

**TUGAS AKHIR**  
**KUAT TEKAN BETON RAMAH LINGKUNGAN DENGAN INOVASI**  
**PENGUNAAN SERBUK BATA TANPA BAKAR SEBAGAI**  
**PENGGANTI AGREGAT HALUS**  
*(Studi Penelitian)*

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

**Disusun Oleh :**

**AULIA PUTRI LUBIS**

**2107210146**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**  
**MEDAN**  
**2025**

## LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Aulia Putri Lubis  
Npm : 2107210146  
Program Studi : Teknik Sipil  
Judul Skripsi : Kuat Tekan Beton Ramah Lingkungan Dengan Inovasi  
Penggunaan Serbuk Bata Tanpa Bakar Sebagai Pengganti  
Agregat Halus  
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.

DISETUJU DISAMPAIKAN KEPADA  
PANITIA UJIAN SKRIPSI

Medan, 29 Juli 2025  
Mengetahui dan Menyetujui  
Dosen Pembimbing



Rizki Efrida, S.T, M.T

## LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

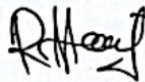
Nama : Aulia Putri Lubis  
Npm : 2107210146  
Program Studi : Teknik Sipil  
Judul Skripsi : Kuat Tekan Beton Ramah Lingkungan Dengan Inovasi  
Penggunaan Serbuk Bata Tanpa Bakar Sebagai Pengganti  
Agregat Halus  
Bidang Ilmu : Struktur

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, 29 Juli 2025

Mengetahui dan Menyetujui

Dosen Pembimbing



Rizki Efrida, S.T, M.T

Dosen Penguji I



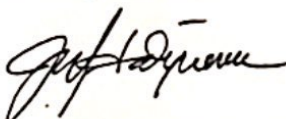
Sri Frapanti, S.T., M.T

Dosen Pengujian II



Dr. Josef Hadipramana

Ketua Program Studi



Dr. Josef Hadipramana

## LEMBAR PERNYATAAN KEEASLIAN TUGAS AKHIR

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Aulia Putri Lubis  
Tempat, Tanggal Lahir : Medan, 08 Juni 2003  
NPM : 21072101146  
Fakultas : Teknik  
Program : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul **“Kuat Tekan Beton Ramah Lingkungan Dengan Inovasi Penggunaan Serbuk Bata Tanpa Bakar Sebagai Pengganti Agregat Halus (Studi Penelitian)”**

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakikatnya 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 atau keserjanaan 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 Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 29 Juli 2025

Saya yang Menyatakan,



Aulia Putri lubis

## **ABSTRAK**

### **KUAT TEKAN BETON RAMAH LINGKUNGAN DENGAN INOVASI PENGUNAAN SERBUK BATA TANPA BAKAR SEBAGAI PENGGANTI AGREGAT HALUS**

Aulia Putri lubis

21072101146

Rizki Efrida, S.T., M.T

Beton merupakan salah satu bahan bangunan yang paling sering digunakan karena sifatnya yang unggul seperti daya tahan, kekuatan, dan kemudahan produksi. Di era percepatan pembangunan, sektor konstruksi menghadapi tantangan besar dalam menjaga kelestarian lingkungan. Salah satu inovasi yang kini sedang dikembangkan adalah pemanfaatan limbah konstruksi, seperti serbuk batu bata yang tidak terbakar, sebagai pengganti agregat halus. Serbuk bata tidak terbakar merupakan material yang diproduksi tanpa melalui proses pembakaran seperti pada batu bata konvensional, sehingga dapat membantu mengurangi emisi gas rumah kaca. Selain itu, serbuk bata yang dihasilkan dari sisa pemotongan atau penggilingan dapat dimanfaatkan untuk mengurangi ketergantungan terhadap pasir alam. Penelitian bertujuan untuk mengurangi limbah dengan memanfaatkan bata tanpa bakar sebagai agregat halus dalam campuran beton, menggunakan metode eksperimen berupa pengujian kuat tekan. Persentase penggunaan limbah bata tanpa bakar yaitu 25%, 50% dan 75% dari berat agregat halus yang diperlukan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kuat tekan beton normal sebesar 27 Mpa, sementara variasi campuran lainnya seperti BTB 25% menghasilkan nilai kuat tekan 26 Mpa (penurunan 1,42%), BTB 50% menghasilkan kuat tekan 17 Mpa (penurunan sebesar 36,17%) dan BTB 75% menghasilkan kuat tekan 12 Mpa (penurunan sebesar 53,19%) dari nilai kuat tekan beton normal. Variasi campuran yang memiliki nilai kuat tekan optimal yaitu BTB 25% dengan nilai 26 Mpa. Hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan limbah bata tanpa bakar berpotensi sebagai bahan alternatif dalam pembuatan beton yang ramah lingkungan dan bernilai ekonomis.

Kata Kunci, Bata Tanpa Bakar, Limbah, Agregat Halus, Kuat Tekan

## ***ABSTRACT***

### **COMPRESSIVE STRENGTH OF ECO-FRIENDLY CONCRETE WITH THE INNOVATION OF USING UNBURNT BRICK POWDER AS A SUBSTITUTE FOR FINE AGGREGATE**

Aulia Putri lubis

21072101146

Rizki Efrida, S.T., M.T

Concrete is one of the most commonly used construction materials due to its superior properties, such as durability, strength, and ease of production. In today's era of rapid development, the construction sector faces significant challenges in maintaining environmental sustainability. One innovation currently being developed is the utilization of construction waste, such as unburnt brick powder, as a substitute for fine aggregate. Unburnt brick powder is a material produced without undergoing the firing process used in conventional bricks, thereby helping to reduce greenhouse gas emissions. Additionally, brick powder obtained from cutting or grinding residues can be used to reduce dependence on natural sand. This research aims to reduce waste by using unburnt brick as fine aggregate in concrete mixtures, applying an experimental method in the form of compressive strength testing. The percentage of unburnt brick waste used was 25%, 50%, and 75% of the required fine aggregate weight. The test results showed that normal concrete had a compressive strength of 27 MPa, while other mixture variations such as BTB 25% yielded 26 MPa (a decrease of 1.42%), BTB 50% yielded 17 MPa (a decrease of 36.17%), and BTB 75% yielded 12 MPa (a decrease of 53.19%) compared to normal concrete. The mixture variation with the optimal compressive strength was BTB 25% with a value of 26 MPa. These findings indicate that the use of unburnt brick waste has potential as an alternative material for producing environmentally friendly and economically viable concrete.

***Keywords:*** Unburnt Brick, Waste, Fine Aggregate, Compressive Strength.

## KATA PENGANTAR

### **Assalamu'alaikum wr.wb**

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT, yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Kuat Tekan beton ramah lingkungan dengan inovasi penggunaan serbuk bata tanpa bakar sebagai pengganti agregat halus” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Dalam penyelesaian tugas akhir ini banyak pihak yang secara langsung maupun tidak langsung telah memberikan dukungan, bimbingan dan bantuan, sehingga dalam kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar besarnya kepada:

1. Ibu Rizki Efrida, S.T, M.T selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan dalam menyelesaikan Proposal Tugas Akhir ini.
2. Ibu Sri Frapatanti, S.T, M.T selaku Dosen Penguji I yang telah memberi masukan dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Dr. Josef Hadipramana selaku Dosen Penguji II dan selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah memberi masukan dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Dr. Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Assoc. Prof. Ade Faisal, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmunya kepada penulis.

7. Bapak/Ibu Staff Administrasi di Biro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Yang paling utama dan teristimewa kepada Ayahanda tercinta H. Hamdani Lubis dan Mama tersayang Sumiati Sirait, terimakasih atas setiap doa yang tak pernah putus, kasih sayang yang tulus, serta pengorbanan tanpa batas yang telah diberikan sejak awal perjalanan hidup ini. Tiada kata yang cukup untuk menggambarkan betapa besar jasa kalian dalam setiap langkah yang penulis tempuh. Kesabaran, kerja keras, dan cinta kasih kalian menjadi cahaya penerang sekaligus kekuatan yang selalu mengiringi penulis hingga sampai pada titik ini. Segala pencapaian dan keberhasilan ini tidak lepas dari doa restu, dan ketulusan hati kalian. Semoga langkah kecil ini menjadi awal dari perjalanan panjang menuju masa depan yang lebih baik. Doakan agar karier penulis ke depan selalu diberkahi, dimudahkan jalannya, serta mampu menjadi kebanggaan ayah dan mama. Semoga Allah SWT senantiasa memberikan kesehatan, kebahagiaan, serta umur panjang kepada Ayah dan Mama tercinta.
9. Terimakasih buat Abang saya Aulia Fajar Nugraha Lubis A.Md.T atas doa sekaligus pelindung setiap langkah Semoga abang selalu diberikan kesehatan, rezeki yang luas, serta kebahagiaan yang tiada henti. dan uwak tersayang Nurlela Sirait terimakasih selalu ikhlas mengurus penulis ketika pulang larut malam dan lelah mengerjakan tugas akhir ini. Semoga kasih sayang dan ketulusan uwak selalu dibalas dengan kesehatan, kebahagiaan, serta keberkahan dari Allah SWT.
10. Sahabat saya Larvira ramadhani terimakasih dukungan, semangat disaat penulis jenuh. Semoga persahabatan ini tetap terjaga selamanya.
11. Terimakasih kepada teman seperjuangan Sarah azzuhrah, TriAulia Sirait kebersamaan saat mengerjakan tugas, saling menguatkan ketika rasa jenuh melanda, dan saling mendukung ketika hampir menyerah. Semoga semua perjuangan kita terbayar dengan hasil terbaik, dan kesuksesan menyertai langkah kita masing-masing di masa depan.
12. Seluruh mahasiswa/i Teknik Sipil stambuk 2021 yang tidak mungkin namanya disebut satu persatu.

13. Dan terakhir, untuk diri saya sendiri. Terimakasih Aulia Putri Lubis sudah bertahan, berjuang, dan tidak menyerah meski jalan tidak selalu mudah. Terima kasih telah berani melangkah sejauh ini dan tetap memilih untuk maju. Semoga kamu tidak lupa untuk bangga pada dirimu sendiri dan langkah kecil ini menjadi awal dari perjalanan panjang yang penuh keberkahan, dimudahkan jalannya, serta mengantarku pada impian yang selama ini kuperjuangkan.

**Wassalamu'alaikum Wr. Wb.**

Medan, 15 Januari 2024

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Aulia Putri Lubis'.

Aulia Putri Lubis

## DAFTAR ISI

|                               |      |
|-------------------------------|------|
| LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING | ii   |
| LEMBAR PENGESAHAN             | iii  |
| SURAT PERNYATAAN TUGAS AKHIR  | iv   |
| ABSTRAK                       | v    |
| <i>ABSTRACT</i>               | vi   |
| KATA PENGANTAR                | vii  |
| DAFTAR ISI                    | ix   |
| DAFTAR TABEL                  | xii  |
| DAFTAR GAMBAR                 | xiii |
| DAFTAR NOTASI                 | xiv  |
| BAB 1 PENDAHULUAN             | 1    |
| 1.1 Latar Belakang            | 1    |
| 1.2 Rumusan Masalah           | 2    |
| 1.3 Ruang Lingkup Penelitian  | 3    |
| 1.4 Tujuan Penelitian         | 3    |
| 1.5 Manfaat penelitian        | 4    |
| 1.6 Sistematika Penulisan     | 4    |
| BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA        | 6    |
| 2.1 Pengertian Beton          | 6    |
| 2.2 Material Penyusun Beton   | 8    |
| 2.2.1 Semen                   | 8    |
| 2.2.2 Air                     | 9    |
| 2.2.3 Agregat Kasar           | 10   |
| 2.2.4 Agregat Halus           | 11   |
| 2.2.5 Bata Tanpa Bakar        | 12   |
| 2.3 Kuat Tekan Beton          | 12   |
| 2.4 Slump Test                | 14   |
| 2.5 Penelitian Terdahulu      | 14   |
| 2.6 Hipotesa                  | 19   |
| BAB 3 METODE PENELITIAN       | 20   |

|                                                                 |           |
|-----------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.1 Bagan Alir Penelitian                                       | 20        |
| 3.2 Metode Penelitian                                           | 21        |
| 3.3 Waktu dan Tempat Penelitian                                 | 23        |
| 3.4 Bahan dan Alat                                              | 23        |
| 3.4.1 Bahan                                                     | 23        |
| 3.4.2 Persiapan Bahan Tambah                                    | 24        |
| 3.4.3 Alat                                                      | 24        |
| 3.5 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan                        | 25        |
| 3.6 Pengujian Berat isi                                         | 26        |
| 3.7 Pengujian Kadar Lumpur                                      | 26        |
| 3.8 Pengujian Kadar Air                                         | 27        |
| 3.9 Analisa Saringan                                            | 28        |
| 3.10 Serbuk Bata Tanpa Bakar                                    | 28        |
| 3.11 Desain dan Jumlah Benda Uji                                | 28        |
| 3.12 Pembuatan Benda Uji                                        | 29        |
| 3.13 <i>Mix Design</i>                                          | 30        |
| 3.14 Pengujian Slump                                            | 31        |
| 3.15 Pengujian Kuat Tekan dengan Mesin Compression Machine Test | 32        |
| 3.16 Jadwal Penelitian                                          | 34        |
| <b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN</b>                               | <b>35</b> |
| 4.1 Umum                                                        | 35        |
| 4.2 Pemeriksaan Agregat Kasar                                   | 35        |
| 4.2.1 Analisa Gradasi Agregat Kasar                             | 35        |
| 4.2.2 Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Kasar                  | 37        |
| 4.2.3 Kadar Lumpur Agregat Kasar                                | 38        |
| 4.2.4 Berat Isi Agregat Kasar                                   | 38        |
| 4.2.5 Kadar Air Agregat Kasar                                   | 39        |
| 4.3 Pemeriksaan Agregat Halus                                   | 40        |
| 4.3.1 Analisa Gradasi Agregat Halus                             | 40        |
| 4.3.2 Berat jenis dan Penyerapan Agregat Halus                  | 42        |
| 4.3.3 Berat Isi Agregat Halus                                   | 42        |
| 4.3.4 Kadar Lumpur Agregat Halus                                | 43        |

|                                                      |    |
|------------------------------------------------------|----|
| 4.3.5 Kadar Air Agregat Halus                        | 44 |
| 4.4. Perencanaan Campuran Material Pembentuk Beton   | 44 |
| 4.5 Hasil Pengujian Slump Test                       | 60 |
| 4.6 Hasil dan Analisa Pengujian dan Kuat Tekan Beton | 61 |
| BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN                           | 67 |
| 5.1 Kesimpulan                                       | 67 |
| 5.2 Saran                                            | 67 |
| DAFTAR PUSTAKA                                       | 69 |
| LAMPIRAN                                             | 71 |

## DAFTAR TABEL

|                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 2.1 Kuat Tekan Beton Silinder                                         | 7  |
| Tabel 2.2 Ukuran Agregat Halus                                              | 11 |
| Tabel 2.3 Penelitian Terdahulu                                              | 15 |
| Tabel 3.1 Jumlah Benda Uji                                                  | 29 |
| Tabel 3.2 Komposisi Campuran                                                | 31 |
| Tabel 4.1 Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar                  | 35 |
| Tabel 4.2 Daerah Batas Gradasi Agregat Kasar                                | 36 |
| Tabel 4.3 Hasil Pengujian Berat jenis dan Penyerapan Agregat Kasar          | 37 |
| Tabel 4.4 Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Kasar                      | 38 |
| Tabel 4.5 Hasil Pengujian Berat Isi Agregat Kasar                           | 39 |
| Tabel 4.6 Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Kasar                           | 39 |
| Tabel 4.7 Hasil Pengujian Analisa Gradasi Agregat Halus dengan Batas Zona 2 | 40 |
| Tabel 4.8 Daerah Batas Gradasi Agregat Halus                                | 41 |
| Tabel 4.9 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus          | 42 |
| Tabel 4.10 Hasil Pengujian Berat Isi                                        | 43 |
| Tabel 4.11 Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus                     | 43 |
| Tabel 4.12 Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Halus                          | 44 |
| Tabel 4.13 Data Hasil Pengujian Agregat Dasar                               | 44 |
| Tabel 4.14 <i>Mix Design</i> Beton Normal                                   | 45 |
| Tabel 4.15 Nilai Deviasi Standar                                            | 47 |
| Tabel 4.16 Tingkat Mutu Pekerjaan                                           | 47 |
| Tabel 4.17 Persyaratan Jumlah Semen Minimum dan FAS Maksimun                | 49 |
| Tabel 4.18 Nilai Slump Berdasarkan SNI 7656 2012                            | 49 |
| Tabel 4.19 Pemeriksaan Kadar Air Bebas (SNI 04-2834-2000)                   | 50 |
| Tabel 4.20 Analisa Gradasi Agregat Kasar                                    | 58 |
| Tabel 4.21 Analisa Gradasi Agregat Halus                                    | 58 |
| Tabel 4.22 Jumlah Bata Tanpa Bakar Untuk 1 Benda Uji Silinder               | 59 |
| Tabel 4.23 Proporsi Campuran Beton dengan Bata Tanpa Bakar                  | 60 |
| Tabel 4.24 Hasil Pengujian Nilai Slump                                      | 60 |
| Tabel 4.25 Hasil Pengujian Kuat Tekan                                       | 65 |

## DAFTAR GAMBAR

|                                                                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 3.1 Bagan Alir                                                                                                   | 20 |
| Gambar 3.2 Benda Uji                                                                                                    | 23 |
| Gambar 3.3 Alat Pengujian Kuat Tekan                                                                                    | 33 |
| Gambar 4.1 Grafik Gradasi Agregat Kasar                                                                                 | 37 |
| Gambar 4.2 Grafik Gradasi Agregat Halus                                                                                 | 41 |
| Gambar 4.3 Grafik Hubungan Antara FAS dengan Nilai Kuat Tekan Rata-rata                                                 | 48 |
| Gambar 4.4 Grafik Batas Gradasi Agregat Halus                                                                           | 51 |
| Gambar 4.5 Grafik Batas Gradasi Agregat Kasar Maksimun 40 mm                                                            | 52 |
| Gambar 4.6 Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat yang dianjurkan<br>Untuk Ukuran Butir Maksimun 40 mm pada FAS 0,45 | 52 |
| Gambar 4.7 Hubungan Kandungan Air, Berat Jenis Agregat Campuran<br>dan Berat Isi Beton                                  | 53 |
| Gambar 4.8 Grafik Hasil Pengujian Nilai Slump                                                                           | 61 |
| Gambar 4.9 Grafik Hasil Nilai Kuat Tekan Rata                                                                           | 65 |

## DAFTAR NOTASI

|                                                                  |                       |
|------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| $f'c$ = Kuat Tekan                                               | (Mpa)                 |
| $fcr$ = Kuat Tekan Rata-rata                                     | (Mpa)                 |
| $S$ = Deviasi Standar                                            | (Mpa)                 |
| $M$ = Nilai Tambah                                               | (Mpa)                 |
| $FAS$ = Faktor Air Semen                                         | –                     |
| $A$ = Berat contoh (SSD) kering permukaan jenuh                  | (gr)                  |
| $B$ = Berat contoh (SSD) didalam air                             | (gr)                  |
| $C$ = Berat contoh (SSD) kering oven (110°C) Sampai Konstan      | (gr)                  |
| $W_h$ = perkiraan jumlah air untuk agregat halus                 | (l/m <sup>3</sup> )   |
| $W_k$ = perkiraan jumlah air untuk agregat kasar                 | (l/m <sup>3</sup> )   |
| $B_{J_{Campuran}}$ = Berat jenis agregat campuran                | (gr/cm <sup>3</sup> ) |
| $B_{jh}$ = Berat jenis agregat halus                             | (gr/cm <sup>3</sup> ) |
| $B_{jk}$ = Berat jenis agregat kasar                             | (gr/cm <sup>3</sup> ) |
| $K_h$ = Persentase berat agregat halus terhadap agregat campuran | (%)                   |
| $K_k$ = Persentase berat agregat kasar terhadap agregat campuran | (%)                   |
| $W_{agregat\ campuran}$ = Kebutuhan berat agregat campuran beton | (Kg/m <sup>3</sup> )  |
| $W_{beton}$ = Berat beton per meter kubik                        | (Kg/m <sup>3</sup> )  |
| $W_{air}$ = Berat air per meter kubik beton                      | (Kg/m <sup>3</sup> )  |
| $W_{semen}$ = Berat semen per meter kubik beton                  | (Kg/m <sup>3</sup> )  |
| $P$ = Beban Kuat Tekan                                           | (kN)                  |
| $A$ = Luas Penampang Silinder                                    | (mm <sup>2</sup> )    |

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Beton merupakan salah satu bahan bangunan yang paling sering digunakan karena sifatnya yang unggul seperti daya tahan, kekuatan, dan kemudahan produksi. Namun dari keunggulannya produksi beton biasa memiliki dampak yang signifikan untuk lingkungan.

