

# **ANALISIS PENGARUH LIMBAH SERBUK BESI SEBAGAI SUBSTITUSI TERHADAP KUAT TEKAN BETON**

**SKRIPSI**

**OLEH:**

**EDIFIKTOR BAWAMENEWI  
208110056**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
MEDAN  
2024**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 8/1/25

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

# **ANALISIS PENGARUH LIMBAH SERBUK BESI SEBAGAI SUBSTITUSI TERHADAP KUAT TEKAN BETON**

## **SKRIPSI**

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh  
Gelara Sarjana di Fakultas Teknik  
Universitas Medan Area

**Oleh:**

**EDIFIKTOR BAWAMENEVI  
208110056**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
MEDAN  
2024**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Skripsi : Analisis Pengaruh Limbah Serbuk Besi Sebagai Substitusi terhadap Kuat Tekan Beton  
Nama : Edifektor Bawamenewi  
NPM : 208110056  
Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh:  
Komisi Pembimbing



Tanggal Lulus : 27 Agustus 2024

## HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah. Saya bersedia menerima saksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan saksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.



Medan, 27 Agustus 2024



Edifiktor Bawamenewi  
208110056

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

---

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Edifiktor Bawamenewi  
NPM : 208110056  
Program Studi : Teknik Sipil  
Fakultas : Teknik  
Jenis karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Non eksklusif (Non Exclusive Royalty Free-Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul : Analisis Pengaruh Limbah Serbuk Besi Sebagai Substitusi terhadap Kuat Tekan Beton. Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak Bebas Royalti Non eksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Medan  
Pada tanggal : 27 Agustus 2024  
Yang menyatakan



(Edifiktor Bawamenewi)

## RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Umu Idanotae Pada tanggal 16 dari Ayah Raniziduhu Bawamenewi, S.Pd dan Ibu Yaritina Tafonao Penulis merupakan putra ke 3 dari 5 bersudara. Tahun 2020 Penulis lulus dari SMA Negeri 1 Idanotae. dan pada tahun 2020 terdaftar sebagai Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Medan Area. pada tahun 2023 Penulis melaksanakan Praktek Kerja Lapangan (PKL) di Pembangunan Gedung Vihara Vimalakirti Jl.Madong Lubis Medan



## KATA PENGHANTAR

Puji dan syukur penyusun panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat dan kasih karunia-Nya penyusun dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul “Analisis Pengaruh Limbah Serbuk Besi Sebagai Substitusi terhadap Kuat Tekan Beton”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik.

Dalam menyelesaikan skripsi ini penulis berusaha menerapkan ilmu yang didapatkan pada perkuliahan dan ditunjang dengan literatur yang sesuai. Selain itu penulis juga menerapkan petunjuk dan arahan dari dosen pembimbing. Akan tetapi penulis menyadari bahwa skripsi ini masih kurang dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan segala saran dan kritik yang membangun dari setiap pembaca agar skripsi ini dapat lebih baik lagi.

Dalam penyusunan skripsi ini penulis mendapatkan bimbingan dan bantuan dari banyak pihak. Untuk itu penulis mengucapkan terimakasih. Melalui kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan rasa terimakasih atas kerjasama dan dukungan dari:

1. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M. Eng, M.Sc, selaku Rektor Universitas Medan Area.
2. Bapak Dr. Eng. Suprianto, S.T., M.T, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
3. Ibu Ir. Tika Ermita Wulandari, S.T., M.T, selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil
4. Bapak Fredy Kurniawan, ST, MT, Ph.D, yang telah membimbing dan mengarahkan dalam penyelesaian skripsi ini.
5. Seluruh Dosen Prodi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Medan Area yang selalu membantu penulisan dan pengajaran dan segala urusan serta administrasi.
6. Kedua orangtua, Bapak Raniziduhu Bawamenewi, S.Pd dan Ibu Yaritina Tafonao yang selalu membantu dan memberi semangat baik materil dan moril.

7. Untuk sahabat seperjuangan penulis yang selalu membantu penulis dalam perkuliahan dan sahabat baik Riorda Vasco Daeli, S.T, Dwiman Persatuan Lase, yang sudah menemani dan memotivasi penulis.
8. Semua pihak yang turut membantu penyelesaian skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu. Terima kasih atas dukungan, motivasi dan doanya. Akhir kata penulis berharap semoga skripsi ini bermanfaat bagi pembaca.



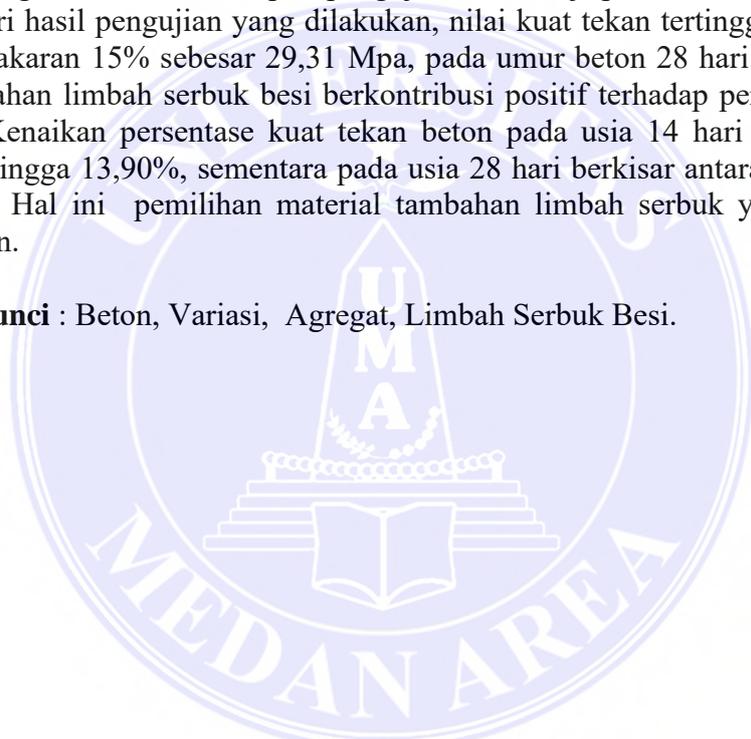
Medan, 27 Agustus 2024

Edifiktor Bawamenewi  
208110056

## ABSTRAK

Perkembangan infrastruktur di Indonesia sangat pesat, dan seiring pembangunan infrastruktur yang terus meningkat, maka perkembangan teknologi pada material bangunan juga ikut meningkat terutama pada elemen struktural maupun arsitektural. Salah satu teknologi beton yang dikembangkan untuk memiliki kualitas yang lebih baik adalah, material tambahan limbah serbuk besi. Penelitian ini mengacu pada konsep penggunaan limbah, dengan limbah serbuk besi sebagai komponen campuran beton. Limbah serbuk besi ini sendiri menjadi komponen substitusi untuk agregat halus. Jenis parameter pengujian mutu yang digunakan pada penelitian ini terfokus kepada kuat tekan. Pembuatan sampel benda uji dilakukan dengan cara memberikan variasi 0%, 5%, 10%, 15% limbah serbuk besi dari berat agregat halus pada campuran beton dengan kuat tekan rencana beton 25 MPa, dengan dilakukan tahapan pengujian benda uji pada umur 14 hari dan 28 hari. Dari hasil pengujian yang dilakukan, nilai kuat tekan tertinggi terdapat pada variasi takaran 15% sebesar 29,31 Mpa, pada umur beton 28 hari. terlihat bahwa penambahan limbah serbuk besi berkontribusi positif terhadap peningkatan mutu beton. Kenaikan persentase kuat tekan beton pada usia 14 hari berkisar antara 3,55% hingga 13,90%, sementara pada usia 28 hari berkisar antara 4,40% hingga 11,89%. Hal ini pemilihan material tambahan limbah serbuk yang bersih dan konsisten.

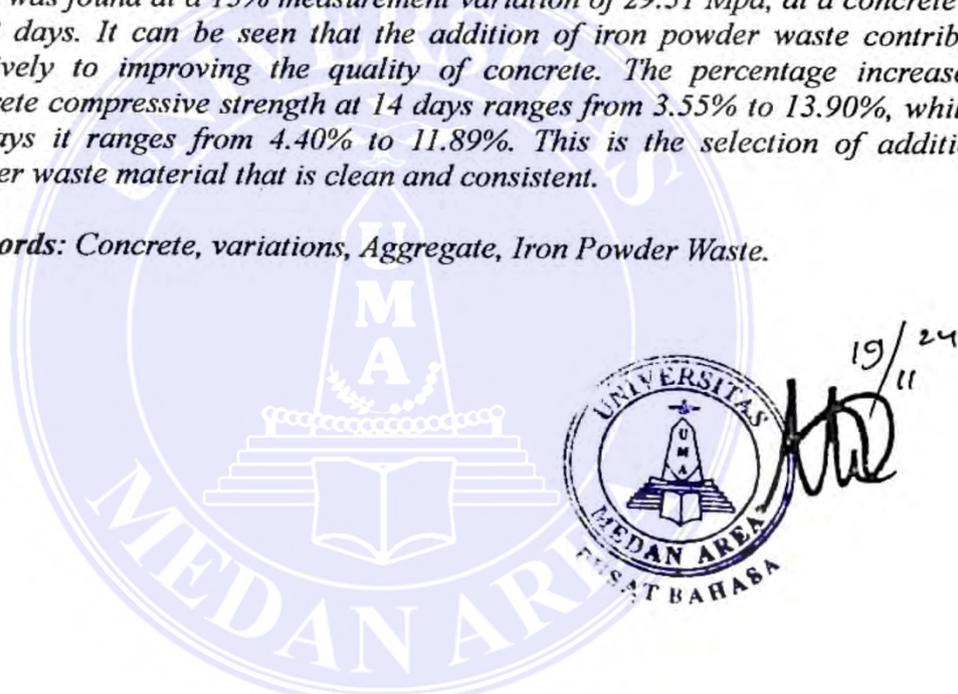
**Kata Kunci** : Beton, Variasi, Agregat, Limbah Serbuk Besi.



## ABSTRACT

*Infrastructure development in Indonesia is very rapid, and as infrastructure development continues to increase, technological developments in building materials also increase, especially in structural and architectural elements. One of the concrete technologies developed to have better quality is the additional material of iron powder waste. This research referred to the concept of using waste, with iron powder waste as a component of the concrete mixture. This iron powder waste itself becomes a substitute component for fine aggregate. The type of quality testing parameters used in this research focused on compressive strength. Making samples of test objects was carried out by providing variations of 0%, 5%, 10%, 15% of iron powder waste from the weight of fine aggregate in the concrete mixture with a concrete design compressive strength of 25 MPa, by carrying out the stages of testing test objects at the age of 14 days and 28 days. From the results of the tests carried out, the highest compressive strength value was found at a 15% measurement variation of 29.31 Mpa, at a concrete age of 28 days. It can be seen that the addition of iron powder waste contributes positively to improving the quality of concrete. The percentage increase in concrete compressive strength at 14 days ranges from 3.55% to 13.90%, while at 28 days it ranges from 4.40% to 11.89%. This is the selection of additional powder waste material that is clean and consistent.*

**Keywords:** Concrete, variations, Aggregate, Iron Powder Waste.



## DAFTAR ISI

	Halaman
COVER .....	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN .....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS .....	v
RIWAYAT HIDUP.....	vi
KATA PENGHANTAR .....	vii
ABSTRAK .....	ix
<i>ABSTRACT</i> .....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR .....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
BAB I. PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Manfaat Penelitian .....	3
1.5 Batasan Penelitian .....	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Beton .....	5
2.1.1 Pengertian Beton .....	5
2.1.2 Kelebihan dan kekurangan beton .....	6
2.2 Bahan Penyusun Beton .....	7
2.3.1 Agregat Halus.....	8
2.3.2 Agregat Kasar.....	9
2.3.4 Zat Additif.....	10
2.3.5 Semen Portland.....	10
2.5.6 Air.....	13
2.5.6 Serbuk Besi.....	14
2.3 Pengaruh Bahan Tambah Beton.....	16

