

TUGAS AKHIR
PENGARUH SUBSTITUSI LIMBAH BETON SEBAGAI AGREGAT
KASAR PADA UJI KUAT TARIK BETON
(Studi Penelitian)

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

Disusun Oleh:

KHAIRUNNISA

2107210196P



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

MEDAN

2025

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

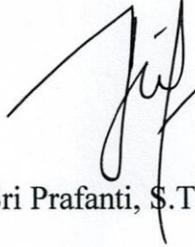
Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Khairunnisa
NPM : 2107210196P
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Pengaruh Substitusi Limbah Beton Sebagai Agregat Kasar
Pada Uji Kuat Tarik Beton
Bidang Ilmu : Struktur

DISETUJUI UNTUK DISAMPAIKAN
KEPADA PANITIA UJIAN SKRIPSI

Medan, 29 April 2025

Dosen Pembimbing



Sri Prafanti, S.T., M.T.

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

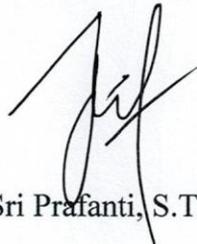
Nama : Khairunnisa
NPM : 2107210196P
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Pengaruh Substitusi Limbah Beton Sebagai Agregat Kasar
Pada Uji Kuat Tarik Beton
Bidang Ilmu : Struktur

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

Medan, 29 April 2025

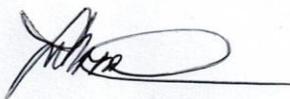
Mengetahui dan Menyetujui

Dosen Pembimbing



Sri Prafanti, S.T., M.T.

Dosen Penguji 1,



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

Dosen Penguji 2,



Rizki Efrida, S.T., M.T.

Ketua Program Studi



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

SURAT PERNYATAAN KEAHLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Khairunnisa
Tempat/Tanggal Lahir : Medan, 14 Agustus 1997
NPM : 2107210196P
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan tugas akhir saya yang berjudul :

“Pengaruh Substitusi Limbah Beton Sebagai Agregat Kasar Pada Uji Kuat Tarik Beton”

Bukan merupakan plagiaris atau mencuri hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis tugas akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemungkinan hari diduga kuat ada tidak kesesuaian antara fakta dengan pernyataan ini, saya bersedia diproses oleh tim fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat pembatalan kelulusan kesarjanaannya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak ada tekanan maupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 29 April 2025

Saya yang menyatakan,



Khairunnisa

ABSTRAK
**PENGARUH SUBSTITUSI LIMBAH BETON SEBAGAI AGREGAT
KASAR PADA UJI KUAT TARIK BETON**

Khairunnisa

2107210196P

Sri Prafanti, S.T., M.T.

Limbah beton yang berasal dari pecahan pengujian beton banyak ditemui di beberapa laboratorium umumnya tidak terpakai dan menyebabkan penumpukan. Hal yang dapat mengurangi penumpukan limbah adalah dengan mendaur ulang limbah tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai kuat tarik beton campuran dengan substitusi limbah beton sebagai agregat kasar dengan variasi masing-masing 15%,25%, dan 35%. Beton campuran tersebut diuji kuat tarik dengan umur beton 14, 21, dan 28 hari. Mutu beton yang direncanakan adalah nilai f_{ct} 9-15% dari f'_c 20 MPa. Hasil penelitian ini didapat nilai kuat tarik beton umur beton 14 hari dengan variasi limbah beton 15% nilai yang didapat sebesar 1,96 MPa, variasi limbah beton 25% nilai yang didapat sebanyak 2,43 MPa, dan variasi limbah beton 35% nilai yang didapat sebanyak 2,66 MPa. Untuk umur beton 21 hari dengan variasi limbah beton 15% nilai yang didapat sebanyak 2,31 MPa, variasi limbah beton 25% nilai yang didapat sebanyak 2,29 MPa, dan variasi limbah beton 35% nilai yang didapat sebanyak 2,36 MPa. Sedangkan untuk umur beton 28 hari dengan variasi limbah beton 15% nilai yang didapat sebanyak 2,06 Mpa, variasi 25% nilai yang didapat sebanyak 2,44 Mpa, dan variasi 35% nilai yang didapat sebanyak 2,64 Mpa. Jika nilai perbandingan nilai kuat tarik adalah 9% dari nilai kuat tekan rencana maka tercapai mutu yang direncanakan. Tetapi jika nilai perbandingan nilai kuat tarik adalah 15% dari nilai kuat tekan rencana, maka nilai kuat tarik yang diperoleh tidak mencapai mutu yang direncanakan.

Kata Kunci : Limbah Beton, Kuat Tarik Beton

ABSTRACT

EFFECT OF CONCRETE WASTE SUBSTITUTION AS COARSE AGGREGATE ON CONCRETE TENSILE STRENGTH TEST

Khairunnisa

2107210196P

Sri Prafanti, S.T., M.T.

Concrete waste derived from concrete testing fragments is widely found in some laboratories that are generally unused and cause buildup. The thing that can reduce the accumulation of waste is to recycle the waste. This study aims to determine the tensile strength value of mixed concrete with concrete waste substitution as a coarse aggregate with variations of 15%, 25%, and 35%, respectively. The mixed concrete was tested for tensile strength with a concrete age of 14, 21, and 28 days. The planned concrete quality is an f_{ct} value of 9-15% from f'_c 20 MPa. The results of this study obtained the tensile strength value of 14-day old concrete with a variation of 15% of the concrete waste obtained as much as 1.96 MPa, a variation of 25% of the concrete waste obtained as much as 2.43 MPa, and a variation of 35% of the concrete waste obtained as much as 2.66 MPa. For the age of concrete 21 days with a variation of 15% of concrete waste, the value obtained was 2.31 MPa, the variation of concrete waste was 25%, the value obtained was 2.29 MPa, and the variation of concrete waste 35% of the value obtained is 2.36 MPa. Meanwhile, for the age of concrete 28 days with a variation of 15% of the concrete waste, the value obtained was 2.06 Mpa, the variation of 25% of the value obtained was 2.44 Mpa, and the variation of 35% of the value obtained was 2.64 Mpa. If the comparative value of the tensile strength value is 9% of the planned compressive strength value, the planned quality is achieved. But if the comparative value of the tensile strength value is 15% of the planned compressive strength value, then the tensile strength value obtained does not reach the planned quality.

Keywords: Concrete Waste, Concrete Tensile Strength

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT, yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Pengaruh Substitusi Limbah Beton Sebagai Agregat Kasar Pada Uji Kuat Tarik Beton” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

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

1. Ibu Sri Prafanti, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Assoc. Prof. Ir. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc, Ph.D, IPM selaku Dosen Penguji I yang telah memberi masukan dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Ibu Rizki Efrida, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji II yang telah memberi masukan dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Dr. Ade Faisal, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Assoc. Prof. Ir. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc, Ph.D, IPM selaku Kepala Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Ibu Rizki Efrida, S.T., M.T., selaku Sekretaris Jurusan Program Studi Teknik Sipil yang ikut andil dalam proses administrasi penelitian.

8. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu Teknik Sipil kepada penulis.
9. Bapak/Ibu Staff Administrasi di Biro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
10. Teristimewa sekali saya ucapkan kepada Orang Tua saya, mensupport saya dari segi moril maupun materil.
11. Teman mahasiswa/i Teknik Sipil Program Transfer, juga seluruh teman-teman yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah banyak membantu serta telah menjadi motivator untuk penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
12. Bapak/Ibu Pimpinan PT. Rapi Arjasa beserta jajarannya yang sudah memberikan kesempatan baik waktu dan tempat dalam pelaksanaan penelitian tugas akhir penulis.

Penulis menyadari bahwa penulisan proposal ini masih jauh dari kata sempurna karena keterbatasan pengetahuan dan kemampuan penulis. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun demi kesempurnaan penulisan tugas akhir ini.

Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih dan semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Medan, 29 April 2025

Penulis

Khairunnisa

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN KEAHLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR NOTASI	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup Penelitian	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2. 1 Pengertian Beton	5
2. 2 Sifat-Sifat Beton	6
2. 3 Material Pembuatan Beton	7
2.3.1 Agregat	7
2.3.2 Semen Portland	12
2.3.3 Air	12

2. 4 Limbah Beton	13
2. 5 Kuat Tarik Beton	14
2. 6 Penelitian Terdahulu	15
BAB 3 METODE PENELITIAN	19
3.1 Metode Penelitian	19
3.2 Tahapan Penelitian	19
3.3 Lokasi dan Waktu Penelitian	22
3.4 Sumber dan Teknik Pengambilan Data	22
3.4.1 Data Primer	22
3.4.2 Data Sekunder	22
3.5 Alat dan Bahan	22
3.6 Jumlah Benda Uji	24
3.7 Langkah-langkah Pemeriksaan Agregat	25
3.7.1 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	25
3.7.2 Analisa Gradasi Agregat	25
3.7.3 Berat Isi Agregat 26	
3.7.4 Kadar Air Agregat	26
3.8 Limbah Beton	27
3.9 <i>Mix Design</i>	27
3.10 Kuat Tarik Beton	28
BAB 4 PEMBAHASAN DAN HASIL	29
4.1 Hasil dan Data Analisa Pemeriksaan Material Agregat	29
4.2 Agregat Halus	30
4.2.1 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air	30
4.2.2 Analisa Gradasi Agregat Halus	31
4.2.3 Kadar Lumpur Agregat Halus	32
4.2.4 Berat Isi Agregat Halus	33
4.2.5 Kadar Air Agregat Halus	33

4.3 Pemeriksaan Agregat Kasar	34
4.3.1 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	34
4.3.2 Analisa Gradasi Agregat Kasar	35
4.3.1 Kadar Lumpur	36
4.3.2 Berat Isi Agregat Kasar	36
4.3.3 Kadar Air Agregat Kasar	37
4.4 Perencanaan Campuran dan Kebutuhan Bahan	37
4.4.1 <i>Mix Design</i> Beton Normal Mutu Sedang	37
4.4.2 Kebutuhan Bahan	42
4.5 Pengujian <i>Slump Test</i> (<i>Slump</i> Rencana 75-150 mm)	44
4.6 Hasil dan Analisa Penyerapan Air	45
4.7 Kuat Tarik Beton	50
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	54
5.1 Kesimpulan	54
5.2 Saran	54
DAFTAR PUSTAKA	56
LAMPIRAN	58

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Batas gradasi agregat kasar (SNI 03-2834, 2000)	8
Tabel 2. 2 Persyaratan Gradasi Agregat Kasar (SNI 03-2834,2000)	9
Tabel 2. 3 Perkiraan Volume Agregat Kasar per Satuan Volume Beton (SNI 03-2834,2000)	10
Tabel 2. 4 Batas gradasi agregat halus (SNI 03-2834, 2000).	11
Tabel 3. 1 Jumlah benda uji untuk campuran dengan limbah beton	24
Tabel 4. 1 Data-data dasar dari hasil pengujian agregat.	29
Tabel 4. 2 Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus.	30
Tabel 4. 3 Data pengujian analisa gradasi agregat halus dengan batas Zona 2.	31
Tabel 4. 4 Data pengujian kadar lumpur pada agregat halus.	32
Tabel 4. 5 Data pengujian berat isi agregat halus dengan cara lepas, cara tusuk, dan cara penggoyangan.	33
Tabel 4. 6 Data pengujian kadar air agregat halus.	33
Tabel 4. 7 Hasil data pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar.	34
Tabel 4. 8 Data pengujian analisa gradasi agregat kasar dengan spesifikasi ukuran maksimal 19 mm.	35
Tabel 4. 9 Data pengujian kadar lumpur agregat kasar.	36
Tabel 4. 10 Data pengujian berat isi agregat kasar dengan cara lepas, cara tusuk, dan cara penggoyangan.	37
Tabel 4. 11 Data pengujian kadar air agregat kasar.	37
Tabel 4. 12 Data-data dasar dari hasil pengujian agregat.	38
Tabel 4. 13 Perencanaan Campuran Beton dengan Metode SNI 03-2834-2000	39
Tabel 4. 14 Faktor Air Semen (ltr/kg semen) untuk berbagai jenis konstruksi	41
Tabel 4. 15 Kebutuhan limbah beton untuk 1 benda uji silinder.	43
Tabel 4. 16 Hasil nilai dari pengujian Slump Test	44
Tabel 4. 17 Hasil pengujian penyerapan beton normal umur 14	45
Tabel 4. 18 Hasil pengujian penyerapan beton campuran LB 15%	46
Tabel 4. 19 Hasil pengujian penyerapan beton campuran LB 25%	46
Tabel 4. 20 Hasil pengujian penyerapan beton campuran LB 35%	46
Tabel 4. 21 Hasil pengujian penyerapan beton normal umur 21	47

Tabel 4. 22 Hasil pengujian penyerapan beton campuran LB 15%	47
Tabel 4. 23 Hasil pengujian penyerapan beton campuran LB 25%	47
Tabel 4. 24 Hasil pengujian penyerapan beton campuran LB 35%	47
Tabel 4. 25 Hasil pengujian penyerapan beton normal umur 28	48
Tabel 4. 26 Hasil pengujian penyerapan beton campuran 15%	48
Tabel 4. 27 Hasil pengujian penyerapan beton campuran 25%	49
Tabel 4. 28 Hasil pengujian penyerapan beton campuran 35%	49
Tabel 4. 29 Hasil pengujian kuat tarik beton umur 14 hari	50
Tabel 4. 30 Hasil pengujian kuat tarik beton umur 21 hari	51
Tabel 4. 31 Hasil pengujian kuat tarik beton umur 28 hari	52

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Batas gradasi agregat kasar (SNI 03-2834, 2000)	8
Gambar 2. 2 Daerah Gradasi Pasir Sedang (SNI 03-2834,2000)	11
Gambar 2. 3 Pengujian Kuat Tarik Belah Beton	15
Gambar 3. 1 Bagan alir metode penelitian	21
Gambar 4. 1 Grafik Gradasi Agregat Halus (Zona 2).	32
Gambar 4. 2 Grafik Slump Test	45
Gambar 4. 3 Grafik perbandingan rata-rata penyerapan air pada beton	46
Gambar 4. 4 Grafik perbandingan rata-rata penyerapan air pada beton	48
Gambar 4. 5 Grafik perbandingan rata-rata penyerapan air pada beton	49
Gambar 4. 6 Grafik nilai kuat tarik beton umur 14 hari	51
Gambar 4. 7 Grafik nilai kuat tarik beton umur 21 hari	51
Gambar 4. 8 Grafik nilai kuat tarik beton umur 28 hari	52
Gambar 4. 9 Pengujian kuat tarik beton dengan mesin kuat tekan beton dan plat besi	53

DAFTAR NOTASI

B	= berat agregat kering permukaan jenuh (gr)
C	= berat agregat dalam piknometer berisi air (gr)
D	= berat piknometer berisi air (gr)
D	= diameter silinder (mm)
E	= berat agregat kering oven (gr)
fas	= fasktor air semen
fct	= kuat tarik beton (MPa)
f'c	= kuat tekan beton (MPa)
f'cr	= kuat tekan rata-rata beton (MPa)
L	= panjang silinder (mm)
M	= nilai tambah margin
P	= beban maksimum (N)
Wcac	= berat bejana ditambah agregat (gr)
Wc	= berat bejana (gr)
W1	= berat benda uji sebelum dioven (gr)
W2	= berat benda uji setelah dioven (gr)
Vc	= volume bejana

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di era modern ini dan semakin berkembangnya teknologi, banyak ditemui bahan-bahan habis pakai (limbah). Hal ini dapat merusak keberlangsungan hidup makhluk hidup.

