

SKRIPSI

STUDI EKSPERIMENTAL KUAT TEKAN BETON SELF HEALING CONCRETE MENGGUNAKAN PERSENTASE BAKTERI *BACILLUS SUBTILIS* DAN *BACILLUS CEREUS* TANPA PERAWATAN



DAVIS RAHMAT NURSA

03011181520013

JURUSAN TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2019

SKRIPSI

**STUDI EKSPERIMENTAL KUAT TEKAN BETON
SELF HEALING CONCRETE MENGGUNAKAN
PERSENTASE BAKTERI BACILLUS SUBTILIS DAN
BACILLUS CEREUS TANPA PERAWATAN**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik
pada Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas
Sriwijaya**



DAVIS RAHMAT NURSA

03011181520013

**JURUSAN TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2019**

PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertandatangan dibawah ini:

Nama : Davis Rahmat Nursa

NIM : 03011181520013

Judul Skripsi : Studi Eksperimental Kuat Tekan Beton *Self Healing Concrete*
Menggunakan Persentase Bakteri *Bacillus Subtilis* dan *Bacillus Cereus* Tanpa Perawatan

Menyatakan bahwa skripsi ini merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil dari penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan aturan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan dari siapapun.



Indralaya, September 2019



Davis Rahmat Nursa

NIM. 03011181520013

HALAMAN PENGESAHAN

STUDI EKSPERIMENTAL KUAT TEKAN BETON *SELF HEALING CONCRETE* MENGGUNAKAN PERSENTASE BAKTERI *BACILLUS SUBTILIS* DAN *BACILLUS CEREUS* TANPA PERAWATAN

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

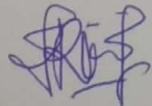
Oleh:

DAVIS RAHMAT NURSA

03011181520013

Indralaya, September 2019

Diperiksa dan disetujui,
Dosen Pembimbing 1,



Dr. Rosidawani, S.T.,M.T.
NIP. 197605092000122001

Mengetahui,
Ketua Jurusan ,



HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah ini berupa skripsi ini dengan judul “Studi Eksperimental Kuat Tekan Beton *Self Healing Concrete* Menggunakan Persentase Bakteri *Bacillus Subtilis* dan *Bacillus Cereus* Tanpa Perawatan” telah dipertahankan dihadapan tim penguji karya tulis ilmiah jurusan Teknik Sipil Universitas Sriwijaya pada tanggal 21 Agustus 2019.

Palembang, 21 Agustus 2019

Tim penguji karya tulis ilmiah berupa skripsi:

Ketua:

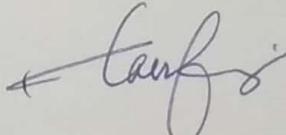
1. Dr. Rosidawani, S.T, M.T.
NIP. 197605092000122001

()

Anggota:

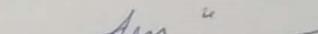
2. Dr. Taufik Ari Gunawan, ST, MT.

NIP. 197003291995121001

)

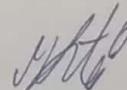
3. Dr. Edi Kadarsa, ST, MT

NIP. 197311032008121003

)

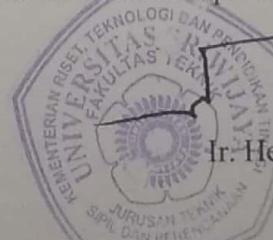
4. Mirka Pataras, ST, MT

NIP. 198111202008121001

)

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan,



Ir. Helmi Haki, M.T.



UNIVERSITAS SRIWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

HASIL SEMINAR
LAPORAN TUGAS AKHIR

NAMA : DAVIS RAHMAT NURSA
NIM : 03011181520013
JURUSAN : TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
JUDUL : STUDI EKSPERIMENTAL KUAT TEKAN BETON
SELF HEALING CONCRETE MENGGUNAKAN
PERSENTASE BAKTERI BACILLUS SUBTILIS
DAN BACILLUS CEREUS TANPA PERAWATAN

DOSEN PEMBIMBING : DR. ROSIDAWANI, S.T., M.T.

