

TUGAS AKHIR

**ANALISIS PENGARUH SERBUK KACA DAN
SUPERPLASTICIZER
TERHADAP KUAT TARIK BELAH BETON
(Studi Penelitian)**

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat-Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Sipil Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

DIKO RIZKI RAMADDAN
1907210167



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2026**

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : Diko Rizki Ramaddan

NPM : 1907210167

Program Studi : Teknik Sipil

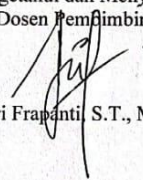
Judul Skripsi : Analisis Pengaruh serbuk Kaca dan *Superplasticizer* Terhadap
Kuat Tarik Belah Beton (Studi Penelitian)

Bidang Ilmu : Struktur

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

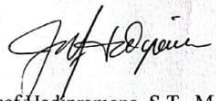
Medan, 28 April 2026


Mengetahui dan Menyetujui
Dosen Pembimbing


Sri Frantini, S.T., M.T

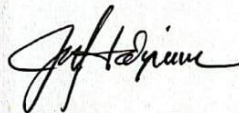
Dosen Pembanding I

Dosen Pembanding II


Dr. Josef Hadipramana, S.T., M.Sc


Rizki Efrida, S.T., M.T

Ketua Prodi Teknik Sipil


Dr. Josef Hadipramana, S.T., M.Sc

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan Oleh :

Nama : Diko Rizki Ramaddan

NPM : 1907210167

Program Studi : Teknik Sipil

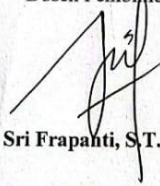
Judul Skripsi : Analisis Pengaruh serbuk Kaca dan *Superplasticizer* Terhadap
Kuat Tarik Belah Beton (Studi Penelitian)

Bidang Ilmu : Struktur

**DISETUJUI UNTUK DISAMPAIKAN KEPADA
PANITIA UJIAN SKRIPSI**

Medan, 28 April 2026

Dosen Pembimbing



Sri Frapanti, S.T., M.T

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Diko Rizki Ramaddan
Tempat / Tanggal Lahir : Janarata, 06 Desember 2001
Maret 2001 Npm : 1907210167
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

Analisis Pengaruh serbuk Kaca dan *Superplasticizer* Terhadap Kuat Tarik Belah Beton (Studi Penelitian)

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, atau pun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/ kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 28 April 2026

Saya Yang Menyatakan



Diko Rizki Ramaddan

ABSTRAK

ANALISIS PENGARUH SERBUK KACA DAN SUPERPLASTICIZER TERHADAP KUAT TARIK BELAH BETON

Diko Rizki Ramaddan

1907210167

Sri Frapanti, S.T., M.T.

Beton merupakan material konstruksi yang banyak digunakan karena memiliki kuat tekan yang tinggi, namun memiliki kelemahan pada kuat tarik yang relatif rendah. Salah satu upaya untuk meningkatkan kinerja beton sekaligus mendukung konsep keberlanjutan adalah dengan memanfaatkan limbah kaca sebagai substitusi parsial semen. Limbah kaca memiliki kandungan silika (SiO_2) yang tinggi serta bersifat pozzolan, sehingga berpotensi meningkatkan sifat mekanik beton. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai kuat tarik belah beton optimum pada umur 28 hari dengan penambahan serbuk kaca dan bahan tambah berupa *superplasticizer* Sika *ViscoCrete* 3115 N. Variasi serbuk kaca yang digunakan adalah sebesar BN, 2%, 4%, 6%, dan 8% dari berat semen, dengan penambahan *superplasticizer* Sika *ViscoCrete* 3115 N sebesar 0,8% dari berat semen. Benda uji yang digunakan berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm sebanyak 15 sampel. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai rata-rata kuat tarik belah beton mengalami variasi pada setiap persentase substitusi, BN (3,19 MPa), 2% (3,13 MPa), 4% (3,29 MPa), 6% (3,35 MPa), 8% (3,49 MPa). Nilai rata-rata kuat tarik belah beton optimum diperoleh pada variasi Serbuk Kaca 8% dan Sika *ViscoCrete* 3115 N 0,8% sebesar (3,49MPa). Hasil ini menunjukkan bahwa serbuk kaca dapat dimanfaatkan sebagai bahan substitusi semen yang ramah lingkungan serta berpotensi meningkatkan kinerja beton.

Kata Kunci: Beton, Serbuk Kaca, Substitusi Parsial Semen, Sika *Viscocrete* 3115 N, Kuat Tarik Belah Beton.

ABSTRACT

ANALYSIS OF THE EFFECT OF GLASS POWDER AND SUPERPLASTICIZER ON THE TENSILE STRENGTH OF CONCRETE

Diko Rizki Ramaddan

1907210167

Sri Frapanti, S.T., M.T

Concrete is a construction material that is widely used because it has high compressive strength, but has the disadvantage of relatively low tensile strength. One of the efforts to improve concrete performance while supporting the concept of sustainability is to utilize glass waste as a partial substitution for cement. Glass waste has a high silica (SiO_2) content and is pozzolan, so it has the potential to improve the mechanical properties of concrete. This study aims to determine the optimal tensile strength value of concrete at the age of 28 days with the addition of glass powder and additives in the form of Sika ViscoCrete 3115 N superplasticizer. The test specimen used was cylindrical with a diameter of 15 cm and a height of 30 cm as many as 15 samples. The test results showed that the average value of the concrete tensile strength varied at each percentage of substitution, BN (3.19 MPa), 2% (3.13 MPa), 4% (3.29 MPa), 6% (3.35 MPa), 8% (3.49 MPa). The average value of the optimum tensile strength of concrete was obtained at the variation of 8% Glass Powder and Sika ViscoCrete 3115 N 0.8% of (3.49MPa). These results show that glass powder can be used as an environmentally friendly cement substitute material and has the potential to improve concrete performance.

Keywords: concrete, glass powder, cement partial substitution, Sika viscocrete 3115 N, tensile strength of concrete.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Segala puji dan syukur penulis ucapkan ke hadirat Allah Subhanahu Wata'ala yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul **“Analisis Pengaruh Serbuk Kaca dan Superplasticizer terhadap Kuat Tarik Belah Beton”**. Penelitian ini merupakan kewajiban bagi penulis untuk memenuhi syarat menyelesaikan pendidikan Strata-1 pada Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, penulis telah mendapatkan banyak bimbingan serta bantuan, baik secara moril maupun materiil. Oleh sebab itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada yang terhormat:

1. Ibu Sri Frapanti, S.T., M.T., Selaku Dosen Pembimbing yang telah membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr Ade Faisal, S.T., M.Sc., Ph.D., Selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Dr. Josef Hadipramana, S.T., M.Sc., Selaku Kepala Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Sekaligus Dosen Pembimbing I dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Ibu Rizki Efrida, S.T., M.T., Selaku Sekretaris Jurusan Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Sekaligus Dosen Pembimbing II penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu Teknik Sipil kepada penulis.
6. Bapak/Ibu staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Teristimewa, ucapan terima kasih kepada kedua orang tua saya, Bapak Hendri Kusnomo, S.E. dan Ibunda Isnawati, yang telah berjasa bagi penulis dalam mendidik serta terus memberikan dukungan, motivasi, dan semangat dalam

kehidupan saya.

8. Ucapan terima kasih kepada saudara kandung saya, Kakanda Frayogi serta adik Zahra dan Amira, yang secara khusus telah memberikan warna-warni kehidupan bagi penulis.
9. Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada rekan-rekan seperjuangan di Himpunan Mahasiswa Sipil, Gragas, serta saudara/i stambuk 2019 Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, dan pihak lainnya yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan dan masih banyak terdapat kekurangan, baik dari segi penggunaan bahasa yang belum memenuhi kaidah yang tepat maupun dari segi akademik dan keilmuan Teknik Sipil. Oleh karena itu, dengan kerendahan hati penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang konstruktif dan dapat memperluas cakrawala pemikiran dimasa yang akan datang dan sebagai bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih dan semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Wassalammualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Medan, 17 Agustus 2025

Penulis

DIKO RIZKI RAMADDAN

1907210167

DAFTAR ISI

| | |
|--------------------------------------|------|
| ABSTRAK | ii |
| ABSTRACT | vi |
| KATA PENGANTAR | vii |
| DAFTAR ISI | ix |
| DAFTAR TABEL | xi |
| DAFTAR GAMBAR | xiii |
| DAFTAR NOTASI | xiv |
| BAB 1 PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 2 |
| 1.3 Ruang Lingkup | 2 |
| 1.4 Tujuan Penelitian | 3 |
| 1.5 Manfaat Penelitian | 3 |
| 1.6 Sistematika Pembahasan | 4 |
| BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA | 5 |
| 2.1. Umum | 5 |
| 2.2. Beton Normal | 6 |
| 2.3. Serbuk Kaca | 6 |
| 2.3.1 Deskripsi | 8 |
| 2.3.2 Penggunaan | 8 |
| 2.3.3 Karakteristik / Keunggulan | 8 |
| 2.4. Kuat Tarik Belah Beton | 9 |
| 2.5. Penelitian Terdahulu | 10 |
| BAB 3 METODE PENELITIAN | 12 |
| 3.1 Tinjauan Umum | 12 |
| 3.2 Tahapan penelitian | 12 |
| 3.3 Lokasi Dan Waktu Penelitian | 15 |
| 3.4 Sumber Data dan Pengambilan Data | 15 |
| 3.4.1 Data Primer | 15 |
| 3.4.2 Data Sekunder | 15 |
| 3.5 Desain Benda Uji | 15 |
| 3.6 Bahan Dan Alat | 16 |
| 3.6.1 Bahan | 16 |

| | | |
|-----------------------------------|--|----|
| 3.6.2 | Alat | 19 |
| 3.7 | Langkah Langkah Pemeriksaan Bahan | 20 |
| 3.7.1 | Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus | 20 |
| 3.7.2 | Analisa Gradasi Agregat Halus | 21 |
| 3.7.3 | Kadar Lumpur Agregat Halus | 22 |
| 3.7.4 | Berat Isi Agregat Halus | 22 |
| 3.7.5 | Kadar Air Agregat Halus | 24 |
| 3.7.6 | Berat jenis dan Penyerapan Agregat Kasar | 24 |
| 3.8 | Mix Design | 25 |
| 3.9 | Pembuatan Benda Uji | 26 |
| 3.10 | Pemeriksaan <i>Slump Test</i> | 27 |
| 3.11 | Perawatan (<i>Curing</i>) Benda Uji | 27 |
| 3.12 | Pengujian Kuat Tarik Belah Beton | 28 |
| BAB 4 ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN | | 29 |
| 4.1. | Tinjauan Umum | 29 |
| 4.2. | Hasil Pemeriksaan Bahan Penyusutan Beton | 29 |
| 4.3. | Hasil Pemeriksaan Agregat Halus | 29 |
| 4.4. | Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Dan Penyerapan Serbuk Kaca | 34 |
| 4.5. | Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar | 34 |
| 4.6. | Perencanaan Campuran Beton | 39 |
| 4.6.1 | Untuk benda uji | 46 |
| 4.6.2 | Bahan Serbuk Kaca Sebagai Pengganti Semen | 50 |
| 4.7. | Slump Test | 51 |
| 4.8. | Hasil Dan Analisa Penyerapan Air | 53 |
| 4.9. | Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton | 54 |
| 5.1 | Kesimpulan | 59 |
| 5.2 | Saran | 60 |
| DAFTAR PUSTAKA | | 61 |
| LAMPIRAN | | 64 |

DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 4.1: Hasil pengujian analisa agregat halus | 30 |
| Tabel 4.2: Daerah gradasi agregat halus. | 30 |
| Tabel 4.3: Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus | 31 |
| Tabel 4.4: Hasil pengujian kadar air agregat halus. | 32 |
| Tabel 4.5: Hasil pengujian berat isi agregat halus. | 33 |
| Tabel 4.6: Hasil pengujian kadar lumpur agregat halus. | 33 |
| Tabel 4.7: Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan serbuk kaca. | 34 |
| Tabel 4.8: Hasil pengujian analisa agregat kasar. | 35 |
| Tabel 4.9: Batas gradasi agregat kasar | 35 |
| Tabel 4.10: Hasil Analisa pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar. | 36 |
| Tabel 4.11: Hasil pengujian kadar air agregat kasar. | 37 |
| Tabel 4.12: Hasil pengujian berat isi agregat kasar. | 38 |
| Tabel 4. 13: Hasil pengujian kadar lumpur agregat kasar. | 39 |
| Tabel 4.14: Data-data hasil tes dasar. | 40 |
| Tabel 4. 15: Koreksi proporsi campuran. | 45 |
| Tabel 4. 16: Perencanaan campuran beton (SNI 03-2834-2000). | 45 |
| Tabel 4. 17: Perbandingan campuran akhir untuk 1 benda uji (m ³) | 46 |
| Tabel 4.18: Perbandingan untuk 1 benda uji dalam satuan kg. | 47 |
| Tabel 4.19: Banyak agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji. | 48 |
| Tabel 4.20: Banyak agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji. | 48 |
| Tabel 4.21: Perbandingan untuk 15 benda uji dalam satuan kg. | 49 |
| Tabel 4. 22: Persentase banyaknya serbuk kaca dalam benda uji | 51 |
| Tabel 4. 23: Hasil pengujian slump test. | 52 |
| Tabel 4. 24: Hasil Dan Analisa Penyerapan Air | 53 |
| Tabel 4. 25: Hasil pengujian kuat tarik belah beton normal. | 54 |
| Tabel 4. 26: Hasil pengujian kuat tarik belah beton dengan serbuk kaca 2% dan sika <i>viscocrete</i> 3115 N 0,8%. | 55 |

| | |
|--|----|
| Tabel 4. 27: Hasil pengujian kuat tarik belah beton dengan serbuk kaca 4% dan sika viscocrete 3115 N 0,8%. | 55 |
| Tabel 4. 28: Hasil pengujian kuat tarik belah beton dengan serbuk kaca 6% dan sika viscocrete 3115 N 0,8%. | 56 |
| Tabel 4. 29: Hasil pengujian kuat tarik belah beton dengan serbuk kaca 8% dan sika viscocrete 3115 N 0,8%. | 56 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 3.1: Bagan alir penelitian. | 14 |
| Gambar 3. 2: Kuat tarik belah beton. | 16 |
| Gambar 3.4: Agregat Kasar. | 17 |
| Gambar 3.5: Agregat Halus. | 17 |
| Gambar 3.6: Serbuk Kaca. | 17 |
| Gambar 3.7: Sika <i>Visscocrete</i> 3115 N. | 18 |
| Gambar 3.8: Semen <i>Portland</i> . | 18 |
| Gambar 3.9: Air. | 18 |
| Gambar 4.1: Grafik agregat halus. | 31 |
| Gambar 4.2: Grafik analisa agregat kasar. | 36 |
| Gambar 4.3: Hubungan faktor air semen dan kuat tekan beton silinde 15 x 30 cm. | 41 |
| Gambar 4.4: Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 40 mm pada fas 0,38 (SNI 03-2834-2000). | 42 |
| Gambar 4.5: Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat isi beton pada fas 0,38 (SNI 03-2834-2000). | 43 |
| Gambar 4.6: Grafik perbandingan nilai slump. | 52 |
| Gambar 4.7: Grafik perbandingan penyerapan air. | 54 |

DAFTAR NOTASI

| | |
|---------------|---|
| f_{ct} | = Kuat tarik belah beton (N/mm^2) (MPa) |
| f'_{cr} | = Kuat tekan beton rata-rata yang di targetkan |
| P | = Beban maksimum (N) |
| FM | = Modulus Kehausan |
| A | = Luas penampang beton tertekan (mm^2) |
| PL | = Passing Ability ratio beton segar |
| PF | = Faktor kerapatan |
| $\frac{W}{c}$ | = Faktor air semen rencana |
| A | = Luas penampang benda uji (mm^2) |
| Wg | = Jumlah agregat kasar (kg/m^3) |
| Wgl | = Berat isi agregat kasar (kg/m^3) |
| Ws | = Jumlah agregat halus (kg/m^3) |
| Wsl | = Berat isi agregat halus (kg/m^3) |
| C | = Jumlah semen (kg/m^3) |
| Wf | = Jumlah serbuk kaca dibutuhkan (kg/m^3) |
| Wwc | = Jumlah air yang dibutuhkan untuk semen (kg/m^3) |
| $\frac{a}{s}$ | = Perbandingan agregat kasar dan agregat halus (%) |
| A% | = Persentase serbuk kaca yang digunakan (%) |
| SK | = Serbuk kaca |

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beton merupakan pilihan utama yang paling banyak digunakan sebagai bahan dasar konstruksi bangunan karena dianggap memiliki keawetan dan kekuatan dalam pembangunan infrastruktur. Hal ini menyebabkan permintaan akan beton juga akan semakin meningkat yang akan mengganggu keseimbangan lingkungan dan merusak sumber daya alam. Oleh karena itu, dicari solusi yang efektif untuk mereduksi dampak negatif dari penggunaan beton yang berlebihan. Salah satu solusinya adalah beton ramah lingkungan (*green concrete*) (Olii et al., 2021).

Beton adalah bahan konstruksi yang terbuat dari campuran semen portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar dan air secara bersama-sama atau sebagai bahan tambahan (SNI 03-2847-2019). Beton merupakan bahan yang kuat terhadap kuat tekan, namun memiliki kelemahan dalam kuat tarik. Beton memiliki pasta yang terdiri dari air dan semen sebagai bahan pengikat, sedangkan agregat halus dan kasar berfungsi sebagai pengisi. Agregat halus berfungsi sebagai pengisi rongga agregat kasar. Beton yang sudah tua akan mengeras dan mencapai kuat struktur (f_c') pada umur 28 hari (SNI 2847-2019).

Beton sering digunakan dalam konstruksi sipil karena memiliki kelebihan dimana kokoh terhadap kuat tekan, namun memiliki kekurangan dalam kuat tarik sehingga mudah retak dan harus menggunakan baja sebagai penahan kuat tarik beton tersebut (Abimanyu, 2024).

Kaca adalah salah satu produk industri kimia yang paling akrab dengan kehidupan sehari-hari. Dipandang dari segi fisika kaca merupakan zat cair yang sangat dingin. Disebut demikian karena struktur partikel-partikel penyusunnya yang saling berjauhan seperti dalam zat cair, namun kaca sendiri berwujud padat. Ini terjadi akibat proses pendinginan (*cooling*) yang sangat cepat, sehingga partikel-partikel silika tidak sempat menyusun diri secara teratur. Dari segi kimia, kaca adalah gabungan dari berbagai oksida anorganik yang tidak mudah menguap, yang dihasilkan dari dekomposisi dan peleburan senyawa alkali dan alkali tanah, pasir serta berbagai penyusun lainnya (Didit, 2020).

