

SKRIPSI

**STUDI KEKUATAN TEKAN DAN MODULUS
ELASTISITAS MORTAR *SELF HEALING* DENGAN
VARIASI KADAR BAKTERI *BACILLUS SUBTILIS***



**ANDREAS LUKITO
NPM : 6101901019**

**PEMBIMBING: Dr. Johannes Adhijoso Tjondro
KO-PEMBIMBING: Sisi Nova Rizkiani, S.T., M.T.**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)
BANDUNG
AGUSTUS 2023**

SKRIPSI

**STUDI KEKUATAN TEKAN DAN MODULUS
ELASTISITAS MORTAR *SELF HEALING* DENGAN
VARIASI KADAR BAKTERI *BACILLUS SUBTILIS***



**ANDREAS LUKITO
NPM : 6101901019**

**PEMBIMBING: Dr. Johannes Adhijoso Tjondro
KO-PEMBIMBING: Sisi Nova Rizkiani, S.T., M.T.**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)
BANDUNG
AGUSTUS 2023**

SKRIPSI

**STUDI KEKUATAN TEKAN DAN MODULUS
ELASTISITAS MORTAR *SELF HEALING* DENGAN
VARIASI KADAR BAKTERI *BACILLUS SUBTILIS***



ANDREAS LUKITO
NPM : 6101901019

BANDUNG, 2 AGUSTUS 2023

PEMBIMBING:

KO-PEMBIMBING:

**Dr. Johannes Adhijoso
Tjondro**

Sisi Nova Rizkiani, S.T., M.T.

UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)
BANDUNG
AGUSTUS 2023

SKRIPSI

STUDI KEKUATAN TEKAN DAN MODULUS ELASTISITAS MORTAR *SELF HEALING* DENGAN VARIASI KADAR BAKTERI *BACILLUS SUBTILIS*



ANDREAS LUKITO

NPM : 6101901019

PEMBIMBING: Dr. Johannes Adhijoso Tjondro

KO-PEMBIMBING: Sisi Nova Rizkiani, S.T., M.T.

PENGUJI 1: Herry Suryadi, Ph.D.

PENGUJI 2: Liyanto Eddy, Ph.D.

UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)

BANDUNG
AGUSTUS 2023

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : ANDREAS LUKITO
Tempat, tanggal lahir : Cirebon, 23 Juni 2001
NPM : 6101901019
Judul skripsi : **STUDI KEKUATAN TEKAN DAN MODULUS ELASTISITAS MORTAR *SELF HEALING* DENGAN VARIASI KADAR BAKTERI *BACILLUS SUBTILIS***

Dengan ini Saya menyatakan bahwa karya tulis ini adalah benar hasil karya tulis saya sendiri dan bebas plagiat. Adapun kutipan yang tertuang sebagian atau seluruh bagian pada karya tulis ini yang merupakan karya orang lain (buku, makalah, karya tulis, materi perkuliahan, internet, dan sumber lain) telah selayaknya saya kutip, sadur, atau tafsir dan dengan jelas telah melampirkan sumbernya. Bahwa tindakan melanggar hak cipta dan yang disebut plagiat merupakan pelanggaran akademik yang sanksinya dapat berupa peniadaan pengakuan atas karya ilmiah ini dan kehilangan hak kesarjanaan.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan tanpa paksaan dari pihak manapun.

(Kutipan pasal 25 ayat 2 UU no. 20 tahun 2003)

Bandung, 25 Juli 2023



Andreas Lukito

**STUDI KEKUATAN TEKAN DAN MODULUS ELASTISITAS MORTAR
SELF HEALING DENGAN VARIASI KADAR BAKTERI *BACILLUS
SUBTILIS***

**Andreas Lukito
NPM: 6101901019**

**Pembimbing: Dr. Johannes Adhijoso Tjondro
Ko-Pembimbing: Sisi Nova Rizkiani, S.T., M.T.**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)
BANDUNG
AGUSTUS 2023**

ABSTRAK

Self healing adalah salah satu terobosan teknologi di bidang konstruksi dan material. Salah satu material yang dapat menggunakan konsep dari *self healing* adalah mortar. Konsep dari *self healing* sendiri adalah material yang dapat menyembuhkan atau memulihkan sendiri kerusakan yang terjadi, dengan menambahkan sebuah bakteri atau organisme seperti *bacillus subtilis*. Sehingga dengan material dapat memulihkan sendiri kerusakan baik berupa retakan atau patahan, maka akan mengurangi biaya dan tenaga yang digunakan untuk proses perawatan dan perbaikan secara konvensional. Mortar *self healing* merupakan campuran pasir, semen dan air yang diberikan tambahan bakteri *bacillus subtilis* dalam campuran mortar tersebut. Pencampuran bakteri ke dalam campuran mortar menggunakan metode langsung artinya bakteri dalam bentuk larutan dituangkan langsung ke dalam campuran mortar.

