

**TUGAS AKHIR**

**UJI KUAT TARIK BELAH BETON MENGGUNAKAN  
CAMPURAN BATA BAKAR SEBAGAI SUBSTITUSI  
AGREGAT HALUS  
(Studi Penelitian)**

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

**Disusun Oleh:**

**M. ALWI**

**2107210188**



**UMSU**

Unggul | Cerdas | Terpercaya

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

## LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : M. Alwi

Npm : 2107210188

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Uji Kuat Tarik Belah Beton Menggunakan Campuran Bata Bakar Sebagai Substitusi 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:

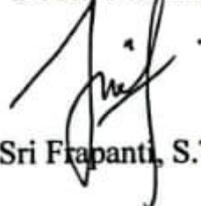
Nama : M. Alwi  
Npm : 2107210188  
Program Studi : Teknik Sipil  
Judul Skripsi : Uji Kuat Tarik Belah Beton Menggunakan Campuran Bata Bakar Sebagai Substitusi Agregat Halus.  
Bidang Ilmu : Struktur

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. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc.

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 : M. Alwi  
Tempat, Tanggal Lahir : Bandar Khalipah, 23 April 2003  
Npm : 2107210188  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul “ **Uji Kuat Tarik Belah Beton Menggunakan Campuran Bata Bakar Sebagai Substitusi Agregat Halus**” (Studi Penelitian)”

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

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

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

  
M. Alwi

## ABSTRAK

### UJI KUAT TARIK BELAH BETON MENGGUNAKAN CAMPURAN BATA BAKAR SEBAGAI SUBSTITUSI AGREGAT HALUS

M. Alwi

2107210188

Sri Frapanti, S.T, M.T

Pada tempat pabrikasi batu bata banyak batu bata yang pecah ataupun retak mengakibatkan harga jual yang rendah dalam hal ini akan membuat batu bata dibuang dan menjadi limbah, hal ini dapat digunakan kembali dalam produksi beton (Alfiqry, 2019). Pecahan digunakan sebagai pengganti agregat halus pada material beton. Karena kandungan bata, mengandung silika oksida, yang dapat digunakan sebagai bahan tahan api dan pelindung panas suhu tinggi. 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 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: BBB25% (28 hari) sebesar 2,453 MPa (penurunan 20%), BBB50% (28 hari) sebesar 1,746 MPa (penurunan 43,08%), dan BBB75% (28 hari) sebesar 1,038 MPa (penurunan 66,15%), Sedangkan kuat tarik belah beton normal 14 hari sebesar 2,642 Mpa, dengan variasi campuran menghasilkan kuat tarik belah sebagai berikut: BBB25% (14 hari) sebesar 1,887 MPa (penurunan 28,57%), BBB50% (14 hari) sebesar 1,321 MPa (penurunan 48,21%), dan BBB75% (28 hari) sebesar 0,991 MPa (penurunan 62,50%), Variasi campuran yang memberikan hasil kuat tarik belah paling optimal adalah BBB25% (28 hari) sebesar 2,453 MPa mengalami penurunan sebesar 20 %. semakin kecil variasi penggunaan pecahan bata bakar semakin mendekati hasil nilai kuat tarik belah dengan beton normal tetapi jika semakin besar variasi persentasenya, maka hasilnya akan sangat jauh didapat.

Kata Kunci: Limbah, Bata Bakar, Substitusi, Kuat Tarik Belah.

**ABSTRACT**  
**CONCRETE SPLIT TENSILE STRENGTH TEST USING**  
**FUEL BRICK MIXTURE AS A SUBSTITUTION**  
**FINE AGGREGATE**

M.Alwi

2107210188

Sri Frapanti, S.T, M.T

In place brick manufacturing many broken bricks or cracked result in price sell low in matter This will make the bricks thrown away and become waste, things This can used return in production concrete (Alfiqry, 2019). Fractions used as replacement aggregate fine aggregate in concrete. Because brick contains silica oxide, it can be used as a fire retardant and high-temperature heat shield. Therefore, it is crucial to use brick waste to evaluate the tensile strength of concrete. By utilizing brick waste in concrete production, it is expected to produce a more environmentally friendly construction with similar quality. The percentage of burnt brick waste used is 25%, 50%, and 75% of the weight of fine aggregate. The test results show that the normal 28-day splitting tensile strength of concrete is 3.067 MPa, while the mixture variations produce the following splitting tensile strengths: BBB25% (28 days) of 2.453 MPa (20% decrease), BBB50% (28 days) of 1.746 MPa (43.08% decrease), and BBB75% (28 days) of 1.038 MPa (66.15% decrease), while the normal 14-day splitting tensile strength of concrete is 2.642 MPa, with the mixture variations producing the following splitting tensile strengths: BBB25% (14 days) of 1.887 MPa (28.57% decrease), BBB50% (14 days) of 1.321 MPa (48.21% decrease), and BBB75% (28 days) of 0.991 MPa (62.50% decrease), Variations The mixture that gives the most optimal split tensile strength results is BBB25% (28 days) of 2.453 MPa, experiencing a decrease of 20%. The smaller the variation in the use of burnt brick fragments, the closer the split tensile strength results are to normal concrete, but if the percentage variation is greater, the results will be very far from what is obtained.

Keywords: Waste, Baked Brick, Substitution, Split Tensile Strength.

## KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum wr.wb

Segala puji dan syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan Rahmat dan Karunia-Nya yang tiada tara kepada kita semua terutama kepada penulis, dan sholawat beriring salam penulis hadiahkan kepada Nabi Muhammad SAW, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir ini dengan Judul “Uji Kuat Tarik Belah Beton Menggunakan Campuran Bata Bakar Sebagai Substitusi Agregat Halus”. Penyusunan Tugas Akhir ini sebagai salah satu syarat untuk meraih gelar sarjana di Program Studi S1 Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera. Dalam penyusunan Tugas Akhir ini penulis berusaha menyajikan yang terbaik dengan segala kemampuan yang ada pada penulis. Namun demikian, penulis menyadari bahwa pengetahuan yang dimiliki sangat terbatas, sehingga dalam penulisan Tugas Akhir ini banyak memperoleh bantuan dari pihak- pihak tertentu. Maka pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ibu Sri Frapanti, S.T, M.T., selaku Dosen Pembimbing yang telah membimbing dan mengarahkan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Assoc. Prof. Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM,. selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan masukan serta 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 memberikan ilmunya kepada penulis.
8. Bapak/Ibu Staff Administrasi Biro di Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Ibunda Salmi yang paling penulis sayangi dalam hidup, cinta pertama bagi anak laki-laki dan pintu surganya untuk penulis. Terimakasih untuk segala usaha dan upaya yang selalu mengusahakan apapun untuk kehidupan penulis. Terimakasih atas setiap tetesan keringat yang telah tcurahkan dalam setiap langkah beliau ketika mengemban tanggung jawab sendirian tidak mengenal waktu untuk mencari nafkah sampai penulis di titik ini, beliau memang tidak sempat merasakan duduk dibangku perkuliahan, namun beliau bekerja keras memberikan anak-anaknya motivasi dalam menuntut ilmu, dukungan serta semangat kepada penulis, memberikan do'a dan mendidik penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan studi sampai sarjana.
10. Ayahanda Supian yang penulis sayangi. Terimakasih atas dukungan dan do'a untuk penulis, penulis tau beliau sayang kepada anak-anaknya walaupun mungkin terhalang oleh sesuatu dan bagaimanapun beliau tetap panutan yang mengajarkan penulis apa arti tanggung jawab dan pemimpin sebagai keluarga.
11. Kepada keluarga/saudara penulis, Ayu sepkila, Salimah Wardati, Habib, dan lain-lain yang gabisa penulis sebutkan satu-satu. Terimakasih telah memberikan do'a dan semangat untuk penulis sampai penulis menyelesaikan tugas akhir sarjana.
12. Kepada Sahabat seperjuangan penulis Bona Walfais Malau dan Akhiria Tunnisha Hrp. Terimakasih atas segala waktu dan kebaikan kalian yang ga akan pernah penulis lupakan, kalian adalah sahabat terbaik yang penulis kenal dalam hidup penulis serta membimbing penulis untuk maju dalam segala kesulitan sampai kita dapat menyelesaikan penelitian tugas akhir perkuliahan ini bersama-sama.
13. Semua teman-teman mahasiswa kelas D1 Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah membantu selama perkuliahan.

14. Terakhir, terimakasih kepada diri sendiri yang telah berjuang samapai titik ini, sosok laki-laki yang penuh dengan kekurangan tetapi mempunyai perjuangan yang besar untuk bisa menjadi pundak sebagai anak laki-laki pertama dalam membahagiakan keluarganya agar keluarganya tidak dipandang sebelah mata. Terimakasih lagi untuk diri sendiri yang tak kenal menyerah walau dirimu selalu dipandang sebelah mata, dan diremehkan tetapi engkau tetap berjuang untuk impianmu dalam membahagiakan orang-orang disekitar tanpa memikirkan dirimu sendiri. Itulah sang penulis ini yakni saya sendiri Muhammad Alwi. Penulis bangga atas setiap langkah kecil yang penulis ambil, walau terkadang tidak sesuai harapan tetapi penulis selalu percaya kepada Allah bahwa setiap kesulitan pasti ada hikmah dan pembelajaran yang lebih baik dari yang penulis inginkan. Jangan pernah lelah untuk diri sendiri, tetap berusaha, dan selalu rayakan apapun yang ada dalam dirimu.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Medan, 30 Agustus 2025

M. Alwi

## DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Penelitian	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematikan Penulisan	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Umum	5
2.2 Penelitian Terdahulu	6
2.3 Bahan Penyusun Beton	7
2.3.1 Semen	7
2.3.2 Air	8
2.3.3 Agregat Halus	9
2.3.4 Agregat Kasar	10
2.4 Batu Bata	11
2.5 <i>Slump Test</i>	12
2.6 Kuat Tarik Belah Beton	13
BAB 3 METODE PENELITIAN	15
3.1 Diagram Alir Penelitian	15
3.2 Metode Penelitian	16
3.3 Lokasi Penelitian	17
3.4 Bahan dan Peralatan	17
3.4.1 Bahan	17

3.4.2 Peralatan	17
3.5 Persiapan Penelitian	18
3.6 Pemeriksaan Material	18
3.6.1 Analisa Saringan	18
3.6.2 Berat Jenis Agregat Kasar	19
3.6.3 Berat Jenis Agregat Halus	20
3.6.4 Berat Isi Agregat	21
3.6.5 Kadar Air Agregat	22
3.6.6 Kadar Lumpur Agregat	23
3.7 Pelaksanaan Penelitian	24
3.7.1 Perencanaan Campuran Beton ( <i>Mix design</i> )	24
3.7.2 Pembuatan Benda Uji	30
3.7.3 <i>Slump Test</i>	32
3.7.4 Perawatan Benda Uji	34
3.7.5 Pengujian Kuat Tarik Belah	34
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	<b>35</b>
4.1 Tinjauan Umum	35
4.2 Hasil Pemeriksaan Agregat	35
4.3 Pemeriksaan Agregat Halus	35
4.3.1 Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus	35
4.3.2 Kadar Air Agregat Halus	36
4.3.3 Kadar Lumpur Agregat Halus	37
4.3.4 Analisa Saringan Agregat Halus	38
4.3.5 Berat Isi Agregat Halus	39
4.4 Pemeriksaan Agregat Kasar	39
4.4.1 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	39
4.4.5 Berat Isi Agregat Kasar	43
4.5 Perencanaan Campuran Beton dan Bahan Kebutuhan	43
4.5.1 Perencanaan Campuran Beton ( <i>Mix Desain</i> )	43
4.5.2 Kebutuhan Bahan Beton	49
4.6 Pengujian <i>Slump Test</i>	50
4.7 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton	52

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	57
5.1 Kesimpulan	57
5.2 Saran	57
DAFTAR PUSTAKA	59
LAMPIRAN	61

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1	Kuat tarik belah beton silinder Ø 15 dan tinggi 30 cm.	6
Tabel 2. 2	Gradasi agregat halus.	10
Tabel 2. 3	Gradasi agregat kasar.	10
Tabel 2. 4	Nilai slump yang dianjurkan untuk berbagai pekerjaan konstruksi.	11
Tabel 3. 1	Nilai slump yang disarankan pada konstruksi.	24
Tabel 3. 2	Hubungan rasio air-semen, air-bahan dan kekuatan beton.	26
Tabel 3. 3	Volume agregat kasar per satuan volume beton.	27
Tabel 3. 4	Perkiraan awal berat beton segar sesuai standar.	28
Tabel 3. 5	Benda uji dan campuran beton.	32
Tabel 3. 6	Jumlah persentase contoh sampel pengujian kuat tarik belah beton.	34
Tabel 4. 1	Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus.	36
Tabel 4. 2	Hasil data pengujian kadar air agregat halus.	37
Tabel 4. 3	Data hasil pengujian kadar lumpur agregat halus.	37
Tabel 4. 4	Data hasil pengujian analisa saringan agregat halus.	38
Tabel 4. 5	Hasil pengujian berat isi agregat halus.	39
Tabel 4. 6	Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar.	40
Tabel 4. 7	Hasil pengujian kadar air agregat kasar.	40
Tabel 4. 8	Hasil pengujian kadar lumpur agregat kasar.	41
Tabel 4. 9	Hasil pengujian analisa saringan agregat kasar.	42
Tabel 4. 10	Hasil pengujian berat isi agregat kasar.	43
Tabel 4. 11	Hasil campuran penyusun beton ( <i>Mix Desain</i> ).	44
Tabel 4. 12	Rasio air, kadar udara dan ukuran agregat maksimum batu pecah.	45
Tabel 4. 13	Rasio air semen dengan kekuatan rencana 25 Mpa.	45
Tabel 4. 14	Hasil Berat kering agregat kasar.	46
Tabel 4. 15	Hasil perkiraan awal berat beton segar.	47
Tabel 4. 16	Hasil perbandingan berat.	48
Tabel 4. 17	Kebutuhan bahan material untuk 1 benda uji.	50
Tabel 4. 18	Kebutuhan material untuk 3 benda uji.	50
Tabel 4. 19	Hasil pengujian <i>slump test</i> .	51
Tabel 4. 20	Hasil pengujian kuat tarik belah beton umur 14 hari.	52

Tabel 4. 21 Hasil pengujian kuat tarik belah beton umur 28 hari.

