

HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PERSETUJUAN .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
ABSTRAK .....	iv
ABSTRACT .....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR TABEL .....	xii
DAFTAR GRAFIK .....	xiv
DAFTAR GAMBAR .....	xviii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Pembatasan Masalah .....	3
1.4.1 Penelitian ke I .....	4
1.4.2 Penelitian ke II .....	4
1.5 Manfaat Penelitian .....	5
1.6 Keaslian Penelitian .....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	7
2.1 Beton .....	7
2.2 Bakteri sebagai Agen <i>Self healing concrete</i> .....	8
2.3 Mekanisme <i>Self healing concrete</i> .....	10
2.4 Air .....	13
2.5 CMC Bahan penghidrogelan <i>Enkapsulasi</i> .....	14
BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....	16
3.1 Bagan Alir Penelitian .....	16
3.2 Bahan Penelitian .....	17

3.2.1	Bakteri <i>Bacillus Subtilis</i> dan <i>Bacillus Cereus</i> .....	17
3.2.2	<i>Nutrient Broth</i> .....	18
3.2.3	CMC ( <i>Carboxyl Methyl Cellulose</i> ) .....	19
3.2.4	Resin Akrilik .....	19
3.2.5	Alkohol .....	20
3.2.6	<i>Portland Pozolan Cement</i> (PPC) .....	21
3.2.7	Pasir .....	22
3.2.8	Kerikil .....	22
3.2.9	Air Bersih dan Air <i>Aquades</i> .....	23
3.2.10	<i>Nutrient Agar</i> .....	24
3.3	Alat Penelitian .....	25
3.3.1	Gelas <i>Becker</i> .....	25
3.3.2	Tabung <i>Erlenmeyer</i> .....	26
3.3.3	Tabung reaksi .....	26
3.3.4	Kawat <i>Ose</i> .....	27
3.3.5	<i>Buncen</i> .....	28
3.3.6	<i>Aluminium Foil</i> dan <i>Plastik Wrap</i> .....	28
3.3.7	<i>Microwave</i> .....	29
3.3.8	Timbangan Digital .....	30
3.3.9	Lemari Pendingin .....	30
3.3.10	<i>Autoclave</i> .....	31
3.3.11	<i>Stirrer</i> .....	32
3.3.12	<i>Laminar Air Flow</i> .....	32
3.3.13	<i>Inakubator Shaker</i> .....	33
3.3.14	Cetakan beton .....	34
3.3.15	Penumbuk Baja .....	35
3.3.16	Gelas Ukur .....	35
3.3.17	Bejana Besar .....	36
3.3.18	Cetok .....	36
3.3.19	Cetakan Hidrogel .....	37
3.3.20	Ayakan .....	38
3.3.21	Mesin Uji Kuat Tekan dan Kuat Lentur.....	38
3.3.22	Mesin Uji SEM ( <i>Scanning Electron Microscope</i> ) .....	39
3.4	Pelaksanaan Penelitian .....	40

3.5 Tahapan Penelitian .....	41
3.5.1 Pembiakan bakteri .....	41
3.5.2 Pembuatan nutrisi kaldu .....	43
3.5.3 Pembuatan media hidrogel bakteri .....	46
3.5.4 Pembuatan selaput akrilik .....	48
3.5.5 Pembuatan Beton Bakteri.....	50
3.5.6 Pengujian kuat tekan dan kuat lentur beton bakteri.....	56
3.5.7 Pengujian SEM ( <i>Scanning Electron Microscope</i> ) .....	58
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....	60
4.1 Hasil Pengujian Penelitian ke I.....	60
4.1.1 Pengujian Kuat Tekan Beton .....	60
4.1.2 Pengujian Kuat Lentur Beton .....	62
4.1.3 Pengamatan Sampel .....	77
4.1.4 Pengujian SEM ( <i>Scanning Electron Microscope</i> ) .....	85
4.2 Hasil Pengujian Penelitian ke II.....	89
4.2.1 Pengujian Kuat Lentur Beton .....	89
4.2.2 Pengamatan Sampel .....	112
4.2.3 Pengujian SEM ( <i>Scanning Electron Microscope</i> ) .....	120
BAB V PENUTUP .....	124
5.1 Kesimpulan .....	124
5.2 Saran .....	125
DAFTAR PUSTAKA .....	126
LAMPIRAN .....	128

