

TUGAS AKHIR

**PEMANFAATAN BAKTERI *BACILLUS SUBTILIS* DAN BAKTERI
EKSTRAK LIMBAH SAYURAN SEBAGAI AGEN PADA *SELF-HEALING*
*CONCRETE***

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan mencapai derajat Sarjana S1 pada
Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Lambung Mangkurat

Disusun Oleh :

Norma

NIM. 2210811220065

Pembimbing :

Dr. Nursiah Chairunnisa, S.T., M.Eng.

NIP. 197907232005012005



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK SIPIL
BANJARBARU**

2026

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK SIPIL

Pemanfaatan Bakteri *Bacillus Subtilis* dan Bakteri Ekstrak Limbah Sayuran
sebagai Agen pada *Self-Healing Concrete*

Oleh

Norma (2210811220065)

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji pada 12 Januari 2026 dan dinyatakan

LULUS

Komite Penguji:

Ketua : Ir. Ade Yuniati Pratiwi, S.T., M.sc.,
Ph.D.

NIP. 19900306 202203 2 010

Anggota 1 : Dr. Ir. Ratni Nurwidayati, M.T.,
M.Eng.Sc.

NIP. 19690106 199502 2 001

Anggota 2 : Dr. Eng. Irfan Prasectia, S.T., M.T.

NIP. 19851026200812 1 001

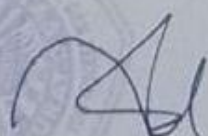
Pembimbing : Dr. Nursiah Chairunnisa, S.T., M.Eng.

NIP. 19790723 200501 2 005

Banjarbaru, 19 JAN 2026

Diketahui dan disahkan oleh:

Wakil Dekan Bidang Akademik
Fakultas Teknik ULM


Dr. Mahmud, S.T., M.T.

NIP. 19740107 199802 1 001

Koordinator Program Studi
S-1 Teknik Sipil ULM


Dr. Muhammad Arsvad, S.T., M.T.

NIP. 19720826 199802 1 001

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Norma
NIM : 2210811220065
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Tugas Akhir : Pemanfaatan Bakteri *Bacillus Subtilis* dan Bakteri Ekstrak Limbah Sayuran sebagai Agen pada *Self-Healing Concrete*
Pembimbing : Dr. Nursiah Chairunnisa, S.T., M.Eng.

Dengan ini menyatakan bahwa hasil penulisan tugas akhir yang telah saya buat ini merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata dikemudian hari penulisan tugas akhir ini merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggung jawabkan sekaligus menerima sanksi berdasarkan aturan tata tertib di Universitas Lambung Mangkurat.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak dipaksakan.

Banjarbaru, 2026

Penulis





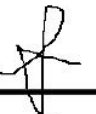





Norma

NIM. 22108112210065

LEMBAR ASISTENSI

 UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK SIPIL BANJARBARU			LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR									
No.	Nama	NIM	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.	Norma	2210811220065	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

KEGIATAN ASISTENSI

No.	Tanggal	Uraian	Paraf
1.	Kamis, 14 Agustus 2025	• Review jurnal tentang beton <i>self-healing</i>	
2.	Senin, 25 Agustus 2025	• Perbaiki bagan alur dan latar belakang • Tambahkan isi BAB 2	
3.	Jum'at, 19 September 2025	• Buat perhitungan Mix Design dan perbaiki penulisan	
4.	Selasa, 30 September 2025	• Tambahkan penulisan latar belakang dan tujuan	
5.	Sabtu, 4 Oktober 2025	• ACC Seminar Proposal	
6.	Sabtu, 1 November 2025	• Setiap pengerjaan pembuatan sampel di dokumentasikan dengan alat pelindung diri lengkap • Sesuaikan pengerjaan dengan SOP yang ada	
7.	Rabu, 25 November 2025	• Lakukan Pengujian Identifikasi Bakteri apa yang ada dalam cairan limbah sayuran	
8.	Kamis, 11 Desember 2025	• Lakukan ulang pengujian TPC/ALT Enumerasi untuk kedua sampel bakteri • Usahakan foto pemantauan retakannya posisinya benar dan sama di tiap titik	

