

**TUGAS AKHIR**  
**PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH SERBUK BESI**  
**PENGGANTI SEBAGIAN PASIR TERHADAP**  
**KUAT LENTUR BETON**  
*(Studi Penelitian)*

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

Disusun Oleh :

**LEONALDI**

2107210071



**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 : Leonaldi

NPM : 2107210071

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Pengaruh Penambahan Limbah Serbuk Besi Pengganti  
Sebagian Pasir Terhadap kuat Lentur Beton.

Bidang Ilmu : Struktur

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

DISETUJUI UNTUK DISAMPAIKAN KEPADA  
PANITIA UJIAN SKRIPSI

Medan, 8 September 2025

Dosen Pembimbing



Ir. Fahrizal Zulkarnain ST., M.Sc., Pt

## LEMBAR PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan oleh :

Nama : Leonaldi

NPM : 2107210071

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Pengaruh Penambahan Limbah Serbuk Besi Pengganti Sebagian Pasir Terhadap Kuat Lentur

Bidang : Struktur

Telah berhasil dipertahankan dihadapan 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.

Mengetahui dan Meyetujui

Dosen pembimbing



Ir. Fahrizal Zulkarnain ST., M.Sc., Ph.D

Dosen Pembanding I

Dosen Pembanding II

Dosen Pembanding I



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

Dosen Pembanding II



Sri Franti, S.T., M.T.

Ketua Prodi Teknik Sipil



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

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tanga dibawah ini :

Nama Lengkap : Leonaldi  
Tempat, Tanggal Lahir : Ranto Panjang, 02 Oktober 2001  
Npm : 2107210071  
Fakultas : Teknik  
Program studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya berjudul :

**“Pengaruh Penggunaan limbah Serbuk Besi Penggati Sebagian Pasir Terhadap Kuat Lentur Beton.**

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan lain, yang pada hakekatnya merupakan karya tulis Tugas Akhir saya orisinil dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ketidaksesuaan antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi berat berupa pembantahan kelulusan atau kesarjanaan saya.

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

Medan, 8 September 2025  
Saya yang menyatakan  
  
Leonaldi

## **ABSTRAK**

### **PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH SERBUK BESI PENGGANTI SEBAGIAN PASIR TERHADAP KUAT LENTUR**

Leonaldi

2107210071

Fahrizal Zulkarnain ST.,M.Sc.,Ph.D.

Beton berfungsi sebagai penahan beban, untuk meningkatkan kekuatan mekanik pada beton perlu adanya penambahan bahan tambah. beberapa jenis bahan tambah yang ditambahkan pada campuran beton adalah serat kaca, serat baja, serat pelastik dan serat alami. Penelitian ini menggunakan limbah serbuk besi karena dapat menambah daktilisasi beton terhadap kuat lentur beton. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui bagai mana pengaruh penambahan limbah serbuk besi terhadap nilai kuat lentur pada bron variasi 5%, 10% dan 15% . Pengujian kuat lentur beton di uji pada umur beton 14 hari dan 28 hari dengan benda uji balok. Nilai rata-rata kuat lentur beton yang di peroleh sesuai masing-masing variasi 5% BSB 5% (4,53), BSB10% (4,36) dan BSB15% (4,16) pada 14 hari. Dan untuk nilai kuat lentur beton rat-rata BSB 5% (5,21), BSB 10% (5,21), BSB10% (5,21) dan BSB15% (5,21). Hal ini dikarenakan semakin banyak persentasi limbah serbuk besi yang dimasukan kedalam campuran beton akan mengakibatkan workabilitas campuran menurun

Kata kunci : Limbah Serbuk Besi, Kuat Lentur.

## ABSTRACT

### THE EFFECT OF WASTE IRON POWDER AS A PARTIAL REPLACEMENT FOR SAND ON FLEXURAL STRENGTH

Leonaldi

2107210071

Fahrizal Zulkarnain, ST., M.Sc., Ph.D.

Concrete functions as a load-bearing material, and to improve its mechanical strength, the addition of supplementary materials is often required. Several types of additives commonly used in concrete mixtures include glass fibers, steel fibers, plastic fibers, and natural fibers. This study focuses on utilizing waste iron powder as an additive, as it has the potential to enhance the ductility and flexural strength of concrete. The objective of this research is to determine the effect of adding waste iron powder on the flexural strength of concrete beams with variations of 5%, 10%, and 15%. Flexural strength tests were carried out on beam specimens at the ages of 14 and 28 days. The average flexural strength results at 14 days were 4.53 MPa (BSB 5%), 4.36 MPa (BSB 10%), and 4.16 MPa (BSB 15%). At 28 days, the average flexural strength obtained was 5.21 MPa for BSB 5%, 5.21 MPa for BSB 10%, and 5.21 MPa for BSB 15%. The results indicate that increasing the proportion of waste iron powder in the concrete mixture reduces the workability of the mix, which in turn affects its flexural strength.

Keywords: Waste Iron Powder, Flexural Strength

## KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatu.

Puji syukur kita panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada kita semua sehingga kita dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “ Pengaruh Penambahan Limbah Serbuk Besi Pengganti Sebagian Pasir Terhadap Kuat Lentur Beton”.

Dimana tugas akhir ini adalah suatu silabus mata kuliah yang harus dilakukan oleh mahasiswa/I Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Selama penulisan laporan dan penyelesaian tugas akhir ini, dengan segenap hati penulisan mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada berbagai pihak yang telah banyak membantu terutama kepada :

1. Bapak Fahrizal Zulkarnain ST.,M.Sc.,Ph.D. selaku dosen pembimbing sekaligus sebagai Ketua Program Studi Teknik Sipil yang telah membimbing saya dan memberi saran serta motivasi .
2. Ibu Rizki Efrida,ST., MT. selaku dosen pembimbing I sekaligus sekretaris prodi teknik sipil yang telah memberikan koreksi dan masukan kepada penulisan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Ibu Sri Frapanti ST.,MT. selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan koreksi dan masukan kepada penulisan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Bapak Munawar Alfansuri Siregar S.T, M.Sc, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Seluruh Bapak/Ibu Dosen dan Staf Administrasi di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah memberikan ilmu keteknisipilan dan membantu penulisan dalam menyelesaikan administrasi tugas akhir ini.
6. Teristimewah dan tersayang untuk kedua orang tua penulis, Almahrum Bapak Sahmadan Nasution dan Ibu Erna yang telah memberi kasih sayang dan dukungan yang tidak ternilai kepada penulisan sehingga dapat menyelesaikan

tugas akhir ini.

7. Terimakasih penulis berikan kepada diri sendiri yang mampu melewati segala kesulitan untuk menyelesaikan tugas akhir ini. Terimakasih telah bertahan, berjuang, dan menyelesaikan kewajiban ini.
8. Keluarga besar Himpunan Mahasiswa Sipil Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (HMS FT UMSU) yang telah memberi motivasi dan dukungan.
9. Rekan seperjuangan Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Stambuk 2021. Yang telah memberi perhatian serta dukungan dalam menjalani perkuliahan. Terimakasih telah menjadi bagian dari sebuah kisah klasik.

Penulisan menyadari bahwa proposal skripsi ini tidak luput dari berbagai kesalahan dan kekurangan, sehingga penulisan mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan penulisan yang dilakukan.

Akhir kata, penulisan mengharapkan semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi penulis dan para pembaca. Dan akhirnya kepada Allah SWT penulisan serahkan segalanya demi tercapainya keberhasilan yang sempurna.

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Medan, 8 September 2025

Penulis



Leonaldi

## DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
SURAT PERYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	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 Material Penyusunan Beton	6
2.2.1 Semen Portland	7
2.2.2 Agregat kasar	7
2.2.3 Agregat Halus	9
2.2.4 Air	9
2.3 Serbuk Besi	10
2.4 Uji Slump	11
2.5 Kuat Lentur	12
2.6 Penelitian terdahulu terkait serbuk besi	13
BAB 3 METODE PENELITIAN	15
3.1 Metode Penelitian	15
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	18
3.3 Alat dan Bahan	18
3.3.1 Alat	18
3.3.2 Bahan	18