Limbah kaca dalam jumlah besar yang berasal dari industri maupun rumah tangga merupakan sumber masalah lingkungan. Pemanfaatan limbah kaca untuk digunakan kembali (*re-use*) merupakan salah satu solusi penanganan limbah yang tepat. Masalah lingkungan juga dijumpai pada industri semen. Proses produksi bahan baku semen menjadi semen membutuhkan pembakaran batu bara yang menghasilkan emisi gas karbondioksida dalam jumlah yang relatif besar bagi peningkatan pemanasan global. Untuk mengurangi dampak tersebut, para peneliti telah berusaha melakukan substitusi parsial semen dengan bahan pozzolan atau dengan bahan bersifat semen lainnya, tanpa mengurangi secara signifikan kualitas beton yang dihasilkan. Salah satu usaha untuk mengatasi masalah tersebut adalah memanfaatkan limbah serbuk kaca sebagai powder dan sekaligus mereduksi penggunaan semen pada beton (Herbudiman & Januar, 2011).

Dalam penelitian ini juga digunakan bahan tambah *Superplasticizer* jenis *ViscoCrete 3115 N*. Sika *ViscoCrete 3115 N*, adalah generasi terbaru dari *Superplasticizer* untuk beton dan mortar. Secara khusus dikembangkan untuk produksi beton dengan kemudahan mengalir dan sifat mengalir yang tahan lama. Sika *ViscoCrete 3115 N* memberikan pengurangan air dalam jumlah besar, kemudahan mengalir yang sangat baik dalam waktu bersamaan dengan kohesi yang optimal dan sifat beton yang memadat dengan sendirinya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian yang telah dipaparkan maka dapat dirumuskan masalah yang akan diteliti, yaitu :

1. Bagaimana pengaruh penambahan *Superplasticizer* Sika *ViscoCrete 3115 N* dan Serbuk Kaca terhadap kuat tarik belah beton.
2. Bagaimana perbandingan kuat tarik belah beton dengan menggunakan Serbuk Kaca 2%, 4%, 6%, 8% dan *Superplasticizer* Sika *ViscoCrete 3115 N*.

1.3 Ruang Lingkup

Agar penelitian ini tidak menyimpang dari tujuannya, maka diberi ruang lingkup antara lain :

1. Jenis beton yang akan diteliti adalah beton normal.

2. Karakteristik beton normal yang diuji adalah kuat tarik belah beton dari hasil eksperimen.
3. Benda uji yang digunakan berupa silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.
4. Bahan tambah yang digunakan adalah campuran Serbuk Kaca.
5. Variasi Serbuk Kaca pada beton normal ialah 2%, 4%, 6%, dan 8%.
6. *Superplasticizer* yang digunakan pada penelitian ini adalah sika *ViscoCrete-3115 N*.
7. Metode perhitungan menggunakan (SNI 2491:2014) “Metode Uji kuat tarik belah beton silinder”.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui pengaruh penambahan Serbuk Kaca dan *Superplasticizer ViscoCrete 3115 N* terhadap kuat tarik belah beton.
2. Untuk mengetahui perbandingan kuat tarik belah beton dengan menggunakan Serbuk Kaca 2%, 4%, 6%, 8% dan *Superplasticizer ViscoCrete 3115 N*.

1.5 Manfaat Penelitian

Diharapkan pada penelitian ini dapat memberikan manfaat antara lain :

1. Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat dan memberikan informasi yang jelas bagi pengembangan ilmu teknologi beton dan pengaruh yang terjadi akibat penambahan zat aditif jenis *Superplasticizer (ViscoCrete 3115 N)* dan Serbuk Kaca terhadap campuran beton.
2. Untuk mengurangi dan memanfaatkan Serbuk Kaca menjadi bahan pembuatan beton normal.
3. Penelitian ini diharapkan dapat diaplikasikan dalam dunia konstruksi.
4. Penelitian ini diharapkan dapat menambah pengetahuan khususnya dalam bidang inovasi pada beton.

1.6 Sistematika Pembahasan

Penulisan Laporan Tugas Akhir Ini Diuraikan Menjadi Lima Bab Dengan Sistematika Sebagai Berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Pada bab ini membahas tentang latar belakang, rumusan masalah, ruang lingkup, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika pembahasan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini menuangkan teori-teori yang menjadi landasan teori yang berhubungan dengan judul tugas akhir dan metode-metode perhitungan yang akan digunakan.

BAB 3 METODE PENELITIAN

Pada bab ini menerangkan tempat dan waktu penelitian, sumber data, metode pengumpulan data dan metode analisis data.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan data-data hasil penelitian yang telah diperoleh dan dibuatkan pembahasan yang digunakan untuk memecahkan masalah.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisi kesimpulan berdasarkan hasil dan pembahasan.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Umum

Pembangunan infrastruktur menjadi aspek penting dalam mempercepat laju pembangunan nasional di Indonesia. Salah satu konstruksi yang sering digunakan adalah konstruksi beton. Beton kini telah menjadi salah satu material utama pada bangunan untuk memenuhi kebutuhan industri properti dan bangunan sipil. Beton juga merupakan bahan yang paling banyak dikonsumsi di dunia selain air. Pada tahun 2016, jumlah perkiraan beton produksinya sekitar 25 miliar ton. Beton adalah campuran agregat kasar, agregat halus, semen, dan air, dengan atau tanpa bahan campuran.

Konstruksi beton memiliki kemampuan kuat tekan yang baik. Banyak parameter yang memengaruhi kekuatan tekan beton. Kekuatan tekan adalah kapasitas dari suatu bahan atau struktur dalam menahan beban yang akan mengurangi ukurannya. Kinerja mutu beton salah satunya berada pada nilai kuat tekannya, sehingga beton harus di rencanakan sebaik mungkin. Sehingga penelitian mengutamakan mutu beton untuk mendapatkan hasil yang terbaik. Dengan metode eksperimen yang dilakukan pada Laboratorium, akan diberikan tambahan zat *Additive Superplasticizer* yang berfungsi sebagai metode untuk peningkatan mutu beton (Arifin et al., 2024).

Beton merupakan salah satu bahan konstruksi yang telah umum digunakan untuk bangunan gedung, jembatan, jalan, dan lain lain. Beton dibuat dengan cara mencampur agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil), semen dan air. Campuran tersebut akan mengeras seperti batuan. Pengerasan terjadi karena peristiwa reaksi kimia antara semen dengan air. Didalam campuran beton ditambah dengan bahan tambahan additive kimiawi atau fisik pada perbandingan tertentu, hingga membentuk satu kesatuan homogen yang mengeras seperti batuan. Pengerasan ini terjadi melalui reaksi kimia antara semen dan air.

Beton merupakan hasil campuran semen *Portland*, agregat halus, agregat kasar, air, dan rongga-rongga udara. Pemilihan campuran bahan pembentuk beton

harus memperhatikan keberhasilan dalam mencapai beton basah yang mudah dikerjakan memiliki kekuatan tekan yang sesuai setelah mengeras, dan ekonomis (Septiani n.d, et al., 2024).

Beton sebagai komponen struktur dalam konstruksi teknik sipil, dapat diperoleh dengan mencampurkan semen *portland*, air, dan agregat. Terkadang adapula pemberian bahan tambah yang sangat bervariasi jenisnya. Salah satu bahan yang sering digunakan adalah pozzolan yaitu bahan yang mengandung mineral silika yang apabila bercampur dengan pasta semen akan bereaksi untuk mengikat/memberi daya lekat pada campuran beton. Pozzolan dibagi menjadi dua macam, yaitu pozzolan alam dan buatan. Pozzolan alam berasal dari bahan alam yang merupakan bahan sedimentasi dari abu lava gunung yang mengandung silika aktif. Sedangkan pozzolan buatan berasal dari tungku maupun hasil pemanfaatan limbah yang diolah menjadi abu yang mengandung silika (Erfanda et al., 2020).

2.2. Beton Normal

Beton normal umumnya terdiri dari campuran semen, air, agregat halus (pasir), dan agregat kasar (kerikil). Komposisi ini menghasilkan beton dengan berat rata-rata sekitar 2200–2500 kg/m³, tergantung pada proporsi bahan yang digunakan. Sebaliknya, beton ringan dibuat dengan menggantikan agregat kasar konvensional dengan agregat ringan seperti batu apung, yang memiliki densitas lebih rendah. Beton ringan memiliki keunggulan dalam mengurangi beban mati struktur, meningkatkan efisiensi energi bangunan, serta memberikan isolasi termal dan akustik yang lebih baik dibandingkan beton normal (J., Dina et al., 2025).

2.3. Serbuk Kaca

Menurut Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) tahun 2022, berdasarkan jenisnya, menyebutkan bahwa limbah kaca yang dihasilkan oleh 38 provinsi di Indonesia sekitar 2.2 % dari total sampah timbunan 35,925,892.6 ton. Meskipun limbah kaca di Indonesia hanya beberapa persen tetapi jika tidak dimanfaatkan dengan baik maka limbah kaca akan menjadi hal yang dapat merusak lingkungan. Oleh karena itu limbah kaca dapat digunakan sebagai salah satu alternatif sebagai substitusi parsial semen dengan memanfaatkan limbah kaca dari

sisa-sisa pembuatan kaca. Limbah kaca memiliki kandungan *silica* yang cukup besar yaitu berkisar 70% dan memiliki potensi material pozzoland. *Silica* memiliki hubungan yang kuat dengan kuat tekan beton. *Silica* merupakan bahan utama dalam campuran beton, terutama dalam bentuk agregat halus. *Silica* yang tepat dalam campuran beton dapat meningkatkan kuat tekan beton. *Silica* dalam bentuk halus dapat menghasilkan lebih banyak gel *silica* hidrat, yang membantu dalam membentuk jaringan yang lebih padat dan kohesif dalam struktur beton (Arsasuta & Rochmah, 2024).

Kaca merupakan limbah yang dihasilkan dari kegiatan industri dan rumah tangga yang tidak bisa terurai, apabila jumlahnya terlalu banyak maka akan merusak lingkungan. Namun limbah kaca dapat dimanfaatkan kembali sebagai bahan pengisi pada beton karena kaca memiliki ketahanan terhadap cuaca dan serangan zat kimia yang baik. Serbuk kaca diharapkan berfungsi sebagai pengganti semen karena memiliki potensi sebagai material *pozzoland* dengan kandungan *silica* (SiO_2), Na_2O dan CaO pada kaca cukup besar yaitu lebih dari 70% sehingga menghasilkan kekuatan yang melebihi rencana dan dapat mengurangi biaya pembuatan beton (Pranata et al., 2019).

Limbah kaca memiliki potensi dan dipandang strategis sebagai bahan penyusun *silica* (SiO_2) diatas 60% memiliki sifat unggul berupa titik lebur yang tinggi (1400°C - 1600°C) dan sifat mekanik yang sangat kuat. Kaca merupakan materi bening dan trsansparan (tembus pandang) yang biasanya dihasilkan dari campuran silikon atau bahan silikon dioksida (SiO_2), yang secara kimia sama dengan kuarsa (bahasa inggris : kwarts). Suhu lelehnya adalah 2000 Derajat Celcius. Jenis kaca yang paling umum dikenal dan yang telah digunakan sejak berabad – abad silam sebagai jendela dan gelas minum adalah kaca soda kapur, yang terbuat dari 75% *silica* (SiO_2) ditambah Na_2O , CaO , dan sedikit aditif lain.

Dari segi kimia kaca adalah gabungan dari berbagai oksida anorganik yang tidak mudah menguap, yang dihasilkan dari dekomposisi dan peleburan senyawan alkali dan alkali tanah, pasir serta berbagai golongan kramik lainnya. Kekhasan sifat–sifat kaca ini terutama dipengaruhi oleh keunikan *silica* (SiO_2) dan proses pembentukannya (Sejati & Gunawan, 2019).

2.3.1 Deskripsi

Sika *ViscoCrete* - 3115 N merupakan *Superplasticizer* generasi ketiga untuk beton dan mortar. Dikembangkan untuk produksi beton dengan daya alir tinggi dengan sifat retensi kemampuan kerja yang sangat baik. Sika *ViscoCrete* - 3115 N bekerja dengan cara adsorpsi pada permukaan partikel semen yang menghasilkan efek pemisahan sterik (*sterical*).

2.3.2 Penggunaan

ViscoCrete adalah *zat additive* yang mempunyai fungsi sebagai *Super Power Plasticizer* yang secara teoritis dapat menghasilkan beton mutu tinggi dan sebagai *Water Reducer* mampu mengurangi pemakaian air sampai dengan 40% bila dibandingkan dengan pembuatan beton biasa.

ViscoCrete - 3115 N adalah produk yang secara khusus dikembangkan untuk produksi beton dengan kemudahan mengalir dan sifat mengalir yang tahan lama. *ViscoCrete* - 3115 N memberikan pengurangan air dalam jumlah besar, kemudahan mengalir yang sangat baik dalam waktu bersamaan dengan kohesi yang optimal dan sifat beton yang memadat dengan sendirinya.

ViscoCrete - 3115 N menunjukkan sifat-sifat berikut :

1. Kemampuan mengalir yang sangat baik (mengurangi upaya dalam pekerjaan pengecoran dan pemadatan).
2. Kemampuan memadatkan diri (*self-compacting*) yang baik.
3. Reduksi air yang sangat tinggi (menghasilkan densitas dan kekuatan yang tinggi).

2.3.3 Karakteristik / Keunggulan

ViscoCrete - 3115 N bekerja melalui penyerapan permukaan partikel-partikel semen yang menghasilkan suatu efek separasi sterikal. Beton yang dihasilkan dengan *Viscocrete* - 3115 N memperlihatkan sifat-sifat sebagai berikut:

1. Kemampuan mengalir yang sangat baik (dihasilkan pada tingginya pengurangan penempatan dan usaha-usaha pemadatan).
2. Kemampuan (*Self compact*) nya kuat. Pengurangan air yang sangat ekstrim

ditunjukkan pada tingginya berat jenis dan kuat beton.

3. Mengurangi penyusutan dan keretakan.
4. Meningkatkan ketahanan terhadap karbonasi pada beton.
5. Meningkatkan hasil akhir.

ViscoCrete - 3115 N tidak mengandung klorin atau bahan-bahan lain yang dapat menyebabkan karat / bersifat korosif pada tulangan baja. Sehingga cocok digunakan untuk beton dengan tulangan atau pra-tekan.

ViscoCrete - 3115 N memberikan beton dengan kelecikan yang panjang dan tergantung pada desain pencampuran dan kualitas material yang digunakan, partikel-partikel *self-compacting* dapat diperthankan lebih dari 1 jam pada suhu 30°C (Lukas., 2024).

2.4. Kuat Tarik Belah Beton

Kuat tarik beton adalah kemampuan beton untuk menahan gaya tarik atau gaya yang cenderung menarik material beton hingga pecah. Karena beton adalah material yang relatif lemah terhadap gaya tarik dibandingkan gaya tekan, maka nilai kuat tariknya biasanya jauh lebih rendah daripada kuat tekannya. Dalam praktiknya, kuat tarik beton sering kali diuji secara tidak langsung, salah satunya dengan metode (*split tensile test*) atau uji Tarik belah, di mana nilai kuat tarik yang dihasilkan biasanya berkisar antara 8-12% dari kuat tekan beton (Arfan et al., 2025).

Beton merupakan material yang lemah terhadap tegangan tarik. Faktor pembentuk kekuatan tarik sama dengan kuat tekan hanya besarnya kuat tarik untuk beton normal pada umumnya adalah antara 9% - 15% dari kuat tekannya. Kekuatan tarik dalam penelitian ini ditentukan dengan menggunakan percobaan belah silinder (*the split cylinder*) dimana silinder ukuran diameter 100 mm dan tinggi 200 mm diberikan beban tegak lurus terhadap sumbu longitudinalnya dengan silinder ditempatkan secara horisontal di atas pelat mesin percobaan. Benda uji terbelah dua pada saat dicapainya kekuatan tarik (Pandaleke & Dapas, 2016).

Kuat tarik merupakan salah satu sifat mekanis beton yang berperan penting dalam menentukan perilaku retak serta mekanisme perambatannya dalam suatu struktur. Dalam praktiknya, hubungan antara kuat tekan dan kuat tarik beton tidak bersifat linear, di mana peningkatan mutu kuat tekan beton hanya menghasilkan

peningkatan yang relatif kecil terhadap kuat tariknya. Hal ini menunjukkan bahwa kuat tarik beton memiliki karakteristik yang perlu dianalisis secara khusus guna memahami pengaruhnya terhadap kinerja struktural. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis pengujian terhadap kuat tarik belah beton dengan menggunakan sampel berbentuk kubus terhadap variasi kuat tekan beton. Pengujian kuat Tarik belah dengan menggunakan sampel berbentuk kubus masih jarang dilakukan, mengingat ketersediaan teori serta standar yang membahas metode ini masih terbatas (Lukas et al., 2024).

Kekuatan tarik belah dari spesimen uji silinder beton ditentukan dengan memuat spesimen uji beton berbentuk silinder yang diposisikan secara horizontal sejajar dengan permukaan meja pemuatan dari mesin uji tekan. Ini sesuai dengan (SNI 2491-2014).

Kekuatan tarik belah dihitung menggunakan rumus berikut.

$$f_{ct} = \frac{2P}{\pi LD} \quad (2.1)$$

Keterangan :

f_{ct} = Kuat Tarik Belah (MPa).

P = Beban tekan Maksimum (N).

L = Panjang Benda Uji (mm).

D = Diameter Benda Uji (mm).

2.5. Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian mengenai penggunaan serbuk kaca, superplasticizer, dan bahan-tambah lain pada campuran beton pernah dilakukan seperti berikut.

Metode campuran yang digunakan adalah metode mix design SK SNI 03-3449-2002 dengan menggunakan benda uji berupa silinder diameter 150 mm dan tinggi 30 mm untuk pengujian kuat tarik belah dan silinder diameter 110 mm dan tinggi 60 mm untuk pengujian daya serap air dan porositas air.

Hasil yang diperoleh pada penelitian ini yaitu kuat tekan beton persentase penggunaan serbuk kaca 0% sebesar 264,29 kg/cm², 2,5% sebesar 252,26 kg/cm², dan 5% sebesar 192,80 kg/cm².

Pada hipotesis keempat menggunakan analisis deskriptif didapat hasil dilihat bahwa kuat tarik belah yang paling tinggi pada variasi persentase penggantian

serbuk kaca 10% yaitu 2,52 MPa dan yang terendah pada variasi persentase penggantian serbuk kaca 20% yaitu 1,858 Mpa, sedangkan kuat tarik belah beton normal yaitu 2,310 Mpa.

Persentase serbuk kaca optimal sebagai pengganti agregat halus yang menghasilkan kuat tarik beton maksimal terdapat pada persentase penggantian serbuk kaca 10% yaitu sebesar 2,258 Mpa, sedangkan kuat tarik belah beton normal yaitu 2,310 Mpa. Persentase Serbuk kaca optimal sebagai pengganti Agregat Halus yang menghasilkan porositas beton minimal terdapat pada persentase 10% yaitu sebesar 14,006 Mpa. Sedangkan porositas beton normal sebesar 15,065. Hal ini menunjukkan penurunan sebesar 18.91%. (Prasetyo et al., 2020).

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Tinjauan Umum

Metode yang digunakan dalam pembuatan beton dengan memanfaatkan penambahan Serbuk kaca dan sika *viscocrete* dengan menggunakan metode eksperimen, yang dilakukan dengan mengadakan kegiatan percobaan di laboratorium untuk mendapatkan data.