No	Tanggapan/Saran	Tanda Tangan & Nama Dosen	
		Pembimbing/ Narasumber	Revisi
1.	- Presentasi shsnya lebih jelas dan fokus ke metodologi penelitian dan penelitian terdahulu - Relasikan antara teori vs kesimpulan	<i>Lay</i> 21/19	<i>Tan</i> 26/19
2.	- Ulang JMF beton 25 MPa - Hasil kuat tekan kurang dari 25 MPa ???	<i>Lay</i>	<i>Tan</i>
3.	- Publikasi sioni masuk - Siswa ketauan, RL & kesimpulan	<i>Lay</i> 26/19	<i>Lay</i> 29/19
4.	Perbaiki Penulisan	<i>Lay</i>	<i>Lay</i>
5.			
Kesimpulan :		Ketua Jurusan,	<i>Lay</i>
<i>Tee gidi</i> 29/19		Ir. Helmi Haki, M.T. NIP. 196107031991021001	

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertandatangan dibawah ini:

Nama : Davis Rahmat Nursa

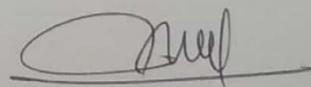
NIM : 03011181520013

Judul Skripsi : Studi Eksperimental Kuat Tekan Beton *Self Healing Concrete*
Menggunakan Persentase Bakteri *Bacillus Subtilis* dan *Bacillus Cereus* Tanpa Perawatan

Memberikan izin kepada pembimbing dan Universitas Sriwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian ini untuk kepentingan akademik apabila dalam waktu 1 (satu) tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju untuk menempatkan Pembimbing sebagai penulis korespondensi (*corresponding author*).

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Indralaya, September 2019



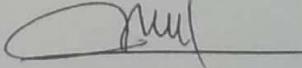
Davis Rahmat Nursa

RIWAYAT HIDUP

Nama : Davis Rahmat Nursa
Tempat lahir : Sungai Penuh
Tanggal Lahir : 14 November 1996
Jenis Kelamin : Laki-laki
Agama : Islam
Alamat : Indralaya, Kab. Ogan Ilir, Prov. Sumatera Selatan
Nomor telp. : +62823-7856-2013
E-Mail : dvsrahmat@gmail.com
Riwayat pendidikan :

Institusi Pendidikan	Jurusan	Masa Studi
SDN 1 Sungai Penuh	-	2003-2009
MTSN Modern Arafah	-	2009-2012
SMA Negeri 1 Sungai Penuh	IPA	2012-2015
Universitas Sriwijaya	Teknik Sipil	2015-2019

Hormat saya,


Davis Rahmat Nursa

RINGKASAN

STUDI EKSPERIMENTAL KUAT TEKAN BETON SELF HEALING CONCRETE MENGGUNAKAN PERSENTASE BAKTERI BACILLUS SUBTILIS DAN BACILLUS CEREUS TANPA PERAWATAN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi, September 2019

