

**PENGARUH PENAMBAHAN EKSTRAK LIMBAH SAYURAN  
TERHADAP NILAI *SLUMP* 30-60 DAN KUAT TEKAN  
BETON DALAM PROSES *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 :**

**MARTHIN DENI SANJAYA SIHOMBING**  
**NPM : 163110347**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS ISLAM RIAU  
PEKANBARU  
2022**

**PENGARUH PENAMBAHAN EKSTRAK LIMBAH SAYURAN  
TERHADAP NILAI *SLUMP* 30-60 DAN KUAT TEKAN  
BETON DALAM PROSES *SELF HEALING*  
*CONCRETE***

**TUGAS AKHIR**

**UNIVERSITAS ISLAM RIAU**

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



**DISUSUN OLEH :**

**MARTHIN DENI SANJAYA SIHOMBING**

**NPM : 163110347**

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

**2022**

**PENGARUH PENAMBAHAN EKSTRAK LIMBAH SAYURAN  
TERHADAP NILAI *SLUMP* 30-60 DAN KUAT TEKAN  
BETON DALAM PROSES *SELF HEALING*  
*CONCRETE***

**TUGAS AKHIR**

**UNIVERSITAS ISLAM RIAU**

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

**DISUSUN OLEH :**

**MARTHIN DENI SANJAYA SIHOMBING**

**NPM : 163110347**

**Diperiksa dan Disetujui oleh:**

**Firman Syarif, S.T., M.Eng**  
Pembimbing

  
**Tanggal : 18 Agustus 2022**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**TUGAS AKHIR**

**PENGARUH PENAMBAHAN EKSTRAK LIMBAH SAYURAN  
TERHADAP NILAI *SLUMP* 30-60 DAN KUAT TEKAN  
BETON DALAM PROSES *SELF HEALING*  
CONCRETE**

**DISUSUN OLEH  
MARTHIN DENI SANJAYA SIHOMBING  
NPM : 163110347**

*Telah Disetujui Didepan Dewan Penguji Tanggal 18 Agustus 2022  
Dan Dinyatakan Telah Memenuhi Syarat Untuk Diterima*

**SUSUNAN DEWAN PENGUJI**

  
**Firman Syarif, ST., M.Eng**

**Pembimbing**

**Mahadi Kurniawan, S.T., M.T**

**Penguji I**

  
**Sy. Sarah Alwiah, S.T., M.T**

**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, 18 Agustus 2022

Penulis



**Marthin Deni Sanjaya Sihombing**

163110347

## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.*

Puji dan syukur penulis ucapkan atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat kesehatan dan kesempatannya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“Pengaruh Penambahan Ekstrak Limbah Sayuran Terhadap Nilai *Slump* 30-60 Dan Kuat Tekan Beton Dalam Proses *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 Allah SWT. Untuk itu, dengan kelapangan hati penulis menerima kritik dan saran yang membangun guna kesempurnaan dalam pembuatan Tugas Akhir ini. Penulis berharap Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis dan semua pihak.

*Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.*

Pekanbaru, Agustus 2022  
Penulis

Marthin Deni Sanjaya Sihombing  
NPM. 163110347

## UCAPAN TERIMA KASIH

*Assalamualaikum Wr. Wb.*

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan Tugas Akhir ini dengan baik. Penulisan Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Sipil Pada Fakultas Teknik Universitas Islam Riau. Penelitian ini tidak akan terwujud tanpa adanya dorongan dan motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dalam penulisan dan penyelesaian Tugas Akhir ini tidak lupa penulis ucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. H. Syafrinaldi, S.H., MCL., Rektor Universitas Islam Riau.
2. Bapak Dr. Eng. Muslim, M.T, Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
3. Ibu Dr. Mursyidah, M.Sc, Wakil Dekan I Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
4. Bapak Dr. Anas Puri, S.T., M.T, Wakil Dekan II Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
5. Bapak Akmar Efendi, S.Kom., M.Kom, Wakil Dekan III Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
6. Ibu Harmiyati, S.T., M.Si, Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Riau.
7. Ibu Sapitri, S.T., M.T, Sekretaris Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Riau.
8. Bapak Firman Syarif, S.T., M.Eng, Selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir.
9. Bapak Mahadi Kurniawan, S.T., M.T, Selaku Dosen Penguji I Tugas Akhir.
10. Ibu Sy. Syarah Alwiyah, S.T., M.T, Selaku Dosen Penguji II Tugas Akhir.

11. Bapak dan Ibu Seluruh Karyawan dan Karyawati Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
12. Teristimewa Ayahanda Pinondang Surung. P Sihombing dan Ibunda Tercinta Mesli Manurung, sebagai Orang Tua yang selalu memberikan support dan men'doakan yang terbaik serta sangat berperan dalam proses pendewasaan penulis.
13. Saudara-Saudaraku Tersayang Marthon Dami Sanjaya Sihombing dan Anugrah Man Sihombing yang memberikan semangat kepada penulis.
14. Teman-teman Program Studi Teknik Sipil Angkatan 2016.
15. Kepada Rekan Seperjuangan Muhd Arie, Sadrak Mesakh S, Nanda Hasyim Pakpahan yang menemani dan membantu dalam proses penyelesaian skripsi ini.
16. Terkhusus Kepada Rekan Naposo Bulung Tua GKPA Kulim yang selalu memberikan dukungan dan men'doa kan dalam proses pembuatan skripsi ini.

Terima kasih atas segala bantuannya, semoga penelitian ini bermanfaat bagi kita semua dan semoga segala amal baik kita mendapatkan balasan yang setimpal dari Tuhan Yang Maha Esa. Amin...

*Wassalamu'alaikum Wr. Wb.*

Pekanbaru, Agustus 2022  
Penulis

Marthin Deni Sanjaya Sihombing  
NPM. 163110347

## DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>i</b>
<b>UCAPAN TERIMA KASIH</b> .....	<b>ii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>iv</b>
<b>DAFTAR NOTASI</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xi</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>xii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xiii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	2
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Manfaat Penelitian.....	3
1.5. Batasan Masalah.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>5</b>
2.1. Umum.....	5
2.2. Penelitian Terdahulu.....	5
2.3. Keaslian Penelitian .....	7
<b>BAB III LANDASAN TEORI</b> .....	<b>8</b>
3.1. Umum.....	8
3.2. Beton.....	8
3.3. Bahan Penyusun Beton.....	9
3.3.1. Semen.....	9
3.3.2. Agregat.....	9

3.3.3.	Air .....	12
3.4.	<i>Slump</i> .....	12
3.5.	<i>Self Healing Concrete</i> .....	13
3.6.	Limbah Sayuran ( <i>VegeGrout</i> ) .....	14
3.7.	Pengujian Material.....	14
3.7.1.	Gradasi Agregat .....	15
3.7.2.	Berat Isi Agregat .....	15
3.7.3.	Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus dan Kasar.....	16
3.7.4.	Pemeriksaan Kadar Lumpur.....	17
3.7.5.	Pemeriksaan Kadar Air Dilapangan.....	17
3.7.6.	Perencanaan Beton .....	18
3.8.	<i>Slump Test</i> .....	23
3.9.	Pemadatan Beton.....	25
3.10.	Perawatan Beton.....	25
3.11.	Kuat Tekan Beton ( $f_c'$ ).....	26
<b>BAB IV</b>	<b>METODE PENELITIAN .....</b>	<b>30</b>
4.1.	Umum.....	30
4.2.	Lokasi Penelitian .....	30
4.3.	Bahan Penelitian.....	30
4.4.	Peralatan Penelitian .....	32
4.5.	Tahapan Penelitian .....	40
4.5.1.	Persiapan .....	40
4.5.2.	Perencanaan Beton .....	45
4.5.3.	Pembuatan Benda Uji.....	46
4.5.4.	Perawatan Benda Uji.....	47
4.5.5.	Tahap Pengujian.....	48
4.5.6.	Analisis Data .....	49

<b>BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>51</b>
5.1. Hasil Pemeriksaan benda uji .....	51
5.1.1. Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Halus .....	51
5.1.2. Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar .....	52
5.1.3. Hasil Pemeriksaan Berat Isi Agregat .....	54
5.1.4. Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Dan Penyerapan Air.....	55
5.1.5. Hasil Pemeriksaan Kadar Air Agregat.....	56
5.1.6. Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat .....	57
5.2. Hasil Pemeriksaan Beton.....	57
5.2.1. Hasil Pemeriksaan Campuran Beton.....	57
5.2.2. Hasil Pengujian <i>Slump</i> .....	58
5.2.3. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton .....	60
5.3. Hasil Analisa <i>Self Healing</i> Pada Beton .....	64
<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>68</b>
6.1. Kesimpulan.....	68
6.2. Saran.....	69
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>70</b>
<b>LAMPIRAN A</b>	
<b>LAMPIRAN B</b>	
<b>LAMPIRAN C</b>	

## DAFTAR NOTASI

<i>A</i>	= Jumlah air yang dibutuhkan ( $\text{ltr/m}^3$ )
<i>A<sub>h</sub></i>	= Jumlah air yang dibutuhkan menurut jenis agregat alami ( $\text{ltr/m}^3$ )
<i>A<sub>k</sub></i>	= Jumlah air yang dibutuhkan menurut jenis agregat batu pecah ( $\text{ltr/m}^3$ )
<i>B</i>	= Jumlah air ( $\text{Kg/m}^3$ )
<i>BA</i>	= Berat benda uji kering permukaan jenuh (gram)
<i>BK</i>	= Berat benda uji kering oven (gram)
<i>BT</i>	= Berat pikno + benda uji SSD + air ( $25^\circ\text{C}$ ) (gram)
<i>C</i>	= Jumlah agregat halus ( $\text{Kg/cm}^3$ )
<i>Ca</i>	= Penyerapan air pada agregat halus (%)
<i>Ck</i>	= Kandungan air dalam agregat halus (%)
<i>D</i>	= Jumlah agregat kasar ( $\text{Kg/m}^3$ )
<i>Da</i>	= Penyerapan air pada agregat kasar (%)
<i>Dk</i>	= Kandungan air dalam agregat kasar (%)
<i>F<sub>as</sub></i>	= Faktor air semen
<i>f<sub>c</sub>'</i>	= Kuat tekan beton (Mpa)
<i>f<sub>c</sub>'<sub>r</sub></i>	= Kuat tekan beton rata-rata beton dari jumlah benda uji (Mpa)
<i>f<sub>c</sub>'<sub>k</sub></i>	= Kuat tekan beton karakteristik (Mpa)
<i>f<sub>t</sub></i>	= Kuat tarik belah beton (Mpa)
<i>f<sub>t</sub>'<sub>r</sub></i>	= Kuat tarik belah beton rata-rata beton dari jumlah benda uji (Mpa)
<i>K</i>	= Ketetapan Konstanta
<i>M</i>	= Nilai tambah margin ( $1 \text{ N/mm}^2 = 1 \text{ Mpa}$ )
<i>Mpa</i>	= Mega Pascal ( $1 \text{ Mpa} = 10 \text{ Kg/cm}^3$ )
<i>N/mm<sup>2</sup></i>	= Newton/mm <sup>2</sup> ( $1 \text{ N/mm}^2 = 1 \text{ Mpa}$ )
<i>H<sub>2</sub>O</i>	= Air
<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 Untuk Agregat Halus (SNI 2847-2013).....	10
Tabel 3. 2. Susunan Besar Butiran Agregat Kasar (ASTM, 1991) .....	12
Tabel 3. 3. Faktor Pengali Untuk Deviasi Standar (SNI 03-2834-2000) .....	19
Tabel 3. 4. Nilai Deviasi Standar Untuk Indikasi Tingkat Pengendalian Mutu Beton (Mulyono, 2004) .....	19
Tabel 3. 5. Penetapan Nilai <i>Slump</i> (SNI 03-2834-2000) .....	24
Tabel 3. 6. Beberapa Jenis Beton Menurut Kuat Tekan (Tjokrodimuljo, 1996) ..	27
Tabel 5.1. Hasil Persentase Lolos Agregat Halus .....	51
Tabel 5.2. Hasil Persentase Lolos Agregat Kasar .....	53
Tabel 5.3. Hasil Pemeriksaan Berat Isi Agregat .....	54
Tabel 5.4. Hasil pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus .....	55
Tabel 5.5. Hasil pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar .....	55
Tabel 5.6. Hasil pemeriksaan Kadar Air Agregat .....	56
Tabel 5.7. Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur .....	57
Tabel 5.8. Hasil Proporsi Campuran Beton Untuk Tiap 3 Benda Uji Kubus .....	57
Tabel 5.9. Hasil Nilai <i>Slump</i> .....	58
Tabel 5.10. Hasil Kuat Tekan Beton Tanpa Diretakkan .....	60
Tabel 5.11. Hasil Kuat Tekan Beton Diretakkan .....	61
Tabel 5.12. Perbandingan Kuat Tekan Beton Tanpa Diretakkan dan Diretakkan .....	63

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 4.1. Kalsium Klorida ( $\text{CaCl}_2$ ).....	32
Gambar 4.2. Cawan.....	32
Gambar 4.3. Timbangan Neraca .....	33
Gambar 4.4. Timbangan Duduk.....	33
Gambar 4.5. Timbangan Digital.....	34
Gambar 4.6. Saringan Gradasi .....	34
Gambar 4.7. Bejana.....	34
Gambar 4.8. Kerucut <i>Abrams</i> .....	35
Gambar 4.9. Batang Penusuk.....	35
Gambar 4.10. Koran.....	36
Gambar 4.11. Kerucut Terpancung.....	36
Gambar 4.12. <i>Picnometer</i> .....	36
Gambar 4.13. Gelas Ukur.....	37
Gambar 4.14. Oven .....	37
Gambar 4.15. Molen .....	38
Gambar 4.16. Talam.....	38
Gambar 4.17. Cetakan Beton Kubus.....	38
Gambar 4.18. Mesin Penggetar ( <i>Vibrator</i> ) .....	39
Gambar 4.19. Mesin Kuat Tekan .....	39
Gambar 4.20. Tomat Yang Telah Dibusukkan .....	40
Gambar 4.21. Penghalusan Limbah Sayuran .....	41
Gambar 4.22. Pencampuran $\text{CaCl}_2$ dan Urea .....	41
Gambar 4. 23. Penyaringan dan Penyimpan Ekstrak Sayuran.....	41
Gambar 4.24. Gradasi Agregat.....	42
Gambar 4.25. Pengecoran .....	46
Gambar 4.26. Pengujian <i>Slump</i> .....	47
Gambar 4.27. Perawatan beton .....	47
Gambar 4.28. Pengujian Kuat Tekan .....	48

Gambar 4.29. Peretakan .....	49
Gambar 4.30. Bagan Alir Penelitian .....	50
Gambar 5.1. Grafik Gradasi Agregat Halus .....	52
Gambar 5.2. Grafik Gradasi Agregat Kasar .....	54
Gambar 5.3. Nilai <i>Slump</i> Rata-rata .....	59
Gambar 5. 4. Hasil Kuat Tekan Beton Tanpa Diredakkan .....	61
Gambar 5.5. Hasil Kuat Tekan Beton Diredakkan .....	62
Gambar 5.6. Perbandingan Kuat Tekan Beton Tanpa Retak dan Diredakkan.....	63
Gambar 5.7. Pemulihan Variasi 3% .....	64
Gambar 5.8. Pemulihan Variasi 5% .....	65
Gambar 5.9. Pemulihan Variasi 7% .....	66
Gambar 5.10. Pemulihan Variasi 9% .....	67



## DAFTAR LAMPIRAN

### LAMPIRAN A

- A-2 Rancangan Campuran Beton Dengan Metode SK. SNI 03-2834-2000
- 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
- B-13 Pemeriksaan Kadar Air
- B-14 Pengujian Kadar Lumpur
- B-16 Pengujian Kuat Tekan Beton

### LAMPIRAN C

- C-1 Dokumentasi Analisa Saringan
- C-2 Dokumentasi Pemeriksaan Berat isi Agregat
- C-3 Dokumentasi Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air
- C-4 Dokumentasi Pemeriksaan Kadar Air
- C-4 Dokumentasi Pemeriksaan Kadar Lumpur
- C-5 Dokumentasi Pembuatan Benda Uji
- C-6 Dokumentasi Peretakan Benda Uji
- C-6 Dokumentasi Perawatan Benda Uji
- C-7 Dokumentasi Pengujian Kuat Tekan Benda Uji

**PENGARUH PENAMBAHAN EKSTRAK LIMBAH SAYURAN TERHADAP  
KUAT TEKAN BETON DAN NILAI *SLUMP* 30-60 DALAM PROSES  
*SELF HEALING CONCRETE***

**Marthin Deni Sanjaya Sihombing**  
**163110347**

**ABSTRAK**

Penelitian ini menggunakan metode *Self Healing Concrete* yang dimana beton diharapkan mampu memperbaiki dirinya sendiri dari kerusakan retakan dengan memanfaatkan bakteri yang didapat dari ekstrak limbah sayuran. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh ekstrak limbah sayuran terhadap kuat tekan beton, untuk mengetahui apakah dengan dilakukan penambahan ekstrak limbah sayuran variasi 3%, 5%, 7%, dan 9% masih memenuhi nilai *slump* yang ditentukan yakni 30-60 mm dan mengetahui perubahan retakan pada beton yang dicampur dengan ekstrak limbah sayuran dalam proses *self healing concrete*.

Penelitian ini bersifat eksperimen (*research*) yang dilakukan dilaboratorium dengan mengacu pada SNI 03-2834-2000 dengan benda uji berbentuk kubus sebanyak 27 sampel. Umur perawatan selama 28 hari dan akan dilakukan uji tekan. Pemulihan retakan pada beton hanya dilihat secara visual dengan cara pengambilan gambar.

