

TUGAS AKHIR
ANALISA KUAT TARIK BELAH BETON DENGAN LIMBAH
BATA TANPA BAKAR SEBAGAI PENGGANTI
SEBAGIAN AGREGAT HALUS
(Studi Penelitian)

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

Disusun Oleh :

AKHIRIA TUNNISHA HARAHAH
2107210184



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

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Akhiria Tunnisha Harahap
Npm : 2107210184
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Analisa Kuat Tarik Belah Beton Dengan Limbah Bata
Tanpa Bakar Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Halus
Bidang Ilmu : Struktur

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

DISETUJUI DISAMPAIKAN KEPADA
PANITIA UJIAN SKRIPSI

Medan, 30 Agustus 2025

Mengetahui dan Menyetujui

Dosen Pembimbing



Sri Frapanti, S.T, M.T

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Akhiria Tunnisha Harahap
Npm : 2107210184
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Analisa Kuat Tarik Belah Beton Dengan Limbah Bata
Tanpa Bakar Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Halus
Bidang Ilmu : Struktur

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

Medan, 30 Agustus 2025

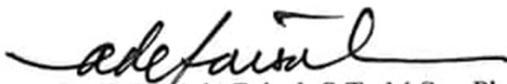
Mengetahui dan Menyetujui

Dosen Pembimbing



Sri Frapanti, S.T, M.T

Dosen Penguji I



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

Dosen Penguji II



Rizki Efrida, S.T, M.T

Ketua Prodi Teknik Sipil



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

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Akhiria Tunnisha Harahap
Tempat, Tanggal Lahir : Panggulangan, 16 Mei 2003
Npm : 2107210184
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul **“Analisa Kuat Tarik Belah Beton Dengan Limbah Bata Tanpa Bakar Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Halus” (Studi Penelitian)**

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

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

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tarik belahan 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,

Akhiria Tunnisha Harahap

ABSTRAK

ANALISA KUAT TARIK BELAH BETON DENGAN LIMBAH BATA TANPA BAKAR SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN AGREGAT HALUS

Akhiria Tunnisha Harahap

2107210184

Sri Frapanti, S.T, M.T

Selama puluhan tahun, pembangunan suatu gedung selalu berkaitan erat dengan penggunaan beton. Kemajuan dan keberlangsungan infrastruktur menyebabkan meningkatnya permintaan serta kebutuhan akan beton. Seiring meningkatnya kebutuhan akan beton dibutuhkan alternatif lain sebagai bahan penyusun beton. Hanya ada sedikit penelitian mengenai penggunaan limbah bata tanpa bakar sebagai substitusi agregat halus pada beton. Oleh karena itu, sangat penting untuk menggunakan limbah batu bata untuk mengevaluasi kuat tarik beton. Dengan memanfaatkan limbah batu bata pada pembuatan beton, maka dapat diharapkan dapat menghasilkan konstruksi yang lebih ramah lingkungan dengan kualitas yang tidak jauh berbeda. Persentase penggunaan limbah bata tanpa bakar adalah 25%, 50%, dan 75% dari berat agregat halus. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kuat tarik belah beton normal 28 hari sebesar 3,067 Mpa, sementara variasi campuran menghasilkan kuat tarik belah sebagai berikut: BBTB25% (28 hari) sebesar 2,548 MPa (penurunan 16,92%), BBTB50% (28 hari) sebesar 1,746 MPa (penurunan 43,08%), dan BBTB75% (28 hari) sebesar 1,085 MPa (penurunan 64,62%). Variasi campuran yang memberikan hasil kuat tarik belah paling optimal adalah BBTB25% (28 hari) sebesar 2,548 MPa mengalami penurunan sebesar 16,92 %. Penggunaan batu bata sebagai campuran beton tidak dapat dipakai sebagai campuran beton mutu tinggi karena persentase penyerapannya lebih tinggi dan *density* nya sangat kecil.

Kata Kunci: Limbah, Bata Tanpa Bakar, Subtitusi, Kuat Tarik belah

ABSTRACT

ANALYSIS OF THE TENSILE STRENGTH OF CONCRETE WITH BRICK WASTE AS A SUBSTITUTE FOR SOME OF THE FINE AGGREGATE

Akhiria Tunnisha Harahap

2107210184

Sri Frapanti, S.T, M.T

For decades, building construction has always been closely related to the use of concrete. Advances and sustainability in infrastructure have led to an increase in demand and need for concrete. As the need for concrete increases, other alternatives are needed as concrete constituents. There has been little research on the use of unfired brick waste as a substitute for fine aggregates in concrete. Therefore, it is very important to use brick waste to evaluate the tensile strength of concrete. By utilizing brick waste in concrete production, it is expected to produce more environmentally friendly constructions with similar quality. The percentage of unfired brick waste used is 25%, 50%, and 75% of the fine aggregate weight. The test results show that the 28-day normal concrete tensile strength is 3.067 MPa, while the mixture variations produce the following tensile strengths: BBTB25% (28 days) is 2.548 MPa (a decrease of 16.92%), BBTB50% (28 days) is 1.746 MPa (a decrease of 43.08%), and BBTB75% (28 days) is 1.085 MPa (a decrease of 64.62%). The mixture variation that produced the most optimal splitting tensile strength was BBTB25% (28 days) at 2.548 MPa, which experienced a decrease of 16.92%. The use of bricks as a concrete mixture cannot be used as a high-quality concrete mixture because the absorption percentage is higher and the density is very low.

Keywords: Waste, Unfired Bricks, Substitution, Tensile 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 Proposal Tugas Akhir ini yang berjudul “Analisa Kuat Tarik Belah Beton Dengan Limbah Bata Tanpa Bakar Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Halus” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Dalam penyelesaian tugas akhir ini banyak pihak yang secara langsung maupun tidak langsung telah memberikan dukungan, bimbingan dan bantuan, sehingga dalam kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ibu 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. Ade Faisal, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberi masukan dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Rizki Efrida, S.T, M.T 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. Ayahanda tercinta Amin Hamzah Harahap, cinta pertama bagi anak perempuannya dan panutanku. Terimakasih untuk segala usaha dan selalu mengusahakan apapun untuk kehidupan penulis. Terimakasih atas setiap tetesan keringat yang telah tcurahkan dalam setiap langkah beliau ketika mengemban tanggung jawab sebagai kepala keluarga untuk mencari nafkah, beliau memang tidak sempat merasakan duduk dibangku perkuliahan, namun beliau bekerja keras memberikan motivasi, dukungan serta semangat kepada penulis, memberikan do'a dan mendidik penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan studi sampai sarjana
10. Ibunda tercinta Sri Mila Utami, pintu surgaku. Terimakasih atas cinta dan kasih sayang yang selalu diberikan kepada penulis serta nasehat yang selalu diberikan walau terkadang pikiran kita tidak sejalan, terimakasih atas kesabaran dan kebesaran hati dalam menghadapi keras kepalanya penulis. Beliau sangat berperan penting dalam proses menyelesaikan pendidikan penulis, beliau juga tidak sempat merasakan duduk dibangku perkuliahan, namun beliau tiada henti untuk selalu memberikan semangat, dukungan, motivasi serta do'a yang selalu terselip disetiap sholatnya demi keberhasilan penulis dalam menyiapkan pendidikan sampai sarjana
11. Kepada saudara perempuanku, Kakak tercinta Rida Sari Utami Hrp. Terimakasih sudah banyak membantu dan memberikan dukungan serta motivasi dalam setiap kesulitan-kesulitan yang dialami penulis selama menyelesaikan pendidikan sampai sarjana. Dan kepada ketiga adikku Abi Ilhamsyah Hrp, M. Hafiz Aulia Hrp dan Arsyila Oki Isnaini Hrp yang sudah memberikan semangat dan hiburan di hidup penulis.
12. Keluarga besar yang tidak pernah berhenti mendoakan dan mendukung penulis serta selalu menjadi penyemangat penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan studi sampai sarjana
13. Teman seperjuangan Bona Walfais Malau dan Muhammad Alwi, 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.

14. Semua teman-teman kelas D1 Pagi Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah membantu selama masa perkuliahan.
15. Terakhir, terimakasih kepada wanita sederhana yang mempunyai keinginan tinggi namun sulit untuk dimengerti isi kepalanya, sosok wanita yang diam-diam berjuang tanpa henti, melawan dirinya yang introvert, pemalu dan selalu insecure atau merasa kurang terhadap dirinya sendiri, sang penulis karya tulis ini yaitu saya sendiri, Akhiria Tunnisha Harahap. Terimakasih untuk tidak menyerah dan memilih berjuang dari segala ketidakterimaan yang semesta berikan, terimakasih untuk kesabaran, perjuangan dan ketekunan yang telah dilalui dalam setiap langkah. Terimakasih untuk tetap berani menjadi dirimu sendiri walaupun sering diremehkan. Aku bangga atas setiap langkah kecil yang diambil, walau harapan tidak sesuai dengan apa yang diharapkan. Jangan pernah lelah untuk tetap berusaha, selalu rayakan apapun yang ada dalam dirimu.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Medan, 12 Maret 2025

Akhiria Tunnisha Harahap

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
<i>ABSTRACT</i>	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup Penelitian	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pengertian Beton	5
2.2 Penelitian Terdahulu	6
2.3 Material Penyusun Beton	7
2.3.1 Semen	7
2.3.2 Agregat Halus	8
2.3.3 Agregat Kasar	8
2.3.4 Air	9
2.4 Bata Tanpa Bakar	9
2.5 Slump Test	11
2.6 Kuat Tarik Belah Beton	12
BAB 3 METODE PENELITIAN	14
3.1 Diagram Alir Penelitian	14
3.2 Metode Penelitian	15
3.2.1 Data Primer	15
3.2.2 Data Sekunder	15
3.3 Lokasi Penelitian	16

3.4	Bahan Dan Peralatan	16
3.4.1	Bahan	16
3.4.2	Peralatan	16
3.5	Persiapan Penelitian	17
3.6	Pemeriksaan Material	17
3.6.1	Analisa Saringan	17
3.6.2	Berat Jenis Dan Penyerapan	18
3.6.3	Kadar Air	20
3.6.4	Berat Isi Agregat	20
3.6.5	Pengujian Kadar Lumpur	21
3.7	Perencanaan Pembuatan Campuran (<i>Mix Design</i>)	22
3.7.1	Pemilihan Slump	22
3.7.2	Pemilihan Ukuran Besar Butir Agregat Maksimum	23
3.7.3	Perkiraan Air Pencampuran dan Kandungan Udara	23
3.7.4	Pemilihan Rasio Air-Semen atau Rasio Air-Bahan Bersifat Semen	24
3.7.5	Perhitungan Kadar Semen	25
3.7.6	Perkiraan Kadar Agregat Kasar	25
3.7.7	Perkiraan Kadar Agregat Halus	26
3.7.8	Penyesuaian Terhadap Kelembapan Agregat	27
3.7.9	Pengaturan Campuran Beton	27
3.7.10	Pembuatan Benda Uji	27
3.7.11	Pengujian Slump	29
3.7.12	Perawatan Benda Uji	30
3.7.13	Pengujian Kuat Tarik Belah Beton	30
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		32
4.1	Umum	32
4.2	Pemeriksaan Agregat Halus	32
4.2.1	Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	32
4.2.2	Pemeriksaan Gradasi Agregat Halus	33
4.2.3	Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus	34
4.2.4	Pemeriksaan Berat Isi Agregat Halus	35

4.2.5	Pengujian Kadar Air Agregat Halus	36
4.3	Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar	36
4.3.1	Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	37
4.3.2	Analisa Gradasi Agregat Kasar	37
4.3.3	Pengujian Kadar Lumpur Agregat Kasar	39
4.3.4	Pemeriksaan Berat Isi Agregat Kasar	39
4.3.5	Pengujian Kadar Air Agregat Kasar	40
4.4	Perencanaan Mix Design	41
4.5	Mix Design	41
4.6	Kebutuhan Bahan	46
4.7	Slump Test	48
4.8	Pengujian Kuat Tarik Belah Beton	49
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		53
5.1	Kesimpulan	53
5.2	Saran	53
DAFTAR PUSTAKA		54
LAMPIRAN		57

