

TUGAS AKHIR

PENGARUH PENGGUNAAN BATA BAKAR SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN AGREGAT KASAR PADA UJI KUAT TEKAN BETON

(Studi Penelitian)

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

Disusun Oleh:

BONA WALFAIS MALAU
2107210158



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

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

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Bona Walfais Malau
Npm : 210721058
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Pengaruh Penggunaan Bata Bakar Sebagai Pengganti
Sebagian Agregat Kasar Pada Uji Kuat Tekan Beton
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.

DISETUJUI DISAMPAIKAN KEPADA
PANITIA UJIAN SKRIPSI

Medan, 30 Agustus 2025

Mengetahui dan Menyetujui

Dosen Pembimbing



Sri Fraganti, S.T, M.T

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

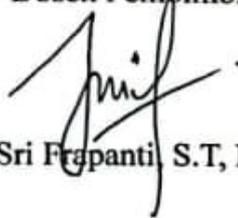
Nama : Bona Walfais Malau
NPM : 2107210158
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Pengaruh Penggunaan Bata Bakar Sebagai Pengganti
Sebagian Agregat Kasar Pada Uji Kuat Tekan Beton
Bidang Ilmu : Struktur

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, 30 Agustus 2025

Mengetahui dan Menyetujui

Dosen Pembimbing



Sri Prapanti, S.T, M.T

Dosen Penguji I



Assoc. Prof. Fahrizal Zulkarnain S.T., M.Sc., Ph.D

Dosen Penguji II



Assoc. Prof. Ade Faisal, S.T., M.Sc., Ph.D.

Ketua Prodi Teknik Sipil



Josef Hadipramana S.T., M.Sc., Ph.D

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Bona Walfais Malau
Tempat, Tanggal Lahir : Rantau Parapat, 08 Desember 2002
Npm : 2107210158
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul “ **Pengaruh Penggunaan Bata Bakar Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Kasar Pada Uji Kuat Tekan Beton (Studi Penelitian)**”

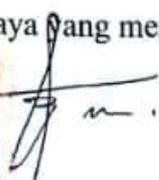
Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakikatnya merupakan karya tulis. Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

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, 30 Agustus 2025

Saya yang menyatakan,


Bona Walfais Malau



ABSTRAK

PENGARUH PENGGUNAAN BATA BAKAR SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN AGREGAT KASAR PADA UJI KUAT TEKAN BETON

Bona Walfais Malau

2107210158

Sri Frapanti, S.T, M.T

Seiring berjalannya perkembangan konstruksi mengakibatkan tingginya kebutuhan material pembentuk beton, penggunaan bahan dari alam sebagai penyusun beton yang terus menerus dapat berdampak buruk terhadap lingkungan. Diperlukannya inovasi dalam dunia konstruksi untuk mencari alternative bahan penyusun beton sebagai bentuk kepedulian terhadap lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan bata bakar sebagai substitusi agregat kasar dalam campuran beton, menggunakan metode eksperimen berupa pengujian kuat tekan. Persentase penggunaan bata bakar adalah 25%, 50%, dan 75% dari berat agregat kasar, pengujian dilakukan pada umur 14 hari dan 28 hari. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kuat tekan beton normal 28 hari sebesar 20,571 Mpa dan beton normal 14 hari sebesar 17,551 MPa, sementara variasi campuran menghasilkan kuat tekan sebagai berikut: BBK25% (14 hari) sebesar 13,305 MPa (penurunan 24,19%), BBK50% (14 hari) sebesar 9,625 MPa (penurunan 45,16%), dan BBK75% (14 hari) sebesar 7,077 MPa (penurunan 59,68%). Untuk bata bakar 28 hari: BBK25% (28 hari) menghasilkan 15, 853 MPa (penurunan 22,94%), BBK50% (28 hari) sebesar 10,757 MPa (penurunan 47,71%), dan BBK75% (28 hari) sebesar 8,776 MPa (penurunan 57,34%). Variasi campuran yang memberikan hasil kuat tekan paling optimal adalah BBK25% (28 hari) sebesar 15, 853 MPa mengalami penurunan sebesar 22,94%.

Kata Kunci: bata bakar, agregat kasar, Subtitusi, Kuat Tekan

ABSTRACT

THE EFFECT OF USING BATTERED BRICKS AS A PARTIAL SUBSTITUTE FOR COARSE AGGREGATE ON CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TESTING

Bona Walfais Malau

2107210158

Sri Frapanti, S.T, M.T

As construction progresses, the demand for concrete-forming materials increases. The continued use of natural materials as concrete components can negatively impact the environment. Innovation in the construction industry is needed to find alternative concrete materials as a form of environmental awareness. This study aims to utilize fired bricks as a substitute for coarse aggregate in concrete mixes, using an experimental method in the form of compressive strength testing. The percentage of burnt brick usage is 25%, 50%, and 75% of the coarse aggregate weight, testing was conducted at 14 days and 28 days. The test results show that the compressive strength of 28-day normal concrete is 20.571 MPa and 14-day normal concrete is 17.551 MPa, while the mixture variations produce the following compressive strength: 25% BBK (14 days) is 13.305 MPa (24.19% decrease), 50% BBK (14 days) is 9.625 MPa (45.16% decrease), and 75% BBK (14 days) is 7.077 MPa (59.68% decrease). For 28-day fired bricks: 25% BBK (28 days) produced 15,853 MPa (a 22.94% reduction), 50% BBK (28 days) produced 10,757 MPa (a 47.71% reduction), and 75% BBK (28 days) produced 8,776 MPa (a 57.34% reduction). The mixture variation that produced the most optimal compressive strength was 25% BBK (28 days) at 15,853 MPa, with a 22.94% reduction.

Keywords: fired brick, coarse aggregate, substitution, compressive strength

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum wr.wb

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan karunia serta nikmat yang tiada terkira sehingga. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini yang berjudul “ Pengaruh Penggunaan Bata Bakar Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Kasar Pada Uji Kuat Tekan Beton” 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 Sri Frapanti, S.T, M.T selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan dalam menyelesaikan Proposal Tugas Akhir ini.
2. Bapak Assoc. Prof. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberi masukan dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Assoc. Prof. Ade Faisal, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing II 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. Bapak Josef Hadipramana, S.T., M.Sc., Ph.D. selaku Kepala Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmunya kepada penulis.

8. Bapak/Ibu Staff Administrasi di Biro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Kepada Ayahanda tercinta Rahmadsyah Malau dan Ibunda tercinta Susilawati, Seluruh perjuangan dan usaha penulis adalah persembahan kecil untuk Ayahanda dan Ibunda tercinta yang telah berjuang dan rela menerima banyak rasa sakit, terimakasih penulis ucapkan atas segala pengorbanan, nasihat dan doa baik yang tidak pernah berhenti mengalir.
10. Kepada Adik ku tersayang Benny Alfaris Malau dan Fahri Marganda Putra Malau yang menjadi pendukung dan bahan bakar semangat bagi penulis.
11. Kepada teman seperjuangan Muhammad Alwi dan Akhiria Tunnisha Harahap, terimakasih atas segala kebaikan dan waktu yang telah dihabiskan selama masa perkuliahan. Terimakasih untuk bantuan disetiap perjalanan penulis mulai dari penelitian hingga membantu kekeliruan penulis dalam menyusun skripsi.
12. Semua teman-teman kelas D1 Pagi Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah membantu selama masa perkuliahan.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Medan, 30 Agustus 2025

(Bona Walfais Malau)

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRAK	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Penelitian	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Umum	5
2.2 Penelitian Terdahulu	6
2.3 Material Penyusun Beton	10
2.3.1 Semen	10
2.3.2 Agregat	11
2.3.3 Air	13
2.4 Batu Bata	14
2.5 Slump Test	15
2.6 Kuat Tekan Beton	16
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	Error! Bookmark not defined.
3.1 Diagram Alir Penelitian	Error! Bookmark not defined.
3.2 Metode Penelitian	18
3.2.1 Data Primer	19
3.2.2 Data sekunder	19
3.3 Lokasi Penelitian	20
3.4 Bahan Dan Peralatan	20

3.4.1	Bahan	20
3.4.2	Peralatan	20
3.5	Persiapan Penelitian	21
3.6	Pemeriksaan Material	21
3.6.1	Analisa Saringan	21
3.6.2	Berat Jenis Agregat Kasar	22
3.6.3	Berat Jenis Agregat Halus	23
3.6.4	Kadar Air Agregat	24
3.6.5	Kadar Lumpur	24
3.7	Pelaksanaan Penelitian	25
3.7.1	Mix Desaign	25
3.7.2	Pembuatan benda uji	32
3.7.3	Campuran Beton	34
3.7.4	<i>Slump test</i>	35
3.7.5	Perawatan benda uji	35
3.7.6	Pengujian Kuat Tekan	36
BAB 4 PEMBAHASAN DAN HASIL		37
4.1	Hasil Dan Daya Analisa Pemeriksaan Material Agregat	37
4.2	Agregat Halus	37
4.2.1.	Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Air	38
4.2.2.	Analisa Gradasi Agregat Halus	38
4.2.3.	Kadar Lumpur Agregat Halus	39
4.2.4.	Kadar Air Agregat Halus	40
4.2.5.	Pengujian Berat Isi Agregat Halus	40
4.3	Agregat Kasar	41
4.3.1.	Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Kasar	41
4.3.2.	Analisa Gradasi Agregat Kasar	42
4.3.3.	Kadar Lumpur Agregat Kasar	43
4.3.4.	Kadar Air Agregat Kasar	43
4.3.5.	Pengujian Berat Isi Agregat Kasar	44
4.4	Perencanaan Campuran Dan Kebutuhan Bahan Beton	45
4.4.1	Mix Desaign Beton Normal	45

4.4.2 Kebutuhan Bahan	50
4.5 Pengujian <i>Slump Test</i>	51
4.6 Pengujian Kuat Tekan Beton	52
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	58
5.1 Kesimpulan	58
5.2 Saran	58
DAFTAR PUSTAKA	60

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian terdahulu.	6
Tabel 2.2 Batas gradasi agregat kasar.	12
Tabel 2.3 Gradasi agregat halus.	13
Tabel 2.4 Kuat tekan beton silinder 15 cm dan tinggi 30 cm	17
Tabel 3.1 Nilai slump yang disarankan pada konstruksi (SNI 7656-2012).	26
Tabel 3.2 Pemilihan berat rasio air-semen (SNI 7656:2012).	28
Tabel 3.3 Perkiraan kadar agregat kasar (SNI 7656:2012).	29
Tabel 3.4 Perkiraan kadar agregat halus (SNI 7656:2012).	30
Tabel 3.5 Benda uji dan campuran pembuatan beton.	34
Tabel 4.1 Data data dasar dari hasil pengujian agregat.	37
Tabel 4.2 Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus.	38
Tabel 4.3 Data pengujian analisa gradasi agregat halus.	39
Tabel 4.4 Data pengujian kadar lumpur agregat halus.	39
Tabel 4.5 Data pengujian kadar air agregat halus.	40
Tabel 4.6 Pemeriksaan berat isi agregat halus.	41
Tabel 4.7 Hasil data pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar.	41
Tabel 4.8 Data pengujian analisa gradasi agregat kasar.	42
Tabel 4.9 Data pengujian kadar lumpur agregat kasar.	43
Tabel 4.10 Data pengujian kadar air agregat kasar.	43
Tabel 4.11 Pemeriksaan berat isi agregat kasar.	44
Tabel 4.12: Data data dasar dari pengujian agregat.	45
Tabel 4.13 Rasio air.	46
Tabel 4.14 Rasio air semen.	47
Tabel 4.15 Berat kering agregat kasar.	47
Tabel 4.16 Berat beton segar.	48
Tabel 4.17 Perbandingan berat.	49
Tabel 4.18 Kebutuhan material untuk satu benda uji.	50
Tabel 4.19 Kebutuhan material untuk 3 benda uji.	51
Tabel 4.20 Hasil nilai pengujian slump test.	51
Tabel 4.21 Nilai kuat tekan beton umur 14 hari.	53

Tabel 4.22 Nilai kuat tekan beton umur 28 hari.

55

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3. 2 Benda Uji Silinder	36
Gambar 3. 3 Alat Uji Kuat Tekan Beton	36
Gambar 4. 1 Grafik Slump Test	52
Gambar 4. 2 Grafik Pengujian Kuat Tekan Umur 14 Hari	53
Gambar 4. 3 Grafik Nilai Kuat Tekan Rata Rata Beton Umur 14 Hari	54
Gambar 4. 4 Grafik Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari	56
Gambar 4. 5 Grafik Nilai Kuat Tekan Rata Rata Beton Umur 28 Hari	56

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam dunia konstruksi beton menjadi pilihan utama bagi kebanyakan bangunan dikarenakan kelebihan yang dimiliki beton berupa kekuatan terhadap tekan dan tahan lama serta kemudahan dalam menyesuaikan bentuk sesuai dengan keinginan. Beton memiliki 4 jenis bahan penyusun yaitu semen, agregat kasar, agregat halus dan air. Pada kondisi tertentu dibutuhkan bahan tambahan *additive* dengan takaran tertentu untuk mencapai kondisi beton yang diinginkan. Pada dasarnya tuntutan utama dalam membuat campuran beton untuk mengetes kekuatan tekan, keawetan, *workability*, dan harga seekonomis mungkin.

Beton merupakan fungsi dari bahan penyusunnya yang terdiri dari bahan semen hidrolis (*portland cement*), agregat kasar, agregat halus, air dan bahan tambah (*admixture atau additive*). Untuk mengetahui dan mempelajari perilaku elemen gabungan (bahan-bahan penyusun beton), kita memerlukan pengetahuan mengenai karakteristik masing-masing komponen (Mulyono, 2005).

Pada pembuatan adukan beton normal, penggunaan agregat berkisar antara 60% - 80% dari volume beton, sehingga pengaruh agregat akan menjadi sangat besar. Selain memberi bentuk pada beton dan memberi kekuatan guna menahan beban, penggunaan agregat juga bertujuan untuk keperluan ekonomis (Kosmatka dkk., 2003).

Kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Kuat tekan beton mengidentifikasikan mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi tingkat kekuatan struktur yang dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan. Nilai kuat tekan beton didapatkan melalui tata cara pengujian standar, menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beban tekan bertingkat pada benda uji silinder beton (diameter 150 mm, tinggi 300 mm) sampai hancur (Abdien dan siti, 2020).

Batu bata merupakan salah satu unsur yang terbuat dari tanah liat. Batu bata merupakan salah satu material yang digunakan untuk membuat suatu bangunan dan merupakan unsur penting dalam pembuatan konstruksi bangunan. Bahan untuk

membuat batu bata berasal dari tanah liat yang kemudian dipanaskan pada suhu tinggi hingga tidak dapat hancur lagi apabila direndam di dalam air (Wahyudi, 2021).

Seiring berjalannya perkembangan konstruksi mengakibatkan tingginya kebutuhan material pembentuk beton, penggunaan bahan dari alam sebagai penyusun beton yang terus menerus dapat berdampak buruk terhadap lingkungan. Diperlukannya inovasi dalam dunia konstruksi untuk mencari alternative bahan penyusun beton sebagai bentuk kepedulian terhadap lingkungan. Penelitian ini menggunakan pecahan limbah batu bata sebagai pengganti agregat kasar untuk bahan penyusun campuran beton.

Penelitian ini didasarkan pada data data yang telah didapat dari hasil penelitian terdahulu dengan judul “pengaruh substitusi agregat kasar dengan pecahan batu bata klinker terhadap kuat tekan beton normal” sebagai pembeda terhadap penelitian yang akan dilakukan. Pada penelitian tersebut substitusi agregat kasarnya menggunakan bata klinker yang merupakan bata dengan Tingkat pembakaran yang tinggi sehingga memiliki kadar air yang rendah serta kepadatan yang tinggi, sedangkan pada pada penelitian ini menggunakan pecahan bata pada Lokasi percetakan bata yang ada di kabupaten Deli Serdang.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun masalah yang akan dibahas pada tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh penggunaan pecahan batu bata sebagai pengganti agregat kasar terhadap kuat tekan beton?
2. Bagaimana hasil perbandingan kuat tekan beton menggunakan pecahan batu bata dan beton biasa?