Di era percepatan pembangunan, sektor konstruksi menghadapi tantangan besar dalam menjaga kelestarian lingkungan. Penggunaan material bangunan secara masif, khususnya beton, telah memberikan dampak yang signifikan terhadap peningkatan emisi karbon dan kerusakan lingkungan akibat eksploitasi sumber daya alam. Beton yang merupakan bahan utama dalam konstruksi membutuhkan komponen agregat halus seperti pasir. Namun, penambangan pasir sering kali menyebabkan kerusakan sungai, penurunan kualitas air tanah, dan hilangnya habitat alami (Sizirici et al., 2021). Salah satu inovasi yang kini sedang dikembangkan adalah pemanfaatan limbah konstruksi, seperti serbuk batu bata yang tidak terbakar, sebagai pengganti agregat halus. Serbuk bata tidak terbakar merupakan material yang diproduksi tanpa melalui proses pembakaran seperti pada batu bata konvensional, sehingga dapat membantu mengurangi emisi gas rumah kaca. Selain itu, Batu bata merupakan salah satu komponen yang sangat penting pada suatu bangunan. Batu bata biasa digunakan sebagai komponen bahan utama dalam pembuatan rumah atau gedung, batu bata dipilih karena harganya yang relative murah, mudah diperoleh, memiliki kekuatan yang cukup tinggi, tahan terhadap cuaca (Frapanti et al., 2024).

Beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa penggunaan material limbah dalam campuran beton dapat meningkatkan sifat mekanik beton. Penelitian (Paulo B.cachim, 2009) dimana hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa batu bata yang dihancurkan dapat dapat digunakan sebagai pengganti agregat alam dalam persentase hingga 15% tanpa pengurangan kekuatan. Untuk substitusi agregat alami sebesar 30%, terjadi pengurangan sifat beton (hingga 20%, tergantung pada jenis

bata). Penelitian ini menunjukkan bahwa limbah dari bata, yang biasanya dianggap sebagai sampah, dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan sifat mekanik beton. (Kumar et al., 2020) “pemanfaatan bahan limbah dalam beton tidak hanya mengurangi dampak lingkungan, tetapi juga dapat meningkatkan sifat mekanik beton” dari ini menunjukkan bahwa ada potensi besar dalam penggunaan serbuk bata tanpa bakar sebagai alternatif agregat halus.

Dalam penelitian ini, serbuk bata tanpa bakar yang digunakan di ambil dari Laboratorium Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU) tanpa pemeriksaan komposisi kimia dan fisiknya. Walaupun demikian, penggunaan serbuk bata ini diharapkan dapat memberikan kontribusi positif terhadap kuat tekan beton. Penelitian Sari dkk (2021) menunjukkan bahwa proporsi serbuk bata yang optimal dalam campuran beton dapat meningkatkan kekuatan tekan hingga 20%. Temuan ini memberikan dasar nyata yang kuat untuk penelitian ini, yang bertujuan untuk mengeksplorasi potensi penggunaan serbuk bata tanpa bakar dalam campuran beton.

Maka dari itu penelitian ini bertujuan untuk mencari tahu potensi penggunaan serbuk bata tanpa bakar sebagai pengganti agregat halus dalam campuran beton. Penelitian ini diharapkan dapat memberi pengetahuan baru untuk pengembangan beton ramah lingkungan yang tidak hanya memenuhi standar kekuatan, tetapi juga berkontribusi terhadap keinginan lingkungan. Dari penelitian ini diharapkan dapat ditemukan proporsi optimal serbuk bata tanpa bakar yang dapat digunakan dalam campuran beton, sehingga menghasilkan beton kuat tekan yang baik dan dampak lingkungan yang lebih rendah.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah dibuat, maka dapat diambil rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimanakah nilai kuat tekan beton dengan variasi campuran serbuk limbah bata tanpa bakar?
2. Bagaimana perbandingan persentase nilai kuat tekan beton campuran terhadap beton normal?

3. Apakah serbuk bata tanpa bakar dapat digunakan sebagai bahan campuran dalam pembuatan beton

### **1.3 Ruang Lingkup Penelitian**

Pembatasan masalah ini dilakukan untuk menyempitkan focus pada isu-isu yang dibahas, sehingga penelitian dapat lebih terarah dan sesuai dengan tujuan yang telah ditentukan. Adapun beberapa Batasan masalah tersebut yaitu :

1. Penelitian ini dilakukan di laboratorium Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Perencanaan campuran beton berdasarkan SNI yang telah ditetapkan yaitu (Nasional, 2012) ( Tata Cara Pembuatan Rencana Beton Normal).
3. Benda uji yang digunakan adalah berupa silinder dengan diameter 15cm dan tinggi 30cm.
4. Kuat tekan beton yang direncanakan adalah  $f_c$  25 Mpa.
5. Pengujian kuat tekan beton dilakukan setelah perendaman selama 28 hari.
6. Semen yang digunakan yaitu semen PCC (Portland Cement Composit)
7. Substitusi agregat halus yaitu serbuk limbah bata tanpa bakar yang diambil dari Laboratorium Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara tanpa pemeriksaan komposisi kimia dan fisiknya.
8. Variasi campuran limbah serbuk bata tanpa bakar pada beton normal yaitu 25%, 50%, 75%.

### **1.4 Tujuan penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah yang telah didapatkan, maka tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui perbandingan nilai kuat tekan beton yang menggunakan serbuk bata tanpa bakar dengan beton normal?
2. Mengetahui hasil nilai kuat tekan beton yang optimal dengan variasi campuran limbah serbuk bata tanpa bakar?
3. Mengetahui apakah bata tanpa bakar dapat digunakan dalam campuran beton?

## **1.5 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari penelitian ini yaitu :

1. Penelitian ini juga diharapkan menjadi material konstruksi yang baru dan ramah lingkungan.
2. Memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan teknologi beton ramah lingkungan dengan memanfaatkan limbah serbuk bata tanpa bakar sebagai pengganti agregat halus.

## **1.6 Sistematika Penulisan**

Dalam tugas akhir ini, penulis menggunakan sistematika penulisan yang terdiri dari lima bab. Pada masing-masing bab terdapat sub bab yang memberikan penjelasan lebih terperinci terkait topik yang di bahas, yaitu :

### **BAB 1 PENDAHULUAN**

Pada bab ini menjelaskan tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan, ruang lingkup penelitian, dan manfaat dari tugas akhir ini serta dapat ditemukan tentang sistematika penulisan.

### **BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA**

Pada bab ini terdapat sub bab mengenai landasan teori dari penelitian terdahulu yang memaparkan teori-teori yang memiliki hubungan dengan masalah yang diteliti serta penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti-peneliti sebelumnya

### **BAB 3 METODE PENELITIAN**

Pada bab ini berisikan tentang uraian deskripsi mengenai penelitian yang akan dilaksanakan dengan menjelaskan variabel penelitian dan definisi operasional, penentuan jenis sampel, jenis dan sumber data, metode pengumpulan data, serta metode analisis.

### **BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada bab ini menguraikan deskripsi objek penelitian dengan pelaksanaan proses serta interpretasi data yang diperoleh untuk mencari makna dan hasil analisis.

### **BAB 5 PENUTUP**

Pada bab ini tentang kesimpulan serta saran dari hasil penelitian yang telah di lakukan.

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Pengertian Beton**

Beton merupakan pencampuran bahan-bahan yang terdiri dari bahan semen hidrolik (portland cement), agregat kasar, agregat halus, air dan bahan tambah (admixture atau additive). Kekuatan serta daya tahan (durability) beton merupakan fungsi dari berbagai faktor, di antaranya adalah nilai banding campuran dan mutu bahan penyusun, metode pelaksanaan pengecoran, pelaksanaan finishing, suhu, dan kondisi perawatan pengerasannya (Istimawan, Dipohusodo. 1994-1996). Beton yang paling umum digunakan saat ini adalah beton normal.

Kualitas beton bergantung pada komponen dasar penyusun beton, bahan tambahan, penerapan selama produksinya, dan alat - alat yang digunakan selama persiapan campuran beton. Kualitas beton dapat dikatakan baik apabila material yang digunakan baik, cara pencampurannya baik (homogen) proses pengaplikasiannya dilakukan dengan baik, alat - alat yang digunakan juga baik dan tingkat porositasnya rendah. Menurut Standar Nasional Indonesia 03-2847-2002 disebut beton normal jika beton memiliki  $2200\text{kg/m}^3 < \text{massa jenis} < 2500\text{kg/m}^3$  yang komponen utamanya adalah agregat alam dan/atau agregat buatan (stone crusher).

Faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas beton yang baik adalah sebagai berikut :

1. Rasio Air-semen
2. Jenis dan kualitas semen
3. Kualitas Agregat
4. Tambahan bahan kimia yang digunakan
5. Tambahan material yang digunakan
6. Pemilihan prosedur dan waktu pencampuran bahan susun beton

mutu beton benda uji silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm dikelompokkan menjadi :

Tabel 2.1. kuat tekan beton silinder 15 cm dan tinggi 30 cm (Hamdi et al., 2022)

| Jenis beton                                          | Kuat tekan beton         |
|------------------------------------------------------|--------------------------|
| Beton mutu rendah ( <i>low strength concrete</i> )   | < 20 MPa                 |
| Beto mutu sedang ( <i>medium strength concrete</i> ) | <21 MPa < $f'c$ < 41 MPa |
| Beton mutu tinggi ( <i>high strength concrete</i> )  | >41 MPa                  |

(Tjokrodimuldjo, 1996) beton mempunyai banyak kelebihan dan kekurangan dibandingkan dengan bahan konstruksi lainnya, beberapa kelebihanannya antara lain :

1. Beton merupakan material yang memiliki kekuatan tekan yang tinggi dan juga memiliki karakteristik tahan terhadap korosi atau pembekuan akibat kondisi lingkungan. Apabila diproduksi dengan cara yang benar, kekuatan tekannya setara dengan batuan alami.
2. Harga relatif terjangkau karena memanfaatkan bahan-bahan dasar dari sumber lokal, kecuali semen Portland. Hanya di wilayah tertentu yang sulit mendapatkan pasir atau kerikil yang mungkin membuat harga beton menjadi sedikit lebih tinggi.
3. Beton segar bisa dengan mudah diangkut atau dicetak dalam berbagai bentuk dan ukuran sesuai keinginan. Cetakan juga dapat digunakan kembali beberapa kali sehingga menjadi ekonomis.
4. Beton segar dapat disemprotkan pada permukaan beton yang sudah ada dan retak, atau dimasukkan ke dalam celah-celah beton saat melakukan perbaikan.
5. Beton segar dapat dipompakan sehingga memungkinkan untuk dicurahkan pada lokasi – lokasi yang letaknya sulit.
6. Kuat tekannya yang tinggi menyebabkan jika dipadukan dengan baja tulangan (yang memiliki kekuatan tarik yang tinggi) dapat dikatakan mampu digunakan untuk struktur berat. Beton dan baja dapat dikatakan memiliki koefisien muai yang hampir serupa. Saat ini, beton banyak digunakan untuk fondasi, dinding, jalan raya , landasan udara, gedung, penampung udara, pelabuhan, bendungan, jembatan, dan lain-lain.

Menurut (Tri Mulyono, 2004) selain memiliki kelebihan, beton juga memiliki kekurangan yaitu:

1. Beton segar menyusut selama proses pengeringan dan beton yang sudah keras mengembang ketika terkena udara, sehingga perlu dibuat dilatasi (contraction joint) pada beton yang panjang/lebar untuk memberikan ruang bagi pengurangan volume pada saat pengerasan dan perluasan beton
2. Beton keras akan mengembang dan menyusut ketika ada perubahan suhu, sehingga perlu dibuat dilatasi (expansion joint) untuk mencegah terjadinya retakan akibat perubahan suhu.
3. Beton memiliki kuat tarik yang rendah, sehingga rentan terhadap keretakan. Oleh karena itu, perlu dilengkapi dengan baja tulangan, atau tulangan kasa (mashes).
4. Beton sulit untuk bisa kedap air dengan sempurna, sehingga selalu dapat masuki air, dan air yang mengandung garam dapat merusak beton.
5. Beton memiliki sifat getas (tidak daktil) sehingga perlu dihitung dan didetail secara teliti agar setelah dikompositkan dengan baja tulangan menjadi bersifat daktil, terutama pada struktur yang tahan terhadap gempa.

## **2.2 Material penyusun beton**

beton merupakan material komposit yang terbentuk dari beberapa bahan penyusun utama, yaitu semen, agregat kasar, agregat halus, dan udara. Setiap komponen memiliki fungsi yang signifikan dalam menentukan mutu dan kekuatan beton.

### **2.2.1 Semen**

Semen merupakan material pengikat organik yang sangat penting digunakan dalam bangunan-bangunan pada era sekarang. Semen portland adalah material yang mengikat hidraulik yang berarti dapat mengeras dengan air.

Fungsi utama dari semen adalah untuk mengikat partikel-partikel agregat sehingga membentuk suatu massa yang padat dan mengisi ruang-ruang udara di antara partikel-partikel agregat. Meskipun komposisi semen dalam beton hanya

sekitar 10%, tetapi karena fungsinya sebagai bahan pengikat, peranan semen menjadi sangat penting (Mulyono, 2004). Dalam hal ini maka kita perlu mengetahui tipe semen yang menjadi standarisasi di Indonesia. Berdasarkan ASTM C150, semen dibagi menjadi lima tipe antara lain :

Tipe I : *Ordinary Portland Cement* semen untuk penggunaan umum, tidak memerlukan persyaratan khusus (panas hidrasi, ketahanan terhadap sulfat, kekuatan awal).

Tipe II : *Moderate Sulphate Cement* semen untuk beton yang tahan terhadap sulfat sedang dan mempunyai panas hidrasi sedang.

Tipe III : *High Early Strength Cement* semen untuk beton dengan kekuatan awal tinggi (cepat mengeras)

Tipe IV ; *Low Heat of Hydration Cement* semen untuk beton yang memerlukan panas hidrasi rendah, dengan kekuatan awal rendah.

Tipe V : *High Sulphate Resistance Cement* semen untuk beton yang tahan terhadap kadar sulfat tinggi

### **2.2.2 Air**

Air merupakan bahan penting dalam produksi beton karena dapat menentukan kualitas campuran beton. Fungsi air dalam campuran semen adalah membantu terjadinya reaksi kimia, proses pengikatan, dan sebagai pelumas antara campuran agregat dengan semen sehingga memudahkan pengerjaan.

Tujuan utama dari pemanfaatan air adalah untuk menghasilkan hidrasi yang merupakan reaksi kimia antara semen dan air yang membuat pencampuran ini menjadi keras setelah melewati waktu tertentu. Air yang diperlukan untuk proses hidrasi tidak dalam jumlah yang banyak, kira-kira 30% dari berat semen. Penambahan yang lebih banyak air harus dibatasi. Karena penggunaan udara yang berlebihan dapat mengakibatkan penurunan kekuatan beton. Kondisi kandungan dari air secara signifikan dipengaruhi oleh kelembaban dalam agregat. Apabila kondisi udara kering, pasta akan menyerap air. Dengan cara ini secara efektif menurunkan faktor air semen dan mengurangi kemampuan kerja. Di sisi lain, jika agregat terlalu basah, pasta akan berkontribusi air ke permukaan pasta, keduanya meningkatkan

kadar air semen dan kemampuan kerja tetapi menurunkan kekuatan. Pemakaian air untuk beton sebaiknya memenuhi persyaratan (SNI 03-6861.1-2002), SK SNI No. S-04-1989-F dan ASTM C-1602/C 1602M-06 yang meliputi :

- a. Air sebaiknya tidak mengandung lumpur (dan partikel melayang lainnya) melebihi 2 gr/liter, karena dapat mengurangi kekuatan rekat dan dapat mengembang (saat pengecoran karena pencampuran dengan air), serta dapat menyusut (saat beton mengeras karena air yang mengandung lumpur menyusut).
- b. Kandungan garam yang dapat merusak beton, seperti asam organik, sebaiknya tidak melebihi 15 gr/liter, karena dapat memiliki efek besar terhadap korosi.
- c. Kandungan klorida (Cl) dalam air sebaiknya tidak melebihi 0,5 gr/liter, karena dapat menyebabkan korosi pada tulangan beton.
- d. Air sebaiknya tidak mengandung senyawa sulfat melebihi 1 gr/liter, karena dapat mengurangi kualitas beton, membuatnya rapuh dan lemah.

### **2.2.3 Agregat Kasar**

Karakteristik agregat kasar berpengaruh pada kekuatan akhir beton yang telah mengeras dan ketahanannya terhadap kerusakan beton, cuaca, serta pengaruh-pengaruh merusak lainnya. Agregat kasar jenis mineral ini mesti bebas dari zat-zat organik dan harus memiliki ikatan yang baik dengan butir semen.

Proses pembuatan beton yang baik juga membutuhkan agregat yang berkualitas baik juga. Agregat untuk bahan bangunan sebaiknya dipilih yang memenuhi persyaratan sebagai berikut (Tjokrodinuljo, 1996):

- a. Butir-butirnya harus tajam, kuat, dan bersudut.
- b. Tidak boleh mengandung tanah atau kotoran lain yang lolos dari ayakan 0,075 mm.
- c. Harus bebas dari garam yang dapat menyerap air dan udara.
- d. Harus benar-benar tidak mengandung zat organik.
- e. Harus memiliki variasi besar butir (gradasi) yang baik sehingga rongganya sedikit (untuk pasir dengan modulus halus butirannya antara 2,50 – 3,80).
- f. Bersifat permanen, tidak hancur atau berubah akibat cuaca.

- g. Untuk beton yang memiliki tingkat keawetan tinggi, agregat harus memiliki tingkat reaktif negatif terhadap alkali.
- h. Untuk agregat kasar, tidak boleh mengandung butiran-butiran yang pipih dan panjang lebih dari 20 persen dari berat total.

#### 2.2.4 Agregat Halus

Batuan alami (agregat halus), adalah batuan yang lolos ayakan no. 4 atau ukuran 4,75 mm yang tertahan di saringan no. 200 (Mulyono, 2003). Agregat halus untuk beton dapat berupa pasir alami yang diperoleh dari pelapukan batu secara alami atau dapat juga berupa pasir buatan yang dihasilkan oleh industri pemecah batu.

Berdasarkan (SNI 03-6820-2002), kriteria agregat halus adalah sebagai berikut:

1. Agregat halus terdiri dari partikel-partikel agregat halus yang harus tahan lama. Dengan kata lain, tidak boleh rusak akibat pengaruh cuaca.
2. Kadar lumpur tidak boleh melebihi 5% (berdasarkan berat kering). Apabila kandungan lumpur lebih dari 5%, maka agregat perlu dibersihkan.

Tabel 2.2 ukuran agregat halus

| ukuran ayakan (mm) | nomor ayakan (No.) | persentase lolos ayakan |           |           |           |
|--------------------|--------------------|-------------------------|-----------|-----------|-----------|
|                    |                    | gradasi 1               | gradasi 2 | gradasi 3 | gradasi 4 |
| 10                 | 3/4"               | 100                     | 100       | 100       | 100       |
| 4,8                | No. 4              | 90 - 100                | 90 - 100  | 90 - 100  | 95 - 100  |
| 2,4                | No.8               | 60 - 95                 | 75 - 100  | 85 - 100  | 95 - 100  |
| 1,2                | No.16              | 30 - 70                 | 55 - 90   | 75 - 100  | 90 - 100  |
| 0,6                | No.30              | 15 - 34                 | 35 - 59   | 60 - 79   | 80 - 100  |
| 0,3                | No. 50             | 5 - 20                  | 8 - 30    | 12 - 40   | 15 - 50   |
| 0,15               | No. 100            | 0 - 10                  | 0 - 10    | 0 - 10    | 0 - 15    |

### **2.2.5 Bata Tanpa Bakar**

Batu bata merupakan salah satu material yang sudah sangat dikenal di masyarakat sebagai bahan konstruksi bangunan. Hal ini dapat dilihat dari banyaknya industri rumahan yang berkembang untuk memproduksi batu bata. Material ini umumnya digunakan dalam konstruksi sipil untuk membangun perumahan, gedung, dinding penahan, pagar, dan berbagai aplikasi lainnya dalam teknik sipil. Secara umum, batu bata berfungsi non-struktural yang sering dimanfaatkan dalam pembangunan gedung sebagai dinding penyekat ruangan, sembari memberikan nilai estetika dan keindahan.

Menurut Primayatma (1993), dalam proses pembuatan batu bata tanpa pembakaran, tahap akhir bukanlah pembakaran, melainkan pengeringan. Proses ini memungkinkan batu bata mengering secara bertahap. Pengeringan dilakukan selama 2-3 hari pada suhu kamar, berikutnya dilanjutkan dengan pemeliharaan selama 3-4 minggu dalam kondisi lembab, jauh dari hujan dan terik matahari.

Pembuatan bata tanpa bakar sejalan dengan konsep bangunan ramah lingkungan, karena mampu menghindari polusi udara akibat asap pembakaran dan mengurangi penggunaan kayu sebagai bahan bakar (Widodo & Artiningsih, 2021). Selain itu, bata tanpa bakar juga berkontribusi dalam menekan emisi gas rumah kaca yang biasanya dihasilkan selama proses pembakaran bata tradisional.

