PENGARUH PENAMBAHAN BAKTERI BACILLUS CEREUS DENGAN METODE MIKROENKAPSULASI DALAM PROSES SELF HEALING CONCRETE
SATRIYO AGUS ADI P, AGUS KURNIAWAN, ST., MT., Ph.D
Universitas Gadjah Mada, 2016 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

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 ..... **xiv**
DAFTAR TABEL ..... **xx**
DAFTAR GAMBAR ..... **xxii**
DAFTAR LAMPIRAN ..... **xxviii**

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 5
1.3 Batasan Masalah 5
1.3.1 Uji lentur 5
1.3.2 Uji Daya Serap Air 6
1.3.3 Uji Permeabilitas 7
1.3.4 Uji pH 8
1.4 Tujuan Penelitian 8
1.5 Manfaat Penelitian 9
1.5.1 Manfaat Teoritis 9
1.5.2 Manfaat Praktis 9
1.6 Keaslian Penelitian 10

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PENGARUH PENAMBAHAN BAKTERI BACILLUS CEREUS DENGAN METODE MIKROENKAPSULASI DALAM PROSES SELF HEALING CONCRETE
SATRIYO AGUS ADI P, AGUS KURNIAWAN, ST., MT., Ph.D
Universitas Gadjah Mada, 2016 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton 12
2.1.1 Material Pembentuk Beton 13
2.1.1.1 Semen Portland 13
2.1.1.2 Air 14
2.1.1.3 Agregat 15
2.2 Inovasi Beton dengan Bakteri 15
2.2.1 Bakteri Sebagai Agen Self Healing Concrete 19
2.2.2 Bakteri Bacillus Cereus Sebagai Agen Self Healing Concrete 20
2.2.3 Pertumbuhan Bakteri 20
2.2.4 Proses Self Healing Concrete 23
2.2.4.1 Penyembuhan Intrinsik 23
2.2.4.2 Penyembuhan berdasarkan Mikrokapsul 24
2.2.4.3 Penyembuhan berdasarkan Vaskular 25
2.3 Pengujian 26
2.3.1 Pengujian Kuat Tekan 26
2.3.2 Pengujian Kuat Lentur 27
2.3.3 Pengujian Permeabilitas 28
2.3.4 Pengujian Penyerapan Air (Water Absorbttion) 30

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Pendekatan Penelitian 31
3.2 Benda Uji 32
3.3 Tahap dan Prosedur Penelitian 32
3.4 Diagram Alih Penelitian 34
3.5 Bahan Penelitian 37
3.5.1 Bakteri Bacillus cereus 37
3.5.2 Nutrient Broth (NB) 37
3.5.3 Aquades 38
3.5.4 Carboxyl Methyl Cellulose (CMC) 39
3.5.5 Alkohol 40

PENGARUH PENAMBAHAN BAKTERI BACILLUS CEREUS DENGAN METODE MIKROENKAPSULASI DALAM PROSES SELF HEALING CONCRETE
SATRIYO AGUS ADI P, AGUS KURNIAWAN, ST., MT., Ph.D
Universitas Gadjah Mada, 2016 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

3.5.6 Semen Portland Komposit 41
3.5.7 Agregat Halus 42
3.5.8 Agregat Kasar 43
3.5.9 Air bersih 43
3.5.10 *Oli* 44
3.6 Alat Penelitian Pembiakan Bakteri 45
3.6.1 Alat Pelindung Diri 45
3.6.2 Labu Erlenmeyer 45
3.6.3 Neraca Analiitik Digital 46
3.6.4 Gelas Beker 47
3.6.5 Tabung Ukur 48
3.6.6 Tabung Reaksi 48
3.6.7 Pipe Mikro 49
3.6.8 Lampu Spiritus 49
3.6.9 Mikroskop 50
3.6.10 Autoclave 51
3.6.11 Lemari Pendingin 51
3.6.12 Kawat Ose 52
3.6.13 Botol Kaca 52
3.6.14 Alumuium Foil 53
3.6.15 Plastic Wrap 54
3.6.16 Cetakan Kapsul 54
3.7 Alat Penelitian Pembuatan Sampel Beton 55
3.7.1 Alat Pelindung Diri-K3 55
3.7.2 Cetakan Beton 55
3.7.3 Cetok 56
3.7.4 Molen/Mixer Beton 57
3.7.5 Ember Plastik 57
3.7.6 Timbangan Digital 58
3.7.7 Timbangan Fagani 58
3.7.8 Kuas 59