1.3 Batasan Penelitian

Berdasarkan ruang lingkup penelitian yang memiliki banyak permasalahan yang spesifik, maka penelitian perlu membatasi pembahasan dan permasalahan serta memperjelas batasannya. Berikut merupakan batasan dari penelitian ini:

1. Metode perencanaan campuran beton menggunakan Standar Nasional Indonesia (SNI 7656: 2012).
2. Pengujian berupa kuat tekan beton sesuai dengan SNI 1974 : 2011
3. Penelitian dilakukan di Laboratorium Beton Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
4. Pencampuran adukan beton digunakan limbah bata bakar sebagai pengganti sebagian agregat halus dengan variasi 25%, 50% dan 75% yang diambil dari toko material serta tidak memperhatikan komposisi yang ada pada campuran bata tersebut.
5. Pengujian dilakukan pada umur 14 dan 28 hari
6. Benda uji berbentuk silinder \emptyset 15 cm, tinggi dari 30 cm
7. Jumlah seluruh benda uji berjumlah 24 buah

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pengaruh penggunaan pecahan bata bakar sebagai agregat kasar terhadap uji kuat tekan beton.
2. Untuk memeriksa perbandingan pengujian kuat tekan beton menggunakan pecahan bata bakar sebagai agregat kasar dengan variasi 25%, 50%, dan 75% terhadap beton normal.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan pemahaman dan pengetahuan kepada masyarakat umum terhadap pemanfaatan limbah pecahan batu bata sebagai pengganti agregat kasar untuk campuran beton dan menjadi pertimbangan untuk tahap selanjutnya

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika dalam Tugas Akhir anatar lain sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Pada bab ini dibahas mengenai latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, dan manfaat penelitian serta sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini berisi tentang teori dan bacaan yang berkaitan dengan subjek penelitian yang akan dibahas sebagai landasan teori untuk meneliti permasalahan yang akan dibahas.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan tentang tahapan penelitian, pelaksanaan penelitian, teknik pengumpulan data, peralatan yang dipakai, jenis data yang diperlukan, pengambilan data dan analisis data.

BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini menjelaskan tentang analisis dan perhitungan serta pemecahan permasalahan yang ada dalam penelitian.

kerja praktek dan metode kerja yang di peroleh.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini menjelaskan kesimpulan dari hasil analisis dan perhitungan yang telah dilakukan pada penelitian serta berisikan saran penulis terkait penelitian.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Menurut Mulyono beton merupakan bahan bangunan yang tersusun dari pasir (agregat halus), krikil (agregat kasar), semen, dan air. Mutu dan sifat beton sangat dipengaruhi oleh bahan pembuatannya, rancangan campuran beton menentukan kekuatan tekan pada beton, kemudahan pengerjaan, dan derajat mulur dan penyusun beton.

Beton merupakan fungsi dari bahan penyusunnya yang terdiri dari bahan semen hidrolis (*portland cement*), Agregat kasar, agregat halus, air dan dengan menggunakan atau tidak bahan tambah (*admixture atau additive*) atau campuran antara semen portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat (SNI 03 – 2847 - 2002).

Kualitas mutu beton bergantung pada bahan dasar penyusun beton, bahan tambah, pelaksanaan pada saat dibuat dan alat-alat yang dipakai saat pembuatan adukan beton. Kualitas mutu beton bisa dikatakan baik kalau bahan yang digunakan baik, cara mengaduk yang baik (*homogen*), proses pelaksanaan yang dilakukan baik, alat-alat yang dipakai juga baik dan tingkat porositasnya kecil. Menurut Standar Nasional Indonesia 03- 2847-2002 disebut beton normal jika beton memiliki $2200 \text{ kg/m}^3 < \text{berat volume} < 2500 \text{ kg/m}^3$ dengan bahan utamanya yaitu agregat alami dan atau agregat pabrikasi (*stone crusher*).

Adapun factor yang mempengaruhi kualitas dari beton yang baik adalah sebagai berikut:

1. Jenis dan jumlah semen yang digunakan
2. Rasio penggunaan air
3. Kualitas agregat dan interaksinya dengan pasta semen
4. Tambahan bahan kimia yang digunakan
5. Tambahan material yang digunakan
6. Pemilihan prosedur dan waktu pencampuran bahan susun beton
7. *Quality control*

2.2 Penelitian Terdahulu

Tabel 2.1: Penelitian terdahulu.

1	Judul	Experimental study on effect of partial replacement of coarse aggregate by over burnt brick bats
	Penulis	Akash Vijaykumar Kankal , M.S. Kariappa
	Volume	Journal of Architecture and Civil Engineering, volume 7
	Tahun Publish	2022
	Kesimpulan	<p>Berdasarkan hasil dan pengamatan yang dilakukan dalam penelitian eksperimental, berikut ini simpulan yang dapat ditarik.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Dapat diamati bahwa dengan peningkatan presentase Batu Bata Terbakar Berlebih yaitu sebesar 10% maka kemampuan kerjanya meningkat sebesar 3,7% dan selanjutnya pada peningkatan presentase Batu Bata Terbakar Berlebih yaitu sebesar 20% dan 30% maka kemampuan kerjanya menurun masing-masing sebesar 15,38% dan 23,07%. 2. Peningkatan kuat tekan sebesar 3,05% didapatkan pada penggantian agregat kasar sebanyak 10% dengan Bata Bakar; kekuatan tekan berkurang sebesar 26,41% ketika agregat kasar sebanyak 20% diganti dengan Bata Bakar dan kekuatan tekan berkurang sebesar 44,10% ketika agregat kasar sebanyak 30% diganti dengan Bata Bakar, dengan menggunakan rasio air semen (A/S) sebesar 0,4 3. Peningkatan kuat tarik sebesar 3,05% didapatkan pada penggantian agregat kasar sebanyak 10% dengan Bata Bakar Berlebih; kekuatan tarik menurun sebesar 26,41% ketika agregat kasar sebanyak 20% diganti dengan Bata Bakar Berlebih dan kekuatan menurun sebesar 44,10% ketika agregat kasar sebanyak 30% diganti dengan Bata Bakar Berlebih, dengan menggunakan rasio air semen (A/S) sebesar 0,4. 4. Peningkatan kuat lentur sebesar 5,93% didapatkan pada penggantian agregat kasar sebanyak 10% dengan Bata Bakar; kekuatan berkurang sebesar 14,03% ketika 20% agregat kasar

		<p>diganti dengan Bata Bakar dan kekuatan berkurang sebesar 18,95% ketika 30% agregat kasar diganti dengan Bata Bakar, dengan menggunakan rasio air semen (A/S) sebesar 0,4</p> <p>5. Hal ini dapat dilakukan pada area penimbunan beton massal.</p> <p>6. Penggunaan batu bata yang dibakar membantu melestarikan sumber agregat alami.</p> <p>7. Studi terkini menyimpulkan bahwa Pelapis Bata Terbakar dapat menggantikan agregat kasar hingga 10%</p>
2	Judul	Pengaruh Substitusi Agregat Kasar Dengan Pecahan Batu Bata Klinker Terhadap Kuat Tekan Beton Normal
	Penulis	Yulius Rief Alkhaly, Fakhur Rozi, M.Kabir Ihsan
	Volume	Teras Jurnal, Volume 5, No 2
	Tahun Menerbitkan	Tahun 2015
	Kesimpulan	<p>a. Penggantian Agregat Kasar Berupa Agregat Klinker (Pecahan Batu Bata Klinker) berjumlah 100% Dalam Adukan Beton , Mampu Memenuhi Kuat Tekan Rencana 20 Mpa Dan Dapat Dikategorikan Sebagai Beton Struktural ;</p> <p>b. Pada Fas 0,48, Seluruh Jenis Beton Beragregat Klinker Memiliki Kemudahan Pekerjaan (Workability) Yang Baik Volume Berat Beton Tereuksi Sebesar 8,8% Pada Penggunaan 100% Agregat Klinker Dibanding Dengan Batu Pecah, Sehingga Rasio Kekuatan Terhadap Volume Berat Meningkat. Namun demikian, Beton Agregat Klinker Tidak Dapat Dikategorikan Sebagai Beton Ringan, Karena Berat Volumennya Masih Di Atas 2000 Kg/M3.</p>
3	Judul	Analisis Kuat Tekan Beton K.200 Dengan Menggunakan Limbah Pecahan Batu Bata Sebagai Pengganti Agregat Kasar
	Penulis	Ligal Sebastian , Achmad Syarifudin , Alamsyah.
	Volume	Jurnal Teknik Sipil UNPAL Vol.10, No.1,
	Tahun Publish	2020

	Kesimpulan	<p>Dari data yang diperoleh dan dari analisa data yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :</p> <ol style="list-style-type: none"> a. Kuat Tekan Beton Tanpa Pasir Dengan Menggunakan Agregat Batu Bata Klingker Menunjukkan Penurunan Dibandingkan Kuat Tekan Beton Tanpa Pasir Agregat Kerikil Karena Pengaruh Absorpsi Air Pada Klingker Lebih Besar, b. Beton Tanpa Pasir Yang Menggunakan Agregat Batu Bata Klingker Mempunyai Bobot 70% Lebih Ringan Dibandingkan Dengan Bobot Beton Tanpa Pasir Agregat Kerikil. c. Makin Besar Perbandingan Variasi Agregat Batu Bata Klingker Yang Disubstitusikan Maka Semakin Besar Juga Nilai Kadar Air Beton Biasanya. Sesuai Dengan Kuat Tekannya, d. Beton Tanpa Pasir Dari Agregat Batu Bata Klingker Dapat Dimanfaatkan Untuk Beton Non Struktural Seperti Area Parkir, Trotoar Pejalan Kaki, Rabat Beton, Vas Bunga Atau Sebagai Halaman Terbuka.
4	Judul	Eksperimental Uji Kuat Tekan Beton dengan Menggunakan Agregat Kasar Pecahan Bata Merah dan Batako Sebagai Bahan Pengganti
	Penulis	Muh. Sayfullah. S , Syamsul Bahri Bahar , Hendra Kundrad SR ,Rika.
	Volume	Jurnal pendidikan tambusai, Vol. 8, No.1.
	Tahun Publish	2024
	Kesimpulan	<p>Dari data yang diperoleh dan dari analisa yang dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Pengaruh Penggantian Agregat Kasar Bata Merah Terhadap Kuat Tekan Beton Pada Umur 28 Hari, Dengan Nilai Kuat Tekan Rata-Rata Agregat Kasar Bata Merah Sebesar 64,7 Kg/Cm², Menunjukkan Dampak Yang Tidak Menguntungkan Pada Bahan Pengganti Agregat Kasar Dalam Campuran Beton. Hal Ini Sejalan Dengan Hasil Agregat Kasar Batako Yang Memiliki Kuat Tekan Rata-Rata Sebesar 57,9 Kg/Cm². Dari Nilai Kuat Tekan Yang Direncanakan Untuk Beton Dengan Rasio 145,25 Kg/Cm², Agregat Bata Merah Mengalami Penurunan Kuat

		Tekan Sebesar 59,2 Kg/Cm ² , Menurun Sebesar 40,8%. Sementara Itu, Agregat Batako Mengalami Penurunan Kuat Tekan Sebesar 60,86 Kg/Cm ² , Dengan Penurunan Sebesar 39,14%.
5	Judul	Analisis Kuat Tekan Beton Menggunakan Limbah Batu Bata Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Kasar
	Penulis	Indriasari, Gali Pribadi , Tomy Friendo Purba.
	Volume	Jurnal Sipilkrisna Vol. 1 No.2
	Tahun Menerbitkan	Tahun 2022
	Kesimpulan	<p>Dari data yang diperoleh dan dari analisis data yang telah ada Dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Hasil Kuat Tekan Beton Rata-Rata Untuk Beton Normal Tanpa Penambahan Limbah Batu Bata Pada Umur 28 Hari Adalah Sebesar 29,02 Mpa, Kuat Tekan Beton Pada Umur 28 Hari Lebih Besar Dari Kuat Tekan Beton Yang Direncanakan Yaitu 25 Mpa. Hasil Kuat Tekan Beton Rata-Rata Pada Umur 28 Hari Dengan Menggunakan Limbah Batu Bata Sebesar 5% Adalah Sebesar 25,78 Mpa, Dan Dengan Menggunakan Limbah Batu Bata 10% Adalah Sebesar 22,02 Mpa, Maka Dapat Diambil Kesimpulan Dengan Menggunakan Limbah Batu Bata Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Kasar, Mutu Beton Mengalami Penurunan. Penurunan Kuat Tekan Beton Terhadap Beton Normal Pada Umur 28 Hari Dengan Menggunakan Limbah Batu Bata 5 % Adalah 11,16% Dan Dengan Limbah Batu Bata 10% Penurunan Sebesar 24,12%.

2.3 Material Penyusun Beton

2.3.1 Semen

Semen adalah bahan pengikat yang digunakan dalam konstruksi, yang berfungsi untuk mengikat agregat dan membentuk beton. Semen bereaksi dengan air dalam proses yang disebut hidrasi, yang menghasilkan kekuatan dan stabilitas pada material beton.

Menurut SNI 15 – 2049 – 2004, semen Portland merupakan semen yang terduur dari semen hidrolis terkhusus kalsium silikat hidrolis, dibuat dengan cara menggiling terak semen Portland dengan satu atau lebih Kristal kalsium yang digiling dengan bahan tambahan berupa senyawa sulfat, bisa juga ditambahkan bahan tambahan lainnya.

Terdapat 5 jenis atau tipe semen berdasarkan standar nasional Indonesia (SNI 15 – 2049 – 2004) yakni sebagai berikut:

- a. Semen tipe I merupakan semen standar yang sering di pakai sebagai bahan pembuatan beton untuk bangunan umum yang tidak memerlukan perlakuan khusus.
- b. Semen tipe II merupakan semen yang memiliki kandungan C3A. semen tipe ini digunakan untuk bangunan yang bersentuhan dengan air limbah dan dapat digunakan untuk struktur pondasi yang tertanam pada tanah yang mengandung sulfat tinggi.
- c. Semen tipe III merupakan semen yang dapat menghasilkan panas hidrasi lebih cepat dibandingkan semen Portland lainnya sehingga dapat memberikan kekuatan awal yang lebih tinggi. Semen jenis ini memungkinkan untuk digunakan pada konstruksi yang memerlukan penggunaan segera setelah mengeras.
- d. Semen tipe IV merupakan semen yang memiliki kandungan C3S maksimal 35% dan kandungan C3A maksimal hanya 3%. Semen tipe ini memerlukan panas hidrasi yang rendah dan cocok digunakan pada konstruksi berskala besar atau bervolume besar dalam sebuah pengerjaan nya.
- e. Semen tipe V merupakan semen yang memiliki ketahanan terhadap sulfat. Umumnya digunakan pada konstruksi yang bersentuhan dengan air laut , kanal,

tangki limbah industri, dan bangunan yang bersentuhan dengan bahan kimia serta dapat digunakan pada konstruksi bawah tanah.

2.3.2 Agregat

Agregat merupakan materi alami atau buatan yang berperan sebagai bahan penyusun campuran beton. Agregat sangat berdampak besar terhadap kualitas dan sifat beton karena agregat mendominasi sekitar 70% dari volume beton. Oleh karena itu, pemilihan agregat merupakan aspek penting dalam proses pembuatan beton.

Jika dilihat dari sumbernya, agregat dapat dibedakan menjadi dua golongan yaitu agregat yang berasal dari alam dan agregat buatan (*artificial aggregates*). Contoh agregat yang berasal dari sumber alam adalah pasir alami dan kerikil, sedangkan contoh agregat buatan adalah agregat yang berasal dari stone crusher, hasil residu terak tanur tinggi (*blast furnace slag*), pecahan genteng, pecahan beton, *fly ash* dari residu PL TU, *extended shale*, *expanded slag* dan lainnya (Mulyono, 2005).