3.2 Tahapan penelitian

1. Persiapan.

Dalam hal ini menyiapkan material yang digunakan seperti (Agregat Kasar, Agregat Halus, Semen, Serbuk kaca, Sika *Viscocrete* 3115 N dan Air). Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

2. Pemeriksaan Bahan Material Penyusun Beton.

Pemeriksaan bahan material ini ditujukan untuk memastikan apakah bahan penyusun beton telah memenuhi persyaratan yang telah ditentukan, apabila digunakan dalam pencampuran (*mix design*).

3. Pengujian Dasar Material

Pengujian dasar dilakukan pada sampel agregat kasar, agregat halus, dan serbuk kaca. Pengujian ini berupa pemeriksaan berat jenis dan penyerapan, kadar air, kadar lumpur, dan berat isi.

4. Perencanaan Campuran

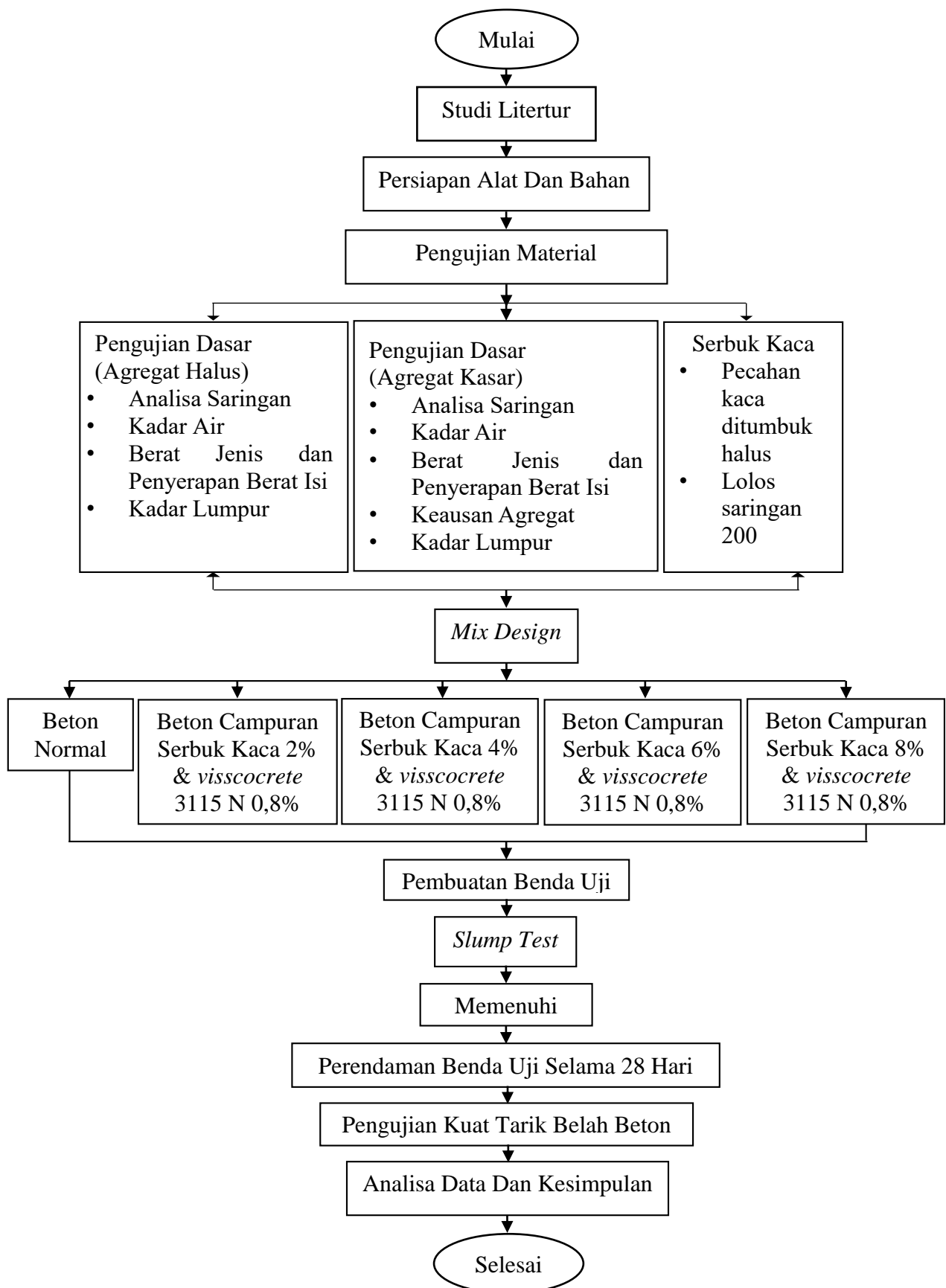
Perencanaan campuran (*mix design*) dilakukan mengacu pada SNI 03- 2834-2000. Perencanaan yang dilakukan berdasarkan hasil pemeriksaan dari masing-masing bahan sebelumnya untuk merencanakan pencampuran beton, mulai dari semen, agregat halus, agregat kasar, dan air. Hasil dari *mix design* ini berupa perbandingan antara bahan-bahan penyusun beton yang selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam pembuatan benda uji.

5. Pembuatan Benda Uji

Pada tahapan ini dilakukan pekerjaan-pekerjaan sebagai berikut:

- a. Pembuatan adukan beton.
 - b. Pengujian slump test yang mengacu pada SNI 1972:2008.
 - c. Pengecoran ke dalam cetakan silinder.
 - d. Pelepasan benda uji dari cetakan silinder.
6. Perawatan Benda Uji
- Pada bagian ini beton yang sudah didiamkan di cetakan dan sudah mengering, beton tersebut diangkat dari cetakan lalu dilakukan perawatan beton (*cur ring*). Perawatan tersebut dilakukan dengan perendaman beton pada bak perendam yang memiliki estimasi waktu 28 hari. Setelah selesai perawatan tersebut, beton dikeluarkan dari bak dan dikeringkan.
7. Pengujian Kuat Tarik Belah Beton
- Setelah semua prosedur pembuatan beton, kemudian dilakukan uji kuat tarik belah beton. Pada tahapan ini dilakukan pengujian beton yang mengacu pada SNI 2491: 2014. yang berfungsi untuk mengetahui berapa besar ketahanan beton setelah diberi beban-beban tertentu.
8. Analisis Data dan Pembahasan
- Pada tahap ini dilakukan pengolahan data dari pengujian yang telah dilakukan dengan bantuan program *Microsoft Excel*, kemudian dilakukan pembahasan terkait hasil pengujian yang diperoleh.
9. Pembahasan dan Laporan Akhir
- Dengan diketahuinya nilai kuat tarik belah beton, maka telah selesai semua rangkaian dalam proses pembuatan beton. Hal yang dilakukan pada tahap akhir adalah mencatat, mengolah, dan mengevaluasi data yang telah didapatkan. Lalu selanjutnya melakukan penulisan dan bimbingan untuk laporan akhir tersebut.

Secara keseluruhan tahapan penelitian dapat dilihat dalam diagram alir pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1: Bagan alir penelitian.

3.3 Lokasi Dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Jl. Muchtar Basri . Waktu penelitian yang dilakukan direncanakan kurang lebih selama 1 bulan dan dimulai pada akhir bulan Oktober 2025.

3.4 Sumber Data dan Pengambilan Data

3.4.1 Data Primer

Data yang diperoleh dari hasil penelitian di Laboratorium, yaitu:

1. Analisa saringan agregat (SNI 1968, 2007).
2. Berat jenis dan penyerapan agregat kasar (SNI 1969, 2008).
3. Berat jenis dan penyerapan agregat halus (SNI 1970, 2008).
4. Pemeriksaan berat isi agregat (SNI 03-4804, 1998).
5. Pemeriksaan kadar air agregat (SNI 1971, 2011).
6. Pemeriksaan kadar lumpur (SNI 03-4141, 1996).
7. Perencanaan campuran beton (Mix Design) (SNI 03-2834-2000).
8. Pembuatan dan perawatan benda uji beton (SNI 2493:2011).
9. Uji kuat tarik belah beton (SNI 2491:2014).

3.4.2 Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari beberapa buku dan jurnal yang berhubungan dengan teknik beton dan konsultasi langsung dengan dosen pembimbing di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Data teknis yang dipergunakan yaitu :

1. Peraturan SNI 03-2834-2000 tentang tata cara pembuatan rencana beton normal.
2. Peraturan SNI 2491:2014 tentang metode uji kekuatan tekan beton silinder.

3.5 Desain Benda Uji

Penelitian menggunakan benda uji berbentuk silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, dengan sampel 15 buah beton dengan 4 (empat) variasi yang masing-masing variasi berjumlah 3 sampel. Pengujian akan dilaksanakan pada umur 28 hari setelah perendaman beton. Komposisi campuran benda uji dan kode

benda uji dapat dilihat pada Tabel 3.2 berikut.

Tabel 3.2: Desain dan jumlah benda uji.

| NO | KODE BENDA UJI | SEMEN | SERBUK KACA | AGREGAT KASAR | <i>SUPERPLASTICIZER VISCROCRETE-3115 N</i> | JUMLAH SAMPEL |
|--------|----------------|-------|-------------|---------------|--|---------------|
| 1 | BN | 100% | 0% | 100% | 0,8% | 3 |
| 2 | SERBUK KACA 2% | 98% | 2% | 100% | 0,8% | 3 |
| 3 | SERBUK KACA 4% | 96% | 4% | 100% | 0,8% | 3 |
| 4 | SERBUK KACA 6% | 94% | 6% | 100% | 0,8% | 3 |
| 5 | SERBUK KACA 8% | 92% | 8% | 100% | 0,8% | 3 |
| JUMLAH | | | | | | 15 |

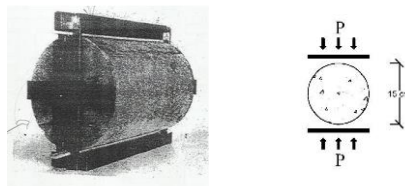
Keterangan:

Serbuk Kaca 2% : Beton dengan campuran 0,8% *Viscocrete* – 3115 N.

Serbuk Kaca 4% : Beton dengan campuran 0,8% *Viscocrete* – 3115 N.

Serbuk Kaca 6% : Beton dengan campuran 0,8% *Viscocrete* – 3115 N.

Serbuk Kaca 8% : Beton dengan campuran 0,8% *Viscocrete* – 3115 N.



Gambar 3. 2: Kuat tarik belah beton.

3.6 Bahan Dan Alat

Untuk mendapatkan hasil penelitian yang maksimal, maka diperlukan peralatan dan bahan yang sudah tersedia di laboratorium teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Alat-alat yang digunakan sebagai berikut:

3.6.1 Bahan

Pada penelitian ini digunakan bahan dan material untuk pembuatan benda uji sebagai berikut :

1. Agregat kasar (Batu pecah)

Menurut SNI 03-2847-2000 agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil disintegrasi ‘alami’ dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai butir antara 5 mm sampai 40 mm. Sifat dari agregat

kasar mempengaruhi kekuatan akhir beton keras dan daya tahanya terhadap disintegrasi beton, cuaca dan efek-efek merusak lainnya. Agregat kasar mineral ini harus bersih dari bahanbahan organik dan harus mempunyai ikatan yang baik dengan semen.



Gambar 3.3: Agregat Kasar.

2. Agregat Halus (Pasir)

Dalam SNI 03-2847-2002 agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil disintegrasi secara ‘alami’ dari batu atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5.0 mm. Dalam pemilihan agregat halus harus benar-benar memenuhi persyaratan yang telah ditentukan. Pasir sebagai bahan pembentuk beton bersama semen dan air, berfungsi mengikat agregat kasar menjadi satu kesatuan yang kuat dan padat (SNI 03-2834-2000).



Gambar 3.4: Agregat Halus.

3. Serbuk Kaca

Serbuk Kaca yang digunakan adalah dari botol-botol kaca berwarna hijau yang sudah di haluskan dengan mesin *los angeles* dengan peluru pengaus. Pembuatan Serbuk Kaca dengan *Los Angeles* Pada penelitian ini, untuk mendapatkan serbuk kaca yang ukurannya halus dan lolos ayakan No. 200.



Gambar 3.5: Serbuk Kaca.

4. *Superplasticizer Viscrocrete - 3115 N*

Bahan tambah kimia yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Superplasticizer* jenis *Viscrocrete - 3115 N* yang diperoleh langsung dari PT. Sika Indonesia di Medan, Sumatera Utara.



Gambar 3.6: Sika *Viscrocrete* 3115 N.

5. Semen *Portland*

Semen yang digunakan pada penelitian ini adalah (*Portland Pozzolan Cement*) sesuai SNI 15-0302-2004. PPC (*portland pozzolan cement*) adalah suatu semen hidrolis yang terdiri dari campuran yang homogen antara semen *portland* dengan pozolan halus, yang di produksi dengan menggiling klinker semen *portland* dan pozolan bersama-sama, atau mencampur secara merata bubuk semen *portland* dengan bubuk pozolan, atau gabungan antara menggiling dan mencampur, dimana kadar pozolan 6%-40% massa semen *portland pozzolan*.



Gambar 3.7: Semen *Portland*.

6. Air

Air yang digunakan berasal dari Laboratorium Beton Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara



Gambar 3.8: Air.

3.6.2 Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Saringan agregat
2. Saringan agregat yang digunakan antara lain saringan No 4, No 8, No 16, No 30, No 50, dan No 100 Untuk agregat halus, sedangkan untuk agregat kasar yang digunakan antara lain saringan 1,1/2", 3/4", 3/8", dan No 4.
3. Wadah
4. Digunakan untuk menampung air atau agregat dalam pembuatan benda uji.
5. Timbangan digital
6. Timbangan digital digunakan untuk menimbang massa pada bahan material pada penelitian.
7. Kuas
8. Kuas digunakan untuk mengoleskan vaseline pada cetakan benda uji saat akan di tuangkan.
9. Sekop
10. Sekop digunakan untuk meratakan atau mengambil bahan material pada penelitian.
11. Terpal
12. Terpal digunakan untuk meletakkan bahan saat akan dijemur.
13. Pan
14. Digunakan untuk meletakkan bahan atau agregat yang akan dicuci.
15. Piknometer
16. Piknometer digunakan untuk mengukur banyak campuran air yang digunakan pada campuran pembuatan beton.
17. Sarung tangan
18. Digunakan untuk melindungi tangan pada saat pekerjaan
19. Masker
20. Digunakan untuk melindungi mulut atau muka dari debu dan kotoran.
21. Vaseline
22. vaselin digunakan untuk dioleskan pada cetakan agar beton tidak lengket pada cetakan pada saat akan dibuka.
23. Gelas ukur

24. Gelas ukur digunakan untuk mengukur banyak air yang digunakan dalam pencampuran beton
25. Cetakan benda uji silinder
26. Digunakan untuk mencetak benda uji.
27. Satu set alat slump test
28. Slump test digunakan untuk melihat seberapa kental adukan beton yang akan dibuat.
29. Bak perendaman
30. Digunakan untuk merendam benda uji selama waktu yang direncanakan.
31. Oven
32. Oven digunakan untuk mengeringkan sampel atau bahan.
33. Mesin pengaduk semen
34. Digunakan untuk mengaduk semen agar pengadukan tercampur merata.
35. Mesin penguji kuat tarik belah beton
36. Digunakan untuk mengetahui nilai kuat tarik belah pada beton uji

3.7 Langkah Langkah Pemeriksaan Bahan

3.7.1 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Prosedur Pengujian

1. Pertama - tama benda uji dicuci untuk menghilangkan lumpur atau bahan-bahan lain yang melekat pada permukaan.
2. Keringkan benda uji ke dalam oven pada suhu 105 oC sampai berat tetap.
3. Keluarkan benda uji dari oven, lalu benda uji didinginkan pada suhu kamar selama 1 - 3 jam.
4. Kemudian benda uji ditimbang dengan ketelitian 0,5 gr (Bk). Selanjutnya rendam benda uji dalam air pada suhu kamar selama 24 ± 4 jam.
5. Setelah direndam, benda uji dikeluarkan dari air, Lalu dilap dengan kain penyerap sampai selaput air pada permukaan hilang (jenuh permukaan kering/SSD). Untuk butir yang besar pengeringan harus satu persatu.
6. Kemudian timbang benda uji dalam keadaan jenuh (BJssd).

7. Benda uji diletakan di dalam keranjang, lalu benda uji diguncangkan untuk mengeluarkan udara yang tersekap dan tentukan beratnya di dalam air (Ba). Suhu air diukur untuk penyesuaian perhitungan kepada suhu standar 25 °C.

$$a. \text{ Berat Jenis (Bulk Specific Gravity)} = \frac{Bk}{Bssd - Ba} \quad (3.1)$$

$$b. \text{ Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (SSD)} = \frac{Bk - Ba}{Bk} \quad (3.2)$$

$$c. \text{ Berat Jenis Semu (Apparent Surface Dry)} = \frac{Bssd}{Bssd - Ba} \quad (3.3)$$

$$d. \text{ Penyerapan Air (Absorption)} = \frac{Bssd - Bk}{Bk} \quad (3.4)$$

Keterangan :

- Bk = Berat benda uji kering oven (gr).
- $Bssd$ = Berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh (gr).
- Ba = Berat benda uji kering permukaan jenuh di dalam air (gr).

3.7.2 Analisa Gradasi Agregat Halus

Prosedur Pengujian :

1. Benda uji dikeringkan di dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$, sampai berat tetap.
2. Timbang benda uji sesuai dengan berat yang disyaratkan.
3. Lalu susun saringan, dengan menempatkan saringan paling besar dibagian atas.
4. Lalu pan diletakan pada bagian bawah. Kemudian agregat dimasukkan dari bagian atas, lalu bagian atas saringan ditutup dengan penutup saringan.
5. Pengayakan dilakukan dengan menggunakan mesin pengayak selama 15 menit agar hasil ayakan terpisah merata.
6. Kemudian berat agregat yang terdapat pada masing-masing saringan ditimbang.

Perhitungan :

Hitung Persentase berat benda uji yang tertahan diatas masing – masing ayakan terhadap berat total benda uji

$$FM = \sum \frac{\text{persen tertahan komulatif mulai dari saringan } 150 \mu\text{m (0,15)}}{100} \quad (3.5)$$

3.7.3 Kadar Lumpur Agregat Halus

Prosedur pengujian.

- a. Benda uji dimasukkan dengan berat 1000 gram Kemudian ditimbang (W_1).
- b. Lalu benda uji dimasukkan ke dalam wadah, dan diberi air pencuci secukupnya sehingga benda uji terendam.
- c. Wadah diguncang – guncangkan hingga kotoran – kotoran pada benda uji hilang dan diulangi pekerjaan di atas sampai air cucian menjadi bersih.
- d. Kemudian semua bahan dikembalikan kedalam wadah, lalu seluruh bahan tersebut dimasukkan kedalam talam yang telah diketahui beratnya (W_2).
- e. Lalu benda uji dikeringkan dalam oven sampai berat tetap.
- f. Setelah kering ditimbang dan dicatat beratnya (W_3).
- g. Kemudian dihitung berat bahan kering ($W_4 = W_3 - W_2$).