Davis Rahmat Nursa; dibimbing oleh Dr. Rosidawani, S.T.,M.T

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

xvi + 63 halaman

Self Healing Concrete (SHC) adalah beton yang dapat melakukan perbaikan secara mandiri pada retakan beton dan diharapkan dapat mengisi pori-pori pada beton dengan produksi mineral yang diakibatkan oleh aktivitas mikroba didalam beton. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi bakteri *Bacillus Subtilis* dan bakteri *Bacillus Cereus* dalam mengisi pori – pori didalam beton untuk meningkatkan kekuatan tekan beton. Material penyusunnya adalah pasir, agregat kasar, air dan larutan bakteri 6% terhadap volume air. Pada penelitian ini tidak dilakukan perawatan terhadap beton. Pengujian kuat tekan dilakukan pada beton berumur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari. Dari hasil pengujian yang dilakukan, *slump* pada SHC memiliki nilai *slump* yang lebih tinggi dari pada beton kontrol, namun tidak terlalu signifikan dikarenakan larutan bakteri yang digunakan memiliki karakteristik yang sama dengan air. Hasil pengujian kuat tekan beton, SHC yang menggunakan bakteri *Bacillus Cereus* memiliki peningkatan kuat tekan beton yang lebih besar pada umur 28 hari yaitu sebesar 14,41% dari pada SHC yang menggunakan bakteri *Bacillus Subtilis* yang hanya 10,4% jika dibandingkan dengan beton kontrol. Hal ini diperkuat dengan pengujian SEM dan EDX, pada pengujian ini SHC yang menggunakan bakteri *Bacillus Cereus* memiliki rata – rata ukuran pori pori beton yang lebih kecil yaitu 7,23 μm jika dibandingkan dengan SHC yang menggunakan bakteri *Bacillus Subtilis* yaitu sebesar 8,14 μm dan beton kontrol sebesar 12,67 μm .

Kata Kunci: *Self-healing, Bacillus Subtilis, Bacillus Cereus, Physical Properties, Compressive Strength, SEM, EDX*

SUMMARY

EXPERIMENTAL STUDIES OF COMPRESSIVE STRENGTH OF SELF-HEALING CONCRETE USING THE PERCENTAGE OF BACILLUS SUBTILIS AND BACILLUS CEREUS BACTERIA WITHOUT TREATMENT

A thesis, September 2019

Davis Rahmat Nursa; supervised by Dr. Rosidawani, S.T.,M.T.

Civil Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Sriwijaya.

xvi + 63 pages

Self Healing Concrete (SHC) is concrete that can do repairs independently of concrete cracks and is expected to fill pores in concrete with mineral production caused by microbial activity in the concrete. This study aims to determine the potential of Bacillus Subtilis bacteria and Bacillus Cereus bacteria in filling pores in the concrete to increase the compressive strength of concrete. The constituent materials are sand, coarse aggregate, water and a bacterial solution of 6% of the volume of water. In this research, concrete treatment was not carried out. Compressive strength testing is performed on concrete aged 7 days, 14 days and 28 days. From the results of tests conducted, the slump on SHC has a higher slump value than the control concrete, but not too significant because the bacterial solution used has the same characteristics as water. Concrete compressive strength test results, SHC which uses Bacillus Cereus bacteria have a greater increase in concrete compressive strength at 28 days which is 14.41% compared to SHC that uses Bacillus Subtilis bacteria which is only 10.4% when compared to control concrete. This is reinforced by SEM and EDS testing, in this test the SHC which uses the Bacillus Cereus bacteria has an average smaller concrete pore size of 7.23 μm compared to the SHC which uses the Bacillus Subtilis bacteria which is 8.14 μm and as large as 8.14 μm and control concrete 12.67 μm .

Key Words: *Self-healing, Bacillus Subtilis, Bacillus Cereus, Physical Properties, Compressive Strength, SEM, EDX*

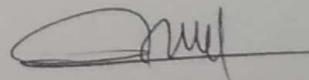
KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini dengan baik. Penyusunan laporan tugas akhir ini terdapat banyak bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, oleh karena itu, ucapan terima kasih kepada:

1. Ayah, Ibu, dan saudara-saudara saya untuk doa, semangat dan nasihat yang telah diberikan.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. H. Anis Saggaff, MSCE., selaku Rektor Universitas Sriwijaya.
3. Bapak Prof. Ir. Subryer Nasir, M.S., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Ir. Helmi Hakki, M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil yang telah turut membantu dan mengarahkan dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
5. Ibu Dr. Rosidawani, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak memberikan bantuan, ilmu dan waktu untuk konsultasi dalam menulis laporan ini.
6. Rekan Teknik Sipil Angkatan 2015 yang memberikan saran dan semangat dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini.

