

DAFTAR ISI

| | |
|--|-----|
| HALAMAN JUDUL..... | i |
| PERNYATAAN KEASLIAN TESIS | ii |
| LEMBAR PENGESAHAN | iii |
| ABSTRAK..... | iv |
| ABSTRACT..... | v |
| KATA PENGANTAR | vi |
| DAFTAR ISI..... | ix |
| DAFTAR GAMBAR | xii |
| DAFTAR TABEL..... | xiv |
| DAFTAR LAMPIRAN..... | xv |
| BAB I PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Tujuan Penulisan..... | 3 |
| 1.3 Pembatasan Permasalahan | 4 |
| 1.4 Metode Penulisan..... | 5 |
| 1.5 Sistematika Penulisan | 5 |
| BAB II STUDI LITERATUR..... | 7 |
| 2.1 Perkembangan Teknologi Nano Dalam Dunia Konstruksi..... | 7 |
| 2.1.1 Teknologi nano dalam baja | 10 |
| 2.1.2 Teknologi nano dalam kayu | 12 |
| 2.1.3 Teknologi nano dalam kaca | 13 |
| 2.2 Perkembangan Teknologi Nano dalam Beton..... | 14 |
| 2.2.1 Ultra high performance concrete | 16 |
| 2.2.2. Jenis UHPC..... | 16 |
| 2.2.3. Prinsip Kekuatan UHPC | 17 |
| 2.2.4. Typical UHPC Mix..... | 22 |
| 2.2.5 Bahan – Bahan Pembentuk Beton Mutu Sangat Tinggi | 25 |

| | |
|---|-----------|
| 2.2.5.1 Semen | 25 |
| 2.2.5.2 Pasir | 31 |
| 2.2.5.3 Crushed Quartz..... | 33 |
| 2.2.5.4 .Silica fume | 35 |
| 2.2.5.5. Superplastisizer | 39 |
| 2.2.5.6. Air | 40 |
| 2.2.6 Kepadatan | 42 |
| 2.2.7 Perawatan Panas | 43 |
| 2.2.8 Hidrasi | 44 |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN..... | 46 |
| 3.1 Pendahuluan | 46 |
| 3.2 Proses Pengumpulan Material Dari Berbagai Sponsor | 47 |
| 3.2.1 Pasir..... | 47 |
| 3.2.2 Crushed Quartz | 48 |
| 3.2.3 Silica Fume | 51 |
| 3.2.4 Superplastisizer | 53 |
| 3.2.5 Semen | 55 |
| 3.3 Pemeriksaan Material material Pembentuk UHPC Berdasarkan Standard ASTM..... | 56 |
| 3.3.1 Analisa ayakan (sieve analysis) dari agregat | 56 |
| 3.3.2 Analisa Partikel Sizer Analyzer (PSA) | 57 |
| 3.3.3 Analisa Hidrometer | 60 |
| 3.3.4 Penentuan Berat Jenis Semen..... | 61 |
| 3.4 Proses Mendapatkan Mix Design yang Maksimal (Proses Pra-Mix) | 62 |
| 3.4.1 Pemilihan mesin mixer | 62 |
| 3.4.2 Trial mix untuk kelecakan (workability) dan standard pengerjaan | 64 |
| 3.4.3 Variasi mix design untuk produksi benda uji | 68 |
| 3.5 Pembuatan Benda Uji Dengan Berbagai Variasi kadar superplastisizer | 69 |
| 3.6.Perawatan Benda Uji..... | 72 |
| 3.7.Pengujian Benda Uji | 73 |
| 3.7.1 Uji Ultrasonic Pulse Velocity (UPV)..... | 73 |