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Nilai slump yang dianjurkan untuk konstruksi (SNI 7656:2012)	22
Tabel 3.2 Pemilihan berat rasio air-semen (SNI 7656:2012)	24
Tabel 3.3 Perkiraan kadar agregat kasar (SNI 7656:2012)	25
Tabel 3.4 Perkiraan kadar agregat halus (SNI 7656:2012)	26
Tabel 3. 5 Persentase campuran beton	28
Tabel 3. 6 Jumlah benda uji	30
Tabel 4. 1 Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus	32
Tabel 4. 2 Pemeriksaan Gradasi Agregat Halus	33
Tabel 4. 3 Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus	34
Tabel 4. 4 Pemeriksaan Berat Isi Agregat Halus	35
Tabel 4. 5 Pengujian Kadar Air Agregat Halus	36
Tabel 4. 6 Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Kasar	37
Tabel 4. 7 Analisa Gradasi Agregat Kasar	38
Tabel 4. 8 Pengujian Kadar Lumpur Agregat Kasar	39
Tabel 4. 9 Pemeriksaan Berat Isi Agregat Kasar	39
Tabel 4. 10 Pengujian Kadar Air Agregat Kasar	40
Tabel 4. 11 Mix Design	41
Tabel 4. 12 Rasio Air	42
Tabel 4. 13 Rasio Air Semen	43
Tabel 4. 14 Berat Kering Agregat Kasar	44
Tabel 4. 15 Perkiraan Awal Berat Beton Segar	44
Tabel 4. 16 Perbandingan Berat	45
Tabel 4. 17 Kebutuhan material untuk satu benda uji	47
Tabel 4. 18 Kebutuhan Material Untuk 3 Benda Uji	47
Tabel 4. 19 Pengujian Slump	48
Tabel 4. 20 Nilai Kuat Tarik Belah Beton	50

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Pengujian Kuat Tarik Belah Beton	13
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	14
Gambar 4. 1 Grafik Nilai Slump	49
Gambar 4. 2 Grafik nilai rata-rata kuat tarik belah beton	50

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Selama puluhan tahun, pembangunan suatu gedung selalu berkaitan erat dengan penggunaan beton. Kemajuan dan keberlangsungan infrastruktur menyebabkan meningkatnya permintaan serta kebutuhan akan beton. Menurut Adi (2013), Beton pada dasarnya adalah campuran yang terdiri dari agregat kasar dan agregat halus yang dicampur dengan air dan semen sebagai pengikat dan pengisi antara agregat kasar dan agregat halus serta kadang-kadang ditambahkan *additiv* (Putri dkk., 2018). Beton menjadi bahan yang umum digunakan karena kemampuannya menahan beban, ketahanannya terhadap cuaca dan harganya yang murah. Beton merupakan suatu bahan campuran yang utamanya terdiri dari antara semen, agregat halus, agregat kasar, dan air. Karena beton merupakan komposit, maka kualitas beton sangat tergantung di kualitas masing-masing material pembentuk (Tjokrodimulyo, 2007).

Bata tanpa bakar merupakan batu bata yang terbuat dari tanah lempung atau tanah liat dengan penambahan zat tertentu. Batu bata merupakan salah satu material konstruksi pembangun dinding yang banyak digunakan. Batu bata sebagai bahan bangunan dari tanah lempung dan mineral-mineral lainnya yang dibentuk dalam ukuran-ukuran tertentu (Civil Engineering Materials, 2001). Limbah batu bata sebagai pengganti sebagian agregat halus dalam campuran beton memiliki potensi besar dalam meningkatkan keberlanjutan dan efisiensi material di industri konstruksi. Dibandingkan dengan bahan tambahan bangunan beton yang sering digunakan, bahan yang digunakan sebagai substitusi agregat halus harus dengan kualitas yang tinggi. Penggunaan limbah batu bata menjadi salah satu alternatif yang dapat digunakan dalam mensubstitusikan sebagian agregat halus.

Hanya ada sedikit penelitian mengenai penggunaan limbah bata tanpa bakar sebagai substitusi agregat halus pada beton. Oleh karena itu, sangat penting untuk menggunakan limbah batu bata untuk mengevaluasi kuat tarik beton. Salah satu ukuran kekuatan beton ialah kuat tarik belah. Hubungan antara kuat tarik belah beton dengan kuat tekan merupakan salah satu metode untuk menentukan kuat tarik

belah beton. Kekuatan tarik belah beton relative rendah, kira kira 10-15% dari kekuatan tekannya. Untuk mengetahui kuat tarik beton dalam pengujian hanya dapat diukur dengan metode uji keruntuhan (*modulud of rapture*) dan metode uji belah silinder (Cunradiana dkk., 2020). Kuat tarik belah beton yang diperoleh dengan uji pembelahan silinder dilakukan dengan memberikan beban tekan secara merata diseluruh bagian panjang dari silinder hingga terbelah dua dari ujung ke ujung.

Pada penelitian ini limbah batu bata tanpa bakar yang sudah tidak terpakai digunakan sebagai pengganti sebagian agregat halus dengan persentase 25%, 50% dan 75% yang dihancurkan menjadi butiran yang lebih kecil dan lebih halus. Dengan memanfaatkan limbah batu bata pada pembuatan beton, maka dapat diharapkan dapat menghasilkan kontruksi yang lebih ramah lingkungan dengan kualitas yang tidak jauh berbeda (Sofia dkk., 2019). Penelitian berharap dapat memanfaatkan limbah batu tanpa bakar sebagai pengganti sebagian daripada agregat halus dapat memberikan kontribusi terhadap kekuatan beton.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka didapat rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh limbah bata tanpa bakar sebagai pengganti agregat halus terhadap kuat tarik belah beton pada umur 28 hari?
2. Bagaimana perbandingan nilai kuat tarik belah beton antara beton normal dan beton dengan campuran bata tanpa bakar sebagai pengganti agregat halus pada persentase 25%, 50% dan 75%?

1.3 Ruang Lingkup Penelitian

Adapun batasan masalah yang ditetapkan dalam penelitian ini ialah sebagai berikut:

1. Bahan penyusun beton yang digunakan ialah antara lain semen Portland, agregat halus, agregat kasar, air dan limbah batu bata sebagai pengganti agregat halus.

2. Pencampuran adukan beton digunakan limbah bata tanpa bakar sebagai pengganti sebagian agregat halus dengan variasi 25%, 50% dan 75% yang diambil dari laboratorium hasil penelitian sebelumnya serta tidak memperhatikan komposisi yang ada pada campuran bata tanpa bakar tersebut.
3. Bata tanpa bakar lolos saringan no. 50 dan tertahan saringan no. 100 dengan mutu beton f'_c 25 MPa.
4. Pengujian berupa kuat tarik belah beton sesuai dengan SNI 2491: 2014.
5. Perencanaan campuran beton menggunakan SNI 7656: 2012.
6. Benda uji berupa silinder dengan ukuran 15 x 30 cm.
7. Pengujian dilakukan di laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, pada usia 28 hari dengan pengujian kuat tarik belah beton.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pengaruh limbah bata tanpa bakar sebagai pengganti agregat halus terhadap kuat tarik belah beton pada umur 28 hari.
2. Untuk mengetahui nilai perbandingan kuat tarik belah beton dan beton dengan campuran bata tanpa bakar sebagai pengganti agregat halus pada persentase 25%, 50%, dan 75%.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang didapat selama penelitian ini ialah sebagai berikut:

1. Penelitian ini diharapkan dapat dimanfaatkan dalam dunia konstruksi dan bahan bangunan tradisional dapat didaur ulang menjadi bahan bangunan ramah lingkungan.
2. Memberikan informasi di bidang bangunan khususnya dalam pembuatan beton normal dengan mensubstitusikan agregat halus dengan limbah batu bata tanpa bakar.

1.6 Sistematika Penulisan

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

BAB 1 PENDAHULUAN

Pada bab ini berisikan tentang latar belakang masalah yang akan dibahas, perumusan masalah, tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian, manfaat penelitian dan sistematika dalam penulisan tugas akhir ini.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini terdapat landasan teori dari penelitian terdahulu yang memaparkan teori – teori yang memiliki hubungan dengan masalah yang diteliti serta beberapa penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti – peneliti terdahulu.

BAB 3 METODE PENELITIAN

Pada bab ini berisikan tentang uraian yang mendiskripsikan mengenai penelitian yang dilaksanakan dengan menjelaskan variable penelitian dan defenisi operasional, penentuan jenis sampel, jenis dan sumber data, metode pengumpulan data, dan metode analisis.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

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

BAB 5 PENUTUP

Pada bab ini berisi tentang kesimpulan serta saran dari hasil penelitian yang telah dilaksanakan.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Beton

Proyek konstruksi yang melibatkan bangunan gedung, jembatan dan infrastruktur transportasi sering kali menggunakan beton sebagai bahan bangunan. Beton ialah bahan komposit yang bahan utamanya adalah semen, agregat halus, agregat kasar dan air. Menurut Tjokrodinuljo (2007), beton adalah campuran antara semen Portland, agregat halus dan agregat kasar, air dan terkadang ditambahkan dengan menggunakan bahan tambah yang bervariasi mulai dari bahan tambah kimia, serta non kimia dengan bahan bangunan non kimia pada perbandingan tertentu.

Parameter yang paling mempengaruhi kekuatan beton adalah mutu semen, proporsi semen dalam campuran, kekuatan dan kebersihan agregat, ketetapan pencampuran komponen pembentuk beton, finishing, pemadatan beton dan pemeliharaan beton (SNI 7656: 2012). Pada umumnya, beton mengandung rongga udara sekitar 1% - 2%, pasta semen (semen dan air) sekitar 25% - 40%, dan agregat (agregat halus dan agregat kasar) sekitar 60% - 75%. Untuk mendapatkan kekuatan yang baik sifat dan karakteristik dari masing-masing bahan penyusun tersebut perlu dipelajari (Mulyono, 2005).

Kelebihan beton dibandingkan material lainnya ialah harga yang relative murah karena menggunakan bahan local yang mudah didapat, kekuatan yang tinggi, udah dibentuk sesuai kebutuhan, tahan terhadap api dan perubahan cuaca, serta perawatannya yang murah. Adapun kelemahan dari beton ialah kuat tarik yang lebih rendah dan bersifar getas (*brittle*) sehingga menjadikan beton sangat terbatas pada pemakaiannya. Menurut Ginting (2019), beton juga memiliki kelemahan yaitu bentung yang dihasilkan sulit untuk dimodifikasi, pekerjaan yang memiliki ketelitian tinggi dan beton yang mempunyai kekuatan tarik yang rendah sehingga mudah patah. Oleh krena itu, perlu serat baja atau tulangan baja sehingga memiliki kuat tarik yang tinggi.

Beton dapat diklasifikasikan berdasarkan berat jenisnya (SNI 03-2847-2002), yaitu:

1. Beton Ringan Berat Jenis $< 1900 \text{ kg/m}^3$
2. Beton Normal Berat Jenis $2200 \text{ kg/m}^3 - 2500 \text{ kg/m}^3$
3. Beton Berat Berat Jenis $> 2500 \text{ kg/m}^3$

2.2 Penelitian Terdahulu

Penelitian 1: (Abdulhussain, 2022). Berjudul: Evaluation of Compressive and Tensile Strength of Self-Curing Concrete by Adding Crushed Bricks as Additive Material.

Dengan Kesimpulan Kuat tarik belah campuran self-cured M10, M20 dan M30 dibandingkan dengan campuran yang diawetkan dengan air M0 masing-masing 100%, 80% dan 120% berturut-turut pada hari ke- 3. Pada hari ke- 7 masing-masing 130%, 136% dan 169%. Pada hari ke- 14 masing-masing 116,7%, 125% dan 133,3%. Pada hari ke- 28 masing-masing 102,9%, 112,6% dan 116% berturut-turut. Kuat tarik belah semua campuran meningkat seiring bertambahnya usia. Kuat tarik belah pada usia 3, 7 dan 14 hari dibandingkan dengan usia 28 hari masing – masing 28,6%, 40,6% dan 68,6%. Hal ini mungkin disebabkan oleh pori-pori batu bata yang di hancurkan dan mengandung air yang diperlukan untuk pengawetan internal beton.

Penelitian 2: (Dang dan Zhao, 2019). Dengan judul: Influence of Waste Clay Bricks as Fine Aggregate On The Mechanical and Microstructural Properties of Concrete.

Dengan kesimpulan Pengaruh agregat halus yang terbuat dari bata tanah liat bekas (WCBF) pada berbagai umur. Pada umur 28 dan 90 hari, kekuatan tarik belah RCB meningkat maksimal masing-masing sebesar 11% dan 8%. Ketika volume air tambahan dari WCBF sebagian air tambahan, kekuatan tarik belah RCB meningkat maksimal sebesar 4%. Sementara volume air tambahan dari WCBF meningkat hingga tambahan air penuh, kekuatan tarik belah RCB meningkat maksimal sebesar 5% dan 3% pada umur 28 dan 90 hari. Hal ini menunjukkan bahwa kekuatan tarik belah RCB sedikit menurun seiring dengan peningkatan volume air tambahan.

Penelitian 3: (Cachim, 2009). Dengan judul: Mechanical Properties of Brick Aggregate Concrete.