Pada penelitian ini, bakteri yang digunakan adalah *bacillus subtilis* dengan variasi kadar bakteri terhadap agregat halus dimana variasi yang digunakan terdapat empat variasi yaitu : variasi I dengan 0% bakteri, variasi II dengan 1% bakteri, variasi III dengan 1,5% bakteri dan variasi IV dengan 2% bakteri. Variasi kadar bakteri ini akan diuji dengan dua pengujian yaitu kekuatan tekan dan modulus elastisitas. Berdasarkan hasil pengujian kekuatan tekan pada hari ke-28 diperoleh nilai 35,046 MPa, 32,181 MPa, 31,477 MPa dan 29,654 MPa. Sedangkan, untuk hasil pengujian modulus elastisitas pada hari ke-28 diperoleh nilai 20751,619, 17410, 534 MPa, 16479,62 MPa dan 15950,269 MPa. Dari hasil pengujian *poisson's ratio* diperoleh antara 0,239-0,274. Terakhir, dari nilai modulus geser diperoleh nilai 8373,667 MPa, 6829,607 MPa, 6582,790 MPa dan 6415,862 MPa. Maka pemberian bakteri ke dalam campuran mortar terjadi penurunan kekuatan mortar tetapi hal tersebut dapat diakibatkan dikarenakan *water to cement ratio* aktual yang berbeda setiap variasi.

Kata Kunci: Eksperimental, Kuat Tekan, Modulus Elastisitas, *Self Healing*, *Bacillus Subtilis*

STUDY OF COMPRESSIVE STRENGTH AND MODULUS OF ELASTICITY ON SELF HEALING MORTAR WITH VARIATION OF BACILLUS SUBTILIS CONTENT

Andreas Lukito
NPM: 6101901019

Advisor: Dr. Johannes Adhijoso Tjondro
Co-Advisor: Sisi Nova Rizkiani, S.T., M.T.

PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
BACHELOR PROGRAM

(Accredited by SK BAN-PT Number: 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)

BANDUNG
AUGUST 2023

ABSTRACT

Self healing is an innovative technology in the construction and material scope. One of the material use this concept is mortar. The concept of self healing itself is a material has capability to restore damage itself. With an addition of bacteria or microorganism such as bacillus subtilis. So that material can self-recover damage either in the form of cracks or fracture. It will reduce the cost and energy that used for conventional maintenance and repair processes. Self healing mortar is a mixture of sand, cemen and water added with bacillus subtilis or other bacteria in the mortar mixture. Mixing bacteria into the mortar mixture using the direct method, that bacterial in solution form is poured directly into the mortar mixture.

In this research, the bacteria used was bacillus subtilis with variation content of bacteria on volume fine aggregates. There are four variation used is variation I with 0% bacteria, variation II with 1% bacteria, variation III with 1,5% bacteria, and variation IV with 2% bacteria. All variation will be tested in two test, compressive strength and modulus of elasticity. Based on the test result, compressive strength on the 28th day obtained 35,046 MPa, 32,181 MPa, 31,477 MPa and 29,654 MPa. For modulus of elasticity obtained 20751,619, 17410, 534 MPa, 16479,62 MPa dan 15950,269 MPa. For Poisson's ratio obtained range between 0,239-0,274. Finally, for shear modulus of elasticity obtained 8373,667 MPa, 6829,607 MPa, 6582,790 MPa and 6415,862 MPa. So the application of bacteria to the mortar mixture decrease strength of the mortar but this can be caused by actual water to cement ratio is different for each variation.

Keywords: Experimental, Compressive Strength, Modulus of Elasticity, Self healing, Bacillus Subtilis

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa berkat Rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul “STUDI KEKUATAN TEKAN DAN MODULUS ELASTISITAS MORTAR *SELF HEALING* DENGAN VARIASI KADAR BAKTERI *BACILLUS SUBTILIS*” dengan baik. Penyusunan skripsi ini sebagai syarat kelulusan pada jenjang S-1 Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Katolik Parahyangan, Bandung.

Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis tidak lepas dari segala jenis hambatan dan masalah. Penulis sangat berterima kasih atas kritik, saran, bimbingan serta dukungan yang diberikan oleh berbagai pihak selama proses penyusunan skripsi ini. Sehingga penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Johannes Adhijoso Tjondro selaku dosen pembimbing yang sudah selalu memberikan waktu dan dukungan untuk membimbing dan memberikan masukan kepada penulis selama proses penyusunan skripsi.
2. Ibu Sisi Nova Rizkiani, S.T., M.T. selaku dosen ko-pembimbing yang juga selalu memberikan waktu dan dukungan untuk membimbing dan memberikan masukan kepada penulis selama proses penyusunan skripsi.
3. Ibu Prof. Judy Retti B. Witomo, M.App. Sc. Selaku kepala laboratorium Rekayasa Proses dan Produk Pangan yang sudah membimbing dan mengizinkan penulis menggunakan laboratorium Rekayasa Proses dan Produk Pangan selama melakukan pengujian.
4. Orang tua penulis yang selalu memberikan dukungan dan doa selama proses penyusunan skripsi.
5. Ibu Lusiana Silvia, selaku petugas laboratorium Rekayasa Proses dan Produk Pangan yang sudah turut membantu, membimbing penulis selama melakukan pembuatan bakteri, pengujian di laboratorium Rekayasa Proses dan Produk Pangan.