53

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1: Bagan alir penelitian.	15
Gambar 3. 2: Benda uji silinder.	31
Gambar 3. 3: <i>Compression Testing Machine</i> (CTM).	34
Gambar 4. 1: Grafik nilai pengujian <i>slump test</i> .	51
Gambar 4. 2: Grafik nilai rata-rata kuat tarik belah beton umur 14 hari.	53
Gambar 4. 3: Grafik nilai rata-rata kuat tarik belah beton umur 28 hari.	54
Gambar 4. 4: Grafik nilai keseluruhan rata-rata beton 14 hari dan 28 hari.	54

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Seiring dengan perkembangan zaman, struktur bangunan mengalami perkembangan yang pesat. Beton merupakan bahan konstruksi yang banyak digunakan pada bangunan struktur. Bisa dikatakan semua bangunan struktur dibangun menggunakan beton sebagai bahan konstruksi utama, contohnya struktur gedung, struktur bangunan air, struktur bangunan transportasi dan banyak lagi bangunan struktur lainnya. Salah satu kelebihan beton yaitu mampu menahan beban tekan, perubahan cuaca, suhu yang tinggi, dapat dibentuk dan mudah dirawat (Hamdi dkk., 2022).

Beton adalah campuran antara semen *Portland* atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa bahan tambah membentuk massa padat (SNI-03-2834:2000).

Beton normal mempunyai berat isi 2200–2500 kg/m<sup>3</sup> dengan menggunakan agregat alam yang dipecah atau tanpa dipecah. Beton normal dengan kualitas yang baik yaitu beton yang mampu menahan kuat tekan/hancur yang diberi beban berupa tekanan dengan dipengaruhi oleh bahan-bahan pembentuk, kemudahan pengerjaan (*workability*), Faktor Air Semen (FAS) dan zat tambahan (*admixture*) bila diperlukan (SNI 03-2847:2002).

Menurut SNI-15-2094-2000 batu bata salah satu bahan yang biasa digunakan untuk membangun. dimana batu bata ini terbuat dari tanah liat atau tanah lempung tanpa adanya campuran dari bahan-bahan lain. Bahan yang digunakan untuk membuat batu bata adalah tanah liat, yang dipanaskan sampai suhu tinggi hingga tidak dapat hancur walaupun direndam dalam air.

Dalam uji kuat tarik belah, beton merupakan material yang lemah terhadap tegangan tarik. Faktor pembentuk kekuatan tarik sama dengan kuat tekan hanya besarnya kuat tarik untuk beton normal pada umumnya adalah antara 9% - 15% dari kuat tekannya. Nilai kuat tarik belah ditentukan dengan melakukan uji tekan di laboratorium dengan setiap sampel silinder dibebani secara lateral hingga kekuatan

maksimum. Prosedur pengujian kuat tarik belah silinder menggunakan alat pengujian *tensile splitting cylinder test* (SNI 2491:2014).

Pada tempat pabrikasi batu bata banyak batu bata yang pecah ataupun retak mengakibatkan harga jual yang rendah dalam hal ini akan membuat batu bata dibuang dan menjadi limbah, hal ini dapat digunakan kembali dalam produksi beton (Alfiqry, 2019). Pecahan digunakan sebagai pengganti agregat halus pada material beton. Karena kandungan bata, mengandung silika oksida, yang dapat digunakan sebagai bahan tahan api dan pelindung panas suhu tinggi (Elianora, 2010).

## **1.2 Rumusan Masalah**

Adapun rumusan masalah yang pada penelitian ini ialah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh penggunaan pecahan bata sebagai pengganti agregat halus terhadap kuat tarik belah beton dengan beton normal?
2. Bagaimana hasil perbandingan kuat tarik belah beton menggunakan pecahan bata bakar dengan beton normal?

## **1.3 Batasan Penelitian**

Berdasarkan ruang lingkup pada penelitian ini memiliki banyak permasalahan yang spesifik, maka penelitian ini perlu untuk membatasi pembahasan dan permasalahan serta menjelaskan batasannya. Batasan dari penelitian ini ialah sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan di Laboratorium Beton Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Metode perencanaan campuran beton menggunakan Standar Nasional Indonesia (SNI 7656: 2012).
3. Pengujian kuat tarik belah beton menggunakan Standar Nasional Indonesia (SNI 03-2491: 2014).
4. Umur perendaman benda uji dilakukan selama 14 hari dan 28 hari.
5. Benda uji yang akan dipakai sebanyak 24 buah.
6. Beton yang akan di uji memiliki kekuatan rencana ( $f'c$ ) sebesar 25 Mpa.
7. Benda uji beton berbentuk silinder  $\emptyset$  15 cm dan tinggi 30 cm.

8. Menggunakan pecahan bata bakar sebagian pengganti agregat halus dengan variasi 25%, 50%, dan 75% serta tidak memperhatikan kandungan yang ada pada campuran bata bakar tersebut.

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini di antara lain adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pengaruh penggunaan pecahan bata sebagian pengganti agregat halus terhadap kuat tarik belah beton dengan beton normal.
2. Untuk mengetahui hasil perbandingan kuat tarik belah beton menggunakan pecahan bata bakar dengan beton normal.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Penelitian ini memberikan manfaat kepada masyarakat umum tentang pemahaman dan pengetahuan pecahan bata sebagian pengganti agregat halus untuk campuran beton serta menjadikan pertimbangan kepada masyarakat untuk dipergunakan kembali ke tahap selanjutnya.

#### **1.6 Sistematikan Penulisan**

##### **BAB 1 PENDAHULUAN**

Membahas mengenai tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, dan manfaat penelitian serta menyusun sistematika penulisan.

##### **BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA**

Berisi mengenai tentang teori dan bacaan yang berkaitan dengan unsur-unsur subjek penelitian sebagai landasan teori untuk meneliti permasalahan yang akan dibahas.

##### **BAB 3 METODE PENELITIAN**

Menjelaskan mengenai tentang tahapan penelitian, pelaksanaan penelitian, teknik pengumpulan data, peralatan yang dipakai, jenis data yang diperlukan, pengambilan data dan analisis data.

#### BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Menjelaskan mengenai tentang analisis dan perhitungan serta pemecahan masalah yang ada di dalam penelitian.tugas akhir dan metode kerja yang di peroleh.

#### BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Membahas tentang kesimpulan dari hasil analisis dan perhitungan yang telah dilakukan pada penelitian serta saran penulis terkait tentang penelitian tersebut.

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Umum

Beton merupakan bahan bangunan yang tersusun dari pasir (agregat halus), kerikil (agregat kasar), semen, dan air. Mutu dan sifat beton sangat dipengaruhi oleh bahan pembuatannya, rancangan campuran beton menentukan kekuatan pada beton, kemudahan pengerjaan, derajat mulur, dan penyusun beton (Mulyono, 2015).

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

Pada proses pengawetan beton terjadi melalui reaksi kimia antara semen dan air yang berlangsung secara terus menerus. Saat bertambahnya umur beton, maka beton akan semakin mengeras sampai mencapai kuat rencana ( $f'c$ ) beton berumur 14 hari dan 28 hari. Sifat dan ciri-ciri bahan pembuat beton mempengaruhi oleh kinerja beton yang akan direncanakan. Kinerja beton sangat mempengaruhi kekuatan yang ingin dibutuhkan, kemudahan, dan daya tahan jangka panjang.

Jika ingin menghasilkan beton mutu tinggi, dalam arti memenuhi persyaratan yang lebih ketat, harus mempertimbangkan dengan cermat cara mendapatkan campuran beton segar dan beton keras yang baik. Jika ingin menghasilkan beton mutu tinggi, dalam arti memenuhi persyaratan yang lebih ketat, harus mempertimbangkan dengan cermat cara mendapatkan campuran beton segar dan beton keras yang baik (Mulyono, 2015).

Pada kekuatan tarik dalam penelitian ini telah ditentukan dengan menggunakan percobaan benda uji yang berbentuk silinder (*the split cylinder*) dan diberikan beban secara tegak lurus terhadap sumbu longitudinal pada silinder dan diletakkan secara horizontal diatas pelat mesin. Berdasarkan Standar Nasional Indonesia 03-2491-

2002, tinggi kuat tarik belah beton (mutu beton) dari sampel silinder Ø15 cm dan tinggi 30 cm dikelompokkan menjadi Tabel 2.1 berikut ini.

Tabel 2. 1: Kuat tarik belah beton silinder Ø 15 dan tinggi 30 cm.

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

Adapun beberapa faktor yang mempengaruhi dalam perencanaan beton bermutu baik sebagai berikut:

- a. Spesifikasi dan jumlah semen yang digunakan.
- b. *w/c (water per cement)* rasio.
- c. Kualitas agregat dan interaksinya dengan pasta semen.
- d. Penambahan material yang digunakan.
- e. Waktu dan pemilihan prosedur bahan material penyusun beton.
- f. *Quality control*.

## 2.2 Penelitian Terdahulu

Adapun faktor pendukung dari penelitian ini beberapa jurnal terdahulu sebelum penelitian ini dilakukan antara lain:

1. Evaluation of Compressive and Tensile Strength of Self-Curing Concrete with the Addition of Broken Bricks as Additive Material (Abdul Hussain dkk., 2022)  
Kesimpulan: Kuat tarik belah pada umur 28 hari, kuat tarik umur 3, 7, dan 14 hari berkisar antara 20,3% sampai 78,8%. Hal ini mungkin disebabkan oleh hidrasi berkesinambungan yang dihasilkan dari proses pengawetan internal yang disediakan oleh pori-pori air pada batu bata yang dihancurkan.
2. Analysis on Concrete Made from Over Burned Bricks (Nilesh kumar dkk., 2017)  
Kesimpulan: Kuat lentur dan kuat tarik pada penggantian bata yang diganti setelah dibakar menurun dibandingkan dengan beton konvensional. Nilai *Slump*

atau *Workability* menurun dengan peningkatan penggantian setelah dibakar pada mutu beton M-25, M-30 dan M-35.

3. Influence of Waste Clay Bricks as Fine Aggregate On The Mechanical and Microstructural Properties of Concrete (Dang & Zhao, 2019)

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.

## 2.3 Bahan Penyusun Beton

### 2.3.1 Semen

Pada zaman dahulu, tanah liat basah dan kapur digunakan sebagai perekat untuk membangun bangunan. Semen adalah salah satu material bangunan yang sangat penting dalam industri konstruksi saat ini. Material ini memiliki fungsi untuk menyambung material bangunan lainnya.

Semen merupakan bubuk yang terbuat dari kapur dan bahan-bahan lain yang digunakan untuk membuat beton, merekatkan batu bata, dan membangun tembok. Bahan penyusun semen *Portland* berupa kapur, silika, aluminium, dan besi untuk mengendalikan pengerasan semen (Mulyono, 2015).

Standar Nasional Indonesia SNI 15-2049-2004 terdapat 5 jenis (type) semen ialah sebagai berikut:

- a. Semen tipe I merupakan semen standar yang sering di pakai sebagai bahan pembuatan beton untuk bangunan umum yang tidak memerlukan perlakuan khusus.
- b. Semen tipe II merupakan semen yang memiliki kandungan C3A. semen tipe ini digunakan untuk bangunan yang bersentuhan dengan air limbah dan dapat

digunakan untuk struktur pondasi yang tertanam pada tanah yang mengandung sulfat tinggi.

- c. Semen tipe III merupakan semen yang dapat menghasilkan panas hidrasi lebih cepat dibandingkan semen *Portland* lainnya sehingga dapat memberikan kekuatan awal yang lebih tinggi. Semen jenis ini memungkinkan untuk digunakan pada konstruksi yang memerlukan penggunaan segera setelah mengeras.
- d. Semen tipe IV merupakan semen yang memiliki kandungan C3S maksimal 35% dan kandungan C3A maksimal hanya 3%. Semen tipe ini memerlukan panas hidrasi yang rendah dan cocok digunakan pada konstruksi berskala besar atau bervolume besar dalam sebuah pengerjaannya.
- e. Semen tipe V merupakan semen yang memiliki ketahanan terhadap sulfat. Umumnya digunakan pada konstruksi yang bersentuhan dengan air laut, kanal, tangki limbah industri, dan bangunan yang bersentuhan dengan bahan kimia serta dapat digunakan pada konstruksi bawah tanah.

### 2.3.2 Air

Air merupakan komponen yang sangat penting pada pembuatan beton dikarenakan air berperan dalam reaksi kimia dengan semen. Kuantitas dan kualitas air harus dipilih dengan seksama, karena air berkontribusi pada pembentukan gel semen yang kuat. Air yang mengandung senyawa-senyawa yang berbahaya, yang tercemar garam, minyak, gula, atau bahan kimia lainnya, bila dipakai dalam campuran beton akan menurunkan kualitas beton, bahkan dapat mengubah sifat-sifat beton yang dihasilkan (Mulyono, 2015).

Berikut ialah pemakaian air untuk membuat beton dengan memenuhi persyaratan pada (SNI 03 – 2847 – 2002):

- a. Air yang digunakan pada campuran beton harus bersih dan bebas dari bahan-bahan merusak yang mengandung oli, asam, alkali, garam, bahan organik, atau bahan-bahan lainnya yang merugikan terhadap beton atau tulangan.
- b. Air pencampur yang digunakan pada beton prategang atau pada beton yang didalamnya tertanam logam aluminium, termasuk air bebas yang terkandung

dalam agregat, tidak boleh mengandung ion klorida dalam jumlah yang membahayakan.

