkan rongga-rongga udara yang ada didalam beton segar ketika dituang kedalam cetakan (*mold*). Semakin banyak rongga udara yang terperangkap didalam cetakan beton maka kekuatan beton semakin berkurang. Kebutuhan untuk alat pemadat disesuaikan dengan kapasitas pengecoran dan tingkat kesulitan pekerjaan.

Alat pemadat atau alat getar (*vibrator*) dibagi menjadi dua (Mulyono, 2004) yaitu :

1. Alat getar *intern* (*internal vibrator*), merupakan alat getar yang berupa tongkat dan digerakkan dengan mesin. Untuk menggunakannya tongkat dimasukkan kedalam beton pada waktu tertentu tanpa harus menyebabkan *bleeding*.
2. Alat getar cetakan, merupakan alat getar yang menggetarkan cetakan beton sehingga beton bergetar dan memadat.

Beberapa pedoman umum dalam proses pemadatan beton (Mulyono, 2004) adalah :

1. Pada jarak yang berdekatan atau pendek, pemadatan dengan alat getar dilakukan dengan waktu yang singkat.
2. Pemadatan dilakukan secara vertikal dan jatuh dengan beratnya sendiri.
3. Tidak menyebabkan terjadinya *bleeding*.
4. Pemadatan merata.
5. Tidak terjadi kontak antara alat getar dengan bekisting.

6. Alat getar tidak berfungsi untuk mengalirkan, mengangkat atau memindahkan beton.

3.10 Perawatan Beton

Perawatan beton (*curing*) merupakan langkah akhir dari pekerjaan pembeconan untuk menjaga agar permukaan beton tetap segar selalu lembab dari mulai dipadatkan sampai proses hidrasi cukup sempurna. Tujuan dari perawatan beton adalah mencegah pengeringan yang bisa menyebabkan kehilangan air yang dibutuhkan untuk proses pengerasan beton atau mengurangi kebutuhan air selama proses hidrasi semen.

Perawatan beton sangat mempengaruhi sifat-sifat beton keras seperti kekuatan, keawetan, ketahanan abrasi, sifat rapat air, stabilitas volume dan ketahanan terhadap pembekuan. Perawatan yang baik terhadap beton akan mempengaruhi beberapa segi dari kualitasnya.

3.11 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton merupakan besarnya beban persatuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur jika diberi beban dengan gaya tertentu yang dihasilkan oleh alat uji tekan. Kuat tekan beton mengidentifikasi mutu dari sebuah bangunan, semakin tinggi kekuatan struktur yang direncanakan semakin tinggi juga mutu beton yang dihasilkan.

Faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan beton adalah :

1. Faktor air semen (FAS)

Untuk memperoleh beton yang mudah dikerjakan diperlukan faktor air semen minimal 0,35. Jika terlalu banyak air yang digunakan maka akan berakibat kualitas beton menjadi buruk. Jika nilai faktor air semen lebih dari 0,60 maka akan berakibat kualitas beton yang dihasilkan menjadi buruk.

2. Jumlah semen

Semakin banyak jumlah semen yang digunakan maka semakin baik kualitas beton yang dihasilkan, karena pasta semen yang berfungsi sebagai matriks pengikat jumlahnya cukup untuk menyelimuti luasan permukaan agregat yang digunakan.

3. Jenis semen

Semen tipe I cenderung bereaksi lebih cepat dari pada PPC, semen tipe I akan mencapai kekuatan 100% pada umur 28 hari.

4. Umur beton

Semakin bertambah umur beton maka semakin meningkat juga kuat tekan beton. Pada umumnya, pelaksanaan dilapangan, bekisting dapat dibuka setelah berumur 14 hari dan dianggap mencapai kuat tekan 100% pada umur 28 hari.

5. Kualitas agregat yang meliputi :

- a. Tekstur permukaan
- b. Gradasi agregat
- c. Ukuran maksimum agregat
- d. Bentuk agregat

Berdasarkan kuat tekannya beton dapat dibagi beberapa jenis, yaitu :

Tabel 3.6 Beberapa jenis kuat tekan beton (Tjokrodinuljo, 1996)

Jenis Beton	Kuat Tekan (MPa)
Beton sederhana (<i>plain concrete</i>)	Sampai 10 MPa
Beton normal (beton biasa)	15-30 MPa
Beton prategang	30-40 MPa
Beton kuat tekan tinggi	40-80 MPa
Beton kuat tekan sangat tinggi	>80 MPa

Kuat tekan beton adalah suatu perbandingan beban terhadap luas penampang beton. Kuat tekan beton diperoleh dari pengujian kuat tekan dengan menggunakan alat uji tekan (*compressive strength machine*). Besarnya kuat tekan beton dapat dihitung dengan menggunakan rumus (Panduan Pratikum Teknologi Bahan dan Beton, Universitas Islam Riau, 2019) :

1. Kuat tekan beton (f'_c)

$$f'_c = \frac{P}{A} \quad (3.19)$$

Dimana :

$f'c$ = Kuat tekan benda uji beton (MPa)

P = Besar beban maksimum (N)

A = Luas penampang benda uji (mm^2)

2. Kuat tekan rata-rata benda uji ($f_c'r$)

Kuat tekan rata-rata benda uji merupakan kuat tekan beton yang dicapai dari beberapa sampel benda uji dibagi dengan jumlah benda uji, dihitung menggunakan rumus :

$$f_c'r = \frac{\sum f'c}{n} \quad (3.20)$$

Dimana :

$f'c$ = Kuat tekan benda uji beton (Kg/cm^2)

$f_c'r$ = Kuat tekan rata-rata dari jumlah benda uji (Kg/cm^2)

n = Jumlah benda uji

3. Standar deviasi (s)

Standar deviasi adalah suatu istilah statistik yang dipakai sebagai ukuran tingkat variasi suatu hasil produk tertentu (dalam hal ini produk beton). Rumus standar deviasi bisa dilihat pada persamaan 3.21 (panduan praktikum teknologi bahan dan beton, Universitas Islam Riau, 2019) :

$$s = \frac{\sqrt{\sum (f_c'r - f'c)^2}}{n-1} \quad (3.21)$$

Dimana :

s = Standar deviasi

$f'c$ = Kuat tekan beton estimasi 28 hari

$n - 1$ = Jumlah benda uji

$f_c'r$ = Kuat tekan beton rata-rata 28 hari

4. Kuat tekan karakteristik ($f_c'k$)

Kuat tekan karakteristik atau kuat tekan rata-rata perlu yang digunakan sebagai dasar pemilihan campuran beton. (panduan praktikum teknologi bahan dan beton, Universitas Islam Riau, 2019) :

$$f_{c'k} = f_{c'r} - (1,64 \cdot s) \quad (3.22)$$

Dimana :

$f_{c'k}$ = Kuat tekan karakteristik beton

$f_{c'r}$ = Kuat tekan beton rata-rata estimasi 28 hari

s = Standar deviasi



BAB IV METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Lokasi Penelitian

Pada penelitian ini dilakukan di Laboratorium Struktur Material dan Komputer Universitas Islam Riau. Penelitian tugas akhir ini memakai metode yang bersifat eksperimen. Lokasi pengambilan material untuk penelitian yang akan diambil dari PT. RMB (Riau Mas Bersaudara) yang berada di Jalan Raya Pekanbaru-Bangkinang. Ekstrak limbah sayuran yang digunakan untuk penelitian ini berasal dari tomat yang diambil dari pasar pagi Arengka.

4.2 Bahan Material

Bahan-bahan yang akan digunakan peneliti pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Semen
Semen yang digunakan pada penelitian ini ialah semen *Portland* (Tipe 1) kemasan 50 kg. Pada penelitian ini semen digunakan untuk bahan campuran pembuatan beton.
2. Agregat Halus
Agregat halus yang akan digunakan merupakan pasir dari PT. RMB (Riau Mas Bersaudara) yang fungsinya sebagai campuran utama pada pembuatan beton.
3. Agregat Kasar
Agregat kasar yang akan digunakan adalah kerikil berasal dari PT. RMB (Riau Mas Bersaudara) yang fungsinya sama dengan agregat halus yaitu sebagai campuran utama pembuatan beton.
4. Air
Air yang akan digunakan oleh peneliti diambil dari sumur bor Laboratorium Struktur Material dan Komputer Universitas Islam Riau.
5. Bahan Tambah
Bahan tambah (*admixture*) yang digunakan pada penelitian ini merupakan

Betonmix yang fungsinya mengurangi kadar air (*water reducer*) dan mempercepat pengikatan beton (*accelerator*). Pemakaian bahan tambah betonmix adalah sebanyak 1% dari berat semen. Bahan tambah lainnya yang digunakan adalah ekstrak limbah sayuran yang fungsinya sebagai *self healing* pada beton. Ekstrak limbah sayuran yang digunakan berasal dari sayuran tomat yang telah ditambahkan urea dan kalsium klorida. Perbandingan limbah tomat, urea dan kalsium klorida adalah sebanyak 15 kg : 2 kg : 2 kg, penggunaan ekstrak limbah sayuran sebagai pengganti sebagian semen.