6. Bapak Ir. Teguh Farid, Bapak Markus Didi, dan Bapak Herry SS yang turut serta membantu dari persiapan bahan, pelaksanaan pengecoran, pengujian, saran dan masukan selama penulis melakukan kegiatan di laboratorium struktur.
7. Semua dosen penguji yang telah memberikan kritik, masukan dan saran untuk skripsi ini.
8. Mario dan Richardo selaku teman eksperimental yang selalu membantu dan mendukung selama proses penyusunan skripsi.
9. Jonathan, Athaya, Silvia, Nichika, Lucky, Albert, Stephanie, Brilianto, There, dan Feli yang telah memberikan dukungan dan saran selama melakukan kegiatan di Laboratorium Teknik Struktur.
10. Antoni, Temmy, Adela, Marchel, Ezra, Felix, dan Natanael yang telah memberikan dukungan dan hiburan selama proses penyusunan skripsi.
11. Sipil 2019 yang telah bersama-sama menjalani studi di Universitas Katolik Parahyangan.
12. Semua pihak yang telah membantu, mendukung dan terlibat dalam proses penyusunan skripsi yang tidak dapat disebutkan namanya satu per satu.

Penulis menyadari bahwa masih banyak terdapat kekurangan dalam skripsi ini dan masih jauh dari sempurna. Penulis berharap bahwa skripsi ini dapat berguna bagi penempuh studi yang ingin melakukan penelitian lebih lanjut dan dapat menambah wawasan serta pengetahuan bagi siapapun yang membacanya.

Bandung, 5 Juli 2023



Andreas Lukito

6101901019

DAFTAR ISI

SKRIPSI.....	iv
LEMBAR PERNYATAAN.....	i
ABSTRAK.....	ii
ABSTRACT.....	iii
PRAKATA.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR NOTASI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Inti Permasalahan.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Pembatasan Masalah.....	2
1.5 Metode Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
1.7 Tahapan Penelitian.....	5
BAB 2 DASAR TEORI.....	6
2.1 Mortar.....	6
2.2 Mortar <i>Self Healing</i>	7
2.3 Material Beton.....	8
2.3.1 Agregat Halus.....	8
2.3.2 Semen Portland.....	8
2.3.3 Air.....	9

2.3.4 Bakteri <i>Bacillus Subtilis</i>	10
2.3.5 Larutan Bakteri.....	11
2.3.6 Metode Pengembakbiakan Bakteri	12
2.3.6.1 Bahan Pengembakbiakan Bakteri	12
2.3.6.2 Alat.....	13
2.3.7 Metode perhitungan konsentrasi bakteri	13
2.4 Pengujian kekuatan tekan mortar	14
2.5 Pengujian modulus elastisitas mortar.....	16
2.6 Metode Perawatan (<i>Curing</i>).....	17
BAB 3 PERSIAPAN DAN PELAKSANAAN PENGUJIAN.....	20
3.1 Bahan dan benda uji	20
3.1.1 Bahan uji	20
3.1.2 Benda Uji	25
3.2 Pengujian Material	26
3.2.1 Pengujian Agregat Halus.....	26
3.2.1.1 Pengujian SSD (<i>Surface Saturated Dry</i>)	26
3.2.1.2 Pengujian <i>Specific Gravity</i>	28
3.2.1.3 Pengujian Absorpsi	29
3.2.1.4 Pengujian gradasi dan modulus kehalusan butir agregat halus	30
3.2.2 Pengujian Semen <i>Portland Composite Cemen</i>	32
3.2.2.1 Pengujian <i>specific gravity</i>	32
3.3 Pembuatan Material	33
3.3.1 Pembuatan Media Bakteri	33
3.3.1.2 Media <i>Nutrient Agar</i>	34
3.3.1.3 Media <i>Nutrient Broth</i>	39
3.3.2 Pembuatan Isolat Bakteri	42