### 2.3.3 Agregat Halus

Agregat merupakan bahan utama komposit beton yang berperan terhadap penyusutan dan memungkinkan penghematan biaya dalam produksi beton. Sebagian besar agregat yang digunakan adalah agregat alam seperti batu pecah, kerikil, dan pasir, yang berinteraksi secara kimia atau menjadi lembam saat dikombinasikan dengan semen. Agregat ini harus digradasi sehingga seluruh massa beton bertindak sebagai benda yang seragam, homogen, dan padat, dengan agregat yang lebih kecil berfungsi mengisi celah di antara agregat yang lebih besar.

Agregat merupakan komponen beton yang paling penting dalam menentukan ukuran beton. Kandungan agregat dalam campuran beton biasanya sangat tinggi. Berdasarkan sumber yang ada, komposisi agregat tersebut berkisar 60%-70% dari berat campuran beton. Walaupun fungsinya hanya sebagai pengisi, tetapi karena komposisinya yang cukup besar, agregat ini pun menjadi penting. Karena itu perlu dipelajari karakteristik agregat yang akan menentukan sifat mortar atau beton yang akan dihasilkan (Mulyono, 2015).

Menurut SNI 03-1970-2008, agregat halus (pasir) adalah mineral alam yang digunakan sebagai bahan pengisi campuran beton dengan ukuran partikel kurang dari 4,8 mm atau lolos dari ayakan no. 4 dan tertahan pada saringan no. 200. Agregat halus biasanya dihasilkan dari disintegrasi alami batuan alam atau pasir yang diperoleh dari alat pemecah batu pemecah batu (*stone crusher*).

Pada agregat halus ini harus bergradasi sedemikian rupa sehingga seluruh massa yang ada pada beton dapat berfungsi dengan baik sebagai benda utuh. Pasir sebagai bahan pengisi beton yang diaduk dengan semen dan air hingga membentuk adukan yang padat. Besar butiran pasir yaitu antara 0,15mm sampai dengan 5mm (Hamdi dkk., 2022).

Dalam SNI 7656:2012 kekasaran pasir dibagi menjadi 4 kelompok, tergantung gradasinya. Berikut merupakan gradasi agregat halus yang ada pada Tabel 2.2 dibawah ini.

Tabel 2. 2: Gradasi agregat halus.

Ukuran ayakan (mm)	Nomor ayakan (No.)	Berat tembus komulatif (%)			
		Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4
10	3/4"	100	100	100	100
4,8	no. 4	90 - 100	90 - 100	90 - 100	95 - 100
2,4	no.8	60 - 95	75 - 100	85 - 100	95 - 100
1,2	no.16	30 - 70	55 - 90	75 - 100	90 - 100
0,6	no.30	15 - 34	35 - 59	60 - 79	80 - 100
0,3	No. 50	5 - 20	8 - 30	12 - 40	15 - 50
0,15	No. 100	0 - 10	0 - 10	0 - 10	0 - 15

#### 2.3.4 Agregat Kasar

Menurut SNI 03-1970-2008, agregat kasar merupakan kerikil yang dihasilkan dari penguraian alami batu atau batu pecah dari industri pemecah batu dan ukuran butiran antara 4,75 mm (No.4) sampai 40 mm. Agregat kasar harus memenuhi persyaratan berikut:

1. Mempunyai bentuk yang keras dan tidak mempunyai pori, serta mengandung butiran pipih yang dapat digunakan jika proporsi butiran pipih tidak melebihi 20% dari berat total agregat.
2. Agregat kasar ini tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1%. jika kadar lumpur melebihi 1% maka agregat kasar dibersihkan terlebih dahulu.
3. Agregat ini tidak diperbolehkan untuk menambah segala bahan apapun yang dapat merusak beton.
4. Memiliki ukuran yang panjang tidak lebih dari 20%
5. Agregat dapat bereaksi dengan alkali boleh memakai bahan semen yang memiliki kadar alkali natrium oksida yang dapat membahayakan karena reaksi dari alkali-agregat.

Pada Standar Nasional Indonesia (SNI 7656:2012) gradasi agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 2.3 berikut ini.

Tabel 2. 3: Gradasi agregat kasar.

Ukuran Saringan (Ayakan)				Lolos Saringan (%)		
mm	SNI	ASTM	Inch	Ukuran maks 10	Ukuran maks 20	Ukuran maks 40
75	76	3 in	3	-	-	100-100
37,5	58	1,5 in	1,5	-	100-100	95-100
19	19	3/4 in	0,75	100-100	95-100	35-70
9,5	9,6	3/8 in	0,375	50-85	30-60	10-40
4,75	4,8	No.4	0,187	0-10	0-10	0-5

## 2.4 Batu Bata

Menurut SNI-2094-1991 batu bata merupakan unsur bahan bangunan yang digunakan untuk pembuatan konstruksi bangunan, dibuat dari tanah dengan atau tanpa campuran bahan-bahan lain, dibakar pada suhu yang cukup tinggi hingga tidak dapat hancur lagi bila direndam dalam air. Bahan dasar pembuatan batu bata terdiri dari lempung (tanah liat) 50%-60%, pasir sekitar 35%-50% dan air secukupnya (Ayu dkk., 2019).

Batu bata merah harus mempunyai rusuk-rusuk yang tajam dan siku, bidang sisi harus datar, tidak menunjukkan retak-retak dan perubahan bentuk yang berlebihan, tidak mudah hancur atau patah, warna seragam, dan berbunyi nyaring bila dipukul (Frapanti dkk., 2023).

Pada proyek konstruksi seringkali menghasilkan pecahan-pecahan batu bata khususnya bata bakar yang tidak terpakai menjadi sebagai limbah. Hal ini dapat mempengaruhi mobilitas dan estetika pada lokasi proyek. Salah satu solusi untuk mengurangi limbah pecahan batu bata tersebut adalah dengan memanfaatkan kembali atau mendaur ulang sisa pecahan batu bata atau menggunakan kembali pecahan batu bata bakar sebagai bahan material bangunan yang ramah terhadap lingkungan.

Bahan yang dibuat dari pecahan bata ini secara umum belum dipakai. Peneliti sudah banyak meneliti pemakaian agregat ini dalam campuran beton. Sifat agregat ini sangat dipengaruhi oleh bahan dasarnya yakni tanah liat. Pecahan bata yang halus bersifat: seperti pasir, sedikit menaikkan kekuatan mortar, dan menaikkan sifat hidrolis dari mortar (Mulyono, 2015).

Batu bata mempunyai beberapa kelebihan dan kekurangan khususnya di dalam dunia konstruksi antara lain sebagai berikut:

Kelebihan batu bata ialah sebagai berikut:

- a. Tidak mudah terbakar serta tahan terhadap cuaca.
- b. Memiliki keragaman bentuk, warna, serta ukuran yang ideal.
- c. Harga yang ekonomis dan mudah didapat khususnya di pengrajin bata atau panglong terdekat.

Kekurangan batu bata ialah sebagai berikut:

- a. Mempunyai bobot yang termasuk berat dengan ukuran batu bata tersebut.
- b. Mudah hancur jika terkena air dikarenakan penyerapan batu bata yang tinggi.
- c. Keterbatasan desain yang tidak mudah untuk dibentuk.

## **2.5 Slump Test**

Metode yang digunakan untuk mengetahui *workability* campuran beton adalah dengan cara pemeriksaan nilai *slump*. *Slump* merupakan perbedaan antara tinggi campuran dalam cetakan berbentuk kerucut dan tinggi campuran setelah cetakan dilepas. Nilai *slump* diukur setelah setiap penuangan campuran beton.

Pada pengujian *slump* dilakukan dengan menggunakan alat kerucut abras, yaitu kerucut terpancung dengan ukuran diameter bawah 20 cm, atas 10 cm dan tinggi 30 cm. *Slump* ditetapkan sesuai dengan kondisi pelaksanaan pekerjaan agar diperoleh beton yang mudah dituangkan dan dipadatkan atau dapat memenuhi syarat *workability* (Mulyono, 2015).

*Slump* yang di syaratkan untuk berbagai konstruksi dapat dilihat pada Tabel 2.4 berikut ini.

Tabel 2. 4: Nilai slump yang dianjurkan untuk berbagai pekerjaan konstruksi.

Tipe Konstruksi	<i>Slump</i> maks (cm)	<i>Slump</i> min (cm)
Pondasi beton bertulang (dinding dan pondasi telapak)	75	25
Pondasi telapak tanpa tulangan, pondasi tiang pancang, dinding bawah tanah.	75	25
Balok dan dinding bertulang	100	25
Kolom bangunan	100	25
Perkerasan dan pelat lantai Beton	75	25
Beton massa	50	25

## 2.6 Kuat Tarik Belah Beton

Menurut SNI 03-2491-2014, kuat tarik belah pada benda uji beton berbentuk silinder dilakukan dengan bertujuan untuk menentukan nilai kuat tarik/belah dari benda uji yang ditentukan dari hasil pembebanan, dengan benda uji diletakan mendatar atau sejajar dengan permukaan meja penekan mesin uji tekan.

Nilai kuat tarik belah beton tidak berbanding lurus, dan setiap upaya untuk meningkatkan kualitas kekuatan tekan hanya akan menghasilkan peningkatan kecil pada nilai kekuatan tarik. Sebagai aturan praktis, kekuatan tarik material beton normal hanya sekitar 9-15% dari kekuatan tekannya. Nilai hubungan kuat tarik belah terhadap kuat tekan beton. Ukuran nilai hubungan kuat tarik belah terhadap kuat tekan untuk beton ringan adalah  $f_{ct} = 0,332\sqrt{f_c}$  MPa-  $f_{ct} = 0,496\sqrt{f_c}$  MPa (Nilson dkk., 2007).

Benda uji yang akan digunakan merupakan benda uji berbentuk silinder, dilakukan secara seragam sepanjang arah diameter benda uji. Spesimen akan terbelah menjadi dua setelah mencapai kuat tarik belah beton tersebut. Pada kekuatan tarik belah beton dapat diperhitungkan dengan rumus sebagai berikut:

Rumus: 
$$T = \frac{2.P}{\pi.L.D}$$

Dimana:

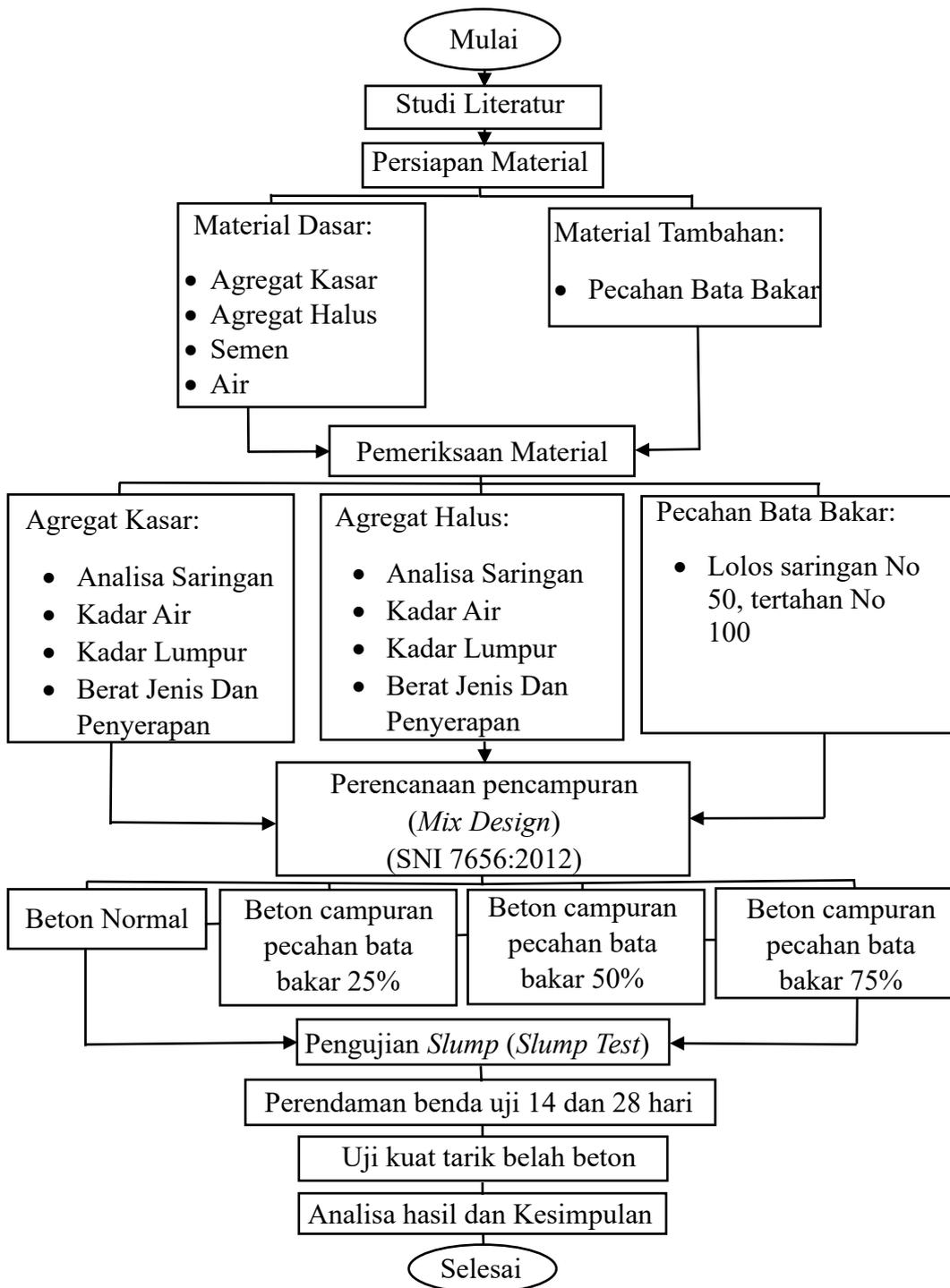
- $T$  = Kuat tarik belah beton (Mpa)
- $P$  = Beban maksimum pada saat benda uji terbelah (N)
- $L$  = Panjang benda uji (mm)
- $D$  = Diameter benda uji (mm)
- $\pi$  = Phi (22/7)

Adapun prosedur pengujian Kuat tarik belah beton ialah sebagai berikut:

- a. Menyiapkan benda uji silinder beton basah yang akan diuji.
- b. Membersihkan air yang menempel pada benda uji silinder.
- c. Gambarkan garis diametri pada kedua ujung benda uji silinder.
- d. Mencatat berat dan dimensi benda uji.
- e. Mengatur mesin uji kompresi ke rentang yang sejajar.
- f. Meletakkan benda uji di antara dua pelat pembebanan.
- g. Berikan bantalan kayu di bagian atas dan bawah benda uji.
- h. Turunkan pelat yang diatas hingga menyentuh bantalan kayu.
- i. Memberikan beban secara bertahap dengan kecepatan tertentu.
- j. Melakukan secara terus menerus diberi beban hingga benda uji terbelah.
- k. Catat beban putus ( $P$ ) pada benda uji.

