

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	(i)
HALAMAN PENGESAHAN .....	(ii)
HALAMAN PERNYATAAN .....	(iii)
PRAKATA.....	(iv)
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	(vii)
DAFTAR ISI.....	(viii)
DAFTAR TABEL.....	(xii)
DAFTAR GAMBAR .....	(xiv)
DAFTAR PERSAMAAN .....	(xvii)
DAFTAR LAMPIRAN.....	(xviii)
INTISARI .....	(xix)
ABSTRACT.....	(xx)
<b>BAB 1. PENDAHULUAN .....</b>	<b>(1)</b>
1.1 Latar Belakang .....	(1)
1.2 Permasalahan .....	(4)
1.3 Keaslian Penelitian .....	(5)
1.4 Tujuan .....	(5)
1.5 Manfaat .....	(6)
1.6 Batasan Penelitian .....	(6)
<b>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA &amp; LANDASAN TEORI.....</b>	<b>(8)</b>
2.1. Tinjauan Pustaka .....	(8)
2.1.1 Bakteri sebagai Penyembuhan Mandiri.....	(8)
2.1.2 Hidrogel Bakteri .....	(10)
2.1.3 Mortar Bakteri .....	(11)
2.1.4 Batu Apung ( <i>pumice</i> ) sebagai Pozzolan.....	(11)
2.1.5 Memperbaiki Retak secara Mandiri .....	(14)
<b>2.2 Landasan Teori .....</b>	<b>(14)</b>
2.2.1 Retak Beton .....	(14)
2.2.2 Batu Apung ( <i>Pumice</i> ) sebagai Pozzolan.....	(15)

2.2.3 Bakteri <i>Bacillus subtilis</i> sebagai Agent Penyembuhan Mandiri pada Retak Beton .....	(17)
2.2.4 Perhitungan Perkembangbiakan Bakteri .....	(18)
2.2.5 Enkapsulasi Hidrogel Bakteri.....	(18)
2.2.5.1 Hidrogel.....	(18)
2.2.5.2 Enkapsulasi Bakteri .....	(19)
2.2.6 Penyembuhan Mandiri Pada Retak Beton .....	(21)
<b>2.3 Keberlanjutan Self-healing pada Retak Beton .....</b>	<b>(25)</b>
2.3.1 Tinjauan Lingkungan dan Toksisitas .....	(26)
2.3.2 Tinjauan Ekonomi .....	(27)
2.3.3 Tinjauan Sosial .....	(28)
<b>2.4 Analisis Pengujian .....</b>	<b>(29)</b>
2.4.1 <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM) .....	(29)
2.4.2 <i>X-ray Fluorecence</i> (XRF) .....	(29)
2.4.3 Pengujian Mekanika Terhadap Beton .....	(29)
<b>2.5 Hipotesis .....</b>	<b>(30)</b>
<b>BAB III. METODE PENELITIAN .....</b>	<b>(31)</b>
<b>3.1. Waktu dan Lokasi Penelitian .....</b>	<b>(32)</b>
3.1.1. Pengambilan Batu Apung Lombok .....	(32)
3.1.2. Laboratorium Konservasi Borobudur .....	(32)
3.1.3. Laboratorium <i>Mikrobiologi</i> PAU UGM .....	(32)
3.1.4. Laboratorium <i>Bioteknologi</i> PAU UGM .....	(33)
3.1.5. Laboratorium Bahan di Diploma Teknik Sipil UGM .....	(33)
3.1.6. Laboratorium Penelitian dan Pengujian Terpadu UGM .....	(33)
<b>3.2. Bahan Penelitian .....</b>	<b>(34)</b>
3.2.1. Sampel Batu Apung .....	(34)
3.2.2. Bakteri <i>Bacillus subtilis</i> .....	(34)
3.2.3. Semen Portland.....	(35)
3.2.4. Agregat .....	(36)
3.2.5. Air .....	(36)
3.2.6. <i>Carboxy Methyl Cellulose</i> (CMC) .....	(37)

3.2.7. <i>Acrilic resin</i> .....	(37)
3.2.8. Media Agar .....	(39)
3.2.9. <i>Nutrient Broth</i> .....	(39)
<b>3.3. Alat Pengujian</b> .....	(40)
3.3.1. <i>Autoclave</i> .....	(40)
3.3.2. Timbangan .....	(41)
3.3.3. <i>Incubator Shaker</i> .....	(41)
3.3.4. <i>Refrigerator</i> .....	(42)
3.3.5. Alat <i>X-Ray Fluorence (XRF)</i> .....	(42)
3.3.6. Mesin Ayak Agregat.....	(43)
3.3.7. Alat Pencetak Hidrogel.....	(44)
3.3.8. Alat Cetak Beton Uji Beton .....	(44)
3.3.9. Alat Pengujian Kuat Tekan dan Kuat Lentur .....	(45)
3.3.10. Alat Uji <i>Scanning Electron Microscope (SEM)</i> .....	(46)
<b>3.4. Pembuatan Benda Uji</b> .....	(47)
3.4.1. Pengujian Bahan Baku .....	(47)
3.4.2. Pengembangbiakan Bakteri <i>Bacillus subtilis</i> .....	(47)
3.4.3. Pembuatan Benda Uji Hidrogel Bakteri .....	(47)
3.4.4. Pembuatan Benda Uji Enkapsulasi Bakteri .....	(47)
3.4.5. Pembuatan Benda Uji Beton .....	(49)
<b>3.5. Pengujian Laboratorium</b> .....	(49)
3.5.1 Analisis Kimia .....	(49)
3.5.2 Analisis Fisis .....	(49)
3.5.3 Analisis Mekanika .....	(50)
<b>BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN</b> .....	(51)
4.1. Hasil dan Pembahasan Sifat Kimia .....	(51)
4.2. Hasil Pengujian dan Pembahasan Sifat Mekanik Beton.....	(53)
4.2.1 Kuat Lentur.....	(54)
4.2.1.1 Kuat Lentur Sebelum Retak .....	(54)
4.2.1.2 Kuat Lentur Setelah Retak .....	(59)

4.2.1.3 Perbandingan Kuat Lentur .....	(64)
4.2.1.3.a Perbandingan Kuat Lentur untuk Diameter Enkapsulasi 2 mm dengan Persentase Enkapsulasi.....	(64)
4.2.1.3.b Perbandingan Kuat Lentur Untuk Diameter Enkapsulasi 3 mm dengan Komposisi Persentase Enkapsulasi .....	(69)
4.2.1.3.c Perbandingan Kuat Lentur untuk Diameter Enkapsulasi 4 mm dengan Komposisi Persentase Enkapsulasi .....	(73)
4.2.2 Kuat Tekan.....	(84)
4.3. Hasil dan Pembahasan Pengujian Fisik pada Beton .....	(90)
4.3.1 Perbaikan Mandiri pada Retak Beton .....	(90)
4.3.2 Hasil Pengujian dan Pembahasan SEM.....	(93)
4.4 Analisis Keberlanjutan.....	(95)
4.4.1 Tinjauan Lingkungan, dan Toksisitas .....	(95)
4.4.2 Tinjauan Keberlanjutan Ekonomi .....	(98)
4.4.3 Tinjauan Keberlanjutan Sosial.....	(102)
<b>BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>(104)</b>
5.1 Kesimpulan.....	(104)
5.2 Saran .....	(106)
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>(107)</b>