DAFTAR ISI

halaman

HALAMAN JUDUL
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA TUGAS AKHIR
PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING TUGAS AKHIR
PERSETUJUAN TIM PENGUJI TUGAS AKHIR
ABSTRAK v
ABSTRACT vi
KATA PENGANTAR vii
DAFTAR ISI ix
DAFTAR GAMBAR xii
DAFTAR TABEL xiv
DAFTAR LAMPIRAN xvi

BAB I PENDAHULUAN
1.1. Latar Belakang 1
1.2. Rumusan Masalah 5
1.3. Maksud dan Tujuan Penelitian 6
1.4. Batasan Masalah 7
1.5. Metodologi Penulisan 9
1.6. Sistematika Penulisan 9

BAB II LANDASAN TEORI
2.1. Pendahuluan 12
2.2. Geopolimerisasi 12
2.2.1. Semen Geopolimer 14
2.2.2. Beton Geopolimer 17
2.3. Material Penyusun Beton Geopolimer 18
2.3.1. *Fly Ash* (Abu Terbang) 18
2.3.2. Larutan Alkali (Aktivator) 21
2.3.3. Agregat 24
2.3.4. Air (H_2O) 27
2.3.5. Abu Sekam Padi 28
2.4. Pemanfaatan Abu Sekam Padi sebagai Pengganti Abu Terbang 30
2.5. Faktor – Faktor yang Mempengaruhi Kekuatan Beton Geopolimer . 33
2.5.1. Molaritas NaOH dan Rasio Na_2SiO_3 / NaOH 34
2.5.2. *Workability* (Kelecakan) 35
2.5.3. Metode *Curing* 37
2.5.4. Persentase Abu Sekam Padi 39
2.6. Aplikasi Beton Geopolimer 39
2.7. Perhitungan 42
2.6.1. Kuat Tekan 43
2.6.2. Kuat Lentur 44

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Pendahuluan 46
3.2. Persiapan Material Penyusun Beton Geopolimer ASP 48
3.2.1. Agregat Kasar (Kerikil) 48
3.2.2. Agregat Halus (Pasir) 49
3.2.3. *Fly Ash* (Abu Terbang) 49
3.2.4. Abu Sekam Padi 50
3.2.5. Larutan Alkali (Aktivator) 51
3.2.6. Air (H_2O) 52
3.3. Peralatan 52
3.3.1. Wadah 53
3.3.2. Timbangan 53
3.3.3. *Thermocouple* 54
3.3.4. *Stopwatch* 55
3.3.5. Oven Pembakaran 55
3.3.6. Gas Elpiji 56
3.3.7. Mesin Los Angeles 56
3.3.8. Saringan (*Sieve*) 57
3.3.9. Oven Pemanas 57
3.3.10. Minyak Pelumas (Oli) 58
3.3.11. Bekisting 58
3.3.12. Kerucut Abram 59
3.3.13. *Concrete Mixer* 59
3.3.14. *Slump Cone* 60
3.3.15. Meja Getar 60
3.3.16. Belerang 61
3.3.17. Dandang 61
3.3.18. *Concrete Compression Tester* 62
3.3.19. *Universal Testing Machine* 62
3.3.20. Gelas Ukur 63
3.3.21. Peralatan Lain 63
3.4. Prosedur Uji Karakteristik Material 64
3.4.1. Uji Kadar Lumpur Agregat Halus 64
3.4.2. Uji Kadar Air Agregat 66
3.4.3. Uji Berat Jenis dan Penyerapan Agregat 66
3.4.4. Uji Berat Jenis Abu Sekam Padi 67
3.5. *Mix Design* Beton Geopolimer 67
3.6. Benda Uji 69
3.6.1. Tahapan Pembuatan Benda Uji 70
3.6.2. Perawatan Benda Uji (*Curing*) 74
3.7. Pengujian Benda Uji 75
3.7.1. Uji Kuat Tekan 75
3.7.2. Uji Kuat Lentur 77

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN
4.1. Pendahuluan 79
4.2. Hasil Uji Karakteristik Material 79

4.2.1. Kadar Lumpur Agregat Halus 79
4.2.2. Kadar Air Agregat 81
4.2.3. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat 82
4.2.4. Berat Jenis Abu Sekam Padi 83
4.3. Produksi Abu Sekam Padi 84
4.3.1. Hasil XRF (*X – Ray Fluorescence*) Abu Sekam Padi 85
4.4. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Geopolimer 86
4.5. Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton Geopolimer 89
4.5.1. Pola Keruntuhan Balok Lentur 92
4.6. Hasil Slump Test 94
4.7. Pengaruh Penggunaan Abu Sekam Padi Terhadap Kekuatan Beton Geopolimer 95
4.7.1. Perbandingan Penggunaan Abu Sekam Padi Antara Beton Geopolimer dan Beton Semen Portland 99
4.8. Pengaruh Konsentrasi Larutan Sodium Hidroksida (NaOH) terhadap Kekuatan Beton Geopolimer 102
4.9. Analisa Pengaruh Perubahan Konsentrasi Larutan NaOH dan Penggunaan Abu Sekam Padi terhadap Kuat Beton Geopolimer 105