Ada beberapa cara agar tanah liat tanpa dibakar dapat dijadikan bata untuk pasangan dinding rumah dengan kekuatan yang cukup, minimal memenuhi syarat sesuai Standar Nasional Indonesia (SNI) yang telah ditetapkan. Ada yang memproduksi 6 bata tanpa bakar dengan bahan tanah liat dicampur dengan limbah industri dan limbah pertanian, dengan tujuan mengurangi polusi udara yang dihasilkan dari proses pembakaran. Limbah industri dan pertanian ini diharapkan memiliki sifat seperti semen karena dapat menyatukan mineral-mineral limbah dengan tanah liat sehingga bata tidak mudah pecah (Dhiaulhaq, 2019)

## **2.3 Kuat Tekan Beton**

Kekuatan tekan merupakan kemampuan beton untuk menampung gaya tekan per satuan luas. Kuat tekan beton menggambarkan kualitas dari suatu struktur.

Semakin tinggi tingkat kekuatan yang diinginkan dari struktur, semakin tinggi pula kualitas beton yang dihasilkan. Nilai kuat tekan beton diperoleh melalui prosedur pengujian yang standar, dengan menggunakan mesin uji yang memberikan beban tekan secara bertahap pada benda uji berbentuk silinder beton (diameter 150 mm, tinggi 300 mm) hingga mengalami kerusakan (Abdien, 2020).

Kuat tekan suatu parameter yang menunjukkan besarnya beban persatuan luas yang menyebabkan benda uji hancur oleh gaya tekan tertentu. Dapat dituliskan dengan persamaan (SNI 1974-2011) :

$$f_c : \frac{P}{A} \quad (2.1)$$

Keterangan :

$f_c$  = Kuat Tekan Beton (N/mm<sup>2</sup>)

P = Beban Maksimum (N)

A = Luas Penampang yang Menerima Beban (mm<sup>2</sup>)

Kuat tekan berperan sebagai parameter untuk menentukan mutu dan kualitas beton yang dipengaruhi oleh agregat, perbandingan semen, dan perbandingan jumlah udara. Pembuatan beton akan berhasil apabila pencapaian kuat tekan beton telah sesuai dengan yang direncanakan dalam mix design. Adapun faktor – faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton yaitu :

1. FAS atau faktor air semen, hubungan fas dengan kuat tekan beton semakin rendah nilai fas maka semakin tinggi nilai kuat tekan beton. Namun pada kenyataannya pada suatu nilai fas tertentu , semakin rendah nilai fas , maka kuat tekan beton akan rendah. Hal ini terjadi karena jika fas rendah menyebabkan adukan beton sulit dipadatkan. Dengan demikian ada suatu nilai optimal yang menghasilkan kuat tekan beton yang maksimal.
2. Umur beton, kekuatan umur beton akan meningkat sesuai dengan umur beton tersebut. Kecepatan penambahan kekuatan beton dipengaruhi oleh kecepatan dan suhu perawatan. Semakin tinggi kecepatannya, maka semakin lambat peningkatan kekuatan betonnya, dan semakin tinggi suhu perawatan maka semakin cepat peningkatan kekuatan betonnya.
3. Jenis air mani, kualitas pada berbagai jenis air mani memiliki laju peningkatan kekuatan yang berbeda.

4. Efisiensi dari perawatan (curing), kehilangan kekuatan hingga 40% dapat terjadi bila terjadi pengeringan sebelum waktunya. Perawatan adalah hal yang sangat penting pada pekerjaan di lapangan dan pada pembuatan benda uji

## **2.4 Slump Test**

Percobaan slump beton adalah suatu metode untuk menilai kelecikan campuran beton, yaitu kekentalan campuran yang bermanfaat dalam pekerjaan beton. Slump adalah ukuran nilai keruntuhan beton secara vertikal yang disebabkan oleh beton yang belum mencapai batas yield stress yang memadai untuk menahan beratnya sendiri karena ikatan antar partikelnya masih lemah sehingga tidak dapat mempertahankan ikatan aslinya. Pemeriksaan slump bertujuan untuk mengetahui konsistensi beton dan karakteristik kemudahan dalam pengerjaan (*workability*) sesuai dengan kriteria yang telah ditetapkan (Abdien, 2020).

Pengambilan nilai slump dilakukan untuk setiap campuran baik pada beton standar maupun beton yang menggunakan bahan additive dan bahan penambah (admixture). Pengujian slump dilakukan terhadap beton segar yang dituangkan ke dalam wadah berbentuk kerucut terpancung. Pengisian dilakukan dalam tiga lapisan yang masing-masing adalah  $\frac{1}{3}$  dari tinggi kerucut. Setiap lapisan harus dipadatkan dengan cara penusukan sebanyak 25 kali menggunakan tongkat besi anti karat. Setelah wadah penuh, permukaan atasnya ratakan menggunakan sendok air mani. Kemudian, kerucut yang diangkat ke atas secara vertikal dan slump dapat diukur dengan cara mengukur perbedaan tinggi antara wadah dan tinggi beton setelah wadah diangkat.

## **2.5 Penelitian Terdahulu**

Berbagai penelitian terkait dampak pengaruh limbah bata tanpa bakar telah dilakukan sebelumnya. Penelitian penelitian tersebut menjadi landasan untuk melakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh penggabungan jenis limbah ini terhadap nilai kuat tekan beton. Berikut merupakan ringkasan dari beberapa penelitian mengenai pengaruh limbah bata tanpa bakar terhadap nilai kuat tekan beton.

1. Penelitian yang dilakukan oleh (Syarif dkk., 2016) berjudul “ Analisa uji kuat tekan beton dengan bahan tambahan batu bata merah “. Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan :

a. Penelitian ini menunjukkan bahwa limbah batu bata merah dapat dimanfaatkan sebagai bahan tambahan dalam pembuatan beton, khususnya sebagai pengganti sebagian agregat halus (pasir). Hasil pengujian kuat tekan pada campuran beton dengan variasi 10%, 25%, dan 50% limbah batu bata merah memberikan performa yang beragam.

b. Pada umur 7 hari, semua variasi campuran masih menunjukkan kuat tekan yang relatif rendah. Namun, seiring bertambahnya umur beton menjadi 14 hari hingga 28 hari, kuat tekan mengalami peningkatan yang signifikan. Bahkan, hasil uji pada umur 28 hari menunjukkan bahwa beton dengan campuran 10% dan 25% limbah batu bata merah mampu mencapai dan melampaui kuat tekan beton normal K-200 ( $200 \text{ kg/cm}^2$ ).

c. Sebaliknya, pada campuran 50% limbah batu bata merah, meskipun masih menunjukkan peningkatan, hasilnya cenderung lebih rendah dibandingkan variasi 10% dan 25%. Hal ini menandakan bahwa proporsi tinggi penggunaan limbah bata merah justru dapat menurunkan kualitas beton.

Dengan demikian, pemanfaatan limbah batu bata merah sebagai pengganti agregat halus terbukti layak digunakan, khususnya pada proporsi maksimal 25%. Penggunaan pada kadar tersebut tidak hanya menjaga kualitas beton agar tetap memenuhi standar, tetapi juga memberikan alternatif solusi ramah lingkungan dalam mengurangi limbah konstruksi.

2. Penelitian oleh (Debieb & Kenai, 2008) yang berjudul “Pemanfaatan batu bata pecah kasar dan halus sebagai agregat pada beton ”. Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan :

a. Penelitian ini menegaskan bahwa batu bata pecah, baik dalam bentuk agregat kasar maupun halus, dapat dimanfaatkan sebagai bahan pengganti sebagian agregat alami dalam pembuatan beton. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sifat beton dengan agregat batu bata pecah cenderung memiliki berat jenis lebih rendah, daya serap air lebih tinggi, serta porositas lebih besar dibanding beton dengan agregat alami.

- b. Dari sisi kekuatan mekanik, beton dengan substitusi penuh (100%) batu bata pecah mengalami penurunan kuat tekan, kuat lentur, serta modulus elastisitas yang cukup signifikan. Penurunan kuat tekan pada umur 28 hari mencapai sekitar 30–40%, tergantung proporsi dan jenis agregat yang diganti. Selain itu, penggunaan batu bata pecah juga meningkatkan penyusutan (shrinkage) dan permeabilitas air, sehingga ketahanan beton terhadap kondisi lingkungan menjadi lebih rendah.
    - c. Namun, penelitian ini juga menunjukkan bahwa pemanfaatan batu bata pecah masih layak bila digunakan dalam proporsi terbatas, yaitu maksimal 25% untuk agregat kasar dan 50% untuk agregat halus. Pada batas tersebut, beton yang dihasilkan masih memiliki sifat fisik dan mekanik yang mendekati beton normal. Beton jenis ini lebih cocok diterapkan pada konstruksi non-struktural, seperti paving block, elemen pracetak ringan, atau pekerjaan konstruksi yang tidak membutuhkan kekuatan tinggi.  
Dengan demikian, pemanfaatan limbah batu bata pecah dapat menjadi solusi ramah lingkungan untuk mengurangi penggunaan agregat alam sekaligus meminimalkan masalah limbah konstruksi, asalkan digunakan pada kadar yang tepat dan bukan untuk beton struktural berkekuatan tinggi.
3. Penelitian (Paulo B. Cachim) dengan judul “ Sifat Mekanik Beton Agregat Bata “. Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan :
  - a. Penelitian ini membuktikan bahwa batu bata pecah dapat digunakan sebagai pengganti sebagian agregat kasar alami dalam pembuatan beton. Hasil uji menunjukkan bahwa penggantian hingga 15% tidak menurunkan kuat tekan beton, bahkan pada beberapa sampel terjadi peningkatan kecil. Namun, bila penggantian ditingkatkan hingga 30%, sifat mekanis beton mengalami penurunan hingga sekitar 20%, tergantung jenis bata yang digunakan.
  - b. Secara umum, sifat mekanik beton seperti kuat tekan, kuat tarik belah, modulus elastisitas, dan perilaku tegangan–regangan masih berada dalam batas wajar untuk penggunaan struktural ringan. Menariknya, karena sifat pori bata yang tinggi, agregat bata pecah mampu menyerap air dan melepaskannya kembali selama proses pengerasan, sehingga berfungsi

sebagai agen “self-curing” yang membantu hidrasi semen pada tahap lanjut.

4. Penelitian (Hermawan et al., 2021) berjudul “ Analisa Kuat Tekan Beton Akibat Pengaruh Penggunaan Limbah Batu Bata ”. Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan :
  - a. Penelitian ini membuktikan bahwa penggunaan serbuk limbah batu bata sebagai pengganti sebagian agregat halus berpengaruh terhadap kuat tekan beton. Hasil uji menunjukkan bahwa pada umur 7 hari, beton dengan campuran 10%, 15%, dan 20% serbuk batu bata memiliki kuat tekan rata-rata lebih rendah dibanding beton normal. Hal yang sama juga terlihat pada umur 28 hari, di mana seluruh variasi dengan tambahan serbuk bata menghasilkan kuat tekan yang lebih rendah dari beton normal.
  - b. Kuat tekan tertinggi diperoleh pada beton normal umur 28 hari, yaitu sekitar 23,75 MPa. Sedangkan beton dengan campuran serbuk batu bata hanya berada di kisaran 18–19 MPa, menurun sekitar 20–25% dari beton normal. Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa semakin besar persentase limbah batu bata yang ditambahkan, semakin menurun pula kuat tekan yang dihasilkan.

## 2.6 Konsep Penelitian Terdahulu

Limbah bata tanpa bakar yang dihasilkan dari eksperimen di laboratorium dapat dimanfaatkan sebagai bahan campuran beton dengan menggantikan sebagian agregat halus. Penggunaannya terbukti mampu meningkatkan nilai kuat tekan beton, terutama pada persentase substitusi  $\leq 25\%$  dan pada pengujian umur 7 hari. Hal ini disebabkan kandungan alumina pada bata tanpa bakar yang mempercepat proses hidrasi semen serta memperkuat ikatan pasta semen pada fase awal.

Namun, apabila pengujian kuat tekan dilakukan pada umur beton 28 hari, penggunaan limbah bata tanpa bakar tidak disarankan sebagai pengganti agregat halus karena dapat menurunkan nilai kuat tekan. Penurunan ini terjadi akibat terbentuknya *ettringite* berlebih dari kandungan alumina, yang berpotensi menimbulkan retak halus pada pasta semen (Neville, 1385). Selain itu, substitusi di

atas 25% juga tidak dianjurkan karena sifat porositas tinggi pada bata tanpa bakar dapat menyerap air berlebih dan mengurangi efektivitas hidrasi semen.

## **2.7 Hipotesa**

Hipotesa Pada penelitian yaitu, dari hasil penelitian terdahulu yang telah di baca maka dapat disimpulkan bahwa serbuk bata tanpa bakar pada substitusi agregat halus terhadap campuran beton mengalami kenaikan selama masih dibawah 25% dari campuran agregat halus, jika penggunaan serbuk bata merah pada substitusi agregat halus terhadap campuran beton dilakukan diatas 25%, maka terjadi penurunan terhadap nilai kuat tekan beton dalam 28 hari.

Hipotesa alternatif:

Substitusi serbuk bata tanpa bakar terhadap agregat halus dalam campuran beton sebesar  $\leq 25\%$  dapat meningkatkan kuat tekan beton pada umur 28 hari, sedangkan substitusi  $>25\%$  akan menurunkan kuat tekan beton.

Hipotesa nol:

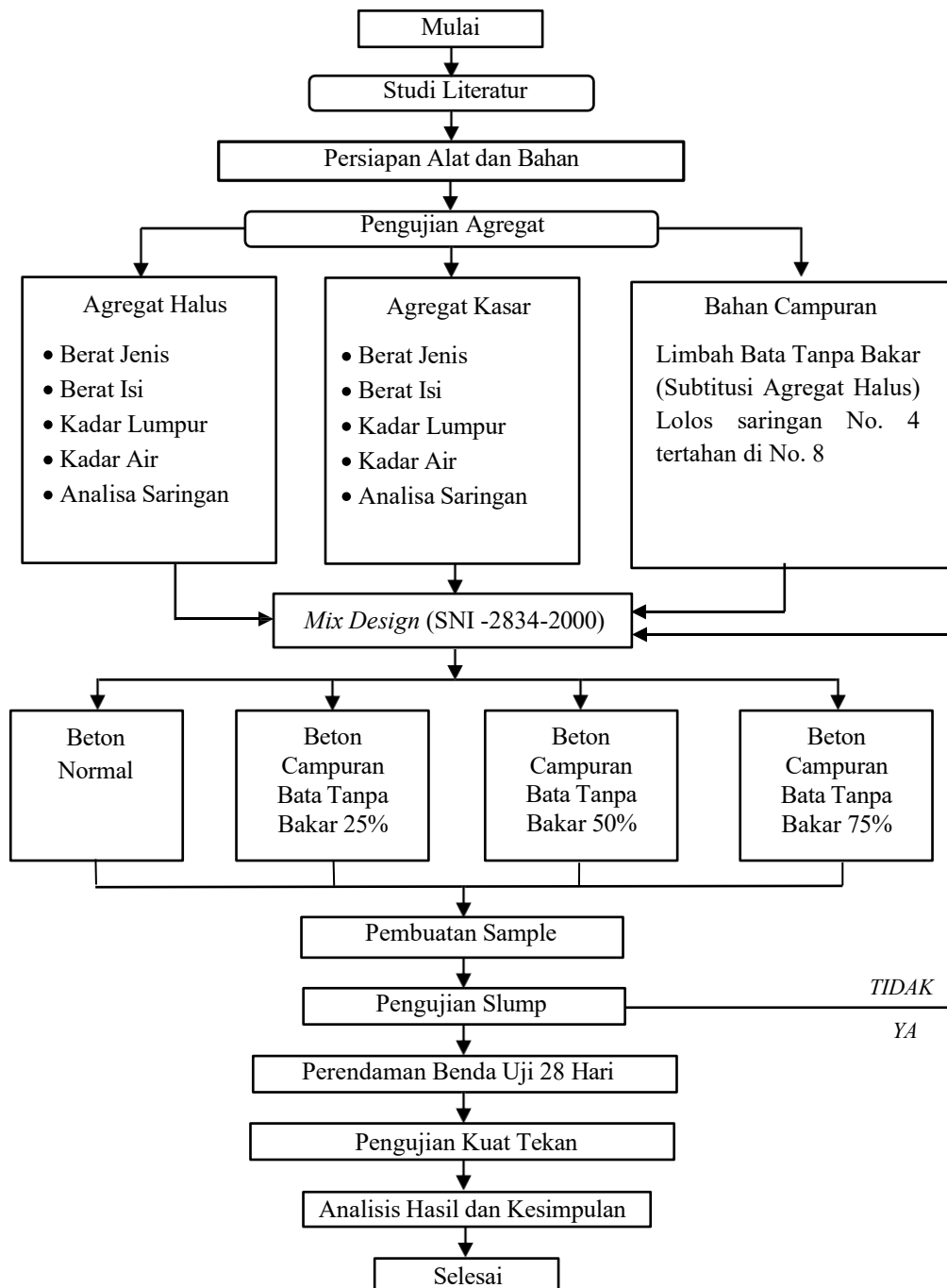
Substitusi serbuk bata tanpa bakar terhadap agregat halus dalam campuran beton tidak berpengaruh secara signifikan terhadap kuat tekan beton pada umur 28 hari.

## BAB 3

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Bagan Alir Penelitian

Berikut adalah bagan alir ada penelitian ini:



Gambar 3.1: Diagram Alir Penelitian

### 3.2 Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan secara eksperimen dengan memanfaatkan limbah bata tanpa bakar sebagai pengganti agregat halus dengan rencana  $f'c = 25$  Mpa. Beton tersebut akan dilakukan uji kuat tekan dan penelitian ini memerlukan beberapa data pendukung sebagai acuan dalam melaksanakan eksperimen. Adapun data pendukung yang diperlukan dari laboratorium yaitu :

#### 1. Data Primer

- a. Analisa Saringan SNI 03-1968-1990
- b. Berat Jenis dan Penyerapan SNI 1969-2016
- c. Pemeriksaan Kadar air dan penyerapan SNI 1971-2011
- d. Pemeriksaan berat isi agregat SNI 03-4804-1998
- e. Pemeriksaan kadar lumpur agregat SNI-03-4142-1996
- f. Perbandingan dalam campuran beton (Mix Design) mengacu pada SNI 03-2834-2000/ACI (American Concrete Institute)
- g. Pembuatan benda uji mengacu pada SNI 2493-2011
- h. Pemeriksaan nilai kekentalan beton segar (Slump Test) mengacu pada 1972-2008
- i. Pengujian kuat tekan SNI 1974-2011

#### 2. Data Sekunder

Data sekunder ini dapat diperoleh dari sumber terbuka seperti buku, jurnal , dan peraturan yang berlaku, seperti Standar Nasional Indonesia (SNI) dan American Society For Testing and Materials (ASTM) yang relevan dengan beton dan juga sebagai acuan dalam melakukan penelitian pembuatan beton ini. Berikut adalah data sekunder yang diperlukan dalam penelitian ini yaitu:

1. SNI (Standard Nasional Indonesia) 7656-2012, tentang tata cara pemilihan campuran beton normal, berat dan beton massa.
2. SNI (Standard Nasional Indonesia) 03-2834-2000, tentang tata cara pembuatan rencana campuran beton normal.
3. PBI (Peraturan Beton Indonesia), tentang peraturan tata cara pembuatan beton yang ditetapkan secara tertulis.
4. Buku-buku serta jurnal ilmiah, sebagai referensi dalam penelitian ini.

5. Laporan praktikum beton, sebagai referensi pendukung dalam penelitian ini.

Adapun langkah-langkah yang perlu dilakukan dalam melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Persiapan Material

Mempersiapkan material sebagai bahan penelitian yang akan dimanfaatkan seperti agregat halus, agregat kasar, semen, air, limbah bata tanpa bakar.

2. Pemeriksaan Material

Pemeriksaan material dilakukan dengan pemeriksaan dasar pada bahan-bahan yang akan digunakan seperti pemeriksaan kadar lumpur, kadar air, berat jenis, berat isi, dan analisa saringan.

3. Bata Tanpa Bakar

Limbah bata tanpa bakar yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai agregat halus diambil dari Laboratorium Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU) dengan spesifikasi bata tanpa bakar yang tertahan pada saringan no.4.

4. Mix Design

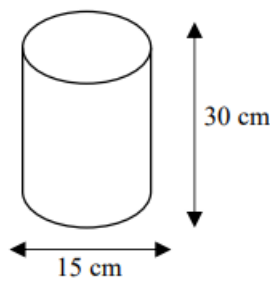
Dalam tahap proses mix design, peneliti mendapatkan bimbingan langsung dari dosen pembimbing untuk mengurangi kemungkinan terjadinya kesalahan-kesalahan saat menganalisis dan merencanakan kebutuhan pada campuran beton dengan perhitungan yang mengacu pada SNI ( Standar Nasional Indonesia).

5. Pembuatan Benda uji

Pembuatan benda uji dilaksanakan setelah menyiapkan bahan yang mau digunakan sesuai dengan proporsi yang telah direncanakan pada tahap mix design. Bahan campuran beton terdiri dari agregat kasar, agregat halus, semen, air, dan bahan substitusi yaitu bata tanpa bakar yang dicampurkan pada truk mixer.

6. Pencetakan Benda uji

Dalam tahapan pencetakan benda uji yang sudah dituangkan dari mixer ke dalam cetakan silinder untuk melakukan pengujian kuat tekan serta ukuran cetakan silinder yaitu dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm yang akan dibiarkan selama 24 jam.