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Kebutuhan Material Beton, Sampel Beam 160 x 40 x 40 mm ( Penelitian ke I ).....	50
Tabel 3.2	Kebutuhan Material Beton, Sampel Beam 160 x 40 x 40 mm ( Penelitian ke I ).....	51

Tabel 3.3	Kebutuhan Material Beton, Sampel Beam 160 x 40 x 40 mm ( Penelitian ke I ).....	51
Tabel 3.4	Sampel Kubus 50 x 50 x 50 mm ( Penelitian ke I ).....	52
Tabel 3.5	Sampel Kubus 50 x 50 x 50 mm ( Penelitian ke I ).....	52
Tabel 3.6	Sampel Kubus 50 x 50 x 50 mm ( Penelitian ke I ).....	53
Tabel 3.7	Sampel Beam 500 x 100 x 100 mm ( Penelitian ke II ).....	53
Tabel 3.8	Sampel Beam 500 x 100 x 100 mm ( Penelitian ke II ).....	54
Tabel 3.9	Sampel Beam 500 x 100 x 100 mm ( Penelitian ke II ).....	54
Tabel 3.10	Sampel Beam 500 x 100 x 100 mm ( Penelitian ke II ).....	55
Tabel 4.1	Hasil pengujian Kuat Tekan Sampel Beton Tanpa Bakteri dan dengan Penambahan Hidrogel Bakteri <i>Bacillus subtilis</i> . ....	61
Tabel 4.2	Hasil Pengujian Kuat Lentur Sampel Beton Tanpa Hidrogel Bakteri dan dengan Penambahan Hidrogel Bakteri <i>Bacillus subtilis</i> .....	63
Tabel 4.3	Hasil Pengujian Kuat Lentur Tahap ke II Sampel Beton dengan Hidrogel Bakteri <i>Bacillus subtilis</i> .....	64
Tabel 4.4	Hasil pengujian Kuat Lentur Sampel Beton Tanpa Bakteri dan dengan Penambahan Hidrogel Bakteri <i>Bacillus subtilis</i> .....	90
Tabel 4.5	Hasil pengujian Kuat Lentur Sampel Beton Tanpa Bakteri dan dengan Penambahan Hidrogel Bakteri <i>Bacillus cereus</i> .....	102

## DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1	Campuran Beton Tanpa Hidrogel Bakteri (Kontrol) .....	66
Grafik 4.2	a. Campuran Beton Dengan Hidrogel Ø 2 mm dan Persentase Bakteri 3 %, Sampel I (Tahap 1) dan, b. Campuran Beton Dengan Hidrogel Ø 2 mm dan Persentase Bakteri 3 %, Sampel I (Tahap 2).....	67
Grafik 4.3	a. Campuran Beton Dengan Hidrogel Ø 2 mm dan Persentase Bakteri 5 %, Sampel II (Tahap 1) dan, b. Campuran Beton Dengan Hidrogel Ø 2 mm dan	