2.3.2.1 Agregat Kasar

Kerikil merupakan agregat kasar yang mempunyai ukuran diameter 5 mm – 40 mm. Sebagai pengganti kerikil dapat pula dipakai batu pecah (*split*). Kerikil atau batu pecah yang mempunyai ukuran diameter lebih dari 40 mm tidak baik untuk pembuatan beton. Berdasarkan SNI 03-1969-2008. Kerikil yang digunakan harus mempunyai syarat sebagai berikut:

- a. Bersifat keras dan padat serta tidak berpori.
- b. Harus bersih, tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1%. Jika kandungan lumpur lebih dari 1% maka agregat harus dicuci terlebih dahulu.
- c. Pada keadaan terpaksa, dapat dipakai kerikil bulat.
- d. Tidak boleh mengandung zat yang dapat merusak beton seperti zat yang relatif alkali.
- e. Agregat harus berupa kerikil alam atau batu pecah.
- f. Harus lewat tes kekerasan dengan bejana penguji Rudeloff dengan beban uji 20 ton.

- g. Kadar bagian yang lemah jika diuji dengan goresan batang tembaga maksimum 5%.
- h. Angka kehalusan (*Finenes Modulus*) untuk *Coarse Aggregate* antara 6-7,7

Tabel 2.2: Batas gradasi agregat kasar.

Ukuran Ayakan (Mm)	Nomor Ayakan (No.)	Persentase Lolos Ayakan		
		Ukuran Maks 10 Mm	Ukuran Maks 20 Mm	Ukuran Maks 40 Mm
75	3"			100 -100
37.5	1 1/2"		100 -100	95 - 100
19	3/4"	100 -100	95 - 100	35 - 70
9.5	3/8"	50 - 85	30 - 60	10- 40
4.75	No. 4	0 - 10	0 - 10	0 - 5

2.3.2.2 Agregat Halus

Pasir (agregat halus) yang digunakan dalam campuran beton jika dilihat dari sumbernya dapat berasal dari sungai ataupun dari galian tambang (*quarry*). Agregat yang berasal dari tanah galian, yaitu tanah yang dibuka lapisan penutupnya (*pre-striping*), biasanya berbentuk tajam, bersudut, berpori dan bebas dari kandungan garam. Pada kasus tertentu, agregat yang terletak pada lapisan yang paling atas harus dicuci terlebih dahulu sebelum digunakan.

Menurut SNI 03-6820-2002 (2002: 171), agregat halus adalah agregat isi yang berupa pasir alam hasil disintegrasi alami dari batu-batuan (*natural sand*) atau berupa pasir buatan yang dihasilkan dari alat-alat pemecah batuan (*artificial sand*) dengan ukuran kecil (0,15- 5 mm). Agregat halus yang baik harus bebas bahan organik, lempung, partikel yang lebih kecil dari saringan No. 200, atau bahan-bahan lain yang dapat merusak beton.

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

Berdasarkan SNI 03 – 6820 – 2002, syarat agregat halus ialah sebagai berikut:

1. Agregat halus terdiri dari partikel partikel agregat halus harus abadi. Dengan kata lain tidak boleh rusak karena pengaruh cuaca.
2. Kadar lumpur tiak boleh melebihi 5% (berdasarkan berat kering). Jika kandungan lumpur lebih dari 5% maka agregat perlu dibersihkan.

Tabel 2.3: Gradasi 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

2.3.3 Air

Air adalah bahan perapihan untuk pembuatam beton yang berlaku untuk bereaksi dengan semen yang mengakibatkan peneguhan dan berlangsungnya pengerasan, membasahi agregat da sebagai semir campuran untuk lebih efektif dalam pengerjaanya (Amelia dkk., 2022).

Air yang digunakan dapat berupa air tawar (dari sungai, danau, telaga, kolam, dan lainnya), air laut maupun air limbah asalkan memenuhi syarat mutu yang telah ditetapkan. Air tawar yang dapat diminum umumnya dapat digunakan sebagai bahan campur beton. Air laut pada umumnya mengandung 3,5% larutan garam (sekitar 78% adalah sodium klorida dan 15% adalah magnesium klorida). Garam garaman yang ada dalam air laut akan mengurangi kualitas beton hingga mencapai 20%. Air laut tidak boleh digunakan sebagai bahan campur beton prategang maupun beton bertulang karena beresiko akan membuat karat. Air

buangan pabrik yang mengandung asam alkali juga tidak boleh digunakan sebagai bahan campur beton (Mulyono, 2005).

Dalam pembuatan beton, air merupakan salah satu faktor penting, karena air dapat bereaksi dengan semen, yang akan menjadi pasta pengikat agregat. Air juga berpengaruh terhadap kuat desak beton, karena kelebihan air akan menyebabkan penurunan pada kekuatan beton itu sendiri. Selain itu kelebihan air akan mengakibatkan beton menjadi bleeding, yaitu air bersama-sama semen akan bergerak ke atas permukaan adukan beton segar yang baru saja dituang. Pemakaian air untuk beton sebaiknya memenuhi persyaratan. Menurut (Tjokrodimulyo, 2007), air yang disyaratkan untuk beton ialah sebagai berikut:

- 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.

2.4 Batu Bata

Batu bata merupakan salah satu bahan material sebagai bahan pembuat dinding. Batu bata adalah bahan bangunan yang telah lama dikenal dan dipakai oleh masyarakat baik di pedesaan maupun di perkotaan yang berfungsi untuk bahan bangunan konstruksi. Hal ini dapat dilihat dari banyaknya pabrik batu bata yang dibangun masyarakat untuk memproduksi batu bata. Penggunaan batu bata banyak digunakan untuk aplikasi teknik sipil seperti dinding pada bangunan perumahan, bangunan gedung, pagar, saluran dan pondasi.

Batu bata merupakan suatu unsur bangunan yang diperuntukkan pembuatan konstruksi bangunan dan yang dibuat dari tanah dengan atau tanpa campuran

bahan-bahan lain, dibakar cukup tinggi, hingga tidak dapat hancur lagi bila direndam dalam air (SNI 15-2094-2000).

Batu bata adalah salah satu unsur yang dipergunakan dalam pembuatan konstruksi bangunan. Pada dasarnya, batu bata terbuat dari tanah liat dengan atau tanpa campuran bahan-bahan lain melalui beberapa tahap pengerjaan seperti penggalian, pengolahan, pencetakan, pengeringan dan pembakaran. Batu bata dibakar pada temperatur yang tinggi hingga mengeras dan berubah warna, serta tidak dapat hancur lagi bila direndam dalam air (Wahyudi, 2021).

Batu bata memiliki beberapa kelebihan serta kekurangan jika dibandingkan dengan bahan bangunan lainnya, khususnya batako dan batu. Kelebihan batu bata antara lain adalah:

- a. Tahan terhadap bahaya api, terutama pada saat kebakaran.
- b. Tidak dibutuhkan keahlian khusus dalam memasang batu bata.
- c. Merupakan bahan bangunan yang tergolong murah dan cukup mudah ditemukan.

Kekurangan batu bata jika dibandingkan dengan bahan bangunan lain, antara lain:

- a. Mudah menyerap air dan mudah rusak bila mengabsorpsi air garam, sehingga tidak cocok untuk struktur bawah air.
- b. Mudah menyerap panas pada saat musim kemarau dan mudah menyerap dingin pada saat musim hujan sehingga menjadikan sulit untuk mendapatkan suhu ruangan yang stabil jika menggunakan dinding batu bata.
- c. Jika terjadi perubahan suhu yang ekstrim, maka akan mengakibatkan retak-retak rambut pada plesteran.

2.5 Slump Test

Percobaan slump beton adalah suatu cara untuk mengukur kelecakan adukan beton, yaitu kecairan/kekentalan adukan yang berguna dalam pekerjaan beton. Slump merupakan besarnya nilai keruntuhan beton secara vertikal yang diakibatkan karena beton belum memiliki batas yield stress yang cukup untuk menahan berat sendiri karena ikatan antar partikelnya masih lemah sehingga tidak mampu untuk mempertahankan ikatan semulanya. Pemeriksaan slump dimaksud untuk

mengetahui konsistensi beton dan sifat mudah dikerjakan (*workability*) sesuai dengan syarat yang telah ditetapkan (Abdien dan siti, 2020).

Uji slump berguna untuk mengecek adanya perubahan dari kadar air, bila material dan gradasi agregat adalah seragam. Bila jumlah air adalah konstan maka *slump* berguna untuk menunjukkan adanya perbedaan pada gradasi atau adanya perbandingan berat yang salah. Kelemahan uji *slump test* adalah tidak dapat mengukur kelecakan campuran beton yang kaku, (Nugraha, 2007). Adapun nilai standar slump yang biasa dipakai adalah sebagai berikut:

1. 0-25 mm untuk jalan raya
2. 10-40 mm untuk pondasi (*low workability*)
3. 50-90 mm untuk beton bertulang normal menggunakan vibrator (*medium workability*)
4. >100 mm untuk *high workability*

2.6 Kuat Tekan Beton

Kekuatan tekan merupakan salah satu kinerja utama beton. Kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Walaupun dalam beton terdapat tegangan tarik yang kecil, diasumsikan bahwa semua tegangan tekan didukung oleh beton tersebut. Penentuan kekuatan tekan dapat dilakukan dengan menggunakan alat uji tekan dan benda uji berbentuk silinder dengan prosedur uji ASTM C-39 atau kubus dengan prosedur BS-1881 Part 115; Part 116 pada umur 28 hari (Mulyono, 2005).

Kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Kuat tekan beton mengidentifikasikan mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi tingkat kekuatan struktur yang dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan. Nilai kuat tekan beton didapatkan melalui tata cara pengujian standar, menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beban tekan bertingkat pada benda uji silinder beton (diameter 150 mm, tinggi 300 mm) sampai hancur (Abdien dan siti, 2020).

Untuk standar pengujian kuat tekan digunakan SNI 03- 6805 – 2002 dan ASTM C 39/C 39M-04a. Untuk pengujian kuat tekan beton, benda uji berupa silinder beton berdiameter 15 cm dan tingginya 30 cm ditekan dengan beban P sampai runtuh.

Karena ada beban tekan P , maka terjadi tegangan tekan pada beton (σ_c) sebesar beban (P) dibagi dengan luas penampang beton (A).

berdasarkan standar nasional Indonesia 03 – 6468 – 2000, ACI – 318 dan ACI – 363R – 92, mutu beton dari benda uji silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm dikelompokkan menjadi:

Tabel 2.4: Kuat tekan beton silinder 15 cm dan tinggi 30 cm (Hamdi dkk., 2022).

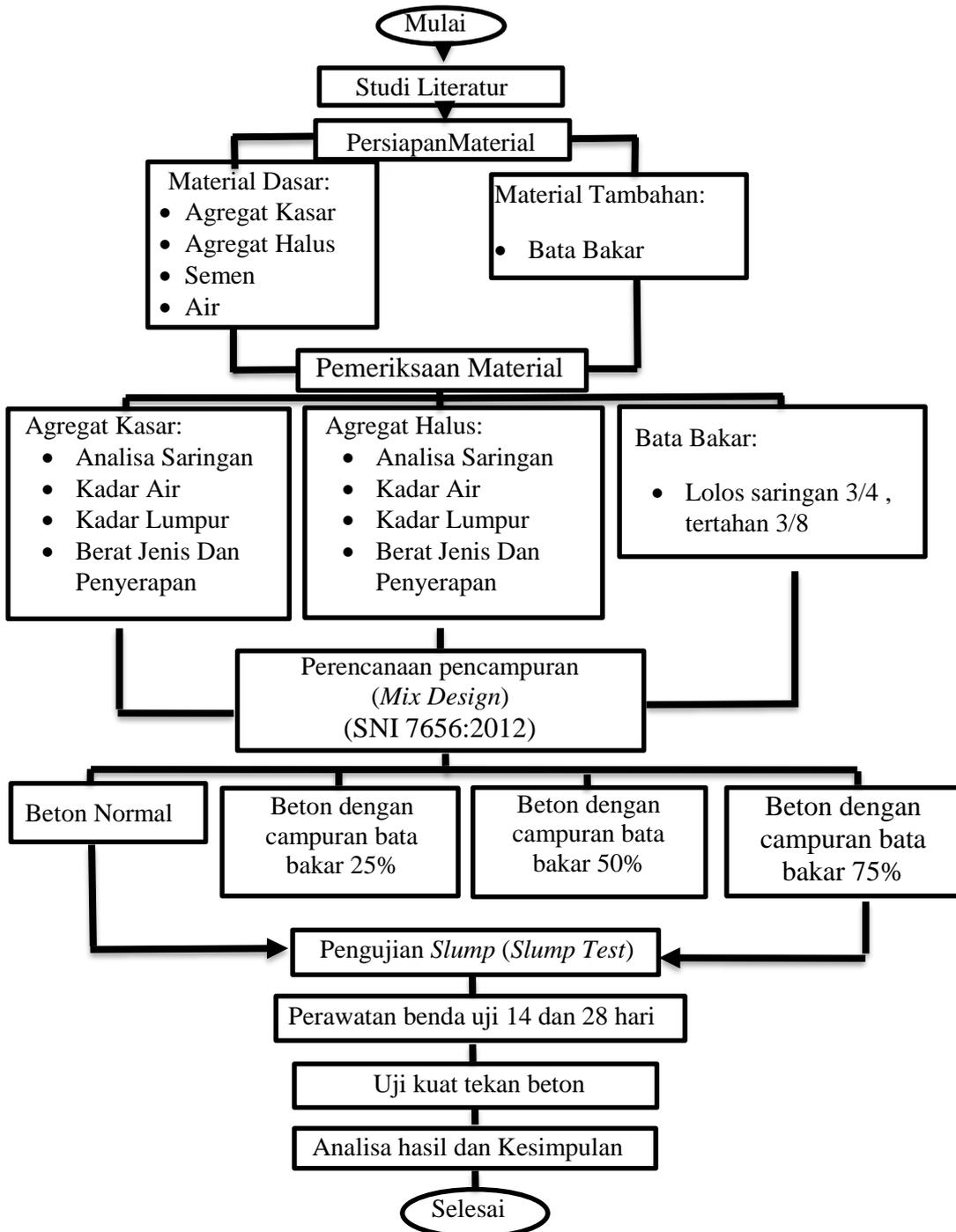
Jenis beton	Kuat tekan beton
Beton mutu rendah (<i>low strength concrete</i>)	< 20 MPa
Beton mutu sedang (<i>medium strength concrete</i>)	<21 MPa < f'_c < 41 MPa
Beton mutu tinggi (<i>high strength concrete</i>)	>41 MPa

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Tahapan-tahapan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1: Diagram alir penelitian.

3.2 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental. Penelitian ini diawali dengan persetujuan oleh Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, dilanjutkan dengan penelitian literatur sebagai berikut. Pencarian jurnal referensi, isi bahan yang akan digunakan, dan metode yang digunakan untuk melakukan penelitian. Penelitian tahap pertama yang dilakukan di Laboratorium Beton Program Penelitian Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dengan mengumpulkan data primer untuk pengujian agregat, percobaan dengan campuran beton. Sebagai acuan dalam menyelesaikan tugas akhir ini tidak lepas dari data-data pendukung yang diperoleh dari antara lain sebagai berikut:

3.2.1 Data Primer

Didapat dari hasil laboratorium berupa:

- a. Analisa saringan agregat (SNI ASTM C136:2012).
- b. Berat jenis dan penyerapan agregat halus (SNI 1970, 2016).
- c. Berat Jenis dan penyerapan agregat kasar (SNI 1969, 2016).
- d. Pemeriksaan berat isi agregat (SNI 1973:2008).
- e. Pemeriksaan kadar air agregat (SNI 1971-2011).
- f. Pemeriksaan kadar lumpur (SNI 03-4141, 1996).
- g. Perencanaan campuran beton (mix design) (SNI 7656-2012).
- h. Uji kekentalan adukan beton segar (slump) (SNI 1972-2008).
- i. Pembuatan dan perawatan benda uji beton (SNI 2493:2011)
- j. Uji kuat tekan beton (SNI 1974:2011)

3.2.2 Data sekunder

Data sekunder diperoleh dari beberapa buku (literatur) dengan topik konstruksi beton dan konsultasi langsung dengan dosen pembimbing. SNI-7656:2012, data teknis PBI (Peraturan Beton Indonesia) dan jurnal penelitian pendukung mendukung penelitian yang dilakukan. Prosedur penelitian yang dilakukan ditunjukkan pada sub bab 3.1.