4.3 Peralatan Penelitian

Dalam penelitian ada beberapa alat laboratorium yang umumnya digunakan. Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Timbangan Digital

Timbangan digital pada penelitian ini digunakan untuk menimbang cawan, berat jenis, kadar lumpur, kadar air dan pengujian analisa saringan.



Gambar 4.1 Timbangan Digital (Dokumentasi penelitian, 2022)

2. Timbangan Duduk

Timbangan duduk adalah timbangan yang digunakan untuk menimbang beton yang akan uji pada keadaan duduk.



Gambar 4.2 Timbangan Duduk (Dokumentasi penelitian, 2022)

3. Timbangan Neraca

Timbangan Neraca merupakan timbangan yang digunakan untuk menimbang bahan campuran beton yang akan di cor.



Gambar 4.3 Timbangan Neraca (Dokumentasi penelitian, 2022)

4. Cawan

Cawan merupakan alat yang digunakan untuk wadah benda uji sebelum melakukan penelitian.



Gambar 4.4 Cawan (Dokumentasi penelitian, 2022)

5. Saringan

Saringan yang digunakan pada penelitian ini menggunakan saringan agregat kasar dan agregat halus. Untuk ukuran saringan yang digunakan ialah No.1¹/₂" , No.3/4" , No.3/8" , No.4 digunakan untuk memisahkan agregat kasar sesuai ukuran dan ukuran saringan No.4, No.8, No.16, No.30, No.50, No.100 digunakan untuk memisahkan agregat halus sesuai ukuran.



Gambar 4.5 Saringan (Dokumentasi penelitian, 2022)

6. Kerucut *Abrams*

Kerucut *abrams* adalah alat yang digunakan untuk pengukuran nilai *slump*. Ukuran atas kerucut mempunyai diameter 10cm, ukuran bawah mempunyai diameter 20 cm, dan tinggi 30 cm.



Gambar 4.6 Kerucut *Abrams* (Dokumentasi penelitian, 2022)

7. Batang Penusuk

Batang penusuk merupakan batang yang terbuat dari baja yang digunakan untuk memadatkan beton segar saat pengujian *slump*.



Gambar 4.7 Batang Penusuk (Dokumentasi penelitian, 2022)

8. Oven

Oven merupakan alat berfungsi untuk keperluan pemanasan yaitu pengeringan agregat yang diatur dengan pengaturan suhu.



Gambar 4.8 Oven (Dokumentasi penelitian, 2022)

9. Mesin Pengaduk Beton (Molen)

Pada penelitian ini molen digunakan untuk mengaduk agregat agar agar tercampur dengan rata.



Gambar 4.9 Molen (Dokumentasi penelitian, 2022)

10. Gelur Ukur

Gelas ukur merupakan gelas pengukur yang digunakan untuk mengukur takaran bahan cairan.



Gambar 4.10 Gelas Ukur (Dokumentasi penelitian, 2022)

11. *Picnometer*

Pada penelitian ini *Picnometer* merupakan alat yang fungsinya menentukan massa jenis dari suatu cairan.



Gambar 4.11 Pycnometer (Dokumentasi penelitian, 2022)

12. Talam

Talam berfungsi sebagai tempat penampungan hasil adukan material setelah dilakukan pengadukan didalam molen.



Gambar 4.12 Talam (Dokumentasi penelitian, 2022)

13. Cetakan Beton

Pada penelitian ini cetakan beton yang digunakan adalah berbentuk kubus dengan ukuran 15 cm x 15 cm x 15 cm, fungsi dari bend aini adalah untuk mencetak beton yang aka dibuat.



Gambar 4.13 Cetakan Beton (Dokumentasi penelitian, 2022)

14. Koran

Koran digunakan untuk media pengeringan terhadap pasir yang telah direndam sebelum pemeriksaan berat jenis.



Gambar 4.14 Koran (Dokumentasi penelitian, 2022)

15. Mesin Kuat Tekan Beton

Pada penelitian ini mesin uji kuat tekan beton yang digunakan mempunyai kapasitas maksimum 2000 KN, fungsi dari alat ini adalah sebagai pengujian kuat tekan beton.



Gambar 4.15 Mesin Kuat Tekan (Dokumentasi penelitian, 2022)

16. Kerucut Terpancung

Kerucut terpancung yang dibuat dari kuningan digunakan untuk mengetahui permukaan jenuh pasir pada penelitian ini.



Gambar 4.16 Kerucut Terpancung (Dokumentasi penelitian, 2022)

17. Mesin Penggetar (*Vibrator*)

Pada penelitian ini mesin penggetar digunakan untuk memadatkan adukan beton pada benda uji sehingga tidak ada lagi rongga-rongga udara dan membuat cetakan terisi merata.



Gambar 4.17 Mesin Penggetar (Dokumentasi penelitian, 2022)

18. Bak Perendaman

Bak perendaman digunakan untuk tempat perendaman beton setelah didiamkan didalam *mold* selama 24 jam. Beton direndam didalam perendaman selama 28 hari.



Gambar 4.18 Bak Perendaman (Dokumentasi penelitian, 2022)

19. Alat Pendukung Lainnya

Alat-alat pendukung lain yang digunakan seperti sekop, cangkul, palu godam, sendok semen, gerobak dan alat lainnya.

4.4 Teknik Penelitian

Eksperimen laboratorium merupakan suatu penelitian yang dilakukan dilaboratorium dengan cara mengkaji variable-variabel bebas yang berpengaruh pada penelitian. Eksperimen laboratorium dilakukan dengan terkontrol, cermat dan teliti.

4.5 Proses Pengolahan Limbah Sayuran Menjadi Bakteri

Proses pengolahan limbah sayuran sehingga menjadi bakteri yang digunakan sebagai bahan pengganti sebagian semen adalah sebagai berikut :

1. Pengumpulan Limbah Sayuran

Limbah sayuran tomat yang akan diolah didapat dari pasar-pasar tradisional Pekanbaru seperti pasar pagi Arengka. Tomat yang didapat dari pasar tradisional merupakan sayuran yang tidak layak dijual.

2. Pembersihan Limbah Sayuran

Setelah sayuran dikumpulkan lalu sayuran dicuci menggunakan air bersih agar menghilangkan kotoran-kotoran yang ada dipermukaan sayuran seperti pasir.

3. Pembusukan Limbah Sayuran

Setelah limbah sayuran dibersihkan kemudian ditiriskan lalu dimasukkan kedalam kantong plastik dan ditutup rapat untuk dilakukan pembusukan selama seminggu.



Gambar 4.19 Pembusukan Limbah Tomat (Dokumentasi penelitian, 2022)

4. Penghalusan Limbah Sayuran

Setelah limbah sayuran membusuk kemudian dihaluskan menggunakan blender dan ditambahkan air sedikit agar lebih mudah proses penghalusannya.



Gambar 4.20 Penghalusan Limbah Sayuran (Dokumentasi penelitian, 2022)

5. Penyaringan

Sayuran yang telah diblender kemudian diperas dan disaring menggunakan penyaringan agar serat-serat tomat yang tidak hancur terpisah dari cairan tomat untuk diambil ekstrak limbah sayur tersebut.



Gambar 4.21 Penyaringan Cairan Sayuran (Dokumentasi penelitian, 2022)

6. Pencampuran Bahan Kimia

Pencampuran bahan kimia dilakukan setelah ekstrak sayuran disaring kemudian dicampur dengan kalsium klorida (CaCl_2) sebanyak 2 kilogram dan urea sebanyak 2 kilogram kemudian diaduk hingga larut. Setelah selesai dicampur dengan CaCl_2 dan urea, ekstrak limbah sayur dimasukkan kedalam jerigen lalu ditutup dengan rapat dan disimpan selama seminggu.



Gambar 4.22 Pencampuran CaCl_2 dan Urea (Dokumentasi penelitian, 2022)

7. Penyimpanan Ekstrak Sayuran

Proses penyimpanan ekstrak sayuran dilakukan selama 1 minggu. Ekstrak limbah sayuran yang telah ditambahkan CaCl_2 dan urea dimasukkan kedalam jerigen dan ditutup rapat.