2.4	<i>Slump Test</i> .....	17
2.5	Kuat Tekan Beton .....	19
2.6	<i>Mix Design</i> .....	21
BAB III. METODE PENELITIAN .....		36
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian .....	36
3.2	Bahan dan Benda Uji .....	36
3.2.1	Bahan.....	36
3.2.2	Alat .....	37
3.2.3	Benda Uji.....	37
3.3	Tahap Pengolahan Bahan .....	38
3.3.1	Pemeriksaan Bahan .....	39
3.3.2	Pengolahan Benda Uji .....	40
3.3.3	Pengujian Kuat Tekan Pada Benda Uji .....	43
3.4	Kerangka Berfikir Penelitian.....	44
	Rencana Jadwal Penelitian .....	45
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....		46
4.1	Pengujian Material .....	46
4.2	Hasil dan Analisa Nilai Slump.....	81
4.3	Hasil dan Analisa Kuat Tekan Beton .....	82
4.3.1	Rasio Kenaikan Biaya dan Kenaikan Mutu .....	85
4.4	Pembahasan.....	86
4.4.1	Tabel Hasil Pengujian .....	88
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN .....		89
5.1	Kesimpulan .....	89
5.2	Saran.....	90
DAFTAR PUSTAKA .....		91
LAMPIRAN.....		93

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1 Persyaratan Gradasi Agregat Halus .....	9
Tabel 2 Persyaratan Gradasi Agregat Kasar .....	10
Tabel 3 Susunan Unsur Dalam Semen .....	11
Tabel 4 Komposisi Utama Semen Portland .....	12
Tabel 5 Kandungan Kimia Serbuk Besi .....	15
Tabel 6 Batas-batas maksimum nilai slump .....	19
Tabel 7 Korelasi Kelas dan Mutu Beton .....	20
Tabel 8 Ukuran Benda Uji Tekan .....	21
Tabel 9 Faktor Pengali (k) Deviasi Standar .....	22
Tabel 10 Nilai slump yang dianjurkan untuk berbagai pekerjaan konstruksi .....	24
Tabel 11 Perkiraan kebutuhan air pencampur dan kadar udara untuk berbagai slump dan ukuran nominal agregat maksimum batu pecah.....	25
Tabel 12 Hubungan antara rasio air-semen .....	26
Tabel 13 Volume agregat kasar per satuan volume beton .....	26
Tabel 14 Perkiraan awal beton segar .....	27
Tabel 15 Perbandingan penelitian terdahulu.....	34
Tabel 16 Perbandingan Penelitian Yang Sedang Dilakukan .....	35
Tabel 17 Variasi Serbuk Besi dan Jumlah Sampel Benda Uji.....	38
Tabel 18 Hasil <i>Mix Design</i> Beton Mutu Sedang.....	42
Tabel 19 Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus .....	47
Tabel 20 Rekapitulasi Data Hasil Perhitungan .....	48
Tabel 21 Data Sampel 1 dan 2 .....	49
Tabel 22 Rekapitulasi Data Hasil Perhitungan MHB Sampel 1 .....	52
Tabel 23 Rekapitulasi Data Hasil Perhitungan MHB Sampel 2 .....	52
Tabel 24 Gradasi Pasir.....	53
Tabel 25 Data Pengujian Berat Volume Gembur Agregat Halus .....	55
Tabel 26 Rekapitulasi Data Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Agregat Halus .....	56
Tabel 27 Data Pengujian Berat Volume Padat Agregat Halus.....	57
Tabel 28 Rekapitulasi Data Hasil Pengujian Berat Volume Padat Agregat Halus .....	58
Tabel 29 Data Uji Kandungan Lumpur Agregat Halus .....	59
Tabel 30 Rekapitulasi Uji Kandungan Lumpur .....	60
Tabel 31 Data Uji Kadar Air Agregat Halus.....	61
Tabel 32 Rekapitulasi Uji Kandungan Lumpur .....	62
Tabel 33 Data Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar.....	63
Tabel 34 Rekapitulasi Data Hasil Perhitungan .....	64
Tabel 35 Data Sampel 1 dan 2 .....	65

Tabel 36 Rekapitulasi Data Hasil Perhitungan MHB Sampel 1 .....	68
Tabel 37 Rekapitulasi Data Hasil Perhitungan MHB Sampel 2 .....	69
Tabel 38 Gradasi Agregat Kasar.....	70
Tabel 39 Data Pengujian Berat Volume Gembur Agregat Kasar.....	72
Tabel 40 Rekapitulasi Data Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Agregat Kasar .....	73
Tabel 41 Data Hasil Pengujian Berat Volume Padat Agregat Kasa .....	74
Tabel 42 Rekapitulasi Hasil Pengujian Berat Volume Padat Agregat Kasar .....	75
Tabel 43 Data Uji Kandungan Lumpur Agregat Kasar .....	76
Tabel 44 Rekapitulasi Uji Kandungan Lumpur .....	76
Tabel 45 Data Uji Kadar Air Agregat Halus.....	77
Tabel 46 Rekapitulasi Uji Kandungan Lumpur .....	78
Tabel 47 Data Hasil Pengujian Berat Jenis Serbuk Besi .....	79
Tabel 48 Rekapitulasi Data Hasil Perhitungan .....	80
Tabel 49 Hasil <i>slump test</i> beton.....	81
Tabel 50 Pengujian Kuat Tekan Beton Normal .....	82
Tabel 51 Pengujian Kuat Tekan Beton Dengan Penambahan Serbuk Besi 5%.....	83
Tabel 52 Pengujian Kuat Tekan Beton Dengan Penambahan Serbuk Besi 10%.....	83
Tabel 53. Pengujian Kuat Tekan Beton Dengan Penambahan Serbuk Besi 15% .....	83
Tabel 54 Uji Material Labolatorium.....	88

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1 Serbuk Besi .....	14
Gambar 2 Grafik Gradasi Pasir Sampel 1 .....	54
Gambar 3 Grafik Gradasi Pasir Sampel 2 .....	54
Gambar 4 Grafik Gradasi Agregat Kasar Sampel 1 .....	70
Gambar 5 Grafik Gradasi Agregat kasar sampel 2 .....	71
Gambar 6 Hubungan antara kuat tekan beton dan penambahan serbuk besi .....	85
Gambar 7 Piknometer .....	96
Gambar 8 Palu Karet .....	96
Gambar 9 Saringan .....	96
Gambar 10 Pan .....	97
Gambar 11 Mesin Penggoyang Saringan .....	97
Gambar 12 Timbangan Digital .....	97
Gambar 13 Timbangan Digital Kapasitas 30 kg .....	98
Gambar 14 Kompor Listrik .....	98
Gambar 15 <i>Capping</i> Beton .....	98
Gambar 16 Cetakan Silinder .....	99
Gambar 17 <i>Mixer concrete</i> (Molen) .....	99
Gambar 18 Pencetakan benda uji .....	99
Gambar 19 Kerucut <i>Abrams</i> .....	100
Gambar 20 <i>Compressing Testing Machine (CTM)</i> .....	100
Gambar 21 Pembuatan <i>capping</i> .....	100
Gambar 22 Perendaman Benda Uji .....	101
Gambar 23 Pengujian Kuat Tekan Beton .....	101
Gambar 24 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton .....	101

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Hasil Pengujian Kuat Tekan.....	94
Lampiran 2 Gambar Alat Yang Digunakan .....	96
Lampiran 3 Gambar Perendaman dan Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton .....	101



## **BAB I PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Perkembangan infrastruktur di Indonesia sangat pesat, dan seiring pembangunan infrastruktur yang terus meningkat, maka perkembangan teknologi pada material bangunan juga ikut meningkat terutama pada elemen struktural maupun arsitektural. Salah satu teknologi beton yang dikembangkan untuk memiliki kualitas yang lebih baik adalah, material tambahan limbah serbuk besi.

Beton adalah campuran semen, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambah, yang membentuk massa padat (SNI 032834-2000). Beton memiliki sifat menguntungkan dibandingkan bahan bangunan lainnya, terutama karena kekuatan tekan yang tinggi. Namun, beton juga memiliki kekurangan, yaitu kekuatan tarik yang rendah, yang dapat menyebabkan retak. Dengan terus berkembangnya inovasi, terdapat banyak aspek dan pengembangan yang masih perlu dilakukan pada sifat beton, salah satunya adalah dengan mengeksplorasi penggunaan bahan pengganti dalam campuran beton. Bahan pengantinya dapat berupa bahan limbah serbuk besi yang tidak terpakai dan dapat dimanfaatkan dalam kombinasi yang banyak.

Fungsi dari bahan pengganti campuran beton adalah untuk memodifikasi sifat-sifat dan karakteristik beton itu sendiri diantaranya adalah untuk memudahkan pengerjaan. (*workability*) dan *durability*, penghematan biaya dan waktu pengerasan beton (Agus Setiawan 2016), salah satunya bahan pengganti campuran beton adalah serbuk besi. Pemanfaatan limbah serbuk besi juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan tambahan untuk menggantikan sebagian agregat

halus dalam pembuatan beton, guna untuk meningkatkan kekuatan beton dan daya tahan.

Pemanfaatan terhadap limbah serbuk besi selama ini masih sangat kurang. limbah serbuk besi hanya digunakan sebagai pengrajin besi seperti membuat pisau, parang, celurit, pedang dan sebagainya. hasil dari berbagai tempat pembubutan besi cor atau besi tuang yang tidak digunakan lagi dan menjadi limbah yang tidak terpakai. Menurut Smith dan Johnson (2018), Peningkatan produksi dan penggunaan besi dalam industri dapat menyebabkan peningkatan limbah serbuk besi, yang kemudian dapat menciptakan tantangan lingkungan jika tidak dikelola dengan benar.

Jika dilihat dari struktur sebenarnya, material serbuk besi ini mempunyai kualitas yang sebanding dengan agregat halus atau pasir. Sifat sebenarnya yang disinggung adalah mengenai ukuran bahan serbuk besi. Sejalan dengan itu, agregat halus juga bersumber dari daya alam yang pada akhirnya akan habis dan tidak mudah untuk didapat, sehingga diperlukan pilihan lain sebagai bahan pengganti.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dampak limbah serbuk besi pada kuat tekan beton, memberikan kontribusi pada pemahaman kita tentang cara efisien dan berkelanjutan dalam mengelola limbah industri. Maka dengan menggunakan limbah serbuk besi, pada penelitian ini ditambahkan limbah serbuk besi dengan komposisi 0%, 5%, 10% dan 15% ke dalam campuran bahan beton normal, dimana hal ini diharapkan dapat menentukan pengaruh penambahan limbah serbuk besi terhadap mutu beton yang direncanakan yakni  $f_c$  25 Mpa.

## 1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh limbah serbuk besi sebagai bahan substitusi terhadap kuat tekan beton pada variasi 0%, 5%, 10%, dan 15% dari berat agregat halus?
2. Berapa kuat tekan maksimum beton yang dihasilkan setelah penambahan limbah serbuk besi pada masing-masing variasi substitusi tersebut?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menjawab rumusan masalah terkait pengaruh limbah serbuk besi terhadap kuat tekan beton. Adapun Tujuan penelitian ini adalah :

1. Untuk memahami bagaimana pengaruh penambahan limbah serbuk besi sebagai pengganti sebagian agregat halus terhadap kuat tekan beton.
2. Untuk mengetahui kuat tekan beton maksimum setelah penambahan limbah serbuk besi sebagai substitusi dengan variasi takaran sebesar 0%, 5%, 10%, 15% dari berat pasir.

## 1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan baik penulis dan juga pembaca akan memperoleh manfaat dari penelitian ini. Berikut ini adalah beberapa manfaat dari penelitian ini yaitu :

1. Menambah pengetahuan ilmiah tentang bagaimana limbah serbuk besi dapat mempengaruhi sifat mekanik beton.
2. Mengetahui perbandingan kuat tekan beton biasa dengan beton yang

dibuat dengan menggunakan limbah serbuk besi sebagai penggantinya.

3. Dapat menjadi pertimbangan untuk pemanfaatan sisa serbuk besi sebagai substitusi untuk agregat halus dalam beton.

## 1.5 Batasan Penelitian

Agar penelitian skripsi ini dapat dilaksanakan dengan baik dan lancar maka penulis membatasi masalah dalam penelitian tersebut. Adapun batasan masalah penelitian ini adalah :

1. Serbuk besi yang digunakan diperoleh dari toko CMN Shop dalam kondisi serbuk besi keadaan terkontrol.
2. Agregat kasar dan halus berasal dari Panglong Jaya Makmur
3. Air yang digunakan pada penelitian ini berasal dari laboratorium beton dan bahan bangunan Teknik Sipil Unika Santo Thomas
4. Semen yang digunakan merupakan semen Portland type I yang diperoleh di Panglong Jaya Makmur.
5. Mix design menggunakan metode SNI 7656 – 2012.
6. Mutu beton yang direncanakan yakni mutu  $f'c$  25 Mpa.
7. Penelitian hanya menganalisis sampel beton pada umur 14 dan 28 hari.
8. Benda uji yang digunakan berupa silinder dengan setiap komposisi 3 buah benda uji sehingga total benda uji 24 buah dengan dimensi masing-masing, yaitu tinggi 15 cm dan lebar 30 cm.
9. Pengujian dan pemeriksaan dilaksanakan di laboratorium Beton dan Bahan bangunan Teknik Sipil Unika Santo Thomas Sumatera Utara.

