

TUGAS AKHIR

PENGARUH PENGGUNAAN SERBUK BESI SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN PASIR PADA BETON TERHADAP KUAT TEKAN DAN KUAT TARIK BETON

***(THE EFFECT OF USING IRON POWDER AS A
PARTIAL REPLACEMENT OF SAND IN CONCRETE
TO COMPRESSIVE STRENGTH AND THE TENSILE
STRENGTH OF CONCRETE)***

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil**



**Fakhri Rahmadillah Syaihu
17511224**

**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2022**

TUGAS AKHIR

PENGARUH PENGGUNAAN SERBUK BESI SEBAGAI PENGANTI SEBAGIAN PASIR PADA BETON TERHADAP KUAT TEKAN DAN KUAT TARIK BETON

***(THE EFFECT OF USING IRON POWDER AS A
PARTIAL REPLACEMENT OF SAND IN CONCRETE
TO COMPRESSIVE STRENGTH AND THE TENSILE
STRENGTH OF CONCRETE)***

Disusun oleh

Fakhri Rahmadillah Syaihu

17511224

Telah diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh derajat Sarjana

Teknik Sipil

Diuji pada tanggal

Oleh Dewan Penguji

Pembimbing-I



23.
12/22

Astriana Hardawati S.T., M.Eng.
NIK: 165111301

Penguji I



Prof. Ir. M. Teguh, MSCE., Ph.D.
NIK: 855110201

Penguji II



Jafar S.T., M.T.
NIK: 185111305

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Yurafia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D.
NIK: 095110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk penyelesaian program Sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan laporan Tugas Akhir yang saya kutip hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian laporan Tugas Akhir ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta, 29 Agustus 2022

Yang membuat pernyataan



Fakhri Rahmadillah Syaihu

(17511224)

HALAMAN PERSEMBAHAN

“Diwajibkan atas kamu berperang, padahal itu tidak menyenangkan bagimu. Tetapi boleh jadi kamu tidak menyenangi sesuatu, padahal itu baik bagimu, dan boleh jadi kamu menyukai sesuatu, padahal itu tidak baik bagimu. Allah mengetahui, sedang kamu tidak mengetahui.”

(Q.S. Al Baqarah : 216)

“Jadilah seperti bunga yang memberikan keharuman bahkan kepada tangan yang telah merusaknya.”

(Ali bin Abi Thalib)

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Alhamdulillah rabbil'alamin Puji syukur kepada Allah SWT atas segala rahmat beserta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan Tugas Akhir dengan judul “Pengaruh Penggunaan Serbuk Besi Sebagai Pengganti Sebagian Pasir Pada Beton Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik Beton”, sebagai salah satu syarat menyelesaikan studi tingkat sarjana pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Penulis juga ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membimbing dan membantu dalam pelaksanaan penelitian sampai penyusunan Tugas Akhir, yaitu:

1. Ibu Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
2. Ibu Astriana Hardawati, S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing utama yang telah memberikan bimbingan, arahan serta saran yang diberikan kepada penulis.
3. Prof. Ir. M. Teguh, MSCE., Ph.D, selaku dosen penguji 1.
4. Jafar S.T., M.T, selaku dosen penguji 2.
5. Ibu Novi Rahmayanti, S.T., M.Eng. selaku kepala Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik.
6. Bapak Darussalam dan bapak Suwarno, selaku asisten Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik.
7. Bapak, Ibu, adik-adik penulis Farhan dan Faiz yang sudah mendukung dan mendoakan kelancaran penelitian penulis.
8. Cholis, Maul, Anjas, Yuma, Zakie, Bima, Riawan, Tsalis, Kenken, Rahmad, dan Bagus yang sudah membantu pelaksanaan penelitian penulis.
9. Teman-teman penulis tercinta yaitu Munov yang telah menemani, mendukung, dan mensupport penulis.
10. Teman-teman Teknik Sipil 2017 yang telah belajar dan berjuang bersama, dan

11. Serta semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini terdapat kekurangan, sehingga perlu adanya kritik dan saran yang membangun bagi penulis. Semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat dan tambahan wawasan bagi pihak yang membacanya.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb

Yogyakarta, 25 Agustus 2022

Penulis



Fakhri Rahmadillah Syaihu

(17511224)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xiv
ABSTRAK	xiv
ABSTRACT	xv
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	6
2.1 Hasil Penelitian Sebelumnya	6
2.2 Perbedaan Penelitian	13
BAB III LANDASAN TEORI	14
3.1 Beton	14
3.2 Bahan Penyusun Beton	15
3.1.1 Agregat Halus	16
3.1.2 Agregat Kasar	16
3.1.3 Semen Portland	16
3.1.4 Air	18

3.1.5 Bahan Tambah	19
3.3 Limbah Serbuk Besi	20
3.4 Kuat Tekan Beton	21
3.5 Kuat Tarik Beton	23
3.6 Mix Design	24
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN	32
4.1 Metode Penelitian	32
4.2 Jenis Penelitian	32
4.3 Lokasi Penelitian	32
4.4 Bahan dan Benda Uji	32
4.4.1 Bahan	32
4.4.2 Alat	33
4.4.3 Benda Uji	35
4.5 Tahapan Penelitian	36
4.5.1 Persiapan bahan	36
4.5.2 Pengolahan Benda Uji	39
4.5.3 Pengujian Kuat Tekan Pada Benda Uji	40
4.5.4 Pengujian Kuat Tarik Beton	40
4.6 Diagram Alir atau <i>Flowchart</i> Penelitian	42
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	44
5.1 Pengujian Material	44
5.2 Komposisi Campuran	78
5.3 Pengujian Beton	86
5.3.1 Pengujian Slump	86
5.3.2 Pengujian Kuat Tekan Beton	87
5.3.3 Pengujian Kuat Tarik Beton	91
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	96
6.1 Kesimpulan	96
6.2 Saran	96
DAFTAR PUSTAKA	98
LAMPIRAN	100

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Yang Telah Dilakukan	9
Tabel 3.1 Susunan Unsur Dalam Semen	17
Tabel 3.2 Komposisi utama semen Portland	17
Tabel 3.3 Kandungan Kimia Pada Serbuk Besi	20
Tabel 3.4 Kelas dan Mutu Beton	22
Tabel 3.5 Korelasi Umur dan Kuat Tekan Beton	23
Tabel 3.6 Faktor Pengali (k) Deviasi Standar	25
Tabel 3.7 Perkiraan Kuat Tekan Beton (MPa) dengan $f_{as} = 0,5$	26
Tabel 3.8 Perkiraan Kebutuhan Air per-meter kubik Beton	27
Tabel 3.9 Persyaratan f_{as} dan Jumlah Semen minimum Untuk berbagai macam Pembetonan dan Lingkungan Khusus	28
Tabel 4.1 Jumlah Sampel Benda Uji Untuk Uji Kuat Tekan Beton	35
Tabel 5.1 Data Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Halus	44
Tabel 5.2 Rekapitulasi Data Hasil Perhitungan	45
Tabel 5.3 Data Sampel 1 dan 2	46
Tabel 5.4 Rekapitulasi Hasil Perhitungan MHB Sampel 1	48
Tabel 5.5 Rekapitulasi Hasil Perhitungan MHB Sampel 2	49
Tabel 5.6 Gradasi Pasir	49
Tabel 5.7 Data Pengujian Berat Volume Gembur Agregat Halus	51
Tabel 5.8 Rekapitulasi Data Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Agregat Halus	52
Tabel 5.9 Data Pengujian Berat Volume Padat Agregat Halus	53
Tabel 5.10 Rekapitulasi Data Hasil Pengujian Berat Volume Padat Agregat Halus	54
Tabel 5.11 Data Uji Kandungan Lumpur Agregat Halus	55
Tabel 5.12 Rekapitulasi Uji Kandungan Lumpur	55
Tabel 5.13 Data Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar	56
Tabel 5.14 Rekapitulasi Data Hasil Perhitungan	57

Tabel 5.15 Data Sampel 1 dan 2	58
Tabel 5.16 Rekapitulasi Hasil Perhitungan MHB Sampel 1	60
Tabel 5. 17 Rekapitulasi Hasil Perhitungan MHB Sampel 2	61
Tabel 5.18 Gradasi Agregat Kasar	62
Tabel 5.19 Data Pengujian Berat Volume Gembur Agregat Kasar	63
Tabel 5.20 Rekapitulasi Data Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Agregat Kasar	64
Tabel 5.21 Data Pengujian Berat Volume Padat Agregat Kasar	65
Tabel 5.22 Rekapitulasi Data Hasil Pengujian Berat Volume Padat Agregat Kasar	66
Tabel 5.23 Data Hasil Pengujian Berat Jenis Serbuk Besi	67
Tabel 5.24 Rekapitulasi Data Hasil Perhitungan	68
Tabel 5.25 Data Sampel 1 dan 2	69
Tabel 5.26 Rekapitulasi Hasil Perhitungan MHB Sampel 1	70
Tabel 5.27 Rekapitulasi Hasil Perhitungan MHB Sampel 2	71
Tabel 5.28 Gradasi Pasir	72
Tabel 5.29 Data Pengujian Berat Volume Gembur Serbuk Besi	74
Tabel 5.30 Rekapitulasi Data Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Serbuk Besi	75
Tabel 5.31 Data Pengujian Berat Volume Padat Serbuk Besi	75
Tabel 5.32 Rekapitulasi Data Hasil Pengujian Berat Volume Padat Serbuk Besi	76
Tabel 5.33 Data Uji Kandungan Lumpur Serbuk Besi	77
Tabel 5.34 Rekapitulasi Uji Kandungan Lumpur	77
Tabel 5.35 Rekapitulasi <i>Mix Design</i> dan Proporsi Campuran Beton	85
Tabel 5.36 Proporsi Campuran Benda Uji Dengan Penambahan Serbuk Besi	86
Tabel 5.37 Hasil Pengujian Slump	87
Tabel 5.38 Pengujian Kuat Tekan Beton Normal	88
Tabel 5.39 Pengujian Kuat Tekan Beton Dengan Penambahan Serbuk Besi 1,5%	88
Tabel 5.40 Pengujian Kuat Tekan Beton Dengan Penambahan Serbuk Besi 3%	88

Tabel 5.41 Pengujian Kuat Tekan Beton Dengan Penambahan Serbuk Besi 4,5%	89
Tabel 5.42 Pengujian Kuat Tarik Beton Normal	92
Tabel 5.43 Pengujian Kuat Tarik Beton Dengan Penambahan Serbuk Besi 1,5%	92
Tabel 5.44 Pengujian Kuat Tarik Beton Dengan Penambahan Serbuk Besi 3%	92
Tabel 5.45 Pengujian Kuat Tarik Beton Dengan Penambahan Serbuk Besi 4,5%	93
Tabel 5.46 Rekapitulasi Persen Kuat Tarik Beton Terhadap Kuat Tekan Beton	95



DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Sketsa Pengujian Kuat Tekan Beton dan Penempatan Benda Uji Pada Alat Uji	23
Gambar 3.2 Sketsa Pengujian Kuat Tarik Beton dan Penempatan Benda Uji Pada Alat Uji	24
Gambar 3.3 Grafik Hubungan antara Kuat Tekan dan Faktor Air Semen (fas) (Benda Uji Silinder Diameter 150 mm dan Tinggi 300 mm)	29
Gambar 3.4 Grafik Persen Pasir terhadap Kadar Total Agregat yang Dianjurkan untuk Ukuran Butir Maksimum 20 mm	29
Gambar 3.5 Grafik Persen Pasir terhadap Kadar Total Agregat yang Dianjurkan untuk Ukuran Butir Maksimum 40 mm	30
Gambar 3.6 Grafik Perkiraan Isi Beton Basah yang telah Dipadatkan	31
Gambar 4.1 Bagan Alir atau <i>Flowchart</i> Penelitian	42
Gambar 5.1 Grafik Gradasi Pasir Sampel 1	50
Gambar 5.2 Grafik Gradasi Pasir Sampel 2	51
Gambar 5.3 Grafik Gradasi Agregat Kasar Sampel 1	662
Gambar 5.4 Grafik Gradasi Agregat Kasar Sampel 2	63
Gambar 5.5 Grafik Gradasi Serbuk Besi Sampel 1	73
Gambar 5.6 Grafik Gradasi Serbuk Besi Sampel 2	73
Gambar 5.7 Grafik Hubungan Antara Kuat Tekan Beton dan Faktor Air Semen	81
Gambar 5.8 Grafik Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat yang Dianjurkan Untuk Ukuran Butir Maksimum 20 mm	82
Gambar 5.9 Grafik Perkiraan Berat Isi Beton Basah yang Telah Selesai Dipadatkan	83
Gambar 5.10 Grafik Hubungan Antara Kuat Tekan Beton dan Penambahan Serbuk Besi	90
Gambar 5.11 Grafik Hubungan Antara kuat Tarik Beton dan Penambahan Serbuk Besi	94

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Pengujian Agregat	100
Lampiran 2 Hasil Pengujian Beton Keras	120
Lampiran 3 Gambar Alat yang Digunakan	128
Lampiran 4 Gambar Bahan yang Digunakan	134
Lampiran 5 Gambar Hasil Pengujian Beton	136



DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

A	= Luas tampang, mm ²
$f'c$	= Kuat desak beton, MPa
L	= Panjang benda uji, mm
P	= Beban maksimum, N
D	= Diameter benda uji, mm
k	= Faktor pengali deviasi standar
M	= Nilai tambah
f'_{cr}	= Kuat tekan rata-rata yang direncanakan, MPa
Sr	= Deviasi standar rencana
Wair	= Kadar air bebas
Wh	= Perkiraan jumlah air untuk agregat halus
Wk	= Perkiraan jumlah air untuk agregat kasar
Fas	= Faktor air semen
bjag-gab	= Berat jenis agregat gabungan
bjag-halus	= Berat jenis agregat halus
bjag-kasar	= Berat jenis agregat kasar
P	= Persentase agregat halus (%)
K	= Persentase agregat kasar (%)

ABSTRAK

Di zaman sekarang ini kebutuhan akan infrastruktur semakin meningkat, salah satunya yaitu kebutuhan akan bangunan gedung. Pembangunan gedung terus meningkat dan berkembang dari tahun ke tahun, dengan demikian diperlukan inovasi pada elemen struktural maupun arsitektural. Salah satu komponen penyusun gedung yang juga merupakan elemen struktural yaitu beton. Dengan berkembangnya teknologi pada beton, maka semakin banyak ide dan inovasi yang digunakan untuk meningkatkan mutu beton, salah satu inovasinya yaitu dengan menambahkan bahan tambah atau bahan pengganti pada beton. Salah satu bahan pengganti yang dapat digunakan yaitu serbuk besi. Besi memiliki struktur yang lebih keras dan kuat daripada pasir. Selain itu, besi juga memiliki kuat tarik yang tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh penambahan serbuk besi sebagai pengganti sebagian pasir pada beton terhadap kuat tekan dan kuat tarik beton dan juga untuk mengetahui kuat tekan dan kuat tarik optimum beton setelah penambahan serbuk pada variasi takaran 1,5%; 3% dan 4,5% dari agregat halusnya.

Metode perhitungan campuran beton yang digunakan mengacu pada SNI 03-2834-2000 dengan mutu beton rencana sebesar 25 MPa. Beton yang diuji berumur 14 hari dan 28 hari.

Hasil uji kuat tekan beton pada variasi takaran penambahan serbuk besi 1,5%; 3% dan 4,5% dari agregat halusnya masing-masing sebesar 25,924 MPa, 28,018 MPa dan 31,078 MPa. Hasil uji kuat tarik beton pada variasi takaran penambahan serbuk besi 1,5%; 3% dan 4,5% dari agregat halusnya masing-masing sebesar 2,255 MPa, 2,305 MPa dan 2,374 MPa. Dari hasil tersebut disimpulkan bahwa nilai kuat tekan dan kuat tarik beton terus meningkat seiring dengan penambahan serbuk besi. Hal ini menyebabkan trendline nilai kuat tekan dan kuat tarik beton terus naik sehingga masih belum menemukan titik optimumnya. Maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan takaran limbah serbuk besi yang berbeda.

Kata Kunci : *Beton, Serbuk Besi, Kuat Tekan Beton dan Kuat Tarik Beton.*

ABSTRACT

Nowadays the need for infrastructure is increasing, especially the need for buildings. Since the building construction continues to increase and develop every year, the innovation to the structural and architectural element is required. One of the building components which is also a structural element is concrete. The advanced development of technology in concrete demands more ideas and innovations to improve the quality of concrete, one of the innovations is by adding additional or substitute materials to concrete, such as iron powder. The use of iron powder in concrete presents its strength. Besides having a high tensile, iron powder has also a harder and stronger structure compared with sand. This study aims to analyze the influence of the additional iron powder as a half sand substitute in the concrete toward the compressive and tensile strengths of concrete, as well as to measure the optimum compressive and tensile strengths of concrete after the additional of iron powder in various quantities of 1.5%, 3% and 4.5% of the fine aggregate.

The method of calculating the concrete mixture used refers to SNI 03-2834-2000 with a design concrete quality of 25 MPa. The tested concrete was 14 days and 28 days old.

The results indicated that the comprehensive strength of substitute iron powder in various doses of its fine aggregates at 1.5%, 3% and 4.5% was 25,924 MPa, 28,018 MPa and 31,078 MPa, respectively. Meanwhile the result of the tensile strength of additional 1.5%, 3% and 4.5% iron powder from its fine aggregate was 2,255 MPa, 2,305 MPa and 2,375 MPa correspondingly. From the findings it was concluded that the comprehensive and tensile strengths of concrete increased exponentially with iron powder added. Although the additional iron powder has made the trendline of the comprehensive and tensile strengths continually increased, the optimum point has not found yet, therefore, it requires further research.

Key words: concrete, iron powder, concrete compressive strength, and concrete tensile strength.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di zaman sekarang ini kebutuhan infrastruktur semakin meningkat, salah satunya yaitu kebutuhan bangunan gedung. Pembangunan gedung terus meningkat dan berkembang dari tahun ke tahun, sehingga diperlukan inovasi pada elemen struktural maupun arsitektural.

Elemen struktural adalah elemen bangunan yang berfungsi untuk mendistribusikan beban yang diterima dan beban sendiri sampai ke bagian tanah, sehingga beban dapat ditahan dan tidak terjadi keruntuhan atau kerusakan bangunan. Salah satu komponen penyusun gedung yang juga merupakan elemen struktural yaitu beton.

Menurut SNI 03-2834-2000 beton merupakan campuran antara semen Portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa bahan tambah (*admixture*) membentuk massa padat. Beton mempunyai sifat yang menguntungkan dibanding dengan bahan bangunan yang lain, yaitu memiliki kuat tekan yang cukup tinggi. Akan tetapi beton juga memiliki kekurangan yaitu mempunyai kuat tarik yang rendah, sehingga mudah retak.

Dengan berkembangnya teknologi pada beton, maka semakin banyak ide dan inovasi yang digunakan untuk meningkatkan mutu beton, salah satu inovasinya yaitu dengan menambahkan bahan tambah atau bahan pengganti pada beton. Fungsi bahan pengganti ini yaitu untuk memodifikasi sifat dan karakteristik beton itu seperti untuk memudahkan pengerjaan, kekuatan beton, ketahanan, penghematan biaya dan waktu pengerasan. Salah satu bahan pengganti yang dapat digunakan yaitu serbuk besi.

Di zaman sekarang ini, kebutuhan manusia semakin meningkat yang salah satunya yaitu kebutuhan akan peralatan. Peralatan ini dibutuhkan manusia untuk memudahkan aktivitas dan pekerjaan. Kebanyakan peralatan yang digunakan terbuat dari besi seperti pisau, parang, kapak, panci dan lain sebagainya. Banyaknya

penggunaan besi yang diolah menjadi alat-alat tersebut menghasilkan sisa dari pengolahan besi tersebut. Sisa dari pengolahan alat-alat itu yaitu serbuk besi. Besi merupakan salah satu logam yang sangat melimpah keberadaannya di bumi. Besi memiliki sifat yang sangat kuat dan keras. Selain itu besi juga memiliki kekuatan tarik yang tinggi sehingga dapat ditarik tanpa membuatnya putus. Oleh karena itu, untuk memanfaatkan serbuk besi tersebut maka muncul gagasan untuk menambahkan serbuk besi pada beton.

Beton yang baik memiliki kualitas dan mutu yang baik. Terdapat beberapa parameter untuk mengetahui kualitas suatu beton. Adapun beberapa parameter yang menentukan kualitas beton yaitu kuat tekan beton dan kuat tarik beton. Oleh karena itu pada tugas akhir ini dilakukan penelitian tentang analisis pengaruh penggunaan serbuk besi sebagai pengganti sebagian pasir pada beton terhadap kuat tekan beton dan kuat tarik beton.

Sebelumnya telah ada penelitian 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 halus. Dari penelitian tersebut didapat hasil bahwa terjadi penurunan kuat tekan beton pada setiap penambahan serbuk besi dan disimpulkan bahwa perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan penambahan serbuk besi di bawah 5%. Mutu beton K-225 setara dengan mutu beton 18,68 MPa dan mutu beton ini masih kurang tinggi. Oleh karena itu dilakukan penelitian yang meneliti tentang pengaruh penggunaan serbuk besi sebagai pengganti sebagian pasir pada beton mutu 25 MPa terhadap kuat tekan dan kuat tarik beton dengan takaran penambahan serbuk besi di bawah 5% dari agregat halus.

Penelitian ini membandingkan sebuah silinder beton polos mutu 25 MPa dengan silinder beton yang diberi tambahan bahan pengganti yaitu serbuk besi dengan variasi takaran serbuk besinya sebanyak 0%; 1,5%; 3% dan 4,5% dari berat agregat halus. Dimensi silinder beton yang dibandingkan sama serta takaran bahan penyusun betonnya sama hanya saja salah satunya ditambah dengan bahan tambah serbuk besi. Kedua model beton tersebut diuji dan dianalisis hingga diperoleh hasilnya.

Pengujian yang dilakukan yakni uji kuat tekan dan uji kuat tarik pada beton, dengan beton yang telah berumur 14 hari dan 28 hari. Pengujian perbandingan ini untuk mengetahui tingkat kuat tekan dan kuat tarik kedua jenis beton tersebut dan untuk mengetahui kuat tekan dan kuat tarik optimum beton setelah ditambah dengan limbah serbuk besi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang penelitian di atas, maka dapat dirumuskan menjadi sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh serbuk besi sebagai pengganti sebagian pasir pada beton terhadap kuat tekan beton dan kuat tarik beton ?
2. Berapa kuat tekan beton dan kuat tarik beton optimum setelah penambahan serbuk besi sebagai pengganti sebagian agregat halus pada variasi takaran 0%; 1,5%; 3% dan 4,5% dari berat pasir ?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian yang dilakukan ini adalah sebagai berikut :

1. Menentukan seberapa besar pengaruh penambahan serbuk besi sebagai pengganti sebagian agregat halus pada beton terhadap kuat tekan beton dan kuat tarik beton.
2. Memperoleh kuat tekan beton dan kuat tarik beton optimum setelah dilakukan penambahan serbuk besi sebagai pengganti sebagian agregat halus pada variasi takaran 0%; 1,5%; 3% dan 4,5%.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi semua orang baik itu bagi penulis maupun pembaca. Adapun manfaat dari penelitian ini yaitu sebagai berikut.

1. Menambah pengetahuan apakah limbah serbuk besi dapat dimanfaatkan sebagai pengganti sebagian agregat halus pada beton.

2. Mengetahui perbandingan kuat tekan beton dan kuat tarik beton antara beton dengan bahan tambah limbah serbuk besi dengan beton biasa.
3. Mengetahui takaran jumlah serbuk besi yang digunakan dalam beton yang dapat menghasilkan kuat tekan dan kuat tarik beton yang optimum.
4. Menjadi bahan pertimbangan untuk penggunaan limbah serbuk besi sebagai pengganti sebagian agregat halus pada beton.
5. Menjadi referensi penggunaan limbah serbuk besi sebagai pengganti sebagian agregat halus pada beton.
6. Dapat mengurangi limbah serbuk besi yang ada.

1.5 Batasan Penelitian

Batasan penelitian yang digunakan dalam penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Serbuk besi yang digunakan diperoleh dari bengkel besi Coan dan kondisi serbuk besi dalam keadaan tidak terkontrol.
2. Serbuk besi yang digunakan merupakan hasil dari pembubutan besi cor atau besi tuang.
3. Serbuk besi yang digunakan pada variasi takaran 0%; 1,5%; 3% dan 4,5% dari berat agregat halus.
4. Agregat kasar dan halus berasal dari Gunung Merapi.
5. Air yang digunakan adalah air yang berasal dari Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Prodi Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia.
6. Semen yang digunakan adalah semen Gresik yang diperoleh di Toko Bangunan Wahyu Jaya, Sleman, Yogyakarta.
7. Mix design menggunakan metode SNI 03-2834-2000.
8. Mutu beton yang digunakan yakni mutu 25 MPa, dengan slump 6 – 18 cm dan umur beton 28 hari dan pengaruh luar berupa suhu, kelembaban udara, dan faktor-faktor lain diabaikan.
9. Benda uji untuk uji kuat tekan beton berupa 6 buah silinder uji dan untuk uji kuat tarik beton berupa 6 buah silinder untuk tiap parameter persennya yaitu 0%; 1,5%; 3% dan 4,5% yang mana jumlah benda uji yang digunakan tiap

parameter yaitu untuk uji kuat tekan beton sebanyak 3 buah untuk benda uji umur 14 hari dan 3 buah benda uji umur 28 hari untuk tiap parameternya dan untuk uji kuat tarik beton sebanyak 3 buah untuk benda uji umur 14 hari dan 3 buah benda uji umur 28 hari untuk tiap parameternya dengan dimensi silindernya yaitu tinggi 15 cm dan diameter 30 cm. Sehingga total dari benda uji yaitu sebanyak 48 buah.