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN
5.1. Kesimpulan 108
5.2. Saran 111

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

halaman

Gambar 1. 1 Negara – Negara dengan Jumlah Produksi Semen Terbesar Tahun 2015 – 2016 (U.S Geological Survey, 2017) 2
Gambar 2. 1 Skema Proses Geopolimerisasi 13
Gambar 2. 2 Material Penyusun Semen Geopolimer 15
Gambar 2. 3 Reaksi Kimia pada OPC dan Semen Geopolimer 17
Gambar 2. 4 Komposisi Larutan NaOH sesuai Molaritas 22
Gambar 2. 5 Hasil SEM dari campuran Abu Terbang dan NaOH 23
Gambar 2. 6 Hasil SEM dari Campuran Abu Terbang dan Sodium Silikat 24
Gambar 2. 7 Sekam Padi Sebelum dan Setelah Pembakaran 30
Gambar 2. 8 Hasil *Scanning Electron Microscope* Abu Terbang 31
Gambar 2. 9 Hasil *Scanning Electron Microscope* Abu Sekam Padi 32
Gambar 2. 10 Keruntuhan yang Terjadi Pada Kolom Beton Geopolimer 40
Gambar 2. 11 Bandara *Brisbane West Wellcamp Airport* 41
Gambar 2. 12 Beton Geopolimer *Precast* 42
Gambar 2. 13 Konfigurasi Uji Kuat Tekan Silinder 43
Gambar 3. 1 Diagram Alur Penelitian 47
Gambar 3. 2 Agregat Kasar dalam Kondisi SSD (*Saturated Surface Dry*) 48
Gambar 3. 3 Agregat Halus dalam Kondisi SSD (*Saturated Surface Dry*) 49
Gambar 3. 4 Abu Terbang (*fly ash*) dari PLTU Suralaya 50
Gambar 3. 5 Abu Sekam Padi 51
Gambar 3. 6 Larutan Alkali yang terdiri dari NaOH, Na_2SiO_3, dan air 51
Gambar 3. 7 Air 52
Gambar 3. 8 Wadah *Stainless Steel* 53
Gambar 3. 9 Timbangan 54
Gambar 3. 10 *Thermocouple* 54
Gambar 3. 11 *Stopwatch* 55
Gambar 3. 12 Oven Pembakaran pada Laboratorium Perkerasan Jalan 55
Gambar 3. 13 Gas Elpiji 56
Gambar 3. 14 Mesin Los Angeles 56
Gambar 3. 15 Saringan atau *Sieve* 57
Gambar 3. 16 Oven Pemanas pada Laboratorium Mekanika Tanah 57
Gambar 3. 17 Minyak Pelumas 58
Gambar 3. 18 Bekisting Benda Uji Silinder dan Balok 58
Gambar 3. 19 Kerucut Abram untuk Pengecekan Kondisi SSD Agregat Halus 59
Gambar 3. 20 *Concrete Mixer* 59
Gambar 3. 21 *Slump Cone* dan batang penusuk 60
Gambar 3. 22 Meja Getar pada Ruangan B146 60
Gambar 3. 23 Belerang dan Pemanas Belerang 61
Gambar 3. 24 Dandang 61
Gambar 3. 25 *Concrete Compression Tester* 62
Gambar 3. 26 *Universal Testing Machine* pada Laboratorium Industri 62
Gambar 3. 27 Gelas Ukur 63

Gambar 3. 28 Peralatan Lain 63
Gambar 3. 29 Sketsa Benda Uji Balok 30 x 6 x 6 cm 70
Gambar 3. 30 Material Penyusun Beton Geopolimer ASP 71
Gambar 3. 31 Pengadukan Tahap Pertama dan Tahap Kedua 72
Gambar 3. 32 *Slump Test* 73
Gambar 3. 33 Benda Uji Silinder Sebelum dan Setelah Pengujian 76
Gambar 3. 34 Konfigurasi Pengujian Balok Lentur 77
Gambar 3. 35 Benda Uji Balok Sebelum dan Setelah Pengujian 78
Gambar 4. 1 Benda Uji Silinder Beton Geopolimer 86
Gambar 4. 2 Grafik Hasil Kuat Tekan Beton Geopolimer 88
Gambar 4. 3 Benda Uji Balok Lentur Beton Geopolimer 90
Gambar 4. 4 Grafik Hasil Kuat Lentur Beton Geopolimer 91
Gambar 4. 5 Pola Keruntuhan pada Benda Uji Balok Beton Geopolimer 93
Gambar 4. 6 Grafik Beban Defleksi Balok RTC (*Room Temperature Curing*) ... 93
Gambar 4. 7 Grafik Beban Defleksi Balok SC (*Steam Curing*) 94
Gambar 4. 8 Grafik Peningkatan Kuat Tekan Berdasarkan Persentase ASP 96
Gambar 4. 9 Grafik Peningkatan Kuat Lentur Berdasarkan Persentase ASP 98
Gambar 4. 10 Grafik Perbandingan Peningkatan Kuat Tekan Beton Geopolimer dan Beton Semen Portland Berdasarkan Persentase Abu Sekam Padi 101