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1 Beton**

#### **2.1.1 Pengertian Beton**

Beton merupakan material konstruksi dengan suatu campuran yang terdiri dari beberapa bahan, termasuk semen, air, agregat kasar, dan agregat halus. Pasta semen, yang dihasilkan dari campuran air dan semen, bertindak sebagai perekat dalam beton. Agregat kasar, seperti kerikil atau batu pecah, memberikan kekuatan dan stabilitas struktural pada beton dengan menyediakan kerangka atau kerangka struktural. namun sisi lain, agregat halus, yang terdiri dari partikel-partikel pasir, berfungsi untuk mengisi ruang di antara partikel-partikel agregat kasar dan memastikan campuran beton menjadi lebih padat.

Beton adalah batuan yang diperoleh dengan mencampurkan semen Portland, air, dan agregat serta atau tanpa bahan tambahan dengan perbandingan tertentu (Prasetio, 2011). dengan demikian, campuran bahan-bahan ini secara bersama-sama menciptakan struktur beton yang kokoh dan tahan lama dalam berbagai proyek konstruksi.

Beton cenderung menua dan mengeras seiring berjalannya waktu, mencapai kekuatan desain yang ditetapkan setelah periode tertentu, biasanya 28 hari, sesuai standar SNI 2487 tahun 2013. Proses ini menandakan bahwa beton semakin bertambah usia, juga semakin meningkatkan kekuatannya terhadap berbagai faktor lingkungan.

### 2.1.2 Kelebihan dan kekurangan beton

Beton memiliki beberapa keunggulan yang membuatnya menjadi pilihan utama dalam industri konstruksi. Kekuatan beton, bersama dengan ketahanan terhadap gaya tekan, menjadikan beton sebagai pilihan yang andal untuk proyek-proyek jangka panjang seperti bangunan tinggi, jembatan, dan bendungan.

Beton telah terbukti memiliki kekuatan kompresi yang tinggi, membuatnya menjadi material yang ideal untuk struktur bangunan yang membutuhkan ketahanan terhadap beban berat dan tekanan eksternal. (Jhon Doe, 2018). namun ada juga pertimbangan penting terhadap kelemahan beton terhadap retakan akibat perubahan suhu dan faktor beban yang dipikul dapat mengurangi keandalannya.

Beton memiliki kelebihan dan kekurangan secara umum (Tjokrodimulyo, 2007), antara lain :

Kelebihan beton ialah

1. Beton mampu menahan gaya tekan dengan baik, serta mempunyai sifat tahan terhadap korosi dan pembusukan oleh kondisi lingkungan.
2. Beton segar dapat dengan mudah dicetak sesuai dengan keinginan.
3. Beton segar dapat disemprotkan pada permukaan beton lama yang retak maupun dapat diisikan ke dalam retakan beton dalam proses perbaikan.
4. Beton segar dapat dipompakan sehingga memungkinkan untuk dituang pada tempat-tempat yang posisinya sulit.
5. Beton tahan aus dan tahan bakar, sehingga perawatannya lebih murah.

Kekurangan beton ialah

1. Beton dianggap tidak mampu menahan gaya tarik, sehingga mudah retak,

oleh karena itu perlu diberikan baja tulangan sebagai penahan gaya teriknya.

2. Beton keras menyusut dan mengembang bila terjadi perubahan suhu, sehingga perlu dibuat dilatasi untuk mengatasi retakan-retakan akibat terjadinya perubahan suhu.
3. Untuk mendapatkan beton kedap air secara sempurna, harus dilakukan dengan pengerjaan yang teliti.
4. Beton bersifat getas sehingga harus dihitung dan diteliti secara seksama agar setelah dikompositkan dengan baja tulangan menjadi bersifat daktil, terutama pada struktur tahan gempa.

Berdasarkan penjelasan sebelumnya, bahwa beton adalah hasil dari perpaduan antara dua bahan utama, yaitu agregat dan pasta. Pasta, yang terbentuk dari campuran semen Portland dan air, memiliki peran sebagai pengikat yang efektif untuk menyatukan dan mengeraskan agregat. Proses pengerasan inilah yang membentuk struktur beton yang kuat dan tahan lama. Namun, perlu dicatat bahwa beton memiliki karakteristik khusus, dimana kekuatannya terletak pada ketahanannya terhadap gaya tekan, sementara kelemahannya terletak pada ketidak kuat menahan gaya tarik. Maka dengan hal ini, pemahaman akan sifat-sifat ini menjadi kunci dalam desain dan konstruksi yang efektif menggunakan beton dalam berbagai proyek.

## 2.2 Bahan Penyusun Beton

Beton adalah campuran dari semen, pasir, kerikil, dan air yang digunakan untuk membuat beton yang kuat. (Sedang Sagel dkk, 1994) menguraikan bahwa

beton adalah suatu komposit dari bahan batuan yang direkatkan oleh bahan ikat. Beberapa campuran atau bahan tambahan juga dapat dimasukkan dalam beton sesuai kebutuhan.

Mulyono (2006) Mengungkapkan bahwa beton merupakan fungsi dari bahan penyusunnya yang terdiri dari bahan semen hidrolik, agregat kasar, agregat halus, air, dan bahan tambah. dengan kombinasi antara semen dan air, bersama dengan komposisi agregat yang tepat, beton mampu menghasilkan struktur bangunan yang berkualitas tinggi. adanya kedua komponen utama ini dalam pembuatan beton menciptakan material yang kuat dan tahan lama untuk berbagai proyek konstruksi.

### **2.3.1 Agregat Halus**

Menurut nevil (1997), agregat halus merupakan agregat yang besarnya tidak lebih dari 5 mm, sehingga pasisir dapat berupa pasir alam atau berupa pasir dari pemecahan batu yang dihasilkan oleh pemecah batu.

Agregat halus merujuk pada campuran material kecil seperti pasir, debu, dan partikel halus lainnya yang umumnya digunakan dalam konteks konstruksi. Definisi yang diberikan oleh standar (SNI-03-2847-2002) menjelaskan bahwa agregat halus terdiri dari pasir alam yang dihasilkan melalui disintegrasi alami batuan atau diproduksi melalui proses industri pemecah batu, dengan ukuran butir terbesar mencapai 5,0 mm. Agregat halus ini penting dalam pembuatan campuran beton untuk mencapai kepadatan dan kekuatan tertentu sesuai dengan kebutuhan konstruksi.

Menurut ASTM C.33-95 *Standard Specification for Concrete Aggregates* tentang syarat mengenai gradasi agregat halus, sesuai dengan ketentuan dalam tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 1 Persyaratan Gradasi Agregat Halus  
(Tri Mulyono, Teknologi Beton, 2019)

Ukuran Lubang Ayakan (mm)	Persen Lolos Kumulatif
9,5	100
4,75	95-100
2,36	80-100
1,18	50-85
0,6	25-60
0,3	10-30
0,15	2-10

### 2.3.2 Agregat Kasar

Agregat kasar adalah campuran material berukuran lebih besar, seperti kerikil, batu pecah, atau batuan lainnya, yang sering digunakan dalam proyek konstruksi untuk memberikan kekuatan struktural dan stabilitas. Definisi standar (SNI 03-2834-2000) menyatakan bahwa agregat kasar terdiri dari kerikil yang berasal dari disintegrasi alami batu atau berupa batu pecah yang dihasilkan dari industri pemecah batu, dengan ukuran butir antara 5 mm hingga 40 mm. Penggunaan agregat kasar sangat penting dalam pembuatan beton atau pembuatan lapisan jalan guna mencapai ketahanan struktural yang diperlukan dalam proyek konstruksi.

Persyaratan mengenai gradasi agregat kasar yang baik, seperti batas-batas yang tercantum dalam tabel 2 berikut ini.

Tabel 2 Persyaratan Gradasi Agregat Kasar  
(Tri Mulyono, Teknologi Beton, 2019)

Lubang ayakan (mm)	Persen Butir Lewat Ayakan, Besar Butir Maks		
	40 mm	20 mm	12,5
40	95-100	100	100
20	30-70	95-100	100
12,5	-	-	90-100
10	10-35	25-55	40-85
4,8	0-5	0-10	0-10

### 2.3.4 Zat Aditif

Zat aditif dalam konteks beton adalah bahan kimia atau material tambahan yang dimasukkan ke dalam campuran beton untuk memperbaiki atau mengubah sifat-sifatnya.

Dalam jurnal Zamroni, Eka Susanti, Dita Kamarul Fitriyah Pengaruh Penggunaan Zat Aditif Tipe C pada Kekuatan Tekan Beton, menjelaskan bahwa Penggunaan zat aditif berfungsi untuk kemudahan pengerjaan ataupun mempercepat pengikatan pada beton dengan maksud mempersingkat waktu pelaksanaan konstruksi di lapangan. dengan menggunakan zat aditif secara tepat, sifat-sifat beton dapat disesuaikan sesuai dengan kebutuhan spesifik proyek konstruksi, sehingga memungkinkan untuk mencapai hasil yang optimal dalam hal kekuatan, keawetan, dan performa struktural beton.

### 2.3.5 Semen Portland

Semen Portland merupakan jenis semen hidrolis yang dikenal karena kekuatannya yang tinggi dan kemampuannya untuk mengikat bahan bangunan lainnya.

Berdasarkan Definisi (SNI 15-2049-2004) semen Portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen, 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. Semen Portland mengalami reaksi kimia ketika dicampur dengan air, sehingga terjadi pembentukan ikatan yang kuat antara butiran agregat. Istilah semen Portland diperkenalkan oleh Joseph Aspdin pada tahun 1824, merujuk pada jenis semen yang ia temukan dengan memanaskan suatu campuran tanah halus dan kapur dalam pemanas.

Semen Portland memiliki unsur-unsur pokok penyusun (Neville, 1975), yang dapat dilihat pada Tabel 3 sebagai berikut.

Tabel 3 Susunan Unsur Dalam Semen (Neville, 1975)

Oksida	Persentase (%)
Kapur, CaO	60 – 65
Silika, SiO <sub>2</sub>	17 – 25
Alumina, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3 – 8
Besi, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,5 – 6
Magnesia, MgO	0,5 – 4
Sulfur, SO <sub>3</sub>	1 - 2
Oksida	Persentase (%)
Soda / Potash, Na <sub>2</sub> O + K <sub>2</sub> O	0,5 - 1

Berikut adalah unsur-unsur kimia yang penting dalam membentuk struktur kristal dalam semen Portland yang memberikan kekuatan dan ketahanan yang dibutuhkan untuk aplikasi konstruksi. Komposisi utama semen portland dapat dilihat pada tabel 4 dibawah.

Tabel 4 Komposisi Utama Semen Portland (Neville, 1975)

Nama Unsur	Komposisi Kimia	Simbol
Trikalsium Silikat	$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C3S
Dikalsium Silikat	$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C2S
Trikalsium Aluminat	$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	C3A
Tetrakalsium Aluminoforit	$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$	C4AF

Menurut SNI 15-2049-2004 mengenai semen Portland, semen Portland dapat dibagi menjadi 5 jenis yaitu :

1. Semen Portland Tipe 1 : Ini adalah jenis semen Portland yang umum digunakan dalam konstruksi umum dan cocok untuk berbagai aplikasi, termasuk pondasi, struktur bangunan, dan proyek infrastruktur.
2. Semen Portland Tipe II : Jenis ini memiliki tingkat perlindungan yang lebih tinggi terhadap sulfat daripada Semen Portland Tipe I. Biasanya digunakan dalam konstruksi di area dengan tanah yang mengandung kadar sulfat yang tinggi atau di lingkungan yang merusak.
3. Semen Portland Tipe III : Tipe ini memiliki kecepatan pengerasan yang lebih tinggi dibandingkan dengan Semen Portland Tipe I. Biasanya digunakan dalam proyek-proyek yang membutuhkan kecepatan pengerasan yang cepat, seperti dalam pembuatan struktur beton

prategang atau dalam cuaca yang dingin.