10. Benda uji dirawat dengan cara direndam dengan air hingga 1 hari sebelum dilakukan pengujian.
11. Seluruh Pengujian dilaksanakan di di laboratorium Bahan Konstruksi Teknik (BKT) Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Hasil Penelitian Sebelumnya

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

1. Purwanto dan Wardani (2020) dalam jurnalnya yang berjudul “Pengaruh Penambahan Serbuk Besi Terhadap Kuat Tekan Beton Mutu K225” membuat kesimpulan bahwa dari analisis yang dilakukan pada beton yang menggunakan bahan tambah limbah serbuk besi terjadi penurunan kuat tekan beton setelah dilakukan penambahan serbuk besi dengan takaran 5%, 10% dan 15%. Pada penelitian ini, didapatkan kuat tekan beton normal pada umur 28 hari sebesar $241,17 \text{ kg/cm}^2$ dan melebihi mutu beton rencana yaitu 225 kg/cm^2 . Setelah dilakukan penambahan limbah serbuk besi sebesar 5%, 10% dan 15% dari berat agregat halus menghasilkan kuat tekan beton berturut-turut sebesar $218,5 \text{ kg/cm}^2$, $217,59 \text{ kg/cm}^2$ dan $216,23 \text{ kg/cm}^2$. Dari hasil uji kuat tekan beton tersebut terjadi penurunan di setiap penambahan campuran limbah serbuk besi terhadap beton normal, sehingga mutu beton semakin menurun dari mutu beton rencana K-225. Dalam hal ini perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan takaran penambahan serbuk besi di bawah 5% dari berat agregat halus.
2. Fansuri dan Diana (2020) dalam jurnalnya yang berjudul “Pengaruh Kuat Tekan Beton Dengan Menggunakan Limbah Serbuk Besi Sebagai *Admixture* Agregat Halus” membuat kesimpulan bahwa pada pengujian kuat tekan beton terdapat pengaruh yang cukup signifikan dengan adanya penambahan serbuk besi, namun penambahan serbuk besi yang terlalu berlebihan juga tidak baik karena dapat mengurangi kekuatan beton itu sendiri. Penelitian ini dilakukan pada beton dengan mutu 20 MPa yang diberi limbah serbuk besi dengan variasi 0%, 10%, 20%, 30%, 40% dan 50% dari berat agregat halus. Berdasarkan penelitian ini penggunaan serbuk besi yang baik adalah pada variasi 10% - 30%

dengan kuat tekan beton karakteristik optimum 21,42 N/mm² dan pengaruh sebesar 26% - 60%.

3. Paryati (2001) dalam jurnalnya yang berjudul “Kuat Tekan Beton Dengan Penambahan Serbuk Besi dan Baja” memberi kesimpulan bahwa semakin besar penambahan serbuk besi dan baja pada beton dapat menyebabkan kuat tekan karakteristik beton semakin kecil. Pada penelitian ini menggunakan variasi serbuk besi dan baja sebanyak 0%, 25%, 50% dan 75% dari agregat halus dan untuk jumlah benda uji yang digunakan untuk tiap variasi campuran serbuk besinya sebanyak 6 buah sehingga keseluruhan benda uji yang digunakan sebanyak 24 buah. Untuk benda uji dengan takaran serbuk besi dan baja 0% menghasilkan kuat tekan beton karakteristik sebesar 125,4894 kg/cm². Benda uji dengan takaran serbuk besi dan baja 25% menghasilkan kuat tekan beton karakteristik sebesar 121,9823 kg/cm². Benda uji dengan takaran serbuk besi dan baja 50% menghasilkan kuat tekan beton karakteristik sebesar 118,063 kg/cm². Benda uji dengan takaran serbuk besi dan baja 75% menghasilkan kuat tekan beton karakteristik sebesar 80,3928 kg/cm². Berdasarkan penelitian ini untuk mendapatkan kuat tekan yang optimal, penambahan serbuk besi dan baja yang digunakan sebesar 25% dari agregat halus.
4. Hadi dan Setiawan (2019) dalam jurnalnya yang berjudul “Studi Eksperimental Penambahan Limbah Bubut Sebagai Bahan Substitusi Parsial Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton” berdasarkan hasil penelitiannya memberikan kesimpulan bahwa penambahan limbah bubut sebagai bahan pengganti parsial agregat halus pada beton dapat mempengaruhi sifat fisik, mekanik dan kimia. Dan berdasarkan penelitian ini menunjukkan bahwa semakin bertambahnya persentase parsial limbah bubut besi maka kuat tekan beton juga cenderung menurun. Pada penelitian ini menggunakan variasi limbah bubut besi yang tertahan di saringan 0,075 mm (saringan no.200) dengan persentase berat yaitu 0%, 5%, 10%, 15% dan 20% dari agregat halus dengan kuat tekan beton yang direncanakan sebesar 25 MPa dan semen yang digunakan adalah Portland tipe 1. Pengujian kuat tekan menggunakan benda uji silinder berdiameter 15

cm dan tinggi 30 cm pada umur beton 7 hari, 14 hari dan 28 hari. Berdasarkan penelitian ini, kekuatan tekan beton tertinggi dengan penambahan limbah bubuk dicapai oleh benda uji dengan campuran 5% limbah bubuk besi dengan kekuatan tekannya sebesar 11,7 MPa. Dengan hasil ini, beton limbah bubuk tidak dapat digunakan sebagai beton struktur yang memiliki persyaratan minimum 20 MPa. Penambahan limbah mesin bubuk ini dapat menurunkan kuat tekan beton hingga 64,21% dari kuat tekan beton normalnya.

5. Mauludi (2014) dalam jurnalnya yang berjudul “Pemanfaatan *Copper Slag* Sebagai Substitusi Pasir Pada Campuran Beton Mutu K-225” berdasarkan hasil penelitiannya memberikan kesimpulan bahwa penambahan terak tembaga pada beton dapat meningkatkan kuat tekan beton, akan tetapi peningkatan kuat tekan beton hanya sampai pada variasi campuran *copper slag* (terak tembaga) 30% dari pasir. Pada penelitian ini dilakukan eksperimen dengan mencampurkan material *copper slag* (terak tembaga) pada beton dengan mutu K-225 dengan variasi campuran *copper slag* yaitu 10%, 20%, 30% dan 35% dari pasir. Benda uji yang digunakan yaitu benda uji beton berbentuk silinder yang berdiameter 150 mm dan tingginya 300 mm. Pengujian kuat tekan benda uji beton dilakukan pada umur 7, 21 dan 28 hari. Dari hasil pengujian kuat tekan beton tersebut diperoleh hasil yang menunjukkan bahwa masing-masing persentase campuran terak tembaga 10%, 20%, 30% dan 35% terjadi peningkatan kuat tekan beton dan kuat tekan rata-rata terbesar terdapat pada campuran *copper slag* sebesar 30% pada tiap masing-masing umur. Akan tetapi terjadi penurunan kuat tekan pada campuran *copper slag* 35% pada umur 7, 21 dan 28 hari dengan penurunan kuat tekan masing-masing sebesar 7,81% ; 6,60% dan 6,68%.

Perbandingan penelitian dengan penelitian yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 2.1 di halaman selanjutnya.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Yang Telah Dilakukan

Peneliti	Judul	Tujuan	Metode	Hasil
Paryati (2001)	Kuat Tekan Beton Dengan Penambahan Serbuk Besi dan Baja	Untuk mengetahui seberapa jauh pengaruh pemanfaatan limbah serbuk besi dan baja yang dapat digunakan sebagai bahan tambah dalam campuran beton dengan persentase limbah 0%, 25%, 50% dan 75% dari agregat halus yang ditinjau dari kuat tekan betonnya.	Metode yang digunakan pada penelitian ini berupa metode eksperimen yaitu dilakukan eksperimen pada beton normal dengan perbandingan berat antara semen : air : agregat halus : agregat kasar yaitu sebesar 5 : 3,4 : 15 : 28 yang kemudian beton ini diberi limbah serbuk besi dan baja dengan persentase 0%, 25%, 50% dan 75% dari berat agregat halus dan diuji kuat tekan betonnya dengan menggunakan benda uji berupa kubus 15cm x 15cm x 15cm.	Berdasarkan penelitian yang dilakukan didapat hasil kuat tekan beton untuk tiap persentase penambahan limbah serbuk besi dan baja. Untuk benda uji dengan takaran serbuk besi dan baja 0% menghasilkan kuat tekan beton karakteristik sebesar 125,4894 kg/cm ² . Benda uji dengan takaran serbuk besi dan baja 25% menghasilkan kuat tekan beton karakteristik sebesar 121,9823 kg/cm ² . Benda uji dengan takaran serbuk besi dan baja 50% menghasilkan kuat tekan beton karakteristik sebesar 118,063 kg/cm ² . Benda uji dengan takaran serbuk besi dan baja 75% menghasilkan kuat tekan beton karakteristik sebesar 80,3928 kg/cm ² . Berdasarkan penelitian ini untuk mendapatkan kuat tekan yang optimal, penambahan serbuk besi dan baja yang digunakan sebesar 25% dari agregat halus.

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Yang Telah Dilakukan

Peneliti	Judul	Tujuan	Metode	Hasil
Mauludi (2014)	Pemanfaatan <i>Copper Slag</i> Sebagai Substitusi Pasir Pada Campuran Beton Mutu K-225	Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh penambahan terak tembaga (<i>copper slag</i>) sebagai pengganti sebagian pasir dalam adukan beton terhadap kuat tekan beton dan mengetahui kuat tekan masing-masing beton yang didapat dari campuran beton normal dan beton <i>copper slag</i> dengan persentase 0%, 10%, 20%, 30% dan 35% dari agregat halusnya.	Metode yang digunakan pada penelitian ini berupa metode eksperimen yaitu dilakukan eksperimen pada beton normal dengan mutu K-225 yang diberi bahan tambah terak tembaga (<i>copper slag</i>) sebagai substitusi pasir pada campuran beton dengan persentase <i>copper slag</i> sebesar 0%, 10%, 20%, 30% dan 35% dari agregat halusnya dan dilakukan pengujian kuat tekan dengan menggunakan benda uji silinder berdiameter 150 mm dan tinggi 300 mm pada umur beton 7 hari, 21 hari dan 28 hari.	Berdasarkan penelitian yang dilakukan didapat hasil yang menunjukkan bahwa masing-masing persentase campuran terak tembaga 10%, 20%, 30% dan 35% terjadi peningkatan kuat tekan beton dan kuat tekan rata-rata terbesar terdapat pada campuran <i>copper slag</i> sebesar 30% pada tiap masing-masing umur. Akan tetapi terjadi penurunan kuat tekan pada campuran <i>copper slag</i> 35% pada umur 7, 21 dan 28 hari dengan penurunan kuat tekan masing-masing sebesar 7,81% ; 6,60% dan 6,68%.
Hadi dan Setiawan (2019)	Studi Eksperimental Penambahan Limbah Bubut Sebagai Sebagai Bahan Substitusi Parsial Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton	Untuk mengetahui pengaruh penambahan limbah bubutan besi sebagai substitusi parsial agregat halus pada beton terhadap kuat tekan beton.	Metode yang digunakan pada penelitian ini berupa metode eksperimen yaitu dilakukan eksperimen pada beton normal dengan kuat tekan beton rencana sebesar 25 MPa yang diberi limbah bubut besi yang tertahan di saringan no. 200 (0,075 mm) dengan persentase berat limbah bubut besi sebesar 0%, 5%, 10%, 15% dan 20% dari berat agregat halus dan dilakukan pengujian kuat tekan beton dengan menggunakan benda uji silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm pada umur beton 7 hari, 14 hari dan 28 hari.	Berdasarkan penelitian yang dilakukan didapat hasil bahwa kekuatan tekan beton tertinggi dengan penambahan limbah bubut dicapai oleh benda uji dengan campuran 5% limbah bubut besi dengan kekuatan tekannya sebesar 11,7 MPa. Dengan hasil ini, beton limbah bubut tidak dapat digunakan sebagai beton struktur yang memiliki persyaratan minimum 20 MPa. Penambahan limbah mesin bubut ini dapat menurunkan kuat tekan beton hingga 64,21%.

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Yang Telah Dilakukan

Peneliti	Judul	Tujuan	Metode	Hasil
Purwanto dan Wardani (2020)	Pengaruh Penambahan Serbuk Besi Terhadap Kuat Tekan Beton Mutu K225	Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh penambahan limbah serbuk besi sebagai bahan campuran beton terhadap mutu beton rencana K-225 (umur 14 hari dan 28 hari) dengan variasi campuran 0%, 5%, 10% dan 15%.	Metode yang digunakan pada penelitian berupa eksperimental yaitu melakukan eksperimen beton normal dengan mutu beton K225 yang diberi limbah serbuk besi dengan variasi 0%, 5%, 10%, 15% dari agregat halus serta diuji kuat tekannya menggunakan benda uji berbentuk kubus ukuran 15 x 15 x 15 pada umur 14 dan 28 hari dengan benda uji sebanyak 10 sampel untuk setiap campurannya.	Hasil dari penelitian ini diperoleh data hasil yaitu: <ul style="list-style-type: none"> Kuat tekan beton normal pada umur 28 hari sebesar 241,17 kg/cm² dan melebihi mutu beton rencana sebesar 225 kg/cm² Kuat tekan beton setelah penambahan serbuk besi 5%, 10% dan 15% adalah sebesar 218,5 kg/cm² ; 217,59 kg/cm² dan 216,23 kg/cm² Berdasarkan hasil yang diperoleh, terjadi penurunan kuat tekan beton di setiap penambahan campuran limbah serbuk besi pada beton normal sehingga mutu beton semakin menurun dari mutu beton rencana K-225
Fansuri dan Diana (2020)	Pengaruh Kuat Tekan Beton Dengan Menggunakan Limbah Serbuk Besi Sebagai <i>Admixture</i> Agregat Halus	Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh penambahan serbuk besi sebagai <i>admixture</i> agregat halus terhadap kuat tekan beton dan mengetahui kuat tekan beton optimum setelah penambahan limbah serbuk besi pada variasi 0%, 10%, 20%, 30%, 40% dan 50%.	Metode yang digunakan pada penelitian berupa eksperimental yaitu dilakukan sebuah eksperimen beton normal dengan mutu beton 20 Mpa yang diberi limbah serbuk besi dengan variasi 0%, 10%, 20%, 30%, 40% dan 50% dari berat agregat halusnya serta diuji kuat tekannya menggunakan benda uji berbentuk kubus 15x15x15 pada umur 14 hari.	Berdasarkan penelitian yang dilakukan ini didapatkan hasil bahwa penggunaan serbuk besi yang baik adalah pada variasi 10% - 30% dengan kuat tekan beton karakteristik optimum 21,42 N/mm ² dan pengaruh sebesar 26% - 60%.

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Yang Telah Dilakukan

Peneliti	Judul	Tujuan	Metode	Hasil
Syaihu (2022)	Analisis Pengaruh Penggunaan Serbuk Besi Sebagai Pengganti Sebagian Pasir Pada Beton Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik Beton	Untuk mengetahui seberapa pengaruh penambahan serbuk besi sebagai pengganti sebagian pasir pada beton dan untuk mengetahui kuat tekan dan kuat tarik optimum beton setelah dilakukan penambahan serbuk besi dengan persentase takaran 0%; 1,5%; 3% dan 4,5% dari agregat halusnya.	Metode yang digunakan pada penelitian berupa eksperimental yaitu melakukan eksperimen beton normal dengan mutu beton 25 MPa yang diberi serbuk besi dengan variasi 0%; 1,5%; 3% dan 4,5% dari agregat halus serta diuji kuat tekan dan kuat tarikya menggunakan benda uji berbentuk silinder beton dengan dimensi tinggi 300 mm dan diameter 150 mm pada umur 14 dan 28 hari dengan jumlah benda uji tiap parameteranya sebanyak 6 buah untuk uji kuat tekan dan 6 buah untuk uji kuat tariknya.	Berdasarkan penelitian yang dilakukan, didapatkan hasil kuat tekan pada beton variasi 1,5%;3% dan 4,5% masing-masing sebesar 25,924 MPa; 28,018 MPa dan 31,078MPa. Dan untuk kuat tariknya masing-masing sebesar 2,255 MPa; 2,305 MPa dan 2,374 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa beton mengalami peningkatan kuat tekan dan kuat tarik seiring dengan penambahan serbuk besi sehingga <i>trendline</i> grafik mengalami kenaikan dan belum menemukan titik optimumnya.

2.2 Perbedaan Penelitian

Berdasarkan tinjauan dari penelitian-penelitian di atas, penelitian mengenai eksperimen beton mutu tinggi yang meneliti tentang pengaruh penggunaan serbuk besi sebagai pengganti sebagian pasir pada beton dengan mutu 25 MPa terhadap kuat tekan beton dan kuat tarik beton dengan persen takaran serbuk besi sebesar 0%, 1,5%, 3% dan 4,5% dari agregat halus nya belum pernah dilakukan.



BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Beton

Menurut SNI 03-2834-2000 beton merupakan campuran antara semen Portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa bahan tambah (*admixture*) membentuk massa padat. Beton sendiri merupakan struktur bangunan yang sudah sangat umum digunakan dalam bidang konstruksi bangunan sipil. Faktor yang menyebabkan beton sebagai struktur bangunan diantaranya yaitu :

1. Beton dapat dibentuk sesuai keinginan dan kebutuhan.
2. Bahan pembuat beton banyak tersedia di berbagai tempat.
3. Beton tahan terhadap cuaca dan api.
4. Dari segi biaya, pembuatan beton dapat dibilang ekonomis karena relatif murah.
5. Beton bersifat getas sehingga mempunyai kuat tekan yang tinggi. Akan tetapi beton memiliki kuat tarik yang rendah sehingga untuk mengatasi hal itu, pada beton ditambahkan tulangan besi yang memiliki kuat tarik tinggi.
6. Beton memiliki umur layan yang panjang dengan biaya perawatan yang rendah.

Beton terdiri dari agregat yaitu agregat kasar (kerikil) dan agregat halus (pasir), semen dan air ataupun dapat dengan tambahan bahan tambah (*admixture*). Pada campuran beton yang baik, setiap butir agregat seluruh permukaannya tertutup oleh mortar atau pasta semen dan antar butir agregat terisi oleh mortar, sehingga kualitas pasta semen atau mortar menentukan kualitas beton. Walaupun jumlahnya hanya 7-15% dari campuran, semen merupakan unsur utama dalam beton. Demikian pula agregat yang secara volume sebanyak 61-76% dari volume campuran yang berfungsi sangat penting dalam campuran material beton sebagai material pengisi beton.

Terdapat beberapa karakteristik pada beton yang dapat menentukan kualitas beton. Adapun karakteristik beton yang baik disimpulkan sebagai berikut :

1. Kepadatan

Ruang yang ada pada beton sebisa mungkin terisi oleh agregat dan pasta semen.

2. Kekuatan

Beton harus mempunyai kekuatan dan daya tahan internal terhadap berbagai jenis kegagalan.

3. Faktor air semen

Faktor air semen harus dapat terkontrol sehingga mampu memenuhi persyaratan kekuatan beton yang telah direncanakan.

Untuk dapat mencapai kondisi seperti yang tertera di atas, maka harus ada kontrol kualitas yang baik atas faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan beton. Adapun parameter-parameter yang paling penting menurut Edward G Nawi (1990) adalah sebagai berikut :

1. Kualitas semen.
2. Proporsi semen terhadap air dalam campurannya.
3. Kekuatan dan kebersihan agregat.
4. Interaksi atau *adhesi* antara pasta semen dan agregat.
5. Pencampuran yang cukup dari bahan-bahan pembentuk beton.
6. Penempatan yang benar, penyelesaian dan kompaksi beton segar.

Berdasarkan penyelidikan mengenai persyaratan ini membuktikan bahwa hampir semua kontrol menyangkut hal-hal sebelum dilaksanakannya pengecoran beton segar. Hal ini terjadi karena kontrol ini menyangkut penentuan komposisi dan kemudahan mekanis atau kemudahan pengangkutan dan pengecoran, maka diperlukan pemahaman dan pengetahuan mengenai teori penentuan komposisi untuk setiap pencampuran.

3.2 Bahan Penyusun Beton

Beton merupakan bahan bangunan yang terdiri dari semen, air dan agregat campuran (halus dan kasar) ataupun juga bisa dengan menambahkan bahan

tambahan (*admixture*) dalam perbandingan tertentu. Bahan penyusun beton yang baik dapat menghasilkan kualitas beton yang baik pula.

3.1.1 Agregat Halus

Menurut SNI 03-2834-2000 agregat halus merupakan pasir alam sebagai hasil desintegrasi secara alami dari batu atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5,0 mm.

3.1.2 Agregat Kasar

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

3.1.3 Semen Portland

Menurut SNI 15-2049-2004 semen Portland merupakan semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen portland terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain.

Jenis semen ini merupakan semen hidraulis yang mana semen ini akan bereaksi dengan air dan mengalami reaksi kimia yang kemudian dapat merekatkan butir-butir agregat. Istilah semen Portland berasal dari Joseph Aspdin dari Leeds pada tahun 1824. Istilah ini dibuatkan untuk menerangkan suatu paten dari semen yang dibuat dengan cara memanaskan campuran tanah liat halus dengan kapur di dalam suatu tungku sampai pada suhu tertentu yang cukup tinggi untuk membuang seluruh karbon dioksida. Penyebab semen ini disebut dengan nama semen Portland karena beton yang dihasilkan menyerupai batu Portland.

Menurut Neville (1975) semen Portland memiliki unsur-unsur pokok penyusun semen tersebut. Berikut unsur-unsur pokok penyusun semen Portland yang dapat dilihat pada Tabel 3.1 di halaman selanjutnya.

Tabel 3.1 Susunan Unsur Dalam Semen

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

Sumber : Neville (1975)

Akan tetapi pada dasarnya terdapat 4 unsur kimia yang paling penting dalam semen Portland. Empat unsur kimia tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.2 di bawah ini.

Tabel 3.2 Komposisi utama semen Portland

Nama Unsur	Komposisi Kimia	Simbol
<i>Trikalsium Silikat</i>	3CaO . SiO ₂	C ₃ S
<i>Dikalsium Silikat</i>	2CaO . SiO ₂	C ₂ S
<i>Trikalsium Aluminat</i>	3CaO . Al ₂ O ₃	C ₃ A
<i>Tetrakalsium Aluminoforit</i>	3CaO . Al ₂ O ₃ . Fe ₂ O ₃	C ₄ AF

Sumber : Neville (1975)

Menurut SNI 15-2049-2004 tentang semen Portland, semen Portland dibagi menjadi 5 jenis yaitu sebagai berikut:

1. Semen Portland tipe I adalah semen Portland untuk penggunaan umum tanpa persyaratan khusus.
2. Semen Portland tipe II adalah semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan kalor hidrasi sedang.
3. Semen Portland tipe III adalah semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.
4. Semen Portland tipe IV adalah semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan panas hidrasi yang rendah.

5. Semen Portland tipe V adalah semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat.

Semen Portland yang digunakan di Indonesia harus memenuhi syarat mutu SNI 15-2049-2004 “*Semen Portland*”.

3.1.4 Air

Semen tidak dapat menjadi pasta tanpa air. Air harus ada dalam campuran beton. Di dalam campuran beton, air memiliki dua fungsi yaitu yang pertama untuk memungkinkan terjadinya reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan dan yang kedua yaitu sebagai pelicin campuran kerikil, pasir dan semen agar mudah dikerjakan dan dipadatkan (Murdock dan Brook, 1991).

Air yang diperlukan agar dapat bereaksi dengan semen hanya sekitar 25% - 30% dari berat semen nya. Akan tetapi dalam kenyataannya, jika nilai faktor air semen kecil yaitu kurang dari 0,35 adukan beton akan jadi sulit untuk dikerjakan. Maka untuk mengatasi hal tersebut, diberi kelebihan jumlah air yang dipakai yang berfungsi sebagai pelumas. Tambahan air untuk pelumas ini tidak boleh terlalu banyak karena kekuatan beton akan turun dan menghasilkan beton yang *porous* (Kardiyono, 1992). Beton yang *porous* adalah beton yang memiliki pori-pori atau rongga di dalamnya.

Selain itu kelebihan air juga dapat mengakibatkan air akan keluar bersamaan dengan semen bergerak ke atas menuju permukaan adukan beton segar yang baru dituang (*bleeding*) yang kemudian akan menjadi buih yang dapat membentuk lapisan tipis (*laitance*) yang dapat mengurangi lekatan antara lapisan-lapisan beton yang merupakan bidang sambung yang lemah.

Air yang digunakan untuk campuran beton harus memenuhi persyaratan yang telah ditentukan. Air yang memenuhi persyaratan tersebut yaitu air bersih seperti air minum, akan tetapi tidak berarti air pencampur beton harus memenuhi persyaratan air minum. Secara umum air yang digunakan untuk campuran beton adalah air yang jika dipakai akan menghasilkan beton dengan kekuatan lebih dari 90% dari kekuatan beton yang menggunakan air suling. Apabila air pencampur mortal beton tercampur kotoran dapat menyebabkan kekuatan beton menurun.

Menurut Kardiyono (1992) air yang digunakan sebaiknya memenuhi persyaratan berikut.

1. Tidak mengandung lumpur atau benda melayang lainnya lebih dari 2 gram/liter.
2. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter.
3. Tidak mengandung klorida (CL₂) lebih dari 0,5 gram/liter.
4. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

Sedangkan untuk perawatan beton dapat menggunakan air yang dipakai untuk pengadukan, akan tetapi tidak boleh menimbulkan noda atau endapan yang dapat merusak warna permukaan beton sehingga tidak enak dipandang mata karena besi dan zat organik di dalam air yang umumnya merupakan penyebab utama pengotoran dan perubahan warna pada beton terlebih jika perawatan dalam jangka waktu yang cukup lama.

Air yang digunakan dalam penelitian ini adalah air yang diambil dari PAM Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik FTSP Universitas Islam Indonesia.

3.1.5 Bahan Tambah

Bahan tambah (*admixture*) merupakan bahan-bahan yang ditambahkan ke dalam beton pada saat atau selama pencampuran beton berlangsung yang berfungsi untuk mengubah sifat-sifat beton agar dapat meningkatkan kekuatan beton, menghemat biaya dan waktu, memudahkan pengerjaannya dan juga agar dapat menyesuaikan dengan pekerjaan tertentu dengan kondisi yang berbeda-beda. Secara umum, bahan tambah yang digunakan dalam beton dapat dibedakan menjadi 2 yaitu bahan tambah yang bersifat kimiawi (*chemical admixture*) dan bahan tambah yang bersifat mineral (*additive*).

Chemical admixture menurut standar ASTM, terdapat 7 jenis bahan tambah kimia yaitu sebagai berikut.

1. Tipe A, *water reducing admixture*.
2. Tipe B, *retarding admixture*.
3. Tipe C, *accelerating admixture*.
4. Tipe D, *water reducing and retarding admixture*.

5. Tipe E, water reducing and accelerating admixture.
6. Tipe F, water reducing and high range admixture.
7. Tipe G, water reducing, high range and retarding admixture.