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PENGARUH PENAMBAHAN BAKTERI BACILLUS CEREUS DENGAN METODE MIKROENKAPSULASI DALAM PROSES SELF HEALING CONCRETE
SATRIYO AGUS ADI P, AGUS KURNIAWAN, ST., MT., Ph.D
Universitas Gadjah Mada, 2016 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

3.7.9 Tongkat Penusuk Baja 59
3.7.10 Palu 60
3.7.11 Oven 60
3.7.12 Satu Set Saringan 61
3.7.13 Satu Set Alat Uji Kuat Lentur 61
3.7.14 Satu Set Alat Uji Permeabilitas 62
3.7.15 Satu Set Alat Uji Kuat Tarik Belah 63
3.8 Tahap Pelaksanaan 64
3.9 Tahan Penelitian 65
3.9.1 Pengecekan Kualitas Bakeri Bacillus Cereus 65
3.9.1.1 Alat dan Bahan 66
3.9.1.2 Foto Langkah Kerja 66
3.9.2.3 Diagram Alir Pengecekan Kualitas Bakteri 68
3.9.2 Pengembangbiakkan Bakeri Bacillus Cereus 69
3.9.2.1 Alat dan Bahan 69
3.9.2.2 Foto Langkah Kerja 70
3.9.2.2 Diagram Alir Pengembangbiakkan Bakteri 72
3.9.3 Mengenkapsulasi Bakteri 73
3.9.3.1 Alat dan Bahan 73
3.9.3.2 Foto Langkah Kerja 74
3.9.3.3 Diagram Alir Pengenkapsulasi Bakteri 76
3.9.4 Pembuatan Sampel Beton 77
3.9.4.1 Membuat Mix Design 78
3.9.4.2 Alat dan Bahan 79
3.9.4.3 Foto Langkah Kerja 87
3.9.4.4 Diagram Alir Pembuatan Sampel Beton 89
3.9.5 Pengujian Kuat Lentur Balok 90
3.9.5.1 Alat dan Bahan 90
3.9.5.2 Sketsa Pengujian Kuat Lentur Balok 91
3.9.5.3 Foto Langkah Kerja 92
3.9.5.4 Diagram Alir Pengujian Kuat Lentur Balok 93

PENGARUH PENAMBAHAN BAKTERI BACILLUS CEREUS DENGAN METODE MIKROENKAPSULASI DALAM PROSES SELF HEALING CONCRETE
SATRIYO AGUS ADI P, AGUS KURNIAWAN, ST., MT., Ph.D
Universitas Gadjah Mada, 2016 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

3.9.6 Pengujian Serpan atau Absorpsi 94
3.9.6.1 Alat dan Bahan 95
3.9.6.2 Sketsa Pengujian Serapan atau Absorpsi 96
3.9.6.3 Foto Langkah Kerja Pengujian Serapan atau Absorpsi .. 96
3.9.6.4 Diagram Alir Pengujian Serapan atau Absorpsi 98
3.9.7 Pengujian Permeabilitas Beton 99
3.9.7.1 Alat dan Bahan 100
3.9.7.2 Sketsa Pengujian Permeabilitas Beton 101
3.9.7.3 Foto Langkah Kerja Pengujian Permeabilitas Beton 102
3.9.7.4 Diagram Alir Pengujian Permeabilitas Beton 105
3.9.8 Pengujian pH 106
3.9.8.1 Alat dan Bahan 107
3.9.8.2 Sketsa Pengujian pH 107
3.9.8.3 Foto Langkah Kerja Pengujian pH 108
3.9.8.4 Diagram Alir Pengujian pH 109

BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Data 110
4.1.1 Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton 110
4.1.2 Hasil Pengujian Penyerapan Air (Water Absorption) 114
4.1.3 Hasil Pengujian Permeabilitas 117
4.1.4 Hasil Pengujian pH 130
4.2 Pembahasan 131
4.2.1 Hasil Analisis Data Pada Pengujian Kuat Lentur 131
4.2.2 Hasil Analisis Data Pada Pengujian Absorpsi 134
4.2.3 Hasil Analisis Data Pada Pengujian Permeabilias 136
4.2.4 Hasil Analisis Data Pada Pengujian pH 143
4.3 Pengamatan Sampel 144
4.3.1 Sampel benda uji sebelum dilakukan pengujian 144
4.3.2 Sampel benda uji setelah dilakukan pengujian 144

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PENGARUH PENAMBAHAN BAKTERI BACILLUS CEREUS DENGAN METODE MIKROENKAPSULASI DALAM PROSES SELF HEALING CONCRETE
SATRIYO AGUS ADI P, AGUS KURNIAWAN, ST., MT., Ph.D
Universitas Gadjah Mada, 2016 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan 149

5.2 Saran 150

DAFTAR PUSTAKA 152

LAMPIRAN 157

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PENGARUH PENAMBAHAN BAKTERI BACILLUS CEREUS DENGAN METODE MIKROENKAPSULASI DALAM PROSES SELF HEALING CONCRETE
SATRIYO AGUS ADI P, AGUS KURNIAWAN, ST., MT., Ph.D
Universitas Gadjah Mada, 2016 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Formulir Perencanaan Adukan Beton 78
Tabel 3.2 Kebutuhan material sampel beton beam ukuran-
100 x 100 x 500 mm untuk kontrol dan variasi bakteri-
(Presentase Bakteri 0,3; 0,5; 0,7; 0,9; 1,1% dari berat pasir) 80
Tabel 3.3 Kebutuhan material sampel beton kubus ukuran-
100 x 100 x 100 mm untuk kontrol dan variasi bakteri-
(Presentase Bakteri 0,3; 0,5; 0,7; 0,9; 1,1% dari berat pasir) 82
Tabel 3.4 Kebutuhan material sampel beton kubus ukuran-
150 x 150 x 150 mm untuk kontrol dan variasi bakteri-
(Presentase Bakteri 0,3; 0,5; 0,7; 0,9; 1,1% dari berat pasir) 85
Tabel 3.5 Tekanan Air dan Waktu Penekanan 101
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Beban Maksimum Kuat Lentur Sampel Beton-
Tanpa Mikro Kapsul Bakteri dan dengan Penambahan Mikro-
Kapsul Bakteri *Bacillus Cereus* 111
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Kuat Lentur Sampel Beton Tanpa Mikro Kapsul-
Bakteri dan dengan Penambahan Mikro Kapsul Bakteri *Bacillus-*
Cereus 113
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Penyerapan Air *(Water Absorbtion)* pada Sampel-
Beton Tanpa Mikro Kapsul Bakteri dan dengan Penambahan-
Mikro Kapsul Bakteri *Bacillus Cereus* 115
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Terhadap Penyerapan Air *(Water Absorbtion)*-
pada Sampel Beton Tanpa Mikro Kapsul Bakteri dan dengan-
Penambahan Mikro Kapsul Bakteri *Bacillus Cereus* untuk-
Perbandingan dengan Syarat SNI 03-2914-1990 116
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Nilai Penetrasi Permeabilitas pada Sampel Beton-
Tanpa Mikro Kapsul Bakteri *Bacillus Cereus* 119
Tabel 4.6 Hasil Pengujian Nilai Koefisien Permeabilitas Selama 24 jam pada-
Sampel Beton Tanpa Mikro Kapsul Bakteri *Bacillus Cereus* 120