4. Semen Portland Tipe IV : Jenis ini dirancang untuk digunakan dalam proyek-proyek besar yang membutuhkan ketahanan panas yang tinggi, seperti pembangunan dam atau pembangkit listrik nuklir.
5. Semen Portland Tipe V : Tipe ini memiliki tingkat perlindungan terhadap sulfat yang paling tinggi dari semua jenis semen Portland. Biasanya digunakan dalam konstruksi di area yang sangat merusak akibat kehadiran sulfat yang tinggi, seperti struktur bawah tanah atau konstruksi maritim.

#### **2.5.6 Air**

Dalam pembuatan beton, air adalah unsur yang penting karena memiliki dua fungsi utama. Pertama, Air diperlukan untuk reaksi campuran yang membuat semen mengikat mengeras. Yang kedua, air mempermudah pengerjaan dan pemadatan dengan bertindak sebagai pelumas untuk campuran semen, pasir, dan kerikil.

Semen bersama air sebagai kelompok aktif sedangkan pasir dan kerikil sebagai kelompok pasif yang berfungsi sebagai pengisi (Mulyono, 2004). Meskipun hanya sekitar 25% - 30% dari berat semen yang diperlukan untuk reaksi, kekurangan air dapat menyulitkan proses pengerjaan beton. Oleh karena itu, seringkali diberikan kelebihan air sebagai pelumas, meskipun kelebihan air harus dihindari karena dapat menyebabkan beton menjadi porous dan mengurangi kekuatannya.

Biasanya, air digunakan untuk mencampur beton harus mampu menghasilkan beton dengan kekuatan minimal 90% dari kekuatan air yang diolah. Kontaminasi air pencampur beton dengan kotoran dapat mengakibatkan penurunan signifikan dalam kekuatan beton.

Air yang ideal untuk pencampuran beton harus memenuhi persyaratan Menurut (Kardiyono, 1992) antara lain:

1. Tidak mengandung lumpur atau benda melayang lainnya lebih dari 2 gram/liter.
2. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (seperti asam, zat organik, dll.) lebih dari 15 gram/liter.
3. Tidak mengandung klorida ( $Cl_2$ ) lebih dari 0,5 gram/liter.
4. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

### 2.5.6 Serbuk Besi

Serbuk besi merupakan hasil dari proses penggilingan atau penghancuran logam besi menjadi partikel-partikel kecil yang menyerupai bubuk yang dapat dilihat pada gambar 1 dibawah ini.



Gambar 1 Serbuk Besi  
(Data Lapangan, 2024)

Serbuk besi adalah hasil dari sisa potongan atau sisa pembubutan besi tuang yang merupakan hasil pemakaian di industri Menurut Daryus, A.(dalam Bahri, S., & Irawan, D. A. S, 2010). Pembuatannya melibatkan pemrosesan logam besi, yang dapat berasal dari penggilingan besi. Besi yang merupakan campuran komponen besi dengan kandungan karbon (C), silikon (S), mangan (Mg), fosfor (P), dan belerang (S), memiliki kandungan karbon lebih tinggi daripada baja. Kandungan karbon yang tinggi dalam besi proyek dapat meningkatkan kemungkinan besi tuang menjadi rapuh, sehingga perlu diperhatikan dalam penggunaannya.

Penggunaan besi dalam proses pembuangan sampah industri menghasilkan serbuk besi sebagai konsekuensi langsung dari penumpukan dan pemotongan besi. Dalam konteks ini, serbuk besi menjadi salah satu bahan sintetis yang tersedia, seperti yang tercatat dalam tabel 5 berikut:

Tabel 5 Kandungan Kimia Serbuk Besi (Besi Tuang, 2000)

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

### 2.3 Pengaruh Bahan Tambah Beton

Bahan tambahan dalam campuran beton, yang ditambahkan bersama dengan komponen utama seperti air, semen, dan agregat, dikenal sebagai bahan tambahan. Tujuannya yaitu untuk mengubah setidaknya satu sifat beton dalam keadaan segar atau setelah pemadatan.

Dalam *Cement and Concrete Terminology* (ACI SP-19) sebagai material selain air, agregat dan semen hidrolis yang dicampurkan dalam beton atau mortar yang ditambahkan sebelum atau selama pengadukan berlangsung. Penggunaan bahan tambahan seperti bahan tambah kimia memerlukan penilaian yang tepat terhadap konsekuensinya terhadap beton, terutama dalam kondisi di mana penggunaannya diperlukan.

Bahan tambah kimia (*Chemical Admixture*) ada bermacam-macam. Menurut ASTM, bahan tambah kimia itu terbagi menjadi:

1. Tipe A - *Water-Reducing Admixtures*, adalah bahan tambah yang mengurangi air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu.
2. Tipe B - *Retarding Admixtures*, adalah bahan tambah yang berfungsi untuk menghambat waktu pengikatan beton.
3. Tipe C - *Accelerating Admixtures*, adalah bahan tambah yang berfungsi untuk mempercepat pengikatan dan pengembangan kekuatan awal beton.
4. Tipe D - *Water Reducing and Retarding Admixtures*, adalah bahan tambah yang berfungsi ganda yaitu mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu dan menghambat pengikatan awal.

5. Tipe E - *Water Reducing and Accelerating Admixtures*, adalah bahan tambah yang berfungsi ganda yaitu mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton yang konsistensinya tertentu dan mempercepat pengikatan awal.
6. Tipe F - *Water Reducing, High Range Admixtures*, adalah bahan tambah yang berfungsi untuk mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu, sebanyak 12% atau lebih.
7. Tipe G - *Water Reducing, High Range Retarding Admixtures*, adalah bahan tambah yang berfungsi untuk mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu sebanyak 12% atau lebih dan juga untuk menghambat pengikatan beton.

Penambahan ini biasanya dilakukan dalam jumlah kecil dan diawasi dengan ketat, karena penambahan yang berlebihan dapat merusak sifat konkret. Peningkatan sifat-sifat beton yang diinginkan meliputi kecepatan hidrasi atau waktu pengerasan, kemudahan dalam proses pekerjaan, dan ketahanan terhadap air.

#### 2.4 *Slump Test*

*Slump Test* merupakan salah satu metode untuk memperkirakan kekentalan atau kepadatan pada campuran beton. Semakin rendah nilai slump menunjukkan semakin kental keadaan beton di lapangan, sebaliknya semakin tinggi nilai slump menunjukkan semakin encer keadaan beton di lapangan. Uji

slump dilakukan untuk menentukan tingkat kemudahan pengerjaan. Pengujian ini dilakukan dengan alat berbentuk kerucut terpancung, dengan lebar atas 10 cm dan ukuran bawah 20 cm serta tinggi 30 cm, dilengkapi dengan kuping untuk mengangkat beton segar dan juga tongkat pemadat lebar 16 mm dengan panjang 60 cm (Mulyono, 2004).

Langkah-langkah percobaan adalah sebagai berikut:

1. Mempersiapkan alat-alat slump, juga centong semen untuk memasukkan semen.
2. Mengisi kerucut *abrams* dengan 1/3 beton
3. Lalu dipadatkan dengan memakai batang logam secara merata sebanyak 25 kali.
4. Melakukan hal yang sama untuk lapisan kedua dan ketiga.
5. Didiamkan kisaran 60 detik setelah lapisan terakhir dikerjakan.
6. Mengangkat cetakan secara perlahan dan tegak lurus ke atas.
7. Mengukur nilai slump dengan cara membalikkan kerucut Abrams dan mengukur perbedaan tinggi rata-rata antara benda uji dengan kerucut.
8. Mengukur rata-rata tinggi slump, diukur dari tinggi permukaan alat sampai tinggi permukaan beton yang jatuh.

Untuk pengecoran beton ada batas-batas maksimum nilai slump. Batas-batas maksimum slump dan kegunaan dapat diketahui pekerjaan betonnya pada tabel berikut:

Tabel 6 Batas-batas maksimum nilai slump (PBI, 1971)

Uraian	Slump (cm)	
	Maksimum	Minimum
Dinding, plat pondasi, pondasi telapak bertulang	12,5	5,0
Pondasi telapak tiang bertulang, kaison, pondasi bawah tanah	9,0	2,5
Plat, balok, kolom, dinding	15,0	7,5
Pekerjaan jalan	7,5	5,0
Pembetonan massal	7,5	2,5

## 2.5 Kuat Tekan Beton

Kekuatan tekan beton merupakan parameter penting dalam menentukan kekuatan dan daya tahan beton terhadap tekanan langsung. Pengujian dilakukan dalam laboratorium dengan menggunakan standar industri.

Kuat tekan beton adalah beban per satuan luas yang membuat sampel hancur pada kekuatan tekan tertentu (SK SNI M-14-1989 E). Kekuatan ini menunjukkan kualitas struktur; beton dengan kualitas lebih tinggi memiliki kekuatan yang diinginkan lebih tinggi. Banyak hal yang memengaruhi kekuatan beton, termasuk bahan, strategi pencampuran, perawatan, dan kondisi saat pengecoran. Pemulihan dan pemeliharaan semen penting untuk menjaga mutu beton.

Sifat dan atribut bahan penyusunnya akan mempengaruhi pelaksanaannya substansi yang dibuat, dimana substansi yang dibuat harus disesuaikan dengan kelas dan kualitas yang substansial (Mulyono, 2004). Standar kuat tekan beton

berdasarkan umur beton ditunjukkan pada Tabel 7 dan didasarkan pada Peraturan Beton Bertulang Indonesia tahun 1971 dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 7 Korelasi Kelas dan Mutu Beton (PBI, 1975)

Usia Beton (Hari)	Kuat Tekan Beton (%)
3	40
7	65
14	88
21	95
28	100
56	112,4

Kuat tekan beton mengenali sifat suatu konstruksi. Semakin tinggi kekuatan dasar idealnya, semakin tinggi pula sifat substansialnya akan terjadi (Mulyono, 2004). Tekanan beton yang kuat inilah yang membuatnya menonjol, sehingga sifat ini menjadi sasaran saat pembuatan beton. kekuatan semen selanjutnya dipengaruhi oleh:

1. Proporsi beton dan air.
2. Proporsi beton terhadap agregat.
3. Tinjauan, permukaan, bentuk, kekuatan partikel agregat
4. Ukuran agregat paling ekstrim.

Pengujian benda uji kuat tekan beton dengan menggunakan mesin uji tekan (CTM) dengan meletakkan tabung berbentuk benda uji berukuran 15 cm x 30 cm. Beban tekan diterapkan secara progresif pada benda uji hingga mencapai titik runtuh selama pengujian. Mesin uji tekan menempatkan dan menstabilkan benda uji selama proses, khususnya pada saat beban paling ekstrim diterapkan. Proses ini memastikan pengukuran akurat kuat tekan melalui pengujian kuat tekan dengan mamakai alat uji tekan. Pemberian beban tekan dilakukan bertahap dengan

kecepatan beban tertentu atas uji beton. Besarnya kuat tekan beton dapat dihitung dengan rumus (Mulyono,2004):

1) Kuat tekan ( $f'_c$ )

$$F'c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan :

$f'_c$  = kuat tekan beton (MPa),

P = beban maksimum (N), dan

A = luas permukaan benda uji (mm<sup>2</sup>).

Ukuran benda uji untuk kuat tekan dapat dilihat pada Tabel 8 berikut:

Tabel 8 Ukuran Benda Uji Tekan  
(PBI, 1971 NI-2 Dan SNI 2 – 2847 – 2002)

Benda Uji	Perbandingan Kuat Tekan
Kubus 15 cm x 15 cm x 15 cm	1.00
Kubus 20 cm x 20 cm	0.95
Slinder dia. 15 cm, tinggi 30 cm	0.83

## 2.6 Mix Design

*Mix design* merupakan suatu metode yang digunakan untuk menentukan proporsi bahan-bahan dalam campuran beton agar mencapai kekeuatan, durabilitas, dan workabilitas yang diinginkan.

Dalam menentukan dan memilih berapa banyak campuran material yang ditambah dalam *mix design*, beberapa persyaratan mendasar perlu diperhatikan

agar beton yang dihasilkan memiliki kualitas sesuai dengan yang diharapkan.

Berikut adalah persyaratan-persyaratan tersebut:

- 1) Menentukan kekuatan tekan yang dibutuhkan sesuai dengan spesifikasi struktural.
- 2) Memastikan campuran beton mudah untuk dikerjakan, dipadatkan, dan ditempatkan tanpa segregasi.
- 3) Menentukan faktor air semen (fas) yang optimal untuk mencapai kekuatan dan durabilitas yang diinginkan.

