



**KARAKTERISTIK BETON NORMAL MENGGUNAKAN
LIMBAH KACA SEBAGAI SUBSTITUSI PARSIAL SEMEN
DENGAN Na_2SiO_3 DAN NaOH**

TUGAS AKHIR

Oleh:

MUHAMMAD RIZKI AULIA

NIM 171910301087

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2021



**KARAKTERISTIK BETON NORMAL MENGGUNAKAN
LIMBAH KACA SEBAGAI SUBSTITUSI PARSIAL SEMEN
DENGAN Na_2SiO_3 DAN NaOH**

TUGAS AKHIR

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi S1 Teknik Sipil dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh:

MUHAMMAD RIZKI AULIA

NIM 171910301087

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2021

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Ayah, Mama dan Ibu yang selalu memberikan semangat serta doa di setiap langkah saya dan pengorbanan sehingga saya dapat menuntut ilmu sampai ke Perguruan Tinggi.
2. Kakak dan adik-adik yang selalu mengisi keceriaan di hari-hari saya, selalu berbagi cerita suka maupun duka.
3. Guru-guru mulai dari taman kanak-kanak hingga perguruan tinggi yang telah memberikan ilmu serta mendidik saya.
4. Teman-teman Himpunan Mahasiswa Sipil yang telah menjadi rumah keluarga di kehidupan berorganisasi pada Perguruan Tinggi. Baswara, Anthophila, serta Gadjahsora.
5. Teman-teman Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Jember.
6. Tim Logawa dan Komunitas Ilmu Sipil yang telah memberikan cerita dalam setiap perlombaan di bidang Teknik Sipil khususnya KJI & KBGI.
7. Salsabila Thifal Hasna yang selalu memberikan semangat agar skripsi ini bisa segera terselesaikan.
8. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

MOTO

“Saat hati sedang marah, jangan menjawab persoalan.”

(Ibnu Sina)

“Dimanapun engkau berada selalulah menjadi yang terbaik dan berikan yang terbaik dari yang bisa kita berikan.”

(B.J. Habibie)

“Sebenarnya apapun tingkahmu, sebaik apapun perilaku hidupmu, kebencian dari manusia itu pasti ada. Jadi jangan terlalu diambil pusing. Terus saja jalan.”

(Gus Dur)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

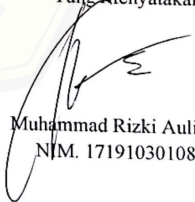
Nama : Muhammad Rizki Aulia

NIM : 171910301087

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul "*Karakteristik Beton Normal Menggunakan Limbah Kaca sebagai Substitusi Parsial Semen dengan Na_2SiO_3 dan $NaOH$* " adalah benar-benar penelitian dan hasil tulisan karya sendiri, belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya hasil jiplakan dari manapun. Saya bertanggung jawab penuh keabsahan dan kebenaran isi pada karya tulis ini sesuai dengan sikap ilmiah yang selalu saya junjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun, serta bersedia mendapatkan sanksi akademik apabila ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 12 Januari 2021
Yang Menyatakan,



Muhammad Rizki Aulia
NIM. 171910301087

SKRIPSI

**KARAKTERISTIK BETON NORMAL MENGGUNAKAN
LIMBAH KACA SEBAGAI SUBSTITUSI PARSIAL SEMEN
DENGAN Na_2SiO_3 DAN NaOH**

Oleh:

MUHAMMAD RIZKI AULIA

NIM 171910301087

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama : Ir. Dwi Nurtanto, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Nanin Meyfa Utami, S.T., M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Karakteristik Beton Normal Menggunakan Limbah Kaca sebagai Substitusi Parsial Semen dengan Na_2SiO_3 dan NaOH ” karya Muhammad Rizki Aulia telah diuji dan disahkan pada:

Hari, tanggal : Selasa, 12 Januari 2021

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Pembimbing:

Pembimbing Utama,



Ir. Dwi Nurtanto, S.T., M.T.
NIP. 197310151998021001

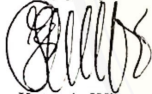
Pembimbing Anggota,



Nanin Meyfa Utami, S.T., M.T.
NRP. 760014641

Tim Penguji:

Penguji I,



Ketut A. Wiswamitra, S.T., M.T.
NIP. 197007132000121001

Penguji II,



Ir. Akhmad Hasanuddin, S.T., M.T.
NIP. 197103271998031003

Mengesahkan,
Dekan Fakultas Teknik
Universitas Jember



Dr. Ir. Triwahju Hardianto, S.T., M.T.
NIP. 197008261997021001

RINGKASAN

Karakteristik Beton Normal Menggunakan Limbah Kaca sebagai Substitusi Parsial Semen dengan Na_2SiO_3 dan NaOH , Muhammad Rizki Aulia, 171910301087, 2021; 72 Halaman; Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Limbah kaca merupakan limbah yang dihasilkan dari kehidupan masyarakat. Banyaknya produk-produk minuman yang menggunakan botol kaca sebagai kemasan, menyebabkan banyaknya limbah kaca yang dibuang langsung tanpa diolah. Serbuk kaca dapat menjadi sebagai binder (pengikat) karena kandungan silika dan alumina. Silika dan alumina akan semakin reaktif apabila direaksikan dengan larutan kimia lainnya, hal ini disebut sebagai larutan *activator*. *Activator* pada umumnya digunakan adalah campuran Na_2SiO_3 dan NaOH .

Pengujian dilakukan di Laboratorium Struktur Fakultas Teknik Universitas Jember. Beton direncanakan dengan kuat tekan sebesar 25 MPa. Persentase serbuk kaca yang digunakan sebesar 0%, 7.5%, 10%, 12.5%, dan 15% dengan benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, dan diuji pada umur beton 3 hari, 14 hari, 28 hari, dan 56 hari. Pengujian meliputi uji nilai *slump* untuk mengetahui workabilitas pada beton segar, pengujian kuat tekan, serta kuat tarik belah beton.

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan persentase 7,5% serbuk kaca dapat mencapai kuat tekan rencana yakni sebesar 27,365 MPa pada umur 28 hari dan 32,838 MPa pada umur 56 hari. Kuat tekan beton mengalami penurunan seiring bertambahnya persentase serbuk kaca. Hubungan kuat tarik belah dan kuat tekan dapat diketahui kuat tarik belah meningkat seiring peningkatan kuat tekan beton.

SUMMARY

Characteristics of Normal Concrete Using Glass Waste as Partial Substitution of Cement with Na_2SiO_3 and NaOH , Muhammad Rizki Aulia, 171910301087, 2021; 72 pages; Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Jember.

Glass waste is waste generated from people's lives. The large number of beverage products that use glass bottles as packaging, causes a large amount of glass waste to be thrown away without being processed. Glass powder can act as a binder (binder) because of its silica and aluminum content. Silica and alumina will be more reactive when reacted with other chemical solutions, this is called an activator solution. The activator generally used is a mixture of Na_2SiO_3 and NaOH .

The test was carried out at the Laboratory of the Structure of the Faculty of Engineering, University of Jember. The concrete is planned with a compressive strength of 25 MPa. The percentage of glass powder used is 0%, 7.5%, 10%, 12.5%, and 15% with cylindrical specimens with a diameter of 15 cm and a height of 30 cm, and tested at the age of the concrete 3 days, 14 days, 28 days, and 56 days. The test includes the slump value test to determine the workability of fresh concrete, compressive strength testing, and split tensile strength of concrete.

Based on the results of tests carried out, the percentage of 7.5% glass powder can achieve the compressive strength of the plan, namely 27.365 MPa at 28 days and 32.838 MPa at 56 days. The compressive strength of the concrete has decreased as the percentage of glass powder increases. The relationship between split tensile strength and compressive strength can be seen that split tensile strength increases with increasing compressive strength of concrete.

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Karakteristik Beton Normal Menggunakan Limbah Kaca sebagai Substitusi Parsial Semen dengan Na_2SiO_3 dan NaOH ”. Sholawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada junjungan Nabi Muhammad SAW. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari kendala-kendala yang ada. Namun, berkat bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, akhirnya skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, penulis menyampaikan banyak terima kasih kepada:

1. Ir. Dwi Nurtanto, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatiannya dalam penulisan skripsi ini.
2. Nanin Meyfa Utami, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatiannya dalam penulisan skripsi ini.
3. Ketut A. Wiswamitra, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji Utama yang telah meluangkan waktunya.
4. Ir. Akhmad Hasanuddin, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji Anggota yang telah meluangkan waktunya.
5. Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing saya dari semester satu hingga saat ini.
6. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Sipil Universitas Jember yang telah sabar memberikan ilmunya selama penulis menempuh perkuliahan.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhir penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat untuk orang lain.

Jember, 12 Januari 2021

Penulis



DAFTAR ISI

| | Halaman |
|--------------------------------------|--------------|
| HALAMAN SAMPUL | i |
| PERSEMBAHAN | ii |
| MOTO | iii |
| PERNYATAAN | iv |
| PENGESAHAN | vi |
| RINGKASAN | vii |
| SUMMARY | viii |
| PRAKATA | ix |
| DAFTAR ISI | xi |
| DAFTAR TABEL | xiv |
| DAFTAR GAMBAR | xvi |
| DAFTAR LAMPIRAN | xviii |
| BAB 1. PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 3 |
| 1.3 Tujuan Penelitian..... | 3 |
| 1.4 Manfaat Penelitian..... | 3 |
| 1.4.1. Manfaat Teoritis..... | 3 |
| 1.4.2. Manfaat Praktis | 3 |
| 1.5 Batasan Masalah..... | 4 |
| BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA | 5 |
| 2.1 Beton | 5 |
| 2.2 Material Pembentuk Beton..... | 5 |
| 2.2.1. Semen Portland | 5 |
| 2.2.2. Air | 7 |
| 2.2.3. Agregat Halus | 8 |
| 2.2.4. Agregat Kasar | 8 |
| 2.2.5. Kaca | 9 |

| | | |
|---------------|---|-----------|
| 2.2.6. | Alkali Aktivator | 9 |
| 2.3 | Kuat Tekan Beton..... | 10 |
| 2.4 | Kuat Tarik Belah | 10 |
| 2.5 | Penelitian-Penelitian Terdahulu | 11 |
| BAB 3. | METODOLOGI PENELITIAN..... | 14 |
| 3.1 | Metode Penelitian..... | 14 |
| 3.2 | Lokasi dan Waktu Penelitian..... | 14 |
| 3.3 | Variabel | 14 |
| 3.3.1. | Variabel Bebas | 14 |
| 3.3.2. | Variabel Terikat | 14 |
| 3.3.3. | Variabel Terkendali..... | 15 |
| 3.4 | Alat dan Bahan | 15 |
| 3.4.1. | Alat..... | 15 |
| 3.4.2. | Bahan | 15 |
| 3.5 | Pengujian Material | 16 |
| 3.5.1. | Semen Portland | 16 |
| 3.5.2. | Agregat Halus | 16 |
| 3.5.3. | Agregat Kasar | 19 |
| 3.6 | Larutan Alkali | 21 |
| 3.7 | <i>Mix Design</i> dan Rancangan Penelitian..... | 23 |
| 3.8 | Pengujian Benda Uji..... | 24 |
| 3.8.1. | Uji Kuat Tekan..... | 24 |
| 3.8.2. | Uji Kuat Tarik Belah..... | 25 |
| 3.9 | Diagram Alir Penelitian | 26 |
| BAB 4. | HASIL DAN PEMBAHASAN..... | 27 |
| 4.1 | Hasil Pengujian Semen..... | 27 |
| 4.1.1. | Berat Volume Semen | 27 |
| 4.1.2. | Berat Jenis Semen | 28 |
| 4.2 | Hasil Pengujian Agregat Halus | 28 |
| 4.2.1. | Analisa Saringan Pasir | 28 |
| 4.2.2. | Berat Jenis Pasir | 31 |