Akhir kata penulis menyadari bahwa penulisan laporan yang telah dibuat ini jauh dari kata sempurna, maka kritik dan saran dari pembaca sangat diperlukan. Semoga laporan proposal tugas akhir yang telah dibuat ini dapat menjadi manfaat sehingga dapat menambah wawasan.

Palembang, September 2019



Davis Rahmat Nursa

DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman Judul	i
Halaman Pernyataan Integritas	ii
Halaman Pengesahan	iii
Halaman Persetujuan.....	iv
Berita Acara	v
Halaman Persetujuan Publikasi.....	vi
Riwayat Hidup	vii
Ringkasan.....	viii
<i>Summary</i>	ix
Kata Pengantar	x
Daftar Isi.....	xi
Daftar Gambar.....	xv
Daftar Tabel	xvi
 BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Ruang Lingkup Penelitian.....	3
1.5. Metode Pengumpulan Data	4
1.6. Sistematika Penulisan	5
 BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Beton	6
2.2. Self Healing Concrete	7
2.2.1. Mekanisme penambahan bakteri ke dalam beton	8
2.2.2. Mekanisme pembentukan CaCO ₃ pada SHC	8
2.2.3. Kemampuan Hidup Bakteri pada SHC	11
2.3. Bakteri <i>Bacillus Cereus</i>	11

2.4. Bakteri Bacillus subtilis	12
2.5. Pengujian Bakteri	13
2.5.1. Pengujian Hemasitometer	13
2.5.2. Pengujian Mikroskopik	14
2.6. Bahan Penyusun Beton	14
2.6.1. Semen	14
2.6.2. Agregat Halus	15
2.6.3. Agregat Kasar	16
2.6.4. Air	16
2.7. Komposisi Self Healing Concrete	17
2.8. Pengujian Beton Segar	21
2.8.1. Pengujian Slump	21
2.9. Pengujian Kuat Tekan Beton (Compressive Strength)	22
2.10. Pengujian SEM	22
2.11. Pengujian EDS	23
 BAB 3. METODELOGI PENELITIAN	 25
3.1. Studi Literatur	25
3.2. Alur Penelitian	25
3.3. Persiapan Material	27
3.4. Persiapan Alat	30
3.5. Tahapan Pengujian di Laboratorium	37
 BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	 40
4.1. Pengujian Agregat Kasar	40
4.2. Pengujian Agregat Halus	41
4.3. Hasil Pengujian Hemasitometer	43
4.4. Hasil Pengujian Beton Segar	45
4.5. Hasil Pengujian Beton	47
4.4.1. Hasil Pengujian Berat Jenis	47
4.4.2. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton	49
4.4.3. Hasil Pengujian SEM	51

4.4.4. Hasil Pengujian EDS	52
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	57
5.1. Kesimpulan	57
5.2. Saran	58
 Daftar Pustaka	60

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Presipitasi CaCO ₃ oleh bakteri	15
2.2 Grafik Kuat Tekan Beton	16
2.3 Grafik Kuat Tekan Beton	17
2.4 Grafik Nilai Kuat Tekan Beton	21
2.5 Grafik Nilai Kuat Tekan Beton	22
3.1. Diagram tahap metodelogi penelitian	23
3.2. Semen	28
3.3. Agregat Halus	28
3.4. Air	29
3.5. Agregat Kasar	30
3.6 Bacillus Subtilis	30
3.7. Bekisting silinder	31
3.8. Slump test	31
3.9. Timbangan	32
3.10. Gelas ukur	32
3.11. Mixer pengaduk adukan beton	33
3.12. Mikroskop cahaya	33
3.13. Hemasitometer	34
3.14. Magnetic stirrer dengan hot plate	35
3.15. Autoclave	35
3.17. Tabung reaksi	35
3.18. Alat pemeriksaan zat organik	36
3.19. Alat uji kuat tekan	36
3.20. Erlenmeyer	37
4.1. Grafik hasil pengujian analisis saringan agregat kasar	41
4.2. Grafik hasil pengujian analisis saringan agregat halus	43
4.3 Grafik hasil pengujian Slump beton kontrol dan beton SHC	46
4.4. Hasil pengujian berat jenis beton	48
4.5. Grafik perbandingan kuat tekan campuran beton SHC	49