Dengan kesimpulan Kekuatan tarik belah beton diukur dalam silinder 30 cm menggunakan NP EN 12390-6: 2003 yang dimana hasilnya pada umur beton 28 hari menunjukkan bahwa bata A selalu memberikan nilai yang lebih kecil daripada bata B untuk substitusi 15% agregat alami dengan bata tidak ada pengurangan kekuatan yang diamati. Untuk seri NB45 peningkatan kekuatan sebesar 10% pada umur 90 hari diamati.

2.3 Material Penyusun Beton

Material penyusun beton terdiri dari semen, agregat kasar, agregat halus dan air. Beton juga dapat dicampur dengan bahan tambahan upaya memenuhi kebutuhan setiap struktur. Agregat halus dan agregat kasar merupakan bahan utama campuran beton (Mulyati, 2011). Dibawah ini akan dijelaskan mengenai bahan material dari penyusun beton

2.3.1 Semen

Semen ialah bahan pengikat hidrolisis berbentuk klinker (bahan ini terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolisis) yang dihaluskan dengan ditambah gips (Anggoro, 2008). Fungsi semen yaitu sebagai bahan pengikat butiran agregat halus dan agregat kasar menjadi suatu massa padat dan mampu mengisi rongga antar butiran agregat halus dan agregat kasar.

Semen Portland merupakan bubuk halus yang digunakan sebagai pererkat antara agregat halus dan agregat kasar. Menurut SNI-15-2049-2004, ada 5 tipe semen Portland yang dapat digunakan sesuai dengan penggunaannya, yaitu sebagai berikut:

1. Jenis I yaitu semen Portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan – persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis – jenis lain.
2. Jenis II yaitu semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sifat atau kalor hidrasi sedang.
3. Jenis III semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.

4. Jenis IV yaitu semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan kalor hidrasi rendah.
5. Jenis V yaitu semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

2.3.2 Agregat Halus

Agregat halus adalah mineral alam yang digunakan sebagai bahan pengisi campuran beton dengan ukuran partikel dari 4,8 mm atau lolos saringan dari ayakan no. 4 dan tertahan pada saringan no. 200 (SNI 03-1970-2008). Pasir sebagai bahan pengisi beton yang diaduk dengan semen dan air hingga membentuk adukan yang padat. Besar butiran pasir yaitu antara 0,15 mm sampai dengan 5 mm. Adapun persyaratan untuk penggunaan pasir harus memenuhi ketentuan berikut:

1. Kadar gumpalan tahan liat dan partikel mudah hancur maksimal 0,5%.
2. Persentase berat maksimum untuk kadar lumpur atau ukuran partikel kurang dari 75 mikron (ayakan no. 200) adalah 3% untuk beton abrasi dan 5% untuk beton jenis lainnya.
3. Tidak memiliki kandungan zat organik yang dapat merusak beton dari berbagai aspek.
4. Agregat halus yang digunakan sebagai bahan pembuatan beton dalam kondisi basah dan lembab secara terus menerus serta terbebas dari bahan yang reaktif terhadap alkali.
5. Memiliki sifat kekal, dengan larutan garam sulfat.

2.3.3 Agregat Kasar

Agregat kasar ialah material utama pembentuk beton yang memiliki ukuran lebih besar dari 5 mm sampai dengan 40 mm, atau ukuran butiran yang tertahan pada ayakan 4,75 mm (SNI 03-2847-2002). Agregat kasar ialah kerikil yang berbentuk secara alami dari hasil peluruhan batuan atau dapat berupa batu pecah hasil proses penghancuran batu industri (SNI 03-1969-2008). Ketentuan penggunaan agregat kasar ialah sebagai berikut:

1. Agregat kasar harus terdiri dari butiran yang kasar dan tidak berpori. Agregat kasar yang butirannya pipih hanya dapat dipakai jika jumlah butir – butir pipihnya tidak melampaui 20% berat agregat seluruhnya.
2. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% dalam berat keringnya.
3. Agregat kasar tidak boleh mengandung zat yang dapat merusak beton, seperti zat yang relative alkali.
4. Agregat kasar untuk beton dapat berupa kerikil alami dari batu pecah.
5. Agregat kasar harus melewati tes kekerasan dengan bejana penguji Rudeloff dengan bahan uji 20 ton.
6. Kadar bagian yang lemah jika diuji dengan goresan betang tembaga maksimum 5%.
7. Angka kehalusan (Fineness Modulus) untuk coarse Aggregate antara 6 – 7,5.

2.3.4 Air

Air merupakan elemen yang sangat penting dalam produksi beton. Pada pembuatan beton ini, air digunakan sebagai pereaksi semen menjadi pasta sehingga dapat menjadi campuran beton agar lebih mudah dikerjakan. Kuat tekan beton dapat dipengaruhi oleh air, air yang berlebihan akan menyebabkan penurunan kekuatan beton dan bisa mengakibatkan terjadinya *bleeding* yang dimana air semen naik ke permukaan beton segar yang baru saja selesai dituang.

Menurut (Tjokrodimulyo, 2007), air yang disyaratkan untuk beton ialah sebagai berikut:

1. Tidak mengandung lumpur lebih dari 2 gram/ liter.
2. Kandungan garam diantaranya zat organic, asam dan lainnya yang sejenis tidak lebih dari 15 gram/ liter.
3. Kandungan kloridanya (CI) tidak lebih dari 0,5 gram/ liter.
4. Kandungan sulfatnya tidak lebih dari 1 gram/ liter.

2.4 Bata Tanpa Bakar

Batu bata merupakan salah satu komponen yang sangat penting pada suatu bangunan. Batu bata biasa digunakan sebagai komponen bahan utama dalam

pembuatan rumah atau gedung, batu bata dipilih karena harganya yang relative murah, mudah diperoleh, memiliki kekuatan yang cukup tinggi dan tahan terhadap cuaca (Prayuda dkk., 2018).

Bata merah adalah jenis material bahan bangunan yang bahan penyusun utamanya dari tanah liat, baik dengan campuran atau murni tanpa bahan tambahan lain dan dibuat dengan proses pembakaran pada suhu tinggi agar terjadi permukaan yang solid atau tidak hancur apabila terendam (Pramono dan Suryadi, 2008). Menurut (Amazian, 2018), bata merah adalah bahan bangunan yang berbentuk prisma segi empat panjang, pejal atau berlubang dengan volume lubang maksimum 15% dan digunakan untuk konstruksi dinding bangunan, yang dibuat dari tanah liat dengan atau tanpa dicampur bahan aktif dan dibakar pada suhu tertentu.

Bata tanpa bakar (*Unfired Bricks*) merupakan batu bata yang terbuat dari tanah lempung atau tanah liat dengan penambahan zat tertentu. Proses pengeringan bata juga tidak dilakukan seperti biasanya (dibakar) melainkan melalui proses pengeringan oleh angin. Adapun media pengikat antar bata bisa menggunakan mortar ataupun sejenisnya dan bata jenis ini masih memungkinkan untuk dilakukan proses pengecatan (Amazian, 2018). Dalam penggunaannya sebagai bahan bangunan, bata tanpa bakar memiliki beberapa kelebihan dan kekurangannya. Berikut kelebihan dan kekurangan dari bata tanpa bakar.

Kelebihan bata tanpa bakar yaitu:

1. Bata tanpa bakar dibuat tanpa proses pembakaran dan tidak menghasilkan emisi gas rumah kaca yang lebih ramah lingkungan.
2. Proses produksi tidak memakan banyak biaya karena pengeringan bata tanpa bakar tidak menggunakan bahan bakar.
3. Bata tanpa bakar memiliki sifat mekanik dan kuat tekan yang baik, serta mempunyai ketahanan terhadap air.
4. Bata tanpa bakar dapat didaur ulang menjadi bahan bangunan baru tanpa merusak lingkungan.

Adapun kekurangan bata tanpa bakar ialah tidak tahan terhadap api. Bata tanpa bakar juga tidak dapat digunakan pada pemakaian bangunan yang terkena suhu tinggi seperti pemakaian pada dinding tungku atau oven serta proses produksi

memakan waktu yang lama karena pengeringan dilakukan dengan alami tanpa proses pembakaran.

Bahan dasar pembentuk bata tergantung kepada jenis bata dan cara pembuatannya. Untuk jenis batu bata yang dibakar dan dijemur bahan yang dipakai adalah lempung, sedangkan kapur dan semen dipakai untuk pembuatan bata jenis kapur pasir dan batako (Frapanti dkk., 2024). Adapun tahapan-tahapan dalam membuat bata dapat dilihat dibawah ini:

1. Menyiapkan bahan campuran yang direncanakan pada wadah yang terpisah.
2. Menyiapkan pan untuk menampung volume bahan rencana.
3. Mencampurkan semua bahan kedalam pan hingga semua bahan tercampur dengan rata.
4. Menimbang adonan hasil pencampuran, kemudian adonan yang sudah ditimbang dipisahkan ke wadah yang bersih.
5. Masukkan adonan kedalam cetakan bata dengan ukuran panjang 20 cm, lebar 10 cm dan tinggi 6 cm.
6. Press adonan yang telah dimasukkan kedalam cetakan menggunakan mesin press hidrolik hingga tekanan 5 MPa.
7. Keluarkan bata hasil press dari cetakan, kemudian keringkan dengan cara menyusun hasil bata yang sudah di press di suatu tempat dan dibiarkan kering pada suhu ruangan selama 28 hari.

Perbandingan antara batu bata tradisional dan batu bata tanpa bakar dapat dilihat dari sifat fisik (ukuran dan tampilan). Perbandingan uji ukuran antara batu bata tradisional dan bata tanpa bakar menunjukkan bahwa bata tanpa bakar menunjukkan kesesuaian yang lebih unggul dengan 100% batu bata tanpa bakar memenuhi kriteria yang ditentukan, dibandingkan dengan 66,60% untuk batu bata tradisional (Frapanti dkk., 2024).

2.5 Slump Test

Slump test ialah pengujian yang paling sederhana dan sering digunakan. Karena tingkat kemudahan campuran beton segar sering disamakan dengan slumpnya. Uji slump berguna untuk mengecek adanya perubahan dari kadar air, bila material dan gradasi agregat adalah seragam. Pemeriksaan slump dimaksud

untuk mengetahui konsistensi beton dari mudah dikerjakan (*workability*) sesuai dengan syarat yang telah ditetapkan (Abdien, 2020).

2.6 Kuat Tarik Belah Beton

Suatu pendekatan yang umum untuk mengukur nilai kuat tarik beton ialah dengan pengujian kuat tarik belah beton yang umumnya memberikan hasil yang mencerminkan besarnya kuat tarik yang sebenarnya dan digunakan untuk menentukan nilai kuat tarik beton. Kuat tarik belah beton merupakan salah satu parameter penting kekuatan beton. Nilai kuat tarik belah diperoleh melalui pengujian tekan di laboratorium dengan membebani setiap benda uji silinder secara lateral sampai pada kekuatan maksimumnya.

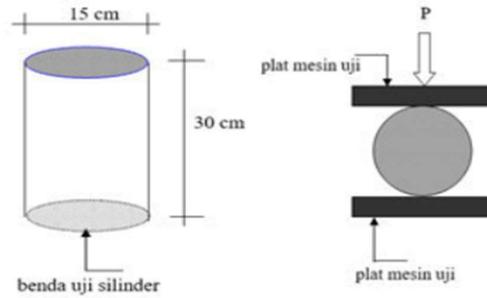
Dapat diketahui bahwa beton memiliki kelemahan secara structural yaitu memiliki kuat tarik yang rendah dimana besar kuat tarik belah memiliki perbandingan sekitar 9% - 15% dari kuat tekannya. Nilai kuat tekan dan nilai kuat tarik bahan beton tidak berbanding lurus, setiap usaha perbaikan mutu kekuatan tekan hanya disertai peningkatan kecil nilai kuat tariknya (Dipohusodo, 1996).

Menurut (SNI 2491:2014), kuat tarik belah uji beton berbentuk silinder dilakukan dengan tujuan untuk menentukan nilai kuat tarik belah dari benda uji yang ditentukan dari hasil pembebanan dengan benda uji diletakkan mendatar ataupun sejajar dengan permukaan meja penekan mesin uji tekan.

Pengujian kuat tarik belah menggunakan benda uji yang berbentuk silinder yang berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm diletakkan secara mendatar di atas meja penguji tekan. Kemudian benda uji diberi beban dari atas merata sepanjang benda uji. Apabila benda uji sudah tidak dapat menahan bebannya, maka benda uji akan

terbelah menjadi dua. Menurut (SNI 2491:2014), rumus untuk menghitung kuat tarik belah menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$T = \frac{2.P}{\pi.L.D} \quad (2.1)$$



Gambar 2.1: Pengujian kuat tarik belah beton.

