

TUGAS AKHIR

PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH SERBUK BESI SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN PASIR TERHADAP KUAT TEKAN BETON *(Studi Penelitian)*

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

Disusun Oleh :

FAHRI ANANDA SYAHPUTRA
2107210051



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

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

HALAMAN PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas akhir ini diajukan oleh :

Nama : Fahri Ananda Syahputra
NPM : 2107210051
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Pengaruh Penggunaan Limbah Serbuk Besi Sebagai
Pengganti Sebagian Pasir Terhadap Kuat Tekan
Beton.
Bidang Ilmu : Struktur

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Tim Penguji dan di terima 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:

Medan, 21 Oktober 2025

Dosen Pembimbing



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

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan oleh :

Nama : Fahri Ananda Syahputra
NPM : 2107210051
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Pengaruh Penggunaan Limbah Serbuk Besi Sebagai Pengganti Sebagian Pasir Terhadap Kuat Tekan Beton.
Bidang Ilmu : Struktur

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

Medan, 21 Oktober 2025

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing



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

Dosen Pembimbing I



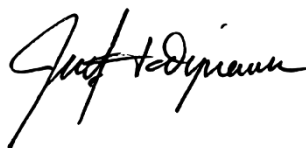
Dr. Josef Hadipramana, S.T. M.Sc.

Dosen Pembimbing II



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

Ketua Prodi Teknik Sipil



Dr. Josef Hadipramana, S.T., M.Sc

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Fahri Ananda Syahputra
Tempat, Tanggal Lahir : P. Batu, 31 Agustus 2003
NPM : 2107210051
Fakultas : Teknik
Program Studi : Sipil

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

“Pengaruh Penggunaan Limbah Serbuk Besi Sebagai Pengganti Sebagian Pasir Terhadap Kuat Tekan Beton”.

Bukan merupakan plagiatis mencuri hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non material, ataupun segala kemungkinan yang lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinil dan otentik.

Bila kemungkinan hari diduga kuat ada ketidak sesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia di proses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan keserjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan keadaan sadar dan tidak dalam tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas Akademik Diprogram Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara .

Medan , 21 Oktober 2025

Menyatakan,

Fahri Ananda Syahputra

ABSTRAK

PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH SERBUK BESI SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN PASIR TERHADAP KUAT TEKAN BETON

Fahri Ananda Syahputra

2107210051

Dr Fahrizal Zulkarnain

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan limbah serbuk besi sebagai substitusi sebagian agregat halus terhadap kuat tekan beton. Variasi campuran serbuk besi yang digunakan adalah 0%, 5%, 10%, dan 15% dari total berat pasir. Benda uji yang dibuat berbentuk silinder dengan ukuran standar dan setiap variasi diuji pada umur 14 hari serta 28 hari. Perencanaan campuran beton menggunakan metode SNI 03-2834-2000 dengan kuat tekan rencana sebesar 20 MPa. Seluruh bahan penyusun beton berupa semen, agregat halus, agregat kasar, air, serta serbuk besi dipersiapkan sesuai prosedur penelitian, kemudian dilakukan trial mix untuk memastikan campuran memenuhi nilai slump yang direncanakan. Selanjutnya, benda uji dilakukan perawatan (curing) dengan cara perendaman hingga saat pengujian kuat tekan. Pengujian kuat tekan dilaksanakan menggunakan mesin uji tekan dengan kapasitas 1500 kN. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan serbuk besi memberikan pengaruh positif terhadap kuat tekan beton dibandingkan beton normal. Nilai kuat tekan optimum diperoleh pada variasi 15% dengan rata-rata sebesar 23,08 MPa pada umur 14 hari dan 24,08 MPa pada umur 28 hari. Peningkatan nilai kuat tekan ini disebabkan oleh sifat serbuk besi yang mampu mengisi rongga-rongga dalam beton sehingga menghasilkan beton yang lebih padat, rapat, dan memiliki daya tahan yang lebih baik. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa penggunaan serbuk besi sebagai bahan substitusi parsial pasir berpotensi meningkatkan mutu beton sekaligus menjadi alternatif pemanfaatan limbah industri yang ramah lingkungan.

Kata kunci: beton, serbuk besi, kuat tekan, limbah industri

ABSTRACT

THE EFFECT OF USING IRON POWDER WASTE AS A PARTIAL SAND SUBSTITUTE ON CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH

Fahri Ananda Syahputra

2107210051

Dr. Fahrizal Zulkarnain

This study aims to determine the effect of using iron powder waste as a partial substitute for fine aggregate on the compressive strength of concrete. The variations of the iron powder mixture used were 0%, 5%, 10%, and 15% of the total weight of sand. The test specimens were made in the form of cylinders with standard sizes and each variation was tested at the age of 14 days and 28 days. The concrete mixture planning used the SNI 03-2834-2000 method with a planned compressive strength of 20 MPa. All concrete components, namely cement, fine aggregate, coarse aggregate, water, and iron powder, were prepared according to research procedures, then a trial mix was carried out to ensure the mixture met the planned slump value. Next, the test specimens were cured by immersion until the compressive strength test. The compressive strength test was carried out using a compression testing machine with a capacity of 1500 kN. The test results showed that the addition of iron powder had a positive effect on the compressive strength of concrete compared to normal concrete. The optimum compressive strength value was obtained at a variation of 15% with an average of 23.08 MPa at the age of 14 days and 24.08 MPa at the age of 28 days. This increase in compressive strength is due to the properties of iron powder which is able to fill cavities in the concrete, resulting in concrete that is denser, denser, and has better durability. Thus, it can be concluded that the use of iron powder as a partial substitute for sand has the potential to improve the quality of concrete while being an alternative to utilizing environmentally friendly industrial waste.

Keywords: concrete, iron powder, compressive strength, industrial waste

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Pengaruh Penggunaan Limbah Serbuk Besi Sebagai Pengganti Sebagian Pasir Terhadap Kuat Tekan Beton” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, dan juga sebagai Ketua Prodi Teknik Sipil.
2. Bapak Munawar Alfansury Siregar, ST, MT, selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Dr. Ade Faisal, ST, M.Sc, Ph.D. selaku selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Ibu Rizki Efrida, S.T, M.T selaku Sekretaris Jurusan Prodi Teknik Sipil yang ikut andil dalam prose administrasi penelitian.
5. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknik sipil kepada penulis.
6. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Teristimewa sekali kepada Ayahanda tercinta Fajar Nugroho dan Ibunda tercinta Misnah yang telah bersusah payah membesarkan dan memberikan kasih sayangnya yang tidak ternilai kepada penulis.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang membangun untuk menjadi Bahan pembelajaran berkesinambungan penulis dimasa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi Dunia Konstruksi Teknik Sipil.

Medan, 21 Oktober 2025
Penulis,

A handwritten signature in black ink, consisting of stylized, overlapping loops and a long horizontal stroke extending to the right.

(Fahri Ananda Syahputra)

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	v
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	1
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	2
1.6. Sistematika Penulisan	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Alasan Pemakaian Serbuk Besi Dalam Beton	4
1. Pemanfaatan Limbah Industri	4
2. Peningkatan Kuat Tekan Beton	4
3. Sifat Mekanis yang Mendukung	4
4. Aspek Ekonomi	5
2.2 Pengaruh Serbuk Besi Terhadap Kuat Tekan Beton	5
2.3 Perbandingan Antara Kuat Tekan Normal dan Serbuk Besi	6
BAB 3 METODE PENELITIAN	6
3.1 Umum	7
3.1.1 Metode Penelitian	7
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	9
3.3 Persiapan bahan dan Peralatan	9
3.3.1 Bahan	9
3.3.2 Peralatan	10
3.4 Persiapan Penelitian	10
3.5 Pemeriksaan Dasar untuk Agregat	10
3.6 Pemeriksaan Agregat Halus	10
3.7 Pemeriksaan Agregat Kasar	11
3.8 Perencanaan Campuran Beton	11
3.9 Penelitian Terdahulu	17
3.10. Pelaksanaan Penelitian	18
3.10.1. Trial Mix	18

3.10.2.	Pembuatan Benda Uji	18
3.10.3.	Pengujian <i>Slump</i>	20
3.10.4.	Perawatan Beton	19
3.10.5.	Pengujian Kuat Tekan	19
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN	21
4.1	Hasil dan Analisa Pemeriksaan Material	21
4.1.1	Pengujian Material Agregat Halus	21
4.1.2	Pengujian Material Agregat Kasar	30
4.1.3	Serbuk Besi	41
4.2	Pengujian Beton	53
4.2.1	Pengujian Slump	53
4.2.2	Pengujian Kuat Tekan	54
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	58
5.1	Kesimpulan	58
5.2	Saran	58
	DAFTAR PUSTAKA	59
	LAMPIRAN	61
	DAFTAR RIWAYAT HIDUP	66

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Perkiraan Kuat Tekan Beton	12
Tabel 3.2	Perkiraan Kebutuhan Air	13
Tabel 3.3	Persyaratan Fas dan Jumlah Semen Minimum	14
Tabel 3.4	Jumlah Sampel	21
Tabel 4.1	Data sampel analisa saringan agregat halus	22
Tabel 4.2	Rekapitulasi hasil perhitungan MHB	24
Tabel 4.3	Daerah gradasi agregat halus	24
Tabel 4.4	Data hasil pengujian berat jenis agregat halus	25
Tabel 4.5	Rekapitulasi data hasil perhitungan berat jenis agregat halus	26
Tabel 4.6	Data pengujian berat volume agregat halus	28
Tabel 4.7	Rekapitulasi data pengujian berat volume agregat halus	28
Tabel 4.8	Data pengujian kadar lumpur	29
Tabel 4.9	Rekapitulasi hasil pengujian kadar lumpur agregat halus	30
Tabel 4.10	Rekapitulasi data hasil pengujian kadar air agregat halus	31
Tabel 4.11	Data analisa saringan agregat kasar	32
Tabel 4.12	Rekapitulasi hasil perhitungan MHB sampel 1 agregat kasar	33
Tabel 4.13	Rekapitulasi hasil perhitungan MHB sampel 2 agregat kasar	34
Tabel 4.14	Daerah gradasi agregat kasar	35
Tabel 4.15	Data hasil pengujian berat jenis agregat kasar	36
Tabel 4.16	Rekapitulasi perhitungan berat jenis agregat kasar	37
Tabel 4.17	Data pengujian berat volume agregat kasar	38
Tabel 4.18	Data hasil pengujian berat volume sampel 1 agregat kasar	39
Tabel 4.19	Data hasil pengujian berat volume sampel 2 agregat kasar	40
Tabel 4.20	Data hasil pengujian kadar air agregat kasar	40
Tabel 4.21	Data pengujian kadar lumpur agregat kasar	41
Tabel 4.22	Data hasil pengujian kadar lumpur agregat kasar	42
Tabel 4.23	Data analisa saringan serbuk besi	43
Tabel 4.24	Rekapitulasi hasil perhitungan gradasi serbuk besi	44
Tabel 4.25	Daerah gradasi pasir	45
Tabel 4.26	Data pengujian berat jenis serbuk besi	46
Tabel 4.27	Rekapitulasi hasil perhitungan berat jenis serbuk besi	47
Tabel 4.28	Data pengujian berat volume serbuk besi	48
Tabel 4.29	Rekapitulasi data hasil pengujian berat volume serbuk besi	49
Tabel 4.30	Rekapitulasi hasil pengujian kadar lumpur serbuk besi	50
Tabel 4.31	Rekapitulasi mix design dan proporsi campuran	52
Tabel 4.32	Hasil pengujian slump	53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Bagan Metode Penelitian	8
Gambar 3.2	Grafik Hubungan Antara Kuat Tekan Beton dan Fas	15
Gambar 3.3	Grafik persen pasir terhadap kadar agregat ukuran 20mm	16
Gambar 3.4	Daerah gradasi pasir halus	14
Gambar 3.5	Grafik perkiraan isi beton basah	17
Gambar 3.6	Hubungan faktor air semen dan kuat tekan kubus beton	22
Gambar 4.1	Grafik gradasi agregat halus	25
Gambar 4.2	Grafik gradasi agregat kasar sampel 1	35
Gambar 4.3	Grafik gradasi agregat kasar sampel 2	36
Gambar 4.4	Grafik gradasi srbuk besi	45
Gambar 4.5	Kuat tekan beton	56
Gambar L.1	Semen portland	62
Gambar L.2	Agregat kasar	62
Gambar L.3	Agregat halus	63
Gambar L.4	Serbuk besi	63
Gambar L.5	Proses pembuatan beton secara manual	64
Gambar L.6	Pengujian slump test	64

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beton adalah suatu material yang menyerupai batu yang diperoleh dengan membuat suatu campuran yang mempunyai proporsi tertentu dari semen, pasir dan koral atau agregat lainnya, dan air untuk membuat campuran tersebut menjadi keras dalam cetakan sesuai dengan bentuk dan dimensi struktur yang diinginkan (Winter dan Nilson, 1993).

Beton didapat dari pencampuran bahan-bahan agregat halus dan kasar yaitu pasir, batu, batu pecah, atau lainnya, dengan menambahkan secukupnya bahan perekat semen dan air sebagai bahan pembantu guna keperluan reaksi kimia selama proses pengerasan dan perawatan beton berlangsung. Agregat halus dan kasar, disebut sebagai bahan susun kasar campuran, merupakan komponen utama beton. Nilai kekuatan serta daya tahan (durability) beton merupakan fungsi dari banyak faktor, diantaranya ialah nilai banding campuran dan mutu bahan susun, metode pelaksanaan pengecoran dan kondisi perawatan pengerasannya (Dipohusodo, 1996). Perancangan pencampuran beton perlu dilaksanakan untuk menentukan perbandingan campuran bahan guna mendapatkan beton dengan sifat yang diperlukan dan murah. Sifat yang diminta tergantung pada pembangunan beton.

Dalam penelitian ini, bahan tambah serbuk besi untuk menguji kuat tekan beton. Penelitian ini dilakukan karena adanya sumber alternatif yang sangat mudah di jumpai di sekitar lingkungan kita seperti halnya serbuk besi, Tukang bubut atau biasa disebut tukang besi biasanya setelah hasil pengolahan pembuatan besi beton dan lain lain banyak serbuk-serbuk besi yang dibiarkan menumpuk dan harga serbuk besi relatif murah dan mudah dijumpai.

1.2 Rumusan Masalah

Untuk menghasilkan konstruksi beton yang baik, diperlukan komposisi campuran beton yang baik, Demikian pula dalam Pelaksanaan pekerjaan beton diperlukan ketelitian dan keahlian, sehingga hasilnya bisa menjadi pedoman yang

benar. Untuk itu ada beberapa permasalahan di dalam perencanaan dan pengujian dengan judul pengaruh penambahan serbuk besi terhadap kuat tekan beton adalah sebagai berikut:

1. Apakah serbuk besi dapat berpengaruh pada kuat tekan beton.
2. Seberapa besar perbedaan nilai kuat tekan antara beton normal dan beton dengan serbuk besi sebagai bahan tambah?