Hasil dari penelitian ini, kuat tekan beton tanpa diretakkan variasi 0%, 3%, 5%, 7%, 9% secara berturut-turut adalah 36,48 Mpa, 32,66 Mpa, 36,21 Mpa, 26,77 Mpa, 29,81 Mpa, sedangkan kuat tekan beton diretakkan variasi 3%, 5%, 7%, 9% secara berturut-turut adalah 39,27 Mpa, 37,74 Mpa, 31,99 Mpa, 28,14 Mpa. Nilai *slump* pada beton normal memiliki nilai 40 mm, pada beton variasi 3%, 5%, 7%, 9% secara berturut-turut adalah 36,67 mm, 36,67 mm, 36,67 mm, 31,67 mm, sedangkan beton diretakkan memiliki nilai *slump* variasi 3%, 5%, 7%, 9% secara berturut-turut adalah 33,33 mm, 40 mm, 51,67 mm, 51,67 mm. Pemulihan retakan pada beton yang dilihat secara visual dengan perawatan selama 28 hari, dapat menutup retakan yang berukuran sehelai rambut pada beton.

Kata kunci : *Self Healing Concrete*, Ekstrak Limbah Sayuran, Kuat Tekan, *Slump*.

**EFFECT OF VEGETABLE WASTE EXTRACT ADDITION ON CONCRETE  
COMPRESSIVE STRENGTH AND SLUMP VALUE OF 30-60  
IN SELF HEALING CONCRETE PROCESS**

**Marthin Deni Sanjaya Sihombing**  
**163110347**

**ABSTRACT**

*This research uses the Self Healing Concrete method where concrete is expected to be able to repair it self from crack damage by utilizing bacteria obtained from vegetable waste extract. The purpose of this study is to determine the effect of vegetable waste extract on the compressive strength of concrete, to find out whether by adding vegetable waste extract variations of 3%, 5%, 7%, and 9% still meet the specified slump value of 30-60 mm and find out changes in cracks in concrete mixed with vegetable waste extract in the process of self-healing concrete.*

*This research is experimental (reserch) which was carried out in the laboratory with reference to SNI 03-2834-2000 with cube-shaped test objects as many as 27 samples. The treatment life is 28 days and a press test will be carried out. The recovery of cracks in concrete is only seen visually by shooting.*

*As a result of this study, the compressive strength of concrete without being crushed variations of 0%, 3%, 5%, 7%, 9% respectively is 36.48 Mpa, 32.66 Mpa, 36.21 Mpa, 26.77 Mpa, 29.81 Mpa, while the compressive strength of concrete is attenuated variation of 3%, 5%, 7%, 9% respectively is 39.27 Mpa, 37.74 Mpa, 31.99 Mpa, 28.14 Mpa. The slump value in normal concrete has a value of 40 mm, in concrete variations of 3%, 5%, 7%, 9% successively are 36.67 mm, 36.67 mm, 36.67 mm, 31.67 mm, while cracked concrete has a variation slump value of 3%, 5%, 7%, 9% respectively is 33.33 mm, 40 mm, 51.67 mm, 51.67 mm. Recovery of cracks in concrete, which is seen visually with treatment for 28 days, can seal cracks that are the size of a hair on concrete.*

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

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Semakin pesatnya perkembangan beton pada saat ini, kita dituntut untuk dapat menemukan inovasi terbaru dalam melaksanakan pekerjaan pembuatan beton. Oleh karena itu, diharapkan kita mampu mengembangkan penelitian terdahulu atau menciptakan suatu temuan baru sehingga dapat menghasilkan produk beton yang baik, ekonomis dan berkualitas tinggi.

Beton adalah campuran antara semen *portland* atau semen hidrolis yang lain, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk massa padat (SNI 2847 2013). Beton hampir digunakan dalam setiap aspek ilmu teknik sipil, seperti bangunan pada konstruksi gedung, jalan atau transportasi, keairan, bangunan jembatan dan berbagai konstruksi lainnya.

Permasalahan umum yang sering terjadi pada bangunan adalah terjadinya retakan yang muncul pada bangunan, retakan tersebut memiliki jenis yang berbeda serta daya rusak yang berbeda dari ringan hingga yang berat. Retak yang terlihat secara visual biasanya retak dengan lebar 0,1 mm atau lebih lebar, yang berupa retak menerus atau berbentuk pola tertentu yang dapat dipetakan dan dimensinya dapat dideteksi kedalaman dan penyebarannya (PT Hesa Laras Cemerlang 2019).

Dengan seiring berjalannya waktu, ada banyak metode yang dilakukan untuk meningkatkan kualitas beton, pengurangan pemakaian semen dan permasalahan retakan pada beton. Adapun dalam penelitian ini menggunakan metode *self healing concrete* yang dimana beton diharapkan mampu memulihkan atau memperbaiki dirinya sendiri dari kerusakan retakan secara mandiri. Penggunaan ekstrak limbah sayuran pada beton merupakan teknik inovasi baru dalam teknologi beton, ekstrak limbah sayuran yang ditambahkan ke dalam campuran beton bertujuan untuk meningkatkan kekuatan beton (Amudhavalli.N.K. Keerthana.K. 2015).

Bakteri dihasilkan dari pembusukan sayuran tomat yang telah diekstrak dan di diamkan selama satu minggu. Ekstrak limbah sayuran akan dicampur dengan Kalsium Klorida ( $\text{CaCl}_2$ ) dan Urea untuk menghasilkan kalsium karnobat ( $\text{CaCO}_3$ ), ekstrak limbah sayuran akan memproduksi batu kapur sehingga akan mengisi bagian yang terdapat retak pada beton. Proses memperbaiki retakan pada beton dimulai dengan memproduksi asam laktat, dan oksigen kemudian retakan yang terdapat pada beton akan menjadi tempat masuknya air, sehingga spora bakteri akan memakan asam laktat yang kemudian menjadi batu kapur. Batu kapur tersebut akan mengeras pada retakan dipermukaan beton, sehingga mengakibatkan penyumbatan dan menutupi celah keretakan pada beton. Diharapkan dengan menggunakan ekstrak limbah sayuran dalam campuran beton dapat memperbaiki retakan tanpa menimbulkan biaya perbaikan dan perawatan tambahan pada beton, variasi persentase ekstrak limbah sayuran yang digunakan pada penelitian ini yaitu 0%, 3%, 5%, 7%, 9%.

Didalam pelaksanaan pengecoran beton segar dengan menggunakan bahan tambah ekstrak limbah sayuran, diperlukan pengawasan mulai dari pencampuran hingga penuangan. Untuk penuangan beton segar umumnya dilakukan pengujian *slump* yang menggunakan alat *slump test* terlebih dahulu. Dikarenakan pada penelitian ini ditambahkan ekstrak limbah sayuran sebagai pengganti semen pada beton, diharapkan campuran beton masih masuk dalam ketentuan *slump* yang direncanakan. Bila nilai *slump* tidak sesuai dengan nilai *slump* rencana maka akan mempengaruhi kualitas beton yang telah direncanakan.

Berdasarkan latar belakang diatas, maka perlu dilakukan penelitian dengan judul “Pengaruh Penambahan Ekstrak Limbah Sayuran Sebagai Penggganti Sebagian Dari Berat Semen Terhadap Nilai *Slump* 30-60 Dan Nilai Kuat Tekan Beton Pada Proses *Self Healing Concrete*”

## 1.2. Rumusan Masalah

Berdarkan latar belakang masalah yang telah dijabarkan adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Apakah beton dengan menggunakan campuran ekstrak limbah sayuran variasi 3%, 5%, 7%, 9% memenuhi nilai *slump* 30-60 dalam proses *self healing concrete*?
2. Bagaimana pengaruh penambahan ekstrak limbah sayuran sebagai pengganti sebagian dari berat semen terhadap kuat tekan beton *self healing concrete*?
3. Bagaimana pengaruh campuran ekstrak limbah sayuran dalam menutupi retakan pada proses *self healing concrete*?

### 1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang diberikan, tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini antara lain :

1. Mengetahui nilai *slump* beton dengan menggunakan campuran ekstrak limbah sayuran dapat memenuhi nilai *slump* 30-60 dalam proses *self healing concrete*.
2. Mengetahui pengaruh penambahan ekstrak limbah sayuran sebagai pengganti sebagian berat semen terhadap kuat tekan beton *self healing concrete*.
3. Mengetahui pengaruh campuran ekstrak limbah sayuran dalam menutupi retakan pada proses *self healing concrete*.

### 1.4. Manfaat Penelitian

Setelah dilakukan penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat terhadap bidang konstruksi dan pembangunan, manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Penelitian ini diharapkan mampu bermanfaat untuk pembangunan bidang konstruksi.
2. Dapat dijadikan bahan referensi dalam penelitian kedepannya.

### 1.5. Batasan Masalah

Untuk mempermudah dalam pelaksanaan penelitian ini, permasalahan yang ditinjau dibatasi sebagai berikut :

1. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Struktur Material dan Komputer Universitas Islam Riau.
2. Mutu Beton k-225 setara  $F_c' 19 \text{ Mpa}$ .
3. Menggunakan nilai *Slump* 30-60.
4. Ekstrak limbah sayuran yang digunakan berasal dari ekstrak limbah sayuran tomat.
5. Menggunakan variasi ekstrak limbah sayuran 0%, 3%, 5%, 7%, 9% sebagai pengganti sebagian berat semen.
6. Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada perawatan beton 28 hari
7. Pengujian kuat tekan *self healing concrete* dilakukan setelah pemulihan retakan pada perawatan 28 hari
8. Pemulihan retakan *self healing concrete* hanya terbatas terhadap sifat fisik sample (dengan foto)
9. Jumlah sample sebanyak 3 buah untuk setiap variasi campuran
10. Benda uji di buat dalam bentuk kubus ukuran 15cm x 15cm x 15 cm
11. Metode yang digunakan adalah SNI-032834-2000

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Umum

Tinjauan pustaka merupakan panduan yang digunakan dalam penyusunan konsep dan langkah-langkah dalam penelitian. Dalam penelitian ini, tinjauan pustaka yang digunakan berasal dari referensi dan beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya dengan topik yang sesuai. Dalam bab ini berisi beberapa penelitian dan referensi yang telah dikaitkan sebelumnya antara lain, (Gobel 2017), (Widika Arfa A, Zulfikar Djauhari 2018), (Fauzaan 2022), (Fauzi 2022).

### 2.2. Penelitian Terdahulu

Fadli M. Van Gobel (2017) dengan judul “Nilai Kuat Tekan Beton Pada *Slump* Benton Tertentu” yang membahas mengenai pengaruh nilai kuat tekan beton pada setiap perubahan *slump*. Nilai *slump* yang digunakan pada penelitian ini adalah 12, 14, 16, dan 18. Metode *Mix Design* yang digunakan berdasarkan SNI-2834-2000 tentang Tata Cara Pembuatan Beton Normal. Untuk pelaksanaan pengecoran beton segar selalu diawasi, mulai dari pecampuran sampai dengan penuangan, pemeriksaan nilai *slump* dilakukan saat beton segar dituangkan. Apabila nilai *slump* melebihi dari ketentuan yang telah ditetapkan, maka beton segar tersebut tidak dapat dituang untuk pengecoran karena dikhawatirkan kualitas beton menurun. Hasil yang didapat dalam penelitian ini menyampaikan bahwa, nilai *slump* dapat mempengaruhi nilai kuat tekan beton. Semakin tinggi nilai *slump* maka kuat tekan beton semakin turun demikian pula sebaliknya.

Widika Arfa A, Zulfikar Djauhari, Enno Yuniarto (2018) dengan judul “Sifat Fisik Beton Pulih Mandiri Dengan Memanfaatkan *Bakteri Bacillus Subtilis*” yang membahas tentang memperbaiki retakan pada beton dengan menggunakan bakteri. Penelitian ini dikaji sifat fisik beton yang dapat memperbaiki keretakan pada dirinya sendiri yang disebut dengan Beton Pulih Mandiri (*Self Healing Concrete*) dengan cara memanfaatkan bakteri *Bacillus Subtilis* pada komposisi adukan beton. *Basillus Subtilis* merupakan bakteri gram-

positif yang berbentuk batang dan bersumber dari tanah, air, udara, dan materi tumbuhan yang terdekomposisi dengan kadar pH optimum pertumbuhan sebesar 7-8 (Graumann 2007). Bakteri yang digunakan pada campuran beton sebanyak 25 ml dalam 1 m<sup>3</sup> beton dengan konsentrasi 10<sup>5</sup> cells/ml. Pengujian yang dilakukan pada benda uji yaitu beton normal dan beton bakteri adalah pengujian sifat fisik beton yaitu *workability*, susut dan porositas beton tersebut setelah dilakukan perawatan pada beton dengan merendam beton selama 28 hari dan 56 hari, Nilai *slump* yang digunakan pada beton yang menggunakan bakteri sebesar 80 mm dan nilai *slump* pada beton normal sebesar 100 mm.

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 dilaboratorium 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<sub>3</sub> berjumlah 11,5 % dan 10,5%.

Ilham Fauzi (2022) dengan judul penelitian “Pengaruh Penambahan Ekstrak Limbah Sayuran Dan *Admixture Damdex* Terhadap Kuat Tekan Beton Pada Metode *Self Healing Concrete*” yang membahas pengaruh penambahan bahan tambah terhadap kuat tekan beton. Bahan tambah yang digunakan adalah *admixture damdex* sebanyak 2% dari berat semen dan bakteri ekstrak limbah sayuran dengan variasi bakteri 0%, 2%, 4%, 6%, dan 8%. Penelitian dilakukan dengan menggunakan benda uji berbentuk kubus dengan ukuran 15 cm x 15 cm x 15 cm, beton direncanakan dirawat selama 28 hari dan uji sampel berupa uji tekan dan uji retak. Berdasarkan hasil analisa, kuat tekan beton dengan metode *self healing concrete* dengan menambahkan *damdex* umur 28 hari berturut-turut adalah 28,55 Mpa, 29,73 Mpa, 27,40 Mpa, 24,92 Mpa, dan 22,50 Mpa. Kuat tekan beton setelah retakan 28,55 Mpa, 32,81 Mpa, 26,93 Mpa, 31,08 Mpa dan 30,31 Mpa. Perbandingan kuat tekan beton umur 28 hari dengan beton setelah retakan yaitu pada variasi 2% mengalami kenaikan sebesar 10,36%, variasi 4% mengalami penurunan sebesar 1,71%, variasi 6% mengalami kenaikan sebesar 24,72% dan variasi 8% mengalami kenaikan paling besar 34,69%. Hasil pengamatan secara visual terlihat pada perubahan yang terjadi pada retakan beton yang menutup seiring waktu perawatan beton. Berdasarkan hasil kuat tekan dan pemulihan retakan pada beton, penggunaan metode *self healing concrete* pada beton dengan tambahan *Damdex* dapat dikatakan efektif, karena hasil kuat tekan beton meningkat, terutama pada beton setelah retakan. Hal ini terjadi karena adanya produksi kalsium karbonat (kalsit) pada beton.

### 2.3. Keaslian Penelitian

Judul yang diajukan peneliti pada penelitian Tugas Akhir ini memang mempunyai kesamaan terhadap judul-judul peneliti sebelumnya, namun memiliki perbedaan seperti judul penelitian, lokasi penelitian, metode yang digunakan, dan nilai *slump* 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. Umum

Analisa merupakan penyelidikan terhadap suatu peristiwa (karangan, perbuatan, dsb) untuk mengetahui keadaan yang sebenarnya (sebab-musabab, duduk perkaranya, dsb) (KKBI 2008). Analisa beton bertujuan untuk mendapatkan nilai kuat tekan beton sesuai prosedur yang benar dimana kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan dengan mesin tekan.

### 3.2. Beton

Beton merupakan campuran semen portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan (*admixture*) (SNI 2847 2013). Beton yang memiliki mutu beton yang baik adalah beton yang mempunyai kepadatan dan kuat, faktor yang mempengaruhi kekuatan beton adalah bahan campuran, cara pengerjaan, perawatan, dan keadaan lingkungannya sendiri, sehingga beton dengan kualitas yang baik harus dipenuhi agar suatu bangunan dapat bekerja secara maksimal dengan beban yang dibebankan pada bangunan tersebut.

Material penyusun beton akan mempengaruhi kinerja dari beton yang dibuat, maka perencanaan campuran, jenis, mutu, dan jumlah bahan penyusun beton harus dihitung dalam perbandingan tertentu. Beton memiliki sifat kuat tekan yang tinggi tetapi memiliki kuat tarik yang lemah. Kuat tekan beton adalah kemampuan beton untuk dapat menerima gaya tekan persatuan luas. Kuat tekan beton mengidentifikasi mutu dari sebuah struktur, semakin tinggi kekuatan suatu struktur yang dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan (Mulyono 2004).

### 3.3. Bahan Penyusun Beton

Beton merupakan hasil dari pencampuran bahan-bahan agregat kasar dan halus, seperti batu pecah, pasir dan lainnya. Penambahan semen secukupnya yang berfungsi sebagai perekat bahan penyusun beton, juga penambahan air sebagai bahan pembantu untuk keperluan reaksi kimia selama proses pengerasan dan perawatan beton terjadi. Nilai kekuatan serta daya tahan beton merupakan fungsi dari banyak faktor, diantaranya perbandingan nilai campuran dan mutu bahan penyusun beton, metode pelaksanaan pengecoran dan kondisi perawatannya. Material pokok pembentuk beton adalah semen, agregat halus, agregat kasar, air dan jika diperlukan dapat menambahkan bahan tambahan (*admixture*) lain.

#### 3.3.1. Semen

Semen merupakan suatu bahan perekat kimia yang memberikan perkerasan terhadap material campuran lain menjadi suatu bentuk yang tahan lama dan kaku. Ketika semen dicampur dengan air, semen akan berubah menjadi seperti sebuah adukan bubur yang dapat mengikat dan mengeras. Hal ini terjadi karena air ditambahkan ke campuran semen, akan terjadi suatu reaksi kimia dalam bentuk hidrasi dan membuat campuran semen berubah menjadi adukan bubur yang mempunyai kekuatan tinggi, daya tahan dan mengikat.

