

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING T.A	ii
HALAMAN PENGESAHAN TIM PENGUJI TUGAS AKHIR.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
LEMBAR KONSULTASI	v
LEMBAR PERSEMBAHAN	viii
INTISARI	ix
ABSTRACT	x
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xviii
DAFTAR GAMBAR	xx
DAFTAR LAMPIRAN	xxiv

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	4
1.6 Keaslian Penelitian	5

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton	6
2.2 Beton Bakteri	7
2.3 Bahan Penyusun Beton	8
2.3.1 Semen Portland	8
2.3.2 Agregat	8

2.3.2.1 Agregat Halus	9
2.3.2.2 Agregat Kasar	10
2.3.3 Air	11
2.3.4 Carboxyl Methyl Cellulose (CMC)	12
2.3.5 Bakteri <i>Bacillus Subtillis</i>	12
2.4 Pengujian	13
2.4.1 Pengujian Kuat Lentur	13
2.4.2 Pengujian Permeabilitas	14
2.4.3 Pengujian Serap Air (Water Absorbtion)	16
 BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Bagan Alir Penelitian	17
3.2 Bahan Penelitian	19
3.2.1 Bakteri <i>Bacillus Subtillis</i>	19
3.2.2 Nutrient Broth (NB)	19
3.2.3 Aquades	20
3.2.4 Carboxy Methyl Cellulose (CMC)	21
3.2.5 Semen Portland Komposit (PCC)	21
3.2.6 Alkohol	22
3.2.7 Spiritus	23
3.2.8 Pasir	23
3.2.9 Kerikil	24
3.2.10 Air Bersih	24
3.2.11 Oli	25
3.3 Alat Penelitian	25
3.3.1 Neraca dan Neraca Mikro Digital	25
3.3.2 Botol Kaca	26
3.3.3 Tabung Ukur	26
3.3.4 Lampu Bunsen	27
3.3.5 Micro Pipet	27
3.3.6 Kawat Ose	27

3.3.7 Preparat	28
3.3.8 Mikroskop	28
3.3.9 Autoclave	29
3.3.10 Lemari Pendingin	30
3.3.11 Wadah Plastik	30
3.3.12 Aluminium Foil	30
3.3.13 Plastik Warp	31
3.3.14 Sarung Tangan	31
3.3.15 Masker	32
3.3.16 APD-K3	32
3.3.17 Ayakan	33
3.3.18 Molen/Mixer	33
3.3.19 Cetakan Beton	34
3.3.20 Ember	34
3.3.21 Cetok	35
3.3.22 Timbangan Digital	35
3.3.23 Timbangan Fagani	35
3.3.24 Kuas	36
3.3.25 Penumbuk Baja	36
3.3.26 Palu	36
3.3.27 Oven	37
3.3.28 Alat Uji Lentur Beton	37
3.3.29 Alat Uji Kuat Tarik Belah	38
3.3.30 Alat Uji Permeabilitas	39
3.4 Waktu dan Tempat Pelaksanaan Penelitian	40
3.5 Pelaksanaan Penelitian	41
3.5.1 Pembuatan Media	41
3.5.1.1 Diagram Alir Pembuatan Media	42
3.5.1.2 Foto Langkah Kerja Pembuatan Media	42
3.5.2 Perkembangan Bakteri	43
3.5.2.1 Diagram Alir Perkembangan Bakteri	44

3.5.1.2 Foto Langkah Kerja Perkembangan Bakteri	45
3.5.3 Pembuatan Media Hidrogel dan Proses Enkapsulasi	47
3.5.3.1 Diagram Alir Pembuatan Media Hidrogel dan Proses Enkapsulasi.....	47
3.5.3.2 Foto Langkah Kerja Pembuatan Media Hidrogel dan Proses Enkapsulasi.....	49
3.5.4 Pencampuran Beton Bakteri	50
3.5.4.1 Mix Design Campuran Beton	51
3.5.1.2 Tabel Kebutuhan Bahan Campuran	51
3.5.1.1 Diagram Alir Pencampuran Beton Bakteri	59
3.5.1.2 Foto Langkah Pencampuran Beton Bakteri	60
3.5.5 Pengujian Kuat Lentur Beton	62
3.5.5.1 Sketsa Pengujian Kuat Lentur Balok.....	62
3.5.5.2 Diagram Alur Pengujian Kuat Lentur Beton	63
3.5.5.3 Foto Langkah Kerja Pengujian Kuat Lentur Beton	63
3.5.6 Pengujian Serapan Air.....	64
3.5.6.1 Sketsa Pengujian Serapan atau Absorpsi.....	64
3.5.5.2 Diagram Alur Pengujian Serapan Beton.....	65
3.5.5.3 Foto Langkah Kerja Pengujian Serapan Beton	66
3.5.7 Pengujian Permeabilitas.....	67
3.5.7.1 Sketsa Pengujian Permeabilitas dan Kuat Tarik Belah	68
3.5.7.2 Diagram Alur Pengujian Permeabilitas.....	69
3.5.7.3 Foto Langkah Kerja Pengujian Permeabilitas Beton	71