3.3.3 Pembuatan Larutan Bakteri.....	46
3.3.4 Pembuatan Larutan Urea dan Kalsium Asetat	50
3.4 Pengujian Larutan Bakteri.....	51
3.4.1 Persiapan Alat dan Bahan	51
3.4.1.1 Peralatan.....	51
3.4.1.2 Bahan	51
3.4.2 Tahapan Pengujian	54
3.5 Trial Mix	57
3.5.1 Trial Mix 1	57
3.5.2 Hasil Trial Mix 1	58
3.5.3 Trial Mix 2	60
3.5.4 Hasil Trial Mix 2.....	60
3.6 Pengecoran Mortar	61
3.6.2 Persiapan larutan bakteri	62
3.6.3 Persiapan agregat halus, semen dan cetakan.....	63
3.6.3.1 Agregat Halus	63
3.6.3.2 Semen.....	64
3.6.3.3 Cetakan	64
3.6.4 Pelaksanaan Pengecoran Mortar	65
3.6.4.1 Peralatan.....	65
3.6.4.2 Proses pengecoran.....	66
3.6.5 Pelepasan dan Perawatan Benda Uji	67
3.7 Pengujian Benda uji	68
3.7.1 Pengujian <i>slump flow</i>	68
3.7.2 Pengujian Kekuatan Tekan	71
3.7.3 Pengujian Modulus Elastisitas dan <i>Poisson's ratio</i>	71

BAB 4 ANALISIS DATA	84
4.1 Analisis Berat Jenis	84
4.2 Analisis <i>Slump Flow</i>	86
4.3 Analisis Pengujian Kekuatan Tekan Mortar	87
4.3.1 Analisis Kekuatan Tekan Mortar	88
4.3.2 Perbandingan kekuatan tekan dengan data sekunder	90
4.3.3 Analisis Fenomena setelah Pengujian	93
4.4 Analisis Pengujian Modulus Elastisitas Mortar	95
4.5 Analisis <i>Poisson's ratio</i>	106
4.6 Analisis Modulus Geser	107
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	109
5.1 Kesimpulan	109
5.2 Saran.....	112
DAFTAR PUSTAKA	113
LAMPIRAN 1 TRIAL MIX DAN PENGECORAN.....	115
LAMPIRAN 2 MIX DESIGN MORTAR SELF HEALING	120
LAMPIRAN 3 PENGUJIAN.....	122

DAFTAR NOTASI

Berikut merupakan daftar notasi yang digunakan dalam penelitian skripsi ini antara lain sebagai berikut :

A	: Luas Penampang
ACI	: <i>American Concrete Institute</i>
ASTM	: <i>American Standard for Testing and Material</i>
BaCl ₂	: Barium Klorida
CaCO ₃	: Kalsium Karbonat
Cm	: Centi Meter
CO ₃ ⁻²	: Ion Karbonat
CO(NH ₂)	: Urea
CTM	: <i>Compression Testing Machine</i>
D _{avg}	: Diameter rata-rata <i>slump flow</i>
D _{base}	: Diameter <i>mold bronze</i>
E _c	: Modulus Elastisitas
FM	: <i>Finest Modulus</i>
fc'	: Kuat Tekan Beton Karakteristik
fm	: Kuat Tekan Mortar
G	: Modulus Geser
H ₂ O	: Air
H ₂ CO ₃	: Asam Karbonat
HCO ₃ ⁻	: Bikarbonat
H ₂ SO ₄	: Asam Sulfat
Kg	: Kilo gram
M	: Molaritas
m	: Meter
ml	: Mili Liter
NaOH	: Natrium Hidroksida
NH ⁺	: Ion Amonia
NH ₃	: Amonia
OD	: <i>Oven Dry</i>

P	: Gaya Tekan Aksial
PCC	: <i>Portland Composite Cement</i>
SNI	: Standar Nasional Indonesia
SSD	: <i>Surface Saturated Dry</i>
W/C	: <i>Water to Cemen ratio</i>
λ	: Panjang Gelombang
μm	: Mikro meter
ν	: <i>Poisson's Ratio</i>
ϵ_t	: Regangan Lateral
ϵ	: Regangan Aksial
σ	: Tegangan Aksial



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Diagram Alir Penelitian.....	5
Gambar 3.1 Agregat Halus	20
Gambar 3.2 Air Aquades	21
Gambar 3.3 NaOH 1 M	22
Gambar 3.4 Kalsium Asetat.....	23
Gambar 3.5 Urea.....	24
Gambar 3.6 BaCl	24
Gambar 3.7 Perlatan dan Wadah dalam pembuatan media	34
Gambar 3.8 Bubuk Nutrient Agar	35
Gambar 3.9 Pemeriksaan pH air.....	35
Gambar 3.10 Proses pencampuran nutrient agar	36
Gambar 3.11 Proses pemanasan dengan <i>magnetic stirrer</i>	37
Gambar 3.12 Nutrient agar di dalam tabung reaksi.....	37
Gambar 3.13 Tabung reaksi yang akan disterilisasi	38
Gambar 3.14 Tabung reaksi di dalam <i>autoclave</i>	38
Gambar 3.15 Pemiringan tabung reaksi	39
Gambar 3.16 Penimbangan Nutrient Broth	40
Gambar 3.17 Pencampuran Nutrient Broth	40
Gambar 3.18 Pengadukan larutan nutrient broth.....	41
Gambar 3.19 Penutupan labu erlenmayer.....	41
Gambar 3.20 Sterilisasi menggunakan autoclave.....	42
Gambar 3.21 Disinfeksi kawat ose	43
Gambar 3.22 Pembakaran ujung tabung reaksi	44
Gambar 3.23 Pengambilan bakteri dengan kawat ose.....	44
Gambar 3.24 Inkubator yang digunakan	45
Gambar 3.25 Isolat bakteri setelah 24 jam	46
Gambar 3.26 Isolat Bakteri dan <i>Nutrient Broth</i>	47
Gambar 3.27 Disinfeksi kawat ose	47
Gambar 3.28 Pengambilan bakteri dari tabung reaksi.....	48
Gambar 3.29 Pembakaran ujung gelas erlenmayer	48