**BAB 3**  
**METODE PENELITIAN**

**3.1 Diagram Alir Penelitian**



Gambar 3. 1: Bagan alir penelitian.

### 3.2 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Penelitian ini diawali dengan persetujuan Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, dilanjutkan dengan kajian pustaka yang meliputi: mencari jurnal referensi, rincian bahan yang digunakan, bagaimana penelitian ini dilakukan, dan lainnya. Penelitian tahap pertama dilakukan di Laboratorium Beton Program Penelitian Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, meliputi pengumpulan data primer untuk pengujian agregat dan percobaan campuran beton. Sebagai acuan dalam menyelesaikan tugas akhir ini, tidak dapat dipisahkan oleh data pendukung yang diambil dari sumber-sumber berikut ini.

#### 1. Data Primer

Adapun hasil yang telah didapat di laboratorium antara lain adalah sebagai berikut:

- a. Analisa saringan agregat (SNI ASTM C136:2012).
- b. Berat jenis dan penyerapan agregat halus (SNI 1970, 2016).
- c. Berat Jenis dan penyerapan agregat kasar (SNI 1969, 2016).
- d. Pemeriksaan berat isi agregat (SNI 1973:2008).
- e. Pemeriksaan kadar air agregat (SNI 1971-2011).
- f. Pemeriksaan kadar lumpur (SNI 03-4141, 1996).
- g. Perencanaan campuran beton (*mix design*) (SNI 7656-2012).
- h. Uji kekentalan adukan beton segar (*slump*) (SNI 1972-2008).
- i. Pembuatan dan perawatan benda uji beton (SNI 2493:2011).
- j. Uji kuat tarik belah beton (SNI 03-2491: 2014).

#### 2. Data Sekunder

Data sekunder ini didapat melalui beberapa buku (literatur) tentang struktur beton dan melalui proses konsultasi langsung dengan dosen pembimbing. Penelitian ini dapat dilakukan dengan data teknis pendukung sesuai dengan acuan SNI-7656:2012, PBI (Peraturan Beton Indonesia) dan jurnal penelitian terdahulu yang mendukung. Prosedur dalam penelitian ini dilakukan dan telah dijelaskan dalam sub bab bagian 3.1.

### **3.3 Lokasi Penelitian**

Penelitian tahap pertama dilakukan di Laboratorium Beton Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Jalan Kapten Muchtar Basri No. 3, Gelugur Darat II, Kecamatan Medan Timur, Kota Medan.

### **3.4 Bahan dan Peralatan**

#### **3.4.1 Bahan**

Adapun bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini ialah sebagai berikut:

1. Semen

Semen yang digunakan dalam penelitian ini merupakan semen Andalas tipe 1 PCC (*Portland Composite Cement*).

2. Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini merupakan pasir yang berasal dari Sei Wampu.

3. Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini merupakan batu kerikil yang berasal dari Sei Wampu.

4. Air

Air yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari PDAM Tirtanadi.

5. Batu Bata

Batu bata yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari tempat pengrajin/pabrik pembuatan bata bakar daerah Lubuk Pakam dengan variasi 25%, 50%, dan 75%.

#### **3.4.2 Peralatan**

1. Peralatan material yang dipakai dalam penelitian tersebut adalah sebagai berikut:

- a. Satu set saringan agregat halus
- b. Satu set saringan agregat kasar
- c. Timbangan digital

- d. Plastik ukuran 10 kg
2. Peralatan yang dipakai dalam pembuatan beton adalah sebagai berikut:
- a. Pan
  - b. Satu set alat slump test
  - c. Sekop tangan
  - d. Gelas ukur
  - e. Skrap
  - f. Cetakan silinder Ø 15 cm dan tinggi 30 cm
  - g. Vaseline
  - h. Sarung tangan
  - i. Ember
  - j. Mesin pengaduk beton

### **3.5 Persiapan Penelitian**

Setelah semua bahan yang dikumpulkan dan ditemukan tiba di lokasi, bahan tersebut disortir berdasarkan jenisnya untuk memudahkan tahap penelitian dan mencegah bahan tersebut tercampur dengan bahan lain yang menyebabkan menurunkan kualitas bahan. Bahan tersebut dibersihkan dengan air bersih agar terpisah oleh lumpur atau kotoran dari material, lalu keringkan material basah tersebut di bawah sinar matahari.

### **3.6 Pemeriksaan Material**

#### **3.6.1 Analisa Saringan**

Menurut (SNI ASTM C136:2012), metode ini merupakan pedoman pengujian untuk menentukan kualitas (mutu) agregat halus dan agregat kasar dengan menggunakan saringan (ayakan).

Prosedur pengujian analisis gradasi agregat dilakukan sebagai berikut:

1. Keringkan sampel di dalam oven pada suhu  $(110\pm 5)$  °C sampai beratnya konstan.

2. Timbang benda uji hingga mencapai berat yang dibutuhkan. Selanjutnya, susun saringan dengan saringan yang paling besar di atas. Lalu letakkan pan tersebut di paling bawah.
3. Kemudian masukkan sampel dari atas dan tutup bagian atas saringan dengan penutup saringan. Untuk mendapatkan hasil pengayakan yang maksimal, maka lakukan pengayakan menggunakan mesin pengayak selama 15 menit.

### 3.6.2 Berat Jenis Agregat Kasar

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

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

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

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

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

Dimana:

a = berat benda uji kering oven (gr)

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

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

Prosedur pengujian:

1. Material dicuci terlebih dahulu agar memisahkan lumpur atau kotoran lain yang melekat pada material.
2. Keringkan benda uji tersebut ke dalam oven pada suhu 105 °C sampai berat tetap.

3. Keluarkan benda uji tersebut pada oven, lalu benda uji didiamkan selama 1-3 jam.
4. Selanjutnya benda uji ditimbang dengan ketelitian 0,5 gr. lalu rendam benda uji dalam air selama 24 + 4 jam.
5. Selesai direndam, benda uji diletakkan ke dalam keranjang agar terpisah dari air, Lalu bersihkan dengan kain penyerap sampai selaput air pada permukaan hilang (jenuh permukaan kering/SSD). Untuk benda uji yang besar pengeringan harus satu persatu.
6. Kemudian timbang benda uji dalam keadaan jenuh (BJ SSD).
7. Benda uji dimasukkan ke dalam keranjang, lalu benda uji diguncangkan untuk mengeluarkan udara yang tersekap dan tentukan beratnya didalam air. Suhu air diukur untuk penyesuaian perhitungan kepada suhu standar 25 °C.

### 3.6.3 Berat Jenis Agregat Halus

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

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

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

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

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

Dimana:

a = berat benda uji kering oven (gr)

b = berat picnometer berisi air (gr)

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

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

Langkah-langkah pengujiannya ialah sebagai berikut:

1. Mempersiapkan alat dan bahan.
2. Agregat halus jenuh air dikeringkan sampai memenuhi persyaratan untuk sampel curah kering (SSD).
3. Masukkan sampel agregat halus kedalam cetakan kerucut pasir, lalu padatkan dengan tongkat pemadat dengan cara memukul sisi ke sisi dari cetakan sebanyak 25 kali.
4. Masukkan air kedalam piknometer sampai penuh lalu timbang dan catat hasilnya.
5. Membuang air tersebut dari piknometer.
6. Masukkan sampel agregat sebanyak 500 Gram kedalam piknometer, kemudian tuangkan air kedalam piknometer sampai penuh.
7. Mengguncang piknometer sampai gelembung udara keluar.
8. Tambahkan air setengah, lalu memanaskan piknometer dengan spritus selama  $\pm 15$  menit dan 5 menit dipanaskan, setelah itu guncangkan selama 1 menit, lakukan sampai 3 kali.
9. Kemudian rendam piknometer tersebut ke dalam ember yang berisi air selama 24 Jam.
10. Selesai direndam selama  $\pm 24$  jam, piknometer diangkat dan ditimbang berat sampel tersebut.

#### 3.6.4 Berat Isi Agregat

Menurut (SNI 1973:2008), penentuan berat isi dari campuran beton segar dan beberapa formula untuk menghitung volume produksi campuran, kadar semen, dan kadar udara dalam beton.

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

Dimana:

$M_c$  = Berat wadah ukur yang diisi agregat (kg)

$M_m$  = Berat wadah ukur (kg)

$V_m$  = Volume wadah ukur ( $\text{m}^3$ )

Prosedur pengujian:

1. Langkah pertama, silinder ditimbang kosong terlebih dahulu dan dicatat beratnya.
2. Kemudian benda uji dimasukkan dengan hati hati agar tidak terjadi pemisahan butiran, dari ketinggian maksimum 5 cm diatas silinder dengan menggunakan sekop sampai penuh.
3. Selanjutnya benda uji diratakan permukaannya dengan menggunakan mistar perata.
4. Kemudian silinder dan beserta isinya ditimbang kemudian mencatat beratnya tersebut.
5. Selanjutnya hitung berat benda uji tersebut.

### 3.6.5 Kadar Air Agregat

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

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

Dimana:

$W_3$  = Berat benda uji semula (gr)

$W_5$  = Berat benda uji kering (gr)

Adapun proses urutan pengujian yang akan dilakukan antara lain adalah sebagai berikut:

1. Langkah pertama, yaitu dengan menimbang dan mencatat berat talem ( $W_1$ ) tersebut.
2. Kemudian masukkan benda uji kedalam talem tersebut, lalu timbang dan catat beratnya ( $W_2$ ).
3. Hitunglah berat benda uji ( $W_3 = W_2 - W_1$ ).
4. Kemudian keringkan benda uji tersebut ke dalam oven pada suhu ( $110 \pm 5$ ) °C sampai beratnya tetap.

5. Selesai kering benda uji, lalu timbang dan catat berat benda uji beserta talem ( $W_4$ ).
6. Hitunglah berat dari benda uji kering ( $W_5 = W_4 - W_1$ ).

### 3.6.6 Kadar Lumpur Agregat

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

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

Dimana:

$B_0$  = Berat agregat sebelum pengujian (gr)

$B_1$  = Berat agregat setelah pengujian (gr)

Prosedur Pengujian:

- a. Langkah pertama, masukkan benda uji dengan berat 500 gram, lalu menimbangnya.
- b. Kemudian masukkan benda uji tersebut ke dalam wadah, dan beri air untuk mencuci secukupnya sehingga benda uji terendam.
- c. Kemudian wadah digucangkan sampai kotoran atau lumpur pada benda uji hilang dan ulangi pekerjaan di atas sampai kotoran tersebut hilang serta air cucian menjadi bersih.
- d. Selanjutnya yakni bahan tersebut dikembalikan kedalam wadah, kemudian seluruh bahan tersebut dimasukkan kedalam talem yang telah diketahui beratnya.
- e. kemudian benda uji dikeringkan ke dalam oven hingga mencapai berat tetap yang ditentukan.
- f. Selesai benda uji dikeringkan, lalu menimbang dan mencatat berat pada benda uji tersebut.
- g. Kemudian hitung berat bahan kering tersebut.

### 3.7 Pelaksanaan Penelitian

#### 3.7.1 Perencanaan Campuran Beton (*Mix design*)

Metode penelitian ini menggunakan metode perencanaan campuran beton sesuai standar SNI-7656:2012. Salah satu tujuan dari penelitian perencanaan campuran beton menurut standar SNI-7656:2012 adalah untuk menghasilkan beton yang mudah dalam pengolahan dan memenuhi standar pengolahan Indonesia. Derajat viskositas dan kemampuan proses dapat diperiksa dengan perangkat pengujian. Rencana campuran beton sesuai SNI-7656:2012 adalah sebagai berikut:

##### 1. Pemilihan *Slump*

*Slump* dapat ditambahkan menggunakan bahan tambahan kimia, jika beton yang ditambahkan campuran tersebut memiliki rasio air-semen atau rasio air-bahan yang sama atau lebih rendah dan tidak menunjukkan pemisahan yang signifikan atau gelembung yang berlebihan. Dalam hal metode pemadatan selain getaran, kemerosotan dapat ditingkatkan hingga 25 mm yang dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3. 1: Nilai *slump* yang disarankan pada konstruksi.