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PENGARUH PENAMBAHAN BAKTERI BACILLUS CEREUS DENGAN METODE MIKROENKAPSULASI DALAM PROSES SELF HEALING CONCRETE
SATRIYO AGUS ADI P, AGUS KURNIAWAN, ST., MT., Ph.D
Universitas Gadjah Mada, 2016 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Tabel 4.7 Hasil Pengujian Nilai Penetrasi Permeabilitas pada Sampel Beton-dengan Penambahan 0,3% Mikro Kapsul Bakteri *Bacillus Cereus*-Pengganti Agregat Halus 121
Tabel 4.8 Hasil Pengujian Nilai Koefisien Permeabilitas Selama 24 jam pada-Sampel Beton dengan Penambahan 0,3% Mikro Kapsul Bakteri-*Bacillus Cereus* Pengganti Agregat Halus 122
Tabel 4.9 Hasil Pengujian Nilai Penetrasi Permeabilitas pada Sampel Beton-dengan Penambahan 0,5% Mikro Kapsul Bakteri *Bacillus Cereus*-Pengganti Agregat Halus 123
Tabel 4.10 Hasil Pengujian Nilai Koefisien Permeabilitas Selama 24 jam-pada Sampel Beton dengan Penambahan 0,5% Mikro Kapsul-Bakteri *Bacillus Cereus* Pengganti Agregat Halus 124
Tabel 4.11 Hasil Pengujian Nilai Penetrasi Permeabilitas pada Sampel-Beton dengan Penambahan 0,7% Mikro Kapsul Bakteri *Bacillus-Cereus* Pengganti Agregat Halus 125
Tabel 4.12 Hasil Pengujian Nilai Koefisien Permeabilitas Selama 24 jam-pada Sampel Beton dengan Penambahan 0,7% Mikro Kapsul-Bakteri *Bacillus Cereus* Pengganti Agregat Halus 126
Tabel 4.13 Hasil Pengujian Nilai Penetrasi Permeabilitas pada Sampel-Beton dengan Penambahan 0,9% Mikro Kapsul Bakteri *Bacillus-Cereus* Pengganti Agregat Halus 127
Tabel 4.14 Hasil Pengujian Nilai Koefisien Permeabilitas Selama 24 jam-pada Sampel Beton dengan Penambahan 0,9% Mikro Kapsul-Bakteri *Bacillus Cereus* Pengganti Agregat Halus 128
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-*Bacillus Cereus* Pengganti Agregat Halus 130

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PENGARUH PENAMBAHAN BAKTERI BACILLUS CEREUS DENGAN METODE MIKROENKAPSULASI DALAM PROSES SELF HEALING CONCRETE
SATRIYO AGUS ADI P, AGUS KURNIAWAN, ST., MT., Ph.D
Universitas Gadjah Mada, 2016 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Penyebab penyembuhan *autogenic* 17
Gambar 2.2 Peningkatan penyembuhan autogeneous oleh pembatasan retak 23
Gambar 2.3 Penyembuhan Diri berdasarkan mikrokapsul 24
Gambar 2.4 Penyembuhan Diri berdasarkan mikrokapsul 24
Gambar 2.5 *Vascular* berdasarkan penyembuhan diri 26
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian Bagian 1 34
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian Bagian 2 35
Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian Bagian 3 36
Gambar 3.4 Bakteri *Bacillus Cereus* 37
Gambar 3.5 *Nutrient Broth for microbiology* 38
Gambar 3.6 *Aquades* 39
Gambar 3.7 *Carboxyl Methyl Cellulose* (CMC) 40
Gambar 3.8 Alkohol 70% 41
Gambar 3.9 Semen Portland Komposit 42
Gambar 3.10 Agregat Halus 42
Gambar 3.11 Agregat Kasar 43
Gambar 3.12 Air Bersih 44
Gambar 3.13 Oli 44
Gambar 3.14 Alat Pelindung Diri 45
Gambar 3.15 Labu *Erlenmeyer* 46
Gambar 3.16 Neraca analitik digital 47
Gambar 3.17 Gelas beker 47
Gambar 3.18 Tabung Ukur 48
Gambar 3.19 Tabung Reaksi 49
Gambar 3.20 Pipet Mikro 49
Gambar 3.21 Lampu Spiritus 50
Gambar 3.22 Mikroskop 50
Gambar 3.23 *Autoclave* 51
Gambar 3.24 Lemari Pendingin 52

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PENGARUH PENAMBAHAN BAKTERI BACILLUS CEREUS DENGAN METODE MIKROENKAPSULASI DALAM PROSES SELF HEALING CONCRETE
SATRIYO AGUS ADI P, AGUS KURNIAWAN, ST., MT., Ph.D
Universitas Gadjah Mada, 2016 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 3.25 Kawat Ose 52
Gambar 3.26 Botol Kaca 53
Gambar 3.27 *Aluminium foil* 53
Gambar 3.28 *Plastic wrap* 54
Gambar 3.29 Cetakan Kapsul 54
Gambar 3.30 Alat Pelindung Diri 55
Gambar 3.31 Cetakan Beton 56
Gambar 3.32 Cetok 56
Gambar 3.33 Molen/ *Mixer* beton 57
Gambar 3.34 Ember Plastik 57
Gambar 3.35 Timbangan Digital 58
Gambar 3.36 Timbangan Fagani 59
Gambar 3.37 Kuas 59
Gambar 3.38 Tongkat penusuk baja 59
Gambar 3.39 Palu 60
Gambar 3.40 Oven 60
Gambar 3.41 Satu Set Saringan 61
Gambar 3.42 Satu Alat Uji Kuat Lentur 62
Gambar 3.43 *Impermeability Apparatus* 62
Gambar 3.44 Satu Set Alat Uji Kuat Tarik Belah 63
Gambar 3.45 Foto Langkah Kerja Pengecekan Kualitas Bakteri *Bacillus Cereus* Bagian Awal 66
Gambar 3.46 Foto Langkah Kerja Pengecekan Kualitas Bakteri *Bacillus Cereus* Bagian Akhir 67
Gambar 3.47 Diagram Alir Pengecekan Kualitas Bakteri *Bacillus Cereus* 68
Gambar 3.48 Foto Langkah Kerja Pengembangbiakan bakteri *Cereus* Bagian Awal 70
Gambar 3.49 Foto Langkah Kerja Pengembangbiakan bakteri *Cereus* Bagian Akhir 71
Gambar 3.50 Diagram Alir Pengembangbiakan bakteri *Cereus* 72

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PENGARUH PENAMBAHAN BAKTERI BACILLUS CEREUS DENGAN METODE MIKROENKAPSULASI DALAM PROSES SELF HEALING CONCRETE
SATRIYO AGUS ADI P, AGUS KURNIAWAN, ST., MT., Ph.D
Universitas Gadjah Mada, 2016 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 3.51 Foto Langkah Kerja Pengenkapsulasi bakteri *Bacillus Cereus* dan Nutrisi Kaldu dengan *Carboxyl Methyl Cellulose* bagian Awal 74
Gambar 3.52 Foto Langkah Kerja Pengenkapsulasi bakteri *Bacillus Cereus* dan Nutrisi Kaldu dengan *Carboxyl Methyl Cellulose* bagian Akhir 75
Gambar 3.53 Diagram Alir Pengenkapsulasi bakteri *Bacillus Cereus* dan Nutrisi Kaldu dengan *Carboxyl Methyl Cellulose* 76
Gambar 3.54 Foto Langkah Kerja Pembuatan Sampel Beton Bagian Awal .. 87
Gambar 3.55 Foto Langkah Kerja Pembuatan Sampel Beton Bagian Akhir .. 88
Gambar 3.56 Diagram Alir Pembuatan Sampel Beton Bagian Akhir 89
Gambar 3.57 Sketsa Pengujiam Kuat Lentur Balok 91
Gambar 3.58 Foto Langkah Kerja Pengujian Kuat Lentur Balok Bagian Awal 92
Gambar 3.59 Foto Langkah Kerja Pengujian Kuat Lentur Balok Bagian Akhir 93
Gambar 3.60 Diagram Alir Pengujian Kuat Lentur Balok Bagian Awal 93
Gambar 3.61 Diagram Alir Pengujian Kuat Lentur Balok Bagian Akhir 94
Gambar 3.62 Sketsa Pengujiam Serapan atau Absorpsi 96
Gambar 3.63 Foto Langkah Kerja Pengujian Serapan atau Absorpsi Bagian Awal 96
Gambar 3.64 Foto Langkah Kerja Pengujian Serapan atau Absorpsi Bagian Akhir 97
Gambar 3.65 Diagram Alir Pengujian Serapan atau Absorpsi 98
Gambar 3.66 Sketsa Pengujiam Permeabilitas..... 101
Gambar 3.67 Sketsa Pembelahan Sampel..... 102
Gambar 3.68 Foto Langkah Kerja Pengujian Permeabilitas Bagian 1..... 102
Gambar 3.69 Foto Langkah Kerja Pengujian Permeabilitas Bagian 2..... 103
Gambar 3.70 Foto Langkah Kerja Pengujian Permeabilitas Bagian 2..... 104
Gambar 3.71 Diagram Alir Pengujian Permeabilitas..... 105