Dimana:

T = Kekuatan tarik belah (MPa)

P = Beban maksimum (N)

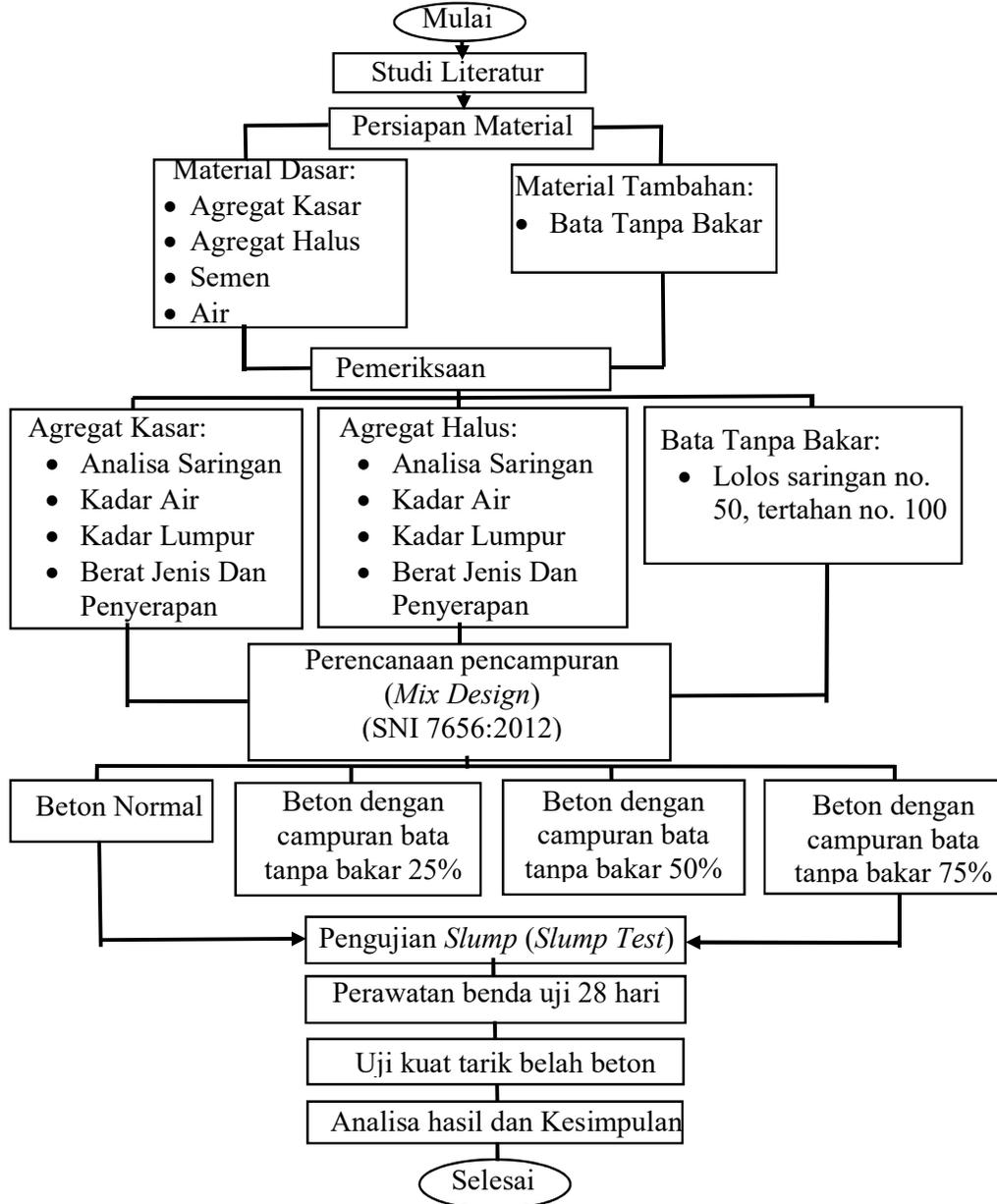
L = Panjang (mm)

D = Diameter silinder beton (mm)

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

Dengan menggunakan bata tanpa bakar sebagai pengganti sebagian agregat halus, penelitian ini menggunakan metode eksperimen untuk menguji kuat tarik belah beton dengan mengadakan kegiatan percobaan yang dilaksanakan di laboratorium guna mendapatkan data. Pada penelitian ini bata tanpa bakar digunakan sebagai pengganti sebagian agregat halus dengan variasi 25%, 50% dan 75% yang kemudian dicetak dalam tabung silinder dengan dimensi 15 dan tinggi 30 cm.

3.2.1 Data Primer

Didapat dari hasil laboratorium berupa

1. Analisa saringan agregat (SNI ASTM C136: 2012).
2. Berat jenis dan penyerapan agregat halus (SNI 1970: 2016).
3. Berat jenis dan penyerapan agregat kasar (SNI 1969: 2016).
4. Pemeriksaan berat isi agregat (SNI 1973: 2008).
5. Pemeriksaan kadar air agregat (SNI 1971: 2011).
6. Pemeriksaan kadar lumpur (SNI 4142: 1996).
7. Perencanaan campuran beton (*mix design*) (SNI 7656: 2012).
8. Uji kekentalan adukan beton segar (*slump*) (SNI 1972: 2008).
9. Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton (SNI 2493: 2011).
10. Uji kuat tarik belah beton (SNI 2491: 2014).

3.2.2 Data Sekunder

Data sekunder ialah data yang diperoleh dari berbagai buku seperti buku SNI dan ASTM C (*American Society For Testing And Materials*) ataupun artikel yang terkait dengan metode pengujian beton serta konsultasi langsung dengan dosen pembimbing secara langsung guna memperkuat suatu penelitian yang dilakukan.

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, Kec. Medan Timur, Kota Medan.

3.4 Bahan Dan Peralatan

3.4.1 Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini ialah sebagai berikut:

1. Semen
Semen yang dipakai pada penelitian ini ialah semen Padang tipe I PPC (*Potrland Composite Cemen*).
2. Agregat Halus
Agregat halus yang dipakai pada penelitian ini ialah pasir yang berasal dari Sei Wampu.
3. Agregat Kasar
Agregat kasar yang digunakan pada penelitian ini ialah kerikil yang berasal dari Sei Wampu.
4. Air
Air yang digunakan pada penelitian ini ialah air dari PDAM Tirtanadi.
5. Batu Bata Tanpa Bakar
Batu bata tanpa bakar yang digunakan pada penelitian ini ialah batu bata yang berasal dari limbah penelitian yang tidak digunakan dengan persentase 25% 50% dan 75% terhadap berat agregat halus yang dipakai lalu dihaluskan dan disaring lolos saringan no. 100.

3.4.2 Peralatan

1. Peralatan Material
 - a. Satu set saringan agregat halus dan agregat kasar
 - b. Timbangan digital
 - c. Plastik ukuran 5 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 Φ 15 dan tinggi 30 cm
 - i. Vaseline
 - j. Kuas
 - k. Mesin pengaduk beton
3. Alat Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

3.5 Persiapan Penelitian

Jika semua bahan sudah ditemukan dan tiba dilokasi, bahan – bahan yang sudah disiapkan harus dipisahkan berdasarkan jenisnya guna memudahkan tahapan pada penelitian dan mencegah bahan tersebut tercampur dengan bahan yang lainnya yang dapat mempengaruhi kualitas beton. Material dibersihkan dari lumpur dan melakuka penjemuran pada material yang basah.

3.6 Pemeriksaan Material

3.6.1 Analisa Saringan

Salah satu metode pengujian yang digunakan untuk memastikan ukuran butiran pada agregat halus dan agregat kasar ialah analisa saringan. Menurut SNI ASTM C136: 2012, analisa saringan agregat adalah penentuan persentase berat butiran agregat yang lolos dari satu saringan set saringan kemudian angka-angka persentase digambarkan pada grafik pembagian butir.

Untuk langkah-langkah analisa saringan dalam penelitian ini ialah sebagai berikut:

1. Benda uji dikeringkan dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$

2. Saring benda uji lewat susunan saringan dengan ukuran saringan paling besar ditempatkan paling atas dan pan dipaling bawah. Pengayakan saringan dilakukan selama 15 menit secara manual ataupun menggunakan mesin pengguncang.
3. Satu set saringan yang digunakan untuk pengayakan agregat kasar adalah: 37,5 mm (1/2"); 19,1 mm (3/4"); 9,5 mm (3/8"); 4,75 mm (No. 4) dan 2,36 mm (No. 8).
4. Satu set saringan yang digunakan untuk pengayakan agregat halus adalah: saringan no. 16, no. 30, no. 50 dan saringan no. 100. Menurut SNI ASTM C136: 2012, ini sebagai pedoman untuk menentukan mutu agregat halus dan agregat kasar dengan menggunakan ayakan.

Untuk menghitung terhadap pengujian analisa saringan, maka persamaan yang dapat digunakan ialah sebagai berikut:

$$\text{Persen berat tertahan (\%)} = \frac{\text{Berat Tertahan}}{\text{Berat Total}} \times 100\% \quad (3.1)$$

$$\text{FM (Modulus Kehalusan)} = \frac{\text{Jumlah \% Kumulatif Tertahan}}{100} \quad (3.2)$$

3.6.2 Berat Jenis Dan Penyerapan

Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat dilakukan untuk menentukan karakteristik fisik agregat dan sangat penting dalam perencanaan campuran beton. Menurut SNI-1969: 2016, pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan nilai berat jenis curah, berat jenis kering permukaan jenuh dan berat jenis semu pada agregat yang digunakan serta besarnya angka penyerapan.

Persamaan yang digunakan untuk pengujian berat jenis dan penyerapan terhadap agregat kasar mengacu pada SNI-1969: 2016 sebagai berikut:

$$\text{Berat jenis curah} = \frac{a}{b-c} \quad (3.3)$$

$$\text{Berat jenis kering permukaan} = \frac{b}{b-c} \quad (3.4)$$

$$\text{Berat jenis semu} = \frac{a}{a-c} \quad (3.5)$$

$$\text{Penyerapan air (\%)} = \frac{b-a}{a} \times 100\% \quad (3.6)$$

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)

Adapun untuk persamaan yang digunakan pada pengujian berat jenis dan penyerapan air terhadap agregat halus mengacu pada SNI-2970: 2016 sebagai berikut:

$$\text{Berat jenis curah (Sd)} = \frac{A}{(B+S-C)} \quad (3.7)$$

$$\text{Berat jenis jenuh kering permukaan (Ss)} = \frac{S}{(B+S-C)} \quad (3.8)$$

$$\text{Berat jenis semu (Sa)} = \frac{A}{(B+A-S)} \quad (3.9)$$

$$\text{Penyerapan air (Sw)} = \left(\frac{S-A}{A} \right) \times 100\% \quad (3.10)$$

Adapun langkah-langkah yang dilakukan dalam pengujian berat jenis dan penyerapan adalah sebagai berikut:

A. Agregat Halus

1. Menjemur material untuk mendapatkan kondisi *Saturated surface Dry* (SSD) atau kering permukaan, lalu ditimbang berat yang direncanakan.
2. Menimbang dan mencatat berat piknometer.
3. Masukkan air kedalam piknometer lalu timbang.
4. Masukkan benda uji kedalam piknometer berisi air dan panaskan selama 15 menit dan menggoyangkannya setiap 5 menit agar gelembung udara keluar.

B. Agregat Kasar

1. Mempersiapkan alat dan mencucinya guna menghilangkan lumpur atau bahan lain yang melekat pada material.
2. Material dimasukkan kedalam plastic dan direndam dalam air selama 24 jam.
3. Setelah 24 jam buang air dan keringkan menggunakan serbet.
4. Menimbang material dan mencatat beratnya.
5. Masukkan material kedalam oven dengan suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ selama 24 jam.
6. Mengeluarkan sampel material dari oven lalu diamkan hingga dingin dalam suhu ruangan.
7. Menimbang kembali sampel dan mencatatnya.

3.6.3 Kadar Air

Kadar air agregat ialah perbandingan antara berat air yang terkandung dalam agregat dengan berat agregat dalam keadaan kering. Pengujian kadar air bertujuan untuk menentukan persentase kadar air yang terkandung dalam agregat (SNI-1971: 2011). Kadar air agregat dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Kadar air agregat (\%)} = \left(\frac{W_3 - W_5}{W_5} \right) \times 100 \quad (3.11)$$

Dimana:

W3 = Berat benda uji semula (gr)

W5 = Berat benda uji kering (gr)

Adapun langkah-langkah dalam pengujian kadar air ini ialah sebagai berikut:

1. Menyiapkan alat dan bahan yang akan diuji.
2. Menimbang berat cawan dan mencatatnya (W1).
3. Masukkan benda uji kedalam wadah kemudian menimbang dan mencatat beratnya (W2).
4. Menghitung berat benda uji ($W3 = W2 - W1$).
5. Memasukkan benda uji kedalam oven pada suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ sampai beratnya tetap.
6. Mengeluarkan benda uji dari oven lalu timbang dan catat berat uji dengan wadahnya (W4).
7. Menghitung berat benda uji kering ($W5 = W4 - W1$).