3.3 Lokasi Penelitian

Penelitian tahap pertama dilaksanakan di laboratorium beton Program Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang berlokasi di Jalan Kapten Muchtar Basri No.3, Glugur Darat II, Kecamatan Medan Timur, Kota Medan.

3.4 Bahan Dan Peralatan

3.4.1 Bahan

Bahan bahan yang digunakan untuk pembuatan beton yaitu:

1. Semen

Semen yang dipakai pada penelitian ini ialah semen Padang tipe 1 PCC (Portland Composite Cement).

2. Agregat Halus

Agregat halus yang dipakai pada penelitian ini adalah pasir yang berasal dari Binjai.

3. Agregat Kasar

Agregat kasar yang dipakai pada penelitian ini adalah batu kerikil yang berasal dari Binjai.

4. Air

Air yang dipakai pada penelitian ini berasal dari PDAM Tirtanadi.

5. Batu bata

Serbuk kayu yang dipakai diperoleh dari panglong / tempat pengrajin dan pengolahan kayu dengan persentase 1%, 2%, terhadap berat agregat halus yang dipakai lalu dibakar dan disaring lolos saringan no.100.

3.4.2 Peralatan

1. Peralatan material

- a. Satu set saringan agregat halus dan kasar
- b. Timbangan digital
- c. Plastik ukuran 10 kg

2. Peralatan pembuatan beton

- a. Pan

- b. Ember
 - c. Satu set alat slump test
 - d. Skop tangan
 - e. Skrap
 - f. Tabung ukur
 - g. Sarung tangan
 - h. Cetakan silinder Ø 15 cm dan tinggi 30 cm
 - i. Vaseline
 - j. Kuas
 - k. Mesin pengaduk beton
3. Alat pengujian kuat tekan beton

3.5 Persiapan Penelitian

Setelah semua bahan yang ditemukan tiba di lokasi, bahan dipisahkan berdasarkan jenisnya untuk memudahkan tahap penelitian dan mencegah bahan tersebut tercampur dengan bahan lainnya dan mempengaruhi kualitas bahan. Material dibersihkan dari lumpur dan melakukan penjemuran pada material yang basah.

3.6 Pemeriksaan Material

3.6.1 Analisa Saringan

Menurut SNI ASTM C136:2012, Cara ini menjadi pedoman pengujian untuk menentukan mutu (grade) agregat halus dan agregat kasar dengan menggunakan ayakan. Prosedur pengujian Analisa gradasi agregat sebagai berikut:

1. Benda uji dikeringkan di dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$, sampai berat tetap.
2. Timbang benda uji sesuai dengan berat yang disyaratkan. Lalu susun saringan, dengan menempatkan saringan paling besar dibagian atas. Lalu pan diletakan pada bagian bawah. Kemudian agregat dimasukkan dari bagian atas, lalu bagian atas saringan ditutup dengan penutup saringan. Pengayakan dilakukan dengan

menggunakan mesin pengayak selama 15 menit agar hasil ayakan terpisah merata.

3. Kemudian berat agregat yang terdapat pada masing-masing saringan ditimbang.

3.6.2 Berat Jenis Agregat Kasar

Menurut SNI-1969-2016, Agregat kasar adalah agregat dengan ukuran partikel lebih besar dari 4,75mm (ayakan No.4). Berat jenis dapat dinyatakan sebagai berat jenis kering, berat jenis curah permukaan keadaan jenuh kering, atau berat jenis semu. Berat jenis (jenuh kering permukaan) dan serapan air didasarkan pada kondisi setelah perendaman dalam air selama (24+4) jam.

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

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

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

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

Dimana :

a = berat benda uji kering oven (gr)

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

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

Prosedur pengujian:

1. Benda uji dicuci untuk menghilangkan lumpur atau bahanbahan lain yang melekat pada permukaan.
2. Keringkan benda uji dalam oven pada suhu 105 °C sampai berat tetap
3. Keluarkan benda uji dari oven, lalu benda uji didinginkan pada suhu kamar selama 1-3 jam.
4. Kemudian benda uji ditimbang dengan ketelitian 0,5 gr. Selanjutnya rendam benda uji dalam air pada suhu kamar selama 24 + 4 jam

5. Setelah direndam, benda uji dikeluarkan dari air, Lalu dilap dengan kain penyerap sampai selaput air pada permukaan hilang (jenuh permukaan kering/SSD). Untuk butir yang besar pengeringan harus satu persatu.
6. Kemudian timbang benda uji dalam keadaan jenuh (BJ SSD). 6
7. Benda uji diletakan didalam keranjang, lalu benda uji diguncangkan untuk mengeluarkan udara yang tersekap dan tentukan beratnya didalam air. Suhu air diukur untuk penyesuaian perhitungan kepada suhu standar 25 °C.

3.6.3 Berat Jenis Agregat Halus

Menurut SNI 1970, 2016, Agregat halus adalah agregat dengan ukuran partikel kurang dari 4,75mm (No.4). Metode pengujian ini digunakan untuk mengukur berat jenis kering dan berat jenis semu, berat jenis kering permukaan jenuh, dan penyerapan air setelah (24+4) jam di dalam air.

$$\text{Berat Jenis Curah} = \frac{a}{(b+s-c)} \quad 3.5$$

$$\text{Berat Jenis Kering Permukaan} = \frac{s}{(b+s-c)} \quad 3.6$$

$$\text{Berat Jenis Semu} = \frac{a}{(b+a-c)} \quad 3.7$$

$$\text{Penyerapan Air (\%)} = \left(\frac{s-a}{a} \right) \times 100 \quad 3.8$$

Dimana:

a = berat benda uji kering oven (gr)

b = berat picnometer berisi air (gr)

c = berat picnometer dengan benda uji dan air (gr)

s = berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan (gr)

Langkah-langkah pengujiannya adalah sebagai berikut:

1. Mempersiapkan alat dan bahan.
2. Mengeringkan agregat halus yang jenuh air sampai kondisi kering dengan kondisi contoh tercurah dengan baik (SSD).
3. Memasukkan contoh agregat halus kedalam cetakan kerucut pasir, lalu memadatkan dengan tongkat pemadat dengan cara memukul sisi-sisi dari cetakan sebanyak 25 kali.
4. Memasukkan air kedalam piknometer sampai penuh lalu menimbang dan mencatat hasilnya.

5. Membuang air dari piknometer.
6. Memasukkan contoh agregat sebanyak 500 gram kedalam piknometer, lalu mengisi piknometer dengan air sampai penuh.
7. Menggoyangkan piknometer sampai gelembung udara keluar.
8. Menambahkan air sampai setengah, kemudian memanaskan piknometer dengan spritus selama ± 15 menit dan 5 menit dipanaskan, setelah itu diguncang selama 1 menit, lakukan sampai 3 kali.
9. Merendam piknometer kedalam ember berisi air selama 24 jam.
10. Setelah direndam ± 24 jam, piknometer diangkat dan menimbang beratnya.

3.6.4 Kadar Air Agregat

Menurut SNI-1971-2011, Metode pengujian kadar air total agregat dengan pengeringan ini melibatkan penentuan persentase air yang dapat menguap dari sampel agregat dengan pengeringan.

$$\text{Kadar Air Agregat (\%)} = \left(\frac{W_3 - W_5}{W_5} \right) \times 100 \quad 3.9$$

Dimana:

W_3 = Berat benda uji semula (gr)

W_5 = Berat benda uji kering (gr)

Untuk urutan proses pengujiannya sebagai berikut:

1. Timbang dan catatlah berat talam (W_1)
2. Masukkan benda uji kedalam talam kemudian timbang dan catat beratnya (W_2).
3. Hitunglah berat benda uji ($W_2 - W_1$).
4. Keringkan benda uji dengan oven pada suhu (110 ± 5) °C sampai beratnya tetap.
5. setelah kering timbang dan catat berat benda uji beserta talam (W_4)
6. Hitunglah berat benda uji kering ($W_s = W_4 - W_1$).

3.6.5 Kadar Lumpur

Menurut SNI-03-4141-1996 Metode pengujian bongkahan tanah liat dan partikel rapuh dalam agregat dimaksudkan untuk digunakan sebagai acuan dan pedoman dalam melakukan pengujian pengukuran gumpalan tanah liat dan partikel rapuh dalam agregat.

$$\text{Kadar Lumpur (\%)} = \left(\frac{B_0 - B_1}{B_0} \right) \times 100 \quad 3.10$$

Dimana:

B_0 = Berat agregat sebelum pengujian (gr)

B_1 = Berat agregat setelah pengujian (gr)

Prosedur pengujian:

1. Benda uji dimasukkan dengan berat 500 gram Kemudian ditimbang.
2. Lalu benda uji dimasukkan ke dalam wadah, dan diberi air pencucisecukupnya sehingga benda uji terendam.
3. Wadah diguncang-guncangkan hingga kotoran-kotoran pada benda uji hilang dan diulangi pekerjaan di atas sampai air cucian menjadi bersih.
4. Kemudian semua bahan dikembalikan kedalam wadah, lalu seluruh bahan tersebut dimasukkan kedalam talam yang telah diketahui beratnya.
5. Lalu benda uji dikeringkan dalam oven sampai berat tetap.
6. Setelah kering ditimbang dan dicatat beratnya.
7. Kemudian dihitung berat bahan kering

3.7 Pelaksanaan Penelitian

3.7.1 Mix Design

Pada penelitian ini digunakan metode perencanaan campuran beton sesuai standar SNI-7656:2012. Salah satu tujuan penelitian yang digunakan dalam rancangan campuran beton dengan standar SNI-7656:2012 adalah menghasilkan beton yang mudah diolah dan memenuhi standar pengolahan Indonesia. Derajat kekentalan dan kemampuan proses sebesar dapat dilihat pada uji set. Rencana campuran beton menurut SNI-7656:2012 adalah sebagai berikut:

1. Pemilihan slump

Slump dapat ditambah bila digunakan bahan tambahan kimia, asalkan beton yang diberi bahan tambahan tersebut memiliki rasio air-semen atau rasio air-bahan bersifat semen yang sama atau lebihkecil dan tidak menunjukkan segregasi yang berarti atau blinding berlebihan. Slump boleh ditambah 25 mm untuk metode pemadatan selain dengan penggetaran. Dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1: Nilai slump yang disarankan pada konstruksi (SNI 7656-2012).

Tipe Konstruksi	Maksimum (Cm)	Minimum (Cm)
Dinding Penahan Dan Pondasi Telapak	75	25
Pondasi Telapak Tanpa Tulangan, Pancang, Dan Dinding Sub Struktur	75	25
Balok Dan Dinding Beton	100	25
Kolom Struktural	100	25
Perkerasan Dan Slab	75	25
Beton Massal	50	25

2. Pemilihan ukuran

Ukuran nominal agregat kasar maksimum dengan gradasi yang baik memiliki rongga udara yang lebih sedikit dibandingkan dengan agregat berukuran lebih kecil. Dengan demikian, beton dengan agregat berukuran lebih besar membutuhkan lebih sedikit adukan mortar per satuan isi beton.

Secara umum ukuran nominal agregat maksimum harus yang terbesar yang dapat diperoleh secara ekonomi dan tetap menurut dimensi komponen struktur/konstruksinya. Ukuran nominal agregat maksimum tidak boleh melebihi:

- a. $1/5$ dari ukuran terkecil dimensi antara dinding-dinding cetakan/bekisting.
- b. $1/3$ tebalnya pelat lantai
- c. $3/4$ jarak minimum antar masing-masing batang tulangan, berkas-berkas tulangan, atau tendon tulangan pra-tegang (*pretensioning strands*).

Bila diinginkan beton berkekuatan tinggi, maka hasil terbaik dapat diperoleh dengan ukuran nominal agregat maksimum yang lebih kecil karena hal ini akan memberikan kekuatan lebih tinggi pada rasio air-semen yang diberikan.

3. Perkiraan air

Banyaknya air untuk tiap satuan isi beton yang dibutuhkan agar menghasilkan slump tertentu tergantung pada:

- a. Ukuran nominal maksimum, wujud partikel dan gradasi agregat.
- b. Perkiraan kadar udara

- c. Temperatur beton
- d. Penggunaan tambahan kimia

Slump tidak terlalu dipengaruhi oleh jumlah semen atau bahan bersifat semen lainnya dalam tingkat pemakaian yang normal, penggunaan sedikit bahan tambahan mineral yang halus dapat mengurangi kebutuhan air, perkiraan kebutuhan air untuk beberapa ukuran agregat dan target slump yang diinginkan.

Perbedaan dalam kebutuhan air tidak selalu ditunjukkan dalam kekuatan mengingat adanya faktor-faktor penyimpangan lainnya yang juga terlibat. Agregat kasar yang bundar dan bersudut, keduanya bermutu baik dan memiliki gradasi yang sama, dapat diharapkan menghasilkan beton dengan kekuatan tekan yang kira-kira sama untuk jumlah semen yang sama, sekalipun ada perbedaan dalam rasio air-semen atau rasio air- (semen+pozzolanik) yang dihasilkan dari kebutuhan air pencampur yang berbeda. Bentuk partikel agregat tidak selalu merupakan indikator, baik lebih tinggi atau lebih rendah dari kekuatan rencana.

Ada beberapa hal yang harus diperhatikan dalam menentukan perkiraan kebutuhan air diantaranya dalam menambahkan bahan tambah zat kimia. Bahan tambahan kimia dipakai untuk mengubah sifat-sifat beton, membuat beton lebih mudah dikerjakan, awet, lebih ekonomis, menambah atau mengurangi waktu pengikatan; mempercepat kekuatan dan atau mengontrol panas hidrasi. Bahan tambahan kimia digunakan setelah dilakukan evaluasi secara cermat.

Bahan tambahan/aditif untuk mengurangi kadar air pencampur dan atau mengatur waktu pengikatan yang memenuhi syarat ASTM C 494, bila digunakan dengan atau tanpa campuran bahan tambahan kimia lainnya, akan banyak mengurangi jumlah air per satuan isi beton. Penggunaan sedikit bahan tambahan kimia, untuk slump yang sama, akan memperbaiki sifat beton seperti sifat pengerjaan, penyelesaian akhir (*finishing*), pemompaan, keawetan, dan kuat tekan serta kuat lenturnya. Penambahan bahan tambahan kimia cair dalam jumlah banyak harus dianggap sebagai bagian dari air pencampur.

4. Rasio air

Rasio w/c atau w/(c+p) yang diperlukan tidak hanya ditentukan oleh syarat kekuatan, tetapi juga oleh beberapa faktor diantaranya oleh keawetan. Oleh karena agregat, semen, dan bahan bersifat semen yang berbeda-beda umumnya

menghasilkan kekuatan yang berbeda untuk rasio w/c atau w/(c+p) yang sama, sangat dibutuhkan adanya hubungan antarkekuatan dengan w/c atau w/(c+p) dari bahan-bahan yang sebenarnya akan dipakai. Bila data ini tidak ada, maka perkiraan dan nilai lama dari beton yang menggunakan semen Portland tipe I, diberikan dalam Tabel. Dengan bahan-bahan tertentu, nilai w/c atau w/(c+p) akan memberikan kekuatan seperti dalam Tabel, berdasarkan hasil pengujian benda uji umur 28 hari yang dipelihara dalam kondisi baku di laboratorium. Kekuatan rata-rata harus melebihi kekuatan yang disyaratkan dengan perbedaan yang cukup tinggi untuk menggunakan hasil-hasil uji yang rendah dalam rentang batas tertentu.