Limbah adalah material yang kecenderungannya menjadi sampah yang tidak jarang membawa dampak bagi masyarakat sekitar, yang perlu pemikiran dalam hal penanggulangannya termasuk pemikiran untuk pemanfaatannya. (Setyowati, 2021)

Beton merupakan suatu konstruksi yang umumnya tersusun dari air semen dan agregat. Penggunaan beton saat ini tidak hanya pada ruang lingkup struktur saja, akan tetapi bisa juga digunakan untuk non struktur. Banyak komponen non struktur bangunan yang terbuat dari beton misalnya, dinding, kolom praktis, perabot rumah, maupun berbagai macam hiasan. Penggunaan beton pada komponen non struktur tentulah berbeda dengan struktur dimana komposisi di desain sedemikian rupa untuk menghasilkan beton dengan nilai estetika maupun dari segi ekonomi yang lebih. (Widodo & Basith, 2017)

Kekuatan, keawetan, dan sifat beton tergantung dari sifat bahan dasar pembentuk beton, nilai perbandingan bahan dasar beton, cara pengadukan, pengerjaan, penuangan, pemadatan, dan perawatan selama proses pengerasan. (Mudjanarko, 2018)

Semakin tahun pembangunan terus bertambah sebanding dengan kebutuhan manusia akan infrastruktur. Salah satu yang terpenting dalam pembangunan adalah ketersediaan material, sehingga dibutuhkan solusi alternatif untuk mengganti beberapa material. Pembangunan yang menggunakan agregat daur ulang adalah konstruksi yang ramah lingkungan. (Ismail et al., 2017)

Di era modern ini juga sudah banyak penelitian-penelitian tentang substitusi limbah sebagai agregat dalam campuran beton, contohnya limbah beton. Hal ini bertujuan untuk mengurangi serta memanfaatkan limbah beton. Pemanfaatan limbah beton sebagai agregat ini selain untuk mengurangi pencemaran lingkungan,

juga diharapkan mengurangi pemanfaatan agregat kasar alami sehingga bahan alam tidak habis.

Material daur ulang termasuk beton daur ulang dimanfaatkan misalnya pada bangunan kompleks, gedung baru, dan jalan. Pembangunan berkelanjutan merupakan proses pembangunan lahan, kota, bisnis, dan masyarakat dengan prinsip, memenuhi kebutuhan sekarang maupun yang akan datang.(Sian et al., 2019).

Beton yang menggunakan limbah beton sebagai substitusi agregat kasar memerlukan pengujian terhadap kuat tariknya, sehingga akan teruji apakah campuran substitusi ini layak digunakan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana nilai kuat tarik beton yang menggunakan substitusi limbah beton sebagai agregat kasar?
2. Apa pengaruh limbah beton yang digunakan sebagai substitusi agregat kasar pada campuran beton?

1.3 Ruang Lingkup Penelitian

Pembatasan masalah dilakukan bertujuan untuk membatasi ruang lingkup pembahasan agar penelitian ini lebih terarah dimana hanya menggaris besarkan sesuai dengan hal yang sudah ditentukan. Pembatasan masalah meliputi :

1. Nilai kuat tarik yang direncanakan adalah 9-15% dari kuat tekan rencana yaitu 20 Mpa.
2. Limbah beton yang digunakan berasal dari hasil uji lab kuat tekan beton *batching plant* PT. Rapi Arjasa, Jl. Megawati, Kota Binjai.
3. Limbah beton yang digunakan adalah sisa pengujian kuat tekan beton dengan mutu 25 MPa atau lebih.
4. Benda uji (*sample*) yang digunakan adalah silinder dengan tinggi 30 cm dan diameter 15 cm.

5. Perawatan beton dilakukan dengan cara perendaman dalam bak atau wadah yang berisi air.
6. Pengujian kuat tarik dilakukan pada umur 14 hari, 21 hari dan 28 hari untuk semua variasi model benda uji silinder.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas maka tujuan penelitian ini yaitu :

1. Untuk mengetahui nilai kuat tarik beton yang menggunakan substitusi limbah beton sebagai agregat kasar.
2. Untuk mengetahui pengaruh substitusi limbah beton sebagai agregat kasar pada campuran beton.

1.5 Manfaat Penelitian

Dari hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi untuk penelitian selanjutnya dengan suatu acuan bahwa penggunaan limbah beton dapat dipergunakan kembali sebagai komponen pembentuk beton dan patut dipertimbangkan untuk mendapatkan/merubah sifat dan mutu beton tertentu sesuai yang diinginkan.

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk memudahkan pembahasan dalam penelitian ini, maka sistematika penulisan penelitian disusun dalam lima bab. Dengan sistematika penulisan penelitian sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Dalam bab ini diuraikan mengenai latar belakang, perumusan masalah, ruang lingkup penelitian, maksud dan tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta sistematika pembahasan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menguraikan dan membahas kerangka teori mengenai penelitian secara singkat, sebagai dasar dalam mengkaji permasalahan yang ada dan mempersiapkan landasan teori.

BAB 3 METODE PENELITIAN

Dalam bab ini diuraikan tentang tahapan penelitian, metode pelaksanaan penelitian, teknik pengumpulan data, variabel penelitian, jenis dan sumber data yang diperlukan, serta teknik analisis data.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menguraikan hasil yang diperoleh dari penelitian serta pembahasan analisis perhitungan dan pemecahan permasalahan dari hasil yang didapatkan.

BAB 5 KESIMPULAN

Pada bab ini akan dipaparkan beberapa kesimpulan yang didapat dari hasil dan pembahasan serta berisikan beberapa saran dari penulis.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Beton

Beton merupakan suatu konstruksi yang umum digunakan dalam dunia konstruksi, seperti pembangunan gedung, jalan, jembatan dan konstruksi lainnya. Beton merupakan suatu campuran yang terdiri atas semen, air, agregat halus, dan agregat kasar yang dicampurkan menjadi satu kesatuan lalu mengeras.

Beton yang sudah mengeras dapat juga dikatakan sebagai batuan tiruan, dengan rongga-rongga antara butiran yang besar (agregat kasar atau batu pecah), dan diisi oleh butiran kecil (agregat halus atau pasir), dan pori-pori antara agregat halus diisi oleh semen dan air. Semen juga berfungsi sebagai perekat atau pengikat dalam proses pengerasan, sehingga butiran-butiran agregat saling terekat dengan kuat sehingga terbentuklah suatu kesatuan yang padat. Beton keras yang baik adalah beton yang kuat, tahan lama, kedap air, tahan aus, dan kembang susutnya kecil (Tjokrodimulyo 1996 : 2)

Keunggulan beton sangat banyak seperti, tahan terhadap api dibanding material baja, struktur yang dibangun sangat kaku, usia layan yang panjang serta bayaran perawatan rendah, bisa dibangun dalam bermacam penampang, kebutuhan tenaga kerja terampil berkualifikasi tinggi tidak banyak dibutuhkan. Beton pula memiliki kelemahan adalah (1) kuat tariknya yang rendah, (2) untuk menjadi suatu struktur, material pembuatan beton harus dicampur, dicetak dan dirawat supaya mencapai kuat tekan yang diinginkan, (3) biaya cetakan betonnya cukup tinggi, (4) berpotensi adanya retakan pada beton dikarenakan adanya susut beton dan beban hidup yang bekerja, (5) mutu beton yang dihasilkan tergantung dari proses pencampuran sampai proses pencetakan beton.(Firda et al., 2021)

Beton memiliki kekurangan yaitu tidak dapat menahan tarik. Namun kekurangan pada beton dapat di atasi dengan penambahan serat untuk memperbaiki sifat mekanik beton, yang bertujuan untuk meningkatkan kekuatan tarik pada beton. Menurut *ACI Committee 544-2002* yaitu serat yang cocok untuk memperkuat beton yang telah diproduksi dari baja, kaca, dan polimer organik (serat sintetis). Serat

asbes dan serat nabati yang terjadi secara alami, seperti sisal dan rami, juga digunakan untuk penguatan. (Ros Anita Sidabutar & Zakaria Tarigan, 2002).

Karakteristik beton yang baik dapat disimpulkan sebagai berikut (Pane et al., 2015):

1. Kuantitas beton
 - a. Kepadatan yaitu ruang yang ada pada beton sedapat mungkin terisi oleh agregat dan pasta semen.
 - b. Kekuatan yaitu beton harus mempunyai kekuatan daya tahan internal terhadap berbagai jenis kegagalan.
 - c. Faktor air semen harus terkontrol sehingga memenuhi persyaratan kekuatan beton.
 - d. Tekstur permukaan beton harus mempunyai kerapatan dan kekerasan tekstur yang tahan segala cuaca.
2. Kualitas beton
 - a. Kualitas semen.
 - b. Proporsi semen terhadap air dalam campurannya.
 - c. Kekuatan dan kebersihan agregat.
 - d. Adhesi atau interaksi antara pasta semen dan agregat.
 - e. Pencampuran yang cukup dari bahan pembentuk beton.
 - f. Perawatan pada temperatur yang tidak lebih rendah dari 500F.
 - g. Kandungan chlorida tidak melebihi 0,15% dalam beton ekspos dan 1% dalam beton terlindung.

2. 2 Sifat-Sifat Beton

Sifat-sifat beton untuk mendapatkan mutu beton yang diharapkan sesuai spesifikasi konstruksi dan rencana umur bangunan. Pada saat segar atau sesaat setelah dicetak, beton bersifat plastis dan mudah dibentuk. Sedang pada saat keras beton memiliki kekuatan yang cukup untuk menerima beban. Adapun sifat-sifat beton segar adalah :

1. *Workability* merupakan tingkat kemudahan campuran beton untuk diaduk, diangkut, dituang, dan dipadatkan tanpa menyebabkan segregasi.
2. *Bleeding* adalah peristiwa keluarnya air dalam beton segar ke permukaan akibat proses pengendapan bahan-bahan padat dari beton (SNI 4156:2008).

3. Segregasi adalah kondisi dimana terpisahnya antara pasta semen dan agregat dalam satu adukan (SNI 03-3976-1995).

2.3 Material Pembuatan Beton

Material yang digunakan pada campuran beton yang dipakai sebagai bahan penyusun utama yaitu semen, agregat, air dan penambahan pembuatan beton pada campuran ini, yaitu limbah beton sebagai substitusi agregat kasar. Dalam pembuatan campuran beton, material yang digunakan harus mempunyai kualitas yang baik dan memenuhi syarat yang telah ditentukan. Material-material yang akan digunakan antara lain:

2.3.1 Agregat

Agregat merupakan komponen beton yang paling besar nilainya, yaitu sebanyak tiga per empat bagian beton, hal ini disebabkan karena agregat harganya lebih murah daripada semen.

Agregat yang akan digunakan harus kuat, tahan lama, dan bersih. Karena jika agregat tidak bersih, debu-debu yang menempel pada agregat dapat mempengaruhi kemampuan ikatnya dengan semen. Kekuatan agregat juga sangat mempengaruhi kekuatan beton.

Agregat yang digunakan untuk beton harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- a. Ketentuan dan persyaratan dari SII 0052-80 “Mutu dan Cara Uji Agregat Beton”. Bila tidak tercakup dalam SII 0052- 80 maka agregat harus memenuhi ASTM C33 “*Specification for Structural Concrete Aggregates*”.
- b. Ketentuan dari ASTM C330 “*Specification for Light Weight Aggregates for Structural Concrete*”, untuk agregat dan struktur beton. Berdasarkan ukurannya, agregat dapat dibedakan menjadi : Agregat halus, diameter 0 – 5 mm disebut pasir, yang dibedakan Pasir halus : Ø 0 – 1 mm Pasir kasar : Ø 1 – 5 mm Agregat kasar, diameter ≥ 5 mm, biasanya berukuran antara 5 – 40 mm yang disebut kerikil. (Moniaga, 2018)

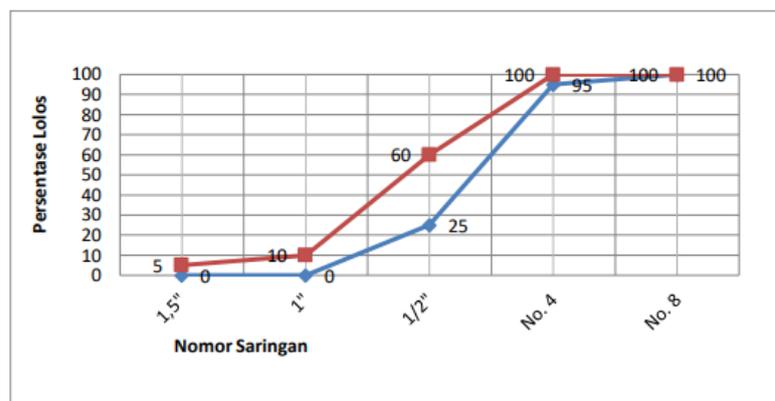
2.3.1.1 Agregat Kasar

Menurut SNI 03-2834-2000, agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil desintegrasi alami dari batu atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 5 mm – 40 mm.

Batas gradasi agregat kasar dengan diameter agregat maksimum 37,5 mm dapat dilihat dalam Tabel 2.1 dan dijelaskan melalui Gambar 2.1.

Tabel 2. 1: Batas gradasi agregat kasar (SNI 03-2834, 2000)

Lubang ayakan (mm)	Persen berat butir yang lewat ayakan	
	Minimum	Maksimum
37,5 (1,5 in)	0	5
25 (1 in)	0	10
12,5 (1/2 in)	25	60
4,75 (No.4)	95	100
2,36 (No.8)	100	100



Gambar 2. 1: Batas gradasi agregat kasar (SNI 03-2834, 2000)

Pemeriksaan material agregat kasar ini sesuai dengan standar (SNI 03-2834-2000), agregat kasar diteliti terhadap:

- a. Modulus kehalusan.
- b. Berat jenis.
- c. Penyerapan (Absorpsi)
- d. Kadar air.
- e. Kadar lumpur.
- f. Berat isi.
- g. Keausan agregat.

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

Secara umum ukuran nominal agregat maksimum harus yang terbesar yang dapat diperoleh secara ekonomis dan tetap memenuhi syarat dimensi komponen struktur/konstruksinya, dengan ketentuan tidak boleh melebihi:

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

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

Agregat dengan ukuran nominal maksimum dan gradasi yang baik akan menghasilkan beton dengan sifat pengerjaan yang memuaskan bila sejumlah tertentu volume agregat (kondisi kering oven) dipakai untuk tiap satuan volume beton. Volume agregat kasar per satuan volume beton dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2. 2: Persyaratan Gradasi Agregat Kasar (SNI 03-2834,2000)

Ayakan BS 882 (mm)	Persentase Berat yang Lewat pada Ayakan		
	Ukuran Nominal Agregat/Kerikil (mm)		
	4,8 – 38	4,8 – 19	4,8 – 9,6
38,0	95 – 100	100	100
19,0	37 – 70	95 – 100	100
9,6	10 – 40	30 – 60	50 – 85
4,8	0 – 5	0 – 10	0 – 10

Untuk beton dengan Tingkat kemudahan pengerjaan yang lebih baik bila pengecoran dilakukan memakai pompa, atau bila beton harus ditempatkan ke dalam cetakan dengan rapatnya tulangan baja, dapat mengurangi kadar agregat kasar sebesar 10% dari nilai yang ada dalam Tabel 2.3. Namun demikian tetap harus berhati-hati untuk meyakinkan agar hasil-hasil uji *slump*, rasio air semen atau rasio

air (semen ditambah bahan sementisius), dan hasil sifat-sifat kekuatan dari beton tetap memenuhi syarat.