Gambar 4.23 Penyimpanan Ekstrak Sayuran (Dokumentasi penelitian, 2022)

4.6 Tahapan Pelaksanaan Penelitian

Tahapan pelaksanaan penelitian yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mulia
2. Persiapan

Pada tahap ini persiapan yang harus dilakukan terlebih dahulu adalah perizinan pemakaian laboratorium dan alat-alat penelitian, pengumpulan material, dan balnko isian data.
3. Pemeriksaan Material

Pemeriksaan material meliputi analisa saringan, analisa berat jenis dan penyerapan agregat, berat isi agregat, abrasi agregat kasar, pemeriksaan kadar lumpur dan kadar air.
2. Perencanaan Campuran Beton

Pada penelitian perencanaan campuran beton dilakukan dengan metode perencanaan campuran beton (*Mix Design*) berdasarkan Metode SNI 03-2834-2000 dengan percobaan awal (*Trial Mixes*) dengan memperhitungkan jumlah agregat kasar, agregat halus, semen dan air untuk merencanakan campuran beton yang ingin dilakukan.
3. Pembuatan Beton Segar

Pembuatan beton segar menggunakan mesin molen dan diaduk di dalam molen dengan kisaran waktu 10 menit. Pada saat pembuatan beton segar mesin molen hanya mampu membuat 3 sampel beton dalam 1 kali adukan karena kapasitas mesin molen yang kecil. Untuk membuat 27 sampel beton maka pengadukan dilakukan sebanyak 9 kali adukan. Karena mesin molen

hanya dapat membuat 3 sampel beton dalam 1 kali adukan hal ini dapat membuat nilai *slump* menjadi berbeda beda.

4. Pengujian *Slump*

Pengujian *slump* dilakukan setelah pengadukan campuran beton, pengujian *slump* dilakukan untuk mengetahui tingkat keruntuhan hasil adukan beton. Pada penelitian ini pengujian *slump* dibagi menjadi 2 bagian yaitu pengujian *slump* untuk beton uji kuat tekan 28 hari dan pengujian *slump* untuk beton uji retakan.

5. Pembuatan Benda Uji

Pembuatan benda uji dilakukan dengan menggunakan cetakan berbentuk kubus yang berukuran 15 cm x 15 cm x 15 cm. Jumlah sampel beton yang dibuat sebanyak 27 sampel, beton normal dengan varian 0% sebanyak 3 sampel. Beton dengan persentase ekstrak limbah sayuran 3%, 5%, 7% dan 9% berjumlah 24 sampel, 12 sampel untuk diuji kuat tekan dan 12 sampel lagi untuk uji pemulihan retakan.

Berikut perencanaan pembuatan jumlah sampel beton untuk uji kuat tekan beton :

Tabel 4.1 Jumlah Benda Uji Kuat Tekan Beton

No.	Umur Perawatan	Betonmix	Bakteri/Reagen	Jumlah Sampel
1	28 Hari	1%	0%	3
2	28 Hari	1%	3%	3
3	28 Hari	1%	5%	3
4	28 Hari	1%	7%	3
5	28 Hari	1%	9%	3
Jumlah Benda Uji				15

Dari Tabel 4.1 jumlah benda uji yang akan dibuat sebanyak 15 sampel dengan varian ekstrak limbah sayuran 0%, 3%, 5%, 7% dan 9% dengan tambahan betonmix sebanyak 1%. Masing-masing varian dibuat sebanyak 3 sampel benda uji untuk kuat tekan.

Ada pun perencanaan pembuatan jumlah sampel beton untuk uji retak sebagai berikut :

Tabel 4.2 Jumlah Benda Uji Retak Beton

No	Umur Perawatan	Betonmix	Bakteri/Reagen	Jumlah Sampel
1	28 Hari	1 %	3 %	3
2	28 Hari	1 %	5 %	3
3	28 Hari	1 %	7 %	3
4	28 Hari	1 %	9 %	3
Jumlah Benda Uji				12

Dari Tabel 4.2 jumlah benda uji yang akan dibuat sebanyak 12 sampel dengan varian ekstrak limbah sayuran 3%, 5%, 7% dan 9% dengan tambahan betonmix sebanyak 1%. Masing-masing varian dibuat sebanyak 3 sampel benda uji untuk retakan.

6. Perawatan Benda Uji

Perawatan benda uji yang dilakukan pada penelitian ini adalah perendaman dalam air. Benda uji yang telah mengeras selama 24 jam dari proses pembuatan dilepas dari cetakan kemudian direndam dibak perendaman selama 28 hari. Beton harus sepenuhnya terendam didalam air kemudian bak perendaman ditutup agar air hujan ataupun sampah tidak masuk kedalam. Untuk perawatan beton uji retakan, beton yang telah diretakkan kemudian dilakukan perawatan selama 28 hari dengan cara menyiram beton dengan air setiap harinya.

7. Pengujian Kuat Tekan dan Retak

Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada beton yang berumur 28 hari untuk mencari kemampuan beton uji terhadap ketahanan untuk menahan beban dan pengujian retak beton dilakukan setelah melakukan perawatan selama 28 hari dengan cara menyiram beton setiap hari untuk mencari kemampuan *self healing* beton setelah pengadukan ditambah dengan bahan tambah yaitu Betonmix dan bakteri.

8. Hasil dan Data

Hasil dan data yang didapat dari hasil penelitian selanjutnya dianalisa dan dilakukan pembahasan.

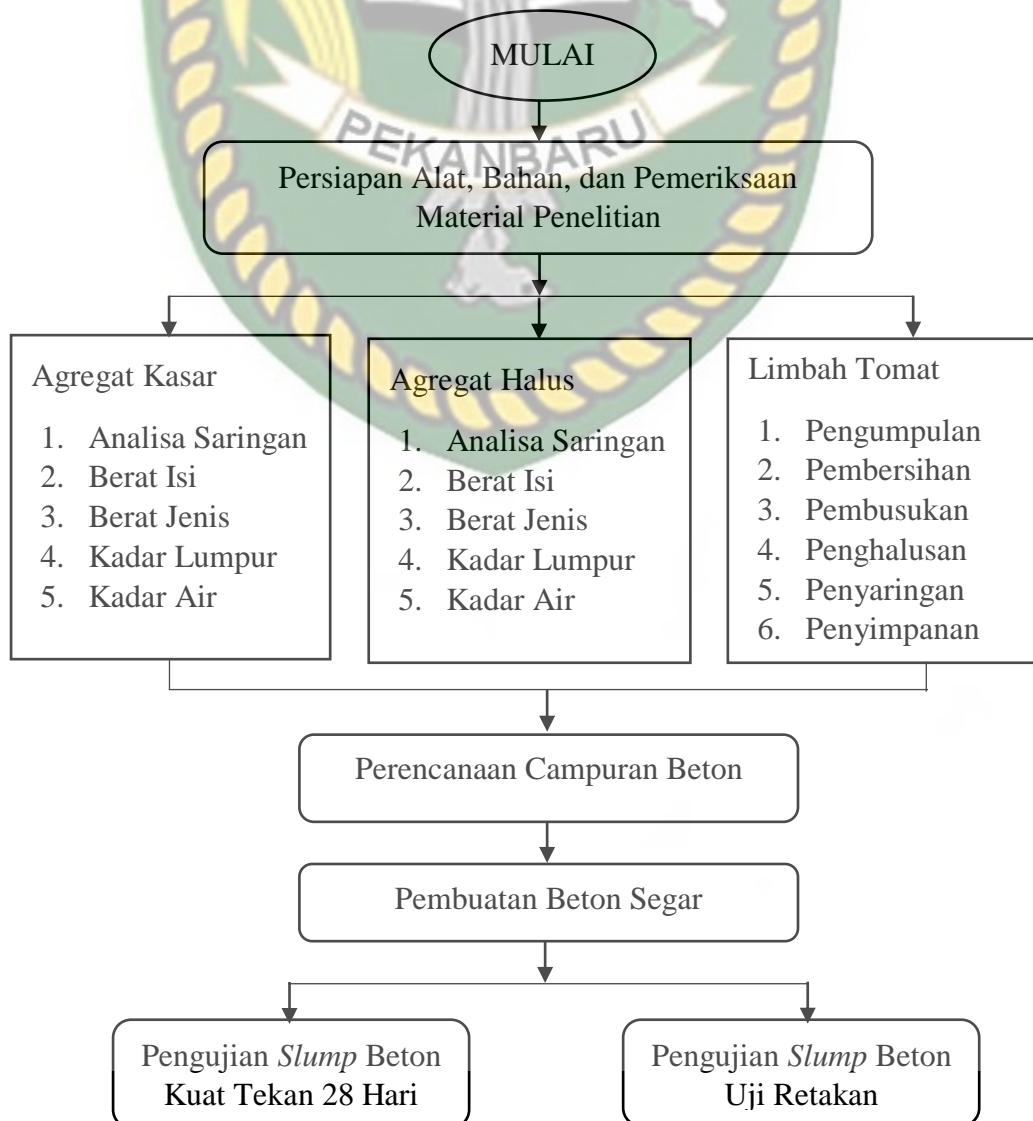
9. Kesimpulan dan Saran

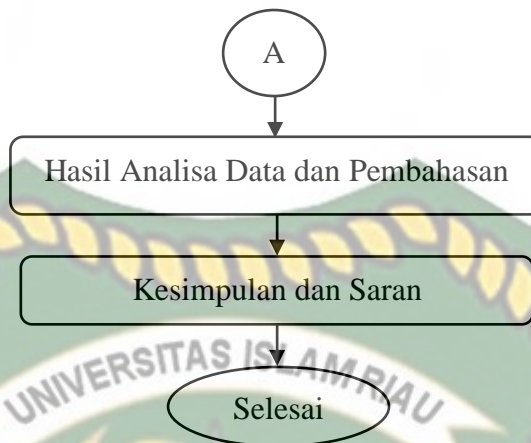
Kesimpulan dan saran dari penelitian berguna untuk menyimpulkan apa yang telah didapat dari penelitian dan memberi saran kepada peneliti selanjutnya ataupun para pelaku konstruksi.