Gambar 3.1 : Benda Uji

#### 7. Perawatan Benda uji

Perawatan benda uji dilaksanakan setelah mencetak benda uji selama 24 jam, kemudian beton akan direndam dalam bak yang berisi air sesuai dengan umur beton yang direncanakan, yaitu 28 hari. Setelah itu, beton diangkat dari bak perendam sesuai saat telah mencapai umur beton yang direncanakan, lalu dikeringkan.

#### 8. Pengujian Kuat tekan

Pengujian kuat tekan dilakukan setelah perawatan pada benda uji yang telah direndam selama 28 hari. Pengujian kekuatan tekan ini bertujuan untuk mengetahui nilai maksimum dari kekuatan tekan pada benda uji yang telah dibuat.

### 3.3 Waktu dan tempat penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Beton, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah. Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimen di laboratorium berupa analisis kuat tekan beton dengan bahan pengidibata tanpa bakar. Waktu penelitian direncanakan kurang lebih 4 bulan yakni mulai bulan Februari – April 2025.

### 3.4 Bahan dan Alat

#### 3.4.1 Bahan penelitian terdiri dari :

##### a. Semen

Penelitian ini menggunakan semen jenis potland tipe I dengan merk Semen Andalas 50 kg.

b. Agregat halus

Agregat halus (Pasir) yang digunakan berasal dari binjai.

c. Agregat kasar

Agregat kasar (batu split) yang digunakan berasal dari binjai.

d. Air

Air yang digunakan berasal dari PDAM Tirtanadi.

e. Bata tanpa bakar

Bata tanpa bakar digunakan sebagai bahan substitusi agregat halus yang berasal dari Laboratorium Universitas Muhammadiyah (UMSU).

### 3.4.2 Persiapan Bahan Tambah

Sebelum melakukan pencampuran beton, ada bahan tambah yang harus dipersiapkan yaitu serbuk bata tanpa bakar. Bata tanpa bakar di ambil dari limbah Laboratorium Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Untuk langkah-langkah mendapatkan serbuk tanpa bakar sebagai berikut:

1. Limbah bata tanpa bakar di tumbuk hingga halus.
2. Saring serbuk bata tanpa bakar dengan saringan no 4.
3. Selesai.

### 3.4.3 Alat

1. Satu set saringan untuk agregat halus dengan nomor ayakan berturut-turut :

- a. No. 4
- b. No. 8
- c. No. 16
- d. No. 30
- e. No. 50
- f. No. 100

untuk agregat kasar dengan nomor ayakan berturut-turut :

- a.  $1\frac{1}{2}$
- b.  $\frac{3}{4}$
- c.  $\frac{3}{8}$
- d. No.4

2. Timbangan digital.
3. Mesin pengaduk beton (Mixer), berfungsi untuk mencampur semua bahan.
4. Cetakan benda uji silinder 15 cm × 30 cm, dipakai sebagai wadah untuk benda uji beton.
5. satu set alat pengujian slump flow, yang terdiri dari : kerucut abrams, mistar, dan plat.
6. Bak perendam, digunakan untuk merendam beton yang telah dikeluarkan dari cetakan.
7. Mesin kompres (Compression testing machine), digunakan untuk menguji kuat tekan beton.
8. Piknometer, digunakan untuk melakukan pengujian berat jenis serta penyerapan dari serbuk bata tanpa bakar.
9. Stopwatch, berfungsi untuk mengukur waktu pengujian.
10. Gelas ukur, digunakan untuk mengukur air dan admixtures yang digunakan dalam pengerjaan beton.
11. Oven, berfungsi untuk mengeringkan sampel bahan.
12. Plastik ukuran 10 kg, sebagai wadah untuk bahan yang sudah siap untuk dicampur
13. Pan, digunakan untuk menjemur agregat halus dan sebagai alas pengaduk beton.

### 3.5 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan

Pengujian berat jenis dan penyerapan ini bertujuan untuk menentukan berat jenis curah, berat jenis permukaan, berat jenis semu , dan besarnya penyerapan pada agregat. Pengujian ini dilakukan sesuai dengan (SNI-1969-2016), berikut adalah rumus untuk berat jenis dan penyerapan:

$$\text{Berat Jenis Curah} = \frac{a}{(b-c)} \quad (3.1)$$

$$\text{Berat Jenis Kering Permukaan} = \frac{b}{(b-c)} \quad (3.2)$$

$$\text{Berat Jenis Semu} = \frac{a}{(a-c)} \quad (3.3)$$

$$\text{Penyerapan Air (\%)} = \left( \frac{b-a}{a} \right) \times 100\% \quad (3.4)$$

Keterangan:

a = Berat benda uji kering oven (gr)

b = Berat benda uji jenuh kering permukaan di udara (gr)

c = Berat benda uji jenuh kering permukaan di dalam air (gr)

### 3.6 Pengujian Berat isi

Pengujian berat isi bertujuan untuk mengetahui satuan isi pada agregat dalam keadaan gembur atau padat serta ruang udara dalam agregat. Pengujian berat isi Merujuk pada (SNI 4804, 1998) dengan rumus berat isi sebagai berikut :

$$\text{Berat Isi Agregat (kg/m}^3\text{ )} = \frac{M_c - M_m}{V_m} \quad (3.5)$$

Keterangan:

Mc = Berat wadah ukur yang diisi air (kg)

Mm = Berat wadah ukur (kg)

Vm = Volume wadah ukur (m<sup>3</sup> )

### 3.7 Pengujian Kadar lumpur

Pengujian kadar lumpur bertujuan untuk mengidentifikasi nilai kadar lumpur yang terdapat pada agregat agar dapat mencegah penurunan kualitas material sekaligus memastikan kadar lumpur sesuai dengan ketentuan batas yang berlaku. Pengujian kadar lumpur ini mengacu pada (Badan Standardisasi Nasional, 1996) berikut adalah langkah-langkah pengujian kadar lumpur pada agregat:

1. Siapkan agregat dalam keadaan kering.
2. Timbang tempat yang akan digunakan sebagai wadah pasir.
3. Siapkan pasir dengan berat 100 gr lalu masukkan kedalam gelas ukur 250 cc.
4. Masukkan air kedalam gelas ukur yang telah disediakan dengan ketinggian air 12 cm dari permukaan pasir
5. Goyangkan gelas ukur sebanyak 15 kali dan diamkan selama 1 menit, kemudian buang air yang keruh secara perlahan
6. Percobaan goyangan gelas ukur dilakukan sebanyak 5 kali hingga air pencucian menjadi air jernih

7. Pisahkan pasir dengan air, lalu pasir diletakkan ke wadah yang telah disediakan sebagai tempat pasir.
8. Masukkan pasir beserta wadahnya kedalam oven dengan suhu  $105^{\circ}\text{C} - 110^{\circ}\text{C}$  selama  $\pm 36$  jam.
9. Keluarkan pasir dan wadahnya dari oven dan dinginkan pada suhu udara ruangan setelah itu timbang dan catat
10. Hitung kadar lumpur dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Kadar Lumpur (\%)} = \frac{B_0 - B_1}{B_1} \times 100\% \quad (3.6)$$

Keterangan:

$B_0$  = Berat agregat sebelum pengujian (gr)

$B_1$  = Berat agregat sesudah pengujian (gr)

### 3.8 Pengujian Kadar Air

Pengujian kadar air pada agregat ini dimaksudkan untuk mengetahui nilai kadar air dan yang terdapat pada agregat serta dinyatakan dalam persen. Pengujian ini Merujuk pada (SNI-1969,2011) mengenai Metode Pengujian Kadar Agregat, Dengan rumusan sebagai berikut:

$$\text{Kadar Air Agregat (\%)} = \frac{W_3 - W_5}{W_5} \times 100 \% \quad (3.7)$$

Keterangan :

$W_3$  = Berat benda uji sebelum oven (gr)

$W_5$  = Berat benda uji sesudah oven (gr)

Sebelum dilakukan pengujian kadar air, ada beberapa langkah yang harus dilakukan yaitu:

Menimbang berat wadah =  $W_1$

Menimbang berat benda uji sebelum oven dan wadah =  $W_2$

Menimbang berat benda uji sebelum oven =  $W_3$

$W_3 = (W_2 - W_1)$  Menimbang berat uji sesudah oven dan berat wadah =  $W_4$

Menimbang berat benda uji sesudah oven =  $W_5$

$W_5 = (W_4 - W_1)$

Menghitung berat air =  $W_6$

$W_6 = (W_2 - W_4)$

### **3.9 Analisa Saringan**

Pengujian analisa saringan ini Merujuk pada (SNI 03-1968-1990) yang bertujuan untuk menghasilkan agregat yang lolos satu set saringan dan menghasilkan agregat dengan ukuran yang cocok untuk agregat halus maupun agregat kasar dalam suatu campuran beton tertentu. Berikut adalah langkah-langkah pengujian analisis saringan:

- a. mengambil benda uji yang telah disiapkan 34
- b. benda uji dimasukkan ke dalam oven dan dikeringkan dengan suhu  $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ , sampai berat tetap.
- c. Saring benda uji menggunakan saringan dengan susunan saringan yaitu ukuran saringan yang paling besar ditempatkan paling atas. Saringan diguncangkan secara manual ataupun menggunakan mesin selama 15 menit. Adapun satu set saringan dengan ukuran yaitu: 3,75 mm (3"); 63,5 mm (2 1/2"), 50,8 mm (2"); 37,5 mm (1 1/2"); 25 mm (1"); 19,1 mm (3/4"); 12,5 mm (1/2"); 9,5 mm (3/8"); No. 4 (4,75 mm); No. 8 (2,36 mm); No. 16 (1,18 mm); No. 30 (0,600 mm); No. 50 (0,300 mm); No. 100 (0,150 mm); No. 200 (0,075 mm).

### **3.10 Serbuk Bata Tanpa Bakar**

Limbah bata tanpa bakar yang digunakan sebagai bahan substitusi agregat halus pada penelitian ini berasal dari hasil eksperimen di laboratorium Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Limbah yang dipilih merupakan limbah murni yang tidak tercampur dengan material lain. Proses pembuatan bata tanpa bakar dilakukan melalui pengeringan di bawah sinar matahari secara alami maupun menggunakan oven. Setelah proses pengeringan, bata tanpa bakar dihancurkan hingga bertekstur halus, kemudian dilakukan pengayakan dengan saringan agregat halus. Material yang lolos saringan No. 4 dan tertahan pada saringan No. 8 selanjutnya bahan tersebut digunakan sebagai campuran dalam pembuatan beton.

### 3.11 Desain dan Jumlah Benda Uji

Desain benda uji silinder ukuran 15 x 30 cm<sup>2</sup> untuk pengujian kuat tekan beton bata tanpa bakar Variasi persentase : 25%, 50%, 75% Jumlah benda uji yang akan dibuat dapat dilihat pada Tabel 3.1 dibawah:

Tabel 3.1: Jumlah benda uji

| Beton                   | Umur Pengujian<br>(Hari) | Jumlah sampel<br>(silinder) |
|-------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| Beton Normal            | 28                       | 3                           |
| Bata Tanpa Bakar<br>25% | 28                       | 3                           |
| Bata Tanpa Bakar<br>50% | 28                       | 3                           |
| Bata Tanpa bakar<br>75% | 28                       | 3                           |
| Jumlah                  |                          | 12                          |

### 3.12 Pembuatan Benda uji

Benda uji dibuat menggunakan cetakan silinder berbentuk tabung dengan ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm , dan akan dilakukan pengujian kuat tekan sebanyak 12 buah benda uji. Adapun cara pembuatan benda uji sebagai berikut:

1. Siapkan bahan penyusun beton sesuai dengan perhitungan pada proses Mix Design.
2. Siapkan mesin mixer sebagai alat untuk mengaduk campuran beton .
3. Masukkan bahan penyusun beton secara perlahan, dimulai dari agregat kasar, agregat halus, dan semen.
4. Masukkan udara yang sudah diukur pada gelas ukur yang telah disiapkan sesuai takaran yang telah diperhitungkan pada proses Mix Design .
5. Nyalakan mesin mixer dan tunggu hingga tercampur secara merata .
6. Setelah itu, masukkan beton segar secara perlahan ke kerucut abrams .

7. Mempersiapkan cetakan silinder yang telah diolesi oli .
8. Hitung nilai slump yang diperoleh dari beton segar yang telah dibuat.
9. Masukkan beton segar ke dalam cetakan silinder secara bertahap, mulai dari 1/3 bagian, 2/3 bagian, hingga penuh, dan setiap bagian dilakukan rojok sebanyak 25 kali untuk mengeluarkan rongga udara yang tertampung di dalam cetakan.
10. Setelah campuran beton sampai penuh terisi, langkah selanjutnya yaitu mengetuk bagian luar cetakan dengan palu karet, lalu ratakan dan padatkan bagian permukaan atas menggunakan cetok.
11. Diamkan cetakan silinder yang berisi beton segar selama satu hari atau 24 jam. Setelah itu, keluarkan beton dari cetakan dan lakukan perawatan beton (curing) sebelum dilakukan pengujian.

### 3.13 Mix Design

Mix design adalah suatu proses teoritis yang bertujuan untuk menetapkan persentase dan komposisi dari bahan-bahan yang akan digunakan sebagai material pembentuk beton agar mencapai biaya yang lebih efisien, memenuhi kekuatan dan keawetan yang sesuai dengan rencana, serta memiliki kelecekan yang tepat sehingga mempermudah pekerjaan.

Pada tahap ini, penelitian mengikuti SNI-03-2834-2000 sebagai pedoman dalam proses perencanaan campuran adukan beton (Mix Design). Perencanaan campuran adukan beton menurut SNI 03-2834-2000 adalah sebagai berikut:

1. Menentukan kekuatan kuat yang direncanakan  $f_c'$  pada umur tertentu
2. Menghitung rumus deviasi standar

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (3.8)$$

Dengan:

S = Deviasi Standar

$x_i$  = Kuat tekan beton yang didapat dari masing-masing benda uji

$\bar{x}$  = Kuat tekan beton rata-rata menurut rumus

$$\frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (3.9)$$

Bata tanpa bakar sebagai pengganti agregat halus :

Tabel 3.2 : Komposisi Campuran

| Tipe Beton                          | Semen (%) | Bata Tanpa Bakar (%) | Agregat kasar (%) | Agregat Halus (%) | Air (%) | Jumlah |
|-------------------------------------|-----------|----------------------|-------------------|-------------------|---------|--------|
| Beton Normal                        | 100       | -                    | 100               | 100               | 100     | 3      |
| Beton Campuran Bata Tanpa Bakar 25% | 100       | 25                   | 100               | 75                | 100     | 3      |
| Beton Campuran Bata Tanpa Bakar 50% | 100       | 50                   | 100               | 50                | 100     | 3      |
| Beton Campuran Bata Tanpa Bakar 75% | 100       | 75                   | 100               | 25                | 100     | 3      |

### 3.14 Pengujian Slump

Pengujian slump dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui tingkat kekentalan adonan beton segar yang ingin digunakan agar mencapai nilai kuat tekan yang direncanakan. Pengujian slump menggunakan kerucut abrams, langkah-langkah pengujian slump sebagai berikut:

1. Memasukkan beton segar ke dalam kerucut abrams dengan cepat secara bertahap sebanyak 3 lapis.
2. Meratakan adukan pada bidang atas kerucut abrams lalu biarkan selama 30 detik.
3. Mengangkat kerucut abrams secara vertikal dan perlahan tanpa harus bersinggungan dengan campuran beton.

4. Kemudian melakukan pengukuran tinggi terhadap penurunan beton segar dari bagian atas kerucut abrams, dan dilakukan pengukuran sebanyak tiga kali dengan mistar atau meteran, lalu hasilnya dirata-rata.
5. Rata-rata nilai adalah hasil dari nilai slump yang dihitung pada campuran beton yang baru.

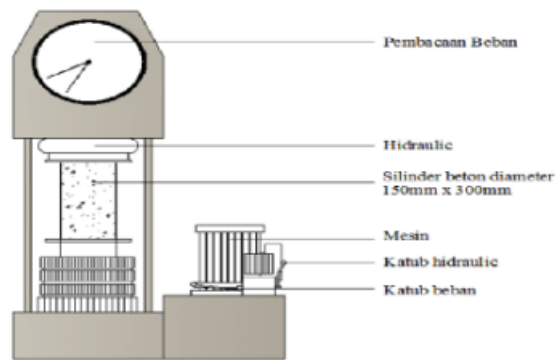
Prosedur metode pemadatan untuk nilai slump

- a. Lapis pertama , 25 tumbukan dilakukan pada campuran beton yang baru dengan  $\frac{1}{3}$  bagian dari tinggi kerucut .
- b. Lapis kedua , 25 tumbukan dilakukan pada campuran beton yang baru dengan  $\frac{2}{3}$  bagian dari tinggi kerucut.
- c. Lapis ketiga , 25 tumbukan dilakukan pada campuran beton yang baru sampai pada bagian atas permukaan kerucut.
- d. pengukuran nilai slump beton yang baru.

### **3.15 Pengujian Kuat Tekan dengan Mesin Compression Machine Test**

Compression Machine Test adalah mesin pengukur yang digunakan untuk menentukan kuat tekan pada bahan uji sampel beton, dan hasil dari pengujian kuat tekan akan dijadikan patokan untuk kualitas beton yang digunakan dalam konstruksi . Berikut adalah langkah-langkah untuk menguji kuat tekan yaitu:

1. Mengangkat silinder beton dari tempat perendaman, kemudian mengeringkan permukaan silinder beton dengan cara di lap atau diangin-anginkan .
2. Menimbang dan mencatat berat dari sampel beton silinder.
3. Meratakan bagian atas permukaan beton menggunakan belerang cair yang telah dipanaskan .
4. Tempatkan sampel pada mesin pengujian kuat tekan (Compression Machine Test) yang telah disiapkan dan menghidupkan mesin pengujian agar alat pengujian menekan sampel beton dengan perlahan.
5. Mencatat hasil kuat tekan yang ditampilkan pada mesin kuat tekan untuk setiap sampelnya.



Gambar 3.2 : Alat Pengujian Kuat Tekan  
(Compression Machine Test)

## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Umum

Pada pemeriksaan awal yang dilakukan, penulis memperoleh data-data mengenai material yang meliputi Analisa Saringan, Berat Jenis Agregat, Kadar Air Agregat, Berat Isi Agregat, dan Kadar Lumpur Agregat. Pemeriksaan ini dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dengan mengacu pada pedoman SNI dan Buku Teknologi Beton.

#### 4.2. Pemeriksaan Agregat Kasar

##### 4.2.1 Analisa Gradasi Agregat Kasar

Dari Hasil pengujian analisa gradasi agregat kasar dengan spesifikasi ukuran maksimal 40 mm. Serta mengacu pada SNI 03-1968-1990 tentang analisa saringan agregat kasar. diperoleh nilai analisis gradasi agregat kasar yang dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.1: Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar

| Ukuran Ayakan          | Berat Tertahan |          |       | Kumulatif      |                |             |
|------------------------|----------------|----------|-------|----------------|----------------|-------------|
|                        | Sampel 1       | Sampel 2 | Total | Berat Tertahan | Berat Tertahan | Berat Lolos |
| mm                     | gr             | Gr       | gr    | %              | %              | %           |
| 38,1 (1,5 in)          | 0              | 0        | 0     | 0              | 0              | 100         |
| 19,0 (3/4 in)          | 680            | 605      | 1285  | 42,8           | 42,8           | 57,2        |
| 9,52 (3/8 in)          | 385            | 355      | 740   | 24,7           | 67,5           | 32,5        |
| 4,75 ( No.4)           | 460            | 515      | 975   | 32,5           | 100,00         | 3,00        |
| Pan                    |                |          |       |                |                |             |
| Jumlah                 | 1525           | 1475     | 3000  | 100            | 710,3          |             |
| FM (Modulus Kehalusan) |                |          |       |                | 7,10           |             |

Jumlah persentase kumulatif yang tertahan = 710,3 %

$$\text{FM (Modulus Kehausan)} = \frac{\text{Jumlah \% kumulatif tertahan}}{100}$$

$$= \frac{710,3}{100}$$

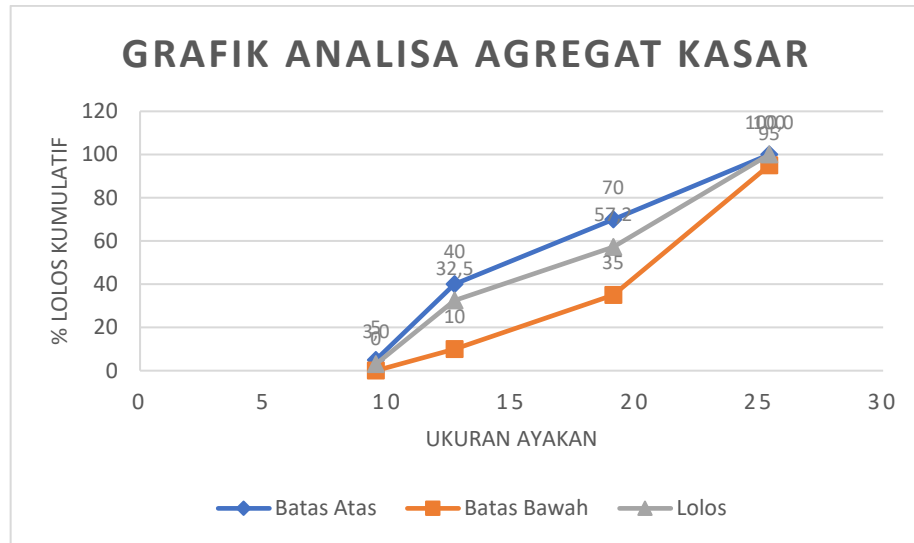
$$= 7,10$$

Hasil pengujian analisis saringan tidak hanya bertujuan untuk menentukan nilai modulus kehalusan, tetapi juga untuk mengetahui batas gradasi agregat kasar. Batas daerah gradasi agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2: Daerah 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 4.2, gradasi agregat kasar mengikuti persyaratan gradasi dengan ukuran butir maksimum 40 mm. Namun, pada analisis saringan agregat kasar ini ditemukan gradasi menengah karena tidak terpenuhinya fraksi ukuran 20 mm dan 10 mm. Ketidak lengkapan salah satu fraksi ukuran tersebut dapat menyebabkan peningkatan volume pori (ruang hampa) pada beton. Variasi ukuran agregat kasar yang tepat dapat mengurangi volume pori, sehingga menghasilkan beton yang lebih padat. Grafik yang menunjukkan hubungan antara persentase lolos kumulatif dan persentase material butiran yang lewat saringan dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1: Grafik Gradasi Agregat Kasar

#### 4.2.2 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Berdasarkan hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar yang mengacu pada standar SNI 1969-2016, diperoleh data-data yang tertera pada tabel 4.3 Data tersebut menunjukkan berat jenis dan penyerapan agregat kasar yang telah diperiksa. Tabel tersebut mencakup tiga jenis berat jenis yaitu berat jenis sampel kering, berat jenis kering permukaan (SSD), dan berat jenis semu. Dari percobaan ini diperoleh nilai rata-rata berat jenis sampel kering sebesar 2,473 gr, berat jenis kering permukaan sebesar 2,491 gr, dan berat jenis semu sebesar 2,5194 gr. Dengan demikian, nilai penyerapan rata-rata yang diperoleh dari percobaan ini adalah 0,75%. Kriteria berat jenis agregat terpenuhi jika berat jenis sampel kering lebih kecil dari berat jenis SSD, dan berat jenis SSD lebih kecil dari berat jenis semu.