Tabel 2. 3: Perkiraan Volume Agregat Kasar per Satuan Volume Beton (SNI 03-2834,2000)

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	0,66	0,64	0,62	0,60
25,0	0,71	0,69	0,67	0,65
37,5	0,75	0,73	0,71	0,69
50,0	0,78	0,76	0,74	0,72
75,0	0,82	0,80	0,78	0,76
150,0	0,87	0,85	0,83	0,81

2.3.1.2 Agregat Halus

Menurut SNI 03-2834-2000 agregat halus merupakan agregat yang semua butirannya menembus ayakan berlubang 4,75 mm yang biasanya disebut pasir. Jenis agregat ini dapat dibedakan lagi menjadi:

- Pasir halus : Ø 0-1 mm.
- Pasir kasar : Ø 0-5 mm.

Gradasi agregat halus sesuai dengan spesifikasi SNI 03-2834-2000, yaitu:

- a. Mempunyai butiran yang halus.
- b. Tidak mengandung lumpur lebih dari 5%.
- c. Tidak mengandung zat organik lebih dari 0,5%. Untuk beton mutu tinggi dianjurkan dengan modulus kehalusan 3,0 atau lebih.
- d. Gradasi yang baik dan teratur (diambil dari sumber yang sama).

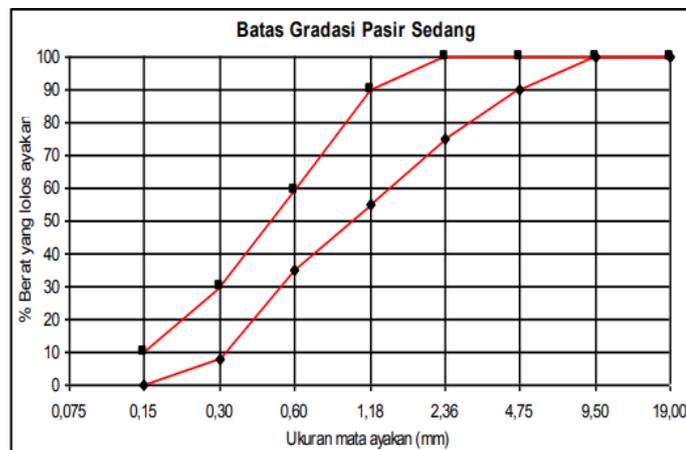
Ukuran yang sesuai dengan SNI 03-2834-2000 memberikan syarat-syarat untuk agregat halus. Agregat halus dikelompokkan dalam empat zona (daerah) seperti dalam Tabel 2.4 dan dijelaskan Gambar 2.2.

Tabel 2. 4: Batas gradasi agregat halus (SNI 03-2834, 2000).

Lubang ayakan (mm)	No.	Persen berat butir yang lewat ayakan			
		I	II	III	IV
10	3/8 in	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
0,25	no.100	0-10	0-10	0-10	0-15

Keterangan :

- Daerah Gradasi I = Pasir Kasar
- Daerah Gradasi II = Pasir Agak Kasar
- Daerah Gradasi III = Pasir Agak Halus
- Daerah Gradasi IV = Pasir Halus



Gambar 2. 2: Daerah Gradasi Pasir Sedang (SNI 03-2834,2000)

Pemeriksaan dasar ini dilaksanakan sesuai dengan standar menurut SNI 03-2834-2000 agregat halus diteliti terhadap:

- a. Modulus kehalusan.
- b. Berat jenis.
- c. Penyerapan (Absorpsi)
- d. Kadar air.
- e. Kadar lumpur.

- f. Berat isi.

2.3.2 Semen Portland

Semen adalah perekat hidrolis yang didapatkan dengan menghaluskan klinker yang terdapat dari bahan utama silikat-silikat kalsium dan bahan tambahan batu gypsum diamankan senyawa ini dapat bereaksi dengan air dan membentuk zat baru bersifat perekat pada bebatuan. Semen dalam pengertian ini biasanya adalah bahan yang memiliki sifat *adhesive* dan *cohesive*, dipakai dengan bahan pengikat (*bonding material*), yang dipakai bersama-sama dengan batu kerikil dan pasir.

Menurut SNI 15-2049-2004, semen *Portland* adalah semen hidrolis yang didapatkan dengan cara menggiling terak semen *Portland* terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidraulis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain.(Amelia & Rosyad, 2019)

Melihat jenis semen yang banyak beredar di Indonesia ada dua jenis, semen PPC (*Portland Pozolan Cement*) dan PCC (*Portland Composit Cement*). Sehingga masih banyak masyarakat yang menggunakan jenis semen tersebut tanpa mengetahui sifat – sifat beton yang dibuat. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, masih belum banyak penelitian yang membahas tentang sifat-sifat beton yang menitik beratkan pada jenis semennya. Dengan mengacu pada berbagai referensi beton dan penelitian di atas yang telah dilakukan sebelumnya, maka peneliti akan melakukan penelitian dengan mengangkat variabel jenis semen PPC dengan memakai fas 0,41 untuk mengetahui seberapa besar kenaikan kuat tekan beton dan serapannya pada umur 28 hari. Sedang dilakukan penelitian yang sama dengan variabel jenis semen dan fase yang berbeda, sehingga bisa dilakukan perbandingan penelitian agar mendapatkan data yang akurat.

2.3.3 Air

Air yang dimaksud disini adalah air yang digunakan sebagai campuran bahan bangunan, harus berupa air bersih dan tidak mengandung bahan-bahan yang dapat menurunkan kualitas beton. Menurut PBI 1971, persyaratan dari air yang digunakan sebagai campuran bahan bangunan adalah sebagai berikut:

- a. Air untuk pembuatan dan perawatan beton tidak boleh mengandung minyak, asam alkali, garam-garam, bahan-bahan organik atau bahan lain yang dapat merusak daripada beton.
- b. Apabila dipandang perlu maka contoh air dapat dibawa ke Laboratorium Penyelidikan Bahan untuk mendapatkan pengujian sebagaimana yang dipersyaratkan.
- c. Jumlah air yang digunakan adukan beton dapat ditentukan dengan ukuran berat dan harus dilakukan setepat-tepatnya.

Air yang digunakan untuk proses pembuatan beton yang paling baik adalah air bersih yang memenuhi persyaratan air minum. Air yang digunakan dalam proses pembuatan beton jika terlalu sedikit maka akan menyebabkan beton akan sulit untuk dikerjakan, tetapi jika kadar air yang digunakan terlalu banyak maka kekuatan beton akan berkurang dan terjadi penyusutan setelah beton mengeras.(Moniaga, 2018)

2. 4 Limbah Beton

Limbah beton merupakan hasil pembongkaran konstruksi maupun sisa benda uji pada duni konstruksi. Umumnya limbah beton belum banyak didaur ulang, sehingga kedepannya dapat menimbulkan kerusakan lingkungan. Maka pada penelitian ini, limbah beton akan dicoba dipergunakan sebagai campuran beton, dan akan melihat nilai kuat tarik yang akan terjadi serta pengaruh terhadap beton itu sendiri.

Penelitian terdahulu tentang penggunaan agregat daur ulang dalam Tugas Akhir Esra Tulus Beri Pandapotan Turnip “Pemanfaatan Limbah Beton Sebagai Pengganti Agregat Kasar Pada Campuran Beton” mencantumkan bahwa penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Hansen, T.C., (1992) dan Dhir, R.K., Henderson, N.A., dan Limbachiya, M.C., (1998) untuk karakteristik agregat daur ulang dan Neville, A.M., (1996) untuk agregat alam adalah sebagai berikut:

1. Gradasi Bentuk dan tekstur serta diameter butiran agregat daur ulang sama dengan agregat alam. Hal ini dikarenakan ukuran butiran dapat diatur pada alat pemecahnya dan saringannya.

2. Kandungan Mortar dan Pasta Semen Kandungan mortar dan pasta semen yang mengeras, yang ada pada agregat daur ulang berkisar antara 20 – 35 % untuk agregat kasar dan untuk agregat halus kurang lebih 45 – 60%. Kandungan mortar dan pasta semen tersebut mengakibatkan kekerasannya menurun dan adanya pasta semen yang mengeras disekeliling agregat kasar juga mengakibatkan permukaannya lebih licin sehingga bisang temu pada material beton agregat daur ulang menjadi lebih banyak. Hal ini menunjukkan sifat yang berbeda dengan agregat alam dan akan berpengaruh terhadap kekuatan tekan beton yang dibentuknya.
3. Berat Jenis Berat jenis agregat daur ulang lebih rendah dari agregat alam, yaitu 2100 – 2500 kg/m³ untuk agregat daur ulang (Hansen, 1992) sedangkan agregat alam mempunyai berat jenis 2400 – 3000 kg/m³ (Nevile, 1996).
4. Penyerapan Air Penyerapan air atau absorpsi yang terjadi pada agregat daur ulang sebesar 3 – 10 % (Hansen, 1992) sedangkan absorpsi agregat alam sebesar 0.2% - 4.5% (Nevile, 1996).

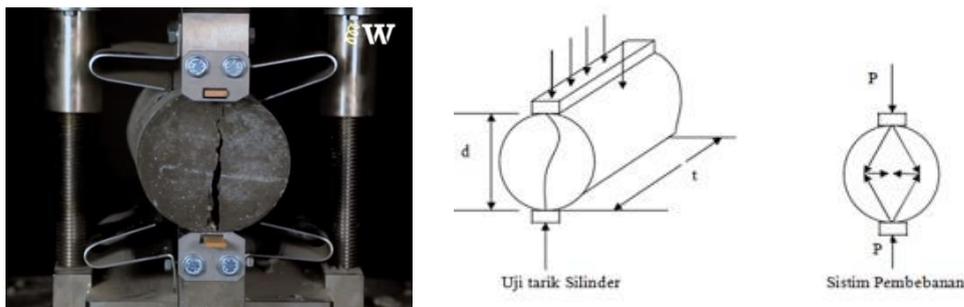
Dalam penggunaannya memiliki kelebihan serta kekurangan dari limbah beton yaitu limbah beton mempunyai tingkat kekuatan dan kuat tekan yang tinggi dari ciri-ciri limbah beton tersebut mampu memberikan keuntungan apabila diperlukan sebagai agregat dalam menggantikan sebagian agregat pembuatan beton. Disisi lain limbah beton mempunyai kekurangan di mana limbah beton mempunyai kuat tarik yang minim sehingga limbah beton cepat retak dalam penggunaannya. (Grace et al., 2021).

2. 5 Kuat Tarik Beton

Salah satu sifat beton adalah tidak dapat menahan tarik, sehingga biasanya nilai kuat tarik sangat kecil dan tidak diperhitungkan. Tetapi pada dasarnya memperhitungkan nilai kuat tarik sangat lah penting, karena dapat mempengaruhi ukuran beton dan seberapa besar retak yang akan terjadi. Selain itu, kuat tarik beton juga dapat mengurangi lendutan.

Pengujian kuat tarik terbagi dua yaitu uji kuat tarik lentur dan uji kuat tarik belah. Uji kuat tarik lentur diperlukan saat sedang meninjau retak dan lendutan pada balok beton. Nilai kuat tarik lentur biasanya diperoleh dari pengujian modulus

keruntuhan. Sedangkan uji kuat tarik belah dapat dilakukan dengan cara memberi beban pada seluruh penampang benda uji dan tumpuan diletakkan di dasar benda uji. Pemberian beban dilakukan terus menerus tanpa sentakkan dengan kecepatan konstan yang berkisar antara 0,7 hingga 1,4 MPa per menit sampai benda uji hancur. Kecepatan pembebanan benda uji berbentuk silinder dengan ukuran panjang 300 mm dan diameter 150 mm sampai 100 kN per menit. Pengujian kuat tarik belah beton dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2. 3: Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Kuat tarik yang terjadi saat pembelahan disebut sebagai kuat pembelahan-silinder (*split cylinder*) dan dapat dihitung dengan rumus berikut:

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

dengan pengertian:

- f_{ct} = kuat tarik-belah dalam MPa
- P = beban uji maksimum (beban belah/hancur) dalam newton (N) yang ditunjukkan mesin uji tekan
- L = panjang benda uji dalam mm
- D = diameter benda uji dalam mm

2. 6 Penelitian Terdahulu

Dalam sub bab ini penulis akan melampirkan beberapa penelitian terdahulu sebagai acuan atau referensi untuk memudahkan penulis melakukan penelitian secara keseluruhan serta menggambarkan perbedaan antara penelitian terdahulu dengan penelitian yang akan penulis lakukan. Dalam hal ini penulis melampirkan beberapa penelitian terdahulu tentang pemanfaatan limbah beton sebagai agregat terhadap pengujian beton.

1. Penelitian 1- Hariyanto (2018)

Berjudul “Pemanfaatan Limbah Bangunan Sebagai Pengganti Agregat Kasar Pada Pembuatan Beton Normal”. Menjelaskan bahwa untuk menguji karakteristik bahan *mix design* dengan menggunakan standar pengujian SNI T-15-1990-03. Pengujiannya berupa pengujian gradasi agregat, berat isi agregat, berat jenis dan penyerapan agregat, kadar air agregat, kadar *silt* dan *clay* agregat. Pengujian dilakukan pada umur beton 7 hari, 14 hari, dan 28 hari. Untuk proporsi 0% sama dengan nilai kuat tekan beton normal ($f'c = 20$ MPa), sedangkan nilai kuat tekan untuk proporsi 40%, 60% dan 100% kurang dari nilai kuat tekan yang direncanakan. Proporsi 40 menghasilkan kuat tekan $f'c = 15,18$ MPa (selisih 24,1% terhadap kuat tekan beton rencana). Proporsi 60% menghasilkan kuat tekan $f'c = 14,13$ MPa (selisih 29,35% terhadap kuat tekan beton rencana). Dan untuk proporsi 100% menghasilkan kuat tekan $f'c = 13,51$ MPa (selisih 32,45% terhadap kuat tekan beton rencana). Hal ini menunjukkan bahwa setiap penam-bahan proporsi agregat halus dari limbah bangunan mengakibatkan penurunan yang signifikan dari nilai kuat tekan rencana ($f'c = 20$ MPa). (Hariyanto, 2018)

2. Penelitian 2- Giano N.O. Takapente dan kawan-kawan (2018)

Berjudul “Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton Geopolymer Berbasis Abu Vulkanik”. Menjelaskan bahwa untuk menguji kuat tekan dengan metode pengujian berdasarkan SNI 1947:2011 dan kuat tarik dengan metode pengujian berdasarkan SNI 03-2491-2002. Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah Abu Vulkanik (AV) yang berasal dari Gunung Soputan, Sulawesi Utara, sodium silikat, sodium hidroksida dengan konsentrasi 14M, dan Superplasticizer SikaCim dan benda uji yang digunakan adalah ukuran 10/20 cm sebanyak 28 benda uji, dengan metode curing time 24 jam menggunakan oven pada suhu 60°C, 90°C, 110°C. Untuk hasil kuat tekan dan kuat tarik belah curing temperature 60°C dan 90°C tidak ada hasil dikarenakan beton belum mengeras pada kondisi suhu 60°C dan 90°C. Pengujian dilakukan pada umur beton 7 hari, dan 28 hari. Dari beberapa proporsi yang ada peneliti sendiri merekomendasikan menggunakan campuran pada proporsi ke-9 untuk digunakan pada penelitian selanjutnya, dengan penggunaan agregat kasar 47.593 %, agregat halus sebesar 20.397 %, abu vulkanik 17,494 %, NaOH 14M 3.859 %, Na₂SiO₃ 10,290 % dan Superplasticizer 0.368 %.