1.3 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini, maka permasalahan dibatasi :

1. Bagaimana pengaruh penambahan serbuk besi terhadap kuat tekan ?
2. Standarisasi perencanaan campuran adukan beton dalam tugas akhir ini menggunakan metode Standar Nasional Indonesia (SNI 03-2834-2000).
3. Pengujian kuat tekan beton setelah perendaman 14 dan 28 hari.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian tugas akhir yang dilakukan sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh penggunaan serbuk besi terhadap kuat tekan beton.
2. Memperoleh kuat tekan beton optimum setelah dilakukan penambahan serbuk besi sebagai pengganti sebagian agregat halus pada variasi 0%, 5%, 10%, 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 masukan dan pertimbangan dalam melakukan kajian ilmiah tentang pengaruh serbuk besi pada kuat tekan beton.
2. Secara teoritis meningkatkan pemahaman dalam menganalisa data untuk mengetahui kuat tekan beton dari hasil yang dikaji secara umum.
3. Dapat menjadi bahan pertimbangan untuk tahap selanjutnya, baik itu

penggunaan pelaksanaan dilapangan maupun dilakukan penelitian lebih lanjut kedepannya.

1.6. Sistematika Penulisan

Untuk penulisan Tugas Akhir dengan judul “Pengaruh penambahan serbuk besi terhadap kuat tekan beton” ini tersusun dari 5 bab, dan tiap-tiap bab terdiri dari beberapa pokok bahasan dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

1. BAB 1 PENDAHULUAN

Membahas tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika pembahasan.

2. BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Membahas hal-hal berupa teori yang berhubungan dengan judul tugas akhir, dan metode-metode perhitungan yang digunakan.

3. BAB 3 METODE PENELITIAN

Bagian ini menerangkan tentang tempat dan waktu penelitian, sumber data, teknik pengumpulan data, dan metode analisis data.

4. BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Merupakan hasil penelitian dan pembahasan singkat mengenai hasil penelitian yang digunakan untuk memecahkan masalah dan menarik kesimpulan.

5. BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Dari pembahasan dan analisa data yang telah di dapat, penulis dapat membuat kesimpulan dan saran yang berkaitan dengan judul tugas akhir.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Alasan Pemakaian Serbuk Besi Dalam Beton

1. Pemanfaatan Limbah Industri

Serbuk besi umumnya merupakan limbah dari proses pemotongan, bubut, penggerindaan, maupun pengecoran logam. Apabila tidak dimanfaatkan, limbah ini akan menumpuk dan berpotensi mencemari lingkungan. Dengan memasukkannya ke dalam campuran beton, serbuk besi dapat menjadi upaya pengelolaan limbah yang ramah lingkungan serta mendukung prinsip green construction.

Menurut Erlina dkk. (2023), pemanfaatan limbah bubut besi dalam beton dapat membantu mengurangi volume limbah padat industri sekaligus meningkatkan kualitas beton.

2. Peningkatan Kuat Tekan Beton

Serbuk besi memiliki sifat fisik yang keras dan densitas yang tinggi. Karakteristik ini membuat serbuk besi berpotensi:

- Mengisi rongga mikro (voids) dalam beton, sehingga campuran lebih rapat dan kedap air.
- Meningkatkan densitas beton, yang berimplikasi pada naiknya kuat tekan.

Penelitian oleh Ayang Kurniati (2020) menunjukkan bahwa penambahan 2,5% serbuk besi dapat meningkatkan kuat tekan beton sebesar 6,6% dibanding beton normal.

3. Sifat Mekanis yang Mendukung

Serbuk besi memiliki kekerasan dan ketahanan aus yang tinggi. Bila digunakan sebagai bahan tambah, serbuk besi dapat membantu memperbaiki:

- Kuat tekan

- Kuat lentur
- Daya tahan beton terhadap beban

4. Aspek Ekonomi

Harga semen relatif mahal dan penggunaannya dominan dalam campuran beton. Dengan menambahkan serbuk besi (limbah industri) sebagai substitusi sebagian agregat halus, maka:

- Biaya produksi beton dapat ditekan
- Efisiensi material tercapai tanpa mengorbankan mutu beton

2.2 Pengaruh Serbuk Besi Terhadap Kuat Tekan Beton

Pemanfaatan limbah serbuk besi sebagai bahan tambah dalam beton kini banyak diteliti. Beberapa hasil penelitian:

- Ninik Paryati (2001) menggunakan serbuk besi dan baja sebagai bahan tambah beton (0%, 25%, 50%, 75%), menguji kubus beton pada umur 28 hari. Namun, makalah tidak mencantumkan hasil eksplisit kuat tekan dalam abstrak.
- Herri Purwanto & Utari Cakra Wardani meneliti pengaruh serbuk besi limbah di beton mutu K225 dengan variasi 0%, 5%, 10%, dan 15%, pada umur 14 dan 28 hari.
- Erlina Erlina dkk. menambahkan limbah bubut besi sebagai bahan tambah sebanyak 0%, 5%, dan 10%, lalu mengevaluasi kuat tekan dan lentur beton. Hasil secara ringkas menunjukkan adanya dampak positif pada sifat mekanis beton.
- Ayang Kurniati (2020) menyimpulkan bahwa substitusi serbuk besi sebesar 2,5% mampu mengisi rongga beton dengan baik, menghasilkan kenaikan kuat tekan hingga 6,6%, sementara persentase lebih tinggi (5% dan 10%) justru menurunkan kuat tekan.
- Studi internasional di Iraq (Krikar & Hawkar) menggunakan limbah besi sebagai substitusi pasir halus dengan variasi 6%–30%, bertujuan menilai pengaruhnya terhadap kuat tekan dan lentur beton. Hasil menunjukkan bahwa penggunaan serbuk besi dapat meningkatkan sifat mekanis beton.

- Di tingkat global, penelitian oleh Ghannam, Najm & Vasconez menyimpulkan bahwa penggantian pasir dengan hingga 20% serbuk besi tidak hanya meningkatkan kuat tekan tetapi juga kuat lentur beton.
- Studi eksperimental di Jurnal JEEMA (2025) di Irak menyatakan bahwa penambahan iron powder dapat meningkatkan kuat tekan dan tarik beton sekitar 15%.

Berdasarkan literatur di atas, dapat disimpulkan bahwa:

- Serbuk besi memiliki pengaruh positif terhadap kuat tekan beton, terutama pada persentase tertentu terkadang ada “sweet spot” (misalnya 2,5% atau 10%) setelah itu efeknya bisa menurun.

2.3 Perbandingan antara Kuat Tekan Beton Normal dan Beton dengan Serbuk Besi

Berikut komparasi berdasarkan penelitian yang ditemukan:

- Ayang Kurniati (2020): Penambahan 2,5% serbuk besi → kuat tekan naik 6,6% dibanding beton normal. Persentase lebih tinggi (5%, 10%) → menurun.
- Ghannam dkk.: Penggantian pasir hingga 20% dengan serbuk besi meningkatkan kuat tekan dan lentur, meskipun angka persentase kenaikannya tidak disebutkan secara kuantitatif.
- JEEMA (2025): Penambahan serbuk besi → kuat tekan dan tarik meningkat sekitar 15%.

Dari sini terlihat bahwa variasi penambahan serbuk besi pada beton konsisten menunjukkan peningkatan kuat tekan, dengan angka kenaikan antara $\pm 6\%$ hingga 15%, tergantung kadar dan kondisi eksperimen.

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Umum

Dalam bab ini akan menjelaskan langkah – langkah pelaksanaan penelitian beton selama penelitian berlangsung hingga selesai. Langkah ini terdapat pada bagan alir penelitian yang dapat dilihat pada gambar 3.1 .

3.1.1 Metode Penelitian

Metodologi merupakan suatu cara atau langkah yang digunakan untuk memecahkan suatu permasalahan dengan mengumpulkan, mencatat, mempelajari dan menganalisa data yang diperoleh. Sebagai acuan dalam penyelesaian tugas akhir ini tidak terlepas dari data-data pendukung. Data pendukung diperoleh dari:

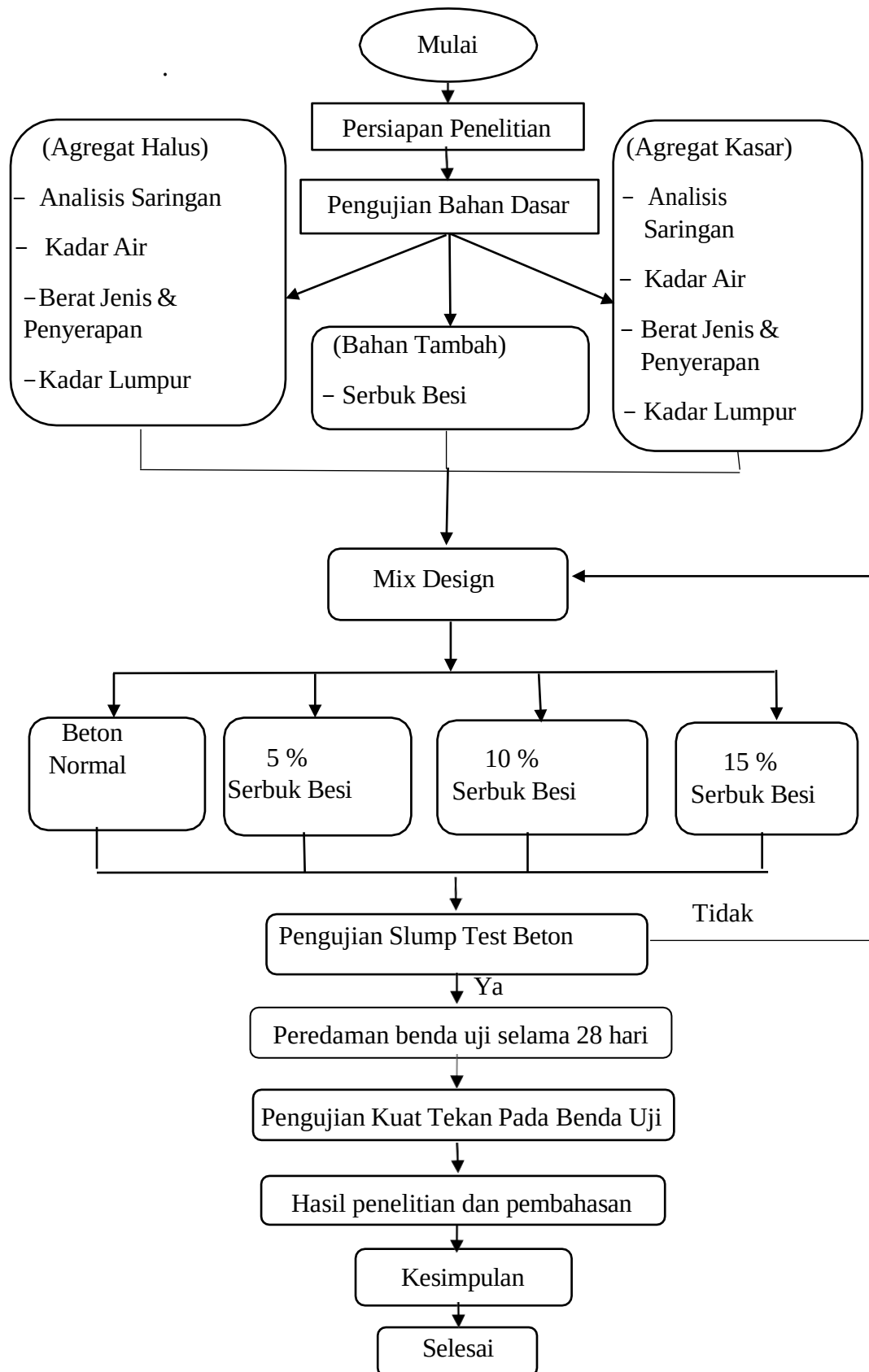
a. Data primer

Data yang diperoleh dari hasil perhitungan di laboratorium seperti:

1. Analisa saringan agregat (SNI ASTM C 136: 2012)
2. Berat jenis dan penyerapan agregat Kasar (ASTM C 127: 2004)
3. Berat jenis dan penyerapan agregat Halus (ASTM C 128: 2004)
4. Pemeriksaan berat isi agregat (ASTM C 29: 2004)
5. Pemeriksaan kadar air agregat (ASTM C 566: 2004)
6. Pemeriksaan kadar lumpur (ASTM C 177: 2004)
7. Perencanaan campuran beton (Mix design) (SNI 2834-2000)
8. Uji Slump Test (SNI 1972-2003)
9. Uji kuat tekan beton (SNI 1974 : 2011)

b. Data sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari beberapa buku yang berhubungan dengan teknik beton (*literatur*) dan konsultasi langsung dengan Penanggung jawab Laboratorium BBPJN.



Gambar 3.1 Bagan Metode Penelitian

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Beton laboratorium Pekerjaan Umum (Kantor BBPJN SUMUT), Jl. Sakti Lubis no. 1 Medan. selama 3 (tiga) bulan.

3.3 Persiapan bahan dan Peralatan

Material penyusun beton disimpan ditempat yang terlindung dari pengaruh cuaca secara langsung sehingga tidak mempengaruhi kualitas material dan disimpan di laboratorium beton fakultas teknik sipil universitas muhammadiyah sumatera utara. Untuk peralatan dilakukan pengecekan kelengkapan peralatan baik peralatan pengujian material, Peralatan pengadukan beton serta perlengkapan pengujian kekuatan beton

3.3.1 Bahan

Komponen bahan pembentuk beton yang digunakan yaitu:

a. Semen

Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah Semen padang PPC (*Portland Pozzolan Cement*) tipe I dan karena semen PPC ini adalah semen portland dengan pozzolan antara 15 - 40% dan berat campuran dan kandungan $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ dalam pozzolan minimum 70%, dan semen ini mudah di temukan.

b. Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir yang diperoleh dari Binjai.

c. Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini adalah batu pecah dengan ukuran 38.1 mm yang diperoleh dari daerah Binjai.

d. Air

Air yang digunakan berasal dari PDAM Tirtanadi Medan.

- e. Serbuk besi

Diperoleh dengan cara:

- 1) Pengumpulan dan penyortiran.
- 2) Pembersihan dan pengeringan.
- 3) Penghalusan dan pengayakan.
- 4) Selesai.

3.3.2 Peralatan

Alat-alat yang digunakan di dalam penelitian ini antara lain:

- a. Alat-alat pendukung pengujian material.
- b. Timbangan digital.
- c. Alat pengaduk beton (*mixer*).
- d. Alat uji slump test
- e. Cetakan benda uji berbentuk kubus.
- f. Mesin kompres (*compression test*).
- g. Dan lainnya

3.4 Persiapan Penelitian

Setelah seluruh material sampai di lokasi penelitian, maka material dipisahkan menurut jenisnya untuk mempermudah dalam tahapan-tahapan penelitian yang akan dilaksanakan nantinya dan juga agar material tidak tercampur dengan bahan- bahan yang lain sehingga mempengaruhi kualitas material.

3.5 Pemeriksaan Dasar untuk Agregat

Di dalam pemeriksaan agregat baik agregat kasar maupun agregat halus dilakukan dilaboratorium mengikuti panduan dari SNI tentang pemeriksaan agregat serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Beton Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

3.6 Pemeriksaan Agregat Halus

Penelitian ini meliputi beberapa tahapan/pemeriksaan diantaranya:

- Pemeriksaan kadar air.
- Pemeriksaan kadar lumpur.
- Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan.
- Pemeriksaan berat isi.
- Pemeriksaan analisa saringan.

3.7 Pemeriksaan Agregat Kasar

Penelitian ini meliputi beberapa tahapan/pemeriksaan diantaranya:

- a. Pemeriksaan kadar air.
- b. Pemeriksaan kadar lumpur.
- c. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan.
- d. Pemeriksaan berat isi.
- e. Pemeriksaan analisa saringan.