3.6.4 Berat Isi Agregat

Tujuan dari pengujian berat isi agregat ialah untuk menentukan berat isi agregat dalam kondisi padat dan gembur serta rongga udara yang terdapat di dalam agregat. Pengujian berat isi agregat dapat dihitung menggunakan SNI 1973: 2008, sebagai berikut:

$$\text{Berat isi agregat (kg/m}^3\text{)} = \frac{c - M_m}{V_m} \quad (3.12)$$

Dimana:

Mc = Berat wadah ukur yang diisi agregat (kg)

Mm = Berat wadah ukur (kg)

Vm = Volume wadah ukur (m^3)

Adapun langkah-langkah dalam pengujian berat isi agregat adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan alat dan bahan yang akan diuji.
2. Menimbang berat wadah dan mengukur tingginya.
3. Mencari volume wadah.
4. Masukkan material dalam kondisi kering oven kedalam wadah baja sebanyak 1/3 lalu ditusuk menggunakan tongkat pemadat sebanyak 25 kali.
5. Lakukan hal yang sama pada ketinggian 2/3 wadah dan penuh.
6. Ratakan permukaan benda uji yang sudah terisi penuh.
7. Pastikan wadah baja terisi penuh setelah penusukan dan ratakan menggunakan mistar.
8. Timbang benda uji dan wadah lalu mencatatnya.

3.6.5 Pengujian Kadar Lumpur

Pengujian kadar lumpur bertujuan untuk menentukan persentase lumpur atau bahan halus yang tidak diinginkan dalam agregat halus yang akan digunakan pada campuran beton.

Adapun langkah-langkah dalam pengujian kadar lumpur ini merujuk pada SNI 03-4142-1996, sebagai berikut:

1. Pasir sebagai benda uji harus dalam keadaan kondisi kering.
2. Timbang bejana yang akan digunakan sebagai wadah pasir.
3. Timbang pasir sebanyak 100 gr lalu masukkan kedalam gelas ukur 250 cc.
4. Memasukkan air kedalam gelas ukur yang telah diisi pasir hingga ketinggian air mencapai 12 cm dari permukaan pasir.
5. Aduk gelas ukur ± 15 kali, lalu diamlan selama 1 menit, kemudian buang air keruh perlahan-lahan agar pasir tidak ikut terbuang.
6. Percobaan diulang sampai 5 kali hingga air pencucian menjadi jernih.
7. Pisahkan pasir dengan air, kemudian pasir ditempatkan pada bejana yang sudah ditimbang.
8. Masukkan pasir kedalam oven dengan suhu 105 °C-110 °C selama ± 36 jam.
9. Keluarkan pasir dari oven, dinginkan pada suhu ruangan lalu timbang.
10. Perhitungan kadar lumpur berdasarkan persamaan di bawah ini:

$$\text{Kadar lumpur (\%)} = \left(\frac{B_0 - B_1}{B_0} \right) \times 100 \quad (3.13)$$

Dimana:

B0 = Berat agregat sebelum pengujian (gr)

B1 = Berat agregat setelah pengujian (gr)

11. Persentase kadar lumpur tidak boleh lebih dari 5%, jika didapat kadar lumpur dalam pasir lebih dari 5% maka harus dicuci dahulu.

3.7 Perencanaan Pembuatan Campuran (*Mix Design*)

Pada proses pembangunan bangunan struktur, perencanaan campuran beton (*mix design*) sangatlah penting untuk memastikan susunan komponen yang digunakan untuk membuat beton. Metode yang digunakan pada perencanaan pembuatan campuran beton mengacu pada SNI-7656: 2012 yang bertujuan untuk menghasilkan beton yang mudah diolah dan memenuhi standar beton Indonesia. Berikut ini rencana campuran beton menurut SNI-7656:2012 sebagai berikut.

3.7.1 Pemilihan Slump

Ketika merencanakan campuran beton (*mix design*), memilih nilai slump sangatlah penting terhadap kualitas beton yang dapat memenuhi spesifikasi yang disyaratkan dengan standar yang berlaku dan mempertimbangkan jenis struktur dan kondisi lingkungannya. Slump dapat ditambah bila digunakan bahan kimia, asalkan beton yang diberi bahan tambahan tersebut memiliki rasio air-semen atau rasio air-bahan bersifat semen yang sama atau lebih kecil dan tidak menunjukkan segregasi yang berarti dan building berlebihan. Slump dapat ditambah 25 mm untuk metode pemadatan selain dengan cara penggetaran. Menurut SNI-7656: 2012, nilai slump yang dianjurkan untuk semua jenis konstruksi dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1: Nilai slump yang dianjurkan untuk konstruksi (SNI 7656:2012).

Tipe Konstruksi	Slump (mm)	
	Maksimum	Minimum
Pondasi beton bertulang (dinding dan pondasi telapak)	75	25

Tabel 3.1: *Lanjutan.*

Pondasi telapak tanpa tulangan, pondasi tiang pancang, dan dinding bawah tanah	75	25
Balok dan dinding bertulang	100	25
Kolom bangunan	100	25
Perkerasan dan pelat lantai	75	25
Beton massa	50	25

3.7.2 Pemilihan Ukuran Besar Butir Agregat Maksimum

Ukuran nominal agregat kasar maksimum dengan gradasi yang baik memiliki rongga udara yang lebih sedikit dibandingkan dengan agregat berukuran kecil. Secara umum ukuran nominal agregat maksimum yang harus terbesar yang dapat diperoleh secara ekonomi dan tetap menurut dimensi komponen struktur/konstruksinya. Ukuran nominal agregat maksimum tidak boleh melebihi:

1. $1/5$ dari ukuran terkecil dimensi antara dinding-dinding cetakan atau bekisting
2. $1/5$ tebalnya pelat lantai
3. $3/4$ jarak minimum antar masing-masing batang tulangan, berkas-berkas tulangan, atau tendon tulangan pra-tegang (*pretensioning standards*).

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

3.7.3 Perkiraan Air Pencampuran dan Kandungan Udara

Banyaknya air untuk setiap satuan isi beton yang dibutuhkan agar menghasilkan slump tertentu tergantung pada ketentuan sebagai berikut:

1. Ukuran nominal maksimum, bentuk partikel dan gradasi agregat
2. Temperatur beton
3. Perkiraan kadar udara
4. Penggunaan tambahan kimia

Slump tidak terlalu dipengaruhi oleh jumlah atau bahan bersifat semen lainnya dalam tingkat pemakaian yang normal, penggunaan sedikit bahan tambahan mineral yang halus dapat mengurangi kebutuhan air.

Perbedaan dalam kebutuhan air tidak selali 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.

3.7.4 Pemilihan Rasio Air-Semen atau Rasio Air-Bahan Bersifat Semen

Rasio w/c atau $w/(c+p)$ yang diperlukan tidak hanya ditentukan oleh syarat kekuatan, tetapi juga boleh beberapa faktor diantaranya keawetan. Oleh karena itu 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 antara kekuatan dengan w/c atau $w/(c+p)$ dari bahan-bahan yang akan dipakai. Pemilihan berat rasio air-semen dilihat pada Tabel 3.2.

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	0,45	0,45
25	0,61	0,52
20	0,69	0,60
15	0,79	0,70

3.7.5 Perhitungan Kadar Semen

Banyaknya semen untuk setiap satuan volume beton diperoleh dari penentuan dalam contoh-contoh pada langkah 3 dan langkah 4 diatas. Kebutuhan semen adalah sama dengan perkiraan kadar air pencampuran (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 harus didasarkan pada kriteria apapun yang mengarah pada pemakaian semen yang lebih banyak.

3.7.6 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 setiap satuan volume beton. Volume agregat kasar per satuan volume beton dapat dilihat pada tabel di bawah ini, atau dengan dilakukan dengan perhitungan secara analisis maupun geografis. Perkiraan kadar agregat kasar dilihat pada Tabel 3.3.

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

3.7.7 Perkiraan Kadar Agregat Halus

Bila berat persatuan 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. Perkiraan awal pada beton segar dapat dilihat pada Tabel 3.4.

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

Ukuran nominal maksimum agregat (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

Bila diinginkan perhitungan berat neton per m³, secara teoritis rumus berikut ini dapatdigunakan:

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

Dimana:

U = Berat beton segar (kg/m³)

G_a = Berat jenis rata-rata gabungan agregat, kering permukaan jenuh (SSD)

G_c = Berat jenis semen (umumnya 3,15)

A = Kadar udara (%)

W = Syarat banyaknya air pencampuran (kg/m³)

c = Syarat banyaknya semen (kg/m³)

Untuk mendapatkan volume agregat halus yang disyaratkan, stauan 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.

3.7.8 Penyesuaian Terhadap Kelembapan Agregat

Jumlah agregat yang harus ditimbang untuk beton Hrua memperhitungkan banyaknya kandungan ier yang terserap dalam agregat. Umumnya, agregat 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 kedalam campuran haruslah dikurangi sebanyak air bebas yang didapat dari agregat, yaitu jumlah air dikurangi air terserap.

3.7.9 Pengaturan Campuran Beton

Proporsi hasil perhitungan harus diperiksa melalui pembuatan campuran percobaan yang dipersiapkan dan diuji menurut SNI 03-2493-1991 atau sebanyak campuran dilapangan. Pemakaian harus cukup untuk menghasilkan slump yang disyaratkan sewaktu memilih proporsi percobaan.

Beton yang harus diperiksa berat isi dan jumlah yang dihasilkan/*yield* (SNI-03-1973-1990) dan kadar udara (SNI 03-3418-1994). Juga harus diperiksa sifat pengerjaannya, bebas dari segregasi dan sifat penyelesaiannya (*finishing*).

3.7.10 Pembuatan Benda Uji

Pembuatan benda uji sering juga disebut dengan proses *mix design*. Setelah semua pengujian telah dilakukan, data yang didapat akan digunakan dalam perencanaan pencampuran beton yang dapat menghasilkan persentase pada setiap komponen pembentuk beton. Persentase komponen yang akan digunakan akan berbeda dengan mutu beton rencana yang akan digunakan. Benda uji yang akan dibuat berjumlah 12 buah dengan menggunakan cetakan silinder yang berdiameter 15 dan tinggi 30 cm. Proses pembuatan benda uji ditunjukkan dengan gambar pada lampiran. Persentase campuran beton dilihat pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5: Persentase campuran beton.

Kode Benda Uji	Semen (%)	Air (%)	Agregat Kasar (%)	Agregat Halus (%)	Bata Tanpa Bakar (%)	Jumlah Sample
BN	100	100	100	100	-	3
BBTB 25%	100	100	100	75	25	3
BBTB 50%	100	100	100	50	50	3
BBTB 75%	100	100	100	25	75	3
Jumlah						12

Pada penelitian sebelumnya hanya menggunakan rasio pengganti limbah bata hingga 30% saja (Abdulhussain, 2022). Dengan menguji persentase yang berbeda dari penelitian sebelumnya, penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan kuat tarik belah beton. Pemilihan persentase 25%, 50% dan 75% sebagai substitusi agregat halus dengan limbah bata tanpa bakar dilakukan untuk melihat bagaimana pengaruh limbah bata pada kuat tarik belah beton secara bertahap.

Keterangan:

BN = Beton Normal

BBTB = Beton Bata Tanpa Bakar

Adapun langkah-langkah dalam pembuatan benda uji ialah sebagai berikut:

1. Mutu beton yang ditetapkan pada penelitian ini ialah mutu beton $f'c$ 25 MPa.
2. Menentukan persentase komposisi bahan beton dengan persyaratan pada SNI 2834-2000/ACI 211.1-91.
3. Tetapkan factor rencana air semen berdasarkan kuat tekan rencana beton.
4. Menyiapkan bahan-bahan sesuai dengan komposisi yang telah direncanakan.
5. Menyiapkan mesin *mixer* (molen) yang akan digunakan pada pencampuran setiap bahan-bahan komposisi beton.
6. Masukkan bahan-bahan komposisi campuran beton yang telah disiapkan, dimulai dari memasukkan agregat kasar terlebih dahulu, agregat halus dan semen.