10. Selesai

Tahapan pelaksanaan penelitian disajikan untuk mengetahui langkah-langkah dari pelaksanaan penelitian pada penulisan tugas akhir.

Adapun uraian tahap pelaksanaan penelitian dibuat untuk mengetahui langkah-langkah pelaksanaan penelitian pada tugas akhir ini. Tahap pelaksanaan penelitian pada tugas akhir ini dapat dilihat pada gambar 4.24 :





Gambar 4.24 Bagan Alir Tahap Penelitian

4.7 Tahapan Analisa Data

Tahapan-tahapan analisa data pada penelitian ini secara garis besar meliputi beberapa hal, yaitu :

1. Pemeriksaan Material
 - a. Pengujian pada analisa agregat kasar dan agregat halus
 - b. Pengujian berat isi agregat kasar dan agregat halus
 - c. Pengujian berat jenis agregat kasar dan agregat halus
 - d. Pengujian kadar lumpur agregat kasar dan agregat halus
 - e. Pengujian kadar air agregat kasar dan agregat halus
 - f. Pengujian zat organik agregat halus
 - g. Pengujian kadar keausan agregat kasar dan agregat halus
2. Mengitung Rencana Pembuatan Beton
 - a. Menentukan kebutuhan agregat halus
 - b. Menentukan kebutuhan agregat kasar
 - c. Menentukan kebutuhan limbah sayuran
 - d. Menentukan kebutuhan semen
 - e. Menentukan kebutuhan air
3. Analisa Pengujian Beton Sesuai SNI-03-2834-2000
 - a. Menentukan rata-rata kuat tekan beton
 - b. Menentukan kuat tekan rata-rata kuat tekan beton setelah peretakan

BAB V
HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Pemeriksaan Benda Uji

Hasil pengujian material pada penelitian ini adalah 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, pemeriksaan kadar lumpur pada agregat halus dan kasar.

5.1.1 Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Halus

Gradasi agregat halus pada penelitian ini dinyatakan dengan nilai persentase banyaknya agregat halus tertahan atau lolos saringan 4,8 mm atau saringan No.4. Hasil penelitian analisa saringan dapat dilihat pada tabel 5.1.

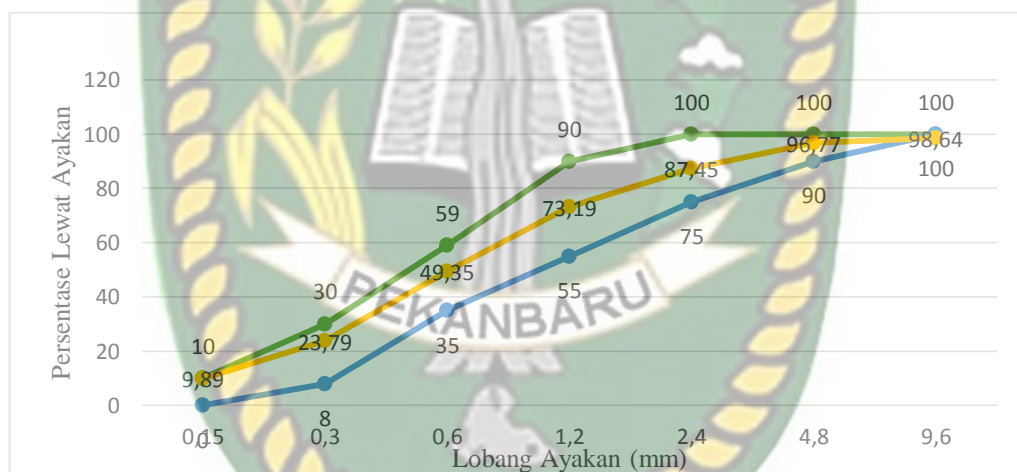
Tabel 5.1 Hasil Pemeriksaan Persentase Rata-Rata Lolos Agregat Halus

Nomor Saringan	Ukuran Saringan (mm)	Persentase Lolos Rata-Rata (%)
1.5"	38,1	100
1"	25,4	100
3/4"	19	100
1/2"	12,7	99,59
3/8"	9,6	98,64
No#4	4,8	96,77
No#8	2,4	87,45
No#16	1,2	73,19
No#30	0,6	49,35
No#50	0,3	23,79
No#100	0,15	9,89
No#200	0,075	8,62

Hasil pada Tabel 5.1 pemeriksaan analisa saringan digunakan untuk mendapatkan jumlah persentase butiran pada agregat halus dan untuk menentukan batas gradasi. Dapat dilihat bahwa agregat halus memenuhi syarat batas gradasi,

yaitu pada daerah zona II. Dapat dilihat dari saringan 1,5" sampai 3/4" masing-masing persentase yang lolos sebesar 100%. Saringan 1/2" persentase yang lolos 99,59%, saringan 3/8" persentase yang lolos 98,64%, saringan ukuran No.4 persentase lolos sebesar 96,77%, saringan No.8 nilai persentase lolos 87,45%, saringan No.16 memiliki nilai persentase lolos 73,19%, saringan No.30 nilai persentase lolos 49,35%, saringan No.50 nilai persentase lolos 23,79%, saringan No.100 nilai persentase lolos 9,89% dan saringan No.200 nilai persentase lolos sebesar 8,62%.

Dari Tabel 5.1 dapat dilihat bahwa persentase lolos saringan dari agregat halus berada diantara batas maksimum dan minimum pada setiap saringan seperti Gambar 5.1 berikut.



Gambar 5.1 Grafik Gradasi Agregat Halus Zona II

5.1.2 Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar

Sama seperti pemeriksaan gradasi pada agregat halus sebelumnya, agregat kasar juga dilakukan pemeriksaan gradasi. Hasil dari pemeriksaan gradasi agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 5.2 berikut.

Tabel 5.2 Hasil Analisa Saringan Persentase Lolos Agregat Kasar

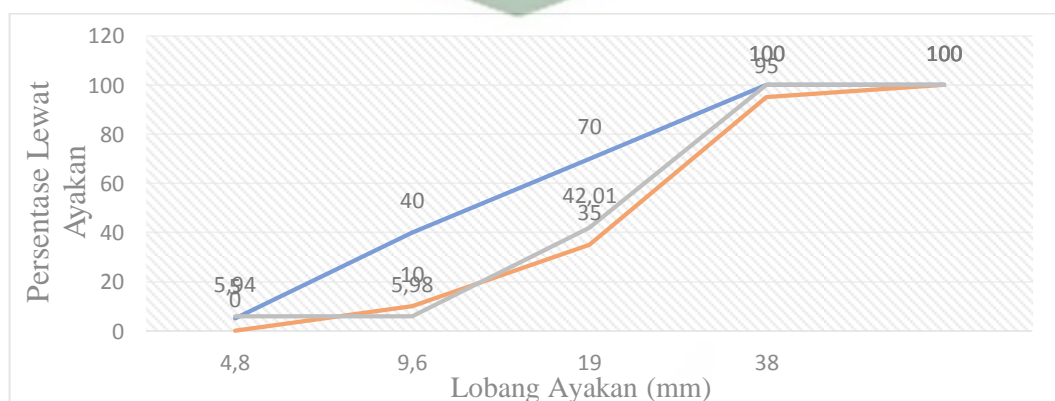
Nomor Saringan	Ukuran Saringan (mm)	Persentase Lolos Rata-Rata (%)
1.5"	38,1	100
1"	25,4	92,14

Tabel 5.2 Lanjutan

3/4"	19	42,01
1/2"	12,7	8,71
3/8"	9,6	5,98
No#4	4,8	5,94
No#8	2,4	5,94
No#16	1,2	5,94
No#30	0,6	5,93
No#50	0,3	5,91
No#100	0,15	5,87
No#200	0,075	5,81

Dari Tabel 5.2 pada persentase lolos agregat kasar saringan 1.5" persentase lolos sebesar 100%. Saringan 1" persentase lolos sebesar 92,14%, saringan 3/4" persentase lolos 92,14%, saringan 1/2" persentase lolos 8,71%, saringan 3/8" persentase lolos 5,98%, pada saringan No.4 persentase lolos 5,94%, saringan No.8 persentase yang lolos 5,94%, saringan No.16 persentase lolos saringan 5,94%, saringan No.30 persentase lolos sebesar 5,93%, saringan No. 50 persentase lolos sebesar 5.91%, saringan No. 100 persentase lolos sebesar 5,87% dan saringan NO.200 persentase lolos sebesar 5,81%.