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Kuat Lentur Beton	73
4.1.1 Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton	73
4.1.2 Hasil Analisa Data Pengujian Kuat Lentur Beton	77
4.2 Pengujian Penyerapan Air (Water Absorbtion)	79
4.2.1 Hasil Pengujian Penyerapan Air (Water Absorbtion)	80
4.2.2 Hasil Analisa Data Pengujian Penyerapan Air (Water Absorbtion)	82

4.3 Pengujian Permeabilitas	83
4.3.1 Hasil Pengujian Permeabilitas	84
4.3.2 Hasil Analisa Data Pengujian Permeabilitas	96
4.3 Pengujian pH	103
4.3.1 Hasil Pengujian pH	104
4.3.2 Hasil Analisa Data Pengujian pH	104
4.3 Pengamatan Sampel	104
4.3.1 Sampel Beton Sebelum Dilakukan Pengujian	104
4.3.2 Sampel Beton Setelah Dilakukan Pengujian	105
 BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	110
5.2 Saran	111
 DAFTAR PUSTAKA	113
LAMPIRAN	116

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Formulir perencanaan adukan beton cara SNI 03-2847-2002	50
Tabel 3.2 Kebutuhan material sampel beton beam ukuran- 100 × 100 × 500 mm untuk kontrol dan variasi bakteri- (Presentase Bakteri 0,3; 0,5; 0,7; 0,9; 1,1% dari berat pasir)	51
Tabel 3.3 Kebutuhan material sampel beton kubus ukuran- 100 × 100 × 100 mm untuk kontrol dan variasi bakteri- (Presentase Bakteri 0,3; 0,5; 0,7; 0,9; 1,1% dari berat pasir)	54
Tabel 3.4 Kebutuhan material sampel beton kubus ukuran- 150 × 150 × 150 mm untuk kontrol dan variasi bakteri- (Presentase Bakteri 0,3; 0,5; 0,7; 0,9; 1,1% dari berat pasir)	56
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Beban Maksimum Sampel Beton Normal dan Sampel Dengan Penambahan Mikro Kapsul Bakteri <i>Bacillus Subtillis</i>	74
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Kuat Lentur Sampel Beton Normal dengan Penambahan Mikro Kapsul Bakteri <i>Bacillus Subtillis</i>	76
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Penyerapan Air (<i>Water Absorbtion</i>) pada Sampel- Beton Tanpa Mikro Kapsul Bakteri dan dengan Penambahan- Mikro Kapsul Bakteri <i>Bacillus Subtillis</i>	80
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Terhadap Penyerapan Air (<i>Water Absorbtion</i>)- pada Sampel Beton Tanpa Mikro Kapsul Bakteri dan dengan- Penambahan Mikro Kapsul Bakteri <i>Bacillus Subtillis</i> untuk- Perbandingan dengan Syarat SNI 03-2914-1990	81
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Nilai Penetrasi Permeabilitas pada Sampel Beton- Normal	85
Tabel 4.6 Hasil Pengujian Nilai Koefisien Permeabilitas Selama 24 jam pada- Sampel Beton Normal	86
Tabel 4.7 Hasil Pengujian Nilai Penetrasi Permeabilitas pada Sampel Beton- dengan Penambahan 0,3% Mikro Kapsul Bakteri <i>Bacillus Subtillis</i> - Pengganti Agregat Halus	87

Tabel 4.8 Hasil Pengujian Nilai Koefisien Permeabilitas Selama 24 jam pada-Sampel Beton dengan Penambahan 0,3% Mikro Kapsul Bakteri- <i>Bacillus Subtillis</i> Pengganti Agregat Halus	88
Tabel 4.9 Hasil Pengujian Nilai Penetrasi Permeabilitas pada Sampel Beton-dengan Penambahan 0,5% Mikro Kapsul Bakteri <i>Bacillus Subtillis</i> -Pengganti Agregat Halus	89
Tabel 4.10 Hasil Pengujian Nilai Koefisien Permeabilitas Selama 24 jam-pada Sampel Beton dengan Penambahan 0,5% Mikro Kapsul-Bakteri <i>Bacillus Subtillis</i> Pengganti Agregat Halus	90
Tabel 4.11 Hasil Pengujian Nilai Penetrasi Permeabilitas pada Sampel-Beton dengan Penambahan 0,7% Mikro Kapsul Bakteri <i>Bacillus-Subtillis</i> Pengganti Agregat Halus	91
Tabel 4.12 Hasil Pengujian Nilai Koefisien Permeabilitas Selama 24 jam-pada Sampel Beton dengan Penambahan 0,7% Mikro Kapsul-Bakteri <i>Bacillus Subtillis</i> Pengganti Agregat Halus	92
Tabel 4.13 Hasil Pengujian Nilai Penetrasi Permeabilitas pada Sampel-Beton dengan Penambahan 0,9% Mikro Kapsul Bakteri <i>Bacillus-Subtillis</i> Pengganti Agregat Halus	93
Tabel 4.14 Hasil Pengujian Nilai Koefisien Permeabilitas Selama 24 jam-pada Sampel Beton dengan Penambahan 0,9% Mikro Kapsul-Bakteri <i>Bacillus Subtillis</i> Pengganti Agregat Halus	94
Tabel 4.15 Hasil Rata – rata Pengujian Nilai Koefisien Permeabilitas Selama-24 jam pada Sampel Beton dengan Tanpa Penambahan Mikro-Kapsul dan Penambahan Mikro Kapsul Bakteri <i>Bacillus Subtillis</i> Pengganti Agregat Halus	96