4.6 Foto SEM beton kontrol.....	51
4.7 Foto SEM beton SHC menggunakan bakteri Bacillus Subtilis.....	52
4.8 Foto SEM beton SHC menggunakan bakteri Bacillus Cereus.....	52
4.9 Hasil EDS beton kontrol	53
4.10 Hasil EDS beton SHC menggunakan bakteri Bacillus Subtilis	54
4.11 Hasil EDS beton SHC menggunakan bakteri Bacillus Cereus	54

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Persyaratan kekerasan agregat kasar	17
2.2 Komposisi campuran beton dengan persentase bakteri	19
2.3 Komposisi campuran beton untuk 1m3	20
2.4 Komposisi campuran beton untuk 1m3	21
3.1 Komposisi campuran SHC dalam 1m3	39
4.1 Data hasil pengujian agregat kasar.....	40
4.2. Data hasil pengujian agregat halus.....	42
4.3. Hasil pengamatan hemasitometer B. Subtilis.....	44
4.4. Hasil pengamatan hemasitometer bakteri B. Cereus.....	45
4.5. Persentase perubahan hasil slump test campuran beton SHC.....	46
4.6. Persentase peningkatan berat jenis terhadap umur beton SHC	48
4.7. Persentase peningkatan kuat tekan beton SHC terhadap umur beton	50
4.8. Komposisi unsur beton kontrol	55
4.9. Komposisi unsur beton SHC menggunakan bakteri Bacillus Subtilis	55
4.10. Komposisi unsur beton SHC menggunakan bakteri Bacillus Cereus ...	55

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Beton merupakan bahan bangunan yang paling banyak digunakan di dunia. Beton biasanya diaplikasikan pada pondasi, kolom, balok, plat lantai, gorong-gorong, bendung, dan bendungan. Pertimbangan dalam menggunakan beton sebagai bahan konstruksi bangunan adalah kelangsungan proses pengadaan beton dan proses produksinya. Terdapat permasalahan yang timbul pada beton dalam produksinya, salah satunya adanya pori-pori atau rongga didalam beton akibat panas proses hidrasi semen. Akibatnya, beton akan mengalami penurunan kuat tekan dan durabilitas beton. Panas hidrasi adalah panas yang dilepaskan selama semen mengalami proses hidrasi. Proses hidrasi merupakan proses reaksi antara komponen-komponen semen dengan air.

Berdasarkan permasalahan yang telah dijelaskan, dibutuhkan suatu inovasi beton yang dapat mengisi pori-pori didalam beton untuk meningkatkan kuat tekan beton, salah satunya yaitu *self healing concrete*. Menurut Khaliq dan Ehsan (2016), *self healing concrete* atau SHC adalah beton yang dapat melakukan perbaikan secara mandiri pada retakan beton dan diharapkan dapat mengisi pori-pori pada beton dengan produksi mineral CaCO₃ yang diakibatkan oleh aktivitas mikroorganisme didalam beton. Berdasarkan hal ini dapat digunakan substitusi mikroorganisme yang dapat memproduksi senyawa CaCO₃, diantaranya dengan menggunakan bakteri *bacillus subtilis* dan bakteri *bacillus cereus*. Penelitian yang telah dilakukan oleh C. C. Gavimath dkk 2012 menjelaskan bahwa pengaplikasian bakteri kedalam beton dapat meningkatkan kekuatan dan durabilitas semen. Bakteri berperan dalam mengisi pori-pori beton karena dapat memproduksi kalsium karbonat.