| | | |
|----------------------------|---|-----------|
| 4.2.3. | Berat Volume Pasir | 32 |
| 4.2.4. | Air Resapan Pasir..... | 33 |
| 4.2.5. | Kelembapan Pasir | 34 |
| 4.3 | Hasil Pengujian Agregat Kasar | 34 |
| 4.3.1. | Berat Jenis Kerikil..... | 34 |
| 4.3.2. | Berat Volume Kerikil..... | 35 |
| 4.3.3. | Air Resapan Kerikil | 36 |
| 4.3.4. | Kelembapan Kerikil | 36 |
| 4.4 | Hasil Pengujian Serbuk Kaca | 37 |
| 4.4.1. | Berat Jenis Serbuk Kaca | 37 |
| 4.4.2. | Berat Volume Serbuk Kaca..... | 37 |
| 4.5 | Pengujian Setting Time | 38 |
| 4.5.1. | Konsistensi Normal..... | 38 |
| 4.5.2. | Setting Time..... | 39 |
| 4.5.3. | Hubungan Setting Time dengan Persentase Serbuk Kaca | 47 |
| 4.6 | Rancangan Kebutuhan Pembuatan Beton | 48 |
| 4.6.1. | Perencanaan Campuran Bahan..... | 48 |
| 4.6.2. | Kebutuhan Material..... | 52 |
| 4.7 | Hasil Uji <i>Slump</i> | 54 |
| 4.8 | Perawatan Beton (<i>Curing</i>)..... | 55 |
| 4.9 | Hasil Uji Kuat Tekan..... | 56 |
| 4.10 | Hasil Uji Kuat Tarik Belah..... | 66 |
| BAB 5. | KESIMPULAN DAN SARAN..... | 71 |
| 5.1 | Kesimpulan..... | 71 |
| 5.2 | Saran..... | 72 |
| DAFTAR PUSTAKA..... | | 73 |

DAFTAR TABEL

| | Halaman |
|--|---------|
| Tabel 2.1 Komposisi Kimia Semen | 6 |
| Tabel 2.2 Senyawa Kimia Penyusun Serbuk Kaca | 9 |
| Tabel 2.3 Kuat Tekan Beton | 11 |
| Tabel 3.1 Banyaknya Benda Uji untuk Pengujian Kuat Tekan | 24 |
| Tabel 3.2 Banyaknya Benda Uji untuk Pengujian Kuat Tarik Belah | 24 |
| Tabel 4.1 Data Hasil Uji Berat Volume Semen | 27 |
| Tabel 4.2 Data Hasil Uji Berat Jenis Semen | 28 |
| Tabel 4.3 Data Hasil Pengujian Analisa Saringan Pasir | 29 |
| Tabel 4.4 Data Hasil Uji Berat Jenis Pasir | 32 |
| Tabel 4.5 Data Hasil Uji Berat Volume Pasir | 33 |
| Tabel 4.6 Data Hasil Uji Air Resapan Pasir..... | 33 |
| Tabel 4.7 Data Hasil Uji Kelembapan Pasir | 34 |
| Tabel 4.8 Data Hasil Uji Berat Jenis Kerikil | 35 |
| Tabel 4.9 Data Hasil Uji Berat Volume Kerikil | 35 |
| Tabel 4.10 Data Hasil Uji Air Resapan Kerikil | 36 |
| Tabel 4.11 Data Hasil Uji Kelembapan Kerikil..... | 36 |
| Tabel 4.12 Data Hasil Uji Berat Jenis Serbuk Kaca | 37 |
| Tabel 4.13 Data Hasil Uji Berat Volume Serbuk Kaca | 38 |
| Tabel 4.14 Data Hasil Konsistensi Normal..... | 39 |
| Tabel 4.15 Kandungan Pasta 0% Serbuk Kaca..... | 40 |
| Tabel 4.16 Data Hasil Setting Time Pasta 0% Serbuk Kaca | 40 |
| Tabel 4.17 Kandungan Pasta 7,5% Serbuk Kaca..... | 41 |
| Tabel 4.18 Data Hasil Setting Time Pasta 7,5% Serbuk Kaca | 42 |
| Tabel 4.19 Kandungan Pasta 10% Serbuk Kaca..... | 43 |
| Tabel 4.20 Data Hasil Setting Time Pasta 10% Serbuk Kaca | 43 |
| Tabel 4.21 Kandungan Pasta 12,5% Serbuk Kaca..... | 44 |
| Tabel 4.22 Data Hasil Setting Time Pasta 12,5% Serbuk Kaca | 45 |
| Tabel 4.23 Kandungan Pasta 15% Serbuk Kaca..... | 46 |

| | |
|--|----|
| Tabel 4.24 Data Hasil Setting Time Pasta 15% Serbuk Kaca | 46 |
| Tabel 4.25 Hubungan Setting Time dengan Persentase Serbuk Kaca | 47 |
| Tabel 4.26 <i>Mix Design</i> | 51 |
| Tabel 4.27 Kebutuhan Bahan per m ³ | 52 |
| Tabel 4.28 Kebutuhan Bahan BK1 | 52 |
| Tabel 4.29 Kebutuhan Bahan BK2 | 53 |
| Tabel 4.30 Kebutuhan Bahan BK3 | 53 |
| Tabel 4.31 Kebutuhan Bahan BK4 | 53 |
| Tabel 4.32 Kebutuhan Bahan BK5 | 54 |
| Tabel 4.33 Hasil Pengujian <i>Slump</i> | 55 |
| Tabel 4.34 Data Hasil Uji Tekan | 57 |
| Tabel 4.35 Data Kuat Tekan Benda Uji Umur 7 Hari | 60 |
| Tabel 4.36 Data Hasil Uji Kuat Tekan Benda Uji dengan Pengurangan Kadar Semen..... | 61 |
| Tabel 4.37 Data Hasil Uji Kuat Tekan Benda Uji dengan Serbuk Kaca Tanpa Larutan Alkali Aktivator..... | 62 |
| Tabel 4.38 Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah BK 1 | 67 |
| Tabel 4.39 Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah BK 2 | 67 |
| Tabel 4.40 Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah BK 3 | 67 |
| Tabel 4.41 Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah BK 4 | 67 |
| Tabel 4.42 Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah BK 5 | 67 |
| Tabel 4.43 Persentase Kuat Tarik Belah..... | 69 |

DAFTAR GAMBAR

| | Halaman |
|---|---------|
| Gambar 2.1 Hasil Kuat Tekan Rata-rata..... | 12 |
| Gambar 4.1 Batas Gradasi Zona 1 Pasir | 29 |
| Gambar 4.2 Batas Gradasi Zona 2 Pasir | 30 |
| Gambar 4.3 Batas Gradasi Zona 3 Pasir | 30 |
| Gambar 4.4 Batas Gradasi Zona 4 Pasir | 31 |
| Gambar 4.5 Grafik Konsistensi Normal | 39 |
| Gambar 4.6 Grafik Setting Time Pasta 0% Serbuk Kaca | 41 |
| Gambar 4.7 Grafik Setting Time Pasta 7,5% Serbuk Kaca | 42 |
| Gambar 4.8 Grafik Setting Time Pasta 10% Serbuk Kaca | 44 |
| Gambar 4.9 Grafik Setting Time Pasta 12,5% Serbuk Kaca | 45 |
| Gambar 4.10 Grafik Setting Time Pasta 15% Serbuk Kaca | 47 |
| Gambar 4.11 Grafik Hubungan Setting Time dengan Persentase Serbuk Kaca.... | 48 |
| Gambar 4.12 Pengujian <i>Slump</i> | 54 |
| Gambar 4.13 <i>Curing</i> Beton..... | 56 |
| Gambar 4.14 Uji Kuat Tekan..... | 57 |
| Gambar 4.15 Grafik Kuat Tekan..... | 60 |
| Gambar 4.16 Grafik Perbandingan Penggunaan Alkali Aktivator | 63 |
| Gambar 4.17 Grafik Hubungan Kuat Tekan dengan Persentase Serbuk Kaca pada Beton Umur 3 Hari..... | 64 |
| Gambar 4.18 Grafik Hubungan Kuat Tekan dengan Persentase Serbuk Kaca pada Beton Umur 14 Hari..... | 64 |
| Gambar 4.19 Grafik Hubungan Kuat Tekan dengan Persentase Serbuk Kaca pada Beton Umur 28 Hari..... | 65 |
| Gambar 4.20 Grafik Hubungan Kuat Tekan dengan Persentase Serbuk Kaca pada Beton Umur 56 Hari..... | 65 |
| Gambar 4.21 Pengujian Kuat Tarik Belah..... | 66 |
| Gambar 4.22 Grafik Kuat Tarik Belah..... | 68 |

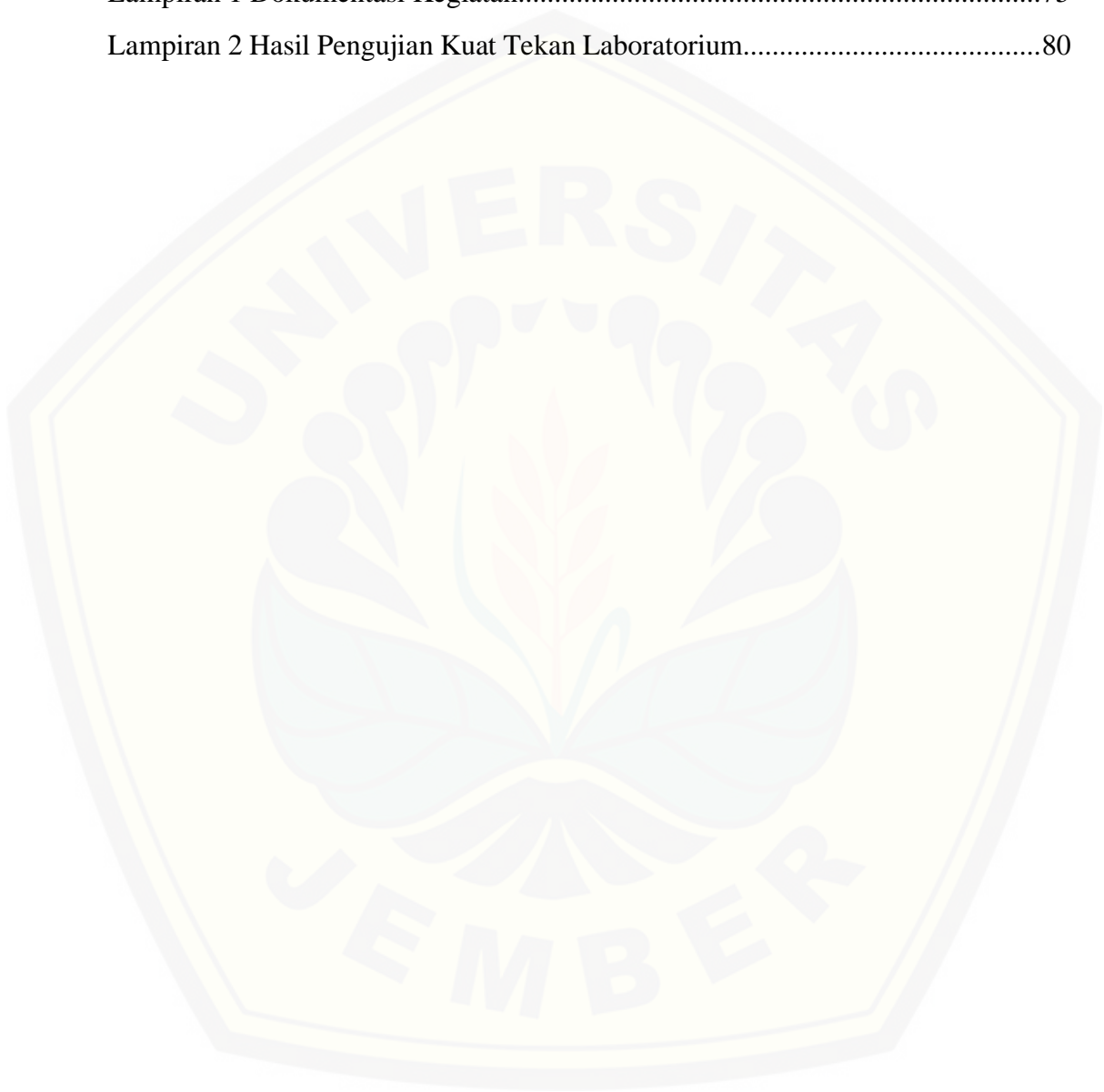
Gambar 4.23 Grafik Hubungan Kuat Tarik Belah dengan Persentase Serbuk Kaca68