Semen dapat dibagi menjadi dua kelompok yaitu, semen non hidraulis adalah semen yang tidak dapat mengeras didalam air atau tidak stabil dalam air, sedangkan semen hidraulis adalah semen yang dapat mengeras didalam air dan menghasilkan padatan yang stabil didalam air.

#### 3.3.2. Agregat

Agregat adalah butiran alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Agregat ini harus bergradasi sedemikian rupa sehingga seluruh massa beton dapat berfungsi sebagai satu kesatuan yang utuh, homogen, rapat, dan variasi dalam perilaku (Nawy 1998).

Secara umum agregat dapat dibedakan berdasarkan ukurannya, yaitu agregat halus dan agregat kasar. SNI 2847-2013 Pasal 3.3.1 menyebutkan bahwa agregat normal untuk harus memenuhi persyaratan ASTM C33M.

## 1. Agregat Halus

Agregat halus disebut pasir, baik berupa pasir alami yang diperoleh langsung dari sungai atau tanah galian, atau dari hasil pemecahan batu. Ukurannya bervariasi antara ukuran No.4 – No.100 atau dengan kata lain, agregat halus adalah batuan yang ukuran butirnya lebih kecil dari 4.75 mm (Standar ASTM).

Agregat halus yang akan digunakan harus memenuhi spesifikasi yang telah ditetapkan oleh ASTM, adapun spesifikasinya adalah :

### a. Susunan Butiran (Gradasi)

Agregat halus yang digunakan harus mempunyai gradasi yang baik, karena akan mengisi ruang-ruang kosong yang tidak dapat diisi oleh material lain sehingga menghasilkan beton yang padat. Adapun batasan gradasi menurut ASTM adalah :

**Tabel 3. 1.** Batasan Gradasi Untuk Agregat Halus (SNI 2847-2013)

Ukuran saringan ASTM	Persentase berat yang lolos pada setiap 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

- b. Kadar lumpur atau bagian yang lebih kecil dari 75 mikron (ayakan no. 200), tidak boleh melebihi 5 % (terhadap berat kering). Apabila kadar lumpur melampaui 5 % maka agregat harus dicuci.
- c. Agregat halus bebas dari pengotoran zat organik yang akan merugikan beton, atau kadar organik jika diuji di laboratorium tidak menghasilkan

warna yang lebih tua dari standart percobaan abrams-Harder dengan batas standartnya pada acuan No.3

- d. Agregat halus yang digunakan untuk pembuatan beton dan akan mengalami basah dan lembab terus menerus atau yang berhubungan dengan tanah basah, tidak boleh mengandung bahan yang bersifat reaktif terhadap alkali dalam semen yang jumlahnya cukup dapat menimbulkan pemuaihan yang berlebihan di dalam mortar atau beton dengan semen kadar alkalinnya tidak lebih dari 0,60 % atau dengan penambahan yang bahannya dapat mencegah pemuaihan.
  - e. Sifat kekal (Keawetan) diuji dengan larutan garam sulfat :
  - f. Jika dipakai Natrium Sulfat, bagian yang hancur maksimum 10 %
  - g. Jika dipakai Magnesium-Sulfat, bagian yang hancur maksimum 15
2. Agregat Kasar

Agregat kasar adalah agregat yang semua butirnya tertinggal diatas ayakan 4.8 mm (American Standard Testing and Materials 1982) atau 5.0 mm. Sifat agregat kasar mempengaruhi kekuatan akhir beton keras dan daya tahannya terhadap disintegrasi beton, cuaca, dan efek-efek perusak lainnya.

Agregat ini harus bersih dari bahan-bahan organik dan harus mempunyai ikatan yang baik dengan semen. Jenis agregat kasar yang umum adalah :

- a. Batu pecah alami : bahan ini didapat dari cadas atau batu pecah alami yang digali, yang berasal dari gunung api.
- b. Kerikil alami : kerikil didapat dari proses alami, yaitu dari pengikisan tepi maupun dasar sungai oleh air sungai yang mengalir.
- c. Agregat kasar buatan : terutama berupa slag atau shale yang biasa digunakan untuk beton berbobot ringan. Biasanya merupakan hasil dari proses lain.

Agregat kasar harus memiliki gradasi yang baik, artinya harus terdiri dari butiran yang beragam besarnya, sehingga dapat mengisi rongga-rongga akibat ukuran yang besar. Agregat kasar harus mempunyai susunan butiran dalam batas-batas seperti yang terlihat pada tabel.

**Tabel 3. 2.** Susunan Besar Butiran Agregat Kasar (ASTM, 1991)

Ukuran Lubang ayakan (mm)	Persentase lolos kumulatif (%)
38,10	95-100
19,10	35-70
9,52	10-30
4,75	0-5

### 3.3.3. Air

Kekuatan dari pasta pengerasan semen ditentukan oleh perbandingan berat antara semen dan faktor air. Karena dapat mempengaruhi dari kualitas beton, maka terdapat syarat-syarat yang harus dipenuhi. Menurut (Tjokrodinuljo 2007), persyaratan air yang baik sebagai bahan bangunan adalah sebagai berikut :

1. Air harus bersih,
2. Tidak mengandung lumpur, minyak, dan benda melayang lainnya, yang dapat dilihat secara visual, benda-benda tersuspensi ini tidak boleh dari 2 gram per liter,
3. Tidak mengandung garam-garam yang dapat larut dan dapat merusak beton (asam, zat organik, dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter,
4. Tidak mengandung khlorida (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter , khususnya untuk beton pra-tegang kandungan khlorida tidak boleh lebih dari 0,05 gram/liter
5. Tidak mengandung senyawa sulfat (sebagai SO<sub>3</sub>) lebih dari 1 gram/liter.

### 3.4. Slump

*Slump* beton adalah besaran kekentalan adukan beton yang dinyatakan dalam mm ditentukan dengan alat kerucut abras (Badan Standarisasi Nasional 1990) Pengujian *slump* dilakukan terhadap beton segar yang dituangkan kedalam wadah kerucut abras, pengisian dilakukan dalam tiga lapisan. Masing-masing lapisan harus dipadatkan dengan cara penusukan sebanyak 25 kali dengan

menggunakan tongkat besi anti karat. Setelah penuh sampai permukaan atasnya diratakan dengan menggunakan sendok semen.

Kemudian kerucut diangkat keatas secara vertikal dan *slump* dapat diukur dengan cara mengukur perbedaan tinggi antara wadah dengan tinggi beton setelah diangkat. Untuk mengetahui kelecakan suatu adukan beton biasanya dengan dilakukan pengujian *slump*. Semakin tinggi nilai *slump* berarti adukan beton makin mudah untuk dikerjakan (Badan Standarisasi Nasional 1990).

Dalam praktek, ada tiga macam tipe *slump* yang terjadi, yaitu :

1. *Slump* sebenarnya, terjadi apabila penurunannya seragam tanpa ada yang runtuh.
2. *Slump* geser, terjadi bila separuh puncaknya bergeser dan tergelincir kebawah pada bidang miring.
3. *Slump* runtuh, terjadi bila kerucut runtuh semuanya.

### 3.5. *Self Healing Concrete*

*Self healing concrete* adalah kemampuan beton dalam memperbaiki dirinya sendiri, dengan bantuan hujan dan karbon dioksida diudara, retakan tersebut akan menyatu kembali sehingga akan mengurangi resiko kerusakan yang lebih parah, terutama yang sering terjadi pada saat setelah terjadi gempa bumi (Herbert dan Li 2012). Saat ini belum ada cara yang mudah untuk memperbaiki retakan pada beton, oleh sebab itu penelitian mengenai *self healing concrete* akan berdampak besar bagi pengembangan teknologi dalam bidang konstruksi, karena beton *self healing concrete* dapat menghilangkan keretakan yang timbul pada beton.

*Self healing concrete* memiliki cara kerja mengubah nutrisi organik menggunakan bakteri sehingga terjadi pengendapan kalsium. Saat retak dan dapat menutup celah-celah keretakan pada beton. Bakteri akan mampu mengubah kalsium laktat menjadi batu kapur, yaitu zat utama pembentuk semen sehingga keretakan menjadi pulih.

*Self healing concrete* dapat dibedakan menjadi dua berdasarkan mekanisme perbaikannya, yaitu *autogenos healing* dan *engineered healing*.

*Engineered self healing* menggunakan aplikasi bakteri umumnya menggunakan teknik enkapsulasi. Hal ini berfungsi untuk melindungi bakteri dari kerusakan saat proses pencampuran dengan beton serta untuk menghindari tingkat basa yang tinggi pada matriks beton. Pada saat terjadi keretakan pada beton, kapsul yang melindungi bakteri akan pecah dan akan mengaktivasi bakteri sehingga terjadi pengendapan  $\text{CaCO}_3$ . Pengaplikasian teknologi ini sangat penting dilakukan mengingat inovasi teknologi ini dapat menekan pembiayaan pemeliharaan infrastruktur yang saat ini masih tinggi (Herlambang dan Saraswati 2018).

### 3.6. Limbah Sayuran (*VegeGrout*)

Limbah sayuran merupakan limbah padat organik yang mengandung kadar air yang tinggi dan cepat membusuk. Jika limbah sayuran dibuang langsung dengan keadaan terbungkus tanpa adanya oksigen (*anaerob*), akan menghasilkan gas metana ( $\text{CH}_4$ ) dan karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) yang dapat mencemari lingkungan contohnya seperti penipisan ozon (Tusania 2018). Oleh karena itu, harus ada pengelolaan limbah sayuran agar tidak mencemari lingkungan dan dapat dimanfaatkan kembali sehingga masih mempunyai nilai ekonomis.

Salah satu caranya adalah dengan memanfaatkan limbah sayuran sebagai campuran dalam inovasi beton pulih mandiri (*self healing concrete*). Limbah sayuran yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah limbah sayuran tomat. Tomat yang telah busuk akan menjadi media yang baik bagi pertumbuhan bakteri (Wulandari 2015), limbah sayuran akan dicampur bahan kimia yang bermaksud agar bakteri berperan sebagai agen yang akan mengubah senyawa kimia menjadi kalsium karbonat yang akan berperan sebagai proses perbaikan beton secara mandiri.

### 3.7. Pengujian Material

Pengujian material meliputi jumlah seta jenis agregat yang baik dari air, agregat halus, dan agregat kasar. Bentuk dan cara pengujiannya disesuaikan dengan ketentuan yang telah ditentukan dalam Buku Panduan Pratikum Teknologi Bahan Universitas Islam Riau tahun 2018, sehingga hasil pengujian material bisa digunakan untuk kepentingan perencanaan, antara lain :

### 3.7.1. Gradasi Agregat

Analisis gradasi (pemeriksaan gradasi) untuk agregat halus dan kasar ini merupakan uraian langkah-langkah untuk melakukan analisa distribusi ukuran butir (gradasi) agregat melalui alat ayakan. Metode ini di maksudkan sebagai pegangan dalam pemeriksaan untuk menentukan pembagian (gradasi) agregat halus dan kasar dengan menggunakan saringan yang telah ditentukan. Tujuan penelitian ini adalah untuk memperoleh distribusi besaran atau jumlah persentase butiran.

Gradasi agregat diperoleh dengan rumus :

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

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

### 3.7.2. Berat Isi Agregat

Perbandingan antara berat dan volume (termasuk rongga-rongga antar butir-butir pasir ataupun kerikil) disebut berat satuan atau berat isi. Pemeriksaan ini dimaksud untuk mengetahui cara mencari berat satuan (isi) tersebut.

Perhitungan berat isi (satuan) dilakukan dilakukan pada masing-masing benda uji (agregat halus dan kasar) melalui perhitungan berikut ini :

Berat bersih benda uji :

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

Dimana :

$$W_1 = \text{Berat tempat (gr)}$$

$$W_2 = \text{Berat tempat + benda uji (gr)}$$

$$W_3 = \text{Berat benda uji (gr)}$$

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<sub>4</sub> = Berat isi tempat (gr)

Berat isi lepas (W<sub>5</sub>) :

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

Dimana :

W<sub>5</sub> = Berat isi lepas (gr)

### 3.7.3. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus dan Kasar

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui besar berat jenis dan kadar air dalam agregat. Hasilnya berupa berat jenis curah, berat jenis kering permukaan jenuh, berat jenis semu, dan angka penyerapan air yang akan digunakan dalam menentukan perencanaan campuran pengendalian mutu beton. Hitungan berat jenis dan penyerapan agregat dengan rumus :

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

$$\text{Berat jenis permukaan jenuh} = \frac{Bj}{Bj - Ba} \quad (3.7)$$

$$\text{Berat jenis semu (apparent)} = \frac{Bk}{Bj - Ba} \quad (3.8)$$

$$\text{Penyerapan (absorption)} = \frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100\% \quad (3.9)$$

$$\text{Resapan Efektif (Re)} = \frac{Bj - Bk}{Bj} \times 100\% \quad (3.10)$$

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

Dimana :

B<sub>j</sub> = Berat benda uji kering oven (gr)

B<sub>k</sub> = Berat benda uji kering permukaan (gr)

B<sub>a</sub> = Berat benda uji kering permukaan jenuh (gr)

#### 3.7.4. Pemeriksaan Kadar Lumpur

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

Berikut adalah cara untuk menghitung kadar lumpur dengan rumus :

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

Dimana :

$B_1$  = Berat benda uji kering sebelum dicuci (gr)

$B_2$  = Berat benda uji kering sesudah dicuci (gr)

#### 3.7.5. Pemeriksaan Kadar Air Dilapangan

Kadar air merupakan banyaknya air yang terdapat dalam agregat. Pemeriksaan kadar air merupakan cara untuk mengetahui besar penyerapan air yang terjadi di dalam agregat. Dalam pembuatan beton, data kadar air dibutuhkan untuk mengetahui komposisi beton yang baik dan sesuai dengan yang diharapkan. Tujuan pengujian ini untuk mengetahui nilai kadar air yang terdapat dalam agregat halus ataupun agregat kasar dilapangan, sehingga sesuai dengan prosedur dalam perencanaan dan pembuatan beton. Untuk menghitung 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 dioven (gr)

$W_2$  = Berat benda uji sesudah dioven (gr)

### 3.7.6. Perencanaan Beton

Beton adalah campuran antara air, semen *Portland* atau semen hidrolis, agregat kasar, dan agregat halus, dengan atau tanpa bahan tambah atau *admixture* (SNI 2847-2013). Perencanaan dalam pembuatan beton diperlukan agar beton yang dibuat sesuai dengan mutu yang diinginkan dengan menentukan proporsi campuran bahan pembentuk beton. Adapun syarat-syarat perencanaan dari metode SNI 2834-2000 sebagai berikut :

1. Merencanakan kuat ( $f'c$ ) yang diisyaratkan pada umur 28 hari. Beton yang direncanakan harus memenuhi persyaratan kuat tekan beton rata-rata
2. Deviasi Standar (S) adalah alat ukur tingkat mutu pelaksanaan pembuatan (produksi) beton.

Nilai deviasi standar digunakan sebagai salah satu data masukan pada perencanaan campuran adukan beton (Tjokrodimuljo 2007). Deviasi Standar (S) merupakan indentifikasi penyimpangan yang terjadi dalam kelompok data dalam hal ini produksi beton. Dengan banyaknya data yang didapat tiap pengujian kuat tekan beton, dibutuhkan deviasi standar agar data yang didapat mendekati nilai sebenarnya.

Rumus menghitung diviasi standar adalah sebagai berikut :

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

Dimana :

- S = Diviasi standar
- $f'c$  = Kuat tekan beton setimasi 28 hari
- n = Jumlah benda uji
- $f'c'r$  = Kuat tekan beton rata-rata 28 hari

Menurut SNI 03-2834-2000 faktor pengali untuk diviasi standar dikelompokkan berdasarkan jumlah pengujiannya seperti Tabel 3.1 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 yang digunakan untuk menghitung deviasi standar (S) haruslah 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 7 Mpa dari nilai yang ditentukan.
  - c) Paling sedikit dari 30 hari 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 atau *margin* adalah nilai aman dalam perencanaan campuran beton. Pelaksana harus memberikan angka aman pada perencanaan beton yang dibuat, hal ini bertujuan untuk mengatasi penyimpangan-penyimpangan yang mungkin terjadi di lapangan saat pelaksanaan pembuatan beton.

Nilai tambah dihitung dengan menggunakan rumus :

$$M = 1,64 \times S \quad (3.15)$$

Dimana :

$M$  = Nilai tambah *margin* ( $N/mm^2$ )

1,64 = Ketetapan statistik yang nilainya tergantung pada persentase kegagalan hasil uji. Dalam hal ini diambil 5%

$S$  = Standar deviasi rencana ( $N/mm^2$ )

- Perhitungan kuat tekan rata-rata ( $f_c'r$ ) yang ditargetkan, dapat 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 nilai *Margin*

- Menetapkan jenis semen *Portland* yang digunakan.
- Menetapkan jenis agregat yang akan digunakan. Baik agregat halus maupun kasar.
- Faktor Air Semen (FAS) atau *Water Cement Ratio* (WCR) adalah indikator yang penting dalam perencanaan campuran beton. Faktor air semen merupakan perbandingan berat air dengan berat semen, yang dapat dituliskan sebagai berikut :

$$Fas = \frac{\text{Berat air}}{\text{Berat semen}} \quad (3.17)$$

Semakin tinggi nilai FAS, semakin rendah mutu beton yang dihasilkan. Namun nilai FAS yang semakin rendah tidak berarti bahwa kekuatan beton semakin tinggi. Umumnya nilai FAS yang digunakan sebesar 0,4-0,65. Faktor air semen didapat dari grafik hubungan antara kuat tekan dengan faktor air semen dengan benda uji kubus. Dengan langkah-langkah sebagai berikut :

- a. Menentukan kuat tekan beton pada umur 28 hari berdasarkan tipe semen dan agregat sesuai dengan benda uji yang direncanakan.
  - b. Lalu tarik garis tegak lurus pada FAS 0,5 sampai memotong kurva kuat tekan beton yang ditentukan.
  - c. Tarik garis mendatar kuat tekan yang dipakai sampai memotong garis tegak lurus.
8. Penetapan nilai *slump*
  9. Penetapan ukuran agregat maksimum yang akan digunakan campuran beton
  10. Kadar air bebas untuk menentukan kadar air bebas agregat gabungan yang berupa campuran antara pasir alami dan kerikil (batu pecah).