Tabel 4.3: Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

| <i>COARSE AGREGATS (Agregat Kasar) Passing No.3/8 (Lolos Ayakan No.3/8)</i>      | Sampel 1 (gr) | Sampel 2 (gr) | Rata-Rata |
|----------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------|-----------|
| <i>Wt Of SSD Sample in Air (Berat Contoh SSD Kering Permukaan Jenuh) (A)</i>     | 2510          | 2470          | 2490      |
| <i>Wt Of Oven Dry Sample (Berat Contoh Kering Oven 110°C Sampai Konstan) (C)</i> | 2491          | 2452          | 2471,5    |
| <i>Wt Of Flask + Water (Berat Piknometer Penuh Air) (B)</i>                      | 1501          | 1480          | 1490,5    |

Tabel 4.3: *Lanjutan*

| <i>COARSE AGREGATS</i> (Agregat Kasar) <i>Passing No.3/8</i> (Lolos Ayakan No.3/8) | Sampel 1<br>(gr) | Sampel 2<br>(gr) | Rata-Rata |
|------------------------------------------------------------------------------------|------------------|------------------|-----------|
| <i>Bulk Sp Gravity Dry</i> (Berat Jenis Contoh Kering) C/(A-B)                     | 2,469            | 2,477            | 2,473     |
| <i>Bulk Sp Gravity SSD</i> (Berat Jenis Contoh Kering SSD) A/(A-B)                 | 2,488            | 2,495            | 2,491     |
| <i>Apparent Sp Gravity Dry</i> (Berat Jenis Contoh Semu) C/(C-B)                   | 2,516            | 2,523            | 2,519     |
| <i>Absorption</i> (Penyerapan) $( (A-C) / C ) \times 100\%$ (%)                    | 0,76             | 0,73             | 0,75      |

#### 4.2.3 Kadar Lumpur Agregat Kasar

Dari hasil pengujian didapat nilai kadar lumpur pada sampel 1 sebesar 0,5% dan pada sampel 2 sebesar 0,3%. Oleh karena itu rata-rata nilai kadar lumpur pada kedua sampel adalah sebesar 0,40%. Hasil pemeriksaan kadar lumpur agregat kasar yang mengacu pada SNI 03-4142-1996 yang dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4: Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Kasar.

| <b>Agregat Kasar Lolos Saringan No.3/8 mm</b> | <b>Sampel 1<br/>(gr)</b> | <b>Sampel 2<br/>(gr)</b> | <b>Rata-Rata</b> |
|-----------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------|
| Berat Contoh Kering: A (gr)                   | 1500                     | 1500                     | 1500             |
| Berat Kering Contoh Setelah Dicuci : B (gr)   | 1492                     | 1496                     | 1494             |
| Berat Kotoran Agregat : C (gr)                | 8                        | 4                        | 6                |
| Persentase Kotoran Agregat (%)                | 0,5                      | 0,3                      | 0,40             |

#### 4.2.4 Berat Isi Agregat Kasar

Hasil pengujian berat isi agregat kasar dilakukan dengan tiga cara, yaitu cara lepas, cara tusuk, dan cara penggoyangan. Maka hasil pengujian berat isi agregat kasar pada percobaan ini tertera pada tabel 4.5.

Tabel 4.5: Hasil pengujian berat isi agregat kasar

| Pengujian                       | Cara     |          |              | Rata-Rata |
|---------------------------------|----------|----------|--------------|-----------|
|                                 | Lepas    | Tusuk    | Penggoyangan |           |
| Berat Contoh (gr)               | 29405    | 27010    | 24980        | 27131,67  |
| Berat Wadah (gr)                | 6500     | 6500     | 6500         | 6500      |
| Berat Contoh & Wadah (gr)       | 35905    | 33510    | 31480        | 33631,7   |
| Volume Wadah (gr)               | 15465,21 | 15465,21 | 15465,21     | 15465,21  |
| Berat Isi (gr/cm <sup>3</sup> ) | 1,90     | 1,75     | 1,62         | 1,75      |

Dari hasil pengujian berat isi agregat kasar dalam penelitian ini diperoleh nilai 1,75 gr/cm<sup>3</sup> , nilai ini masih berada dalam batas yang diizinkan yaitu minimal 1,2 gr/cm<sup>3</sup> sesuai dengan ketentuan yang tercantum dalam (SNI No.52-1980).

#### 4.2.5 Kadar Air Agregat Kasar

Dalam pemeriksaan agregat kasar diperoleh kadar air agregat sebagai berikut:

Tabel 4.6: Hasil pengujian Kadar Air Agregat Kasar

| COARSE AGREGAT                                                                       | 1    | 2    |
|--------------------------------------------------------------------------------------|------|------|
| <i>Wt Of SSD Sample &amp; Mold</i> (Berat Contoh SSD dan Berat Wadah) gr             | 2010 | 1995 |
| <i>Wt Of SSD Sample</i> (Berat Contoh SSD)                                           | 1515 | 1515 |
| <i>Wt Of Oven Dray Sample &amp; Mold</i> (Berat Contoh Kering Oven & Berat Wadah) gr | 1995 | 1985 |
| <i>Wt Of Mold</i> (Berat Wadah) gr                                                   | 495  | 480  |
| <i>Wt Of Water</i> (Berat Air) gr                                                    | 15   | 10   |
| <i>Wt Of Oven Dray Sample</i> (Berat Contoh Kering) gr                               | 1500 | 1505 |
| <i>Water Content</i>                                                                 | 1,00 | 0,66 |
| <i>Avarege</i>                                                                       | 0,83 |      |

Pelaksanaan pengujian kadar air agregat kasar mengacu pada SNI 1971-2011. Dari pengujian kadar air agregat kasar pada percobaan ini dengan percobaan 2 sample dimana nilai kadar air pada sample 1 sebesar 1,00 % dan sample 2 sebesar 0,66 % sehingga di dapat nilai rata-rata sebesar 0,83 %.

### 4.3. Pemeriksaan Agregat Halus

#### 4.3.1 Analisa Gradasi Agregat Halus

Pelaksanaan pengujian analisa saringan mengacu pada SNI 03-1968-1990 tentang analisa saringan agregat halus. Hasil dari pengujian yang dilakukan dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 4.7: Hasil Pengujian Analisa Gradasi Agregat Halus Dengan Batas Zona 2

| Ukuran Ayakan          | Berat Tertahan |          |       | Kumulatif      |                |             |
|------------------------|----------------|----------|-------|----------------|----------------|-------------|
|                        | Sampel 1       | Sampel 2 | Total | Berat Tertahan | Berat Tertahan | Berat Lolos |
| mm                     | gr             | Gr       | gr    | %              | %              | %           |
| 9,5 (3/8 inch)         | 0              | 0        | 0     | 0              | 0              | 100         |
| 4,75 (No 4)            | 75             | 85       | 160   | 6,40           | 6,40           | 93,60       |
| 2,36 (No 8)            | 90             | 105      | 195   | 7,80           | 14,20          | 85,80       |
| 1,18 (No 16)           | 140            | 150      | 290   | 11,60          | 25,80          | 74,20       |
| 0,6 (No 30)            | 445            | 390      | 835   | 33,40          | 59,20          | 40,80       |
| 0,3 (No 50)            | 330            | 365      | 695   | 27,80          | 87,00          | 13,00       |
| 0,15 (No 100)          | 105            | 85       | 190   | 7,60           | 94,60          | 5,40        |
| Pan                    | 65             | 70       | 135   | 5,40           | 100,00         | 0,00        |
| Jumlah                 | 1250           | 1250     | 2500  |                | 287,5          |             |
| FM (Modulus Kehalusan) |                |          |       |                | 2,87           |             |

Berdasarkan Tabel 4.7 Hasil pemeriksaan analisa saringan agregat halus maka diperoleh Nilai Modulus Halus Butir (MHB) sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{FM (Modulus Kehalusan)} &= \frac{\text{Jumlah kumulatif Tertahan (\%)}}{100} \\
 &= \frac{287,2}{100} \\
 &= 2,87
 \end{aligned}$$

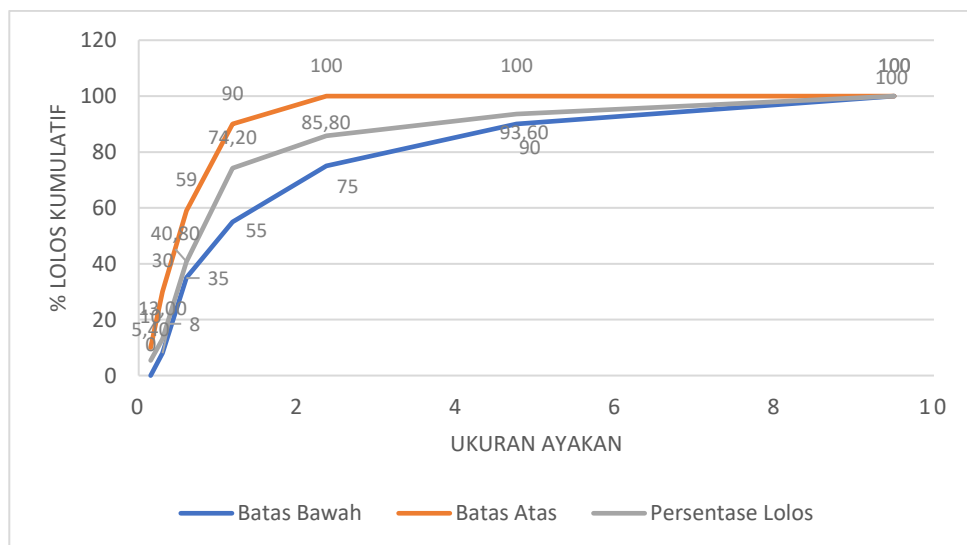
Dari hasil pemeriksaan analisa saringan agregat halus dalam percobaan ini diperoleh nilai FM sebesar 2,87%. Nilai ini masih memenuhi syarat untuk

dikategorikan sebagai agregat halus, karena berada dalam rentang yang diijinkan, yaitu antara 1,5% - 3,8%, yang termasuk dalam zona 2.

Tabel 4.8: Daerah Batas Gradasi Agregat Halus

| Nomor Saringan | Lubang Saringan (mm) | Persen 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     |
| 100            | 0,15                 | 0-10                               | 0-10      | 0-10       | 0-15      |

Berdasarkan Tabel 4.8 agregat halus yang digunakan memenuhi persyaratan gradasi agregat halus yaitu termasuk di daerah II dengan jenis pasir sedikit kasar. Berikut merupakan grafik yang menunjukkan hubungan antara persentase lolos kumulatif dengan persen bahan butiran yang lewat saringan gradasi daerah dapat dilihat Gambar 4.2.



Gambar 4.2: Grafik Gradasi Agregat Halus

#### 4.3.2 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Dalam pemeriksaan agregat halus, diperoleh nilai berat jenis dan penyerapan agregat sebagai berikut:

Tabel 4.9 Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus

| <i>FINE AGREGATS</i> (Agregat Halus) <i>Passing No.4</i> (Lolos Ayakan No.4)             | Sampel 1 (gr) | Sampel 2 (gr) | Rata-Rata |
|------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------|-----------|
| <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 Kering Oven 110°C Sampai Konstan) (E)         | 495           | 490           | 492,5     |
| <i>Wt Of Flask + Water</i> (Berat Piknometer Penuh Air) (D)                              | 670           | 660           | 665       |
| <i>Wt Of Flask + Water + Sampel</i> (Berat Contoh SSD di dalam Piknometer Penuh Air) (C) | 970           | 965           | 967,5     |
| <i>Bulk Sp Gravity Dry</i> (Berat Jenis Contoh Kering) $E/(B+D-C)$                       | 2,48          | 2,51          | 2,49      |
| <i>Bulk Sp Gravity SSD</i> (Berat Jenis Contoh Kering SSD) $B/(B+D-C)$                   | 2,50          | 2,56          | 2,53      |
| <i>Apparent Sp Gravity Dry</i> (Berat Jenis Contoh Semu) $E/(E+D-C)$                     | 2,54          | 2,65          | 2,59      |
| <i>Absorption</i> (Penyerapan) $((B-E) / E) \times 100\%$ (%)                            | 1,01          | 2,04          | 1,53      |

Berdasarkan hasil pemeriksaan uji berat jenis penyerapan agregat halus dari 2 sample dengan berat sample SSD rata-rata 500 gr. Dari percobaan ini di dapat nilai rata-rata BJ bulk 2,49 gr, BJ semu 2,53 gr dan BJ Semu 2,59 gr sehingga rata-rata nilai penyerapan yang di dapat pada percobaan ini sebesar 1,53%. dan dikategorikan sebagai agregat kasar normal karena masih dalam batas nilai yang diijinkan yaitu antara 2,2 – 2,7.

#### 4.3.3 Berat Isi Agregat Halus

Hasil pengujian berat isi agregat halus dilakukan dengan tiga cara, yaitu cara lepas, cara tusuk, dan cara penggoyangan. Maka hasil pengujian berat isi agregat halus sebagai berikut.

Tabel 4.10: Hasil pengujian berat isi

| Pengujian                       | Cara    |         |              | Rata-Rata |
|---------------------------------|---------|---------|--------------|-----------|
|                                 | Lepas   | Tusuk   | Penggoyangan |           |
| Berat Contoh (gr)               | 17605   | 18070   | 16820        | 17498,3   |
| Berat Wadah (gr)                | 5336    | 5336    | 5336         | 5336      |
| Berat Contoh & Wadah (gr)       | 22941   | 23406   | 22156        | 22834,3   |
| Volume Wadah (gr)               | 11125,4 | 11125,4 | 11125,4      | 11125,4   |
| Berat Isi (gr/cm <sup>3</sup> ) | 1,58    | 1,62    | 1,51         | 1,57      |

Dari hasil pengujian berat isi agregat halus dalam penelitian ini diperoleh nilai 1,57 gr/cm<sup>3</sup>, nilai ini masih berada dalam batas yang diizinkan yaitu minimal 1,2 gr/cm<sup>3</sup> sesuai dengan ketentuan yang tercantum dalam (SNI No.52-1980).

#### 4.3.4 Kadar Lumpur Agregat Halus

Hasil pemeriksaan hasil uji Kadar Lumpur didapat persentase kadar lumpur rata-rata 2,95%. Nilai ini masih berada dalam batas yang diijinkan yaitu maksimal 5% (SNI-03-4142-1996), sehingga agregat tidak perlu harus dicuci sebelum pengadukan.

Tabel 4.11: Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus

| Agregat Halus Lolos Saringan No.4 mm        | Sampel 1 (gr) | Sampel 2 (gr) | Rata-Rata |
|---------------------------------------------|---------------|---------------|-----------|
| Berat Contoh Kering: A (gr)                 | 1000          | 1000          | 1000      |
| Berat Kering Contoh Setelah Dicuci : B (gr) | 969           | 972           | 970,5     |
| Berat Kotoran Agregat : C (gr)              | 31            | 28            | 29,5      |
| Persentase Kotoran Agregat (%)              | 3,1           | 2,8           | 2,95      |

#### 4.3.5 Kadar Air Agregat Halus

Hasil pengujian berat isi agregat halus dengan cara lepas, cara tusuk, dan cara penggoyangan. Maka hasil pengujian berat isi agregat halus pada percobaan ini tertera pada tabel 4.12 berikut :

Tabel 4.12: Hasil pengujian kadar air agregat halus

| Pengujian                              | 1    | 2    | Satuan |
|----------------------------------------|------|------|--------|
| Berat contoh SSD dan berat wadah       | 1495 | 1510 | gr     |
| Berat contoh SSD                       | 1000 | 1000 | gr     |
| Berat Contoh Kering Oven & Berat Wadah | 1480 | 1500 | gr     |
| Berat Wadah                            | 495  | 510  | gr     |
| Berat Air                              | 15   | 10   | gr     |
| Berat Contoh Kering                    | 985  | 990  | gr     |
| Kadar Air                              | 1,52 | 1,01 | %      |
| Rata-Rata                              | 1,27 |      |        |

Dari pengujian kadar air agregat halus pada percobaan ini dengan percobaan 2 sample dimana nilai kadar air pada sample 1 sebesar 1,52 % dan sample 2 sebesar 1,01% sehingga di dapat nilai rata-rata sebesar 1,27%.

#### 4.4 Perencanaan Campuran Material Pembentuk Beton

Dalam tahap ini, penulis melakukan pengujian dasar pada agregat, baik agregat halus maupun agregat kasar, untuk memperoleh nilai campuran beton yang akan dibuat. Data hasil pengujian dasar tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.13 berikut:

Tabel 4.13: Data hasil pengujian agregat dasar.

| Keterangan        | Nilai         |               | Satuan |
|-------------------|---------------|---------------|--------|
|                   | Agregat Halus | Agregat Kasar |        |
| Modulus Kehalusan | 3,02          | 7,49          | %      |

Tabel 4.13: *Lanjutan*

| Keterangan   | Nilai         |               | Satuan             |
|--------------|---------------|---------------|--------------------|
|              | Agregat Halus | Agregat Kasar |                    |
| Berat Jenis  | 1,53          | 0,75          | gr/cm <sup>3</sup> |
| Kadar Air    | 1,27          | 0,83          | %                  |
| Kadar Lumpur | 2,95          | 0,40          | gr/cm <sup>3</sup> |
| Berat Isi    | 1,57          | 1,75          | %                  |

Setelah melakukan pengujian dasar maka data tersebut mencakup parameter hasil pengujian bahan seperti berat jenis agregat halus, dan agregat kasar, kadar air, penyerapan air pada agregat. nilai yang diperoleh akan digunakan untuk perencanaan campuran beton yang dibutuhkan. Berikut merupakan tabel perhitungan perencanaan beton (*Mix Design*).