| | |
|---|-----|
| 3.7.2 Uji Tekan Silinder Beton | 74 |
| 3.8 Pengolahan Data | 75 |
| BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN | 76 |
| 4.1 Pendahuluan | 76 |
| 4.2 Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat | 76 |
| 4.2.1 Uji Ayakan Pada Pasir | 76 |
| 4.2.2 Uji (PSA) pada pasir dan crushed quartz | 78 |
| 4.2.3 Uji Hidrometer pada crushed quartz | 80 |
| 4.2.4 Penentuan berat jenis semen Ordinary Portland Cement..... | 84 |
| 4.3 Data, Grafik, dan Analisa Pengujian Benda Uji | 84 |
| 4.3.1 Uji <i>Ultrasonic Pulse Velocity</i> pada sample beton..... | 85 |
| 4.3.2. Uji Tekan Silinder Beton | 87 |
| 4.3.2.1 TM5 – S1 | 89 |
| 4.3.2.2 TM5A – S1 | 91 |
| 4.3.2.3 TM5A – S2 (B)..... | 93 |
| 4.3.2.4 TM5C – S1 (B) | 95 |
| 4.3.2.5 TM5C – S2 (B)..... | 97 |
| 4.3.3. Studi Untuk Menghitung Elastisitas Modulus | 99 |
| 4.3.3.1 Sampel I Tes 1 | 101 |
| 4.3.3.2 Sampel I Tes 2 | 102 |
| 4.3.3.3 Sampel II Tes 1..... | 103 |
| 4.3.3.4 Sampel II Tes 2..... | 104 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN..... | 105 |
| 5.1 Pendahuluan..... | 105 |
| 5.2 Garis besar proses penelitian..... | 105 |
| 5.3 Kesimpulan..... | 106 |
| 5.4 Saran untuk penelitian lebih lanjut..... | 107 |
| Daftar Pustaka | 109 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 1.1. Grafik Hubungan Kuat Tekan Beton dengan <i>Water Cement Ratio</i> | 2 |
| Gambar 2.1. Transfer gaya : a) Beton Normal; b) UHPC [4] | 18 |
| Gambar 2.2. Skematik efek <i>packing</i> [6] | 20 |
| Gambar 2.3. Wall Effect dan Loosening effect [2] | 22 |
| Gambar 2.4. Transfer gaya : a) Appolonian Packing; b) Spacing Packing [8] | 25 |
| Gambar 2.5. Proses pembentukan CSH kedua [5] | 36 |
| Gambar 2.6. Rentang material yang digunakan | 38 |
| Gambar 2.7. a) Electrostatic repulsion; b) Electrostatic and steric repulsion [22]..... | 40 |
| Gambar 2.8. Grafik Persen Hidrasi Maksimum versus (w/c) ratio..... | 44 |
| Gambar 3.1 Tahapan Metode Penelitian..... | 46 |
| Gambar 3.2 : a) Pasir sebelum diayak; b) pasir setelah diayak di saringan No. 40 | 47 |
| Gambar 3.3 Proses pengayakan pasir dengan bantuan mesin pengayak | 48 |
| Gambar 3.4 : Crushed quartz semula | 48 |
| Gambar 3.5 : a) Batu marmer; b) Batu granit | 49 |
| Gambar 3.6 Crushed Quartz..... | 49 |
| Gambar 3.7 Mikroskop digital | 50 |
| Gambar 3.8 Hasil Mikroskop digital pada butiran <i>crushed quartz</i> | 50 |
| Gambar 3.9 <i>Silica Fume</i> | 52 |
| Gambar 3.10 Hasil Mikroskop digital pada butiran <i>Silica fume</i> | 52 |
| Gambar 3.11 <i>JKL Viscocrete 3110 IND</i> | 54 |
| Gambar 3.12 Semen Jenis OPC Type I..... | 55 |
| Gambar 3.13 Alat Uji PSA..... | 58 |
| Gambar 3.14 Proses pembacaan sample oleh mesin | 59 |
| Gambar 3.15 Ukuran bergantung pada pancaran sinar..... | 59 |
| Gambar 3.16. Molen Pengaduk Standard | 63 |
| Gambar 3.17. Molen Pengaduk Pasta..... | 63 |
| Gambar 3.18 Molen Pengaduk khusus..... | 63 |
| Gambar 3.19 Vibrator table..... | 64 |
| Gambar 3.20 Silinder D 10 T 20 cm..... | 69 |