Selanjutnya yaitu bahan tambah mineral beton. Bahan tambah ini merupakan bahan tambah yang dimaksudkan untuk memperbaiki kinerja beton. Beberapa contoh bahan tambah mineral ini yaitu *pozollan*, *fly ash*, *slag*, *silica fume* dan lainnya.

3.3 Serbuk Besi

Menurut Daryus A dalam Bahri S & Irawan D. A. S (2010) serbuk besi merupakan hasil dari sisa potongan atau sisa pembubutan besi tuang/besi cor yang merupakan hasil pemakaian di industri. Besi cor merupakan perpaduan antara unsur besi yang mengandung carbon (C), silikon (S), mangan (Mg), posfor (P) dan sulfur (S). Pada besi cor biasanya memiliki kandungan karbon sebesar 2 – 6,67% sedangkan pada baja memiliki kandungan karbon hanya sampai 2%. Semakin tinggi kadar karbon yang ada pada besi cor akan mengakibatkan besi cor menjadi rapuh dan getas. Terdapat 3 jenis besi tuang yang banyak digunakan yaitu besi tuang kelabu (*grey cast iron*), besi tuang ulet atau besi tuang nodular (*nodular cast iron*) dan besi tuang putih (*white cast iron*). Komposisi kimia yang dimiliki ketiga jenis besi tuang tersebut hampir sama.

Secara umum serbuk besi mengandung unsur kimia (Bahri S & Irawan D.A.S, 2010) seperti tertera pada Tabel 3.3 berikut ini.

Tabel 3.3 Kandungan Kimia Pada Serbuk Besi

Kandungan Kimia	Persentase (%)
Silikon (Si)	1-3
Carbon (C)	2-4
Mangan (Mn)	0,8
Fospor (P)	0,1
Sulfur (S)	0,05
Besi (Fe)	Sisa

Sumber : Bahri dan Irawan (2010)

Serbuk besi berbeda dengan pasir besi. Pasir besi merupakan pasir berwarna abu hingga kehitaman yang terdapat di pantai yang mengandung mineral magnetit (Fe_3O_4) dan hematit (Fe_2O_3) yang disertai dengan mineral pengotor seperti kuarsa, piroksen, biotit, rutil, dan lain-lain. Pengotor lainnya yang biasa terdapat dalam pasir besi yaitu fosfor dan sulfur. Mineral magnetit merupakan mineral dengan kandungan besi tertinggi yaitu sebesar 72,4%. Sedangkan hematit adalah salah satu mineral yang paling melimpah di permukaan bumi maupun kerak bumi yang dangkal yang merupakan oksida besi dengan komposisi kimia Fe_2O_3 . Hematit tidak bersifat magnetik dan tidak selalu tertarik oleh magnet, akan tetapi banyak jenis dari hematit yang mengandung mineral magnetit sehingga dapat tertarik oleh magnet. Selain itu, pasir besi juga mengandung titanium, silika dan mangan. Pasir besi memiliki struktur yang lebih halus dibandingkan dengan serbuk besi. Pasir besi memiliki butiran yang sangat halus dengan ukuran antara 75 – 150 mikron.

3.4 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan merupakan kapasitas maksimum suatu material atau benda untuk menahan beban per satuan luas. Dalam SK SNI M-14-1989 E dijelaskan bahwa pengertian kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin tekan. Menurut Mulyono dalam Adiguna A (2019), kuat tekan beton mengidentifikasi mutu sebuah struktur dimana semakin tinggi tingkat kekuatan struktur yang diinginkan, maka semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan. Kekuatan beton dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu proporsi bahan penyusun, metode pencampuran, perawatan dan keadaan pada saat pengecoran. *Curing* atau perawatan pada beton harus dilakukan dengan baik sejak beton usia dini agar proses hidrasi berjalan dengan sempurna.

Sifat dan karakteristik material penyusun beton akan mempengaruhi kinerja beton yang dibuat, dimana beton yang dibuat harus disesuaikan dengan kelas dan mutu beton (Mulyono, 2004). Menurut SNI 03-1974-1990 dalam Hamdi H dkk, (2019) beton dibagi ke dalam kelas dan mutu yang dapat dilihat pada Tabel 3.4 sebagai berikut.

Tabel 3.4 Kelas dan Mutu Beton

Kelas Beton	Mutu Beton	Kekuatan Tekan (Kg/cm²)	Tujuan Pemakaian Beton
I	Bo	50 - 80	Non-Struktural
II	B1	100	Rumah Tinggal
	K125	125	Perumahan
	K175	175	Perumahan
	K225	225	Perumahan dan Bendungan
III	K > 225	> 225	Jembatan, Bangunan Tinggi, Terowongan Kereta Api

Sumber : Hamdi dkk (2019)

Benda uji beton ini diuji kuat tekannya dengan menggunakan mesin uji tekan (CTM) dengan menempatkan benda uji silinder berdiameter 150 mm dan tinggi 300 mm secara tegak lurus dan diberi beban tekan secara bertahap hingga benda uji runtuh. Kuat tekan beton dapat dihitung dengan cara membagi beban maksimum dengan luas permukaan silinder benda uji atau secara matematis ditulis dengan rumus pada Persamaan 3.1 sebagai berikut.

$$f'c = \frac{P}{A} \quad (3.1)$$

Keterangan :

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

P = beban maksimum (N), dan

A = luas permukaan benda uji (mm²).

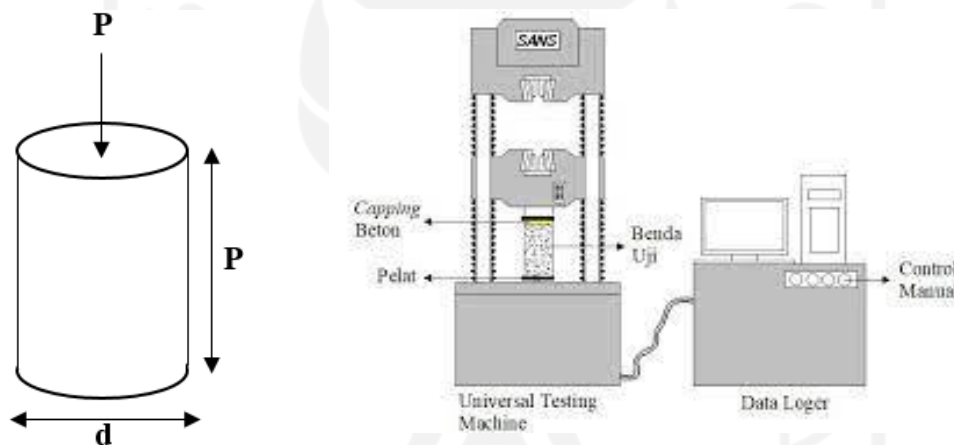
Berdasarkan dengan Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971, terdapat standar kekuatan tekan beton sesuai dengan usia beton yang dapat dilihat pada Tabel 3.5 sebagai berikut.

Tabel 3.5 Korelasi Umur dan Kuat Tekan Beton

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

Sumber : PBI (1975)

Sketsa pengujian kuat tekan beton beserta benda uji silinder dan penempatan pada alat uji dapat dilihat pada Gambar 3.1 di halaman selanjutnya.



Gambar 3.1 Sketsa Pengujian Kuat Tekan Beton dan Penempatan Benda Uji Pada Alat Uji
(Sumber : Internet)

3.5 Kuat Tarik Beton

Menurut Ferguson (1986), kekuatan tarik beton relatif rendah kira-kira 10%-15% dari kekuatan tekan beton, kadang-kadang 20%. Kekuatan ini lebih sukar untuk diukur dan hasilnya pun berbeda-beda dari satu bahan percobaan ke bahan percobaan lainnya dibandingkan untuk silinder-silinder tekan beton. Untuk menghitung nilai kuat tarik belah beton digunakan Persamaan 3.2 di halaman selanjutnya.

$$f_{ct} = \frac{2P}{\pi DL} \quad (3.2)$$

Dimana :

f_{ct} = kuat tarik belah (Mpa),

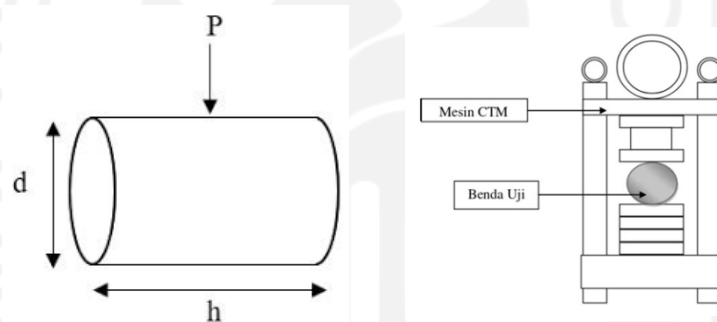
P = beban pada waktu belah (N),

D = diameter benda uji silinder (mm),

L = panjang benda uji silinder (mm), dan

π = phi.

Sketsa pengujian kuat tarik beton beserta benda uji silinder dan penempatan pada alat uji dapat dilihat pada Gambar 3.2 di halaman selanjutnya.



Gambar 3.2 Sketsa Pengujian Kuat Tarik Beton dan Penempatan Benda Uji Pada Alat Uji
(Sumber : Internet)

3.6 Mix Design

Mix design merupakan suatu metode pemilihan bahan campuran beton yang dilakukan dengan mempertimbangkan kuantitas atau perbandingan dari setiap material yang digunakan agar dapat menghasilkan beton dengan kualitas yang disyaratkan. Dalam proses *mix design* beton, penyusunan campuran beton dirancang untuk 2 kondisi yaitu pada tahap plastis dan pada tahap perkerasan.

Tahap plastis merupakan keadaan saat bahan-bahan beton pertama kali dicampurkan sehingga teksturnya seperti adonan yang encer, lunak dan mudah untuk dibentuk. Sedangkan tahap perkerasan yaitu keadaan ketika beton mulai

mengering dan mengeras. Pada tahap plastis, campuran beton harus memenuhi kriteria *workability* (mudah dibentuk), kekompakan dan memiliki waktu *setting* yang lama. Untuk tahap pengerasan, beton yang dihasilkan harus memiliki kekuatan dan daya tahan seperti yang telah ditentukan.

Persyaratan mendasar dalam memilih dan menentukan jumlah material campuran beton dalam mix design yaitu sebagai berikut.

1. Menentukan kuat tekan minimum yang didapat dari hasil pertimbangan struktural.
2. Menentukan kebutuhan peralatan yang memudahkan dalam proses pengerjaan, untuk keperluan pemadatan disesuaikan dengan peralatan pemadatan yang tersedia.
3. Menentukan faktor air semen (fas) maksimum dan kandungan semen maksimum agar dapat memberi ketahanan yang cukup sesuai dengan kondisi-kondisi di lokasi pengerjaan.
4. Menentukan kandungan semen maksimum untuk menghindari penyusutan, keretakan akibat siklus temperatur dalam massa beton.

Terdapat 3 metode perhitungan mix design yaitu metode ACI (*American Concrete Institute*), metode DOE (*Departement of Environment*) dan metode SNI 03-2834-2000. Pada penelitian ini, metode perhitungan mix design yang digunakan yaitu metode SNI 03-2834-2000. Adapun ketentuan yang perlu diperhatikan dalam mix design ini yaitu sebagai berikut.

1. Nilai deviasi standar

Berikut ini adalah tabel yang digunakan untuk menentukan nilai deviasi standar.

Tabel 3.6 Faktor Pengali (k) Deviasi Standar

Jumlah Pengujian	Faktor Pengali Deviasi Standar
Kurang dari 15	Lihat butir 4.2.3.1 1) (5)
15	1,16
20	1,08
25	1,03
30 atau lebih	1,00

Sumber : SNI 03-2834-2000

Catatan : bila jumlah data hasil uji kurang dari 15, maka nilai tambah (M) diambil tidak kurang dari 12 MPa

2. Menentukan Nilai Tambah (M)

Nilai tambah (M) didapatkan dari rumus pada Persamaan 3.3 sebagai berikut.

$$M = 1,64 \times sr \quad (3.3)$$

dengan:

M = nilai tambah (MPa),

1,64 = tetapan statistik yang nilainya tergantung pada persentase kegagalan hasil uji sebesar maksimum 5%

sr = deviasi standar (MPa)

3. Menentukan kuat beton rata-rata (f'_{cr})

Untuk menentukan kuat beton rata-rata (f'_{cr}) dapat dicari dengan rumus pada Persamaan 3.4 serta untuk menentukan perkiraan kuat tekan beton (MPa) dengan $fas = 0,5$ dapat dilihat pada Tabel 3.7.

$$f'_{cr} = f'_c + M \quad (3.4)$$

dengan:

f'_{cr} = kuat tekan beton rata-rata (MPa),

f'_c = mutu beton rencana (MPa), dan

M = nilai tambah (MPa).

Tabel 3.7 Perkiraan Kuat Tekan Beton (MPa) dengan $fas = 0,5$

Jenis semen	Jenis Agregat Kasar	Kekuatan tekan (MPa)				
		Pada umur (hari)				Bentuk
		3	7	28	29	Bentuk Uji
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	

Lanjutan Tabel 3.8 Perkiraan Kuat Tekan Beton (MPa) dengan fas = 0,5

Jenis semen	Jenis Agregat Kasar	Kekuatan tekan (MPa)				
		Pada umur (hari)				Bentuk
		3	7	28	29	Bentuk Uji
Semen Portland tipe III	Batu tak dipecahkan	21	28	38	44	Silinder
	Batu pecah	25	33	44	48	
	Batu tak dipecahkan	25	31	46	53	Kubus
	Batu pecah	30	40	53	60	

Sumber : SNI 03-2834-2000

4. Jenis semen yang digunakan telah ditetapkan yaitu Semen Portland tipe I
5. Jenis agregat yang digunakan, meliputi:
 - a. Agregat halus (pasir) alami.
 - b. Agregat kasar (kerikil) berupa batu pecah.
6. Menentukan kadar air bebas
 Kadar air bebas dipengaruhi oleh nilai slump dan ukuran butir agregat yang digunakan (pasir dan kerikil). Kadar air bebas untuk masing-masing jenis agregat dapat ditentukan dari tabel berikut.

Tabel 3.9 Perkiraan Kebutuhan Air per-meter kubik Beton

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

Sumber : SNI 03-2834-2000

Catatan:

Untuk agregat tak dipecah atau agregat pecah, digunakan nilai-nilai pada tabel 3.8. Untuk agregat campuran (tak dipecah dan dipecah), dihitung dengan menggunakan rumus pada Persamaan 3.5 sebagai berikut.

$$\text{Kebutuhan air/m}^3 \text{ beton} = \frac{2}{3} \times W_h + \frac{1}{3} \times W_k \quad (3.5)$$

dengan:

W_h : perkiraan jumlah air untuk agregat halus (kg/ m^3) (Tabel 3.8)

W_k : perkiraan jumlah air untuk agregat kasar (kg/ m^3) (Tabel 3.8)

7. Menentukan berat semen minimum dan fas maksimum dengan kondisi sesuai kebutuhan dapat ditentukan dari Tabel 3.9 di bawah ini.

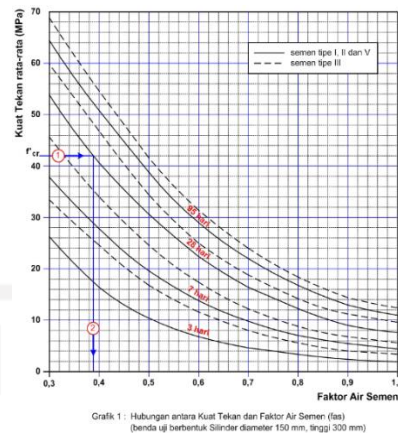
Tabel 3.10 Persyaratan fas dan Jumlah Semen minimum Untuk berbagai macam Pembetonan dan Lingkungan Khusus

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 berganti-ganti		tabel 5
Beton yang kontinu berhubungan dengan air tawar dan air laut		tabel 6

Sumber : SNI 03-2834-2000

8. Menentukan Faktor Air Semen (fas)

Untuk menentukan nilai Faktor Air Semen (fas), maka digunakan grafik berikut.



Gambar 3.3 Grafik Hubungan antara Kuat Tekan dan Faktor Air Semen (fas) (Benda Uji Silinder Diameter 150 mm dan Tinggi 300 mm)

(Sumber : SNI 03-2834-1993)

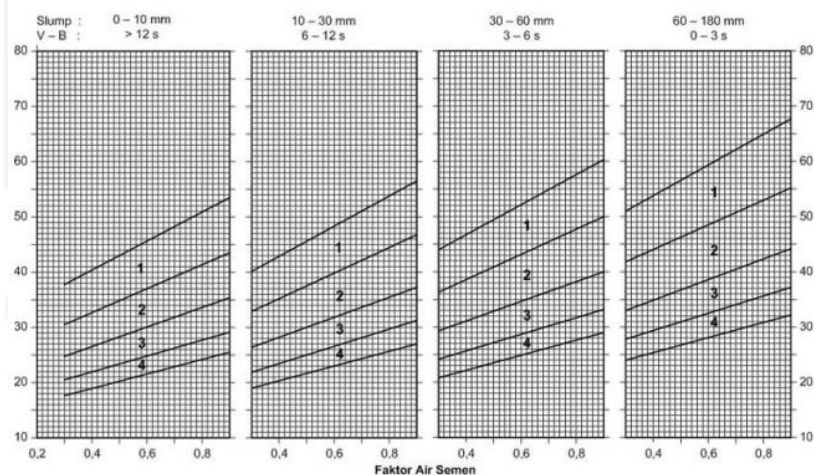
9. Menentukan kadar semen (kg/m^3)

Kadar semen dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$\text{Kadar Semen} = \frac{\text{jumlah kebutuhan air}}{\text{fas}} \quad (3.6)$$

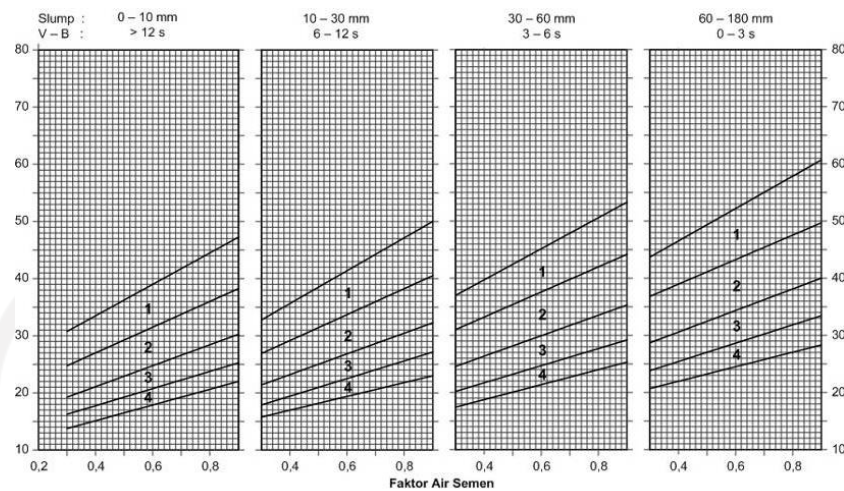
10. Mencari persentase dari agregat halus/pasir dan kasar (kg/m^3)

Persentase agregat halus dicari dengan menggunakan grafik berikut.



Gambar 3.4 Grafik Persen Pasir terhadap Kadar Total Agregat yang Dianjurkan untuk Ukuran Butir Maksimum 20 mm

(Sumber : SNI 03-2834-2000)



Gambar 3.5 Grafik Persen Pasir terhadap Kadar Total Agregat yang Dianjurkan untuk Ukuran Butir Maksimum 40 mm

(Sumber : SNI 03-2834-1993)

Nilai yang digunakan dapat diambil dari gambar grafik yang sesuai dengan agregat dan fas yang digunakan. Persentase agregat kasar dapat dihitung dengan 100% dikurangi persentase agregat halus.

11. Menghitung berat jenis agregat gabungan

Berat jenis agregat gabungan dihitung dengan rumus pada Persamaan 3.7 sebagai berikut.

$$b_{jag-gab} = \frac{P}{100} \times b_{jag-halus} + \frac{K}{100} \times b_{jag-kasar} \quad (3.7)$$

dengan:

$b_{jag-gab}$ = berat jenis agregat gabungan,

$b_{jag-halus}$ = berat jenis agregat halus,

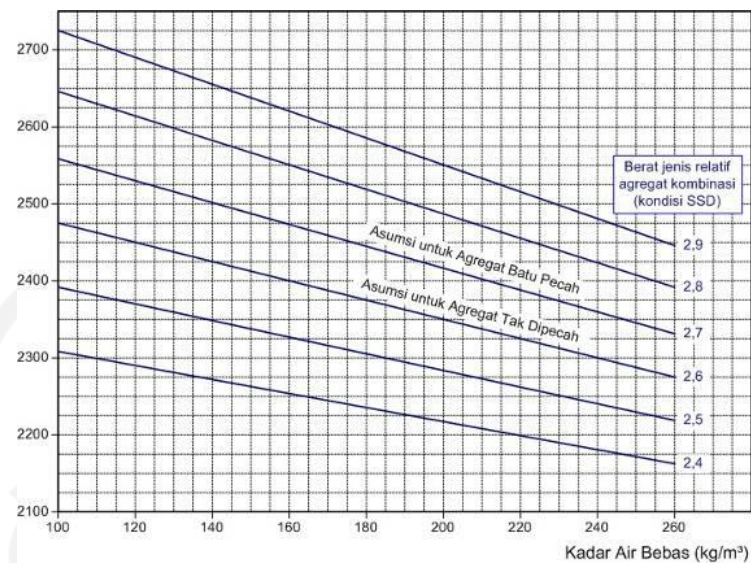
$b_{jag-kasar}$ = berat jenis agregat kasar,

P = persentase agregat halus (%), dan

K = persentase agregat kasar (%).

12. Menghitung berat isi beton (kg/m^3)

Berat isi beton dicari dengan menggunakan grafik pada Gambar 3.6 berikut, sesuai dengan BJ agregat gabungan dan kadar air bebas.



Gambar 3.6 Grafik Perkiraan Isi Beton Basah yang telah Dipadatkan

(Sumber : SNI 03-2834-1993)

13. Menghitung kadar agregat gabungan (kg/m^3)

Kadar agregat gabungan dapat dicari dengan menggunakan rumus pada Persamaan 3.8 sebagai berikut.

$$\text{Kadar agregat gabungan} = \text{berat isi beton} - \text{semen} - \text{air} \quad (3.8)$$

14. Menghitung kadar masing-masing agregat (kg/m^3)

Kadar masing-masing agregat dapat dihitung dengan rumus pada Persamaan 3.9 dan 3.10 sebagai berikut.

$$\text{Kadar agregat halus} = \% \text{ agregat halus} \times \text{kadar agregat gabungan} \quad (3.9)$$

$$\text{Kadar agregat kasar} = \% \text{ agregat kasar} \times \text{kadar agregat gabungan} \quad (3.10)$$

15. Menghitung proporsi campuran (setiap m^3)

Dari hasil hitungan langkah di atas didapat susunan campuran beton teoritis untuk setiap m^3 beton, meliputi semen, air seluruhnya, agregat halus, dan agregat kasar.

16. Menghitung proporsi campuran uji dengan penyusutan (kg)

Karena agregat halus dan agregat kasar tidak dalam kondisi SSD, maka dilakukan koreksi yaitu proporsi campuran dikondisikan dengan penyusutan sebesar 15% - 20%.

BAB IV METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Metode Penelitian

Menurut Sugiyono (2017) metode penelitian atau yang disebut juga dengan metode ilmiah merupakan cara ilmiah untuk mendapatkan data dengan tujuan dan kegunaan tertentu. Berdasarkan hal tersebut terdapat empat kata kunci yang perlu diperhatikan yaitu cara ilmiah, data, tujuan dan kegunaan.

4.2 Jenis Penelitian

Pada tugas akhir ini, jenis penelitian yang dilakukan bersifat eksperimen (percobaan). Menurut Sugiyono (2017) metode penelitian eksperimen merupakan metode penelitian yang digunakan untuk mencari pengaruh perlakuan tertentu terhadap yang lain dalam kondisi yang terkendalikan. Penelitian ini bersifat eksperimen karena dilakukan percobaan untuk mencari pengaruh penambahan serbuk besi pada beton terhadap kuat tekan beton dan kuat tarik beton.

4.3 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik (BKT), Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia di Jalan Kaliurang Km. 14,5 Umbulmartani, Ngemplak, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta.

4.4 Bahan dan Benda Uji

4.4.1 Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Semen

Pada penelitian ini, semen yang digunakan adalah semen Portland tipe 1. Semen yang digunakan pada penelitian ini adalah semen Gresik yang diperoleh di Toko Bangunan Wahyu Jaya, Sleman, Yogyakarta.

2. Agregat

Pada penelitian ini, agregat kasar dan halus yang digunakan adalah agregat yang berasal dari Gunung Merapi.

3. Air

Pada penelitian ini, air yang digunakan adalah air bersih yang berasal dari Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

4. Serbuk Besi

Pada penelitian ini digunakan bahan tambah berupa serbuk besi yang berasal dari hasil pembubutan besi cor yang diperoleh dari bengkel besi Coan. Kondisi serbuk besi yang ada di bengkel besi Coan tidak terkontrol.