3.4 Tahap Pengujian	19
3.4.1 Persiapan Bahan-Bahan Dasar	19
3.4.2 Pengujian Analisa Saringan	19
3.4.3 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan	19
3.4.4 Pengujian kadar Air	20
3.4.5 Pengujian Berat Isi	20
3.4.6 Pengujian Kandungan Lumpur	21
3.4.7 Penetapan Benda Uji	22
3.4.8 Perhitungan Campuran Beton (Mix Design)	22
3.4.9 Pembuatan Benda Uji	28
3.4.10 Pengujian Slump Test	28
3.4.11 Perawatan Benda Uji	28
3.4.12 Pengujian Kuat Lentur	28
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	<b>30</b>
4.1 Hasil Pemeriksaan Agregat	30
4.1.1 Pemeriksaan Agregat Halus	30
4.2 Perencanaan Campuran Beton	38
4.3.1 kebutuhan Bahan	44
4.3 Pengujian Slump	46
4.4 Pengujian Kuat Lentur Beton	47
4.4.1 Pengujian Kuat Lentur Beton Normal 14 Hari	47
4.4.2 Pengujian Kuat Lentur Variasi 5% Serbuk Besi Umur 14 Hari	48
4.4.3 Pengujian Kuat Lentur Variasi 10% Serbuk Besi Umur 14 hari	49
4.4.4 Pengujian Kuat lentur variasi 15% Serbuk Besi Umur 14 Hari	50
4.4.5 Pengujian Kuat Lentur Serbuk besi Normal Umur 28	52
4.4.6 Pengujian Kuat Lentur Variasi 5% Serbuk Besi Umur 28 Hari	53
4.4.7 Pengujian Kuat Lentur Variasi 10% Serbuk Besi Umur 28 Hari	53
4.4.8 Pengujian Kuat Lentur Variasi 15% Serbuk Besi Umur 28 hari	54
4.4.9 Pembahasan Kuat lentur	56
<b>BAB 5</b>	<b>58</b>
<b>KESIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>58</b>
5.1 Kesimpulan	58
5.2 Saran	58
<b>DAFTAR PUSTKA</b>	<b>59</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Analisa Gradasi Agregat Halus	30
Tabel 4. 2 Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus	31
Tabel 4. 3 Hasil pengujian kadar air agregat halus	32
Tabel 4. 4 hasil pengujian kadar lumpur agregat halus	33
Tabel 4. 5 Hasil pengujian berat isi agregat halus	33
Tabel 4. 6 Hasil Analisa Gradasi Agregat Kasar	34
Tabel 4. 7 Batas Agregat Kasar	35
Tabel 4. 8 Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar	36
Tabel 4. 9 Hasil pengujian kadar air agregat kasar	36
Tabel 4. 10 Hasil pengujian kadar lumpur agregat kasar	37
Tabel 4. 11 hasil pengujian berat isi agregat kasar	37
Tabel 4. 12 Data-data hasil tes dasar	38
Tabel 4. 13 Perencanaan campuran beton berdasarkan SNI 03-2834-2000	43
Tabel 4. 14 kebutuhan bahan penyusunan untuk benda uji balok.	45
Tabel 4. 15 Hasil pengujian nilai slump untuk uji balok	47
Tabel 4. 16 Hasil pengjian kuat lentur beton normal umur 14 hari	48
Tabel 4. 17 Hasil pengujian kuat lentur dengan Serbuk Besi Variasi 5% 14 hari	48
Tabel 4. 18 Hasil pengujian kuat lentur beton dengan Serbuk Besi 10%	49
Tabel 4. 19 Hasil pengujian kuat lentur beton dengan serbuk besi	50
Tabel 4. 20 Hasil pengujian kuat lentur beton normal umur 28 hari	52
Tabel 4. 21 Hasil pengujian kuat lentur beton dengan variasi 5% serbuk besi hari	28 53
Tabel 4. 22 Hasil pengujian kuat lentur beton dengan variasi10% serbuk besi hari	28 53
Tabel 4. 23 Hasil pengujian kuat lentur beton dengan variasi 15% serbuk besi hari	28 55

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Flow cart tahap penelitian	17
Gambar 3.2 grafik hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen	25
Gambar 3.3 kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat isi beton	27
Gambar 3.4 Pengujian Kuat Lentur	29
Gambar 4.1 Grafik hubungan antara persentase lolos kumulatif	31
Gambar 4.2 Grafik Gradasi Agregat Kasar	35
Gambar 4.3 Hubungan Faktor Air Semen dan Kuat Lentur Bentur.	39
Gambar 4.4 Persentasi terhadap kadar total agregat	41
Gambar 4.5 Grafik hasil pengujian kuat lentur beton	56

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Saat ini perkembangan infrastruktur di Indonesia sangat pesat, dan seiring pembangunan infrastruktur yang terus meningkat, maka perkembangan teknologi pada pembangunan teknologi pada material bangunan juga ikut meningkat terutama pada konstruksi beton sebagai bahan konstruksi beton paling umum di gunakan baik untuk konstruksi dengan skala besar dan rumit maupun bangunan kecil dengan bentuk yang lebih sederhana keunggulan beton yaitu kemampuan dalam menambah daya tekan yang tinggi, dapat dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi tanah terhadap api dan perubahan cuaca, harga yang relatif murah karena menggunakan bahan lokal yang murah didapat (Purwanto & Cakra Wardani, 2020).

Semakin berkembangnya teknologi beton, semakin banyak pula inovasi untuk meningkatkan mutu beton dan salah satu inovasi tersebut adalah dengan memasukkan sebagai bahan pengganti kedalam campuran penyusunan beton bahan pengganti dapat berupa bahan limbah yang tidak terpakai dan bisa dimanfaatkan dalam campuran beton, fungsi dari bahan pengganti campuran beton adalah untuk memodifikasi sifat-sifat dan karakteristik beton itu sendiri, diantaranya adalah untuk memudahkan pengerjaan dan penghematan biaya dan waktu pengerasan beton (Zulkarnain, 2023)

Desa Limbung Jaya berada di kecamatan Tanjung Batu, Kabupaten Ogan Ilir adalah salah satu desa yang mayoritas penduduknya yang berpenghasilan sebagai pengerajin besi seperti membuat pisau, parang, celurit, pedang dan sebagainya, dari hasil kerajinan tersebut menghasilkan serbuk sisi-sisi potongan dari besi yang tidak digunakan lagi menjadi limbah yang tidak terpakai lagi, dengan memanfaatkan limbah serbuk besi tersebut, penelitian ini dilakukan yaitu dengan menambah limbah serbuk besi dengan variasi 5%, 10%, dan 15% ke dalam campuran beton normal, pengaruh penambahan limbah serbuk besi sebagai bahan campuran terhadap mutu beton, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar pengaruh penambahan limbah serbuk besi sebagai bahan campuran

beton terhadap mutu beton rencana (umur beton 14 hari dan 28 hari) dengan campuran 5%, 10%, dan 15% Pengguna beton serat dapat mereduksi retak yang timbul akibat beban. Dengan serat, sejumlah beton tertentu mencapai peningkatan sifat serta kekakuan baik itu kuat lentur maupun kuat tekan, pengguna serat beton maupun menyerap energi dan daktilitas, pengendalian ratak-retak dan meningkatkan sifat deformasi, pasta anak beton semakin kokoh atau stabil dalam menahan beban karena aksi serat yang saling mengikat disekeliling nya campuran 5%, 10%, dan 15% Pengguna beton serat dapat mereduksi retak yang timbul akibat beban. Dengan serat, sejumlah beton tertentu mencapai peningkatan sifat serta kekakuan baik itu kuat lentur maupun kuat tekan, pengguna serat beton maupun menyerap energi dan daktilitas, pengendalian ratak-retak dan meningkatkan sifat deformasi, pasta beton anak semakin kokoh atau stabil dalam menahan beban karena aksi serat yang saling mengikat disekeliling nya (Noorhidana & Purwanto, 2011).

## **1.2 Rumusan Masalah**

Untuk menghasilkan konstruksi beton yang lebih baik, diperlukan komposisi campuran beton yang baik, demikian pula dalam pelaksanaan pekerjaan beton diperlukan ketelitian sehingga hasil bisa menjadi pedoman yang benar, untuk itu ada beberapa permasalahan didalam perencanaan dan pengujian dengan judul pengaruh penambahan serbuk besi terhadap kuat letur beton.

1. Seberapa besar pengaruh variasi 5%, 10% dan 15% penambahan limbah serbuk besi terhadap kuat letur beton dalam kondisi normal ?
2. Seberapa besar perbedaan nilai kuat lentur beton antara beton normal dan beton dengan serbuk besi sebagai bahan tambahan 5%, 10% dan 15% ?

## **1.3 Batasan Masalah**

Dalam penelitian ini, maka permasalahan dibatasi :

1. Penelitian ini dilakukan dilaboratorium Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional Sumatera Utara (BBPJN).
2. Pembuatan benda uji yang digunakan adalah berbentuk balok ukuran

panjang 60 cm, lebar 15 cm dan tinggi 15 cm.

3. Penambahan limbah serbuk besi dengan persen tambahan 5%, 10% dan 15% pengganti pasir sebagian.
4. Pengujian kuat lentur pada beton normal dan beton dengan campuran serbuk besi pada umur setelah perendaman 14 hari dan 28 hari.
5. kuat lentur yang direncanakan sebesar 20 MPa.
6. Metode komposisi campuran beton menggunakan standar berdasarkan SNI 08-2834-2000.
7. Pengujian kuat lentur dilakukan di laboratorium Balai Besar pekerjaan Jalan Nasional (BBPJN).

#### **1.4 Tujuan penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian tugas akhir yang dilakukan sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh penggunaan serbuk besi dengan variasi 5%, 10% dan 15% terhadap kuat lentur beton.
2. Untuk mengetahui perbandingan hasil dari kuat lentur beton normal dengan beton campuran limbah serbuk besi dengan variasi 5%, 10% dan 15%.

#### **1.5 Manfaat penelitian**

Berdasarkan latar belakang pada penulisan tugas akhir ini, maka penelitian ini bermanfaat untuk :

1. Sebagai ilmu pengetahuan dan proses pembelajaran mahasiswa serta untuk masukkan dan pertimbangan dalam melakukan kajian ilmiah tentang pengaruh serbuk besi terhadap kuat lentur beton.
2. Untuk mengetahui perbandingan kuat lentur dan kuat tekan beton antara beton dengan bahan tambahan limbah serbuk besi dengan beton normal.

#### **1.6 Sistematika Penulisan**

Untuk mempermudah pemahaman sistematika penulisan ini disusun dalam beberapa bab yaitu sebagai berikut :

## BAB 1 PENDAHULUAN

Dalam bab ini berisikan tentang latar belakang, rumus masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

## BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Dalam bab ini berisikan tentang teori berupa penganti dan landasan teori dari penelitian sebelumnya yang memaparkan teori-teori yang berhubungan dengan masalah yang teliti.

## BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Dalam bab ini berisikan tentang langkah - langkah kerja yang akan dilakukan, tahapan penelitian, tentang bagaimana penelitian dilaksanakan, teknik pengumpulan data, metode Pengumpulan data dan metode analisi.

## BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini berisi tenten pemaparan hasil dari data-data penelitian yang telah diperoleh dari hasil survey lapangan yang kemudian digunakan untuk melakukan pengolahan data

## BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Dalam bab ini merupakan penutup yang besirikan tentang kesimpulan dan saran atas hasil penelitian yang sudah dilakukan.

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Pengertian Beton**

Beton merupakan salah satu dari berbagai penggunaan bahan terhadap konstruksi yang dipilih karena kemudahan dalam pembentukan, perawatan dan mudah diterapkan pada beberapa macam bangunan sipil. Beton dibentuk dari campuran agregat halus, agregat kasar dan ditambah dengan pasta semen. Pada masa sekarang beton dibuat atas perencanaan yang teliti, sehingga dapat dioptimalkan kekuatannya, yaitu dengan menggunakan bahan - bahan yang lebih dahulu melalui proses dan diketahui sifatnya. Banyak penelitian diarahkan pada pembuatan beton dengan mutu tinggi (Ryan Iskandar & Aulia Pohan, 2022).

Beton berkualitas tinggi adalah material konstruksi yang dihasilkan dari campuran semen, air, agregat, dan bahan tambahan seperti limbah serbuk besi, serta teknik pengolahan dan pengecoran yang baik. Kualitas beton ditentukan oleh pengguna material berkualitas, rasio campuran yang optimal, serta perawatan yang tepat setelah pengecoran untuk memastikan hidrasi yang baik. Jenis beton seperti beton bertulang, beton pracetak, dan beton daya tinggi dirancang untuk memenuhi kebutuhan spesifik dalam konstruksi. Uji laboratorium untuk mengukur kekuatan tekan dan ketahanan terhadap lingkungan juga penting untuk memastikan bahwa beton memenuhi standar yang diinginkan, sehingga menghasilkan struktur yang lebih tahan lama dan andal (Zulkarnain & Maulidza, 2024).

Beton normal adalah beton yang mempunyai berat isi (2200-2500) kg/m<sup>3</sup> menggunakan agregat alam yang dipecah (SNI 03-2834-2000). Beton normal dengan kualitas yang baik yaitu beton yang mampu menahan kuat desak/hancur yang diberi beban berupa tekanan dengan dipengaruhi oleh bahan-bahan pembentuk, kemudahan pengerjaan atau faktor air semen (FAS) dan zat tambahan jika diperlukan. Umumnya beton digunakan untuk bangunan, perkerasan jalan, pondasi, jembatan dan lainnya (Zulkarnain, 2024).

Hal ini dikarenakan beton memiliki berbagai macam kelebihan, antara lain :

- a. Beton memiliki kekuatan yang tinggi untuk menahan tekanan dan beban berat.

- b. Bahan baku pembuatan beton sangat mudah didapat dan biaya pemeliharaannya yang terjangkau.
- c. Beton memiliki sifat yang sangat awet dan tahan terhadap cuaca, korosi, dan pembusukan.

Disisi lain, beton juga memiliki kekurangan yaitu :

- a. Beton memiliki gaya tarik yang rendah, rentan terhadap keretakan dan memiliki berat yang cukup tinggi.
- b. Beton memerlukan waktu yang lama untuk mengering dan mencapai kekuatan penuh.
- c. Beton memiliki berat yang cukup tinggi, sehingga memerlukan struktur pendukung yang kuat.

Beton dapat diklasifikasikan menjadi tiga kategori umum, yaitu :

- a. Beton Ringan (*light weight Concrete/LWC*)  
Beton ringan mempunyai berat  $1800 \text{ kg/m}^3$ , dan mengandung campuran semen dengan bahan kimia yang menghasilkan gelembung udara.
- b. Beton Normal (*Normal weight Concrete*)  
Beton normal mempunyai berat  $2200 - 2500 \text{ kg/m}^3$  dan mengandung pasir, krikil alam dan batu pecah sebagai agregat.
- c. Beton Berat (*Heavy Weight Concrete*)  
Beton mempunyai berat  $3500 - 4500 \text{ ton/m}^3$  beton ini dibuat dari agregat yang memiliki berat jenis tinggi.

## **2.2 Material Penyusunan Beton**

Material yang digunakan pada campuran beton yaitu semen, agregat kasar, agregat halus, dan air. Namun dapat ditambah beberapa bahan tambah lain dengan persentase tertentu. Pada campuran ini, akan digunakan Limbah Serbuk Besi (LSB) sebagai pengganti sebagian pasir. Dalam pembuatan campuran beton, material yang digunakan harus memiliki kualitas yang baik dan memenuhi syarat, material yang akan digunakan antara lain :

### 2.2.1 Semen Portland

Semen merupakan suatu pengikat dalam campuran beton yang memiliki sifat lekat (*adhesive*) yang mana suatu reaksi semen mengikat butiran – butiran agregat sehingga membentuk suatu masa padat dan mengisi rongga - rongga udara diantara agregat. Semen Portland merupakan semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen portland terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain ( SNI 15 - 2049, 2004 ) berdasarkan

Tabel 2.1 : Jenis dan penggunaan semen

Tipe	Penggunaan Semen
I	Semen Portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.
II	Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang.
III	Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.
IV	Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan kalor hidrasi rendah
V	Semen Portland yang penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

Pada umumnya semen yang sering digunakan ialah semen 1 atau disebut dengan semen OPC (*Ordinary Portland Cement*) yang merupakan semen hidrolis yang dipergunakan secara lurus untuk konstruksi umum, Seperti bangunan yang tidak memerlukan persyaratan khusus, antara lain perumahan gedung–gedung bertingkat, landasan pacu, dan jalan raya.

### 2.2.2 Agregat kasar

Agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil desintegrasi alami dari batu atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai

ukuran antara 5-40 mm (SNI 03-2834,2000). Agregat kasar dalam campuran beton berupa batu kerikil, batu pecah, granit, atau beton yang sudah digunakan dan dipecahkan. Butir - butir agregat halus bersifat kekal, artinya tidak pecah ataupun hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan.

Menurut (SNI 03-2834-2000) agregat kasar untuk beton harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

1. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1 % terhadap berat kering. Apabila kadar lumpur melampaii 1% maka agregat kasar harus dicuci.
2. Agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton, seperti zat-zat reaktif alkali.
3. Agregat kasar harus terdiri dari butir - butir yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak harus memenuhi syarat-syarat :
  - a. Sisa diatas ayakan 31,5 mm lebih kurang 0% berat total.
  - b. Sisa diatas ayakan 4 mm lebih kurang 90%-98% berat total.
  - c. Selisih antara sisa - sisa komulatif diatas dua ayakan yang berurutan adalah maksimal 60% berat total dan minimum 10% berat total.

Berdasarkan SNI 03-2834-2000 agregat kasar adalah agregat yang semua butirannya tertahan diatas ayakan 4,75 mm. Adapun penjelasan mengenai spesifik gradasi agregat melalui tabel berikut :

Tabel 2. 2 : Sspesifikasi Agregat Kasar (SNI 03-2834-2000)

Lubang ayakan (mm)	Persen Butir lewat Ayakan, Diameter Terbesar 37,5 mm	
	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

### 2.2.3 Agregat Halus

Agregat halus merupakan material campuran beton yang berupa butiran pasir alam sebagai hasil disintegrasi alam batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butiran sebesar 3 mm. menurut (SNI 03 – 2834-2000) agregat halus merupakan agregat yang semua butirannya menembus ayakan berlobang 4,75 mm yang biasanya disebut pasir. Pasir dapat dibedakan menjadi empat kelompok menurut gradasinya, yaitu pasir halus (daerah gradasi I), agak halus (daerah gradasi II), agak kasar (daerah gradasi III), dan kasar (daerah gradasi IV). Untuk melihat batas tiap daerah gradasi disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 2.3 : batas tiap gradasi pada agregat halus (SNI 03-2834-2000).

Lubang ayakan (mm)	No.	Persentase berat butir agregat lolos ayakan (%)			
		I	II	III	IV
10	3/8	100	100	100	100
4,8	No.4	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	No.8	65-95	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

### 2.2.4 Air

Air merupakan faktor penting dalam pelaksanaan pembuatan campuran beton.

Air merupakan pemersatu proses pencampuran pembuatan antar agregat halus, agregat kasar, semen ataupun bahan tambahan lainnya. Air digunakan agar terjadi reaksi kimiawi dengan semen agar memudahkan pengerjaan dalam proses pembuatan beton. Semen tidak bisa menjadi pasta tanpa adanya air. Jumlah air yang terkait dalam beton dengan faktor air semen 0,65 adalah sekitar 20% dari berat semen pada umur 4 minggu. Dihitung dari komposit mineral semen, jumlah air yang diperlukan untuk hidrasi secara teoritis adalah 35- 37 % dari berat semen.