Tabel 3.2: Pemilihan berat rasio air-semen (SNI 7656:2012).

Kekuatan beton umur 28 hari (Mpa)	Rasio air-semen (berat)	
	Beton tanpa tambahan udara	Beton dengan tambahan udara
40	0,42	-
35	0,47	0,39
30	0,54	0,45
25	0,61	0,52
20	0,69	0,60
15	0,79	0,70

5. Perhitungan kadar semen

Banyaknya semen untuk tiap satuan volume beton diperoleh dari penentuan dalam contoh-contoh di langkah 3 dan langkah 4 di atas. Kebutuhan semen adalah sama dengan perkiraan kadar air pencampur (langkah 3) dibagi rasio air-semen (langkah 4). Namun demikian, bila persyaratannya memasukkan pembatasan pemakaian semen minimum secara terpisah selain dari persyaratan kekuatan dan keawetan, campuran haruslah didasarkan pada kriteria apapun yang mengarah pada pemakaian semen yang lebih banyak.

6. Perkiraan kadar agregat kasar

Agregat dengan ukuran nominal maksimum dan gradasi yang sama akan menghasilkan beton dengan sifat pengerjaan yang memuaskan bila sejumlah tertentu volume agregat (kondisi kering oven) dipakai untuk tiap satuan volume beton. Volume agregat kasar per satuan volume beton dapat dilihat pada Tabel. Atau dilakukan perhitungan secara analitis atau grafis.

Tabel 3.3: Perkiraan kadar agregat kasar (SNI 7656:2012).

Ukuran nominal agregat maksimum (mm)	Volume agregat kasar kering oven*per satuan volume beton untuk berbagai modulus kehalusan† dari agregat halus			
	2,40	2,60	2,80	3,00
9,5	0,50	0,48	0,46	0,44
12,5	0,59	0,57	0,55	0,53
19	0,66	0,64	0,62	0,60
25	0,71	0,69	0,67	0,65
37,5	0,75	0,73	0,71	0,69
50	0,78	0,76	0,74	0,72
75	0,82	0,80	0,78	0,76
150	0,87	0,85	0,83	0,81

- Volume berdasarkan berat kering oven sesuai standar SNI 03-4804-1998.
- Menghitung modulus kehausan menggunakan SNI 03-1968-1990.

7. Perkiraan kadar agregat halus

Bila berat per satuan volume beton dapat dianggap atau diperkirakan dari pengalaman, maka berat agregat halus yang dibutuhkan adalah perbedaan dari berat beton segar dan berat total dari bahan-bahan lainnya. Umumnya, berat satuan dari beton telah diketahui dengan ketelitian cukup dari pengalaman sebelumnya yang memakai bahan-bahan yang sama.

Dalam hal informasi semacam ini tidak diperoleh, Tabel dapat digunakan untuk perkiraan awal. Sekalipun bila perkiraan berat beton per m³ tadi adalah perkiraan cukup kasar, proporsi campuran akan cukup tepat untuk memungkinkan

penyesuaian secara mudah berdasarkan campuran percobaan seperti yang akan ditunjukkan dalam contoh-contoh.

Tabel 3.4: Perkiraan kadar agregat halus (SNI 7656:2012).

Ukuran nominal agregat maksimum (mm)	Perkiraan awal berat beton (kg/m ³)	
	Beton tanpa tambahan udara	Beton dengan tambahan udara
9,5	2280	2200
12,5	2310	2230
19	2345	2275
25	2380	2290
37,5	2410	2350
50	2445	2345
75	2490	2405
150	2530	2435

Dapat diperhalus lagi dengan cara sebagai berikut: untuk setiap perbedaan air pencampur 5 kg dengan slump sebesar 75 mm sampai dengan 100 mm (Tabel 2), koreksi berat tiap m³ sebanyak 8 kg pada arah berlawanan; untuk setiap perbedaan 20 kg kadar semen dari 330 kg, koreksi berat per m³ sebesar 3 kg dalam arah bersamaan; untuk setiap perbedaan berat jenis agregat 0,1 terhadap nilai 2,7, koreksi berat beton sebesar 60 kg dalam arah yang sama. Untuk beton dengan tambahan udara, gunakan Tabel. Berat dapat ditambah 1% untuk setiap 1% berkurangnya kadar udara dari jumlah tersebut.

Bila diinginkan perhitungan berat beton per m³, secara teoritis rumus berikut ini dapat digunakan:

$$U = 10G_a (100 - A) + c(1 - G_a/G_c) - w(G_a - 1) \quad 3.11$$

Keterangan:

$$U = \text{Berat beton segar, kg/m}^3$$

G_a = Berat jenis rata-rata gabungan agregat halus dan agregat kasar, kering Permukaan jenuh (SSD)

G_c = Berat jenis semen (umumnya = 3,15)

A = kadar udara (%)

W = Syarat banyaknya air pencampur, kg/m^3

C = Syarat banyaknya semen, kg/m^3

Untuk mendapatkan volume agregat halus yang disyaratkan, satuan volume beton dikurangi jumlah seluruh volume dari bahan-bahan yang diketahui, yaitu air, udara, bahan yang bersifat semen, dan agregat kasar. Volume beton adalah sama dengan berat beton dibagi densitas bahan.

8. Penyesuaian terhadap kelembapan agregat

Jumlah agregat yang harus ditimbang untuk beton harus memperhitungkan banyaknya kandungan air yang terserap dalam agregat. Umumnya, agregat ada dalam keadaan lembab, sehingga berat keringnya harus ditambah sebanyak persentase air yang dikandungnya baik yang terserap maupun yang ada dipermukaan. Banyaknya air pencampuran yang harus ditambahkan ke dalam campuran haruslah dikurangi sebanyak air bebas yang didapat dari agregat, yaitu jumlah air dikurangi air terserap.

Dalam beberapa hal mungkin diperlukan untuk mencampur agregat dalam keadaan kering. Jika penyerapan air (biasanya setelah direndam selama satu hari) lebih besar dari 1%, dan bila struktur pori-pori dalam butiran agregat sedemikian rupa hingga bagian yang cukup berarti dari penyerapan berlangsung dalam waktu sebelum terjadinya pengikatan awal, ada kemungkinan terjadi kehilangan slump yang lebih besar sebagai akibat berkurangnya air pencampur. Juga rasio air-semen akan berkurang akibat adanya air yang terserap sebelum terjadinya pengikatan, dengan anggapan bahwa partikel semen tidak terbawa masuk ke dalam agregat.

Menurut SNI 2493:2011, prosedur pembuatan campuran percobaan di laboratorium mengizinkan mencampur agregat dalam kondisi kering udara, bila penyerapannya kurang dari 1,0% dengan kemungkinan diserapnya air dari beton yang belum menjalani proses pengikatan (*unset concrete*). Disarankan oleh SNI 2493:2011 bahwa jumlah yang diserap dapat dianggap sebesar 80% dari perbedaan

antara jumlah air sebenarnya yang terdapat dalam pori-pori agregat (kondisi kering udara) dan penyerapan jumlah nominal 24 jam yang ditentukan dalam SNI 03-1969-2008.

Untuk agregat dengan penyerapan lebih besar, SNI 2493-2011 mensyaratkan pengondisian sebelumnya untuk memenuhi syarat penyerapan dengan pengaturan berat agregat yang didasarkan pada jumlah kadar air dan pengaturan termasuk air permukaan sebagai bagian dari air pencampur yang disyaratkan.

9. Pengaturan campuran beton

Proporsi hasil perhitungan harus diperiksa melalui pembuatan campuran percobaan yang dipersiapkan dan diuji menurut SNI 2493:2011 atau sebanyak campuran di lapangan. Pemakaian air harus cukup untuk menghasilkan slump yang disyaratkan sewaktu memilih proporsi percobaan. Beton harus diperiksa berat isi dan jumlah yang dihasilkan/ yield (SNI 1973:2008) dan kadar udara (SNI 1973:2008). Juga harus diperiksa sifat pengerjaannya, bebas dari segregasi, dan sifat penyelesaiannya (*finishing*-nya). Pengaturan yang sesuai harus pula dilakukan untuk campuran-campuran sebagai berikut.

Kebutuhan air pencampur untuk menghasilkan nilai slump yang sama seperti campuran percobaan adalah setara dengan jumlah bersih air pencampur dibagi dengan jumlah beton yang dihasilkan dari campuran percobaan dalam m³. Jika nilai slump campuran percobaan tidak sesuai, tambahkan atau kurangi jumlah kandungan air sebanyak 2 kg/m³ untuk setiap pertambahan atau pengurangan nilai slump sebesar 10 mm.

Perkiraan kembali berat beton segar untuk penyesuaian setara dengan berat beton segar dalam kg/m³ dari campuran percobaan, dikurangi atau ditambahkan oleh persentase perubahan kadar air campuran percobaan yang telah disesuaikan.

3.7.2 Pembuatan benda uji

Benda uji dibuat menggunakan cetakan berbentuk silinder dengan berukuran Ø15 cm dan tinggi 30 cm yang berjumlah 18 buah.

Prosedur pengerjaan:

1. Pembuatan benda uji balok beton normal:
 - a. Alat-alat yang akan digunakan dibersihkan terlebih dahulu, kemudian menimbang bahan-bahan yang akan digunakan sesuai dengan komposisi hasil *mix design*.
 - b. Menyiapkan molen yang bagian dalamnya sudah dilembabkan.
 - c. Kemudian pertama-tama tuangkan agregat halus, agregat kasar, dan semen. Aduk hingga ketiga bahan tersebut tercampur merata menggunakan molen.
 - d. Setelah ketiga bahan tersebut tercampur rata, masukkan air sedikit demi sedikit.
 - e. Setelah tercampur rata, dilakukan uji *slump Test* untuk mengukur tingkat *workability* adukan.
 - f. Apabila nilai *slump Test* telah memenuhi spesifikasi, selanjutnya adukan beton dituangkan ke dalam cetakan silinder, dan dirojok agar campuran beton menjadi padat.
 - g. Diamkan selama 24 jam. Setelah 24 jam, cetakan dibuka kemudian dilakukan perawatan beton.
2. Pembuatan benda uji balok beton campuran bata bakar.
 - a. Alat-alat yang akan digunakan dibersihkan terlebih dahulu, kemudian menimbang bahan-bahan yang akan digunakan sesuai dengan komposisi hasil *mix design*.
 - b. Menyiapkan molen yang bagian dalamnya sudah dilembabkan.
 - c. Kemudian tuangkan agregat kasar kedalam molen lalu masukkan campuran bata bakar yang telah lolos saringan 3/4 dan telah melalui proses pembakaran dengan variasi yang telah ditentukan.
 - d. Kemudian masukkan agregat halus.
 - e. Kemudian masukkan semen kedalam molen.
 - f. Setelah keempat bahan tersebut tercampur rata, masukkan air sedikit demi sedikit.
 - g. Setelah tercampur rata, dilakukan uji *slump* untuk mengukur tingkat *workability* adukan.

- h. Selanjutnya adukan beton dituangkan ke dalam cetakan silinder, dan dirojok agar campuran beton menjadi padat.
- i. Diamkan selama 24 jam. Setelah 24 jam, cetakan dibuka kemudian dilakukan perawatan beton.

3.7.3 Campuran Beton

Persentase ini dipilih untuk mengetahui seberapa signifikan perubahan yang terjadi pada kekuatan beton. Pada penelitian terdahulu menggunakan persentase yang lebih kecil, diharapkan dengan menggunakan persentase 25%, 50% dan 75% dapat mewakili setiap penambahan pecahan batu bata dalam skala kecil, sedang, dan besar terhadap nilai kekuatan tekan beton.

Tabel 3.5: Benda uji dan campuran pembuatan beton.

No.	Kode Benda Uji	Semen	Agregat Halus	Agregat Kasar	Bata Bakar	Jumlah Sampel
Beton umur 28 hari						
1.	BN	100%	100%	100%	100%	3
2.	BBK 1	100%	100%	75%	25%	3
3.	BBK 2	100%	100%	50%	50%	3
4.	BBK 3	100%	100%	25%	75%	3
Beton umur 14 hari						
1.	BN	100%	100%	100%	100%	3
2.	BBK 1	100%	100%	75%	25%	3
3.	BBK 2	100%	100%	50%	50%	3
4.	BBK 3	100%	100%	25%	75%	3
Total						24

Keterangan:

BN = Beton Normal

BBK = Beton Bata Bakar

3.7.4 Slump test

Nilai *slump* ditentukan untuk setiap campuran beton standar maupun beton dengan bahan tambahan (*admixture*). Uji kemerosotan dilakukan pada beton segar yang dituangkan ke dalam wadah krucut abras.

Prosedur pengujian:

1. Membasahi cetakan kerucut abrams dan platnya dengan menggunakan kain basah.
2. Meletakkan cetakan berada di atas plat.
3. Mengisi kerucut abrams dengan 1/3 beton segar lalu dipadatkan dengan memakai batang logam secara merata dengan melakukan penusukan. lapisan yang ditusuk pada bagian tepi dengan menggunakan besi miring sesuai dinding cetakan. Pastikan besi yang dipakai menyentuh pada bagian dasar. Anda perlu melakukan penusukan sekitar 25-30 tusukan.
4. Mengisi kembali cetakan kerucut dengan 1/3 bagian beton segar (2/3 beton segar dalam cetakan secara menyeluruh), lalu melakukan penusukan sebanyak 25-30 tusukan. Usahakan untuk menusuk besi pada lapisan pertama.
5. Mengisi 1/3 beton segar ke dalam cetakan sesuai langkah sebelumnya.
6. Setelah melakukan pemadatan, selanjutnya meratakan permukaan benda uji. Anda dapat menunggu kisaran waktu 1/2 menit. Anda dapat membersihkan kelebihan beton di luar cetakan dan plat selama proses menunggu.
7. Kemudian angkat cetakan secara perlahan dengan arah tegak lurus ke atas tersebut.
8. Mengukur nilai *slump* dengan cara membalikkan kerucut abrams di sampingnya memakai beda tinggi rata-rata dari benda uji.
9. Nilai toleransi *slump* pada beton segar kurang lebih 2 cm.
10. Apabila nilai *slump* sudah sesuai dengan standar, maka beton segar dapat dipakai

3.7.5 Perawatan benda uji

Setelah beton dikeluarkan dari cetakan, dilakukan perawatan dengan cara mendiamkan benda uji di suhu ruangan sampai saat uji kuat tekan dilakukan, yaitu pada umur 28 hari.



Gambar 3.1 Benda uji silinder.

3.7.6 Pengujian Kuat Tekan

Uji kuat tekan dilakukan sesuai standar yang ditetapkan SNI 1974:2011. Pengujian dilakukan dengan menggunakan mesin uji kompresi berkapasitas 1500 KN. Tempatkan benda uji tegak lurus pada alat uji, dan berikan beban tekanan secara merata dalam arah tegak dari atas pada seluruh panjang silinder.



Gambar 3.2 Alat uji kuat tekan beton.

BAB 4

PEMBAHASAN DAN HASIL

4.1 Hasil Dan Daya Analisa Pemeriksaan Material Agregat

Lampiran hasil data-data pengujian bahan agregat, sehingga diperoleh untuk campuran material dalam pembuatan beton yang direncanakan. Setelah melakukan pengujian dasar maka nilai-nilai dari data yang dihasilkan dilampirkan di Tabel 4.1.

Tabel 4.1: Data data dasar dari hasil pengujian agregat.

No	Data	Satuan	Nilai
1	Berat Jenis Agregat Kasar	Gr/Cm ³	1,83
2	Berat Jenis Agregat Halus	Gr/Cm ³	2,49
3	Kadar Lumpur Agregat Kasar	%	0,8
4	Kadar Lumpur Agregat Halus	%	0,6
5	FM Agregat Kasar		6,98
6	FM Agregat Halus		3,54
7	Kadar Air Agregat Kasar	%	0,83
8	Kadar Air Agregat Halus	%	2,83
9	Penyerapan Agregat Kasar	%	1,83
10	Penyerapan Agregat Halus	%	1,53
11	Nilai Slump Rencana	mm	75 - 150
12	Ukuran Agregat Maksimum	mm	19

4.2 Agregat Halus

Penggunaan material agregat halus dalam penelitian ini menggunakan pasir alam yang diperoleh dari Binjai. Pada agregat halus dilakukan pemeriksaan bahan

yang meliputi pengujian berat jenis dan penyerapan, analisa gradasi, kadar lumpur, berat isi dan kadar air.