3.8 Perencanaan Campuran Beton

Komposisi campuran benda uji beton didapat berdasarkan perhitungan *mix design* dengan menggunakan metode SNI 03-2834-2000.

1. *Mix Design*

a. Data yang digunakan

- 1) Kuat tekan beton rencana (f'_c) = 20 MPa
- 2) Jenis semen = tipe 1
- 3) Jenis agregat halus = alami
- 4) Jenis agregat kasar = batu pecah
- 5) Maksimum ukuran agregat = 40 mm
- 6) Nilai slump = 60-180 mm
- 7) Berat jenis agregat halus = 2,611
- 8) Berat jenis agregat kasar = 2,65

- 9) Jumlah benda uji 1 varian = 6 buah
 10) Volume silinder beton 1 varian = 0,0053 m³

b. Analisa Perhitungan *Mix Design*

1) Nilai Tambah (M)

$$M = 1,64 \times 5 = 8,2 \text{ Mpa}$$

2) Kuat Tekan Rata-Rata

$$\begin{aligned} (f_{cr}) f_{cr} &= f'c + M \\ &= 20 + 8,2 \\ &= 28,2 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- 3) Perkiraan kuat tekan beton dengan fas = 0,5 menggunakan Tabel 3.1 di bawah ini.

Tabel 3.1 : Perkiraan Kuat Tekan Beton (MPa) dengan fas = 0,52
 (Sumber : SNI 03-2834-2000)

Jenis semen	Jenis agregat Kasar	Kekuatan tekan (MPa)				Bentuk uji
		Pada umur (hari)				
		3	7	28	29	
Semen Portland Tipe 1	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	

Berdasarkan tabel di atas, perkiraan kuat tekan beton dengan fas = 0,5 sebesar 37 MPa.

- 4) Perkiraan kebutuhan air per m³ beton menggunakan Tabel 3.2 di bawah ini.

Tabel 3.2 : Perkiraan Kebutuhan Air per-meter kubik Beton (Sumber : SNI 03-2834-2000)

Ukuran maksimum Agregat (mm)	Jenis Batuan	Slump (mm)			
		0 - 10	10 - 30	30 - 60	60 - 180
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

Ukuran maksimum agregat yang digunakan yaitu 40 mm, sehingga diperoleh nilai perkiraan jumlah air untuk :

- a) Agregat halus (W_h) = 195 kg/m³
- b) Agregat kasar (W_k) = 225 kg/m³

Pada penelitian ini menggunakan agregat campuran (tak pecah dan dipecah), sehingga untuk menentukan perkiraan jumlah air agregat dapat dihitung :

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan air} &= \frac{2}{3}W_h + \frac{1}{3}W_k \\
 &= \frac{2}{3}175 + \frac{1}{3}205 \\
 &= 185 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

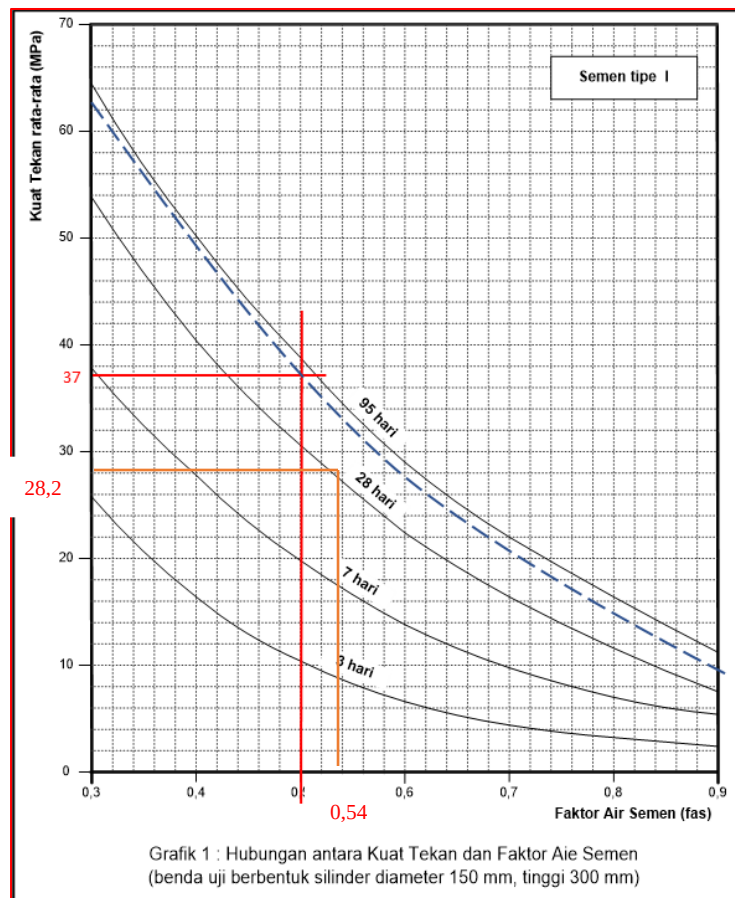
5) Menentukan nilai fas dan kadar semen minimum

Tabel 3.3 : Persyaratan fas dan Jumlah Semen Minimum Untuk Berbagai Macam Pembetonan dan Lingkungan Khusus (Sumber : SNI 03-2834-2000)

Jenis Pembetonan	Jumlah Semen minimum per-m ³ beton (kg)	Nilai fas maksimum
Beton di dalam ruang bangunan		
a. keadaan keliling non-korosif	275	0,60
b. keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	325	0,52
Beton di luar ruangan bangunan		
a. tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325	0,60
b. terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,60
Beton masuk ke dalam tanah		
a. mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325	0,55
b. mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah		tabel 5
Beton yang kontinu berhubungan dengan air tawar dan air laut		tabel 6

Berdasarkan tabel di atas karena jenis pembetonan yang digunakan yaitu beton di luar ruangan bangunan yang tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung, maka jumlah semen minimum per m³ beton sebesar 325 kg dan nilai fas maksimum sebesar 0,52.

- 6) Menentukan fas yang digunakan dapat ditentukan berdasarkan pada grafik di bawah ini.



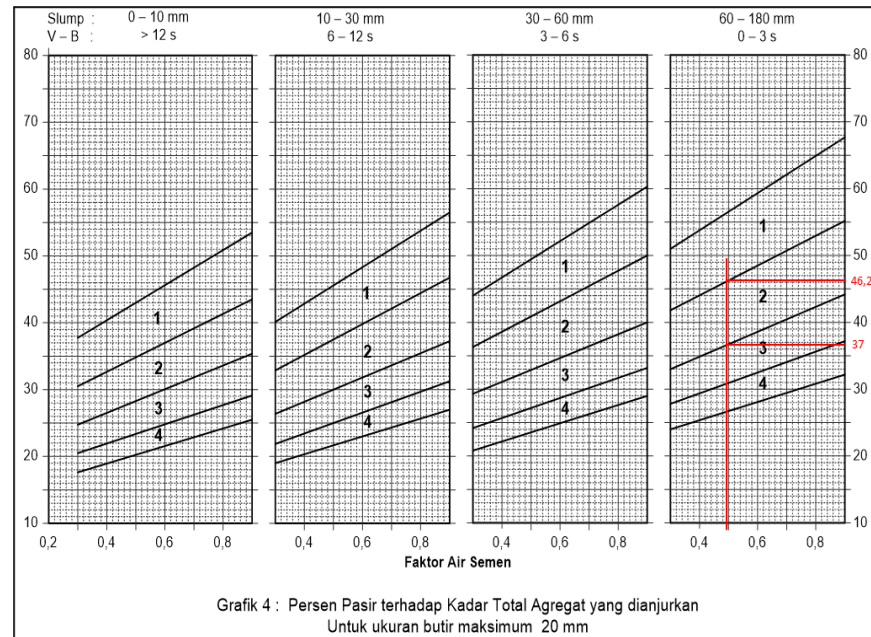
Gambar 3.2 Grafik Hubungan Antara Kuat Tekan Beton dan Faktor Air Semen

Berdasarkan grafik di atas, didapatkan nilai fas yang digunakan sebesar 0,54.

7) Menentukan kadar semen

$$\begin{aligned} \text{Kadar Semen} &= \frac{\text{Kadar Air Bebas}}{\text{Fas}} \\ &= \frac{185}{0,52} \\ &= 356 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

8) Menentukan persentase agregat halus



Gambar 3.3 Grafik Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat yang Dianjurkan Untuk Ukuran Butir Maksimum 20 mm

Jenis agregat halus yang digunakan masuk ke dalam kategori daerah 2 dan fas yang digunakan sebesar 0,52 sehingga berdasarkan grafik di atas didapatkan nilai batas atas dan bawah sebesar 41 dan 28,2. Persentase agregat halus merupakan nilai rata-rata dari nilai batas atas dan batas bawah.

$$\text{Presentase Agregat Halus} = \frac{41 + 28,2}{2}$$

$$= 40\%$$

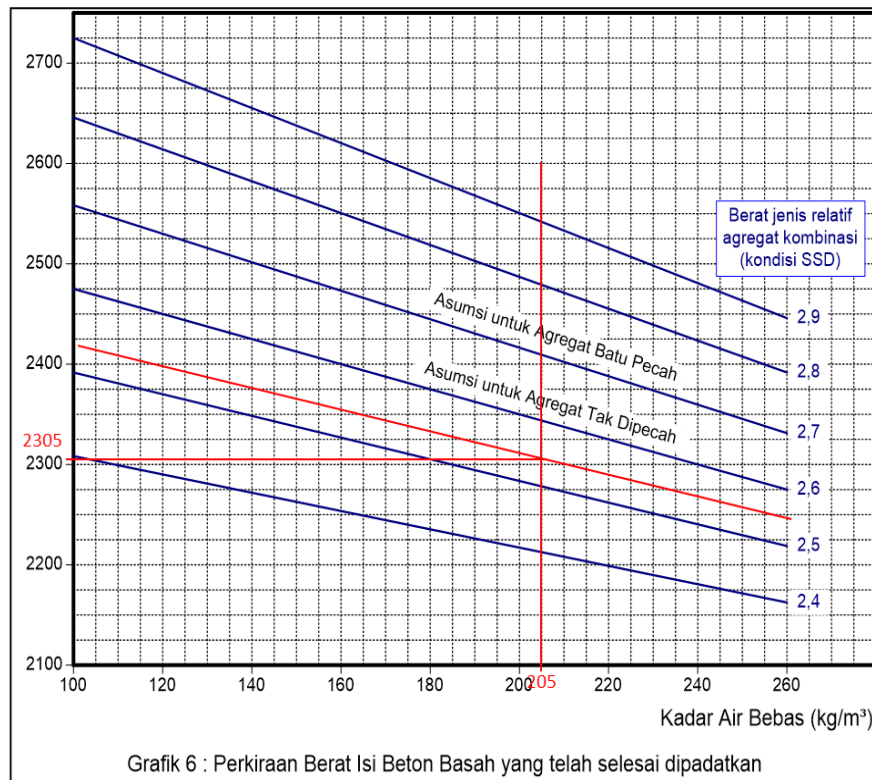
9) Persentase agregat kasar

$$\begin{aligned} \text{Persentase agregat kasar} &= 100 \% - \text{persentase agregat halus} \\ &= 100 \% - 40 \% \\ &= 60 \% \end{aligned}$$

10) Berat jenis agregat gabungan

$$\begin{aligned}\text{Berat Jenis Agregat Gabungan} &= \frac{P}{100} \times B_j \text{ Ag H} + \frac{K}{100} \times B_j \text{ Ag K} \\ &= \frac{40}{100} \times 2,506 + \frac{60}{100} \times 3,31 \\ &= 2,988\end{aligned}$$

11) Berat isi beton basah



Gambar 3.4 Grafik Perkiraan Berat Isi Beton Basah yang Telah Selesai Dipadatkan

Berdasarkan grafik di atas didapatkan berat isi beton basah sebesar 2305 kg/m³.

c. Hasil

Berdasarkan hasil *mix design*, maka didapatkan proporsi campuran untuk 1 m³ beton.

- 1) Semen = 362 kg
- 2) Air = 186 kg
- 3) Agregat Halus = 701 kg
- 4) Agregat Kasar = 1052 kg

Proporsi campuran ditambahkan dengan angka penyusutan yang digunakan sebesar 25 %. Hal ini untuk mengantisipasi kekurangan campuran akibat adanya campuran yang terbuang ataupun menempel pada *mixer*.

- 1) Semen = 452,50 kg
- 2) Air = 228,26 kg
- 3) Agregat Halus = 876,25 kg
- 4) Agregat Kasar = 1315 kg

Maka proporsi campuran beton untuk 1 varian benda uji (sebanyak 6 buah silinder) yaitu sebagai berikut.

- 1) Semen = 13,811 kg
- 2) Air = 7,058 kg
- 3) Agregat Halus = 26,744 kg
- 4) Agregat Kasar = 40,140 kg

3.9 Penelitian Terdahulu

Penelitian ini menggunakan hasil penelitian yang sudah ada sebelumnya sebagai tinjauan pustaka, penelitian ini sudah dilakukan sebelumnya yang digunakan sebagai tinjauan pustaka pada penelitian ini antara lain sebagai berikut :

1. Roby Dwi Prasetyo, Dadang Dwi Pranowo, dkk (2024) dalam jurnalnya yang berjudul “Pengaruh Substitusi Pasir Menggunakan Serbuk Besi Dan Zat Aditif Bestmittel 0,5% Terhadap Kuat Tekan Mutu Tinggi Dan Resapan Air Mortar Pracetak Fero semen” membuat kesimpulan pengaruh substitusi pasir dengan serbuk besi 2,5% dan penambahan bahan *aditif bestmittel* 0,5% menghasilkan peningkatan .
2. Rajeswari V M.E Structural Engineering, M.A.M College of Engineering And Technology Tiruchirapalli, Tamilnadu (2021) dengan Judul “ *Strength Behaviour Of Iron Fillings In Concrete By Partial Replacement Of Sand*” menyatakan bahwa:
 - ✓ Semakin tinggi kandungan partikel pengisi besi yang diganti dalam

beton, maka mudah dikerjakan beton.

- ✓ Penggunaan pengisi besi dengan penggantian agregat halus sebesar 35% memberikan kekuatan yang lebih tinggi dibandingkan campuran beton biasa.
- ✓ Penambahan pengisi besi dalam beton meningkatkan karakteristik kekuatan beton.

3. Christie Bongga Abeng, Syahrul Sariman, Eka Yuniarto (2025) dengan judul “Pemanfaatan Serbuk Besi Sebagai Pengganti Parsial Pasir Dan Silicafume Sebagai Pengganti Semen Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Beton” Hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa komposisi campuran 1 kg/m³ beton f^c 25 Mpa, adalah batu pecah 1001,62 kg/m³, pasir 722,19 kg/m³, Semen 427,08 kg/m³, air 199,11 kg/m³. Adapun Pengaruh penambahan silicafume dengan variasi 10% mengalami peningkatan nilai kuat tekan sebesar 2.21% dan kuat lentur sebesar 29.72%. Dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa penggunaan serbuk besi dan silicafume dapat mengisi rongga-rongga kosong pada beton sehingga dapat meningkatkan kuat tekan dan kuat lentur beton sehingga didapatkan penggunaan serbuk besi yang optimum pada penelitian ini yaitu 5% dan 10% dengan kadar silicafume 10%. Namun penggunaan serbuk besi yang berlebihan juga dapat membuat kuat tekan dan kuat lentur mengalami penurunan. Dimana penurunan pada variasi 15%, 20% dan 25% menunjukkan bahwa semakin besar penambahan serbuk besi maka kuat tekan dan lentur yang dicapai semakin menurun. Hal ini disebabkan pada saat proses perendaman beton selama 28 hari menyebabkan terjadinya korosi antar butir sehingga menyebabkan ruang kosong yang dapat menimbulkan gelembung air.