Tabel 4.14: Tabel *Mix Design* Beton Normal

| No  | Keterangan                               | Tabel/Grafik Perhitungan | Nilai                                       |
|-----|------------------------------------------|--------------------------|---------------------------------------------|
| 1.  | Kuat tekan yang direncanakan (siliinder) | Ditetapkan               | 25 Mpa                                      |
| 2.  | Deviasi standar                          | Tabel 4.15               | 7 Mpa                                       |
| 3.  | Nilai tambah (margin)                    | Tabel 4.16               | 7 Mpa                                       |
| 4.  | Kekuatan rata-rata yang ditargetkan      | 1 + 2 + 3                | 44 Mpa                                      |
| 5.  | Jenis semen                              | Ditetapkan               | Type I                                      |
| 6.  | Jenis agregat<br>Kasar<br>Halus          | Ditetapkan<br>Ditetapkan | Batu Pecah (binjai)<br>Pasir Alami (Binjai) |
| 7.  | Faktor air semen bebas                   | Gambar 4.3               | 0,45                                        |
| 8.  | Faktor air semen maksimum                | Tabel 4.17               | 0,60                                        |
| 9.  | Slump                                    | Ditetapkan               | 75 – 100 mm                                 |
| 10. | Ukuran agregat maksimum                  | Ditetapkan               | 20 mm                                       |
| 11. | Kadar air bebas                          | Persamaan 4.2            | 169,9 kg/m <sup>3</sup>                     |
| 12. | Jumlah semen                             | Persamaan 4.6            | 377,55 kg/m <sup>3</sup>                    |

Tabel 4.14: *Lanjutan*

| No  | Keterangan                                              | Tabel/Grafik<br>Perhitungan |                     | Nilai                                             |         |
|-----|---------------------------------------------------------|-----------------------------|---------------------|---------------------------------------------------|---------|
| 13. | Jumlah semen maksimum                                   | Ditetapkan                  |                     | 377,55 kg/m <sup>3</sup>                          |         |
| 14. | Jumlah semen minimum                                    | Ditetapkan                  |                     | 325 kg/m <sup>3</sup>                             |         |
| 15. | Faktor air semen yang disesuaikan                       | Gambar 4.3                  |                     | 0,45                                              |         |
| 16. | Susunan besar agregat halus                             | Gambar 4.4                  |                     | Gradasi zona 2                                    |         |
| 17. | Susunan agregat kasar atau gabungan                     | Gambar 4.5                  |                     | Gradasi Maksimun 40 mm                            |         |
| 18. | Persen agregat halus                                    | Gambar 4.6                  |                     | 36%                                               |         |
| 19. | Berat jenis relatif agregat (jenuh kering permukaan)    | Persamaan 10                |                     | 2,514 gr/cm <sup>3</sup>                          |         |
| 20. | Berat isi beton                                         | Gambar 4.7                  |                     | 2400 kg/m <sup>3</sup>                            |         |
| 21. | Kadar agregat gabungan                                  | 20-(12+11)                  |                     | 1852,54 kg/m <sup>3</sup>                         |         |
| 22. | Kadar agregat halus                                     | 18 x 21                     |                     | 666,916 Kg/m <sup>3</sup>                         |         |
| 23. | Kadar agregat kasar                                     | 21-22                       |                     | 1185,63 Kg/m <sup>3</sup>                         |         |
| 24. | Proporsi campuran                                       | Semen<br>(Kg)               | Air (kg<br>atau lt) | Agregat kondisi<br>jenuh kering<br>permukaan (kg) |         |
|     |                                                         |                             |                     | Halus                                             | Kasar   |
|     | - Tiap m <sup>3</sup>                                   | 377,56                      | 169,9               | 666,92                                            | 1185,62 |
|     | - Tiap campuran uji m <sup>3</sup>                      | 1                           | 0,45                | 1,76                                              | 3,14    |
|     | - Tiap benda uji v = 0,0053 m <sup>3</sup> (1 silinder) | 2,01                        | 0,900               | 3,535                                             | 6,283   |
| 25. | Koreksi Proporsi Campuran                               |                             |                     |                                                   |         |
|     | - Tiap m <sup>3</sup>                                   | 377,56                      | 170,68              | 665,18                                            | 1186,56 |
|     | - Tiap campuran uji m <sup>3</sup>                      | 1                           | 0,45                | 1,76                                              | 3,14    |
|     | - Tiap benda uji v = 0,0053 m <sup>3</sup> (1 silinder) | 2,01                        | 0,904               | 3,525                                             | 6,288   |

1. Menentukan Nilai Kuat Tekan Rencana ( $f'_c$ )

Kuat tekan uji yang direncanakan (benda uji silinder) adalah 25 Mpa.

2. Nilai Standar Deviasi

Deviasi standar deviasi karena benda uji yang direncanakan kurang dari 15, maka nilai yang diambil sebesar 7 MPa. Berdasarkan PBI 1971 N.I.-2 ke SNI 03-2847-2002.

Tabel 4. 15 Tabel Nilai Deviasi Standar

| Jumlah Pengujian | Faktor Pengali Deviasi Standar |
|------------------|--------------------------------|
| <15              | $f'_c + 12$ Mpa                |
| 15               | 1,16                           |
| 20               | 1,08                           |
| 25               | 1,03                           |
| $\geq 30$        | 1,00                           |

3. Nilai tambah margin

Mencari nilai margin di dapat dari tabel 4.15 Dimana di dapat 7 Mpa adalah tingkat mutu pekerjaan kurang

4.16: Tabel Tingkat Mutu Pekerjaan

| Tingkat Mutu Pekerjaan | S (Mpa) |
|------------------------|---------|
| Memuaskan              | 2,8     |
| Hampir Memuaskan       | 3,5     |
| Sangat Baik            | 4,2     |
| Baik                   | 5,7     |
| Sedang                 | 6,5     |
| <b>Kurang</b>          | 7,0     |

4. Kuat tekan beton rata-rata yang ditargetkan ( $f'_{cr}$ ) :

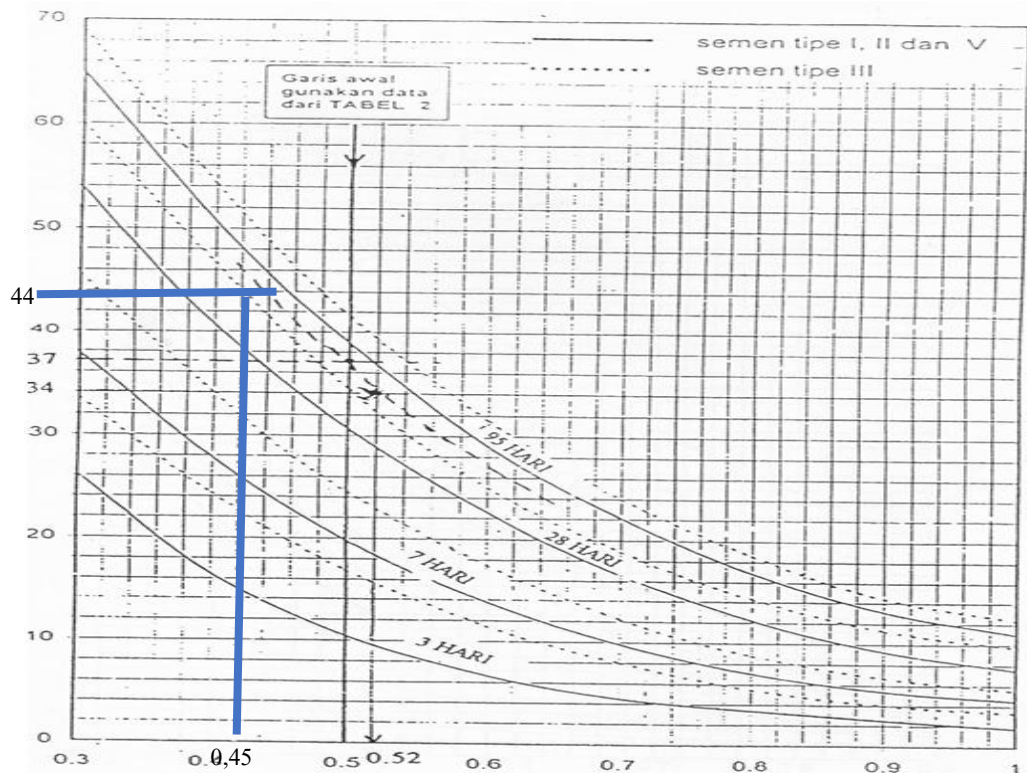
$$f'_{cr} = f'_c + \text{Deviasi standar} + M$$

$$(4,1)$$

$$= 25 + 12 + 7$$

$$= 44 \text{ MPa}$$

5. Semen yang digunakan seharusnya semen Portland tipe I (ditetapkan).
6. Menentukan Jenis Agregat  
 Agregat Kasar – Batu pecah (binjai)  
 Agregat Halus – Pasir (binjai)
7. Faktor air semen (FAS), berdasarkan perhitungan grafik hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen dengan perkiraan kekuatan tekan beton rata-rata 44 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 0,45.



Gambar 4.3: Grafik Hubungan Antara FAS dengan Nilai Kuat Tekan Rata-rata

8. Faktor air semen maksimum

Ditetapkan 0,60 dikarenakan sebagai persyaratan jumlah dan faktor air semen maksimum untuk berbagai macam pembebanan dalam lingkungan khusus.

Tabel 4.17: Persyaratan Jumlah Semen Minimum Dan Faktor Air Semen Maksimum (SNI 03-2834, 2000)

| Lokasi                                                                   | Jumlah Semen Minimum per m <sup>3</sup> Beton (Kg) | Nilai Faktor Air Semen Maksimum |
|--------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|---------------------------------|
| Beton didalam ruang bangunan:                                            |                                                    |                                 |
| a. Keadaan keliling non-korosif                                          | 275                                                | 0,60                            |
| b. Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uang korosif | 325                                                | 0,52                            |
| Beton diluar ruangan bangunan:                                           |                                                    |                                 |
| a. Tidak terlindung dari hujan dan Terik matahari langsung               | 325                                                | 0,60                            |
| b. Terlindung dari hujan dan Terik matahari                              | 275                                                | 0,60                            |
| c. Tidak terlindung dari hujan dan Terik matahari langsung               | 325                                                | 0,55                            |

9. Nilai slump yang direncanakan pada penelitian ini menggunakan slump rencana sebesar 75-100 mm.

Tabel 4.18: Nilai Slump Berdasarkan (SNI 7656-2012)

| Tipe Konstruksi                                                               | Nilai Slump (mm) |         |
|-------------------------------------------------------------------------------|------------------|---------|
|                                                                               | Maksimum         | Minimum |
| Pondasi beton bertulang (dinding dan pondasi telapak)                         | 75               | 25      |
| Pondasi telapak tanpa tulangan, pondasi tiang pancang dan dinding bawah tanah | 100              | 25      |

Tabel 4.18: *Lanjutan*

| Tipe Konstruksi             | Nilai Slump (mm) |         |
|-----------------------------|------------------|---------|
|                             | Maksimum         | Minimum |
| Balok dan dinding bertulang | 100              | 25      |
| Kolom bangunan              | 100              | 25      |
| Perkerasan dan pelat lantai | 75               | 25      |
| Beton massa                 | 50               | 25      |

Tabel 4.19: Perkiraan Kadar Air Bebas (SNI 03-2834,2000)

| Slump                               |                   |      |       |       |       |
|-------------------------------------|-------------------|------|-------|-------|-------|
| Ukuran Besar Butir Agregat Maksimun | Jenis Agregat     | 0-10 | 10-30 | 30-60 | 60-80 |
| 10                                  | Batu tak dipecah  | 150  | 180   | 205   | 225   |
|                                     | Batu pecah        | 180  | 205   | 230   | 250   |
| Ukuran Besar Butir Agregat Maksimun | Jenis Agregat     | 0-10 | 10-30 | 30-60 | 60-80 |
| 20                                  | Batu tak di pecah | 135  | 160   | 180   | 195   |
|                                     | Batu pecah        | 170  | 190   | 210   | 225   |
| 40                                  | Batu tak di pecah | 115  | 140   | 160   | 175   |
|                                     | Batu pecah        | 155  | 175   | 190   | 205   |

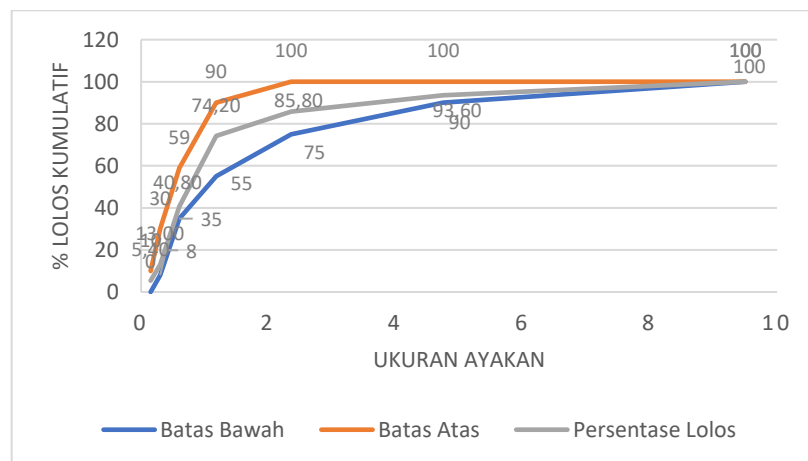
10. Ukuran maksimum yang digunakan sebesar 40 mm.
11. Kadar air bebas agregat campuran, ukuran agregat maksimum yang digunakan adalah 40 mm dan nilai slump yang ditentukan adalah 75-100 mm sehingga dari Tabel 4.19 diperoleh nilai perkiraan jumlah air untuk agregat halus ( $W_h$ ) adalah 160 sedangkan untuk agregat kasar ( $W_k$ ) adalah 190 sehingga nilai kadar air bebas yang digunakan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar air bebas} &= \frac{2}{3} W_h + \frac{1}{3} W_k \\
 &= \frac{2}{3} 160 + \frac{1}{3} 190 \\
 &= 169,9 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}
 \tag{4.2}$$

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

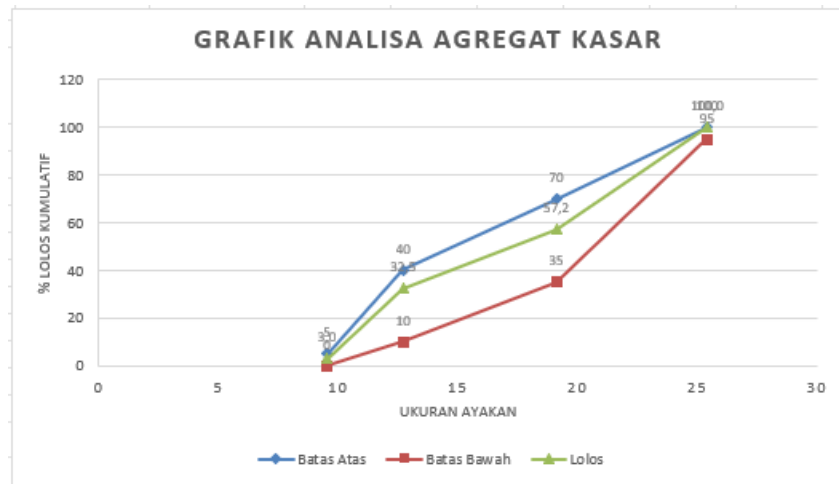
$$\begin{aligned}\text{Kadar air semen} &= \frac{\text{Kadar Air Bebas}}{\text{Faktor Air Semen}} \\ &= \frac{169,9}{0,45} \\ &= 377,55 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

13. Kadar semen maksimum sebesar  $377,55 \text{ kg/m}^3$ .
14. Jumlah semen minimum untuk beton yang direncanakan tidak terlindung dari hujan serta terik matahari langsung dari Tabel 4.17 mempunyai kadar semen minimum sebesar  $325 \text{ kg/m}^3$ .
15. Faktor air semen yang disesuaikan berdasarkan Gambar 4.3 yaitu sebesar 0,45.
16. Susunan butir agregat halus berdasarkan Gambar 4.2 yaitu batas gradasi pasir no.2.



Gambar 4.4: Grafik Gradasi Agregat halus

17. Susunan butir agregat kasar berdasarkan Gambar 4.1 yaitu batas gradasi kerikil ukuran maksimum 40 mm.



Gambar 4.5: Grafik Gradasi Agregat Kasar Maksimum 40 mm

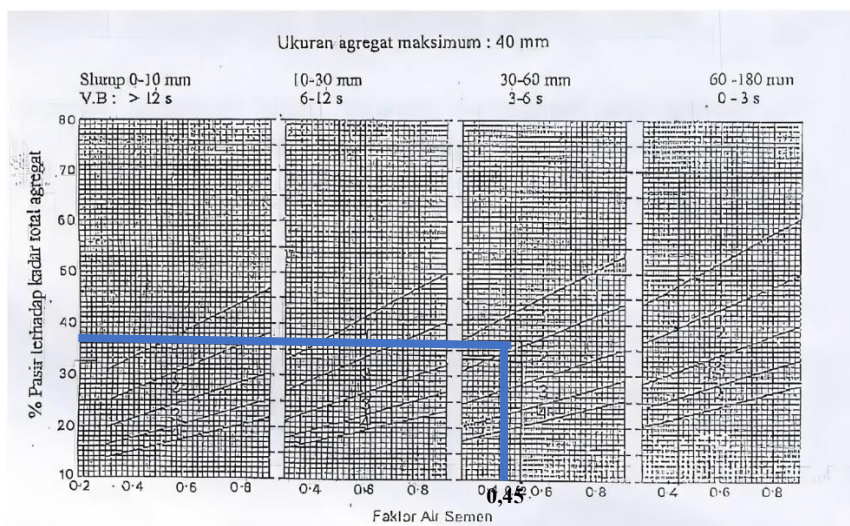
18. Proporsi berat agregat halus ditetapkan dengan cara menghubungkan kuat tekan rencana dengan faktor air semen menurut slump yang digunakan secara tegak lurus berpotongan yang dapat dilihat pada Gambar 4.5. ukuran butir maksimum sebesar 40 mm dapat dilihat pada Gambar 4.5 untuk mencari proporsi berat agregat halus terhadap agregat campuran.

Persen agregat halus = 36% (Grafik pada gambar 4,6)

Persen agregat kasar = 100% - persen agregat halus

= 100% - 36 %

= 64 %



Gambar 4.6: Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 40 mm pada FAS 0,45 (SNI 03-2834-2000).

#### 19. Berat Jenis Agregat Campuran

Berat jenis agregat campuran dihitung dengan menggunakan Pers. 4.5:

$$B_j \text{ camp} = (K_h \times B_{jh}) + (K_k \times B_{jk}) \quad (4.4)$$

Dimana:

$B_j \text{ camp}$  = berat jenis agregat campuran

$B_{jh}$  = berat jenis agregat halus

$B_{jk}$  = berat jenis agregat kasar

$K_h$  = persentase berat agregat halus terhadap agregat campuran

$K_k$  = persentase berat agregat kasar terhadap agregat campuran

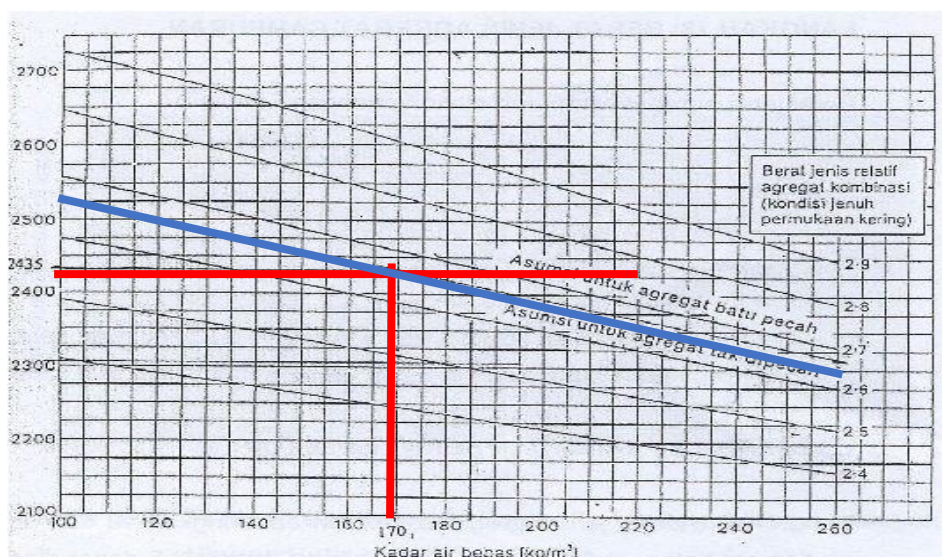
Berat jenis agregat halus dan agregat kasar diperoleh dari hasil pemeriksaan laboratorium sebesar

$B_j = 2,571 \text{ gr/cm}^3$  untuk agregat tak pecah/alami

$B_j = 2,716 \text{ gr/cm}^3$  untuk agregat pecah

$$\begin{aligned} \text{Berat jenis relative agregat (SSD)} &= (0,360 \times 2,571) + (0,640 \times 2,716) \\ &= 2,659 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

20. Berat isi beton diperoleh dari Gambar 4.5 dengan nilai kadar air bebas yang digunakan sebesar  $169,9 \text{ kg/m}^3$ . maka diperoleh nilai berat isi beton sebesar  $2430 \text{ kg/m}^3$ .