Dalam perhitungan penyusunan *mix design*, terdapat 3 metode, yaitu metode *ACI (American Concrete Institute)*, metode *DOE (Departement OF Environment)* dan metode perencanaan campuran dengan menggunakan metode SNI 7656 - 2012. Dalam kajian ini, strategi estimasi perencanaan campuran yang digunakan adalah metode SNI 7656 - 2012. Berikut ini adalah beberapa metode yang perlu diperhatikan dalam *mix design*, yaitu sebagai berikut.

- 1) Nilai Deviasi Standar

Untuk menentukan nilai deviasi standar dapat dilihat dalam tabel 9 berikut:

Tabel 9 Faktor Pengali (k) Deviasi Standar  
(SNI, 7656 - 2012)

Isi Pekerjaan		Deviasi Standar (MPA)		
Sebutan	Volume Beton (m3)	Baik Sekali	Baik	Dapat diterima
Kecil	<1000	4,5<S,5,5	5,5<S<6,5	<S<8,5

Sedang	1000-3000	$3,5 < S < 4,5$	$4,5 < S < 5,5$	$6,5 < S < 7,5$
Besar	>3000	$2,5 < S < 3,5$	$3,5 < S < 4,5$	$4,5 < S < 6,5$

2) Menentukan Nilai Tambah

Nilai tambahan (M) diperoleh dari rumus pada persamaan 2.2 sebagai berikut.

$$M = 1,64 \times sr \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana:

- M = nilai tambah (Mpa)
- 1,64 = ketetapan yang nilainya bergantung pada tingkat kegagalan hasil pengujian sebesar maksimum 5%
- sr = deviasi standar (Mpa)

3) Menentukan Kuat Tekan Beton Rata-Rata

Dalam menentukan kuat tekan rata-rata ( $f'_{cr}$ ) harus dilihat pada pada rumus 2.3 dan untuk menentukan kuat tekan semen (MPa) yang dinilai dengan fas = 0,5

$$f'_{cr} = f'c + M \dots\dots\dots (2.3)$$

- Dimana:  $f'_{cr}$  = kuat tekan beton rata rata (MPa)
- $f'c$  = mutu beton rencana (MPa)
- M = nilai tambah (Mpa)

- 4) Digunakan Jenis semen yang telah Ditetapkan Yaitu Semen Portland *Type I*
- 5) Digunakan Dua Jenis Agregat Dalam Penyusunan Beton, antara lain:
  - a. Agregat halus (pasir) alami lolos saringan No 1/2
  - b. Agregat kasar (kerikil) berupa batu pecah lolos saringan No 4
- 6) Menentukan nilai slump

Nilai slump yang digunakan 75 - 100 mm untuk tipe konstruksi kolom bangunan sesuai pada tabel 10 SNI 7656 - 2012.

Tabel 10 Nilai slump yang dianjurkan untuk berbagai pekerjaan konstruksi (SNI, 7656 - 2012)

Tipe konstruksi	Slump (mm)	
	Maksimum	Minimum
Pondasi beton bertulang (dinding dan pondai telapak)	75	25
Pondasi bawah tanah	75	25
Balok dan dinding bertulang	100	25
Kolom bangunan	100	25
Perkerasan dan pelat lantai	75	25
Beton massa	50	25

- 7) Kebutuhan air pencampur untuk beton dengan slump 75 - 100

Campuran beton dengan rasio yang lebih tepat harus ditentukan berdasarkan kebutuhan spesifik serta dilakukan pengujian untuk mendapatkan hasil yang optimal dapat dilihat dalam tabel 11 berikut:

Tabel 11 Perkiraan kebutuhan air pencampur dan kadar udara untuk berbagai slump dan ukuran nominal agregat maksimum batu pecah (SNI, 7656 2012)

Air (kg/m <sup>3</sup> ) untuk ukuran nominal agregat maksimum batu pecah								
Slump (mm)	9,5 (mm)	12,7 (mm)	19 (mm)	25 (mm)	37,5 (mm)	50 (mm)	75 (mm)	150 (mm)
Beton tanpa tambahan udara								
25-50	207	199	190	179	166	154	130	113
75-100	228	216	205	193	181	145	145	124
150-175	243	228	216	202	190	178	160	-
>175	-	-	-	-	-	-	-	-
Banyaknya udara dalam beton (%)	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0,3	0,2
Beton dengan tambahan udara								
25-50	181	175	168	160	150	242	122	107
75-100	202	193	184	175	165	157	133	119
150-175	216	205	197	184	174	166	154	-
>175	-	-	-	-	-	-	-	-
Jumlah kadar udara yang disarankan untuk tingkat pemaparan : ringan (%)	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0
Sedang (%)	6.0	5.5	5.0	4.5	4.5	4.0	3.5	3.0
Berat (%)	7.5	7.0	6.0	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0

8) Menentukan Faktor Air Semen

Tabel 12 Hubungan antara rasio air-semen (SNI, 7656 2012)

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

9) Menentukan kadar semen (kg/ m3)

Kadar semen dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$\text{Kadar Semen} = \frac{\text{Jumlah kebutuhan air}}{fas} \dots\dots\dots (2.5)$$

10) Mencari banyaknya agregat kasar diperkirakan.

Tabel 13 Volume agregat kasar per satuan volume beton (SNI, 7656 2012)

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

## 11) Perkiraan agregat halus

Tabel 14 Perkiraan awal beton segar (SNI, 7656 2012)

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

## 2.7 Perawatan Beton (Curing)

Perawatan beton bertujuan untuk menjaga keamanan dan kekuatan beton. Proses curing melibatkan merendam bahan dalam bak air setelah pencetakan, biasanya selama satu hari atau 24 jam. Langkah-langkah perawatan termasuk menjaga kelembaban dengan penyiraman teratur, mencegah kekeringan dengan menutup permukaan beton menggunakan plastik atau kain basah, serta memperhatikan suhu dan kondisi lingkungan untuk curing yang optimal. Dengan perawatan yang teliti, kekuatan dan keandalan beton dapat dipertahankan, memastikan kualitas struktural yang optimal.

Langkah-langkah dalam melakukan perawatan :

- a. Setelah 24 jam dari awal pencetakan beton, cetakan beton dibuka secara bertahap dan uji silinder diambil
- b. Benda uji (silinder ) diangkat dan diletakkan kedalalam bak yang berisi air dan diangkat setelah mencapai umur pengujian lalu dikeringkan.

Dalam perawatan beton, teknik dan bahan serta alat yang digunakan

sangatlah penting untuk menjaga kualitasnya. Salah satu teknik yang digunakan adalah menentukan sifat-sifat beton keras yang dibuat, terutama mengenai kekuatannya. Dalam pengujian ini, dua teknik perawatan unik yang sering digunakan adalah direndam dan penggunaan curing *compound*. Pengaturan suhu yang konsisten dan pemulihan pada suhu tinggi dapat menghasilkan kekuatan awal dan kekuatan jangka panjang yang lebih tinggi, meskipun dalam kasus tertentu, kekuatan awalnya mungkin lebih rendah. Teknik-teknik ini memberikan peran penting dalam memastikan beton memiliki kekuatan dan keandalan yang optimal dalam jangka panjang.

## 2.8 Ringkasan Komposisi

Penelitian sejenis yang sudah pernah dilakukan oleh Ibrahim, Nadra Mutiara Sari, dan Yuri Khairizal (2023) mengenai Analisis Pengaruh Limbah Serbuk Besi Terhadap Kuat Tekan Beton. Penelitian ini memfokuskan pada penggantian agregat halus dengan variasi limbah serbuk besi sebesar 5%, 7.5%, 10%, 12%, dan 15%. Benda uji berbentuk kubus sengan ukuran 15cm x 15 cm x 15 cm sebanyak 54 buah sampel. Parameter utama yang diuji adalah kuat tekan, dengan pengujian pada umur 7, 21, dan 28 hari 30%. Oleh karena itu, penelitian ini menyimpulkan bahwa pemanfaatan limbah serbuk besi efektif pada tingkat substitusi yang rendah terhadap agregat halus, sementara substitusi yang lebih tinggi dapat mengakibatkan penurunan kinerja beton. Dengan demikian, variasi serbuk besi harus didasarkan pada temuan empiris dari penelitian terdahulu untuk memastikan efektivitas dan keberhasilan dalam penelitian.

Variasi komposisi campuran serbuk besi harus didasarkan pada temuan empiris dari penelitian terdahulu karena hal ini penting untuk memastikan efektivitas dan keberhasilan dalam penelitian. Berikut beberapa alasan mengapa variasi serbuk besi ada dasarnya bukan hanya mengarang :

1) Efisiensi Material

Variasi komposisi campuran serbuk besi yang didasarkan pada penelitian sebelumnya dapat membantu mengoptimalkan penggunaan bahan baku dan mengurangi pemborosan. Dengan memilih komposisi yang terbukti efektif dari hasil penelitian, peneliti dapat memaksimalkan hasil dengan menggunakan jumlah bahan yang sesuai.

2) Kinerja yang Diinginkan

Berdasarkan temuan empiris dari penelitian sebelumnya, peneliti dapat memilih variasi serbuk besi yang memberikan kinerja yang diinginkan dalam hasil akhir. Misalnya, jika penelitian menunjukkan bahwa persentase tertentu dari bahan tambahan menghasilkan sifat-sifat yang diinginkan dalam serbuk besi, maka variasi tersebut dapat dijadikan dasar untuk mencapai kinerja yang diinginkan.

3) Keberlanjutan

Melalui pemahaman terhadap temuan-temuan sebelumnya, peneliti memiliki dasar yang kuat menyesuaikan komposisi campuran serbuk besi yang dapat digunakan pada penelitiannya.

## 2.9 Penelitian Terdahulu

Penelitian ini mengandalkan temuan dari penelitian terdahulu sebagai landasan yang kuat, memberikan wawasan yang berharga untuk penelitian yang akan dilakukan oleh penulis. Berbagai penelitian sebelumnya telah memberikan kontribusi yang penting dalam membangun pemahaman dan kerangka kerja yang tepat untuk penelitian ini, antara lain:

1. Fansuri dan Diana (2020) pada jurnal penelitiannya yang berjudul Pengaruh Kuat Tekan Beton Dengan Menggunakan Limbah Serbuk Besi Sebagai Admixture Agregat Halus. memberi kesimpulan bahwa penambahan serbuk besi mempunyai pengaruh yang cukup signifikan terhadap kuat tekan beton, namun hal tersebut jumlah bubuk besi yang ditambahkan berlebihan. Selain itu, terlalu banyak dapat melemahkan beton itu sendiri, dan hal ini tidak diinginkan. Penelitian ini dilakukan pada beton dengan mutu 20 MPa dengan penambahan serbuk besi variasi 0%, 10%, 20%, 30%, 40% dan 50% berat agregat halus. Berdasarkan penelitian ini, penggunaan serbuk besi yang baik adalah pada variasi 10% - 30% dengan kuat tekan beton mutu ideal 21,42 N/mm<sup>2</sup> dan kuat tekan 26% - 60%.
2. Purwanto dan Wardani (2020) dalam buku jurnal yang telah dibuatnya dengan judul Pengaruh Penambahan Serbuk Besi Terhadap Kuat Tekan Beton Mutu K225. Dari hasil penelitiannya mengenai penggunaan limbah serbuk besi, ditemukan bahwa penambahan serbuk besi dengan takaran 5%, 10%, dan 15% mengakibatkan penurunan kekuatan tekan beton. Pada penelitian ini, kekuatan tekan beton rata-rata pada umur 28 hari adalah

241,17 kg/cm<sup>2</sup>, yang melebihi mutu beton yang ditetapkan sebesar 225 kg/cm<sup>2</sup>. Setelah penambahan limbah serbuk besi dengan takaran 5%, 10%, dan 15% dari berat agregat halus, kekuatan tekan beton masing-masing menjadi 218,5 kg/cm<sup>2</sup>, 217,59 kg/cm<sup>2</sup>, dan 216,23 kg/cm<sup>2</sup>. Hasil pengujian menunjukkan penurunan kekuatan tekan beton dengan setiap penambahan limbah serbuk besi dibandingkan dengan beton normal, sehingga mutu beton menurun dari mutu beton yang ditetapkan K-225.