Dengan nilai Kuat tekan berkisar 17 MPa. Nilai kuat tekan beton mengalami peningkatan seiring bertambahnya waktu Curing, dengan proses Curing Oven.(Takapente et al., 2018)

3. Penelitian 3- I Gusti Made Sadika dan kawan-kawan (2019)

Berjudul “Analisis Limbah Benda Uji Beton Untuk Mensubstitusi Agregat Kasar Pada Campuran Beton”. Penelitian dilakukan meliputi pengujian sifat-sifat material penyusun, penyusunan rencana campuran beton dengan mutu rencana $f'c = 22$ MPa. Hasil dari penelitian ini, substitusi limbah beton mengakibatkan penurunan kuat tekan, namun kuat tekan beton meningkat pada persentase 25% sebesar 3,30% pada umur 14 hari dan 4,67% pada umur 28 hari. Kuat tarik belah mengalami peningkatan pada persentase 25% sebesar 4,66% pada umur 14 hari dan 1,34% pada umur 28 hari selanjutnya kuat tarik belah mengalami penurunan. Kadar substitusi limbah beton sebagai agregat kasar yang paling optimum pada beton $f'c = 22$ MPa sebesar 25% yang menghasilkan kuat tekan rata-rata pada umur pengujian 14 dan 28 hari yaitu sebesar 25,76 dan 29,82 MPa. Sedangkan kuat tarik belah rata-rata pada umur pengujian 14 dan 28 hari yaitu sebesar 2,57 dan 2,97 MPa. Substitusi limbah beton berpengaruh positif terhadap berat jenis beton, dimana substitusi limbah beton sebagai agregat kasar akan menurunkan berat jenis beton.(Sudika et al., 2019)

4. Penelitian 4- Joni Hermanto dan Sary Shandy (2020)

Berjudul “Karakteristik Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton dengan Penambahan Limbah Sabut Kelapa”. Penelitian dilakukan terhadap kuat tekan beton silinder ukuran 15 cm x 30 cm sebanyak 30 buah dan kuat lentur balok beton dengan ukuran 15 cm x 15 cm x 60 cm sebanyak 30 buah. Penelitian ini diawali dengan persiapan material agregat halus dan agregat kasar, serta limbah sabut kelapa. Pengujian karakteristik masing-masing material agregat halus dan agregat kasar yang kemudian dilanjutkan dengan pembuatan benda uji silinder dengan dimensi 15 cm x 30 cm, dan benda uji balok lentur dengan dimensi 15 cm x 15 cm x 60 cm. Berdasarkan analisa dan pembahasan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa semakin banyak volume penggunaan bahan sabut kelapa pada beton maka semakin menurunkan nilai kuat tekan beton. begitu pula untuk kuat lentur, semakin banyak volume penggunaan sabut kelapa semakin menurunkan nilai kuat lentur balok.

Namun untuk penggunaan variasi panjang sabut kelapa nilai kuat lentur antara panjang serat 4 cm dengan 6 cm masih lebih besar nilai hasil kuat lentur dari serat sabut kelapa 6 cm, yaitu dengan nilai kuat tekan berurutan masing – masing umur 3 hari, 7 hari, 14 hari, 21 hari, dan 28 hari, yaitu 2,2 MPa, 2,34 MPa, 2,47 MPa, 2,93 MPa, dan 2,80 MPa, sedangkan nilai kuat lentur dengan panjang sabut kelapa 4 cm berurutan masing – masing 3 hari, 7 hari, 14 hari, 21 hari, dan 28 hari yaitu 2 MPa, 2,13 MPa, 2,27 MPa, 2,47 MPa, dan 2,47 Mpa. Hasil ini menggambarkan bahwa nilai kuat lentur balok beton naik seiring dengan penambahan panjang serat sabut kelapa.(Hermanto & Shandy, 2020)

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode penelitian yang saya gunakan dalam pembuatan beton dengan memanfaatkan limbah beton sebagai bahan substitusi agregat kasar adalah dengan metode *experiment*, yaitu metode yang dilakukan dengan melakukan kegiatan percobaan untuk mendapatkan data.

3.2 Tahapan Penelitian

1. Persiapan.

Dalam hal ini menyiapkan material yang digunakan seperti (Agregat Kasar, Agregat Halus, Semen, Limbah Beton dan Air). Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknik Sipil, PT. Rapi Arjasa.

2. Pemeriksaan Bahan Material Penyusun Beton.

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

3. Perencanaan Campuran

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

4. Pembuatan Benda Uji

Pada tahapan ini dilakukan pekerjaan-pekerjaan sebagai berikut:

- a. Pembuatan adonan beton.
- b. Pengujian slump test yang mengacu pada SNI 1972:2008.
- c. Pengecoran ke dalam cetakan silinder.

d. Pelepasan benda uji dari cetakan silinder.

5. Perawatan Benda Uji

Pada bagian ini beton yang sudah didiamkan di cetakan dan sudah mengering, beton tersebut di angkat dari cetakan lalu dilakukan perawatan beton (*curing*). Perawatan tersebut dilakukan dengan perendaman beton pada bak perendam yang memiliki estimasi waktu 14 hari, 21 hari dan 28 hari. Setelah selesai perawatan, beton dikeluarkan dari bak dan dikeringkan.

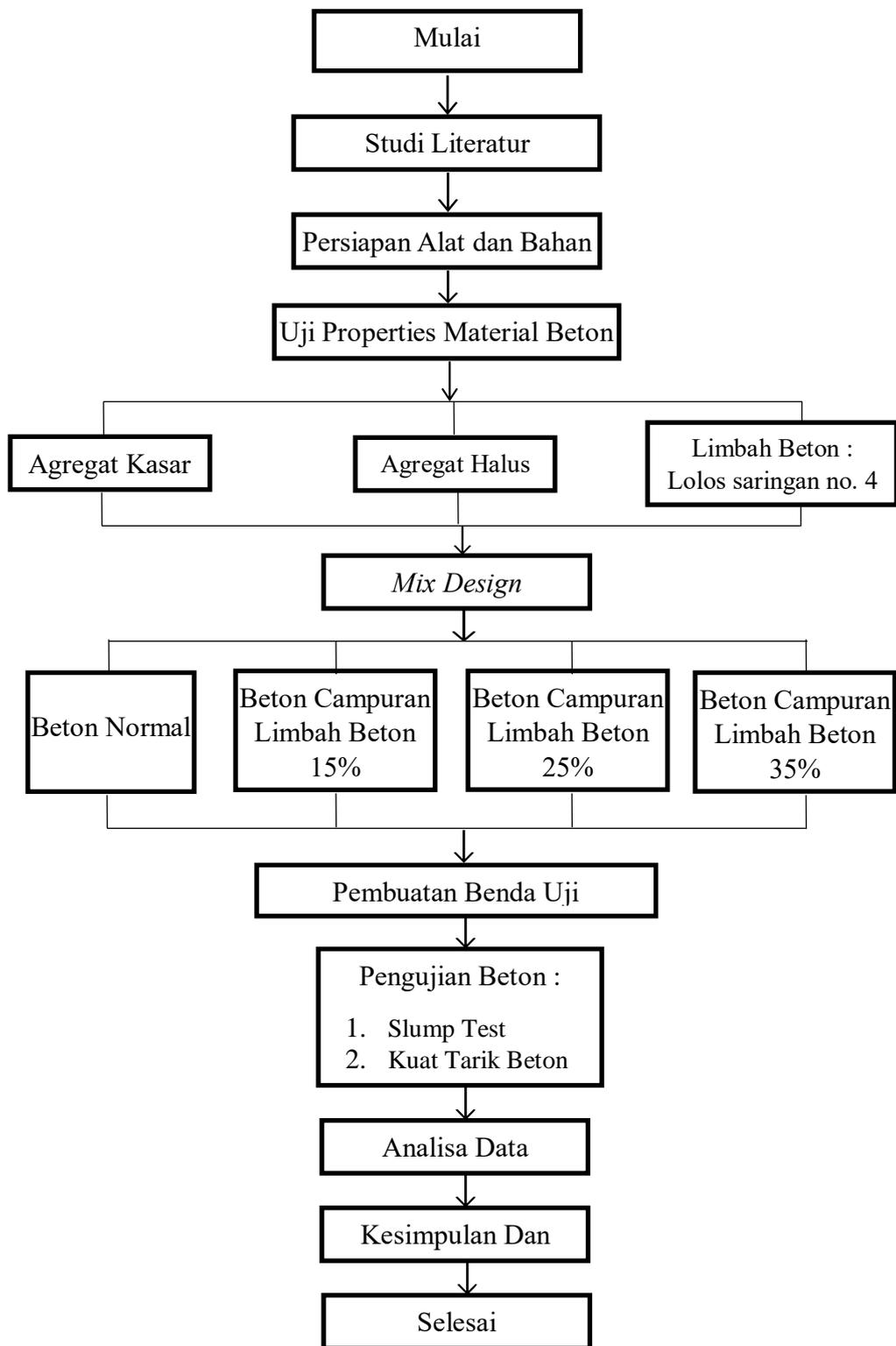
6. Pengujian Kuat Tarik Beton

Setelah semua prosedur pembuatan beton, kemudian dilakukan uji kuat tarik beton yang berfungsi untuk mengetahui berapa besar ketahanan beton setelah diberi beban-beban tertentu. Analisis Data dan Pembahasan

7. Pembahasan dan Laporan Akhir

Dengan diketahuinya nilai kuat tarik beton, maka telah selesai semua rangkaian dalam proses pembuatan beton. Hal yang dilakukan pada tahap akhir adalah mencatat, mengolah, dan mengevaluasi data yang telah didapatkan. Lalu selanjutnya melakukan penulisan dan bimbingan untuk laporan akhir tersebut.

Untuk mempersingkat rangkaian kegiatan di atas, maka disusunlah diagram alir dalam proses penelitian ini. Diagram alir tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.1 dibawah ini:



Gambar 3. 1: Bagan alir metode penelitian

3.3 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium PT. Rapi Arjasa, Binjai. Waktu penelitian yang dilakukan direncanakan kurang lebih selama 3 bulan dan dimulai pada awal bulan Agustus.

3.4 Sumber dan Teknik Pengambilan Data

3.4.1 Data Primer

Data yang diperoleh dari hasil penelitian di Laboratorium, yaitu :

1. Analisa saringan agregat (SNI 03-1968, 2008).
2. Berat jenis dan penyerapan agregat kasar (SNI 1969, 2008).
3. Berat jenis dan penyerapan agregat halus (SNI 1970, 2008).
4. Pemeriksaan berat isi dan agregat (SNI 03-4804, 1998).
5. Pemeriksaan kadar air agregat (SNI 1971, 2011).
6. Perencanaan campuran beton (*Mix Design*) (SNI 03-2834-2000).
7. Pembuatan dan perawatan benda uji beton (SNI 2493:2011).
8. Uji kuat tarik belah beton (SNI 03-2491-2002).

3.4.2 Data Sekunder

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

1. Peraturan SNI-03-2834-2000 tentang tata cara pembuatan rencana beton normal.
2. Peraturan SNI-03-2491-2002 tentang metode uji kuat tarik belah beton.

3.5 Alat dan Bahan

Untuk mendapatkan hasil penelitian yang maksimal, maka diperlukan peralatan dan bahan yang berkualitas untuk memenuhi persyaratan yang berlaku. Dan ada beberapa alat yang telah tersedia di laboratorium PT Rapi Arjasa. Alat-alat yang digunakan sebagai berikut :

3.5.1 Alat

1. Satu set saringan untuk agregat halus, meliputi: No. 4, No. 8, No. 16, No. 30, No. 50, No. 100, Pan. Saringan ini digunakan untuk memeriksa gradasi pasir yang digunakan.
2. Timbangan digital, berfungsi sebagai alat untuk menimbang berat bahan yang digunakan secara akurat.
3. Gelas ukur, digunakan sebagai takaran air, *admixtures* yang digunakan dalam pengerjaan beton *self compacting concrete*.
4. *Stopwatch*, berfungsi sebagai alat mengukur waktu pengujian.
5. Piknometer, berfungsi sebagai alat melakukan pengujian berat jenis dan penyerapan pada pasir.
6. Oven, berfungsi sebagai alat mengeringkan sampel bahan.
7. Wadah atau ember, berfungsi sebagai tempat air perendaman sampel.
8. Plastik ukuran 10 kg, berfungsi sebagai wadah bahan yang telah siap untuk di *mixer*.
9. Pan, berfungsi sebagai alat untuk alas pengaduk beton segar.
10. Skop tangan dan alat cetok, berfungsi sebagai alat pencampur beton, dan meratakan permukaan beton dalam cetakan.
11. Selang, berfungsi sebagai alat untuk mengalirkan air dan membersihkan *mixer*.
12. Cetakan (*bekisting*) beton berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.
13. Vaseline dan kuas, berfungsi untuk melapisi cetakan beton agar tidak menempel dalam cetakan.
14. Satu set alat *slump flow test*, yang terdiri dari tadi: kerucut *abrams*, penggaris, dan plat.
15. Mesin pengaduk (*mixer*), berfungsi sebagai alat pencampur semua bahan hingga membentuk adonan beton.
16. Bak perendaman, berfungsi untuk merendam beton yang telah dilepaskan dari cetakan.
17. Mesin uji tekan beton (*compression test machine*), berfungsi untuk mengukur kuat tekan beton.

3.5.2 Bahan

Adapun bahan tambahan pada pembuatan beton penelitian ini sebagai berikut:

1. Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini adalah batu kerikil yang diperoleh dari PT. Rapi Arjasa, Jl. Megawati, Kota Binjai dengan ukuran maksimum 20 mm.

2. Agregat Halus

Agregat Halus yang digunakan dalam penelitian ini adalah batu kerikil yang diperoleh dari PT. Rapi Arjasa, Jl. Megawati, Kota Binjai.

3. Limbah Beton

Limbah beton diperoleh dari hasil uji kuat tekan beton dari PT. Rapi Arjasa, Jl. Megawati, Kota Binjai.

4. Air

Air yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari PT. Rapi Arjasa, Jl. Megawati, Kota Binjai yang layak minum dan sesuai dengan syarat-syarat penggunaan air pada beton.

3.6 Jumlah Benda Uji

Benda uji dibuat menggunakan cetakan berbentuk silinder dengan diameter tinggi 30 cm, lebar 15 cm yang berjumlah 24 buah. Untuk pengujian kuat tekan dan modulus elastisitas. Jumlah benda uji dapat dilihat pada tabel 3.1 berikut:

Tabel 3. 1: Jumlah benda uji untuk campuran dengan limbah beton

No.	Variasi Campuran Beton	Jumlah Benda Uji (Silinder)
1	Beton Normal	6 Benda Uji
2	Beton Campuran 15 % Limbah Beton	6 Benda Uji

Tabel 3.1: *Lanjutan*

3	Beton Campuran 25 % Limbah Beton	6 Benda Uji
4.	Beton Campuran 35% Limbah Beton	6 Benda Uji

Total Benda Uji	24 Benda Uji
-----------------	--------------

3.7 Langkah-langkah Pemeriksaan Agregat

Setelah seluruh material yang dipersiapkan telah ada dilokasi, maka material dipisahkan menurut jenisnya agar mempermudah dalam tahapan-tahapan penelitian dan juga agar material tidak tercampur dengan bahan-bahan yang lain sehingga mempengaruhi kualitas material. Material dibersihkan dari lumpur kemudian melakukan penjemuran pada material yang basah.