Gambar 4.24 Grafik Hubungan Kuat Tarik Belah dan Kuat Tekan70



DAFTAR LAMPIRAN

| | Halaman |
|---|---------|
| Lampiran 1 Dokumentasi Kegiatan..... | 75 |
| Lampiran 2 Hasil Pengujian Kuat Tekan Laboratorium..... | 80 |



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beton merupakan bahan elemen struktur yang populer di masa ini. Beton menjadi bahan elemen struktur yang populer dikarenakan memiliki banyak keunggulan seperti tahan terhadap temperatur tinggi, memiliki kekuatan yang baik terhadap tekan, mudah dibentuk menggunakan bekisting, dan lebih murah jika dibandingkan dengan baja. Campuran antara semen dengan pasir, kerikil, serta air disebut beton (SNI 2847:2013). Campuran dari bahan tadi akan mengeras layaknya batuan. Pada campuran air dan semen akan terjadi reaksi kimia dan menyebabkan pengerasan pada beton.

Salah satu penyusun material beton yakni semen. Semen adalah material yang tidak ramah lingkungan dalam pembuatannya. Pemanasan global timbul akibat terjadinya pelepasan gas karbondioksida saat semen diproduksi. Sehingga harus dilakukan penelitian untuk membuat beton yang ramah lingkungan namun tidak mengurangi kualitas beton itu sendiri. Banyak material alternatif untuk menggantikan parsial semen yang tidak ramah lingkungan kepada material yang lebih ramah lingkungan, seperti limbah kaca yang mengandung unsur silika.

Limbah kaca merupakan limbah yang dihasilkan dari kehidupan masyarakat. Banyaknya produk-produk minuman yang menggunakan botol kaca sebagai kemasan, menyebabkan banyaknya limbah kaca yang dibuang langsung tanpa diolah. Berdasarkan hal tersebut tentunya limbah kaca akan mencemari lingkungan sekitar dikarenakan material kaca yang susah terurai secara alami oleh lingkungan. Du dan Tan (2014) dalam penelitiannya menyatakan bahwa komposisi senyawa kimia serbuk kaca mirip dengan komposisi senyawa kimia pada semen. Kaca juga memiliki ketahanan terhadap cuaca yang baik serta kaca tidak menyerap air, hal ini menunjukkan bahwa material kaca bagus untuk menjadi campuran beton pada lokasi pengecoran tempat yang membutuhkan beton tahan terhadap resapan air.

Pada penelitian Karwur dkk (2013), pada variasi *glass powder* sebanyak 6%, 8%, 10%, 12%, dan 15% didapati penurunan kuat tekan beton dibanding beton normal, hal ini dikarenakan unsur senyawa Alite (trikalsium silikat) yang memiliki fungsi sebagai pondasi kekuatan beton pada umur dini berkurang saat proses pengikatan senyawa semen itu sendiri. Serbuk kaca dapat menjadi sebagai binder (pengikat) karena kandungan silika dan alumina. Silika dan alumina akan semakin reaktif apabila direaksikan dengan larutan kimia lainnya, hal ini disebut sebagai larutan *activator*. *Activator* pada umumnya digunakan adalah campuran Na_2SiO_3 dan NaOH. Pada penelitian Ekaputri dan Triwulan (2013), beton yang memiliki molaritas NaOH sebesar 14M mendapatkan kuat tekan tertinggi dibandingkan beton dengan kandungan molaritas yang berbeda. Na_2SiO_3 dalam larutan alkali aktivator juga memiliki peran yang sangat penting dalam membuat beton memiliki kuat tekan yang tinggi. Apabila Na_2SiO_3 terlalu sedikit dibandingkan NaOH dalam larutan alkali aktivator maka beton tidak bisa mencapai kuat tekan yang tinggi. Sehingga pada penelitian ini aktivator yang dipakai adalah larutan NaOH yang memiliki molaritas sebesar 14M serta perbandingan berat Na_2SiO_3 dan NaOH 1:1.

Dengan berbagai keuntungan yang didapatkan dari penggunaan limbah kaca yang telah dikemukakan di atas, dilakukan penelitian beton normal dengan judul “Karakteristik Beton Normal Menggunakan Limbah Kaca sebagai Substitusi Parsial Semen dengan Na_2SiO_3 dan NaOH”. Pada penelitian ini akan menggunakan serbuk kaca yang diperoleh dari limbah kaca yang dihancurkan menggunakan mesin penghancur. Merujuk pada penelitian sebelumnya maka penelitian ini menggunakan persentase 0%, 7.5%, 10%, 12.5%, dan 15%. Menggunakan Na_2SiO_3 dan NaOH sebagai aktivator dengan konsentrasi 14M. Benda uji berbentuk silinder berdiameter 150 mm dan tinggi 300 mm, dan diuji pada umur beton 3 hari, 14 hari, 28 hari, dan 56 hari.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka didapatkan rumusan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi limbah kaca dengan Na_2SiO_3 dan NaOH sebagai aktivator terhadap sifat mekanik beton?
2. Berapa proporsi beton yang optimal dengan menggunakan limbah kaca?

1.3 Tujuan Penelitian

Setelah mendapatkan beberapa rumusan masalah, penelitian ini bertujuan untuk:

1. Menganalisis sifat mekanik beton normal menggunakan limbah kaca dengan Na_2SiO_3 dan NaOH sebagai aktivator.
2. Mendapatkan proporsi beton yang optimal dengan menggunakan limbah kaca sebagai substitusi parsial semen.

1.4 Manfaat Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah serta tujuan penelitian di atas, maka didapatkan manfaat dari penelitian ini adalah:

1.4.1. Manfaat Teoritis

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan referensi dalam wawasan material elemen struktur *green building* mengenai pemanfaatan limbah kaca sebagai bahan campuran beton.

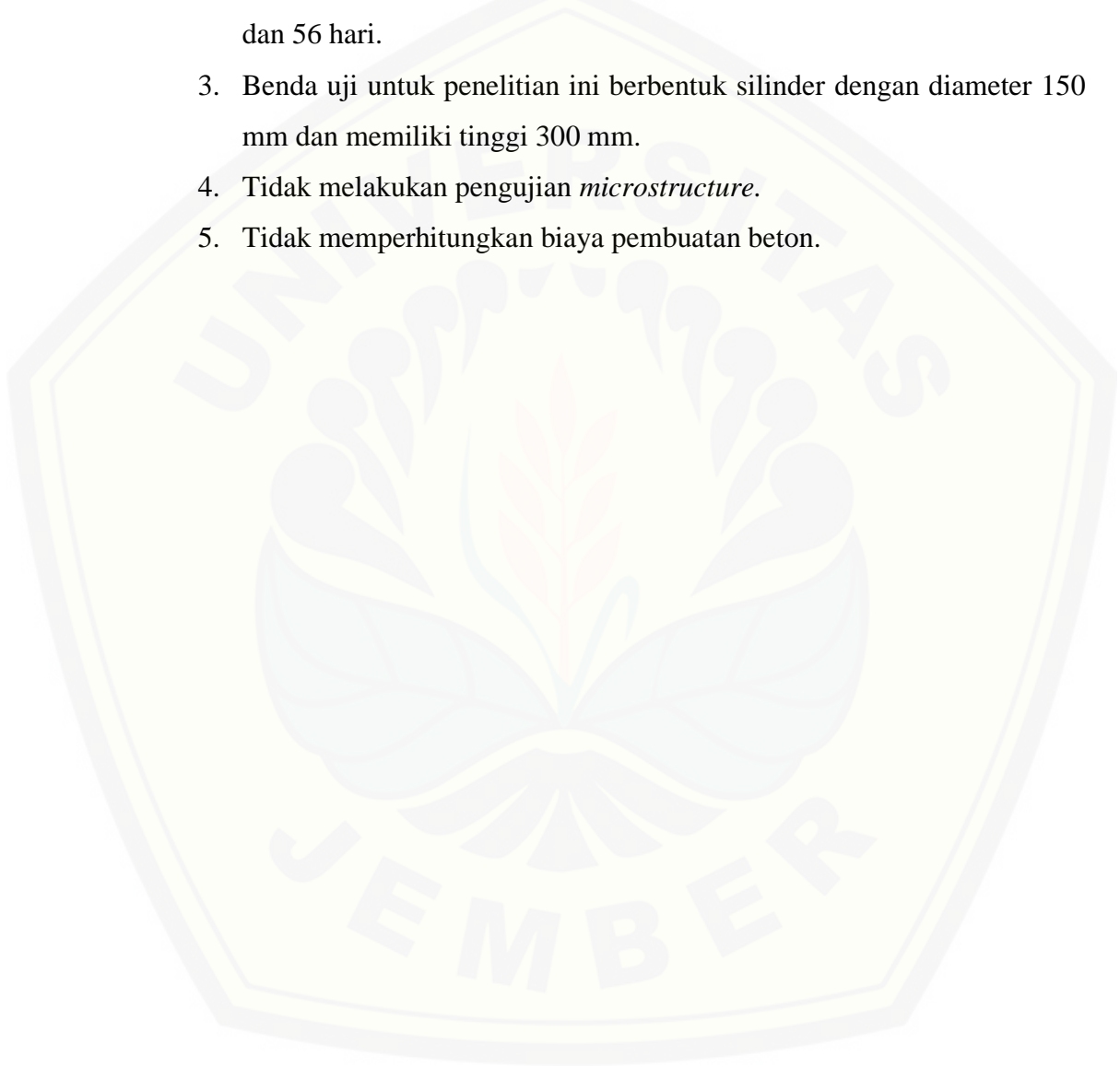
1.4.2. Manfaat Praktis

Hasil dari penelitian ini secara praktis diharapkan memberikan solusi dalam permasalahan limbah kaca yang dapat mencemari lingkungan.

1.5 Batasan Masalah

Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini diberikan batasan masalah sebagai berikut:

1. Karakteristik yang diteliti adalah kuat tekan serta kuat tarik belah.
2. Pelaksanaan pengujian beton dilakukan saat beton berumur 3, 14, 28, dan 56 hari.
3. Benda uji untuk penelitian ini berbentuk silinder dengan diameter 150 mm dan memiliki tinggi 300 mm.
4. Tidak melakukan pengujian *microstructure*.
5. Tidak memperhitungkan biaya pembuatan beton.



BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton

Beton adalah suatu elemen struktur yang populer untuk pembangunan gedung, bendungan, serta jalan. Berdasarkan SNI 2847:2013, Campuran antara semen dengan pasir, kerikil, serta air disebut beton. Campuran dari bahan tadi akan mengeras layaknya batuan. Pada campuran air dan semen akan terjadi reaksi kimia dan menyebabkan pengerasan pada beton.

Pasta semen adalah tahap awal dalam pembentukan beton. Pasta semen merupakan proses hidrasi antara semen dan air. Agregat halus apabila ditambahkan ke dalam pasta maka akan menjadi mortar. Selanjutnya apabila ditambahkan dengan kerikil maka akan menjadi beton dengan atau tidak ditambahkan bahan tambah. Penambahan material lain akan membentuk beton menjadi jenisnya seperti beton bertulang jika ditambahkan dengan tulangan baja. Kuat tekan akan meningkat seiring bertambahnya umur beton. Secara cepat kekuatan tekan beton akan linier bertambahnya hingga umur 28 hari, dan selanjutnya pertambahan kuat tekan beton akan kecil. Penggunaan bahan material penyusun beton akan mempengaruhi dari kecepatan kenaikan umur beton itu sendiri (Mulyono, 2014).

2.2 Material Pembentuk Beton

2.2.1. Semen Portland

Semen adalah material untuk pekerjaan konstruksi yang paling populer digunakan, khususnya pada pekerjaan beton. Semen dihasilkan dari menggiling kalsium silikat yang berbentuk klinker. Pada klinker tersebut umumnya terdapat satu atau lebih kandungan kalsium sulfat sebagai bahan tambah yang digiling bersamaan dengan kalsium silikat (Mulyono, 2014). Semen terdiri atas beberapa senyawa kimia, berikut unsur-unsur semen.

Tabel 2.1 Komposisi Kimia Semen

| Komposisi Kimia | Semen (%) |
|--------------------------------|-----------|
| SiO ₂ | 20,8 |
| Al ₂ O ₃ | 4,6 |
| Fe ₂ O ₃ | 2,8 |
| CaO | 65,4 |
| MgO | 1,3 |
| SO ₃ | 2,2 |
| Na ₂ O | 0,31 |
| K ₂ O | 0,44 |

Sumber: (Du dan Tan, 2014)

Persyaratan mutu semen portland harus terpenuhi apabila akan digunakan pada pekerjaan konstruksi. Semen dibagi menjadi 5 jenis sesuai SNI 15-7064-2004 yaitu:

1. Tipe I, dalam penggunaannya semen tipe I tidak membutuhkan persyaratan khusus. Fungsi dari semen tipe I ini untuk kebutuhan konstruksi umum yang tidak membutuhkan persyaratan khusus dalam panas hidrasi serta keharusan memiliki tekan awal yang tinggi. Semen tipe I ini bagus digunakan apabila tanah serta air hanya mengandung sulfat 0,0%-0,1%. Serta semen ini cocok digunakan untuk pekerjaan bangunan rumah, gedung tingkat, dll.
2. Tipe II, dalam penggunaannya semen tipe II difungsikan untuk pekerjaan yang membutuhkan ketahanan terhadap panas hidrasi sedang dan sulfat. Semen tipe II ini bagus digunakan apabila tanah dan air mengandung sulfat 0,1%-0,2%. Serta semen ini cocok digunakan untuk pekerjaan bangunan di pinggir laut, bangunan di bekas tanah rawa, dll.
3. Tipe III, dalam penggunaannya semen tipe III difungsikan untuk pekerjaan yang membutuhkan kekuatan tekan beton yang tinggi pada umur dini. Semen tipe III ini cocok untuk pekerjaan bangunan yang

memiliki banyak lantai, bangunan di kedalaman air yang tidak mengharuskan tahan terhadap serangan sulfat.

4. Tipe IV, dalam penggunaannya semen tipe IV difungsikan untuk pekerjaan yang membutuhkan panas hidrasi yang kecil saat dikerjakan. Beton yang menggunakan semen tipe ini akan memiliki kuat tekan kecil pada umur dini. Semen tipe IV biasanya digunakan dalam pekerjaan struktur beton yang besar seperti pekerjaan dam.
5. Tipe V, dalam penggunaannya semen tipe V difungsikan untuk pekerjaan yang membutuhkan ketahanan yang sangat tinggi terhadap serangan sulfat. Semen tipe V ini bagus digunakan apabila tanah dan air mengandung sulfat lebih dari 0,2%. Serta semen ini cocok digunakan untuk pekerjaan bangunan instalasi pengolahan limbah pabrik, dan pembangkit tenaga nuklir.

2.2.2. Air

Minyak, asam, atau bahan lainnya tidak boleh terkandung dalam air yang akan digunakan pada pekerjaan beton, air yang digunakan harus bersih dari zat-zat tersebut, dan juga air harus bersih dari zat-zat lainnya yang bersifat destruktif terhadap beton maupun tulangan. (Mulyono, 2014).

Berdasarkan PBI 1971, air yang akan digunakan dalam campuran bahan bangunan harus memenuhi syarat sebagai berikut:

1. Dalam pembuatan serta *curing* beton, air tidak boleh memiliki kandungan minyak, garam-garam, asam, serta bahan-bahan yang dapat merusak beton.
2. Jumlah air yang dipakai pada adukan beton bisa ditentukan menggunakan ukuran berat dan harus dilakukan secara tepat.

2.2.3. Agregat Halus

Berdasarkan SNI 03-6820-2002, pasir alam hasil disintegrasi alami dari batuan atau pasir buatan yang didapatkan dari mesin pemecah batuan yang memiliki ukuran kecil (0,15 – 5mm) disebut agregat halus. Butiran-butiran kecil yang tertahan di saringan nomor 200 dan lolos saringan nomor 8 disebut dengan agregat halus. Lempung dan partikel-partikel lain yang ukurannya lebih kecil dari saringan nomor 200 tidak boleh terkandung dalam campuran agregat halus, hal ini untuk menjaga kualitas agregat halus yang bagus untuk campuran pekerjaan beton.

2.2.4. Agregat Kasar

Menurut SNI 03-2847-2002, butiran-butiran yang tidak lolos saringan nomor 8 disebut agregat kasar. Umumnya kerikil memiliki ukuran antara 5-40 mm, kerikil tersebut merupakan produk dari proses pemecahan yang dilakukan di industri pemecahan batu. Dalam campuran beton, ada beberapa syarat yang harus dipenuhi oleh agregat kasar:

1. Agregat kasar harus tidak memiliki pori dan memiliki sifat yang kekal serta terbuat dari kumpulan butir yang keras. Apabila agregat kasar memiliki butir-butir pipih, agregat dapat digunakan apabila kandungan butir pipih tidak lebih dari 20% dari berat agregat.
2. Agregat kasar tidak diperbolehkan untuk mengandung bahan yang reaktif dengan alkali apabila agregat kasar digunakan dalam campuran beton pada pekerjaan yang basah dan lembab atau pekerjaan yang berhubungan langsung tanah basah.
3. Dalam kandungan agregat kasar harus tidak ada bahan yang bersifat *destruktif* terhadap beton.
4. Kadar lumpur agregat kasar harus lebih rendah dari 1%.
5. Ukuran maksimum agregat kasar tidak diperbolehkan lebih dari 1/5 jarak terkecil dari sisi-sisi samping bekisting, 1/3 tebal pelat atau 3/4 jarak bersih minimum dari tulangan pada beton bertulang.

2.2.5. Kaca

Material padat yang bersifat bening dan transparan serta rapuh disebut kaca. Jendela dan gelas minum merupakan jenis kaca yang paling populer digunakan selama berabad-abad. Kaca terbuat dari 75% silikon dioksida (SiO_2), Na_2O , CaO , serta beberapa zat tambahan (Purnomo dan Hisyam, 2014). Senyawa kimia penyusun kaca dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.2 Senyawa Kimia Penyusun Serbuk Kaca

| Komposisi Kimia Serbuk Kaca (%) | |
|--|-------|
| SiO_2 | 72,08 |
| Al_2O_3 | 2,19 |
| Fe_2O_3 | 0,22 |
| CaO | 10,45 |
| MgO | 0,72 |
| Na_2O | 13,71 |
| K_2O | 0,16 |
| TiO_2 | 0,1 |
| Cr_2O_3 | 0,01 |

Sumber: (Du dan Tan, 2014)

2.2.6. Alkali Aktivator

Natrium silikat (Na_2SiO_3) dan natrium hidroksida (NaOH) merupakan salah satu bahan yang dipakai sebagai alkali aktivator pada beton geopolimer. Reaksi polimerisasi akan terjadi dengan cepat dikarenakan adanya natrium silikat karena hal tersebut merupakan fungsinya. Sedangkan senyawa alumina (Al) dan silika (Si) akan bereaksi dikarenakan adanya natrium hidroksida (Hardjito dkk, 2004).

2.3 Kuat Tekan Beton

Menurut SNI 03-1974-2011, kuat tekan beton merupakan besarnya beban yang dapat ditahan oleh beton per satuan luas. Beton yang baik dinilai dari kuat tekan beton yang dimilikinya. Semakin tinggi kuat tekan beton maka semakin bagus mutu yang dimiliki beton tersebut. Kuat tekan beton dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya faktor air semen, kelecakan beton segar, serta umur beton. Kuat tekan beton dapat dihitung dengan rumus:

$$f_c' = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan:

- f_c' = Kuat tekan (MPa)
- P = Maksimum beban yang mampu ditahan beton (N)
- A = Luas penampang beton (mm²)

2.4 Kuat Tarik Belah

Kuat tarik belah merupakan nilai kekuatan beton yang didapatkan secara tidak langsung dari beton dengan bentuk benda uji berupa silinder yang diuji pembebanannya dengan meletakkan benda uji secara mendatar pada alas mesin pembebanan. Metode kuat tarik belah seperti ini didapatkan dengan pengujian menggunakan alat *Universal Testing Machine (UTM)*. Kuat tarik belah beton dapat digunakan untuk memprediksi retak dan defleksi balok.

Kuat tarik belah dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$f_t = \frac{2P}{\pi LD} \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan:

- f_t = Kuat tarik belah (MPa)
- P = Maksimum beban yang mampu ditahan beton (N)
- Π = konstanta (22/7)
- L = Tinggi atau panjang silinder benda uji (mm)
- D = Diameter silinder benda uji (mm)

2.5 Penelitian-Penelitian Terdahulu

Berikut adalah penelitian-penelitian terdahulu yang menjadi literatur serta referensi tambahan bagi penulis untuk menunjang pengerjaan penelitian ini, yaitu:

1. Kuat Tekan Beton dengan Bahan Tambah Serbuk Kaca Sebagai Substitusi Parsial Semen (Karwur dkk, 2013).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kuat tekan beton dengan bahan tambah *glass powder* sebagai pengganti sebagian dari semen dengan variasi 0%, 6%, 8%, 10%, 12% dan 15%. Pada penelitian ini menggunakan benda uji berbentuk silinder dengan diameter 100 mm dan memiliki tinggi 200 mm. Pengujian yang dilakukan adalah uji kuat tekan saat beton berumur 7, 14, dan 28 hari.