Menurut (SNI 03-2847-2000) proses pengikatan, pengerasan atau hidrasi pada beton akan berjalan dengan baik jika menggunakan air yang memenuhi persyaratan berikut :

1. Air yang digunakan pada campuran beton harus bersih dan bebas dari bahan - bahan yang merusak seperti bahan yang mengandung oli, asam alkita, garam, bahan organic, atau bahan bahan yang merugikan tahapan beton dan tulangan.
2. Air campuran yang digunakan pada beton prategang atau beton didalamnya tertanam logam aluminium ion klorida dalam jumlah yang membahayakan.

Pemakaian air yang berlebihan akan menyebabkan beton mengalami bleeding, yaitu air bersama-sama semen akan bergerak ke atas permukaan adukan beton segar, sedangkan air yang terlalu sedikit akan menyebabkan proses hidrasi tidak sempurna. Sebagai akibatnya kualitas beton yang dihasilkan akan berkurang kekuatannya.

### **2.3 Serbuk Besi**

Serbuk besi adalah hasil sisa potongan atau sisa pembuatan besi tuang yang merupakan hasil pemakaian di industri. Ada tiga jenis besi tuang yang banyak digunakan yaitu besi tulangan kelabu (*grey cast iron*), besi tulangan ulet atau besi tuang nodular (*nodular cast iron*), dan besi tuang putih (*white cast iron*), ketiga jenis besi tuang ini mempunyai komposisi kimia yang hampir sama. Pemakaian besi industri menghasilkan limbah buangan berupa serbuk besi yang merupakan hasil langsung dari sisi pembubutan dan pemotongan besi. (Syaihu, 2022)

Secara umum serbuk besi mengandung kimia (Purwanto & Cakra Wardani, 2020) seperti tertera dalam tabel berikut :

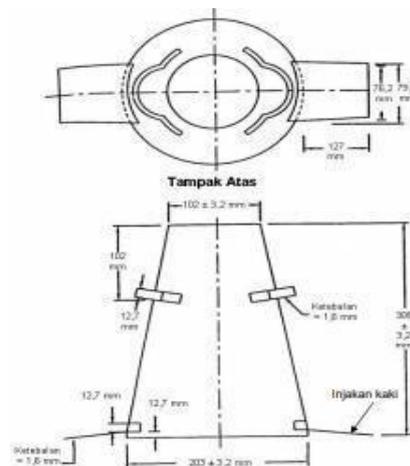
Tabel 2 4 : Kandungan Kimia Serbuk Besi

Kandungan Kimia	Persentase ( %)
Silikon (Si)	1-3
Carbon (C)	2-4
Mangan (Mn)	0,8
Fospor (P)	0.1
Sulfur (S)	0.05
Besi (Fe)	Sisa

Serbuk besi dapat meningkatkan mutu kuat tekan beton, menjadikan lebih tahan terhadap beban. Penambahan serbuk besi juga dapat membantu mengurangi penggunaan bahan lain, sehingga memberikan solusi yang lebih ramah lingkungan dalam konstruksi (Purwanto & Cakra Wardani, 2020).

## 2.4 Uji Slump

*Slump* beton merupakan penurunan ketinggian pada pusat permukaan atas beton yang diukir segera setelah cetakan uji slump diangkat (SNI 1972 : 2008). *Slump* digunakan untuk mengetahui tingkat kecelakaan suatu adukan beton, yang berkaitan dengan tingkat kemudahan pengerjaan. Pengujian *slump* dilakukan terhadap beton segar yang dituangkan kedalam kerucut Abrams. Pengisian dilakukan dalam tiga lapisan yaitu  $\frac{1}{3}$ ,  $\frac{2}{3}$ , dan  $\frac{3}{3}$  dimana masing-masing lapisan harus dipadatkan dengan cara penusukan sebanyak 25 kali dengan menggunakan tongkat pematik.



Gambar 2. 1 : Kerucut Abrams (SNI 1972 : 2008 )

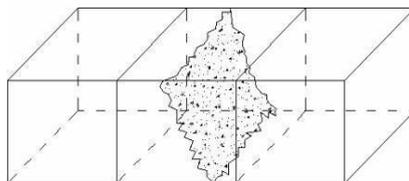
Setelah selesai penusukan, ratakan permukaan benda uji dengan tongkat. Kemudian cetakkan diangkat dan balikkan cetakan lalu ukur perbedaan tinggi cetakan dengan tinggi benda uji. Pengujian slump bertujuan untuk mengetahui kecelakaan pada beton dengan mengukur penurunan benda uji terhadap tinggi kerucut.

## 2.5 Kuat Lentur

Kuat lentur merupakan kemampuan balok yang diletakkan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji yang diberikan kepadanya sampai benda uji patah yang dinyatakan dalam mega pascal (MPa) gaya persatuan lurus (SNI 4431-2011) menyatakan pengukuran kekuatan tarik lentur yang digunakan untuk memperkirakan elemen beton yang mengalami retak. Nilai umum yang digunakan adalah modulus rupture, yaitu tegangan tarik lentur beton yang ditimbulkan pada pengujian hancur balok beton tanpa tulangan. Balok yang telah diberi beban akan mengalami perubahan bentuk atau berdemorfasi hingga mengakibatkan momen lentur. Momen lentur akan mengakibatkan perlawanan yang terjadi pada material terhadap beban lentur dan akan menunjukkan tegangan yang terjadi saat balok mengalami deformasi sehingga tidak dapat melalui tegangan lentur dari bahan yang berasal dari beton (Trian, Sumajouw, & Windah, 2015).

Dalam (SNI 4431-2011) dijelaskan bahwa besarnya kuat lentur beton dapat dihitung berdasarkan dari posisi keretakan yang terjadi pada balok. Yaitu :

1. Patah pada 1/3 bentang tengah

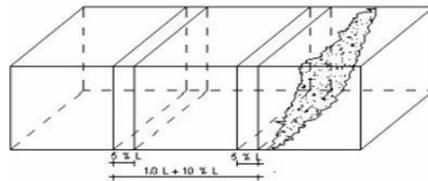


Gambar 2. 2 Patah 1/3 bentang tengah

Untuk pengujian dimana bidang patah terletak didaerah pusat digunakan persamaan berikut

$$\sigma_1 = \frac{P X L}{B X h}$$

2. Patah diluar 1/3 bentang tengah dan garis patah pada > 5% dari bentang



Gambar 2. 3 Patah diluar 1/3 bentang tengah dan garis patah pada > 5% dari bentang

$$\sigma_1 = \frac{P X L}{B X h}$$

Untuk jarak patah diluar 1/3 bentang dan jarak antara titik pembebanan dan titik patah > 5% maka hasil pengujian tidak digunakan.

Dimana :

$\sigma_1$  = Kuat lentur benda uji (MPa)

P = Beban tertinggi yang dibaca pada mesin uji (ton)

L = Jarak ( bentang ) antara dua garis perletakan (mm)

b = tampang lintang patah arah horizontal (mm)

h = Lebar tampang lintang arah vertikal

a = jarak rata-rata antara tampang lintang patah dan tumpuan luar yang dekat diukur pada 4 sudut dari bentang (mm).

## 2.6 Penelitian terdahulu terkait serbuk besi

1. Andika Daffa Maram, Fadli Kurnia. 3 maret 2025. Pengaruh Penambahan limbah Serbuk Besi Terhadap Sifat Mekanis beton.

Penelitian ini menguji pengaruh penambahan limbah serbuk besi terhadap kuat lentur, kuat tekan , dan kuat tarik belah beton pada variasi 0%, 1%, 2%, dan 3% serta dilakukan pengujian pada umur beton 14 dan 28 hari. Hasil menunjukkan bahwa seluruh variasi mengalami peningkatan kekuatan dari

umur 14 ke 28 hari. Pada umur 28 hari, variasi 1% ( BB1) menghasilkan nilai tertinggi di semua jenis pengujian : kuat lentur ( $44,58 \text{ kg/cm}^2$ ), kuat tekan ( $22,64 \text{ MPa}$  ), dan kuat tarik belah ( $2,972 \text{ MPa}$ ). Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa variasi 1% merupakan komposisi paling optimal untuk meningkatkan mutu beton (Maram et al., 2025).

2. Marguan Fauzi, Desti Ayu Lestari. 02, September 2020. Analisa Kuat Lentur Campuran Beton Menggunakan Limbah B3 Sebagai Bahan Adiktif.

Kesimpulan dari hasil penelitian ini adalah didapat bahwa kuat lentur beton optimum dengan penambahan Fly Ash 4% pada umur 7 hari  $3,18 \text{ MPa}$ , dan 14 hari  $3,70 \text{ MPa}$ , dan 28 hari  $3,98 \text{ MPa}$ . Sedangkan persentase kuat lentur beton optimal GGBFS pada umur 7 hari dengan variasi campuran GGBFS 6% sebesar  $3,35 \text{ MPa}$ , 14 hari sebesar  $3,74 \text{ MPa}$ , dan 28 hari  $4,09 \text{ MPa}$ . Campuran yang paling efektif diperoleh pada campuran Fly Ash 4% umur 28 hari sebesar  $3,98 \text{ MPa}$  dan GGBFS 6% dengan umur 28 hari sebesar  $4,09 \text{ MPa}$ .

3. Muliadi, Sofyan, Yusti Hajar. 02, September 2018. Pengaruh Kuat Lentur Beton Terhadap Penambahan Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit.

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan didapatkan bahwa penggunaan serat tandan kosong kelapa sawit meningkatkan kuat lentur beton. Dengan variasi 5% diperoleh kuat lentur beton rata-rata sebesar  $4,18 \text{ MPa}$ , penambahan serat 10% diperoleh kuat lentur beton rata-rata sebesar  $4,09 \text{ MPa}$ , penggunaan serat 15% diperoleh kuat lentur beton rata-rata sebesar  $4,53 \text{ MPa}$  dan pada penggunaan serat 20% diperoleh kuat lentur rata-rata sebesar  $4,62 \text{ MPa}$ .