3.7.1 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Berat jenis dapat dinyatakan dengan berat jenis curah kering, berat jenis curah pada kondisi jenuh kering permukaan atau berat jenis semu. Berat jenis (jenuh kering permukaan) dan penyerapan air berdasarkan pada kondisi setelah (24+4) jam direndam di dalam air.

Adapun prosedur pengujian agregat kasar sebagai berikut:

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

3.7.2 Analisa Gradasi Agregat

Analisa gradasi agregat adalah suatu hal pemeriksaan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat halus dan agregat kasar dengan menggunakan saringan.

Adapun prosedur pengujian gradasi agregat sebagai berikut:

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

3.7.3 Berat Isi Agregat

Penentuan berat isi dari campuran beton dan beberapa formula untuk menghitung volume produksi campuran, kadar semen, dan kadar udara dalam beton.

Prosedur percobaan berat isi agregat sebagai berikut:

1. Langkah pertama adalah silinder ditimbang kosong dan dicatat beratnya (W_1).
2. Kemudian benda uji dimasukkan dengan hati – hati supaya tidak terjadi pemisahan butiran, dari ketinggian maksimum 5 cm di atas silinder dengan menggunakan sekop sampai penuh.
3. Lalu benda uji diratakan permukaannya dengan menggunakan mistar perata.
4. Kemudian silinder serta isinya ditimbang lalu dicatat (W_2).
5. Selanjutnya dihitung berat benda uji ($W_3 = W_2 - W_1$).

3.7.4 Kadar Air Agregat

Cara uji kadar air total agregat dengan pengeringan ini mencakup penentuan persentase air yang dapat menguap dari dalam contoh agregat dengan cara pengeringan.

Prosedur percobaan kadar air agregat sebagai berikut:

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

3.8 Limbah Beton

Limbah beton merupakan suatu material yang sudah tidak dipergunakan lagi dan dibuang setelah selesai dalam suatu pengujian dalam uji beton. Limbah beton yang akan digunakan adalah limbah beton dari Laboratorium *batching plant* PT. Rapi Arjasa, Jl. Megawati, Kota Binjai.

3.9 Mix Design

Hal ini menentukan persentase atau komposisi masing-masing komponen material pembentuk beton untuk memperoleh suatu campuran beton yang memenuhi kekuatan dan keawetan yang direncanakan.

Tahapan *mix design* beton menurut SNI-03-2834-2000 adalah sebagai berikut:

- a. Rencanakan kuat tekan yang dikehendaki.
- b. Tetapkan faktor air semen berdasarkan kuat tekan rata-rata pada umur yang dikehendaki dan keawetannya (berdasarkan jenis struktur dan kondisi lingkungan).
- c. Berdasarkan jenis strukturnya, tetapkan nilai slump dan ukuran maksimum agregatnya. Slump yang dianjurkan pada jenis pekerjaan berkisar antara 20 mm - 100 mm.

- d. Tetapkan jumlah air yang diperlukan, berdasarkan ukuran maksimum agregat dan nilai slump yang diinginkan.
- e. Hitungan semen yang diperlukan, berdasarkan langkah (2) dan (4) di atas.
- f. Tetapkan volume agregat kasar yang diperlukan per meter kubik beton, berdasarkan ukuran maksimum agregat dan nilai modulus kehalusan agregat halus nya.
- g. Hitung volume agregat halus yang diperlukan, berdasarkan jumlah air, semen dan agregat kasar yang diperlukan serta udara yang terperangkap dalam adukan (metode volume). Bisa juga dengan menggunakan metode berat.

3.10 Kuat Tarik Beton

Nilai kuat tarik beton didapatkan dari hasil pengujian sampel beton. Sampel ini diuji dengan menggunakan mesin kuat tekan beton dengan cara memberikan beban pada titik tengah benda uji yang terlebih dahulu dibuat tanda.

Adapun langkah langkah pengujian kuat tarik beton adalah sebagai berikut:

1. Sebelum dilakukan pengujian dibuat catatan benda uji, baik nomor benda uji, tanggal pembuatan benda uji dan tanggal pengujian, serta diberi tanda titik tengah sebagai acuan pengujian.
2. Melapisi permukaan benda uji dengan pelat baja agar permukaan yang ditekan rata, dan usahakan benda uji berada dalam keadaan sentris.
3. Jalankan mesin desak dengan kecepatan penambahan beban yang konstan, kemudian catat besarnya beban maksimum yang dapat diterima pada masing masing benda uji.

BAB 4

PEMBAHASAN DAN HASIL

4.1 Hasil dan Data Analisa Pemeriksaan Material Agregat

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

Tabel 4. 1: Data-data dasar dari hasil pengujian agregat.

No	Data Tes Dasar	Nilai
1	Berat jenis agregat kasar	2,461 gr/cm ³
2	Berat jenis agregat halus	2,630 gr/cm ³
3	Kadar lumpur agregat kasar	0,4 %
4	Kadar lumpur agregat halus	2,8 %
5	Berat isi agregat kasar	1,77 gr/cm ³
6	Berat isi agregat halus	1,63 gr/cm ³
7	FM agregat kasar	2,68
8	FM agregat halus	2,88
9	Kadar air agregat kasar	0,7 %
10	Kadar air agregat halus	1,46 %
11	Penyerapan agregat kasar	0,30 %
12	Penyerapan agregat halus	2,67 %
13	Nilai slump rencana	75-150 mm
14	Ukuran agregat maksimum	19 mm

4.2 Agregat Halus

Penggunaan material agregat halus dalam penelitian ini menggunakan pasir alam yang diperoleh dari Binjai. Pada agregat halus dilakukan pemeriksaan bahan yang meliputi pengujian berat jenis dan penyerapan, analisa gradasi, kadar lumpur, berat isi dan kadar air.

4.2.1 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air

Tabel 4. 2: Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus.

<i>FINE AGGREGATE</i> (Agregat Halus) Passing No.4 (Lolos Ayakan No.4)	Sampel 1 (gr)	Sampel 2 (gr)	Rata-rata (gr)
<i>Wt. Of SSD Sample in Air</i> (Berat contoh (SSD)kering permukaan jenuh) (B)	500	500	500
<i>Wt. Of Flask + Water</i> (Berat Piknometer penuh air) (D)	672	673	672,5
<i>Wt. Of Flask + Water + Sample</i> (Berat contoh SSD di dalam piknometer penuh air) (C)	980,8	967,2	974
<i>Wt. Of Oven Dry Sample</i> (Berat contoh kering oven (110o C) Sampai Konstan) (E)	486	488	487
<i>Bulk Sp. Gravity-SSD</i> (Berat jenis contoh SSD) $B / (B + D - C)$	2,62	2,43	2,52
<i>Bulk Sp. Gravity-Dry</i> (Berat jenis contoh kering) $E / (B + D - C)$	2,54	2,37	2,46
<i>Apparent Sp. Gravity-Dry</i> (Berat jenis contoh semu) $E / (E + D - C)$	2,74	2,52	2,63
<i>Absorption</i> $[(B - E) / E] \times 100$ (%)	2,88	2,46	2,67

Dari hasil uji berat jenis didapat Berat jenis kering rata-rata sebesar 2,46 dan diklasifikasikan sebagai agregat normal karena nilainya masih dalam batas yang diijinkan yaitu antara 2,2 – 2,7. Penyerapan air (*absorption*) yang didapat dari hasil pengujian yaitu 2,67%. Angka tersebut menunjukkan kemampuan agregat dalam menyerap air dari keadaan kering mutlak sampai jenuh kering maka sebesar 2,67% dari berat kering agregat tersebut.

4.2.2 Analisa Gradasi Agregat Halus

Tabel 4. 3: Data pengujian analisa gradasi agregat halus dengan batas Zona 2.

Ukuran Ayakan	Retained Fraction			Berat Tertahan	Cumulative		Batas Zona	
	Sampel 1	Sampel 2	Total Weight		Kumulatif Berat Tertahan	Berat yang Lolos		
(mm)	(Gram)	(Gram)	(Gram)	(%)	(%)	(%)	Min	Max
9,50	0,00	0,00	0	0	0	100	100	100
4,75	0,00	0,00	0	0	0	100	95	100
2,36	146,6	126,60	273,2	15,77	15,77	84,23	80	100
1,18	199,2	184	383,2	22,13	37,9	62,10	50	85
0,60	186,9	165,4	352,3	20,34	58,24	41,76	25	60
0,30	192,4	180,4	372,8	21,53	79,77	20,23	5	30
0,15	152,8	141,6	294,4	17	96,77	3,23	0	10
0,075	30,37	25,6	55,97	3,23	100	0,00	0	0
Jumlah	908,27	823,6	1731,87					
FM	2,88							

- Persentase berat tertahan rata-rata:

$$\text{No. 4 (4,75)} = \frac{0}{1731,87} \times 100\% = 0\%$$

$$\text{No. 8 (2,36)} = \frac{273,2}{1731,87} \times 100\% = 15,77\%$$

$$\text{No. 16 (1,18)} = \frac{383,2}{1731,87} \times 100\% = 22,13\%$$

$$\text{No. 30 (0,60)} = \frac{352,3}{1731,87} \times 100\% = 20,34\%$$

$$\text{No. 50 (0,30)} = \frac{372,8}{1731,87} \times 100\% = 21,53\%$$

$$\text{No. 100 (0,15)} = \frac{294,4}{1731,87} \times 100\% = 17\%$$

$$\text{No. 200 (0,075)} = \frac{55,97}{1731,87} \times 100\% = 3,23\%$$

- Persentase berat kumulatif tertahan:

$$\text{No. 4 (4,75)} = 0 + 0 = 0\%$$

$$\text{No. 8 (2,36)} = 0 + 15,77 = 15,77\%$$

$$\text{No. 16 (1,18)} = 15,77 + 22,13 = 37,9\%$$

No. 30 (0,60) = 37,9 + 20,34 = 58,24%

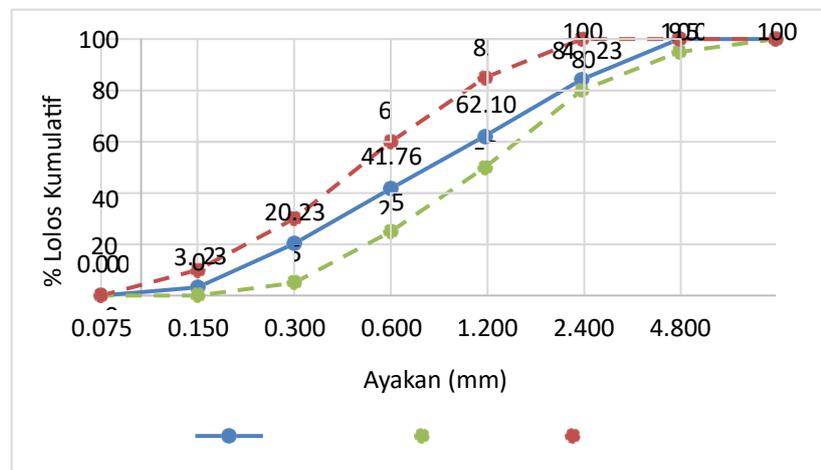
No. 50 (0,30) = 58,24 + 21,53 = 79,77%

No. 100 (0,15) = 79,77 + 17 = 96,77%

No. 200 (0,075) = 96,77 + 3,23 = 100%

Jumlah persentase kumulatif tertahan = 288,45%

$$\begin{aligned}
 \text{FM (Modulus Kehausan)} &= \frac{\text{Jumlah \% kumulatif tertahan}}{100} \\
 &= \frac{288,54}{100} \\
 &= 2,88
 \end{aligned}$$



Gambar 4. 1: Grafik Gradasi Agregat Halus (Zona 2).

Dari hasil pemeriksaan analisa saringan agregat halus pada percobaan ini didapat FM sebesar 2,88%. Nilai tersebut masih diijinkan untuk termasuk sebagai agregat halus, dimana nilai yang diijinkan adalah 1,5% - 3,8% berada di zona 2.

4.2.3 Kadar Lumpur Agregat Halus

Tabel 4. 4: Data pengujian kadar lumpur pada agregat halus.

Pengujian	Satuan	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat SSD	gr	962,6	981,8	972,2
Berat SSD setelah dicuci	gr	936	947,8	941,9
Berat Kotoran	gr	27,4	28,1	27,75
Persentase Kotoran	%	2,77	2,78	2,78

Data yang didapat dari pengujian Kadar Lumpur maka persentase kadar lumpur rata-rata 2,78%. Nilai ini masih berada dalam batas yang diijinkan yaitu maksimal 5% (SNI 4, 1989/ F), sehingga agregat tidak perlu harus dicuci sebelum digunakan.

4.2.4 Berat Isi Agregat Halus

Tabel 4. 5: Data pengujian berat isi agregat halus dengan cara lepas, cara tusuk, dan cara penggoyangan.

Nomor Contoh		Lepas	Tusuk	Penggoyangan
Berat Cetakan + Agregat, dipadatkan (gram)	W_{cac}	22900,5	23698,1	23785,4
Berat Cetakan (gram)	W_c	5336	5336	5336
Berat Agregat (gram)	$W_{cac} - W_c$	17564,5	18362,1	18449,4
Volume Cetakan (cm ³)	V_c	11125,4	11125,4	11125,4
Berat Isi Padat Agregat (gr/cm ³)	$\frac{W_{cac} - W_c}{V_c}$	1,58	1,65	1,66
		1,63		

Maka diperoleh Berat Isi rata-rata dari hasil pengujian yaitu 1,63 gr/cm³, nilai ini masih dalam batas yang diijinkan yaitu minimal 1,2 gr/cm³ (SII No.52 – 1980).

4.2.5 Kadar Air Agregat Halus

Tabel 4. 6: Data pengujian kadar air agregat halus.

Nomor Contoh		Sampel 1 (gr)	Sampel 2 (gr)
Berat benda uji sebelum dioven (gram)	W_1	987,5	981,3
Berat benda uji setelah dioven (gram)	W_2	971,5	968,9
Kadar Air Benda Uji (%)	$\frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100\%$	1,65	1,28
		1,46	

Berdasarkan pengujian kadar air pada agregat halus maka diperoleh rata-rata kadar air sebesar 1,46%. Pengujian ini dilakukan dengan dua sampel yang

digunakan, dengan sampel pertama didapat hasil kadar air sebesar 1,65% dan sampel kedua didapat hasil kadar air sebesar 1,28%.

4.3 Pemeriksaan Agregat Kasar

Pada penelitian ini digunakan agregat kasar berupa batu pecah yang diperoleh dari Kota Binjai, secara umum batu pecah memiliki bentuk ukuran yang bervariasi dengan ukuran maksimal 40 mm. Pada agregat kasar dilakukan pemeriksaan bahan yang meliputi pengujian berat jenis dan penyerapan, analisa gradasi, kadar lumpur, berat isi dan kadar air.

4.3.1 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Tabel 4. 7: Hasil data pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar.