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah:

- a. Berat volume beton akan berkurang seiring bertambahnya substitusi serbuk kaca yang digunakan.
- b. Nilai kuat tekan pada penelitian ini dapat dilihat dalam tabel berikut

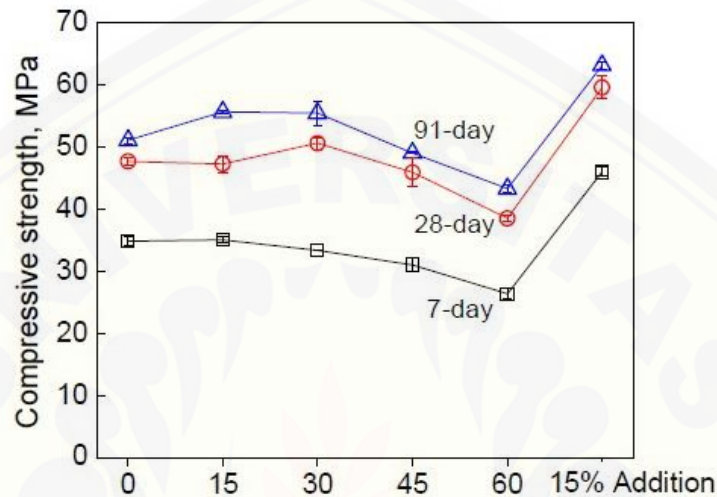
Tabel 2.3 Kuat Tekan Beton

| Kadar Kaca | Kuat Tekan Beton (MPa) | | |
|------------|---------------------------|---------|---------|
| | 7 hari | 14 hari | 28 hari |
| 0% | 16,87 | 25,84 | 26,23 |
| 6% | 15,53 | 21,32 | 27,69 |
| 8% | 14,89 | 20,05 | 29,15 |
| 10% | 16,11 | 19,41 | 31,07 |
| 12% | 12,35 | 18,72 | 27,12 |
| 15% | 12,095 | 14,26 | 24,13 |

Sumber: (Karwur dkk, 2013)

2. Waste Glass Powder as Cement Replacement in Concrete (Du dan Tan, 2014)

Pada penelitian ini digunakan variasi serbuk kaca 0, 15, 30, 45, dan 60% dari kebutuhan semen. Beberapa pengujian yang dilakukan adalah uji kuat tekan saat benda uji berumur 7, 28, dan 91 hari. Berikut disajikan grafik hasil kuat tekan pada penelitian ini.



Gambar 2.1 Hasil Kuat Tekan Rata-rata
(Sumber: Du dan Tan, 2014)

Hasil yang didapatkan adalah kuat tekan beton menurun pada variasi serbuk kaca di atas 15% saat beton masih berumur 7 hari. Namun pada umur beton 28 dan 91 hari tidak ada penurunan kuat tekan rata-rata pada variasi serbuk kaca 15% dan 30%.

3. Sodium sebagai Aktivator *Fly Ash*, Trass dan Lumpur Sidoarjo dalam Beton Geopolimer (Ekaputri dan Triwulan, 2013)

Lumpur Sidoarjo dan trass dimanfaatkan dalam penelitian ini sebagai substitusi *fly ash* dalam campuran pasta seperti beton geopolimer. Larutan alkali aktivator yang digunakan dalam penelitian ini divariasikan molaritas NaOH nya dari 8M-14M. Perbandingan larutan alkali aktivator antara Na_2SiO_3 dan NaOH juga divariasikan dari 0,5-2,5.

Jadi, dapat disimpulkan hubungan perbandingan larutan alkali aktivator antara Na_2SiO_3 dan NaOH didapatkan semakin tinggi perbandingannya, kuat tekan

dan kuat tarik belah belum pasti mendapatkan nilai yang tinggi pula. Dan kuat tarik belah serta kuat tekan beton akan semakin tinggi apabila molaritas NaOH memiliki nilai yang tinggi.



BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode eksperimen digunakan dalam melakukan penelitian ini, yakni melakukan percobaan dengan benda uji beton silinder di laboratorium. Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui sifat mekanik beton normal dengan penambahan variasi limbah kaca.

3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Struktur Fakultas Teknik Universitas Jember. Waktu dilaksanakannya penelitian ini dimulai dari pengerjaan proposal penelitian pada bulan Juli sampai Agustus dilanjutkan dengan proses penelitian mulai dari pengumpulan bahan sampai analisis dan pembahasan pada bulan Agustus sampai Desember 2020.

3.3 Variabel

Pada penelitian ini menggunakan tiga variabel, terdiri dari variabel bebas, variabel terikat, dan variabel terkontrol.

3.3.1. Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang menjadi penyebab atau mempengaruhi. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah serbuk kaca dengan variasi 0%, 7,5%, 10%, 12,5% dan 15% dari berat semen.

3.3.2. Variabel Terikat

Variabel terikat adalah faktor faktor yang diamati selama penelitian dan diukur dalam rangka menentukan pengaruh adanya variabel bebas. Berikut merupakan variabel terikat dalam penelitian ini:

- a. Kuat tekan
- b. Kuat tarik belah

3.3.3. Variabel Terkendali

Selama penelitian adapun variabel-variabel yang dipertahankan (dikontrol) atau yang biasa disebut variabel terkontrol. Pada penelitian ini ditetapkan variabel terkontrol sebagai berikut:

- a. Tipe semen
- b. Kuat tekan rencana beton 25 MPa
- c. Umur benda uji
- d. Molaritas alkali aktivator

3.4 Alat dan Bahan

3.4.1. Alat

Alat-alat yang akan digunakan pada penelitian ini adalah:

- a. Timbangan
- b. Mesin *sieve shaker*
- c. Oven
- d. Cetakan benda uji berbentuk silinder
- e. Satu Set Saringan (standar ASTM)
- f. *Compressing Testing Machine* (CTM)
- g. Kerucut Abrams
- h. Piknometer
- i. *Mounting table*
- j. Mesin Pengaduk Beton (*Concrete Mixer*)
- k. Bak
- l. Sekop
- m. Loyang/talam
- n. Palu
- o. Penggaris

3.4.2. Bahan

Bahan-bahan material yang akan digunakan pada penelitian ini adalah :

- a. Semen Portland

Semen dengan merk semen Gresik bertipe PCC

b. Air

Penelitian ini menggunakan air tawar yang berasal dari Laboratorium Struktur Fakultas Teknik Universitas Jember.

c. Agregat Halus

Pada penelitian ini menggunakan agregat halus yang berasal dari Kabupaten Lumajang.

d. Serbuk Kaca

Serbuk kaca yang digunakan pada penelitian ini didapatkan dari limbah kaca yang dihancurkan menggunakan mesin hingga menjadi serbuk halus dan lolos ayakan nomor 200.

3.5 Pengujian Material

Pengujian material ini dilakukan untuk mengetahui kelayakan dari setiap material bahan penyusun beton yang akan digunakan dalam *mix design*. Pengujian material meliputi:

3.5.1. Semen Portland

Pengujian semen bertujuan untuk mengetahui karakteristik semen yang akan digunakan dalam campuran beton. Pengujian semen meliputi:

- a. Berat volume semen gresik
- b. Berat jenis semen gresik

3.5.2. Agregat Halus

Karakteristik dari agregat halus akan diketahui setelah melakukan beberapa pengujian agregat halus yang akan digunakan dalam campuran beton. Pengujian agregat halus meliputi:

- a. Analisa saringan pasir

Pengujian agregat halus menggunakan beberapa alat serta bahan sebagai berikut:

1. Ayakan ASTM: nomor 4, nomor 8, nomor 16, nomor 30, nomor 50, nomor 100, dan Pan

2. Timbangan analitis
3. *Sieve Shaker*
4. Pasir kering yang sudah dioven

Langkah pengujian:

1. Timbang pasir sebanyak 1 kg
2. Susun ayakan dengan susunan ayakan nomor 4 berada di posisi atas, setelah itu masukkan pasir ke dalam ayakan, lalu getarkan menggunakan alat *Sieve Shaker* selama 10 menit
3. Timbang pasir yang tertahan di atas ayakan
4. Kontrol berat pasir = 1 kg

b. Berat jenis pasir

Berikut alat serta bahan yang digunakan dalam pengujian berat jenis pasir:

1. Timbangan analitis
2. Piknometer
3. Oven
4. Pasir kondisi SSD

Prosedur pengujian:

1. Timbang piknometer
2. Pasir dalam keadaan SSD ditimbang sebanyak 50 gram
3. Masukkan pasir ke dalam piknometer lalu ditimbang beratnya
4. Masukkan air ke dalam piknometer sampai ke garis batas, lalu diputar-putar sampai semua gelembung udara keluar
5. Piknometer diisi air hingga batas kapasitas lalu ditimbang beratnya
6. Piknometer kosong dimasukkan air sampai garis batas kapasitas lalu ditimbang beratnya

c. Berat volume pasir

Berikut alat serta bahan yang dibutuhkan dalam pengujian berat volume pasir:

1. Timbangan analitis

2. Wadah dengan bentuk silinder yang memiliki volume 10 liter
3. Alat perobek dan alat perojok yang memiliki diameter 1,6 cm, dan panjang 6 cm
4. Pasir kondisi kering

Prosedur pengujian:

1. Tanpa rojokan
 - a) Timbang wadah berbentuk silinder
 - b) Masukkan pasir ke dalam wadah sampai penuh lalu ratakan
 - c) Timbang silinder yang berisi pasir
2. Dengan rojokan
 - a) Timbang wadah berbentuk silinder
 - b) Masukkan pasir ke dalam wadah sebanyak $\frac{1}{3}$ bagian lalu dirojok sebanyak 25 kali, lanjutkan tiap bagian sampai wadah penuh
 - c) Timbang silinder yang berisi pasir
- d. Air resapan pasir

Berikut alat serta bahan yang diperlukan dalam melakukan pengujian air resapan pasir:

1. Timbangan analitis
2. Oven
3. Pasir kondisi SSD

Prosedur pengujian:

1. Pasir dalam keadaan SSD ditimbang sebanyak 100 gram
2. Keringkan pasir di dalam oven selama 1 hari
3. Keluarkan pasir lalu timbang ketika pasir sudah dingin

- e. Kelembapan pasir

Berikut alat serta bahan yang diperlukan dalam melakukan pengujian kelembapan pasir:

1. Timbangan analitis
2. Oven

3. Pan
4. Pasir kondisi asli

Prosedur pengujian:

1. Timbang pasir kondisi asli sebanyak 250 gram
2. Keringkan pasir di dalam oven selama 1 hari
3. Keluarkan pasir lalu timbang ketika pasir sudah dingin

3.5.3. Agregat Kasar

Pengujian agregat kasar bertujuan untuk mengetahui karakteristik agregat kasar yang akan digunakan dalam campuran beton. Pengujian agregat kasar meliputi:

- a. Berat jenis kerikil

Berikut alat serta bahan yang diperlukan dalam melakukan pengujian berat jenis kerikil:

1. Timbangan
2. Kontainer
3. *Mounting table*
4. Keranjang sampel
5. Kerikil keadaan SSD
6. Air

Prosedur pengujian:

1. Timbang kerikil keadaan SSD sebanyak 3 kg
2. Timbang juga berat kerikil di dalam air menggunakan alat *mounting table*

- b. Berat volume kerikil

Berikut alat serta bahan yang diperlukan dalam melakukan pengujian berat volume kerikil:

1. Timbangan
2. Wadah yang memiliki bentuk silinder dengan volume 15 liter
3. Alat perobek dan alat perojok berdiameter 1,6 cm, dan panjang 6 cm

4. Kerikil kondisi kering

Prosedur pengujian:

1. Tanpa rojokan
 - a) Timbang wadah berbentuk silinder
 - b) Masukkan kerikil ke dalam wadah sampai penuh lalu ratakan
 - c) Timbang silinder yang berisi kerikil
2. Dengan rojokan
 - a) Timbang wadah berbentuk silinder
 - b) Masukkan kerikil ke dalam wadah sebanyak $\frac{1}{3}$ bagian lalu dirojok sebanyak 25 kali, lanjutkan tiap bagian sampai wadah penuh
 - c) Timbang silinder yang berisi kerikil

c. Air resapan kerikil

Berikut alat serta bahan yang diperlukan dalam melakukan pengujian air resapan kerikil:

1. Timbangan
2. Oven
3. Kerikil keadaan SSD

Prosedur pengujian:

1. Timbang kerikil keadaan SSD sebanyak 500 gram
2. Keringkan kerikil di dalam oven selama 1 hari
3. Keluarkan kerikil lalu timbang ketika kerikil sudah dingin

d. Kelembapan kerikil

Berikut alat serta bahan yang dibutuhkan dalam melakukan pengujian kelembapan kerikil:

1. Timbangan
2. Oven
3. Pan
4. Kerikil kondisi asli

Prosedur pengujian:

1. Timbang kerikil dengan kondisi asli sebanyak 500 gram
2. Masukkan kerikil di dalam oven selama 1 hari
3. Keluarkan kerikil lalu timbang ketika kerikil sudah dingin

3.6 Larutan Alkali

Larutan alkali pada penelitian ini adalah NaOH dan Na₂SiO₃ dengan perbandingan senyawa katalisator dan *activator* 1 : 1 dengan molaritas 14M. Penentuan molaritas mengacu pada penelitian Ekaputri dan Triwulan (2013) dimana pada molaritas tersebut mendapatkan kuat tekan yang optimum.

a. Cara membuat 1 liter larutan NaOH 14M yang digunakan.

1. Menghitung kebutuhan NaOH yang digunakan

$$\begin{aligned}n &= M \times V \\&= 14 \text{ mol/liter} \times 1 \text{ liter} \\&= 14 \text{ M}\end{aligned}$$

Keterangan :

n = Banyaknya mol pada zat tersebut

V = Volume larutan

M = Molaritas

$$\begin{aligned}\text{Massa NaOH} &= M_r \times n \text{ mol} \\&= 40 \text{ gr/mol} \times 14 \text{ M} \\&= 560 \text{ gr}\end{aligned}$$

2. Timbang padatan NaOH sebanyak 560 gr
3. Masukkan pada NaOH ke dalam wadah
4. Masukkan air ke dalam wadah sampai mencapai volume 1 liter
5. Campur hingga NaOH menyatu dengan air dan tunggu 24 jam untuk menggunakannya

b. Menghitung *activator*

1. Variasi serbuk kaca 7,5%

$$\begin{aligned}\text{Massa } activator &= 200 \text{ kg/m}^3 \times 7,5\% \\&= 15 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

$$\text{Massa aktivator} = \text{massa NaOH} + \text{massa Na}_2\text{SiO}_3$$

$$\text{Perbandingan Na}_2\text{SiO}_3 : \text{NaOH} = 1 : 1$$

$$\frac{\text{Na}_2\text{SiO}_3}{\text{NaOH}} = 1 \longrightarrow \text{NaOH} = \text{Na}_2\text{SiO}_3$$

$$15 \text{ kg/m}^3 = \text{NaOH} + \text{Na}_2\text{SiO}_3$$

$$15 \text{ kg/m}^3 = \text{NaOH} + \text{NaOH}$$

$$15 \text{ kg/m}^3 = 2\text{NaOH}$$

$$\begin{aligned} \text{NaOH} &= 15 \text{ kg/m}^3 : 2 \\ &= 7,5 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Na}_2\text{SiO}_3 &= \text{NaOH} \\ &= 7,5 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

2. Variasi serbuk kaca 10%

$$\begin{aligned} \text{Massa aktivator} &= 200 \text{ kg/m}^3 \times 10\% \\ &= 20 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Massa aktivator} = \text{massa NaOH} + \text{massa Na}_2\text{SiO}_3$$

$$\text{Perbandingan Na}_2\text{SiO}_3 : \text{NaOH} = 1 : 1$$

$$\frac{\text{Na}_2\text{SiO}_3}{\text{NaOH}} = 1 \longrightarrow \text{NaOH} = \text{Na}_2\text{SiO}_3$$

$$20 \text{ kg/m}^3 = \text{NaOH} + \text{Na}_2\text{SiO}_3$$

$$20 \text{ kg/m}^3 = \text{NaOH} + \text{NaOH}$$

$$20 \text{ kg/m}^3 = 2\text{NaOH}$$

$$\begin{aligned} \text{NaOH} &= 20 \text{ kg/m}^3 : 2 \\ &= 10 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Na}_2\text{SiO}_3 &= \text{NaOH} \\ &= 10 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

3. Variasi serbuk kaca 12,5%

$$\begin{aligned} \text{Massa aktivator} &= 200 \text{ kg/m}^3 \times 12,5\% \\ &= 25 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Massa aktivator} = \text{massa NaOH} + \text{massa Na}_2\text{SiO}_3$$

$$\text{Perbandingan Na}_2\text{SiO}_3 : \text{NaOH} = 1 : 1$$

$$\frac{\text{Na}_2\text{SiO}_3}{\text{NaOH}} = 1 \longrightarrow \text{NaOH} = \text{Na}_2\text{SiO}_3$$

$$25 \text{ kg/m}^3 = \text{NaOH} + \text{Na}_2\text{SiO}_3$$

$$25 \text{ kg/m}^3 = \text{NaOH} + \text{NaOH}$$

$$25 \text{ kg/m}^3 = 2\text{NaOH}$$

$$\begin{aligned} \text{NaOH} &= 25 \text{ kg/m}^3 : 2 \\ &= 12,5 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Na}_2\text{SiO}_3 &= \text{NaOH} \\ &= 12,5 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

4. Variasi serbuk kaca 15%

$$\begin{aligned} \text{Massa activator} &= 200 \text{ kg/m}^3 \times 15\% \\ &= 30 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Massa activator} = \text{massa NaOH} + \text{massa Na}_2\text{SiO}_3$$

$$\text{Perbandingan Na}_2\text{SiO}_3 : \text{NaOH} = 1 : 1$$

$$\frac{\text{Na}_2\text{SiO}_3}{\text{NaOH}} = 1 \longrightarrow \text{NaOH} = \text{Na}_2\text{SiO}_3$$

$$30 \text{ kg/m}^3 = \text{NaOH} + \text{Na}_2\text{SiO}_3$$

$$30 \text{ kg/m}^3 = \text{NaOH} + \text{NaOH}$$

$$30 \text{ kg/m}^3 = 2\text{NaOH}$$

$$\begin{aligned} \text{NaOH} &= 30 \text{ kg/m}^3 : 2 \\ &= 15 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Na}_2\text{SiO}_3 &= \text{NaOH} \\ &= 15 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

3.7 *Mix Design* dan Rancangan Penelitian

SNI 03-2834-2000 menjadi acuan dalam membuat *mix design* pada penelitian ini, dan memiliki kuat tekan rencana $f_c' 25 \text{ MPa}$. Penelitian ini dilakukan dengan memproporsikan beberapa campuran beton normal menggunakan serbuk kaca. Pada penelitian ini terdapat rancangan penelitian yang akan dilakukan. Berikut tabel rancangan penelitian yang dilakukan:

Tabel 3.1 Banyaknya Benda Uji untuk Pengujian Kuat Tekan

| Kode benda uji | Proporsi campuran serbuk kaca (%) | Na ₂ SiO ₃ : NaOH | Jumlah benda uji | | | |
|----------------|-----------------------------------|---|------------------|---------|---------|---------|
| | | | 3 hari | 14 hari | 28 hari | 56 hari |
| BK 1 | 0 | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| BK 2 | 7,5 | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| BK 3 | 10 | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| BK 4 | 12,5 | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| BK 5 | 15 | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Total | | | | | | 60 |

Tabel 3.2 Banyaknya Benda Uji untuk Pengujian Kuat Tarik Belah

| Kode benda uji | Proporsi campuran serbuk kaca (%) | Na ₂ SiO ₃ : NaOH | Jumlah benda uji |
|----------------|-----------------------------------|---|------------------|
| | | | 28 hari |
| BK 1 | 0 | 1 | 3 |
| BK 2 | 7,5 | 1 | 3 |
| BK 3 | 10 | 1 | 3 |
| BK 4 | 12,5 | 1 | 3 |
| BK 5 | 15 | 1 | 3 |
| Total | | | 15 |

3.8 Pengujian Benda Uji

3.8.1 Uji Kuat Tekan

Pada pengujian kuat tekan, bentuk benda uji adalah silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm, serta mengacu pada SNI 03-1974-2011. Berikut langkah-langkah dalam pengujian kuat tekan beton:

- a. Mengambil benda uji

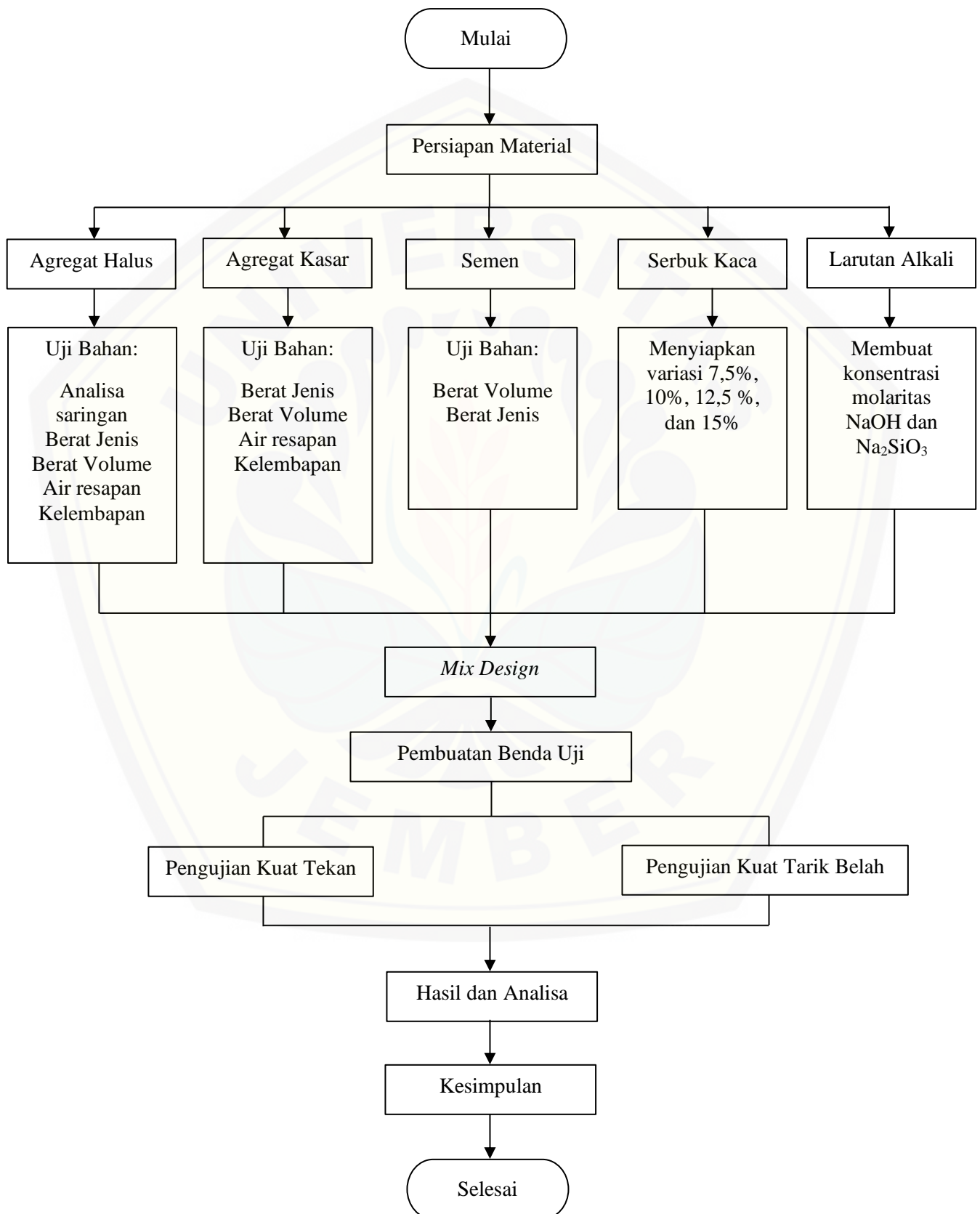
- b. Menimbang benda uji lalu menimbang dan mencatat berat masing-masing benda uji
- c. Meletakkan benda uji di tengah mesin tekan
- d. Catat beban maksimum pada dial setelah dilakukan pembebanan sampai beton hancur
- e. Membersihkan kotoran sisa pembebanan