7. Tetapkan jumlah air, lalu memasukkannya kedalam mesin *mixer* (molen) menggunakan gelas ukur sesuai dengan komposisi campuran yang sudah direncanakan sebelumnya.
8. Nyalakan mesin *mixer* (molen) dan tunggu hingga semua bahan yang telah dimasukkan tercampur dengan merata.
9. Setelah campuran beton merata dengan sempurna, keluarkan beton segar kedalam pan dan lakukan uji slump guna mendapatkan nilai slump test.
10. Menuang kembali beton segar kedalam pan, lalu memasukkannya kedalam cetakan silinder sampai terisi 1/3 cetakan, kemudian dirojok agar campuran beton menjadi padat. Lakukan tahap ini sampai cetakan terisi dengan penuh dan merojok setiap tahapan yang dilakukan.
11. Diamkan selama 24 jam hingga beton mengeras. Setelah 24 jam beton mengeras, kemudian buka cetakan silinder dan lakukan perawatan beton.

3.7.11 Pengujian Slump

Nilai slump dapat ditentukan pada setiap campuran beton standar maupun beton dengan tambahan (*admixture*). Uji kemerosotan dilakukan pada beton segar yang dituangkan kedalam kerucut abram (*Abramcrome*). Berikut langkah-langkah yang dapat dilakukan pada saat pengujian slump sebagai berikut:

1. Bersihkan kerucut abram (*Abramcrome*) terlebih dahulu untuk memastikan tanah atau agregat yang menempel bersih dan pastikan kerucut abram dalam keadaan kering agar tidak menambah kadar air pada beton segar.
2. Tuangkan beton segar kedalam kerucut abram secara bertahap, dimulai dari 1/3, 2/3, hingga penuh lalu dipadatkan sebanyak 25 kali menggunakan batang baja tahan karat. Pematatan beton dalam kerucut abram bertujuan untuk menghilangkan gelembung udara didalamnya.
3. Setelah kerucut abram sudah terisi penuh dan padat, angkat kerucut abram hingga beton segar menyebar dan jatuh kedalam wadah.
4. Posisikan kerucut abram dalam keadaan terbalik disamping beton segar yang telah diuji.
5. Ukur dan catat jarak antara bagian datar kerucut abram dan titik jatuhnya beton segar.

3.7.12 Perawatan Benda Uji

Setelah beton yang sudah kering dikeluarkan dari cetakan silinder, kemudian beton dilakukan perawatan benda uji (*curing*) yang bertujuan untuk memastikan beton dapat mencapai kekuatan dan kualitas yang optimal. Perawatan benda uji dilakukan sesuai dengan jadwal umur beton yaitu selama 28 hari. Adapun langkah-langkah dalam perawatan benda uji ialah sebagai berikut:

1. Isi bak perendaman yang telah disiapkan dengan air bersih.
2. Masukkan benda uji kedalam bak yang sudah terisi air.
3. Rendam benda uji selama 28 hari, lalu angkat.
4. Keringkan benda uji, lalu menimbangnya.

3.7.13 Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Pengujian yang digunakan pada penelitian ini ialah pengujian kuat tarik belah beton dengan menggunakan mesin yang sama dengan kuat tarik ialah *Compression Testing Mechine* (CTM), dimana yang membedakan dalam pengujian ini ialah posisi benda uji yang ditelakkkan pada alat. Benda uji dalam pengujian ini diletakkan secara horizontal pada alat uji dan diberikan tekanan secara merata dalam arah horizontal terhadap panjang benda uji silinder. Jumlah sampel yang direncanakan pada penelitian ini ialah sebanyak 12 buah yang ditunjukkan pada Tabel 3.6.

Tabel 3.6: Jumlah benda uji.

No	Variasi campuran beton	Usia beton (28 Hari)
1	Beton normal	3
2	Beton dengan bata tanpa bakar sebagai pengganti 25% dari pasir	3
3	Beton dengan bata tanpa bakar sebagai pengganti 50% dari pasir	3
4	Beton dengan bata tanpa bakar sebagai pengganti 75% dari pasir	3
Total		12

Adapun langkah-langkah dalam pengujian kuat tarik belah beton ialah, sebagai berikut:

1. Menyiapkan dua buah bantalan bantu pembebanan yang terbuat dari kayu lapis tanpa cacat dengan tebal 3 mm dan lebar 25 mm yang lebih panjang dibandingkan dengan benda uji silinder.
2. Posisi bantalan bantu pembebanan berada diantara permukaan tekan mesin uji dan benda uji, jika menggunakan pelat atau batang penekan tambahan harus diposisikan antara permukaan tekan mesin uji dengan benda uji.
3. Mengatur jarum *Compression Testing Mechine* pada posisi nol sebelum mesin dinyalakan.
4. Nyalakan mesin, kemudian membaca jarum petunjuk beban sampai benda uji terbelah.
5. Mencatat nilai kuat tarik belah maksimum.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Umum

Data yang sudah didapat dari hasil penelitian yang telah diselesaikan perlu dilakukan pembahasan serta analisa untuk mendapatkan hasil dan tujuan yang telah direncanakan. Pada bab ini, saya akan menjabarkan hasil penelitian yang dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang diawali dengan pemeriksaan bahan penyusun beton, perencanaan campran beton, pencampuran bahan penyusun beton dan pengujian beton yang telah dibuat.

4.2 Pemeriksaan Agregat Halus

Pada penelitian ini digunakan agregat halus berupa pasir alam yang diperoleh dari Deli Serdang. Pada pemeriksaan agregat halus dimulai dengan pemeriksaan bahan yang meliputi pengujian berat jenis dan penyerapan air, pengujian kadar air, analisa saringan dan pengujian kadar lumpur.

4.2.1 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Pengujian berat jenis dan penyerapan air pada penelitian ini menggunakan SNI 7656-2012 dimana hasil dari pengujian ini akan di tunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1: Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus.

Agregat 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

Tabel 4.1: Lanjutan.

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

Berdasarkan hasil pengujian berat jenis diperoleh berat jenis SSD (*Saturated Surface Dry*) rata-rata sebesar 2,53 dan diklasifikasikan sebagai agregat normal karena nilainya masih dalam batas yang diizinkan yaitu antara 2,2-2,8. Penyerapan air (*Absorption*) dari hasil pengujian didapat sebesar 1,52%.

4.2.2 Pemeriksaan Gradasi Agregat Halus

Pemeriksaan dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dengan menggunakan panduan buku Analisa Saringan dan SNI. Hasil dari penelitian dari pemeriksaan gradasi agregat halus dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2: Pemeriksaan gradasi agregat halus.

SIEVE SIZE					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

Tabel 4.2: *Lanjutan.*

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		

$$\text{Modulus Halus Butiran (MHB)} = \frac{\% \text{ Kumulatif}}{100} = \frac{345,125}{100} = 3,54$$

Menurut Tjokrodimuljo (2007) pada umumnya modulus halus butir agregat halus mempunyai nilai antara 1,5 sampai 3,8. Pada pengujian ini diperoleh nilai sebesar 3,54 yang berarti memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan. Hasil pengujian analisa saringan selain menentukan nilai modulus halus butir juga digunakan untuk mengetahui gradasi agregat halus.

4.2.3 Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus

Pemeriksaan kadar lumpur agregat halus mengacu pada SNI 7656-2012 serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara mengenai kadar lumpur agregat kasar dan hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3: Pemeriksaan 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

Tabel 4.3: *Lanjutan.*

Berat kotoran agregat lolos saringan (No.200) setelah dicuci : C (gr)	5	3	4
Persentase kotoran agregat lolos saringan (No.200) setelah dicuci (%)	1	0,6	0,8

Berdasarkan hasil pengujian diperoleh nilai kadar lumpur pada sampel I sebesar 1% dan pada sampel II sebesar 0,6%. Maka rata-rata nilai kadar lumpur pada kedua sampel adalah sebesar 0,8%.

4.2.4 Pemeriksaan 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 terlihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4: 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

Berdasarkan Tabel 4.4 diperoleh hasil pemeriksaan di Laboratorium Beton diketahui nilai berat isi rata-rata agregat halus ialah sebesar 1,52 gram/cm³ atau 1520 kg/m³. Percobaan ini dilakukan sebanyak tiga kali saat pengujian, pada percobaan pertama pengujian berat isi dengan cara lepas didapat nilai sebesar 1.41 gr/cm³, pada percobaan kedua pengujian berat isi secara tusuk didapat nilai sebesar 1,64 gram/cm³ dan pada percobaan ketiga pengujian berat isi dengan cara goyang didapatkan nilai sebesar 1,52 gr/cm³.

4.2.5 Pengujian Kadar Air Agregat Halus

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kadar air yang terdapat pada pasir yang akan digunakan. Pengujian kadar air bertujuan untuk menentukan persentase kadar air yang terkandung dalam agregat. Hasil pengujian dari kadar air agregat halus dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5: Pengujian kadar air agregat halus.

Fine agregat	Sampel 1	Sampel 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	1120	1125
<i>Wt of mold</i> (Berat wadah) gr	155	155
<i>Wt of water</i> (Berat air) gr	35	30
<i>Wt of oven dray sample</i> (Berat contoh kering) gr	965	970
<i>Water content</i>	3,63	3,09
<i>Ave</i>	3,36	

Dari hasil pengujian didapat nilai rata-rata kadar air agregat halus sebesar 3,36% dimana percobaan ini dilakukan sebanyak dua kali dengan percobaan pertama diperoleh hasil kadar air sebesar 3,63% dan percobaan kedua sebesar 3,09%.

4.3 Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar

Pada penelitian ini digunakan agregat kasar berupa kerikil yang diperoleh dari Deli Serdang. Pada pemeriksaan agregat kasar dimulai dengan pemeriksaan bahan yang meliputi pengujian berat jenis dan penyerapan air, pengujian kadar air, analisa saringan dan pengujian kadar lumpur.

4.3.1 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Pengujian berat jenis dan penyerapan air pada penelitian ini menggunakan SNI 7656-2012 dimana hasil dari pengujian ini akan di tunjukkan pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6: Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar.

Agregat halus lolos ayakan no. 3/8	Sampel 1 (Gr)	Sampel 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 X 100%	1,883	1,777	1,830

Berdasarkan hasil pengujian berat jenis diperoleh berat jenis SSD (*Saturated Surface Dry*) rata-rata sebesar 2,65 dan diklasifikasikan sebagai agregat normal karena nilainya masih dalam batas yang diizinkan yaitu antara 2,2-2,9. Penyerapan air (*Absorption*) dari hasil pengujian didapat sebesar 1,83%.

4.3.2 Analisa Gradasi Agregat Kasar

Pada pengujian ini menggunakan pedoman SNI ASTM C136:2012 serta menggunakan buku panduan praktikum beton teknik sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara tentang analisa saringan. Pengujian ini bertujuan untuk menentukan persentase berat butiran agregat yang lolos dari satu saringan set saringan. Hasil dari pengujian analisa gradasi agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7: 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		

$$\text{Modulus Halus Butiran (MHB)} = \frac{\% \text{ kumulatif}}{100} = \frac{698,417}{100} = 6,98\%$$

Pada pengujian ini diperoleh nilai analisa saringan kasar sebesar 6,89% yang dimana hasil ini memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan. Nilai ini masih dalam batas yang diijinkan untuk termasuk sebagai agregat kasar, dimana nilai yang diijinkan ialah 6-7% (ASTMC-93). Hasil pengujian selain menentukan nilai modulus halus butir juga digunakan untuk mengetahui gradasi agregat kasar.

4.3.3 Pengujian Kadar Lumpur Agregat Kasar

Pengujian kadar lumpur agregat kasar mengacu pada SNI 4142:1996, dimana hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8: Pengujian kadar lumpur agregat kasar.

Agregat kasar lolos saringan no .3/8 mm	Sampel I (Gr)	Sampel II (Gr)	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

Berdasarkan Tabel 4.8, hasil pengujian kadar agregat kasar diperoleh sebesar 0,6%, dimana pada pengujian ini dilakukan dua kali percobaan. Pada percobaan pertama didapat hasil pengujian sebesar 0,4% dan pada percobaan kedua didapat hasil pengujian sebesar 0,8%.

4.3.4 Pemeriksaan Berat Isi Agregat Kasar

Pengujian ini berat isi agregat halus mengacu pada SNI 1973:2008 dan mengacu pada buku laporan praktikum beton yang dilaksanka di laboratorium Teknik Sipil UMSU, dan didapatkan hasil dari pengujian terlihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9: Pemeriksaan berat isi agregat kasar.

Agregat kasar	Satuan	Cara			Rata-rata
		Lepas	Tusuk	Goyang	
Berat Contoh	gr	6005	6255	6321	6193,6667
berat wadah	gr	1540	1540	1540	1540

Tabel 4.9: *Lanjutan.*

berat contoh-wadah	gr	4465	4715	4781	4653,6667
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

Berdasarkan Tabel 4.9 peroleh hasil pemeriksaan di Laboratorium Beton diketahui nilai berat isi rata-rata agregat kasar ialah sebesar 1,87 gram/cm³ atau 1870 kg/m³. Percobaan ini dilakukan sebanyak tiga kali saat pengujian, pada percobaan pertama pengujian berat isi dengan cara lepas didapat nilai sebesar 1.81 gr/cm³, pada percobaan kedua pengujian berat isi secara tusuk didapat nilai sebesar 1,92 gram/cm³ dan pada percobaan ketiga pengujian berat isi dengan cara goyang didapatkan nilai sebesar 1,94 gr/cm³.

4.3.5 Pengujian Kadar Air Agregat Kasar

Pada pengujian kadar air agregat kasar mengacu pada SNI 1971-2011 dan buku laporan praktikum teknik sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, dimana hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10: Pengujian kadar air agregat kasar.

Coarse agregat	Sampel 1	Sampel 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	1680	1695
<i>Wt of mold</i> (Berat wadah) gr	185	185
<i>Wt of water</i> (Berat air) gr	20	5
<i>Wt of oven dray sample</i> (Berat contoh kering) gr	1495	1510
<i>Water content</i>	1,34	0,33
<i>Ave</i>	0,83	

Dari Tabel 4.10, hasil dari pengujian kadar agregat kasar didapat nilai rata-rata sebesar 0,83%. Pada pengujian ini dilakukan dua kali percobaan dimana hasil

dari percobaan pertama didapat sebesar 1,34% dan pada percobaan kedua didapatkan hasil sebesar 0,33%.

4.4 Perencanaan Mix Design

Pada bab ini, penulis akan menganalisis data-data yang telah didapat dari hasil pengujian yang telah dilaksanakan dan mendapatkan nilai campuran beton yang diinginkan. Berdasarkan SNI 7656-2012, perencanaan campuran beton bertujuan untuk memperoleh proporsi campuran yang sesuai dengan kuat tarik beton rencana.

4.5 Mix Design

Setelah melakukan pengujian dasar, maka diperoleh nilai-nilai yang dapat digunakan untuk perencanaan campuran beton (Mix Design) yang diinginkan. Pengujian campuran beton dilaksanakan sesuai dengan metode yang ada pada SNI 7656:2012 yang akan saya tampilkan pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11: Mix design.

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

Tabel 4.11: *Lanjutan.*

11	Nilai Slump Rencana	mm	75 - 150
12	Ukuran Agregat Maksimum	mm	19

Berikut adalah langkah-langkah pengujian campuran beton (Mix Design) sesuai dengan Standar Nasional Indonesia 7656 : 2012, sebagai berikut;

1. Banyak campuran air

Banyaknya campuran air dapat dilihat pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12: 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 kembali 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 dan atau kadar udara yang lebih rendah, maka proporsi bahan-bahan beton harus disesuaikan untuk menghasilkan beton yang diinginkan. Nilai rasio air semen dapat dilihat pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13: Rasio air semen.

Kekuatan beton umur 28 Hari (Mpa)	Rasio air semen	
	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	0,6
15	0,79	0,7

3. Kadar semen

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

4. Berat kering agregat kasar

Berat kering agregat kasar ialah perbandingan massa agregat kering terhadap volume totalnya, termasuk rongga udara didalamnya dan digunakan untuk mengetahui kepadatan material agregat tersebut. 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 4.14:

Tabel 4.14: 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. Perkiraan awal berat beton segar dapat dilihat pada Tabel 4.15.

Tabel 4.15: Perkiraan awal 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:

$$1\% \times 1 = 10 \text{ m}^3$$

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:

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

g. Berat agregat halus kering yang dibutuhkan:

$$1,7 \times 2,61 \times 1000 = 4437 \text{ kg}$$

7. Perbandingan berat

Berdasarkan SNI 7656:2012 didapat nilai perbandingan berat air (berat bersih), agregat kasar (kering), dan agregat halus (kering) pada Tabel 4.16.

Tabel 4.16: Perbandingan berat.

	Berdasarkan perkiraan	
	Massa beton (Kg)	Volume absolute (Kg)
Air (Berat bersih)	205	205
Semen	336,07	336,07
Agregat kasar (Kering)	999,57	999,57
Agregat 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:

Agregat Kasar	: 0,83%
Agregat Halus	: 2,83%
Agregat Kasar (Basah)	: $999,57 \times (1 + 0,0083) = 1007,86 \text{ Kg}$
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:

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

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:

Air (yang ditambahkan)	= 185,08 Kg
Semen	= 336,07 Kg
Ag. Kasar (Basah)	= 1007,86 kg
Ag. Halus (Basah)	= 827,12 Kg
Jumlah	= 2385,42 Kg

4.6 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
Serbuk bata tanpa bakar	= 4,49 kg x 25%	= 1,12 kg
Serbuk bata tanpa bakar	= 4,49 kg x 50%	= 2,25 kg
Serbuk bata tanpa bakar	= 4,49 kg x 75%	= 3,37 kg

Tabel 4.17: Kebutuhan material untuk satu benda uji.

No	Kode	Volume (M3)	Komposisi bahan				
			Semen (Kg)	Agregat Halus (Kg)	Agregat Kasar (Kg)	Serbuk Bata (Kg)	Air (Kg)
1	BN	0,0053	1,78	4,49	5,39	0	0,98
2	BBTB 25%	0,0053	1,78	3,36885252	5,39	3,93	0,98
3	BBTB 50%	0,0053	1,78	2,24590168	5,39	7,86	0,98
4	BBTB 75%	0,0053	1,78	1,12295084	5,39	11,79	0,98

Maka kebutuhan bahan untuk satu kali adukan ialah $3 \times 0,0053 = 0,0159 \text{ m}^3$. Sehingga diperoleh seluruh kebutuhan bahan untuk campuran setiap variasi pada satu kali adukan dapat dilihat pada Tabel 4.18.

Tabel 4.18: Kebutuhan material untuk 3 benda uji.

No	Kode	Volume (M3)	Komposisi bahan				
			Semen (Kg)	Agregat Halus (Kg)	Agregat Kasar (Kg)	Serbuk Bata (Kg)	Air (Kg)
1	BN	0,0159	6,23	15,72	18,85	0	3,43

Tabel 4.18: *Lanjutan.*

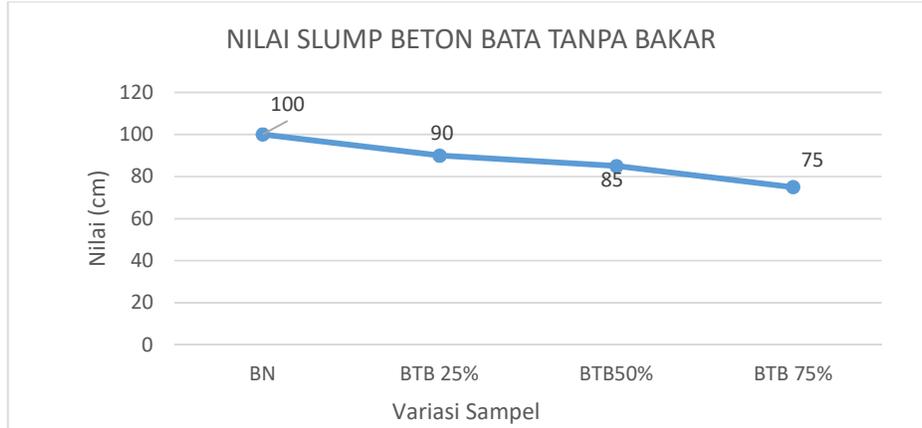
2	BBTB 25%	0,0159	6,23	11,79	18,85	3,93	3,43
3	BBTB 50%	0,0159	6,23	7,86	18,85	7,86	3,43
4	BBTB 75%	0,0159	6,23	3,93	18,85	11,79	3,43
Total			24,93	39,30	75,41	23,58	13,73

4.7 Slump Test

Pengujian slump ini dilakukan untuk mengetahui workability yang terdapat pada beton segar normal maupun beton dengan campuran bahan tambahan (additive). Pada pengujian ini, pengerjaan slump test menggunakan alat yang bernama kerucut abrams dengan cara mengisi alat tersebut dengan adonan beton segar sebanyak 3 lapis, dimana dalam setiap kerucut abrams diisi sebanyak 1/3 dari tinggi alat tersebut. Setelah diisi 1/3 dalam setiap 3 kali untuk pengisian kerucut abrams dilakukan pengrojokan pada tiap-tiap lapi adonan sebanyak 25 kali, tongkat rojok harus masuk sampai ke bawah tiap lapisannya. Setelah kerucut abrams diisi sampe penuh, ratakan permukaan lalu diamkan selama satu detik, setelah itu angkat kerucut abrams tegak lurus sampai adonan beton segar terlepas dari alat tersebut, ukur selisih tinggi beton segar dengan kerucut abrams. Pada pengujian ini di dapat angka slump pada setiap beton yang di aduk dapat dilihat dari Tabel 4.19.

Tabel 4.19: Pengujian slump.

No	Variasi	Slump (mm)
1	Beton normal	100
2	Beton + Bata tanpa bakar 25%	90
3	Beton + Bata tanpa bakar 50%	85
4	Beton + Bata tanpa bakar 75%	75



Gambar 4.1: Grafik Nilai Slump.

Dari Gambar 4.1 didapat nilai slump pada beton dengan campuran bata tanpa bakar dengan variasi 25% sebesar 90 mm yang mengalami penurunan dari nilai slump beton normal.

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).

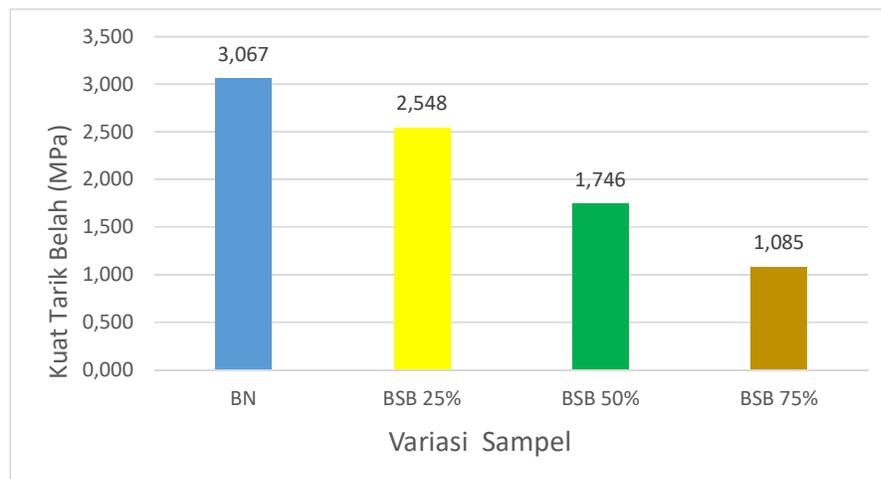
4.8 Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Pengujian kuat tarik belah beton mengacu pada SNI 2491:2014, dimana pengujian kuat tarik belah beton dilakukan dengan 3 kali pengujian untuk mendapatkan nilai rata-rata dari setiap variasi yang akan di uji pada umur 28 hari.

Pengujian kuat tarik belah beton menggunakan benda uji yang berbentuk silinder yang berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm yang diletakkan secara mendatar di atas meja penguji tekan (*compressive strength test*) Kemudian benda uji diberi beban dari atas merata sepanjang benda uji, maka diperoleh hasil pengujian kuat tarik belah beton selama 28 hari dapat dilihat pada Tabel 4.20.

Tabel 4.20: Nilai kuat tarik belah beton.

Benda uji	Persentase benda uji	Umur (hari)	Tarik aktual (Kn)	Kuat tarik (Mpa)	Rata-rata (Mpa)
1	beton normal	28	240	3,397	3,067
2		28	210	2,972	
3		28	200	2,831	
1	beton bata tanpa bakar 25%	28	180	2,548	2,548
2		28	170	2,406	
3		28	190	2,689	
1	beton bata tanpa bakar 50%	28	110	1,557	1,746
2		28	150	2,123	
3		28	110	1,557	
1	beton bata tanpa bakar 75%	28	90	1,274	1,085
2		28	60	0,849	
3		28	80	1,132	



Gambar 4.2: Grafik nilai rata-rata kuat tarik belah beton.

Berdasarkan Gambar 4.2, diperoleh nilai kuat tarik belah rata-rata beton normal ialah sebesar 3,074 MPa. Nilai kuat tarik belah beton rata rata dengan serbuk bata tanpa bakar pada variasi 25% didapat sebesar 2,548 Mpa, pada variasi ini nilai

kuat tarik belahnya merupakan nilai tertinggi dibanding variasi campuran yang lain, sedangkan nilai kuat tarik belah paling rendah didapat pada variasi campuran 75% dengan nilai rata rata sebesar 1,085 Mpa.