3.10. Pelaksanaan Penelitian

3.10.1. Trial Mix

Menentukan persentase atau komposisi masing-masing komponen material pembentuk beton untuk memperoleh suatu campuran beton yang

ekonomis, memenuhi kekuatan dan keawetan yang direncanakan, serta memiliki kelecakan yang sesuai sehingga mempermudah proses pengerjaan.

3.10.2. Pembuatan Benda Uji

Benda uji dibuat menggunakan cetakan berbentuk silinder yang berjumlah 24 buah dengan umur 14 dan 28 hari.

3.10.3. Pengujian *Slump*

Percobaan slump beton adalah suatu cara untuk mengukur kelecakan adukan beton, yaitu kecairan/kekentalan adukan yang berguna dalam pekerjaan beton. Slump merupakan besarnya nilai keruntuhan beton secara vertikal yang diakibatkan karena beton belum memiliki batas *yield stress* yang cukup untuk menahan berat sendiri karena ikatan antar partikelnya masih lemah sehingga tidak mampu untuk mempertahankan ikatan semulanya. Pemeriksaan *slump* dimaksud untuk mengetahui konsistensi beton dan sifat mudah dikerjakan (*workability*) sesuai dengan syarat yang telah ditetapkan dan cara kerjanya sesuai dengan (SNI 1972 : 2008). Dalam melakukan pengujian ini dan apabila nilai slump yang di dapat tidak sesuai dengan yang direncanakan maka pengujian slump diulang kembali. Apabila pengujian ulang sudah dilakukan lebih dari 3 kali dan tidak juga mendapatkan nilai slump yang di rencanakan maka harus di ulang pada perencanaan pembuatan beton (*mix design*).

3.10.4. Perawatan Beton

Setelah beton dikeluarkan dari cetakan, dilakukan perawatan dengan cara perendaman dalam air sampai saat uji kuat tekan dilakukan, yaitu pada umur 14 dan 28 hari.

3.10.5. Pengujian Kuat Tekan

Pengujian dilakukan menggunakan mesin uji tekan dengan kapasitas 1500 KN. Sebelum ditekan benda uji ditimbang terlebih dahulu untuk dapat

mengetahui berat jenis beton. Jumlah sampel pengujian untuk setiap variasi direncanakan sebanyak:

Tabel 3.4 : Tabel jumlah sampel

Jenis Pengujian	Bahan Tambah (%)	Umur Beton (Hari)	Jumlah Sampel (Buah)
Uji Kuat Tekan Beton	0%	14	3
		28	3
	5%	14	3
		28	3
	10%	14	3
		28	3
	15%	14	3
		28	3
Jumlah		24 buah	

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil dan Analisa Pemeriksaan Material

Pada penelitian ini dilakukan pemeriksaan agregat kasar dan agregat halus yang meliputi pengujian abrasi, analisa saringan, berat jenis dan penyerapan, berat isi, kadar air dan kadar lumpur. Pemeriksaan agregat dilakukan di Laboratorium Pengujian Bahan Konstruksi Jalan dan Jembatan BBPJNSU, mengikuti panduan SNI, ASTM dan juga buku panduan praktikum beton UMSU.

4.1.1 Pengujian Material Agregat Halus

Pengujian material penyusun beton yaitu agregat halus, pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah material penyusun beton telah memenuhi persyaratan dan data hasil pengujian dapat digunakan dalam perencanaan mix design. Pengujian agregat halus yang dilakukan beserta hasil pengujiannya yaitu sebagai berikut.

a. Pengujian Analisa Saringan

✓ Data Pengujian

Data pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.1 sebagai berikut.

Tabel 4. 1 : Data Sampel Analisa Saringan Agregat Halus

Ukuran Saringan		Berat Tertahan
No	(mm)	(gr)
No. 3/8	9.6	0
No. 4	4.75	16
No. 8	2.36	36
No.16	1.19	67
No. 30	0.52	190
No. 50	0.3	149
No. 100	0.15	37
No.200	Pan	5

✓ Analisa Perhitungan

1. Berat Tertahan Kumulatif (%)

Berat tertinggal kumulatif merupakan kumulatif dari berat yang tertinggal pada ayakan.

$$1) \text{ Lubang ayakan } 4,75 \text{ mm} = \frac{16}{500} \times 100 \% = 3,2 \%$$

$$2) \text{ Lubang ayakan } 2,36 \text{ mm} = \frac{52}{500} \times 100 \% = 10,4 \%$$

$$3) \text{ Lubang ayakan } 1,19 \text{ mm} = \frac{119}{500} \times 100 \% = 23,8 \%$$

$$4) \text{ Lubang ayakan } 0,52 \text{ mm} = \frac{309}{500} \times 100 \% = 61,8 \%$$

$$5) \text{ Lubang ayakan } 0,30 \text{ mm} = \frac{458}{500} \times 100 \% = 91,6 \%$$

$$6) \text{ Lubang ayakan } 0,15 \text{ mm} = \frac{495}{500} \times 100 \% = 99 \%$$

$$7) \text{ Pan} = \frac{500}{500} \times 100 \% = 100 \%$$

2. Persen Lolos Kumulatif (%)

$$1) \text{ Lubang ayakan } 4,75 \text{ mm} = 100\% - 3,2 \% = 96,8 \%$$

$$2) \text{ Lubang ayakan } 2,36 \text{ mm} = 100\% - 10,4 \% = 89,6 \%$$

$$3) \text{ Lubang ayakan } 1,19 \text{ mm} = 100\% - 23,8 \% = 76,2 \%$$

$$4) \text{ Lubang ayakan } 0,52 \text{ mm} = 100\% - 61,8 \% = 38,2 \%$$

$$5) \text{ Lubang ayakan } 0,30 \text{ mm} = 100\% - 91,6 \% = 8,4 \%$$

$$6) \text{ Lubang ayakan } 0,15 \text{ mm} = 100\% - 99 \% = 1 \%$$

$$7) \text{ Pan} = 100\% - 100\% = 0 \%$$

3. Modulus Halus Butir (MHB)

$$\begin{aligned} \text{MHB} &= \frac{\text{Jumlah Persen Berat Tertahan Kumulatif} - 100}{100\%} \\ &= \frac{389,8 - 100 \%}{100\%} \\ &= 2,898 \end{aligned}$$

✓ Rekapitulasi

Rekapitulasi hasil perhitungan modulus halus butir (MHB) agregat halus dapat dilihat pada Tabel 4.2 sebagai berikut.

Tabel 4. 2 : Rekapitulasi Hasil Perhitungan MHB Agregat Halus

Ukuran Saringan		Berat Tertahan	Persentase Kumulatif (%)			Spesifikasi
No	(mm)	(gr)	Tertahan (gr)	% Tertahan	% Lolos	Zona 2
No. 3/8	9.6	0	0	0	100	100
No. 4	4.75	16	16	3.2	96.8	90-100
No. 8	2.36	36	52	10.4	89.6	75-100
No.16	1.19	67	119	23.8	76.2	55-90
No. 30	0.52	190	309	61.8	38.2	35-59
No. 50	0.3	149	458	91.6	8.4	8-30
No. 100	0.15	37	495	99	1	0-10
No.200	Pan	5	500	100	0	0
Jumlah		500		389.8	410.2	
Modulus Halus Butiran			2.898			

✓ Pembahasan

Nilai gradasi pasir untuk menentukan jenis agregat halus yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 4.3 sebagai berikut.

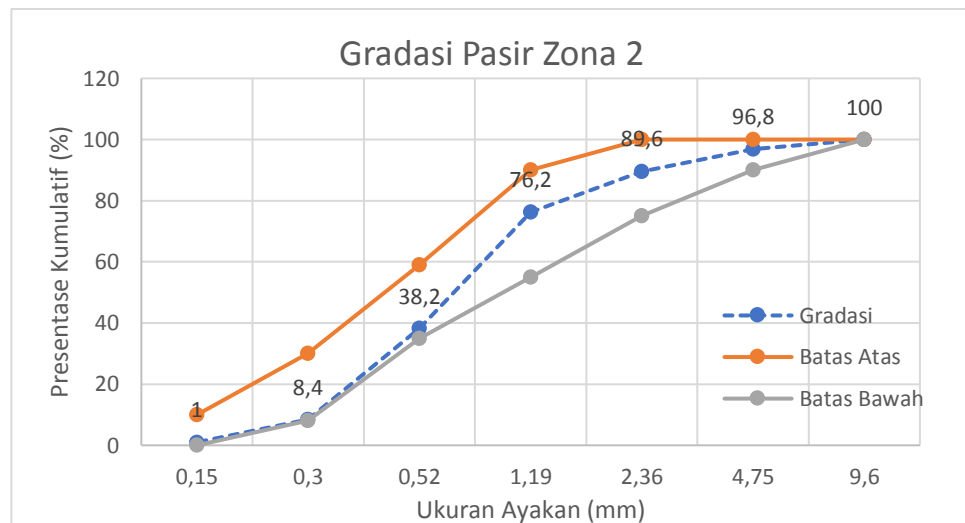
Tabel 4. 3 : Daerah Gradasi Agregat Halus

Lubang Ayakan (mm)	Persen Berat Butir yang Lewat Ayakan			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
9.6	100	100	100	100
4.75	90-100	90-100	90-100	95-100
2.36	60-95	75-100	85-100	95-100
1.19	30-70	55-90	75-100	90-100
0.52	15-34	35-59	60-79	80-100
0.3	5-20.	8-30.	12-40.	15-50
0.15	0-10	0-10	0-10	0-15

Keterangan :

- a) Daerah I : Pasir kasar
- b) Daerah II : Pasir agak kasar
- c) Daerah III : Pasir agak halus
- d) Daerah IV : Pasir halus

Berdasarkan dari data gradasi hasil pengujian pada tabel 4.1, tabel 4.2 dan tabel 4.3, agregat halus ini termasuk ke dalam agregat halus/pasir dengan gradasi pasir daerah II yaitu pasir agak kasar. Gradasi pasir daerah II untuk kedua sampel agregat halus dapat dilihat pada grafik pada Gambar 4.1 di bawah ini.



Gambar 4. 1 : Grafik Gradasi Agregat Halus

Berdasarkan dari hasil pengujian ini, didapatkan nilai modulus halus butir (MHB) pada agregat halus ini sebesar 3,898. Nilai MHB masih memenuhi syarat MHB agregat halus yaitu 1,5-3,80 berdasarkan SK SNI S-04-1989.

b. Berat Jenis Agregat Halus

✓ Data Pengujian

Pengujian di lakukan sebanyak dua kali, data hasil pengujian berat jenis agregat halus dapat dilihat pada Tabel 4.4 sebagai berikut.

Tabel 4. 4 : Data Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Halus

<i>Fine Agregats (Agregat Halus)</i> <i>Passing No. 4 (Lolos Ayakan No. 4)</i>	Satuan	Notasi	Sampel
			1
<i>Wt of SSD sample in air</i> (Berat contoh SSD kering permukaan)	gr	Bj	500

Tabel 4.4 Lanjutan

<i>Fine Agregats</i> (Agregat Halus) <i>Passing No. 4</i> (Lolos Ayakan No. 4)	Satuan	Notasi	Sampel
			1
<i>Wt of oven dry sample</i> (Berat contoh SSD kering oven)	gr	Bk	492,5
<i>Wt of flask + water</i> (Berat Piknometer penuh air)	gr	B	670,5
<i>Wt of flask + water + sample</i> (Berat contoh SSD dalam piknometer penuh air)	gr	Bt	971

✓ Analisis Perhitungan

Analisis perhitungan yang dilakukan untuk menghitung nilai berat jenis agregat halus dengan contoh menggunakan perhitungan sampel 1 yaitu sebagai berikut.

- a. Berat Jenis Curah $= \frac{Bk}{B+Bj-Bt} = \frac{492,5}{670,5+500-971} = 2,469$
- b. Berat Jenis Kering muka (SSD) $= \frac{Bj}{B+Bj-Bt} = \frac{500}{842+500-1150} = 2,506$
- c. Berat Jenis Semu $= \frac{Bk}{B+Bk-Bt} = \frac{492,5}{670,5+492,5-971} = 2,565$
- d. Penyerapan Air $= \frac{Bj-Bk}{Bk} \times 100\% = \frac{500-492,5}{492,5} \times 100\% = 1,523\%$

✓ Rekapitulasi

Rekapitulasi data hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.5 sebagai berikut.

Tabel 4. 5 : Rekapitulasi Data Hasil Perhitungan Berat Jenis Agregat Halus

<i>Fine Agregats</i> (Agregat Halus) <i>Passing No. 4</i> (Lolos Ayakan No. 4)	Satuan	Notasi	Sampel
			1
<i>Wt of SSD sample in air</i> (Berat contoh SSD kering permukaan jenuh)	gr	Bj	500
<i>Wt of oven dry sample</i> (Berat contoh SSD kering oven)	gr	Bk	492,5

Tabel 4.5 : *Lanjutan*

<i>Fine Agregats</i> (Agregat Halus) <i>Passing No. 4</i> (Lolos Ayakan No. 4)	Satuan	Notasi	Sampel
			1
<i>Wt of flask + water</i> (Berat Piknometer penuh air)	gr	B	670,5
<i>Wt of flask + water + sample</i> (Berat contoh SSD dalam piknometer penuh air)	gr	Bt	971
<i>Bulk sp. Grafity dry</i> (Berat jenis contoh kering) (<i>Sd</i>)	gr/cm ³	$\frac{Bk}{(B+Bj-Bt)}$	2.469
<i>Bulk sp. Grafity SSD</i> (Berat jenis contoh SSD) (<i>Ss</i>)	gr/cm ³	$\frac{Bj}{(B+Bj-Bt)}$	2.506
<i>Apparent sp. Grafity dry</i> (Berat jenis contoh semu) (<i>Sa</i>)	gr/cm ³	$\frac{Bk}{(B+Bk-Bt)}$	2.565
<i>Absorption</i> (Penyerapan) (<i>Sw</i>)	%	$\frac{Bj-Bk}{Bk} \times 100\%$	1,523

✓ Pembahasan

Berdasarkan perhitungan data hasil pengujian, didapatkan hasil yaitu kemampuan agregat halus dalam menyerap air sebesar 1,523 % sesuai dengan kriteria agregat halus normal yaitu maksimal sebesar 3%. Selain itu, didapat juga hasil berat jenis curah sebesar 2,469, berat jenis jenuh kering muka (SSD) sebesar 2,506 dan berat jenis semu sebesar 2,565. Hal ini menunjukkan bahwa berat jenis masih masuk dalam kriteria berat jenis agregat normal yang ada pada SNI 03-1970-1990 yaitu 2,5-2,7.

c. Pengujian Berat Volume Agregat Halus

✓ Data Pengujian

Pada pengujian berat volume agregat halus terdapat tiga acara yaitu cara lepas/gembur, rojok, goyang. Berikut ini merupakan data pengujian yang dapat dilihat pada Tabel 4.6 sebagai berikut.