Berdasarkan uraian tersebut, maka dilakukan penelitian untuk mengetahui kuat tekan beton *self healing concrete* menggunakan bakteri *Bacillus Subtilis* yang dibuat di Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya dan bakteri *bacillus Cereus* yang dibuat di Sekolah Tinggi Ilmu Farmasi

Palembang. Bakteri tersebut masih dalam bentuk isolat sehingga dilakukan pengenceran di Laboratorium Mikrobiologi Fakultas MIPA Universitas Sriwijaya. Dari latar belakang diatas maka diberikan judul untuk penelitian ini yaitu “Studi Eksperimental Kuat Tekan Beton *Self Healing Concrete* Menggunakan Persentase Bakteri *Bacillus Subtilis* dan *Bacillus Cereus* Tanpa Perawatan.

1.2. Perumusan Masalah

Dari latar belakang yang telah diuraikan mengenai *self healing concrete* maka perumusan masalah yang dibahas dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut :

1. Bagaimana menentukan komposisi campuran beton dengan bakteri *bacillus subtilis* dan bakteri *bacillus cereus* ?
2. Bagaimana pengaruh persentase bakteri *bacillus subtilis* dan bakteri *bacillus cereus* terhadap sifat fisik beton tanpa perawatan ?
3. Bagaimana pengaruh persentase bakteri *bacillus subtilis* dan bakteri *bacillus cereus* terhadap kuat tekan beton tanpa perawatan ?
4. Bagaimana pengaruh persentase bakteri *bacillus subtilis* dan bakteri *bacillus cereus* terhadap mikrostruktur beton tanpa perawatan ?

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan permasalahan yang ada, maka tujuan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan komposisi campuran beton dengan bakteri *bacillus subtilis* dan bakteri *bacillus cereus*.
2. Mengetahui pengaruh bakteri *bacillus subtilis* dan bakteri *bacillus cereus* terhadap kuat tekan beton tanpa perawatan.
3. Mengetahui pengaruh bakteri *bacillus subtilis* dan bakteri *bacillus cereus* terhadap sifat fisik beton tanpa perawatan
4. Mengetahui pengaruh bakteri *bacillus subtilis* dan bakteri *bacillus cereus* terhadap mikrostruktur beton tanpa perawatan

1.4. Ruang Lingkup

Ruang lingkup pada penelitian mengenai pengaruh persentase bakteri *bacillus subtilis* dan bakteri *bacillus cereus* terhadap kuat tekan beton silinder *self-healing concrete* tanpa perawatan adalah :

1. Beton dibuat dengan menambahkan bakteri pada campuran beton.
2. Ukuran benda uji silinder 15 cm x 30 cm.
3. Pembuatan SHC menggunakan bakteri *bacillus subtilis* dan bakteri *bacillus cereus* dengan kuat tekan rencana 25 MPa.
4. Semen yang digunakan adalah PCC (*Portland Composite Cement*) dengan merek Semen Baturaja.
5. Bakteri yang diperoleh berbentuk isolat yang dibuat di Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya dan Sekolah Tinggi Ilmu Farmasi Palembang Sehingga dilakukan pengenceran yang dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi Fakultas MIPA Universitas Sriwijaya untuk mendapatkan bakteri berbentuk cairan.
6. Agregat halus yang digunakan berupa pasir lokal yang berasal dari Tanjung Raja.
7. Agregat kasar yang digunakan pada campuran beton berasal dari Tanjung Enim.
8. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian sifat fisik beton berupa pengujian slump dan berat jenis, pengujian sifat mekanik berupa kuat tekan beton, SEM dan EDS.
9. Pengujian slump dilakukan pada beton segar.
10. Pengujian berat jenis dilakukan pada umur uji benda 7, 14, 28 hari
11. Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur uji benda 7, 14, 28 hari
12. pengujian SEM dan EDS dilakukan pada umur uji benda 28 hari
13. Tidak memakai Perawatan beton .
14. Pemeriksaan, pembuatan, dan pengujian benda uji dilakukan di Laboratorium Laboratorium Teknik Sipil Universitas Sriwijaya.
15. Pengujian material mengikuti standar ASTM.
16. Standar komposisi campuran menggunakan ACI dan dimodifikasi menggunakan jurnal yang terkait dengan penelitian.