Perhitungan :

$$\text{Lumpur} = \frac{W_1 - W_4}{W_1} \times 100\% \quad (3.6)$$

Keterangan :

- W_1 = Berat Agregat
- W_4 = Berat Agregat di atas saringan no. 200 dan no. 16

3.7.4 Berat Isi Agregat Halus

Prosedur pengujian

1) Berat Isi Lepas:

- a. Langkah pertama adalah silinder ditimbang kosong dan dicatat beratnya (W_1).
- b. Kemudian benda uji dimasukkan dengan hati – hati supaya tidak terjadi pemisahan butiran, dari ketinggian maksimum 5 cm diatas silinder dengan menggunakan sekop sampai penuh.
- c. Lalu benda uji diratakan permukaannya dengan menggunakan mistar perata.
- d. Kemudian silinder serta isinya ditimbang lalu dicatat (W_2).

e. Selanjutnya dihitung berat benda uji ($W_3 = W_2 - W_1$).

2) Berat Isi Padat

- a. Langkah pertama adalah silinder kosong ditimbang dan dicatat beratnya (W_1).
- b. Kemudian silinder diisi dengan benda uji dalam tiga lapis yang sama tebal, masing-masing setebal $1/3$ dari tinggi silinder.
- c. Setiap lapis dipadatkan dengan tongkat pemadat sebanyak 25 kali tusukan secara merata. Pada saat dilakukan pemadatan, tongkat masuk sampai lapisan bagian bawah tiap lapisan.
- d. Lalu permukaan benda uji diratakan dengan mistar perata. Kemudian menimbang berat silinder serta benda uji dan dicatat (W_4). Kemudian dihitung berat benda uji ($W_5 = W_4 - W_1$).

Perhitungan:

a. Berat Isi Agregat Lepas $= \frac{W_3}{V}$ (3.7)

b. Berat Isi Agregat Padat $= \frac{W_5}{V}$ (3.8)

c. Voids $= \frac{[(S \times W) - M] \times 100}{(S \times W)}$ (3.9)

Keterangan :

W_3 = Berat Benda Uji dalam kondisi lepas (Kg).

W_5 = Berat benda uji dalam kondisi dipadatkan (Kg).

V = Volume Tabung Silinder.

S = Bulk Specific Gravity (Berat Jenis Agregat).

M = Berat Isi Agregat (Kg/lt).

W = Density (Kerapatan).

Air = 998 Kg/lt = 0,998 gr/lt

3.7.5 Kadar Air Agregat Halus

Prosedur pengujian

1. Timbang berat talam kosong dan catat (W_1).
2. Kemudian benda uji dimasukkan kedalam talam lalu ditimbang dan dicatat beratnya (W_2).
3. Lalu dihitung berat benda ujinya ($W_3 = W_2 - W_1$).
4. Setelah itu benda uji dikeringkan beserta talam didalam oven dengan suhu (110 ± 5)°C, sampai berat tetap.
5. Setelah kering, ditimbang dan dicatat berat benda uji beserta talam (W_4).
6. Lalu dihitung berat benda uji kering ($W_5 = W_4 - W_1$).

Perhitungan :

$$\text{Kadar Air Agregat} = \frac{W_3 - W_5}{W_5} \times 100\% \quad (3.10)$$

3.7.6 Berat jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Prosedur pengujian :

1. Pertama-tama benda uji dicuci untuk menghilangkan lumpur atau bahan- bahan lain yang melekat pada permukaan.
2. Keringkaalam oven pada suhu 105 °C sampai berat tetap.
3. Keluarkan benda uji dari oven, lalu benda uji didinginkan pada suhu kamar selama 1 - 3 jam.
4. Kemudian benda uji ditimbang dengan ketelitian 0,5 gr (Bk). Selanjutnya rendam benda uji dalam air pada suhu kamar selama 24 ± 4 jam.
5. Setelah direndam, benda uji dikeluarkan dari air, Lalu dilap dengan kain penyerap sampai selaput air pada permukaan hilang (jenuh permukaan kering/SSD). Untuk butir yang besar pengeringan harus satu persatu.
6. Kemudian timbang benda uji dalam keadaan jenuh (BJssd).
7. Benda uji diletakan didalam keranjang, lalu benda uji diguncangkan untuk mengeluarkan udara yang tersekap dan tentukan beratnya didalam air (Ba). Suhu air diukur untuk penyesuaian perhitungan kepada suhu standar 25 °C.

Perhitungan:

$$\text{a. Berat Jenis (Bulk Specific Gravity)} = \frac{Bk}{B_{ssd}-Ba} \quad (3.11)$$

$$\text{b. Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (SSD)} = \frac{Bk}{B_{ssd}-Ba} \quad (3.12)$$

$$\text{c. Berat Jenis Semu (Apparent Surface Dry)} = \frac{Bk}{B_{ssd}-Ba} \quad (3.13)$$

$$\text{d. Penyerapan Air (Absorption)} = \frac{B_{ssd}-bk}{Bk} \times 100\% \quad (3.14)$$

Keterangan :

- Bk = Berat benda uji kering oven (gr).
- B_{ssd} = Berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh (gr).
- Ba = Berat benda uji kering permukaan jenuh di dalam air (gr).

3.8 Mix Design

Hal ini menentukan persentase atau komposisi masing-masing komponen material pembentuk beton untuk memperoleh suatu campuran beton yang memenuhi kekuatan dan keawetan yang direncanakan. Tahapan mix design beton menurut *American Concrete Institutemen* (ACI) adalah sebagai berikut :

1. Rencanakan kuat tekan yang dikehendaki.
2. Tetapkan faktor air semen berdasarkan kuat tekan rata-rata pada umur yang dikehendaki dan keawetannya (berdasarkan jenis struktur dan kondisi lingkungan).
3. Berdasarkan jenis strukturnya, tetapkan nilai slump dan ukuran maksimum agregatnya. Slump yang dianjurkan pada jenis pekerjaan berkisar antara 75 mm - 150 mm.
4. Tetapkan jumlah air yang diperlukan, berdasarkan ukuran maksimum agregat dan nilai slump yang diinginkan.
5. Hitungan semen yang diperlukan, berdasarkan langkah (2) dan (4) di atas.
6. Tetapkan volume agregat kasar yang diperlukan per meter kubik beton, berdasarkan ukuran maksimum agregat dan nilai modulus kehalusan agregat halus.
7. Hitung volume agregat halus yang diperlukan, berdasarkan jumlah air, semen dan agregat kasar yang diperlukan serta udara yang terperangkap dalam adukan (metode volume). Bisa juga dengan menggunakan metode berat.

3.9 Pembuatan Benda Uji

Pembuatan benda uji dibedakan menjadi 2 yaitu beton normal dan beton campuran serbuk kaca dan *superplasticizer*.

1. Langkah - langkah pembuatan benda uji beton normal adalah sebagai berikut
 - a. Alat-alat yang akan digunakan dibersihkan terlebih dahulu, kemudian menimbang bahan-bahan yang akan digunakan sesuai dengan komposisi hasil *mix design*.
 - b. Menyiapkan molen yang bagian dalamnya sudah dilembabkan.
 - c. Kemudian pertama-tama tuangkan agregat halus, agregat kasar, dan semen. Aduk hingga ketiga bahan tersebut tercampur merata menggunakan molen.
 - d. Setelah ketiga bahan tersebut tercampur rata, masukkan air sedikit demi sedikit.
 - e. Setelah tercampur rata, dilakukan uji slump test untuk mengukur Tingkat *workability* adukan.
 - f. Apabila nilai slump test telah memenuhi spesifikasi, selanjutnya adukan beton dituangkan ke dalam cetakan silinder, dan dirojok agar campuran beton menjadi padat.
 - g. Diamkan selama 24 jam.
 - h. Setelah 24 jam, cetakan dibuka kemudian dilakukan perawatan beton.
2. Langkah - langkah pembuatan beton campuran serbuk kaca adalah sebagai berikut:
 - a. Alat-alat yang akan digunakan dibersihkan terlebih dahulu, kemudian menimbang bahan-bahan yang akan digunakan sesuai dengan komposisi hasil *mix design*.
 - b. Menyiapkan molen yang bagian dalamnya sudah dilembabkan.
 - c. Kemudian tuangkan agregat kasar kedalam molen lalu masukkan campuran serbuk kaca yang telah lolos saringan no 200 dengan variasi yang telah ditentukan.
 - d. Kemudian masukkan agregat halus.
 - e. Kemudian masukkan semen kedalam molen.
 - f. Setelah keempat bahan tersebut tercampur rata, masukkan air sedikit demi sedikit.

- g. Kemudian masukkan Sika *Viscocrete* – 3115 N sedikit demi sedikit dengan takaran yang telah ditentukan.
- h. Setelah tercampur rata, dilakukan uji slump untuk mengukur tingkat *workability* adukan
- i. Apabila nilai slump telah memenuhi spesifikasi, selanjutnya adukan beton dituangkan ke dalam cetakan silinder, dan dirojok agar campuran beton menjadi padat.
- j. Diamkan selama 24 jam.
- k. Setelah 24 jam, cetakan dibuka kemudian dilakukan perawatan beton.

3.10 Pemeriksaan *Slump Test*

Langkah-langkah pengujian *slump test*:

1. Membasahi kerucut Abrams dan plat sebesar 1m x 1m.
2. Angkat dan letakan plat pada bidang yang datar dan letakkan kerucut Abrams secara terbalik tepat di tengah plat.
3. Tuangkan campuran beton ke dalam kerucut Abrams hingga penuh lalu ratakan menggunakan skrap dan diamkan selama 1 menit. Angkat kerucut Abrams secara tegak lurus secara perlahan-lahan sambil menghitung waktu persebaran adukan menggunakan stopwatch.
4. Mencatat waktu saat sebaran adukan mencapai ukuran diameter 50 cm dan hentikan stopwatch saat sebaran adukan berhenti serta mencatat waktunya.
5. Kemudian ukur lebar sebaran adukan beton menggunakan penggaris secara vertikal dan horizontal.
6. Besar diameter sebaran adukan menunjukkan tingkat kekentalan adukan tersebut, semakin besar diameter yang didapat maka semakin encer pula adukan tersebut.

3.11 Perawatan (*Curing*) Benda Uji

Proses perawatan (*curing*) untuk benda uji pada penelitian ini berdasarkan ketentuan (*Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field*, 2019). Proses ini dilakukan dengan tahapan cara perendaman benda uji ke dalam bak perendam berisi air. Benda uji direndam setelah mencapai umur rencana (28

hari).

Langkah-langkah yang dilakukan dalam proses perendaman benda uji ini adalah sebagai berikut:

1. Mengeluarkan benda uji dari cetakan.
2. Pastikan benda uji tersebut sudah kering dengan sempurna.
3. Isi bak perendam dengan air bersih dari kran air Laboratorium Teknik
4. Masukkan benda uji secara hati-hati ke dalam bak perendam.
5. Diamkan rendaman benda uji tersebut pada umur 27 hari, lalu angkat pada umur 28 hari.
6. Tunggu benda uji mengering dan timbang benda uji tersebut.

3.12 Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Nilai kuat tekan beton didapatkan dari hasil pengujian sampel beton. Sampel ini diuji dengan menggunakan mesin kuat tekan beton dengan cara memberikan beban secara bertahap dengan kecepatan peningkatan beban tertentu. Selanjutnya benda uji tersebut ditekan hingga menghasilkan retakan (*crack*).

Langkah-langkah pengujian kuat tarik belah beton adalah sebagai berikut:

1. Sebelum dilakukan pengujian dibuat catatan benda uji, baik nomor benda uji, tanggal pembuatan benda uji dan tanggal pengujian.
2. Melapisi permukaan benda uji dengan pelat baja agar permukaan yang ditekan rata, dan usahakan benda uji berada dalam keadaan sentris.
3. Jalankan mesin desak dengan kecepatan penambahan beban yang konstan, kemudian catat besarnya beban maksimum yang dapat diterima pada masing-masing benda uji.
4. Pembuatan benda uji dibedakan menjadi 2 yaitu beton normal dan beton campuran serbuk kaca.

BAB 4

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1. Tinjauan Umum

Penelitian ini menggunakan Serbuk Kaca sebagai material tambahan yang berasal dari limbah kaca, dimana limbah kaca dihaluskan sampai lolos saringan No.200 lalu ditimbang sesuai dengan kebutuhan benda uji.

Prosedur pengujian yang dilakukan terdiri dari tahap persiapan material, pembuatan benda uji dan pengujian benda uji. Pemeriksaan dilakukan di Laboratorium mengikuti panduan dari SNI tentang pemeriksaan agregat dan buku panduan praktikum beton program studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

4.2. Hasil Pemeriksaan Bahan Penyusutan Beton

Pada pemeriksaan bahan penyusun beton peneliti memperoleh data material meliputi berat jenis, kadar air, kadar lumpur, berat isi, penyerapan serta analisa saringan. Bahan-bahan yang akan digunakan pada pencampuran beton memiliki beberapa persyaratan yang harus dipenuhi sehingga perlu dilakukan pemeriksaan bahan penyusun beton.

4.3. Hasil Pemeriksaan Agregat Halus

Pada penelitian ini digunakan agregat halus berupa pasir alam yang diperoleh dari Binjai. Pada agregat halus dilakukan pemeriksaan bahan yang meliputi pengujian analisa saringan, pengujian berat jenis dan penyerapan air, pengujian kadar air, pengujian berat isi, dan pengujian kadar lumpur.

1. Hasil Pengujian Analisa Saringan

Pelaksanaan pengujian analisa saringan mengacu pada SNI 03-1968-1990 serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Beton Program Studi Teknik Sipil UMSU tentang analisa saringan agregat halus. Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1: Hasil pengujian analisa agregat halus

| Nomor Saringan | Berat Tertahan | | | | Komulatif | |
|----------------|----------------|----------------|------------------|--------|-----------|-------|
| | Sample I (gr) | Sample II (gr) | Total Berat (gr) | % | Tertahan | Lolos |
| 4.75 (No. 4) | 65 | 70 | 135 | 6,77 | 6,77 | 93,23 |
| 2.36 (No. 8) | 82 | 80 | 162 | 8,12 | 14,89 | 85,11 |
| 1.18 (No.16) | 137 | 184 | 321 | 16,09 | 30,98 | 69,02 |
| 0.60 (No. 30) | 169 | 136 | 305 | 15,29 | 46,27 | 53,73 |
| 0.30 (No. 50) | 464 | 436 | 900 | 45,11 | 91,38 | 8,62 |
| 0.15(No.100) | 11 | 14 | 25 | 1,25 | 92,63 | 7,37 |
| Pan | 69 | 78 | 147 | 7,37 | 100 | 0 |
| Total | 997 | 998 | 1995 | 100,00 | 282,92 | |

Berdasarkan Tabel 4.1 maka diperoleh nilai modulus halus butir (MHB) sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Modulus Halus Butir (MHB)} &= \frac{\Sigma}{100} \text{Berat tertinggal kumulatif} && (4.1) \\
 &= \frac{282,92}{100} \\
 &= 2,83
 \end{aligned}$$

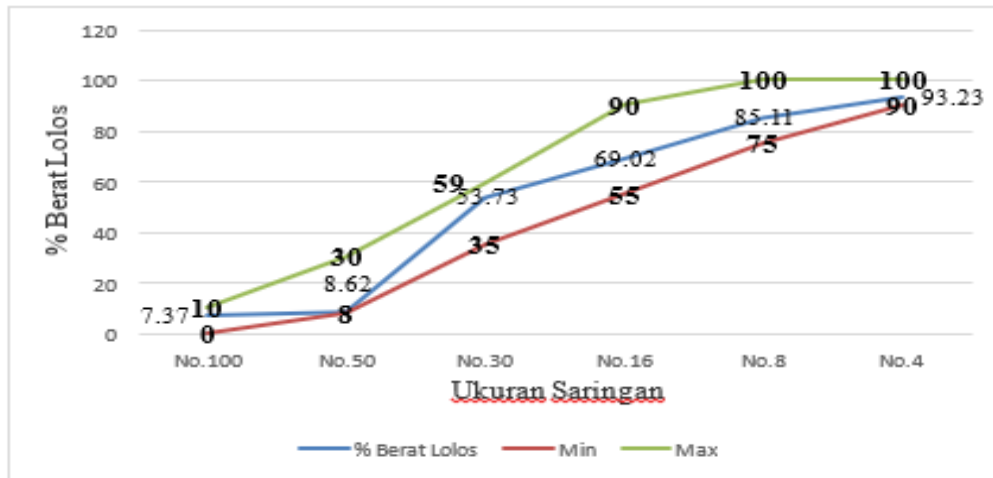
Menurut Tjokrodimuljo (2007) pada umumnya modulus halus butir agregat halus mempunyai nilai antara 1,5 sampai 3,8. Pada pengujian ini diperoleh nilai sebesar 2,83 yang berarti memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan. Hasil pengujian analisa saringan selain menentukan nilai modulus halus butir juga digunakan untuk mengetahui gradasi agregat halus. Daerah gradasi agregat halus dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2: Daerah gradasi agregat halus.

| Nomor Saringan | Lubang Saringan (mm) | Persen Bahan Butiran Yang Lolos Saringan | | | |
|----------------|----------------------|--|-----------|------------|-----------|
| | | Daerah I | Daerah II | Daerah III | Daerah IV |
| 4 | 4,8 | 90-100 | 90-100 | 90-100 | 95-100 |
| 8 | 2,4 | 60-95 | 75-100 | 85-100 | 95-100 |
| 16 | 1,2 | 30-70 | 55-90 | 75-100 | 90-100 |
| 30 | 0,6 | 15-34 | 35-59 | 60-79 | 80-100 |
| 50 | 0,3 | 5-20 | 8-30 | 12-40 | 15-50 |

Berdasarkan Tabel 4.2 agregat halus yang digunakan memenuhi persyaratan gradasi daerah II dengan jenis pasir agak kasar. Grafik hubungan antara persentase

lolos kumulatif dengan persen bahan butiran yang lewat saringan gradasi daerah II dapat dilihat pada Grafik 4.1.



Gambar 4.1: Grafik agregat halus.

2. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air.