Peningkat kuat lentur beton mengalami peningkatan secara berurutan sebesar 19,088%, 22,222%, 29,059%, dan 31,263% dari kuat lentur normal. Membuktikan bahwa sistem kerja serat sebagai penahan gaya tarik bekerja secara baik. Penambahan serat tandan kosong kelapa sawit memberikan manfaat positif untuk memperbaiki sifat mekanik beton dalam perkembangan teknologi beton.

## **BAB 3**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Metode Penelitian**

Metode penelitian adalah suatu langkah dalam memecahkan suatu masalah dengan mengumpulkan, mencatat, mempelajari, dan menganalisis data yang diperoleh.

Penelitian yang dilaksanakan pada tugas akhir ini tidak terlepas dari data-data pendukung. Data pendukung yang diperoleh dari hasil penelitian dilaboratorium adalah sebagai berikut :

##### 1. Data primer

Data ini terdiri dari :

- a. Pemeriksaan bahan dan material (SNI 03-2834-2000).
- b. Perbandingan dalam campuran beton (*Mix desain*) (SNI7656-2012).
- c. Kecelakaan adukan beton segar (*slump*) (SNI 1972-2008).
- d. Pengujian kuat tekan beton (SNI 1947-2011).
- e. Pengujian kuat lentur beton (SNI 4431-2011).
- f. Analisa Saringan (SNI C136-2012)
- g. Berat Jenis dan Penyerapan (SNI 1970-2016)
- h. Pemeriksaan Kadar Air (SNI 1971-2011)
- i. Pemeriksaan Kadar Lumpur (SNI 03-4141-1996)
- j. Pemeriksaan Berat Isi (BSN 2016)
- k. Perawatan Benda Uji Beton (SNI 2493-2011)

##### 2. Data sekunder

Data sekunder merupakan data berupa literasi yang diperoleh dari sekumpulan buku dan jurnal yang terkait dengan penelitian yang mengacu kepada referensi pembuatan beton berdasarkan :

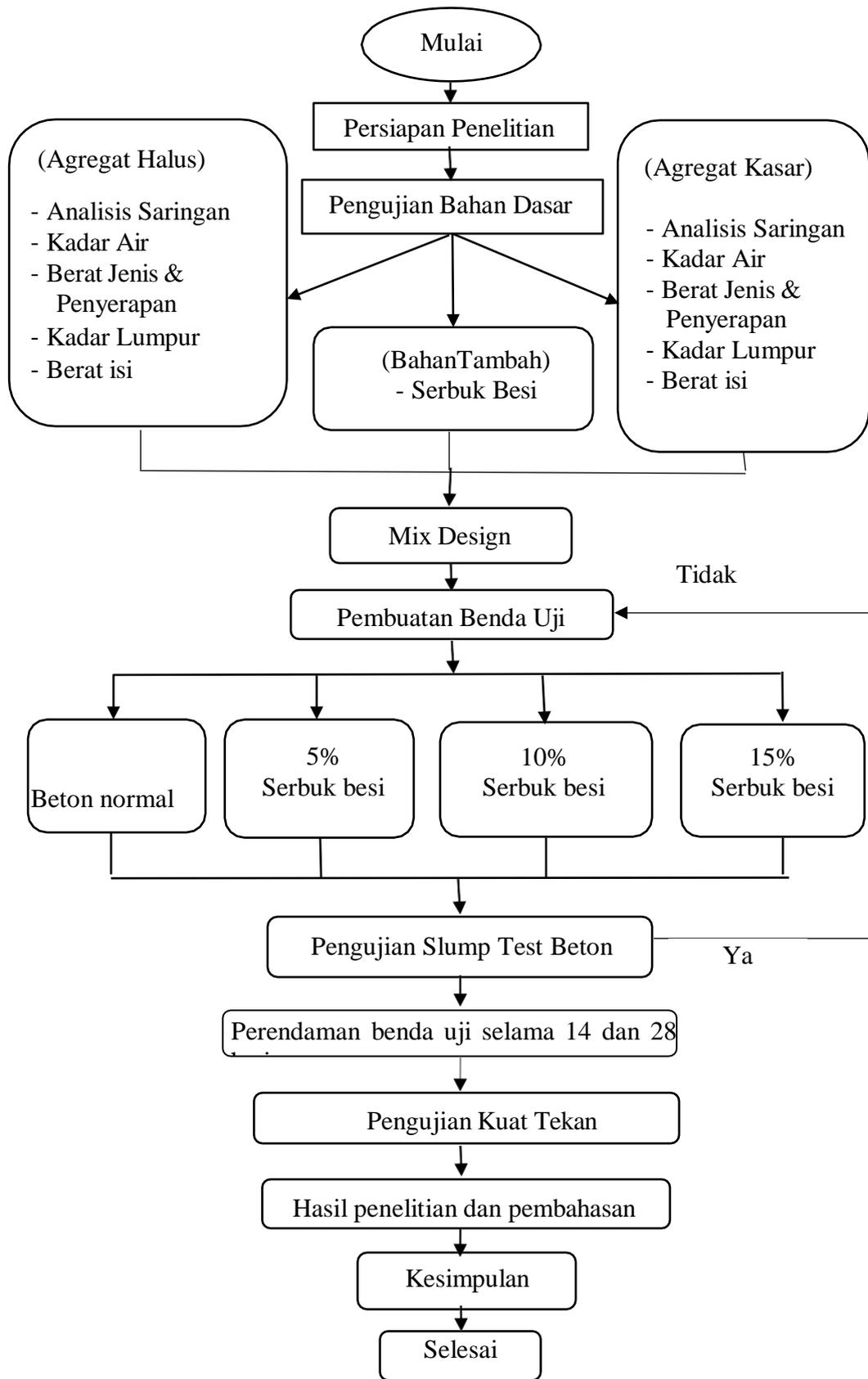
- a. SNI ( Standar Nasional Indonesia ) 03-2834-2000 tentang cara pembuatan beton normal.
- b. Jurnal-jurnal ilmiah serta buku-buku sebagai acuan yang mendukung halannya penelitian ini.
- c. SNI 4431-2011 tentang cara pengujian kuat lentur beton normal dengan

cara dua titik beban.

- d. Laporan praktikum beton sebagai referensi untuk menunjang dalam penelitian ini.

Sebuah permasalahan yang telah diuraikan akan terjawab dengan dilakukannya penelitian secara berharap yang sebelumnya sudah dirangkai dalam sebuah metode penelitian. Adapun langkah-langkah dalam penelitian ini akan dijelaskan sebagai berikut :

1. Persiapan material  
Kegiatan ini dilakukan dengan mempersiapkan material-material yang dibutuhkan sebelum dilakukan pemeriksaan material
2. Pemeriksaan material  
Pemeriksaan yang dilakukan seperti kadar lumpur, kadar air, berat jenis, berat isi, dan analisis saringan.
3. *Mix design*  
Dalam tahap ini diperlukan adanya bimbingan oleh dosen pembimbing untuk meminimalisir terjadinya kesalahan perhitungan dalam menganalisa dan merencanakan kebutuhan campuran beton
4. Pembuatan benda uji  
Setelah mempersiapkan propoesi campuran, maka benda uji siap untuk dibuat melalui pencampuran beton dengan mixer.
5. Pencetakan benda uji  
Sebelum pencetakan benda uji, dilakukan uji slump terlebih dahulu, kemudian beton segar dimasukkan kedalam cetakan beton balok untuk pengujian kuat lentur dengan ukuran panjang 60cm, lebar 15 cm, dan tinggi 15 cm.
6. Perawatan benda uji  
Setelah benda uji dicetak dan dibiarkan selama 24 jam, kemudian beton direndam dalam bak perendaman yang berisikan air biasa selama 14 dan 28 hari.
7. Pengujian kuat tekan beton dan kuat lentur  
Setelah beton direndam lalu diangkat dan dibiarkan 24 jam, kemudian dilakukan pengujian kuat tekan dan kuat lentur beton.



Gambar 3.1 : Flow cart tahap penelitian

### **3.2 Tempat dan Waktu Penelitian**

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Beton Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara.

### **3.3 Alat dan Bahan**

#### **3.3.1 Alat**

Untuk mendapatkan hasil yang diharapkan maka dalam penelitian ini diperlukan peralatan untuk melaksanakan pengujian terhadap bahan maupun sampel yang akan dibuat. Peralatan yang digunakan meliputi :

1. Satu set saringan dengan nomor ayakan berturut-turut No. 4, No.8, No. 16, No.30, No.50,dan No.100 untuk agregat halus, dan 1<sup>1/2</sup>”, 3/4”, 3/8”, dan No. 4 untuk agregat kasar.
2. Timbangan digital
3. Mesin pengaduk beton (*mixer*)
4. Cetakan benda uji beton balok 60cm x 15cm x 15cm
5. Kerucut abrams
6. Bak perendaman
7. Mesin kompres (*compression testing machine*)
8. Mesin uji lentur (hydraulic concreat beam)

#### **3.3.2 Bahan**

Bahan -bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Semen  
Pada penelitian ini semen yang digunakan adalah semen portlan (semen jenis I) dengan merk Semen andalas 50 kg.
2. Agregat  
Agregat kasar (batu split) dan agregat halus (pasir) berasal dari Binjai.
3. Air  
Air yang digunakan pada penelitian ini berasal dari PDAM Tirtanadi
4. Serbuk besi  
Hasil sisa potongan atau sisa pembuatan besi tuang berasal dari pemakaian Industri.