Gambar 3.30 Melarutkan bakteri ke dalam <i>nutrient broth</i>	49
Gambar 3.31 <i>Shaking inkubator</i>	50
Gambar 3.32 Urea dan Kalsium Asetat	50
Gambar 3.33 Pengambilan H ₂ SO ₄	53
Gambar 3.34 Contoh Absorban dari McFarlan	55
Gambar 3.35 Contoh absorban dari bakteri.....	56
Gambar 3.36 Hasil Slump Flow Variasi I (0%)	59
Gambar 3.37 Slump Flow Variasi II (2%)	60
Gambar 3.38 <i>Slump Flow</i> untuk <i>trial mix 2</i>	61
Gambar 3.39 Fenomena yang terjadi selama <i>curing</i>	68
Gambar 3.40 <i>Slump flow</i> 12,5 cm variasi I (0% bakteri)	69
Gambar 3.41 <i>Slump Flow</i> 19 cm variasi II (1% bakteri).....	69
Gambar 3.42 <i>Slump Flow</i> 17,5 cm variasi III (1,5% bakteri)	70
Gambar 3.43 <i>Slump flow</i> 20 cm variasi IV (2% bakteri)	70
Gambar 4.1 Grafik <i>Flow</i> untuk seluruh variasi	87
Gambar 4.2 Perbandingan Kekuatan Tekan untuk seluruh variasi	90
Gambar 4.3 Konfigurasi pengujian kuat tekan (sumber : Mario S,2023)	91
Gambar 4.4 Grafik perbandingan kekuatan tekan	92
Gambar 4.5 Hasil pengamatan untuk benda uji variasi II	93
Gambar 4.6 Hasil mikroskop untuk benda uji variasi II	94
Gambar 4.7 Hasil pengamatan untuk benda uji variasi III	94
Gambar 4.8 Hasil mikroskop untuk benda uji variasi III	95
Gambar 4.9 Grafik hubungan tegangan dan regangan variasi I-1	96
Gambar 4.10 Grafik Hubungan Tegangan dan Regangan variasi I-2	97
Gambar 4.11 Grafik Hubungan Tegangan dan Regangan Variasi I-3	97
Gambar 4.12 Grafik hubungan tegangan dan regangan variasi II-1.....	98
Gambar 4.13 Grafik hubungan tegangan dan regangan variasi II-2.....	99
Gambar 4.14 Grafik hubungan regangan dan tegangan variasi II-3.....	99
Gambar 4.15 Grafik hubungan tegangan dan regangan variasi III-1	100
Gambar 4.16 Grafik hubungan tegangan dan regangan variasi III-2	101
Gambar 4.17 Grafik hubungan tegangan dan regangan variasi III-3	101
Gambar 4.18 Grafik Hubungan Tegangan dan Regangan variasi IV-1	102

Gambar 4.19 Grafik Hubungan tegangan dan regangan variasi IV-2 103
Gambar 4.20 Grafik Hubungan tegangan dan regangan variasi IV-3 103
Gambar 4.21 Modulus Elastisitas untuk seluruh benda uji dan variasi..... 104
Gambar 4.22 Perbandingan modulus geser untuk seluruh variasi 108



DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Jumlah benda uji untuk Uji Kekuatan Tekan	3
Tabel 1.2 Jumlah benda uji untuk Modulus Elastisitas	3
Tabel 2.1 Standar <i>McFarland</i>	14
Tabel 3.1 Jenis Benda Uji.....	25
Tabel 3.2 Jumlah Benda Uji	26
Tabel 3.3 Uji Specific Gravity Agregat Halus	29
Tabel 3.4 Hasil Pengujian absorpsi agregat halus	30
Tabel 3.5 Hasil Pengujian Analisa Saringan	31
Tabel 3.6 Hasil Pengujian Specific Gravity Semen	33
Tabel 3.7 <i>McFarland Standard</i>	54
Tabel 3.8 Kebutuhan aktual per 1 m ³ untuk <i>trial mix</i> 1	58
Tabel 3.9 Hasil Uji Kuat Tekan Variasi I (0%).....	58
Tabel 3.10 Hasil Uji Kuat Tekan Variasi II (2%)	59
Tabel 3.11 Kebutuhan aktual per 1 m ³ untuk <i>trial mix</i> 2	60
Tabel 3.12 Kebutuhan aktual per 1 m ³ untuk setiap variasi	61
Tabel 3.13 Kebutuhan aktual setiap 1 m ³ untuk pengecoran	65
Tabel 3.14 Hasil diameter <i>slump flow</i> untuk semua variasi	71
Tabel 3.15 Modulus Elastisitas Variasi I Silinder 1	72
Tabel 3.16 Modulus Elastisitas Variasi I Silinder 2	73
Tabel 3.17 Modulus Elastisitas Variasi I Silinder 3.....	74
Tabel 3.18 Modulus Elastisitas Variasi II Silinder 1	75
Tabel 3.19 Modulus Elastisitas Variasi II Silinder 2.....	76
Tabel 3.20 Modulus Elastisitas Variasi II Silinder 3.....	77
Tabel 3.21 Modulus Elastisitas Silinder 1 Variasi III (1,5% Bakteri).....	78
Tabel 3.22 Modulus Elastisitas Silinder 2 Variasi III (1,5% Bakteri).....	79
Tabel 3.23 Modulus Elastisitas Silinder 3 Variasi III (1,5% Bakteri).....	80
Tabel 3.24 Modulus Elastisitas Silinder 1 Variasi IV (2% Bakteri)	81
Tabel 3.25 Modulus Elastisitas Silinder 2 Variasi IV (2% Bakteri)	82
Tabel 3.26 Modulus Elastisitas Silinder 3 Variasi IV (2% Bakteri)	83
Tabel 4.1 Berat Jenis Mortar umur 7 hari Variasi I (0% Bakteri).....	84

Tabel 4.2 Berat Jenis Mortar umur 28 hari Variasi I (0% bakteri).....	84
Tabel 4.3 Berat Jenis Mortar umur 7 hari Variasi II (1% Bakteri).....	84
Tabel 4.4 Berat Jenis Mortar umur 28 hari Variasi II (1% Bakteri).....	85
Tabel 4.5 Berat Jenis Mortar umur 7 hari Variasi III (1,5% Bakteri)	85
Tabel 4.6 Berat Jenis Mortar umur 28 hari Variasi III (1,5% bakteri).....	85
Tabel 4.7 Berat Jenis Mortar umur 7 hari Variasi IV (2% Bakteri)	85
Tabel 4.8 Berat Jenis Mortar umur 28 hari Variasi IV (2% bakteri).....	85
Tabel 4.9 Nilai <i>Flow</i> untuk setiap variasi.....	86
Tabel 4.10 Kekuatan Mortar Seluruh Variasi	88
Tabel 4.11 Kekuatan Tekan Mortar rata-rata	89
Tabel 4.12 Kekuatan Tekan Mortar pada hari ke-28.....	89
Tabel 4.13 Kekuatan Tekan <i>Artificial Crack</i> (Sumber data : Mario S,2023).....	90
Tabel 4.14 Perbandingan kuat tekan dengan kuat tekan <i>artificial crack</i>	91
Tabel 4.15 Modulus Elastisitas Variasi I (0% Bakteri).....	98
Tabel 4.16 Modulus Elastisitas Variasi II (1% Bakteri).....	100
Tabel 4.17 Modulus Elastisitas Variasi III (1,5% Bakteri)	102
Tabel 4.18 Modulus Elastisitas Variasi IV (2% Bakteri)	104
Tabel 4.19 Koefisien Modulus Elastisitas Variasi I (0% Bakteri)	105
Tabel 4.20 Koefisien Modulus Elastisitas Variasi II (1% Bakteri).....	105
Tabel 4.21 Koefisien Modulus Elastisitas Variasi III (1,5% Bakteri).....	105
Tabel 4.22 Koefisien Modulus Elastisitas Variasi IV (2% Bakteri)	106
Tabel 4.23 Nilai <i>Poisson's ratio</i> untuk variasi I (0% bakteri)	106
Tabel 4.24 Nilai <i>Poisson's ratio</i> untuk variasi II (1% bakteri)	106
Tabel 4.25 Nilai <i>Poisson's ratio</i> untuk variasi III (1,5% bakteri).....	107
Tabel 4.26 Nilai <i>Poisson's ratio</i> untuk variasi IV (2% bakteri)	107
Tabel 4.27 Nilai Modulus Geser untuk variasi I (0% bakteri)	107
Tabel 4.28 Nilai Modulus Geser untuk variasi II (1% bakteri).....	108
Tabel 4.29 Nilai Modulus Geser untuk variasi III (1,5% bakteri).....	108
Tabel 4.30 Nilai Modulus Geser untuk variasi IV (2% bakteri)	108