17. persentase bakteri *Bacillus Subtilis* bakteri *bacillus cereus* yang digunakan adalah 6% terhadap volume air.

1.5. Metode Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini sumber pengumpulan data yang dilakukan dengan menggunakan dua cara, yaitu :

1. Data primer

Data primer adalah data yang diperoleh dari data penelitian secara langsung.

Data primer pada penelitian ini antara lain:

- a. Pengamatan langsung di laboratorium
- b. Konsultasi langsung dengan pembimbing

2. Data sekunder

Sedangkan data sekunder adalah data yang diperoleh dari data penelitian yang sudah ada. Data sekunder pada penelitian ini antara lain:

- a. Studi pustaka sebagai referensi yang berkaitan dengan pembahasan
- b. Data-data pengujian laboratorium

1.6. Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan pada laporan tugas akhir ini disusun menjadi lima bab, yaitu:

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini berisikan tentang latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian dan sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menguraikan kajian literatur yang menjelaskan mengenai teori tentang definisi SHC, bahan campuran untuk pembuatan beton SHC, faktor yang mempengaruhi karakteristik SHC serta komposisi dan metode pencampuran dari penelitian terdahulu yang menjadi acuan untuk melaksanakan penelitian ini.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini membahas mengenai material dan alat-alat yang digunakan, pelaksanaan penelitian meliputi pengujian material, pembuatan serta pengujian benda uji.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang pengolahan data dan pembahasan dari hasil pengujian beton dan kuat tekan SHC.

BAB 5 PENUTUP

Bab ini berisi mengenai kesimpulan dari penelitian yang telah dilaksanakan dan juga saran untuk perbaikan penelitian di masa yang akan datang.

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

- ACI 211.1-91. Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete. USA. American Concrete Institute.
- A. Gandhimathi dkk. 2012. Experimental Study on Self -Healing Concrete. *Emerging Trends in Engineering Research*
- Aini, F.N., S. Sukamto, D. Wahyuni, R.G Suhesti, dan Q. Ayyunin. 2013. Penghambatan pertumbuhan *Colletotrichum gloeosporioides* oleh *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma koningii*, *Bacillus subtilis* dan *Pseudomonas fluorescens*. *Jurnal Pelita Perkebunan* 29(1): 44-52.
- Alshalif, Abdullah Faisal dkk. 2018. Improvement of mechanical properties of bio-concrete using *Enterococcus faecalis* and *Bacillus cereus* strains. *Environmental Engineering Research*
- Campbell.2008.*Biologi Edisi Kedelapan Jilid 1(Terjemahan)*.Jakarta: Erlangga
- De Rooij et al. 2013. Self-Healing Phenomena in Cement-Based Materials. Rilem Publications.
- Elisa, Nevita dkk. 2018. Sifat Mekanik Beton Dengan Menambah Bakteri *Bacillus Subtilis* Untuk Aplikasi Beton Pulih Mandiri. *Jom FTEKNIK Volume 5 Edisi 2*
- Fitrania, Yaniarto. 2018. Pengaruh Bahan Tambah Bakteri *Bacillus Subtilis* Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Beton di Lingkungan Sulfat. *Jom FTEKNIK Volume 5 Edisi 2*
- C. C. Gavimath et al. 2012. Potential Application of Bacteria to Improve The Strength of Cement Concrete. *International Journal of Advanced Biotechnology and Research*. ISSN 0976-2612, Vol 3, Issue 1, 2012, pp 541-544