Tabel 4. 6 : Data Pengujian Berat Volume Agregat Halus

No	Keterangan	Satuan	Cara Lepas	Cara Rojok	Cara Goyang
1	Berat contoh & Wadah (<i>WT of Sample & Mold</i>) (W1)	Gr	26450	28600	27950
2	Berat Wadah (<i>WT of Mold</i>) (W2)	Gr	14350	14350	14350
3	Tinggi Wadah	Cm	25,8	25,8	25,8
4	Diameter Wadah	Cm	22,5	22,5	22,5

✓ Analisis Perhitungan

Berikut analisis perhitungan yang dilakukan pada cara lepas/gembur.

a. Berat Agregat (W3) $= w_1 - w_2$
 $= 25450 - 14350$
 $= 12100 \text{ gr}$

b. Volume Tabung $= \pi \times r^2 \times t$
 $= 3,14 \times 11,25^2 \times 25,8$
 $= 10.253$

c. Berat Volume Gembur $= \frac{\text{Berat Agregat}}{\text{Volume Tabung}}$
 $= \frac{12100}{10253}$
 $= 1,18 \text{ gr/cm}^3$

✓ Rekapitulasi

Rekapitulasi data hasil pengujian berat volume gembur, rojok, dan goyang agregat halus dapat dilihat pada tabel 4.7 berikut ini.

Tabel 4.7 : Rekapitulasi Data Pengujian Berat Volume Agregat Halus

No	Keterangan	Persamaan	Satuan	Cara Lepas	Cara Rojok	Cara Goyang
1	Berat contoh & Wadah (<i>WT of Sample & Mold</i>)	W1	gr	26750	28600	27950
2	Berat Wadah (<i>WT of Mold</i>)	W2	gr	14350	14350	14350
3	Berat Contoh (<i>WT of Sample</i>)	W3=W1-W2	gr	12100	14250	13600

Tabel 4.7 : *Lanjutan*

No	Keterangan	Persamaan	Satuan	Cara Lepas	Cara Rojok	Cara Goyang
4	Volume Wadah (<i>Volume of Mold</i>)	W4	cm ³	10253	10253	10253
5	Berat Isi (<i>Unit Weight</i>) (Bi)	$W5=W3/W4$	gr/cm ³	1.209	1.390	1.326
6	Rata - Rata (<i>Average</i>)		gr/cm ³	1.299		
7	Berat Jenis Curah Agregat (Bulk Specific Gravity) Kondisi Kering (Sd)	$Bk/(B+Bj-Bt)$	gr/cm ³	2.56		
8	Rongga Udara (%)		%	99.99		

✓ Pembahasan

Dari pengujian berat volume gembur, rojok, dan goyang agregat halus ini dalam keadaan jenuh kering permukaan (SSD), didapatkan hasil berat volume gembur sebesar 1,209 gr/cm³, rojok sebesar 1,390 gr/cm³, goyang sebesar 1,326 gr/cm³. Hasil ini telah memenuhi syarat berat volume pada SNI 03-4804-1998 yaitu 1,2-1,7 gr/cm³.

d. Pengujian Lolos Saringan No. 200 (Uji Kandungan Lumpur)

✓ Data Pengujian

Data pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.8 sebagai berikut.

Tabel 4. 8 : Data pengujian kadar lumpur agregat halus.

Keterangan	Notasi	Benda Uji	Satuan
Berat Wadah + Isi	W1	1128	gr
Berat Wadah	W2	628	gr
Berat Wadah + Contoh Kering	W3	1110	gr

✓ Analisis Perhitungan

Analisis perhitungan yang dilakukan yaitu sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{a. Berat pasir lolos ayakan no. 200} &= W_4 - W_5 \\
 &= 500 - 482
 \end{aligned}$$

$$= 18 \text{ gram}$$

$$\begin{aligned} \text{b. Persentase berat lolos ayakan no. 200} &= \frac{w_4 - w_5}{w_4} \times 100\% \\ &= \frac{500 - 482}{500} \times 100\% \\ &= 3,6\% \end{aligned}$$

✓ Hasil dan Pembahasan

Tabel 4. 9 : Rekapitulasi hasil pengujian kadar lumpur agregat halus.

Keterangan	Notasi	Persamaan	Benda Uji	Satuan
Berat Wadah + Isi	W1		1128	gr
Berat Wadah	W2		628	gr
Berat Wadah + Contoh Kering	W3		1110	gr
Berat Kering Contoh Awal	W4	$W1 - W2$	500	gr
Berat Kering Contoh Akhir	W5	$W3 - W2$	482	gr
Berat Kotoran Agregat Lolos Saringan No.200	W6	$W4 - W5$	18	gr
Persentase Kotoran Agregat Lolos Saringan No. 200	W7	$(W6 \div W4) \times 100\%$	3.60	%
Rata - Rata			3.60	%

Berdasarkan pengujian kandungan lumpur yang telah dilakukan, didapatkan nilai kandungan lumpur dalam pasir yang digunakan sebesar 3,6 %. Hal ini menunjukkan bahwa agregat halus yang digunakan telah memenuhi kategori agregat halus normal karena memiliki nilai kandungan lumpur yang memenuhi persyaratan yang ada dalam PBI 1971 yaitu kandungan lumpur kurang dari 5%.

e. Pengukuran Kadar Air

✓ Data Pengujian

Data pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.10 sebagai berikut.

Tabel 4. 10 : Rekapitulasi Data Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Halus

Keterangan	Notasi	Persamaan	Satuan	Benda Uji
				I
Massa Wadah + Benda Uji	a		gr	1135
Massa Wadah	b		gr	628
Massa Benda Uji	W1	a - b	gr	507
Massa Wadah + Benda Uji Kering Oven	c		gr	1128
Massa Benda Uji Kering Oven	W2	c - b	gr	500
Kadar Air Total	P	$\frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100$	%	0.62

✓ Pembahasan

Berdasarkan pengujian kandungan air yang telah dilakukan, didapatkan nilai kandungan air dalam pasir yang digunakan sebesar 0,62 %. Hal ini menunjukkan bahwa agregat halus yang digunakan telah memenuhi kategori agregat halus normal karena memiliki nilai kandungan air yang memenuhi persyaratan yang ada dalam ASTM C566-97 yaitu kandungan air kurang dari 5%.

4.1.2 Pengujian Material Agregat Kasar

Adapun pengujian agregat kasar yang dilakukan berupa analisa saringan atau garadasi, berat jenis agregat, kadar air agregat, kadar lumpur agregat, berat isi agregat dan uji keteguhan agregatnya dengan menggunakan metode ujinya masing-masing, hasil pengujiannya yaitu sebagai berikut.

a. Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar

✓ Data Pengujian

Pengujian ini menggunakan 2 sampel yang diambil dari agregat kasar yang akan digunakan yaitu batu pecah ukuran 20 mm dan batu pecah ukuran 40 mm. Adapun data pengujiannya yaitu sebagai berikut.

Tabel 4. 11 : Data Analisa Saringan Agregat Kasar

Ukuran Saringan		Berat Tertahan (gr)	
		Sampel 1	Sampel 2
ASTM	(mm)	6000 gr	13000 gr
3	75	0	0
1 1/2	37	0	58
3/4	19	66	9514
3/8	9	4015	3000
No. 4	4.75	1910	5363
No.200	Pan	9	15

✓ Analisis Perhitungan

Data perhitungan sampel 1

a. Persentase Berat Tertinggal (%)

$$\text{Persentase Berat Tertinggal} = \frac{\text{Berat Tertinggal}}{\text{Jumlah}} \times 100\%$$

$$1) \text{ Lubang ayakan 19 mm} = \frac{66}{6000} \times 100\% = 1,1 \%$$

$$2) \text{ Lubang ayakan 9 mm} = \frac{4015}{6000} \times 100\% = 66,91 \%$$

$$3) \text{ Lubang ayakan 4.75 mm} = \frac{1910}{6000} \times 100\% = 31,83 \%$$

$$4) \text{ Pan} = \frac{9}{6000} \times 100\% = 0,15 \%$$

b. Berat Tertinggal Kumulatif (%)

Berat tertinggal kumulatif merupakan kumulatif dari berat yang tertinggal pada ayakan.

$$1) \text{ Lubang ayakan 37 mm} = 0 \%$$

$$2) \text{ Lubang ayakan 19 mm} = 1,1 \%$$

$$3) \text{ Lubang ayakan 9 mm} = 68,01 \%$$

$$4) \text{ Lubang ayakan 4.75 mm} = 99,85 \%$$

$$5) \text{ Pan} = 100 \%$$

c. Persen Lolos Kumulatif (%)

$$1) \text{ Lubang ayakan 37 mm} = 100\% - 0\% = 0 \%$$

$$2) \text{ Lubang ayakan 19 mm} = 100\% - 1,1\% = 98,9\%$$

- 3) Lubang ayakan 9 mm = 100% - 68,01% = 31,98 %
 4) Lubang ayakan 4.75 mm = 100% - 99,85% = 0,15%
 5) Pan = 100% - 100% = 0%

d. Modulus Halus Butir (MHB)

$$\begin{aligned} \text{MHB} &= \frac{\text{Jumlah persen tertinggal komulatif (\%)}}{100\%} \\ &= \frac{168,9}{100\%} \\ &= 1,689 \% \end{aligned}$$

✓ Rekapitulasi

Hasil nilai modulus halus butir ini digunakan untuk mengetahui ukuran agregat kasar yang digunakan pada campuran beton. Rekapitulasi hasil perhitungan modulus halus butir (MHB) agregat kasar sampel 1 dan 2 dapat dilihat pada Tabel 4.12 dan Tabel 4.13 sebagai berikut.

Tabel 4. 12 : Rekapitulasi Hasil Perhitungan MHB Sampel 1 Agregat Kasar

Ukuran Saringan		Berat Tertahan	Persentase Kumulatif (%)			Spesifikasi
Batu 3/4		(gr)	Tertahan (%)	%	%	Max 20 mm
ASTM	(mm)			Tertahan	Lolos	
3	75	0	0	0	100	
1 ½	37	0	0	0	100	100-100
¾	19	66	1.1	1.1	98.9	95-100
3/8.	9	4015	66.91	68.01	31.98	30-60
No. 4	4.75	1910	31.83	99.85	0.15	0-10
No. 8	2.4		0	99.85	0.15	
No. 16	1.2		0	99.85	0.15	
No. 30	0.6		0	99.85	0.15	
No. 50	0.3		0	99.85	0.15	
No.100	0.15		0	99.85	0.15	
No.200	Pan	9	0.15	100	0	0
Jumlah	6000		768,51			

Tabel 4. 12 : *Lanjutan*

Ukuran Saringan		Berat Tertahan	Persentase Kumulatif (%)			Spesifikasi
Batu 3/4		(gr)	Tertahan (%)	%	%	Max 20 mm
ASTM	(mm)			Tertahan	Lolos	
No.200	Pan	9	0.15	100	0	0
Jumlah		6000		768,51		
Modulus Halus Butiran			6,685			

Tabel 4. 13 : Rekapitulasi Hasil Perhitungan MHB Sampel 2 Agregat Kasar

Ukuran Saringan		Berat Tertahan	Persentase Kumulatif (%)			Spesifikasi
Batu 1 1/2		(gr)	Tertahan (%)	%	%	Max 40 mm
ASTM	(mm)			Tertahan	Lolos	
3	75	0	0	0	100	100-100
1 ½	37	58	0.32	0.32	99.67	95-100
¾	19	9514	53.02	53.32	46.67	35-70
3/8.	9	3000	16.71	70.03	29.96	10-40.
No. 4	4.75	5363	29.87	99.91	0.08	0-5
No. 8	2.4		0	99.91	0.08	
No. 16	1.2		0	99.91	0.08	
No. 30	0.6		0	99.91	0.08	
No.50	0.3		0	99.91	0.08	
No.100	0.15		0	99.91	0.08	
No.200	Pan	15	0.083	100	0	0
Jumlah		17950		823,15		
Modulus Halus Butiran			7,231			

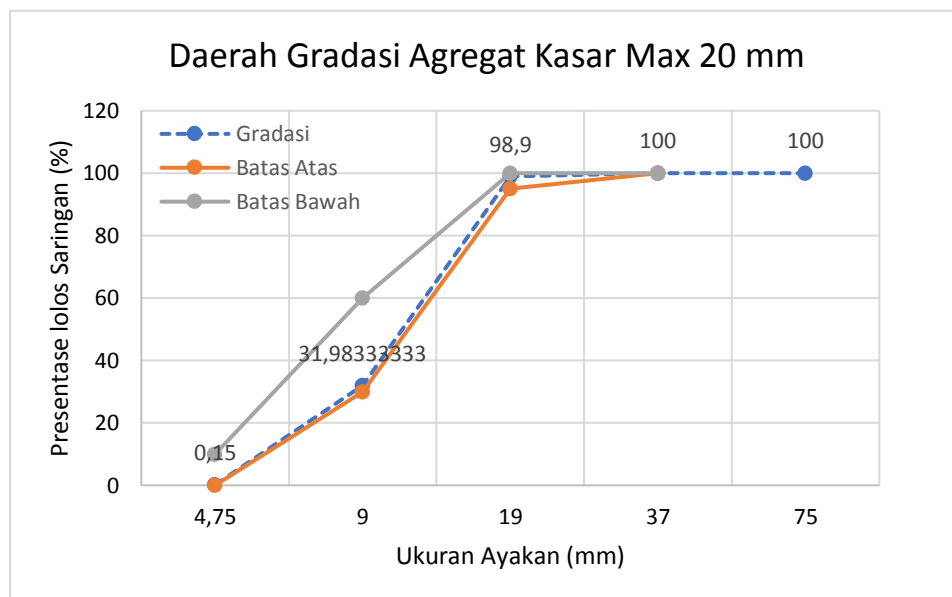
✓ Pembahasan

Berdasarkan dari hasil pengujian ini, didapatkan nilai modulus halus butir (MHB) pada sampel 1 dan sampel 2 yaitu sebesar 6,685 dan pada sampel 2 didapatkan nilai MHB sebesar 7,231. Berdasarkan persyaratan yang ditetapkan pada SK SNI S-04-1989-f nilai MHB masih memenuhi syarat MHB agregat kasar yaitu 5,0 – 8,0. Berikut ini merupakan tabel gradasi agregat kasar untuk menentukan jenis gradasi aregat kasar yang digunakan yang dapat dilihat pada Tabel 4.14.