4.4.2 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Timbangan atau neraca

Timbangan atau neraca merupakan salah satu alat yang digunakan untuk menimbang berat material yang digunakan untuk campuran beton sesuai dengan hasil *mix design* yang telah dihitung dan menimbang benda uji. Timbangan ini tersedia di laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

2. Ember

Ember digunakan untuk mengangkat material yang digunakan untuk campuran beton sehingga dapat memudahkan pelaksanaan pekerjaan. Ember telah tersedia di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

3. Sekop

Sekop berfungsi untuk mengambil material yang digunakan untuk campuran beton yaitu pasir dan kerikil. Sekop yang digunakan telah tersedia di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

4. Mistar atau penggaris

Mistar atau penggaris berfungsi untuk mengukur tinggi slump campuran beton sehingga dapat diketahui apakah nilai slumpnya sudah memenuhi persyaratan atau belum dan untuk mengukur dimensi benda uji. Mistar yang digunakan dapat berupa mistar sendiri atau mistar yang telah tersedia di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

5. Mesin Pengaduk atau *Mixer*

Mesin pengaduk (*mixer*) ini berfungsi untuk mengaduk dan mencampur material penyusun beton agar tercampur secara merata dan homogen sehingga menghasilkan campuran beton yang baik. *Mixer* yang digunakan pada penelitian ini telah tersedia di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

6. Cetok dan Talam Baja

Cetok digunakan untuk memasukkan adukan beton yang telah diolah ke dalam cetakan, sedangkan talam baja digunakan sebagai wadah untuk menampung campuran beton yang dikeluarkan dari mesin pengaduk (*mixer*). Alat ini telah tersedia di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

7. Kerucut Abrams dan Baja Penumbuk

Kerucut abrams digunakan untuk pengujian slump campuran beton yang mana campuran beton dimasukkan ke dalam kerucut ini. Kerucut abrams memiliki dimensi diameter atas 10 cm, diameter bawah 20 cm dan tinggi 30 cm. Sedangkan baja penumbuk digunakan untuk menumbuk adonan beton yang masuk ke dalam kerucut setiap 1/3 bagian dari kerucut agar adonan beton dapat terpadatkan secara merata dan tidak terdapat pori. Alat ini telah tersedia di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

8. Mesin Uji Tekan Beton (CTM)

Mesin uji tekan digunakan untuk menguji kuat tekan dan kuat tarik benda uji beton silinder yang telah dibuat. Alat ini telah tersedia di Laboratorium Bahan

Konstruksi Teknik Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

9. Cetakan Silinder

Cetakan silinder digunakan untuk mencetak campuran beton yang telah diolah menjadi benda uji beton berbentuk silinder. Alat ini telah tersedia di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

4.4.3 Benda Uji

Benda uji yang digunakan untuk diteliti kuat tekan dan kuat tariknya yaitu sebagai berikut.

1. Beton murni mutu 25 MPa,
2. Beton + 1,5% serbuk besi,
3. Beton + 3% serbuk besi, dan
4. Beton + 4,5% serbuk besi.

Pengujian yang akan dilakukan yaitu uji kuat tekan beton dan uji kuat tarik beton. Untuk jumlah sampel yang dibutuhkan dalam pengujian ini dapat dilihat pada Tabel 4.1 sebagai berikut.

Tabel 4.1 Jumlah Sampel Benda Uji Untuk Uji Kuat Tekan Beton

No	Jenis Pengujian	Bahan Tambah (%)	Umur Beton (hari)	Jumlah Sampel (Buah)
1.	Uji Kuat Tekan Beton	0%	14	3
			28	3
		1,5%	14	3
			28	3
		3%	14	3
			28	3
		4,5%	14	3
			28	3

Lanjutan Tabel 4.1 Jumlah Sampel Benda Uji Untuk Uji Kuat Tekan Beton

No	Jenis Pengujian	Bahan Tambah (%)	Umur Beton (hari)	Jumlah Sampel (Buah)
2.	Uji Kuat Tarik Beton	0%	14	3
			28	3
		1,5%	14	3
			28	3
		3%	14	3
			28	3
		4,5%	14	3
			28	3

4.5 Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Tahapan penelitian dilakukan agar dapat mencapai hasil sesuai dengan yang telah direncanakan yaitu sebagai berikut.

4.5.1 Persiapan bahan

Pada penelitian ini, bahan yang perlu disiapkan yaitu sebagai berikut

1. Melakukan pemeriksaan berat jenis agregat

Tujuan pemeriksaan ini dilakukan adalah agar peneliti dapat mengetahui kondisi dan klasifikasi agregat serta cara mencari data agar mendapatkan angka berat jenis curah, berat jenis jenuh kering muka, berat jenis semu dan angka penyerapan air pada agregat halus dan kasar.

a. Agregat Halus

Pemeriksaan ini dilakukan pada agregat halus dan sejenisnya yang lolos pada saringan No.4 (4,75 mm) yang bertujuan untuk menentukan angka berat jenis curah, berat jenis jenuh kering permukaan, berat jenis semu, dan penyerapan air pada agregat halus.

b. Agregat Kasar

Pemeriksaan ini dilakukan pada agregat kasar/kerikil/split dan sejenisnya yang tertahan saringan No.4 (4,75 mm) yang bertujuan menentukan angka berat jenis curah, berat jenis jenuh kering permukaan, berat jenis semu, dan penyerapan air pada agregat kasar

2. Melakukan pemeriksaan analisa saringan agregat.

a. Agregat Halus

Pemeriksaan ini dilakukan pada agregat halus dan sejenisnya yang lolos saringan No.4 (4,75 mm) yang bertujuan untuk memperoleh distribusi besaran atau jumlah persentase butiran agregat halus. Distribusi yang diperoleh dapat ditunjukkan dalam tabel atau grafik.

b. Agregat Kasar

Pemeriksaan ini dilakukan pada agregat kasar/ kerikil/ split dan sejenisnya yang tertahan saringan No.4 (4,75 mm) yang bertujuan untuk memperoleh distribusi besaran atau jumlah persentase agregat kasar. Distribusi yang diperoleh dapat ditunjukkan dalam tabel atau grafik.

3. Melakukan pemeriksaan berat volume agregat

Pemeriksaan ini dilakukan untuk menentukan berat volume padat dan gembur agregat agar dapat mengetahui klasifikasi agregat berdasarkan berat volumenya. Pemeriksaan ini dilakukan pada agregat halus dan kasar dengan cara berat agregat dibagi dengan volume silinder yang digunakan.

4. Melakukan pemeriksaan kadar lumpur agregat yang lolos saringan no.200

Pemeriksaan ini dilakukan untuk menentukan persentase kandungan lumpur di dalam pasir sebagai syarat untuk bahan konstruksi bangunan. Berdasarkan PUBLI di Indonesia 1982, berat bagian yang lewat ayakan No. 200 untuk pasir maksimal 5%. Pemeriksaan dilakukan pada agregat halus atau pasir yang lolos saringan No. 4 (4,75 mm) sebanyak 500 gram.

5. Melakukan *mix design*

Mix design ini dilakukan untuk menentukan pemilihan bahan pada campuran dengan mempertimbangkan perbandingan dari setiap material beton agar mencapai syarat dengan kualitas sesuai dengan yang diharapkan. Metode *mix*

design yang digunakan yaitu berdasarkan metode SNI 03-2834-2000. Berikut ini perhitungan *mix design*.

a. Menentukan data-data, antara lain meliputi :

- 1) Kuat tekan yang disyaratkan f'_c
- 2) Tipe semen yang digunakan
- 3) Tinggi slump yang disyaratkan
- 4) Ukuran butiran agregat maksimum yang digunakan
- 5) Jenis susunan agregat kasar
- 6) Gradasi susunan butiran agregat halus
- 7) Kondisi beton terlindungi atau tidak dari hujan dan terik matahari langsung

b. Langkah-langkah perhitungan :

- 1) Menentukan nilai deviasi standar
- 2) Menentukan nilai tambah
- 3) Menentukan kuat beton rata-rata (F'_{cr})
- 4) Menentukan jenis semen yang digunakan
- 5) Menentukan jenis agregat yang digunakan, meliputi:
 - a) Agregat halus (pasir)
 - b) Agregat kasar (kerikil)
- 6) Menentukan Faktor Air Semen (fas)
- 7) Menentukan kadar air bebas
- 8) Menentukan kadar semen minimum
- 9) Mencari persentase dari agregat halus/pasir
- 10) Menghitung berat jenis agregat gabungan
- 11) menghitung berat isi beton
- 12) Menghitung kadar agregat gabungan
- 13) Menghitung kadar masing-masing agregat
- 14) Menghitung proporsi campuran (setiap m³)
- 15) Menghitung proporsi campuran uji

4.5.2 Pengolahan Benda Uji

Setelah semua bahan telah disiapkan dan telah dilakukan pemeriksaan/pengujian pada tiap bahan dan juga telah dilakukan *mix design* sehingga mendapatkan proporsi campuran sesuai dengan rencana, maka langkah selanjutnya yaitu melakukan *mixing* beton. Adapun langkah-langkah dalam *mixing* beton yaitu sebagai berikut.

1. Melakukan penimbangan setiap bahan yang digunakan sesuai dengan perhitungan, serta tambahkan 10-20% pada tiap bahan untuk mengantisipasi ada kekurangan akibat bahan yang menempel pada dinding *mixer* dan lainnya.
2. Menimbang cetakan silinder sebelum diisi dengan beton segar/basah
3. Memasukkan semua material penyusun beton ke dalam *mixer* secara kering sedikit-sedikit atau secukupnya, kemudian tambahkan air dan seterusnya.
4. Sebaiknya sisakan sedikit air pada saat pencampuran bahan penyusun beton sebagai koreksi
5. Setelah semua bahan tercampur rata dan homogen, tuangkan adonan beton ke talam dan segera lakukan pengujian slump.
6. Apabila nilai slump telah sesuai dan memenuhi persyaratan, masukkan campuran beton ke dalam cetakan beton yang telah disiapkan dengan cara memasukkan adonan beton ke dalam cetakan setiap $\frac{1}{3}$ bagian tinggi cetakan, kemudian ditusuk-tusuk menggunakan baja penumbuk sebanyak 25 kali secara merata. Pemadatan juga dapat dilakukan dengan menggunakan *vibrator*/meja getar dan bisa juga dengan menggunakan palu karet yang dipukulkan pada dinding bagian luar cetakan. Pemadatan ini bertujuan agar adonan beton tercampur rata dan padat, tanpa ada rongga baik di dalam maupun di permukaan beton.
7. Meratakan permukaan beton dengan menggunakan cetok atau alat perata lainnya agar permukaan rata sehingga pada saat pengujian desak seluruh permukaan menerima gaya desak yang sama besar.
8. Setelah 24 jam, cetakan beton dibuka dengan hati-hati dan diberi tanda agar tidak tertukar dengan benda uji yang lain.

9. Dilakukan perawatan benda uji (*curing*) dengan cara direndam dalam air atau ditutup dengan karung basah atau dengan cara disiram air selama umur perawatan.
10. Mengeringkan benda uji dengan cara mengeluarkan benda uji dari rendaman atau membuka tutup karung basah atau diberhentikan penyiraman 24 jam sebelum dilakukan pengujian kuat tekan.

4.5.3 Pengujian Kuat Tekan Pada Benda Uji

Setelah beton selesai dibuat dan telah dilakukan perawatan hingga umur beton yang direncanakan untuk dilakukan pengujian, maka langkah selanjutnya adalah melakukan pengujian kuat tekan pada benda uji beton silinder. Langkah-langkah yang dilakukan yaitu sebagai berikut.

1. Ambil benda uji yang akan diuji kuat tekannya dari bak perendaman/pematangan (*curing*) 24 jam sebelum pengujian, kemudian bersihkan benda uji dari kotoran dan ukur benda uji
2. Menimbang dan mengukur benda uji.
3. Melapisi (*couting*) permukaan atas dan bawah benda uji dengan mortar belerang.
4. Meletakkan benda uji secara vertikal dan sentris pada mesin uji tekan.
5. Menjalankan mesin tekan dengan penambahan beban tekan yang konstan sekitar 2 sampai 4 kg/cm² per detik.
6. Pembebanan dilakukan hingga benda uji hancur dan mencatat beban maksimum yang terjadi selama pengujian benda uji.
7. Menggambarkan bentuk pecah dan mencatat keadaan benda uji.

4.5.4 Pengujian Kuat Tarik Beton

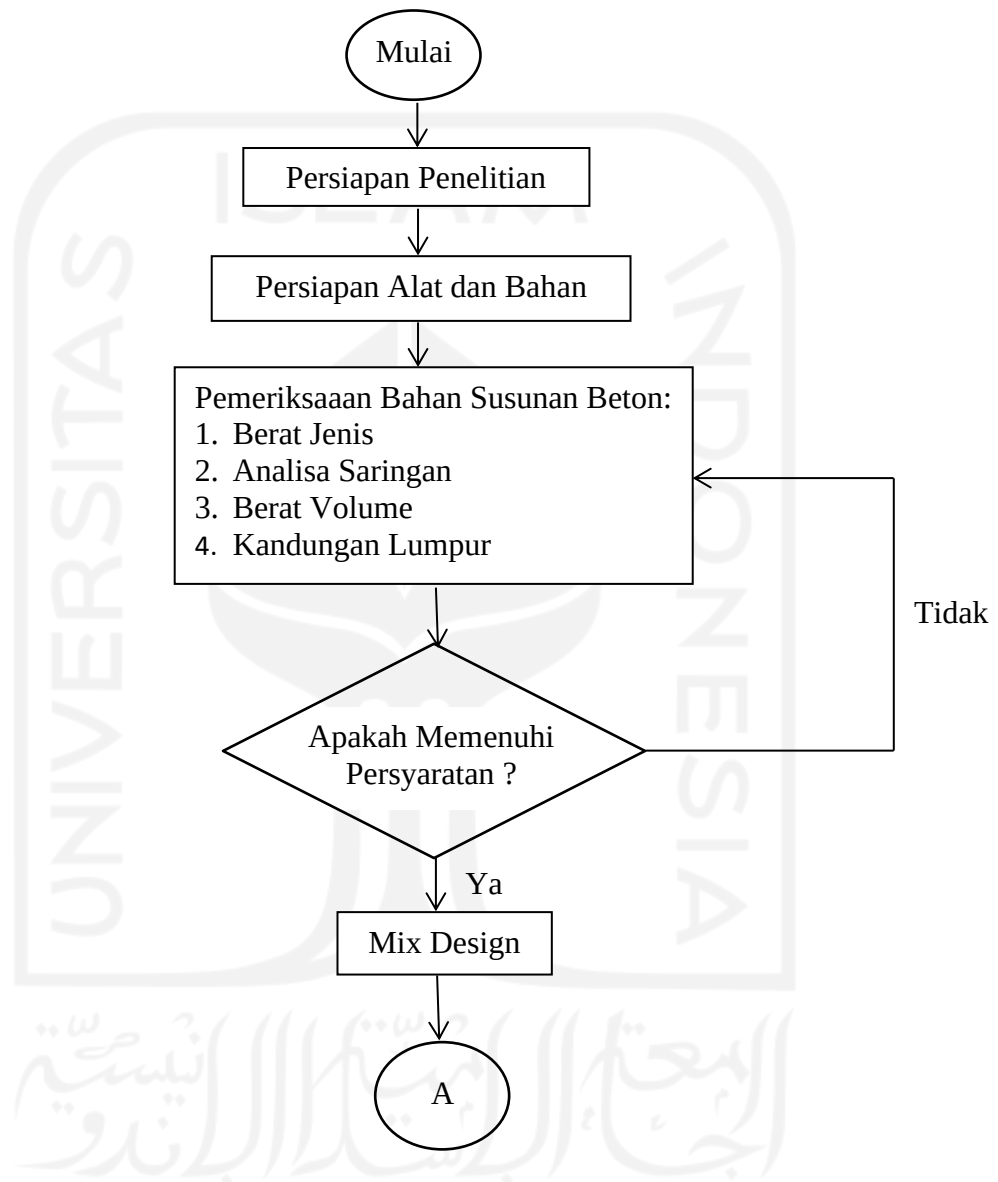
Setelah dilakukan pengujian kuat tekan beton, maka selanjutnya dilakukan pengujian kuat tarik beton. Adapun langkah-langkahnya yaitu sebagai berikut.

1. Mengukur dan menimbang benda uji
2. Memberi tanda pada benda uji berupa garis tengah pada tiap sisi ujung benda uji agar dapat memastikan kedua garis tengah tersebut berada dalam bidang aksial yang sama.

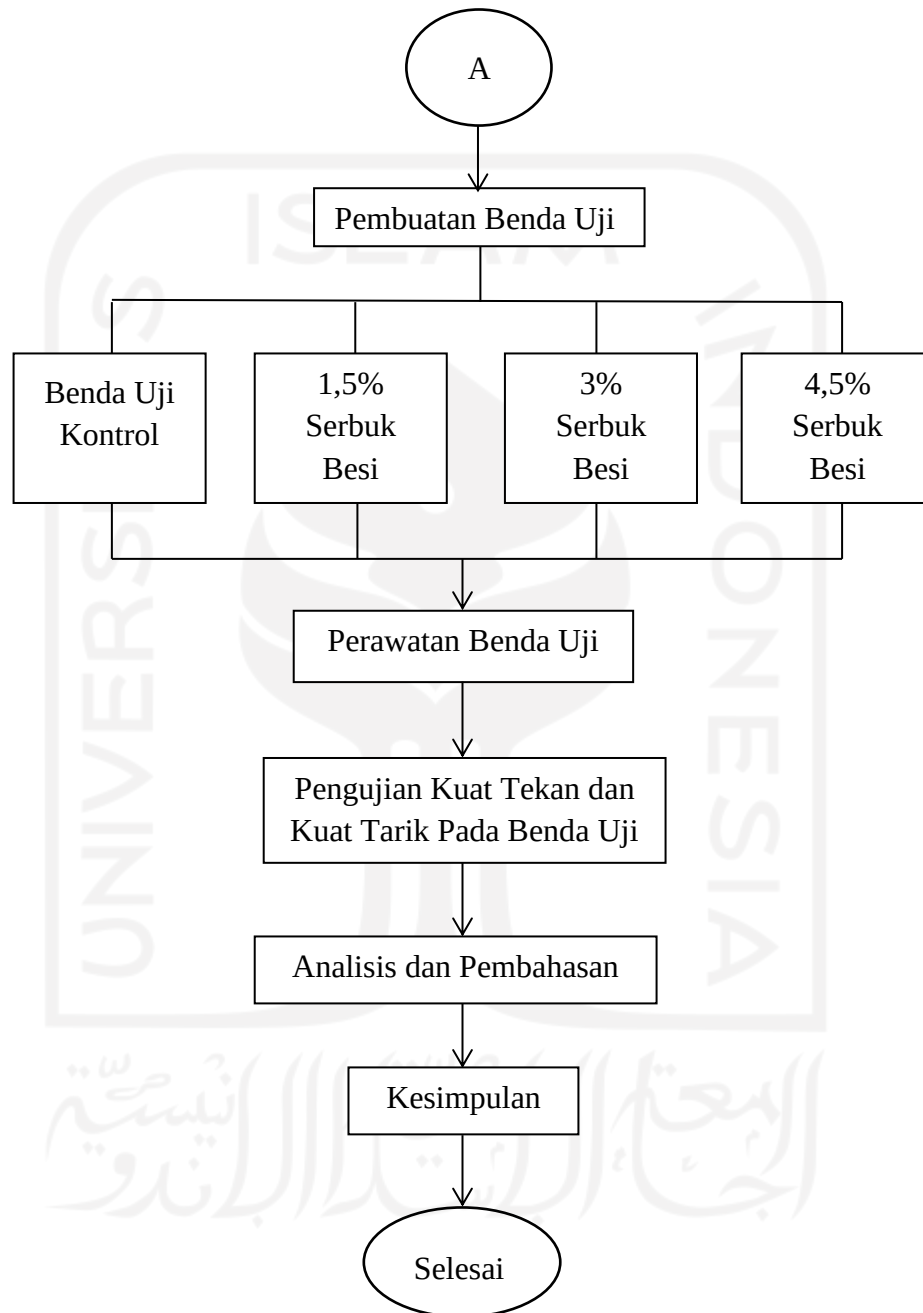
3. Meletakkan sebuah pelat atau batang penekan tambahan (bila digunakan) di atas meja tekan bagian bawah mesin uji tekan secara simetris.
4. Meletakkan sebuah dari dua buah bantalan bantu pembebanan yang terbuat dari kayu lapis di atas meja tekan bagian bawah dari mesin uji tekan pada tengah-tengahnya.
5. Letakkan benda uji di atas bantalan bantu sedemikian rupa hingga tanda garis tengah pada benda uji tegak lurus terhadap titik tengah bantalan bantu pembebanan tersebut.
6. Meletakkan bantalan bantu pembebanan kedua di atas benda uji dan kemudian meletakkan pelat atau batang penekan tambahan di atas bantalan tersebut bila digunakan.
7. Atur posisi pengujian agar mencapai kondisi yang sesuai.
8. Menjalankan mesin uji tekan dengan pembebanan dilakukan secara menerus tanpa sentakan dengan kecepatan pembebanan konstan yang berkisar antara 0,7 hingga 1,4 Mpa per detik sampai benda uji hancur/terbelah.
9. Mencatat waktu dan beban maksimum pengujian.

4.6 Diagram Alir atau *Flowchart* Penelitian

Tahapan penelitian ini dapat dilihat pada diagram alir atau *flowchart* di bawah ini.



Gambar 4.1 Bagan Alir atau *Flowchart* Penelitian



Lanjutan Gambar 4.1 Bagan Alir atau *Flowchart* Penelitian

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Pengujian Material

Pada sub bab ini, dipaparkan hasil pengujian material penyusun beton yaitu agregat halus dan agregat kasar. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah material penyusun beton telah memenuhi persyaratan dan data hasil pengujian dapat digunakan dalam perencanaan *mix design*.

1. Agregat Halus

Pengujian agregat halus yang dilakukan beserta hasil pengujiannya yaitu sebagai berikut.

a. Pengujian Berat Jenis Agregat Halus

1) Data Pengujian

Pada pengujian berat jenis agregat halus ini digunakan 2 sampel uji. Data hasil pengujian berat jenis agregat halus dapat dilihat pada Tabel 5.1 sebagai berikut.

Tabel 5.1 Data Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Halus

No	Data Tinjauan	Simbol	Hasil Pengamatan	
			Sampel 1	Sampel 2
1	Berat Pasir Kering Mutlak (gr)	Bk	490	490
2	Berat pasir kondisi jenuh kering muka (SSD), (gr)		500	500
3	Berat piknometer berisi air dan pasir (gr)	Bt	1149	1152
4	Berat piknometer berisi air (gr)	B	842	842

2) Analisis Perhitungan

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

$$\begin{aligned}
 \text{a) Berat Jenis Curah} &= \frac{B_k}{B+500-B_t} \\
 &= \frac{490}{842+500-1149} \\
 &= 2,539 \\
 \text{b) Berat Jenuh Kering Muka (SSD)} &= \frac{500}{B+500-B_t} \\
 &= \frac{500}{842+500-1149} \\
 &= 2,591 \\
 \text{c) Berat Jenis Semu} &= \frac{B_k}{B+B_k-B_t} \\
 &= \frac{490}{842+490-1149} \\
 &= 2,678 \\
 \text{d) Penyerapan Air} &= \frac{500-B_k}{B_k} \times 100\% \\
 &= \frac{500-490}{490} \times 100\% \\
 &= 2,041\%
 \end{aligned}$$

3) Rekapitulasi

Rekapitulasi data hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 5.2 sebagai berikut.

Tabel 5.2 Rekapitulasi Data Hasil Perhitungan

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-Rata
Berat pasir mutlak, gram (Bk)	490	490	490
Berat pasir kondisi jenuh kering muka (SSD), gram	500	500	500
Berat piknometer berisi pasir dan air, gram (Bt)	1149	1152	1150,5
Berat piknometer berisi air, gram (B)	842	842	842
Berat jenis curah (Bk/(B+500-Bt))	2,539	2,579	2,559
Berat jenis kering muka (500/(B+500-Bt))	2,591	2,632	2,611
Berat jenis semu (Bk/(B+Bk-Bt))	2,678	2,722	2,699
Penyerapan air ((500-Bk)/(Bk x 100%))	2,041	2,041	2,041

4) Pembahasan

Berdasarkan perhitungan data hasil pengujian, didapatkan hasil yaitu kemampuan agregat halus dalam menyerap air sebesar 2,041% sesuai dengan kriteria agregat halus normal yaitu maksimal sebesar 3%. Selain itu, didapat juga hasil berat jenis curah sebesar 2,559, berat jenis jenuh kering muka (SSD) sebesar 2,611 dan berat jenis semu sebesar 2,699. 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.

b. Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus

1) Data Pengujian

Pada pengujian ini, digunakan 2 sampel uji yang diambil dari agregat halus yang akan digunakan. Data pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.3 sebagai berikut.

Tabel 5.3 Data Sampel 1 dan 2

Sampel 1		Sampel 2	
Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)
40		40	
20		20	
10		10	
4,8	8	4,8	15
2,4	113	2,4	105
1,2	382	1,2	326
0,6	464	0,6	503
0,3	421	0,3	479
0,15	371	0,15	334
Pan	241	Pan	238
Jumlah	2000	Jumlah	2000

2) Analisis Perhitungan

Perhitungan Sampel 1.

a) Persentase Berat Tertinggal (%)

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

$$(1) \text{ Lubang ayakan } 4,80 \text{ mm} = \frac{8}{2000} \times 100\% = 0,4\%$$

$$(2) \text{ Lubang ayakan } 2,40 \text{ mm} = \frac{113}{2000} \times 100\% = 5,65\%$$

$$(3) \text{ Lubang ayakan } 1,20 \text{ mm} = \frac{382}{2000} \times 100\% = 19,1\%$$

$$(4) \text{ Lubang ayakan } 0,60 \text{ mm} = \frac{464}{2000} \times 100\% = 23,2\%$$

$$(5) \text{ Lubang ayakan } 0,30 \text{ mm} = \frac{421}{2000} \times 100\% = 21,05\%$$

$$(6) \text{ Lubang ayakan } 0,15 \text{ mm} = \frac{371}{2000} \times 100\% = 18,55\%$$

$$(7) \text{ Pan} = \frac{241}{2000} \times 100\% = 12,05\%$$

b) Berat Tertinggal Kumulatif (%)

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

$$(1) \text{ Lubang ayakan } 4,80 \text{ mm} = 0,4\%$$

$$(2) \text{ Lubang ayakan } 2,40 \text{ mm} = 6,05\%$$

$$(3) \text{ Lubang ayakan } 1,20 \text{ mm} = 25,15\%$$

$$(4) \text{ Lubang ayakan } 0,60 \text{ mm} = 48,35\%$$

$$(5) \text{ Lubang ayakan } 0,30 \text{ mm} = 69,4\%$$

$$(6) \text{ Lubang ayakan } 0,15 \text{ mm} = 87,95\%$$

$$(7) \text{ Pan} = 100\%$$

c) Persen Lolos Kumulatif (%)

Persen lolos kumulatif agregat halus sampel 1 sebagai berikut.

$$(1) \text{ Lubang ayakan } 4,80 \text{ mm} = 100\% - 0,4\% = 99,6\%$$

$$(2) \text{ Lubang ayakan } 2,40 \text{ mm} = 100\% - 6,05\% = 93,95\%$$

$$(3) \text{ Lubang ayakan } 1,20 \text{ mm} = 100\% - 25,15\% = 74,85\%$$

$$(4) \text{ Lubang ayakan } 0,60 \text{ mm} = 100\% - 48,35\% = 51,65\%$$

$$(5) \text{ Lubang ayakan } 0,30 \text{ mm} = 100\% - 69,4\% = 30,6\%$$

(6) Lubang ayakan 0,15 mm = 100% - 87,95% = 12,05%

(7) Pan = 100% - 100% = 0%

d) Modulus Halus Butir (MHB)

$$\begin{aligned} \text{MHB} &= \frac{\text{Jumlah Persen Berat Tertinggal Kumulatif (\%)}}{100\%} \\ &= \frac{237,3\%}{100\%} \\ &= 2,37 \end{aligned}$$

3) Rekapitulasi

Rekapitulasi hasil perhitungan modulus halus butir (MHB) agregat halus sampel 1 dan 2 dapat dilihat pada Tabel 5.4 dan Tabel 5.5 sebagai berikut.