Tipe Konstruksi	Maksimum (cm)	Minimum (cm)
Dinding penahan dan Pondasi telapak	75	25
Pondasi telapak tanpa tulangan, pancang, dan dinding sub struktur	75	25
Balok dan dinding beton	100	25
Kolom struktur	100	25
Perkerasan dan slab	75	25
Beton massal	50	25

##### 2. Pemilihan ukuran besar butir agregat maksimum

Ukuran nominal maksimum agregat kasar dengan gradasi yang baik akan memiliki rongga yang lebih sedikit dibandingkan dengan agregat berukuran lebih kecil. Oleh karena itu, beton yang menggunakan agregat kasar membutuhkan campuran mortar yang lebih sedikit per satuan volume beton.

Ukuran nominal maksimum agregat pada prinsipnya sebaiknya yang terbesar yang dapat dicapai secara ekonomi dan sesuai dengan dimensi struktur/komponen.

Ukuran agregat nominal maksimum tidak boleh melebihi:

1.  $1/5$  dari ukuran terkecil dimensi antara dinding bekisting atau cetakan
2.  $1/3$  dari tebal pelat lantai
3.  $3/4$  jarak minimum antar masing-masing batang tulangan, berkas tulangan, atau tendon tulangan beton pra-tegang

Bila beton berkekuatan tinggi dibutuhkan, hasil terbaik yang diperoleh dengan mengurangi ukuran agregat nominal maksimum yang lebih rendah karena hal ini memberikan kekuatan lebih tinggi untuk rasio air-semen tertentu.

3. Perkiraan air pencampur dan kandungan udara

Banyak air pada setiap satuan isi beton yang diperlukan agar menghasilkan slump tertentu tergantung pada:

- a. Ukuran nominal maksimum, wujud partikel dan gradasi agregat
- b. Perkiraan kadar udara
- c. Temperatur beton
- d. Penggunaan tambahan kimia

*Slump* tidak dipengaruhi secara signifikan oleh jumlah semen atau bahan bersifat semen lain dalam tingkat pemakaian yang normal, perkiraan kebutuhan air untuk beberapa ukuran agregat dan target slump yang diinginkan.

Dalam perbedaan kebutuhan air tidak selalu ditunjukkan dalam kekuatan adanya faktor-faktor penyimpangan lainnya. Jika agregat kasar yang berbentuk bulat dan bersudut memiliki kualitas yang baik dan ukuran butiran yang sama, maka keduanya akan memiliki kekuatan tekan yang hampir sama ketika menggunakan jumlah semen yang sama, bahkan jika terdapat perbedaan kadar air. Diharapkan bahwa kekuatan yang tinggi beton dapat diproduksi. Rasio semen atau rasio air (semen + pozzolan) karena perbedaan kebutuhan pencampuran air. Bentuk partikel agregat tidak selalu menunjukkan apakah mereka akan memiliki kekuatan.

Ada beberapa hal yang perlu dipertimbangkan saat menentukan perkiraan kebutuhan air, termasuk penambahan bahan tambahan. Bahan tambahan digunakan untuk mengubah sifat beton untuk meningkatkan kemudahan pengerjaannya,

membuatnya lebih tahan lama dan ekonomis, serta memperpanjang atau memperpendek waktu pengerasannya. Mempercepat daya dan mengendalikan panas hidrasi. Bahan tambahan kimia digunakan dengan pertimbangan yang cermat.

#### 4. Pemilihan rasio air-semen atau rasio air-bahan bersifat semen

Nilai rasio w/c atau w/(c+p) yang akan dibutuhkan bergantung pada sejumlah faktor yang termasuk daya tahan serta persyaratan kekuatan. Agregat dan semen yang berbeda biasanya menunjukkan nilai kekuatan yang berbeda dengan rasio w/c atau w/(c+p) yang sama, sehingga perlu ditetapkan hubungan antara kekuatan dan w/c atau w/(c+p).

Pentingnya saya untuk melakukan hal itu. saya memilikinya. hubungan. Bahan-bahan sebenarnya yang akan digunakan. Jika data yang saya lakukan ini tidak tersedia, maka nilai estimasi dan historis untuk beton yang menggunakan semen *Portland* tipe I diberikan dalam tabel. Untuk bahan-bahan tertentu, nilai w/c atau w/(c+p) diberikan pada dalam tabel dengan berdasarkan hasil perawatan benda uji dengan umur 28 hari yang direndam dalam kondisi laboratorium standar. Menunjukkan kekuatannya. Kekuatan rata-rata yang dihasilkan melebihi kekuatan yang akan diperlukan dengan jumlah yang cukup untuk menoleransi hasil pengujian yang lebih rendah dalam rentang waktu yang dilihat pada Tabel 3.2 berikut ini.

Tabel 3. 2: Hubungan rasio air-semen, air-bahan dan kekuatan beton.

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

## 5. Perhitungan Kadar Semen

Pada jumlah semen per satuan volume beton ditentukan dari pengukuran pada contoh pada langkah 3 dan 4 di atas. Kebutuhan semen sama dengan perkiraan kadar air campuran (langkah 3) dibagi dengan rasio air-semen (langkah 4). Namun, jika persyaratannya mencakup persyaratan semen minimum di samping persyaratan kekuatan dan daya tahan, campuran harus didasarkan pada standar yang akan menghasilkan peningkatan penggunaan semen.

## 6. Perkiraan Kadar Agregat Kasar

Agregat dengan ukuran nominal maksimum dan gradasi yang sama, volume agregat tertentu (kondisi kering oven) per satuan volume beton yang dapat dilihat pada Tabel 3.3 sebagai berikut.

Tabel 3. 3: Volume agregat kasar per satuan volume beton (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

Dimana:

\* = Volume berdasarkan berat kering oven sesuai standar (SNI 03-4804-1998).

† = Menghitung modulus kehalusan menggunakan (SNI 03-1968-1990).

## 7. Perkiraan Kadar Agregat Halus

Bila berat volume beton dapat diasumsikan atau diperkirakan dari pengalaman, maka berat agregat halus yang dibutuhkan adalah selisih antara berat beton siap pakai dengan berat total bahan-bahan lainnya. Secara umum, berat satuan beton diketahui dengan cukup akurat berdasarkan pengalaman masa lalu dengan material sama.

Jika informasi tersebut tidak tersedia, tabel dapat digunakan sebagai perkiraan awal. Perkiraan berat beton per m<sup>3</sup> yang diberikan di atas merupakan perkiraan yang cukup kasar, tetapi cukup akurat sehingga proporsi campuran dapat dengan mudah disesuaikan berdasarkan campuran uji, seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 3.4 berikut ini.

Tabel 3. 4: Perkiraan awal berat beton segar sesuai standar (SNI 7656-2012).

Ukuran nominal agregat maksimum (mm)	Perkiraan awal berat beton (kg/m <sup>3</sup> )	
	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

Pada *slump* antara 75 mm dan 100 mm, jika setiap perbedaan 5 kg dalam campuran air, koreksi berat per m<sup>3</sup> adalah 8 dalam arah yang berlawanan. Beratnya akan menjadi kg. Untuk setiap perbedaan 20 kg kadar semen di atas 330 kg, koreksi berat sebesar 3 kg per m<sup>3</sup> dalam arah yang sama. Perbedaan berat jenis massa total bervariasi dari 0,1 hingga 2,7. Berat beton dikoreksi menjadi 60 kg pada arah yang

sama. Untuk beton aerasi, gunakan meja. Untuk setiap penurunan 1 kandungan udara dari jumlah tersebut.

Jika diperlukan perhitungan berat beton per m<sup>3</sup>, secara teori rumus berikut ini dapat digunakan:

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

Keterangan:

$U$  = Berat beton segar, kg/m<sup>3</sup>

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

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

$A$  = kadar udara (%)

$W$  = Syarat banyaknya air pencampur, kg/m<sup>3</sup>

$C$  = Syarat banyaknya semen, kg/m<sup>3</sup>

Untuk mendapatkan jumlah volume agregat halus yang dibutuhkan, volume satuan beton dikurangi dengan jumlah volume material yang diketahui, termasuk air, udara, material semen, dan agregat kasar. Volume beton sama dengan berat beton dibagi dengan kepadatan material.

#### 8. Penyesuaian Terhadap Kelembapan Agregat

Pada saat menimbang jumlah agregat pada beton, jumlah air yang diserap oleh agregat harus diperhitungkan. Secara umum, agregat berada dalam kondisi basah, sehingga berat keringnya harus meningkat sebesar persentase air yang dikandungnya (baik air yang diserap maupun air di permukaan). Jumlah setiap air pencampur yang ditambahkan ke campuran harus dikurangi dengan jumlah air bebas yang telah tersedia dari jumlah air dikurangi dengan air yang diserap.

Dalam beberapa hal yang mungkin perlu mencampur agregat kering. Kehilangan yang signifikan dapat terjadi jika penyerapan air (biasanya setelah perendaman selama satu hari) melebihi 1% dan struktur pori agregat menyebabkan sebagian besar penyerapan terjadi pada periode pengaturan awal. Meningkat seiring dengan berkurangnya campuran air. Jika partikel semen tidak dimasukkan ke dalam

agregat, rasio air-semen akan menurun karena penyerapan air yang belum mengeras.

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

## 9. Pengaturan Campuran Beton

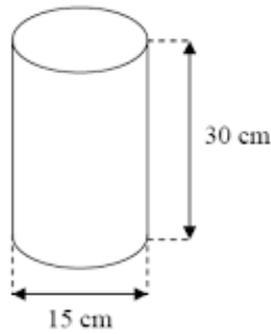
Keseimbangan yang dihasilkan harus diperiksa dengan menyiapkan campuran uji yang disiapkan dan diuji sesuai dengan SNI 2493:2011 atau dengan menguji sejumlah campuran di lokasi. Pada saat memilih volume pengujian, konsumsi air harus cukup untuk mencapai *slump* yang dibutuhkan. Beton harus diuji untuk berat satuan dan kekuatan luluh (SNI 1973:2008) dan kadar udara (SNI 1973:2008). Selain itu, juga harus diberikan pada kualitas pengolahan, bebas dari segregasi, dan jenis penyelesaian. Pengaturan yang harus sesuai dengan campuran-campuran sebagai berikut.

Pada setiap kebutuhan air campuran yang telah diperlukan untuk menghasilkan satu nilai *slump* yang sama dengan air campuran percobaan yang sama dan jumlah bersih air campuran dibagi dengan volume beton ( $m^3$ ) yang telah dihasilkan dari campuran benda uji. Jika campuran benda uji tidak mempunyai *slump* yang benar, maka kadar air harus ditambah atau dikurangi sebanyak  $2 \text{ kg}/m^3$  untuk setiap penambahan atau pengurangan kemerosotan sebesar 10 mm.

Berat beton segar kembali untuk setiap penyesuaian setara dengan berat beton segar dalam satuan  $\text{kg}/m^3$  dari percobaan, dikurangi atau ditambah pada persentase perubahan kadar air campuran yang diisyaratkan.

### 3.7.2 Pembuatan Benda Uji

Benda uji yang dibuat menggunakan cetakan yang berbentuk silinder dengan ukuran  $\text{Ø}15 \text{ cm}$  dan tinggi 30 cm dengan berjumlah 24 buah.



Gambar 3. 2: Benda uji silinder.

Langkah-langkah pengerjaannya ialah sebagai berikut:

1. Pembuatan balok benda uji beton normal
  - a. Alat-alat yang ingin digunakan sebaiknya dibersihkan terlebih dahulu, kemudian menimbang material-material yang akan digunakan sesuai dengan komposisi hasil *mix design*.
  - b. Siapkan molen yang sudah dilembabkan bagian dalamnya, lalu hidupkan mesin molen tersebut.
  - c. Kemudian tuangkan agregat kasar (kerikil), agregat halus (pasir), dan semen ke dalam mesin molen sampai ketiga bahan material tersebut tercampur dengan rata.
  - d. Setelah ketiga material tersebut tercampur dengan rata, lalu masukkan air sedikit demi sedikit.
  - e. Setelah semua tercampur rata, maka lakukan uji *slump test* untuk mengukur tingkat workability adukan.
  - f. Jika nilai *slump test* telah memenuhi persyaratan, lalu adukan beton dituangkan ke dalam cetakan silinder, dan dirojak sebanyak 25 kali agar campuran beton tidak ada rongga dan menjadi padat.
  - g. Selesai adukan beton dituang ke dalam silinder, kemudian diamkan selama 24 jam. Setelah 24 jam, cetakan tersebut dibuka kembali dan melakukan perawatan beton.
2. Pembuatan balok benda uji beton dengan campuran bata baka adalah sebagai berikut:

- a. Alat-alat yang ingin digunakan sebaiknya dibersihkan terlebih dahulu, kemudian menimbang material-material yang akan digunakan sesuai dengan komposisi hasil *mix design*.
- b. Siapkan molen yang sudah dilembabkan bagian dalamnya, lalu hidupkan mesin molen tersebut.
- c. Kemudian tuangkan agregat halus kedalam molen, dan masukkan campuran bata bakar yang telah lolos saringan no.50 dengan variasi yang sudah ditentukan.
- d. Kemudian masukkan agregat kasar.
- e. Lalu masukkan semen kedalam molen.
- f. Setelah keempat material tersebut tercampur rata, lalu masukkan air sedikit demi sedikit.
- g. Setelah tercampur rata, maka lakukan uji slump test untuk mengukur tingkat *workability* adukan.

Tabel 3. 5: Benda uji dan campuran beton.

No.	Kode Benda Uji	Semen	Agregat Kasar	Agregat Halus	Bata Bakar	Umur 14 hari	Umur 28 hari
1.	BN	100%	100%	100%	100%	3	3
2.	BBB 25%	100%	100%	75%	25%	3	3
3.	BBB 50%	100%	100%	50%	50%	3	3
4.	BBB 75%	100%	100%	25%	75%	3	3
Jumlah						24	

Keterangan:

BN = Beton Normal

BBB = Beton Bata Bakar

### 3.7.3 *Slump Test*

Menurut (SNI-1972, 2008) uji slump beton ini bertujuan untuk menyediakan langkah kerja bagi para pengguna untuk menentukan *slump* dari beton

semen hidrolis plastis. Cara uji ini memuat ruang lingkup, arti kegunaan, rangkuman dari cara uji, peralatan, langkah kerja, laporan serta ketelitian dan penyimpangan. Nilai *slump* yang akan ingin ditentukan dalam setiap campuran beton normal maupun beton dengan atau tanpa bahan tambahan (*admixture*).