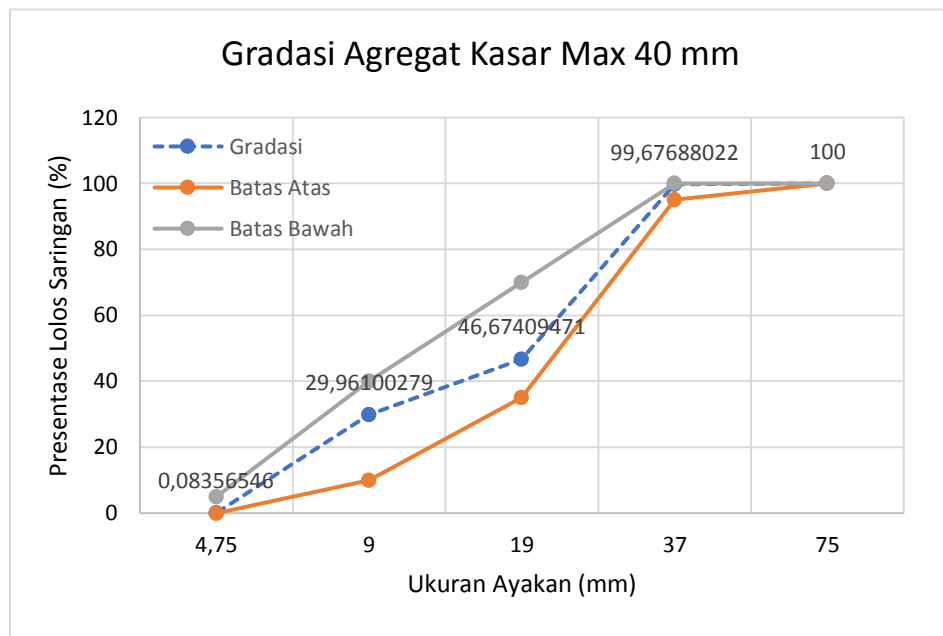
Tabel 4. 14 : Daerah Gradasi Agregat Kasar

Ukuran Saringan/Ayakan Sesuai Standar				Presentase lolos saringan		
				Ukuran Maksimal buturan		
SNI	mm	ASTM	Inchi	10	20	40
76	75	3	3			100-100
38	37	1 1/2	1,5		100-100	95-100
19	19	3/4*	0,75	100-100	95-100	35-70
9.6	9	3/8*	0,37	50-85	30-60	10-40.
4.8	4.75	No.4	0,18	0-10	0-10	0-5

Berdasarkan dari data gradasi hasil pengujian pada tabel 4.12, tabel 4.13 dan tabel 4.14, kedua sampel dari agregat kasar ini termasuk ke dalam gradasi ukuran maksimum 20 mm dan 40 mm. Berikut merupakan grafik analisa saringan agregat kasar sampel 1 dan 2 yang dapat dilihat pada Gambar 4.2 dan Gambar 4.3 sebagai berikut.



Gambar 4. 2 : Grafik Gradasi Agregat Kasar Sampel 1



Gambar 4. 3 : Grafik Gradasi Agregat Kasar Sampel 2

b. Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar

✓ Data Pengujian

Pada pengujian berat jenis agregat kasar ini, digunakan 2 sampel uji.

Data hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.15 sebagai berikut.

Tabel 4. 15 : Data Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar

Fine Agregats (Agregat Halus) Passing No. 4 (Lolos Ayakan No. 4)	Satuan	Notasi	Benda Uji	
			I (1 1/2")	II (3/4")
Wt of SSD sample in air (Berat contoh SSD kering permukaan jenuh)	gr	Bj	5000	5000
Wt of oven dry sample (Berat contoh SSD kering oven)	gr	Bk	4985	4980
Wt of Sample in water (Berat contoh dalam air)	gr	Ba	3107	3303

✓ Analisis Perhitungan

Analisis perhitungan yang dilakukan untuk menghitung nilai berat jenis agregat kasar yaitu sebagai berikut.

Perhitungan sampel 1

$$\begin{aligned}
 \text{a. Berat Jenis Curah} &= \frac{Bk}{Bj - Ba} \\
 &= \frac{4985}{5000 - 3107} \\
 &= 2,63 \\
 \text{b. Berat Jenuh Kering Muka (SSD)} &= \frac{Bj}{Bj - Ba} \\
 &= \frac{5000}{5000 - 3107} \\
 &= 2,64 \\
 \text{c. Berat Jenis Semu} &= \frac{Bk}{Bk - Ba} \\
 &= \frac{4985}{4985 - 3107} \\
 &= 2,65 \\
 \text{d. Penyerapan Air} &= \frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100\% \\
 &= \frac{5000 - 4985}{4985} \times 100\% \\
 &= 0,30 \%
 \end{aligned}$$

✓ Rekapitulasi

Rekapitulasi data hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.16 sebagai berikut.

Tabel 4. 16 : Rekapitulasi Perhitungan Berat Jenis Agregat Halus

<i>Fine Agregats (Agregat Halus) Passing No. 4 (Lolos Ayakan No. 4)</i>	Benda Uji		Rata - rata
	I (1 1/2")	II (3/4")	
<i>Wt of SSD sample in air</i> (Berat contoh SSD kering permukaan jenuh) (gr)	5000	5000	5000
<i>Wt of oven dry sample</i> (Berat contoh SSD kering oven) (gr)	4985	4980	4982.5
<i>Wt of Sample in water</i> (Berat contoh dalam air) (gr)	3007	3203	3105
<i>Bulk sp. Grafity dry</i> (Berat jenis contoh kering) (gr/cm ³)	2.50	2.77	2.64
<i>Bulk sp. Grafity SSD</i> (Berat jenis contoh SSD) (gr/cm ³)	2.51	2.78	2.65

Tabel 4.16 : *Lanjutan*

<i>Fine Agregats</i> (Agregat Halus) <i>Passing No. 4</i> (Lolos Ayakan No. 4)	Benda Uji		Rata - rata
	I (1 1/2")	II (3/4")	
<i>Apparent sp. Grafity dry</i> (Berat jenis contoh semu) (gr/cm ³)	2.52	2.80	2.66
<i>Absorption</i> (Penyerapan)	0.30	0.40	0.35

✓ Pembahasan

Berdasarkan perhitungan data hasil pengujian, didapatkan hasil yaitu kemampuan agregat kasar dalam menyerap air sebesar 0,35 % sesuai dengan kriteria agregat kasar normal yaitu maksimal sebesar 3%. Selain itu didapat juga hasil rata-rata berat jenis curah sebesar 2,64, berat jenis jenuh kering muka (SSD) sebesar 2,65 dan berat jenis semu sebesar 2,66. Berat jenis agregat kasar ini telah memenuhi syarat berat jenis agregat normal yang ada pada SNI 03-1970-1990 yaitu 2,5-2,7.

c. Pengujian Berat Volume Agregat Kasar

✓ Data Pengujian

Pada pengujian berat volume agregat kasar ini digunakan 2 sampel uji dengan cara bebas/gembur, rojok, dan goyang. Berikut ini adalah data pengujian yang dapat dilihat pada Tabel 4.17 sebagai berikut.

Tabel 4. 17 : Data Pengujian Berat Volume Agregat Kasar

No	Keterangan	Sampel 1			Sampel 2		
		Cara Lepas	Cara Rojok	Cara Goyang	Cara Lepas	Cara Rojok	Cara Goyang
1	Berat contoh & Wadah <i>WT of Sample & Mold</i> (W2)	27550	29500	28950	29900	29350	29500
2	Berat Wadah (<i>WT of Mold</i>) (W1)	14350	14350	14350	14350	14350	14350

✓ Analisis Perhitungan

Analisis perhitungan ini dilakukan seperti pada contoh perhitungan sampel 1.

$$\begin{aligned}
 \text{a. Berat Agregat (W3)} &= W2 - W1 \\
 &= 27550 - 14350 \\
 &= 13200 \text{ gr} \\
 \text{b. Volume Tabung} &= \pi \times r^2 \times t \\
 &= 3,14 \times 11,25^2 \times 25,8 \\
 &= 10.253 \\
 \text{c. Berat Volume Lepas} &= \frac{\text{Berat Agregat}}{\text{Volume Tabung}} \\
 &= \frac{13200}{10253} \\
 &= 1,29 \%
 \end{aligned}$$

✓ Rekapitulasi

Rekapitulasi data hasil pengujian berat volume cara gembur/lepas, cara rojok dan cara goyang agregat kasar pada sampel 1 dan sampel 2 dapat dilihat pada Tabel 4.18 dan tabel 4.19 berikut ini.

Tabel 4. 18 : Rekapitulasi Data hasil Pengujian Berat Volume Sampel 1 Agregat Kasar

No	Keterangan	Pers.	Satuan	Cara Lepas	Cara Rojok	Cara Goyang
1	Berat contoh & Wadah (<i>WT of Sample & Mold</i>)	W2	gr	27550	29500	28950
2	Berat Wadah (<i>WT of Mold</i>)	W1	gr	14350	14350	14350
3	Berat Contoh (<i>WT of Sample</i>)	W3	gr	13200	15150	14600
4	Volume Wadah (<i>Volume of Mold</i>)	W4	cm ³	10253	10253	10253
5	Berat Isi (<i>Unit Weight</i>)	W5	gr/cm ³	1.29	1.48	1.42
6	Rata -Rata		gr/cm ³		1,40	

Tabel 4. 19 : Rekapitulasi Data hasil Pengujian Berat Volume Sampel 2 Agregat Kasar

No	Keterangan	Pers.	Satuan	Cara Lepas	Cara Rojok	Cara Goyang
1	Berat contoh & Wadah (<i>WT of Sample & Mold</i>)		gr	27900	29350	29500
2	Berat Wadah (<i>WT of Mold</i>)		gr	14350	14350	14350
3	Berat Contoh (<i>WT of Sample</i>)	1 - 2	gr	13550	15000	15150
4	Volume Wadah (<i>Volume of Mold</i>)		cm ³	10162	10162	10162
5	Berat Isi (<i>Unit Weight</i>)	3 ÷ 4	gr/cm ³	1.33	1.48	1.49
6	Rata - Rata		gr/cm ³	1,43		

✓ Pembahasan

Dari pengujian berat volume gembur agregat kasar ini yang menggunakan 2 buah sampel uji dari agregat kasar dalam keadaan jenuh kering permukaan (SSD), didapatkan hasil rata-rata berat volume untuk sampel 1 sebesar 1,40 gr/cm³ dan sampel 2 sebesar 1,43 gr/cm³. Hasil ini telah memenuhi syarat berat volume yang ada pada SNI 03-4804-1998 yaitu 1,2-1,7 gr/cm³.

d. Pengukuran Kadar Air

✓ Data Pengujian

Data pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.20 sebagai berikut.

Tabel 4. 20 : Data Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Kasar

Keterangan	Notasi	Persamaan	Satuan	Benda Uji	
				I (1 1/2")	II (3/4")
Massa Wadah + Benda Uji	a		gr	6628	5628
Massa Wadah	b		gr	628	628
Massa Benda Uji	W1	a - b	gr	6000	5000

Tabel 4 . 20 : *Lanjutan*

Keterangan	Notasi	Persamaan	Satuan	Benda Uji	
				I (1 1/2")	II (3/4")
Massa Wadah + Benda Uji Kering Oven	c		gr	6616	5618
Massa Benda Uji Kering Oven	W2	c - b	gr	5988	4990
Kadar Air Total	P	$\frac{w_1 - w_2}{w_2} \times 100$	%	0.20	0.20

Berdasarkan pengujian kandungan air yang telah dilakukan, didapatkan nilai rata-rata kandungan air dalam agregat kasar sebesar 0,20 %. Hal ini menunjukkan bahwa agregat kasar yang digunakan telah memenuhi kategori agregat kasar normal karena memiliki nilai kandungan lumpur yang memenuhi persyaratan yang ada dalam ASTM C566-97 yaitu kandungan lumpur kurang dari 5%.

e. Pengujian Lolos Saringan No. 200 (Uji Kandungan Lumpur)

✓ Data Pengujian

Data pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.21 sebagai berikut.

Tabel 4. 21 : Data Pengujian Kadar Lumpur Agregat Kasar

Keterangan	Notasi	Pers.	Benda Uji		Satuan
			I (1 1/2")	II (3/4")	
Berat Wadah + Isi	W1		1628	1628	gr
Berat Wadah	W2		628	628	gr
Berat Wadah + Contoh Kering	W3		1619	1620	gr
Berat Kering Contoh Awal	W4	W1 - W2	1000	1000	gr
Berat Kering Contoh Akhir	W5	W3 - W2	991	992	gr

✓ Pembahasan

Analisa perhitungan sampel 1 yang dilakukan yaitu sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{a. Berat pasir lolos ayakan no. 200} &= W_4 - W_5 \\
 &= 1000 - 991 \\
 &= 9 \text{ gr} \\
 \text{b. Persentase berat lolos ayakan no. 200} &= \frac{W_4 - W_5}{W_4} \times 100\% \\
 &= \frac{1000 - 991}{1000} \times 100\% \\
 &= 0,9 \%
 \end{aligned}$$

✓ Hasil dan Pembahasan

Rekapitulasi hasil pengujian yaitu sebagai berikut.

Tabel 4. 22 : Data Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat Kasar

Keterangan	Notasi	Benda Uji		Satuan
		I (1 $\frac{1}{2}$ ")	II (3/4")	
Berat Wadah + Isi	W1	1628	1628	gr
Berat Wadah	W2	628	628	gr
Berat Wadah + Contoh Kering	W3	1619	1620	gr
Berat Kering Contoh Awal	W4	1000	1000	gr
Berat Kering Contoh Akhir	W5	991	992	gr
Berat Kotoran Agregat Lolos Saringan No.200	W6	9	8	gr
Persentase Kotoran Agregat Lolos Saringan No. 200	W7	0.9	0.8	%
Rata - Rata		0.85		%

Berdasarkan pengujian kandungan lumpur yang telah dilakukan, didapatkan nilai rata-rata kandungan lumpur dalam agregat kasar sebesar 0,85 %. Hal ini menunjukkan bahwa agregat kasar yang digunakan telah memenuhi kategori agregat kasar normal karena memiliki nilai kandungan lumpur yang memenuhi persyaratan yang ada dalam PBI 1971 yaitu kandungan lumpur kurang dari 5%.

4.1.3 Serbuk Besi

Pengujian serbuk besi yang dilakukan beserta hasil pengujiannya yaitu sebagai berikut.

a. Pengujian Analisa Saringan

✓ Data Pengujian

Pengujian ini menggunakan 1 sampel yang diambil dari serbuk besi yang akan digunakan. Data pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.23 sebagai berikut.

Tabel 4. 23 : Data Analisa Saringan Serbuk Besi

Ukuran Saringan		Berat Tertahan
No	(mm)	(gr)
No. 3/8	9.6	0
No. 4	4.75	0
No. 8	2.36	0
No.16	1.19	3
No. 30	0.52	30
No. 50	0.3	227
No. 100	0.15	194
No.200	Pan	46

✓ Analisis Perhitungan

Perhitungan Sampel 1

a. Persentase Berat Tertinggal Kumulatif (%)

- 1) Lubang ayakan 1,19 mm $= \frac{3}{500} \times 100\% = 0,6\%$
- 2) Lubang ayakan 0,60 mm $= \frac{33}{500} \times 100\% = 6,6 \%$
- 3) Lubang ayakan 0,30 mm $= \frac{260}{500} \times 100\% = 52 \%$
- 4) Lubang ayakan 0,15 mm $= \frac{454}{500} \times 100\% = 90,8 \%$
- 5) Pan $= \frac{500}{500} \times 100\% = 100 \%$

b. Persen Lolos Kumulatif (%)

Persen lolos kumulatif agregat halus sampel 1 sebagai berikut.

- 1) Lubang ayakan 1,19 mm = 0,6% - 100% = 99,4 %
- 2) Lubang ayakan 0,60 mm = 6,6% - 100% = 93,4 %
- 3) Lubang ayakan 0,30 mm = 52% - 100% = 48 %
- 4) Lubang ayakan 0,15 mm = 90,8% - 100% = 9,2 %
- 5) Pan = 100% - 100% = 0 %

c. Modulus Halus Butir (MHB)

$$\begin{aligned}
 \text{MHB} &= \frac{\text{Jumlah Persen Berat tertinggal Kumulatif}}{100\%} \\
 &= \frac{150}{100\%} \\
 &= 1,5
 \end{aligned}$$

✓ Rekapitulasi

Rekapitulasi hasil perhitungan modulus halus butir (MHB) serbuk besi dapat dilihat pada Tabel 4.24 sebagai berikut.