Tabel 5.4 Rekapitulasi Hasil Perhitungan MHB Sampel 1

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40		0,000	0,000	100
20		0,000	0,000	100
10		0,000	0,000	100
4,8	8	0,400	0,400	99,60
2,4	113	5,650	6,050	93,95
1,2	382	19,100	25,150	74,85
0,6	464	23,200	48,350	51,65
0,3	421	21,050	69,400	30,60
0,15	371	18,550	87,950	12,05
Pan	241	12,050	100,000	
Jumlah	2000	100,000	237,300	

MHB	2,373
-----	-------

Tabel 5.5 Rekapitulasi Hasil Perhitungan MHB Sampel 2

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40		0	0	100
20		0	0	100
10		0	0	100
4,8	15	0,750	0,750	99,25
2,4	105	5,250	6	94,00
1,2	326	16,300	22,300	77,70
0,6	503	25,150	47,450	52,55
0,3	479	23,950	71,400	28,60
0,15	334	16,700	88,100	11,90
Pan	238	11,900		
Jumlah	2000	100	236	

MHB	2,36
-----	------

4) Pembahasan

Nilai gradasi pasir untuk menentukan jenis agregat halus yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 5.6 sebagai berikut.

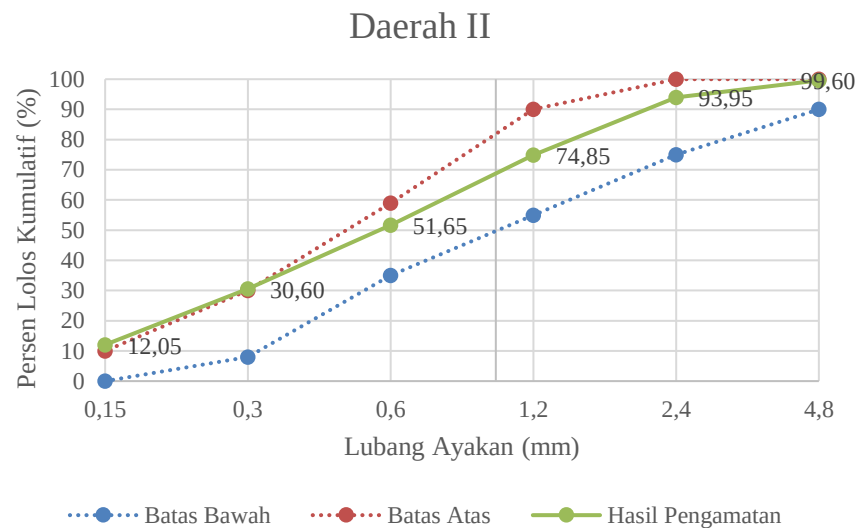
Tabel 5.6 Gradasi Pasir

Lubang Ayakan (mm)	Persen Butir Agregat yang Lolos Agregat			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
10	100	100	100	100
4,8	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	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

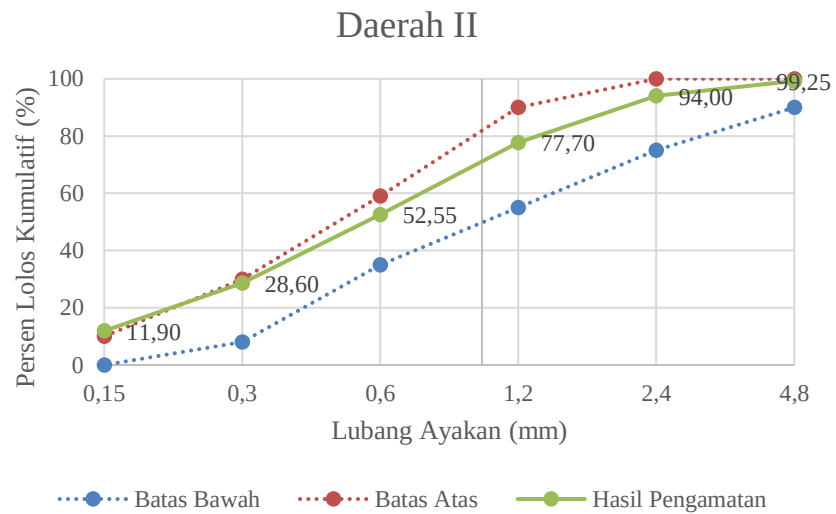
Keterangan :

- 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 5.4, tabel 5.5 dan tabel 5.6, kedua sampel dari 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 5.1 di bawah ini.



Gambar 5.1 Grafik Gradasi Pasir Sampel 1



Gambar 5.2 Grafik Gradasi Pasir Sampel 2

Berdasarkan dari hasil pengujian ini, didapatkan nilai modulus halus butir (MHB) pada sampel 1 dan sampel 2 agregat halus ini. Pada sampel 1 didapatkan nilai MHB sebesar 2,373 dan pada sampel 2 didapatkan nilai MHB sebesar 2,36. Nilai MHB masih memenuhi syarat MHB agregat halus yaitu 1,5-3,80 berdasarkan SK SNI S-04-1989.

c. Pengujian Berat Volume Agregat Halus

1) Berat Volume Gembur

a) Data Pengujian

Pada pengujian berat volume gembur agregat halus ini digunakan 2 sampel uji. Berikut ini merupakan data pengujian yang dapat dilihat pada Tabel 5.7 sebagai berikut.

Tabel 5.7 Data Pengujian Berat Volume Gembur Agregat Halus

Uraian	Hasil Pengamatan	
	Sampel 1	Sampel 2
Tinggi Tabung (cm)	15	15
Diameter Tabung (cm)	30	30

Lanjutan Tabel 5.7 Data Pengujian Berat Volume Gembur Agregat Halus

Uraian	Hasil Pengamatan	
	Sampel 1	Sampel 2
Berat Tabung (W1) (gr)	10249	11124
Berat Tabung + Agregat Kering Tungku (W2) (gr)	17473	18361

b) Analisis Perhitungan

Berikut analisis perhitungan yang dilakukan pada sampel 1.

$$\begin{aligned}
 (1) \text{ Berat Agregat (W3)} &= W2 - W1 \\
 &= 17473 - 10249 \\
 &= 7224 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 (2) \text{ Volume Tabung} &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 15^2 \\
 &= 5301,438 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 (3) \text{ Berat Volume Gembur} &= \frac{\text{Berat Agregat}}{\text{Volume Tabung}} \\
 &= \frac{7224}{5301,438} \\
 &= 1,363 \text{ gr/cm}^3
 \end{aligned}$$

c) Rekapitulasi

Rekapitulasi data hasil pengujian berat volume gembur agregat halus dapat dilihat pada tabel 5.8 berikut ini.

Tabel 5.8 Rekapitulasi Data Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Agregat Halus

Uraian	Hasil Pengamatan	
	Sampel 1	Sampel 2
Tinggi Tabung (cm)	15	15
Diameter Tabung (cm)	30	30
Berat Tabung (W1) (gr)	10249	11124
Berat Tabung + Agregat Kering Tungku (W2) (gr)	17473	18361
Berat Agregat (W3) (gr)	7224	7237
Volume Tabung (V) (cm3)	5301,438	5301,438

**Lanjutan Tabel 5.8 Rekapitulasi Data Hasil Pengujian Berat
Volume Gembur Agregat Halus**

Uraian	Hasil Pengamatan	
	Sampel 1	Sampel 2
Berat Volume Gembur (gr/cm ³)	1,363	1,365

d) Pembahasan

Dari pengujian berat volume gembur agregat halus ini yang menggunakan 2 buah sampel dari agregat halus dalam keadaan jenuh kering permukaan (SSD), didapatkan hasil berat volume gembur untuk masing-masing sampel yaitu sampel 1 sebesar 1,363 gr/cm³ dan sampel 2 sebesar 1,365 gr/cm³. Hasil ini telah memenuhi syarat berat volume pada SNI 03-4804-1998 yaitu 1,2-1,7 gr/cm³.

2) Berat Volume Padat

a) Data Pengujian

Pada pengujian berat volume padat agregat halus ini digunakan 2 sampel uji. Data pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.9 sebagai berikut.

Tabel 5.9 Data Pengujian Berat Volume Padat Agregat Halus

Uraian	Hasil Pengamatan	
	Sampel 1	Sampel 2
Tinggi Tabung (cm)	15	15
Diameter Tabung (cm)	30	30
Berat Tabung (W1) (gr)	10249	11124
Berat Tabung + Agregat Kering Tungku (W2) (gr)	18482	19354

b) Analisis Perhitungan

Berikut merupakan analisis perhitungan yang dilakukan pada sampel 1.

$$\begin{aligned}
 (1) \text{ Berat Agregat (W3)} &= W2 - W1 \\
 &= 18482 - 10249
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 8233 \text{ gr} \\
 (2) \text{ Volume Tabung} &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 15^2 \\
 &= 5301,438 \text{ cm}^3 \\
 (3) \text{ Berat Volume Padat} &= \frac{\text{Berat Agregat}}{\text{Volume Tabung}} \\
 &= \frac{8233}{5301,438} \\
 &= 1,553 \text{ gr/cm}^3
 \end{aligned}$$

c) Rekapitulasi

Rekapitulasi data hasil pengujian berat volume padat agregat halus dapat dilihat pada Tabel 5.10 berikut ini.

Tabel 5.10 Rekapitulasi Data Hasil Pengujian Berat Volume Padat Agregat Halus

Uraian	Hasil Pengamatan	
	Sampel 1	Sampel 2
Tinggi Tabung (cm)	15	15
Diameter Tabung (cm)	30	30
Berat Tabung (W1) (gr)	10249	11124
Berat Tabung + Agregat Kering Tungku (W2) (gr)	18482	19354
Berat Agregat (W3) (gr)	8233	8230
Volume Tabung (V) (cm ³)	5301,438	5301,438
Berat Volume Padat (gr/cm ³)	1,553	1,552

d) Pembahasan

Dari pengujian berat volume padat agregat halus yang menggunakan 2 buah sampel dari agregat halus dalam keadaan jenuh kering permukaan (SSD) ini, didapatkan hasil berat volume padat untuk masing-masing sampel yaitu sampel 1 sebesar 1,553 gr/cm³ dan sampel 2 sebesar 1,552 gr/cm³. Hasil ini telah memenuhi syarat berat volume yang ada pada SNI 03-4804-1998 yaitu 1,2-1,7 gr/cm³.

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

1) Data Pengujian

Pada pengujian kandungan lumpur agregat halus ini, digunakan 2 sampel dari agregat halus yang digunakan. Data pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.11 sebagai berikut.

Tabel 5.11 Data Uji Kandungan Lumpur Agregat Halus

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-Rata
Berat agregat kering oven (W1), gram	500	500	500
Berat agregat kering oven setelah dicuci (W2), gram	489	482	485,5

2) Analisis Perhitungan

Analisis perhitungan yang dilakukan yaitu sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 (1) \text{ Berat pasir lolos ayakan no. 200} &= W_1 - W_2 \\
 &= 500 - 485,5 \\
 &= 14,5 \text{ gram} \\
 (2) \text{ Persentase berat lolos ayakan no. 200} &= \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100 \% \\
 &= \frac{14,5}{500} \times 100 \% \\
 &= 2,9 \%
 \end{aligned}$$

3) Hasil dan Pembahasan

Rekapitulasi hasil pengujian yaitu sebagai berikut.

Tabel 5.12 Rekapitulasi Uji Kandungan Lumpur

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-Rata
Berat agregat kering oven (W1), gram	500	500	500
Berat agregat kering oven setelah dicuci (W2), gram	489	482	485,5
Persentase yang lolos ayakan No.200 (%)	2,2	3,6	2,9

Berdasarkan pengujian kandungan lumpur yang telah dilakukan, didapatkan nilai kandungan lumpur dalam pasir yang digunakan sebesar 2,9%. 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%.

2. Agregat Kasar

Adapun pengujian agregat kasar yang dilakukan beserta hasil pengujiannya yaitu sebagai berikut.

a. Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar

1) Data Pengujian

Pada pengujian berat jenis agregat kasar ini, digunakan 2 sampel uji. Data hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.13 sebagai berikut.

Tabel 5.13 Data Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar

No	Data Tinjauan	Simbol	Hasil Pengamatan	
			Sampel 1	Sampel 2
1	Berat kerikil kering mutlak (gr)	Bk	4868	4878
2	Berat kerikil kondisi jenuh kering muka (SSD), (gr)	Bj	5000	5000
3	Berat kerikil dalam air (gr)	Ba	3020	2998

2) Analisis Perhitungan

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

Perhitungan sampel 1

$$\begin{aligned}
 \text{a) Berat Jenis Curah} &= \frac{Bk}{Bj - Ba} \\
 &= \frac{4868}{5000 - 3020} \\
 &= 2,459
 \end{aligned}$$

$$\text{b) Berat Jenuh Kering Muka (SSD)} = \frac{Bj}{Bj - Ba}$$

$$= \frac{5000}{5000-3020}$$

$$= 2,525$$

c) Berat Jenis Semu

$$= \frac{B_k}{B_k - B_a}$$

$$= \frac{4868}{4868-3020}$$

$$= 2,634$$

d) Penyerapan Air

$$= \frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\%$$

$$= \frac{5000-4868}{4868} \times 100\%$$

$$= 2,712 \%$$

3) Rekapitulasi

Rekapitulasi data hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 5.14 sebagai berikut.

Tabel 5.14 Rekapitulasi Data Hasil Perhitungan

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-Rata
Berat pasir kering mutlak, gram (Bk)	4868	4878	4873
Berat pasir kondisi jenuh kering muka (SSD), gram (Bj)	5000	5000	5000
Berat kerikil dalam air, gram (Ba)	3020	2998	3009
Berat jenis curah (Bk/(Bj-Ba))	2,459	2,437	2,448
Berat jenis kering muka (Bj/(Bj-Ba))	2,525	2,498	2,511
Berat jenis semu (Bk/(Bk-Ba))	2,634	2,595	2,614
Penyerapan air ((Bj-Bk)/(Bk x 100%))	2,712	2,501	2,606

4) Pembahasan

Berdasarkan perhitungan data hasil pengujian, didapatkan hasil yaitu kemampuan agregat kasar dalam menyerap air sebesar 2,606 % sesuai dengan kriteria agregat kasar normal yaitu maksimal sebesar 3%. Selain itu didapat juga hasil berat jenis curah sebesar 2,448, berat jenis jenuh

kering muka (SSD) sebesar 2,511 dan berat jenis semu sebesar 2,614. Berat jenis agregat kasar ini telah memenuhi syarat berat jenis agregat normal yang ada pada SNI 03-1970-1990 yaitu 2,5-2,7.

b. Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar

1) Data Pengujian

Pengujian ini menggunakan 2 sampel yang diambil dari agregat kasar yang akan digunakan. Adapun data pengujiannya yaitu sebagai berikut.

Tabel 5.15 Data Sampel 1 dan 2

Sampel 1		Sampel 2	
Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)
40		40	
20	544	20	445
10	3478	10	3764
4,8	653	4,8	580
2,4		2,4	
1,2		1,2	
0,6		0,6	
0,3		0,3	
0,15		0,15	
Pan	325	Pan	211
Jumlah	5000	Jumlah	5000

2) Analisis Perhitungan

Perhitungan Sampel 1

a) Persentase Berat Tertinggal (%)

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

$$(1) \text{ Lubang ayakan 20 mm} = \frac{544}{2000} \times 100\% = 10,88 \%$$

$$(2) \text{ Lubang ayakan 10 mm} = \frac{3478}{2000} \times 100\% = 69,56 \%$$

$$(3) \text{ Lubang ayakan 4,80 mm} = \frac{653}{2000} \times 100\% = 13,06 \%$$

$$(4) \text{ Lubang ayakan 2,40 mm} = \frac{0}{2000} \times 100\% = 0 \%$$

$$(5) \text{ Lubang ayakan } 1,20 \text{ mm} = \frac{0}{2000} \times 100\% = 0 \%$$

$$(6) \text{ Lubang ayakan } 0,60 \text{ mm} = \frac{0}{2000} \times 100\% = 0 \%$$

$$(7) \text{ Lubang ayakan } 0,30 \text{ mm} = \frac{0}{2000} \times 100\% = 0 \%$$

$$(8) \text{ Lubang ayakan } 0,15 \text{ mm} = \frac{0}{2000} \times 100\% = 0 \%$$

$$(9) \text{ Pan} = \frac{325}{2000} \times 100\% = 6,5 \%$$

b) Berat Tertinggal Kumulatif (%)

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

$$(1) \text{ Lubang ayakan } 40 \text{ mm} = 10,88 \%$$

$$(2) \text{ Lubang ayakan } 10 \text{ mm} = 80,44 \%$$

$$(3) \text{ Lubang ayakan } 4,8 \text{ mm} = 93,5 \%$$

$$(4) \text{ Lubang ayakan } 2,40 \text{ mm} = 93,5 \%$$

$$(5) \text{ Lubang ayakan } 1,20 \text{ mm} = 93,5 \%$$

$$(6) \text{ Lubang ayakan } 0,60 \text{ mm} = 93,5 \%$$

$$(7) \text{ Lubang ayakan } 0,30 \text{ mm} = 93,5 \%$$

$$(8) \text{ Lubang ayakan } 0,15 \text{ mm} = 93,5 \%$$

$$(9) \text{ Pan} = 0 \%$$

c) Persen Lolos Kumulatif (%)

Persen lolos kumulatif agregat kasar sampel 1 sebagai berikut.

$$(1) \text{ Lubang ayakan } 40 \text{ mm} = 100\% - 0 \% = 100 \%$$

$$(2) \text{ Lubang ayakan } 10 \text{ mm} = 100\% - 10,88 \% = 89,12 \%$$

$$(3) \text{ Lubang ayakan } 4,80 \text{ mm} = 100\% - 80,44 \% = 19,56\%$$

$$(4) \text{ Lubang ayakan } 2,40 \text{ mm} = 100\% - 93,5 \% = 6,5\%$$

$$(5) \text{ Lubang ayakan } 1,20 \text{ mm} = 100\% - 93,5 \% = 6,5\%$$

$$(6) \text{ Lubang ayakan } 0,60 \text{ mm} = 100\% - 93,5 \% = 6,5\%$$

$$(7) \text{ Lubang ayakan } 0,30 \text{ mm} = 100\% - 93,5 \% = 6,5\%$$

$$(8) \text{ Lubang ayakan } 0,15 \text{ mm} = 100\% - 93,5 \% = 6,5\%$$

$$(9) \text{ Pan} = 100\% - 100\% = 0\%$$

d) Modulus Halus Butir (MHB)

$$\begin{aligned}
 \text{MHB} &= \frac{\text{Jumlah Persen Berat Tertinggal Kumulatif (\%)}}{100\%} \\
 &= \frac{652,32\%}{100\%} \\
 &= 6,523
 \end{aligned}$$

3) Rekapitulasi

Rekapitulasi hasil perhitungan modulus halus butir (MHB) agregat kasar sampel 1 dan 2 dapat dilihat pada Tabel 5.16 dan Tabel 5.17 sebagai berikut.

Tabel 5.16 Rekapitulasi Hasil Perhitungan MHB Sampel 1

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40		0,000	0,000	100,000
20	544	10,880	10,880	89,120
10	3478	69,560	80,440	19,560
4,8	653	13,060	93,500	6,500
2,4		0,000	93,500	6,500
1,2		0,000	93,500	6,500
0,6		0,000	93,500	6,500
0,3		0,000	93,500	6,500
0,15		0,000	93,500	6,500
Pan	325	6,500		
Jumlah	5000	100,000	652,320	

MHB	6,523
-----	-------

Tabel 5. 17 Rekapitulasi Hasil Perhitungan MHB Sampel 2

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40		0	0	100,000
20	445	8,900	8,900	91,100
10	3764	75,280	84,180	15,820
4,8	580	11,600	95,780	4,220
2,4		0	95,780	4,220
1,2		0	95,780	4,220
0,6		0	95,780	4,220
0,3		0	95,780	4,220
0,15		0	95,780	4,220
Pan	211	4,220		
Jumlah	5000	100,000	667,760	

MHB	6,678
-----	-------

4) Pembahasan

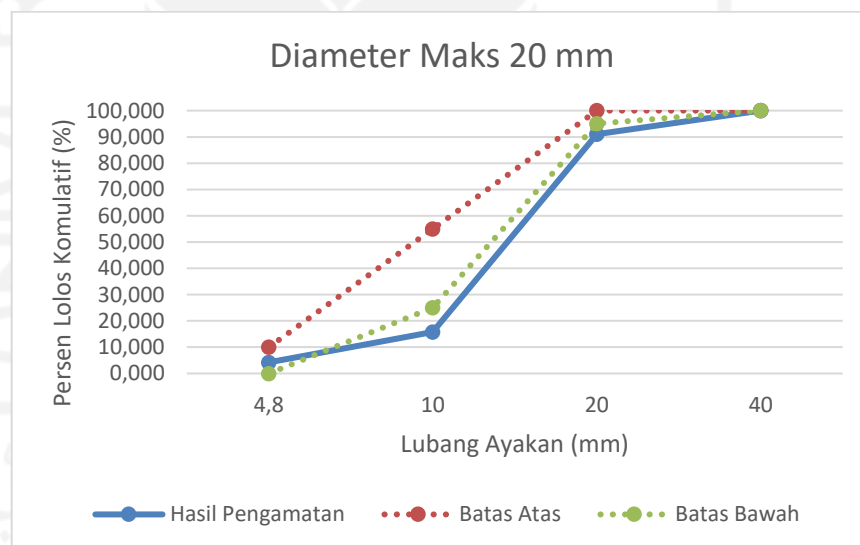
Berdasarkan dari hasil pengujian ini, didapatkan nilai modulus halus butir (MHB) pada sampel 1 dan sampel 2 agregat kasar ini. Pada sampel 1 didapatkan nilai MHB sebesar 6,523 dan pada sampel 2 didapatkan nilai MHB sebesar 6,678. Berdasarkan persyaratan yang ditetapkan pada SK SNI S-04-1989-f nilai MHB masih memenuhi syarat MHB agregat kasar yaitu 5,0 – 8,0. Hasil nilai modulus halus butir ini digunakan untuk mengetahui ukuran agregat kasar yang digunakan pada campuran beton.

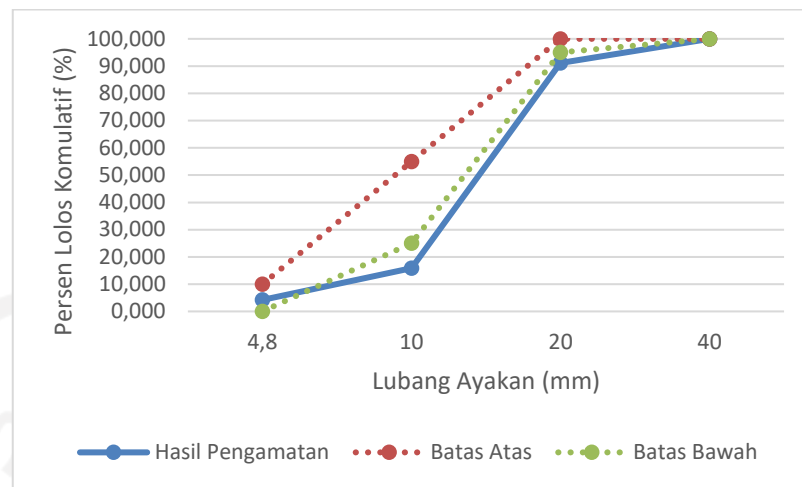
Berikut ini merupakan tabel gradasi agregat kasar untuk menentukan jenis gradasi aregat kasar yang digunakan yang dapat dilihat pada Tabel 5.18 di halaman selanjutnya.

Tabel 5.18 Gradasi Agregat Kasar

Lubang Ayakan (mm)	Persen Butiran Agregat yang Lolos Ayakan/Besar Butiran Maksimum	
	40 mm	20 mm
40	95-100	100
20	35-70	95-100
10	10-35	25-55
4,8	0-5	0-10

Berdasarkan dari data gradasi hasil pengujian pada tabel 5.16, tabel 5.17 dan tabel 5.18, kedua sampel dari agregat kasar ini termasuk ke dalam gradasi ukuran maksimum 20 mm. Berikut merupakan grafik analisa saringan agregat kasar sampel 1 dan 2 yang dapat dilihat pada Gambar 5.3 dan Gambar 5.4 sebagai berikut.

**Gambar 5.3 Grafik Gradasi Agregat Kasar Sampel 1**



Gambar 5.4 Grafik Gradasi Agregat Kasar Sampel 2

Berdasarkan grafik di atas, persen lolos kumulatif agregat kasar berada di luar batas atas dan bawah untuk ukuran agregat diameter 20 mm. Hal ini disebabkan karena keadaan agregat di *quarry* (lapangan) tidak proporsional sehingga gradasi agregatnya senjang atau gradasi sela.

c. Pengujian Berat Volume Agregat Kasar

1) Berat Volume Gembur

a) Data Pengujian

Pada pengujian berat volume gembur agregat kasar ini digunakan 2 sampel uji. Berikut ini adalah data pengujian yang dapat dilihat pada Tabel 5.19 sebagai berikut.

Tabel 5.19 Data Pengujian Berat Volume Gembur Agregat Kasar

Uraian	Hasil Pengamatan	
	Sampel 1	Sampel 2
Tinggi Tabung (cm)	15	15
Diameter Tabung (cm)	30	30
Berat Tabung (W1) (gr)	10249	11124
Berat Tabung + Agregat Kering Tungku (W2) (gr)	16704	17782

b) Analisis Perhitungan

Analisis perhitungan ini dilakukan seperti pada contoh perhitungan sampel 1.

$$\begin{aligned} (1) \text{ Berat Agregat (W3)} &= W2 - W1 \\ &= 16704 - 10249 \\ &= 6455 \text{ gr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (2) \text{ Volume Tabung} &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 15^2 \\ &= 5301,438 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (3) \text{ Berat Volume Gembur} &= \frac{\text{Berat Agregat}}{\text{Volume Tabung}} \\ &= \frac{6455}{5301,438} \\ &= 1,218 \text{ gr/cm}^3 \end{aligned}$$

c) Rekapitulasi

Rekapitulasi data hasil pengujian berat volume gembur agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 5.20 berikut ini.