Gambar 4.7: Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat isi beton

## 21. Menghitung Kebutuhan Agregat Campuran

Menghitung kebutuhan agregat sesuai dengan persamaan 4.11 dibawah ini:

$$W_{\text{agregat campuran}} = W_{\text{beton}} - (W_{\text{air}} + W_{\text{semen}}) \quad (4.5)$$

Dimana:

$$W_{\text{agregat campuran}} = \text{Kebutuhan berat agregat campuran beton (Kg/m}^3\text{)}$$

$$W_{\text{beton}} = \text{Berat beton per meter kubik beton (Kg/m}^3\text{)}$$

$$W_{\text{air}} = \text{Berat air per meter kubik beton (Kg/m}^3\text{)}$$

$$W_{\text{semen}} = \text{Berat semen per meter kubik beton (Kg/m}^3\text{)}$$

Maka:

$$\begin{aligned} W_{\text{agregat campuran}} &= W_{\text{beton}} - (W_{\text{air}} + W_{\text{semen}}) \\ &= 2430 - (169,9 + 377,56) \\ &= 1882,54 \text{ kg/m}^3 \end{aligned} \quad (4.6)$$

## 22. Menghitung Berat Agregat Halus yang Diperlukan

Menghitung kebutuhan agregat halus sesuai dengan persamaan 4.12 dibawah ini:

$$W_{\text{agregat halus}} = KH \times W_{\text{agregat campuran}} \quad (4.7)$$

Dimana:

$$KH = \text{Persentase agregat halus terhadap agregat campuran}$$

$$W_{\text{agregat campuran}} = \text{Kebutuhan berat agregat campuran beton (Kg/m}^3\text{)}$$

Maka:

$$\begin{aligned} W_{\text{agregat halus}} &= 0,360 \times 1882,54 \\ &= 677,71 \text{ Kg/m}^3 \end{aligned}$$

## 23. Hitung Berat Agregat Kasar yang Diperlukan

Berdasarkan hasil Langkah pada tahap (18) dan (21). Kebutuhan agregat kasar dihitung dengan persamaan 4.13 dibawah ini:

$$W_{\text{agregat kasar}} = W_{\text{agregat campuran}} - W_{\text{agregat halus}} \quad (4.8)$$

Dimana:

$$W_{\text{agregat campuran}} = \text{Kebutuhan agregat campuran per meter kubik beton (kg/m}^3\text{)}$$

$$W_{\text{agregat halus}} = \text{Kebutuhan agregat halus per meter kubik beton (kg/m}^3\text{)}$$

Maka:

$$W_{\text{agregat kasar}} = 1882,54 - 677,71$$

$$= 1204,83 \text{ Kg/m}^3$$

24. Proporsi Campuran kondisi agregat dalam kejadian jenuh kering permukaan semen, air, agregat halus dan agregat kasar harus dihitung dalam per m<sup>3</sup> adukan.

$$\begin{aligned} - \text{ Semen} &= \frac{377,56}{377,56} = 1 \\ - \text{ Air} &= \frac{169,9}{377,56} = 0,45 \\ - \text{ Pasir} &= \frac{677,71}{377,56} = 1,79 \\ - \text{ Batu Pecah} &= \frac{1204,83}{377,56} = 3,19 \end{aligned}$$

#### 25. Koreksi Proporsi Campuran

Apabila agregat tidak dalam keadaan jenuh kering permukaan proporsi campuran harus dikoreksi terhadap kandungan air dalam agregat. Koreksi proporsi campuran harus dilakukan terhadap kadar air dalam agregat paling sedikit satu kali dalam sehari.

Diketahui:

- a. Jumlah air (B) = 169,9 kg/m<sup>3</sup>
- b. Jumlah agregat halus (C) = 677,71 kg/cm<sup>3</sup>
- c. Jumlah agregat kasar (D) = 1204,83 kg/cm<sup>3</sup>
- d. Penyerapan agregat halus (Ca) = 1,53 %
- e. Penyerapan agregat kasar (Da) = 0,75 %
- f. Kadar air agregat halus (Ck) = 1,27 %
- g. Kadar air agregat kasar (Dk) = 0,83 %

- Air

$$\text{Air} = B - (C_k - C_a) \times \frac{C}{100} - (D_k - D_a) \times \frac{D}{100} \quad (4.9)$$

$$= 169,9 - (1,27 - 1,53) \times \frac{677,71}{100} - (0,83 - 0,75) \times \frac{1204,83}{100}$$

$$= 170,70 \text{ kg/m}^3$$

- Agregat Halus

$$\text{Agregat halus} = C + (C_k - C_a) \times \frac{C}{100} \quad (4.10)$$

$$= 677,71 + (1,27 - 1,53) \times \frac{677,71}{100}$$

$$= 696,68 \text{ kg/m}^3$$

- Agregat Kasar

$$\text{Agregat Kasar} = D + (D_k - D_a) \times \frac{D}{100} \quad (4.11)$$

$$= 1204,83 + (0,83 - 0,75) \times \frac{1204,83}{100}$$

$$= 1205,80 \text{ kg/m}^3$$

Maka, untuk kebutuhan tiap  $\text{m}^3$  diperlukan:

- Semen  $= 377,56 : 377,56 = 1$
- Air  $= 170,70 : 377,56 = 0,452$
- Agregat Halus  $= 696,68 : 377,56 = 1,845$
- Agregat Kasar  $= 1205,80 : 377,56 = 3,193$

Berdasarkan hasil mix design beton normal mutu sedang, maka kebutuhan bahan untuk campuran beton dengan kebutuhan  $1 \text{ m}^3$  sebagai berikut:

- Semen  $= 377,56 \text{ kg/m}^3$
- Air  $= 170,70 \text{ kg/m}^3$
- Agregat Halus  $= 696,68 \text{ kg/m}^3$
- Agregat Kasar  $= 1205,80 \text{ kg/m}^3$

- a. Untuk Kebutuhan Satu Benda Uji Silinder (Kg)

Kebutuhan volume satu benda uji dengan cetakan silinder sebagai berikut:

- Tinggi  $= 30 \text{ cm} = 0,3 \text{ m}$
- Diameter  $= 15 \text{ cm} = 0,15 \text{ m}$

$$\text{Volume Silinder} = \pi r^2 t$$

$$= \frac{22}{7} \times \left(\frac{0,15}{2}\right)^2 \times 0,30 \quad (4.12)$$

$$= 0,0053 \text{ m}^3$$

Maka:

- Semen yang dibutuhkan untuk 1 benda uji  
 $= \text{Banyak semen} \times \text{Volume 1 benda uji}$   
 $= 377,56 \text{ kg/m}^3 \times 0,0053 \text{ m}^3$

$$= 2,01 \text{ kg}$$

Semen yang dibutuhkan untuk 12 benda uji

$$= 2,01 \times 12$$

$$= 24,12 \text{ kg}$$

- Pasir yang dibutuhkan untuk 1 benda uji

= Banyak pasir x Volume 1 benda uji

$$= 696,68 \text{ kg/m}^3 \times 0,0053 \text{ m}^3$$

$$= 3,692 \text{ kg}$$

Pasir yang dibutuhkan untuk 12 benda uji

$$= 3,692 \times 12$$

$$= 44,3 \text{ kg}$$

- Batu pecah yang dibutuhkan untuk 1 benda uji

= Banyak batu pecah x Volume 1 benda uji

$$= 1205,80 \text{ kg/m}^3 \times 0,0053 \text{ m}^3$$

$$= 6,390 \text{ kg}$$

Batu Pecah yang dibutuhkan untuk 12 benda uji

$$= 6,390 \times 12$$

$$= 76,68 \text{ kg}$$

- Air yang dibutuhkan untuk 1 benda uji

= Banyak air x Volume 1 benda uji

$$= 170,70 \text{ kg/m}^3 \times 0,0053 \text{ m}^3$$

$$= 0,904 \text{ kg}$$

Air yang dibutuhkan untuk 12 benda uji

$$= 0,904 \times 12$$

$$= 10,848 \text{ kg}$$

Proporsi campuran untuk 1 benda uji dengan volume  $0,0053 \text{ m}^3$  dalam satuan kg adalah:

|       |   |       |   |            |   |       |
|-------|---|-------|---|------------|---|-------|
| Semen | : | Pasir | : | Batu Pecah | : | Air   |
| 2,01  | : | 3,692 | : | 6,390      | : | 0,904 |

Berdasarkan analisa saringan maka didapat berat untuk masing-masing 1 benda uji tertera di tabel 4.20 untuk agregat kasar dan tabel 4.21 untuk agregat halus:

Tabel 4.20: Analisa Gradasi Agregat Kasar

| Nomor Saringan | Berat Tertahan (%) | Berat Tertahan                                                          |
|----------------|--------------------|-------------------------------------------------------------------------|
|                |                    | $\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100} \times \text{jlh Agregat Kasar}$ |
| 25,4 (1 In)    | 0                  | 0                                                                       |
| 19,1 (3/4 In)  | 42,8               | 2,691                                                                   |
| 9,52 (3/8 In)  | 24,7               | 1,553                                                                   |
| 4,75 (No 4)    | 32,5               | 2,043                                                                   |
| Total          | 100                | 100                                                                     |

Tabel 4.21: Analisa Gradasi Agregat Halus

| Nomor Saringan | Berat Tertahan (%) | Berat Tertahan                                                          |
|----------------|--------------------|-------------------------------------------------------------------------|
|                |                    | $\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100} \times \text{jlh Agregat Halus}$ |
| 9,5 (3/8 inch) | 0                  | 0                                                                       |
| 4,75 (No 4)    | 6,40               | 0,225                                                                   |
| 2,36 (No 8)    | 7,80               | 0,274                                                                   |
| 1,18 (No 16)   | 11,60              | 0,408                                                                   |
| 0,6 (No 30)    | 33,40              | 1,177                                                                   |
| 0,3 (No 50)    | 27,80              | 0,997                                                                   |
| 0,15 (No 100)  | 7,60               | 0,267                                                                   |
| Pan            | 5,40               | 0,190                                                                   |
| Jumlah         | 100                | 100                                                                     |

- Bata Tanpa Bakar

Pada penelitian ini bata tanpa bakar (BTB) diSSgunakan pengganti sebagian agregat halus dengan variasi persentase 25%, 50%, dan 75%. Berat masing-masing variasi dijelaskan pada tabel 4.22 dibawah ini:

Tabel 4.22: Jumlah bata tanpa bakar yang dibutuhkan untuk 1 benda Uji Silinder

| Persentase banyaknya BTB (%) | Banyaknya BTB dari Berat Agregat Halus (kg) |
|------------------------------|---------------------------------------------|
| 25                           | 0,25                                        |
| 50                           | 0,50                                        |
| 75                           | 0,75                                        |

Pada penelitian ini benda uji yang digunakan setiap variasi (BTB) sebanyak 9 benda uji silinder, Dimana kebutuhan bata tanpa bakar yang dibutuhkan untuk pengganti agregat halus sebagai berikut:

- BTB sebagai pengganti Sebagian agregat halus dengan variasi 25% dari berat agregat halus. Berikut perhitungan BTB setiap 1 benda uji dengan variasi 25%:

$$= \frac{25}{100} \times \text{Jumlah agregat halus}$$

$$= \frac{25}{100} \times 3,692 \text{ kg}$$

$$= 0,923 \text{ kg}$$

Jumlah BTB untuk 3 benda uji

$$= 0,923 \times 3$$

$$= 2,769 \text{ kg}$$

- BTB sebagai pengganti Sebagian agregat halus dengan variasi 50% dari berat agregat halus. Berikut perhitungan BTB setiap 1 benda uji dengan variasi 50%:

$$= \frac{50}{100} \times \text{Jumlah agregat halus}$$

$$= \frac{50}{100} \times 3,692 \text{ kg}$$

$$= 1,846 \text{ kg}$$

Jumlah LBTB untuk 3 benda uji

$$= 1,846 \times 3$$

$$= 5,538 \text{ kg}$$

- BTB sebagai pengganti Sebagian agregat halus dengan variasi 75% dari berat agregat halus. Berikut perhitungan BTB setiap 1 benda uji dengan variasi 75%:

$$= \frac{75}{100} \times \text{Jumlah agregat halus}$$

$$= \frac{75}{100} \times 3,692 \text{ kg}$$

$$= 2,796 \text{ kg}$$

Jumlah BTB untuk 3 benda uji

$$= 2,796 \times 3$$

$$= 8,388 \text{ kg}$$

Tabel 4.23: Proporsi Campuran Beton dengan BTB

| Variasi | Persentase Bahan Campuran (BTB) | Proporsi Campuran Beton untuk 1 benda uji |               |               |       |       |
|---------|---------------------------------|-------------------------------------------|---------------|---------------|-------|-------|
|         |                                 | Semen                                     | Agregat Halus | Agregat Kasar | Air   | BTB   |
| BN      | 0                               | 2,01                                      | 3,692         | 6,288         | 0,904 | 0     |
| BTB 25  | 25                              | 2,01                                      | 2,796         | 6,288         | 0,904 | 0,923 |
| BTB 50  | 50                              | 2,01                                      | 1,846         | 6,288         | 0,904 | 1,846 |
| BTB 75  | 75                              | 2,01                                      | 0,923         | 6,288         | 0,904 | 2,796 |

#### 4.5 Hasil Pengujian Slump Test

Pengujian slump test dilakukan pada masing-masing 3 benda uji beton untuk mengetahui kelecekan (*workability*) pada hasil campuran beton normal dan beton dengan bahan campuran. Pengujian menggunakan kerucut Abrams yang diisi dalam 3 lapisan, tiap lapisan ditusuk 25 kali dengan tongkat. Setelah lapisan penuh, permukaan diratakan dan dibiarkan 10 detik sebelum kerucut diangkat secara vertikal. Selisih tinggi beton segar diukur untuk menentukan nilai slump. Pengujian slump juga bertujuan untuk mengetahui Tingkat kemudahan pengerjaan dari campuran beton segar yang telah dibuat. Dan pada penelitian ini didapat nilai slump yang tertera pada tabel 4.24 dibawah ini:

Tabel 4.24: Hasil Pengujian Nilai Slump

| Variasi Campuran | Slump (mm) |
|------------------|------------|
| BN               | 100        |
| BBTB I (25%)     | 98         |
| BBTB II (50%)    | 90         |
| BBTB III (75%)   | 85         |

Dimana :

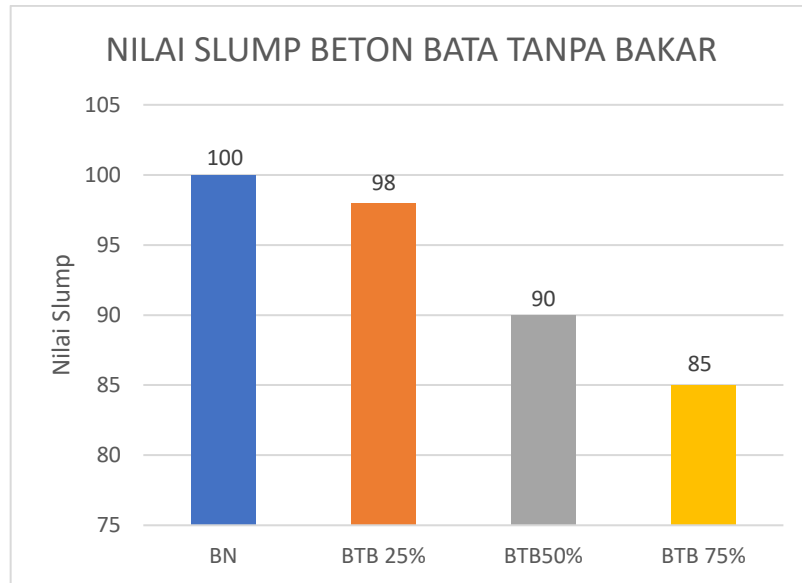
BN : Beton Normal

BBTB 25% : Beton dengan campuran Bata Tanpa Bakar 25% dari berat Agregat Halus

BBTB 50% : Beton dengan campuran Bata Tanpa Bakar 50% dari berat Agregat Halus

BBTB 75% : Beton dengan campuran Bata Tanpa Bakar 75% dari berat Agregat Halus

Hasil pengujian nilai slump yang disajikan dalam Tabel 4.24 menunjukkan bahwa beton normal memiliki nilai slump yang sesuai dengan rencana, yaitu sebesar 100 mm. Di sisi lain, variasi campuran beton lainnya menunjukkan nilai slump yang lebih rendah, tetapi masih berada dalam rentang standar antara 75–100 mm. seperti pada BTB I 25% (98 mm), BTB II 50% (90 mm), dan nilai slump paling rendah yaitu berada pada variasi BTB III dengan nilai slump 75% (85 mm) dikarenakan persentase diatas 25% mengakibatkan porositas tinggi pada bata tanpa bakar. Hal ini mengakibatkan penyerapan air berlebih dan mengurangi efektivitas hidrasi semen dan pernyataan ini juga didukung oleh penelitian (Bideci, Ö. S., dkk. 2024) dengan hasil penelitian yang menunjukkan bahwa pada beton dengan penggantian 25% dan 50% limbah bata, laju penyerapan air pada 28 hari meningkat masing-masing 7,04% dan 35,74% dibanding benda uji normal. Artinya, ketika kadar serbuk bata melewati 25%, kecenderungan penyerapan air makin besar. Oleh karena itu, semakin rendah nilai slump, campuran beton mengalami kekentalan yang tinggi, sedangkan semakin tinggi nilai slump, campuran beton semakin cair.



Gambar 4.8: Grafik Hasil Pengujian Nilai Slump

#### 4.6 Hasil dan Analisa Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan pada penelitian ini dilakukan pada saat beton umur 28 hari dengan jumlah benda uji 3 setiap variasi. Pengujian kuat tekan beton pada penelitian ini menggunakan mesin kuat tekan dengan kapasitas 2000 KN. Dengan ukuran benda uji yang akan di uji yaitu berupa silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. berikut merupakan hasil pengujian kuat tekan beton.

##### a. Perhitungan Kuat Tekan Beton BTB (25%)

Benda Uji 1 (B1)

- Beban (P) = 460 kN
- Luas silinder (A) = 17662,5 mm<sup>2</sup>
- Kuat Tekan Beton =  $\frac{P}{A}$   

$$= \frac{460}{17662,5} = 26 \text{ Mpa}$$

Benda Uji 2 (B2)

- Beban (P) = 470 kN
- Luas silinder (A) = 17662,5 mm<sup>2</sup>
- Kuat Tekan Beton =  $\frac{P}{A}$   

$$= \frac{470}{17662,5} = 27 \text{ Mpa}$$

Benda Uji 3 (B3)

- Beban (P) = 480 kN
- Luas silinder (A) = 17662,5 mm<sup>2</sup>
- Kuat Tekan Beton =  $\frac{P}{A}$   
$$= \frac{480}{17662,5} = 27 \text{ Mpa}$$

Hasil Kuat Tekan Beton Rata-Rata

$$\begin{aligned}\text{Kuat Tekan Beton Rata- Rata} &= \frac{\text{Hasil B1} + \text{Hasil B2} + \text{Hasil B3}}{3} \\ &= \frac{26 + 27 + 27}{3} \\ &= 27 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

b. Perhitungan Kuat Tekan Beton Normal

Hasil dari pengujian kuat tekan pada beton normal sebagai berikut:

Benda Uji 1 (A1)

- Beban (P) = 450 kN
- Luas silinder (A) = 17662,5 mm<sup>2</sup>
- Kuat Tekan Beton =  $\frac{P}{A}$  (4.13)  
$$= \frac{450}{17662,5} = 25 \text{ Mpa}$$

Benda Uji 2 (A2)

- Beban (P) = 480 kN
- Luas silinder (A) = 17662,5 mm<sup>2</sup>
- Kuat Tekan Beton =  $\frac{P}{A}$   
$$= \frac{480}{17662,5} = 27 \text{ Mpa}$$

Benda Uji 3 (A3)

- Beban (P) = 460 kN
- Luas silinder (A) = 17622,5 mm<sup>2</sup>
- Kuat Tekan Beton =  $\frac{P}{A}$   
$$= \frac{460}{17662,5} = 26 \text{ Mpa}$$

Hasil Kuat Tekan Beton Rata-Rata

$$\text{Kuat Tekan Beton Rata- Rata} = \frac{\text{Hasil B1} + \text{Hasil B2} + \text{Hasil B3}}{3}$$

$$= \frac{25+27+26}{3}$$

$$= 26 \text{ Mpa}$$

c. Perhitungan Kuat Tekan Beton BTB II (50%)

Benda Uji 1 (C1)

- Beban (P) = 300 kN
- Luas silinder (A) = 17662,5 mm<sup>2</sup>
- Kuat Tekan Beton =  $\frac{P}{A}$   

$$= \frac{300}{17662,5} = 17 \text{ Mpa}$$

Benda Uji 2 (C2)

- Beban (P) = 280 kN
- Luas silinder (A) = 17662,5 mm<sup>2</sup>
- Kuat Tekan Beton =  $\frac{P}{A}$   

$$= \frac{280}{17662,5} = 16 \text{ Mpa}$$

Benda Uji 3 (C3)

- Beban (P) = 320 kN
- Luas silinder (A) = 17662,5 mm<sup>2</sup>
- Kuat Tekan Beton =  $\frac{P}{A}$   

$$= \frac{320}{17662,5} = 18 \text{ Mpa}$$

Hasil Kuat Tekan Beton Rata-Rata

$$\text{Kuat Tekan Beton Rata- Rata} = \frac{\text{Hasil B1}+\text{Hasil B2}+\text{Hasil B3}}{3}$$

$$= \frac{17+16+18}{3}$$

$$= 17 \text{ Mpa}$$

d. Perhitungan Kuat Tekan Beton BTB III (75%)

Benda Uji 1 (D1)

- Beban (P) = 220 kN
- Luas silinder (A) = 17662,5 mm<sup>2</sup>
- Kuat Tekan Beton =  $\frac{P}{A}$

$$= \frac{220}{17662,5} = 12 \text{ Mpa}$$

Benda Uji 1 (D2)

- Beban (P) = 240 kN
- Luas silinder (A) = 17662,5 mm<sup>2</sup>
- Kuat Tekan Beton =  $\frac{P}{A}$   

$$= \frac{240}{17662,5} = 14 \text{ Mpa}$$

Benda Uji 1 (D3)

- Beban (P) = 200 kN
- Luas silinder (A) = 17662,5 mm<sup>2</sup>
- Kuat Tekan Beton =  $\frac{P}{A}$   