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	17
Gambar 3.2 Bakteri <i>Bacillus Subtillis</i>	19
Gambar 3.3 <i>Nutrient Broth for microbiology</i>	20
Gambar 3.4 <i>Aquades</i>	20
Gambar 3.5 <i>Carboxy Methyl Cellulose (CMC)</i>	21
Gambar 3.6 Semen Portland Komposit	22
Gambar 3.7 Alkohol	22
Gambar 3.8 Spiritus dan lampu bunsen	23
Gambar 3.9 Pasir	23
Gambar 3.10 Kerikil	24
Gambar 3.11 Air bersih	24
Gambar 3.12 Oli	25
Gambar 3.13 Neraca <i>Micro Digital</i>	26
Gambar 3.14 Neraca	26
Gambar 3.15 Botol kaca	26
Gambar 3.16 Tabung ukur	27
Gambar 3.17 <i>Micro pipet</i>	27
Gambar 3.18 Kawat ose	28
Gambar 3.19 Preparat	28
Gambar 3.20 Mikroskop	29
Gambar 3.21 <i>Autoclave</i>	29
Gambar 3.22 Lemari pendingin	30
Gambar 3.23 Wadah plastik	30
Gambar 3.24 <i>Aluminium foil</i>	31
Gambar 3.25 <i>Plastic warp</i>	31
Gambar 3.26 Sarung tangan	31
Gambar 3.27 Masker	32
Gambar 3.28 APD-K3	32
Gambar 3.29 Satu set ayakan	33

Gambar 3.30 Molen/Mixer	33
Gambar 3.31 Cetakan beton	34
Gambar 3.32 Ember plastik	34
Gambar 3.33 Cetok	35
Gambar 3.34 Timbangan digital	35
Gambar 3.35 Timbangan fagani	35
Gambar 3.36 Kuas	36
Gambar 3.37 Penumbuk baja	36
Gambar 3.38 Palu	36
Gambar 3.39 Oven	37
Gambar 3.40 Alat uji lentur beton	38
Gambar 3.41 Alat uji tarik belah	39
Gambar 3.42 Alat uji permeabilitas	40
Gambar 3.43 Diagram alir pembuatan media	42
Gambar 3.44 Foto langkah kerja pembuatan media	43
Gambar 3.45 Diagram alir perkembangbiakan bakteri	44
Gambar 3.46 Foto langkah kerja Perkembangbiakan bakteri	46
Gambar 3.47 Diagram alir Pembuatan media hidrogel dan proses enkapsulasi.....	47
Gambar 3.48 Foto Langkah Kerja pembuatan media hidrogel dan proses enkapsulasi.....	49
Gambar 3.49 Diagram alir pencampuran beton	59
Gambar 3.50 Foto langkah kerja pembuatan beton	61
Gambar 3.51 Sketsa pengujian kuat lentur beton	62
Gambar 3.52 Diagram alir pengujian kuat lentur beton	63
Gambar 3.53 Foto langkah kerja pengujian kuat lentur beton	64
Gambar 3.54 Sketsa pengujian serapan atau absorpsi	65
Gambar 3.55 Diagram alir pengujian serapan beton	65
Gambar 3.56 Foto langkah kerja daya serap air	67
Gambar 3.57 Sketsa pengujian permeabilitas beton	68
Gambar 3.58 Sketsa pengujian kuat tarik belah.....	69