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 TRIAL MIX DAN PENGECORAN.....	L115
LAMPIRAN 2 <i>MIX DESIGN</i> MORTAR <i>SELF HEALING</i>	L120
LAMPIRAN 3 PENGUJIAN.....	L122



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Mortar merupakan campuran antara air, bahan pengikat (semen portland), dan agregat halus dengan komposisi tertentu. Campuran antara semen dan agregat halus harus mempertimbangkan perbandingan tertentu sehingga kekuatan mortar sesuai dengan yang direncanakan. Sama seperti beton, mortar merupakan material yang kuat menahan tekan sedangkan mortar tidak kuat menahan tarik, sehingga ketika mortar rentan mengalami retak. Retakan yang terjadi pada mortar akan berpengaruh pada kekuatan dan durabilitasnya.

Terdapat dua cara untuk mengatasi retakan salah satunya dengan melakukan pekerjaan perbaikan, tetapi akan meningkatkan biaya untuk melakukan perbaikan. Selain itu, terdapat cara menggunakan *self healing concrete* dimana retakan akan tertutup dengan sendiri dalam jangka waktu tertentu. Dengan adanya cara tersebut merupakan salah satu terobosan terbaru, dimana beton atau mortar dapat menutup retakan tanpa ada campur tangan dari pihak luar. *Self healing concrete* menunjukkan hasil yang memuaskan ketika terjadi retakan pada awal, sehingga merupakan salah satu alternatif yang dapat dipilih selain metode konvensional (Vijay et al, 2017). Menurut Khaliq dan Ehsan, *self healing concrete* menunjukkan adanya peningkatan dari kekuatan struktur dengan mengurangi retakan yang terjadi. Dari penelitian (Ananto Nugroho dkk,2015) diketahui apabila mortar yang dicampur dengan bakteri *bacillus subtilis* akan meningkatkan kekuatan tekan dibandingkan mortar biasa. Dengan proses perawatan direndam dalam air atau campuran larutan urea dan *calcium acetate*, dimana peningkatan sebesar 25.38%, 21.40% dan 17.97% untuk hari ke 3, 7, dan 28 hari. Peningkatan terjadi pada awal perawatan disebabkan pori-pori mortar diisi oleh reaksi hidrasi dari semen. Dari sumber lainnya juga menunjukkan hal yang sama di mana pada hari ke 7 sampai 14 memiliki peningkatan kekuatan yang lebih besar dibandingkan hari ke 28.

Proses dari *self healing* pada mortar dapat dilakukan menggunakan bakteri *bacillus subtilis*. Bakteri tersebut diketahui melalui penelitian yang dilakukan oleh

Ananto Nugroho dkk, diketahui bahwa bakteri *bacillus subtilis* dapat meningkatkan kekuatan dari mortar.

1.2 Inti Permasalahan

Permasalahan utama dari penelitian ini adalah mengetahui kekuatan tekan , *poisson ratio*, modulus geser dan modulus elastisitas dari mortar *self healing*. Dari hasil pengujian akan dibandingkan kekuatan tekan serta modulus elastisitas dari mortar normal dan mortar *self healing*.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Mengetahui pengaruh pemberian bakteri *Bacillus Subtilis* pada campuran mortar.
2. Membandingkan hasil setiap pengujian campuran mortar biasa dan campuran mortar yang diberikan bakteri *Bacillus Subtilis*

1.4 Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah dalam penelitian ini berupa :

1. Ukuran dari agregat halus yang digunakan adalah yang lolos saringan No.4 (4,75 mm).
2. Jenis semen yang digunakan adalah *Portland Composite Cement (PCC)*.
3. Proporsi campuran agregat halus dengan semen sebesar 1 : 3
4. *W/C ratio* yang digunakan sebesar 0,5
5. Bakteri yang digunakan adalah *Bacillus Subtilis*
6. Menggunakan variasi kadar bakteri sebesar 1, 1,5 dan 2% dari volume agregat halus.
7. *Curing* untuk mortar normal dan mortar *self healing* yaitu dengan direndam dengan air.
8. Metode *mix design* yang digunakan metode volume absolut.
9. Dimensi benda uji mortar sebanyak 24 buah yaitu kubus berukuran 50 x 50 x 50 mm³.
10. Dimensi benda uji mortar normal untuk pengujian modulus elastisitas sebanyak 12 buah yaitu silinder berdiameter 10 cm dan tinggi silinder 20 cm.