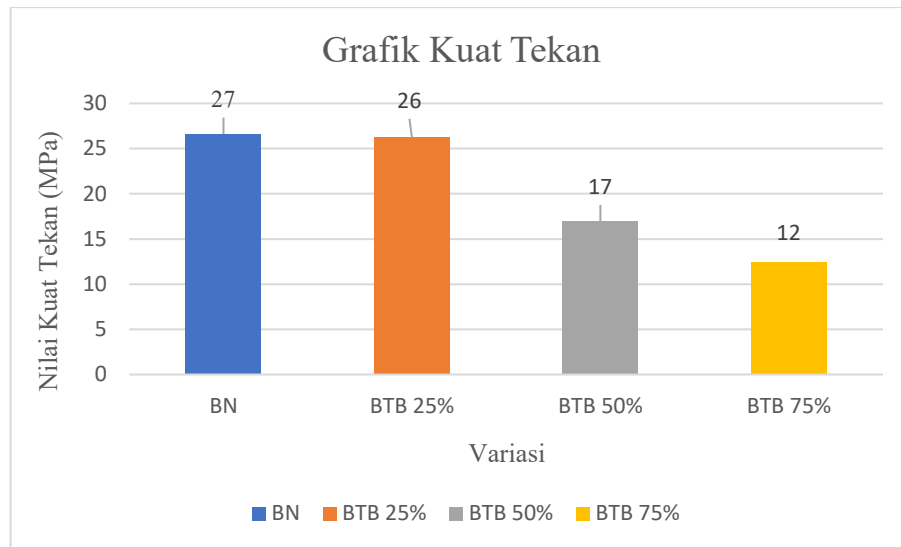
$$= \frac{200}{17662,5} = 11 \text{ Mpa}$$

Hasil Kuat Tekan Beton Rata-Rata

$$\begin{aligned} \text{Kuat Tekan Beton Rata- Rata} &= \frac{\text{Hasil B1} + \text{Hasil B2} + \text{Hasil B3}}{3} \\ &= \frac{12 + 14 + 11}{3} \\ &= 12 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Tabel Hasil 4.25: Hasil Pengujian Kuat Tekan

| Variasi  | Benda Uji | Luas (mm <sup>2</sup> ) | Beban Maksimum (KN) | Kuat Tekan (Mpa) | Kuat Tekan Rata-rata (Mpa) |
|----------|-----------|-------------------------|---------------------|------------------|----------------------------|
| BN       | 1         | 17662,5                 | 460                 | 26               | 27                         |
|          | 2         | 17662,5                 | 470                 | 27               |                            |
|          | 3         | 17662,5                 | 480                 | 27               |                            |
| BBTB 25% | 1         | 17662,5                 | 450                 | 25               | 26                         |
|          | 2         | 17662,5                 | 480                 | 27               |                            |
|          | 3         | 17662,5                 | 460                 | 26               |                            |
| BBTB 50% | 1         | 17662,5                 | 300                 | 17               | 17                         |
|          | 2         | 17662,5                 | 280                 | 16               |                            |
|          | 3         | 17662,5                 | 320                 | 18               |                            |
| BBTB 75% | 1         | 17662,5                 | 220                 | 12               | 12                         |
|          | 2         | 17662,5                 | 240                 | 14               |                            |
|          | 3         | 17662,5                 | 200                 | 11               |                            |



Gambar 4.9: Grafik Hasil Nilai Kuat Tekan Rata-Rata

Dimana :

BN : Beton Normal

BBTB 25% : Beton dengan campuran Bata Tanpa Bakar 25% dari berat Agregat Halus

BBTB 50% : Beton dengan campuran Bata Tanpa Bakar 50% dari berat Agregat Halus

BBTB 75% : Beton dengan campuran Bata Tanpa Bakar 75% dari berat Agregat Halus

Dari gambar 4.9 diatas dapat dilihat bahwa beton dicampur dengan bata tanpa bakar dengan persentase 50% dan 75% dapat menurunkan kuat tekan beton dari nilai beton normal. Namun dengan penambahan bata tanpa bakar dengan persentase 25% dapat meningkatkan dari nilai kuat tekan beton rencana hal ini disebabkan bata tanpa bakar memiliki kandungan CSH (*Calcium Silicate Hydrate*) dan senyawa CSH yang menjadi komponen utama penyumbang kekuatan beton (Cantero et al., 2022), yang dapat meningkatkan kualitas serta kekuatan tekan beton. Hal ini terjadi sama seperti beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelum yaitu pada penelitian (syarif dkk., 2016) yang menyatakan bahwa campuran beton

dengan limbah bata tanpa bakar pada substitusi agregat halus pada persentase 25% menghasilkan nilai kuat tekan yang lebih baik dibanding persentase 50%.

## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian yang telah dilakukan mengenai kuat tekan beton dengan substitusi bata tanpa bakar sebagai pengganti sebagian agregat halus, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kuat tekan beton normal adalah 27 MPa. Pada campuran dengan serbuk bata tanpa bakar, diperoleh kuat tekan sebesar 26 MPa untuk variasi 25% (penurunan 1,42%), 17 MPa untuk variasi 50% (penurunan 36,17%), dan 12 MPa untuk variasi 75% (penurunan 53,19%) dibandingkan dengan beton normal.
2. Variasi persentase beton dengan nilai kuat tekan yang optimal terdapat pada variasi BTB I yaitu dengan nilai kuat tekan 26 MPa dengan campuran bata tanpa bakar sebesar 25% pada substitusi agregat halus dikarenakan kandungan CSH (*Calcium Silica Hydrate*) yang masih dalam batas aman. Sementara itu, pada variasi 50% dan 75% terjadi penurunan kuat tekan yang signifikan sehingga tidak direkomendasikan untuk digunakan pada beton struktural.
3. Hasil penelitian menunjukkan bahwa serbuk bata tanpa bakar dapat digunakan sebagai bahan campuran pada pembuatan beton, khususnya sebagai pengganti sebagian agregat halus. Campuran dengan variasi 25% masih mampu menghasilkan kuat tekan yang berada dalam rentang standar kuat tekan beton normal, sehingga layak dipertimbangkan penggunaannya.

#### 5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan keterbatasan yang ada, penulis memberikan beberapa saran untuk pengembangan lebih lanjut, antara lain:

1. Perlu dilakukan analisis lebih lanjut terhadap sifat kimia dan fisik dari serbuk bata tanpa bakar sebelum digunakan, untuk memastikan kestabilan bahan terhadap campuran beton dalam jangka panjang.

2. Penggunaan serbuk bata tanpa sebaiknya dibatasi hingga maksimal 25% dari volume agregat halus terutama bila digunakan untuk beton struktural. Di atas nilai tersebut, kuat tekan beton akan menurun secara signifikan.
3. Diharapkan penelitian ini dapat menjadi acuan untuk pengembangan material beton ramah lingkungan, terutama di daerah-daerah yang memiliki potensi limbah konstruksi yang tinggi dan sulit mendapatkan pasir alam.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdien, P. S. (2020). *Analisa Kuat Tekan Beton K-175 Dengan Bahan Tambah Viscocrete-10 dan Limbah Las Karbit*. 1–47.
- Badan Standardisasi Nasional. (1996). SNI 03-4142-1996 Metode Pengujian Jumlah Bahan Dalam Agregat Yang Lolos Saringan No. 200 (0,075 Mm). *Badan Standardisasi Nasional Indonesia*, 200(200), 1–6.
- Badan Standar Nasional. (1990). SNI 03 – 1972 – 1990 Metode pengujian slump beton Badan Standar Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2013). Spesifikasi air pencampur yang digunakan dalam produksi beton semen hidraulis (ASTM C1602–06, IDT). Dewan Jakarta., Standarisasi Nasional Indonesia., 8, 1–15. [www.bsn.go.id](http://www.bsn.go.id)
- Cachim, P. B. (2009). Mechanical properties of brick aggregate concrete. *Construction and Building Materials*, 23(3), 1292–1297. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2008.07.023>
- Cantero, B., Del Bosque, I. S., De Rojas, M. S., Matías, A., & Medina, C. (2022). Durability of concretes bearing construction and demolition waste as cement and coarse aggregate substitutes. *Cement and Concrete Composites*, 134, 104722. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2022.104722>
- Debieb, F., & Kenai, S. (2008). The use of coarse and fine crushed bricks as aggregate in concrete. *Construction and Building Materials*, 22(5), 886–893. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2006.12.013>
- Frapanti, S., Vanny Riza, F., Zulkarnain, F., & Rudi Nasution, A. (2024). Analisa Pembuatan Bata Tanpa Bakar Dari Limbah Pertanian Abu Ampas Tebu Untuk Mengurangi Polusi Udara.
- Hamdi, F., Lapian, F. E., Tumpu, M., Mansyur, Irianto, Mabui, D. D. S., Raidyarto, A., Sila, A. A., Pérez, C., Aranceta, J., Serra, L., Carbajal, Á., Rangan, P. R., & Hamkah. (2022). 2021, Teknologi Beton. In *Tohar Media* (Vol. 1, Issue 1). [http://www.nutricion.org/publicaciones/pdf/prejuicios\\_y\\_verdades\\_sobre\\_grasas.pdf](http://www.nutricion.org/publicaciones/pdf/prejuicios_y_verdades_sobre_grasas.pdf)<https://www.cholesterolfamiliar.org/formacion/guia.pdf><https://www.cholesterolfamiliar.org/wp-content/uploads/2015/05/guia.pdf>
- Hermawan, O. hendra, Safira, N., Sidiq, M. F., & Rahman, A. (2021). Analisa Kuat Tekan Beton Akibat Pengaruh Penggunaan Limbah Batu Bata. *Jurnal Teknik Sipil Universitas Teuku Umar*, 7(2), 217–228.

- Kumar, R., Singh, R. K., & Dwivedi, Y. K. (2020). Application of industry 4.0 technologies in SMEs for ethical and sustainable operations: Analysis of challenges. *Journal of Cleaner Production*, 275, 124063. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124063>
- Nasional, B. S. (2012). Sni 7656:2012. *Tata Cara Pemilihan Campuran Untuk Beton Normal, Beton Berat Dan Beton Massa*.
- Nasional, B. S. (2000). Tentang Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal. Sni, 3, 2834.
- Neville, A. M. (2011). *Properties of concrete* (5th ed.). Harlow, England: Pearson Education Limited. ISBN 978-0-273-75580-7.
- Sallı Bideci, Ö., Bideci, A., & Ashour, A. (2024). Utilization of Recycled Brick Powder as Supplementary Cementitious Materials—A Comprehensive Review. *Materials*, 17(3), 1–19. <https://doi.org/10.3390/ma17030637>
- Sizirici, B., Fseha, Y., Cho, C. S., Yildiz, I., & Byon, Y. J. (2021). A review of carbon footprint reduction in construction industry, from design to operation. *Materials*, 14(20), 1–18. <https://doi.org/10.3390/ma14206094>
- SNI 03-4804. (1998). Metode Pengujian Berat Isi dan Rongga udara dalam agregat. Metode Pengujian Bobot Isi Dan Rongga Udara Dalam Agregat, 1–6.
- SNI-1969-2016. (2016). SNI 1969:2016 Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar. *Badan Standar Nasional Indonesia*, 20. <https://pu.go.id/pustaka/biblio/sni-1969-2016-metode-uji-berat-jenis-dan-penyerapan-air-agregat-kasar/KB19B>
- SNI 03-1968. (1990). Metode Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar. SNI 03-1968-1990. Bandung: Badan Standardisasi Indonesia, 1–17.
- SNI 03-6820-2002. (2002). Spesifikasi Agregat Halus Untuk Pekerjaan Adukan dan Plesteran Dengan Bahan Dasar Semen. *SNI 03-6820-2002 Badan Standardisasi Nasional*, 6820.
- SNI 03-6861.1-2002. (2002). Spesifikasi bahan bangunan bagian A (bahan bangunan bukan logam). *Badan Standar Nasional Indonesia*, 6861.
- 03-1969-2008, S. (2008). Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar. *Badan Standar Nasional Indonesia*, 20.
- Syarif, A., Setyawan, C., & Farida, I. (2016). Analisa Uji Kuat Tekan Beton Dengan

Bahan Tambahan Batu Bata Merah. *Jurnal Konstruksi*, 14(1), 46–56.  
<https://doi.org/10.33364/konstruksi/v.14-1.349>

Widodo, B., & Artiningsih, N. K. A. (2021). Optimasi Semen Pada Pembuatan Batu Bata Tanpa Bakar. *Dinamika Teknik Sipil: Majalah Ilmiah Teknik Sipil*, 14(1), 32–40. <https://doi.org/10.23917/dts.v14i1.15277>



Gambar L-1 Proses Menghancurkan Limbah Bata Tanpa Bakar



Gambar L-2 Persiapan Agregat Kasar



Gambar L-3 Pengujian Berat Jenis



Gambar L-4 Persiapan Bahan Pembuatan Sample



Gambar L-5 Proses Pembuatan Benda Uji



Gambar L-6 Proses Pengujian Slump Test



Gambar L-7 Pengecekan Nilai Slump



Gambar L-8 Persiapan Cetakan Silinder



Gambar L-9 Pengujian Kuat Tekan

**LAPORAN PENGUJIAN KUAT TEKAN**  
**SNI 1974 – 2011**

**Penguji : AULIA PUTRI LUBIS**

**Jenis Benda Uji : Silinder (d=15;t=30)**

**Mutu Benda Uji : F'c 25 Mpa**

**Jumlah Benda Uji : 12**

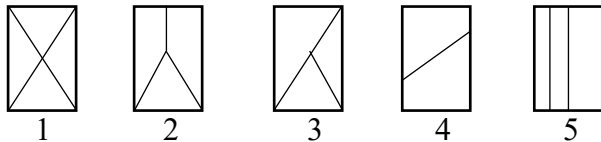
**Lembar : 1**

**Dari 2**

**Mesin : Dial Compression Test Machine**

| No | Identitas Benda Uji | L (mm) | D (mm) | L/D | Luas Penampang (mm <sup>2</sup> ) | Berat Benda Uji (kg) | Tanggal         |                  | Umur Beton (Hari) | Beban Tekan (kN) | Beban Tekan Kalibrasi (Kn) | Kuat Tekan (MPa) | Bentuk Kehancuran /Keterangan |
|----|---------------------|--------|--------|-----|-----------------------------------|----------------------|-----------------|------------------|-------------------|------------------|----------------------------|------------------|-------------------------------|
|    |                     |        |        |     |                                   |                      | Cetak           | Uji              |                   |                  |                            |                  |                               |
| 1  | Normal (1)          | 300.0  | 150.0  | 2   | 17662.5                           | 12,48                | 27 Januari 2025 | 24 Februari 2025 | 28                | 460              | 458,2                      | 26               | 1                             |
| 2  | Normal (2)          | 300.0  | 150.0  | 2   | 17662.5                           | 12,55                | 27 Januari 2025 | 24 Februari 2025 | 28                | 470              | 468,2                      | 27               | 1                             |
| 3  | Normal (3)          | 300.0  | 150.0  | 2   | 17662.5                           | 12,54                | 27 Januari 2025 | 24 Februari 2025 | 28                | 480              | 478,2                      | 27               | 1                             |
|    |                     |        |        |     |                                   |                      |                 |                  |                   |                  |                            |                  |                               |
| 1  | BTB 25% (1)         | 300.0  | 150.0  | 2   | 17662.5                           | 12,11                | 27 Januari 2025 | 24 Februari 2025 | 28                | 450              | 448,2                      | 25               | 1                             |
| 2  | BTB 25% (2)         | 300.0  | 150.0  | 2   | 17662.5                           | 12,08                | 27 Januari 2025 | 24 Februari 2025 | 28                | 480              | 478,2                      | 27               | 1                             |
| 3  | BTB 25% (3)         | 300.0  | 150.0  | 2   | 17662.5                           | 12,16                | 27 Januari 2025 | 24 Februari 2025 | 28                | 460              | 458,2                      | 26               | 1                             |
|    |                     |        |        |     |                                   |                      |                 |                  |                   |                  |                            |                  |                               |
| 1  | BTB 50% (1)         | 300.0  | 150.0  | 2   | 17662.5                           | 11,65                | 27 Januari 2025 | 24 Februari 2025 | 28                | 300              | 298,2                      | 17               | 1                             |
| 2  | BTB 50% (2)         | 300.0  | 150.0  | 2   | 17662.5                           | 11,51                | 27 Januari 2025 | 24 Februari 2025 | 28                | 280              | 278,2                      | 16               | 1                             |
| 3  | BTB 50% (3)         | 300.0  | 150.0  | 2   | 17662.5                           | 11,57                | 27 Januari 2025 | 24 Februari 2025 | 28                | 320              | 318,2                      | 18               | 1                             |

Bentuk Kehancuran (pilih diantara satu)



Gambar L – 10: Laporan Pengujian Kuat Tekan BN, BTB 25%, BTB 50%

## LAPORAN PENGUJIAN KUAT TEKAN

SNI 1974 – 2011

**Penguji** : AULIA PUTRI LUBIS

**Jenis Benda Uji** : Silinder (d=15;t=30)

**Mutu Benda Uji** : F'c 25 Mpa

**Jumlah Benda Uji** : 12

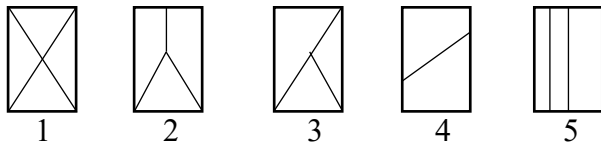
**Lembar** : 2

**Dari** 2

**Mesin** : Dial Compression Test Machine

| No | Identitas Benda Uji | L (mm) | D (mm) | L/D | Luas Penampang (mm <sup>2</sup> ) | Berat Benda Uji (kg) | Tanggal         |                  | Umur Beton (Hari) | Beban Tekan (kN) | Beban Tekan Kalibrasi (Kn) | Kuat Tekan (MPa) | Bentuk Kehancuran /Keterangan |
|----|---------------------|--------|--------|-----|-----------------------------------|----------------------|-----------------|------------------|-------------------|------------------|----------------------------|------------------|-------------------------------|
|    |                     |        |        |     |                                   |                      | Cetak           | Uji              |                   |                  |                            |                  |                               |
| 1  | BTB 75% (1)         | 300.0  | 150.0  | 2   | 17662.5                           | 11,23                | 27 Januari 2025 | 24 Februari 2025 | 28                | 220              | 218,2                      | 12               | 1                             |
| 2  | BTB 75% (2)         | 300.0  | 150.0  | 2   | 17662.5                           | 11,37                | 27 Januari 2025 | 24 Februari 2025 | 28                | 240              | 238,2                      | 14               | 1                             |
| 3  | BTB 75% (3)         | 300.0  | 150.0  | 2   | 17662.5                           | 11,31                | 27 Januari 2025 | 24 Februari 2025 | 28                | 200              | 198,2                      | 11               | 1                             |
|    |                     |        |        |     |                                   |                      |                 |                  |                   |                  |                            |                  |                               |
|    |                     |        |        |     |                                   |                      |                 |                  |                   |                  |                            |                  |                               |
|    |                     |        |        |     |                                   |                      |                 |                  |                   |                  |                            |                  |                               |
|    |                     |        |        |     |                                   |                      |                 |                  |                   |                  |                            |                  |                               |
|    |                     |        |        |     |                                   |                      |                 |                  |                   |                  |                            |                  |                               |
|    |                     |        |        |     |                                   |                      |                 |                  |                   |                  |                            |                  |                               |
|    |                     |        |        |     |                                   |                      |                 |                  |                   |                  |                            |                  |                               |
|    |                     |        |        |     |                                   |                      |                 |                  |                   |                  |                            |                  |                               |
|    |                     |        |        |     |                                   |                      |                 |                  |                   |                  |                            |                  |                               |
|    |                     |        |        |     |                                   |                      |                 |                  |                   |                  |                            |                  |                               |

Bentuk Kehancuran (pilih diantara satu)



Gambar L – 11: Laporan Pengujian Kuat Tekan BTB 75%

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



### DATA IDENTITAS DIRI

|                       |                                             |
|-----------------------|---------------------------------------------|
| Nama Lengkap          | : Aulia Putri Lubis                         |
| Tempat, Tanggal Lahir | : Medan, 08 Juni 2003                       |
| Jenis Kelamin         | : Perempuan                                 |
| Agama                 | : Islam                                     |
| Alamat                | : Jl. Gaperta Lr pembangunan no.152 b Medan |
| Nomor Hp              | : 081263194011                              |
| Nama Ayah             | : H. Hamdani Lubis                          |
| Nama Ibu              | : Sumiati Sirait                            |

### RIIWAYAT PENDIDIKAN

|                         |                                                 |
|-------------------------|-------------------------------------------------|
| NIM                     | : 2107210146                                    |
| Program Studi           | : Teknik Sipil                                  |
| Fakultas                | : Teknik                                        |
| Perguruan Tinggi        | : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara       |
| Alamat Perguruan Tinggi | : Jl. Kapten Muchtar Basri, No. 3, Medan, 20238 |

### PENDIDIKAN FORMAL

|                                               |           |
|-----------------------------------------------|-----------|
| Sekolah Dasar : SDN 060884 Medan              | 2009-2015 |
| Sekolah Menengah Pertama : SMPN 7 Medan       | 2015-2018 |
| Sekolah Menengah Atas : SMAS Panca Budi Medan | 2018-2021 |