Nama Contoh		Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
<i>Wt. Of SSD Sample in Air</i> (Berat contoh (SSD) kering permukaan jenuh) (A)	A	3102,2	3098,4	3100,3
<i>Wt. Of SSD Sample in Water</i> (Berat contoh (SSD) di dalam air) (B)	B	1836,8	1833,6	1835,2
<i>Wt. Of Oven Dry Sample</i> (Berat contoh (SSD) kering oven (110° C) Sampai Konstan) (C)	C	3092,6	3089,4	3091
<i>Bulk Sp. Gravity-SSD</i> (Berat jenis contoh SSD)	$\frac{A}{A - B}$	2,452	2,450	2,451
<i>Bulk Sp. Gravity-Dry</i> (Berat jenis contoh kering)	$\frac{C}{A - B}$	2,444	2,443	2,443
<i>Apparent Sp. Gravity-Dry</i> (Berat jenis contoh semu)	$\frac{C}{C - B}$	2,463	2,460	2,461
Penyerapan air (%)	$\frac{A-C}{C} \times 100\%$	0,310	0,291	0,301

Data yang di dapat dari pengujian berat jenis maka Berat jenis kering rata-rata sebesar 2,44 dan dapat diklasifikasikan sebagai agregat normal karena nilainya masih dalam batas yang diijinkan yaitu antara 2,2 – 2,7. Penyerapan air (*absorption*) yang didapat dari hasil pengujian yaitu 0,30%. Angka tersebut menunjukkan

kemampuan agregat dalam menyerap air dari keadaan kering mutlak sampai jenuh kering maka sebesar 0,30% dari berat kering agregat tersebut.

4.3.2 Analisa Gradasi Agregat Kasar

Tabel 4. 8: Data pengujian analisa gradasi agregat kasar dengan spesifikasi ukuran maksimal 19 mm.

Ukuran Ayakan	Retained Fraction			Berat Tertahan	Cumulative		Batas Zona	
	Sampel 1	Sampel 2	Total Weight		Kumulatif Berat Tertahan	Berat Lolos		
(mm)	(Gram)	(Gram)	(Gram)	(%)	(%)	(%)	Min	Max
37,50	0	0	0	0	0	0	100	100
25,00	0	0	0	0	0	0	100	100
19,00	0	0	0	0	0	100	90	100
12,50	2264,5	2615,8	4880,3	68,41	68,41	31,59	20	50
9,50	1011,3	1196,8	2208,1	30,95	99,36	0,64	0	15
4,00	23,4	22,4	45,8	0,64	100,00	0,00	0	5
Jumlah	3299,2	3835	7134,2					
FM	2,68							

- Persentase berat tertahan rata-rata:

$$\text{No. } 3/4'' \text{ (19,00)} = \frac{0}{7134,2} \times 100\% = 0\%$$

$$\text{No. } 1/2'' \text{ (12,50)} = \frac{4880,3}{7134,2} \times 100\% = 68,41\%$$

$$\text{No. } 3/8'' \text{ (9,50)} = \frac{2208,1}{7134,2} \times 100\% = 30,95\%$$

$$\text{No. } 4 \text{ (4,75)} = \frac{45,8}{7134,2} \times 100\% = 0,64\%$$

- Persentase berat kumulatif tertahan

$$\text{No. } 3/4'' \text{ (19,00)} = 0 + 0 = 0\%$$

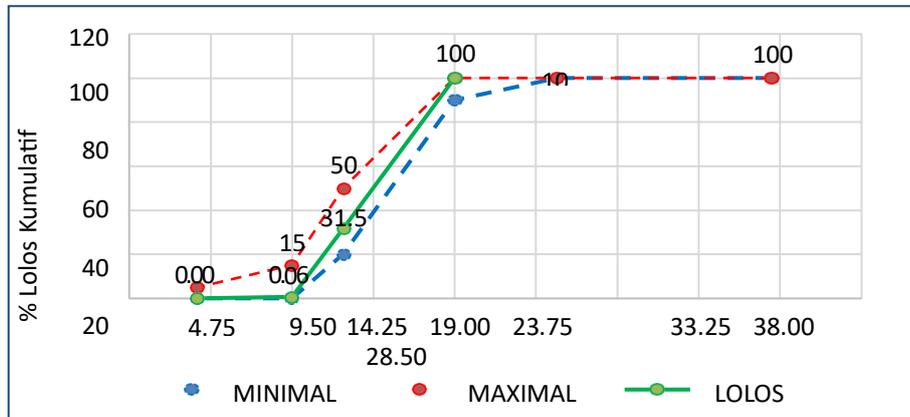
$$\text{No. } 1/2'' \text{ (12,50)} = 0 + 68,41 = 68,41\%$$

$$\text{No. } 3/8'' \text{ (9,50)} = 68,41 + 30,95 = 99,36\%$$

$$\text{No. } 4 \text{ (4,75)} = 99,36 + 0,64 = 100\%$$

$$\text{Jumlah persentase kumulatif tertahan} = 267,8\%$$

$$\begin{aligned}
 \text{FM (Modulus Kehalusan)} &= \frac{\text{Jumlah \% kumulatif tertahan}}{100} \\
 &= \frac{267,8}{100} \\
 &= 2,6
 \end{aligned}$$



Gambar 4.2: Grafik Gradasi Agregat Kasar

Data hasil pemeriksaan Analisa saringan agregat kasar pada percobaan ini didapat FM sebesar 2,68%. Nilai tersebut masih diijinkan untuk termasuk sebagai agregat kasar, dimana nilai yang diijinkan dibawah 6 – 7% (ASTM C33 – 93).

4.3.1 Kadar Lumpur

Tabel 4. 9: Data pengujian kadar lumpur agregat kasar.

Pengujian	Satuan	Sampel 1	Sampel 2	Rata-Rata
Berat SSD	gr	1500	1500	1500
Berat SSD setelah dicuci	gr	1493	1495	1494
Berat Kotoran	gr	7	5	6
Persentase Kotoran	%	0,5	0,3	0,4

Data hasil pengujian kadar lumpur, maka didapat persentase kadar lumpur rata-rata 0,4%. Nilai ini masih berada dalam batas yang diijinkan yaitu maksimal 1% (SNI S – 04 – 1989 – F), sehingga agregat tidak perlu harus dicuci sebelum digunakan.

4.3.2 Berat Isi Agregat Kasar

Tabel 4. 10: Data pengujian berat isi agregat kasar dengan cara lepas, cara tusuk, dan cara penggoyangan.

Nomor Contoh		Lepas	Tusuk	Goyang	Rata-Rata
Berat bejana + Agregat, dipadatkan (gr)	W_{cac}	24186	25182	25856	25074,7
Berat bejana (gr)	W_c	5336	5336	5336	5336
Berat Agregat (gr)	$W_{cac} - W_c$	18850	19846	20520	19738,7
Volume Bejana (cm^3)	V_c	11125,4	11125,4	11125,4	11125,4
Berat Isi Padat Agregat (gr/cm^3)	$\frac{W_{cac} - W_c}{V_c}$	1,694	1,784	1,844	1,77

Didapat Berat Isi rata-rata dari hasil pengujian diatas ialah $1,77 \text{ gr/cm}^3$, nilai ini masih dalam batas yang diijinkan yaitu minimal $1,2 \text{ gr/cm}^3$ (SII No.52–1980).

4.3.3 Kadar Air Agregat Kasar

Tabel 4. 11: Data pengujian kadar air agregat kasar.

Nomor Contoh		Sampel 1 (gr)	Sampel 2 (gr)
Berat benda uji sebelum dioven (gram)	W_1	1500	1500
Berat benda uji setelah dioven (gram)	W_2	1489,3	1490,2
Kadar Air Benda Uji (%)	$\frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100\%$	0,71	0,65
		0,7	

Berdasarkan data yang diperoleh dalam pengujian Kadar Air, maka didapatkan rata-rata kadar air sebesar 0,7%. Percobaan dilakukan sebanyak dua kali, dengan percobaan pertama didapat hasil kadar air sebesar 0,71%. Sedangkan percobaan kedua didapat hasil kadar air sebesar 0,65%.

4.4 Perencanaan Campuran dan Kebutuhan Bahan

4.4.1 Mix Design Beton Normal Mutu Sedang

Pada hal ini penulis menggunakan data-data dari penelitian yang sudah dilakukan pada pengujian dasar pada tabel 4.1. Data-data di bawah ini digunakan pada perencanaan beton atau *mix design* dengan kekuatan yang direncanakan sebesar 20 MPa.

Tabel 4. 12: Data-data dasar dari hasil pengujian agregat.

No	Data Tes Dasar	Nilai
1	Berat jenis agregat kasar	2,461 gr/cm ³
2	Berat jenis agregat halus	2,630 gr/cm ³
3	Kadar lumpur agregat kasar	0,4 %
4	Kadar lumpur agregat halus	2,8 %
5	Berat isi agregat kasar	1,77 gr/cm ³
6	Berat isi agregat halus	1,63 gr/cm ³
7	FM agregat kasar	2,68
8	FM agregat halus	2,88
9	Kadar air agregat kasar	0,7 %
10	Kadar air agregat halus	1,46 %
11	Penyerapan agregat kasar	0,30 %
12	Penyerapan agregat halus	2,67 %
13	Nilai <i>slump</i> rencana	75-150 mm
14	Ukuran agregat maksimum	19 mm

Maka, dari data-data tabel 4.12 diatas perencanaan campuran beton (*Mix Design*) yang berdasarkan SNI 03-2834-2000 dapat dibuat seperti pada tabel 4.13.

Tabel 4. 13: Perencanaan Campuran Beton dengan Metode SNI 03-2834-2000

PERENCANAAN CAMPURAN BETON			
SNI 03-2834-2000			
No	Uraian	Tabel/Gambar Perhitungan	Nilai
1.	Kuat tekan yang disyaratkan (benda uji silinder)	Ditetapkan	20 Mpa
2.	Deviasi Standar	-	5,5 Mpa
3.	Nilai tambah (margin)	-	9 Mpa
4.	Kekuatan rata-rata yang ditargetkan	1+2+3	34,5 Mpa
5.	Jenis semen	Ditetapkan	Tipe 1
6.	Agregat Kasar	Ditetapkan	Batu pecah Binjai
7.	Agregat Halus	Ditetapkan	Pasir alam Binjai
8.	Faktor air-semen bebas	-	0,545
9.	Faktor air-semen maksimum	Ditetapkan	0,63
10.	Slump	Ditetapkan	75-150 mm
11.	Ukuran Agregat Maksimum	Ditetapkan	19 mm
12.	Kadar air bebas	Ditetapkan	209,5 kg/m ³
13.	Jumlah semen	Ditetapkan	384,03 kg/m ³
14.	Jumlah semen maksimum	Ditetapkan	384,03 kg/m ³
15.	Faktor air semen yang disesuaikan	Ditetapkan	0,545
16.	Susunan besar butir agregat halus	Gambar 4.1	Daerah gradasi zona 2
17.	Susunan besar butir agregat kasar atau gabungan	Gambar 4.2	Gradasi maksimum 19mm
18.	Berat isi beton	Ditetapkan	2270,92 Kg/m ³

Tabel 4.13: *Lanjutan.*

	Proporsi Campuran	Semen (kg)	Air (liter)	Agregat kondisi jenuh kering (kg)	
				Halus	Kasar
19.	Tiap m^3	384,03	209,5	561,65	1116
	Tiap campuran uji m^3	1	0,545	1,463	2,91
	Tiap campuran uji $0,0053 m^3$ (1 Silinder)	2,035	1,2204	3,2753	6,508

1. Kuat tekan rencana ($f'c$) = 20 MPa dan benda uji akan dilakukan pengujian pada umur rencana 14 hari , 21 hari, dan 28 hari.
2. Deviasi standar, karena benda uji yang direncanakan lebih dari 55 dan kurang dari 65, maka nilai standar deviasi yang digunakan sebesar 55 atau 5,5 MPa.
3. Nilai tambah margin (M) adalah $M=1,64 \times sd$ atau $M = (1,64 \times 55) = 90,2 \text{ kg}/m^3$.
4. Kuat tekan beton rata-rata yang di targetkan ($f'cr$):

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

$$= 20 + 5,5 + 9,02$$

$$= 34,52 \text{ MPa}$$
5. Semen yang digunakan harus semen Portland tipe 1.
6. Agregat yang digunakan berupa agregat halus pasir alami dari Binjai
7. Agregat kasar batu pecah dengan ukuran maksimum 19 mm dari Binjai.
8. Faktor air semen (FAS), semen yang digunakan semen Portland tipe I, beton dilakukan pengujian pada umur rencana 14 hari, 21 hari dan 28 hari benda uji silinder dan agregat kasar berupa batu pecah maka digunakan nilai FAS sebesar 0,545.

Tabel 4. 14: Faktor Air Semen (ltr/kg semen) untuk berbagai jenis konstruksi

Jenis Konstruksi	Keadaan Cuaca luar					
	Perubahan suhu yang berbahaya berkali-kali dari air beku dan cair (hanya untuk beton air-entrained)			Bersuhu Sedang		
	Di udara	Di permukaan air atau di daerah naik turunnya / pancaran air		Di udara	Di permukaan air atau di daerah naik turunnya/pancaran air	
		Air Sejuk	Air Es		Air Sejuk	Air Es
Tampang tipis seperti: beton untuk tepi jalan, strip-strip, tiang bertulang, pipa beton hiasan dan semua beton yang selanjutnya < 2 cm	0,500	0,445	0,408	0,545	0,500	0,408
Tampang sedang seperti : dinding penahan tanah, pilar, balok, kolom	0,545	0,500	0,455		0,545	0,455
Bagian luar dari beton massa yang berat	0,590	0,500	0,455		0,545	0,455
Beton yang di tuang di dalam air		0,455	0,455		0,455	0,455
Pelat yang ditempatkan di permukaan tanah	0,545					

9. Faktor air semen maksimum, berdasarkan tabel 4.14 mengenai persyaratan faktor air maksimum karena beton berada dilokasi terlindung dari hujan dan terik matahari langsung, maka faktor air semen maksimum ditetapkan sebesar 63.

10. Nilai *slump* yang direncanakan pada penelitian ini menggunakan slump rencana sebesar 75-150 mm.

11. Ukuran maksimum yang digunakan sebesar 19 mm.

12. Kadar air bebas 209,3 liter.

13. Kadar semen dapat dicari perhitungannya dengan cara, nilai kadar air bebas dibagi faktor air semen, maka jumlah semen yang digunakan akan didapatkan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar air semen} &= \frac{\text{Kadar Air Bebas}}{\text{Faktor Air Semen}} \\
 &= \frac{209,3}{0,545} \\
 &= 384,03 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

14. Nilai kadar semen maksimum sebesar 384,03 kg/m

15. Faktor air semen yang digunakan dalam *mix design* disesuaikan dengan nilai 0,545.
16. Susunan butir agregat halus ditentukan dari gradasi pasir no 2.
17. Susunan butir agregat kasar ditentukan dari batas gradasi agregat kasar ukuran maksimum 19 mm.
18. Berat isi beton diperoleh sebesar $2270,92 \text{ kg/m}^3$.
19. Proporsi Campuran

Kondisi agregat dalam keadaan jenuh kering permukaan semen, air, agregat halus dan agregat kasar dihitung dalam per m^3 adukan.