Pelaksanaan pengujian berat jenis dan penyerapan air mengacu pada SNI 19702008 serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Program Studi Teknik Sipil UMSU tentang berat jenis dan penyerapan air agregat halus. Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3: Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus

| <i>FINE AGGREGATE</i> (Agregat Halus) <i>Passing No.4</i> (Lolos Ayakan N0.4) | 1 (gr) | 2 (gr) | Rata-Rata (gr) |
|--|-----------|-----------|-------------------|
| <i>Wt. Of SSD Sample in Air</i> (Berat contoh (SSD) kering permukaan jenuh) (B) | 500 | 500 | 500 |
| <i>Wt. Of Oven Dry Sample</i> (Berat contoh (SSD) kering oven (110° C) Sampai Konstan) (E) | 492 | 491 | 491,5 |
| <i>Wt. Of Flask + Water</i> (Berat Piknometer penuh air) (D) | 692 | 681 | 686.5 |
| <i>Wt. Of Flask + Water + Sample</i> (Berat contoh SSD di dalam piknometer penuh air) (C) | 994 | 989 | 991.5 |
| <i>Bulk Sp. Gravity-Dry</i> (Berat jenis contoh kering) $E / (B + D - C)$ | 2.44 | 2.56 | 2.50 |
| <i>Bulk Sp. Gravity-SSD</i> (Berat jenis contoh SSD) $B / (B + D - C)$ | 2.53 | 2.60 | 2.56 |
| <i>Apparent Sp. Gravity-Dry</i> (Berat jenis contoh semu) $E / (E + D - C)$ | 2.67 | 2.68 | 2.68 |
| <i>Absorption</i> $[(B - E) / E] \times 100\%$ | 1.63 | 1.83 | 1.73 |

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang dilakukan diperoleh hasil berat jenis jenuh kering muka rata-rata sebesar 2,56 gram/cm³ dan penyerapan air rata-rata sebesar 2,68%. Sebuah berat jenis agregat normal berada diantara 2,4-2,7 (Tjokrodinuljo,2007). Hal ini menyatakan bahwa agregat halus yang digunakan termasuk berat jenis agregat normal karena berada diantara 2,4-2,7.

3. Pengujian Kadar Air

Pelaksanaan pengujian kadar air mengacu pada SNI 1971-2011 serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Program Studi Teknik Sipil UMSU tentang kadar air agregat halus. Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4: Hasil pengujian kadar air agregat halus.

| Agregat Halus | 1 (gr) | 2 (gr) |
|--|-----------|-----------|
| <i>Wt of SSD Sample & Mold (Berat contoh SSD dan berat wadah)</i> | 950 | 951 |
| <i>Wt of SSD sample (berat contoh SSD)</i> | 500 | 500 |
| <i>Wt of Oven Dry Sample & Mold (Berat contoh kering oven & berat wadah)</i> | 936 | 938 |
| <i>Wt of Mold (berat wadah)</i> | 450 | 451 |
| <i>Wt of Water (berat air)</i> | 14 | 13 |
| <i>Wt of Oven Dry Sample (Berat contoh kering)</i> | 486 | 487 |
| Kadar Air | 2.11 | 2.18 |
| Rata-Rata | 2.145 | |

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang dilakukan diperoleh rata-rata kadar air sebesar 2,145%. Percobaan dilakukan sebanyak dua kali, dengan percobaan pertama didapat hasil kadar air sebesar 2,11%. Sedangkan percobaan kedua didapat hasil kadar air sebesar 2,18%. Hasil tersebut telah memenuhi standar yang ditentukan yaitu 2%-20%.

4. Pengujian Berat Isi

Pelaksanaan pengujian berat isi mengacu pada SNI 03-4804-1998 serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Program Studi Teknik Sipil UMSU tentang berat isi agregat halus. Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5: Hasil pengujian berat isi agregat halus.

| Pengujian | Sampel 1 (gr) | Sampel 2 (gr) | Sampel 3 (gr) | Rata – Rata (gr) |
|----------------------|---------------|---------------|---------------|------------------|
| Berat Contoh & Wadah | 16840 | 18900 | 18965 | 18235 |
| Berat Wadah | 5327 | 5327 | 5327 | 5327 |
| Berat Contoh & Wadah | 22167 | 24227 | 24292 | 23562 |
| Volume Wadah | 10948 | 10948 | 10948 | 10948 |
| Berat Isi | 1.54 | 1.73 | 1.73 | 1.67 |

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang dilakukan diperoleh rata-rata berat isi sebesar 1,67 gr/cm³. Berat isi yang disyaratkan pada beton normal berkisar 1,5-1,8 sehingga berat volume padat agregat halus yang digunakan telah memenuhi persyaratan.

5. Pengujian Kadar Lumpur

Pelaksanaan pengujian kadar lumpur mengacu pada SNI 03-4141-1996 serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Program Studi Teknik Sipil UMSU tentang kadar lumpur agregat halus. Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6: Hasil pengujian kadar lumpur agregat halus.

| Agregat Halus Lolos Saringan No.9,5 mm | Sampel 1 (gr) | Sampel 2 (gr) | Rata-rata (gr) |
|--|---------------|---------------|----------------|
| Berat contoh kering | 500 | 500 | 500 |
| Berat contoh kering setelah di cuci | 471 | 479 | 475 |
| Berat kotoran | 29 | 21 | 25 |
| Persentase kotoran | 6.2 | 4.4 | 5.3 |

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang dilakukan diperoleh nilai persentase kadar lumpur dari sampel 1 sebesar 6,2% dan nilai persentase kadar

lumpur dari sampel 2 sebesar 4,4%. Maka rata-rata nilai kadar lumpur dari kedua sampel adalah sebesar 5,3%.

4.4. Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Dan Penyerapan Serbuk Kaca

Tabel 4.7: Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan serbuk kaca.

| Serbuk Kaca | Satuan | Sample 1 | Sample 2 | Rata-rata |
|---|--------|----------|----------|-----------|
| Berat SSD (B) | gr | 200 | 200 | 200 |
| Berat SSD kering oven (E) | gr | 181 | 184 | 182,5 |
| Berat Pic + air (D) | gr | 690 | 691 | 690,5 |
| Berat SSD + berat pic + air (C) | gr | 808 | 810 | 809 |
| BJ Bulk = $(E / (B + D - C))$ | | 2,20 | 2,27 | 2,235 |
| BJ SSD = $(B / (B + D - C))$ | | 2,43 | 2,46 | 2,445 |
| BJ Semu = $(E / (E + D - C))$ | | 2,87 | 2,83 | 2,85 |
| $Absorption = [(B - E) / E] \times 100\%$ | % | 10,49 | 8,69 | 9,59 |

Dari hasil pengujian didapatkan data seperti dicantumkan diatas. Analisa yang bisa didapatkan, pada pengujian berat jenis SSD sebesar 2,445 gram/cm³. Suatu agregat bisa dikatakan agregat normal, mempunyai berat jenis antara 2,2 – 2,7 gram/cm³. Dalam pengujian Serbuk Kaca ini, diketahui agregatnya dikategorikan sebagai agregat normal. Sedangkan penyerapan air didapatkan 9,59%, batas maksimal persentase penyerapan air sebesar 3%.

4.5. Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar

Pada penelitian ini digunakan agregat kasar berupa batu pecah yang diperoleh dari Binjai. Pada agregat kasar dilakukan pemeriksaan bahan yang meliputi pengujian analisa saringan, pengujian berat jenis dan penyerapan air, pengujian kadar air, pengujian berat isi, dan pengujian kadar lumpur.

1. Hasil Pengujian Analisa Saringan

Pelaksanaan pengujian analisa saringan mengacu pada SNI 03-1969-1990 serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Beton Program Studi Teknik Sipil UMSU tentang analisa saringan agregat kasar. Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8: Hasil pengujian analisa agregat kasar.

| Nomor Saringan | Berat Tertahan | | | % | Komulatif | |
|----------------|----------------|----------------|------------------|-------|-----------|-------|
| | Sample I (gr) | Sample II (gr) | Total Berat (gr) | | Tertahan | Lolos |
| 38,1 (1.5 in) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 |
| 19.0 (3/4 in) | 65 | 57 | 122 | 2,44 | 32,82 | 67,18 |
| 9.52 (3/8 in) | 1467 | 1498 | 2965 | 59,30 | 31,36 | 35,82 |
| 4.75 (No. 4) | 968 | 945 | 1913 | 38,26 | 100 | 0 |
| 2.36 (No. 8) | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 |
| 1.18 (No.16) | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 |
| 0.60 (No. 30) | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 |
| 0.30 (No. 50) | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 |
| 0.15 (No.100) | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 |
| 4.2.3 Pan | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 |
| Total | 2500 | 2500 | 5000 | 100 | 664.18 | |

Berdasarkan Tabel 4.8 maka diperoleh nilai modulus halus butir (MHB) sebagai berikut :

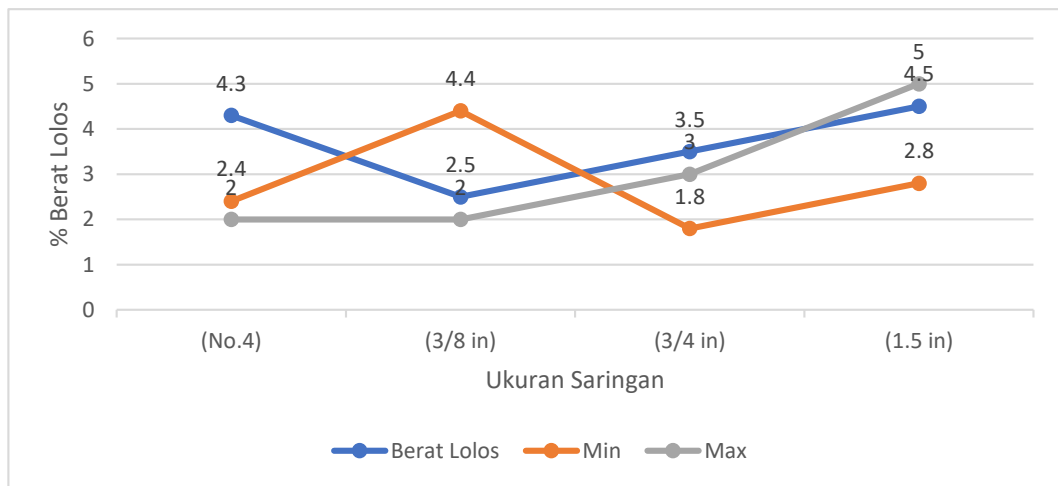
$$\begin{aligned}
 \text{Modulus Halus Butir (MHB)} &= \frac{\sum}{100} \text{Berat tertinggal kumulatif} & (4.2) \\
 &= \frac{282,92}{100} \\
 &= 6,64
 \end{aligned}$$

Menurut Tjokrodimuljo (2007) pada umumnya modulus halus butir agregat kasar mempunyai nilai antara 6,0 sampai 7,0. Pada pengujian ini diperoleh nilai sebesar 6,64 yang berarti memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan. Hasil pengujian analisa saringan selain menentukan nilai modulus halus butir juga digunakan untuk mengetahui gradasi agregat kasar. Daerah gradasi agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9: Batas gradasi agregat kasar

| Ukuran Saringan (mm) | Persentase Lolos (%) | | |
|----------------------|----------------------|--------|-------|
| | Gradasi Agregat | | |
| | 40 mm | 20 mm | 10 mm |
| 76 | 100 | - | - |
| 38 | 95-100 | 100 | - |
| 19 | 37-70 | 95-100 | 100 |
| 9,6 | 10-40 | 30-60 | 50-85 |
| 4,8 | 0-5 | 0-10 | 0-10 |

Berdasarkan Tabel 4.9 gradasi agregat kasar menggunakan persyaratan gradasi agregat dengan ukuran butir maksimum 20 mm, tetapi dalam analisa saringan agrgeat kasar ini diperoleh gradasi sela karena terdapat fraksi ukuran 20 mm dan 10 mm yang tidak terpenuhi. Apabila salah satu fraksi ukuran yang tidak terpenuhi maka akan mengakibatkan volume pori (ruang kosong) pada beton menjadi lebih banyak. Variasi ukuran agregat kasar akan mengakibatkan volume pori menjadi lebih kecil dan beton yang dihasilkan akan menjadi lebih padat. Grafik hubungan antara persentase lolos kumulatif dengan persen bahan butiran yang lewat saringan dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2: Grafik analisa agregat kasar.

2. Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Air

Pelaksanaan pengujian berat jenis dan penyerapan air mengacu pada SNI 1969 2008 serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Program Studi Teknik Sipil UMSU tentang berat jenis dan penyerapan air agregat kasar. Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10: Hasil Analisa pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar.

| <i>COARSE AGGREGATE</i> (Agregat Kasar) | 1 | 2 | Rata-Rata (gr) |
|--|------|------|-------------------|
| | (gr) | (gr) | |
| <i>Passing No.4</i> (Lolos Ayakan N0.4) | | | |
| <i>Wt. Of SSD Sample in Air</i> (Berat contoh(SSD) kering permukaan jenuh) (A) | 2800 | 2700 | 2750 |
| <i>Wt. Of SSD Sample in Water</i> (Berat contoh(SSD) didalam air) (B) | 1591 | 1625 | 1608 |

Tabel 4.10: Lanjutan

| <i>COARSE AGGREGATE</i> (Agregat Kasar) | 1 (gr) | 2 (gr) | Rata- Rata (gr) |
|---|-----------|-----------|-----------------------|
| <i>Passing No.4</i> (Lolos Ayakan N0.4) | | | |
| <i>Bulk Sp. Gravity-Dry</i> (Berat jenis contoh kering) C / (A - B) | 2.31 | 2.50 | 2.41 |
| <i>Bulk Sp. Gravity-SSD</i> (Berat jenis contoh SSD) A / (A - B) | 2.32 | 2.51 | 2.41 |
| <i>Apparent Sp. Gravity-Dry</i> (Berat jenis contoh semu) C / (C - B) | 2.32 | 2.53 | 2.43 |
| <i>Absorption</i> (Penyerapan) [(A - C) / C] x 100 % | 0.85 | 0.64 | 0.75 |
| <i>Wt. Of Oven Dry Sample</i> (Berat contoh (SSD) keringoven (110° C) Sampai Konstan) (C) | 2776,5 | 2683 | 2741 |

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang dilakukan pada agregat kasar diperoleh berat jenis jenuh kering muka rata-rata sebesar 2,41 gram/cm³ dan penyerapan air rata-rata sebesar 0,33%. Penyerapan agregat kasar lebih kecil dari agregat halus, hal ini menunjukkan rongga-rongga yang diisi air oleh air lebih sedikit dari pada agregat halus. Sebuah berat jenis agregat normal berada diantara 2,4-2,7 gram/cm³ (Tjokrodinuljo,2007).

Hal ini menyatakan bahwa agregat kasar yang digunakan termasuk berat jenis agregat normal karena berada diantara 2,42,7 gram/cm³.

3. Pengujian Kadar Air

Pelaksanaan pengujian kadar air mengacu pada SNI 1971-2011 serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Program Studi Teknik Sipil UMSU tentang kadar air agregat kasar. Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11: Hasil pengujian kadar air agregat kasar.

| Agregat Kasar | 1 (gr) | 2 (gr) |
|--|-----------|-----------|
| <i>Wt of SSD Sample & Mold</i> (Berat contoh SSD dan berat wadah) <i>gr</i> | 1492 | 1495 |
| <i>Wt of SSD sample</i> (berat contoh SSD) <i>gr</i> | 1000 | 1000 |
| <i>Wt of Oven Dry Sample & Mold</i> (Berat contoh kering oven & berat wadah) <i>gr</i> | 1482 | 1486 |

Tabel 4.11: *Lanjutan.*

| Agregat Kasar | 1 (gr) | 2 (gr) |
|---|-----------|-----------|
| <i>Wt of Mold (berat wadah) gr</i> | 492 | 495 |
| <i>Wt of Water (berat air) gr</i> | 10 | 9 |
| <i>Wt of Oven Dry Sample (Berat contoh kering) gr</i> | 990 | 991 |
| <i>Kadar Air</i> | 0.505 | 0.703 |
| Rata-Rata | 0.604 | |

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang dilakukan diperoleh rata-rata kadar air sebesar 0,604%. Percobaan dilakukan sebanyak dua kali, dengan percobaan pertama didapat hasil kadar air sebesar 0,505%. Sedangkan percobaan kedua didapat hasil kadar air sebesar 0,703%.

4. Pengujian Berat Isi

Pelaksanaan pengujian berat isi mengacu pada SNI 03-4804-1998 serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Program Studi Teknik Sipil UMSU tentang berat isi agregat kasar. Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12: Hasil pengujian berat isi agregat kasar.

| Pengujian | Sampel 1 (gr) | Sample 2 (gr) | Sample 3 (gr) | Rata-Rata (gr) |
|----------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|
| Berat Contoh & Wadah | 18530 | 19825 | 19680 | 19345 |
| Verat Wadah | 5327 | 5327 | 5327 | 5327 |
| Berat Contoh & Wadah | 23857 | 25152 | 25007 | 24672 |
| Volume Wadah | 10948 | 10948 | 10948 | 10948 |
| Berat Isi | 1.69 | 1.81 | 1.80 | 1.77 |

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang dilakukan diperoleh rata-rata berat isi sebesar 1,77 gr/cm³. Berat isi yang disyaratkan pada beton normal berkisar 1,5-1,8 gr/cm³ sehingga berat volume padat agregat halus yang digunakan telah memenuhi persyaratan.

5. Pengujian Kadar Lumpur

Pelaksanaan pengujian kadar lumpur mengacu pada SNI 03-4141-1996 serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Program Studi Teknik Sipil UMSU tentang kadar lumpur agregat kasar. Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.13.

Tabel 4. 13: Hasil pengujian kadar lumpur agregat kasar.

| Agregat Kasar Lolos Saringan No. 50,8 mm | Sampel 1 (gr) | Sampel 2 (gr) | Rata – rata (gr) |
|---|---------------------|---------------------|---------------------|
| Berat Contoh Kering | 2500 | 2500 | 2500 |
| Berat Contoh Kering Setelah Di Cuci | 2477 | 2489 | 2483 |
| Berat Kotoran | 23 | 21 | 22 |
| Persentase Kotoran | 0.9 | 0.8 | 0.9 |

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang dilakukan diperoleh nilai persentase kadar lumpur dari sampel 1 sebesar 0,9% dan nilai persentase kadar lumpur dari sampel 2 sebesar 0,8%. Maka rata-rata nilai kadar lumpur dari kedua sampel adalah sebesar 0,9%

4.6. Perencanaan Campuran Beton

Dalam hal ini penulis akan menganalisis data-data yang telah diperoleh saat penelitian berlangsung sehingga didapat campuran beton yang diinginkan. Setelah melakukan pengujian dasar maka nilai-nilai dari data Tabel 4.14 dibawah ini dapat digunakan untuk perencanaan campuran beton (*Mix Design*) dengan kuat tarik disyaratkan sebesar 25 MPa yang terlampir pada Tabel 4.16 berdasarkan SNI 03-2834-2000. Perencanaan campuran beton bertujuan untuk memperoleh proposi campuran yang sesuai dengan kuat tarik beton rencana.

Pada perencanaan beton normal ini direncanakan memiliki nilai kuat tarik 25 MPa yang perhitungannya sebagai berikut.