Tabel 4. 24 : Rekapitulasi Hasil Perhitungan Gradasi Serbuk Besi

Ukuran Saringan		Berat Tertahan	Persentase Kumulatif (%)			Spesifikasi
No	(mm)	(gr)	Tertahan (gr)	% Tertahan	% Lolos	Zona 4
No. 3/8	9.6	0	0	0	100	100
No. 4	4.75	0	0	0	100	95-100
No. 8	2.36	0	0	0	100	95-100
No.16	1.19	3	3	0.6	99.4	90-100
No. 30	0.52	30	33	6.6	93.4	80-100
No. 50	0.3	227	260	52	48	15-50
No. 100	0.15	194	454	90.8	9.2	0-15
No.200	Pan	46	500	100	0	0
Jumlah		500		250		
Modulus Halus Butiran			1.5			

✓ Pembahasan

Berikut ini merupakan nilai gradasi pasir untuk menentukan jenis agregat halus yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 4.25.

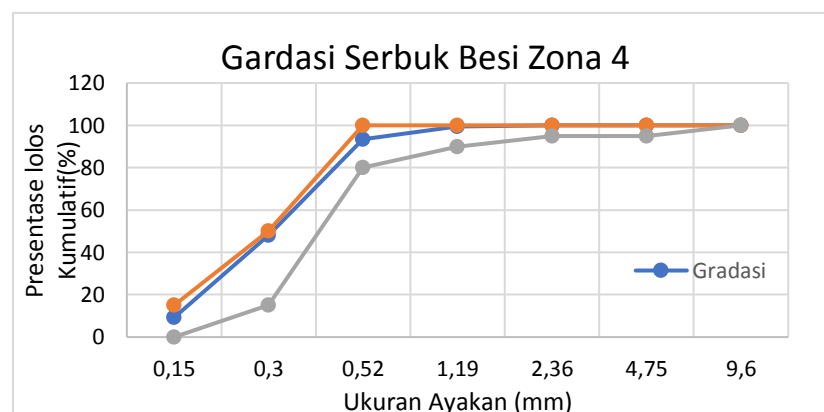
Tabel 4. 25 : Daerah Gradasi Pasir

Lubang Ayakan (mm)	Persen Berat Butir yang Lewat Ayakan			
	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4
9.6	100	100	100	100
4.75	90-100	90-100	90-100	95-100
2.36	60-95	75-100	85-100	95-100
1.19	30-70	55-90	75-100	90-100
0.52	15-34	35-59	60-79	80-100
0.3	5-20.	8-30.	12-40.	15-50
0.15	0-10	0-10	0-10	0-15

Keterangan :

- a) Daerah I : Pasir kasar
- b) Daerah II : Pasir agak kasar
- c) Daerah III : Pasir agak halus
- d) Daerah IV : Pasir halus

Berdasarkan dari data gradasi hasil pengujian pada tabel 4.21, tabel 4.22 dan tabel 4.23 kedua sampel dari serbuk besi ini termasuk ke dalam agregat halus/serbuk besi dengan gradasi pasir daerah IV yaitu pasir halus. Gradasi pasir daerah IV untuk kedua sampel serbuk besi dapat dilihat pada grafik pada Gambar 4.4 di bawah ini.



Gambar 4. 4 : Grafik Gradasi Serbuk Besi

Berdasarkan dari hasil pengujian ini, didapatkan nilai modulus halus butir (MHB) pada serbuk besi ini sebesar 1,5. Nilai MHB masih memenuhi syarat MHB agregat halus yaitu 1,5-3,80 berdasarkan SK SNI S-04-1989.

b. Pengujian Berat Jenis Serbuk Besi

✓ Data Pengujian

Pada pengujian berat jenis serbuk besi ini digunakan 2 sampel uji. Data hasil pengujian berat jenis serbuk besi dapat dilihat pada Tabel 4.26 sebagai berikut.

Tabel 4. 26 : Data Pengujian Berat Jenis Serbuk Besi

<i>Fine Agregats (Agregat Halus) Passing No. 4 (Lolos Ayakan No. 4)</i>	Satuan	Notasi	Benda Uji	
			1	2
<i>Wt of SSD sample in air</i> (Berat contoh SSD kering permukaan jenuh)	gr	Bj	500	500
<i>Wt of oven dry sample</i> (Berat contoh SSD kering oven)	gr	Bk	493	495
<i>Wt of flask + water</i> (Berat Piknometer penuh air)	gr	B	842	842
<i>Wt of flask + water + sample</i> (Berat contoh SSD dalam piknometer penuh air)	gr	Bt	1229	1234

✓ Analisis Perhitungan

Analisis perhitungan yang dilakukan untuk menghitung nilai berat jenis serbuk besi yaitu sebagai berikut dengan contoh menggunakan perhitungan sampel 1.

$$\begin{aligned}
 \text{a. Berat Jenis Curah} &= \frac{Bk}{B+Bj-Bt} \\
 &= \frac{493}{482+500-1229} \\
 &= 4,36 \\
 \text{b. Berat Jenuh Kering Muka (SSD)} &= \frac{Bj}{B+Bj-Bt}
 \end{aligned}$$

$$= \frac{500}{482+500-1229}$$

$$= 4,42$$

c. Berat Jenis Semu

$$= \frac{Bk}{B+Bk-Bt}$$

$$= \frac{493}{842+493-1229}$$

$$= 4,65$$

d. Penyerapan Air

$$= \frac{Bj-Bk}{Bk} \times 100\%$$

$$= \frac{500-493}{493} \times 100\%$$

$$= 1,42 \%$$

✓ Rekapitulasi

Rekapitulasi data hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.27 sebagai berikut.

Tabel 4. 27 : Rekapitulasi Hasil Perhitungan Berat Jenis Serbuk Besi

Fine Agregats (Agregat Halus) Passing No. 4 (Lolos Ayakan No. 4)	Benda Uji		Rata-rata
	1	2	
<i>Wt of SSD sample in air</i> (Berat contoh SSD kering permukaan jenuh)	500	500	500
<i>Wt of oven dry sample</i> (Berat contoh SSD kering oven)	493	495	494
<i>Wt of flask + water</i> (Berat Piknometer penuh air)	842	842	842
<i>Wt of flask + water + sample</i> (Berat contoh SSD dalam piknometer penuh air)	1229	1234	1231.5
<i>Bulk sp. Grafity dry</i> (Berat jenis contoh kering) (<i>Sd</i>) gr/cm ³	4.36	4.58	4.47
<i>Bulk sp. Grafity SSD</i> (Berat jenis contoh SSD) (<i>Ss</i>) gr/cm ³	4.42	4.62	4.52
<i>Apparent sp. Grafity dry</i> (Berat jenis contoh semu) (<i>Sa</i>) gr/cm ³	4.65	4.80	4.72
<i>Absorption</i> (Penyerapan) (<i>Sw</i>) gr/cm ³	1.42	1.01	1.21

✓ Pembahasan

Pengujian ini dilakukan pada 2 sampel serbuk besi dengan kondisi yang berbeda. Benda uji sampel 1 berupa serbuk besi dalam keadaan jenuh kering muka (SSD) dan sampel 2 berupa serbuk besi dalam keadaan murni tanpa diberi perlakuan. Berdasarkan hasil pengujian berat

jenis ini didapatkan perbedaan berat jenis yang signifikan. Selain itu, angka penyerapan air sampel 1 sangat tinggi yaitu 1,42%. Hal ini terjadi karena serbuk besi sampel 1 direndam dalam air agar mencapai kondisi jenuh kering muka (SSD) sehingga mengakibatkan terjadinya korosi pada butir serbuk besi. Sedangkan pada sampel 2 penyerapan airnya sebesar 1,01 %. Hal ini mengakibatkan butir serbuk besi kehilangan kekuatannya dan menjadi rapuh sehingga pada saat pengujian menggunakan piknometer, butir serbuk besi yang mengalami korosi menjadi hancur, larut dalam air dan ikut terbuang bersama air.

c. Pengujian Berat Volume Serbuk Besi

✓ Data Pengujian

Berikut ini merupakan data pengujian berat volume serbuk besi dengan cara lepas, cara rojok, dan cara goyang yang dapat dilihat pada Tabel 4.28 sebagai berikut.

Tabel 4. 28 : Data Pengujian Berat Volume Serbuk Besi

N o	Keterangan	Persamaan	Cara Lepas	Cara Rojok	Cara Goyang
1	Berat contoh & Wadah (<i>WT of Sample & Mold</i>)	W1	7755	7795	7772
2	Berat Wadah (<i>WT of Mold</i>)	W2	5170	5170	5170
3	Berat Contoh (<i>WT of Sample</i>)	W3	2585	2625	2602
4	Volume Wadah (<i>Volume of Mold</i>)	W4	1570	1570	1570

✓ Analisis Perhitungan

Adapun analisis perhitungan cara lepas yang dilakukan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{a. Berat Agregat (W3)} &= W1 - W2 \\
 &= 7755 - 5170 \\
 &= 2585
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{b. Volume Tabung} &= \pi \times r^2 \times t \\
 &= 3,15 \times 5^2 \times 20 \\
 &= 1570 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{c. Berat Volume Gembur} &= \frac{\text{Berat Agregat}}{\text{Volume Tabung}} \\
 &= \frac{2585}{1570} \\
 &= 1,646 \text{ gr/cm}^3
 \end{aligned}$$

✓ Hasil dan Pembahasan

Hasil dan pembahasan pengujian berat volume gembur, rojok, dan goyang serbuk besi dapat dilihat pada tabel 4.29 berikut ini.

Tabel 4. 29 : Rekapitulasi Data Hasil Pengujian Berat Volume Serbuk Besi

No	Keterangan	Satuan	Cara Lepas	Cara Rojok	Cara Goyang
1	Berat contoh & Wadah (<i>WT of Sample & Mold</i>)	gr	7755	7795	7772
2	Berat Wadah (<i>WT of Mold</i>)	gr	5170	5170	5170
3	Berat Contoh (<i>WT of Sample</i>)	gr	2585	2625	2602
4	Volume Wadah (<i>Volume of Mold</i>)	cm ³	1570	1570	1570
5	Berat Isi (<i>Unit Weight</i>) (Bi)	gr/cm ³	1.646	1.672	1.657
7	Rata-rata berat isi	gr/cm ³	1,658		
8	Berat Jenis Curah Agregat (Bulk Specific Gravity) Kondisi Kering (Sd)	gr/cm ³	4.47		
9	Rongga Udara (%)	%	99,99		

Dari pengujian berat volume serbuk besi ini didapatkan hasil rata-rata berat volume sebesar 1,658 gr/cm³. Hasil ini telah memenuhi syarat berat volume pada SNI 03-4804-1998 yaitu 1,2 1,7 gr/cm³.

d. Pengujian Lolos Saringan No. 200 (Uji Kandungan Lumpur)

✓ Data Pengujian

Data pengujian kadar lumpur pada agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 4.30 sebagai berikut.

Tabel 4. 30 : Data pengujian Kadar Lumpur Serbuk Besi

Keterangan	Notasi	Persamaan	Benda Uji	Satuan
Berat Kering Contoh Awal	W4	W1 - W2	500	gr
Berat Kering Contoh Akhir	W5	W3 - W2	479	gr

✓ Analisa Perhitungan

Analisa perhitungan yang dilakukan yaitu sebagai berikut.

- a. Berat pasir lolos ayakan no. 200

$$= W4 - W5$$

$$= 500 - 479$$

$$= 21 \text{ gr}$$
- b. Persentase berat lolos ayakan no. 200

$$= \frac{W4 - W5}{W4} \times 100\%$$

$$= \frac{500 - 479}{500} \times 100\%$$

$$= 4,20 \%$$

✓ Hasil dan Pembahasan

Rekapitulasi hasil pengujian yaitu sebagai berikut.

Tabel 4. 31 : Rekapitulasi hasil pengujian kadar lumpur serbuk besi

Keterangan	Notasi	Persamaan	Benda Uji	Satuan
Berat Wadah + Isi	W1		1128	gr
Berat Wadah	W2		628	gr
Berat Wadah + Contoh Kering	W3		1107	gr
Berat Kering Contoh Awal	W4	W1 - W2	500	gr
Berat Kering Contoh Akhir	W5	W3 - W2	479	gr

Tabel 4. 31 : *Lanjutan*

Keterangan	Notasi	Persamaan	Benda Uji	Satuan
Berat Kotoran Agregat Lolos Saringan No.200	W6	W4 - W5	21	gr
Persentase Kotoran Agregat Lolos Saringan No. 200	W7	$(W6 \div W4) \times 100$	4.20	%

Berdasarkan pengujian kandungan lumpur didapatkan nilai kandungan lumpur dalam serbuk besi yang digunakan sebesar 4,20 %. Lumpur pada serbuk besi ini dapat berupa sisa oli dan minyak yang menempel pada besi sebelum dilakukan pembubutan atau ukuran butiran yang terlalu halus. Hal ini menunjukkan bahwa serbuk besi yang digunakan telah memenuhi kategori agregat halus normal karena memiliki nilai kandungan lumpur yang memenuhi persyaratan yang ada dalam PBI 1971 yaitu kandungan lumpur kurang dari 5%.

Tabel 4. 32 : Rekapitulasi Mix Design dan Proporsi Campuran Beton

Formulir Rencana Campuran Beton (Mix Design)					
No	Uraian	Nilai	Satuan	Keterangan	
1	Kuat Tekan Beton yang Disyaratkan	20	MPa	Ditetapkan, pada 28 hari, bagian cacat 5 persen, $k = 1,64$	
2	Deviasi Standar (s)	5	MPa	Butir 4.2.3.1.2	
3	Nilai Tambah/Margin(M)	8,2	MPa	$1,64 \times 5$	
4	Kuat Tekan Beton Rata-rata yang Ditargetkan	28,2	MPa	(2)+(3)	
5	Jenis Semen	Type 1		Ditetapkan	
6	Jenis Agregat Halus	alami		Ditetapkan	
	Jenis Agregat Kasar	batu pecah		Ditetapkan	
7	Faktor Air Semen Bebas	0,54		Tabel 2, Grafik 1 atau 2	
	Faktor Air Semen Maksimum	0,52		Butir 4.2.3.2.2	
8	Faktor Air Semen Digunakan	0,52			
9	Slump	60-180	mm	Ditetapkan	
10	Ukuran Agregat Maksimum	40	mm	Ditetapkan	
11	Kadar Air Bebas	185		Tabel 3.8	
12	Kadar Semen	355,7	kg/m ³	(11):(8)	
13	Kadar Semen Maksimum	-			
14	Kadar Semen Minimum	325		Tabel 3.9	
15	Presentase semen	100%	kg/m ³		
16	Faktor Air Semen Disesuaikan	-			
17	Susunan Besar Butir Agregat Halus	2		Daerah gradasi	
18	Berat Jenis Agregat Halus	2,61			
	Berat Jenis Agregat Kasar	2,65			
19	Persen Agregat Halus	40	%	Grafik 13s/d 15 atau perhitungan	
20	Berat Jenis Relatif Agregat (Gabungan) SSD	2,553			
21	Berat Isi Beton	2375	kg/m ³	Gambar 5.9	
22	Kadar Agregat Gabungan	1690,000	kg/m ³	(21)-(15)-(11)	
23	Kadar Agregat Halus	703,040	kg/m ³	(19)*(22)	
24	Kadar Agregat Kasar	986,960	kg/m ³	(22)-(23)	
No	Uraian	Semen (kg)	Air (kg)	Agregat	
				Halus (kg)	Kasar (kg)
25	Proporsi Campuran Teoritis (Agregat Kondisi SSD)				
	* Setiap m ³	362	186	701	1052

Tabel 4. 32 : *Lanjutan*

Formulir Rencana Campuran Beton (<i>Mix Design</i>)					
No	Uraian	Nilai	Satuan	Keterangan	No
	* Setiap Campuran Uji (6 benda uji) :	11,511	5,914	22,291	33,453
	0,0053 m ³				
26	Proporsi Campuran dengan Angka Penyusutan (25%)				
	* Setiap m ³	452,50	228,26	876,25	1315
	* Setiap Campuran Uji (6 benda uji) : 0,0053 m ³	13,811	7,058	26,744	40,140
	Perbandingan	1	0,5	1,715	2,407

4.2 Pengujian Beton

Pengujian beton yang dilakukan pada penelitian ini terbagi menjadi 2 yaitu pengujian pada beton segar dan pengujian pada beton keras. Pengujian yang dilakukan pada beton segar adalah pengujian slump. Pengujian yang dilakukan pada beton keras pada penelitian ini ada 2 yaitu pengujian kuat tekan beton dan pengujian kuat tarik beton.