### 3.4 Tahap Pengujian

Untuk mendapatkan hasil yang akurat, perlu dilakukan beberapa tahapan pengujian terhadap material dan bahan dengan menggunakan metode yang telah ditetapkan sebelumnya. Tahapan tersebut akan dijelaskan sebagai berikut.

#### 3.4.1 Persiapan Bahan-Bahan Dasar

Pengujian diawali dengan membersihkan material dari kandungan lumpur sehingga dapat terbebas dari unsur unsur organik lain yang dapat mempengaruhi kualitas benda uji dan dilakukan penjemuran pada material yang basah.

#### 3.4.2 Pengujian Analisa Saringan

Analisa saringan ialah penentuan persentasi berat butiran agregat yang lolos dari satu set saringan kemudian angka-angka persentase digambarkan pada grafik pembagian butir (SNI ASTM C136: 2012). Urutan proses dalam pengujian ini adalah sebagai berikut :

1. Benda uji dikeringkan dalam oven dengan suhu  $(110 + 5) ^\circ\text{C}$  sampai berat tetap.
2. Saringan benda uji lewat susunana saringan dengan ukuran saringan paling besar ditetapkan paling atas. Saringan diguncangkan secara manual ataupun dengan mesin penguncangan selama 15 menit.

Dimana satu set saringan yang digunakan meliputi 76,2 mm 3” ; 37,5 mm ½ “ 9, mm ¾ “ ; 9,5 mm 3/8” ; No. 4 4,75 mm ; No 8, 36 mm ; No. 6 ( 1,18 mm); No. 30 ( 0,600 mm) No 50 (0,300 mm); No. 100 ( 0,150 mm); No. 200 (0,075 mm).

#### 3.4.3 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui berat jenis dan penyerapan air pada agregat yang akan digunakan dalam pembuatan benda uji. Pengujian ini dilakukan berdasarkan (SNI 03- 1969, 1990) dengan persamaan sebagai berikut :

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

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

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

$$\text{Penyerapan Air} = \left[ \frac{b-a}{a} \right] \quad (3.4)$$

dengan :

a = berat benda uji kering oven (gr)

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

c = berat benda uji dalam air (gr)

#### 3.4.4 Pengujian kadar Air

Tujuan dilakukannya pengujian kadar air untuk memperoleh angka presentase dari kadar air yang dikandung dalam agregat. Pengujian dilakukan berdasarkan (SNI- 1971–2011). tentang metode pengujian kadar air agregat dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Kadar air agregat} = \frac{w3-w5}{w5} \times 100\% \quad (3.5)$$

keterangan :

W3 = berat benda uji semula (gram)

W5 = berat benda uji kering (gram)

Dimana urutan proses pengujian adalah sebagai berikut :

1. Timbang dan catatlah berat talam ( $W_1$ ).
2. Masukkan benda uji kedalam talam kemudian timbang dan catat beratnya ( $W_2$ ).
3. Hitunglah berat benda uji ( $W_3 = W_2 - W_1$ ).
4. Keringkan benda uji dengan oven pada suhu  $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$  sampai beratnya tetap.
5. Setelah kering timbang dan catat berat benda uji beserta talam ( $W_4$ ).
6. Hitunglah berat benda uji kering ( $W_5 = W_4 - W_1$ ).

#### 3.4.5 Pengujian Berat Isi

Pengujian berat isi agregat dilakukan untuk mengetahui volume produksi campuran beton, kadar semen yang digunakan dan kadar udara dalam beton pada campuran beton segar. Pengujian dilakukan dengan panduan SNI 03- 1973,1990

dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Kadar air agregat} = \frac{M_c - M_m}{V_m} \quad (3.6)$$

dengan :

$M_c$  = berat wadah ukuran yang diisi agregat (kg)

$M_m$  = berat wadah ukuran (kg)

$V_m$  = volume wadah ukuran ( $M^3$ )

### 3.4.6 Pengujian Kandungan Lumpur

Pengujian kandungan lumpur pada pasir dilakukan untuk mengetahui kelayakan pasir yang akan digunakan dalam pembuatan benda uji. Pengujian kandungan lumpur pada pasir dilakukan sebagai berikut :

1. Keringkan pasir yang akan diuji.
2. Timbangan bejana yang akan digunakan sebagai wadah pasir.
3. Timbang pasir sebanyak 100 gram lalu masukkan ke dalam gelas ukuran 250 cc.
4. Masukkan air pada gelas ukur yang telah diisi pasir hingga ketinggian air mencapai 12 cm dari permukaan pasir.
5. Kocok gelas ukur  $\pm 15$  kali, lalu diamkan selama 1 menit, kemudian buang air keruh perlahan-lahan agar pasir tidak ikut terbang.
6. Percobaan diulangi sampai 5 kali hingga air menjadi jernih.
7. Pisahkan pasir dengan air, kemudian pasir ditempatkan dalam bejana yang sudah ditimbang.
8. Masukkan pasir tersebut ke dalam oven dengan suhu  $105^\circ\text{C} - 110^\circ\text{C}$  selama  $\pm 36$  jam.
9. Keluarkan pasir dari oven, dinginkan lalu timbang.
10. Perhitungan kandungan lumpur berdasarkan persamaan 3.1 berikut.

11. Kadar Lumpur =  $B_0 - B \times 100\%$

12. Dimana  $B_0$  = berat agregat sebelum pengujian, dan  $B$  = berat agregat setelah pengujian.

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

### 3.4.7 Penetapan Benda Uji

Dalam penelitian ini dibutuhkan beberapa sampel benda uji dengan variabel yang telah direncanakan. Adapun sampel yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

Tabel 3.1 : Sampel Benda Uji

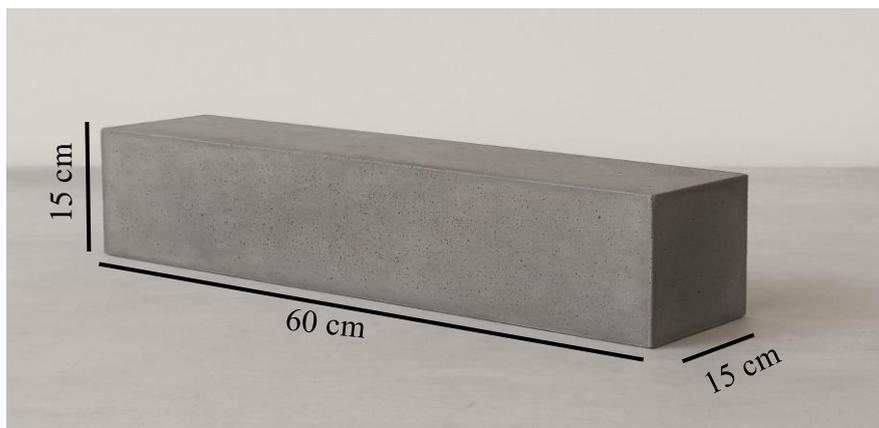
Jenis Pengujian	Bahan Tambahan (%)	Umur Beton (Hari)	Jumlah Sampel (Buah)
Uji Kuat lentur Beton	0%	14	3
		28	3
	5%	14	3
		28	3
	10%	14	3
		28	3
	15%	14	3
		28	3
Total			24

### 3.4.8 Perhitungan Campuran Beton (*Mix Design*)

Perencanaan campuran beton (*mix design*) dalam penelitian ini menggunakan pedoman (SNI03-2834-2000) dan berdasarkan kebutuhan pembuatan benda uji ditambah 10% dengan kemungkinan tercecernya bahan adukan beton selama proses pembuatan benda uji. Adapun langkah-langkah perhitungan tersebut adalah sebagai berikut :

1. Menentukan kuat lentur beton yang direncanakan ( $f_r$ ) pada umur tertentu.
2. Menghitung deviasi standar.

$$S = \frac{\sqrt{\sum(x_i - \bar{x})^2}}{n} \quad (3.7)$$



Gambar 3.5: Cetakan Balok

Keterangan :

S = standar deviasi

$X_i$  = kuat tekan beton yang didapatkan dari masing masing benda uji

X = kuat tekan beton rata-rata

Dengan :

n adalah jumlah nilai hasil uji, yang harus diambil minimal 30 buah (satu hasil uji adalah nilai uji rata-rata dari 2 buah benda uji), apabila suatu produksi beton tidak mempunyai dua hasil yang memenuhi deviasi, tetapi hanya sebanyak 15 sampai 29 hasil uji yang berurut, maka nilai deviasi standar adalah perkalian deviasi standar yang dihitung dari data hasil uji tersebut dengan faktor pengali berdasarkan tabel 3.3 berikut :

Tabel 3.2 : faktor pengali untuk deviasi standar (SNI03-2834-2000)

Jumlah Pengujian	Faktor Pengali Deviasi Standar
<15	$F'r + 12 \text{ MPa}$
15	1,16
20	1,08
25	1,03
$\geq 30$	1,00

3. Menentukan nilai tambah margin berdasarkan tabel 3.4 berikut.

Tabel 3.3 : nilai tambah margin (SNI 03-2834-2000)

Tingkat Mutu Pekerjaan	(MPa)
Memuaskan	2,8
Hampir memuaskan	3,5
Sangat baik	4,2
Baik	5,7
Sedang	6,5
Buruk	7,0