Untuk menghitung kadar air bebas, dihitung menggunakan rumus :

$$\frac{2}{3}Wh + \frac{1}{3}Wk \quad (3.18)$$

Dimana :

- $Wh$  = Perkiraan air untuk agregat halus  
 $Wk$  = Perkiraan air untuk agregat kasar

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

$$B_j \text{ Campuran} = \left(\frac{p}{100} \times B_j \text{ Agregat Halus}\right) + \left(\frac{K}{100} \times B_j \text{ Agregat Kasar}\right) \quad (3.19)$$

Dimana :

- $P$  = Persentase agregat halus terhadap agregat campuran (%)  
 $K$  = Persentase agregat kasar terhadap agregat campuran (%)

$B_j$  = Berat campuran

14. Menghitung berat jenis campuran beton

Dalam menghitung berat jenis campuran beton dengan melihat grafik perkiraan berat jenis beton berdasarkan kadar air bebas dengan berat jenis campuran beton

15. Menentukan kadar agregat campuran

Dalam menentukan kadar air agregat campuran yaitu berat jenis beton campuran yang dikurangi dengan kadar air dan juga kadar semen. Dapat dihitung menggunakan rumus :

$$W_{agr.camp} = W_{beton} - W_{air} - W_{semen} \quad (3.20)$$

Dimana :

$W_{agr.camp}$  = Berat agregat campuran

$W_{beton}$  = Berat beton

$W_{semen}$  = Berat semen

16. Menghitung kadar agregat kasar

Dalam menentukan berat agregat kasar dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$W_{agr.kasar} = k \times W_{agr.camp} \quad (3.21)$$

Dimana :

$W_{agr.kasar}$  = Berat agregat kasar

$k$  = Persentase kadar agregat kasar

$W_{agr.camp}$  = Berat agregat campuran

17. Menentukan berat agregat halus

Untuk menentukan berat agregat halus dapat dihitung dengan rumus :

$$W_{agr.halus} = h \times W_{agr.camp} \quad (3.22)$$

Dimana :

- W<sub>agr.halus</sub> = Berat agregat halus  
 h = Persentase kadar agregat halus  
 W<sub>agr.camp</sub> = Berat agregat campuran

18. Lakukan koreksi terhadap sifat agregat

Untuk penyesuaian kondisi agregat yang digunakan, dilakukan koreksi pada banyaknya air, agregat halus, dan agregat kasar yang digunakan dalam campuran adukan beton. Perhitungan koreksi ini menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$a. \text{ Air} = B - \left[ \frac{Ck - Ca}{100} \times C \right] - \left[ \frac{Dk - Da}{100} \times D \right] \quad (3.23)$$

$$b. \text{ Agregat halus} = C + \left[ \frac{Ck - Ca}{100} \times C \right] \quad (3.24)$$

$$c. \text{ Agregat kasar} = D + \left[ \frac{Dk - Da}{100} \times D \right] \quad (3.25)$$

Dimana :

- B = Jumlah air  
 C = Jumlah agregat halus  
 D = Jumlah agregat kasar  
 Ca = Absorpsi air pada agregat halus (%)  
 Da = Absorpsi agregat kasar (%)  
 Ck = Kandungan air dalam agregat halus (%)  
 Dk = Kandungan air dalam agregat kasar (%)

### 3.8. Slump Test

Pemeriksaan kekentalan beton segar diuji menggunakan uji *slump*. Pengujian *slump* (*slump test*) dimaksudkan untuk mengetahui tingkat kemudahan pengerjaan yang dipakai untuk tolak ukur kekentalan beton segar. *Slump test* menggunakan alat berbentuk kerucut berpancung yang disebut kerucut *Abrams*.

Tujuan pengujian *slump* ini dilakukan untuk mengetahui adanya perubahan kadar air yang ada pada adukan beton dan untuk pengecekan nilai *slump* dimaksud untuk mengetahui konsistensi beton dan sifat kemudahan pekerjaan (*workability*) beton sesuai dengan syarat-syarat yang ditetapkan. Pengujian *slump* menghasilkan cara praktis dan sederhana untuk mempertahankan informasi yang dapat diterima terhadap konsistensi beton yang dihasilkan di lapangan.

Oleh karena 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	<i>Slump</i> (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 masal	7,5	2,5

Ada tiga bentuk *slump*, yaitu :

1. *Slump* sebenarnya (*true slump*)

Bentuk *slump* seperti ini diperoleh dari adukan beton yang homogen dan kohesif, sehingga nilai *slump* yang diukur adalah nilai *slump* yang sebenarnya

2. *Slump* geser (*shear*)

Bila terjadi keruntuhan geser pada beton pada satu sisi atau sebagian massa beton, pengujian harus diulangi dengan mengambil porsi lain dari adukan yang sama. Kemudian bila dua pengujian berurutan pada satu contoh beton menunjukkan keruntuhan geser, kemungkinan adukan beton

kurang plastis atau kurang kohesif sehingga harus dinyatakan sebagai adukan yang tidak memenuhi syarat *workabilitas*.

### 3. *Slump* runtuh (*collapse*)

Untuk beton normal tanpa penambahan *superplasticiser*, nilai *slump* yang diperoleh dari adukan seperti ini akan melampaui batas nilai *slump* maksimum sehingga, harus dinyatakan sebagai adukan beton yang tidak memenuhi *workabilitas* yang dimungkinkan oleh penggunaan air yang terlalu banyak.

### 3.9. Pematatan Beton

Setelah pengujian *slump* selesai dilakukan maka dilakukan pematatan setelah beton dituang dari mesin pengaduk (molen) ke cetakan beton kubus keatas mesin penggetar (*vibrator*). Pematatan dimaksud untuk menghilangkan rongga udara yang terdapat di dalam cetakan beton. Semakin banyaknya rongga udara yang terperangkap didalam cetakan beton maka kekuatan beton semakin berkurang.

Beberapa pedoman umum dalam proses pematatan (Mulyono 2004), sebagai berikut :

1. Pada jarak yang berdekatan/pendek, pematatan dengan alat gerat dilaksanakan dalam waktu pendek
2. Pematatan dilaksanakan secara vertikal dan jatuh dengan beratnya sendiri
3. Tidak menyebabkan terjadinya *bleeding*
4. Pematatan merata
5. Tidak terjadi kontak antara alat getar denga cetakan
6. Alat getar tidak berfungsi untuk mengalirkan, mengangkat atau memindahkan beton.

### 3.10. Perawatan Beton

Perawatan beton/*curing* adalah suatu usaha untuk mencegah kehilangan air pada beton segar dan membuat kondisi suhu didalam beton berada pada suhu tertentu segera setelah beton dicor sehingga sifat-sifat beton yang diinginkan dapat berkembang dengan baik. Perawatan beton sangat berpengaruh terhadap

sifat-sifat beton keras seperti keawetan, kekuatan, sifat rapar air, ketahanan abrasi, stabilitas volume dan ketahanan terhadap pembekuan.

Tujuan utama dari perawatan beton adalah untuk mempertahankan beton supaya terus menerus dalam keadaan yang basah selama beberapa hari atau bahkan beberapa minggu sampai beton akan dilakukan pengujian. Perawatan yang baik terhadap beton akan memperbaiki beberapa segi dari kualitasnya.

### 3.11. Kuat Tekan Beton ( $f_c'$ )

Kuat tekan beton merupakan nilai kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Kuat tekan beton pada umumnya dijadikan untuk menentukan mutu atau kualitas suatu material beton. Kualitas beton yang dibuat ditentukan dengan hasil dari pengujian kuat tekan dengan menggunakan mesin tekan hidrolik, kemudian dikalkulasikan menurut bentuk benda uji beton yang telah dibuat.

Faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan beton dikelompokkan menjadi dua bagian, yaitu :

1. Faktor berdasarkan metode percobaan
  - a. Ukuran percobaan (benda uji)
  - b. Keadaan tumpuan
  - c. Ukuran dalam hubungan ukuran agregat
  - d. Keadaan air
  - e. Tipe pengangkutan beban
  - f. Pembebanan rata-rata dari benda uji
  - g. Tipe dari uji mesin
  - h. Asumsi analisa yang berhubungan dengan ketegangan untuk keruntuhsn kegagalan beban.
2. Faktor yang berdasarkan kepada metode percobaan
  - a. Tipe semen, umur perawatan dan jenis agregat
  - b. Derajat kepadatan
  - c. Porsi adukan beton, berat isi semen, perbandingan agregat semen, kadar hampa udara dan perbandingan air semen

- d. Tipe perawatan dan suhu masa perawatan
- e. Jenis pembebanan yang mana sebagai contoh benda uji, statis, pemeliharaan, dinamis dan lain-lain

Berdasarkan kuat tekannya beton dapat dibagi beberapa jenis antara lain :

**Tabel 3. 6.** Beberapa Jenis Beton Menurut Kuat Tekan (Kardiyono 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 diperoleh dengan melakukan uji kuat tekan menggunakan mesin kuat tekan. Beban tekan diterapkan secara bertahap pada tingkat beban tertentu untuk pengujian beton. Besarnya kuat tekan beton dapat dihitung dengan rumus (Panduan Pratikum Teknologi Material dan Beton, Universitas Islam Riau, 2018) :

1. Kuat tekan beton ( $f_c'$ )

$$f_c' = \frac{P}{A} \quad (3.26)$$

Dimana :

- $f_c'$  = Kuat tekan benda uji beton (Mpa)
- P = Besar beban maksimum (N)
- A = Luas penampang benda uji ( $\text{mm}^2$ )

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

Kuat tekan rata-rata suatu benda uji merupakan kuat tekan beton yang diperoleh dari beberapa benda uji dibagi dengan jumlah benda uji, dihitung sebagai berikut :

$$f_c' r = \frac{\sum f_c'}{n} \quad (3.27)$$

Dimana :

$\sum f_c'$  = Kuat tekan benda uji beton (Kg/cm<sup>2</sup>)

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

$n$  = Jumlah benda uji

### 3. Standar deviasi (S)

Standar deviasi merupakan suatu istilah statistik yang dipakai sebagai ukuran tingkat variasi suatu hasil produk tertentu (dalam hal ini produk beton). Rumus standar deviasi dapat dihitung sebagai berikut :

$$S = \frac{\sqrt{\sum (f_c' r - f_c')^2}}{n-1} \quad (3.28)$$

Dimana :

$S$  = Standar deviasi

$f_c'$  = Kuat tekan beton estimasi 28 hari

$n$  = Jumlah benda uji

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

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

Kuat tekan beton karakteristik atau kuat tekan rata-rata perlu yang digunakan sebagai dasar pemilihan campuran beton. Dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$f_c' k = f_c' r - (1,64.S) \quad (3.29)$$

Dimana :

- $f'c'k$  = Kuat tekan karakteristik beton  
 $f'c'r$  = Kuat tekan beton rata-rata estimasi 28 hari  
S = Standar deviasi

Dari perhitungan diatas, kuat tekan karakteristik yang diperoleh harus lebih atau sama dengan kuat tekan karakteristik yang direncanakan atau ( $f'c \geq f'c'r$ ).



## BAB IV METODE PENELITIAN

### 4.1. Umum

Pada Penelitian tugas akhir ini menggunakan metode yang bersifat eksperimen (*research*). Dalam bab ini akan menjelaskan metode penelitian yang berisi lokasi penelitian, bahan, alat, tahap penelitian dan prosedur dari penelitian pengujian pendahulu dan juga pengujian utama. Pada penelitian pengujian pendahuluan ini merupakan pengujian kuat pada beton yang tidak ditambahkan bahan tambahan dan pada pengujian utama merupakan pengujian beton yang telah ditambahkan ekstrak limbah sayuran dengan cara mencampurkan ekstrak limbah sayuran kedalam adukan beton. Ekstrak limbah sayuran yang digunakan pada penelitian ini menggunakan limbah sayuran tomat yang diambil dari pasar pagi Arengka.

### 4.2. Lokasi Penelitian

Lokasi Penelitian ini akan dilakukan di Laboratorium Struktur Material Dan Komputer Universitas Islam Riau. Untuk pengambilan bahan material yang akan digunakan berasal dari PT. RMB (Riau Mas Bersaudara) yang berada dijalan Raya Pekanbaru-Bangkinag.

### 4.3. Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

#### 1. Semen

Semen *Portland* merupakan semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling klinker yang mana terdiri dari kalsium silikat hidrolis, umumnya mengandung satu atau lebih kalsium sulfat sebagai bahan tambahan dan digiling dengan bahan utamanya (American Society for Testing and Materials 1985). Semen *Portland* yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen padang kemasan 50 Kg. Dalam penelitian semen digunakan sebagai bahan campuran utama pada pembuatan beton.

2. Agregat Kasar

Agregat kasar merupakan kerikil hasil disintegrasi alami dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 5 mm sampai 40 mm. Agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini adalah batu pecah dengan ukuran  $1/2$  yang berasal dari PT. RMB (Riau Mas Bersaudara). Dalam penelitian ini agregat kasar digunakan sebagai campuran utama dalam pembuatan beton.

3. Agregat Halus

Agregat halus merupakan pasir alami sebagai hasil disintigrisasi alami batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butiran terbesar 5,0 mm. Agregat halus yang digunakan dalam penelitian adalah pasir dari PT. RMB (Riau Mas Bersaudara). Dalam penelitian ini agregat halus digunakan sebagai campuran utama dalam pembuatan beton.

4. Air

Air dibutuhkan dalam pembuatan beton agar terjadi reaksi kimiawi dengan semen untuk membasahi agregat dan untuk melumas campuran agar mudah dikerjakan. Air yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari sumur bor Fakultas Teknik Islam Riau.

5. Urea ( $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ )

Urea merupakan senyawa kimia yang mengandung nitrogen (N) berkadar tinggi dan juga senyawa organik yang tersusun dari unsur karbon, hidrogen, oksigen, dan nitrogen. Urea berbentuk butir-butir kristal berwarna putih. Urea merupakan pupuk yang mudah larut dalam air dan sifatnya sangat mudah menghisap air (higroskopis), karena itu sebaiknya disimpan di tempat yang kering dan tertutup rapat.

6. Kalsium Klorida ( $\text{CaCl}_2$ )

Kalsium klorida merupakan garam berwarna putih yang mempunyai sifat higroskopis terhadap air dan memiliki kandungan panas yang besar hingga dapat mengikat air dan larut di dalamnya. Karena sifat inilah kadang kadang kalsium klorida digunakan sebagai zat pengering dilaboratorium.

Senyawa ini terutama digunakan untuk penghilang es dan pengendali debu.



**Gambar 4.1.** Kalsium Klorida ( $\text{CaCl}_2$ ) (Dokumentasi Penelitian, 2022)

#### 7. Ekstrak Limbah Sayuran

Ekstrak limbah sayuran dibuat dari limbah sayuran tomat yang dihancurkan menggunakan blender dan disaring untuk mendapatkan ekstrak dari limbah sayuran. Ekstak limbah sayuran tersebut akan ditambahkan urea ( $\text{NH}_2$ )<sub>2</sub>CO dan Kalsium Klorida ( $\text{CaCl}_2$ ). Ekstrak limbah sayuran digunakan sebagai bahan pengganti sebagian semen pada pengecoran beton.

#### 4.4. Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

##### 1. Cawan

Cawan adalah alat yang digunakan sebagai wadah atau tempat untuk benda uji sebelum melakukan pengujian. Cawan terbuat dari bahan alumunium yang tahan terhadap panas. Dalam penelitian ini cawan digunakan untuk pengujian analisa saringan, berat jenis, kadar lumpur, dan kadar air.



**Gambar 4.2.** Cawan (Dokumentasi Penelitian, 2022)

## 2. Timbangan

Timbangan yang digunakan dalam penelitian ada beberapa jenis, yaitu :

### a. Timbangan Neraca

Merupakan jenis timbangan yang digunakan untuk menimbang bahan campuran beton yang akan di cor dan digunakan juga untuk pemeriksaan berat jenis agregat kasar.



**Gambar 4.3.** Timbangan Neraca (Dokumentasi Penelitian, 2022)

### b. Timbangan duduk

Merupakan timbangan yang dimana benda yang akan ditimbang dalam keadaan duduk. Dalam penelitian ini timbangan duduk digunakan untuk menimbang beton yang akan diuji.



**Gambar 4.4.** Timbangan Duduk (Dokumentasi Penelitian, 2022)

### c. Timbangan digital

Merupakan timbangan yang digunakan pada penelitian untuk menimbang cawan, berat jenis, kadar lumpur, kadar air dan pengujian analisa saringan.



**Gambar 4.5.** Timbangan Digital (Dokumentasi Penelitian, 2022)

3. Saringan Gradasi

Saringan digunakan untuk pengujian analisa saringan agregat halus dan kasar. Ukuran saringan yang digunakan adalah no. 1 $\frac{1}{2}$ " (38,1 mm), no. 3 $\frac{3}{4}$ " (19 mm), no. 1 $\frac{1}{2}$ " (12,7 mm), no. 3 $\frac{3}{8}$ " (9,6 mm), no.4 (4,8 mm), no.8 (2,4 mm), no.16 (1,2 mm), no.30 (0,6 mm), no.50 (0,3 mm), no.100 (0,15 mm), no.200 (0,075 mm).



**Gambar 4.6.** Saringan Gradasi (Dokumentasi Penelitian, 2022)

4. Bejana

Bejana berbentuk silinder yang terbuat dari baja dengan tinggi 155 mm dan panjang 158 mm. Pada penelitian ini bejana digunakan untuk pemeriksaan berat isi agregat.