3.8.2. Uji Kuat Tarik Belah

Acuan dalam melakukan pengujian kuat tarik belah adalah SNI 2491-2014. Beton yang akan diuji berbentuk silinder berdiameter 150 mm dan memiliki tinggi 300 mm. Dalam melakukan pengujian, berikut langkah-langkahnya:

- a. Alat uji disiapkan sebuah peletakan untuk benda uji
- b. Meletakkan benda uji sejajar dengan alat pembebanan, dan diberikan balok untuk menahan benda uji agar tidak bergerak saat diberikan pembebanan.
- c. Catat beban maksimum pada dial setelah dilakukan pembebanan sampai beton hancur
- d. Membersihkan kotoran sisa pembebanan

3.9 Diagram Alir Penelitian



BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berikut kesimpulan yang dapat diambil setelah melakukan penelitian di atas:

1. Dengan adanya penambahan Na_2SiO_3 dan NaOH sebagai larutan alkali aktivator pada beton yang menggunakan serbuk kaca sebagai pengganti sebagian semen tidak dapat meningkatkan kuat tekan beton. Hal ini dapat dilihat pada pengujian benda uji yang menggunakan serbuk kaca sebagai pengganti parsial semen tanpa larutan alkali aktivator memiliki kuat tekan yang lebih tinggi dibanding benda uji yang menggunakan larutan alkali aktivator. Hal ini terjadi karena reaksi antara serbuk kaca di dalam beton yang mengandung silika dengan larutan alkali aktivator kurang maksimal. Menurut Yewale (2018) metode *curing* yang paling baik pada beton dengan campuran silika dan larutan aktivator di dalamnya adalah metode *curing* dengan oven dikarenakan reaksi silika dan larutan aktivator menjadi maksimal dan beton menjadi lebih cepat kering. Hal yang sama dengan kuat tarik belah, karena nilai kuat tarik belah meningkat seiring peningkatan kuat tekan beton.
2. Nilai kuat tekan yang didapat pada campuran 7,5% serbuk kaca adalah 27,365 MPa dan dengan campuran 10% serbuk kaca didapatkan kuat tekan sebesar 24,345 MPa, sehingga dapat disimpulkan proporsi beton yang optimal dengan menggunakan serbuk kaca dan larutan alkali aktivator adalah sebesar 7,5%. Menurut SNI 2847:2019 pasal 19.2.1 tentang persyaratan kekuatan beton, menyatakan bahwa campuran beton beton harus bersifat kuat dan durabilitas yang memadai. Apabila beton akan digunakan pada struktur bangunan, nilai kuat tekan pada beton harus melebihi f_c' yang direncanakan. Sehingga proporsi serbuk kaca yang dapat digunakan tidak lebih dari 7,5%.

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan di atas peneliti memberikan beberapa saran untuk penelitian selanjutnya sebagai berikut:

1. Pada penelitian selanjutnya dapat menggunakan metode curing oven dan ruangan untuk mengetahui perbandingan metode curing pada beton dengan serbuk kaca dan larutan alkali aktivator.
2. Pada penelitian selanjutnya dapat menggunakan standarisasi kaca pada serbuk kaca yang digunakan, serta memproduksi serbuk kaca sendiri. Sehingga memperkuat penelitian dikarenakan serbuk kaca yang homogen.
3. Melakukan pengujian SEM pada beton untuk melihat reaksi secara *microstructure* pada beton yang menggunakan serbuk kaca dan larutan alkali aktivator.
4. Menggunakan proporsi serbuk kaca di bawah 7,5% untuk mencari proporsi yang optimum dari beton serbuk kaca serta melakukan pengujian pada umur 90 hari untuk melihat kenaikan pada grafik kuat tekan beton.
5. Menggunakan perbandingan larutan alkali aktivator berbeda untuk mendapatkan hasil yang lebih optimum pada serbuk kaca.
6. Menggunakan bahan admixture berupa *accelerator* untuk mempercepat pengerasan beton.
7. Menggunakan APD sarung tangan karet dan pelindung mata, dikarenakan larutan alkali aktivator yang berbahaya.

DAFTAR PUSTAKA

- Alkhaly, Yulius R dan Fahrurrazi. 2012. *Beton struktural menggunakan agregat pasir – batu alam*. Teras Jurnal, Volume 2.
- Budi, Ki Catur dkk. 2020. *Pengaruh metode perawatan beton dengan suhu normal terhadap kuat tekan beton mutu tinggi*. Jurnal CIVILLA, Volume 5.
- Departemen Pekerdjaan Umum dan Tenaga Listrik. 1971. *Peraturan Beton Indonesia*. Bandung: Departemen Pekerdjaan Umum.
- Du, Hongjian dan Tan. 2014. *Waste Glass Powder as Cement Replacement in Concrete, Journal of Advanced Concrete Technology*, Volume 12.
- Ekaputri, J. J. dan Triwulan. 2013. *Sodium sebagai aktivator fly ash, trass dan lumpur Sidoarjo dalam beton geopolimer*. Jurnal Teknik Sipil, Volume 20.
- Hardjito, Djwantoro dkk. 2004. *Factors influencing the compressive strength of fly ash based geopolymer concrete*. Civil Engineering Dimension, Volume 06.
- Karwur, H. Y. dkk. 2013. *Kuat Tekan Beton dengan Bahan Tambah Serbuk Kaca sebagai Substitusi Parsial Semen*. Jurnal Sipil Statik, Volume 01.
- Mulyono, Tri. 2014. *Teknologi beton: dari teori ke praktek*. Universitas Negeri Jakarta. Jakarta.
- Purnomo, Hendra dan Hisyam. 2014. *Pemanfaatan serbuk kaca sebagai substitusi parsial semen pada campuran beton ditinjau dari kekuatan tekan dan kekuatan tarik belah beton*. Jurnal Fropil, Volume 2.

Standar Nasional Indonesia 2847:2019. *Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

Standar Nasional Indonesia 2049:2015. *Semen Portland*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

Standar Nasional Indonesia 03-1974-2011. *Cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

Standar Nasional Indonesia 15-7064-2004. *Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

Standar Nasional Indonesia 03-6820-2002. *Spesifikasi agregat halus untuk pekerjaan adukan dan plesteran dengan bahan dasar semen*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.





Standar Nasional Indonesia 03-2847-2002. *Tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.




Supriani, Fepy dan Islam. 2017. *Pengaruh metode perlakuan dalam perawatan beton terhadap kuat tekan dan durabilitas beton*. Jurnal Inersia, Volume 9.






Yewale, Varsha dan Nikam. 2018. *Evaluation of efficient of curing for geopolymer concrete*. *Proceedings of 1st Shri Chhatrapati Shivaji Mahawaj QIP Conference on Engineering Innovations*.

LAMPIRAN


Lampiran 1 Dokumentasi Kegiatan

| No | Kegiatan | Gambar | Tempat |
|----|----------------------------------|---|---|
| 1 | Persiapan Bahan |  | Laboratorium Struktur, Teknik Sipil, Universitas Jember |
| 2 | Pengujian Berat Volume Semen |  | Laboratorium Struktur, Teknik Sipil, Universitas Jember |
| 3 | Pengujian Berat Jenis Semen |  | Laboratorium Struktur, Teknik Sipil, Universitas Jember |
| 4 | Pengujian Analisa Saringan Pasir |  | Laboratorium Struktur, Teknik Sipil, Universitas Jember |


| | | | |
|---|-------------------------------|---|---|
| 5 | Pengujian Berat Jenis Pasir |  | Laboratorium Struktur, Teknik Sipil, Universitas Jember |
| 6 | Pengujian Berat Volume Pasir |  | Laboratorium Struktur, Teknik Sipil, Universitas Jember |
| 7 | Pengujian Air Resapan Pasir |  | Laboratorium Struktur, Teknik Sipil, Universitas Jember |
| 8 | Pengujian Kelembapan Pasir |  | Laboratorium Struktur, Teknik Sipil, Universitas Jember |
| 9 | Pengujian Berat Jenis Kerikil |  | Laboratorium Struktur, Teknik Sipil, Universitas Jember |

| | | | |
|----|------------------------------------|---|---|
| 10 | Pengujian Berat Volume Kerikil |  | Laboratorium Struktur, Teknik Sipil, Universitas Jember |
| 11 | Pengujian Air Resapan Kerikil |  | Laboratorium Struktur, Teknik Sipil, Universitas Jember |
| 12 | Pengujian Kelembapan Kerikil |  | Laboratorium Struktur, Teknik Sipil, Universitas Jember |
| 13 | Pengujian Berat Jenis Serbuk Kaca |  | Laboratorium Struktur, Teknik Sipil, Universitas Jember |
| 14 | Pengujian Berat Volume Serbuk Kaca |  | Laboratorium Struktur, Teknik Sipil, Universitas Jember |

| | | | |
|----|---|---|---|
| 15 | Pengujian Setting Time |  | Laboratorium Struktur, Teknik Sipil, Universitas Jember |
| 16 | Proses Pembuatan Benda Uji |  | Laboratorium Struktur, Teknik Sipil, Universitas Jember |
| 17 | Pengujian Slump |  | Laboratorium Struktur, Teknik Sipil, Universitas Jember |
| 18 | Proses Memasukkan Beton Segar ke dalam Bekisting 15 x 30 cm |  | Laboratorium Struktur, Teknik Sipil, Universitas Jember |

| | | | |
|----|-------------------------------|---|---|
| 19 | Proses Curing |  | Laboratorium Struktur, Teknik Sipil, Universitas Jember |
| 20 | Penimbangan Benda Uji |  | Laboratorium Struktur, Teknik Sipil, Universitas Jember |
| 21 | Pengujian Kuat Tekan |  | Laboratorium Struktur, Teknik Sipil, Universitas Jember |
| 22 | Pengujian Kuat Tarik Belah |  | Laboratorium Struktur, Teknik Sipil, Universitas Jember |

Lampiran 2 Hasil Pengujian Kuat Tekan Laboratorium




KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS JEMBER
FAKULTAS TEKNIK – JURUSAN TEKNIK SIPIL
LABORATORIUM STRUKTUR
 Jl. Kalimantan No. 37 Kampus Tegal Buar Kotak Pos 159 Jember