4. Menghitung kuat lentur beton rata-rata  $f_{cr}$  berdasarkan persamaan 3.4 berikut.

$$f_{cr} = f'_r + S + M \quad (3.8)$$

keterangan :

$f_{cr}$  = kuat lentur rata-rata perlu (MPa)

$f'_r$  = kuat lentur yang direncanakan (MPa)

S = standar deviasi

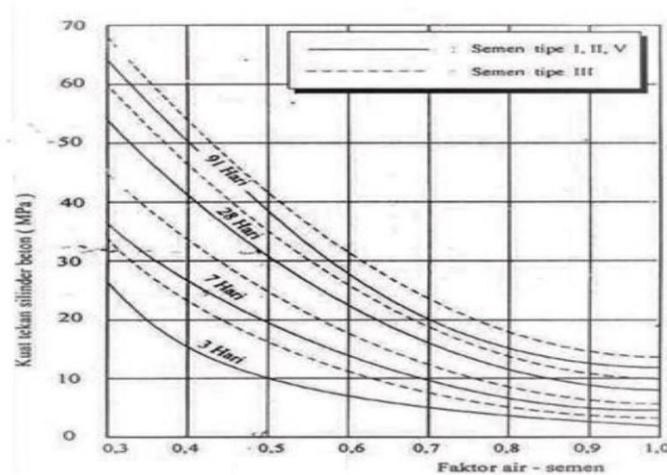
M = nilai tambah margin

5. Menentukan jenis/tipe semen yang digunakan.
6. Penetapan jenis agregat.
7. Penetapan nilai air semen bebas dengan menghubungkan kuat tekan dan faktor air semen yang diperoleh dari penelitian lapangan sesuai dengan bahan dan kondisi pekerjaan yang diusulkan. Bila tidak tersedia data hasil penelitian sebagai pedoman dapat menggunakan acuan pada Tabel 3,5 grafik serta pada gambar 3.2.

Tabel 3.4 : Perkiraan kekuatan tekan (MPa) beton dengan faktor air semen dan agregat kasar (SNI 03-2834-2000)

Jenis semen	Jenis agregat Kasar	Kekuatan tekan (MPa)				
		Pada umur (hari)				Bentuk
		3	7	28	29	Bentuk uji
Semen portland Tipe I	Batu tak dipecahkan	17	23	33	40	Silinder
	Batu pecah	19	27	37	45	

Semen tahan sulfat Tipe II, V	Batu tak dipecahkan	20	28	40	48	Kubus
	Batu pecah	25	32	45	54	
Semen portland Tipe III	Batu tak dipecahkan	21	28	38	44	Silinder
	Batu pecah	25	33	44	48	
	Batu tak dipecahkan	25	31	46	53	Kubus
	Batu pecah	30	40	53	60	



Gambar 3.2 : grafik hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen ( SNI 032834-2000).

8. Menentukan faktor air semen maksimum atau dapat diterapkan sebelumnya atau tidak. Jika nilai faktor air semen digunakan apabila nilai yang diperoleh dari butiran 7 diatas atau lebih dari batas maksimum.
9. Menetapkan nilai slum.
10. Menentukan ukuran besar butir agregat maksimum jika tidak ditetapkan.
11. Menentukan nilai kadar air bebas berdasarkan tabel 3.6 berikut.

Tabel 3.5 : perkiraan kadar air bebas (SNI 03-2834-2000)

Slump (mm)		0-10	10-30	30-60	60-180
Ukuran besar butir agregat maksimum	Jenis agregat	---	---	---	---
10	Batu tak dipecahkan	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250

20	Batu tak dipecahkan	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Batu tak dipecahkan	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

12. Menghitung jumlah semen minimum adalah kadar air bebas dibagi faktor air semen berdasarkan persamaan 3.5 berikut

$$W_{\text{semen}} = \frac{W_{\text{air}}}{f_{\text{as}}} \quad (3.9)$$

Keterangan :

$W_{\text{semen}}$  = jumlah semen ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

$W_{\text{air}}$  = kadar air bebas

$f_{\text{as}}$  = faktor air semen

13. Jumlah semen maksimum jika tidak didapatkan, dapat diabaikan.

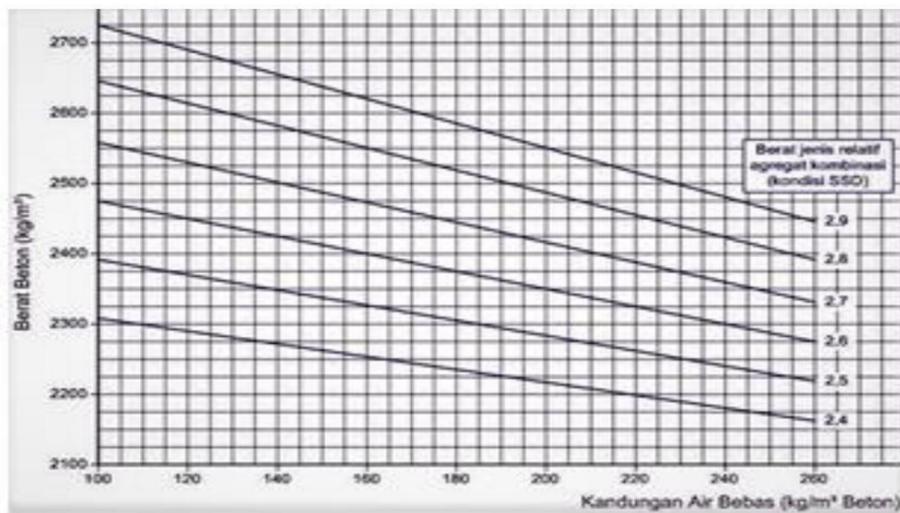
14. Menentukan jumlah semen minimum berdasarkan tabel 3.6 berikut.

Tabel 3.6 : Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum (SNI 03-2834-2000)

Lokasi	Jumlah Semen minimum per $\text{m}^3$ beton (kg)	Nilai faktor air semen maksimum
Beton didalam ruang bangunan :		
a. Keadaan keliling non-korosif	275	0,62
b. Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif.	325	0,52
Beton diluar ruang bangunan:		
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325	0,60
b. Terlindungan dari hujan dan terik matahari	275	0,60

Beton masuk kedalam tanah: a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti ganti. b. Mendapat pengaruh sulfat dan alkali tanah. Beton yang kontinyu berhubungan: a. Air tawar b. Air laut	325	0,55
---	-----	------

15. Menentukan faktor air semen yang disesuaikan jika jumlah semen berubah karena lebih kecil dari jumlah semen maksimum yang ditetapkan (atau lebih besar dari jumlah semen maksimum yang disyaratkan), maka faktor air semen harus diperhitungkan kembali.
16. Menghitung berat jenis relative agregat dari data hasil uji laboratorium.
17. Perkiraan berat isi beton berdasarkan gambar 3.3 berikut.



Gambar 3.3 : hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat isi beton (SNI 03-2834-2000)

18. Menghitung kadar agregat gabungan berdasarkan berat jenis beton yang dikurangi jumlah kadar semen dan kadar air bebas.
19. Menghitung kadar agregat halus yang besarnya adalah hasil kali persen pasir
20. Menghitung kadar agregat kasar yang besarnya adalah kadar agregat gabungan yang dikurangi kadar agregat halus.

21. Proporsi campuran, kondisi agregat dalam keadaan jenuh kering permukaan
22. Mengkoreksi proporsi campuran berdasarkan volume benda uji.

#### **3.4.9 Pembuatan Benda Uji**

Benda uji dibuat sesuai dengan komposisi yang direncanakan untuk mendapatkan kuat lentur tertentu. Benda uji dibuat dengan cetakan berbentuk balok dengan ukuran panjang 60 cm, tinggi 15 cm dan lebar 15 cm yang berjumlah 24 buah untuk pengujian kuat lentur

#### **3.4.10 Pengujian Slump Test**

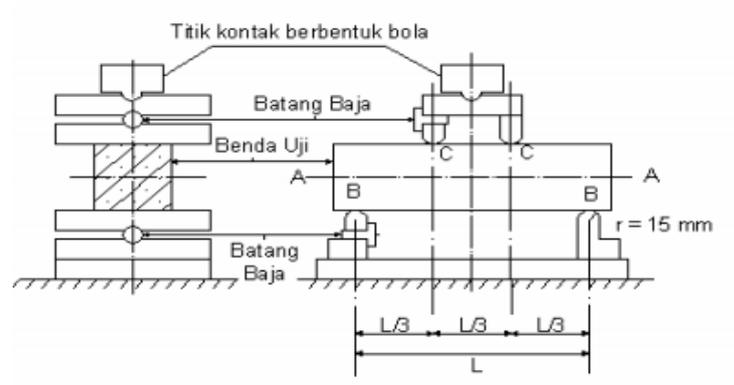
Pengujian slump dilakukan untuk mengetahui kecelakaan pada campuran beton segar yang nantinya berkaitan erat dengan tingkat kemudahan pekerjaan (*workability*). Semakin besar nilai slump berarti semakin cair adukan beton, sehingga adukan beton semakin mudah dalam melakukan pengerjaannya. Pengujian slump dilakukan berdasarkan standar yang telah ditetapkan oleh (SNI 03-1972-2008).

#### **3.4.11 Perawatan Benda Uji**

Perawatan beton dilakukan setelah beton keluar dari cetakan, dengan cara merendam benda uji kedalam air sampai 14 dan 28 hari. Setelah dilakukan perendaman maka sampel siap untuk diuji.