Tabel 5.20 Rekapitulasi Data Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Agregat Kasar

Uraian	Hasil Pengamatan	
	Sampel 1	Sampel 2
Tinggi Tabung (cm)	15	15
Diameter Tabung (cm)	30	30
Berat Tabung (W1) (gr)	10249	11124
Berat Tabung + Agregat Kering Tungku (W2) (gr)	16704	17782
Berat Agregat (W3) (gr)	6455	6658
Volume Tabung (V) (cm ³)	5301,438	5301,438
Berat Volume Gembur (gr/cm ³)	1,218	1,256

d) 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 berat volume gembur untuk masing-masing sampel yaitu sampel 1 sebesar 1,218 gr/cm³ dan sampel 2 sebesar 1,256 gr/cm³. Hasil ini telah memenuhi syarat berat volume yang ada pada SNI 03-4804-1998 yaitu 1,2-1,7 gr/cm³.

2) Berat Volume Padat

a) Data Pengujian

Pada pengujian berat volume padat agregat kasar ini digunakan 2 sampel uji. Berikut ini adalah data pengujian berat volume padat agregat kasar.

Tabel 5.21 Data Pengujian Berat Volume Padat Agregat Kasar

Uraian	Hasil Pengamatan	
	Sampel 1	Sampel 2
Tinggi Tabung (cm)	15	15
Diameter Tabung (cm)	30	30
Berat Tabung (W1) (gr)	10249	11124
Berat Tabung + Agregat Kering Tungku (W2) (gr)	17447	18415

b) Analisis Perhitungan

Analisis perhitungan ini dapat dilakukan seperti pada perhitungan sampel 1 di bawah ini.

$$\begin{aligned}
 (1) \text{ Berat Agregat (W3)} &= W2 - W1 \\
 &= 17447 - 10249 \\
 &= 7198 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 (2) \text{ Volume Tabung} &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 15^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 5301,438 \text{ cm}^3 \\
 (3) \text{ Berat Volume Padat} &= \frac{\text{Berat Agregat}}{\text{Volume Tabung}} \\
 &= \frac{7198}{5301,438} \\
 &= 1,358 \text{ gr/cm}^3
 \end{aligned}$$

c) Rekapitulasi

Rekapitulasi data hasil pengujian berat volume padat agregat kasar dapat dilihat pada tabel 5.22 berikut ini.

Tabel 5.22 Rekapitulasi Data Hasil Pengujian Berat Volume Padat Agregat Kasar

Uraian	Hasil Pengamatan	
	Sampel 1	Sampel 2
Tinggi Tabung (cm)	15	15
Diameter Tabung (cm)	30	30
Berat Tabung (W1) (gr)	10249	11124
Berat Tabung + Agregat Kering Tungku (W2) (gr)	17447	18415
Berat Agregat (W3) (gr)	7198	7291
Volume Tabung (V) (cm ³)	5301,438	5301,438
Berat Volume Padat (gr/cm ³)	1,358	1,375

d) Pembahasan

Dari pengujian berat volume padat agregat kasar ini yang menggunakan 2 buah sampel dari agregat kasar dalam keadaan jenuh kering permukaan (SSD), didapatkan hasil berat volume padat untuk masing-masing sampel yaitu sampel 1 sebesar 1,358 gr/cm³ dan sampel 2 sebesar 1,375 gr/cm³. Hasil ini telah memenuhi syarat berat volume yang ada pada SNI 03-4804-1998 yaitu 1,2 – 1,7 gr/cm³.

3. Serbuk Besi

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

a. Pengujian Berat Jenis Serbuk Besi

1) Data Pengujian

Pada pengujian berat jenis serbuk besi ini digunakan 2 sampel uji. Data hasil pengujian berat jenis serbuk besi dapat dilihat pada Tabel 5.23 sebagai berikut.

Tabel 5.23 Data Hasil Pengujian Berat Jenis Serbuk Besi

No	Data Tinjauan	Simbol	Hasil Pengamatan	
			Sampel 1	Sampel 2
1	Berat serbuk besi kering mutlak (gr)	Bk	467	493
2	Berat pasir kondisi jenuh kering muka (SSD), (gr)		500	500
3	Berat piknometer berisi air dan serbuk besi (gr)	Bt	1254	1268
4	Berat piknometer berisi air (gr)	B	861	861

2) Analisis Perhitungan

Analisis perhitungan yang dilakukan untuk menghitung nilai berat jenis serbuk besi yaitu sebagai berikut dengan contoh menggunakan perhitungan sampel 2.

$$\begin{aligned}
 \text{a) Berat Jenis Curah} &= \frac{Bk}{B+500-Bt} \\
 &= \frac{493}{861+500-1268} \\
 &= 5,301 \\
 \text{b) Berat Jenuh Kering Muka (SSD)} &= \frac{500}{B+500-Bt} \\
 &= \frac{500}{861+500-1268} \\
 &= 5,376 \\
 \text{c) Berat Jenis Semu} &= \frac{Bk}{B+Bk-Bt}
 \end{aligned}$$

$$= \frac{493}{861+493-168}$$

$$= 5,733$$

d) Penyerapan Air

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

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

$$= 1,42 \%$$

3) Rekapitulasi

Rekapitulasi data hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 5.24 sebagai berikut.

Tabel 5.234 Rekapitulasi Data Hasil Perhitungan

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-Rata
Berat serbuk besi mutlak, gram (Bk)	467	493	480
Berat serbuk besi kondisi jenuh kering muka (SSD), gram	500	500	500
Berat piknometer berisi serbuk besi dan air, gram (Bt)	1254	1268	1261
Berat piknometer berisi air, gram (B)	861	861	861
Berat jenis curah ($Bk/(B+500-Bt)$)	4,364	5,301	4,833
Berat jenis kering muka ($500/(B+500-Bt)$)	4,673	5,376	5,025
Berat jenis semu ($Bk/(B+Bk-Bt)$)	6,311	5,733	6,022
Penyerapan air ($((500-Bk)/(Bk \times 100\%))$)	7,066	1,420	4,243

4) 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 7,066%. 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. 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.

b. Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus

1) Data Pengujian

Pengujian ini menggunakan 2 sampel yang diambil dari serbuk besi yang akan digunakan. Data pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.25 sebagai berikut.

Tabel 5.25 Data Sampel 1 dan 2

Sampel 1		Sampel 2	
Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)
40		40	
20		20	
10		10	
4,8		4,8	
2,4		2,4	
1,2	2	1,2	
0,6	64	0,6	37
0,3	634	0,3	645
0,15	207	0,15	199
Pan	93	Pan	119
Jumlah	1000	Jumlah	1000

2) Analisis Perhitungan

Perhitungan Sampel 1

a) Persentase Berat Tertinggal (%)

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

$$(1) \text{ Lubang ayakan 1,20 mm} = \frac{2}{1000} \times 100\% = 0,2\%$$

$$(2) \text{ Lubang ayakan 0,60 mm} = \frac{64}{1000} \times 100\% = 6,4\%$$

$$(3) \text{ Lubang ayakan 0,30 mm} = \frac{634}{1000} \times 100\% = 63,4\%$$

$$(4) \text{ Lubang ayakan 0,15 mm} = \frac{207}{1000} \times 100\% = 20,7\%$$

$$(5) \text{ Pan} = \frac{93}{1000} \times 100\% = 9,3\%$$

b) Berat Tertinggal Kumulatif (%)

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

$$(1) \text{ Lubang ayakan } 1,20 \text{ mm} = 0,2\%$$

$$(2) \text{ Lubang ayakan } 0,60 \text{ mm} = 6,6\%$$

$$(3) \text{ Lubang ayakan } 0,30 \text{ mm} = 70\%$$

$$(4) \text{ Lubang ayakan } 0,15 \text{ mm} = 90,7\%$$

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

c) Persen Lolos Kumulatif (%)

Persen lolos kumulatif agregat halus sampel 1 sebagai berikut.

$$(1) \text{ Lubang ayakan } 1,20 \text{ mm} = 100\% - 0,2\% = 99,8\%$$

$$(2) \text{ Lubang ayakan } 0,60 \text{ mm} = 100\% - 6,6\% = 93,4\%$$

$$(3) \text{ Lubang ayakan } 0,30 \text{ mm} = 100\% - 70\% = 30\%$$

$$(4) \text{ Lubang ayakan } 0,15 \text{ mm} = 100\% - 90,7\% = 9,3\%$$

$$(5) \text{ Pan} = 100\% - 100\% = 0\%$$

d) Modulus Halus Butir (MHB)

$$\begin{aligned} \text{MHB} &= \frac{\text{Jumlah Persen Berat Tertinggal Kumulatif (\%)}}{100\%} \\ &= \frac{167,5\%}{100\%} \\ &= 1,675 \end{aligned}$$

3) Rekapitulasi

Rekapitulasi hasil perhitungan modulus halus butir (MHB) agregat halus sampel 1 dan 2 dapat dilihat pada Tabel 5.26 dan Tabel 5.27 sebagai berikut.

Tabel 5.26 Rekapitulasi Hasil Perhitungan MHB Sampel 1

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40		0,000	0,000	100
20		0,000	0,000	100

**Lanjutan Tabel 5.26 Rekapitulasi Hasil Perhitungan MHB
Sampel 1**

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
10		0,000	0,000	100
4,8		0,000	0,000	100,00
2,4		0,000	0,000	100,00
1,2	2	0,200	0,200	99,80
0,6	64	6,400	6,600	93,40
0,3	634	63,400	70,000	30,00
0,15	207	20,700	90,700	9,30
Pan	93	9,300	100,000	
Jumlah	1000	100,000	167,500	

MHB	1,675
-----	-------

Tabel 5.27 Rekapitulasi Hasil Perhitungan MHB Sampel 2

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40		0	0	100
20		0	0	100
10		0	0	100
4,8		0,000	0,000	100,00
2,4		0,000	0,000	100,00
1,2		0,000	0,000	100,00
0,6	37	3,700	3,700	96,30
0,3	645	64,500	68,200	31,80
0,15	199	19,900	88,100	11,90
Pan	119	11,900		
Jumlah	1000	100	160,000	

MHB	1,6
-----	-----

4) Pembahasan

Berikut ini merupakan nilai gradasi pasir untuk menentukan jenis agregat halus yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 5.28 sebagai berikut.

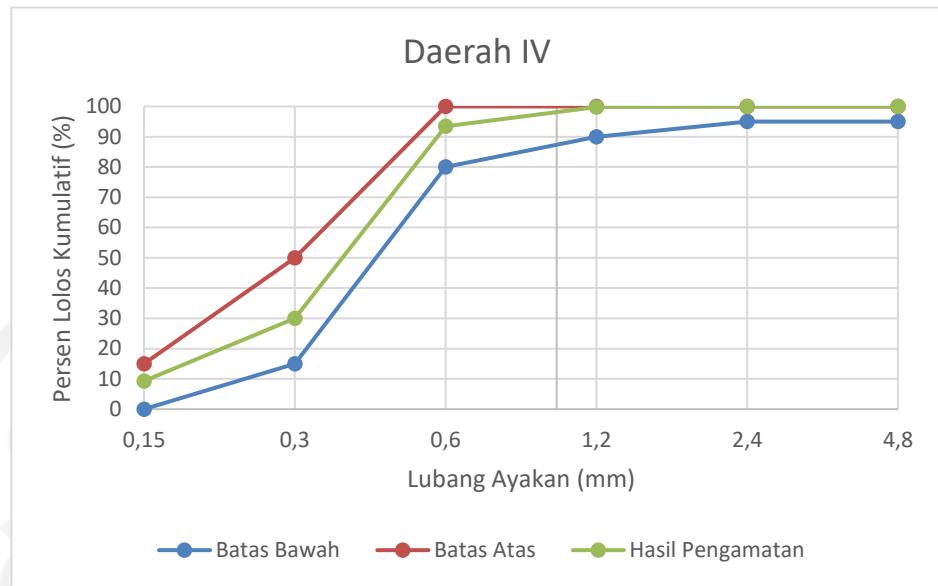
Tabel 5.28 Gradasi Pasir

Lubang Ayakan (mm)	Persen Butir Agregat yang Lolos Agregat			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
10	100	100	100	100
4,8	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	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

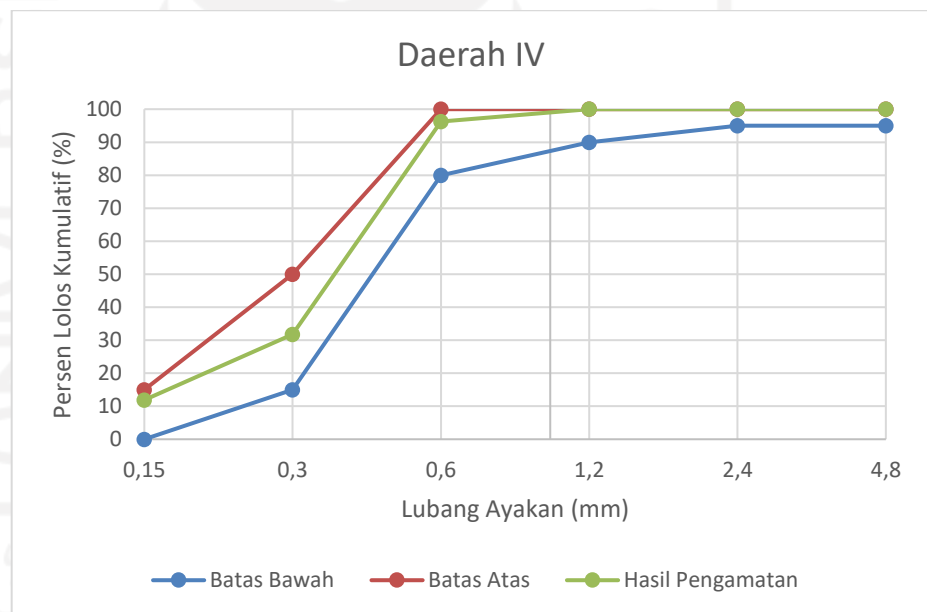
Keterangan :

- 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 5.26, tabel 5.27 dan tabel 5.28, 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 5.5 dan 5.6 di bawah ini.



Gambar 5.5 Grafik Gradasi Serbuk Besi Sampel 1



Gambar 5. 6 Grafik Gradasi Serbuk Besi Sampel 2

Berdasarkan dari hasil pengujian ini, didapatkan nilai modulus halus butir (MHB) pada sampel 1 dan sampel 2 agregat halus ini. Pada sampel 1 didapatkan nilai MHB sebesar 1,675 dan pada sampel 2 didapatkan nilai MHB sebesar 1,6. Nilai MHB masih memenuhi syarat MHB agregat halus yaitu 1,5-3,80 berdasarkan SK SNI S-04-1989.

c. Pengujian Berat Volume Agregat Halus

1) Berat Volume Gembur

a) Data Pengujian

Berikut ini merupakan data pengujian yang dapat dilihat pada Tabel 5.29 sebagai berikut.

Tabel 5.29 Data Pengujian Berat Volume Gembur Serbuk Besi

Uraian	Nilai	Satuan
Diameter silinder	10	cm
Tinggi silinder	20	cm
Berat tabung (W1)	5170	gram
Berat tabung + agregat SSd (W2)	7779	gram

b) Analisis Perhitungan

Adapun analisis perhitungan yang dilakukan sebagai berikut.

$$(1) \text{ Berat Agregat (W3)} = W2 - W1$$

$$= 7779 - 5170$$

$$= 2609 \text{ gr}$$

$$(2) \text{ Volume Tabung} = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times t$$

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \times 20$$

$$= 1570,796 \text{ cm}^3$$

$$(3) \text{ Berat Volume Gembur} = \frac{\text{Berat Agregat}}{\text{Volume Tabung}}$$

$$= \frac{2609}{1570,796}$$

$$= 1,66 \text{ gr/cm}^3$$

c) Rekapitulasi

Rekapitulasi data hasil pengujian berat volume gembur serbuk besi dapat dilihat pada tabel 5.30 berikut ini.

**Tabel 5.30 Rekapitulasi Data Hasil Pengujian Berat Volume
Gembur Serbuk Besi**

Uraian	Nilai	Satuan
Diameter silinder	10	cm
Tinggi silinder	20	cm
Berat tabung (W1)	5170	gram
Berat tabung + agregat SSd (W2)	7779	gram
Berat agregat (W3)	2609	gram
Volume tabung (V)	1570,796	cm ³
Berat volume gembur (W3/V)	1,661	gram/cm ³

d) Pembahasan

Dari pengujian berat volume gembur serbuk besi ini didapatkan hasil berat volume gembur sebesar 1,661 gr/cm³. Hasil ini telah memenuhi syarat berat volume pada SNI 03-4804-1998 yaitu 1,2-1,7 gr/cm³.

2) Berat Volume Padat

a) Data Pengujian

Data pengujian berat volume padat serbuk besi dapat dilihat pada Tabel 5.31 sebagai berikut.

Tabel 5.31 Data Pengujian Berat Volume Padat Serbuk Besi

Uraian	Nilai	Satuan
Diameter silinder	10	cm
Tinggi silinder	20	cm
Berat tabung (W1)	5170	gram
Berat tabung + agregat SSd (W2)	8554	gram

b) Analisis Perhitungan

Adapun analisis perhitungan yang dapat dilakukan yaitu sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 (1) \text{ Berat Agregat (W3)} &= W2 - W1 \\
 &= 8554 - 5170 \\
 &= 3384 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 (2) \text{ Volume Tabung} &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times t \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \times 20 \\
 &= 1570,796 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 (3) \text{ Berat Volume Padat} &= \frac{\text{Berat Agregat}}{\text{Volume Tabung}} \\
 &= \frac{3384}{1570,796} \\
 &= 2,154 \text{ gr/cm}^3
 \end{aligned}$$

c) Rekapitulasi

Rekapitulasi data hasil pengujian berat volume padat serbuk besi dapat dilihat pada Tabel 5.32 berikut ini.

Tabel 5.32 Rekapitulasi Data Hasil Pengujian Berat Volume Padat Serbuk Besi

Uraian	Nilai	Satuan
Diameter silinder	10	cm
Tinggi silinder	20	cm
Berat tabung (W1)	5170	gram
Berat tabung + agregat SSD (W2)	8554	gram
Berat agregat (W3)	3384	gram
Volume tabung (V)	1570,796327	cm ³
Berat volume padat (W3/V)	2,15432131	gram/cm ³

d) Pembahasan

Dari pengujian berat volume padat serbuk besi ini didapatkan hasil berat volume padat sebesar 2,154 gr/cm³. Hasil ini tidak memenuhi syarat berat volume yang ada pada SNI 03-4804-1998 yaitu 1,2-1,7 gr/cm³. Hal ini terjadi karena serbuk besi memiliki berat yang lebih dibandingkan dengan pasir karena besi memiliki berat jenis yang lebih tinggi dibandingkan pasir.

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

1) Data Pengujian

Pada pengujian kandungan lumpur agregat halus ini, digunakan 2 sampel dari serbuk besi yang digunakan. Data pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.33 sebagai berikut.

Tabel 5.33 Data Uji Kandungan Lumpur Serbuk Besi

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-Rata
Berat agregat kering oven (W1), gram	500	500	500
Berat agregat kering oven setelah dicuci (W2), gram	476	475	475,5

2) Analisa Perhitungan

Analisa perhitungan yang dilakukan yaitu sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 (1) \text{ Berat pasir lolos ayakan no. 200} &= W_1 - W_2 \\
 &= 500 - 475,5 \\
 &= 24,5 \text{ gram} \\
 (2) \text{ Persentase berat lolos ayakan no. 200} &= \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100 \% \\
 &= \frac{24,5}{500} \times 100 \% \\
 &= 4,9 \%
 \end{aligned}$$

3) Hasil dan Pembahasan

Rekapitulasi hasil pengujian yaitu sebagai berikut.

Tabel 5.34 Rekapitulasi Uji Kandungan Lumpur

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-Rata
Berat agregat kering oven (W1), gram	500	500	500
Berat agregat kering oven setelah dicuci (W2), gram	476	475	475,5
Persentase yang lolos ayakan No.200 (%)	4,8	5	4,9

Berdasarkan pengujian kandungan lumpur didapatkan nilai kandungan lumpur dalam serbuk besi yang digunakan sebesar 4,9%. Lumpur pada serbuk besi ini dapat berupa sisa oli dan minyak yang menempel pada besi sebelum dilakukan pembubutan. 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%.

5.2 Komposisi Campuran

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) = 25 MPa
- 2) Jenis semen = tipe 1
- 3) Jenis agregat halus = alami
- 4) Jenis agregat kasar = batu pecah
- 5) Maksimum ukuran agregat = 20 mm
- 6) Nilai slump = 60-180 mm
- 7) Berat jenis agregat halus = 2,611
- 8) Berat jenis agregat kasar = 2,511
- 9) Jumlah benda uji 1 varian = 12 buah
- 10) Volume silinder beton 1 varian = 0,06362 m³

b. Analisa Perhitungan *Mix Design*

1) Nilai Tambah (M)

$$M = 12 \text{ Mpa (jumlah benda uji 1 varian kurang dari 15 buah)}$$

2) Kuat Tekan Rata-Rata (f_{cr})

$$\begin{aligned} f_{cr} &= f'_c + M \\ &= 25 + 12 \\ &= 37 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- 3) Perkiraan kuat tekan beton dengan $f_{as} = 0,5$ menggunakan Tabel 3.7 di bawah ini.

Tabel 3.7 Perkiraan Kuat Tekan Beton (MPa) dengan $f_{as} = 0,5$

Jenis semen	Jenis agregat Kasar	Kekuatan tekan (MPa)				Bentuk 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
	Batu pecah	30	40	53	60	

Sumber : SNI 03-2834-2000

Berdasarkan tabel di atas, perkiraan kuat tekan beton dengan $f_{as} = 0,5$ sebesar 37 MPa.

- 4) Perkiraan kebutuhan air per m^3 beton menggunakan Tabel 3.8 di bawah ini.

Tabel 3.8 Perkiraan Kebutuhan Air per-meter kubik Beton

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

Sumber : SNI 03-2834-2000

Ukuran maksimum agregat yang digunakan yaitu 20 mm, sehingga diperoleh nilai perkiraan jumlah air untuk :

- Agregat halus (W_h) = 195 kg/m^3
- Agregat kasar (W_k) = 225 kg/m^3

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

dapat dihitung dengan menggunakan rumus pada Persamaan 3.4 sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan air/m}^3 \text{ beton} &= \frac{2}{3} W_h + \frac{1}{3} W_k \\
 &= \frac{2}{3} \cdot 195 + \frac{1}{3} \cdot 225 \\
 &= 205 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}
 \tag{3.4}$$

- 5) Menentukan nilai fas dan kadar semen minimum

Tabel 3.9 Persyaratan fas dan Jumlah Semen Minimum Untuk Berbagai Macam Pembetonan dan Lingkungan Khusus

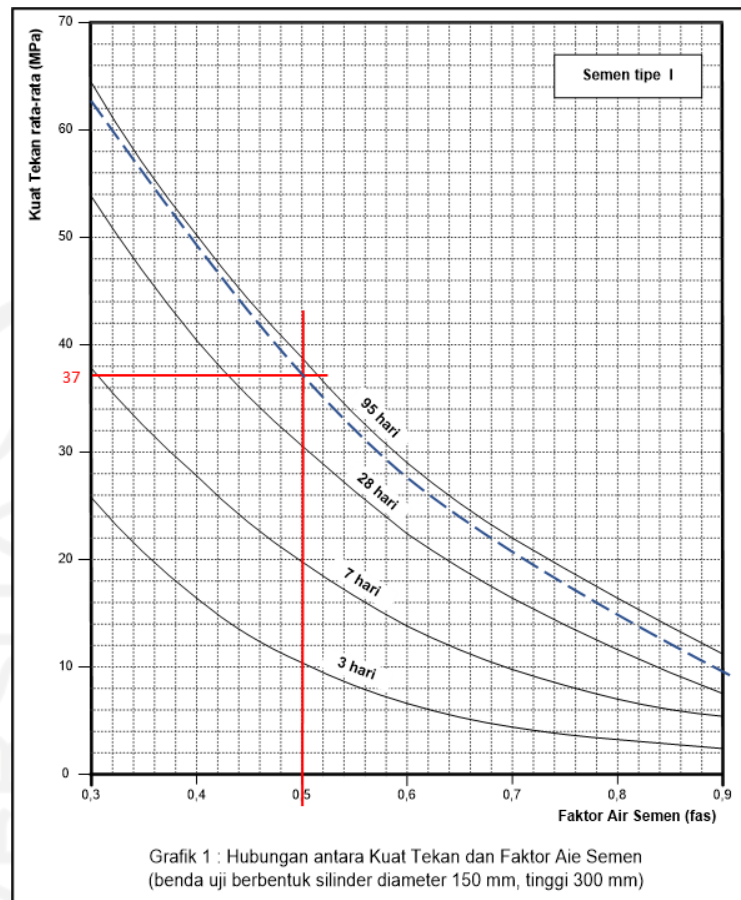
Jenis Pembetonan	Jumlah Semen minimum per-m ³ beton (kg)	Nilai fas maksimum
Beton di dalam ruang bangunan		
a. keadaan keliling non-korosif	275	0,60
b. keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	325	0,52
Beton di luar ruangan bangunan		
a. tidak terlindung dari hujan dan terik 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

Sumber : SNI 03-2834-2000

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 0,6.

- 6) Menentukan fas yang digunakan

Nilai fas yang digunakan dapat ditentukan berdasarkan pada grafik di bawah ini.