Gambar 3.59 Diagram alir pengujian permeabilitas beton	69
Gambar 3.60 Foto langkah kerja pengujian permeabilitas.....	72
Gambar 4.1 Grafik rata-rata beban maksimum beton bakteri <i>bacillus</i> <i>subtillis</i>	78
Gambar 4.1 Grafik rata-rata kuat lentur beton bakteri <i>bacillus subtillis</i>	79
Gambar 4.3 Penyerapan Air (<i>Water Absorbition</i>) pada Sampel Beton Normal Bakteri dan Sampel Beton Dengan Penambahan Mikro Kapsul Bakteri <i>Bacillus Subtillis</i>	83
Gambar 4.4 Grafik nilai penetrasi sampel beton normal	97
Gambar 4.5 Grafik nilai penetrasi sampel beton dengan penambahan mikro kapsul bakteri <i>bacillus subtillis</i> 0,3%	97
Gambar 4.6 Grafik nilai penetrasi sampel beton dengan penambahan mikro kapsul bakteri <i>bacillus subtillis</i> 0,5%	98
Gambar 4.7 Grafik nilai penetrasi sampel beton dengan penambahan mikro kapsul bakteri <i>bacillus subtillis</i> 0,7%	98
Gambar 4.8 Grafik nilai penetrasi sampel beton dengan penambahan mikro kapsul bakteri <i>bacillus subtillis</i> 0,9%	99
Gambar 4.9 Nilai Koefisien Permeabilitas Selama 24 jam pada Sampel Beton Normal	100
Gambar 4.10 Nilai Koefisien Permeabilitas Selama 24 jam pada Sampel Beton dengan Penambahan 0,3% Mikro Kapsul Bakteri <i>Bacillus</i> <i>Subtillis</i>	100
Gambar 4.11 Nilai Koefisien Permeabilitas Selama 24 jam pada Sampel Beton dengan Penambahan 0,5% Mikro Kapsul Bakteri <i>Bacillus Subtillis</i>	101
Gambar 4.12 Nilai Koefisien Permeabilitas Selama 24 jam pada Sampel Beton dengan Penambahan 0,7% Mikro Kapsul Bakteri <i>Bacillus Subtillis</i>	101
Gambar 4.13 Nilai Koefisien Permeabilitas Selama 24 jam pada Sampel Beton dengan Penambahan 0,9% Mikro Kapsul Bakteri <i>Bacillus Subtillis</i>	102

Gambar 4.14 Grafik Rata-Rata Nilai Kuat Tarik Belah pada Sampel Beton Normal dan Penambahan Mikro Kapsul Bakteri <i>Bacillus Subtillis</i>	103
Gambar 4.15 Sampel Beton pada 27 hari Perendaman.....	105
Gambar 4.16 Sampel Balok 100 × 100 × 500 mm Setelah Pengujian (a,b) Perbandingan Mikro Kapsul Bakteri Beton $\phi 3\text{mm}$ presentase 0,3% dari Berat Pasir.....	106
Gambar 4.17 Sampel Balok 100 × 100 × 500 mm Setelah Pengujian (a,b) Perbandingan Mikro Kapsul Bakteri Beton $\phi 3\text{mm}$ presentase 0,5% dari Berat Pasir.....	106
Gambar 4.18 Sampel Balok 100 × 100 × 500 mm Setelah Pengujian (a,b) Perbandingan Mikro Kapsul Bakteri Beton $\phi 3\text{mm}$ presentase 0,7% dari Berat Pasir.....	106
Gambar 4.19 Sampel Balok 100 × 100 × 500 mm Setelah Pengujian (a,b) Perbandingan Mikro Kapsul Bakteri Beton $\phi 3\text{mm}$ presentase 0,9% dari Berat Pasir.....	107
Gambar 4.20 Sampel Balok 100 × 100 × 500 mm Setelah Pengujian (a,b) Perbandingan Mikro Kapsul Bakteri Beton $\phi 3\text{mm}$ presentase 1,1% dari Berat Pasir.....	107
Gambar 4.21 Sampel Kubus 150 × 150 × 150 mm Setelah Pengujian (a,b) Perbandingan Mikro Kapsul Bakteri Beton $\phi 3\text{mm}$ presentase 0,3% dari Berat Pasir.....	108
Gambar 4.22 Sampel Kubus 150 × 150 × 150 mm Setelah Pengujian (a,b) Perbandingan Mikro Kapsul Bakteri Beton $\phi 3\text{mm}$ presentase 0,5% dari Berat Pasir.....	108
Gambar 4.23 Sampel Kubus 150 × 150 × 150 mm Setelah Pengujian (a,b) Perbandingan Mikro Kapsul Bakteri Beton $\phi 3\text{mm}$ presentase 0,7% dari Berat Pasir.....	108
Gambar 4.24 Sampel Kubus 150 × 150 × 150 mm Setelah Pengujian (a,b) Perbandingan Mikro Kapsul Bakteri Beton $\phi 3\text{mm}$ presentase 0,9% dari Berat Pasir.....	109

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A <i>Mix Design</i> Campuran Beton	116
LAMPIRAN B Logbook Penelitian <i>Self Healing Concrete</i>	117