	Persentase	Bakteri	5	%,	Sampel	II	(Tahap
	2).	68					
Grafik 4.4	a. Campuran Beton Dengan Hidrogel Ø 2 mm dan Persentase Bakteri 7 %, Sampel III (Tahap 1) dan, b. Campuran Beton Dengan Hidrogel Ø 2 mm dan	Persentase	Bakteri	7	%,	Sampel	III (Tahap
	2).	69					
Grafik 4.5	a. Campuran Beton Dengan Hidrogel Ø 3 mm dan Persentase Bakteri 3 %, Sampel IV (Tahap 1) dan, b. Campuran Beton Dengan Hidrogel Ø 3 mm dan	Persentase	Bakteri	3	%,	Sampel	IV (Tahap
	2).	70					
Grafik 4.6	a. Campuran Beton Dengan Hidrogel Ø 3 mm dan Persentase Bakteri 5 %, Sampel V (Tahap 1) dan, b. Campuran Beton Dengan Hidrogel Ø 3 mm dan	Persentase	Bakteri	5	%,	Sampel	V (Tahap
	2).	71					
Grafik 4.7	a. Campuran Beton Dengan Hidrogel Ø 3 mm dan Persentase Bakteri 7 %, Sampel VI (Tahap 1) dan, b. Campuran Beton Dengan Hidrogel Ø 3 mm dan	Persentase	Bakteri	7	%,	Sampel	V (Tahap
	2).	72					
Grafik 4.8	a. Campuran Beton Dengan Hidrogel Ø 4 mm dan Persentase Bakteri 3 %, Sampel VII (Tahap 1) dan, b. Campuran Beton Dengan Hidrogel Ø 4 mm dan	Persentase	Bakteri	3	%,	Sampel	VI (Tahap
	2).	73					
Grafik 4.9	a. Campuran Beton Dengan Hidrogel Ø 4 mm dan Persentase Bakteri 5 %, Sampel VIII (Tahap 1) dan, b. Campuran Beton Dengan Hidrogel Ø 4 mm dan	Persentase	Bakteri	5	%,	Sampel	V (Tahap
	2).	74					
Grafik 4.10	a. Campuran Beton Dengan Hidrogel Ø 4 mm dan Persentase Bakteri 7 %, Sampel IX (Tahap 1) dan, b. Campuran Beton Dengan Hidrogel Ø 4 mm dan	Persentase	Bakteri	7	%,	Sampel	VII (Tahap
	2).	75					

	Sampel I.....	91
Grafik 4.12	Campuran Beton Dengan Hidrogel Ø 2 mm dan Persentase Bakteri 3 %, Sampel II .....	92
Grafik 4.13	Campuran Beton Dengan Hidrogel Ø 2 mm dan Persentase Bakteri 5 %, Sampel III .....	93
Grafik 4.14	Campuran Beton Dengan Hidrogel Ø 2 mm dan Persentase Bakteri 5 %, Sampel IV .....	94
Grafik 4.15	Campuran Beton Dengan Hidrogel Ø 3 mm dan Persentase Bakteri 3 %, Sampel V .....	95
Grafik 4.16	Campuran Beton Dengan Hidrogel Ø 3 mm dan Persentase Bakteri 5 %, Sampel VI .....	96
Grafik 4.17	Campuran Beton Dengan Hidrogel Ø 3 mm dan Persentase Bakteri 7 %, Sampel VII .....	97
Grafik 4.18	Campuran Beton Dengan Hidrogel Ø 4 mm dan Persentase Bakteri 3 %, Sampel VIII .....	98
Grafik 4.19	Campuran Beton Dengan Hidrogel Ø 4 mm dan Persentase Bakteri 5 %, Sampel IX .....	99
Grafik 4.20	Campuran Beton Dengan Hidrogel Ø 4 mm dan Persentase Bakteri 7 %, Sampel X .....	100
Grafik 4.21	Campuran Beton Dengan Hidrogel Ø 2 mm dan Persentase Bakteri 3 %, Sampel XI .....	103
Grafik 4.22	Campuran Beton Dengan Hidrogel Ø 2 mm dan Persentase Bakteri 5 %, Sampel XII .....	104
Grafik 4.23	Campuran Beton Dengan Hidrogel Ø 2 mm dan Persentase Bakteri 7 %, Sampel XIII .....	105

Grafik 4.24	Campuran Beton Dengan Hidrogel Ø 3 mm dan Persentase Bakteri 3 %, Sampel XIV .....	106
Grafik 4.25	Campuran Beton Dengan Hidrogel Ø 3 mm dan Persentase Bakteri 5 %, Sampel XV .....	107
Grafik 4.26	Campuran Beton Dengan Hidrogel Ø 3 mm dan Persentase Bakteri 7 %, Sampel XVI .....	108
Grafik 4.27	Campuran Beton Dengan Hidrogel Ø 4 mm dan Persentase Bakteri 3 %, Sampel XVII .....	109
Grafik 4.28	Campuran Beton Dengan Hidrogel Ø 4 mm dan Persentase Bakteri 5 %, Sampel XVIII .....	110
Grafik 4.29	Grafik 4.29 Campuran Beton Dengan Hidrogel Ø 4 mm dan Persentase Bakteri 7 %, Sampel XIX .....	111