Tabel 4.14: Data-data hasil tes dasar.

| No. | Data Tes Dasar | Nilai |
|-----|----------------------------|--------------------------|
| 1. | Berat jenis agregat kasar | 2,716 gr/cm ³ |
| 2. | Berat jenis agregat halus | 2,571 gr/cm ³ |
| 3. | Kadar lumpur agregat kasar | 0,767 % |
| 4. | Kadar lumpur agregat halus | 3,3 % |
| 5. | Berat isi agregat kasar | 1,511 gr/cm ³ |
| 6. | Berat isi agregat halus | 1,165 gr/cm ³ |
| 7. | FM agregat kasar | 7,086 |
| 8. | FM agregat halus | 2,775 |
| 9. | Kadar air agregat kasar | 0,604 % |
| 10. | Kadar air agregat halus | 2,145 % |
| 11. | Penyerapan agregat kasar | 0,75 % |
| 12. | Penyerapan agregat halus | 1,73 % |
| 13. | Nilai slump rencana | 30-60 mm |
| 14. | Ukuran agregat maksimum | 40 m |

1. Kuat tekan beton rencana (f'_c) = 25 MPa, dengan umur pengujian benda uji direncanakan pada 28 hari.
2. Karena jumlah benda uji yang direncanakan kurang dari 15 buah, maka digunakan nilai deviasi standar (s) sebesar 12 MPa.
3. Nilai margin (M) yang digunakan adalah 5,7 MPa.
4. Kuat tekan beton rata-rata yang ditargetkan (f'_{cr}) dihitung menggunakan persamaan:

$$f'_{cr} = f'_c + s + M \quad (4.3)$$

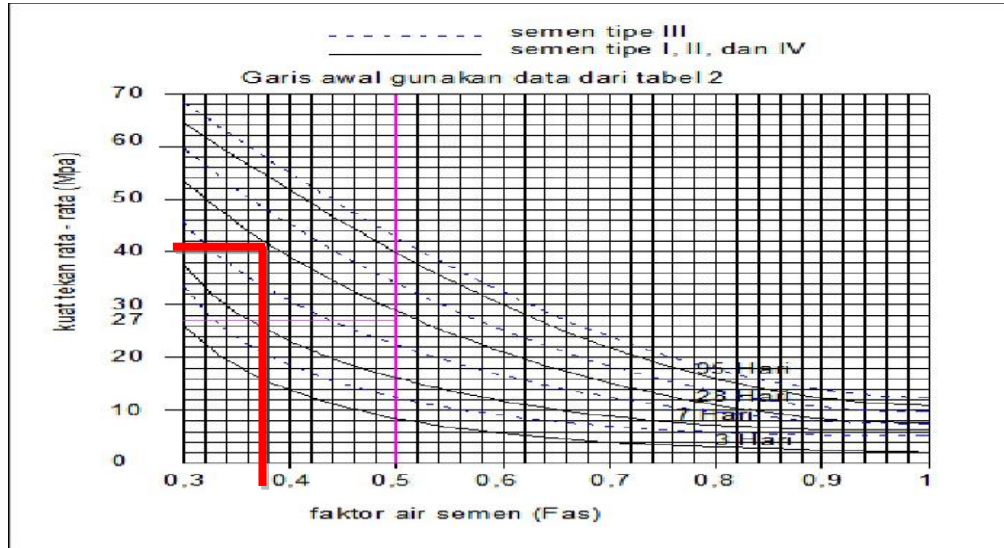
Substitusi nilai:

$$f'_{cr} = 25 + 12 + 5,7$$

$$f'_{cr} = 42,7 \text{ Mpa}$$

5. Semen yang digunakan seharusnya semen Portland tipe I (ditetapkan).
6. Agregat yang digunakan berupa agregat halus pasir alami dari Binjai dan agregat kasar batu pecah dengan ukuran maksimum 40 mm dari Binjai.
7. Faktor air semen (FAS), berdasarkan perhitungan pada Gambar 4.3 tentang

grafik hubungan antara kuat tarik dan faktor air semen dengan perkiraan kekuatan tarik beton rata-rata 42,7 MPa, semen yang digunakan semen Portland tipe I, beton dilakukan pengujian pada umur rencana 28 hari, benda uji silinder dan agregat kasar berupa batu pecah maka digunakan nilai FAS sebesar 0,38.



Gambar 4.3: Hubungan faktor air semen dan kuat tekan beton silinde 15 x 30 cm.

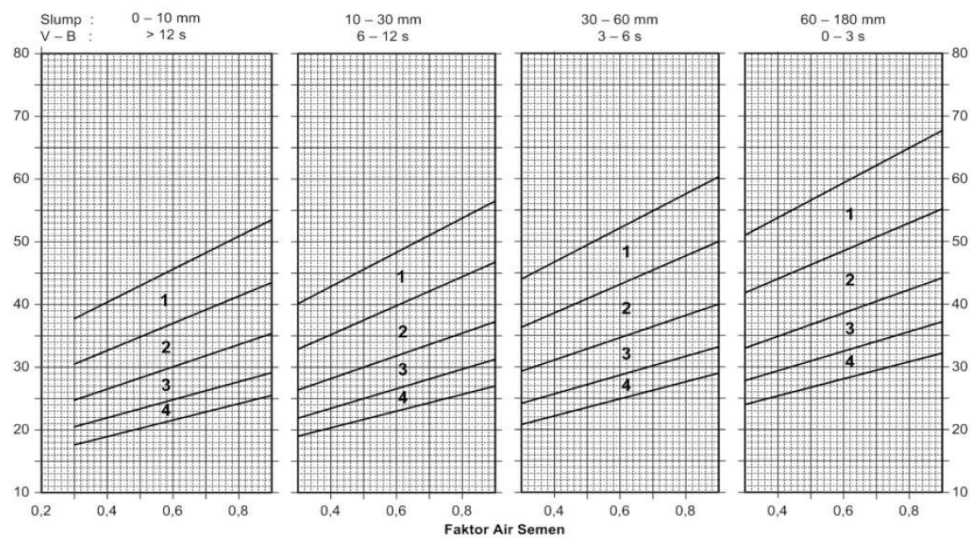
8. Faktor air semen maksimum, berdasarkan persyaratan faktor air maksimum karena beton berada dilokasi terlindung dari hujan dan terik matahari langsung, maka faktor air semen maksimum ditetapkan sebesar 0,60.
9. Nilai *slump* yang direncanakan pada penelitian ini menggunakan slump rencana sebesar 30-60 mm.
10. Ukuran maksimum yang digunakan sebesar 40 mm.
11. Kadar air bebas agregat campuran, ukuran agregat maksimum yang digunakan adalah 40 mm dan nilai slump yang ditentukan adalah 30-60 mm sehingga diperoleh nilai perkiraan jumlah air untuk agregat halus (W_h) adalah 160 sedangkan untuk agregat kasar (W_k) adalah 190 sehingga nilai kadar air bebas yang digunakan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar Air Bebas} &= \frac{2}{3} W_h + \frac{1}{3} W_k & (3.4) \\
 &= \frac{2}{3} 160 + \frac{1}{3} 190 \\
 &= 170 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

12. Kadar semen dapat dihitung dengan cara nilai kadar air bebas dibagi faktor air semen, maka jumlah semen yang digunakan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar semen} &= \frac{\text{Kadar Air Bebas}}{\text{Faktor Air Semen}} & (4.4) \\
 &= \frac{170}{0,38} \\
 &= 447,368 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

13. Kadar semen maksimum sebesar 447,368 kg/m³.
14. Kadar semen minimum untuk beton yang direncanakan didalam ruangan dan terlindung dari hujan serta terik matahari langsung dari Tabel 3.8 mempunyai kadar semen minimum per-m³ sebesar 275 kg.
15. Faktor air semen yang disesuaikan berdasarkan Gambar 4.3 yaitu sebesar 0,38.
16. Susunan butir agregat halus berdasarkan Gambar 4.1 yaitu batas gradasi pasir no.2.
17. Susunan butir agregat kasar berdasarkan Gambar 4.2 yaitu batas gradasi kerikil ukuran maksimum 40 mm.
18. Persentase agregat halus, dengan mengacu pada slump 30-60 mm, faktor air semen 0,38 dan ukuran butir maksimum 40 mm serta agregat halus berada pada gradasi 2 maka persentase agregat halus terhadap kadar agregat total sesuai pada Gambar 4.4. Sehingga diperoleh persentase halus batas bawah sebesar $38\% = 0,38\%$.



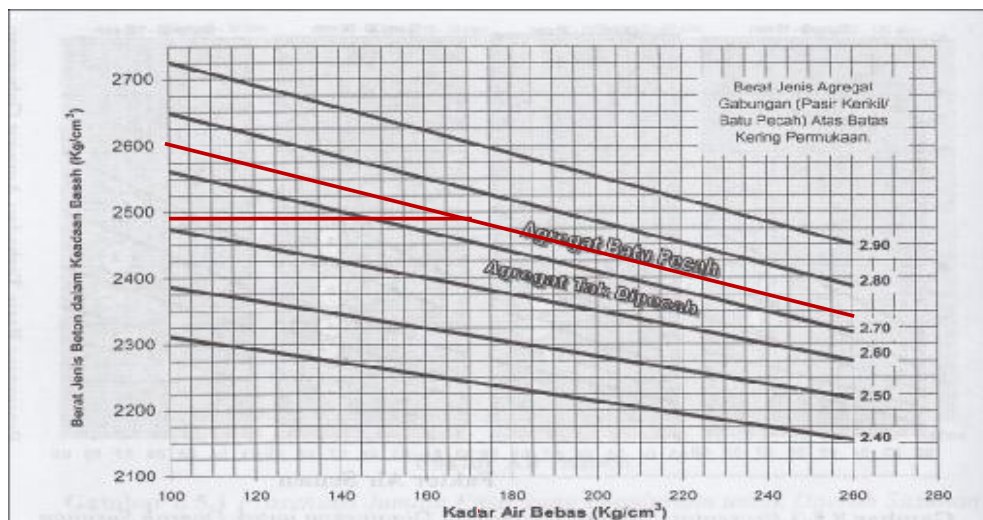
Gambar 4.4: Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 40 mm pada fas 0,38 (SNI 03-2834-2000).

19. Menghitung berat jenis relatif agregat (kering permukaan) SSD :

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Jenis Relatif} &= (\text{AH} \times \text{BJAH}) + (\text{AK} \times \text{BJAK}) & (4.5) \\
 &= (0,38 \times 2,57) + (0,62 \times 2,72) \\
 &= 2,73
 \end{aligned}$$

20. Berat isi beton diperoleh dari Gambar 4.5 dengan nilai kadar air bebas yang

digunakan sebesar 170 dan berat jenis gabungan sebesar 2,73, maka diperoleh nilai berat isi beton sebesar 2487,5 Kg/m³.



Gambar 4.5: Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat isi beton pada fas 0,38 (SNI 03-2834-2000).

21. Kadar agregat gabungan diperoleh sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Kadar agregat gabungan} &= \text{Berat isi beton} - (\text{kadar semen} + \text{kadar air bebas}) \\ &= 2487,5 - (447,368 + 170) \\ &= 1870,132 \text{ kg/m}^3 \end{aligned} \quad (4.6)$$

22. Kadar agregat halus diperoleh sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Kadar agregat halus} &= \text{Kadar agregat gabungan} \times \%AH \\ &= 1870,132 \times 0,38\% \\ &= 710,650 \text{ kg/m}^3 \end{aligned} \quad (4.7)$$

23. Kadar agregat kasar diperoleh sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Kadar agregat kasar} &= \text{Kadar agregat gabungan} - \text{kadar agregat halus} \quad (4.8) \\ &= 1870,132 - 710,650 \\ &= 1159,482 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

24. Proporsi Campuran

Berdasarkan hasil perhitungan di atas, maka didapatkan susunan campuran proporsi teoritis untuk setiap 1 m³ beton adalah sebagai berikut.

- a. Air = 170 kg/m³
- b. Semen = 447,368 kg/m³
- c. Agregat halus = 710,650 kg/m³
- d. Agregat Kasar = 1159,482kg/m³

25. Koreksi Proporsi Campuran

Koreksi proporsi campuran harus dilakukan terhadap kadar air dalam agregat paling sedikit satu kali dalam sehari.

Diketahui :

- Jumlah air (B) = 170 kg/m³
- Jumlah agregat halus (C) = 710,650 kg/m³
- Jumlah agregat kasar (D) = 1159,482 kg/m³
- Penyerapan agregat halus (C_a) = 1,73
- Penyerapan agregat kasar (D_a) = 0,75
- Kadar air agregat halus (C_k) = 2,145
- Kadar air agregat kasar (D_k) = 0,604

a. Air

$$\begin{aligned}\text{Air} &= B - (C_k - C_a) \times \frac{C}{100} - (D_k - D_a) \times \frac{D}{100} & (4.9) \\ &= 170 - (2,145 - 1,73) \times \frac{710,650}{100} - (0,604 - 0,75) \times \frac{1159,482}{100}\end{aligned}$$

b. Agregat halus

$$\begin{aligned}\text{Agregat Halus} &= C + (C_k - C_a) \times \frac{710,650}{100} & (4.10) \\ &= 710,650 + (2,145 - 1,73) \times \frac{710,650}{100} \\ &= 1159,482 + (0,604 - 0,75) \times \frac{710,650}{100} \\ &= 713,599 \text{ kg/m}^3.\end{aligned}$$

c. Agregat Kasar

$$\begin{aligned}\text{Agregat Kasar} &= D + (D_k - D_a) \times \frac{D}{100} & (4.11) \\ &= 1159,482 + (0,604 - 0,75) \times \frac{1159,482}{100} \\ &= 1157,766 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

- Semen = 447,368 : 447,368 = 1
- Air = 165,335 : 447,368 = 0,37
- Agregat halus = 713,599 : 447,368 = 1,59
- Agregat kasar = 1157,766 : 447,368 = 2,59

Tabel 4. 15: Koreksi proporsi campuran.

| Semen | Pasir | Batu pecah | Air |
|---------|---------|------------|---------|
| 447,368 | 713,599 | 1157,766 | 165,335 |
| 1 | 1,59 | 2,59 | 0,37 |

Pada tahap pelaksanaan Perencanaan campuran beton mengacu pada (SNI 03-2834-2000). serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Program Studi Teknik Sipil Umsu. Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.16.

Tabel 4. 16: Perencanaan campuran beton (SNI 03-2834-2000).

| PERENCANAAN CAMPURAN BETON SNI 03-2834-2000 | | | |
|--|--|--------------------------|---|
| No. | Uraian | Tabel/Gambar Perhitungan | Nilai |
| 1 | Kuat tarik yang disyaratkan (benda uji silinder) | Ditetapkan | 25 MPa |
| 2 | Deviasi Standar | Diterapkan | 12 MPa |
| 3 | Nilai tambah (margin) | Ditetapkan | 5,7 Mpa |
| 4 | Kekuatan rata-rata yang ditargetkan | 1 + 2 + 3 | 42,7 MPa |
| 5 | Jenis semen | Ditetapkan | Tipe I |
| 6 | Jenis agregat - kasar - halus | Ditetapkan Ditetapkan | Batu pecah Binjai Pasir alami Binjai |
| 7 | Faktor air-semen bebas | Gambar 4.3 | 0,38 |
| 8 | Faktor air-semen maksimum | Ditetapkan | 0,60 |
| 9 | Slump | Ditetapkan | 30-60 mm |
| 10 | Ukuran agregat maksimum | Ditetapkan | 40 mm |
| 11 | Kadar air bebas | Diterapkan | 170 kg/m ³ |
| 12 | Jumlah semen | Item 12 | 447,368 kg/m ³ |
| 13 | Jumlah semen maksimum | Ditetapkan | 447,368 kg/m ³ |
| 14 | Jumlah semen minimum | Ditetapkan | 275 kg/m ³ |
| 15 | Faktor air-semen yang disesuaikan | Item 7 | 0,38 |
| 16 | Susunan besar butir agregat halus | Gambar 4.1 | Daerah gradasi zona 2 |
| 17 | Susunan agregat kasar atau gabungan | Gambar 4.2 | Gradasi maksimum 40 mm |
| 18 | Persen agregat halus | Item 18 | 38 % |
| 19 | Berat jenis relatif, agregat (kering permukaan) | Item 19 | 2,73 |

Tabel 4.16: Lanjutan

| No. | Uraian | Tabel/Gambar Perhitungan | | Nilai | |
|-----|--|--------------------------|----------|---|----------|
| 20 | Berat isi beton | Gambar 4.5 | | 2487,5 kg/m ³ | |
| 21 | Kadar agregat gabungan | 20 - (12 + 11) | | 1870,132 kg/m ³ | |
| 22 | Kadar agregat halus | 21 x 18 | | 710,650 kg/m ³ | |
| 23 | Kadar agregat kasar | 21-22 | | 1159,482 kg/m ³ | |
| 24 | Proporsi campuran | Semen (kg) | Air (kg) | Agregat kondisi jenuh kering permukaan (kg) | |
| | | | | Halus | Kasar |
| | - Tiap m ³ | 447,368 | 170 | 710,650 | 1159,482 |
| | - Tiap campuran uji m ³ | 1 | 0,38 | 1,59 | 2,59 |
| | - Tiap campuran uji 0,0053 m ³ (1 silinder) | 2,371 | 0,900 | 3,782 | 6,136 |
| 25 | Koreksi proporsi campuran | | | | |
| | - Tiap m ³ | 447,368 | 170 | 710,650 | 1159,482 |
| | - Tiap campuran uji m ³ | 1 | 0,38 | 1,59 | 2,59 |
| | - Tiap campuran uji 0,0053 m ³ (1 silinder) | 2,371 | 0,900 | 3,782 | 6,136 |

Maka, dari hasil perencanaan beton diatas didapat perbandingan campuran akhir untuk setiap m³ adalah :

Tabel 4. 17: Perbandingan campuran akhir untuk 1 benda uji (m³)

| Semen | Pasir | Batu pecah | Air |
|---------|---------|------------|-------|
| 447,368 | 710,650 | 1159,482 | 170 |
| 2,371 | 3,782 | 6,136 | 0,900 |

4.6.1 Untuk benda uji

Menggunakan cetakan silinder dengan ukuran :

Tinggi Silinder = 30 cm = 0,30 m

Diameter Silinder = 15 cm = 0,15 m

Maka, Volume Silinder yaitu :

$$\begin{aligned}
 \text{Volume silinder} &= \pi r^2 t && (4.3) \\
 &= \frac{22}{7} \times \left(\frac{0,15}{2}\right)^2 \times 0,30 \\
 &= 0,0053 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Atau} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot t \\
 &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,15^2 \times 30 \\
 &= 0,0053\text{m}
 \end{aligned}$$

Maka :

- Semen yang dibutuhkan untuk 1 benda uji
 = Banyak semen x Volume 1 benda uji
 = $447,368 \text{ kg/m}^3 \times 0,0053 \text{ m}^3$
 = 2,371 kg
- Pasir yang dibutuhkan untuk 1 benda uji
 = Banyak pasir x Volume 1 benda uji
 = $710,650 \text{ kg/m}^3 \times 0,0053 \text{ m}^3$
 = 3,782 kg
- Batu pecah yang dibutuhkan untuk 1 benda uji
 = Banyak batu pecah x Volume 1 benda uji
 = $1159,482 \text{ kg/m}^3 \times 0,0053 \text{ m}^3$
 = 6,136 kg
- Air yang dibutuhkan untuk 1 benda uji
 = Banyak air x Volume 1 benda uji
 = $170 \text{ kg/m}^3 \times 0,0053 \text{ m}^3$
 = 0,900 kg
- Sika *ViscoCrete*-3115 N yang dibutuhkan untuk 1 benda uji
 = Berat semen x 0,8%
 = $2,371 \text{ kg} \times 0,8\%$
 = 0,01896 kg
 = $0,01896 : 1,073$
 = 17,67 ml

Tabel 4.18: Perbandingan untuk 1 benda uji dalam satuan kg.

| Semen | Pasir | Batu pecah | Air | Sika <i>ViscoCrete</i> 3115 N |
|-------|-------|------------|-------|-------------------------------|
| 2,371 | 3,782 | 6,136 | 0,900 | 17,67 ml |

- a. Menentukan agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji.