4.2.1. Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Air

Pelaksanaan pengujian berat jenis dan penyerapan air berpedoman pada (SNI 1970:2008). Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2: Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus.

Aragat Halus Lolos Ayakan No 4	Sampel 1 (Gr)	Sampel 2 (Gr)	Rata Rata
Berat Contoh Ssd Kering Permukaan Jenuh (B)	500,0	500,0	500,0
Berat Setelah Oven (E)	495,0	490,0	492,5
Berat Piknometer Penuh Air (D)	670,0	660,0	665,0
Berat Contoh SSD +Piknometer +Air (C)	970,0	965,0	967,5
Berat Jenis Contoh Kering (E/(B+D-C))	2,475	2,513	2,494
Berat Jenis Contoh SSD (B/(B+D-C))	2,500	2,564	2,532
Berat Jenis Contoh Semu (E/(E+D-C))	2,538	2,649	2,594
Penyerapan(B-E)/E)X100%	1,010	2,041	1,525

Dari hasil uji berat jenis didapat Berat jenis kering rata-rata sebesar 2,49 dan diklasifikasikan sebagai agregat normal karena nilainya masih dalam batas yang diijinkan yaitu antara 2,2 – 2,7. Penyerapan air (*absorption*) yang didapat dari hasil pengujian yaitu 1,53%. Angka tersebut menunjukkan kemampuan agregat dalam menyerap air dari keadaan kering mutlak sampai jenuh kering maka sebesar 1,53% dari berat kering agregat tersebut.

4.2.2 Analisa Gradasi Agregat Halus

Pelaksanaan pengujian analisa saringan berpedoman pada (SNI ASTM C136:2012). Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3: Data pengujian analisa gradasi agregat halus.

Sieve Size	Retained Fraction				Cumulative	
	Sampel 1	Sampel 2	Total Weight (gr)	Retained (%) (% Berat Tertahan)	Cum Retained (% Kum Berat Tertahan)	Passing (% Berat yang Lolos)
No. 4	0	0	0	0,00	0,00	100,00
No. 8	4	4	8	0,20	0,20	99,80
No. 16	65	75	140	3,50	3,70	96,30
No. 30	940	980	1920	48,00	51,70	48,30
No. 50	960	920	1880	47,00	98,70	1,30
No. 100	25	20	45	1,13	99,83	0,17
PAN	6	1	7	0,18	100,00	0,00
Total	2000	2000	4000	56,338	354,125	
FM (Modulus Kehalusan):				3,54		
Wt. Of Oven Dry Sampel:				4000		

Dari hasil pemeriksaan analisa saringan agregat halus pada percobaan ini didapat FM sebesar 3,54%. Nilai tersebut masih diijinkan untuk termasuk sebagai agregat halus, dimana nilai yang diijinkan adalah 1,5% - 3,8% berada di zona 2.

4.2.3 Kadar Lumpur Agregat Halus

Pelaksanaan pengujian kadar lumpur berpedoman pada (SNI 30-4142-1996). Hasil dari pengujian yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4: Data pengujian kadar lumpur agregat halus.

Agregat Halus Lolos Saringan No .4 mm	sampel I	sampel II	Rata-rata
Berat Contoh Kering: A (gr)	500	500	500
Berat Kering contoh setelah dicuci : B (gr)	495	497	496
Berat kotoran agregat lolos saringan (No.200) setelah dicuci : C (gr)	5	3	4
Persentase kotoran agrgat lolos saringan (No.200) setelah dicuci (%)	1	0,6	0,8

Data yang didapat dari pengujian Kadar Lumpur maka persentase kadar lumpur rata-rata 0,8 %. Nilai ini masih berada dalam batas yang diijinkan yaitu maksimal 5% (SNI 4, 1989/ F), sehingga agregat tidak perlu harus dicuci sebelum digunakan.

4.2.4 Kadar Air Agregat Halus

Pelaksanaan pengujian kadar air berpedoman pada (SNI 1971:2011). Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5: Data pengujian kadar air agregat halus.

FINE AGREGAT	1	2
<i>Wt Of SSD Sample & Mold</i> (Berat Contoh SSD dan Berat Wadah) gr	1155	1155
<i>Wt Of Oven Dray Sample & Mold</i> (Berat Contoh Kering Oven & Berat Wadah) gr	1130	1125
<i>Wt Of Mold</i> (Berat Wadah) gr	155	155
<i>Wt Of Water</i> (Berat Air) gr	25	30
<i>Wt Of Oven Dray Sample</i> (Berat Contoh Kering) gr	975	970
<i>Water Content</i>	2,56	3,09
<i>Ave</i>	2,83	

Berdasarkan pengujian kadar air pada agregat halus maka diperoleh rata-rata kadar air sebesar 2,83 %. Pengujian ini dilakukan dengan dua sampel yang digunakan, dengan sampel pertama didapat hasil kadar air sebesar 2,56% dan sampel kedua didapat hasil kadar air sebesar 3,09%. Hasil pengujian sesuai dengan nilai kritis kadar air agregat halus yaitu 2,5% sampai 5%

4.2.5 Pengujian Berat Isi Agregat Halus

Pengujian ini berat isi agregat halus mengacu pada SNI 1973:2008 dan mengacu pada buku laporan praktikum beton yang dilaksanakan di laboratorium Teknik Sipil UMSU, dan didapatkan hasil dari pengujian seperti Tabel 4.6.

Tabel 4.6: Pemeriksaan berat isi agregat halus.

Agregat Halus	Satuan	Cara			Rata-rata
		Lepas	Tusuk	Goyang	
Berat Contoh	gr	5010	5565	5270	5281,67
Berat Wadah	gr	1540	1540	1540	1540
Berat Contoh - Wadah	gr	3470	4025	3730	3741,67
Volume wadah	cm ³	2461,76	2461,76	2461,76	2461,76
Berat Isi	gr/cm ³	1,41	1,64	1,52	1,52

Pengujian dilakukan dengan tiga cara, cara lepas didapatkan berat isi sebesar 1,41 gr/cm³, cara rojok sebesar 1,64 gr/cm³, dan cara goyang sebesar 1,52 gr/cm³. Maka rata-rata berat isi agregat halus sebesar 1,52 gr/cm³

4.3 Agregat Kasar

Pada agregat kasar dilakukan pemeriksaan bahan yang meliputi pengujian berat jenis dan penyerapan, analisa gradasi, kadar lumpur, berat isi dan kadar air.

4.3.1. Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Kasar

Pelaksanaan pengujian berat jenis dan penyerapan air berpedoman pada (SNI 1969:2016). Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7: Hasil data pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar.

Agregat Halus Lolos Ayakan No 3/8	1 (Gr)	2 (Gr)	Rata Rata
Berat Contoh Ssd Kering Permukaan Jenuh (A)	2002,0	2005,0	2003,5
Berat Setelah Oven (B)	1965,0	1970,0	1967,5
Di Udara (C)	1245,0	1250,0	1247,5
Berat Jenis Curah (B/(A-C))	2,596	2,609	2,603
Berat Jenis Contoh SSD (A/(A-C))	2,645	2,656	2,650
Berat Jenis Contoh Semu (C/(C-B))	2,729	2,736	2,733
Penyerapan(A-C)/C)X100%	1,883	1,777	1,830

Data yang di dapat dari pengujian berat jenis maka Berat jenis kering rata-rata sebesar 2,65 dan dapat diklasifikasikan sebagai agregat normal karena nilainya masih dalam batas yang diijinkan yaitu antara 2,2 – 2,7. Penyerapan air (absorption) yang didapat dari hasil pengujian yaitu 1,83%. Angka tersebut menunjukkan kemampuan agregat dalam menyerap air dari keadaan kering mutlak sampai jenuh kering maka sebesar 1,83% dari berat kering agregat.

4.3.2 Analisa Gradasi Agregat Kasar

Pelaksanaan pengujian analisa saringan berpedoman pada (SNI ASTM C136:2012). Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8: Data pengujian analisa gradasi agregat kasar.

Sieve Size	Retained Fraction				Cumulative	
	Sampel 1	Sampel 2	Total Weight (Gr)	Retained (%) (% Berat Tertahan)	Cum Retained (% Kum Berat Tertahan)	Passing (% Berat Yang Lolos)
1.5"	0	0	0	0	0	100
3/4"	1030	1030	2060	34,333	34,333	65,667
3/8"	1425	1560	2985	49,750	84,083	15,917
No. 4	425	330	755	12,583	96,667	3,333
No. 8	0	0	0	0,000	96,667	3,333
No. 16	0	0	0	0,000	96,667	3,333
No. 30	0	0	0	0,000	96,667	3,333
No. 50	0	0	0	0,000	96,667	3,333
No. 100	0	0	0	0,000	96,667	3,333
PAN	120	80	200	3,333	100	0
Total	3000	3000	5800		698,417	
FM (Modulus Kehalusan):				6,98		
Wt. Of Oven Dry Sampel:				6000		

Data hasil pemeriksaan analisa saringan agregat kasar pada percobaan ini didapat FM sebesar 6,98%. Nilai tersebut masih diijinkan untuk termasuk sebagai agregat kasar, dimana nilai yang diijinkan dibawah 6 - 7% (ASTM C33 – 93).

4.3.2. Kadar Lumpur Agregat Kasar

Pelaksanaan pengujian kadar lumpur berpedoman pada (SNI 30-4142-1996). Hasil dari pengujian yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9: Data pengujian kadar lumpur agregat kasar.

Agregat Kasar Lolos Saringan No .3/8 mm	Contoh I	Contoh II	Rata-rata
Berat Contoh Kering: A (gr)	500	500	500
Berat Kering contoh setelah dicuci : B (gr)	498	496	497
Berat kotoran agregat lolos saringan (No.200) setelah dicuci : C (gr)	2	4	3
Persentase kotoran agrgat lolos saringan (No.200) setelah dicuci (%)	0,4	0,8	0,6

Data hasil pengujian kadar lumpur, maka didapat persentase kadar lumpur rata-rata 0,6%. Nilai ini masih berada dalam batas yang diijinkan yaitu maksimal 1% (SNI S – 04 – 1989 – F), sehingga agregat tidak perlu harus dicuci sebelum digunakan.

4.3.3. Kadar Air Agregat Kasar

Pelaksanaan pengujian kadar air berpedoman pada (SNI 1971:2011). Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10: Data pengujian kadar air agregat kasar.

COARSE AGREGAT	1	2
<i>Wt Of SSD Sample & Mold</i> (Berat Contoh SSD dan Berat Wadah) gr	1700	1700
<i>Wt Of Oven Dray Sample & Mold</i> (Berat Contoh Kering Oven & Berat Wadah) gr	1695	1695
<i>Wt Of Mold</i> (Berat Wadah) gr	185	185

Tabel 4.10: *Lanjutan*

<i>COARSE AGREGAT</i>	1	2
<i>Wt Of Water</i> (Berat Air) gr	5	5
<i>Wt Of Oven Dray Sample</i> (Berat Contoh Kering) gr	1510	1510
<i>Water Content</i>	0,33	0,33
<i>Ave</i>	0,33	

Berdasarkan data yang diperoleh dalam pengujian Kadar Air, maka didapatkan rata-rata kadar air sebesar 0,33%. Percobaan dilakukan sebanyak dua kali, dengan percobaan pertama didapat hasil kadar air sebesar 0,33%. Sedangkan percobaan kedua didapat hasil kadar air sebesar 0,33%.

4.3.4. Pengujian Berat Isi Agregat Kasar

Pengujian ini berat isi agregat halus mengacu pada SNI 1973:2008 didapatkan hasil dari pengujian seperti Tabel 4.11.

Tabel 4.11: Pemeriksaan berat isi agregat kasar.

Agregat kasar	Satuan	Cara			Rata-rata
		Lepas	Tusuk	Goyang	
Berat Contoh	gr	6005	6255	6321	6193,67
berat wadah	gr	1540	1540	1540	1540
berat contoh-wadah	gr	4465	4715	4781	4653,67
volume wadah	cm ³	2461,76	2461,76	2461,76	2461,76
berat isi	gr/cm ³	1,81	1,92	1,94	1,89

Pengujian dilakukan dengan tiga cara, cara lepas didapatkan berat isi sebesar 1,81 gr/cm³, cara rojok sebesar 1,92 gr/cm³, dan cara goyang sebesar 1,94gr/cm³. Maka rata-rata berat isi agregat kasar sebesar 1,89 gr/cm³.

4.4 Perencanaan Campuran Dan Kebutuhan Bahan Beton

4.4.1 Mix Design Beton Normal

Data-data dibawah ini digunakan untuk dalam perencanaan beton atau mix design dengan kekuatan yang direncanakan sebesar 25 MPa.

Tabel 4.12: Data data dasar dari pengujian agregat.

No	Data	Satuan	Nilai
1	Berat Jenis Agregat Kasar	Gr/Cm ³	1,83
2	Berat Jenis Agregat Halus	Gr/Cm ³	2,49
3	Kadar Lumpur Agregat Kasar	%	0,8
4	Kadar Lumpur Agregat Halus	%	0,6
5	FM Agregat Kasar		6,98
6	FM Agregat Halus		3,54
7	Kadar Air Agregat Kasar	%	0,83
8	Kadar Air Agregat Halus	%	2,83
9	Penyerapan Agregat Kasar	%	1,83
10	Penyerapan Agregat Halus	%	1,53
11	Nilai Slump Rencana	mm	75 - 150
12	Ukuran Agregat Maksimum	mm	19

Maka, dari data-data tabel 4.12 diatas perencanaan campuran beton (Mix Design) yang berdasarkan SNI 7656 : 2012 dapat dibuat sebagai berikut:

1. Banyak campuran air

Menurut SNI 7656: 2012 rasio air diuraikan seperti yang dapat dilihat pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13: Rasio air.

Air (Kg/M3) Untuk Ukuran Nominal Agregat Maksimum Batu Pecah								
Slump (Mm)	9,5	12,7	19	25	37,5	50	75	150
Beton Tanpa Tambahan Udara								
25-50	207	199	190	179	166	154	270	113
75-100	228	216	205	193	181	169	145	124
150-175	243	228	216	202	190	178	160	-
>175	-	-	-	-	-	-	-	-
Banyak Nya Udara Dalam Beton (%)	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0,3	0,2
Beton Dengan Tambahan Udara								
25-50	181	175	168	160	150	142	122	107
75-100	202	193	184	175	165	157	133	119
150-175	216	205	197	184	174	166	154	-
>175	-	-	-	-	-	-	-	-
Jumlah Kadar Udara Yang Disarankan Untuk Tingkat Peaparan Sebagai Berikut								
Ringan (%)	4,5	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1
Sedang (%)	6	5,5	4,5	4,5	4,5	4	3,5	3
Berat (%)	7,5	7	6	6	5,5	5	4,5	4

2. Rasio air semen

Berdasarkan SNI 7656:2012, apabila dilakukan campuran percobaan untuk membuktikan hubungan-hubungan kekuatan atau menilai kekuatan dari sebuah campuran, harus digunakan air pencampur dan kadar udara yang terkecil. Kadar udara harus yang maksimum yang diijinkan dan beton harus diukur untuk mencapai slump tertinggi yang diijinkan. Bila beton memiliki kadar air atau kadar udara yang lebih rendah, maka proporsi bahan-bahan beton harus disesuaikan untuk menghasilkan beton yang diinginkan.

Tabel 4.14: Rasio air semen.