No.	Tanggal	Uraian	Paraf
9.	Selasa, 23 Desember 2025	<ul style="list-style-type: none"> • Foto dokumentasi harus terlihat jelas • Tambahkan penjelasan foto pemantauan • Tambahkan foto beton titik yang dipantau baru foto titik retakannya • Penulisan diperbaiki lagi 	
10.	Senin, 29 Desember 2025	<ul style="list-style-type: none"> • Perbaiki grafik dan penulisan dicek lagi • Buat gambar awal dan akhir penutupan retakan • Perbaiki kesimpulan dan tambahkan saran 	
11.	Jum'at, 02 Januari 2026	<ul style="list-style-type: none"> • ACC Seminar Hasil 	

Banjarbaru, 2026

Dosen Pembimbing,



Dr. Nursiah Chairunnisa, S.T., M.Eng.

NIP. 197907232005012005

**PEMANFAATAN BAKTERI *BACILLUS SUBTILIS* DAN BAKTERI
EKSTRAK LIMBAH SAYURAN SEBAGAI AGEN *SELF-HEALING*
*CONCRETE***

Norma¹, Nursiah Chairunnisa²

¹Mahasiswa, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Lambung Mangkurat

²Dosen, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Lambung Mangkurat

Jl. Jenderal Achmad Yani Km 35,5 Banjarbaru, Kalimantan Selatan – 70714

Email: norrr.maa18@gmail.com

ABSTRAK

Beton merupakan material konstruksi yang memiliki kuat tekan tinggi namun rentan mengalami retakan mikro yang dapat menurunkan durabilitas dan umur layan struktur. Salah satu solusi yang dikembangkan adalah *self-healing concrete*, yaitu beton yang mampu memperbaiki retakan secara mandiri melalui aktivitas biologis bakteri. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan kinerja bakteri *Bacillus subtilis* dan bakteri dari ekstrak limbah sayuran sebagai agen *self-healing* terhadap penutupan retakan, kuat tekan, dan porositas beton.

Penelitian dilakukan secara eksperimental menggunakan benda uji beton silinder dengan variasi kadar bakteri 0%, 2%, 4%, dan 6% terhadap berat semen. Retakan awal diberikan pada umur 7 hari melalui pembebanan tekan bertahap hingga 50–80% dari kuat tekan rencana. Selanjutnya, benda uji direndam, diamati penutupan retakannya secara visual menggunakan mikroskop digital pembesaran 50×, serta diuji kuat tekan dan porositasnya pada umur 28 hari.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan *Bacillus subtilis* cenderung meningkatkan pemulihan kuat tekan seiring bertambahnya kadar bakteri, sedangkan peningkatan kadar bakteri ekstrak limbah sayuran menunjukkan kecenderungan penurunan kuat tekan beton. Meskipun demikian, ekstrak limbah sayuran tetap menunjukkan kemampuan menutup retakan secara visual dan berpotensi digunakan sebagai agen *self-healing* alternatif yang lebih ekonomis dan berkelanjutan.

Kata kunci: *self-healing concrete*, *Bacillus subtilis*, ekstrak limbah sayuran, kuat tekan, porositas

**UTILIZATION OF *BACILLUS SUBTILIS* BACTERIA AND VEGETABLE
WASTE EXTRACT BACTERIA AS AGENTS FOR *SELF-HEALING*
CONCRETE**

Norma¹, Nursiah Chairunnisa²

¹Underated Student of Civil Engineering, Lambung Mangkurat University

²Lecturer of Civil Engineering, Lambung Mangkurat University

Jl. Jenderal Achmad Yani Km 35.5 Banjarbaru, South Kalimantan – 70714

Email: norr.maa18@gmail.com

ABSTRACT

Concrete is a construction material that has high compressive strength but is prone to microcracks that can reduce the durability and service life of structures. One solution that has been developed is *self-healing* concrete, which is concrete that can repair cracks independently through the biological activity of bacteria. This study aims to compare the performance of *Bacillus subtilis* bacteria and bacteria from vegetable waste extracts as *self-healing* agents in terms of crack closure, compressive strength, and concrete porosity.