**Gambar 4.7.** Bejana (Dokumentasi Penelitian, 2022)

5. Kerucut *Abrams*

Kerucut *Abrams* digunakan pada pemeriksaan nilai *slump* pada saat kondisi beton segar. Kerucut terbuat dari baja dengan ketebalan 3 mm, diameter pada bagian atas sebesar 100 mm dan bagian bawah sebesar 200 mm. Bagian dalam kerucut harus licin, halus, dan bebas kotoran maupun sisa pengecoran.



**Gambar 4.8.** Kerucut *Abrams* (Dokumentasi Penelitian, 2022)

6. Batang Penusuk

Batang penusuk yang terbuat dari baja dengan panjang 60 cm dan berdiameter 16 mm. Dalam penelitian ini batang penusuk digunakan sebagai pengujian berat isi, pengujian *slump* dan memadatkan beton segar yang dimasukkan kedalam cetakan kubus.



**Gambar 4.9.** Batang Penusuk (Dokumentasi Penelitian, 2022)

7. Koran

Dalam penelitian ini koran digunakan untuk mengeringkan pasir yang telah direndam untuk pemeriksaan berat jenis.



**Gambar 4.10.** Koran (Dokumentasi Penelitian, 2022)

8. Kerucut Terpancung

Dalam penelitian ini, kerucut terpancung digunakan untuk mengetahui permukaan jenuh pada pasir, kerucut terpancung terbuat dari kuningan.



**Gambar 4.11.** Kerucut Terpancung (Dokumentasi Penelitian, 2022)

9. *Picnometer*

*Picnometer* merupakan alat ukur yang digunakan untuk menentukan massa jenis dari suatu cairan. Dalam penelitian ini digunakan untuk menghilangkan kadar udara pada saat pencampuran dengan air pada pemeriksaan berat jenis agregat halus.



**Gambar 4.12.** *Picnometer* (Dokumentasi Penelitian, 2022)

#### 10. Gelas Ukur

Gelas ukur merupakan gelas pengukur dengan satuan mm yang digunakan untuk media pengisi bahan cairan.



**Gambar 4.13.** Gelas Ukur (Dokumentasi Penelitian, 2022)

#### 11. Mistar

Mistar digunakan dalam penelitian ini sebagai pengukur penurunan pada pengujian *slump*.

#### 12. Oven

Dalam penelitian ini oven digunakan untuk mengeringkan material, yang dilengkapi dengan pengaturan suhu.



**Gambar 4.14.** Oven (Dokumentasi Penelitian, 2022)

#### 13. Mesin Pengaduk Campuran Beton (Molen)

Dalam pengadukan beton, mesin ini digunakan untuk mengaduk agregat agar tercampur dengan baik.



**Gambar 4.15.** Molen (Dokumentasi Penelitian, 2022)

#### 14. Talam

Dalam penelitian ini, talam berfungsi sebagai tempat beton segar yang telah selesai diaduk pada mesin pengaduk beton.



**Gambar 4.16.** Talam (Dokumentasi Penelitian, 2022)

#### 15. Cetakan Beton

Pada penelitian ini, cetakan beton yang digunakan terbuat dari baja yang berbentuk kubus, dengan ukuran panjang 150 mm dan tinggi 150 mm. Digunakan untuk mencetak beton segar yang telah selesai diaduk pada mesin pengaduk.



**Gambar 4.17.** Cetakan Beton Kubus (Dokumentasi Penelitian, 2022)

#### 16. Mesin Penggetar (*Vibrator*)

Mesin penggetar yang digunakan dalam penelitian ini berfungsi untuk memadatkan beton yang ada didalam cetakan. Pemadatan ini dilakukan agar beton segar dapat terisi secara merata pada cetakan.



**Gambar 4.18.** Mesin Penggetar (*Vibrator*)  
(Dokumentasi Penelitian, 2022)

#### 17. Mesin Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton (*Compressive Strength machine*)

Mesin uji tekan yang digunakan memiliki kapasitas *maksimum* 200 kN, yang digerakkan oleh tenaga listrik. Mesin uji tekan ini terbuat dari baja yang mempunyai pengatur dan pengontrol beban.



**Gambar 4.19.** Mesin Kuat Tekan (Dokumentasi Penelitian, 2022)

#### 18. Bak Rendaman

Bak rendaman digunakan sebagai media perendaman beton setelah didiamkan didalam *mold* selama 24 jam. Beton direndam didalam bak perendaman selama 28 hari.

#### 19. Alat Pendukung Lainnya

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

#### 4.5. Tahapan Penelitian

Pencampuran adukan beton mengacu pada metode SNI dengan menggunakan *mix design* sesuai dengan rumus yang tercantum pada SNI. Penelitian ini terbagi menjadi beberapa tahapan.

##### 4.5.1. Persiapan

Tahap persiapan dilakukan untuk menganalisis sifat mekanis beton untuk mengetahui sifat-sifat material guna merencanakan campuran pembuatan beton yang tepat, sehingga diperlukan pengkajian secara detail sehingga setiap data yang digunakan efektif dan efisien. Beberapa langkah pelaksanaan pada tahap persiapan yaitu :

1. Pengolahan ekstrak limbah sayuran

Limbah sayuran diolah terlebih dahulu melalui tahapan berikut :

- a. Pengumpulan limbah sayuran

Limbah sayuran yang digunakan adalah limbah sayuran tomat yang berasal dari pasar pagi Arengka. Tomat yang digunakan merupakan tomat yang sudah tidak layak untuk dijual.

- b. Pembersihan limbah sayuran

Limbah sayuran tomat yang telah dikumpulkan kemudian dicuci bersih untuk menghilangkan sisa kotoran yang menempel pada tomat.

- c. Pembersihan limbah sayuran

Setelah limbah sayuran tomat dibersihkan, kemudian dimasukkan kedalam plastik dan ditutup rapat. Sayuran akan didiamkan selama seminggu untuk proses pembusukan.



**Gambar 4.20.** Tomat Yang Telah Dibusukkan  
(Dokumentasi Penelitian, 2022)

d. Ekstraksi limbah sayuran

Setelah limbah sayuran tomat yang telah dibusukkan selama seminggu akan diblender dengan ditambahkan air agar mempermudah saat diblender. Setelah limbah sayuran tomat hancur, disaring kemudian ditambahkan dengan kalsium klorida dan urea, diaduk hingga larut. Ekstrak limbah sayuran dimasukkan kedalam jerigen yang ditutup rapat dan akan diperam selama seminggu.



**Gambar 4.21.** Penghalusan Limbah Sayuran  
(Dokumentasi Penelitian, 2022)



**Gambar 4.22.** Pencampuran  $\text{CaCl}_2$  dan Urea  
(Dokumentasi Penelitian, 2022)



**Gambar 4. 23.** Penyaringan dan Penyimpan Ekstrak Sayuran  
(Dokumentasi Penelitian, 2022)

## 2. Pemeriksaan bahan penyusun beton

Material yang diperiksa pada penelitian ini yaitu agregat halus dan agregat kasar. Beberapa pemeriksaan yang dilakukan yaitu :

### a. Pemeriksaan gradasi agregat

Langkah-langkah yang dilakukan pada gradasi agregat yaitu :

- Benda uji dikeringkan dalam oven dengan suhu  $110^{\circ}\text{C}$  hingga berat tetap.
- Saringan disusun dengan lubang ayakan yang besar, berada pada paling atas kemudian secara berurutan lubang ayakan yang lebih kecil berada dibawahnya.
- Agregat dimasukkan ke ayakan yang paling atas
- Agregat yang telah masuk kemudian diayak dengan tangan atau alat penggentar hingga agregat telah terpisah satu sama lain.
- Agregat yang tertinggal dimasing-masing ayakan dipindahkan ke cawan. Ayakan harus dibersihkan dengan sikat agar tidak ada agregat yang tertinggal di ayakan.
- Agregat yang telah dipindahkan ke cawan kemudian ditimbang. Berat agregat dicatat pada setiap kali penimbangan.



**Gambar 4.24.** Gradasi Agregat (Dokumentasi Penelitian, 2022)

### b. Pemeriksaan berat isi agregat

Urutan proses dari pemeriksaan berat isi agregat yaitu :

#### a) Berat isi gembur atau lepas

- Persiapkan benda uji (agregat halus dan kasar) yang mewakili agregat dilapangan

- Timbang dan catat wadah bejana (W1)
  - Masukkan benda uji dengan perlahan-lahan (agar tidak terjadi pemisahan butiran) maksimum 5 cm dari atas wadah dengan mempergunakan sendok lalu datarkan permukaannya, jika perlu menggunakan mistar perata.
  - Timbang dan catat berat bejana yang berisi benda uji (W2)
- b) Berat isi padat
- Persiapkan benda uji (agregat halus dan kasar) yang akan diperiksa yang mewakili agregat dilapangan
  - Timbang dan catat berat wadah (W1)
  - Masukkan benda uji kedalam wadah bejana kurang lebih 3 lapis yang sama ketebalannya, setiap lapisan dipadatkan dengan menggunakan tongkat pemadat sebanyak 25 kali tumbukan secara merata. Setiap tumbukan tidak boleh sampai kelapisan sebelumnya.
  - Ratakan permukaan benda uji sehingga rata dengan bagian atas bejana dengan menggunakan mistar perata jika diperlukan.
  - Ditimbang dan dicatat berat bejana yang berisi benda uji (W2)
- c. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air
- Langkah-langkah dalam pengujian berat jenis dan penyerapan air sebagai berikut :
- a) Agregat Halus
- Keringkan benda uji dalam oven hingga berat tetap, lalu dinginkan pada suhu ruangan kemudian rendam dalam air selama 24 jam.
  - Buang air perendaman secara hati-hati dan perlahan sehingga tidak ada butiran yang hilang, tebarkan agregat halus diatas koran, keringkan benda uji dengan cara menggosok benda uji yang berada dikoran.

- Periksa keadaan kering permukaan jenuh dengan mengisi benda uji kedalam kerucut terpancung, hingga keadaan kering permukaan jenuh tercapai apabila benda runtuh tetapi masih dalam keadaan tercetak.
  - Setelah kering permukaan jenuh tercapai, dimasukkan 500 gram benda uji kedalam *picnometer*. Masukkan air suling hingga mencapai 90% dari isi *picnometer*, putar sambil diguncang hingga tidak ada terlihat gelembung udara didalamnya.
  - Rendam *picnometer* yang berisi air dan ukur suhu air untuk menyesuaikan perhitungan standar  $25^{\circ}\text{C}$ .
  - Tambahkan air hingga mencapai tanda batas
  - Timbang *picnometer* yang berisi air dan benda uji
  - Keluarkan benda uji lalu keringkan dalam oven sampai mencapai berat tetap, kemudian keringkan dalam desikator.
  - Setelah benda uji dingin, lalu ditimbang.
  - Tentukan berat *picnometer* yang berisi air penuh, ukur suhu air guna penyesuaian dengan suhu standar  $25^{\circ}\text{C}$ .
- b) Agregat Kasar
- Cuci benda uji untuk menghilangkan kotoran dan debu.
  - Keringkan benda uji dengan oven sampai mendapatkan berat tetap.
  - Benda uji di dinginkan lalu ditimbang.
  - Rendam benda uji dalam ai, bersihkan dan lap menggunakan kain yang dapat menyerap air hingga selaput air pada permukaan benda uji hilang (kering permukaan)
  - Timbanhg benda uji kering permukaan.
  - Letakkan benda uji di dalam keranjang, gunjang benda uji untuk mengeluarkan udara yang tersekap dan tentukan beratnya didalam air, ukur suhu air untuk penyesuaian perhitungan standar.

- Lakukan pemeriksaan yang berulang, kemudian ambil rata-rata untuk hasil yang paling mendekati dengan kondisi sebenarnya.

d. Pemeriksaan kadar lumpur

Langkah-langkah pemeriksaan kadar lumpur sebagai berikut :

- Benda uji dimasukkan kedalam cawan lalu dikeringkan di dalam oven selama 24 jam. Lalu ditimbang
- Benda uji yang telah ditimbang lalu dicuci dengan cara disaring menggunakan saringan No.200
- Benda uji dikeringkan kembali menggunakan oven sampai berat tetap, lalu ditimbang

e. Pemeriksaan kadar air

Urutan proses pemeriksaan kadar air adalah :

- Timbang cawan
- Masukkan benda uji kedalam cawan lalu ditimbang
- Oven benda uji selama 24 jam
- Timbang kembali benda uji setelah dingin

#### 4.5.2. Perencanaan Beton

Perhitungan proporsi campuran beton menurut (SNI 03-2834 2000) adalah sebagai berikut :

1. Merencanakan kuat tekan ( $f'c$ ) yang diisyaratkan.
2. Menentukan nilai deviasi standar (S)
3. Menentukan nilai tambah (Margin)
4. Menghitung kuat tekan rata-rata ( $f'c_r$ ) yang ditargetkan
5. Menetapkan jenis semen yang digunakan
6. Menetapkan jenis agregat yang akan digunakan. Baik agregat halus maupun kasar.
7. Menentukan faktor air semen (FAS)
8. Menentukan nilai *slump*
9. Menentukan ukuran agregat maksimum
10. Menentukan kadar air bebas
11. Menghitung jumlah semen yang digunakan

12. Menghitung berat jenis relatif agregat
13. Menghitung kadar air gabungan
14. Menghitung kadar agregat kasar
15. Melakukan koreksi terhadap sifat agregat

#### 4.5.3. Pembuatan Benda Uji

Benda uji yang dibuat berbentuk kubus dengan ukuran 15cm x 15cm x 15cm, berjumlah 27 benda uji terdiri dari 15 benda uji kuat tekan dan 12 benda uji pemulihan retaka. Langkah-langkah dalam pembuatan benda uji yaitu :

1. Persiapkan alat dan bahan yang digunakan untuk pembuatan benda uji sesuai dengan data yang telah didapat pada tahap perencanaan. Alat yang akan digunakan harus dibasahi terlebih dahulu agar tidak menyerap air yang digunakan pada campuran. Lapiskan bagian dalam cetakan atau  *mold*  dengan oli, hal ini bertujuan agar mempermudah dalam proses membuka cetakan.
2. Lakukan pengecoran dengan menggunakan mesin molen. Masukkan agregat kasar dan halus, kemudian semen, air, dan ekstrak limbah sayuran sesuai dengan perhitungan yang telah dilakukan.



**Gambar 4.25.** Pengecoran (Dokumentasi Penelitian, 2022)

3. Lakukan pengadukan sampai tercampur rata, waktu minimal pengadukan adalah 5 menit.
4. Setelah adukan tercampur dengan rata, tuang campuran ke talam. Lakukan pengambilan mortar yang mungkin menempel di dinding bagian dalam mesin molen dengan menggunakan sendok semen.
5. Lakukan pengadukan ringan pada campuran mortar dengan menggunakan sendok semen.

6. Lakukan pengujian *slump* pada beton segar



**Gambar 4.26.** Pengujian *Slump* (Dokumentasi Penelitian, 2022)

7. Setelah nilai *slump* didapatkan, masukkan beton segar kedalam cetakan. Masukkan beton segar sebanyak setengah cetaka, kemudian tusuk dengan tongkat penusuk sebanyak 25 kali, lakukan hal ini hingga cetakan penuh.
8. Lakukan pemadatan dengan menggunakan mesin penggetar, hal ini dilakukan agar gelembung udara yang terdapat pada cetakan keluar agar beton menjadi padat.
9. Beton yang telah dipadatkan kemudian di timbang dan dicatat
10. Buka cetakan beton dan lakukan perawatan.

#### 4.5.4. Perawatan Benda Uji

Setelah beton di buka dari cetakan, beton harus diberi perawatan. Beton dipindahkan ke bak perendaman, beton harus direndam sepenuhnya. Lakukan perawatan selama waktu yang direncanakan. Tutup bak perendaman agar air hujan tidak tercampur kedalam air rendaman.



**Gambar 4.27.** Perawatan beton (Dokumentasi Penelitian, 2022)

#### 4.5.5. Tahap Pengujian

Pengujian yang dilakukan ada beberapa jenis pengujian, yaitu :

1. *Slump Test*

Pengujian *slump* dilakukan untuk mengetahui nilai *slump* dari beton yang dibuat sesuai dengan nilai *slump* yang direncanakan.

2. Uji Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan bertujuan untuk mengetahui mutu dari benda uji yang dibuat pada waktu yang telah direncanakan. Pada pengujian kuat tekan benda uji berbentuk kubus ukuran 15cm x 15cm x 15cm dengan umur perawatan 28 hari.



**Gambar 4.28.** Pengujian Kuat Tekan  
(Dokumentasi Penelitian, 2022)

3. Uji Pemulihan Retakan

Uji pemulihan retakan beton dengan metode *self healing concrete* hanya terbatas pada sifat fisik benda uji, yang dilakukan dengan cara visual. Langkah-langkah pengujian pemulihan retakan, yaitu :

- a. Keluarkan benda uji dari bak perendaman dan dibiarkan selama satu hari.
- b. Setelah satu hari, benda uji akan diretakkan dengan menggunakan palu. Retakan yang dihasilkan, diusahakan tidak terlalu besar
- c. Setelah benda uji diretakkan dilakukan penyiraman setiap hari hingga waktu yang direncanakan.
- d. Ambil gambar benda uji setiap hari untuk melihat proses pemulihan retakan.

- e. Setelah benda uji dirawat sesuai waktu rencana, dilakukan uji kuat tekan pada benda uji yang telah diretakkan.