| | |
|---|-----|
| Gambar 3.21 Perawatan benda uji dengan perawatan panas | 72 |
| Gambar 3.22 Alat UPV | 73 |
| Gambar 3.23 Uji UPV | 74 |
| Gambar 3.24 Uji Tekan pada silinder beton | 75 |
| Gambar 3.25 Silinder beton yang telah di <i>capping</i> | 75 |
| Gambar 4.1 Grafik Sieve analysis pasir dari uji ayakan | 77 |
| Gambar 4.2 Grafik Sieve analysis dari uji PSA | 79 |
| Gambar 4.3 Grafik hasil uji hydrometer pada crushed quartz | 82 |
| Gambar 4.4 Grafik acuan untuk material UHPC [6] | 83 |
| Gambar 4.5 Uji UPV pada Baja | 86 |
| Gambar 4.6 Grafik stress vs stroke (TM5 – S1) | 89 |
| Gambar 4.7 Grafik stress vs stroke revisi (TM5 – S1) | 90 |
| Gambar 4.8 Gambar beton sebelum dan setelah diuji (TM5 – S1) | 90 |
| Gambar 4.9 Grafik stress vs stroke (TM5A – S1) | 91 |
| Gambar 4.10 Grafik stress vs stroke revisi (TM5A – S1) | 92 |
| Gambar 4.11 Gambar beton sebelum dan setelah diuji (TM5A – S1) | 92 |
| Gambar 4.12 Grafik stress vs stroke (TM5A – S2(B)) | 93 |
| Gambar 4.13 Grafik stress vs stroke revisi (TM5A – S2(B)) | 94 |
| Gambar 4.14 Gambar beton sebelum dan setelah diuji (TM5A – S2(B)) | 94 |
| Gambar 4.15 Grafik stress vs stroke (TM5C – S1(B)) | 95 |
| Gambar 4.16 Grafik stress vs stroke revisi (TM5C – S1(B)) | 96 |
| Gambar 4.17 Gambar beton sebelum dan setelah diuji (TM5C – S1(B)) | 96 |
| Gambar 4.18 Grafik stress vs stroke (TM5C – S2(B)) | 97 |
| Gambar 4.19 Grafik stress vs stroke revisi (TM5C – S2(B)) | 98 |
| Gambar 4.20 Alat Ekstensometer | 99 |
| Gambar 4.21 Portable Logger | 99 |
| Gambar 4.22 Grafik Tangent Modulus Sampel I Tes 1 | 101 |
| Gambar 4.23 Grafik Tangent Modulus Sampel I Tes 2 | 102 |
| Gambar 4.24 Grafik Tangent Modulus Sampel II Tes 1 | 103 |
| Gambar 4.25 Grafik Tangent Modulus Sampel II Tes 2 | 104 |

DAFTAR TABEL

| | |
|---|-----|
| Tabel 2.1. M 1, M 1Q dan M 2Q (Schmidt et al. 2003) [6] | 23 |
| Tabel 2.2 Range dari Penggunaan Material | 24 |
| Tabel 2.3. Senyawa utama dalam semen portland | 26 |
| Tabel 2.4. Komposisi senyawa dalam semen tipe I | 28 |
| Tabel 2.5. Komposisi senyawa dalam semen tipe II | 29 |
| Tabel 2.6. Komposisi senyawa dalam semen tipe III | 29 |
| Tabel 2.7. Komposisi senyawa dalam semen tipe IV | 30 |
| Tabel 2.8. Komposisi senyawa dalam semen tipe V | 30 |
| Tabel 2.9. Klasifikasi Semen Berdasarkan Standar Eropa, Amerika dan Indonesia | 31 |
| Tabel 2.10. Sifat material dari Marmer dan granit | 34 |
| Tabel 2.11. Skala Kekerasan Mohs | 34 |
| Tabel 2.12. Komposisi kimia dan fisika silica fume | 37 |
| Tabel 2.13 Density comparison between UHPC, HPC, and normal concrete [4] | 42 |
| Tabel 3.1. Proporsi Trial Mix 1 | 65 |
| Tabel 3.2. Proporsi Trial Mix 2 | 66 |
| Tabel 3.3 Proporsi Trial Mix 3 | 66 |
| Tabel 3.4 Proporsi Trial Mix 4 | 67 |
| Tabel 3.5 Proporsi Trial Mix 5 | 68 |
| Tabel 3.6 Proporsi Trial Mix 5 – 5c | 68 |
| Tabel 3.7 Program pembuatan silinder | 70 |
| Tabel 3.8 Definisi tiap trial mix | 71 |
| Tabel 4.1. Uji ayakan pada pasir | 77 |
| Tabel 4.2. Tabel hasil uji PSA pada pasir dan crushed quartz | 78 |
| Tabel 4.3 Uji hidrometer pada crushed quartz | 81 |
| Tabel 4.4 Mencari berat jenis semen portland | 84 |
| Tabel 4.5 Kuat tekan benda uji silinder | 85 |
| Tabel 4.6 Kuat tekan benda uji silinder > 130 Mpa | 86 |
| Tabel 4.7 Keseragaman beton menurut nilai UPV | 87 |
| Tabel 4.8 Nilai Uji UPV | 88 |
| Tabel 4.9 Hasil Elastisitas Modulus | 100 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | |
|--|------|
| Untuk Metode Rendam (TM 5 – TM 5C)..... | A |
| a.TM5-S1 & TM5-S2..... | A-1 |
| b.TM5A-S1 & TM5A-S2..... | A-5 |
| c.TM5B-S1 & TM5B-S2 | A-9 |
| d.TM5C-S1 & TM5C-S2 | A-13 |
| Untuk Metode Bakar (TM 5(B) – TM 5C(B))..... | B |
| a.TM5-S1(B) & TM5-S2(B)..... | B-1 |
| b.TM5A-S1(B) & TM5A-S2(B) | B-5 |
| c.TM5B-S1(B) & TM5B-S2(B)..... | B-9 |
| d.TM5C-S1(B) & TM5C-S2(B)..... | B-13 |