4.2.1 Pengujian Slump

Pengujian slump yang dilakukan pada beton segar ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kelecakan atau kemudahan pengerjaan (*workability*) beton. Adukan beton segar yang kental menunjukkan bahwa adukan beton memiliki nilai slump yang rendah. Begitu pula sebaliknya, adukan beton segar yang encer menunjukkan bahwa adukan beton memiliki nilai slump yang tinggi. Pada penelitian ini, nilai slump yang digunakan yaitu sebesar 60-180 mm.

Tabel 4.32 : Hasil Pengujian Slump

No	Benda Uji	Kadar Serbuk besi (%)	Tinggi Slump (mm)
1	BN	0	130
2	BSB 5	5%	120

Tabel 4.32 : *Lanjutan*

No	Benda Uji	Kadar Serbuk besi (%)	Tinggi Slump (mm)
3	BSB 10	10%	105
4	BSB 15	15%	95
	Rata-rata		112,5

Berdasarkan hasil pengujian slump pada penelitian ini, didapatkan nilai slump rata-rata sebesar 108,75 mm. Nilai slump yang ditetapkan pada penelitian ini sebesar 60-180 mm sehingga nilai slump rata-rata telah memenuhi nilai slump yang ditetapkan.

4.1.2 Pengujian Kuat Tekan

Uji kuat tekan beton merupakan salah satu pengujian untuk mengetahui mutu dari suatu beton. Uji kuat tekan ini merupakan pengujian yang terpenting karena hasil dari pengujian- pengujian lainnya dapat diperkirakan dari hasil uji ini.

Tabel 4. 33 : Pengujian Kuat Tekan

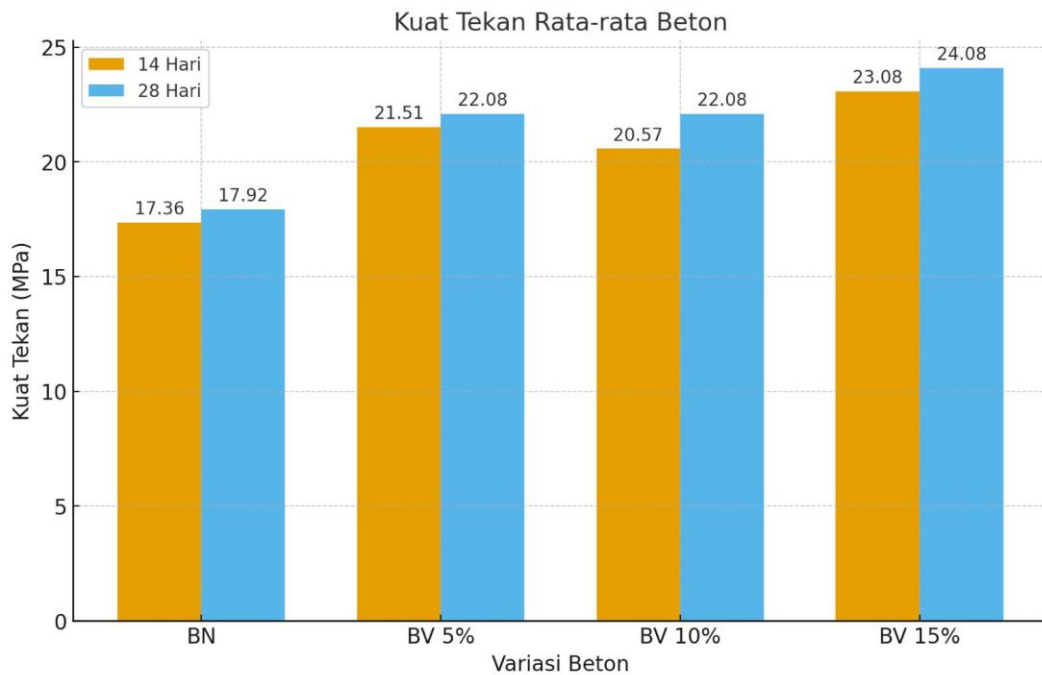
Variasi Beton	Luas (mm)	Umur Sampel (Hari)	Berat Benda Uji	Beban (N)	Kuat Tekan	Kuat tekan Rata-Rata
BN	150	14 Hari	12,60	360000	20,38217	17,36258552
			12,65	280000	15,8528	
			12,70	280000	15,8528	
		28 Hari	12,65	290000	16,41897	17,92875678
			12,60	360000	20,38217	
			12,75	300000	16,98514	
BV 5%	150	14 Hari	12,70	400000	22,64685	21,51450814
			12,65	370000	21,51451	
			12,60	360000	20,38217	
		28 Hari	12,65	400000	22,64685	22,08067941
			12,70	390000	22,08067	
			12,90	380000	21,51450	

Tabel 4. 33 : *Lanjutan*

Variasi Beton	Luas (mm)	Umur Sampel (Hari)	Berat Benda Uji	Beban (N)	Kuat Tekan	Kuat tekan Rata-Rata
BV 10%	150	14 Hari	12,70	370000	20,94834	20,57088936
			13	360000	20,38217	
			12,65	360000	20,38217	
		28 Hari	12,75	380000	21,51451	22,08067941
			12,80	390000	22,08068	
			12,95	400000	22,64685	
BV 15%	150	14 Hari	12,75	360000	20,38217	23,08067941
			12,95	340000	19,24982	
			12,70	370000	20,94834	
		28 Hari	12,90	400000	22,64685	24,08067941
			13	400000	22,64685	
			12,95	380000	21,51451	

Berdasarkan dari tabel hasil pengujian kuat tekan beton di atas dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan kuat tekan beton seiring dengan bertambahnya serbuk besi. Pada beton normal diperoleh kuat tekan beton rata-rata pada umur 14 hari sebesar 17,36258552 MPa dan pada umur 28 hari sebesar 17,92875678 MPa. Pada campuran beton dengan penambahan serbuk besi sebesar 5% didapatkan nilai kuat tekan beton pada umur 14 hari sebesar 21,51450814 MPa dan pada umur 28 hari sebesar 22,08067941 MPa. Pada campuran beton dengan penambahan serbuk besi sebesar 10% didapatkan nilai kuat tekan beton pada umur 14 hari sebesar 20,57088936 MPa dan pada umur 28 hari sebesar 22,08067941 MPa. Pada campuran beton dengan penambahan serbuk besi sebesar 15% didapatkan nilai kuat tekan beton pada umur 14 hari sebesar 23,080667941 MPa dan pada umur 28 hari sebesar 24,08067941 MPa.

Pada penelitian ini dilakukan pengujian kuat tekan beton pada umur 14 hari yang bertujuan sebagai kontrol dan pembandingan terhadap kuat tekan beton umur 28 hari. Beton umur 14 hari hanya memiliki kuat tekan sebesar 88% dari kuat tekan beton yang berumur 28 hari yaitu yang telah memiliki kuat tekan sebesar 100%. Berdasarkan hubungan persen kuat tekan beton tersebut, nilai kuat tekan beton umur 28 hari dapat diperkirakan berdasarkan dari nilai kuat tekan beton umur 14 hari.



Grafik 4.5 : Kuat Tekan Beton

Berdasarkan grafik di atas dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan kuat tekan beton seiring dengan bertambahnya serbuk besi dari 5% sampai dengan 15%. Hal ini dapat terjadi karena besi memiliki struktur yang lebih kuat dan baik. Akibat *trendline* yang naik terus, maka titik optimum kuat tekan beton pada penelitian ini masih belum didapatkan sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut.

Berdasarkan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Purwanto dan Wardani (2020) yang meneliti tentang pengaruh penambahan serbuk besi terhadap kuat tekan beton mutu K-225 dengan variasi takaran serbuk besi sebesar 5%, 10% dan 15% dari agregat halusnya mendapatkan hasil bahwa terjadi penurunan kuat tekan beton pada setiap penambahan serbuk besi. Oleh sebab itu, dilakukan penelitian ini yang meneliti tentang pengaruh penggunaan serbuk besi sebagai pengganti sebagian agregat halus pada beton terhadap kuat tekan dan kuat tarik beton. Penelitian ini mengambil parameter variasi takaran serbuk besi sebesar 0%; 5%; 10% dan 15% dari agregat halusnya. Pada penelitian ini didapatkan hasil bahwa kuat tekan

beton meningkat seiring dengan penambahan serbuk besi. Hal ini dapat disebabkan karena struktur serbuk besi yang lebih kuat dan keras daripada pasir. Struktur serbuk besi juga lebih runcing sehingga memungkinkan terjadinya daya ikat (*lock and key*) yang kuat dengan komponen penyusun yang lainnya. Selain itu, berdasarkan dari hasil pengujian modulus halus butir menunjukkan bahwa serbuk besi termasuk dalam gradasi daerah IV yaitu pasir halus. Hal ini dapat memungkinkan serbuk besi berperan sebagai *filler* pada campuran beton sehingga dapat menghasilkan beton yang padat dan bermutu baik.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan ini, diperoleh beberapa kesimpulan yaitu sebagai berikut.

1. Pengaruh penggunaan serbuk besi sebagai pengganti sebagian pasir pada beton terhadap kuat tekan sebagai berikut.
 - a. Kuat tekan beton setelah penambahan serbuk besi dengan variasi sebanyak 5%; 10%; dan 15% dari agregat halusnya mengalami kenaikan masing-masing sebesar 4,152%; 4,718%; dan 6,718 % dari kuat tekan beton normalnya .
2. Kuat Tekan Optimum yang didapat adalah 24,08 Mpa pada variasi 15% umur 28 hari.

5.2 Saran

Berdasarkan dari analisis, pembahasan serta kesimpulan dari penelitian ini, terdapat beberapa saran yang dapat dilakukan agar pada penelitian selanjutnya didapatkan hasil yang lebih baik. Saran untuk penelitian selanjutnya yaitu sebagai berikut.

1. Untuk penelitian selanjutnya dari tahap persiapan, pembuatan, perawatan hingga pengujian beton dilakukan sebaik mungkin sesuai dengan SNI beton sehingga diperoleh hasil yang baik dan maksimal.
2. Untuk mencegah terjadinya korosi, serbuk besi harus ditaruh pada tempat yang aman, jangan diletakkan dalam keadaan terbuka (kontak langsung dengan udara luar) dan jangan sampai terkena air.

DAFTAR PUSTAKA

- American Society for Testing and Materials C 127 *Standards test method for relative density (specific gravity) and absorption of coarse aggregate*. Philadelphia: ASTM.
- American Society for Testing and Materials C 150 (1985) *Standards Specification For Portland Cement*. Philadelphia: ASTM.
- Aryuni, E, Zulfadli, 1997, *our world in concrete & structure, proceeding of the 22conference* , Singapura
- Laboratorium Beton Teknik Sipil. Buku Pedoman Praktikum Beton. Fakultas Teknik. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Medan
- Nugraha dan Antoni, 2007, TEKNOLOGI BETON dari material pembuatan ke beton kinerja tinggi, C.V Andi offset, Yogyakarta.
- Mulyono, Tri 2004. *Tenologi beton*. Penerbit ANDI. Yogyakarta
- Sagel, Ring, DKK, 1993, *Pedoman pengerjaan beton (Berdasarkan SKSNI T-15- 1991-03)*, Erlangga, jakarta.
- SNI 03-2834-2000, *Tata cara pembuatan rencana beton Normal*.
- SNI 03-2847-2002, *Tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedungn (beta version)*.
- SNI 03-1968-1990, *Metode pengujian tentang analisis saringan agregat halus dan kasar*.
- SNI 03-1969-1990, *Metode pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar* .
- SNI 03-1970-1990, *Metode pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus*.
- SNI 03-4804-1998, *Metode pengujian bobot isi dan rongga udara dalam agregat*.
- SNI 03-4142-1996, *Metode pengujian jumlah bahan dalam agregat yang lolos saringan no. 200 (0,075 MM)*.
- SNI 03-1974-1990, *Metode pengujian kuat tekan beton*. SK SNI T-15-1990-3. *Tata cara pembuatan beton normal*.
- SNI 2417 : 2008, *Cara uji keausan agregat dengan mesin abrasi los angeles*.

SNI 1972 : 2008, Cara uji slump test beton

Tjokrodimulyo, K. (2007) Teknologi Beton. Yogyakarta: Biro.

SNI 03-3418-1994, Metode pengujian kandungan udara pada beton segar.

SNI1974: 2011, Cara uji kuat tekan beton.

<https://publication.umsu.ac.id/index.php/ht/article/download/917/874>

Badan Standardisasi Nasional. (1990). SNI 03-1972-1990 tentang Metode Pengujian Slump Beton. Badan Standarisasi Nasional.

Zulkarnain, F., & Mulyadi, M. (2023). Pengujian Pengujian Kuat Tarik Belah Beton Dengan Abu Sekam Padi Sebagai Substitusi Parsial Semen.

Jurnal *AIP Conf. Proc.* 2601, 020036 (2023)

<https://doi.org/10.1063/5.0129875>

LAMPIRAN

LAMPIRAN

Foto Dokumentasi Pada Saat Penelitian



Gambar L.1: Semen Portland (*Portland Cement*) tipe 1.



Gambar L.2: Agregat kasar.



Gambar L.3: Agregat halus.



Gambar L.4: Serbuk besi.



Gambar L.5: Proses pembuatan beton secara manual.



Gambar L.6: Pengujian *slump test*.



Gambar L.7: Perendaman benda uji.



Gambar L.8: Pengujian kuat tekan beton.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA DIRI PESERTA

Nama Lengkap : Fahri Ananda Syahputra
Tempat, Tanggal Lahir : P. Batu, 31 Agustus 2003
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Alamat : Jl. Keluarga Gg. Durachman
Agama : Islam
Nama Orang Tua
Ayah : Fajar Nugroho
Ibu : Misnah
No. HP : 087806003676
E-mail : ryanand3831@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Pokok Mahasiswa : 2107210051
Fakultas : Teknik
Program Studi : Sipil
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Perguruan Tinggi : Jl. Kapten Muchtar Basri BA No. 3 Medan 20238

No	Tingkat Pendidikan	Nama dan Tempat	Tahun Kelulusan
1.	SD	SD 060973	2015
2.	SMP	SMP Muhammadiyah 03	2018
3.	SMA	SMA Sultan Iskandar Muda	2021
4.	KULIAH	Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.	2025