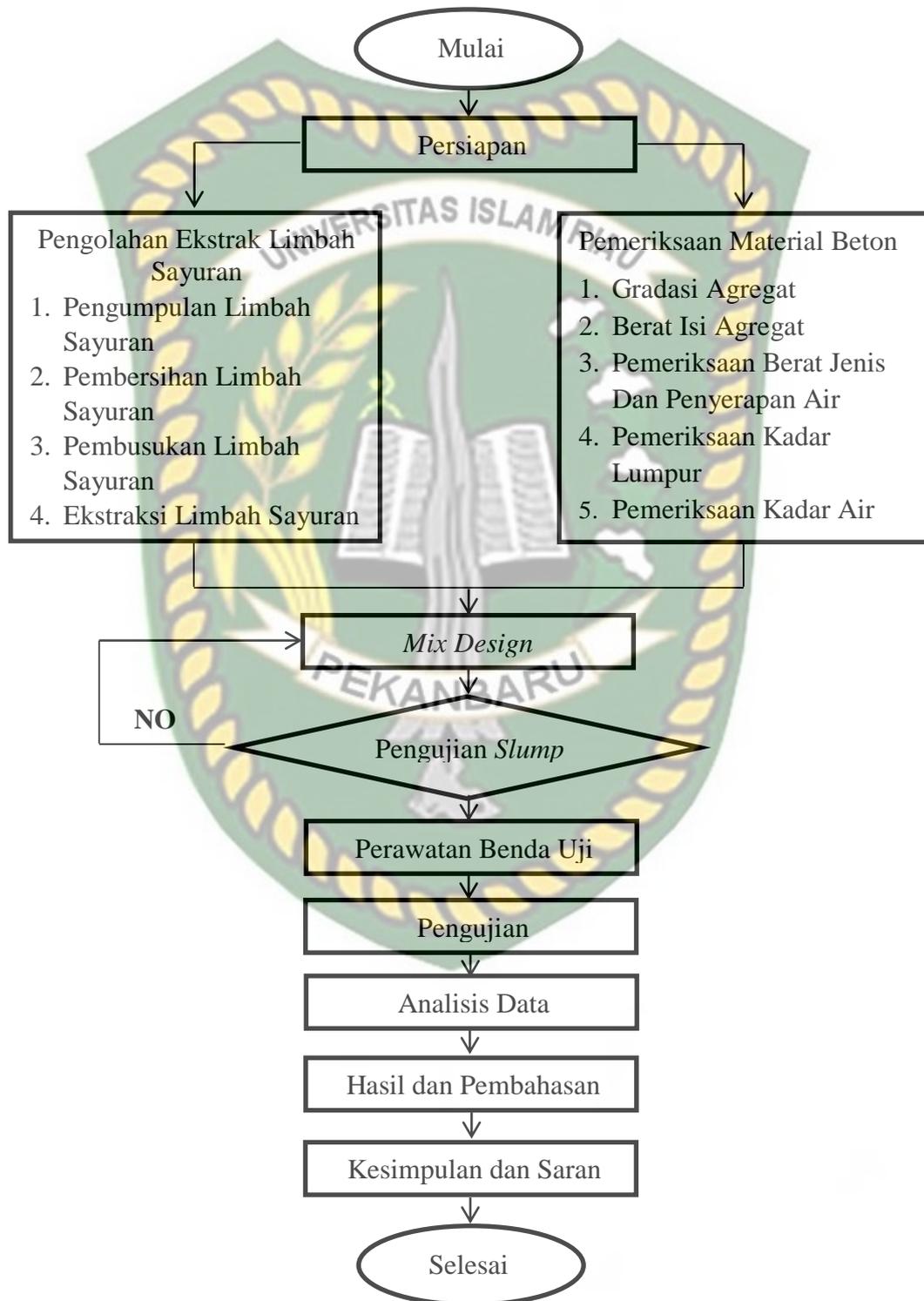
**Gambar 4.29.** Peretakan (Dokumentasi Penelitian, 2022)

#### 4.5.6. Analisis Data

Tahapan-tahapan dalam analisa data pada penelitian secara garis besar adalah sebagai berikut :

1. Pemeriksaan Material  
Data yang dianalisis pada pemeriksaan material yaitu :
  - a. Pengujian terhadap 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 air agregat kasar dan agregat halus
  - e. Pengujian kadar lumpur agregat kasar dan agregat halus
2. Menghitung Rencana Pembuatan Beton
  - a. Menentukan kebutuhan agregat halus
  - b. Menentukan kebutuhan agregat kasar
  - c. Menentukan kebutuhan semen
  - d. Menentukan kebutuhan air
3. Analisa pengujian beton sesuai SNI-03-02834-2000
  - a. Menentukan rata-rata kuat tekan beton
  - b. Menentukan kuat tekan rata-rata beton setelah peretakan
4. Analisa *Self Healing* pada beton
  - a. Menganalisa secara visual penutupan retakan pada beton

Secara lebih ringkas, tahapan dalam penelitian yang telah dijabarkan sebelumnya dapat dilihat pada Gambar 4.30.



Gambar 4.30. Bagan Alir Penelitian

## BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN

### 5.1. Hasil Pemeriksaan benda uji

Pemeriksaan benda uji pada penelitian ini yaitu pemeriksaan gradasi agregat, berat jenis dan penyerapan agregat, pemeriksaan berat isi agregat, pemeriksaan kadar lumpur agregat, dan pemeriksaan kadar air agregat.

#### 5.1.1. Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Halus

Gradasi agregat halus dinyatakan dengan nilai persentase banyaknya agregat halus yang tertahan atau melewati saringan 9,6 mm atau saringan No. 3/8. Hasil penelitian analisa saringan dapat dilihat pada Tabel 5.1.

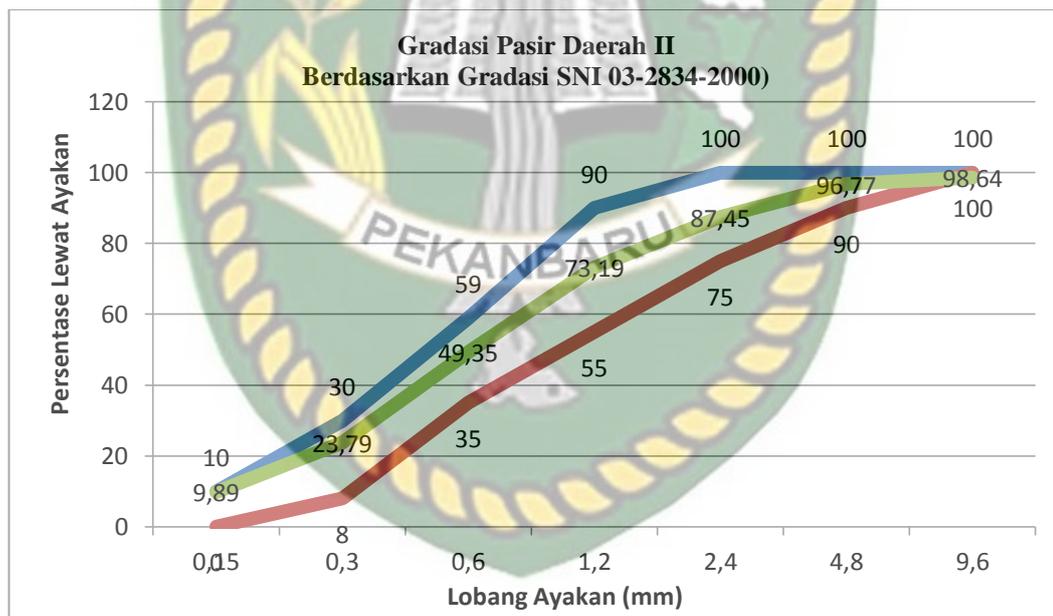
**Tabel 5.1.** Hasil Persentase Lolos Agregat Halus

Nomor Saringan	Ukuran Saringan	Persentase Rata-rata Lolos Saringan
1,5''	38,1	100,00
1''	25,4	100,00
3/4''	19	100,00
1/2''	12,7	99,59
3/8''	9,6	98,64
#4	4,8	96,77
#8	2,4	87,45
#16	1,2	73,19
#30	0,6	49,35
#50	0,3	23,79
#100	0,15	9,89
#200	0,075	8,62

Hasil dari tabel 5.1 pemeriksaan analisa saringan ini digunakan untuk memperoleh jumlah persentase butiran pada agregat halus dan menentukan batas gradasi. Dapat diketahui bahwa agregat halus memenuhi syarat batas gradasi,

yaitu pada daerah zona II. Dapat dilihat dari saringan 1,5” sampai saringan 3/4” memiliki persentase lolos saringan 100%. Saringan 1/2” memiliki nilai persentase lolos 99,59%, pada saringan 3/8” memiliki nilai persentase lolos 98,64%, pada saringan No.4 memiliki nilai persentase lolos saringan 96,77%, saringan No.8 memiliki nilai persentase lolos 87,45%, saringan No.16 memiliki nilai persentase lolos 73,19%, saringan No.30 memiliki nilai persentase lolos 49,35%, saringan No.50 memiliki nilai persentase lolos 23,79%, saringan No.100 memiliki persentase lolos 9,89%, saringan No.200 memiliki nilai persentase lolos 8,62%. Hasil data analisa saringan agregat halus dapat dilihat pada lampiran B-1.

Dari tabel 5.1 dapat dilihat bahwa persentase lolos saringan agregat halus berada diantara batas maksimum dan minimum pada setiap ukuran saringan. Dapat dilihat dalam grafik dibawah ini dan lampiran B-3.



**Gambar 5.1.** Grafik Gradasi Agregat Halus (Hasil Penelitian, 2022)

### 5.1.2. Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar

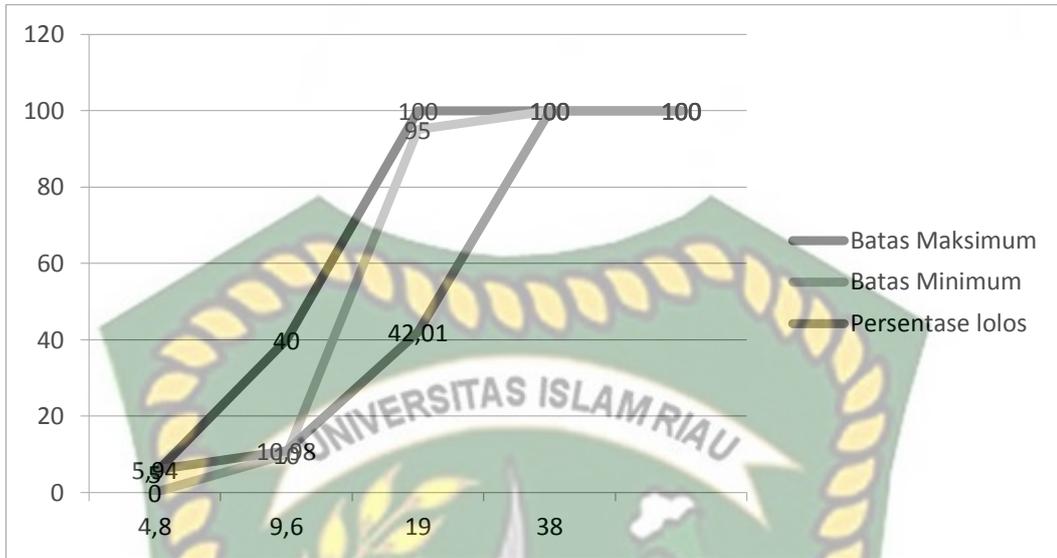
Pemeriksaan analisa gradasi agregat kasar sama dengan pemeriksaan agregat halus. Hasil pemeriksaan gradasi agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 5.2.

**Tabel 5.2.** Hasil Persentase Lolos Agregat Kasar

Nomor Saringan	Ukuran Saringan	Persentase Rata-rata Lolos Saringan
1,5''	38,1	100,00
1''	25,4	92,14
3/4''	19	42,01
1/2''	12,7	8,71
3/8''	9,6	5,98
#4	4,8	5,94
#8	2,4	5,94
#16	1,2	5,94
#30	0,6	5,93
#50	0,3	5,91
#100	0,15	5,87
#200	0,075	5,81

Hasil pada tabel 5.2, digunakan untuk memperoleh jumlah persentasi butiran agregat kasar. Dapat diketahui bahwa besar butir agregat maksimum adalah 20 mm. Persentase lolos agregat kasar ukuran 1-2 pada saringan 1,5'' memiliki nilai persentase lolos 100%, pada saringan 1'' memiliki nilai persentase lolos 92,14%, pada saringan 1/2'' memiliki nilai persentase lolos 8,71%, pada saringan 3/8'' memiliki nilai persentase lolos 5,98%, pada saringan No.4 hingga saringan No.16 memiliki nilai persentase lolos 5,94%, pada saringan No.30 memiliki nilai persentase lolos 5,93%, pada saringan No.50 memiliki nilai persentase lolos 5,91%, pada saringan No.100 memiliki nilai persentase lolos 5,87%, pada saringan No.200 memiliki nilai persentase lolos 5,81%. Hasil data analisa saringan agregat kasar dapat dilihat pada lampiran B-4

Dapat dilihat pada tabel 5.2 dapat diketahui bahwa persentase lolos saringan agregat kasar berada diantara batas maksimum dan minimum batas zona III pada setiap ukuran saringan, seperti pada grafik gradasi agregat kasar dibawah ini.



**Gambar 5.2.** Grafik Gradasi Agregat Kasar (Hasil Penelitian, 2022)

### 5.1.3. Hasil Pemeriksaan Berat Isi Agregat

Berat isi merupakan perbandingan antara berat agregat kering dan volumenya. Analisa dapat dilihat pada Lampiran B-7, Lampiran B-8. Hasil dari penelitian berat isi agregat dapat dilihat pada Tabel 5.3. berikut.

**Tabel 5.3.** Hasil Pemeriksaan Berat Isi Agregat

Material	Berat Isi ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )		Nilai Standar	Keterangan	
	Kondisi Lepas	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 diatas menunjukkan bahwa hasil pemeriksaan berat isi pada agregat halus memenuhi standar untuk pembuatan campuran beton. Agregat kasar yang digunakan pada saat kondisi lepas memenuhi standar spesifikasi berat isi, namun hal ini diperbolehkan karena saat kondisi padat memenuhi standar spesifikasi berat isi. Dengan demikian, agregat ini dapat digunakan pada pembuatan campuran beton.

#### 5.1.4. Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Dan Penyerapan Air

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan berat jenis curah, berat jenis kering permukaan jenuh, berat jenis semu dari agregat halus dan agregat kasar, serta penyerapannya.

Hasil pemeriksaan agregat halus dapat dilihat pada Tabel 5.4. sebagai berikut.

**Tabel 5.4.** Hasil pemeriksaan berat jenis agregat halus

Jenis Pemeriksaan	Satuan	Agr. 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. dapat diketahui hasil pemeriksaan berat jenis agregat halus untuk nilai berat jenis semu, berat jenis permukaan, dan berat jenis curah hasil penelitian mencapai nilai standar. Sedangkan untuk penyerapan yaitu 0,960 % tidak mencapai standar, yang mana standarnya adalah 2%-7%, berarti agregat halus yang digunakan dalam kondisi basah. Penyerapan agregat mempengaruhi daya lekat antara agregat dan pasta seme, dengan demikian diperlukan koreksi untuk mengurangi jumlah air yang digunakan pada pembuatan beton. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada Lampiran B-9

Hasil pemeriksaan berat jenis agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 5.5. berikut.

**Tabel 5.5.** Hasil pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar

Jenis Pemeriksaan	Satuan	Agr. Kasar	Nilai Standar (%)	Keterangan
Bj Semu	gr	2,620	2,5 – 2,7	Ok

**Tabel 5.5** Lanjutan

Jenis Pemeriksaan	Satuan	Agr. Kasar	Nilai Standar (%)	Keterangan
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 diketahui hasil pemeriksaan berat jenis agregat kasar untuk berat jenis semu, berat jenis permukaan, dan berat jenis curah memenuhi standar, sedangkan penyerapan air tidak memenuhi standar. Untuk lebih lanjut dapat dilihat pada Lampiran B-10.

#### 5.1.5. Hasil Pemeriksaan Kadar Air Agregat

Kadar air pada agregat perlu diketahui untuk menghitung jumlah air pada campuran beton sesuai perbandingan air dan FAS. Hasil pemeriksaan kadar air dapat dilihat pada Tabel 5.6. berikut.

**Tabel 5.6.** Hasil pemeriksaan Kadar Air Agregat

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

Dari Tabel 5.6. dapat diketahui bahwa hasil pengujian agregat halus memiliki kadar air 3,22% yang mana memenuhi standar. Untuk lebih lanjut dapat dilihat pada Lampiran B-11. Sedangkan untuk agregat kasar tidak memenuhi standar dengan nilai kadar air 0,15%. Dengan demikian, diperlukan koreksi pada kebutuhan air agar tidak mempengaruhi faktor air semen pada perencanaan campuran, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Lampiran B-13.

### 5.1.6. Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat

Pemeriksaan kadar lumpur pada penelitian ini menggunakan metode penjumlahan bahan agregat yang lolos saringan No. 200 (0,075 mm) yang bermaksud dijadikan acuan atau pedoman untuk melaksanakan pengujian dan untuk melakukan jumlah setelah dilakukan pencucian benda uji. Analisa perhitungan kadar lumpur dapat dilihat pada Lampiran B-14 dan Lampiran B-15 Hasil pemeriksaan dapat dilihat pada Tabel 5.7. berikut.

**Tabel 5.7.** Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur

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

Dari tabel 5.7. dapat dilihat bahwa semua material memiliki kadar lumpur >5 maka semua material memenuhi standar untuk digunakan pada campuran beton.

### 5.2. Hasil Pemeriksaan Beton

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

#### 5.2.1. Hasil Pemeriksaan Campuran Beton

Hasil pemeriksaan campuran beton adalah proporsi campuran semen, agregat halus, agregat kasar, air, dan variasi bakteri yang digunakan. Analisa campuran beton dapat dilihat pada Tabel 5.8. berikut.