11. Pengujian kuat tekan menggunakan alat uji *Compression Testing Machine*.

Tabel 1.1 Jumlah benda uji untuk Uji Kekuatan Tekan

Pengujian	Umur Pengujian	Jenis Mortar	Variasi Kadar Bakteri				Total Benda Uji
			0 %	1%	1,5%	2%	
Uji Kuat Tekan	7	Mortar Normal	3	-	-	-	3
		Mortar <i>self healing</i>	-	3	3	3	9
	28	Mortar Normal	3	-	-	-	3
		Mortar <i>self healing</i>	-	3	3	3	9
Total Benda Uji Kuat Tekan						24	

Tabel 1.2 Jumlah benda uji untuk Modulus Elastisitas

Pengujian	Umur Pengujian	Jenis Mortar	Variasi Kadar Bakteri				Total Benda Uji
			0 %	1%	1,50%	2%	
Uji Modulus Elastisitas	28	Mortar Normal	3	-	-	-	3
		Mortar <i>self healing</i>	-	3	3	3	9
		Total Benda Uji Modulus Elastisitas					

1.5 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Studi Literatur

Pada penelitian ini, dilakukan studi literatur yang bertujuan untuk mendapatkan berbagai acuan atau dasar teori yang dibutuhkan dalam melaksanakan penelitian ini khususnya untuk studi eksperimental. Dalam hal ini, literatur yang dipergunakan sebagai acuan atau dasar teori berupa jurnal, buku, internet dst.

2. Studi Eksperimental

Studi Eksperimental akan dilakukan di laboratorium struktur berupa uji kuat tekan beton dan akan dilakukan juga di laboratorium teknik kimia berupa budidaya bakteri.

1.6 Sistematika Penulisan

1. BAB 1 PENDAHULUAN

Bab satu ini akan membahas mengenai latar belakang masalah, inti permasalahan, tujuan penelitian, pembatasan masalah, metode penelitian, sistematika penulisan dan tahapan penelitian.

2. BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab dua ini akan membahas mengenai dasar teori yang akan digunakan dalam penelitian yang dilakukan,

3. BAB 3 PERSIAPAN DAN PELAKSANAAN PENGUJIAN

Bab tiga ini akan membahas mengenai persiapan bahan uji, pelaksanaan pengujian dan pencatatan hasil uji.

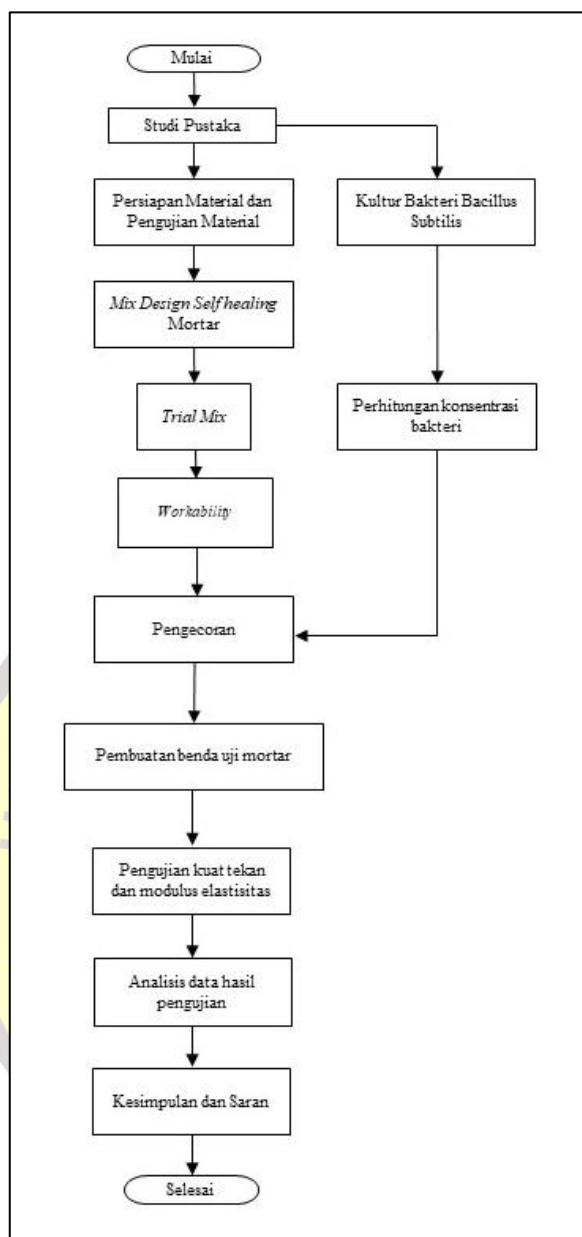
4. BAB 4 ANALISIS DATA

Bab empat ini akan membahas mengenai proses dan hasil analisis dari pengujian yang telah dilaksanakan serta membandingkan hasil benda uji satu dengan yang lainnya.

5. BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab lima ini akan membahas mengenai kesimpulan yang didapatkan setelah melakukan analisis data pengujian serta saran untuk pengujian atau penelitian berikutnya.

1.7 Tahapan Penelitian



Gambar 1.1 Diagram Alir Penelitian