Kekuatan beton umur 28 hari (Mpa)	rasio air semen	
	beton tanpa 47dalam47n udara	beton dengan 47dalam47n udara
40	0,42	-
35	0,47	0,39
30	0,54	0,45
25	0,61	0,52
20	0,69	0,6
15	0,79	0,7

3. Kadar semen

Banyaknya kadar semen yang digunakan 47adalah $205 : 0,61 = 336,07$ kg

4. Berat kering agregat kasar

Agregat dengan ukuran nominal maksimum dan gradasi yang sama akan menghasilkan beton dengan sifat pengerjaan yang memuaskan bila sejumlah tertentu volume agregat (kondisi kering oven) dipakai untuk tiap satuan volume beton. Volume agregat kasar per satuan volume beton dapat dilihat pada Tabel 4.15.

Tabel 4.15: Berat kering agregat kasar.

Ukuran Normal Agregat Maksimum	Volume Agregat Kasar Kering Oven			
	Beton Untuk Berbagai Modulus Kehalusan			
	2,4	2,6	2,8	3
9,5	0,5	0,48	0,46	0,44
12,5	0,59	0,57	0,55	0,53
19	0,66	0,64	0,62	0,6
25	0,71	0,69	0,67	0,65
37,5	0,75	0,73	0,71	0,69
50	0,78	0,76	0,74	0,72
75	0,82	0,8	0,78	0,76
150	0,87	0,85	0,83	0,81

5. Perkiraan awal berat beton segar

Untuk Perkiraan Awal berat beton baik tanpa tambahan udara dan dengan tambahan udara menurut SNI 7656:2012, Bila berat per satuan volume beton dapat

dianggap atau diperkirakan dari ketetapan, maka berat agregat halus yang dibutuhkan adalah perbedaan dari beton segar dan berat total dari bahan-bahan lainnya. Dapat dilihat pada Tabel 4.16.

Tabel 4.16: Berat beton segar.

Ukuran Normal Agregat Maksimum	Rasio Air Semen	
	Beton Tanpa Tambahan Udara	Beton Dengan Tambahan Udara
9,5	228	2200
12,5	2310	2230
19	2345	2275
25	2380	2290
37,5	2410	2350
50	2445	2345
75	2490	2405
150	2530	2435

6. Volume

Agregat halus yang dibutuhkan harus ditentukan berdasarkan volume absolut. Dengan diketahuinya jumlah semen, air udara, dan agregat kasar, kadar agregat halus dapat dihitung sebagai berikut:

a. Volume Air:

$$205/1000 = 0,205 \text{ m}^3$$

b. Volume padat semen:

$$\frac{336,7}{(3,15 \times 1000)} = 0,107 \text{ m}^3$$

c. Volume absolute agregat kasar:

$$\frac{999,57}{2,64 \times 1000} = 0,378 \text{ m}^3$$

d. Volume udara terperangkap:

$$1\% \times 1 = 0,010 \text{ m}^3$$

e. Jumlah volume padat selain agregat halus:

$$0,205 + 0,107 + 0,378 + 0,010 = 0,7 \text{ m}^3$$

f. Volume agregat halus yang dibutuhkan:

$$1 + 0,7 = 0,3 \text{ m}^3$$

g. Berat agregat halus kering yang dibutuhkan:

$$0,3 \times 2,61 \times 1000 = 783 \text{ kg}$$

7. Perbandingan berat

Berdasarkan SNI 7656:2012 didapat nilai perbandingan berat air (berat bersih), agregat kasar (kering), dan agregat halus (kering) pada Tabel 4.17.

Tabel 4.17: Perbandingan berat.

	Berdasarkan Perkiraan	
	Massa Beton (Kg)	Volume Absolute (Kg)
Air (Berat Bersih)	205	205
Semen	336,07	336,07
Ag. Kasar (Kering)	999,57	999,57
Ag. Halus (Kering)	804,36	783

8. Koreksi terhadap kandungan air

Pengujian menunjukkan kadar air seperti dibawah ini jika proporsi campuran percobaan dengan anggapan berat yang digunakan, maka berat penyesuaian dari agregat menjadi:

Kadar Air didapat:

$$\text{Agregat Kasar} : 0,83\%$$

$$\text{Agregat Halus} : 2,83\%$$

$$\text{Agregat Kasar (Basah)} : 999,57 \times (1 + 0,0083) = 1007,86 \text{ Kg}$$

$$\text{Agregat Halus (Basah)} : 804,36 \times (1 + 0,0283) = 827,12 \text{ Kg}$$

Air yang diserap tidak menjadi bagian dari air pencampur dan harus dikeluarkan dari penyesuaian dalam air yang ditambahkan. Maka:

$$\text{Air yang diberikan Ag. Kasar adalah} : (0,83 - 1,83) = 1\%$$

$$\text{Air yang diberikan Ag. Halus adalah} : (2,83 - 2,49) = 0,34\%$$

Dengan demikian kebutuhan air adalah sebagai berikut:

$$205 - (999,57 \times 1\%) - (804,36 \times 0,34\%) = 192,2$$

Maka perkiraan 1 m³ beton adalah sebagai berikut:

$$\text{Air (yang ditambahkan)} = 185,08 \text{ Kg}$$

Semen	= 336 ,07 Kg
Ag. Kasar (Basah)	= 1007,86 kg
Ag. Halus (Basah)	= 827, 12 Kg
Jumlah	= 2385 ,42 Kg

4.4.2 Kebutuhan Bahan

Kebutuhan bahan diperoleh berdasarkan hasil *mix design* yang telah dikerjakan diatas kemudian diperoleh kebutuhan bahan untuk pembuatan benda uji sebagai berikut:

1. Benda uji yang dibuat adalah silinder sebanyak 12 benda uji

- Diameter = 15 cm
- Tinggi = 30 cm
- Volume silinder = $\pi \times r^2 \times H$
 $= 3,14 \times 0,075^2 \times 0,3$
 $= 0,0053 \text{ m}^3$

Kebutuhan material untuk satu benda uji

Air (yang ditambahkan)	= 0,0053 m ³ x 185.08 Kg	= 0,98 kg
Semen	= 0,0053 m ³ x 336 ,07 Kg	= 1,78 kg
Ag. Kasar (Basah)	= 0,0053 m ³ x 1016,56 kg	= 5,39 kg
Ag. Halus (Basah)	= 0,0053 m ³ x 847,71Kg	= 4,49 kg
Pecahan bata bakar	= 5,39 kg x 25%	= 1,35 kg
Pecahan bata bakar	= 5,39 kg x 50%	= 2,69 kg
pecahan bata bakar	= 5,39 kg x 75%	= 4,04 kg

Tabel 4.18: Kebutuhan material untuk satu benda uji.

No	Kode	Volume (M3)	Komposisi				
			Semen (Kg)	Agregat Halus (Kg)	Agregat Kasar (Kg)	Pecahan Bata (Kg)	Air (Kg)
1	BN	0,0053	1,78	4,49	5,39	0	0,98
2	BBK 25%	0,0053	1,78	4,49	4,04	1,35	0,98
3	BBK 50%	0,0053	1,78	4,49	2,69	2,69	0,98
4	BBK 75%	0,0053	1,78	4,49	1,35	4,04	0,98

Maka kebutuhan bahan untuk satu kali adukan ialah $3 \times 0,0053 = 0,0159$ m³. Sehingga diperoleh seluruh kebutuhan bahan untuk campuran setiap variasi pada satu kali adukan dapat dilihat pada Tabel 4.19.

Tabel 4.19: Kebutuhan material untuk 3 benda uji.

No	Kode	Volume (M3)	Komposisi				
			Semen (Kg)	Agregat Halus (Kg)	Agregat Kasar (Kg)	Pecahan Bata (Kg)	Air (Kg)
1	BN	0,0159	6,23	15,72	18,85	0	3,43
2	BBK 25%	0,0159	6,23	15,72	14,14	4,71	3,43
3	BBK 50%	0,0159	6,23	15,72	9,43	9,43	3,43
4	BBK 75%	0,0159	6,23	15,72	4,71	14,14	3,43
Total			24,93	62,89	47,13	28,28	13,73

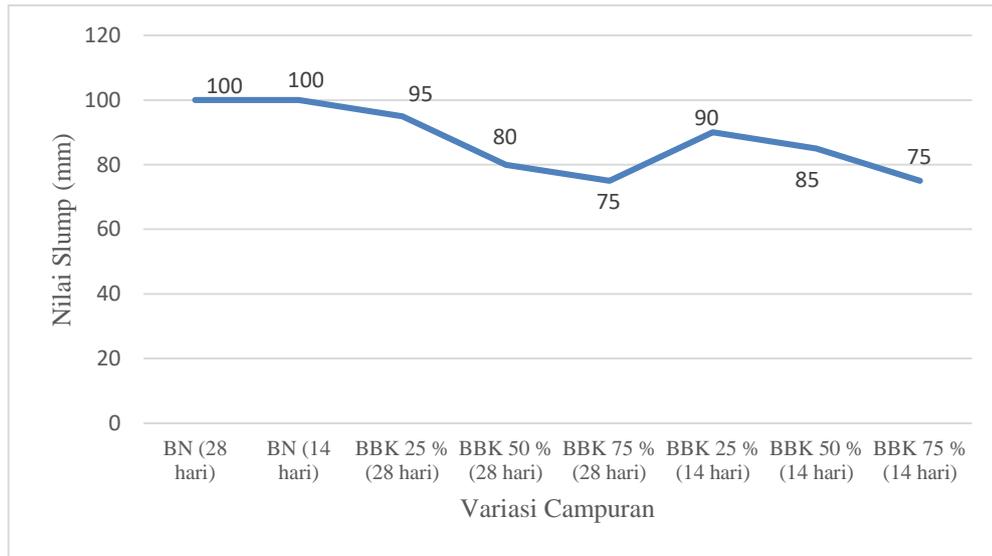
4.5 Pengujian *Slump Test*

Pengujian *slump test* bertujuan untuk meningkatkan (*workability*) pada pekerjaan konstruksi. Dimana nilai slump yang sesuai dengan perencanaan akan mengetahui suatu mutu beton yang akan digunakan. *Slump test* dilakukan untuk mengetahui *workability* beton campuran yang menggunakan limbah beton pada substitusi agregat kasar

Berikut hasil dari pengujian slump test beton normal dan beton variasi campuran limbah beton dapat dilihat pada Tabel 4.20.

Tabel 4.20: Hasil nilai pengujian slump test.

No	Variasi	Slump (Mm)
1	BN (28 hari)	100
1	BN (14 hari)	100
2	BBK 25 % (28 hari)	95
3	BBK 50 % (28 hari)	80
4	BBK 75 % (28 hari)	75
2	BBK 25 % (14 hari)	90
3	BBK 50 % (14 hari)	85
4	BBK 75 % (14 hari)	75



Gambar 4.1 Grafik *Slump Test*

Hasil dari Gambar 4.1 terdapat perubahan *slump flow* pada setiap campuran bata bakar pada benda uji beton tersebut, nilai slump beton normal umur 28 dan 14 hari didapat sebesar 100 dan 100 mm, nilai slump BBK 25% umur 28 dan 14 hari yakni 95 mm dan 90 mm, sedangkan beton BBK 50% umur 28 dan 14 hari mendapatkan nilai slump 80 mm dan 85 mm, serta untuk BBK 75% umur 28 dan 14 hari didapat nilai slump sebesar 75 mm.

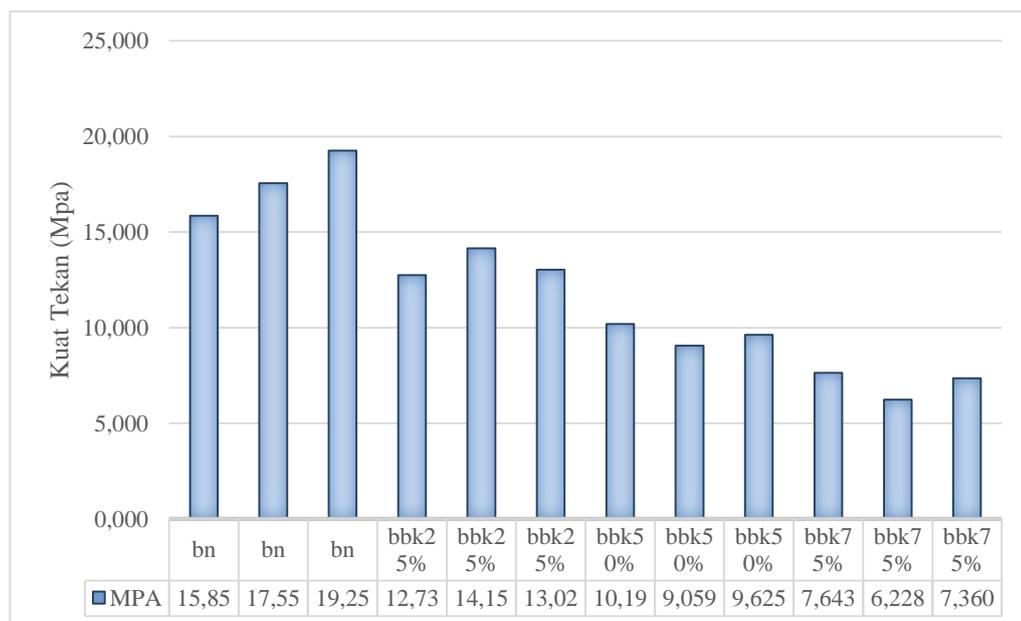
Dari hasil tersebut, didapati bahwa nilai *slump* semakin menurun. Hal ini dikarenakan semakin banyak campuran batu bata yang mengganti pasir maka semakin kental campuran betonnya. Oleh karena itu, beton dengan penggantian sebagian pasir dengan batu bata memiliki *workability* yang lebih rendah dibandingkan dengan beton normal (Dewi, 2019).

4.6 Pengujian Kuat Tekan Beton

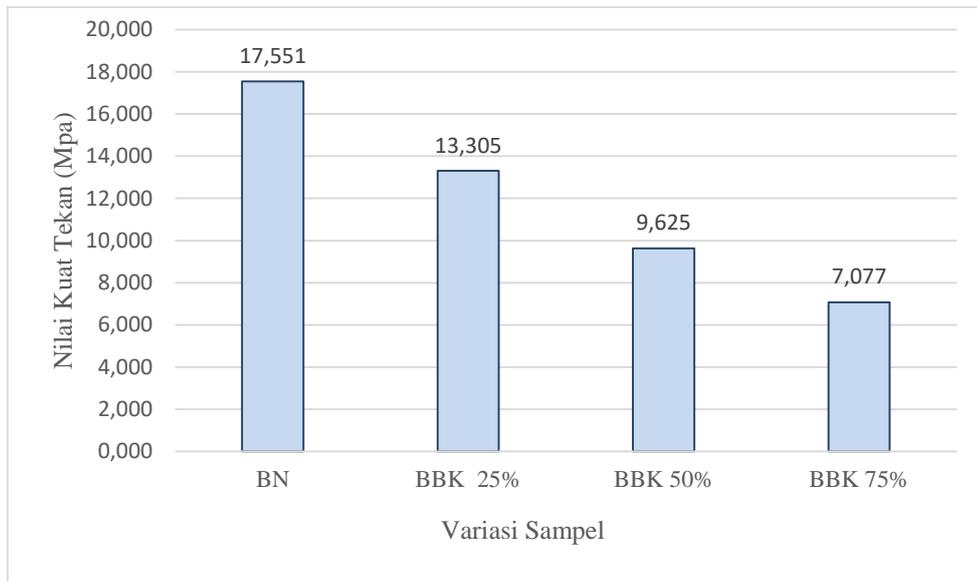
Pengujian kuat tekan beton dilakukan menggunakan metode SNI 03-1974-2011, pelaksanaan pengujian dilakukan pada saat beton berumur 14 dan 28 hari, dengan menggunakan mesin kuat tekan (*compressive strength test*). Benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Nilai yang dihasilkan pengujian kuat tekan tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.21.

Tabel 4.21: Nilai kuat tekan beton umur 14 hari.