**Tabel 5.8.** Hasil Proporsi Campuran Beton Untuk Tiap 3 Benda Uji Kubus

Varian	Semen (kg)	Air (l)	Agr. Halus	Agr. Kasar	Ekstrak Limbah Sayuran
0 %	4,12	2,19	8,66	13,74	-
3 %	4	2,12	8,66	13,74	120

**Tabel 5.8.** Lanjutan

Varian	Semen (kg)	Air (l)	Agr. Halus	Agr. Kasar	Ekstrak Limbah Sayuran
5 %	3,91	2,1	8,66	13,74	210
7 %	3,83	2,04	8,66	13,74	290
9 %	3,75	2	8,66	13,74	370

Pada tabel 5.8. dapat diketahui bahwa proposi campuran beton normal untuk setiap 3 sample kubus beton menggunakan semen 4,12 kg; air 2,19 liter; agregat kasar 13,74 kg; agregat halus 8,66. Untuk varian 3% menggunakan semen 4 kg, untuk varian 5% menggunakan semen 3,91 kg, untuk varian 7% menggunakan semen sebesar 3,83%, untuk varian 9% menggunakan semen 3,75 kg.

### 5.2.2. Hasil Pengujian *Slump*

Hasil nilai *slump* digunakan untuk mengetahui konsistensi beton dan kemudahan dalam pengerjaan (*workability*) sesuai dengan syarat-syarat yang ditetapkan. Hasil pengujian *slump* dapat dilihat pada Tabel 5.9. berikut.

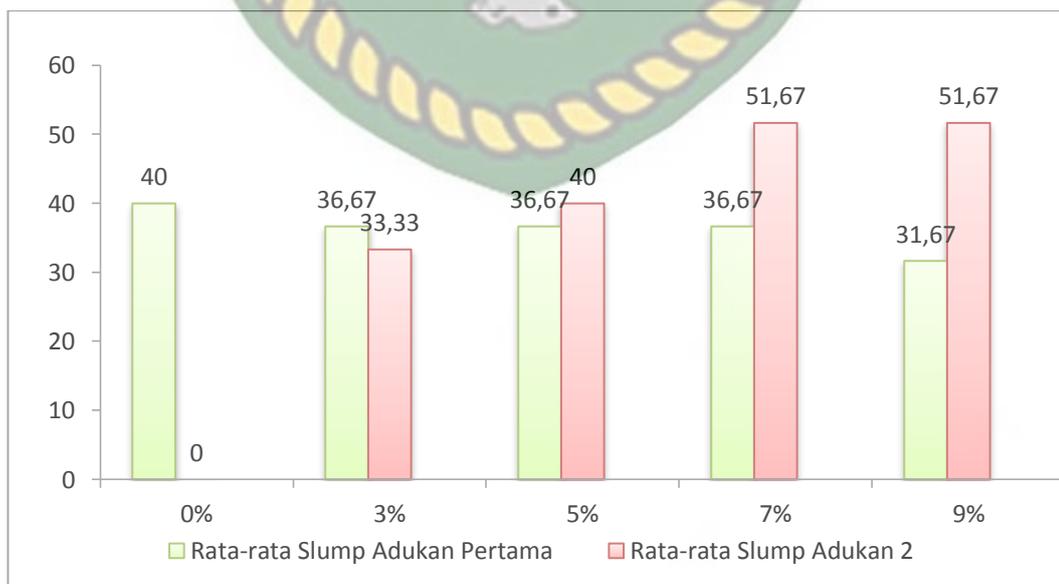
**Tabel 5.9.** Hasil Nilai *Slump*

No	Variasi	<i>Slump</i> Beton Tanpa Diretakkan (mm)	Rata-rata <i>Slump</i> Beton Tanpa Diretakkan (mm)	<i>Slump</i> Beton Diretakkan (mm)	Rata-rata <i>Slump</i> Beton Diretakkan (mm)
1	0 %	10	40		-
		40			
		70			
2	3 %	15	36,67	60	33,33
		35		25	
		60		15	

**Tabel 5.9.** Lanjutan

No	Variasi	Slump Beton Tanpa Diredakkan (mm)	Rata-rata Slump Beton Tanpa Diredakkan (mm)	Slump Beton Diredakkan (mm)	Rata-rata Slump Beton Diredakkan (mm)
3	5 %	10	36,67	65	40
		35		40	
		65		15	
4	7 %	55	36,67	65	51,67
		35		60	
		20		30	
5	9 %	15	31,67	70	51,67
		25		50	
		55		35	

Dari Tabel 5.9. diketahui nilai *slump* telah memenuhi standar dengan ketentuan *slump* rencana yaitu *slump* nilai 30mm - 60mm. Pada beton diredakkan tidak dilakukan pengujian *slump* dikarenakan beton tidak dibuat pada persentase 0%. Nilai *slump* dapat dilihat pada Gambar 5.3. berikut.



**Gambar 5.3.** Nilai *Slump* Rata-rata

Dari grafik dapat disimpulkan penggunaan ekstrak limbah sayuran pada campuran beton akan membuat beberapa nilai *slump* naik dibandingkan beton normal, karena ekstrak limbah sayuran berbentuk cairan.

### 5.2.3. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan setelah masa perawatan dan diuji menggunakan mesin kuat tekan. Beton berbentuk kubus dengan sisi 15cm × 15 cm × 15 cm dengan variasi tambahan ekstrak limbah sayuran 0%, 3%, 5%, 7%, 9% sebagai pengganti sebagian semen. Uji kuat tekan dilakukan sebanyak 2 kali pada tiap variasi.

#### 1. Hasil kuat tekan beton tanpa diretakkan

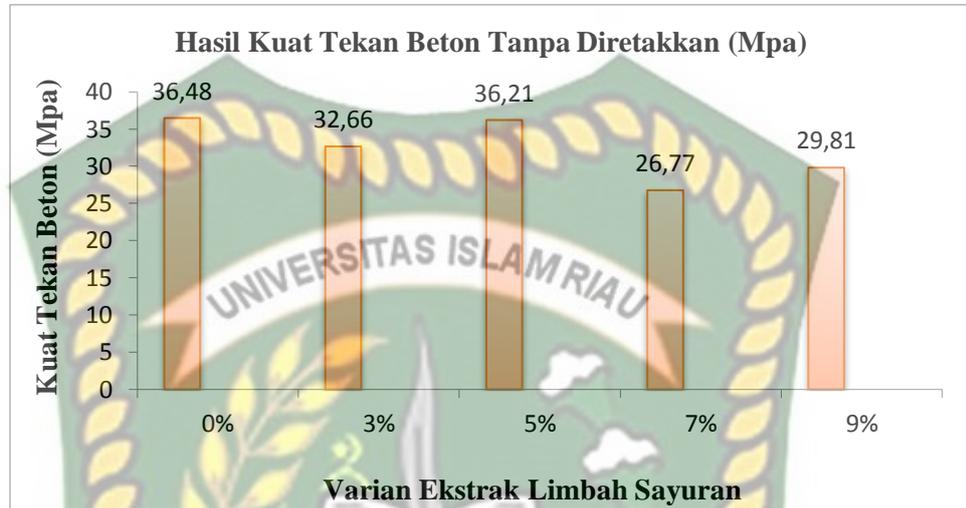
Analisa pengujian kuat tekan beton setelah perendaman 28 hari dapat dilihat pada Lampiran A-14. Hasil kuat tekan dapat dilihat pada tabel 5.10. berikut.

**Tabel 5.10.** Hasil Kuat Tekan Beton Tanpa Diretakkan

Varian (%)	Umur (Hari)	$f'c$ Rerata (Mpa)	Kenaikan (%)
0	28	36,48	0
3	28	32,66	-10,47
5	28	36,21	-0,74
7	28	26,77	-26,62
9	28	29,81	-18,28

Dari tabel diketahui hasil kuat tekan beton umur 28 hari tanpa ekstrak limbah sayuran adalah 36,48 Mpa, variasi 3% memiliki kuat tekan sebesar 32,66 Mpa dengan penurunan kuat tekan sebesar 10,47%, variasi 5% memiliki nilai kuat tekan sebesar 36,21 Mpa dengan penurun kuat tekanebesar 0,74%, variasi 7% memiliki nilai kuat tekan sebesar 26,77 Mpa dengan penurunan kuat tekan sebesar 26,62%, dan variasi 9% memiliki nilai kuat tekan sebesar 29,81 Mpa dengan penurunan kuat tekan sebesar 18,28%.

Dari data pada tabel 5.10 dapat dibuat bentuk diagram pada gambar 5.4 berikut.



**Gambar 5.4.** Hasil Kuat Tekan Beton Tanpa Diredakkan

Berdasarkan Gambar 5.4 kuat tekan beton mengalami naik turun pada setiap variasi ekstrak limbah sayuran hal ini dapat disebabkan karena nilai *slump* beton tidak terkontrol pada saat pengadukan. Dapat dilihat nilai *slump* mengalami naik turun pada setiap variasi yang dapat dilihat pada gambar 5.3.

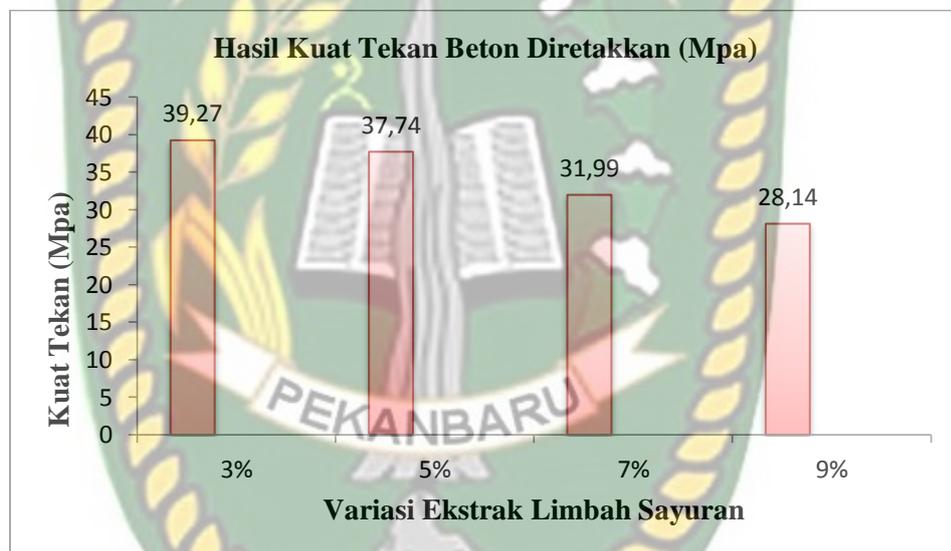
2. Hasil kuat tekan beton diredakkan

Analisa pengujian kuat tekan beton setelah diredakkan dapat dilihat pada Lampiran A-18. Hasil kuat tekan dapat dilihat Tabel 5.11 berikut.

**Tabel 5.11.** Hasil Kuat Tekan Beton Diredakkan

Varian (%)	Kuat Tekan (Mpa)	Kenaikan (%)
0	36,48	0
3	39,27	7,65
5	37,74	3,45
7	31,99	-12,31
9	28,14	-22,86

Dari tabel 5.11 diketahui hasil kuat tekan beton diretakkan dengan variasi ekstrak limbah sayuran 3% sebesar 39,27 Mpa dengan kenaikan kuat tekan sebesar 7,65%, variasi ekstrak limbah sayuran 5% memiliki nilai kuat tekan sebesar 37,74 Mpa dengan kenaikan kuat tekan sebesar 3,45%, variasi ekstrak limbah sayuran 7% memiliki nilai kuat tekan sebesar 31,99 Mpa dengan penurunan kuat tekan sebesar 12,31%, dan variasi ekstrak limbah sayuran 9% memiliki nilai kuat tekan sebesar 28,14 dengan penurunan kuat tekan sebesar 22,86%. Dari data pada tabel 5.11 dapat dibuat dalam bentuk diagram pada Gambar 5.5 berikut.



**Gambar 5.5.** Hasil Kuat Tekan Beton Diretakkan

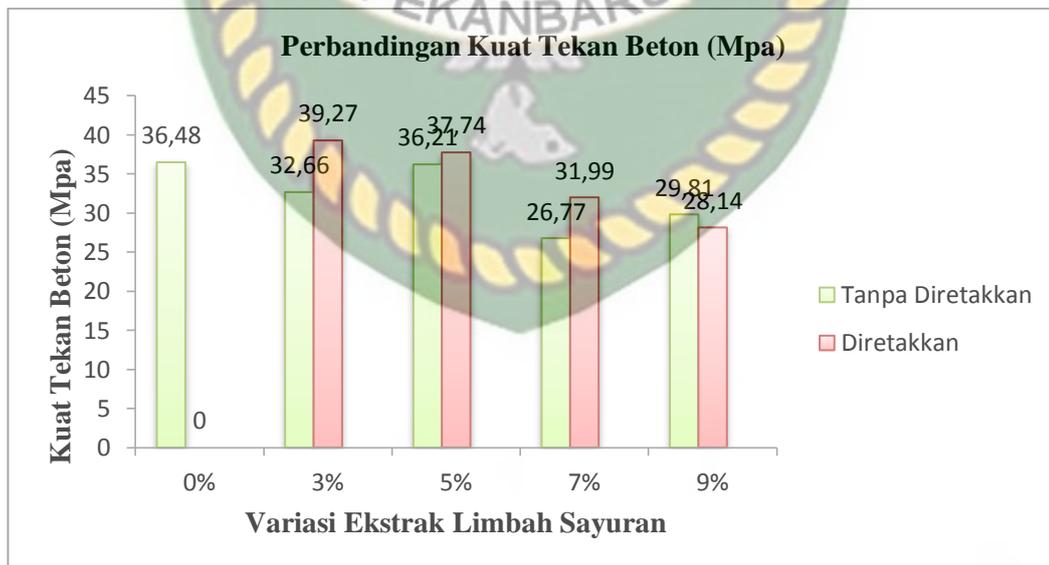
Berdasarkan Gambar 5.5. semakin besar persentase ekstrak limbah sayuran maka kuat tekan beton akan semakin turun dan semakin tinggi nilai *slump*, maka kuat tekan akan semakin turun. Kuat tekan maksimum berada pada variasi 3% dan Kuat tekan minimum berada pada variasi 9%.

Terdapat perbedaan hasil antara kuat tekan beton tidak diretakkan dengan kuat tekan beton diretakkan, perbedaan tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.12 berikut.

**Tabel 5.12.** Perbandingan Kuat Tekan Beton Tanpa Diredakkan dan Diredakkan

No	Varian (%)	Dimensi (cm)	Beton Tanpa Diredakkan (Mpa)	Beton Diredakkan (Mpa)	Kenaikan (%)
1	0	15 x 15 x 15	36,48	0	0
2	3	15 x 15 x 15	32,66	39,27	20,23
3	5	15 x 15 x 15	36,21	37,74	4,23
4	7	15 x 15 x 15	26,77	31,99	19,5
5	9	15 x 15 x 15	29,81	28,14	-5,6

Dari Tabel 5.12 diketahui hasil kuat tekan variasi ekstrak limbah sayuran 3% mengalami kenaikan sebesar 20,23%, variasi ekstrak limbah sayuran 5% mengalami kenaikan sebesar 4,23%, variasi ekstrak limbah sayuran 7% mengalami kenaikan sebesar 19,5%, dan variasi ekstrak limbah sayuran 9% mengalami penurunan sebesar 5,6%. Data Tabel 5.12 dapat dibuat dalam bentuk diagram seperti pada Gambar 5.6 berikut.



**Gambar 5.6.** Perbandingan Kuat Tekan Beton Tanpa Retak dan Diredakkan

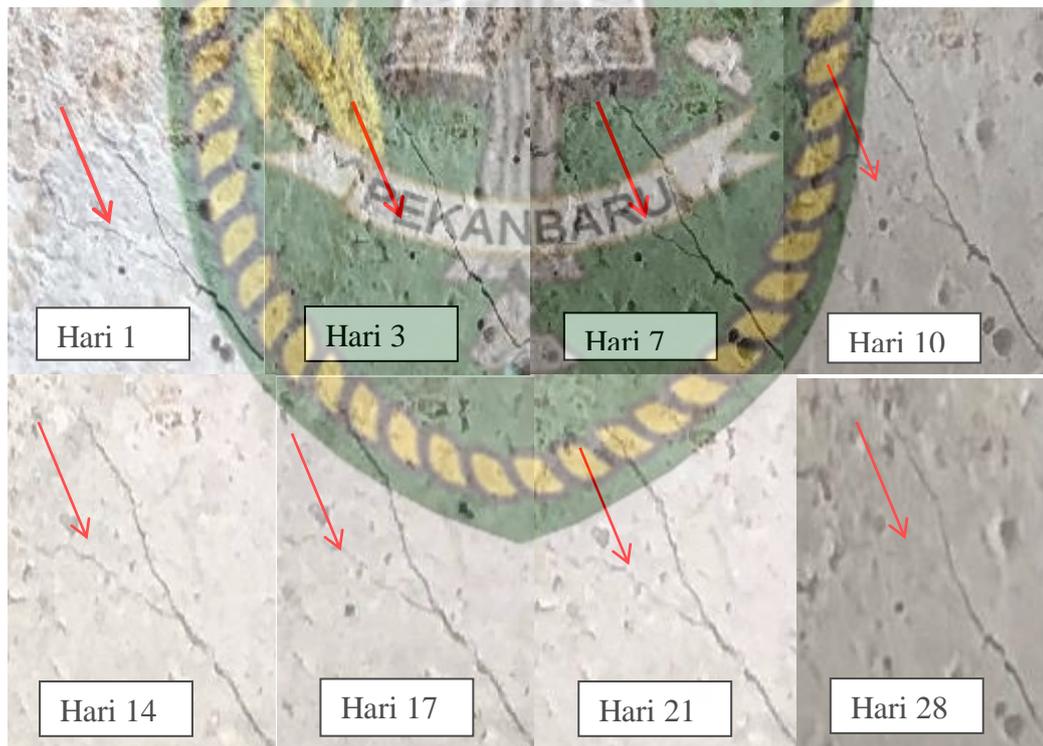
Berdasarkan Gambar 5.6 kuat tekan beton yang diredakkan lebih tinggi dari kuat tekan beton tanpa retak. Dapat diketahui nilai maksimum

perbandingan kuat tekan beton tanpa diretakkan dan diretakkan berada pada variasi ekstrak limbah sayuran 3% dengan kenaikan sebesar 20,23% dan nilai minimum perbandingan kuat tekan beton tanpa retak dan diretakkan berada pada variasi ekstrak limbah sayuran 9% dengan penurunan sebesar 5,6%.