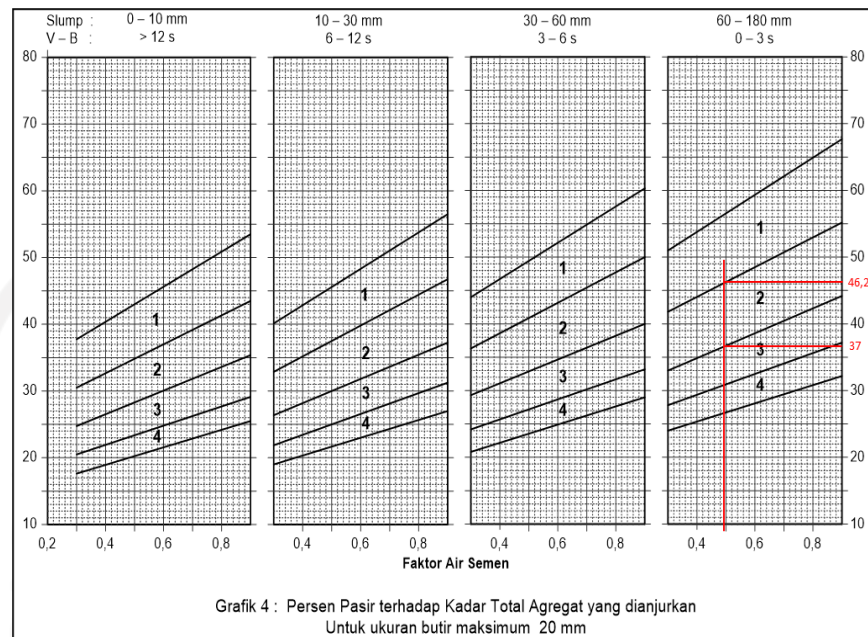
Gambar 5.7 Grafik Hubungan Antara Kuat Tekan Beton dan Faktor Air Semen

Berdasarkan grafik di atas, didapatkan nilai fas yang digunakan sebesar 0,5.

7) Menentukan kadar semen

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar semen} &= \frac{\text{Kadar Air Bebas}}{\text{fas}} \\
 &= \frac{205}{0,5} \\
 &= 410 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

8) Menentukan persentase agregat halus



Gambar 5.8 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 0,5 sehingga berdasarkan grafik di atas didapatkan nilai batas atas dan bawah sebesar 46,2 dan 37. Persentase agregat halus merupakan nilai rata-rata dari nilai batas atas dan batas bawah.

$$\begin{aligned}\text{Persentase agregat halus} &= \frac{46,2+37}{2} \\ &= 41,6 \%\end{aligned}$$

9) Persentase agregat kasar

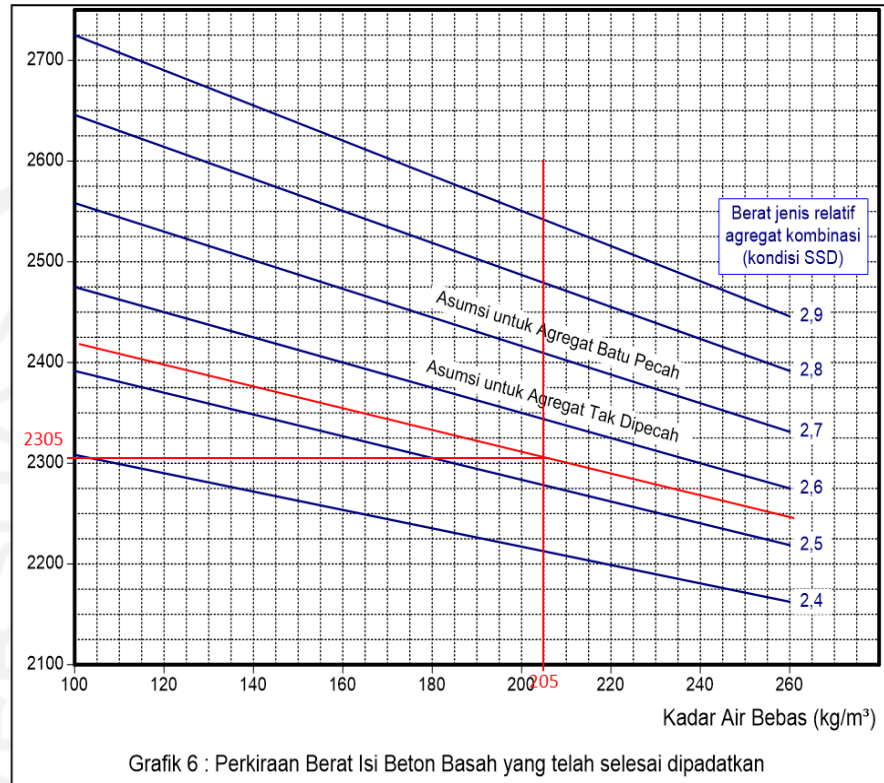
$$\begin{aligned}\text{Persentase agregat kasar} &= 100 \% - \text{persentase agregat halus} \\ &= 100 \% - 41,6 \% \\ &= 58,4 \%\end{aligned}$$

10) Berat jenis agregat gabungan

$$\begin{aligned}\text{Berat jenis agregat gabungan} &= \frac{P}{100} \times B_{\text{agg halus}} + \frac{K}{100} \times B_{\text{agg kasar}} \\ &= \frac{41,6}{100} \times 2,611 + \frac{58,4}{100} \times 2,511\end{aligned}$$

$$= 2,553$$

11) Berat isi beton basah



Gambar 5.9 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 = 410 kg
- 2) Air = 205 kg
- 3) Agregat Halus = 703,04 kg
- 4) Agregat Kasar = 986,96 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 = 512,5 kg
- 2) Air = 256,25 kg
- 3) Agregat Halus = 878,8 kg
- 4) Agregat Kasar = 1233,7 kg

Maka proporsi campuran beton untuk 1 varian benda uji (sebanyak 12 buah silinder) yaitu sebagai berikut.

- 1) Semen = 32,604 kg
- 2) Air = 16,302 kg
- 3) Agregat Halus = 55,907 kg
- 4) Agregat Kasar = 78,485 kg

Rekapitulasi dari *mix design* dan proporsi campuran beton dapat dilihat pada Tabel 5.35 di halaman selanjutnya.

Tabel 5.35 Rekapitulasi Mix Design dan Proporsi Campuran Beton

Formulir Rencana Campuran Beton (Mix Design)					
No	Uraian	Nilai	Satuan	Keterangan	
1	Kuat Tekan Beton yang Disyaratkan	25	MPa	ditetapkan	
2	Deviasi Standar (s)	-	MPa		
3	Nilai Tambah/Margin(M)	12	MPa		
4	Kuat Tekan Beton Rata-rata yang Ditargetkan	37	MPa	(1)+(3)	
5	Jenis Semen	Type 1		ditetapkan	
6	Jenis Agregat Halus	alami		ditetapkan	
	Jenis Agregat Kasar	batu pecah		ditetapkan	
7	Faktor Air Semen Bebas	0,5		Tabel 3.7	
	Faktor Air Semen Maksimum	0,6			
8	Faktor Air Semen Digunakan	0,5			
9	Slump	60-180	mm	ditetapkan	
10	Ukuran Agregat Maksimum	20	mm	ditetapkan	
11	Kadar Air Bebas	205		Tabel 3.8	
12	Kadar Semen	410,000	kg/m ³	(11):(8)	
13	Kadar Semen Maksimum	-			
14	Kadar Semen Minimum	325		Tabel 3.9	
15	Kadar Semen Digunakan	410,000	kg/m ³		
16	Faktor Air Semen Disesuaikan	-			
17	Susunan Besar Butir Agregat Halus	2		Daerah gradasi	
18	Berat Jenis Agregat Halus	2,611126261			
	Berat Jenis Agregat Kasar	2,511377511			
19	Persen Agregat Halus	41,6	%	Gambar 5.8	
20	Berat Jenis Relatif Agregat (Gabungan) SSD	2,553			
21	Berat Isi Beton	2305	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	410,000	205,000	703,040	986,960
	* Setiap Campuran Uji (12 benda uji) : 0,06362 m ³	26,083	13,042	44,725	62,788
26	Proporsi Campuran dengan Angka Penyusutan (25%)				
	* Setiap m ³	512,500	256,250	878,800	1233,700
	* Setiap Campuran Uji (12 benda uji) : 0,06362 m ³	32,604	16,302	55,907	78,485
	Perbandingan	1	0,5	1,715	2,407

2. Proporsi Campuran Benda Uji

Proporsi campuran benda uji dengan penambahan serbuk besi sebanyak 1,5%; 3 %; dan 4,5 % dari agregat halusnya dapat dilihat pada Tabel 5.36 berikut ini.

Tabel 5.36 Proporsi Campuran Benda Uji Dengan Penambahan Serbuk Besi

Sampel Silinder	Volume	Variasi Serbuk Besi	Agregat Halus	Agregat Kasar	Semen	Air	Serbuk Besi
(buah)	(m ³)	(%)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)
12	0,06362	0	55,907	78,485	32,604	16,302	0
12	0,06362	1,50%	55,068	78,485	32,604	16,302	0,8386
12	0,06362	3,00%	54,230	78,485	32,604	16,302	1,6772
12	0,06362	4,50%	53,391	78,485	32,604	16,302	2,5158
Jumlah			218,596	313,938	130,415	65,208	5,032

5.3 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.

5.3.1 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. Adapun hasil pengujian slump dapat dilihat pada tabel 5.37 di halaman selanjutnya.

Tabel 5.37 Hasil Pengujian Slump

No	Benda Uji	Kadar Serbuk Besi (%)	Tinggi Slump (mm)	Keterangan
1	BN	0	140	Memenuhi
2	BV1,5	1,5	100	Memenuhi
3	BV3	3	124	Memenuhi
4	BV4,5	4,5	105	Memenuhi
Rata-Rata Nilai Slump			117,25	Memenuhi

Berdasarkan hasil pengujian slump pada penelitian ini, didapatkan nilai slump rata-rata sebesar 117,25 mm. Nilai slump yang ditetapkan pada penelitian ini sebesar 60-180 mm sehingga nilai slump rata-rata telah memenuhi nilai slump yang ditetapkan.

5.3.2 Pengujian Kuat Tekan Beton

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. Untuk menghitung kuat tekan beton dapat menggunakan rumus pada Persamaan 3.1. Perhitungan kuat tekan beton dengan sampel perhitungan benda uji BN-4 adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 151,92^2 \\
 &= 18121,97 \text{ mm}^2 \\
 f'_c &= \frac{P}{A} \\
 f'_c &= \frac{460000}{18121,97} \\
 &= 25,384 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Berikut merupakan rekapitulasi data hasil pengujian kuat tekan beton yang dapat dilihat pada Tabel 5.38, Tabel 5.39, Tabel 5.40, dan Tabel 5.41 di halaman selanjutnya.

Tabel 5.38 Pengujian Kuat Tekan Beton Normal

Sampel	Umur (Hari)	Berat (kg)	Tinggi (mm)	Diameter (mm)	Luas (mm ²)	Beban (KN)	Beban (N)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-Rata (MPa)
BN 1	14 Hari	12,39	302,917	150,667	17828,89	395	395000	22,155	22,185
BN 2		12,475	303,6	151,25	17967,21	410	410000	22,819	
BN 3		12,322	304,233	150,717	17840,72	385	385000	21,580	
BN 4	28 Hari	12,503	305,433	151,9	18121,97	460	460000	25,384	25,597
BN 5		12,121	299,333	150,1	17695,03	455	455000	25,713	
BN 6		12,045	301,733	149,333	17514,73	450	450000	25,693	

Tabel 5.39 Pengujian Kuat Tekan Beton Dengan Penambahan Serbuk Besi 1,5%

Sampel	Umur (Hari)	Berat (kg)	Tinggi (mm)	Diameter (mm)	Luas (mm ²)	Beban (KN)	Beban (N)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-Rata (MPa)
BV1,5-1	14 Hari	12,225	303,983	150,15	17706,82	390	390000	22,025	23,355
BV1,5-2		12,422	302,717	150,333	17750,09	420	420000	23,662	
BV1,5-3		12,325	301,833	150,733	17844,67	435	435000	24,377	
BV1,5-4	28 Hari	12,282	303,067	150,867	17876,25	420	420000	23,495	25,924
BV1,5-5		12,135	301,817	149,833	17632,21	510	510000	28,924	
BV1,5-6		11,966	298,9	150,333	17750,09	450	450000	25,352	

Tabel 5.40 Pengujian Kuat Tekan Beton Dengan Penambahan Serbuk Besi 3%

Sampel	Umur (Hari)	Berat (kg)	Tinggi (mm)	Diameter (mm)	Luas (mm ²)	Beban (KN)	Beban (N)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-Rata (MPa)
BV3-1	14 Hari	12,197	301,967	151,017	17911,82	385	385000	21,494	24,084
BV3-2		12,247	301,767	151,083	17927,63	425	425000	23,706	
BV3-3		12,244	303,167	151,867	18114,02	490	490000	27,051	
BV3-4	28 Hari	12,422	303,983	150,933	17892,05	480	480000	26,828	28,018
BV3-5		12,254	302,5	150,6	17813,11	565	565000	31,718	
BV3-6		12,404	303,117	150,7	17836,78	455	455000	25,509	

Tabel 5.41 Pengujian Kuat Tekan Beton Dengan Penambahan Serbuk Besi 4,5%

Sampel	Umur (Hari)	Berat (kg)	Tinggi (mm)	Diameter (mm)	Luas (mm ²)	Beban (KN)	Beban (N)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-Rata (MPa)
BV4,5-1	14 Hari	12,464	303,433	151,483	18022,69	505	505000	28,020	27,729
BV4,5-2		12,164	303,75	149,967	17663,61	495	495000	28,024	
BV4,5-3		12,357	302,717	150,05	17683,24	480	480000	27,144	
BV4,5-4	28 Hari	12,32	302,917	150,967	17899,96	475	475000	26,536	31,078
BV4,5-5		12,291	303,517	149,333	17514,73	620	620000	35,399	
BV4,5-6		12,375	304,5	150,933	17892,05	560	560000	31,299	

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 22,185 MPa dan pada umur 28 hari sebesar 25,597 MPa. Pada campuran beton dengan penambahan serbuk besi sebesar 1,5% didapatkan nilai kuat tekan beton pada umur 14 hari sebesar 23,355 MPa dan pada umur 28 hari sebesar 25,924 MPa. Pada campuran beton dengan penambahan serbuk besi sebesar 3% didapatkan nilai kuat tekan beton pada umur 14 hari sebesar 24,084 MPa dan pada umur 28 hari sebesar 28,018 MPa. Pada campuran beton dengan penambahan serbuk besi sebesar 4,5% didapatkan nilai kuat tekan beton pada umur 14 hari sebesar 27,729 MPa dan pada umur 28 hari sebesar 31,078MPa.

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. Berikut ini contoh perhitungan yang dilakukan pada beton normal.

$$f'_{c28 \text{ hari}} \times 88\% = f'_{c14 \text{ hari}}$$

$$f'_{c28 \text{ hari}} \times 0,88 = f'_{c14 \text{ hari}}$$

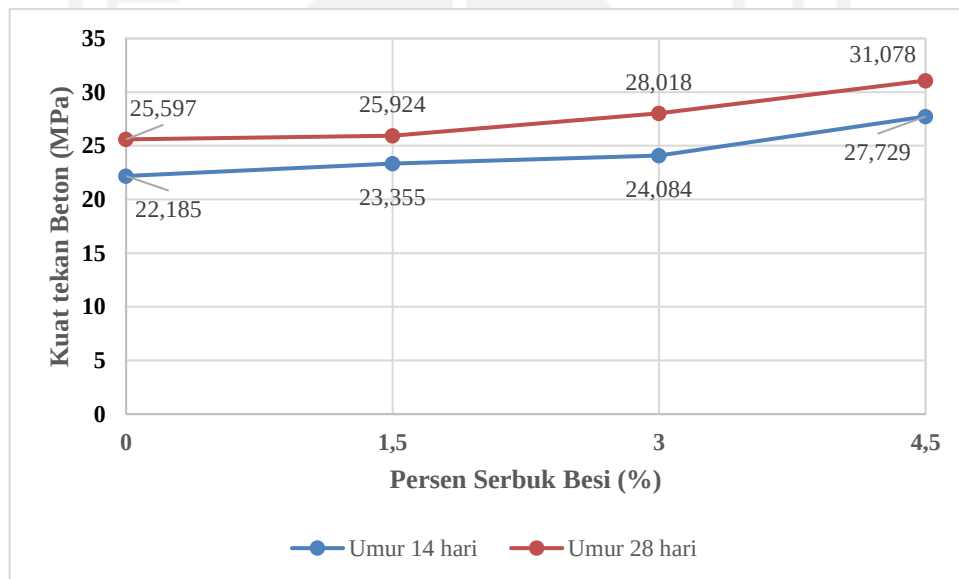
$$f'_{c28 \text{ hari}} = \frac{f'_{c14 \text{ hari}}}{0,88}$$

$$f'_{c28 \text{ hari}} = \frac{22,185}{0,88}$$

$$f'_{c28 \text{ hari}} = 25,2099 \text{ MPa}$$

Berdasarkan contoh perhitungan di atas diperoleh perkiraan nilai kuat tekan beton normal umur 28 hari sebesar 25,2099 MPa. Nilai hasil perhitungan ini telah mendekati nilai kuat tekan beton normal umur 28 hari yang diuji di laboratorium yaitu sebesar 25,597 MPa.

Hasil pengujian kuat tekan beton ini ditampilkan pada grafik yang tertera pada Gambar 5.10 di halaman selanjutnya.



Gambar 5.10 Grafik Hubungan Antara Kuat Tekan Beton dan Penambahan Serbuk Besi

Berdasarkan grafik di atas dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan kuat tekan beton seiring dengan bertambahnya serbuk besi dari 1,5% sampai dengan 4,5%. 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%; 1,5%; 3% dan 4,5% dari agregat halusnya karena berdasarkan penelitian sebelumnya yang menyimpulkan bahwa perlunya dilakukan penelitian lebih lanjut pada takaran serbuk besi di bawah 5%. 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. Akan tetapi akibat *trendline* grafik kuat tekan beton yang terus naik sehingga belum dapat ditemukan kuat tekan optimum beton dan masih perlu dilakukan penelitian lebih lanjut.

5.3.3 Pengujian Kuat Tarik Beton

Uji kuat tarik belah beton juga merupakan salah satu cara untuk mengetahui mutu dari suatu beton. Untuk menghitung kuat tarik belah beton dapat menggunakan rumus pada Persamaan 3.2. Perhitungan kuat tarik beton dengan sampel perhitungan pada benda uji BN-12 adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 f_{ct} &= \frac{2P}{\pi DL} \\
 &= \frac{2 \times 170000}{\pi \times 151,05 \times 303,7167} \\
 &= 2,359 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Berikut ini merupakan rekapitulasi data hasil pengujian kuat tarik belah beton pada penelitian ini yang dapat dilihat pada Tabel 5.42, Tabel 5.43, Tabel 5.44, dan Tabel 5.45 di bawah ini.

Tabel 5.42 Pengujian Kuat Tarik Beton Normal

Sampel	Umur (Hari)	Berat (kg)	Tinggi (mm)	Diameter (mm)	Luas (mm ²)	Beban (KN)	Beban (N)	Kuat Tarik (MPa)	Kuat Tarik Rata-Rata (MPa)
BN7	14 Hari	12,211	301,333	150,817	17864,41	141	141000	1,975	1,991
BN8		12,283	302,55	150,5	17789,46	139	139000	1,943	
BN9		12,506	303,533	151,017	17911,82	148	148000	2,055	
BN10	28 Hari	12,447	302,1	150,217	17722,55	144	144000	2,020	2,277
BN11		12,524	304,267	150,133	17702,89	176	176000	2,453	
BN12		12,385	303,717	151,05	17919,72	170	170000	2,359	

Tabel 5.43 Pengujian Kuat Tarik Beton Dengan Penambahan Serbuk Besi 1,5%

Sampel	Umur (Hari)	Berat (kg)	Tinggi (mm)	Diameter (mm)	Luas (mm ²)	Beban (KN)	Beban (N)	Kuat Tarik (MPa)	Kuat Tarik Rata-Rata (MPa)
BV1,5-7	14 Hari	12,177	304,7	151,383	17998,9	120	120000	1,656	1,952
BV1,5-8		12,252	305,433	149,717	17604,76	144	144000	2,005	
BV1,5-9		12,293	303,933	149,767	17616,52	157	157000	2,196	
BV1,5-10	28 Hari	12,309	303,2	152,05	18157,78	171	171000	2,361	2,255
BV1,5-11		12,375	301,933	152,233	18201,59	152	152000	2,105	
BV1,5-12		12,089	301,3	151,6	18050,46	165	165000	2,300	

Tabel 5.44 Pengujian Kuat Tarik Beton Dengan Penambahan Serbuk Besi 3%

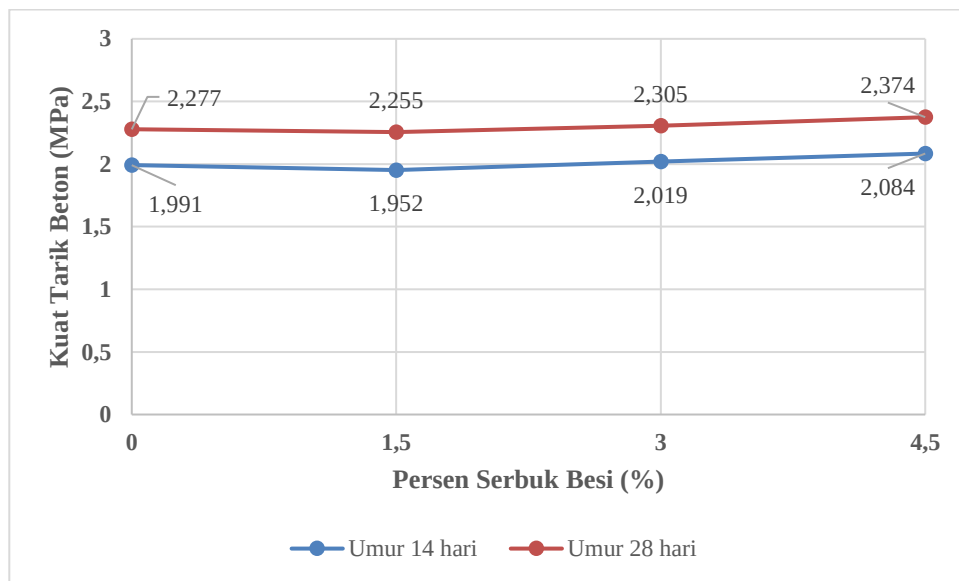
Sampel	Umur (Hari)	Berat (kg)	Tinggi (mm)	Diameter (mm)	Luas (mm ²)	Beban (KN)	Beban (N)	Kuat Tarik (MPa)	Kuat Tarik Rata-Rata (MPa)
BV3-7	14 Hari	12,57	304,8	151,833	18106,07	150	150000	2,063	2,019
BV3-8		12,357	302,533	149,767	17616,52	148	148000	2,079	
BV3-9		12,309	302,233	150,717	17840,72	137	137000	1,915	
BV3-10	28 Hari	12,339	302,467	150,783	17856,51	169	169000	2,359	2,305
BV3-11		12,249	303,167	151,233	17963,25	192	192000	2,666	
BV3-12		12,389	301,833	150,633	17821	135	135000	1,890	

**Tabel 5.45 Pengujian Kuat Tarik Beton Dengan Penambahan Serbuk Besi
4,5%**

Sampel	Umur (Hari)	Berat (kg)	Tinggi (mm)	Diameter (mm)	Luas (mm ²)	Beban (KN)	Beban (N)	Kuat Tarik (MPa)	Kuat Tarik Rata-Rata (MPa)
BV4,5-7	14 Hari	12,199	301,983	150,083	17691,1	150	150000	2,107	2,084
BV4,5-8		12,065	302,183	149,767	17616,52	142	142000	1,997	
BV4,5-9		12,467	303,817	151,183	17951,37	155	155000	2,148	
BV4,5-10	28 Hari	12,251	302,45	150,2	17718,61	182	182000	2,551	2,374
BV4,5-11		12,217	301,617	151,233	17963,25	153	153000	2,135	
BV4,5-12		12,575	304	151,233	17963,25	176	176000	2,437	

Berdasarkan dari Tabel 5.42, Tabel 5.43, Tabel 5.44, dan Tabel 5.45 mengenai hasil pengujian kuat tarik beton di atas dapat dilihat bahwa kuat tarik beton mengalami kenaikan dan juga penurunan (tidak konstan). Pada beton normal diperoleh kuat tarik beton rata-rata pada umur 14 hari sebesar 1,991 MPa dan pada umur 28 hari sebesar 2,277 MPa. Pada campuran beton dengan penambahan serbuk besi sebesar 1,5% didapatkan nilai kuat tarik beton pada umur 14 hari sebesar 1,952 MPa dan pada umur 28 hari sebesar 2,255 MPa. Pada campuran beton dengan penambahan serbuk besi sebesar 3% didapatkan nilai kuat tarik beton pada umur 14 hari sebesar 2,019 MPa dan pada umur 28 hari sebesar 2,305 MPa. Pada campuran beton dengan penambahan serbuk besi sebesar 4,5% didapatkan nilai kuat tarik beton pada umur 14 hari sebesar 2,084 MPa dan pada umur 28 hari sebesar 2,374 MPa. Pada penelitian ini dilakukan pengujian kuat tarik beton pada umur 14 hari yang bertujuan sebagai kontrol dan pembandingan terhadap kuat tarik beton umur 28 hari.

Hasil pengujian kuat tarik beton ini ditampilkan pada grafik yang dapat dilihat pada Gambar 5.11 di halaman selanjutnya.



Gambar 5.11 Grafik Hubungan Antara kuat Tarik Beton dan Penambahan Serbuk Besi

Berdasarkan grafik di atas, dapat dilihat bahwa *trendline* kuat tarik beton tidak konstan. Pada penambahan serbuk besi sebesar 1,5% terjadi penurunan kuat tarik beton. Pada penambahan serbuk besi sebesar 3% terjadi peningkatan kuat tarik kembali hingga pada penambahan serbuk besi sebesar 4,5%. Peningkatan kuat tarik ini dapat disebabkan karena adanya bahan tambah serbuk besi yang salah satu sifat besi yaitu memiliki kuat tarik yang tinggi.

Berdasarkan dari beberapa literatur menunjukkan bahwa terdapat hubungan antara kuat tarik dan kuat tekan beton yaitu kuat tarik beton memiliki perbandingan 8%-15% dari kuat tekannya. Untuk mengetahui perbandingan antara kuat tarik terhadap kuat tekan beton pada penelitian ini dilakukan dengan melakukan perhitungan seperti pada contoh perhitungan benda uji BV3 umur 28 hari berikut ini.

$$f'_c \times P = f_{ct}$$

$$28,018 \times P = 2,305$$

$$P = \frac{2,305}{28,018}$$

$$P = 0,08277$$

$$P (\%) = 0,08277 \times 100$$

$$P = 8,277 \%$$

Keterangan:

P = persen kuat tarik terhadap kuat tekan beton (%),

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

f_{ct} = kuat tarik beton (MPa).