The study was conducted experimentally using cylindrical concrete test specimens with varying bacterial concentrations of 0%, 2%, 4%, and 6% by weight of cement. Initial cracks were induced at 7 days of age through gradual compressive loading to 50–80% of the planned compressive strength. Subsequently, the test specimens were immersed, their crack closure was observed visually using a 50× magnification digital microscope, and their compressive strength and porosity were tested at 28 days of age.

The results showed that the addition of *Bacillus subtilis* tended to increase compressive strength recovery as the bacterial content increased, while an increase in the bacterial content of vegetable waste extract showed a tendency to decrease the compressive strength of concrete. Nevertheless, vegetable waste extract still showed the ability to close cracks visually and has the potential to be used as a more economical and sustainable alternative *self-healing* agent.

Keywords: *self-healing* concrete, *Bacillus subtilis*, vegetable waste extract, compressive strength, porosity

KATA PENGANTAR

Puji Syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, Allah SWT karena limpahan nikmat, karunia dan rahmat-Nya yang telah memberikan kemudahan dalam menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “**Pemanfaatan Bakteri *Bacillus Subtilis* dan Bakteri Ekstrak Limbah Sayuran sebagai Agen *Self-Healing Concrete***”. Penyusunan Tugas Akhir ini merupakan syarat kelulusan mahasiswa/i Program Studi S-1 Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat.

Selama penyusunan laporan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak yang telah memberikan kontribusi baik berupa bantuan maupun dukungan, untuk itu pula penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada semua pihak yang terlibat dalam penyusunan laporan akhir Tugas Akhir:

1. Kepada kedua orang tua penulis, Mama dan Abah, meski kami jarang saling mengungkapkan perasaan, penulis tahu bahwa selalu ada doa dan harapan yang mengiringi setiap langkah. Dukungan kalian mungkin tak selalu terucap, tetapi hadir lewat tindakan dan kebersamaan. Selesainya skripsi ini adalah bagian dari doa dan restu kalian. Terima kasih atas pengorbanan dan kasih yang diberikan.
2. Kaka saya serta adik-adik saya yang selalu mendukung, memberikan semangat, motivasi, menghibur serta yang selalu rela mengalah untuk saya.
3. Bapak Dr. Muhammad Arsyad, S.T, M.T. selaku Koordinator Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat.
4. Dr. Nursiah Chairunnisa, S.T., M.Eng selaku dosen pembimbing yang selalu sabar dalam memberikan arahan dan penjelasan kepada saya sehingga Laporan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.
5. Ibu Dr. Ir. Ratni Nurwidayati, M.T., M.Eng.Sc., Ibu Ade Yuniati Pratiwi, S.T., M.Sc., Ph.D. dan Bapak Dr. Eng. Irfan Prasetya, S.T., M.T. selaku dosen di Laboratorium Struktur dan Material yang telah banyak memberikan ilmu dan saran yang membangun selama masa bimbingan tugas akhir ini.
6. Segenap dosen Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat yang telah banyak memberikan ilmu kepada kami.
7. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Namu yang secara tidak langsung menjadi ruang refleksi dan penguat mental bagi penulis. Melalui

pemikiran, karya, dan pesan-pesan yang disampaikan, Namu membantu penulis memahami diri sendiri, mengelola emosi, dan memandang hidup dengan lebih sehat. Kehadiran tersebut menjadi penyemangat bagi penulis dalam menjalani hidup dan melewati proses yang tidak selalu mudah.

8. Nada, Muna, Naili, Fatmi, Mia, Risna, dan Siti selaku sahabat saya yang selalu mendukung, memberikan nasehat, dan selalu menghibur saya hingga saat ini.
9. Amel, Lena, Jona, Ages, Zahra, dan Niah selaku sahabat saya di perkuliahan.
10. Teman-teman saya dalam satu tim TA bimbingan Bu Nunu, Rahma, dan Ririn, yang sudah berjuang bersama dan bekerja sama dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
11. Kepada rekan-rekan seperjuangan Program Studi Teknik Sipil Angkatan 2022 warga Zenrasyn, terima kasih atas segala motivasi dan toleransinya semoga pertemanan kita akan tetap abadi.
12. Rekan-rekan Instruktur Laboratorium Struktur dan Material Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat dan adek-adek magang yang telah banyak membantu saya dalam pembuatan tugas akhir ini.
13. Terakhir, untuk diri saya sendiri, terima kasih karena tidak menyerah dan terus berjuang hingga skripsi ini selesai. Saya bangga pada diri saya sendiri. Mari terus tumbuh dan belajar, serta merayakan segala proses yang telah dilalui.

Akhir kata, saya menyadari penyusunan Tugas Akhir ini tidak luput dari kekurangan, oleh karena itu diharapkan kritik dan saran yang membangun agar Tugas Akhir ini lebih baik lagi. Saya berharap Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua.

Banjarbaru, 2026

Penulis



Norma

NIM. 2210811220065

DAFTAR ISI

LEMBAR ASISTENSI	ii
ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Beton (<i>concrete</i>)	5
2.2 <i>Self-healing Concrete</i>	6
2.2.1 Mekanisme <i>Self-healing Concrete</i>	6
2.2.2 Jenis <i>Self-healing Agent</i>	8
2.2.3 Kelebihan dan Kekurangan <i>Self-healing</i>	9
2.3 Bakteri <i>Bacillus subtilis</i>	10
2.4 Bakteri Ekstrak Limbah Sayuran	11
2.4.1 Nutrien Tambahan.....	13
2.4.2 Total <i>Plate Count</i> (TPC).....	14
2.5 Kuat Tekan Beton.....	15
2.6 Porositas.....	16
2.7 Penelitian Terdahulu.....	17
2.7.1 Penelitian oleh Putri (2022).....	17
2.7.3 Penelitian oleh Alief (2022).....	18
2.7.4 Penelitian oleh Alepu <i>et al.</i> , (2024)	18
2.7.5 Penelitian oleh Fauzan (2022)	19
2.7.6 Penelitian oleh Harmiyati <i>et al.</i> (2022).....	19
2.7.7 Penelitian oleh Hasratia <i>et al.</i> (2023).....	20

2.7.8 Penelitian oleh Setiawan <i>et al.</i> (2023)	21
2.7.9 Penelitian oleh Ahiwale dan Khartode (2021)	22
2.7.10 Penelitian oleh Haikal <i>et al.</i> (2024)	22
2.7.11 Penelitian oleh Rizal (2021)	23
2.7.12 Penelitian oleh As'at (2020)	24
BAB III METODE PENELITIAN	26
3.1 Bagan Alir	26
3.2 Waktu dan Tempat	27
3.3 Alat dan Bahan	28
3.3.1 Alat	28
3.3.2 Bahan	28
3.4 Persiapan dan Pemeriksaan Bahan Dasar	31
3.4.1 Pengolahan Limbah Sayur Busuk Menjadi Bakteri	31
3.4.2 Uji Total <i>Plate Count</i> (TPC)	33
3.4.3 Katalisasi Bakteri <i>Bacillus subtilis</i>	36
3.5 Rancangan Penelitian	38
3.6 Perencanaan Campuran Beton (<i>Mix Design</i>)	39
3.7 Pembuatan Benda Uji	41
3.8 Perawatan Benda Uji (<i>Curing</i>)	43
3.9 Pengujian Benda Uji	43
3.9.1 Pengujian Kuat Tekan untuk Pemberian Retak Awal	43
3.9.2 Uji Pemulihan Retakan	44
3.9.3 Kuat Tekan Beton	45
3.9.4 Pengujian Porositas	46
3.10 Penarikan Kesimpulan	47
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	48
4.1 Hasil Pemeriksaan Bahan	48
4.1.1 Hasil Pemeriksaan Material	48
4.1.1 Hasil Pengujian Bakteri Isolasi dan Identifikasi	50
4.1.2 Hasil Pengujian ALT Enumerasi (TPC)	51
4.2 Hasil dan Analisa Nilai <i>Slump Test</i>	53
4.3 Pemberian Beban Retak Awal Kuat Tekan 7 Hari	55

4.4 Hasil Pengamatan Penutupan Retakan dengan Mikroskop digital USB Pembesaran 50x	57
4.5 Hasil Pengujian Kuat Tekan <i>Self-healing Concrete</i> Umur 28 Hari	127
4.6 Pengaruh Penambahan Bakteri Terhadap Kuat Tekan <i>Self-healing Concrete</i>	131
4.7 Hasil Pengujian Porositas <i>Self-healing Concrete</i>	132
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	135
5.1 Kesimpulan.....	135
5.2 Saran	136
DAFTAR PUSTAKA.....	138

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Unsur Beton.....	5
Tabel 2.2 Kekurangan dan Kelebihan Beton Pulih Mandiri (<i>Self-healing Concrete</i>)	9
Tabel 3.1 Proses Ekstrak Limbah Sayuran.....	33
Tabel 3.2 Pengenceran Bakteri sampai 10^{-6}	34
Tabel 3.3 Total Variabel dan Nomenklatur Benda Uji.....	39
Tabel 3.4 Mix Design	40
Tabel 3.5 Komposisi campuran beton per m^3 Benda Uji	40
Tabel 3.6 Komposisi campuran beton per 6 Benda Uji.....	40
Tabel 3.7 Komposisi Campuran Beton Per 1 Benda Uji	41
Tabel 4.1 Hasil Pemeriksaan Semen.....	48
Tabel 4.2 Hasil Pemeriksaan Agregat Halus	49
Tabel 4.3 Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar	49
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Nilai Slump	53
Tabel 4.5 Nilai Kuat Tekan Pemberian Retakan Awal Umur 7 Hari	56
Tabel 4.6 Nilai Pengujian Kuat Tekan Beton Tanpa Menggunakan Bakteri pada 28 Hari Pasca Perendaman Tanpa Pemberian Retak.....	127
Tabel 4.7 Nilai Pengujian Kuat Tekan Beton Tanpa Menggunakan Bakteri pada 28 Hari Pasca Perendaman.....	128
Tabel 4.8 Nilai Pengujian Kuat Tekan Self-Healing Concrete Menggunakan Bakteri <i>Bacillus subtilis</i> pada 28 Hari Pasca Perendaman.....	128
Tabel 4.9 Hasil Pengujian Kuat Tekan Self-Healing Concrete Menggunakan Bakteri Ekstrak Limbah Sayuran pada 28 Hari Pasca Perendaman.....	129
Tabel 4.10 Hasil Pengujian Analisis Void Content.....	133

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Proses Pemulihan Retakan Beton Menggunakan Bakteri.....	8
Gambar 2.2 <i>Bacillus subtilis</i>	10
Gambar 2.3 Pengujian Porositas.....	17
Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian.....	27
Gambar 3.2 Larutan Bakteri Ekstrak Limbah Sayuran	29
Gambar 3.3 Urea (NH ₂) ₂ CO	30
Gambar 3.4 Kalsium Klorida (CaCl ₂)	30
Gambar 3.5 Bakteri <i>Bacillus subtilis</i>	31
Gambar 3.6 Pengumpulan Limbah Sayuran.....	31
Gambar 3.7 Proses Pembersihan Sayuran	32
Gambar 3.8 Pembusukan Limbah Sayuran	32
Gambar 3.9 Pengenceran Benda Uji dengan NaCl 0,85%	34
Gambar 3.10 Blanko.....	35
Gambar 3.11 Inkubasi Benda Uji	35
Gambar 3.12 Hasil pengujian TPC.....	36
Gambar 3.13 Bakteri <i>Bacillus subtilis</i> dalam Media Awal (Nutrient Agar).....	37
Gambar 3.14 Bakteri <i>Bacillus subtilis</i> dalam media Nutrient Broth.....	38
Gambar 3.15 Bekisting Silinder	41
Gambar 3.16 Penimbangan Material	42
Gambar 3.17 Memasukkan Material ke dalam Mesin Molen	42
Gambar 3.18 Memasukkan Larutan Bakteri ke dalam Mesin Molen.....	42
Gambar 3.19 Pemadatan Menggunakan Vibrator.....	43
Gambar 3.20 Proses Perawatan (Curing)	43
Gambar 3.21 Proses pengamatan visual retakan beton dengan mikroskop digital USB pada pembesaran 50×	45
Gambar 3.22 Pengujian Kuat Tekan Benda Uji.....	45