DAFTAR TABEL

halaman

Tabel 1. 1 Perkiraan Jumlah Produksi Abu Dasar dan Abu Terang dari PLTU di Indonesia 3
Tabel 2. 1 Kelas Abu Terbang berdasarkan Komposisi Kimia (ASTM C618 – 05) 21
Tabel 2. 2 Batas Gradasi Agregat Halus (ASTM C33M) 26
Tabel 2. 3 Batas Gradasi Agregat Kasar (ASTM C33M) 27
Tabel 2. 4 Efek Parameter Larutan Alkali terhadap Kuat Tekan Beton Geopolimer 34
Tabel 3. 1 Spesifikasi NaOH dan Na_2SiO_3 51
Tabel 3. 2 *Mix Design* Beton Geopolimer Konsentrasi NaOH 12 M 68
Tabel 3. 3 *Mix Design* Beton Geopolimer 5% ASP konsentrasi NaOH 12 M 68
Tabel 3. 4 Jumlah Benda Uji 69
Tabel 4. 1 Hasil Uji Kadar Lumpur Agregat Halus Berdasarkan Volume 80
Tabel 4. 2 Hasil Uji Kadar Lumpur Berdasarkan Berat 80
Tabel 4. 3 Hasil Uji Kadar Air Agregat Kasar 81
Tabel 4. 4 Hasil Uji Kadar Air Agregat Halus 81
Tabel 4. 5 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar 82
Tabel 4. 6 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus 83
Tabel 4. 7 Hasil Pengujian Berat Jenis Abu Sekam Padi 83
Tabel 4. 8 Suhu Pembakaran pada Proses Produksi Abu Sekam Padi 84
Tabel 4. 9 Hasil Pengujian XRF Abu Sekam Padi 85
Tabel 4. 10 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Geopolimer 86
Tabel 4. 11 Peningkatan Kekuatan Tekan Beton Geopolimer Berdasarkan Umur Beton 89
Tabel 4. 12 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Geopolimer 90
Tabel 4. 13 Peningkatan Kekuatan Lentur Beton Geopolimer Berdasarkan Umur Beton 92
Tabel 4. 14 Hasil *Slump Test* Sesuai *Mix Design* Beton Geopolimer 95
Tabel 4. 15 Peningkatan Kekuatan Tekan Berdasarkan Persentase ASP 96
Tabel 4. 16 Perbandingan Nilai γ Beton Geopolimer Berdasarkan Penggunaan Abu Sekam Padi 97
Tabel 4. 17 Peningkatan Kekuatan Lentur Berdasarkan Persentase ASP 98
Tabel 4. 18 *Mix Design* Penelitian "Meningkatkan Mutu dan Produktivitas Abu Sekam Padi untuk Beton Mutu Tinggi Dengan Drum dan Tungku UPH" 100
Tabel 4. 19 Hasil Penelitian "Meningkatkan Mutu dan Produktivitas Abu Sekam Padi untuk Beton Mutu Tinggi Dengan Drum dan Tungku UPH" 100
Tabel 4. 20 Perbandingan *Slump Test* Beton Geopolimer Konsentrasi Larutan NaOH 8M dan 12M 103
Tabel 4. 21 Peningkatan Kuat Tekan Beton Geopolimer Berdasarkan Larutan NaOH 8M dan 12M 103
Tabel 4. 22 Peningkatan Kuat lentur Beton Geopolimer Berdasarkan Larutan NaOH 8M dan 12M 104

Tabel 4. 23 Perbandingan Peningkatan Kuat Tekan Beton Geopolimer Berdasarkan Perubahan Konsentrasi Larutan NaOH dan Penggunaan Abu Sekam Padi 105
Tabel 4. 24 Perbandingan Peningkatan Kuat Lentur Beton Geopolimer Berdasarkan Perubahan Konsentrasi Larutan NaOH dan Penggunaan Abu Sekam Padi 105

DAFTAR LAMPIRAN

halanan

Lampiran A
Hasil SEM (*Scanning Electron Microscope*) Abu Sekam Padi…….. A-1

Lampiran B
Perhitungan Mix Design 1 m^3 Beton Geopolimer…….. B-1

Lampiran C
Perhitungan Mix Design Beton Geopolimer untuk Pengecoran……. C-1

Lampiran D
Pengukuran Suhu dan Hasil Pembakaran dalam Produksi Abu Sekam Padi……. D-1

Lampiran E
Hasil Uji XRF (*X – Ray Fluorescence*) Abu Sekam Padi……..... E-1

Lampiran F
Lembar Monitoring Bimbingan Tugas Akhir…….. F-1