Dari Tabel 5.2 dapat dilihat bahwa persentase lolos saringan dari agregat kasar berada diantara batas maksimum dan minimum batas zona III dari setiap ukuran saringan seperti pada Gambar 5.2 berikut.

**Gambar 5.2** Grafik Gradasi Agregat Kasar

5.1.3 Hasil Pemeriksaan Kadar Air Agregat

Kadar air yang ada pada agregat perlu diketahui untuk menghitung jumlah air pada campuran beton sesuai perbandingan air atau FAS. Hasil untuk pemeriksaan kadar air dapat dilihat di Tabel 5.3 berikut.

Tabel 5.3 Hasil Pemeriksaan Kadar Air

Material	Kadar Air (%)	Nilai Standar (%)	Keterangan
Agregat Halus	3,22	3-5	Oke
Agregat Kasar	0,15	3-5	Tidak Oke

Dari Tabel 5.3 dapat dilihat bahwa hasil pengujian agregat halus memiliki kadar air sebesar 3,22%. Kadar air untuk agregat halus sesuai dengan standar SNI-03-4142-1996 dengan nilai spesifikasi kadar air yaitu 3% sampai 5%. Hasil pengujian agregat kasar memiliki kadar air sebesar 0,15%, kadar air yang ada pada agregat kasar tidak sesuai dengan standar SNI-03-4142-1996 dengan nilai spesifikasi 3% sampai 5%. Nilai kadar air yang terkandung pada agregat kasar tidak mencapai standar karena agregat kasar yang digunakan adalah batu pecah dari PT.RMB yang mana air yang terkandung didalamnya sangat kecil.

5.1.4 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air Material

Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air material dilakukan untuk mengetahui berat jenis kering permukaan jenuh SSD (*standard Surface Dry*) dan untuk mendapatkan angka berat jenis curah serta berat jenis semu. Hasil pemeriksaan agregat halus dapat dilihat pada Tabel 5.4 berikut.

Tabel 5.4 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus

Jenis Pemeriksaan	Satuan	Agregat Halus	Nilai Standar (%)	Keterangan
BJ Semu	gr	2,650	2,5 - 2,7	OK
BJ Permukaan Jenuh	gr	2,609	2,5 - 2,7	OK
BJ Curah	gr	2,584	2,5 - 2,7	OK
Penyerapan	gr	0,960	2 - 7	Tidak OK

Dari Tabel 5.4 diketahui hasil pemeriksaan berat jenis pada agregat halus untuk berat jenis semu, berat jenis permukaan jenuh, dan berat jenis curah hasil pemeriksaannya mencapai nilai standar. Tetapi untuk penyerapan yaitu sebesar 0,960% tidak mencapai nilai standar, dimana nilai standarnya adalah 2% - 7%. Untuk pemeriksaan berat jenis pada agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 5.5 berikut.

Tabel 5.5 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar

Jenis Pemeriksaan	Satuan	Agregat Kasar	Nilai Standar (%)	Keterangan
BJ Semu	gr	2,620	2,5 - 2,7	OK
BJ Permukaan Jenuh	gr	2,592	2,5 - 2,7	OK
BJ Curah	gr	2,574	2,5 - 2,7	OK
Penyerapan	gr	0,671	2 - 7	Tidak OK

Dari Tabel 5.5 dapat dilihat hasil pemeriksaan berat jenis pada agregat kasar untuk berat jenis semu, berat jenis permukaan jenuh dan berat jenis curah hasil pemeriksaannya mencapai nilai standar. Tetapi untuk penyerapan yaitu sebesar 0,671% tidak mencapai nilai standar yaitu 2% - 7%.

5.1.5 Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur

Pada pemeriksaan kadar lumpur yang dilakukan menggunakan metode penjumlahan bahan agregat yang lolos saringan No.200 (0,075 mm). Hasil pemeriksaan kadar lumpur dapat dilihat pada Tabel 5.6 berikut.

Tabel 5.6 Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur

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

Dari Tabel 5.6 dapat diketahui bahwa semua material memiliki kadar lumpur <5 jadi semua material dapat memenuhi standar untuk digunakan pada pengadukan beton.

5.1.6 Hasil Pemeriksaan Berat Isi Agregat

Berat isi adalah perbandingan antara agregat kering dan volumenya. Kadar air yang ada pada agregat perlu diketahui untuk menghitung jumlah air pada campuran beton agar sesuai dengan perbandingan air atau FAS. Hasil dari pemeriksaan berat isi dapat dilihat pada Tabel 5.7 berikut.

Tabel 5.7 Hasil Pemeriksaan Berat Isi Agregat

Material	Berat Isi (gr/cm ³)		Nilai Standar	Keterangan
	Kondisi Gembur	Kondisi Padat		
Agregat Halus	1,41	1,73	1,4 – 1,9	OK OK
Agregat Kasar	1,21	1,56	1,4 – 1,9	Tidak OK OK

Dari Tabel 5.7 diketahui bahwa hasil pemeriksaan berat isi pada agregat halus memenuhi standar untuk pembuatan campuran beton. Untuk agregat kasar yang digunakan pada saat kondisi gembur tidak memenuhi standar spesifikasi berat isi, akan tetapi hal ini diperbolehkan karena pada saat kondisi padat memenuhi standar spesifikasi berat isi. Dengan demikian agregat ini masih dapat digunakan pada pembuatan beton.

5.2 Hasil Pemeriksaan Beton

Untuk hasil pemeriksaan beton terdiri dari hasil pemeriksaan campuran beton (*mix design*), hasil pemeriksaan nilai *slump*, hasil kuat tekan, pengujian pemulihan retak beton dan juga pengujian kuat tekan beton pulih retakan.

5.2.1 Hasil Pemeriksaan Campuran Beton

Pemeriksaan campuran beton bertujuan untuk mengetahui perbandingan campuran semen, agregat kasar, agregat halus dan bahan tambah serta bakteri yang digunakan. Hasil campuran beton untuk 3 sampel kubus dapat dilihat pada Tabel 5.8 berikut.

Tabel 5.8 Hasil Perbandingan Campuran Beton Untuk Tiap 3 Sampel Kubus

Persentase Bakteri	Semen (kg)	Air (liter)	Agregat Halus (kg)	Agregat Kasar (kg)	Bakteri (liter)	Betonmix 1% (kg)
0%	4,12	1,533	8,66	13,74		0,041
3%	3,99	1,409	8,66	13,74	0,1236	0,041
5%	3,91	1,327	8,66	13,74	0,2060	0,041
7%	3,83	1,245	8,66	13,74	0,2884	0,041
9%	3,75	1,162	8,66	13,74	0,3708	0,041

Dari Tabel 5.8 dapat diketahui bahwa campuran beton normal untuk tiap 3 sampel kubus beton menggunakan semen, air, agregat halus, agregat kasar dan betonmix 1% adalah sebanyak 4,12 kg, 1,533 liter, 8,66 kg, 13,74 kg, 0,041 kg. Untuk persentase 3% bakteri untuk tiap 3 sampel kubus beton menggunakan semen, air, agregat halus, agregat kasar, bakteri dan betonmix 1% adalah sebanyak 3,99 kg, 1,409 liter, 8,66 kg, 13,74 kg, 0,1236 liter, 0,041 kg. Untuk persentase 5% bakteri untuk tiap 3 sampel kubus beton menggunakan semen, air, agregat halus, agregat kasar, bakteri dan betonmix 1% adalah sebanyak 3,91 kg, 1,327 liter, 8,66 kg, 13,74 kg, 0,2060 liter, 0,041 kg. Untuk persentase 7% bakteri untuk tiap 3 sampel kubus beton menggunakan semen, air, agregat halus, agregat kasar, bakteri dan betonmix 1% adalah sebanyak 3,83 kg, 1,245 liter, 8,66 kg, 13,74 kg, 0,2884 liter, 0,041 kg. Untuk persentase 9% bakteri untuk tiap 3 sampel kubus beton menggunakan semen, air, agregat halus, agregat kasar, bakteri dan betonmix 1% adalah sebanyak 3,75 kg, 1,162 liter, 8,66 kg, 13,74 kg, 0,3708 liter, 0,041 kg.