3. Paryati (2001) dalam jurnalnya yang berjudul Kuat Tekan Beton Dengan Penambahan Serbuk Besi dan Baja. menyimpulkan bahwa penambahan serbuk besi dan baja pada beton dapat mengakibatkan penurunan kekuatan tekan beton. Dalam penelitian ini, variasi serbuk besi dan baja yang digunakan adalah 0%, 25%, dan 75% dari total agregat halus. Jumlah benda uji untuk setiap campuran serbuk besi adalah 6 buah, sehingga total benda uji yang digunakan adalah 24 buah. Untuk benda uji dengan takaran serbuk besi dan baja 0%, kekuatan tekan yang dihasilkan adalah 125,4894 kg/cm<sup>2</sup>. Contoh pengujian dengan takaran serbuk besi dan baja 25% menghasilkan kuat tekan beton sebesar 121,9823 kg/cm<sup>2</sup>. Benda uji dengan takaran serbuk besi dan baja 50% menghasilkan kuat tekan beton mutu 121,9823 kg/cm<sup>2</sup>. kuat tekan beton karakteristik sebesar 118,063 kg/cm<sup>2</sup>. Benda uji dengan takaran serbuk besi dan baja 75% menghasilkan kuat tekan beton karakteristik sebesar 80,3928 kg/cm<sup>2</sup>. Berdasarkan penelitian ini untuk mendapatkan kuat tekan yang optimal, penambahan serbuk besi dan baja yang digunakan sebesar 25% dari agregat halus.

## 2.10 Keaslian Penelitian Beton

Penelitian yang sudah pernah dilakukan oleh Ibrahim, Nadra Mutiara Sari, dan Yuri Khairizal (2023) mengenai Analisis Pengaruh Limbah Serbuk Besi Terhadap Kuat Tekan Beton. Penelitian ini memfokuskan pada penggantian agregat halus dengan variasi limbah serbuk besi sebesar 5%, 7.5%, 10%, 12%, dan 15%. Benda uji berbentuk kubus sengan ukuran 15cm x 15 cm x 15 cm sebanyak 54 buah sampel. Parameter utama yang diuji adalah kuat tekan, dengan pengujian pada umur 7, 21, dan 28 hari. penelitian ini menyimpulkan bahwa pemanfaatan limbah serbuk besi efektif pada tingkat substitusi yang rendah terhadap agregat halus, sementara substitusi yang lebih tinggi dapat mengakibatkan penurunan kinerja beton. Penelitian Fansuri dan Diana (2020) pada jurnal penelitiannya yang berjudul Pengaruh Kuat Tekan Beton Dengan Menggunakan Limbah Serbuk Besi Sebagai *Admixture* Agregat Halus. bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan limbah serbuk besi sebagai admixture agregat halus terhadap kuat tekan beton serta mengetahui kuat tekan beton optimum setelah penambahan limbah serbuk besi sebagai *admixture* agregat halus. membuat kesimpulan bahwa penambahan serbuk besi mempunyai pengaruh yang cukup signifikan terhadap kuat tekan beton, namun hal tersebut jumlah bubuk besi yang ditambahkan berlebihan. Hadi dan Setiawan (2019) ) pada jurnal penelitiannya yang berjudul Studi Eksperimental Penambahan Limbah Bubut Sebagai Bahan Substitusi Parsial Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kuat tekan beton dengan memanfaatkan limbah bubuk besi sebagai bahan tambahan sebesar 0% , 5% , 10%. Hasil penelitian menunjukkan pengujian kuat tekan beton diketahui nilai kuat

tekan beton normal sebesar 22,64 MPa, kuat tekan beton dengan 5% limbah bubuk besi sebesar 23,39 MPa dan kuat tekan beton dengan tambahan 10% limbah bubuk besi sebesar 26,41 MPa. Purwanto dan Wardani (2020) dalam buku jurnal yang telah dibuatnya dengan judul Pengaruh Penambahan Serbuk Besi Terhadap Kuat Tekan Beton Mutu K225. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar pengaruh penambahan limbah serbuk besi sebagai bahan campuran beton terhadap mutu beton rencana K225 (umur 14 hari dan 28 hari), dengan variasi campuran 0%, 5%, 10%, dan 15%. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa penambahan limbah serbuk besi dari Desa Limbang Jaya dengan variasi 5% sampai 15% menunjukkan nilai yang semakin menurun, sehingga perlu dilakukan penelitian lagi dengan variasi di bawah 5%. Prabowo Setiyawan, Djoko Susilo Adhy, dan Muhamad Rusli Ahyar (2021) dalam penelitian “Karakteristik Kuat Tekan Campuran Beton dengan tambahan Serat Tembaga dan Serbuk Besi” Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan limbah serbuk besi dan serat tembaga pada campuran beton terhadap kuat tekan beton. memberikan variasi penambahan serbuk besi sebesar 2%, 2,5%, dan 3% dan variasi penambahan serat tembaga sebesar 1%, 1,5%, dan 2% dari berat volume beton. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kuat tekan optimum beton dengan penambahan serbuk besi dan serat tembaga menggunakan variasi serbuk besi 2% dan serat tembaga 2%, mempunyai kuat tekan 22,702 MPa dengan kenaikan 0,403% dari beton normal.

Dengan demikian, perbedaan penelitian ini dengan perbedaan sebelumnya adalah penelitian sebelumnya menggunakan campuran komposisi variasi, yaitu 5%, 7.5%, 10%, 12% dan 15%, dengan dilakukan tahapan pengujian benda uji

pada umur 7 hari, 21 hari dan 28 hari. Pada penelitian ini menggunakan campuran komposisi variasi, yaitu 0%, 5%, 10%, dan 15%, dengan dilakukan tahapan pengujian benda uji pada umur 14 dan 28 hari. Penelitian sebelumnya menggunakan campuran komposisi variasi, yaitu 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50%, menggunakan benda uji berbentuk kubus ukuran 15 x 15 x 15 pada umur 14 hari. Pada penelitian ini menggunakan campuran komposisi variasi, yaitu 0%, 5%, 10%, dan 15%, menggunakan benda uji berbentuk silin 14 dan 28 hari. penelitian sebelumnya memanfaatkan limbah bubuk besi sebagai bahan tambahan sebesar 0% , 5% , 10%. Pada penelitian ini memanfaatkan campuran serbuk besi. Penelitian sebelumnya menggunakan campuran komposisi variasi 0%, 5%, 10%, dan 15%, dengan dilakukan tahapan pengujian benda uji pada umur 14 hari dan 28 hari. Penelitian sebelumnya menggunakan campuran komposisi variasi penambahan serbuk besi sebesar 2%, 2,5%, dan 3% dan variasi penambahan serat tembaga sebesar 1%, 1,5%, dan 2% Pada penelitian ini tidak menggunakan campuran serat tembaga namun menggunakan serbuk besi.

Perbandingan penelitian dengan penelitian terdahulu dan yang sedang dilakukan dapat dilihat pada Tabel 15 dan 16

Tabel 15 Perbandingan penelitian terdahulu  
(Penelitian terdahulu)

Penulis (Tahun) Dan Judul	Komposisi	Mutu Beton	Jadwal Pengujian	Jumlah Benda Uji
Nadra Mutiara Sari, dan Yuri Khairizal (2023) “Analisis Pengaruh Limbah Serbuk Besi Terhadap Kuat Tekan Beton”	Komposisi variasi serbuk besi, yaitu 5%, 7.5%, 10%, 12% dan 15%	Dengan Mutu 22,5 MPa	Umur yang di uji yaitu pada umur 7, 21 dan 28 hari	Benda uji berbentuk kubus dengan ukuran 15cm x 15 cm x 15 cm sebanyak 54

Fansuri dan Diana (2020) “Pengaruh Kuat Tekan Beton Dengan Menggunakan Limbah Serbuk Besi Sebagai Admixture Agregat Halus”	Komposisi variasi serbuk besi, yaitu 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50%	Dengan Mutu 20 Mpa	Umur yang di uji yaitu pada umur 14 hari	Benda uji berbentuk kubus dengan ukuran 15 x 15 x 15 sebanyak 12
Purwanto dan Wardani (2020) “Pengaruh Penambahan Serbuk Besi Terhadap Kuat Tekan Beton Mutu K225”	Komposisi variasi serbuk besi, 0%, 5%, 10%, dan 15%	Dengan Mutu K225	Umur yang di uji yaitu pada umur 14 hari dan 28 hari	Benda uji berbentuk kubus dengan ukuran 15 x 15 x 15 sebanyak 10 sampel untuk setiap campurannya
Prabowo Setiyawan, Djoko Susilo Adhy, dan Muhamad Rusli Ahyar (2021) “Karakteristik Kuat Tekan Campuran Beton dengan tambahan Serat Tembaga dan Serbuk Besi”	Komposisi variasi serbuk besi, 2%, 2,5%, dan 3%, Variasi serat tembaga 1,5% dan 2%	Dengan Mutu 20 MPa	Umur yang di uji yaitu pada umur 28 hari	Benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. sebanyak 30

Tabel 16 Perbandingan Penelitian Yang Sedang Dilakukan  
(Data lapangan, 2024)

Penulis (Tahun) Dan Judul	Komposisi	Mutu Beton	Jadwal Pengujian	Jumlah Benda Uji
Edifaktor Bawamenewi (2024) “Analisis Pengaruh Limbah Serbuk Besi Terhadap Kuat Tekan Beton”	Komposisi variasi serbuk besi, 0%, 5%, 10%, dan 15%	Dengan Mutu 25 MPa	Umur yang di uji yaitu pada umur 14, dan 28 hari	Benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. sebanyak 24

## **BAB III METODE PENELITIAN**

### **3.1 Tempat dan Waktu Penelitian**

Tempat yang dipilih untuk Penelitian ini yaitu di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Sipil Unika Santo Thomas, dilakukan dalam kurun waktu  $\pm 3$  (Tiga) bulan dan direncanakan dengan pengolahan data, penyusunan data dan pembahasan. Selanjutnya penelitian ini dilaksanakan

### **3.2 Bahan dan Benda Uji**

Pada penelitian bahan dan alat pembuatan beton benda uji dengan campuran serbuk besi sebagai berikut:

#### **3.2.1 Bahan**

Bahan yang digunakan pada penelitian ini meliputi :

1. Semen Portland type I merk semen Padang.
2. Agregat halus yang tersedia di Panglong yang lolos saringan No.1/2 (12.50 mm).
3. Agregat kasar yang tersedia di Panglong yang tertahan saringan No.4 (4,75 mm).
4. Air bersih dari Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Sipil Unika Santo Thomas.
5. Serbuk Besi yang diambil dari hasil penggilingan besi yang diperoleh dari toko Cmn Shop.

### 3.2.2 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

1. Timbangan digital, yang tersedia di Laboratorium Beton dan Bahan bangunan Prodi Teknik Sipil Unika Santo Thomas.
2. Ember, tersedia di Laboratorium Beton dan Bahan bangunan Prodi Teknik Sipil Unika Santo Thomas.
3. Sekop, yang tersedia di Laboratorium Beton dan Bahan bangunan Prodi Teknik Sipil Unika Santo Thomas.
4. Mistar atau penggaris, yang tersedia di Laboratorium Beton dan Bahan bangunan Prodi Teknik Sipil Unika Santo Thomas.
5. Cetok dan Talam Baja, yang tersedia di Laboratorium Beton dan Bahan bangunan Prodi Teknik Sipil Unika Santo Thomas.
6. Kerucut Abrams dan Baja Penumbuk, yang tersedia di Laboratorium Beton dan Bahan bangunan Teknik Sipil Unika Santo Thomas.
7. Mesin Uji Tekan Beton (CTM), yang tersedia di Laboratorium Beton dan Bahan bangunan Teknik Sipil Unika Santo Thomas.
8. Cetakan Silinder, yang tersedia di Laboratorium Beton dan Bahan bangunan prodi Teknik Sipil Unika Santo Thomas.

### 3.2.3 Benda Uji

Penelitian ini menggunakan benda uji beton silinder yang dicampur dengan serbuk besi. Pada benda uji yang sudah diolah akan dilakukan uji kuat tekan beton. Variasi bahan tambah dan Jumlah sampel yang di uji dapat dilihat pada tabel 17 antara lain :

Tabel 17 Variasi Serbuk Besi dan Jumlah Sampel Benda Uji  
(Data Lapangan, 2024)

No	Variasi Serbuk Besi (%)	Umur Beton (hari)	Jumlah Sampel (Buah)
1	0%	14	3
		28	3
2	5%	14	3
		28	3
3	10%	14	3
		28	3
4	15%	14	3
		28	3
Total Benda Uji			24

### 3.3 Tahap Pengolahan Bahan

Dalam penulisan Tugas Akhir ini, penulis melakukan beberapa tahapan guna mempermudah dan terstruktur supaya mendapatkan hasil yang maksimal,

seperti yang di uraikan pada bab sebelumnya, Dalam mencapai tujuan tersebut, maka dilakukan tahap – tahap sebagai berikut :

### 3.3.1 Pemeriksaan Bahan

Pemeriksaan bahan pada pengujian kuat tekan beton bertujuan untuk memastikan bahwa material yang digunakan dalam campuran beton memenuhi standar kualitas dan spesifikasi yang ditetapkan

#### 1. Melakukan pemeriksaan berat jenis terhadap agregat

##### a) Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini adalah agregat yang telah lolos saringan No. 4 dengan ukuran ayakan 4,75 mm. Agregat halus ini digunakan untuk menentukan nilai berat jenis curah, jenuh kering permukaan, semu, dan penyerapan air.