Tabel 4.19: Banyak agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji.

| Nomor saringan | % berat tertahan | Berat tertahan (kg) |
|----------------|------------------|---|
| | | $\frac{\text{jumlah berat tertahan}}{\text{jumlah agregat kasar}} \times 100$ |
| 1,5" | 4,449 | 0,273 |
| ¾" | 40,890 | 2,509 |
| 3/8" | 45,763 | 2,808 |
| No. 4 | 8,898 | 0,546 |
| Total | | 6,136 |

Berdasarkan Tabel 4.19 menjelaskan bahwa jumlah yang berat tertahan untuk agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji ialah saringan 1,5" sebesar 0,273 kg, saringan ¾" sebesar 2,509 kg, saringan 3/8" sebesar 2,808 kg dan saringan No.4 sebesar 0,546 kg. Total keseluruhan dari agregat kasar yang tertahan untuk 1 benda uji sebesar 6,136 kg.

- b. Menentukan agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji:

Tabel 4.20: Banyak agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji.

| Nomor saringan | % berat tertahan | Berat tertahan (kg) |
|----------------|------------------|---|
| | | $\frac{\text{jumlah berat tertahan}}{\text{jumlah agregat kasar}} \times 100$ |
| No.4 | 0,740 | 0,028 |
| No.8 | 6,610 | 0,250 |
| No.16 | 19,513 | 0,738 |
| No.30 | 24,405 | 0,923 |
| No.50 | 26,388 | 0,998 |
| No.100 | 19,804 | 0,749 |
| Pan | 2,538 | 0,096 |
| Total | | 3,782 |

Berdasarkan Tabel 4.20 menjelaskan bahwa jumlah berat yang tertahan untuk agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji ialah saringan No.4 sebesar 0,028 kg, saringan No.8 sebesar 0,250 kg, saringan No.16 sebesar 0,738 kg, saringan No.30 sebesar 0,923 kg, saringan No.50 sebesar 0,998 kg, saringan No.100 sebesar 0,749 kg, dan pan sebesar 0,096 kg. Total keseluruhan agregat halus yang tertahan untuk 1 benda uji sebesar 3,782 kg.

Dalam penelitian ini jumlah benda uji yang akan dibuat adalah sebanyak 15 benda uji, banyak bahan yang dibutuhkan untuk 15 benda uji adalah:

- Semen yang dibutuhkan untuk 15 benda uji = Banyak semen 1 benda uji x 15 benda uji
 $= 2,371 \text{ kg} \times 15$
 $= 35,565 \text{ kg}$
- Pasir yang dibutuhkan untuk 15 benda uji
 $= \text{Banyak semen 1 benda uji} \times 15 \text{ benda uji}$
 $= 3,782 \text{ kg} \times 15$
 $= 56,73 \text{ kg}$
- Batu Pecah yang dibutuhkan untuk 15 benda uji
 $= \text{Banyak Batu Pecah 1 benda uji} \times 15 \text{ benda uji}$
 $= 6,136 \text{ kg} \times 15$
 $= 92,04 \text{ kg}$
- Air yang dibutuhkan untuk 15 benda uji
 $= \text{Banyak Air 1 benda uji} \times 15 \text{ benda uji}$
 $= 0,900 \text{ L} \times 15$
 $= 13,5 \text{ liter}$
- Sika *ViscoCrete* 3115 N yang dibutuhkan untuk 15 benda uji
 $= \text{Banyak Sika } \textit{ViscoCrete} \text{ 3115 N 1 benda uji} \times 15 \text{ benda uji}$
 $= 17,67 \text{ ml} \times 15$
 $= 265,05 \text{ ml}$

Tabel 4.21: Perbandingan untuk 15 benda uji dalam satuan kg.

| Semen | Pasir | Batu pecah | Air | Sika <i>ViscoCrete</i> 3115 N |
|-----------|----------|------------|------|-------------------------------|
| 35,565 kg | 56,73 kg | 92,04 kg | 13,5 | 265,05 ml |

Pada Tabel 4.21 tersebut merinci total kebutuhan bahan untuk skala laboratorium (15 sampel).

4.6.2 Bahan Serbuk Kaca Sebagai Pengganti Semen

Penggunaan bahan ganti yang digunakan dalam penelitian menggunakan serbuk kaca sebesar 2%, 4%, 6%, dan 8% dari berat semen. Berat masing- masing variasi diuraikan sebagai berikut :

- Serbuk Kaca Sebagai Pengganti Semen 2% Untuk 1 Benda Uji
= 2% x Berat Semen
= 2% x 2,371
= 47,42 gr
- Serbuk Kaca Sebagai Pengganti Semen 4% Untuk 1 Benda Uji
= 4% x Berat Semen
= 4% x 2,371
= 94,84 gr
- Serbuk Kaca Sebagai Pengganti Semen 6% Untuk 1 Benda Uji
= 6% x Berat Semen
= 6% x 2,371
= 142,26 gr
- Serbuk Kaca Sebagai Pengganti Semen 8% Untuk 1 Benda Uji
= 8% x Berat Semen
= 8% x 2,371
= 189,68 gr

Bahan campuran serbuk kaca setiap variasi untuk tiap 3 benda uji sebagai pengganti semen. Berat masing-masing variasi diuraikan sebagai berikut :

1. Serbuk kaca sebagai pengganti semen 2%
= Banyak Serbuk kaca 1 benda uji x 3 benda uji
= 47,42 gr x 3
= 142,26 gr
2. Serbuk kaca sebagai pengganti semen 4%
= Banyak Serbuk kaca 1 benda uji x 3 benda uji
= 94,84 gr x 3
= 284,52 gr

3. Serbuk kaca sebagai pengganti semen 6%
 - = Banyak Serbuk kaca 1 benda uji x 3 benda uji
 - = 142,26 gr x 3
 - = 426,78 gr
4. Serbuk kaca sebagai pengganti semen 8%
 - = Banyak Serbuk kaca 1 benda uji x 3 benda uji
 - = 189,68 gr x 3
 - = 569,04 gr
5. Jumlah Serbuk kaca
 - = 142,26+284,52+426,78+569,04
 - = 1422,6 gr

Tabel 4. 22: Persentase banyaknya serbuk kaca dalam benda uji

| Persentase banyaknya serat (%) | Banyaknya serat dari agregat kasar (gr) |
|-------------------------------------|---|
| 2 | 142,26 |
| 4 | 284,52 |
| 6 | 426,78 |
| 8 | 569,04 |
| Banyak serbuk kaca untuk penelitian | 1422,6 |

4.7. Slump Test

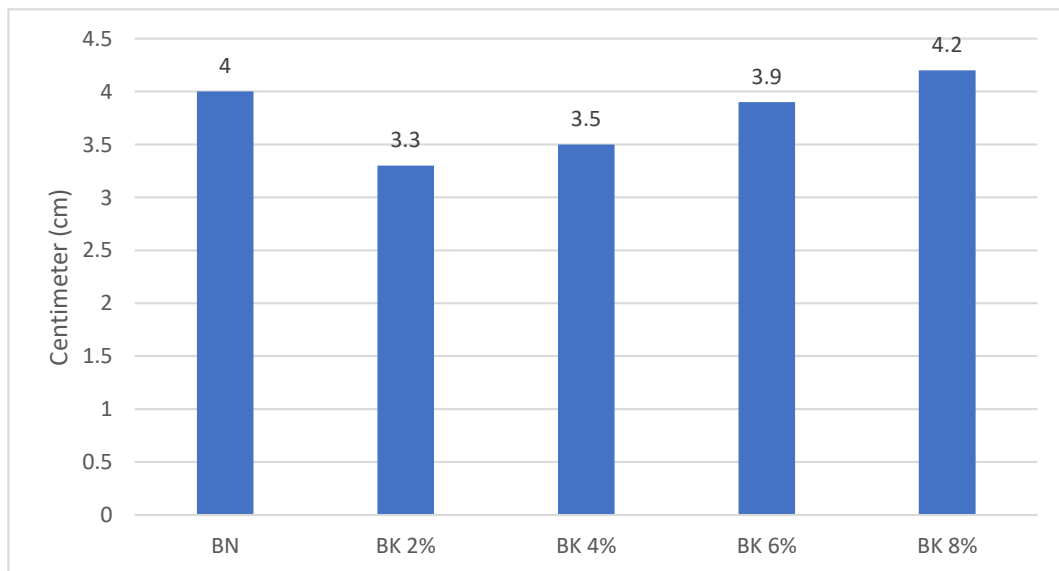
Pengujian slump dilakukan dengan kerucut abrams dengan cara mengisi kerucut abrams dengan beton segar sebanyak 3 lapis, tiap lapis kira-kira 1/3 dari isi kerucut pada tiap lapisan dilakukan penusukan/rojokan sebanyak 25 kali, tongkat penusuk harus masuk sampai bagian bawah tiap-tiap lapisan setelah pengisian selesai ratakan permukaan kerucut lalu angkat cetakan dengan jarak 300 mm dalam waktu 5 ± 2 detik tanpa gerakan lateral atau torsional. Selesaikan seluruh pekerjaan pengujian dari awal pengisian hingga pelepasan cetakan tanpa gangguan dalam waktu tidak lebih 2,5 menit, ukur tinggi adukan selisih tinggi kerucut dengan adukan adalah nilai dari slump.

Hasil dari pengujian yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.23

Tabel 4. 23: Hasil pengujian slump test.

| NO | BENDA UJI | UMUR | Slump Test (cm) |
|----|---|------|-----------------|
| 1 | Beton Normal | 28 | 4 |
| 2 | Beton Serbuk Kaca 2% Sebagai Subtitusi Semen Dan Sika <i>ViscoCrete</i> 3115 N 0,8% | 28 | 3,3 |
| 3 | Beton Serbuk Kaca 4% Sebagai Subtitusi Semen Dan Sika <i>ViscoCrete</i> 3115 N 0,8% | 28 | 3,5 |
| 4 | Beton Serbuk Kaca 6% Sebagai Subtitusi Semen Dan Sika <i>ViscoCrete</i> 3115 N 0,8% | 28 | 3,9 |
| 5 | Beton Serbuk Kaca 8% Sebagai Subtitusi Semen Dan Sika <i>ViscoCrete</i> 3115 N 0,8% | 28 | 4,2 |

Dari Tabel 4.23 dapat dilihat bahwa nilai *slump* terendah terjadi pada beton dengan penambahan *ViscoCrete* 3115 N yaitu 3,3 cm. sedangkan *slump* tertinggi terjadi pada beton Serbuk Kaca dengan penambahan Sika *ViscoCrete* 3115 N 0,8% yaitu 4,2 cm. hasil *slump* ini dipengaruhi oleh dua hal, yaitu karena adanya penambahan *superplasticizer* dan reaksi kimia yang terjadi antara aluminium dan semen.



Gambar 4.6: Grafik perbandingan nilai slump.

Berdasarkan Gambar 4.6 diperoleh nilai slump test yang meningkat saat beton menggunakan penambahan zat *additive Superplasticizer Sika ViscoCrete* 3115 N

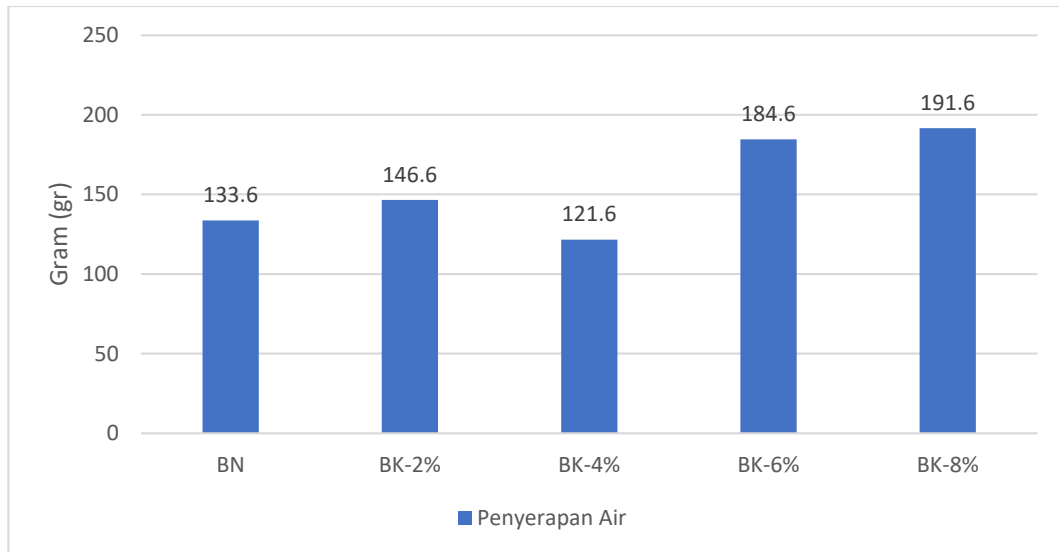
sebagai *Super power plasticizer* dalam meningkatkan mutu beton dan daya alir tinggi dengan sifat retensi kemampuan kerja yang baik serta Kemampuan (*Self compact*) nya kuat untuk mengurangi penyusutan dan keretakan.

4.8. Hasil Dan Analisa Penyerapan Air

Tabel 4. 24: Hasil Dan Analisa Penyerapan Air

| Sampel Umur Beton 28 Hari | Berat Beton Pada Penyerapan | | Penyerapan Air Pada Beton (gr) | Rata - Rata Penyerapan Air Pada Beton (gr) | |
|------------------------------|-----------------------------|--------------|--------------------------------|--|-------|
| | Sebelum (gr) | Sesudah (gr) | | | |
| Beton Normal | 1 | 12661 | 12747 | 86 | 133,6 |
| | 2 | 12563 | 12698 | 135 | |
| | 3 | 12874 | 13054 | 180 | |
| Beton SK 2% | 1 | 12652 | 12737 | 85 | 146,6 |
| | 2 | 12578 | 12743 | 165 | |
| | 3 | 12887 | 13077 | 190 | |
| Beton SK 4% | 1 | 12750 | 12734 | 126 | 121,6 |
| | 2 | 12820 | 12947 | 123 | |
| | 3 | 12880 | 13012 | 116 | |
| Beton SK 6% | 1 | 12786 | 12996 | 210 | 184,6 |
| | 2 | 12717 | 12897 | 180 | |
| | 3 | 12914 | 13078 | 164 | |
| Beton SK 8% | 1 | 12783 | 12998 | 215 | 191,6 |
| | 2 | 12774 | 12964 | 190 | |
| | 3 | 12887 | 13057 | 170 | |

Berdasarkan data hasil pengujian yang telah di lakukan, maka di dapat penyerapan air pada beton normal umur 28 hari sebanyak 133,6 gr, beton SK 2% sebanyak 146,6 gr, beton SK 4% sebanyak 121,6 gr, beton SK 6% sebanyak 184,6 gr dan beton SK 8% sebanyak 191,6. Untuk penyerapan air tertinggi beton terjadi pada benda uji yang menggunakan bahan tambah serbuk kaca 8%, Hal ini disebabkan karena serbuk kaca memiliki penyerapan air yang tinggi, dan untuk beton dengan penyerapan air terendah terdapat pada sampel yang menggunakan bahan tambah serbuk kaca 4%. Dan hasil perbedaan nilai penyerapan air pada beton tersebut, yang mengakibatkan nilai uji kuat tekan beton menurun.



Gambar 4. 7: Grafik perbandingan penyerapan air.

4.9. Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

1. Dari hasil pengujian kuat tarik belah pada Beton Normal di laboratorium diperoleh hasil yang dapat dilihat pada Tabel 4.25 sebagai berikut.

Tabel 4. 25: Hasil pengujian kuat tarik belah beton normal.

| Sampel | Berat Benda Uji (Kg) | Luas (πLD) (cm ²) | Beban (P) (Kg) | $F_{ct} = \frac{2P}{\pi \cdot D \cdot L}$ (MPa) | F_{ct} Rata-Rata (MPa) |
|--------------|----------------------|--------------------------------------|----------------|---|--------------------------|
| Umur 28 Hari | | | | | |
| 1 | 12661 | 14137 | 22500 | 3,18 | 3,19 |
| 2 | 12563 | 14137 | 24000 | 3,39 | |
| 3 | 12874 | 14137 | 21210 | 3,00 | |

Hasil pengujian pada beton normal memiliki kuat tarik belah rata-rata sebesar 3,19 MPa pada umur 28 hari. Data ini digunakan sebagai nilai acuan dalam mengevaluasi pengaruh penambahan serbuk kaca pada campuran beton.

2. Dari hasil pengujian kuat tarik belah beton di laboratorium pada beton serbuk kaca 2% dan Sika *ViscoCrete* 3115 N 0,8% diperoleh hasil dapat dilihat pada Tabel 4.26 sebagai berikut.

Tabel 4. 26: Hasil pengujian kuat tarik belah beton dengan serbuk kaca 2% dan sika *viscocrete* 3115 N 0,8%.

| Sampel | Berat Benda Uji (Kg) | Luas (πLD) (cm ²) | Beban (P) (Kg) | $F_{ct} = \frac{2P}{\pi \cdot D \cdot L}$ (MPa) | F_{ct} Rata-Rata (MPa) |
|--------------|----------------------|--------------------------------------|----------------|---|--------------------------|
| Umur 28 Hari | | | | | |
| 1 | 12652 | 14137 | 22360 | 3,16 | 3,13 |
| 2 | 12578 | 14137 | 21920 | 3,10 | |
| 3 | 12887 | 14137 | 22140 | 3,13 | |

Dari hasil yang diperoleh beton serbuk kaca sebesar 2% menghasilkan kuat tarik belah beton rata-rata sebesar 3,13 MPa, yang sedikit lebih rendah dibandingkan beton normal. Hal ini menunjukkan bahwa serbuk kaca belum memberikan kontribusi yang signifikan terhadap peningkatan kekuatan tarik beton. Penurunan ini dapat disebabkan oleh belum optimalnya reaksi pozzolanik antara serbuk kaca dan produk hidrasi semen, sehingga ikatan antar partikel belum mengalami peningkatan yang berarti.

3. Dari hasil pengujian kuat tarik belah beton di laboratorium pada serbuk kaca 4% dan Sika *ViscoCrete* 3115 N 0,8% dapat dilihat pada Tabel 4.27 sebagai berikut.