Langkah-langkah pengerjaan untuk menentukan nilai *slump* yang benar adalah sebagai berikut:

1. Langkah Pertama, yaitu membasahi cetakan kerucut abrams dan platnya dengan air.
2. Kemudian letakkan kerucut abrams diatas plat yang telah dibasahi air.
3. Lalu mengisi kerucut abrams dengan 1/3 beton segar, kemudian padatkan dengan memakai batang logam secara merata dan melakukan rojokan /tusukan pada bagian tepi dengan menggunakan besi miring sesuai dinding cetakan. Pastikan besi yang dipakai menyentuh bagian bawah dan perlu melakukan penusukan sekitar 25 tusukan.
4. Lalu isi ulang kembali cetakan kerucut abrams dengan 1/3 bagian beton segar (2/3 beton segar dalam cetakan secara merata), kemudian lakukan kembali penusukan sebanyak 25 kali.
5. Mengisi kembali 1/3 beton segar ke dalam cetakan yang sesuai dengan langkah sebelumnya.
6. Selesai melakukan pemadatan pada beton segar, kemudian ratakan permukaan benda uji dengan sekop tangan. Dalam kisaran waktu ½ menit. Anda dapat membersihkan kelebihan beton di luar cetakan dan plat selama proses menunggu.
7. Setelah menunggu dibersihkan, lalu angkat cetakan secara perlahan dengan tegak lurus ke atas.
8. kemudian mengukur nilai *slump* dengan cara membalikkan kerucut abrams tepat di samping beton segar dengan memakai beda tinggi rata-rata dari benda uji.
9. Toleransi dalam nilai *slump test* pada campuran penyusun beton segar kurang lebih 2 cm.
10. Jika nilai *slump* sudah sesuai dengan standar, maka beton segar tersebut dapat dipakai.

### 3.7.4 Perawatan Benda Uji

Setelah beton dikeluarkan dari cetakan, maka dilakukan perendaman. Maksud direndam adalah untuk perawatan menjaga kelembaban beton selama proses kimia pengikatan semen (Ayu dkk., 2019).

### 3.7.5 Pengujian Kuat Tarik Belah

Pengujian kuat tarik belah beton dilakukan sesuai pedoman SNI 03-2491: 2014. Pengujiannya dengan meletakkan benda uji dengan posisi berbaring lurus pada alat uji, lalu berikan beban secara merata dari atas pada seluruh panjang silinder hingga benda uji terbelah menjadi dua bagian.



Gambar 3. 3: *Compression Testing Machine (CTM).*

Tabel 3. 6: Jumlah persentase contoh sampel pengujian kuat tarik belah beton.

No.	Persentase Campuran Beton	Umur beton (14 hari)	Umur beton (28 hari)
1.	Beton Normal	3 Buah	3 Buah
2.	Beton Bata Bakar 25%	3 Buah	3 Buah
3.	Beton Bata Bakar 50%	3 Buah	3 Buah
4.	Beton Bata Bakar 75%	3 Buah	3 Buah
<i>Jumlah</i>		24 Buah	

## **BAB 4**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Tinjauan Umum**

Dalam hasil penelitian yang telah dilakukan perlu untuk melakukan analisa data dalam mendapatkan tujuan serta hasil yang telah direncanakan. Hasil penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, yang diawali dengan pemeriksaan material, perencanaan campuran beton, pencampuran material penyusun beton (*Mix Desain*) serta melakukan pengujian kuat tarik belah beton.

#### **4.2 Hasil Pemeriksaan Agregat**

Dalam hasil pemeriksaan agregat, baik agregat halus maupun agregat kasar yang telah dilakukan mengacu pada panduan Standar Nasional Indonesia (SNI) tentang pemeriksaan agregat.

#### **4.3 Pemeriksaan Agregat Halus**

Dalam penelitian ini, penggunaan material agregat halus penelitian ini menggunakan pasir alam yang berasal dari daerah Kabupaten Sei Wampu, Kota Binjai. Pada pemeriksaan material agregat halus dilakukan dalam pengujian berat jenis dan penyerapan air (*absorption*), kadar air, kadar lumpur, analisa saringan, dan berat isi.

##### **4.3.1 Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus**

Pengujian berat jenis dan penyerapan air (*absorption*) dalam pemeriksaan agregat halus sangat penting untuk memeriksa hasil yang akan mengacu pada panduan Standar Nasional Indonesia (SNI 1970, 2016). Hasil analisa dari pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1: Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus.

<b>Agragat Halus Lolos Ayakan No 4</b>	<b>Sampel 1 (Gr)</b>	<b>Sampel 2 (Gr)</b>	<b>Rata Rata</b>
berat contoh ssd kering permukaan jenuh (B)	500,0	500,0	500,0
berat setelah oven (E)	495,0	490,0	492,5
berat piknometer penuh air (D)	670,0	660,0	665,0
berat contoh SSD + piknometer +air (C)	970,0	965,0	967,5
berat jenis contoh kering ( $E/(B+D-C)$ )	2,475	2,513	2,494
berat jenis contoh SSD ( $B/(B+D-C)$ )	2,500	2,564	2,532
berat jenis contoh semu ( $E/(E+D-C)$ )	2,538	2,649	2,594
Penyerapan $(B-E)/E \times 100\%$	1,010	2,041	1,525

Didapat dari hasil pengujian berat jenis ialah, Berat jenis kering rata-rata sebesar 2,53 dan diklasifikasikan sebagai agregat normal karena nilainya masih dalam batas yang diijinkan yaitu antara 2,2 – 2,8. Penyerapan air (*absorption*) yang didapat dari hasil pengujian yaitu sebesar 1,52%. Nilai ini menunjukkan kemampuan agregat halus dalam menyerap air dari keadaan kering mutlak sampai jenuh kering maka sebesar 1,52% dari berat kering agregat tersebut.

#### **4.3.2 Kadar Air Agregat Halus**

Pengujian pemeriksaan kadar air agregat halus mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI 1971, 2011) tentang kadar air agregat. Hasil dari pengujian pemeriksaan kadar air agregat halus yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4. 2: Hasil data pengujian kadar air agregat halus.

<b>FINE AGREGAT</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
<i>Wt Of SSD Sample &amp; Mold</i> (Berat Contoh SSD dan Berat Wadah) gr	1155	1155
<i>Wt Of Oven Dray Sample &amp; 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 analisa pengujian kadar air agregat halus didapat nilai rata-rata kadar air sebesar 3,36 %. Sampel pertama didapat hasil nilai kadar air sebesar 3,63% dan sampel kedua didapat hasil kadar air sebesar 3,09%.

#### 4.3.3 Kadar Lumpur Agregat Halus

Pengujian kadar lumpur agregat halus berpedoman pada (SNI 03-4141, 1996). Hasil dari pengujian kadar lumpur dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4. 3: Data hasil pengujian kadar lumpur agregat halus.

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

Nilai yang diperoleh dari pengujian kadar lumpur agregat halus percobaan pertama sebesar 1% dan percobaan kedua sebesar 0,6%, maka persentase kadar lumpur rata-rata 0,8 %. Hasil ini masih dalam batas yang diijinkan yaitu maksimal 5% (SNI 03-4141, 1996), sehingga agregat halus tersebut tidak perlu dicuci sebelum digunakan.

#### 4.3.4 Analisa Saringan Agregat Halus

Pengujian pemeriksaan analisa saringan agregat halus mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI ASTM C136:2012) tentang analisa saringan. Hasil dari pengujian analisa saringan agregat halus yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4. 4: Data hasil pengujian analisa saringan agregat halus.

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

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

Hasil dari pemeriksaan analisa saringan agregat halus dalam percobaan ini maka didapat nilai FM sebesar 3,54%. Nilai tersebut masih diijinkan sebagai termasuk agregat halus, dimana nilai yang diijinkan sebesar 1,5% - 3,8%.

#### 4.3.5 Berat Isi Agregat Halus

Pengujian berat isi agregat halus berpedoman pada (SNI 1973:2008). Hasil dari pengujian berat isi agregat halus dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4. 5: Hasil pengujian berat isi agregat halus.

Agregat Halus	Satuan	Cara			Rata-rata
		Lepas	Tusuk	Goyang	
Berat Contoh	gr	5010	5565	5270	5281,6667
Berat Wadah	gr	1540	1540	1540	1540
Berat Contoh - Wadah	gr	3470	4025	3730	3741,6667
Volume wadah	cm <sup>3</sup>	2461,76	2461,76	2461,76	2461,76
Berat Isi	gr/cm <sup>3</sup>	1,41	1,64	1,52	1,52

Berdasarkan hasil dari pengujian berat isi agregat halus yang diperoleh terdapat nilai lepasnya sebesar 1,41, nilai tusuknya sebesar 1,64, dan nilai goyangnya sebesar 1,52. Maka nilai rata-rata hasil dari pengujian berat isi agregat halus adalah sebesar 1,52.

#### 4.4 Pemeriksaan Agregat Kasar

Pemeriksaan agregat kasar menggunakan batu pecah yang berasal dari daerah Kabupaten Sei Wampu, Kota Binjai, Dalam pemeriksaan agregat kasar dilakukan material untuk meliputi beberapa pengujian yaitu, pengujian berat jenis dan penyerapan (*absorption*), kadar air, kadar lumpur, analisa saringan, dan berat isi.

##### 4.4.1 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Pengujian berat jenis dan penyerapan air (*absorption*) agregat kasar berpedoman pada (SNI 1969, 2016). Hasil dari pengujian berat jenis dan penyerapan air (*absorption*) dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4. 6: Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar.

<b>Agragat Halus Lolos Ayakan No 3/8</b>	<b>1 (Gr)</b>	<b>2 (Gr)</b>	<b>Rata Rata</b>
Berat Contoh Ssd Kering Permukaan Jenuh (A)	2002	2005	2003,5
Berat Setelah Oven (C)	1245	1250	1247,5
Berat Contoh Jenuh (B)	1965	1970	1967,5
Berat Jenis Contoh Kering (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

Didapat dari hasil pengujian berat jenis ialah, Berat jenis kering rata-rata sebesar 2,65 dan diklasifikasikan sebagai agregat normal karena nilainya masih dalam batas yang diijinkan yaitu antara 2,2 – 2,9. Penyerapan air (*absorption*) yang didapat dari hasil pengujian yaitu sebesar 1,83%. Nilai ini dapat menunjukkan kemampuan agregat kasar dalam menyerap air dari keadaan kering mutlak sampai jenuh kering maka nilai tersebut sebesar 1,83% dari berat kering agregat kasar tersebut.

#### 4.4.2 Kadar Air Agregat Kasar

Pengujian kadar air agregat kasar mengacu pada (SNI 1971, 2011) tentang kadar air agregat. Hasil dari pengujian pemeriksaan kadar air agregat halus yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4. 7: Hasil pengujian kadar air agregat kasar.

<b>COARSE AGREGAT</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
<i>Wt Of SSD Sample &amp; Mold</i> (Berat Contoh SSD dan Berat Wadah) gr	1700	1700
<i>Wt Of Oven Dray Sample &amp; 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 hasil analisa pengujian kadar air agregat kasar didapat nilai rata-rata kadar air sebesar 0,83 %. Dalam pengujian kadar air agregat kasar dilakukan dengan dua sampel yang digunakan, sampel pertama didapat hasil nilai kadar air sebesar 1,34% dan sampel kedua didapat hasil kadar air sebesar 0,33%.

#### 4.4.3 Kadar Lumpur Agregat Kasar

Pemeriksaan material pengujian kadar lumpur agregat kasar mengacu pada pedoman Standar Nasional Indonesia (SNI 03-4141, 1996) tentang kadar lumpur agregat. Hasil dari pengujian kadar lumpur agregat kasar yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4. 8: Hasil pengujian kadar lumpur agregat kasar.

<b>Agregat Kasar Lolos Saringan No .3/8 mm</b>	<b>Contoh I</b>	<b>Contoh II</b>	<b>Rata-rata</b>
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

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

#### 4.4.4 Analisa Saringan Agregat Kasar

Pengujian analisa saringan mengacu pada (SNI ASTM C136:2012). Hasil dari pengujian analisa saringan agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4. 9: Hasil pengujian analisa saringan agregat kasar.

<i>Sieve Size</i>	<i>Retained Fraction</i>				<i>Cumulative</i>	
	<i>Sampel 1</i>	<i>Sampel 2</i>	<i>Total Weight (Gr)</i>	<i>Retained (%) (% Berat Tertahan)</i>	<i>Cum Retained (% Kum Berat Tertahan)</i>	<i>Passing (% Berat Yang Lolos)</i>
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 hasil pemeriksaan analisa saringan agregat kasar dalam percobaan ini maka didapat nilai FM sebesar 6,98%. Nilai tersebut masih dapat diijinkan untuk

yang termasuk sebagai agregat kasar, dimana nilai yang diijinkan dibawah 6 - 7% (ASTM C33 – 93).

#### 4.4.5 Berat Isi Agregat Kasar

Pengujian berat isi agregat kasar berpedoman pada (SNI 1973:2008). Hasil dari pengujian berat isi agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4. 10: Hasil pengujian 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
Berat contoh-wadah	gr	4465	4715	4781	4653,6667
Volume wadah	cm <sup>3</sup>	2461,76	2461,76	2461,76	2461,76
Berat isi	gr/cm <sup>3</sup>	1,81	1,92	1,94	1,89

Berdasarkan hasil dari pengujian berat isi agregat kasar yang diperoleh terdapat nilai lepasnya sebesar 1,81, nilai tusuknya sebesar 1,92, dan nilai goyangnya sebesar 1,94. Maka nilai rata-rata dari pengujian berat isi agregat kasar adalah sebesar 1,89.