Benda Uji	Persentase Benda Uji	Umur (Hari)	Tekan Aktual (Kn)	Kuat Tekan (Mpa)	Rata Rata
1	Beton Normal	28	280	15,853	17,551
2		28	310	17,551	
3		28	340	19,250	
1	Beton Bata Bakar 25%	28	225	12,739	13,305
2		28	250	14,154	
3		28	230	13,022	
1	Beton Bata Bakar 50%	28	180	10,191	9,625
2		28	160	9,059	
3		28	170	9,625	
1	Beton Bata Bakar 75%	28	135	7,643	7,077
2		28	110	6,228	
3		28	130	7,360	



Gambar 4.2 Grafik pengujian kuat tekan umur 14 hari



Gambar 4.3 Grafik nilai kuat tekan rata rata beton umur 14 hari

Berdasarkan hasil pengujian nilai kuat tekan beton umur 14 hari didapat rata rata nilai kuat tekan beton normal yakni sebesar 17, 551 Mpa, beton BBK 25% sebesar 13,035 Mpa, beton BBK 50% sebesar 9,625 Mpa, beton BBK 75% sebesar 7,077 Mpa.

Perhitungan perbandingan hasil kuat tekan beton normal terhadap beton Bata bakar umur 14 hari dapat dilihat di bawah ini.

1. Variasi BBK 25 % (beton bata bakar 25%)

$$\frac{BBK\ 25\% - BN}{BN} \times 100\%$$

$$\frac{13,305 - 17,551}{17,551} \times 100\%$$

-24,19%

Beton BBK 25% mengalami penurunan kuat tekan sebesar 24,19 % dari nilai kuat tekan beton normal.

2. Variasi BBK 50 % (beton bata bakar 50%)

$$\frac{BBK\ 50\% - BN}{BN} \times 100\%$$

$$\frac{9,625 - 17,551}{17,551} \times 100\%$$

-45,16%

Beton BBK 50% mengalami penurunan kuat tekan sebesar 45,16% dari nilai kuat tekan beton normal

3. Variasi BBK 75 % (beton bata bakar 75%)

$$\frac{BBK\ 75\% - BN}{BN} \times 100\%$$

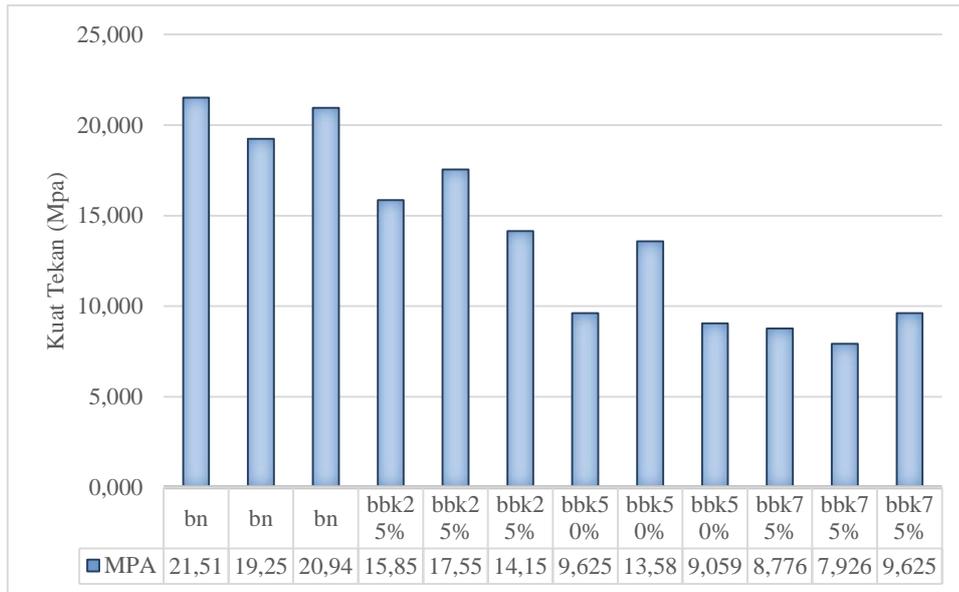
$$\frac{7,077 - 17,551}{17,551} \times 100\%$$

-59,68%

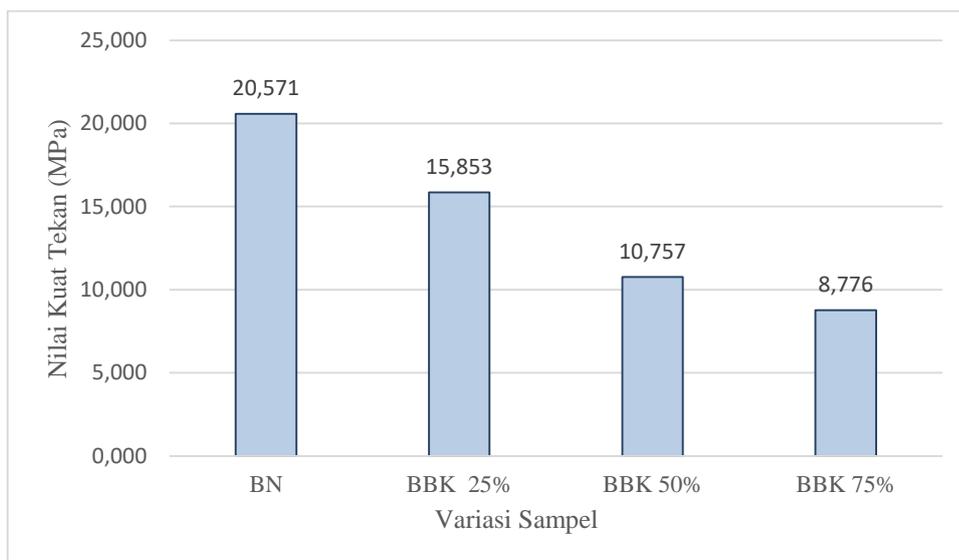
Beton BBK 75% mengalami penurunan kuat tekan sebesar 59,68 % dari nilai kuat tekan beton normal

Tabel 4.22: Nilai kuat tekan beton umur 28 hari.

Benda Uji	Persentase Benda Uji	Umur (Hari)	Tekan Aktual (Kn)	Kuat Tekan (Mpa)	Rata Rata
1	Beton Normal	28	380	21,515	20,571
2		28	340	19,250	
3		28	370	20,948	
1	Beton Bata Bakar 25%	28	280	15,853	15,853
2		28	310	17,551	
3		28	250	14,154	
1	Beton Bata Bakar 50%	28	170	9,625	10,757
2		28	240	13,588	
3		28	160	9,059	
1	Beton Bata Bakar 75%	28	155	8,776	8,776
2		28	140	7,926	
3		28	170	9,625	



Gambar 4.4: Grafik Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari



Gambar 4.5: Grafik Nilai Kuat Tekan Rata Rata Beton Umur 28 Hari

Berdasarkan hasil pengujian nilai kuat tekan beton umur 28 hari didapat rata rata nilai kuat tekan beton normal yakni sebesar 20, 571 Mpa, beton BBK 25% sebesar 15,853 Mpa, beton BBK 50% sebesar 10,757 Mpa, beton BBK 75% sebesar 8,776 Mpa.

Perhitungan perbandingan hasil kuat tekan beton normal terhadap beton

Bata bakar umur 28 hari dapat dilihat di bawah ini.

1. Variasi BBK 25 % (beton bata bakar 25%)

$$\frac{BBK\ 25\% - BN}{BN} \times 100\%$$
$$\frac{15,853 - 20,571}{20,571} \times 100\%$$

-22,94%

Beton BBK 25% mengalami penurunan kuat tekan sebesar 22,94% dari nilai kuat tekan beton normal

2. Variasi BBK 50 % (beton bata bakar 50%)

$$\frac{BBK\ 50\% - BN}{BN} \times 100\%$$
$$\frac{10,757 - 20,571}{20,571} \times 100\%$$

-47,71%

Beton BBK 50% mengalami penurunan kuat tekan sebesar 47,71 % dari nilai kuat tekan beton normal.

3. Variasi BBK 75 % (beton bata bakar 75%)

$$\frac{BBK\ 75\% - BN}{BN} \times 100\%$$
$$\frac{8,776 - 20,571}{20,571} \times 100\%$$

-57,34%

Beton BBK 75% mengalami penurunan kuat tekan sebesar 57,34 % dari nilai kuat tekan beton normal.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan sebelumnya, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengaruh penggunaan bata bakar sebagai pengganti agregat kasar pada campuran beton, mempengaruhi kemampuan beton dalam menerima tekanan, dapat dilihat dari hasil kuat tekan yang mengalami penurunan nilai kuat tekan seiring bertambahnya kadar penggunaan bata bakar. Nilai kuat tekan yang paling tinggi didapat dari beton BBK25% pada umur 28 hari sebesar 15, 853 Mpa dan nilai kuat tekan paling kecil didapat pada beton BBK 75% pada umur 28 hari Sebesar 8,776 Mpa. Beton pada umur 14 hari memiliki kuat tekan yang lebih kecil dibandingkan beton umur 28 hari.
2. Perbandingan nilai kuat tekan beton bata bakar pada umur 28 hari dengan beton normal mengalami penurunan. Untuk beton BBK 25% mengalami penurunan sebesar 22,94%, beton BBK 50% mengalami penurunan sebesar 47,71% dan beton BBK 75% mengalami penurunan sebesar 57,34%. Perbandingan nilai kuat tekan beton bata bakar pada umur 14 hari dengan beton normal mengalami penurunan. Untuk beton BBK 25% mengalami penurunan sebesar 24,19%, beton BBK 50% mengalami penurunan sebesar 45,16% dan beton BBK 75% mengalami penurunan sebesar 59,68%.

5.2 Saran

Dari hasil penelitian yang telah dilaksanakan, ada beberapa hal yang harus di perhatikan lagi untuk penelitian selanjutnya agar mendapatkan hasil yang lebih baik lagi, peneliti menyarankan berikut:

1. Melakukan perendaman pecahan bata terlebih dahulu agar mendapatkan pecahan bata dalam kondisi SSD sehingga pecahan bata bakar tidak menyerap banyak air pada saat pembuatan benda uji.

2. Untuk penelitian selanjutnya melakukan penambahan superplastizer pada campuran beton agar mengurangi penggunaan air dan meningkatkan kekuatan beton.

DAFTAR PUSTAKA

- 1970:2016, SNI. "Cara Uji Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Halus." *Badan Standar Nasional Indonesia*, no. 4, 2016, p. 20.
- Abdien, Putri Siti. *Analisa Kuat Tekan Beton K-175 Dengan Bahan Tambah Viscocrete-10 Dan Limbah Las Karbit*. 2020, pp. 1–47.
- Aidinur, Armend Novie. *Perbandingan Hasil Kuat Tekan Beton Dan Kuat Belah Beton Dengan Menggunakan Variasi Agregat Kasar Tugas Akhir*. 2021.
- Alkhaly, Yulius. "Pengaruh Substitusi Agregat Kasar Dengan Pecahan Batu Bata Klinker Terhadap Kuat Tekan Beton Normal." *Teras Jurnal : Jurnal Teknik Sipil*, vol. 5, no. 2, 2021, pp. 79–88, <https://doi.org/10.29103/tj.v5i2.10>.
- Amelia, Thasya, and Henggar Risa Destania. *Pengaruh Penambahan Material Limbah Pecahan Batu*. no. 2, 2022, pp. 72–78.
- Badan Standardisasi Nasional. "SNI ASTM C136:2012: Analisis Saringan Agregat Halus Dan Kasar." *Badan Standardisasi Nasional*, 2012, pp. 1–24.
- Badan Standardisasi Nasional Indonesia. "SNI 1973:2008 Cara Uji Berat Isi, Volume Produksi Campuran Dan Kadar Udara Beton." *Badan Standardisasi Nasional*, 2008, pp. 1–13.
- Bahar, Syamsul Bahri, et al. "Eksperimental Uji Kuat Tekan Beton Dengan Menggunakan Agregat Kasar Pecahan Bata Merah Dan Batako Sebagai Bahan Pengganti." *Jurnal Pendidikan Tambusai*, vol. 8 (1), 2024, pp. 5439–53.
- BSN. "Sni 1972:2008." *Cara Uji Slump Beton*, 2008, pp. 1–5.
- C136:2012, S. N. I. ASTM. "SNI ASTM C136:2012. Metode Uji Untuk Analisis Saringan Agregat Halus Dan Agregat Kasar." *Badan Standardisasi Nasional*, 2012, pp. 1–24.
- Chandra, Yovi. "Studi Eksperimental Pengaruh Penggunaan Batu Bata Klinker Sebagai Material Pengganti Agregat Kasar Pada Beton Tanpa Pasir." *TECHSI - Jurnal Teknik Informatika*, vol. 12, no. 3, 2022, p. 66, <https://doi.org/10.29103/techsi.v12i3.9192>.
- Hamdi, Fauzan, dkk. "2021, Teknologi Beton." *Tohar Media*, vol. 1, no. 1, 2022, http://www.nutricion.org/publicaciones/pdf/prejuicios_y_verdades_sobre_gr

asas.pdf%0Ahttps://www.colesterolfamiliar.org/formacion/guia.pdf%0Ahttps://www.colesterolfamiliar.org/wp-content/uploads/2015/05/guia.pdf.

Kankal, Kariappa. "Experimental study on effect of partial replacement of coarse aggregate by over burnt brick bats." *Journal of Architecture and Civil Engineering*, vol. 7, 2022, pp. 1–47.

Mulyono, Tri. (PDF) *TEKNOLOGI BETON: Dari Teori Ke Praktek*. no. October, 2018,
https://www.researchgate.net/publication/328282664_TEKNOLOGI_BETON_Dari_Teori_Ke_Praktek.

Nasion, Standar, and Badan Standardi. *Sni 03-6820-2002*. 2002.

Nasional, Badan Standar. "Sni 7656:2012." *Tata Cara Pemilihan Campuran Untuk Beton Normal, Beton Berat Dan Beton Massa*, 2012.

Pribadi dkk. *Limbah Batu Bata Sebagai Pengganti*. no. 2, 2022, pp. 68–80.

Sebastian dkk. "Analisis Kuat Tekan Beton K.200 Dengan Menggunakan Limbah Pecahan Batu Bata Sebagai Pengganti Agregat Kasar." *Jurnal Teknik Sipil*, vol. 10, no. 1, 2021, pp. 41–50, <https://doi.org/10.36546/tekniksipil.v10i1.459>.

SNI 1969. "Cara Uji Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Kasar." *Badan Standar Nasional Indonesia*, 2016, p. 20.

SNI 1971:2011. "Cara Uji Kadar Air Total Agregat Dengan Pengeringan." *Badan Standarisasi Nasional*, 2011, pp. 1–11.

SNI 2493:2011. "SNI 2493:2011 Tata Cara Pembuatan Dan Perawatan Benda Uji Beton Di Laboratorium." *Badan Standar Nasional Indonesia*, 2011, p. 23, www.bsn.go.id. *Teknik Suma Purwokerto*.

Umar, Muhammad. *Uji Kuat Tekan Dan Daya Serap Air Batu Bata*. 2018, pp. 37–47.

LAMPIRAN



L1 : Pengujian material



L2: mencatat hasil pengujian material



L3 : persiapan material campuran



L4 : pembuatan benda uji



L5: pengujian slump



L6: perendaman benda uji



L7: Pengujian kuat tekan

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Data Identitas Diri

Nama Lengkap : Bona Walfais Malau
Tempat, Tanggal Lahir : Rantauparapat, 08 desember 2002
Jenis Kelamin : Laki Laki
Agama : Islam
Alamat : Kyoto, Jepang
No.Hp/Telp.Seluler : 081375399653
Nama Ayah : Rahmadsyah Malau
Nama Ibu : Susilawati
E-mail : bonawalfais132@gmail.com

Data Riwayat Pendidikan

Nomor Induk Mahasiswa : 2107210158
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Perguruan Tinggi : Jl. Kapten Muchtar Basri No.3 Medan 20238
Sekolah Dasar : SD Negeri 12 Pardomuan 2009-2015
Sekolah Menengah Pertama : SMP Negeri 1 Palipi 2015-2018
Sekolah Menengah Atas : SMA S Bhayangkari 2018-2021