Tabel 4. 27: Hasil pengujian kuat tarik belah beton dengan serbuk kaca 4% dan sika *viscocrete* 3115 N 0,8%.

| Sampel | Berat Benda Uji (Kg) | Luas (πLD) (cm ²) | Beban (P) (Kg) | $F_{ct} = \frac{2P}{\pi \cdot D \cdot L}$ (MPa) | F_{ct} Rata-Rata (MPa) |
|--------------|----------------------|--------------------------------------|----------------|---|--------------------------|
| Umur 28 Hari | | | | | |
| 1 | 12750 | 14137 | 23730 | 3,27 | 3,29 |
| 2 | 12820 | 14137 | 23300 | 3,29 | |
| 3 | 12880 | 14137 | 23450 | 3,31 | |

Penambahan serbuk kaca sebesar 4% mampu meningkatkan kuat tarik belah beton menjadi 3,29 MPa. Peningkatan ini menunjukkan bahwa serbuk kaca mulai berperan sebagai bahan pozzolan yang bereaksi dengan kalsium hidroksida ($Ca(OH)_2$) hasil hidrasi semen, sehingga membentuk senyawa tambahan yang memperbaiki struktur mikro beton.

4. Dari hasil pengujian kuat tarik belah beton di laboratorium pada serbuk kaca 6% dan sika *ViscoCrete* 3115 N 0,8% dapat dilihat pada Tabel 4.28 sebagai berikut.

Tabel 4. 28: Hasil pengujian kuat tarik belah beton dengan serbuk kaca 6% dan sika *viscocrete* 3115 N 0,8%.

| Sampel | Berat Benda Uji (Kg) | Luas (πLD) (cm ²) | Beban (P) (Kg) | $F_{ct} = \frac{2P}{\pi \cdot D \cdot L}$ (MPa) | Fct Rata – Rata (MPa) |
|--------------|----------------------|--------------------------------------|----------------|---|-----------------------|
| Umur 28 Hari | | | | | |
| 1 | 12786 | 14137 | 23420 | 3,30 | 3,35 |
| 2 | 12717 | 14137 | 23860 | 3,35 | |
| 3 | 12914 | 14137 | 24220 | 3,40 | |

Pada Tabel 4.28 diperoleh nilai kuat tarik belah sebesar 3,35 MPa pada variasi serbuk kaca 6%. Hal ini menunjukkan bahwa pada kadar tersebut, serbuk kaca memberikan kontribusi optimal dalam meningkatkan kekuatan tarik beton. Reaksi pozzolanik yang lebih intens serta pengisian pori-pori oleh partikel halus serbuk kaca menghasilkan struktur beton yang lebih padat dan homogen.

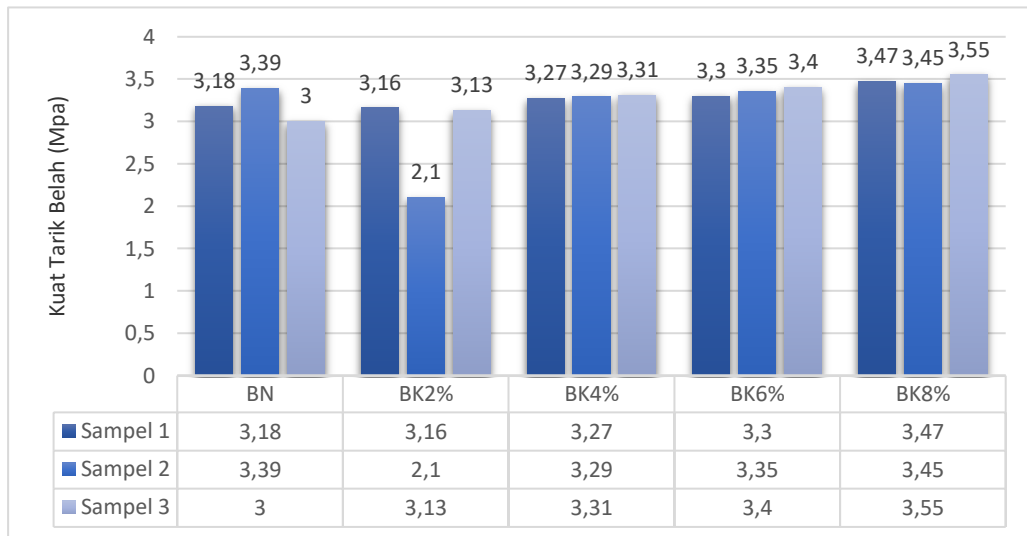
5. Dari hasil pengujian kuat tarik belah beton di laboratorium pada serbuk kaca 8% dan sika *viscocrete* 3115 N 0,8% dapat dilihat pada Tabel 4.29 sebagai berikut.

Tabel 4. 29: Hasil pengujian kuat tarik belah beton dengan serbuk kaca 8% dan sika *viscocrete* 3115 N 0,8%.

| Sampel | Berat Benda Uji (Kg) | Luas (πLD) (cm ²) | Beban (P) (Kg) | $F_{ct} = \frac{2P}{\pi \cdot D \cdot L}$ (MPa) | Fct Rata – Rata (MPa) |
|--------------|----------------------|--------------------------------------|----------------|---|-----------------------|
| Umur 28 Hari | | | | | |
| 1 | 12783 | 14137 | 25150 | 3,55 | 3,49 |
| 2 | 12774 | 14137 | 24400 | 3,45 | |
| 3 | 12887 | 14137 | 24560 | 3,47 | |

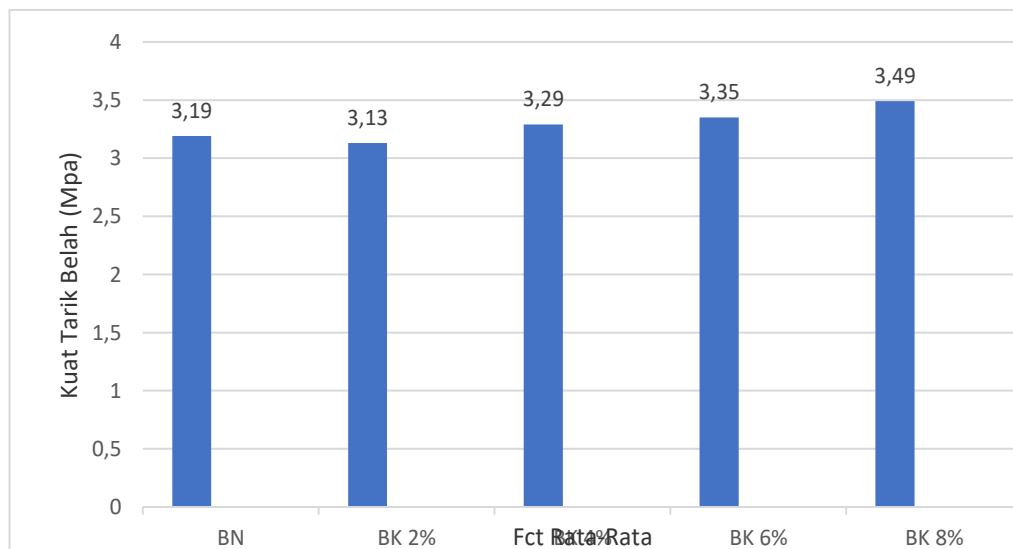
Pada Tabel 4.29 diperoleh nilai kuat tarik belah tertinggi sebesar 3,49 MPa pada variasi serbuk kaca 8% umur 28 hari. Hal ini menunjukkan bahwa pada kadar tersebut, serbuk kaca memberikan kontribusi optimal dalam meningkatkan

kekuatan tarik beton. Serbuk kaca menghasilkan struktur beton yang lebih padat dan homogen. Dibandingkan dengan beton normal.



Gambar 4.8: Grafik nilai kuat tarik belah beton pada umur 28 hari.

Pada gambar 4.8 diperoleh nilai kuat tarik belah tertinggi sebesar 3,49 Mpa pada variasi serbuk kaaca 8% umur 28 hari. Hal ini menunjukkan bahwa pada kadar tersebut, derbuk kaca memberikan kontribusi optimal dalam meningkatkan kekuaan tarik belah beton. Serbuk kaca menghasilkan struktur beton yang lebih padat dan homogen dibandingkan dengan beton normal.



Gambar 4.9: Grafik persentase nilai kuat tarik belah beton pada umur 28 hari.

Berdasarkan data hasil pengujian kuat tarik belah beton, diketahui bahwa variasi BK 8% memiliki nilai kuat tarik belah tertinggi, yaitu sebesar 3,49 MPa. Pada beton normal (BN) memiliki kuat tarik belah sebesar 3,19 MPa, sehingga terjadi peningkatan sebesar 0,30 MPa. Pada variasi BK 2%, terjadi penurunan kuat tarik belah dibandingkan beton normal. pada variasi BK 4% nilai kuat tarik belah mulai meningkat mendekati beton normal. Selanjutnya, pada variasi BK 6%, nilai kuat tarik belah mengalami peningkatan menjadi sekitar 3,35 MPa, yang berarti lebih tinggi dibandingkan beton normal. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan BK mulai memberikan pengaruh positif terhadap kuat tarik belah beton. Peningkatan yang paling optimal terjadi pada variasi BK 8%, dan menunjukkan bahwa semakin tinggi kadar BK (hingga batas tertentu), maka kuat tarik belah beton cenderung meningkat.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan data dan pembahasan serta diskusi, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai hasil dari penelitian ini. Saran dikemukakan dengan tujuan agar penelitian ini dapat dikembangkan dan dilanjutkan oleh peneliti lainnya.

1. Dari hasil pengujian dan penelitian yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan:

a. Berdasarkan perencanaan beton serbuk kaca sebagai bahan ganti parsial semen dan penambahan Sika *ViscoCrete* 3115 N 0,8% pada kuat tarik belah beton maka didapat nilai rata-rata pada setiap variasi:

$$\text{BN} = 3,19 \text{ MPa}$$

$$\text{BK } 2\% = 3,13 \text{ MPa}$$

$$\text{BK } 4\% = 3,29 \text{ MPa}$$

$$\text{BK } 6\% = 3,35 \text{ MPa}$$

$$\text{BK } 8\% = 3,49 \text{ MPa}$$

Dapat disimpulkan bahwa penambahan serbuk kaca memberikan pengaruh terhadap nilai kuat tarik belah beton. Terjadi penurunan pada variasi BK-2% jika dibandingkan dengan beton normal (BN) yang memiliki kuat tarik belah sebesar 3,19 MPa, kemudian diikuti peningkatan bertahap pada variasi BK-4% sebesar 3,29 MPa. Pada BK-6% terjadi peningkatan signifikan menjadi 3,35 Mpa yang berarti selisih lebih tinggi dibandingkan beton normal. Nilai tertinggi mencapai titik optimal diperoleh pada variasi BK-8% sebesar 3,49 Mpa dengan peningkatan sebesar 0,30 Mpa atau sekitar 9,40% dari beton normal. Fenomena ini menunjukkan bahwa penggunaan serbuk kaca sebagai bahan substitusi sebagian semen memberikan pengaruh positif terhadap durabilitas dan kuat tarik belah beton pada kadar tertentu.

5.2 Saran

Hasil penelitian ini diharapkan dapat berguna baik dalam pengembangan keilmuan tentang bahan bangunan khususnya teknologi beton maupun dalam penerapan secara praktis di lapangan. Diharapkan penelitian lanjutan dapat dilakukan oleh para peneliti lainnya, terutama terhadap beberapa permasalahan berikut:

1. Penambahan Variasi Persentase: Mengingat kuat tarik belah tertinggi ada pada variasi BK 8% (3,49 MPa), disarankan untuk melakukan penelitian lanjutan dengan persentase serbuk kaca yang lebih tinggi (misal: 10% atau 12%) untuk mengetahui titik jenuh (optimum) kenaikan kuat tariknya.
2. Diusahakan proses pemadatan setiap sampel dilakukan secara konsisten agar didapatkan pemadatan yang sama di setiap benda uji sehingga didapatkan hasil yang optimal.
3. Perlu dilakukan pengujian tambahan selain kuat mekanis, seperti uji porositas atau permeabilitas, mengingat serbuk kaca memiliki sifat pozolanik yang mungkin memengaruhi kerapatan struktur mikro beton dalam jangka panjang.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, M., Nisa, C., & Mariana, Z. T. (2018). Respon Pertumbuhan dan Hasil Kedelai Varietas Anjasmoro Terhadap Pemberian Bokashi Serabut Buah Kelapa Sawit. *Agroekotek View*, 1(1), 13-20.
- Abimanyu, F. (2024). *Jurnal Rekayasa*. 02(11).
- Arifin, H., Purwantoro, D. S., Maysyurah, A., & Aris, M. (2024). Pengaruh Penambahan Superplasticizer Terhadap Kuat Tekan Pada Beton Campuran Air Laut Effect Of Superrplasticizer Addition On The Compressive Strength Of Seawater Mixed Concrete. 1, 89–93.
- Arsasuta, F., & Rochmah, N. (2024). Pengaruh Serbuk Kaca Sebagai Substitusi Parsial Semen Terhadap Kuat Tekan Beton Alir 1,2. 10(1), 12–23.
- Arfan Abdullah1*, Jasman2 , Hendro Widarto. *Jurnal Teknik Silitek – Vol. 05 No. 02 Juli 2025*.
- Cahyo Didit Prasetyo., Ernawati S. Sunarsih., Taufiq Lilo Adi Sucipto. (2020). Kajian Pemanfaatan Limbah Kaca Sebagai Pengganti Agregat Halus Dan Fly Ash 30% Dari Berat Semen Ditinjau Dari Kuat Tarik Belah, Daya Serap Dan Porositas Beton.
- Didit, C. (2020). Kajian Pemanfaatan Limbah Kaca Sebagai Pengganti Agregat Halus Dan Fly Ash 30% Dari Berat Semen Ditinjau Dari Kuat Tarik Belah, Daya Serap Dan Porositas Beton. 65 - 77. 6(2), 65–77.
- Erfanda, F., Teknik, F., Studi, P., Sipil, T., & Palembang, U. M. (2020). Pengaruh Penambahan Fly Ash Terhadap Kuat Tekan Beton K-300. 06(02), 97–106.
- Herbudiman, B., & Januar, C. (2011). The 1 St Indonesian Structural Engineering And Materials Symposium Pemanfaatan Serbuk Kaca Sebagai Powder Pada Self-Compacting Concrete The 1 St Indonesian Structural Engineering And Materials Symposium. November, 17–18.
- Tjokrodinuljo, K. (2007). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Biro Penerbit Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada.
- Lukas, A. Y., Wilson, J., Rafael, M., & Ar, Z. (2024). Kajian Laboratorium Sika Viscocrete Pada Beton Normal Menggunakan Agregat Kasar Batu Karang Sika Viscocrete Laboratory Study On Normal /Concrete Using Coarse Aggregate Of

- Coral. 1, 1–10.
- Olii, M. R., Poe, I. E., Ichsan, I., Olii, A., Teknik, P. S., Teknik, F., & Gorontalo, U. (2021). Agregat Halus Untuk Beton Ramah Lingkungan Mereduksi Jumlah Limbah Kaca Di Indonesia . Beberapa Penelitian Telah Melakukan. 11(1), 113–124.
- Pendidikan, J., Dina, I., Pratama, I. A., Utama, I. G., & Sutrisna, H. (2025). Perbandingan Kuat Tekan Beton Normal Dengan Beton Ringan Batu Apung Sebagai Pengganti Agregat Kasar. 6(2).
- Pranata, D., Ambali, P., & Paembonan, M. L. (2019). Karakterisasi Serbuk Kaca Sebagai Substitusi Parsial Semen Terhadap Sifat Fisis-Mekanis Campuran Beton. 2.
- Pandaleke, R., & Dapas, S. O. (2016). Pemeriksaan Kuat Tarik Belah Beton Dengan Variasi Agregat. 6(2), 476–484.
- Sejati, S., & Gunawan, L. I. (2019). Serbuk Kaca Sebagai Bahan Tambah Pembuatan Beton Normal Berdasarkan Gradasi Pasir Zona 3. 1(1).
- Septiani, V., Suryan, V., & Amalia, D. (2024). Journal Of Engineering And Transportation. 1. ring Forum. Journal of the Civil Engineering.
- SNI 03-2834-2000. Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 03-4141-1996. Metode Pengujian Gumpalan Tanah Liat dan Butir-Butir Mudah Pecah dalam Agregat. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 03-4804-1998. Metode Pengujian Berat Isi dan Rongga Udara dalam Agregat. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 15-0302-2004. Semen Portland Pozzolan. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 1968:2007. Cara Uji Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 1969:2008. Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 1970:2008. Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 1971:2011. Cara Uji Kadar Air Total Agregat dengan Pengeringan. Jakarta:

Badan Standardisasi Nasional.

SNI 2491:2014. Metode Uji Kekuatan Tarik Belah Spesimen Beton Silinder.
Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.

SNI 2493:2011. Tata Cara Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton di
Laboratorium. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.

SNI 2847:2019. Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan
Penjelasan. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.

LAMPIRAN



Lampiran 1 : Agrgat Kasar.



Lampiran 2 : Agregat Halus.



Lampiran 3 : Semen Portland



Lampiran 4 : Air.



Lampiran 5 : Cetakan Silinder.



Lampiran 6 : Kerucut Abrams.



Lampiran 7 : Gelas Ukur.



Lampiran 8 : Saringan Agregat Kasar.



Lampiran 9 : Saringan Agregat Halus.



Lampiran : 10 Serbuk Kaca



Lampiran 11: Timbangan



Lampiran 12 : Tongkat Penumbuk.



Lampiran 13 : Mixer Beton.



Lampiran 14 : Sendok Semen.



Lampiran 15 : Penggaris.



Lampiran 16 : Sekop Tangan.



Lampiran 17 : Skrap



Lampiran 18 : Ember.



Lampiran 19 : Sarung Tangan.



Lampiran 22 : Pengujian Slump Test.



Lampiran 23 : Benda Uji.



Lampiran 24 : Pengujian Kuat Tarik Belah Beton



Lampiran 25 : Beton Setelah Uji

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Nama Lengkap : Diko Rizki Ramaddan
Nama Panggilan : Diko
Tempat, Tanggal Lahir : Janarata, 12 Desember 2001
Jenis Kelamin : Laki-laki
Alamat : Pondok Baru, Kec. Bandar, Kab. Bener Meriah, Prov. Aceh.

RIWAYAT PENDIDIKAN

Agama : Islam
Nama Orang Tua
Ayah : Hendri Kusnomo S. E
Ibu : Isnawati
No Hp : 082292282212
Email : dikorizki699@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Induk Mahasiswa : 1907210167
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Jenis Kelamin : Laki-laki
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Perguruan Tinggi : Jalan Kapten Muchtar Basri No.3 Medan 20238

PENDIDIKAN FORMAL

| Tingkat Pendidikan | Nama dan Tempat | Tahun Kelulusan |
|---------------------------|------------------------|------------------------|
| Sekolah Dasar | SD NEGERI MUTIARA | 2006 - 2012 |
| Sekolah Menengah Pertama | SMP NEGERI 1 BANDAR | 2012 - 2015 |
| Sekolah Menengah Atas | SMA NEGERI 1 BANDAR | 2016 - 2019 |

ORGANISASI

| Informasi | Tahun |
|------------------|---------------------|
| BPH-HMS-FT-UMSU | PERIODE 2020 - 2021 |