PENGARUH PENAMBAHAN BAKTERI BACILLUS CEREUS DENGAN METODE MIKROENKAPSULASI DALAM PROSES SELF HEALING CONCRETE
SATRIYO AGUS ADI P, AGUS KURNIAWAN, ST., MT., Ph.D
Universitas Gadjah Mada, 2016 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 3.72 Sketsa Pengujiam Nilai pH 107
Gambar 3.75 Foto Langkah Kerja Pengujian Nilai pH..... 108
Gambar 3.76 Diagram Alir Pengujian Nilai pH..... 109
Gambar 4.1 Beban Maksimum Kuat Lentur Sampel Beton Tanpa Mikro Kapsul Bakteri dan dengan Penambahan Mikro Kapsul Bakteri *Bacillus Cereus* 132
Gambar 4.1 Kuat Lentur Sampel Beton Tanpa Mikro Kapsul Bakteri dan dengan Penambahan Mikro Kapsul Bakteri *Bacillus Cereus* 133
Gambar 4.3 Penyerapan Air *(Water Absorbtion)* pada Sampel Beton Tanpa Mikro Kapsul Bakteri dan dengan Penambahan Mikro Kapsul Bakteri *Bacillus Cereus* 135
Gambar 4.4 Nilai Penetrasi Permeabilitas Selama 24 jam pada Sampel Beton Tanpa Mikro Kapsul Bakteri *Bacillus Cereus* 137
Gambar 4.5 Nilai Penetrasi Permeabilitas selama 24 jam pada Sampel Beton dengan Penambahan 0,3% Mikro Kapsul Bakteri *Bacillus Cereus*..... 137
Gambar 4.6 Nilai Penetrasi Permeabilitas selama 24 jam pada Sampel Beton dengan Penambahan 0,5% Mikro Kapsul Bakteri *Bacillus Cereus*..... 138
Gambar 4.7 Nilai Penetrasi Permeabilitas selama 24 jam pada Sampel Beton dengan Penambahan 0,7% Mikro Kapsul Bakteri *Bacillus Cereus*..... 138
Gambar 4.8 Nilai Penetrasi Permeabilitas selama 24 jam pada Sampel Beton dengan Penambahan 0,9% Mikro Kapsul Bakteri *Bacillus Cereus*..... 139
Gambar 4.9 Nilai Koefisien Permeabilitas Selama 24 jam pada Sampel Beton Tanpa Mikro Kapsul Bakteri *Bacillus Cereus* 140
Gambar 4.10 Nilai Koefisien Permeabilitas Selama 24 jam pada Sampel Beton dengan Penambahan 0,3% Mikro Kapsul Bakteri *Bacillus Cereus* 140