- Herlambang, Wahyu. 2017. Bio Concrete: Self-Healing Concrete, Aplikasi Mikroorganisme Sebagai Solusi Pemeliharaan Infrastruktur Rendah Biaya. Prosiding Simposium II – UNIID 2017 e-ISBN: 978-979-587-734-9.
- Kashyap, Vijeth N. 2013. A Study on Effect of Bacteria on Cement Composites. *IC-RICE Conference Issue*
- Khaliq, Wasim, and Muhammad Basit Ehsan. 2016. Crack Healing in Concrete Using Various Bio Influenced Self-Healing Techniques. *Construction and Building Materials* 102 (P1): 349–57.
- Machmud, M. 2001. Teknik Penyimpanan dan Pemeliharaan Mikroba. *Buletin AgroBio* 4(1):24-32.
- Moghadas, Leila, Mahdi Shahmoradi, and Tahmineh Narimani. 2012. Antimicrobial Activity of a New Nanobased Endodontic Irrigation Solution: In Vitro Study. *Dental Hypotheses*. Vol. 3.
- Onal Okyay Tugba A4 - Frigi Rodrigues, Debora, Tugba A4 - Onal Okyay. 2014. Optimized Carbonate Micro-Particle Production by Sporosarcina Pasteuri Using Response Surface Methodology. *Ecological Engineering* v. 62: 168-174
- Pangeran, & Karolina, R. (2017). Pengaruh Kuat Tekan Beton dengan Mencampurkan Bakteri *Bacillus Subtilis* yang Dikapsulisasikan Kalsium Laktat.
- Pang, Bo, Zonghui Zhou, Pengkun Hou, Peng Du, Lina Zhang, and Hongxin Xu. 2016. Autogenous and Engineered Healing Mechanisms of Carbonated Steel Slag Aggregate in Concrete. *Construction and Building Materials*. Vol. 107.
- Park, Sung-Jin. 2012. Application of *Bacillus Subtilis* 168 as a Multifunctional Agent for Improvement of the Durability of Cement Mortar. *Journal of Microbiology and Biotechnology* 22: 1568–74.

- Rao, M S, V S Reddy, M Hafsa, P Veena, and P Anusha. 2013. Bioengineered Concrete—A Sustainable Self-Healing Construction Material. *Res. J. Eng. Sci.* Vol. 2.
- Sadath Ali Khan Zai dkk. 2015. Self Healing Concrete. Journal of Civil Engineering and Environmental Technology Volume 2.
- Seifan, Mostafa, Ali SAMANI, and Aydin Berenjian. 2016. Bioconcrete: Next Generation of Self-Healing Concrete. *Applied Microbiology and Biotechnology*. Vol. 100.
- Sharma, Piyush. 2016. A Study on Self Healing Mechanism of Microcracks in Concrete Structures Using Bacillus Bacteria. *International Journal of Scientific Research in Science, Engineering and Technology*. Vol. 02.
- Srinivasan, Maheswaran, Sam Dasuru, A Murthy, Balu Bhuvaneshwari, V R Kumar, G Palani, Nagesh Iyer, Sarayu Krishnamoorthy, and S Sandhya. 2014. Strength Improvement Studies Using New Type Wild Strain Bacillus Cereus on Cement Mortar. *Current Science*. Vol. 106.
- Tziviloglou et al. 2016. Bacteria Based Self-Healing Concrete to Increase Liquid Tightness of cracks. *Construction and Building Materials*, Vol. 122, 2016, p. 118-125.
- Van Tittelboom, K. & de Belie, N., 2013,"Self-Healing in Cementitious Materials-A Review", *Materials*, Vol. 6, hlm. 2182-2217.
- YÇ. Erşan dkk. 2015. Microbially induced CaCO₃ precipitation through denitrification: An optimization study in minimal nutrient environment. *Biochem Eng J* (2015) 101: 108-118.
- Yustiah, 2011. *Teknik Penyimpanan dan Pemeliharaan Mikroba*. Bogor: Balai Penelitian Bioteknologi Tanaman Pangan