##### b) Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini adalah agregat yang tertahan pada saringan No. 4 dengan ukuran ayakan 4,75 mm. Agregat kasar ini digunakan untuk menentukan angka berat jenis curah, jenuh kering permukaan, semu, dan penyerapan air.

#### 2. Melakukan pemeriksaan analisa saringan material agregat.

##### a) Agregat Halus

Dilakukan pemeriksaan pada agregat halus dan sejenisnya yang lolos saringan No.1/2 (4,75 mm) bertujuan untuk memperoleh distribusi besaran atau jumlah persentase butiran agregat halus.

##### b) Agregat Kasar

Dilakukan pemeriksaan pada agregat kasar dan sejenisnya yang telah

tertahan saringan No.4 ukuran ayakan 4.75 mm untuk memperoleh jumlah persentase ukuran agregat kasar.

3. Melakukan tahap pemeriksaan berat volume terhadap agregat bertujuan untuk menentukan berat volume padat dan gembur, serta menentukan berat isi batu pecah dengan metode padat dan longgar. Pemeriksaan ini dilakukan dengan cara membagi berat agregat dengan volume silinder yang akan digunakan, baik untuk agregat halus maupun kasar.
4. Pemeriksaan Kadar Lumpur terhadap Agregat halus  
Pemeriksaan ini dilakukan untuk menghitung persentase kadar air pada agregat. Berdasarkan PUBI di Indonesia 1982, kandungan lumpur untuk pasir maksimum yang diisyaratkan adalah sebesar 5% sehingga pasir dapat langsung digunakan, tidak perlu melalui proses pencucian. Pengujian kandungan lumpur dilakukan dengan cara memeriksa butiran yang lolos saringan No. 200 (0,075 mm).
5. Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat kasar  
Pemeriksaan ini dilakukan untuk menghitung persentase kadar air pada agregat. Berdasarkan PUBI di Indonesia 1982, kandungan lumpur untuk agregat kasar maksimum yang diisyaratkan adalah sebesar 1% sehingga agregat kasar dapat langsung digunakan, tidak perlu melalui proses pencucian. Pengujian kandungan lumpur dilakukan dengan cara memeriksa butiran yang lolos saringan No. 4 (4,75 mm).

### **3.3.2 Pengolahan Benda Uji**

#### **A. Tahap 1**

Tahapan awal adalah melakukan studi literatur untuk memahami

penelitian sebelumnya yang terkait dengan penggunaan limbah serbuk besi dalam beton dan dampaknya terhadap kuat tekan beton.

B. Tahap 2

Pada tahap kedua, pengujian memerlukan pemilihan berbagai macam bahan yang akan digunakan dan setelah semua bahan tersebut sampai di lokasi Penelitian, bahan-bahan tersebut dipisahkan berdasarkan jenisnya untuk memudahkan pada saat penelitian supaya bahan tidak tercampur dengan bahan lain agar tidak mempengaruhi sifat bahan tersebut.

C. Tahap 3

Tahap ketiga adalah pembuatan benda uji. Proses ini dimulai dengan penyusunan campuran beton (mix design) yang dilakukan mengacu pada peraturan SNI 7656 – 2012 dengan mutu kekuatan tekan beton 25 MPa, sebagai berikut:

Adapun data sebagai berikut:

- |                              |                    |
|------------------------------|--------------------|
| a) Mutu beton                | : 25 Mpa           |
| b) Jenis semen               | : type 1           |
| c) Jenis agregat halus       | : alami            |
| d) Jenis agregat kasar       | : batu pecah       |
| e) Maksimum ukuran agegat    | : 19 mm            |
| f) Nilai slump               | : 75-100 mm        |
| g) Berat jenis agregat halus | : 2,590            |
| h) Berat jenis agregat kasar | : 2,432            |
| i) Ratio air semen (w/c)     | : 0,61             |
| j) Serbuk besi               | : 0%, 5%, 10%, dan |

15% dari berat pasir

Tabel 18 Hasil *Mix Design* Beton Mutu Sedang  
(Data Rencana, 2024)

Material	Berat (Kg)	Volume (Kg)
Semen	336	336
Air	205	205
Agregat Kasar (kering)	992	992
Agregat Halus (kering)	812	789
Total	2345	2322

Penyusunan bahan campuran beton dimulai dari agregat kasar, agregat halus, semen, air, kemudian bahan tambahan campuran agar mendapatkan hasil maksimal sesuai dengan tujuan penelitian. Mempersiapkan campuran pada benda uji sesuai dengan spesifikasi, kemudian dicampur ke dalam material secara merata. Setelah proses pencampuran merata pada material langkah selanjutnya dilakukan pengujian slump untuk mengetahui tingkat kekentalan atau keenceran benda uji tersebut. Setelah proses uji slump dilakukan, beton yang belum mengeras dimasukkan kedalam cetakan silinder yang sudah disiapkan dan cetakan dioleskan pelumas berupa minyak solar untuk mencegah perlekatan antara beton dan cetakan silinder

#### D. Tahap 4

Pada tahap ke-4 ini adalah tahap perawatan benda uji (curing) yang mengacu pada SNI 2493-2011 tentang tata cara pembuatan dan perawatan beton. Yang dimana setelah benda uji dibongkar dari cetakan, kemudian direndam dalam air selama 3 hari pada 8 sampel pertama, 7 hari untuk 8

sampel kedua, 14 hari untuk sampel ketiga, kemudian 28 hari untuk sampel keempat.

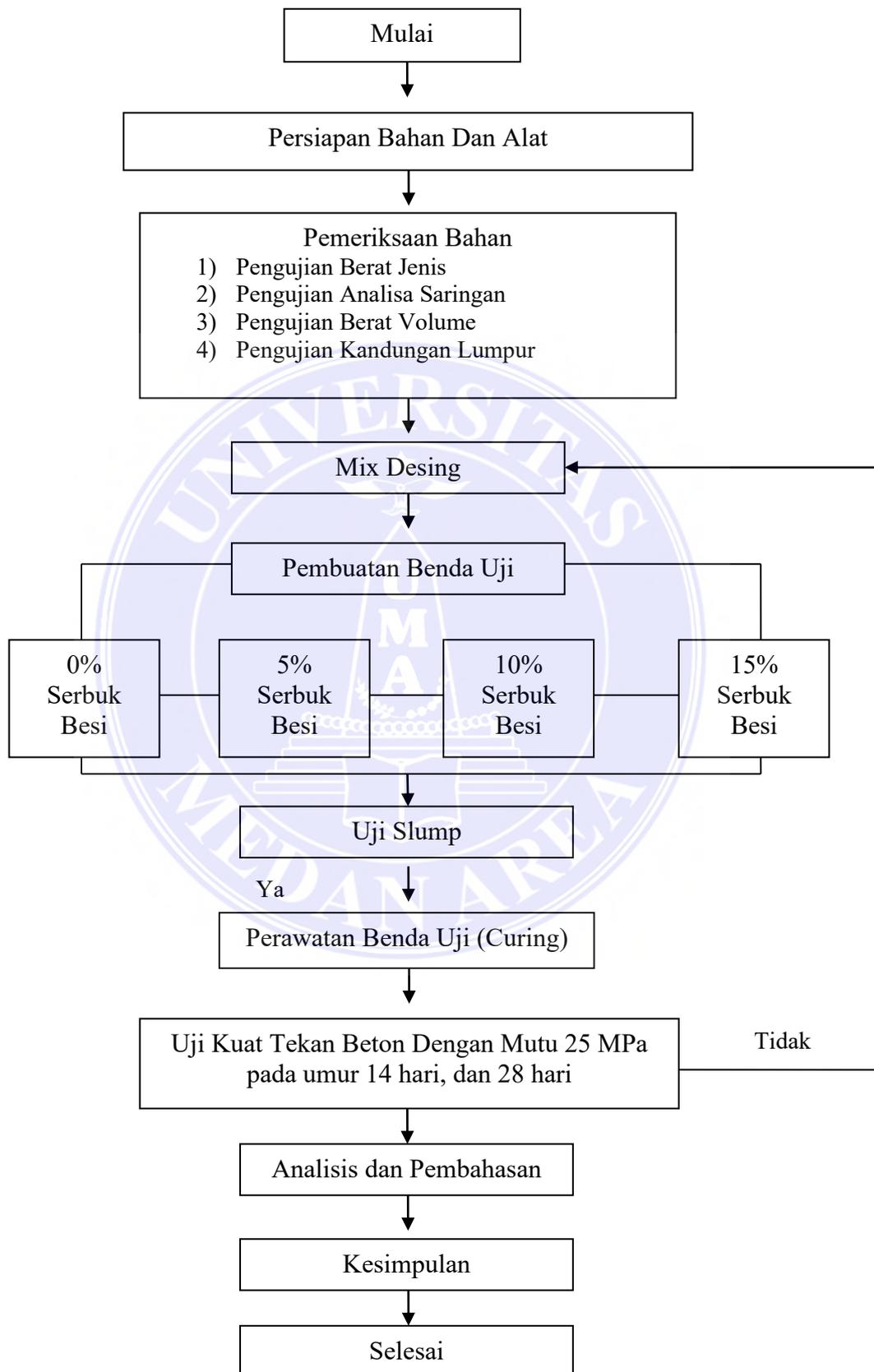
### 3.3.3 Pengujian Kuat Tekan Pada Benda Uji

Pengujian kuat tekan beton terhadap benda uji silinder Benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. menggunakan mesin uji kuat tekan *Compression Testing Machine* (CTM) sesuai dengann ASTM C 39/C 39M. Pengujian kuat tekan beton dilakukan setelah beton mencapai umur 3, 7, 14, dan 28 hari.

Berikut langkah - langkah saat pengujian benda uji antara lain :

1. Benda uji yang udah direndam di ambil 24 jam sebelum pengujian, setelah itu dibersihkan dari kotoran
2. Dilanjutkan dengan pelaksanaan capping, dengan cara menambahkan belerang di permukaan benda uji yang tidak rata, dan bisa juga dicairkan pada permukaan alat capping.
3. Tempatkan sampel beton silinder di antara plat pengujian pada msin uji kuat tekan beton. Pastikan bahwa sampel terletak dengan baik dan tidak miring.
4. Sesuaikan mesin tekanan beton sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan untuk pengujian.
5. Mulai pengujian dengan memuat sampel secara perlahan-lahan. Berikan beban secara bertahap hingga sampel mengalami keretakan.
6. Catat tekanan yang diterapkan pada saat sampel beton mengalami retakan. Pastikan untuk mencatat dengan teliti dan akurat untuk mendapatkan hasil yang tepat.

### 3.4 Kerangka Berfikir Penelitian



### Rencana Jadwal Penelitian

No	Kegiatan	Jadwal																															
		Desember				Januari				pebruari				Maret				April				mei				juni							
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
1	Pengajuan judul	■	■	■	■	■	■	■	■																								
2	Penyusunan dan konsul proposal									■	■	■	■	■	■																		
3	Seminar proposal skripsi													■	■																		
4	Revisi																	■	■	■													
5	Persiapan penelitian																	■	■	■	■	■	■	■	■								
6	Pelaksanaan penelitian																	■	■	■	■	■	■	■	■								
7	Penolahan data																									■	■	■	■				
8	Penyusunan laporan skripsi																									■	■	■	■				
9	Sidang skripsi																													■	■		
10	Revisi skripsi																																■

## BAB V KSIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Ada beberapa kesimpulan yang dihasilkan dari penelitian yang telah dilakukan, diantaranya adalah sebagai berikut.

1. Pengaruh Penambahan Limbah Serbuk Besi:

- a. Penambahan limbah serbuk besi sebagai pengganti sebagian agregat halus dalam campuran beton berpengaruh positif terhadap kuat tekan beton. Nilai kuat tekan beton setelah 14 hari untuk variasi tanpa serbuk besi (beton normal) adalah 22,76 MPa. Kuat tekan beton meningkat dengan variasi penambahan serbuk besi, yaitu: 5%: 23,57 MPa, 10%: 24,65 MPa dan 15%: 25,92 MPa
- b. Setelah 28 hari, hasil kuat tekan beton menunjukkan tren peningkatan yang serupa: Beton normal: 26,16 MPa, 5%: 27,31 MPa, 10%: 28,42 MPa dan 15%: 29,31 MPa.