5.2.2 Hasil dan Analisa Nilai *Slump*

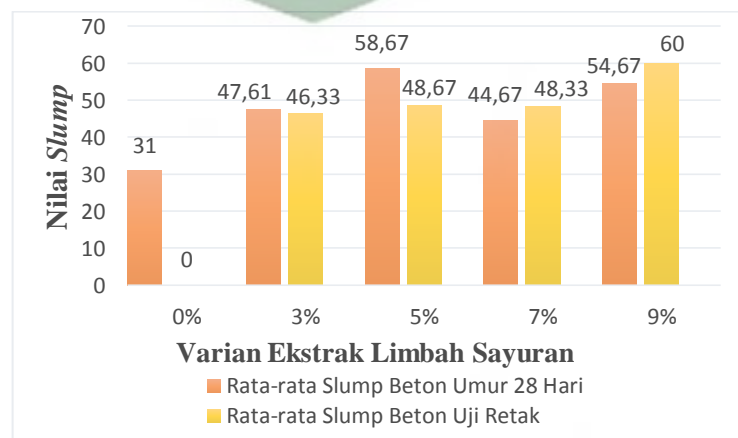
Tujuan dari pengujian *slump* adalah untuk mengecek adanya perubahan kadar air yang ada didalam adukan beton, pemeriksaan nilai *slump* bertujuan untuk mengetahui konsistensi adukan beton dan sifat kemudahan pengerjaan (*workability*) beton yang sesuai dengan ketentuan yang ditetapkan. Semakin kecil

nilai *slump* maka pengerjaan beton akan semakin sulit, sedangkan semakin tinggi nilai *slump* maka semakin mudah pengerjaan beton. Hasil pengujian *slump* beton dengan adanya penambahan campuran Betonmix dan ekstrak limbah sayuran dapat dilihat pada Tabel 5.9 berikut.

Tabel 5.9 Hasil Pengujian Nilai *Slump*

No	Varian Ekstrak Limbah Sayuran	<i>Slump</i> Beton Umur 28 Hari (mm)	Rata-rata <i>Slump</i> Beton Umur 28 Hari (mm)	<i>Slump</i> Beton Uji Retak (mm)	Rata-rata <i>Slump</i> Beton Uji Retak (mm)
1	0%	51	60		0
		62			
		67			
2	3%	53	58,67	52	58
		60		60	
		63		62	
3	5%	41	54,67	35	48,33
		53		50	
		70		60	
4	7%	35	41,67	25	33,33
		40		35	
		50		40	
5	9%	23	31	10	31,67
		25		35	
		45		50	

Dari Tabel 5.9 dapat dilihat nilai *slump* telah memenuhi standar ketentuan dengan nilai 30 mm - 60 mm dari *slump* rencana. Data pengujian *slump* dapat dilihat pada Gambar 5.3 berikut.



Gambar 5.3 Grafik Nilai *Slump* rata-rata

Dari Gambar 5.3 dapat disimpulkan bahwa penggunaan ekstrak limbah sayuran pada campuran beton akan membuat nilai *slump* naik dibandingkan dengan nilai *slump* beton normal, itu dikarenakan ekstrak limbah sayuran yang berbentuk cairan dapat menyebabkan kelecekan pada saat beton diaduk.

5.2.3 Hasil Uji Kuat Tekan Beton 28 Hari

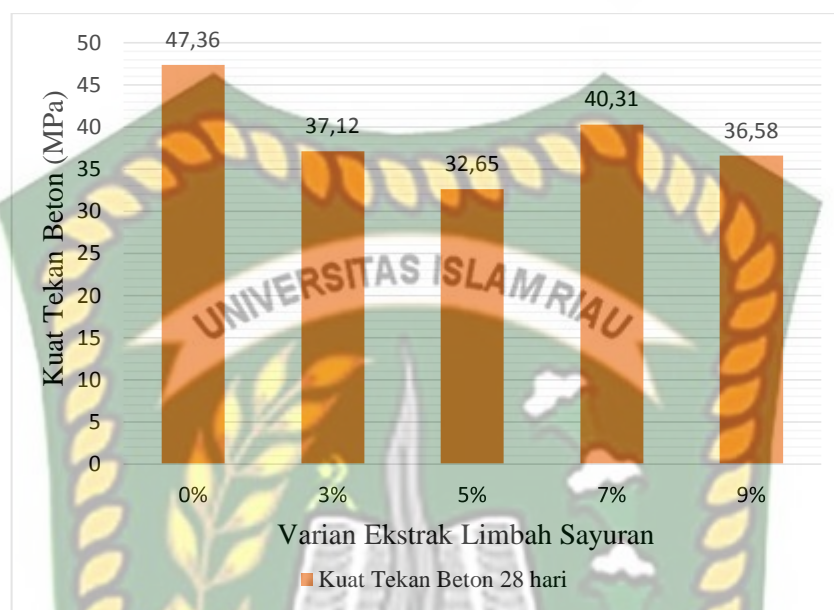
Pengujian kuat tekan beton dilakukan setelah perawatan beton selama 28 hari yang kemudian diuji menggunakan mesin kuat tekan. Beton yang berbentuk kubus memiliki sisi 15 cm x 15 cm x 15 cm dengan bahan tambah 1% betonmix dari berat semen dan tambahan bakteri dengan persentase 0%, 3%, 5%, 7%, dan 9% sebagai pengganti sebagian semen.

Tabel 5.10 Hasil Uji Kuat Tekan Beton 28 Hari

No.	Varian (%)	Umur (hari)	Dimensi (cm)	Kuat Tekan (kg/cm ²)	f ['] c Rerata (MPa)	Kenaikan (MPa)
1	0	28	15 x 15 x 15	570,58	47,36	0
2	3	28	15 x 15 x 15	447,70	37,12	-10,24
3	5	28	15 x 15 x 15	393,34	32,65	-14,71
4	7	28	15 x 15 x 15	485,69	40,31	-7,05
5	9	28	15 x 15 x 15	440,73	36,58	-10,78

Dari Tabel 5.10 dapat diketahui bahwa hasil kuat tekan beton umur 28 hari benda uji kubus untuk beton normal memiliki kuat tekan rata-rata 47,36 MPa. Pada beton dengan varian 3% bakteri limbah sayuran memiliki kuat tekan rata-rata 37,12 MPa mengalami penurunan sebesar 10,24 MPa dari beton normal. Pada beton varian 5% bakteri limbah sayuran memiliki kuat tekan rata-rata 32,65 MPa mengalami penurunan sebesar 14,71 MPa dari beton normal. Untuk beton dengan varian 7% bakteri limbah sayuran memiliki kuat tekan rata-rata 40,31 MPa mengalami penurunan sebesar 7,05 MPa dari beton normal. Untuk beton dengan varian 9% bakteri limbah sayuran memiliki kuat tekan rata-rata 36,58 MPa

mengalami penurunan sebesar 10,78 MPa dari beton normal. Dari data Tabel 5.10 dapat dibuat grafik sebagai berikut.



Gambar 5.4 Grafik Hasil Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari

Berdasarkan Gambar 5.4 dapat diketahui bahwa hasil uji kuat tekan beton umur 28 hari dengan kuat tekan maksimum berada pada beton varian 0% dengan nilai 47,36 MPa. Untuk nilai kuat tekan minimum berada pada beton campuran varian 5% bakteri dengan nilai kuat tekan 32,65 MPa.

Dari hasil pengujian kuat tekan beton dengan penambahan ekstrak limbah sayuran sebagai pengganti semen kurang mampu meningkatkan nilai kuat tekan beton, sehingga penambahan ekstrak limbah sayuran sebagai pengganti semen sangat berpengaruh terhadap kuat tekan beton.