#### 4.5 Perencanaan Campuran Beton dan Bahan Kebutuhan

Dalam perencanaan campuran beton dan kebutuhan bahan, penulis akan menganalisis data-data yang didapat dari hasil pengujian material yang telah selesai dilaksanakan. Hasil pengujian material akan digabungkan untuk nilai perencanaan campuran beton yang akan direncanakan serta memenuhi kebutuhan bahan untuk membuat beton.

##### 4.5.1 Perencanaan Campuran Beton (*Mix Desain*)

Setelah melakukan pemeriksaan material dasar, maka didapat nilai yang diperoleh untuk perencanaan campuran penyusun beton (*Mix Design*) dengan

kekuatan rencana 25 Mpa. Perencanaan campuran penyusun beton dilaksanakan sesuai dengan pedoman pada Standar Nasional Indonesia (SNI 7656:2012) yang dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4. 11: Hasil campuran penyusun beton (*Mix Desain*).

No	Data	Satuan	Nilai
1	Berat Jenis Agregat Kasar	Gr/Cm <sup>3</sup>	2,65
2	Berat Jenis Agregat Halus	Gr/Cm <sup>3</sup>	2,53
3	Kadar Lumpur Agregat Kasar	%	0,6
4	Kadar Lumpur Agregat Halus	%	0,8
5	FM Agregat Kasar	%	6,98
6	FM Agregat Halus	%	3,54
7	Kadar Air Agregat Kasar	%	0,83
8	Kadar Air Agregat Halus	%	3,36
9	Berat Isi Agregat Kasar	%	1,98
10	Berat Isi Agregat Halus	%	1,52
11	Penyerapan Agregat Kasar	%	1,83
12	Penyerapan Agregat Halus	%	1,52
13	Nilai Slump Rencana	Mm	75 - 100
14	Ukuran Agregat Maksimum	Mm	19

Berikut merupakan masing-masing bahan per m<sup>3</sup> beton dari campuran penyusun beton (*Mix Design*) dengan pedoman sesuai Standar Nasional Indonesia SNI 7656: 2012, sebagai berikut;

1. Perencanaan campuran beton yang akan dibuat ialah beton tanpa tambahan udara, dikarenakan beton tidak terkena pemaparan tingkat tinggi. Dalam Tabel

4.12, banyaknya air campuran untuk beton tanpa tambahan udara dengan slump 75 mm sampai dengan 100 mm.

Tabel 4. 12: Rasio air, kadar udara dan ukuran agregat maksimum batu pecah.

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. Hubungan rasio air-semen (w/c) atau rasio air-bahan bersifat semen  $\{w/(c+p)\}$  dengan kekuatan rencana 25 Mpa

Menurut SNI 7656:2012, perencanaan campuran percobaan beton untuk membuktikan hubungan antara kekuatan atau nilai kekuatan kembali dari campuran beton, harus menggunakan air pencampuran dan kadar udara yang paling kecil.

Tabel 4. 13: Rasio air semen dengan kekuatan rencana 25 Mpa.

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

Dari data yang didapatkan pada Langkah 1 dan langkah 2 diatas, maka kadar semen yang digunakan adalah  $205: 0,61 = 336,07$  kg.

### 4. Berat kering agregat kasar

Agregat dengan ukuran nominal maksimum dan gradasi yang sama akan menghasilkan beton dengan sifat pengerjaan yang memuaskan bila sejumlah tertentu volume agregat (kondisi kering oven) dipakai untuk tiap satuan volume beton. Volume agregat kasar per satuan volume beton yang dapat dilihat pada Tabel 4.14.

Tabel 4. 14: Hasil 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 jumlah air, semen, dan agregat kasar yang telah diketahui, maka bahan lain yang akan digunakan untuk membuat 1 m<sup>3</sup> beton ialah agregat halus

dan udara yang terperangkap, banyaknya agregat halus dapat ditentukan berdasarkan berat atau volume absolut pada Tabel 4.15 sebagai berikut:

Tabel 4. 15: Hasil 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

Pada Tabel 4.15 diatas, massa 1 m<sup>3</sup> beton tanpa tambahan udara yang dibuat dengan agregat berukuran nominal maksimum 19 mm, diperkirakan sebesar 2345 kg, untuk sampel campuran percobaan pertama, pengaturan pasti nilai ini akibat adanya perbedaan *slump*, faktor semen, dan berat jenis agregat tidaklah begitu penting,

#### 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:

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

g. Berat agregat halus kering yang dibutuhkan:

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

#### 7. Perbandingan berat

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

Tabel 4. 16: Hasil perbandingan berat.

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

#### 8. Koreksi terhadap kandungan air

Pengujian kadar 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 m<sup>3</sup> 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

#### 4.5.2 Kebutuhan Bahan Beton

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

1. Benda uji yang dibuat adalah silinder sebanyak 24 benda uji

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

Kebutuhan material untuk satu benda uji

Air (yang ditambahkan)	= 0, 0053 m <sup>3</sup> x 185,08 Kg	= 0,98 kg
Semen	= 0, 0053 m <sup>3</sup> x 336,07 Kg	= 1,78 kg
Ag. Kasar (Basah)	= 0, 0053 m <sup>3</sup> x 1016,56 kg	= 5, 39 kg
Ag. Halus (Basah)	= 0, 0053 m <sup>3</sup> x 847, 71Kg	= 4, 49 kg
Pecahan bata bakar	= 5, 39 kg x 25%	= 1, 35 kg
Pecahan bata bakar	= 5, 39 kg x 50%	= 2,69 kg
Pecahan bata bakar	= 5,39 kg x 75%	= 4,04 kg

Tabel 4. 17: Kebutuhan bahan material untuk 1 benda uji.

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

Maka kebutuhan bahan untuk satu kali adukan ialah  $3 \times 0,0053 = 0,0159$  m<sup>3</sup>. Sehingga dapat diperoleh seluruh nilai kebutuhan bahan beton untuk campuran dalam setiap variasi beton pada satu kali adukan dapat dilihat pada Tabel 4.18 sebagai berikut.

Tabel 4. 18: Kebutuhan material untuk 3 benda uji.

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

#### 4.6 Pengujian *Slump Test*

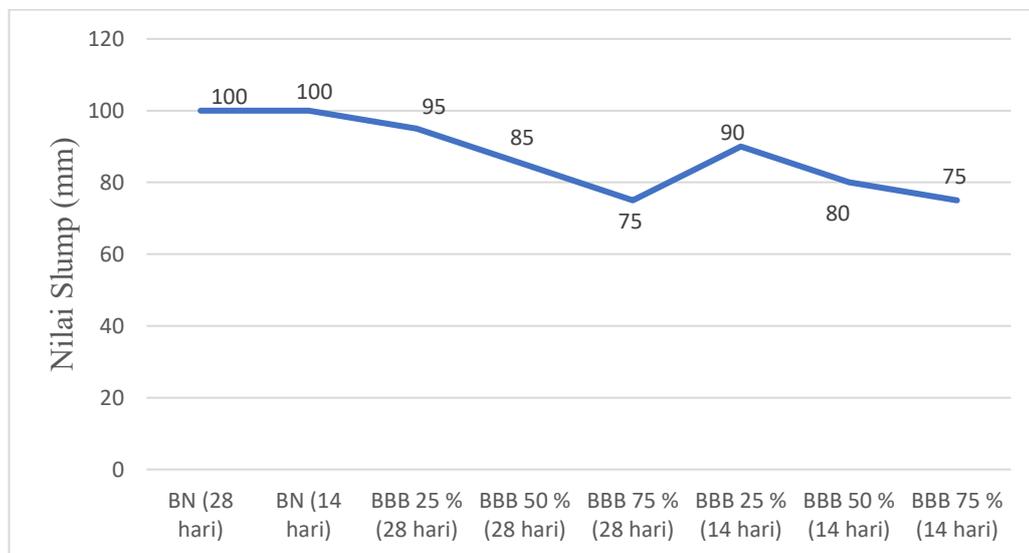
Pengujian *slump test* bertujuan untuk meningkatkan (*workability*) pada pekerjaan konstruksi. Nilai *slump* yang sesuai dengan perencanaan akan mengetahui suatu mutu beton yang akan digunakan.

Penelitian ini memiliki nilai *slump test* direncanakan sebesar 75 mm sampai 100 mm. Berikut hasil dari pengujian *slump test* beton normal dan beton variasi campuran limbah beton dapat dilihat pada Tabel 4.19 berikut ini.

Tabel 4. 19: Hasil pengujian *slump test*.

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

Hasil dari tabel 4.19 terdapat perubahan diameter *slump test* pada setiap campuran limbah beton, berikut grafik *slump test* dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4. 1: Grafik nilai pengujian *slump test*.

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

mendapatkan nilai *slump* 85 mm dan 80 mm, serta untuk BBB 75% umur 28 dan 14 hari didapat nilai *slump* sebesar 75 mm.

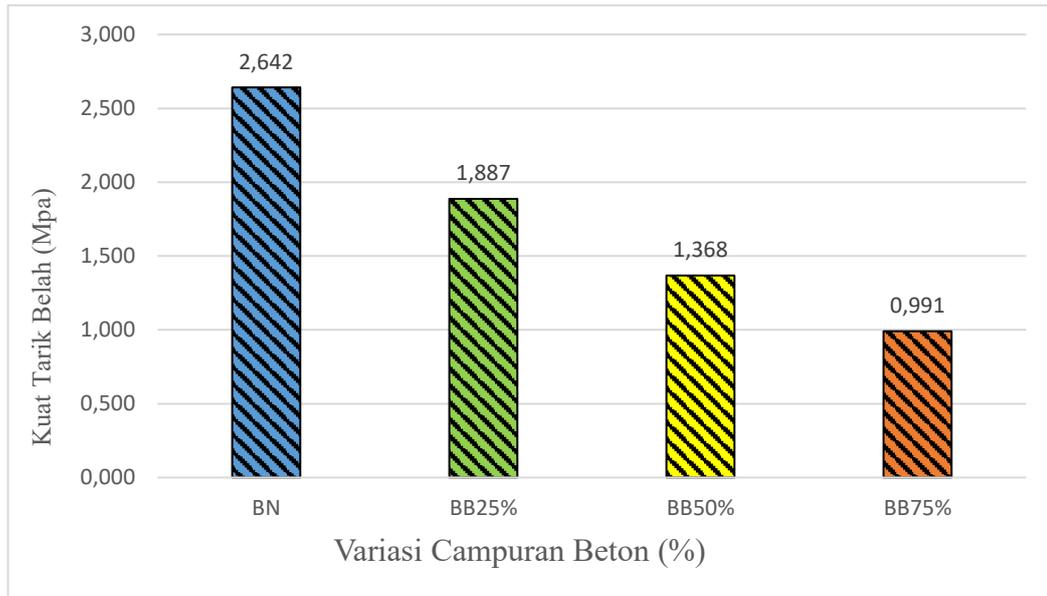
Dari hasil tersebut, didapati bahwa nilai *slump* semakin menurun. Hal ini dikarenakan semakin banyak campuran batu bata yang mengganti pasir maka semakin kental campuran betonnya. Oleh karena itu, beton dengan penggantian sebagian pasir dengan batu bata memiliki *workability* yang lebih rendah dibandingkan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

#### 4.7 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Pengujian kuat tarik belah beton memiliki kekuatan rencana 25 Mpa yang mengacu pada pedoman Standar Nasional Indonesia (SNI 03-2491-2014). Hasil dari pengujian kuat tarik belah beton pecahan bata bakar dengan perendaman umur 14 hari dan 28 hari dapat dilihat pada Tabel 4.20 dan Tabel 4.21 sebagai berikut.

Tabel 4. 20: Hasil pengujian kuat tarik belah beton umur 14 hari.

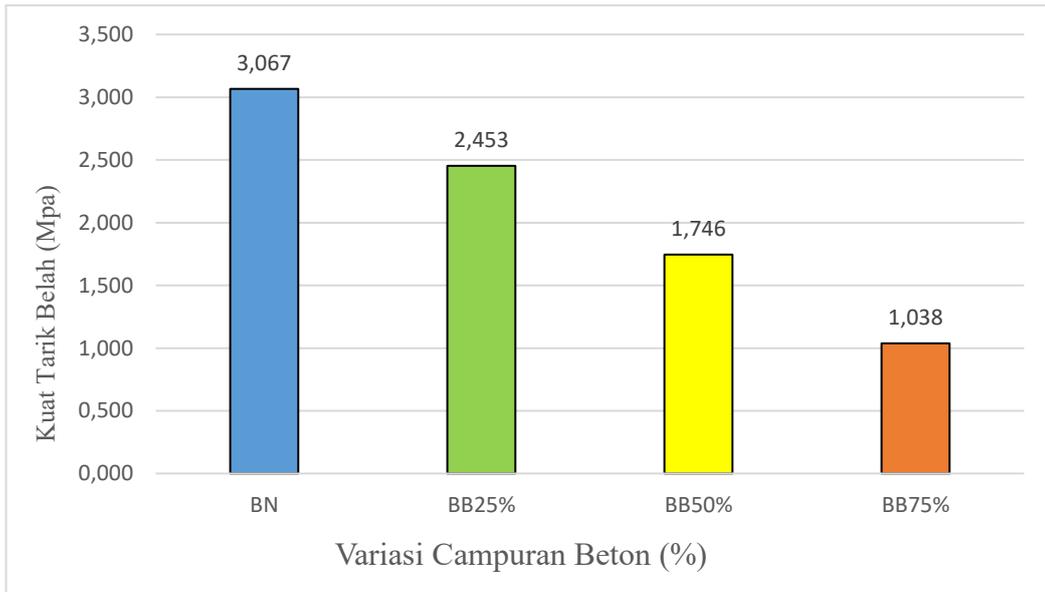
Benda Uji	Kode Variasi Beton	Umur (hari)	$\pi$ LD (mm)	Tarik Aktual (Kn)	Kuat Tarik (Mpa)	Rata rata
1	BN	14	141300	190	2,689	2,642
2		14	141300	170	2,406	
3		14	141300	200	2,831	
1	BBB 25%	14	141300	150	2,123	1,887
2		14	141300	130	1,840	
3		14	141300	120	1,699	
1	BBB 50%	14	141300	90	1,274	1,368
2		14	141300	100	1,415	
3		14	141300	100	1,415	
1	BBB 75%	14	141300	60	0,849	0,991
2		14	141300	80	1,132	
3		14	141300	70	0,991	



Gambar 4. 2: Grafik nilai rata-rata kuat tarik belah beton umur 14 hari.