Dari penjelasan diatas, semakin kecil variasi penggunaan serbuk bata tanpa bakar semakin mendekati hasil nilai kuat tarik belah dengan beton normal tetapi jika semakin besar variasi persennya maka hasilnya akan sangat jauh didapat, semua ini terjadi karena pada saat pencampuran agregat halus pada serbuk bata tanpa bakar variasi 25% lebih sedikit menggantikan agregat halus maka dari itu kuat belahnya masih sampai mendekati kuat tarik belah beton normal yang masih alami tanpa campuran dan variasi persen yang lebih besar mendapatkan nilai yang jauh disebabkan karena serbuk bata tanpa bakar lebih banyak menggantikan agregat halus maka itu kuat tarik belahnya lebih rendah.

Perhitungan perbandingan hasil kuat tarik belah beton normal terhadap beton Bata tanpa bakar umur 28 hari dapat dilihat di bawah ini.

1. Variasi BBTB 25 % (beton bata tanpa bakar 25%)

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

$$\frac{2,548 - 3,067}{3,067} \times 100\%$$

$$-16,92\%$$

2. Variasi BBTB 50 % (beton bata tanpa bakar 50%)

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

$$\frac{1,746 - 3,067}{3,067} \times 100\%$$

$$-43,08\%$$

3. Variasi BBTB 75 % (beton bata tanpa bakar 75%)

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

$$\frac{1,085 - 3,067}{3,067} \times 100\%$$

$$-64,62\%$$

Nilai kuat tarik belah tanpa penambahan bata tanpa bakar umur 28 hari sebesar 3,067 MPa, sementara kuat tarik belah beton yang ditambahkan bata tanpa bakar mengalami penurunan sebesar 16,92 % pada campuran 25%, Penambahan bata tanpa bakar 50% mengalami penurunan kuat tarik belah sebesar 43, 08% dari nilai kuat tarik belah beton normal, dan 75% mengalami penurunan kuat tarik belah sebesar 64,62% dari nilai kuat tarik belah beton normal.

Penggunaan batu bata sebagai campuran beton tidak dapat dipakai sebagai campuran beton mutu tinggi karena persentase penyerapannya lebih tinggi dan density nya sangat kecil (Subandi, 2018)

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 tanpa bakar sebagai pengganti agregat halus pada campuran beton pada umur 28 hari mengalami penurunan nilai kuat tarik belah beton. Nilai kuat tarik belah yang paling tinggi didapat dari beton BBTB 25% sebesar 2,548 Mpa dan nilai kuat tarik belah paling kecil didapat pada beton BBTB 75% Sebesar 1,085 Mpa.
2. Perbandingan nilai kuat tarik belah beton bata tanpa bakar dengan beton normal mengalami penurunan. Untuk beton BBTB 25% mengalami penurunan sebesar 16, 92%, beton BBTB 50% mengalami penurunan sebesar 43,08% dan beton BBTB 75% mengalami penurunan sebesar 64, 62%.

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 pengujian lebih lanjut penggunaan bata tanpa bakar sebagai pengganti agregat halus pada umur beton 7, 14 dan 28 hari.
2. Untuk penelitian selanjutnya melakukan penambahan superplastizer pada campuran beton agar mengurangi penggunaan air dan meningkatkan kekuatan beton.

DAFTAR PUSTAKA

- 1970:2016, S. (2016). Cara uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus. Badan Standar Nasional Indonesia, 4, 20.
- 7656:2012, S. (2012). Sni 7656:2012. Tata Cara Pemilihan Campuran Untuk Beton Normal, Beton Berat Dan Beton Massa.
- Abdulhussain, S. T. (2022). Evaluation of Compressive and Tensile Strength of Self-Curing Concrete by. *Journal of Engineering*, 5 pages.
- Amazian, L. (2018). Unfired Clay Bricks with Enhanced Properties Project Report. In School of Science and Engineering-AI Akhwayn University.
- Anggoro, Y. (2008). Makalah Ilmu Bahan I Beton. https://scholar.google.com/scholar?cluster=3844538382654941610&hl=en&as_sdt=2005&scioldt=2007
- Badan Standardisasi Nasional Indonesia. (2008). SNI 1973:2008 Cara uji berat isi, volume produksi campuran dan kadar udara beton. Badan Standardisasi Nasional, 1–13.
- BSN. (2008). Sni 1972:2008. Cara Uji Slump Beton, 1–5.
- C136:2012, S. N. I. A. (2012). SNI ASTM C136:2012. Metode uji untuk analisis saringan agregat halus dan agregat kasar. Badan Standardisasi Nasional, 1–24.
- Cachim, P. B. (2009). Mechanical properties of brick aggregate concrete. *Construction and Building Materials*, 23(3), 1292–1297. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2008.07.023>
- Cunradiana, M., Ndale, F. X., & Suku, Y. L. (2020). Pengaruh Penggunaan Tepung Bata Ringan Pada Campuran Beton Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton. *Teknosiar*, 14(1), 20–27. <https://doi.org/10.37478/teknosiar.v14i1.1132>
- Dang, J., & Zhao, J. (2019). Influence of waste clay bricks as fine aggregate on the mechanical and microstructural properties of concrete. *Construction and Building Materials*, 228, 116757. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.116757>
- Dary, R. W., Frapanti, S., & Utami, C. (n.d.). Evaluasi Kekakuan Batu Bata Lubuk Dengan Analisis Pushover. 11–15.
- Debieb, F., & Kenai, S. (2008). The use of coarse and fine crushed bricks as aggregate in concrete. *Construction and Building Materials*, 22(5), 886–893. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2006.12.013>

- Frapanti, S., Efrida, R., Dewi, I., Asfiati, S., & Riza, F. V. (2023). Analisis Standar Mutu Batu Bata Merah Tradisional Di Deli Serdang Dengan Indikator SNI 15-2094-2000. 13(1), 163–172.
- Frapanti, S., Tanjung, L. E., Riza, F. V., Nasution, A. R., & Zulkarnain, F. (2024). Comparison of physical and mechanical properties of traditional bricks in Deli Serdang with no - burn bricks using rice husk ash. *Journal of Engineering and Applied Science*, 1–20. <https://doi.org/10.1186/s44147-024-00479-7>
- Frapanti, S., Vanny Riza, F., Zulkarnain, F., & Rudi Nasution, A. (2024). *Jurnal Teknik Sipil : Rancang Bangun Analysis of Making Bricks Without Burning From Bagasse Ash Agricultural Waste To Reduce Air Pollution*. 10(01), 10–19. <http://doi.org/10.33506/rb.v10i1.2805>Website:<https://ejournal.um-sorong.ac.id/index.php/rancangbangun>
- Hamdi, F., Lapian, F. E., Tumpu, M., Mansyur, Irianto, Mabui, D. D. S., Raidyarto, A., Sila, A. A., Pérez, C., Aranceta, J., Serra, L., Carbajal, Á., Rangan, P. R., & Hamkah. (2022). 2021, Teknologi Beton. In *Tohar Media* (Vol. 1, Issue 1). http://www.nutricion.org/publicaciones/pdf/prejuicios_y_verdades_sobre_grasas.pdf<https://www.colesterolfamiliar.org/formacion/guia.pdf><https://www.colesterolfamiliar.org/wp-content/uploads/2015/05/guia.pdf>
- Huy, N. S., Tan, N. N., Hang, M. T. N., & Quang, L. N. (2021). Environmentally friendly unburnt bricks using raw rice husk and bottom ash as fine aggregates: Physical and mechanical properties. *Journal of Science and Technology in Civil Engineering (STCE) - NUCE*, 15(1), 110–120. [https://doi.org/10.31814/stce.nuce2021-15\(1\)-10](https://doi.org/10.31814/stce.nuce2021-15(1)-10)
- Indonesia, S. N., & Nasional, B. S. (2002). Metode pengujian kuat tarik belah beton. Kabupaten, B., & Serdang, D. (2020). PRODIKMAS Pendampingan Legalitas Mutu Berstandart SNI Guna Meningkatkan Pendapatan Home Industri Batu Bata Di Desa Sido Urip Kecamatan. 5(76), 41–46.
- Mu'minazahra, C., Maghzaya, A. R., & Aziza, F. K. (2022). Penerapan Batu Bata Interlock Non-Bakar Dari Tanah Laterit Guna Optimalisasi Pencahayaan Alami Pada Bangunan (Studi Kasus430–440. <https://dspace.uui.ac.id/handle/123456789/43537>[https://dspace.uui.ac.id/bitstream/handle/123456789/43537/Prosiding Sakapari 9_36.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://dspace.uui.ac.id/bitstream/handle/123456789/43537/Prosiding_Sakapari_9_36.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Prayuda, H., Setyawan, E. A., & Saleh, F. (2018). Analisis Sifat Fisik Dan Mekanik Batu Bata Merah Di Yogyakarta (Analysis Physical and mechanical attributes of masonry in Yogyakarta). *Jurnal Riset Rekayasa Sipil*, 1(2), 94. <https://doi.org/10.20961/jrrs.v1i2.20658>
- Purwanto, S., Budhy, D., & Setiawan, A. (2021). Analisis Kuat Tarik Belah Beton Pada Standar Kuat Tekan K.250 Dengan Menggunakan Limbah Pecahan Beton Sebagai Pengganti Agregat Kasar. *Jurnal Teknik Sipil*, 10(2), 89–97.

<https://doi.org/10.36546/tekniksipil.v10i2.484>

- Putra, D. M., & Darma, W. (2015). Hubungan Kuat Tarik Belah dengan Kuat Tekan Beton Ringan. *Rekayasa Sipil*, 4(2), 76–88.
- Ramadhania, M. P. (2024). Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
- Riyanto, D. P., -, S., Prasetyo, W., & Arisanto, P. (2021). Pemanfaatan Sedimen Sungai Untuk Bahan Baku Unfired Bricks (Bata Tanpa Bakar). *Bentang : Jurnal Teoritis Dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil*, 9(2), 101–114. <https://doi.org/10.33558/bentang.v9i2.2863>
- SNI 1969. (2016). Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar. Badan Standar Nasional Indonesia, 20.
- SNI 1971:2011. (2011). “Cara uji kadar air total agregat dengan pengeringan.” Badan Standarisasi Nasional, 1–11.
- SNI 2491:2014. (2014). Metode Uji Kekuatan Tarik Belah Spesimen Beton Silinder Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens (ASTM C496/C496M-04, IDT). Badan Standardisasi Nasional Indonesia, 1–17.
- SNI 2493:2011. (2011). SNI 2493:2011 Tata Cara Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton di Laboratorium. Badan Standar Nasional Indonesia, 23. www.bsn.go.id
- Sofia, D. A., Shafira, P. A., & Kusumah, H. (2019). Pengaruh Limbah Batu Bata Sebagai Pengganti Agregat Halus Terhadap Mutu Kuat Tekan Beton. *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar*, 10(1), 600–608. <https://jurnal.polban.ac.id/ojs-3.1.2/proceeding/article/view/1481>
- Ukwizagira, G., Nezerwa, B., & Bush, H. U. G. (2023). Effect of Crushed Clay Brick as Partial Replacement of Fine Aggregate in Concrete. *Mediterranean Journal of Basic and Applied Sciences*, 07(01), 90–99. <https://doi.org/10.46382/mjbas.2023.7108>

LAMPIRAN



L.1 Penghancuran Bahan Campuran



L.2 Analisa Saringan



L.3 Pengujian Material



L.4 Pencampuran Beton (*Mix Design*)



L.5 Persiapan Bekisting



L.6 Persiapan Slump



L.7 Pengukuran Nilai SLump



L.8 Benda Uji



L.9 Penimbangan Benda Uji



L.10 Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Data Identitas Diri

Nama Lengkap : Akhiria Tunnisha Harahap
Tempat, Tanggal Lahir : Panggulangan, 16 Mei 2003
Jenis Kelamin : Perempuan
Agama : Islam
Alamat : Lingkungan I Pasar Pargarutan
No.Hp/Telp.Seluler : 081263953018
Nama Ayah : Amin Hamzah Harahap
Nama Ibu : Sri Mila Utami
E-mail : akhariatunnisha73@gmail.com

Data Riwayat Pendidikan

Nomor Induk Mahasiswa : 2107210184
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 100302 Pargarutan 2009-2015
Sekolah Menengah Pertama : MTs Mangaraja Panusunan A Hsb 2015-2018
Sekolah Menengah Atas : SMA Negeri 6 Padang Sidempuan 2018-2021