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PENGARUH PENAMBAHAN BAKTERI BACILLUS CEREUS DENGAN METODE MIKROENKAPSULASI DALAM PROSES SELF HEALING CONCRETE
SATRIYO AGUS ADI P, AGUS KURNIAWAN, ST., MT., Ph.D
Universitas Gadjah Mada, 2016 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 4.11 Nilai Koefisien Permeabilitas Selama 24 jam pada Sampel Beton dengan Penambahan 0,5% Mikro Kapsul Bakteri *Bacillus Cereus* 141
Gambar 4.12 Nilai Koefisien Permeabilitas Selama 24 jam pada Sampel Beton dengan Penambahan 0,7% Mikro Kapsul Bakteri *Bacillus Cereus* 141
Gambar 4.13 Nilai Koefisien Permeabilitas Selama 24 jam pada Sampel Beton dengan Penambahan 0,9% Mikro Kapsul Bakteri *Bacillus Cereus* 142
Gambar 4.14 Nilai rata-rata Pengujian Nilai Koefisien Permeabilitas Selama 24 jam pada Sampel Beton dengan Tanpa Penambahan Mikro Kapsul dan Penambahan Mikro Kapsul Bakteri *Bacillus Cereus* 143
Gambar 4.15 Grafik rata-rata nilai Kuat Tarik Belah pada Sampel Beton dengan Tanpa Penambahan Mikro Kapsul dan Penambahan Mikro Kapsul Bakteri *Bacillus Cereus*..... 148
Gambar 4.16 Sampel Beton pada 27 hari Perendaman 144
Gambar 4.17 Sampel Balok 100x100x500 mm Setelah Pengujian (a,b) Perbandingan Mikro Kapsul Bakteri Beton ϕ3mm presentase 0,3% dari Berat Pasir..... 145
Gambar 4.18 Sampel Balok 100x100x500 mm Setelah Pengujian (a,b) Perbandingan Mikro Kapsul Bakteri Beton ϕ3mm presentase 0,5% dari Berat Pasir..... 145
Gambar 4.19 Sampel Balok 100x100x500 mm Setelah Pengujian (a,b) Perbandingan Mikro Kapsul Bakteri Beton ϕ3mm presentase 0,7% dari Berat Pasir..... 146
Gambar 4.20 Sampel Balok 100x100x500 mm Setelah Pengujian (a,b) Perbandingan Mikro Kapsul Bakteri Beton ϕ3mm presentase 0,9% dari Berat Pasir..... 146

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PENGARUH PENAMBAHAN BAKTERI BACILLUS CEREUS DENGAN METODE MIKROENKAPSULASI DALAM PROSES SELF HEALING CONCRETE
SATRIYO AGUS ADI P, AGUS KURNIAWAN, ST., MT., Ph.D
Universitas Gadjah Mada, 2016 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 4.21 Sampel Balok 100x100x500 mm Setelah Pengujian
(a,b) Perbandingan Mikro Kapsul Bakteri Beton ϕ3mm
presentase 1,1% dari Berat Pasir..... 146
Gambar 4.22 Sampel Kubus 150x150x150 mm Setelah Pengujian
(a,b) Perbandingan Mikro Kapsul Bakteri Beton ϕ3mm
presentase 0,3% dari Berat Pasir..... 147
Gambar 4.23 Sampel Kubus 150x150x150 mm Setelah Pengujian
(a,b) Perbandingan Mikro Kapsul Bakteri Beton ϕ3mm
presentase 0,5% dari Berat Pasir..... 147
Gambar 4.24 Sampel Kubus 150x150x150 mm Setelah Pengujian
(a,b) Perbandingan Mikro Kapsul Bakteri Beton ϕ3mm
presentase 0,7% dari Berat Pasir..... 148
Gambar 4.25 Sampel Kubus 150x150x150 mm Setelah Pengujian
(a,b) Perbandingan Mikro Kapsul Bakteri Beton ϕ3mm
presentase 0,9% dari Berat Pasir..... 148

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PENGARUH PENAMBAHAN BAKTERI BACILLUS CEREUS DENGAN METODE MIKROENKAPSULASI DALAM PROSES SELF HEALING CONCRETE
SATRIYO AGUS ADI P, AGUS KURNIAWAN, ST., MT., Ph.D
Universitas Gadjah Mada, 2016 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A Logbook Penelitian *Self Healing Concrete* 158