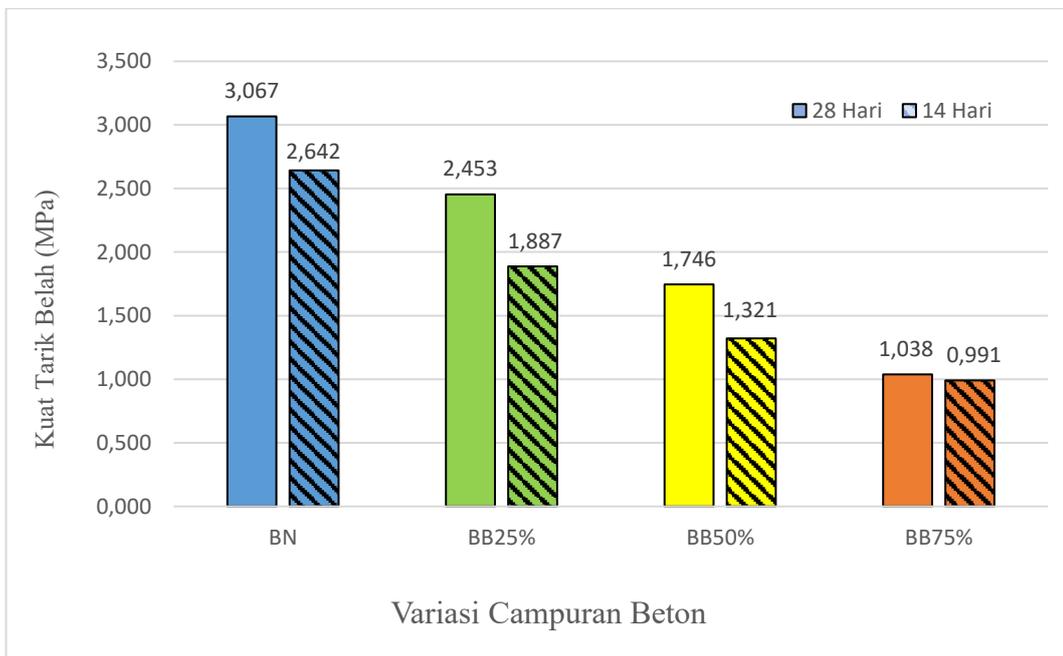
Tabel 4. 21: Hasil pengujian kuat tarik belah beton umur 28 hari.

Benda Uji	Kode Benda Uji	Umur (hari)	$\pi$ LD (mm)	Tarik Aktual (Kn)	Kuat Tarik (Mpa)	Rata rata
1	BN	28	141300	240	3,397	3,067
2		28	141300	210	2,972	
3		28	141300	200	2,831	
1	BBB 25%	28	141300	200	2,831	2,453
2		28	141300	170	2,406	
3		28	141300	150	2,123	
1	BBB 50%	28	141300	140	1,982	1,746
2		28	141300	110	1,557	
3		28	141300	120	1,699	
1	BBB 75%	28	141300	70	0,991	1,038
2		28	141300	70	0,991	
3		28	141300	80	1,132	



Gambar 4. 3: Grafik nilai rata-rata kuat tarik belah beton umur 28 hari.

Dari grafik nilai rata-rata umur beton 14 hari dan 28 hari, maka didapat nilai rata-rata grafik keseluruhan beton 14 hari dan 28 hari dapat dilihat pada Gambar 4.4 sebagai berikut.



Gambar 4. 4: Grafik nilai keseluruhan rata-rata beton 14 hari dan 28 hari.

Berdasarkan Gambar 4.4 diatas, maka nilai hasil pengujian nilai kuat tarik belah beton umur 14 hari didapat nilai rata-rata kuat tarik belah beton normal yakni sebesar 2,642 Mpa, beton BBB 25% sebesar 1,887 Mpa, beton BBB 50% sebesar

1,321 Mpa, beton BBB 75% sebesar 0,991 Mpa, sedangkan hasil pengujian nilai kuat tarik belah beton umur 28 hari didapat nilai rata-rata kuat tarik belah beton normal yakni sebesar 3,067 Mpa, beton BBB 25% sebesar 2,453 Mpa, beton BBB 50% sebesar 1,746 Mpa, beton BBB 75% sebesar 1,038 Mpa.

Dari penjelasan diatas, semakin kecil variasi penggunaan pecahan bata bakar semakin mendekati hasil nilai kuat tarik belah dengan beton normal tetapi jika semakin besar variasi persentasenya, maka hasilnya akan sangat jauh didapat. Hal ini terjadi karena saat pencampuran agregat halus pada pecahan bata 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 persentase yang lebih besar mendapatkan nilai yang jauh disebabkan karena pecahan bata bakar lebih banyak menggantikan agregat halus maka itu kuat tarik belahnya lebih rendah.

Perhitungan perbandingan hasil nilai pengujian kuat tarik beton normal terhadap beton pecahan batu bata bakar umur 14 hari dapat dilihat dari perhitungan sebagai berikut.

1. Variasi BBB 25 % (Beton Bata Bakar 25%)

$$\begin{aligned}
 &= \frac{BBB\ 25\% - BN}{BN} \times 100\% \\
 &= \frac{1,887 - 2,642}{2,642} \times 100\% \\
 &= - 28,57\%
 \end{aligned}$$

2. Variasi BBB 50 % (Beton Bata Bakar 50%)

$$\begin{aligned}
 &= \frac{BBB\ 50\% - BN}{BN} \times 100\% \\
 &= \frac{1,321 - 2,642}{2,642} \times 100\% \\
 &= - 48,21\%
 \end{aligned}$$

3. Variasi BBB 75 % (Beton Bata Bakar 75%)

$$\begin{aligned}
 &= \frac{BBB\ 75\% - BN}{BN} \times 100\% \\
 &= \frac{0,991 - 2,642}{2,642} \times 100\% \\
 &= - 62,50\%
 \end{aligned}$$

Nilai kuat tarik belah beton normal umur 14 hari sebesar 2,642 MPa, sementara kuat tarik belah beton bata bakar 25% mengalami penurunan sebesar -28,57 %, penambahan bata bakar 50% mengalami penurunan sebesar -48,21% dari nilai kuat tarik belah beton normal, dan 75% mengalami penurunan kuat tarik belah sebesar -62,50% dari nilai kuat tarik belah beton normal umur 14 hari.

Perhitungan perbandingan nilai pengujian kuat tarik beton normal terhadap beton pecahan bata bakar umur 28 hari dapat dilihat dari perhitungan sebagai berikut.

1. Variasi BBB 25 % (Beton Bata Bakar 25%)

$$\begin{aligned}
 &= \frac{BBB\ 25\% - BN}{BN} \times 100\% \\
 &= \frac{2,453 - 3,067}{3,067} \times 100\% \\
 &= -20\%
 \end{aligned}$$

2. Variasi BBB 50 % (Beton Bata Bakar 50%)

$$\begin{aligned}
 &= \frac{BBB\ 50\% - BN}{BN} \times 100\% \\
 &= \frac{1,746 - 3,067}{3,067} \times 100\% \\
 &= -43,08\%
 \end{aligned}$$

3. Variasi BBB 75 % (Beton Bata Bakar 75%)

$$\begin{aligned}
 &= \frac{BBB\ 75\% - BN}{BN} \times 100\% \\
 &= \frac{1,038 - 3,067}{3,067} \times 100\% \\
 &= -66,15\%
 \end{aligned}$$

Nilai kuat tarik belah beton normal umur 28 hari sebesar 3,067 MPa, sementara kuat tarik belah beton bata bakar 25% mengalami penurunan sebesar -20 %, Penambahan bata bakar 50% mengalami penurunan sebesar -43,08% dari nilai kuat tarik belah beton normal, dan 75% mengalami penurunan kuat tarik belah sebesar -66,15% dari nilai kuat tarik belah beton normal umur 28 hari.

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Hasil dari penelitian dan pembahasan yang telah penulis diuraikan sebelumnya, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengaruh penggunaan pecahan bata bakar sebagai substitusi agregat halus dengan beton biasa mempengaruhi kemampuan beton dalam menerima tekanan. Hasil uji kuat tarik belah yang mengalami penurunan nilai dengan seiring bertambahnya kadar penggunaan pecahan bata bakar. Nilai uji kuat tarik belah beton yang paling tinggi didapat dari beton BBB 25% pada umur 28 hari sebesar 2,453 Mpa dan nilai kuat tarik belah terendah didapat pada beton BBB 75% pada umur 14 hari sebesar 0,991 Mpa.
2. Perbandingan nilai kuat tarik belah beton bata bakar dengan beton normal mengalami penurunan. Dari hasil beton normal umur 28 hari, beton umur 28 hari BBB 25% mengalami penurunan sebesar 20%, beton BBB 50% mengalami penurunan sebesar 43,08% dan beton BBB 75% mengalami penurunan sebesar 66,15%, sedangkan perbandingan nilai kuat tarik belah beton umur 14 hari untuk BBB 25% mengalami penurunan sebesar 28,57%, beton BBB 50% mengalami penurunan sebesar 48,21% dan beton BBB 75% mengalami penurunan sebesar 62,50%.

#### **5.2 Saran**

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

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

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

## DAFTAR PUSTAKA

- 1970:2016, S. (2016). Cara uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus. *Badan Standar Nasional Indonesia*, 4, 20.
- Abdul Hussain, D. (2022). *Artikel Penelitian Evaluasi Kekuatan Tekan dan Tarik pada Self-Curing Beton dengan Penambahan Batu Bata Hancur Sebagai Material Aditif*. 2022.
- Ayu, D., 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>
- Badan Standardisasi Nasional Indonesia. (2008). SNI 1973:2008 Cara uji berat isi, volume produksi campuran dan kadar udara beton. *Badan Standardisasi Nasional*, 1–13.
- Badan Standardisasi Nasional SNI 1969. (2016). Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar. *Badan Standar Nasional Indonesia*, 20.
- 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>
- 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.
- 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%0Ahttps://www.colesterolfamiliar.org/formacion/guia.pdf%0Ahttps://www.colesterolfamiliar.org/wp-content/uploads/2015/05/guia.pdf](http://www.nutricion.org/publicaciones/pdf/prejuicios_y_verdades_sobre_grasas.pdf%0Ahttps://www.colesterolfamiliar.org/formacion/guia.pdf%0Ahttps://www.colesterolfamiliar.org/wp-content/uploads/2015/05/guia.pdf)
- Mulyono, T, 2015. (n.d.). *Teknik suma purwokerto*.
- Nilesh, K., Kumar, S. A., Gourav, S., Penelitian, J. I., & Kumar, N. (2017). *Machine Translated by Google Analisis Beton yang Terbuat dari Batu Bata yang Dibakar Berulang Kali Machine Translated by Google*. 3, 349–355.
- Penelitian, A., Xu, L., & Su, W. (2022). *Pengaruh Agregat Bata Tanah Liat Daur Ulang terhadap Sifat Mekanik Beton*. 372–380.
- SNI-03-2834:2000. (2000). Tentang Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal. In *Sni* (Vol. 3).

- SNI-1972. (2008). *Cara Uji Slump Beton*.
- SNI 03-2847:2002. (2002). Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung. SNI 03-2847-2002. In *Bandung: Badan Standardisasi Nasional*.
- SNI 1971:2011. (2011). “Cara uji kadar air total agregat dengan pengeringan.” *Badan Standardisasi 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 ASTM C136:2012. (2012). SNI ASTM C136:2012: Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar. In *Badan Standardisasi Nasional*.
- Питканен, Л., & Стригель, А. М. (2016). *Machine Translated by Google Эксклюзионная хроматография металлических наночастиц и квантовые точки Machine Translated by Google*. 80(Lx), 311–320.

# LAMPIRAN



Lampiran 1: Pengujian material



Lampiran 2: Persiapan material



Lampiran 3: Pembuatan benda uji



Lampiran 4: Menyiapkan kerucut abrams



Lampiran 5: Slump test



Lampiran 6: Persiapan bekisting



Lampiran 7: Perendaman benda uji



Lampiran 8: Persiapan sebelum pengujian



Lampiran 9: Pengujian kuat tarik belah beton



Lampiran 10: Sampel setelah pengujian

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



### Data Identitas Diri

Nama Lengkap : M. Alwi  
Tempat, Tanggal Lahir : Bandar Khalipah, 23 April 2003  
Jenis Kelamin : Laki Laki  
Agama : Islam  
Alamat : Jl puskesmas, Dusun 7, Kec Percut Sei Tuan.  
No.Hp/Telp.Seluler : 081378179891  
Nama Ayah : Supian  
Nama Ibu : Salmi  
E-mail : mhdalwi1404@gmail.com

### Data Riwayat Pendidikan

Nomor Induk Mahasiswa : 2107210188  
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 : D Negeri 107400 Bandar Khalipah 2009-2015  
Sekolah Menengah Pertama : SMP Budistrya Medan 2015-2018  
Sekolah Menengah Atas : SMK Teladan Medan 2018-2021