Berdasarkan data di atas menunjukkan hasil kuat tekan beton maksimum pada penambahan serbuk besi variasi takaran 15%. terlihat bahwa penambahan limbah serbuk besi berkontribusi positif terhadap peningkatan mutu beton. Kenaikan persentase kuat tekan beton pada usia 14 hari berkisar antara 3,55% hingga 13,90%, sementara pada usia 28 hari berkisar antara 4,40% hingga 11,89%.

## 2. Trend Kekuatan Tekan

Kekuatan tekan beton meningkat seiring dengan penambahan limbah serbuk besi pada variasi 5%, 10%, dan 15% dari berat agregat halus. Trendline kekuatan tekan beton menunjukkan peningkatan yang konsisten dan ditemukan nilai kuat tekan maksimum pada variasi 15% dalam penelitian ini.

## 5.2 Saran

Berdasarkan hasil pemeriksaan, pembahasan, dan kesimpulan penelitian ini, ada beberapa saran yang dapat dilakukan agar penelitian lebih lanjut dapat memberikan hasil yang lebih baik. Untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut.

1. Menggunakan serbuk logam yang tidak korosif, Cara lain untuk mencegah korosi akibat penambahan serbuk logam adalah dengan menggunakan serbuk logam yang tidak korosif. Ini dapat dicapai dengan menggunakan serbuk logam yang terbuat dari bahan yang tidak mudah mengkorosi, seperti besi atau baja.
2. Saran menggunakan serbuk logam yang tidak korosif untuk mencegah kerusakan beton akibat ekspansi akibat serbuk logam yang tidak mudah berkarat seperti: Serbuk Aluminium, Serbuk Carbon, Serbuk Tembaga, Serbuk Stainless Steel, dan serbuk logam lain yang tidak mudah berkarat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Purwanto, Herri, and Utari Cakra Wardani. "Pengaruh Penambahan Serbuk Besi Terhadap Kuat Tekan Beton Mutu K225." *Jurnal Deformasi* 5.2 (2020): 103-112.
- Ibrahim, I., Sari, N. M., & Khairizal, Y. (2023). Analisis Pengaruh Limbah Serbuk Besi Terhadap Kuat Tekan Beton. *CIVED*, 10(2), 610-615.
- Syaihu, Fakhri Rahmadillah. "Pengaruh Penggunaan Serbuk Besi Sebagai pengganti Sebagian Pasir Pada Beton Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Beton." (2022).
- Agusri, Erny, and Masri A. Rivai. "Pengaruh Penambahan Pasir Besi terhadap Kuat Tekan Beton K-300." *Bearing: Jurnal Penelitian dan Kajian Teknik Sipil* 6.1 (2019): 32-35.
- Anggiani, Khadrianisa. Analisis Penambahan Serbuk Cangkang Kerang Terhadap Kuat Tekan Beton. Diss. Universitas Medan Area, 2022.
- Sirait, Bayu Zahrian P. Pengaruh Penambahan Serat Polypropylene terhadap Kuat Tarik Belah Beton. Diss. Universitas Medan Area, 2022.
- Nursandah, Arifien, and Faizah Rizki Jannah. "Pengaruh Bioconc Expired Dalam Kuat Tekan Beton." *Agregat* 2.1 (2017).
- Risdiyanto, Yudi. "Kajian Kuat Tekan Beton Dengan Perbandingan Volume Dan Perbandingan Berat Untuk Produksi Beton Massa Menggunakan Agregat Kasar Batu Pecah Merapi." Universitas Negeri Yogyakarta, h (2013): 2-3.
- Sari, Rosie Arizki Intan, Steenie E. Wallah, and Reky S. Windah. "Pengaruh jumlah semen dan fas terhadap kuat tekan beton dengan agregat yang berasal dari sungai." *Jurnal Sipil Statik* 3.1 (2015).
- Styaningrum, Asrin. "Pengaruh Prosentase Agregat Halus Dari Sungai Boyong dan Sungai Krasak pada Daerah Gradasi II terhadap Parameter Kekuatan Beton." (2006).
- Doda, Nurhayati. "Uji Karakteristik Beton Terhadap Perlakuan Pencampuran Spesi Yang Didapatkan Dengan Yang Tidak Didapatkan." *Radial: Jurnal Peradaban Sains, Rekayasa Dan Teknologi* 3.2 (2015): 154-163.

Saputra, Richo Dwi, and Rasio Hepiyanto. "Pengaruh Air Pdam, Laut, Comberan Pada Proses Curing Terhadap Kuat Tekan Beton Fc 14, 53 Mpa." *Civilla: Jurnal Teknik Sipil Universitas Islam Lamongan* 2.2 (2017): 6-Halaman.

Paryati, Ninik. (2001). Kuat Tekan Beton Dengan Penambahan Serbuk Besi dan Baja. *Jurnal. Universitas Islam "45" Bekasi* : Bekasi.





## Lampiran 1 Hasil Pengujian Kuat Tekan

### Hasil Pengujian Kuat Tekan Silinder Beton Umur 14 Hari

PENGUJIAN KOKOH TEKAN BETON PC - 0103 - 76 (ASTM C - 39 - 72) (ASTM C - 192 - 69) (ASTM C - 617 - 71 A)				Jenis Benda Uji Silender, 30 × 15 (cm)				Jumlah Benda Uji 12 buah			Alat: - Mesin Compression Test - Timbangan	
No	Benda Uji	Tanggal		Berat (Kg)	Umur (Hari)	F'c Rencana	Beban Tekan (kN)	Beban Tekan (N)	Rasio Umur	Luas Benda Uji (mm <sup>2</sup> )	Kokoh Tekan Beton, F'c (MPa)	
		Cetak	Uji								Pengujian	Kuat Tekan Rata-Rata
1	Variasi 0% I	-	-	12,91	14	25	389,5	389500	0,879	17662,500	22,05	22,76
2	Variasi 0% II	-	-	12,14	14	25	382,3	382300	0,879	17662,500	21,64	
3	Variasi 0% III	-	-	12,94	14	25	434,4	434400	0,879	17662,500	24,59	
1	Variasi 5% I	-	-	13,37	14	25	379,2	379200	0,879	17662,500	21,47	23,57
2	Variasi 5% II	-	-	13,56	14	25	459,5	459500	0,879	17662,500	26,02	
3	Variasi 5% III	-	-	13,39	14	25	410,4	410400	0,879	17662,500	23,24	
1	Variasi 10% I	-	-	13,28	14	25	376,4	376400	0,879	17662,500	21,31	24,65
2	Variasi 10% II	-	-	13,56	14	25	436,3	436300	0,879	17662,500	24,70	
3	Variasi 10% III	-	-	13,35	14	25	493,3	493300	0,879	17662,500	27,93	
1	Variasi 15% I	-	-	12,44	14	25	457,7	457700	0,879	17662,500	25,91	25,92
2	Variasi 15% II	-	-	12,52	14	25	426,8	426800	0,879	17662,500	24,16	
3	Variasi 15% III	-	-	12,65	14	25	488,7	488700	0,879	17662,500	27,67	
Pekerjaan:						Lokasi:						
Tugas Akhir						-						
Pemohon Pengujian:				Pengawas:				<b>LABORATORIUM BETON DAN BAHAN BANGUNAN FAKULTAS TEKNIK PRODI SIPIL</b> <b>UNIKA SANTO THOMAS SUMATERA UTARA</b> Jl.Setia Budi No.479-F, Medan 20132 Telp.8210161 Ext.232				
Edifaktor Bawamenewi												
Diuji oleh: - Rahul Lumbanraja - Wanda Pratama Nainggolan Medan, 2 Juli 2024 Kepala Laboratorium Beton Dan Bahan Bangunan (Ir. Martius Ginting, MTSi)												

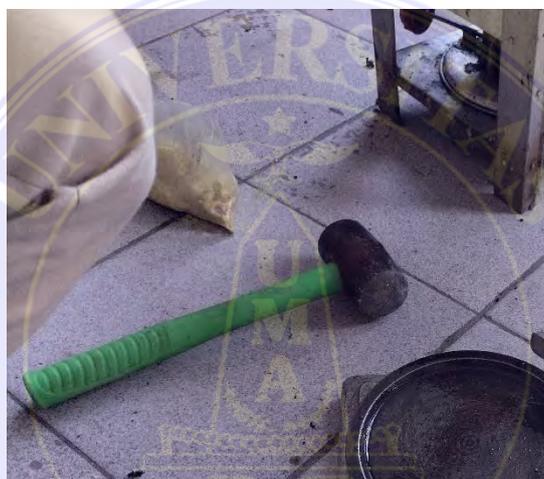
### Hasil Pengujian Kuat Tekan Silinder Beton Umur 28 Hari

PENGUJIAN KOKOH TEKAN BETON								Jumlah Benda Uji 12 buah		Alat: - Mesin Compression Test - Timbangan		
PC - 0103 - 76 (ASTM C - 39 - 72) (ASTM C - 192 - 69) (ASTM C - 617 - 71 A)				Jenis Benda Uji Silender, 30 × 15 (cm)								
No	Benda Uji	Tanggal		Berat (Kg)	Umur (Hari)	F'c Rencana	Beban Tekan (kN)	Beban Tekan (N)	Rasio Umur	Luas Benda Uji (mm <sup>2</sup> )	Kokoh Tekan Beton, F'c (MPa)	
		Cetak	Uji								Pengujian	Kuat Tekan Rata-Rata
1	Variasi 0% I	-	-	13,12	28	25	466,2	466200	1,000	17662,500	26,39	26,16
2	Variasi 0% II	-	-	12,39	28	25	461,3	461300	1,000	17662,500	26,12	
3	Variasi 0% III	-	-	12,30	28	25	458,4	458400	1,000	17662,500	25,95	
1	Variasi 5% I	-	-	13,84	28	25	489,2	489200	1,000	17662,500	27,70	27,31
2	Variasi 5% II	-	-	13,47	28	25	497,5	497500	1,000	17662,500	28,17	
3	Variasi 5% III	-	-	13,50	28	25	460,4	460400	1,000	17662,500	26,07	
1	Variasi 10% I	-	-	13,36	28	25	476,4	476400	1,000	17662,500	26,97	28,42
2	Variasi 10% II	-	-	13,67	28	25	546,3	546300	1,000	17662,500	30,93	
3	Variasi 10% III	-	-	13,37	28	25	483,3	483300	1,000	17662,500	27,36	
1	Variasi 15% I	-	-	12,55	28	25	467,7	467700	1,000	17662,500	26,48	29,31
2	Variasi 15% II	-	-	13,82	28	25	536,8	536800	1,000	17662,500	30,39	
3	Variasi 15% III	-	-	12,42	28	25	548,7	548700	1,000	17662,500	31,07	
Pekerjaan:				Lokasi:				Diuji oleh: - Rahul Lumbanraja - Wanda Pratama Nainggolan				
Tugas Akhir								Medan, 2 Juli 2024				
Pemohon Pengujian:				Pengawas:				LABORATORIUM BETON DAN BAHAN BANGUNAN FAKULTAS TEKNIK PRODI SIPIL UNIKA SANTO THOMAS SUMATERA UTARA Jl.Setia Budi No.479-F, Medan 20132 Telp.8210161 Ext.232				
Edifaktor Bawamenewi								Kepala Laboratorium Beton Dan Bahan Bangunan  ( Ir. Martius Ginting, MTSi)				

## Lampiran 2 Gambar Alat Yang Digunakan



Gambar 7 Piknometer



Gambar 8 Palu Karet



Gambar 9 Saringan



Gambar 10 Pan



Gambar 11 Mesin Penggoyang Saringan



Gambar 12 Timbangan Digital



Gambar 13 Timbangan Digital Kapasitas 30 kg



Gambar 14 Kompor Listrik



Gambar 15 *Capping* Beton



Gambar 16 Cetakan Silinder



Gambar 17 Mixer concrete (Molen)



Gambar 18 Pencetakan benda uji



Gambar 19 Kerucut *Abrams*



Gambar 20 *Compressing Testing Machine (CTM)*



Gambar 21 Pembuatan *capping*

### Lampiran 3 Gambar Perendaman dan Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton



Gambar 22 Perendaman Benda Uji



Gambar 23 Pengujian Kuat Tekan Beton



Gambar 24 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton