LAPORAN TUGAS AKHIR

PENGARUH PENAMBAHAN KULTUR *BACILLUS SUBTILIS* BERBASIS MEDIA JAGUNG TERHADAP *SELF-HEALING* PADA BATAKO

Oleh:

Rahmawati	40030522650026
Hanif Al Baihaqi	40030522650052

Diajukan sebagai
salah satu syarat dalam menyelesaikan Sarjana Terapan
Program Studi Teknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur
Universitas Diponegoro

PROGRAM STUDI TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
DAN PERANCANGAN ARSITEKTUR
SEKOLAH VOKASI UNIVERSITAS DIPONEGORO

TAHUN 2026

LAPORAN TUGAS AKHIR

PENGARUH PENAMBAHAN KULTUR *BACILLUS SUBTILIS* BERBASIS MEDIA JAGUNG TERHADAP *SELF-HEALING* PADA BATAKO

Oleh:

Rahmawati	40030522650026
Hanif Al Baihaqi	40030522650052

Laporan ini telah diperbaiki dan disempurnakan berdasarkan masukan dan koreksi saat pelaksanaan tugas akhir pada tanggal pada tanggal 6 November 2026

Semarang, 6 November 2026

Mahasiswa I

Rahmawati
NIM. 40030522650026

Mahasiswa II

Hanif Al Baihaqi
NIM. 40030522650052

Menyetujui,

Penguji I

Moh. Nur Sholeh, S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 199301012018031001

Penguji II

Fardzanela Suwarto, S.T., M.Sc., Ph.D.
NIP. 198903212015042002

Penguji III

Andi Muflih M.M, S.T., M.Eng.
NIP. 199504102024061001

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur

Dr. Asri Nurdiana, S.T., M.T.
NIP. 198512092012122001

ABSTRAK

Batako merupakan material pasangan dinding yang berpotensi mengalami keretakan. Teknologi *self-healing* berbasis bakteri menjadi salah satu alternatif untuk membantu menutup retakan secara mandiri. Penelitian ini bertujuan menganalisis kemampuan *self-healing* batako menggunakan kultur *Bacillus subtilis* berbasis media jagung serta pengaruhnya terhadap kuat tekan, daya serap air, dan biaya produksi. Penelitian eksperimental kuantitatif dilakukan terhadap 24 benda uji dengan variasi substitusi kultur 0%, 5%, 10%, dan 15% dari sebagian air pencampur. Penutupan retakan diamati selama 28 hari menggunakan perangkat lunak Fiji/ImageJ. Hasil menunjukkan bahwa penutupan retakan rata-rata tertinggi pada hari ke-28 diperoleh pada variasi 10% sebesar 77,28%, diikuti variasi 15% sebesar 72,23%, variasi 5% sebesar 64,39%, dan kontrol sebesar 2,22%. Pada benda uji tanpa retak, kuat tekan meningkat dari 11,63 MPa pada kontrol menjadi 20,50 MPa pada variasi 15%, sedangkan daya serap air menurun dari 4,18% menjadi 1,24%. Pada benda uji yang diretakkan, kuat tekan tertinggi mencapai 18,84 MPa dan daya serap terendah sebesar 2,47%, keduanya pada variasi 15%. Biaya pembuatan meningkat dari Rp8.064,79 per buah pada kontrol menjadi Rp11.014,06 pada variasi 15%. Variasi 10% paling efektif dalam penutupan retakan, sedangkan variasi 15% menghasilkan kuat tekan tertinggi dan daya serap terendah.

Kata kunci: *Bacillus subtilis*, media jagung, *self-healing*, penutupan retakan, batako.

ABSTRACT

Concrete bricks are commonly used as wall materials but may develop cracks. Bacteria-based self-healing technology offers an alternative approach to promoting autonomous crack closure. This study aimed to analyze the self-healing performance of concrete bricks using Bacillus subtilis cultured in a corn-based medium and its effects on compressive strength, water absorption, and production costs. A quantitative experimental method was applied to 24 specimens with culture substitution levels of 0%, 5%, 10%, and 15% of part of the mixing water. Crack closure was monitored for 28 days using Fiji/ImageJ software. The results showed that the highest average crack closure on day 28 was achieved at 10% substitution (77.28%), followed by 15% (72.23%), 5% (64.39%), and the control (2.22%). For uncracked specimens, compressive strength increased from 11.63 MPa in the control to 20.50 MPa at 15% substitution, while water absorption decreased from 4.18% to 1.24%. For cracked specimens, the highest compressive strength was 18.84 MPa and the lowest water absorption was 2.47%, both at 15% substitution. Production costs increased from IDR 8,064.79 per block in the control to IDR 11,014.06 at 15% substitution. In conclusion, 10% substitution achieved the highest crack closure, whereas 15% yielded the highest compressive strength and lowest water absorption.

Keywords: *Bacillus subtilis, corn-based medium, self-healing, crack closure, concrete bricks.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur dipanjatkan ke hadirat Allah SWT. Atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik. Sholawat serta salam senantiasa disampaikan kepada Nabi Muhammad SAW yang kita nantikan syafaatnya diakhirat nanti. Tugas Akhir yang berjudul "Pengaruh Penambahan Kultur *Bacillus subtilis* Berbasis Media Jagung Terhadap *Self-Healing* pada Batako" disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan pada Program Studi Teknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur.

Penulis menyadari bahwasanya penyusunan Tugas Akhir ini tidak terlepas atas bantuan, bimbingan, serta dorongan doa dari berbagai pihak. Oleh sebab itu, penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih kepada:

1. Ibu Dr. Asri Nurdiana S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Sarjana Terapan Teknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur.
2. Ibu Fardzanela Suwarto, S.T., M.Sc., Ph.D. dan Bapak Andi Muflih Marsuq M, S.T., M.Eng. selaku pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan arahan, masukan, dan saran selama penelitian hingga penyusunan Laporan Tugas Akhir.
3. Seluruh dosen dan staf kependidikan Program Studi Sarjana Terapan Teknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur yang memberikan ilmu dan dukungan selama masa perkuliahan.
4. Orang tua dan keluarga yang senantiasa memberikan doa, dukungan moral dan material kepada penulis hingga di tahap ini.
5. Semua sahabat dan teman yang telah membantu penulis dalam menjalani studi hingga pelaksanaan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih memiliki kekurangan, baik dari segi pelaksanaan penelitian maupun penyajiannya. Penulis berharap Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi penulis, pembaca, serta pihak-pihak yang berkepentingan dalam pengembangan teknologi material konstruksi, khususnya pada penerapan metode self-healing berbasis mikroorganisme pada

material berbasis semen. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun sebagai bahan perbaikan dan pengembangan penelitian selanjutnya.

Semarang, 22 Oktober 2026

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL ..... **i**
LEMBAR PENGESAHAN ..... **ii**
ABSTRAK ..... **iii**
ABSTRACT ..... **iv**
KATA PENGANTAR ..... **v**
DAFTAR ISI ..... **vii**
DAFTAR GAMBAR ..... **ix**
DAFTAR TABEL ..... **xi**
DAFTAR LAMPIRAN ..... **xii**
BAB I PENDAHULUAN **13**
1.1 Latar Belakang 13
1.2 Rumusan Masalah 17
1.3 Tujuan Penelitian 17
1.4 Manfaat Penelitian 18
1.5 Batasan Masalah 19
BAB II TINJAUAN PUSTAKA **20**
2.1 Batako 20
2.1.1 Ukuran Batako 21
2.1.2 Syarat Fisis 21
2.2 Material Pembentuk Batako 22
2.2.1 Semen *Portland* 22
2.2.2 Agregat Halus 23
2.2.3 Air 25
2.3 Metode *Self-healing* 25
2.3.1 Mikroenkapsulasi 27
2.3.2 *Microbially Induced Calcite Precipitation* (MICP) 30
2.4 Media Kultur Bakteri *Bacillus Subtilis* 33
2.5 Analisis Retakan Berbasis Perangkat Lunak 34
2.6 Pengujian Mekanis 35
2.6.1 Daya Serap 35
2.6.2 Kuat Tekan 36
2.7 Penelitian Terdahulu 38
BAB III METODOLOGI PENELITIAN **46**
3.1 Bagan Penelitian yang Dilakukan 46
3.2 Jenis Metode Penelitian 47
3.3 Lokasi dan Waktu Penelitian 48
3.4 Desain Penelitian 48
3.5 Peralatan dan Bahan 53
3.5.1 Peralatan Penelitian 53
3.5.2 Bahan Penelitian 59
3.6 Pelaksanaan Penelitian 63
3.6.1 Proses Pembuatan Kultur Bakteri 63

3.6.2 Proses Pengujian Konsentrasi Bakteri 66
3.6.3 Proses Penambahan Bakteri ke dalam Campuran Batako.....69
3.6.4 Pengujian Agregat Halus.....70
3.7 Pembuatan Benda Uji.....77
3.7.1 Persiapan 77
3.7.2 Pembuatan Batako.....78
3.7.3 Perawatan Benda Uji Batako.....80
3.8 Pengujian Batako.....80
3.8.1 Proses Meretakkan Batako.....80
3.8.2 Pengujian *Self-Healing* pada Retakan Batako.....83
3.8.3 Pengujian Daya Serap Air.....89
3.8.4 Pengujian Kuat Tekan 90
3.9 Analisis Perbandingan Biaya 91
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....92
4.1 Analisis Pengujian pada Kultur Bakteri.....92
4.2 Analisis Pengujian Material 93
4.2.1 Agregat Halus.....93
4.3 Pemeriksaan Benda Uji 97
4.3.1 Analisis Pengujian *Self-Healing* pada Retakan Batako.....97
4.3.2 Analisis Pengujian Daya Serap Air.....102
4.3.3 Analisis Pengujian Kuat Tekan.....105
4.3.4 Analisis Perbandingan Biaya 108
4.4 Analisis Pengujian.....111
BAB V KESIMPULAN 114
5.1 Kesimpulan.....114
5.2 Kendala dan Saran.....115
DAFTAR PUSTAKA.....117

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skema *self-healing*.....27
Gambar 2.2 Skema metode *Microbially Induced Calcite Precipitation* (MICP).32
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.....47
Gambar 3.2 Cetakan batako.....53
Gambar 3.3 Blender.....53
Gambar 3.4 Timbangan digital.....54
Gambar 3.5 Pipet ukur.....54
Gambar 3.6 Termometer.....55
Gambar 3.7 Set Saringan dan *sieve shaker*.....55
Gambar 3.8 Oven.....55
Gambar 3.9 *Metal sand cone mold*.....56
Gambar 3.10 Piknometer.....56
Gambar 3.11 Gelas ukur.....57
Gambar 3.12 Loyang.....57
Gambar 3.13 Sekop.....57
Gambar 3.14 Palu karet.....58
Gambar 3.15 Bak perendaman batako.....58
Gambar 3.16 *Feeler gauge*.....58
Gambar 3.17 *Compression testing machine*.....59
Gambar 3.18 Semen *portland* golongan I.....59
Gambar 3.19 Agregat halus.....60
Gambar 3.20 Minyak/oli.....60
Gambar 3.21 Kultur murni *Bacillus subtilis*.....60
Gambar 3.22 Urea ($CO(NH_2)_2$).....61
Gambar 3.23 Kalsium klorida ($CaCl_2$).....61
Gambar 3.24 Jagung halus.....62
Gambar 3.25 Akuades.....62
Gambar 3.26 Bubuk amilase.....62
Gambar 3.27 Merendam biji jagung dengan akuades.....63
Gambar 3.28 Mengeringkan jagung halus.....64
Gambar 3.29 Memasukkan larutan amilase pada media kultur.....65
Gambar 3.30 Sampel *Bacillus subtilis*.....66
Gambar 3.31 Memasukkan kalsium klorida dan urea pada media kultur.....70
Gambar 3.32 Memasukkan agregat halus ke oven.....70
Gambar 3.33 Menimbang agregat halus untuk analisis saringan.....71
Gambar 3.34 Memasukkan agregat halus ke saringan.....71
Gambar 3.35 Menggetarkan saringan dengan mesin *sieve shaker*.....72
Gambar 3.36 Mengeringkan agregat halus hingga SSD.....73
Gambar 3.37 Memeriksa agregat halus terhadap kondisi SSD.....73

Gambar 3.38 Agregat halus kondisi SSD.....74
Gambar 3.39 Menimbang agregat untuk berat jenis.....74
Gambar 3.40 Mengisi piknometer dengan air dan agregat halus 75
Gambar 3.41 Memasukkan agregat halus ke gelas ukur 76
Gambar 3.42 Memasukkan air ke gelas ukur 76
Gambar 3.43 Gelas ukur yang telah didiamkan 24 jam 77
Gambar 3.44 Mengoleskan pelumas pada cetakan.....78
Gambar 3.45 Mencampurkan bahan.....78
Gambar 3.46 Memasukkan bakteri ke dalam *job mix* 79
Gambar 3.47 Memadatkan batako.....79
Gambar 3.48 Mengeluarkan batako dari cetakan 80
Gambar 3.49 Proses perawatan batako.....80
Gambar 3.50 Skema proses meretakkan batako (a) tampak depan, (b) tampak samping, dan (c) retakan yang terbentuk.....82
Gambar 3.51 Perletakkan benda uji untuk diretakkan.....83
Gambar 3.52 Mengukur ketebalan retak dengan *feeler gauge*.....83
Gambar 3.53 Foto penampang batako.....84
Gambar 3.54 Memasukkan foto yang akan dianalisis ke dalam *software* Fiji/ImageJ.....85
Gambar 3.55 Mengatur skala (*set scale*) 85
Gambar 3.56 Mengubah citra menjadi 8-bit.....86
Gambar 3.57 Menentukan ambang hitam putih (*threshold*).....87
Gambar 3.58 Menghapus piksel yang tidak diperlukan 87
Gambar 3.59 Mengukur luas retakan (*measure*) 88
Gambar 3.60 Mengeringkan batako ke dalam oven.....89
Gambar 3.61 Memasang pelat besi sebelum pengujian 90
Gambar 4.1 Grafik penutupan retakan 98
Gambar 4.2 Perubahan retakan benda uji variasi 10%A (a) hari ke-0, (b) hari ke-3, (c) hari ke-7, (d) hari ke-14 (e) hari ke-21, dan (f) hari ke-28....101
Gambar 4.3 Grafik pengujian daya serap batako 103
Gambar 4.4 Grafik hasil pengujian kuat tekan batako 106
Gambar 4.5 Grafik harga batako antarvariasi.....111

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Ukuran batako berdasarkan SNI 03-0348-1989 21
Tabel 2.2 Syarat fisis batako berdasarkan SNI 03-0349-1989 21
Tabel 2.3 Batasan gradasi/butiran agregat halus 24
Tabel 2.4 Komposisi nutrisi dari biji sorgum 34
Tabel 2.5 Komposisi nutrisi dari biji jagung 34
Tabel 2.6 Penelitian terdahulu 38
Tabel 3.1 Jumlah dan variasi uji batako 49
Tabel 3.2 Rekapitulasi kebutuhan bahan pada benda uji 52
Tabel 4.1 Hasil pengujian konsentrasi kultur *Bacillus subtilis* 92
Tabel 4.2 Jumlah bakteri yang terdapat pada satu buah batako setiap variasi 93
Tabel 4.3 Data pengujian gradasi agregat halus 93
Tabel 4.4 Hasil pengujian gradasi agregat halus 95
Tabel 4.5 Pengujian berat jenis agregat halus 95
Tabel 4.6 Hasil pengujian kadar lumpur agregat halus 96
Tabel 4.7 Luas area retakan 97
Tabel 4.8 Persentase penutupan retakan kumulatif 97
Tabel 4.9 Rata-rata penutupan retakan kumulatif 98
Tabel 4.10 Analisis hasil pengujian daya serap air pada batako 102
Tabel 4.11 Hasil pengujian kuat tekan batako umur 28 hari 105
Tabel 4.12 Lokasi memperoleh material 108
Tabel 4.13 Analisis harga batako konvensional 109
Tabel 4.14 Analisis harga satuan kultur *Bacillus subtilis* dengan media jagung antarvariasi 109
Tabel 4.15 Analisis harga batako *self-healing* antarvariasi 110
Tabel 4.16 Rekapitulasi rata-rata hasil pengujian 112
Tabel 4.17 Persentase hubungan hasil pengujian variasi batako inovasi dengan variasi batako kontrol 112

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil pengujian *Bacillus subtilis* pada laboratorium
Lampiran 2. Hasil pengujian gradasi agregat halus
Lampiran 3. Hasil pengujian berat jenis agregat halus
Lampiran 4. Hasil pengujian kadar lumpur
Lampiran 5. Hasil analisis penutupan retakan pada Fiji/ImageJ
Lampiran 6. Hasil perhitungan daya serap air pada batako
Lampiran 7. Dokumentasi daya serap air pada batako
Lampiran 8. Hasil perhitungan kuat tekan pada batako
Lampiran 9. Dokumentasi kuat tekan pada batako