- Semen = $\frac{384,01}{384,03} = 1$
- Air = $\frac{209,5}{384,03} = 0,545$
- Pasir = $\frac{561,65}{384,03} = 1,463$
- Batu Pecah = $\frac{1116}{384,03} = 2,9$

4.4.2 Kebutuhan Bahan

Berdasarkan hasil perhitungan *mix design* beton normal mutu sedang, maka kebutuhan bahan untuk 1 m^3 sebagai berikut:

1. Semen = 384.03 kg/m^3
2. Agregat Halus = 561.65 kg/m^3
3. Agregat Kasar = 1116 kg/m^3
4. Air = 209.5 kg/m^3

a. Untuk Satu benda uji silinder (kg)

Kebutuhan volume satu benda uji dengan cetakan silinder sebagai berikut:

1. Tinggi cetakan = $30 \text{ cm} = 0,3 \text{ m}$
2. Lebar cetakan = $15 \text{ cm} = 0,15 \text{ m}$
3. Volume cetakan = $\pi r^2 t$
 $= \frac{22}{7} \times \frac{(0,15)^2}{2} \times 0,30$
 $= 0,0053 \text{ m}^3$

Maka, untuk setiap perhitungan campuran bahan pembuatan beton dilampirkan data sebagai berikut:

- Semen yang dibutuhkan untuk 1 benda uji
 = Banyak semen x Volume 1 benda uji
 = $384,03 \text{ kg/m}^3 \times 0,0053 \text{ m}^3$
 = 2,035 kg
- Pasir yang dibutuhkan untuk 1 benda uji
 = Banyak pasir x Volume 1 benda uji
 = $561,65 \text{ kg/m}^3 \times 0,0053 \text{ m}^3$
 = 2,98 kg
- Batu pecah yang dibutuhkan untuk 1 benda uji
 = Banyak batu pecah x Volume 1 benda uji
 = $1116 \text{ kg/m}^3 \times 0,0053 \text{ m}^3$
 = 5,91 kg
- Air yang dibutuhkan untuk 1 benda uji
 = Banyak air x Volume 1 benda uji
 = $209,5 \text{ kg/m}^3 \times 0,0053 \text{ m}^3$
 = 1,11 kg

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

Semen : Pasir : Batu pecah : Air
 2,035 : 2,98 : 5,91 : 1,11

Berdasarkan dari perhitungan analisa saringan, maka yang diperoleh berat untuk masing-masing proporsi material yang digunakan untuk 1 benda uji silinder.

4. Limbah Beton

Penggunaan bahan tambah dalam penelitian ini, yaitu menggunakan limbah beton sebesar 15%, 25%, dan 35% dari berat pengganti agregat kasar keseluruhan. Berat masing-masing variasi diuraikan sebagai berikut:

Tabel 4. 15: Kebutuhan limbah beton untuk 1 benda uji silinder.

Persentase banyaknya limbah beton (%)	Banyaknya limbah beton dari berat agregat kasar (gr)
15	886,5
25	1477,5
35	2068,5

4.5 Pengujian *Slump Test* (*Slump Rencana 75-150 mm*)

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

Hal-hal yang mempengaruhi *slump Test*, yaitu:

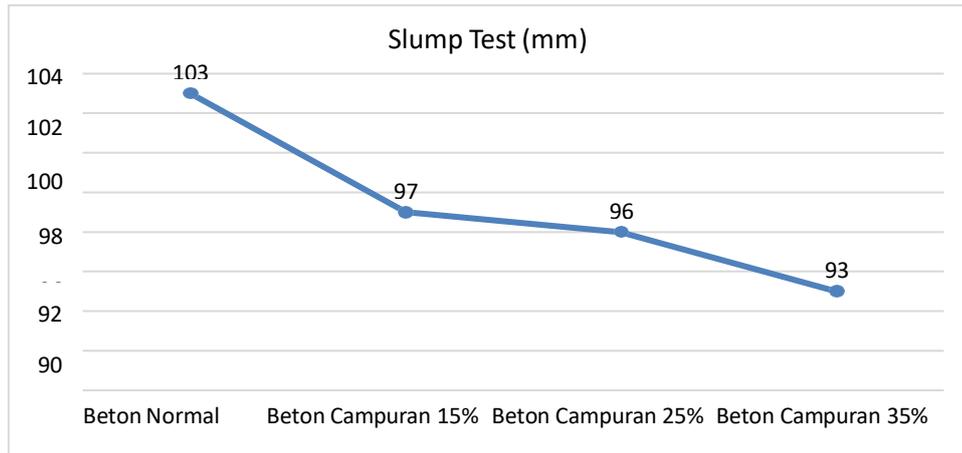
- a. Kadar air agregat.
- b. Kadar lumpur agregat.
- c. Faktor air semen.
- d. Gradasi agregat.
- e. Bahan tambah yang digunakan.

Dalam pengujian ini maka didapatkan hasil data *slump test* dengan melihat beton yang dimasukkan kedalam kerucut *abrams*. Penelitian ini memiliki nilai *slump test* direncanakan sebesar 75 mm sampai 150 mm. Berikut hasil dari pengujian *slump test* beton normal dan beton variasi campuran limbah beton dapat dilihat pada tabel 4.16 berikut ini:

Tabel 4. 16: Hasil nilai dari pengujian *Slump Test*

No.	Variasi Beton	<i>Slump Test</i> (mm)
1.	Beton Normal	103
2.	Beton Campuran LB 15%	97
3.	Beton Campuran LB 25%	96
4.	Beton Campuran LB 35%	93

Hasil dari tabel 4.16 terdapat perubahan diameter *slump flow* pada setiap campuran limbah beton , berikut grafik *slump test*.



Gambar 4. 2: Grafik Slump Test

Hasil dari Gambar 4.4 terdapat perubahan diameter *slump flow* pada setiap campuran limbah beton pada benda uji beton tersebut, campuran limbah beton 15% terdapat nilai slump yang tinggi yaitu 97 mm dan sedangkan beton dengan campuran limbah beton 25% mendapatkan nilai slump 96 mm dan 35% terdapat nilai slump sebesar 93 mm. Pada nilai slump campuran limbah beton 15% masih memiliki nilai slump yang mendekati nilai slump beton normal karena campuran isi beton masih lebih banyak menggunakan material pembuatan beton pada umumnya, hal ini terjadi disebabkan penggunaan limbah beton hanya 15% dari berat total agregat kasar.

4.6 Hasil dan Analisa Penyerapan Air

Tabel 4. 17: Hasil pengujian penyerapan beton normal umur 14

Sampel	Umur Beton	Berat Beton Pada Perendaman		Penyerapan Air Pada Beton (gr)	Rata-rata Penyerapan Air Pada Beton (gr)
		Sebelum (kg)	Sesudah (kg)		
1	14	12599	12722	123	144.5
2	14	12631	12797	166	

Tabel 4. 18: Hasil pengujian penyerapan beton campuran LB 15%

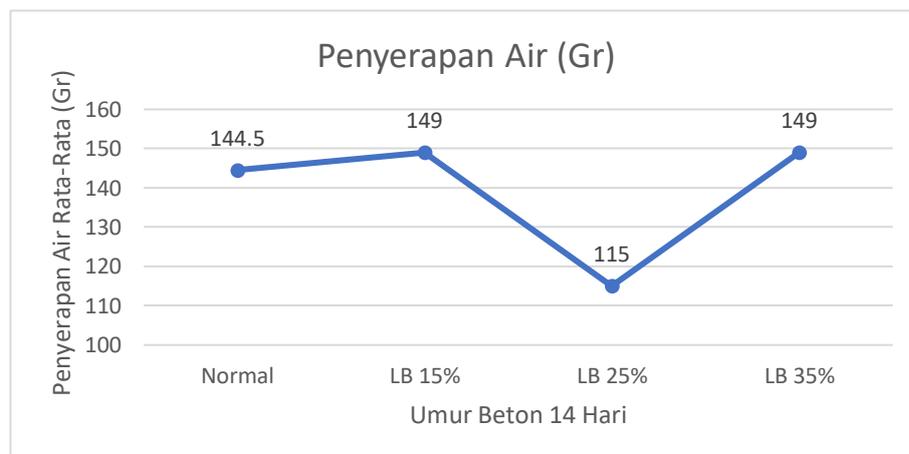
Sampel	Umur Beton	Berat Beton Pada Perendaman		Penyerapan Air Pada Beton (gr)	Rata-rata Penyerapan Air Pada Beton (gr)
		Sebelum (kg)	Sesudah (kg)		
1	14	12537	12685	148	149
2	14	12578	12728	150	

Tabel 4. 19: Hasil pengujian penyerapan beton campuran LB 25%

Sampel	Umur Beton	Berat Beton Pada Perendaman		Penyerapan Air Pada Beton (gr)	Rata-rata Penyerapan Air Pada Beton (gr)
		Sebelum (kg)	Sesudah (kg)		
1	14	12533	12654	121	115
2	14	12619	12510	109	

Tabel 4. 20: Hasil pengujian penyerapan beton campuran LB 35%

Sampel	Umur Beton	Berat Beton Pada Perendaman		Penyerapan Air Pada Beton (gr)	Rata-rata Penyerapan Air Pada Beton (gr)
		Sebelum (kg)	Sesudah (kg)		
1	14	12648	12809	161	149
2	14	12579	12716	137	



Gambar 4. 3: Grafik perbandingan rata-rata penyerapan air pada beton

Tabel 4. 21: Hasil pengujian penyerapan beton normal umur 21

Sampel	Umur Beton	Berat Beton Pada Perendaman		Penyerapan Air Pada Beton (gr)	Rata-rata Penyerapan Air Pada Beton (gr)
		Sebelum (kg)	Sesudah (kg)		
1	21	12753	12924	171	182.5
2	21	12823	13017	194	

Tabel 4. 22: Hasil pengujian penyerapan beton campuran LB 15%

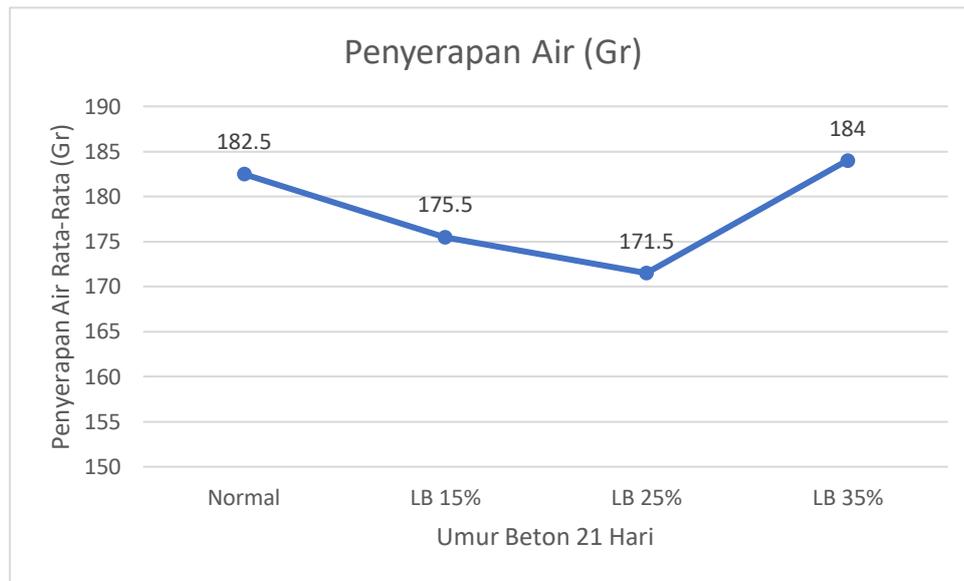
Sampel	Umur Beton	Berat Beton Pada Perendaman		Penyerapan Air Pada Beton (gr)	Rata-rata Penyerapan Air Pada Beton (gr)
		Sebelum (kg)	Sesudah (kg)		
1	21	12547	12716	169	175,5
2	21	12937	13119	182	

Tabel 4. 23: Hasil pengujian penyerapan beton campuran LB 25%

Sampel	Umur Beton	Berat Beton Pada Perendaman		Penyerapan Air Pada Beton (gr)	Rata-rata Penyerapan Air Pada Beton (gr)
		Sebelum (kg)	Sesudah (kg)		
1	21	12637	12803	166	171.5
2	21	12662	12839	177	

Tabel 4. 24: Hasil pengujian penyerapan beton campuran LB 35%

Sampel	Umur Beton	Berat Beton Pada Perendaman		Penyerapan Air Pada Beton (gr)	Rata-rata Penyerapan Air Pada Beton (gr)
		Sebelum (kg)	Sesudah (kg)		
1	21	12689	12875	186	184
2	21	12536	12718	182	



Gambar 4. 4: Grafik perbandingan rata-rata penyerapan air pada beton

Tabel 4. 25 : Hasil pengujian penyerapan beton normal umur 28

Sampel	Umur Beton	Berat Beton Pada Perendaman		Penyerapan Air Pada Beton (gr)	Rata-rata Penyerapan Air Pada Beton (gr)
		Sebelum (kg)	Sesudah (kg)		
1	28	12613	12824	211	199,5
2	28	12703	12891	188	

Tabel 4. 26: Hasil pengujian penyerapan beton campuran 15%

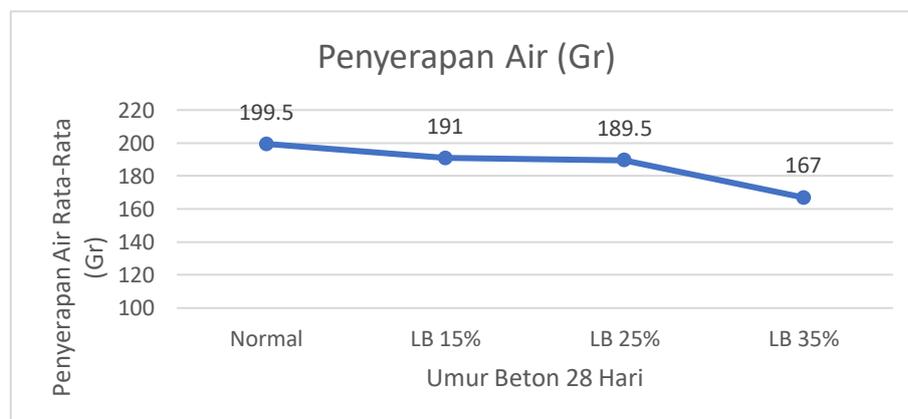
Sampel	Umur Beton	Berat Beton Pada Perendaman		Penyerapan Air Pada Beton (gr)	Rata-rata Penyerapan Air Pada Beton (gr)
		Sebelum (kg)	Sesudah (kg)		
1	28	12825	13027	202	191
2	28	12711	12891	180	

Tabel 4. 27: Hasil pengujian penyerapan beton campuran 25%

Sampel	Umur Beton	Berat Beton Pada Perendaman		Penyerapan Air Pada Beton (gr)	Rata-rata Penyerapan Air Pada Beton (gr)
		Sebelum (kg)	Sesudah (kg)		
1	28	12798	13001	203	189,5
2	28	12732	12908	176	

Tabel 4. 28: Hasil pengujian penyerapan beton campuran 35%

Sampel	Umur Beton	Berat Beton Pada Perendaman		Penyerapan Air Pada Beton (gr)	Rata-rata Penyerapan Air Pada Beton (gr)
		Sebelum (kg)	Sesudah (kg)		
1	28	12811	12985	174	167
2	28	12748	12908	160	



Gambar 4. 5: Grafik perbandingan rata-rata penyerapan air pada beton

Berdasarkan data hasil pengujian yang telah dilakukan, maka didapat penyerapan air beton normal umur 14 sebanyak 144,5 gr, campuran limbah beton 15% sebanyak 149 gr, campuran limbah beton 25% sebanyak 115 gr, dan campuran limbah beton 35% sebanyak 149 gr. Pada umur 21, penyerapan air beton normal sebanyak 182,5 gr, campuran limbah beton 15% sebanyak 175,5 gr, campuran limbah beton 25% sebanyak 171,5 gr, dan campuran limbah beton 35% sebanyak 184 gr. Sedangkan untuk hasil penyerapan beton normal umur 28 hari sebanyak

199,5 gr, campuran limbah beton 15% sebanyak 191 gr, campuran limbah beton 25% sebanyak 189,5 gr dan campuran limbah beton 35% sebanyak 167 gr. Untuk penyerapan air tertinggi pada beton yaitu beton normal di umur 28 hari sebanyak 199,5 gr, sedangkan beton dengan penyerapan air terendah terdapat pada campuran limbah beton 25% sebanyak 115 gr.