#### **3.4.12 Pengujian Kuat Lentur**

Pengujian kuat lentur dilakukan dengan standar yang telah ditetapkan oleh (SNI 4431-2011). Benda uji diletakkan pada arah memanjang diatas tumpuan alat pengujian kemudian beban diatur untuk menghindari terjadinya benturan. Sebelum diuji benda uji ditimbang terlebih dahulu untuk mengetahui berat jenis beton. Setelah di uji hitung lebar lentur berdasarkan posisi patahnya jumlah sampel pengujian yang direncanakan sebanyak 7 sampel.



Gambar 3.4 : Pengujian Kuat Lentur

## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan data hasil pengujian pengaruh kuat lentur beton dapat kita ketahui bahwa beton dengan variasi 5% dan 10% serbuk besi mengalami peningkatan setiap variasinya. Peningkatan terbesar terdapat pada beton dengan variasi SBS 5% dan 10% yaitu sebesar 5,22 MPa dengan besar peningkatan 3,751% dari beton normal yang memiliki nilai kuat lentur sebesar 5,25 MPa. Maka dapat disimpulkan semakin besar penambahan serbuk besi maka kuat lentur yang dicapai semakin menurun.
2. Dari hasil penelitian, perbandingan nilai kuat lentur pada beton variasi 15% serbuk besi mengalami penurunan dimana nilai kuat lentur beton normal sebesar 5,25 sedangkan beton dengan variasi 15 % serbuk besi sebesar 5,21, Menurut ( Syahrul Sariman, & Eka Yuniarto, 2015 ). Bahwa variasi yang disarankan hanya 10% penambahan serbuk besi.

#### 5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat diberikan beberapa saran sebagai berikut:

1. Dari hasil penelitian yang di dapat, campuran beton dengan menggunakan serbuk besi dianjurkan untuk memilih variasi persentase serbuk besi yang lebih variatif, agar data yang di dapat lebih signifikan.
2. Serbuk besi yang direkomendasikan adalah 5% dan 10% karna nilai kuat lentur divariasikan 10% masih meningkat.

## DAFTAR PUSTKA

- Kevin Jordan Randa, Y., Phengkarsa, F., & Sandy, D. (n.d.). *Paulus Civil Engineering Journal (PCEJ) Pengaruh Serbuk Besi Dan Natrium Silika Serta Natrium Hidroksida Terhadap Beton.*
- Bahri, S. (2010). Pengaruh Limbah Serbuk Besi Sebagai Pengganti Sejumlah Agregat Halus Terhadap Campuran Aspal. In *Jurnal Teknik Sipil Inersia* (Vol. 1).
- Fahrizal Zulkarnain. (2024). Pengaruh Penggunaan Pasir Pantai Sebagai Campuran Agregat Halus Dengan Penambahan Bahan Aditif Beton Sikacim Cair Terhadap Kuat Tarik. In *JIMATS* (Vol. 03). Retrieved from <https://ejournal.um-sorong.ac.id/index.php/jimats>
- Febryansah, F., Setiawan, A., & Hijriah, H. (2023). Pengaruh Serbuk Besi Dari Limbah Bubut Sebagai Substitusi Agregat Halus Dan Variasi Tawas Sebagai Substitusi Agregat Kasar Terhadap Kuat Tekan Beton. *Jurnal Penelitian Teknik Sipil Konsolidasi, 1*(2). <https://doi.org/10.56326/jptsk.v1i2.3024>
- Kevin Jordan Randa, Y., Phengkarsa, F., & Sandy, D. (2023). *Paulus Civil Engineering Journal (PCEJ) Pengaruh Serbuk Besi Dan Natrium Silika Serta Natrium Hidroksida Terhadap Beton.*
- Nasrulloh, M., Sholichin, I., & Fatikasari, A. D. (2024). Analisis Pengaruh Serbuk Besi Sebagai Substitusi Agregat Halus pada Lataston Lapis Aus (HRS-WC) Terhadap Kinerja Jalan Beraspal. *Jurnal Talenta Sipil, 7*(2), 715. <https://doi.org/10.33087/talentasipil.v7i2.616>
- Noorhidana, V. A., & Purwanto, E. (2011). *Pengaruh Pelubangan Pada Badan Balok Beton Bertulang Terhadap KapasitasBeban Lentur.*
- Prasetyo, R. D., Dwi Pranowo, D., Utanaka, A., Amin, M. S., Wari, W. N., Sipil, J. T., ... Banyuwangi, K. (2024). Pengaruh Substitusi Pasir Menggunakan Serbuk Besi Dan Zat Aditif Bestmittel 0.5% Terhadap Kuat Tekan Tekan Mutu Tinggi Dan Resapan Air Mortar Pracetak Ferosemen. *Jurnal Riset Teknik Sipil Dan Sains, 3*(1), 36–42. <https://doi.org/10.57203/jriteks.v3i1.2024.36-42>
- Pratama, K. W. A., Riwu Djo Naga, K. P., & Naufal, F. (2023). Inovasi High-Density Concrete Menggunakan Limbah Besi Fly Ash (Abu Terbang) Sebagai Bahan Tambahan Pada Campuran Beton. *Jurnal Inovasi Teknologi Dan Edukasi Teknik, 3*(12), 3. <https://doi.org/10.17977/um068.v3.i12.2023.3>
- Purwanto, H., & Cakra Wardani, U. (2020). *Pengaruh Penambahan Serbuk Besi Terhadap Kuat Tekan Beton Mutu K225.* 5(2).
- Rachman, D., Sugiharto, B., Litbang Permukiman, P., Panyawangan, J., Wetan, C.,

- Besar Bahan dan Barang Teknik, B., & Sangkuriang No, J. (2012). *Kajian Penggunaan Semen Portland Komposit Untuk Beton*.
- Ryan Iskandar, M., & Aulia Pohan, N. (2022). *Pengaruh Penambahan Limbah Bubut Besi Terhadap Kuat Tekan Beton*. Retrieved from <https://jurnal.ucy.ac.id/index.php/CivETech/issue/archive>
- Syaihu, R. F. (2022). *Pengaruh Pengguna Serbuk Besi Sebagai Pengganti Sebagai Pasir Pada Beton Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Beton*.
- Trian, Y., Sumajouw, D. M. D. J., & Windah, R. S. (2015). Pengaruh Kuat Tekan Terhadap Kuat Lentur Balok Beton Bertulang. *Jurnal Sipil Statik*, 3(5), 341–350.
- Zulkarnain, F. (2023). Analysis of The Addition Polypropylene Fibre and 8670 Mn Viscocrete added Material on The Split Tensile Strength and Modulus of Elasticity of Concrete. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(10), 8798–8806. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i10.4808>
- Zulkarnain, F. (2024). *Perbandingan Penambahan Limbah Serbuk Kayu Sebagai Pengganti Sebagai Agregat Halus Dan Pengguna Sika Fume Terhadap Kuat Tekan Beton*. 6(2), 316–323. <https://doi.org/10.52005/teslink.v115i1.xxx>
- Zulkarnain, F., Kamil, B., Utara, S., & Kapten Mukhtar Basri No, J. (2023). *Perbandingan Kuat Tekan Beton Menggunakan Pasir Sungai sebagai Agregat Halus Dengan Variasi Bahan Tambah Sika Fume Pada Perendaman Air Laut*. Retrieved from <http://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnaslit>
- Zulkarnain, F., & Maulidza, L. (2024). Pengujian Kuat Tarik Belah Beton Dengan Abu Sekam Padi Sebagai Substitusi Parsial Semen. *Journal of Community Service*, 6(3).
- Zulkarnain, F., & Putri, F. (2023). *Pengaruh Abu Terbang (Fly Ash) Sebagai Substitusi Pengganti Semen Sikafume Terhadap Pengujian Kuat Tekan Beton Normal*.

## LAMPIRAN



Gambar alat Pan



Gambar alat Saringan



Gambar alat Slump Cone



Gambar bahan Semen



Gambar bahan Agregat Kasar



Gambar bahan Serbuk Besi



Gambar L-1 Pembuatan Campuran Beton



Gambar L-2 Pencetakan Beton Balok



Gambar L-3 Beton Balok



Gambar Perendaman Beton



Gambar penimbangan Benda Uji Kuat Lentur



Gambar Pengujian Kuat Lentur

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



### INFORMASI PRIBADI

Nama Lengkap : Leonaldi  
Nama Panggilan : Leo  
Tempat, Tanggal Lahir : 02 Oktober 2001  
Jenis Kelamin : Laki-laki  
Alamat : Ranto Panjang, Mandailing Natal  
Agama : Islam  
Nama Orang Tua  
Ayah : Alm Sah Madan Nasution  
Ibu : Erna  
No. HP :087729913544  
Email : [leonaldinasution@gmail.com](mailto:leonaldinasution@gmail.com)

### RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Induk Mahasiswa : 2107210071  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Sipil  
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera utara  
Alamat Perguruan Tinggi : Jl.Kapten Muchtar Basri No. 3, Medan

### PENDIDIKAN FORMAL

<b>Tingkat Pendidikan Kelulusan</b>	<b>Nama dan Tempat</b>	<b>Tahun</b>
Sekolah Dasar	SDN 306 Ranto Panjang	2014
Sekolah Menengah Pertama	SMP IT Al-Husnayain Panyabungan	2017
Sekolah menengah Atas	SMK TERUNA Padang Sidempuan	2020