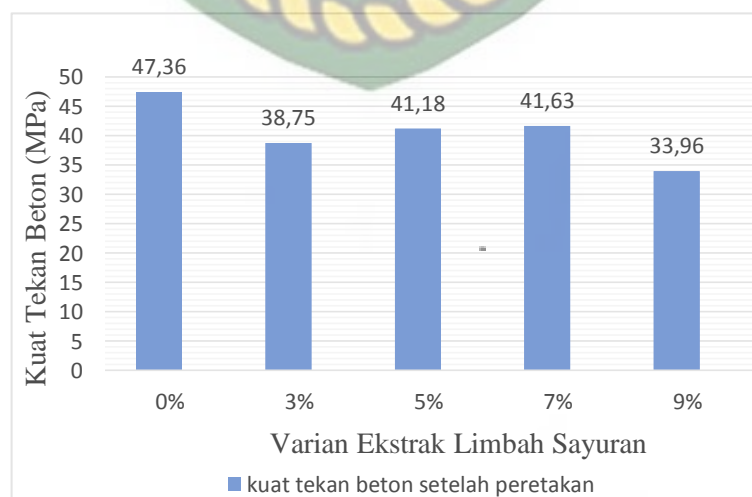
5.2.4 Hasil Uji Kuat Tekan Beton Setelah Diredakkan

Pengujian kuat tekan beton setelah diredakkan dilaksanakan setelah melakukan perawatan beton selama 28 hari dengan cara penyiraman beton dengan air setiap hari. Setelah perawatan beton 28 hari maka beton yang telah diredakkan diuji dengan menggunakan mesin kuat tekan pada setiap penambahan bakteri 3%, 5%, 7% dan 9% dari berat semen yang digunakan. Untuk hasil uji kuat tekan beton setelah diredakkan dapat dilihat pada Tabel 5.11 berikut.

Tabel 5.11 Hasil Uji Kuat Tekan Beton Setelah Diredakkan

No.	Varian (%)	Umur (hari)	Dimensi (cm)	Kuat Tekan (kg/cm ²)	f'c Rerata (MPa)	Kenaikan (MPa)
1	0	28	15 x 15 x 15	570,58	47,36	0
2	3	28	15 x 15 x 15	466,91	38,75	-8,61
3	5	28	15 x 15 x 15	496,16	41,18	-6,18
4	7	28	15 x 15 x 15	501,59	41,63	-5,73
5	9	28	15 x 15 x 15	409,15	33,96	-13,40

Dari data Tabel 5.11 dapat dilihat hasil kuat tekan beton retakan dengan varian 3% bakteri sebagai pengganti semen adalah 38,75 MPa mengalami penurunan sebesar 8,61 MPa dibandingkan dengan beton tanpa bakteri. Pada varian 5% bakteri nilai kuat tekan beton sebesar 41,18 MPa mengalami penurunan sebesar 6,18 MPa dari beton tanpa bakteri. Pada varian 7% bakteri nilai kuat tekan beton sebesar 41,63 MPa mengalami penurunan sebesar 5,73 MPa dari beton tanpa bakteri. Untuk varian 9% bakteri nilai kuat tekan beton sebesar 33,96 MPa mengalami penurunan sebesar 13,40 MPa dari beton tanpa bakteri. Dari data Tabel 5.11 dapat dibuat menjadi grafik seperti pada Gambar 5.5 berikut.



Gambar 5.5 Grafik Kuat Tekan Beton Setelah Retakan

Dari Gambar 5.5 dapat dilihat bahwa hasil kuat tekan beton maksimum berada pada beton normal varian 0% bakteri dengan nilai kuat tekan sebesar 47,36 MPa dan nilai kuat tekan minimum berada pada varian 9% bakteri dengan nilai kuat tekan sebesar 33,96 MPa.

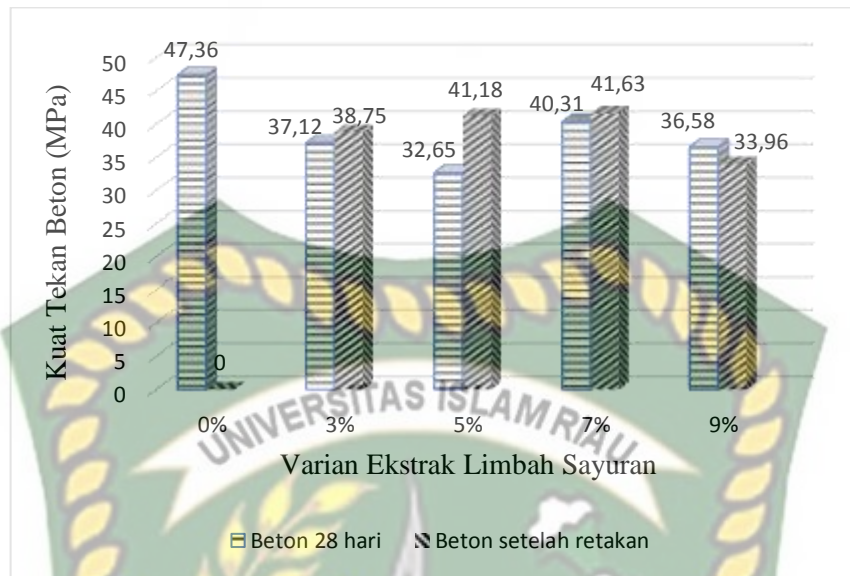
Dari hasil pengujian kuat tekan beton umur 28 hari dengan beton yang setelah peretakan didapat perbedaan hasil kuat tekan, perbedaan hasil kuat tekan ini dapat dilihat pada Tabel 5.12 berikut.

Tabel 5.12 Perbandingan Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari dan Beton Retakan

No.	Varian (%)	Dimensi (cm)	Beton 28 Hari (MPa)	Beton Retakan (MPa)	Kenaikan (%)
1	0	15 x 15 x 15	47,36	0	0
2	3	15 x 15 x 15	37,12	38,75	4,39
3	5	15 x 15 x 15	32,65	41,18	26,13
4	7	15 x 15 x 15	40,31	41,63	3,27
5	9	15 x 15 x 15	36,58	33,96	-7,16

Berdasarkan Tabel 5.12 dapat diketahui bahwa hasil kuat tekan beton retakan dengan varian 3% ekstrak limbah sayuran sebagai pengganti semen mengalami kenaikan sebesar 4,39% dibandingkan dengan beton umur 28 hari, varian 5% ekstrak limbah sayuran sebagai pengganti semen mengalami kenaikan sebesar 26,13% dibandingkan dengan beton umur 28 hari, varian 7% ekstrak limbah sayuran sebagai pengganti semen mengalami kenaikan sebesar 3,27% dibandingkan dengan beton umur 28 hari dan untuk varian 9% ekstrak limbah sayuran sebagai pengganti semen mengalami penurunan sebesar 7,16% dibandingkan dengan beton umur 28 hari.

Dari hasil Tabel 5.12 untuk grafik perbandingan kuat tekan beton umur 28 hari dan beton retakan dapat dilihat pada gambar 5.6 berikut.



Gambar 5.6 Grafik Perbandingan Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari dan Beton Setelah Retakan

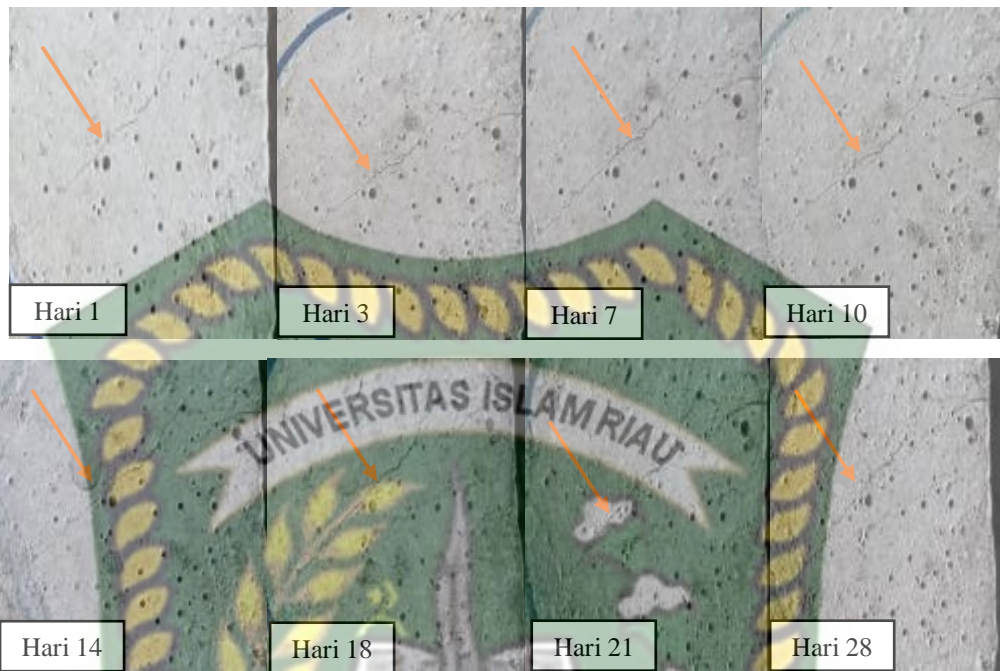
Dari Gambar 5.6 diketahui bahwa perbandingan kenaikan kuat tekan maksimum beton umur 28 hari dan beton setelah retakan berada pada beton dengan varian 5% bakteri sebagai pengganti semen dengan kenaikan sebesar 26,13%. Sedangkan nilai perbandingan kuat tekan minimum berada pada varian 7% bakteri sebagai pengganti semen dengan nilai penurunan sebesar 3,27%.