### 5.3. Hasil Analisa *Self Healing* Pada Beton

Pemulihan retakan pada beton dilihat secara visual dengan cara pengambilan gambar setiap harinya. Pada gambar dibawah ini dapat dilihat proses pemulihan retakan pada setiap variasi ekstrak limbah sayuran dalam jangka waktu 28 hari.

Hasil pengamatan pemulihan retakan, variasi ekstrak limbah sayuran 3% dapat dilihat pada Gambar 5.7 berikut.

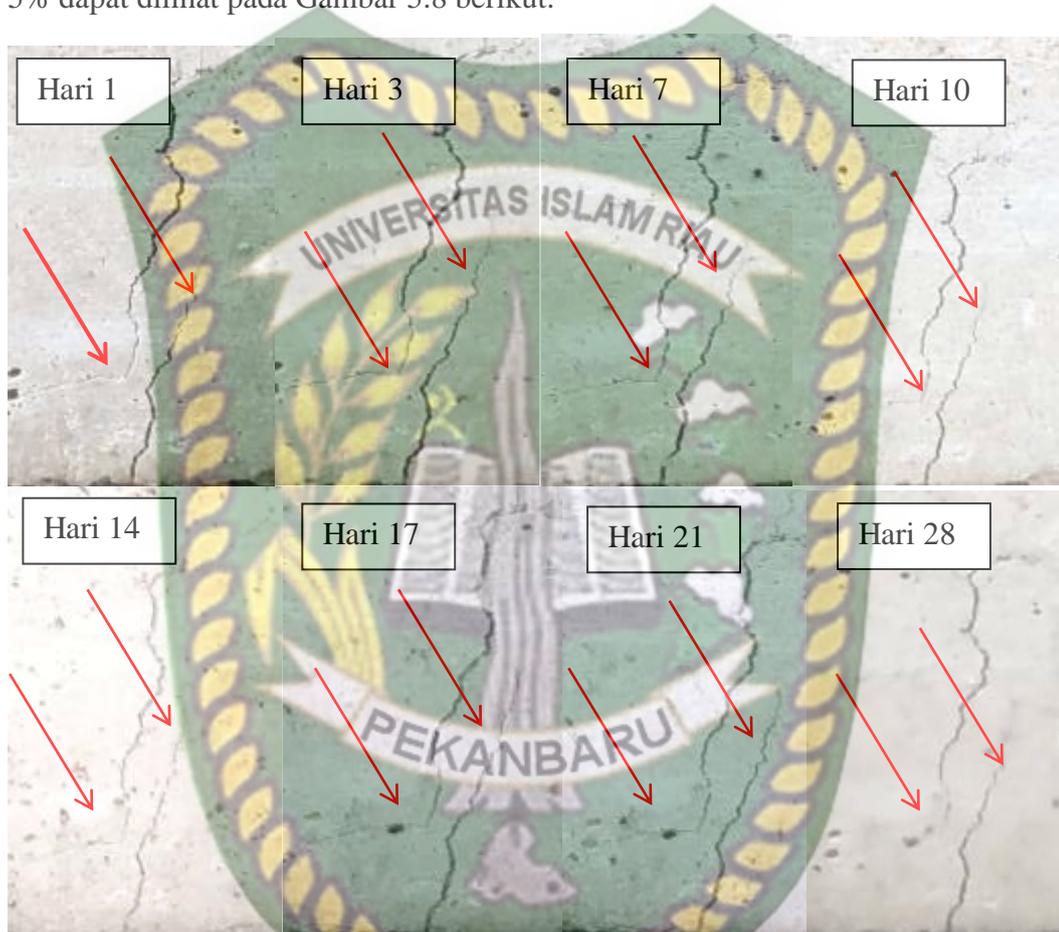


**Gambar 5.7.** Pemulihan Variasi 3% (Dokumentasi Penelitian, 2022)

Berdasarkan Gambar 5.7 penutupan retakan beton variasi ekstrak limbah sayuran pada hari pertama retakan pada beton terdapat retakan pada tanda merah hingga pada hari ke 28 retakan pada tanda merah tersebut sudah tidak mengalami

penutupan retakan. Terlihat pengaruh metode *self healing concrete* yang digunakan menutup retakan yang berukuran kecil.

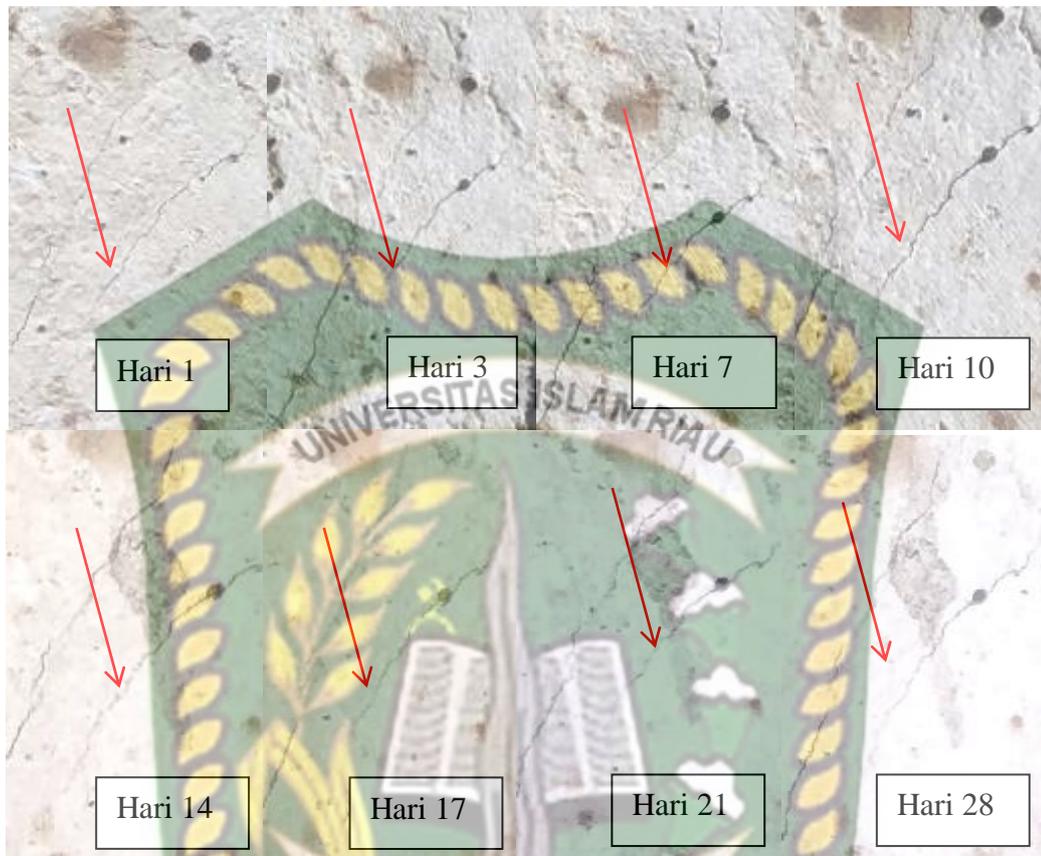
Hasil pengamatan pemulihan retakan beton variasi ekstrak limbah sayuran 5% dapat dilihat pada Gambar 5.8 berikut.



**Gambar 5.8.** Pemulihan Variasi 5% (Dokumentasi Penelitian, 2022)

Berdasarkan Gambar 5.8 retakan yang berukuran kecil pada beton mulai tertutup pada hari ke 10 pada hari ke 28 terlihat retakan kecil sudah tertutup dan zat kapur berhasil menutup retakan kecil pada beton. Terlihat pengaruh metode *self healing concrete* pada beton.

Hasil pengamatan pemulihan retakan beton variasi ekstrak limbah sayuran 7% dapat dilihat pada Gambar 5.9 berikut.



**Gambar 5.9.** Pemulihan Variasi 7% (Dokumentasi Penelitian, 2022)

Dari Gambar 5.9 penutupan retakan pada beton dengan variasi ekstrak limbah sayuran 7% hanya menutup retakan yang kecil. Pemulihan mulai terjadi pada hari ke 14 dan pada hari ke 28 retakan kecil telah tertutupi oleh zat kapur.

Hasil pengamatan pemulihan retakan ekstrak limbah sayuran variasi 9% dapat dilihat pada Gambar 5.10 berikut.





**Gambar 5.10.** Pemulihan Variasi 9% (Dokumentasi Penelitian, 2022)

Berdasarkan hasil pengamatan pada gambar 5.10 penutupan retakan pada beton dengan varian 9% dapat memulihkan retakan pada beton di hari ke 14, pemulihan pada beton sepenuhnya terjadi pada hari ke 28.

Hasil pengamatan secara visual pada gambar-gambar diatas menunjukkan perubahan yang terjadi pada retakan beton. Retakan pada beton perlahan menutup seiring perawatan beton. Air yang masuk pada celah retakan membuat zat pada ekstrak limbah sayuran aktif dan menumbuhkan spora-spora berupa zat kapur yang mengisi celah pada retakan.

## BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

### 6.1. Kesimpulan

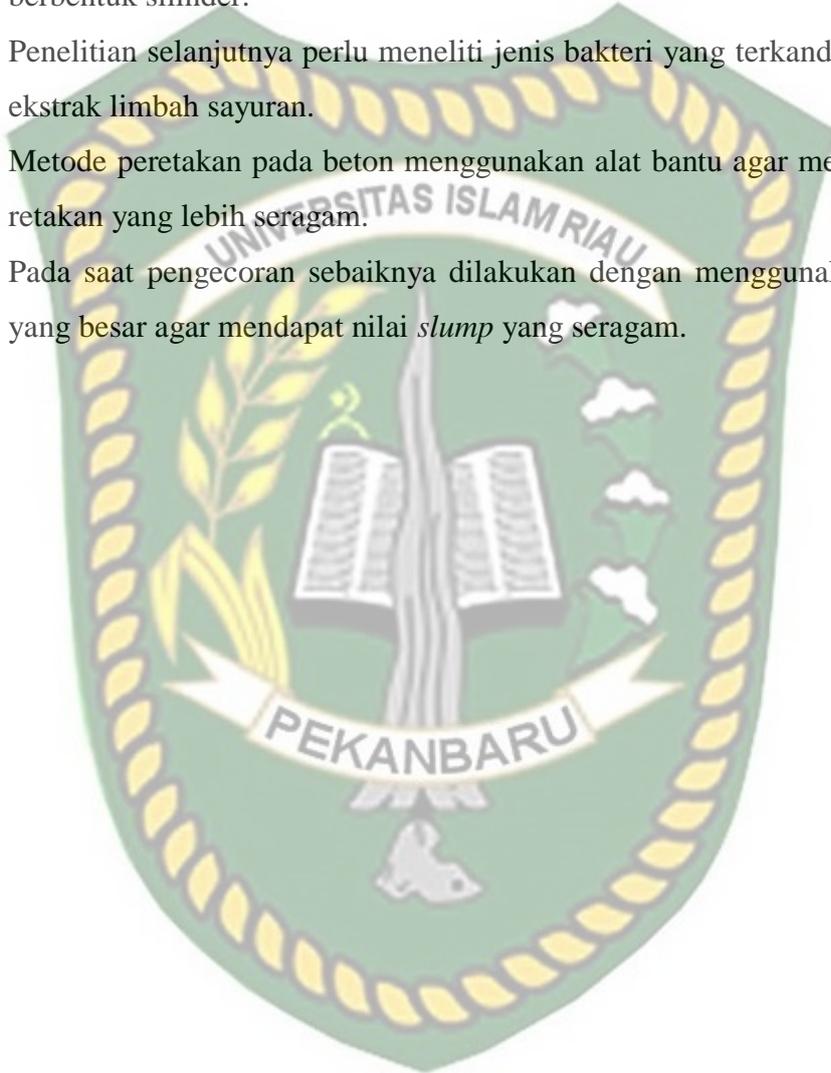
Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan mengenai pengaruh metode *self healing concrete* menggunakan ekstrak limbah sayuran terhadap nilai *slump* 30-60, kuat tekan beton dan pemulihan retakan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Nilai *slump* beton normal pada pengadukan beton tanpa diretakkan memiliki nilai *slump* 40 mm, sedangkan beton dengan menggunakan ekstrak limbah sayuran dengan variasi 3%, 5%, 7% memiliki nilai *slump* yang sama yaitu 36,67 mm dan pada variasi 9% mengalami penurunan dengan nilai *slump* 31,67 mm. Pada pengadukan beton diretakkan, beton dengan menggunakan ekstrak limbah sayuran variasi 3% mengalami penurunan dengan nilai *slump* 33,33 mm, sedangkan variasi ekstrak limbah sayuran 5% tidak mengalami kenaikan dan penurunan dengan nilai *slump* 40 mm sedangkan variasi ekstrak limbah sayuran 7% dan 9% mengalami kenaikan dengan nilai *slump* 51,67 mm. Dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi nilai *slump* maka kuat tekan beton akan rendah.
2. Kuat tekan maksimum beton dengan menggunakan ekstrak limbah sayuran umur 28 hari tanpa diretakkan yaitu pada variasi 5% dengan nilai 36,21 Mpa atau mengalami penurunan dari kuat tekan beton normal sebesar 0,74% dan setelah diretakkan pada variasi 3% dengan nilai 39,27 Mpa atau mengalami kenaikan dari kuat tekan beton normal yaitu sebesar 7,65%.
3. Hasil pengamatan secara visual pada beton dengan menggunakan ekstrak limbah sayuran dapat menutupi retakan seiring waktu perawatan. Akan tetapi, retakan yang tertutup pada beton hanya retakan-retakan yang berukuran sehelai rambut.

## 6.2. Saran

Adapun saran yang dapat diberikan pada penelitian ini yaitu :

1. Penelitian selanjutnya dapat menggunakan benda uji menurut SNI yaitu berbentuk silinder.
2. Penelitian selanjutnya perlu meneliti jenis bakteri yang terkandung dalam ekstrak limbah sayuran.
3. Metode peretakan pada beton menggunakan alat bantu agar mendapatkan retakan yang lebih seragam.
4. Pada saat pengecoran sebaiknya dilakukan dengan menggunakan molen yang besar agar mendapat nilai *slump* yang seragam.



## DAFTAR PUSTAKA

- American Society for Testing and Materials. 1985. *Standard Specification for Portland Cement*. United States: ASTM Internasional.
- American Standard Testing and Materials. 1982. *Standard Specification for Concrete Aggregates*. ASTM C33. United States: ASTM.
- Amudhavalli.N.K. Keerthana.K., Ranjani. .. 2015. “*Experimental Study on Bacterial Concrete.*” *International Journal of Scientific Engineering and Applied Science* 1(8):456–58.
- Badan Standarisasi Nasional. 1990. *Pengujian Slump*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Fauzaan. 2022. “Pengaruh Penambahan Ekstrak Limbah Sayuran Pengganti Sebagian Dari Berat Semen Terhadap Nilai *Slump* 60-80 Dan Nilai Kuat Tekan Beton Dalam Proses *Self Healing Concrete.*”
- Fauzi, Ilham. 2022. “Pengaruh Penambahan Ekstrak Limbah Sayuran Dan *Admixture Damdex* Terhadap Kuat Tekan Beton Pada Metode *Self Healing Concrete.*”
- Gobel, Fadli M. Van. 2017. “Nilai Kuat Tekan Beton Pada *Slump* Beton Tertentu.” *RADIAL-jurnal peradaban sains, rekayasa dan teknologi* 5:22–33.
- Herbert, E. N., dan V. C. Li. 2012. “*Self-healing of engineered cementitious composites in the natural environment.*” *RILEM Bookseries* 2(January 2012):155–62. doi: 10.1007/978-94-007-2436-5\_19.
- Herlambang, Wahyu, dan Asih Saraswati. 2018. “*Bio Concrete : Self-Healing Concrete, Aplikasi Mikroorganisme Sebagai Solusi Pemeliharaan Infrastruktur Rendah Biaya.*” *Simposium II – UNIID 2017* (March):520–24.
- Kardiyono Tjokrodimuljo. 1996. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Biro Penerbit: Yogyakarta.
- KKBI. 2008. *Kamus Bahasa Indonesia*. Vol. 16.
- Mulyono. 2004. *Teknologi Beton, Edisi Kedua*. Yogyakarta: Andi.
- Nawy, Edward G. 1998. *Beton Bertulang : Suatu pendekatan Dasar*. Bandung, Jawa Barat: PT. Eresco.
- PT Hesa Laras Cemerlang. 2019. “Mengenal Jenis Keretakan Struktur Beton.” Diambil (<https://hesa.co.id/?s=jenis+retak>).

SNI 03-2834. 2000. "Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal." 1–34.

SNI 2847. 2013. "Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung." 1–265.

Tjokrodimuljo, Kardiyono. 2007. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Nafiri.

Tusania, Nova Isva. 2018. "Pengolahan Limbah Sayuran Dengan Metode *Conductive Drying*." 1–11.

Widika Arfa A, Zulfikar Djauhari, Enno Yuniarto. 2018. "Sifat Fisik Beton Pulih Mandiri Dengan Memanfaatkan Bakteri *Bacillus Subtilis*." 3(2):1–8.

Wulandari, Deasy Amalia. 2015. "Penggunaan EM4 dan MOL Limbah Tomat Sebagai Bioktivator Pada Pembuatan Kompos Daun."