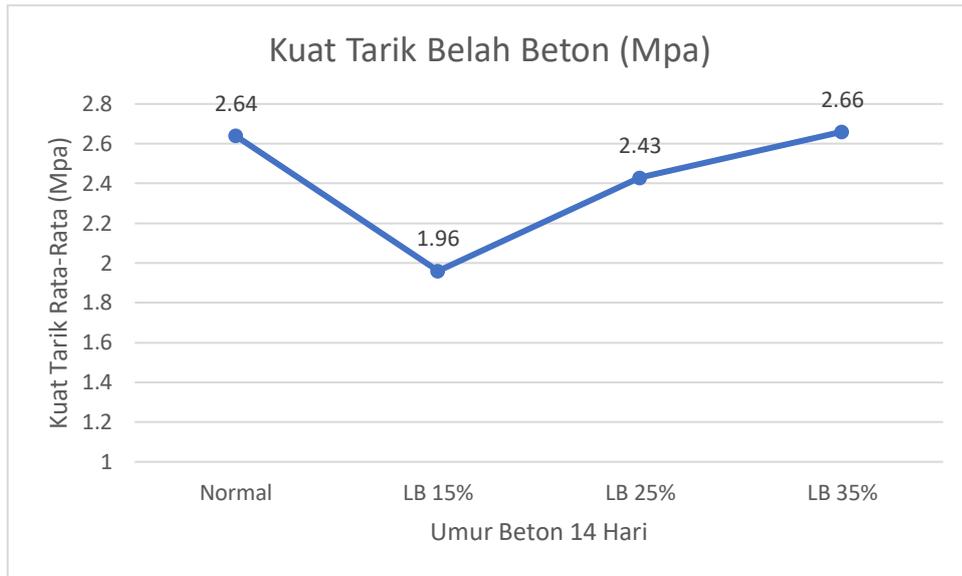
4.7 Kuat Tarik Beton

Pengujian kuat tarik beton dilakukan menggunakan metode SNI 03-2491-2002, pelaksanaan pengujian dilakukan pada saat beton berumur 14 hari, 21 hari dan 28 hari dengan menggunakan mesin kuat tekan (*compressive strength test*) yang kapasitas mesin kuat tekan mencapai 150 ton. Benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Ilustrasi pengujian kuat tarik belah beton dapat dilihat pada Gambar 4.9.

Tabel 4. 29: Hasil pengujian kuat tarik beton umur 14 hari

Benda Uji		Beban Maksimum (kN)	Kuat Tarik (Mpa)	Kuat Tarik Rata-rata (Mpa)
1	Normal	179,21	2,53	2,64
2		194,26	2,75	
1	Campuran 15%	149,07	2,11	1,96
2		128,27	1,81	
1	Campuran 25%	172,19	2,44	2,43
2		170,79	2,42	
1	Campuran 35%	175,07	2,48	2,66
2		201,08	2,84	

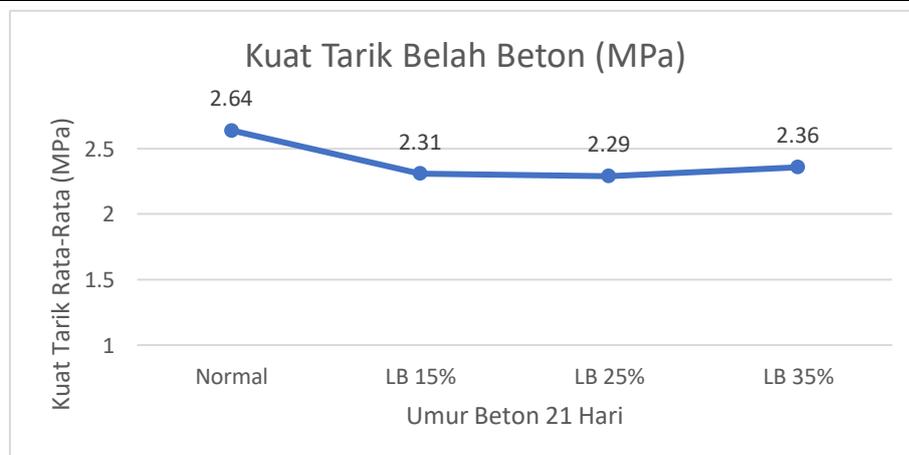
Dari tabel 4.29 maka dapat dilihat perbandingan dari masing-masing nilai yang dihasilkan setiap sampel baik beton normal maupun beton variasi. Untuk grafik yang dihasilkan sebagai berikut:



Gambar 4. 6: Grafik nilai kuat tarik beton umur 14 hari

Tabel 4. 30: Hasil pengujian kuat tarik beton umur 21 hari

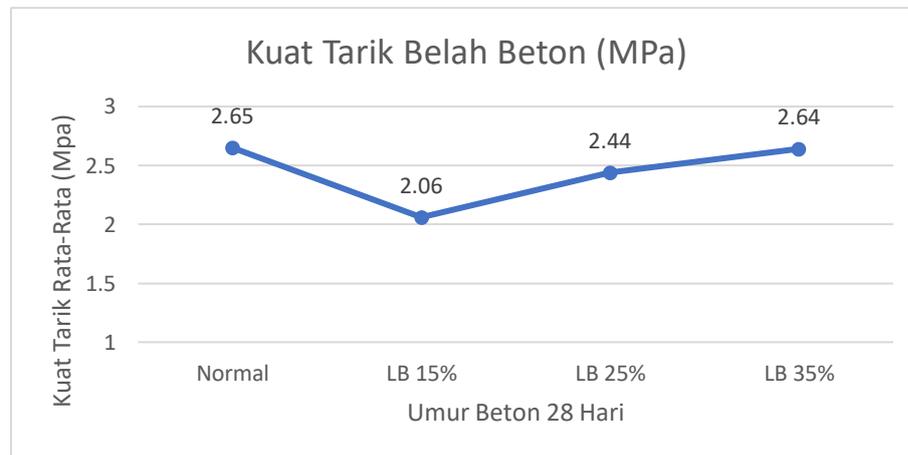
Benda Uji		Beban Maksimum (kN)	Kuat Tarik (Mpa)	Kuat Tarik Rata-rata (Mpa)
1	Normal	183,69	2,60	2,64
2		189,16	2,67	
1	Campuran 15%	171,96	2,43	2,31
2		155,25	2,20	
1	Campuran 25%	155,12	2,19	2,29
2		169,27	2,39	
1	Campuran 35%	172,62	2,44	2,36
2		161,53	2,28	



Gambar 4. 7: Grafik nilai kuat tarik beton umur 21 hari

Tabel 4. 31: Hasil pengujian kuat tarik beton umur 28 hari

Benda Uji		Beban Maksimum (kN)	Kuat Tarik (Mpa)	Kuat Tarik Rata-rata (Mpa)
1	Normal	179,63	2,54	2,65
2		194,50	2,75	
1	Campuran 15%	149,25	2,11	2,06
2		142,43	2,01	
1	Campuran 25%	174,4	2,47	2,44
2		171	2,42	
1	Campuran 35%	175,28	2,48	2,64
2		197,56	2,79	



Gambar 4. 8 Grafik nilai kuat tarik beton umur 28 hari

Pada saat pengujian kuat tarik beton dengan campuran limbah beton, maka didapat kuat tarik yang berbeda-beda, untuk umur beton 14 hari dengan variasi limbah beton 15% nilai yang didapat sebesar 1,96 MPa, variasi limbah beton 25% nilai yang didapat sebanyak 2,43 MPa, dan variasi limbah beton 35% nilai yang didapat sebanyak 2,66 MPa. Untuk umur beton 21 hari dengan variasi limbah beton 15% nilai yang didapat sebanyak 2,31 MPa, variasi limbah beton 25% nilai yang didapat sebanyak 2,29 MPa, dan variasi limbah beton 35% nilai yang didapat sebanyak 2,36 MPa. Sedangkan untuk umur beton 28 hari dengan variasi limbah beton 15% nilai yang didapat sebanyak 2,06 Mpa, variasi 25% nilai yang didapat sebanyak 2,44 Mpa, dan variasi 35% nilai yang didapat sebanyak 2,64 Mpa.

Berikut ilustrasi pengujian kuat tarik belah beton dengan menggunakan mesin kuat tekan beton dan dengan bantuan plat besi.



Gambar 4. 9 : Pengujian kuat tarik beton dengan mesin kuat tekan beton dan plat besi

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Pada saat pengujian kuat tarik beton dengan campuran limbah beton, maka didapat kuat tarik yang berbeda-beda, untuk umur beton 14 hari dengan variasi limbah beton 15% nilai yang didapat sebesar 1,96 MPa, variasi limbah beton 25% nilai yang didapat sebanyak 2,43 MPa, dan variasi limbah beton 35% nilai yang didapat sebanyak 2,66 MPa. Untuk umur beton 21 hari dengan variasi limbah beton 15% nilai yang didapat sebanyak 2,31 MPa, variasi limbah beton 25% nilai yang didapat sebanyak 2,29 MPa, dan variasi limbah beton 35% nilai yang didapat sebanyak 2,36 MPa. Sedangkan untuk umur beton 28 hari dengan variasi limbah beton 15% nilai yang didapat sebanyak 2,06 Mpa, variasi 25% nilai yang didapat sebanyak 2,44 Mpa, dan variasi 35% nilai yang didapat sebanyak 2,64 Mpa.
2. Nilai kuat tarik beton yang diperoleh dari seluruh pengujian sampel yang berjumlah 24 sampel tercapai dari mutu rencana yaitu dengan mutu rencana 20 MPa, jika nilai perbandingan nilai kuat tarik adalah 9% dari nilai kuat tekan rencana. Jadi, komposisi beton ini dapat dipergunakan sebagai struktur. Tetapi jika nilai perbandingan nilai kuat tarik adalah 15% dari nilai kuat tekan rencana, maka nilai kuat tarik yang diperoleh tidak mencapai mutu yang ditargetkan. Jadi, komposisi ini tidak dapat digunakan sebagai struktur.

5.2 Saran

1. Komposisi campuran limbah beton dapat mempengaruhi perolehan nilai kuat tarik dan nilai pengujian lainnya. Sehingga perlu dilakukan penelitian lanjutan terhadap variasi penggunaan limbah beton untuk menentukan produk beton campuran yang lebih baik.

2. Dari penelitian yang sudah dilaksanakan semoga memberikan dan mampu membantu dalam perkembangan proses teknologi beton ataupun penerapan di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Amelia, R., & Rosyad, F. (2019). Analisis Perbandingan Jenis Semen (Merk Semen) Terhadap Kuat Tekan Beton. *Bina Darma Conference on Engineering Scienci*, 381–390. <http://conference.binadarma.ac.id/index.php/>
- Firda, A., Permatasari, R., & Fuad, I. S. (2021). Pemanfaatan Limbah Batubara (Fly Ash) Sebagai Material Pengganti Agregat Kasar Pada Pembuatan Beton Ringan. *Jurnal Deformasi*, 6(1), 1. <https://doi.org/10.31851/deformasi.v6i1.5423>
- Grace, Rachman, R., & Alpius. (2021). Penggunaan Limbah Beton Sebagai Agregat Pada Campuran Stone Matrix Asphalt Halus. *Paulus Civil Engineering Journal*, 3(4), 499–506. <https://doi.org/10.52722/pcej.v3i4.329>
- Hariyanto. (2018). Pemanfaatan Limbah Bangunan Sebagai Pengganti. *Jurnal Ilmiah Teknosains*, 4(2), 93–102.
- Hermanto, J., & Shandy, S. (2020). Karakteristik Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton Dengan Penambahan Limbah Sabut Kelapa. *Jurnal Teknik Dintek Ummu*, 13(2), 75–85. <https://www.jurnal.umm.ac.id/index.php/dintek/article/view/584>
- Ismail, A. G., Mustofa, A., Dwicahyani, A., Ridlo, M. M., & Sambowo, K. A. (2017). Pengaruh Beton Daur Ulang Dan Bahan Tambah Fly Ash Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Beton Struktural Ramah Lingkungan. *Jurnal Riset Rekayasa Sipil*, 1(1), 59. <https://doi.org/10.20961/jrrs.v1i1.14722>
- Moniaga, F. (2018). Evaluasi Penggunaan Material Agregat Kasar Parameter Dia 10-20 Mm Dan 5-10 Mm Pada Campuran Beton Lapangan Dengan Specified Characteristic Strength. *Jurnal Ilmiah Realtech*, 14(1), 91–96. <https://doi.org/10.52159/realtech.v14i1.123>
- Pane, F. P., Tanudjaja, H., & R.S. Windah. (2015). Pengujian Kuat Tarik Belah Dengan Variasi Kuat Tekan Beton. *Jurnal Sipil Statik*, 3(5), 313–321.
- Ros Anita Sidabutar, I., & Zakaria Tarigan, Y. (2002). *Pengaruh Penambahan Serat Bambu Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Beton*. 8(4), 65–83.
- Sian, B., Tjondro, J. A., & Sidauruk, R. (2019). Studi Eksperimental Karakteristik Beton dengan Agregat Kasar Daur Ulang dengan $f_c' = 25$ MPa. *Jurnal Teknik Sipil*, 9(2), 111–129. <https://doi.org/10.28932/jts.v9i2.1375>
- Sudika, I. G. M., Partama, I. G. N. E., & Dinata, I. G. S. (2019). Analisis Limbah Benda Uji Beton Untuk Mensubstitusi Agregat Kasar Pada Campuran Beton. *Gradien*, 11(1), 46–56.
- Takapente, G. N. O., Wallah, S. E., & Manalip, H. (2018). Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah Beton Geopolymer Berbasis Abu Vulkanik. *Jurnal Sipil Statik*, 6(9), 657–664.

Widodo, A., & Basith, M. A. (2017). Analisis Kuat Tekan Beton Dengan Penambahan Serat Rooving Pada Beton Non Pasir. *Jurnal Teknik Sipil Dan Perencanaan*, 19(2), 115–120. <https://doi.org/10.15294/jtsp.v19i2.12138>

SNI-03-2834-2000. *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*.

SNI-03-2491-2002. *Metode Pengujian Kuat Tarik Belah Beton*.

LAMPIRAN



Gambar L.1 Agregat Halus



Gambar L.2 Agregat Kasar



Gambar L.3 Limbah Beton



Gambar L.4 Saringan Agregat Halus



Gambar L.5 Cetakan Silinder 15x30 cm



Gambar L.6 Oven



Gambar L.7 Gelas Ukur



Gambar L.8 Timbangan



Gambar L.9 Palu Karet



Gambar L. 10 Tongkat Rojok



Gambar L. 11 Mesin Kuat Tekan



Gambar L. 12 Sampel Beton Segar



Gambar L. 13 Proses Perendaman Beton



Gambar L. 14 Pengujian Kuat Tarik Beton dengan Mesin Kuat Tekan Beton dan dengan bantuan Plat Besi

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA DIRI PESERTA

Nama Lengkap : Khairunnisa
Tempat, Tanggal Lahir : Medan, 14 Agustus 1997
Jenis Kelamin : Perempuan
Alamat : Jl. Sei Mencirim Dusun II Paya Geli, Sunggal,
Deli Serdang
Agama : Islam
Nama Ayah : Zulfan
Nama Ibu : Ika Frianti
No. Hp : 0822-7395-6886
Email : khairunnisa1305@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

SD Negeri 104182	2003 – 2009
SMP Swasta Al-Fityan Medan	2009 – 2012
SMA Swasta Panca Budi Medan	2012 – 2015
Politeknik Negeri Medan	2015 – 2018
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara	2021 – 2025