5.2.5 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 peretakan.

1. Pemulihan retakan beton varian ekstrak limbah sayuran 3%

Dari hasil pengamatan visual yang dilakukan untuk beton retakan varian 3% ekstrak limbah sayuran retakan tidak ada mengalami penutupan, dapat dilihat pada Gambar 5.7 berikut :



Gambar 5.7 Pemulihan Retakan Beton Varian Bakteri 3%

2. Pemulihan retakan beton varian ekstrak limbah sayuran 5%
 Dari hasil pengamatan visual yang dilakukan untuk beton retakan varian 5% ekstrak limbah sayuran retakan tidak ada mengalami penutupan, dapat dilihat pada Gambar 5.8 berikut :



Gambar 5.8 Pemulihan Retakan Beton Varian Bakteri 5%

3. Pemulihan retakan beton varian ekstrak limbah sayuran 7%

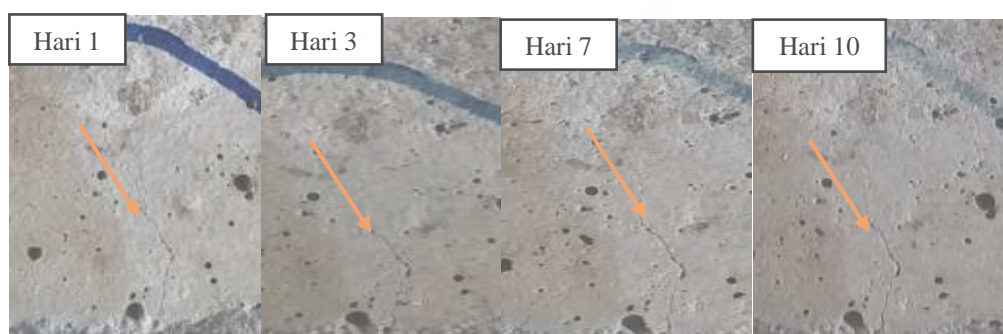
Pada hasil pengamatan visual yang dilakukan untuk beton retakan varian 7% ekstrak limbah sayuran retakan tidak ada mengalami penutupan, dapat dilihat pada Gambar 5.9 berikut :



Gambar 5.9 Pemulihan Retakan Beton Varian Bakteri 7%

4. Pemulihan retakan beton varian ekstrak limbah sayuran 9%

Dari hasil pengamatan visual yang dilakukan untuk beton retakan varian 9% ekstrak limbah sayuran retakan mengalami penutupan, dapat dilihat pada Gambar 5.10 berikut :





Gambar 5. 10 Pemulihan Retakan Beton Varian Bakteri 9%

Dari hasil pengamatan secara visual perawatan beton diretakkan selama 28 hari, dapat dilihat dari perbandingan pada beton hari ke-3 retakan yang ada pada beton masih terlihat jelas, tetapi pada hari ke-28 retakan yang ada pada beton sedikit tertutup. Proses ini dapat dilihat dari beton dengan penambahan betonmix dan ekstrak limbah sayuran dengan persentase 9%. Proses ini menunjukkan bahwa *self healing* yang ada pada beton bekerja dengan baik, meskipun tidak mampu menutupi secara keseluruhan retakan yang ada pada beton.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan mengenai pengaruh penambahan ekstrak limbah sayuran terhadap beton dengan campuran betonmix menggunakan metode *self healing concrete*, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Dari hasil penelitian, pengaruh penambahan ekstrak limbah sayuran dan Betonmix sebagai campuran terhadap kuat tekan beton dengan metode *Self Healing Concrete* untuk kuat tekan beton umur 28 hari dengan varian ekstrak limbah sayuran 0%, 3%, 5%, 7% dan 9% adalah 47,36 MPa; 37,12 MPa; 32,65 MPa; 40,31 MPa; dan 36,58 MPa. Untuk kuat tekan beton setelah peretakan pada varian ekstrak limbah sayuran 3%, 5%, 7% dan 9% adalah 38,75 MPa; 41,18 MPa; 41,63 MPa; dan 33,96 MPa. Kuat tekan beton setelah peretakan mengalami kenaikan tertinggi pada penambahan ekstrak limbah sayuran varian 5% dengan kenaikan sebesar 26,13% dibandingkan dengan beton umur 28 hari pada varian yang sama.
2. Dilihat secara visual pengaruh penambahan ekstrak limbah sayuran dan Betonmix terhadap kemampuan *Self Healing Concrete* dalam menutupi retakannya yang ada pada beton tidak mengalami perubahan yang signifikan. Dengan seiringnya waktu perawatan beton, retakan yang ada pada beton perlahan lahan akan menutup. Retakan yang menutup adalah retakan dalam skala kecil.

6.2 SARAN

Adapun saran yang dapat diberikan pada penelitian ini yaitu :

1. Untuk penelitian selanjutnya dapat mengubah bentuk benda uji menurut peraturan SNI yaitu silinder.
2. Untuk metode peretakan benda uji dilakukan dengan menggunakan mesin kuat tekan.
3. Mengubah atau menambah varian ekstrak limbah sayuran yang digunakan.

4. Mengubah atau menambah persentase zat *additive* pada campuran beton.
5. Penelitian selanjutnya dapat menggunakan limbah sayuran jenis lainnya untuk menemukan bakteri lain yang dapat dimanfaatkan dalam metode *self healing concrete*.



Dokumen ini adalah Arsip Miik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM C 150-92. (1997). Standard Specification for Portland Cement. In *ASTM E695: Standard Method of Measuring Relative Resistance of Wall, Floor, and Roof Construction to Impact Loading* (Vol. 552, Issue 1).
- Dipohusodo, I. (1996). *Struktur Beton Betulang*. Unknown, 271.
- Fauzaan. (2022). *Pengaruh Penambahan Ekstrak Limbah Sayuran Pengganti Sebagian Dari Berat Semen Terhadap Nilai Slump 60-180 Dan Nilai Kuat Tekan Beton Dalam Proses Self Healing Concrete*.
- Herlambang. (2018). Bio Concrete: Self-Healing Concrete, Aplikasi Mikroorganisme Sebagai Solusi Pemeliharaan Infrastruktur Rendah Biaya. *Simposium II – UNIID 2017, March*, 520–524.
- Hidayat, T. (2018). *Pengaruh penambahan zat admixture accelerator beton mix terhadap sifat-sifat mekanis mortar busa*. <http://jurnal.unma.ac.id/index.php/ST/article/download/977/932>
- Khaliq, W., & Ehsan, M. B. (2016). Crack healing in concrete using various bio influenced self-healing techniques. *Construction and Building Materials*, 102, 349–357. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.11.006>
- Kusuma. (2017). *Self Healing Concrete*. 1108–1112.
- Mulyono, T. (2004). *Teknologi Beton*. Penerbit Andi.
- Nugraha dan Antoni. (2007). *Teknologi Beton*. Penerbit Andi.
- PBI 1971. (1971). *Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971*. In Jakarta: Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan (Vol. 7).
- SK SNI S-04-1989-F. (1989). *Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A (Bahan Bangunan Bukan Logam)*.
- SK SNI T-15-1991-03. (1991). *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*. Yayasan LPMB.
- SNI-2847-2013. (2013). Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. In Bandung: Badan Standardisasi Indonesia.
- SNI 03-2834-2000. (2000). SNI 03-2834-2000: Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal. In *Sni 03-2834-2000*.
- SNI 03-6820-2002. (2002). Spesifikasi agregat halus untuk pekerjaan adukan dan plesteran dengan bahan dasar semen. In *Spesifikasi agregat halus untuk pekerjaan adukan dan plesteran dengan bahan dasar semen*.
- SNI 15-2049-2004. (2002). A comparison of pain measures used with patients with fibromyalgia. In *Journal of Nursing Measurement* (Vol. 10, Issue 1).

<https://doi.org/10.1891/jnum.10.1.5.52550>

- SNI 1970-2008. (2008). *Cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat halus*.
- Suyadi. (2018). Studi Kuat Tekan Mortar Dengan Menggunakan Pasir Lokal Merauke Dan Bahan Tambah Admixture Beton Mix. *Mustek Anim Ha*, 7(1), 69–86. <https://doi.org/10.35724/mustek.v7i1.1501>
- Tjokrodimulyo, K. (2007). *teknologi beton*. Biro Penerbit.
- Wirani, P. (2020). *Pengaruh Penggunaan Resin Epoxy Dan Additive Cement Terhadap Kuat Tekan Beton*. 1–9.