Proyek : Skripsi "Karakteristik Beton Normal Menggunakan Limbah Kaca sebagai
 Lokasi : Substitusi Parsial Semen dengan Na_2SiO_3 dan NaOH "
 Kontraktor :
 Konsultan Pengawas :
 Pengujian : Kuat tekan umur 3 Hari

| No | Kode | Berat | Dad (kN) | Luas (cm ²) | Kuat Tekan (MPa) | Rata-Rata |
|-----------|----------|-------|----------|-------------------------|------------------|-----------|
| 14-Oct-20 | BK 1 (1) | 12,55 | 240,00 | 176,625 | 13,588 | 14,532 |
| | BK 1 (2) | 12,55 | 270,00 | 176,625 | 15,287 | |
| | BK 1 (3) | 12,50 | 250,00 | 176,625 | 14,720 | |
| | BK 2 (1) | 12,40 | 140,00 | 176,625 | 7,926 | 7,716 |
| | BK 2 (2) | 12,35 | 130,00 | 176,625 | 7,360 | |
| | BK 2 (3) | 12,35 | 140,00 | 176,625 | 7,926 | |
| | BK 3 (1) | 12,45 | 110,00 | 176,625 | 6,228 | 6,794 |
| | BK 3 (2) | 12,35 | 130,00 | 176,625 | 7,360 | |
| | BK 3 (3) | 12,50 | 120,00 | 176,625 | 6,794 | |
| | BK 4 (1) | 12,45 | 120,00 | 176,625 | 6,794 | 6,794 |
| | BK 4 (2) | 12,60 | 120,00 | 176,625 | 6,794 | |
| | BK 4 (3) | 12,60 | 120,00 | 176,625 | 6,794 | |
| | BK 5 (1) | 12,55 | 120,00 | 176,625 | 6,794 | 6,987 |
| | BK 5 (2) | 12,60 | 120,00 | 176,625 | 6,794 | |
| | BK 5 (3) | 12,60 | 130,00 | 176,625 | 7,360 | |

Koreksi Umur : -
 Tinggi Benda Uji : 300mm
 Diameter Benda Uji : 150mm

Jember,
 Penerimaan

 Moch. Akir
 NIP. 196509282000031001



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS JEMBER
FAKULTAS TEKNIK – JURUSAN TEKNIK SIPIL
LABORATORIUM STRUKTUR
Jl. Kalimantan No. 37 Kampus Tegal Besar Kotak Pos 159 Jember

Proyek : Skripsi "Karakteristik Beton Normal Menggunakan Limbah Kaca sebagai
Sustitusi Parsial Semen dengan Na_2SiO_3 dan NaOH "
Lokasi :
Kontraktor :
Konsultan Pengawas :
Pengujian : Kuat tekan umur 14 Hari

| No | Kode | Berat | Dbal (kN) | Luas (cm ²) | Kuat Tekan (MPa) | Rata-Rata |
|-----------|----------|-------|-----------|-------------------------|------------------|-----------|
| 30-Oct-20 | BK 1 (1) | 12,83 | 590,00 | 176,625 | 33,494 | 33,215 |
| | BK 1 (2) | 12,80 | 580,00 | 176,625 | 32,838 | |
| | BK 1 (3) | 12,90 | 590,00 | 176,625 | 33,404 | |
| | BK 2 (1) | 12,40 | 460,00 | 176,625 | 26,044 | 26,799 |
| | BK 2 (2) | 12,40 | 480,00 | 176,625 | 27,176 | |
| | BK 2 (3) | 12,45 | 480,00 | 176,625 | 27,176 | |
| | BK 3 (1) | 12,55 | 400,00 | 176,625 | 22,647 | 22,836 |
| | BK 3 (2) | 12,50 | 410,00 | 176,625 | 23,213 | |
| | BK 3 (3) | 12,50 | 400,00 | 176,625 | 22,647 | |
| | BK 4 (1) | 12,60 | 360,00 | 176,625 | 20,382 | 19,639 |
| | BK 4 (2) | 12,65 | 330,00 | 176,625 | 18,684 | |
| | BK 4 (3) | 12,65 | 340,00 | 176,625 | 19,250 | |
| | BK 5 (1) | 12,70 | 320,00 | 176,625 | 18,117 | 17,174 |
| | BK 5 (2) | 12,70 | 290,00 | 176,625 | 16,419 | |
| | BK 5 (3) | 12,70 | 300,00 | 176,625 | 16,985 | |

Koreksi Umur :-

Tinggi Benda Uji : 300mm
Diameter Benda Uji : 150mm

Jember,
Pemeriksa

Moch Akar
NIP. 196509282000031001



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS JEMBER
FAKULTAS TEKNIK - JURUSAN TEKNIK SIPIL
LABORATORIUM STRUKTUR
Jl. Kalimantan No. 37 Kampus Tegal Besar Kotak Pos 159 Jember

Proyek : Skripsi "Karakteristik Beton Normal Menggunakan Limbah Kaca sebagai
Sustitusi Parsial Semen dengan Na_2SiO_3 dan NaOH "
Lokasi :
Kontraktor :
Konsultan Pengawas :
Pengejaan : Kuat tarik belah umur 28 Hari

| No | Kode | Berat | Dial (kN) | Kuat Tarik Belah (Mpa) | Rata-Rata |
|----------|----------|-------|-----------|------------------------|-----------|
| 1-Nov-20 | BK 1 (1) | 12,80 | 200,00 | 2,831 | 2,595 |
| | BK 1 (2) | 12,70 | 170,00 | 2,406 | |
| | BK 1 (3) | 12,90 | 180,00 | 2,348 | |
| | BK 2 (1) | 12,45 | 140,00 | 1,982 | 1,934 |
| | BK 2 (2) | 12,90 | 140,00 | 1,987 | |
| | BK 2 (3) | 12,30 | 130,00 | 1,840 | |
| | BK 3 (1) | 12,50 | 120,00 | 1,699 | 1,699 |
| | BK 3 (2) | 12,50 | 120,00 | 1,699 | |
| | BK 3 (3) | 12,60 | 120,00 | 1,699 | |
| | BK 4 (1) | 12,70 | 80,00 | 1,132 | 1,227 |
| | BK 4 (2) | 12,60 | 100,00 | 1,415 | |
| | BK 4 (3) | 12,75 | 80,00 | 1,132 | |
| | BK 5 (1) | 12,80 | 100,00 | 1,415 | 1,321 |
| | BK 5 (2) | 12,60 | 90,00 | 1,274 | |
| | BK 5 (3) | 12,80 | 90,00 | 1,274 | |

Koreksi Umur : -

Tinggi Benda Uji : 300mm
Dimeter Benda Uji : 150mm

Jember,
Pemeriksa

Moch. Akir
NIP. 196509282000031001



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS JEMBER
FAKULTAS TEKNIK – JURUSAN TEKNIK SIPIL
LABORATORIUM STRUKTUR
Jl. Kalimantan No. 37 Kampus Tegal Besar Kotak Pos 159 Jember

Proyek : Skripsi "Karakteristik Beton Normal Menggunakan Limbah Kaca sebagai
Lokasi : Substitusi Parsial Semen dengan Na_2SiO_3 dan NaOH "
Kontraktor :
Konsultan Pengawas :
Pengujian : Kuat tekan umur 28 Hari

| No | Kode | Berat | Dial (kN) | Luas (cm ²) | Kuat Tekan (MPa) | Rata-Rata |
|-----------|----------|-------|-----------|-------------------------|------------------|-----------|
| 25-Oct-20 | BK 1 (1) | 13,00 | 630,00 | 176,625 | 35,669 | 37,179 |
| | BK 1 (2) | 12,65 | 660,00 | 176,625 | 37,367 | |
| | BK 1 (3) | 12,95 | 680,00 | 176,625 | 38,500 | |
| | BK 2 (1) | 12,40 | 490,00 | 176,625 | 27,742 | 27,305 |
| | BK 2 (2) | 12,30 | 460,00 | 176,625 | 26,044 | |
| | BK 2 (3) | 12,65 | 500,00 | 176,625 | 28,309 | |
| | BK 3 (1) | 12,55 | 420,00 | 176,625 | 23,779 | 24,345 |
| | BK 3 (2) | 12,60 | 440,00 | 176,625 | 24,912 | |
| | BK 3 (3) | 12,65 | 450,00 | 176,625 | 24,345 | |
| | BK 4 (1) | 12,70 | 410,00 | 176,625 | 23,213 | 22,081 |
| | BK 4 (2) | 12,50 | 380,00 | 176,625 | 21,515 | |
| | BK 4 (3) | 12,75 | 380,00 | 176,625 | 21,515 | |
| | BK 5 (1) | 12,80 | 330,00 | 176,625 | 18,684 | 18,306 |
| | BK 5 (2) | 12,70 | 300,00 | 176,625 | 16,985 | |
| | BK 5 (3) | 12,55 | 340,00 | 176,625 | 19,250 | |

Koreksi Umur : -

Tinggi Benda Uji : 300mm
Diameter Benda Uji : 150mm

Jember,
Pemeriksa

Moch Akir
NIP. 196509282000031001



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS JEMBER
FAKULTAS TEKNIK – JURUSAN TEKNIK SIPIL
LABORATORIUM STRUKTUR
Jl. Kalimantan No. 37 Kampus Tegal Besar Kotak Pos 159 Jember

Proyek : Skripsi "Karakteristik Beton Normal Menggunakan Limbah Kaca sebagai
Substitusi Parsial Semen dengan Na_2SiO_3 dan NaOH "
Lokasi :
Kontraktor :
Konsultan Pengawas :
Pengujian : Kuat tekan umur 56 Hari

| No. | Kode | Berat | Dial (kN) | Luas (cm ²) | Kuat Tekan (MPa) | Rata-Rata |
|-----------|----------|-------|-----------|-------------------------|------------------|-----------|
| 15-Nov-20 | BK 1 (1) | 12,70 | 830,00 | 176,625 | 46,992 | 46,237 |
| | BK 1 (2) | 12,80 | 820,00 | 176,625 | 46,426 | |
| | BK 1 (3) | 12,50 | 800,00 | 176,625 | 45,294 | |
| | BK 2 (1) | 12,65 | 580,00 | 176,625 | 32,838 | 32,838 |
| | BK 2 (2) | 12,50 | 590,00 | 176,625 | 33,404 | |
| | BK 2 (3) | 12,70 | 570,00 | 176,625 | 32,272 | |
| | BK 3 (1) | 12,60 | 450,00 | 176,625 | 25,478 | 25,100 |
| | BK 3 (2) | 12,60 | 460,00 | 176,625 | 26,044 | |
| | BK 3 (3) | 12,50 | 420,00 | 176,625 | 23,779 | |
| | BK 4 (1) | 12,50 | 400,00 | 176,625 | 22,647 | 23,213 |
| | BK 4 (2) | 12,45 | 430,00 | 176,625 | 24,345 | |
| | BK 4 (3) | 12,45 | 400,00 | 176,625 | 22,647 | |
| | BK 5 (1) | 12,75 | 360,00 | 176,625 | 20,382 | 22,836 |
| | BK 5 (2) | 12,80 | 410,00 | 176,625 | 23,213 | |
| | BK 5 (3) | 12,75 | 440,00 | 176,625 | 24,912 | |

Koreksi Umur -

Tinggi Benda Uji : 300mm
Diameter Benda Uji : 150mm

Jember,
Pemeriksa

Moch. Akir
NIP. 196509282000031001