Berikut ini rekapitulasi persen kuat tarik beton terhadap kuat tekan beton penelitian ini yang dapat dilihat pada Tabel 5.46.

Tabel 5.46 Rekapitulasi Persen Kuat Tarik Beton Terhadap Kuat Tekan Beton

Benda Uji	Umur (Hari)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tarik (Mpa)	% Kuat Tarik Terhadap Kuat Tekan Beton
BN	14	22,185	1,991	8,976
	28	25,597	2,277	8,897
BV1,5	14	23,355	1,952	8,359
	28	25,924	2,255	8,700
BV3	14	24,084	2,019	8,384
	28	28,018	2,305	8,227
BV4,5	14	27,729	2,084	7,516
	28	31,078	2,374	7,640

Berdasarkan tabel di atas dapat dilihat bahwa persen kuat tarik beton terhadap kuat tekan beton masuk dalam rentang 8%-15%. Akan tetapi pada benda uji BV4,5 memiliki kuat tarik sebesar 7,64% dari kuat tekan betonnya. Kuat tarik beton mengalami peningkatan seiring dengan penambahan serbuk besi, akan tetapi persen kuat tarik terhadap kuat tekan beton semakin menurun seiring dengan penambahan serbuk besi. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan serbuk besi dapat meningkatkan kuat tekan dan kuat tarik beton, akan tetapi peningkatan pada kuat tekan beton lebih signifikan dibandingkan dengan peningkatan kuat tarik betonnya. Hal ini berdampak langsung terhadap hubungan antara kuat tekan beton dan kuat tarik beton yaitu persen kuat tarik beton terhadap kuat tekan beton semakin menurun akibat peningkatan kuat tekan beton yang lebih signifikan dibandingkan dengan peningkatan kuat tarik betonnya.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 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 dan kuat tarik beton yaitu sebagai berikut.
 - a. Kuat tekan beton setelah penambahan serbuk besi dengan variasi takaran sebanyak 1,5%; 3%; dan 4,5% dari agregat halus mengalami kenaikan masing-masing sebesar 1,278%; 9,461%; dan 21,415 % dari kuat tekan beton normalnya .
 - b. Kuat tarik beton setelah penambahan serbuk besi sebesar 1,5% dari agregat halus mengalami penurunan kuat tarik sebesar 0,962% dari kuat tarik beton normal. Akan tetapi, untuk kuat tarik beton setelah penambahan serbuk besi pada variasi takaran 3% dan 4,5% dari agregat halus mengalami kenaikan masing-masing sebesar 1,219% dan 4,259% dari kuat tarik betonnya.
2. *Trendline* kuat tekan beton terus mengalami kenaikan dan masih belum ditemukan titik optimumnya sehingga masih belum bisa disimpulkan berapa kuat tekan optimum betonnya. Hal ini juga sama dengan kuat tarik betonnya.

6.2 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.
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan jumlah penambahan takaran serbuk besi yang berbeda.



DAFTAR PUSTAKA

- Adiguna, A. (2019). *Desain Marka Jalan Dari Beton Dengan Replacement System*. Jurnal Deformasi Vol. 4 No. 1. Prodi Teknik Sipil Universitas PGRI Palembang : Palembang.
- Bahri, S dan Irawan, D. A. S. (2010). *Pengaruh Limbah Serbuk Besi Sebagai Pengganti Sejumlah Agregat Halus Terhadap Campuran Aspal*. Jurnal Teknik Sipil Inersia. Vol. 1 No. 2. Jurusan Teknik Sipil Universitas Bengkulu : Bengkulu
- BSN. (2000). *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal SNI 03-2834-2000*. BSN : Jakarta.
- BSN. (2004). *Semen Portland SNI 15-2049-2004*. BSN : Jakarta.
- DPU. (1989). *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton SK SNI M-14-1989-F*. DPU : Jakarta.
- DPU. (1971). *Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI)*. DPU : Bandung.
- Fansuri, Subaidillah dan Diana, Anita IN. (2020). *Pengaruh Kuat Tekan Beton Dengan Menggunakan Limbah Serbuk Besi Sebagai Admixture Agregat Halus*. Journal. Universitas Wirajaja Sumenep : Madura.
- Ferguson, Phil M., Prof. (1986). *Dasar-Dasar Beton Bertulang*. Erlangga : Jakarta Pusat.
- Hadi, Puja N dan Setiawan, Agustinus A. (2019). *Studi Eksperimental Penambahan Limbah Bubut Sebagai Sebagai Bahan Substitusi Parsial Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton*. Jurnal Widyakala. Vol. 6 No. 1 Maret 2019. Universitas Pembangunan Jaya : Tangerang Selatan.
- Hamdi, H. et al. (2019). *Pengaruh Penambahan Kawat Bendrat Galvanis pada Campuran Beton Terhadap Kuat Lentur Beton*. Jurnal Deformasi Vol. 4-1. Politeknik Negeri Sriwijaya : Palembang.
- Mauludi, Muhammad S. (2014). *Pemanfaatan Copper Slag Sebagai Substitusi Pasir Pada Campuran Beton Mutu K-225*. Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan. Vol. 2 No. 1. Universitas Sriwijaya : Sumatera Selatan.

- Mulyono. (2004). *Teknologi beton*. Andi Offist : Yogyakarta.
- Murdock, L.J dan Brook, K.M. (1991). *Bahan dan Praktek Beton*. Edisi Keempat. Terjemahan oleh Stephanus Hindarko. (1999). Erlangga : Jakarta.
- Nawi, Edward G. (1990). *Beton Bertulang*. Terjemahan oleh Ir. Bambang Suryoatmono, M.Sc. (1998). PT. Refika Aditama : Bandung.
- Neville, A.M. (1975). *Properties of Concrete*. The English Language Book Society and Pitman Publishing : London.
- Paryati, Ninik. (2001). *Kuat Tekan Beton Dengan Penambahan Serbuk Besi dan Baja*. Jurnal. Universitas Islam “45” Bekasi : Bekasi.
- Purwanto, Heri dan Wardani, Utari C. (2020). *Pengaruh Penambahan Serbuk Besi Terhadap Kuat Tekan Beton Mutu K225*. Jurnal Deformasi. Vol. 5-2. Universitas PGRI Palembang : Palembang.
- Sugiyono. (2017). *Metode Penelitian Kombinasi (Mixed Methods)*. Alfabeta : Bandung.
- Tjokrodinuljo, Kardiyono. (1992). *Teknologi Beton*. Fakultas Teknik UGM : Yogyakarta.





LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AIR AGREGAT HALUS
(SNI 03-1970-1990)

Pengirim	Fakhri Rahmadillah Syaihu
NIM	17511224
Asal Agregat	Merapi
Tanggal Pengujian	13 Januari 2022

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat pasir kering mutlak, gram (Bk)	490	490	490
Berat pasir kondisi jenuh kering muka (SSD), gram	500	500	500
Berat piknometer berisi pasir dan air, gram (Bt)	1149	1152	1150,5
Berat piknometer berisi air, gram (B)	842	842	842
Berat jenis curah, $Bk / (B + 500 - Bt)$ (1)	2,539	2,579	2,559
Berat jenis jenuh kering muka, $500 / (B + 500 - Bt)$ (2)	2,591	2,632	2,611
Berat jenis semu, $Bk / (B + Bk - Bt)$ (3)	2,678	2,722	2,7
Penyerapan air, $(500 - Bk) / Bk \times 100\%$ (4)	2,041%	2,041%	2,041%

Yogyakarta, 24 Mei 2022

Diperiksa Oleh:

Laboran

Darusalam

 Darusalam

Dikerjakan Oleh:

Fakhri Rahmadillah Syaihu

Fakhri Rahmadillah Syaihu



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

MODULUS HALUS BUTIR (MHB) / ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS

(SNI 03-1968-1990)

Pengirim	Fakhri Rahmadillah Syaihu
NIM	17511224
Asal Agregat	Merapi
Tanggal Pengujian	13 Januari 2022

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40,0				
20,0				
10,0		0,00%	0,00%	100,00%
4,8	8	0,4%	0,4%	99,6%
2,4	113	5,65%	6,05%	93,95%
1,2	382	19,1%	25,15%	74,85%
0,6	464	23,2%	48,35%	51,65%
0,3	421	21,05%	69,4%	30,6%
0,15	371	18,55%	87,95%	12,05%
Sisa	241	12,05%	100,00%	0,00%
Jumlah	1996	100,00%	237,3%	

Modulus Halus Butir (MHB) = 2,373

Yogyakarta, 24 Mei 2022

Diperiksa Oleh:

Laboran


 Darusalam

Dikerjakan Oleh:


 Fakhri Rahmadillah Syaihu



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

MODULUS HALUS BUTIR (MHB) / ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS

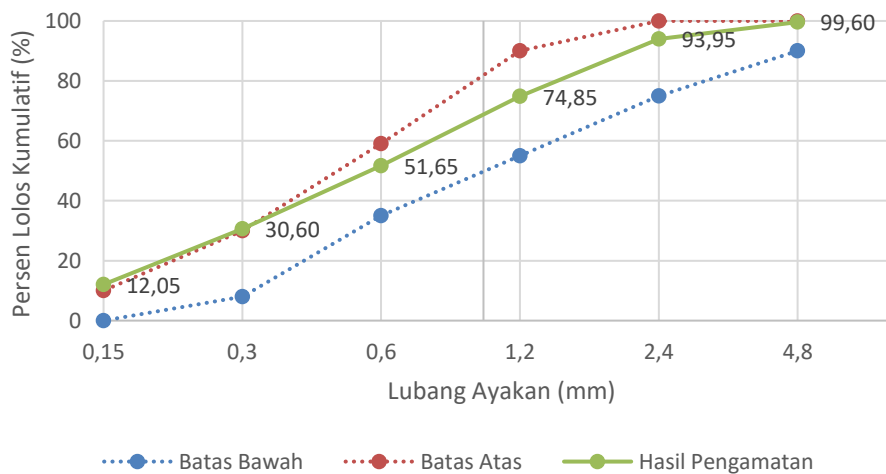
(SNI 03-1968-1990)

Pengirim	Fakhri Rahmadillah Syaihu
NIM	17511224
Asal Agregat	Merapi
Tanggal Pengujian	13 Januari 2022

Hasil Analisa Saringan Agregat Halus

1. Agregat halus masuk daerah = II
2. Jenis pasir = Pasir Agak Kasar
3. Grafik gradasi

Daerah II



Yogyakarta, 24 Mei 2022

Diperiksa Oleh:

Laboran

Darusalam
 Darusalam

Dikerjakan Oleh:

Fakhri Rahmadillah Syaihu

Fakhri Rahmadillah Syaihu



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

PEMERIKSAAN BERAT ISI GEMBUR AGREGAT HALUS
(SNI 03-4804-1998)

Pengirim	Fakhri Rahmadillah Syaihu
NIM	17511224
Asal Agregat	Merapi
Tanggal Pengujian	14 Januari 2022

Uraian	Hasil	
	Sampel 1	Sampel 2
Berat Tabung, gram (W1)	10249	11124
Berat Tabung + Agregat kering tungku, gram (W2)	17473	18361
Berat Agregat, gram (W3)	7224	7237
Volume Tabung, cm ³ (V)	5301,4376	5301,4376
Berat Volume Gembur, gram/cm ³ (W3/V)	1,363	1,365

Diperiksa Oleh:

Laboran

Darusalam
 Darusalam

Yogyakarta, 24 Mei 2022

Dikerjakan Oleh:

Fakhri Rahmadillah Syaihu

Fakhri Rahmadillah Syaihu



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

PEMERIKSAAN BERAT ISI PADAT AGREGAT HALUS
(SNI 03-4804-1998)

Pengirim	Fakhri Rahmadillah Syaihu
NIM	17511224
Asal Agregat	Merapi
Tanggal Pengujian	14 Januari 2022

Uraian	Hasil	
	Sampel 1	Sampel 2
Berat Tabung, gram (W1)	10249	11124
Berat Tabung + Agregat kering tungku, gram (W2)	18482	19354
Berat Agregat, gram (W3)	8233	8230
Volume Tabung, cm ³ (V)	5301,4376	5301,4376
Berat Volume Padat, gram/cm ³ (W3/V)	1,553	1,552

Diperiksa Oleh:

Laboran


 Darusalam

Yogyakarta, 24 Mei 2022

Dikerjakan Oleh:


 Fakhri Rahmadillah Syaihu



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

PEMERIKSAAN BUTIRAN YANG LOLOS AYAKAN NO.200/UJI KANDUNGAN LUMPUR DALAM PASIR
AGREGAT HALUS
(SNI 03-4142-1996)

Pengirim	Fakhri Rahmadillah Syaihu
NIM	17511224
Asal Agregat	Merapi
Tanggal Pengujian	14 Januari 2022

Uraian	Hasil		Rata-Rata
	Sampel 1	Sampel 2	
Berat Agregat Kering Oven, gram (W1)	500	500	500
Berat Agregat Kering Oven setelah di cuci, gram (W2)	489	482	485,5
Berat yang Lolos Ayakan No. 200 $[(w1 - w2)/w1] \times 100\%$	2,2%	3,6%	2,9%

Diperiksa Oleh:
 Laboran

Darusalam
 Darusalam

Yogyakarta, 24 Mei 2022

Dikerjakan Oleh:

Fakhri Rahmadillah Syaihu

Fakhri Rahmadillah Syaihu



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AIR AGREGAT KASAR
(SNI 03-1969-1990)

Pengirim	Fakhri Rahmadillah Syaihu
NIM	17511224
Asal Agregat	Merapi
Tanggal Pengujian	13 Januari 2022

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat kerikil kering mutlak, gram (Bk)	4868	4878	4873
Berat kerikil kondisi jenuh kering muka (SSD), gram	5000	5000	5000
Berat kerikil dalam air, gram (Bt)	3020	2998	3009
Berat jenis curah, $Bk / (B + 500 - Bt)$ (1)	2,459	2,437	2,448
Berat jenis jenuh kering muka, $500 / (B + 500 - Bt)$ (2)	2,525	2,498	2,511
Berat jenis semu, $Bk / (B + Bk - Bt)$ (3)	2,634	2,595	2,614
Penyerapan air, $(500 - Bk) / Bk \times 100\%$, % (4)	2,712%	2,501%	2,606%

Yogyakarta, 24 Mei 2022

Diperiksa Oleh:

Laboran


 Darusalam

Dikerjakan Oleh:



Fakhri Rahmadillah Syaihu



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

MODULUS HALUS BUTIR (MHB) / ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR

(SNI 03-1968-1990)

Pengirim	Fakhri Rahmadillah Syaihu
NIM	17511224
Asal Agregat	Merapi
Tanggal Pengujian	13 Januari 2022

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40,0	0	0,00%	0,00%	100,00%
20,0	544	10,88%	10,88%	89,12%
10,0	3478	69,56%	80,44%	19,56%
4,8	653	13,06%	93,5%	6,5%
2,4	0	0,00%	93,5%	6,5%
1,2	0	0,00%	93,5%	6,5%
0,6	0	0,00%	93,5%	6,5%
0,3	0	0,00%	93,5%	6,5%
0,15	0	0,00%	93,5%	6,5%
Sisa	325	6,5%		0,00%
Jumlah	5000	100,00%	652,32%	

Modulus Halus Butir (MHB) = 6,523

Yogyakarta, 24 Mei 2022

Diperiksa Oleh:

Laboran


 Darusalam

Dikerjakan Oleh:



Fakhri Rahmadillah Syaihu



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

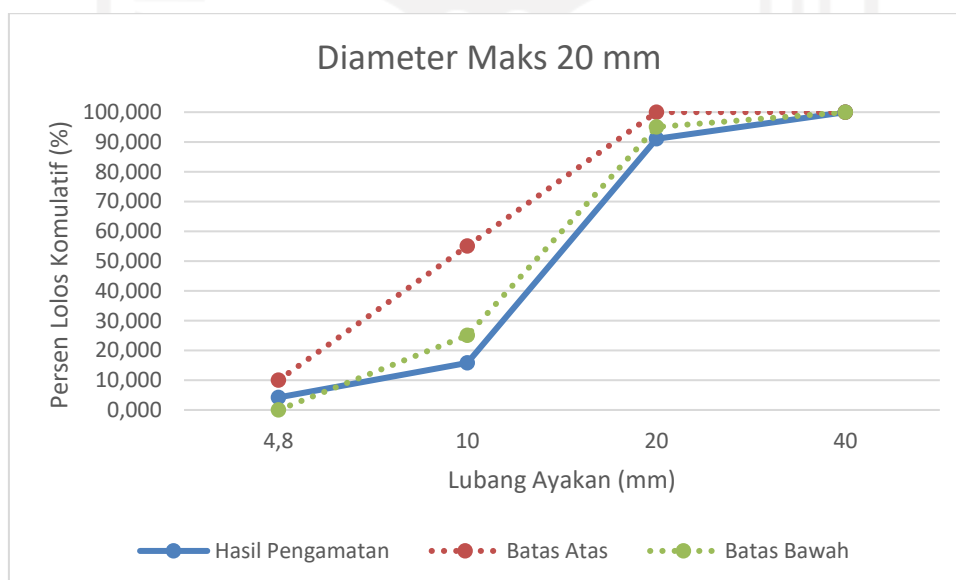
MODULUS HALUS BUTIR (MHB) / ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR

(SNI 03-1968-1990)

Pengirim	Fakhri Rahmadillah Syaihu
NIM	17511224
Asal Agregat	Merapi
Tanggal Pengujian	13 Januari 2022

Hasil Analisa Saringan Agregat kasar

1. Ukuran Maksimum = 20 mm
2. Grafik gradasi



Yogyakarta, 24 Mei 2022

Diperiksa Oleh:

Laboran

Darusalam

 Darusalam

Dikerjakan Oleh:

Fakhri Rahmadillah Syaihu

Fakhri Rahmadillah Syaihu



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

PEMERIKSAAN BERAT ISI GEMBUR AGREGAT KASAR
(SNI 03-4804-1998)

Pengirim	Fakhri Rahmadillah Syaihu
NIM	17511224
Asal Agregat	Merapi
Tanggal Pengujian	14 Januari 2022

Uraian	Hasil	
	Sampel 1	Sampel 2
Berat Tabung, gram (W1)	10249	11124
Berat Tabung + Agregat kering tungku, gram (W2)	16704	17782
Berat Agregat, gram (W3)	6455	6658
Volume Tabung, cm ³ (V)	5301,4376	5301,4376
Berat Volume Gembur, gram/cm ³ (W3/V)	1,218	1,256

Diperiksa Oleh:

Laboran


 Darusalam

Yogyakarta, 24 Mei 2022

Dikerjakan Oleh:


 Fakhri Rahmadillah Syaihu



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

PEMERIKSAAN BERAT ISI PADAT AGREGAT KASAR
(SNI 03-4804-1998)

Pengirim	Fakhri Rahmadillah Syaihu
NIM	17511224
Asal Agregat	Merapi
Tanggal Pengujian	14 Januari 2022

Uraian	Hasil	
	Sampel 1	Sampel 2
Berat Tabung, gram (W1)	10249	11124
Berat Tabung + Agregat kering tungku, gram (W2)	17447	18415
Berat Agregat, gram (W3)	7198	7291
Volume Tabung, cm ³ (V)	5301,4376	5301,4376
Berat Volume Padat, gram/cm ³ (W3/V)	1,358	1,375

Yogyakarta, 24 Mei 2022

Diperiksa Oleh:

Laboran


 Darusalam

Dikerjakan Oleh:



Fakhri Rahmadillah Syaihu



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AIR SERBUK BESI

Pengirim	Fakhri Rahmadillah Syaihu
NIM	17511224
Asal Agregat	Merapi
Tanggal Pengujian	3 Oktober 2022

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat pasir kering mutlak, gram (Bk)	467	493	480
Berat pasir kondisi jenuh kering muka (SSD), gram	500	500	500
Berat piknometer berisi pasir dan air, gram (Bt)	1254	1268	1261
Berat piknometer berisi air, gram (B)	861	861	861
Berat jenis curah, (1) $B_k / (B + 500 - B_t)$	4,364	5,301	4,833
Berat jenis jenuh kering muka, (2) $500 / (B + 500 - B_t)$	4,673	5,376	5,025
Berat jenis semu, (3) $B_k / (B + B_k - B_t)$	6,311	5,733	6,022
Penyerapan air, (4) $(500 - B_k) / B_k \times 100\%, \%$	7,066	1,420	4,243

Yogyakarta, 10 Oktober 2022

Diperiksa Oleh:

Laboran


 Darusalam

Dikerjakan Oleh:



Fakhri Rahmadillah Syaihu



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

MODULUS HALUS BUTIR (MHB) / ANALISA SARINGAN SERBUK BESI

Pengirim	Fakhri Rahmadillah Syaihu
NIM	17511224
Asal Agregat	Merapi
Tanggal Pengujian	3 Oktober 2022

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40,0				
20,0				
10		0,000	0,000	100
4,8		0,000	0,000	100,00
2,4		0,000	0,000	100,00
1,2	2	0,200	0,200	99,80
0,6	64	6,400	6,600	93,40
0,3	634	63,400	70,000	30,00
0,15	207	20,700	90,700	9,30
Pan	93	9,300	100,000	
Jumlah	1000	100,000	167,500	

Modulus Halus Butir (MHB) = 1,675

Yogyakarta, 10 Oktober 2022

Diperiksa Oleh:

Laboran

Darusakum

 Darusakum

Dikerjakan Oleh:

Fakhri Rahmadillah Syaihu

Fakhri Rahmadillah Syaihu



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

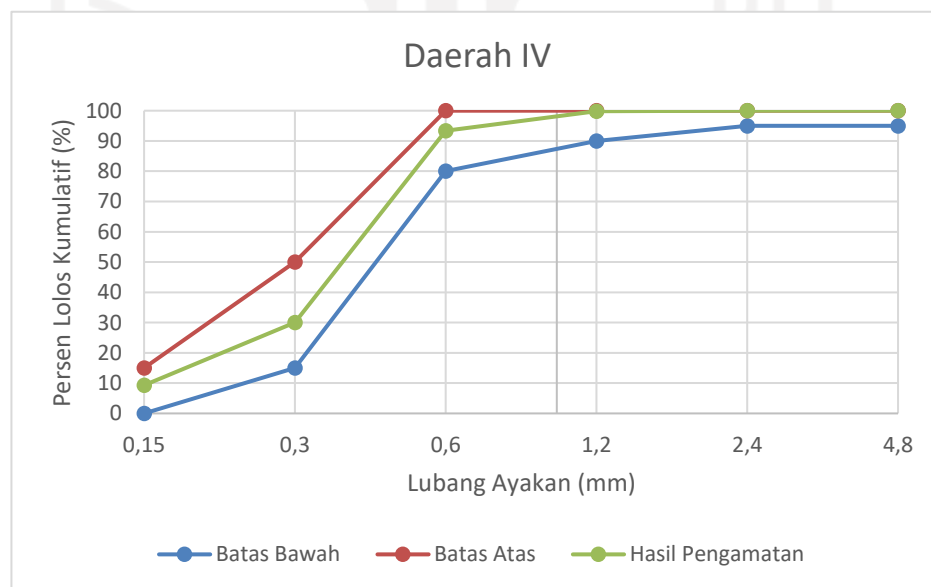
Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

MODULUS HALUS BUTIR (MHB) / ANALISA SARINGAN SERBUK BESI

Pengirim	Fakhri Rahmadillah Syaihu
NIM	17511224
Asal Agregat	Merapi
Tanggal Pengujian	3 Oktober 2022

Hasil Analisa Saringan Agregat Halus

1. Agregat halus masuk daerah = IV
2. Jenis pasir = Pasir Halus
3. Grafik gradasi



Yogyakarta, 10 Oktober 2022

Diperiksa Oleh:

Laboran

Darusalam
 Darusalam

Dikerjakan Oleh:

Fakhri

Fakhri Rahmadillah Syaihu



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

PEMERIKSAAN BERAT ISI GEMBUR SERBUK BESI

Pengirim	Fakhri Rahmadillah Syaihu
NIM	17511224
Asal Agregat	Merapi
Tanggal Pengujian	3 Oktober 2022

Uraian	Nilai	Satuan
Diameter silinder	10	cm
Tinggi silinder	20	cm
Berat tabung (W1)	5170	gram
Berat tabung + agregat SSD (W2)	7779	gram
Berat agregat (W3)	2609	gram
Volume tabung (V)	1570,796327	cm ³
Berat volume gembur (W3/V)	1,660940986	gram/cm ³

Diperiksa Oleh:
 Laboran

Darusalam
 Darusalam

Yogyakarta, 10 Oktober 2022

Dikerjakan Oleh:

Fakhri Rahmadillah Syaihu
 Fakhri Rahmadillah Syaihu



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

PEMERIKSAAN BERAT ISI PADAT SERBUK BESI

Pengirim	Fakhri Rahmadillah Syaihu
NIM	17511224
Asal Agregat	Merapi
Tanggal Pengujian	3 Oktober 2022

Uraian	Nilai	Satuan
Diameter silinder	10	cm
Tinggi silinder	20	cm
Berat tabung (W1)	5170	gram
Berat tabung + agregat SSD (W2)	8554	gram
Berat agregat (W3)	3384	gram
Volume tabung (V)	1570,796327	cm ³
Berat volume padat (W3/V)	2,15432131	gram/cm ³

Diperiksa Oleh:

Laboran

Darusalam
 Darusalam

.....

Yogyakarta, 10 Oktober 2022

Dikerjakan Oleh:

Fakhri Rahmadillah Syaihu

Fakhri Rahmadillah Syaihu



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

PEMERIKSAAN BUTIRAN YANG LOLOS AYAKAN NO.200/UJI KANDUNGAN LUMPUR DALAM SERBUK BESI

Pengirim	Fakhri Rahmadillah Syaihu
NIM	17511224
Asal Agregat	Merapi
Tanggal Pengujian	3 Oktober 2022

Uraian	Hasil		Rata-Rata
	Sampel 1	Sampel 2	
Berat Agregat Kering Oven, gram (W1)	500	500	500
Berat Agregat Kering Oven setelah di cuci, gram (W2)	476	475	475,5
Berat yang Lolos Ayakan No. 200 [(w1 -w2)/w1] x 100%	4,8%	5%	4,9%

Yogyakarta, 10 Oktober 2022

Diperiksa Oleh:

Laboran


 Darusalam

Dikerjakan Oleh:



Fakhri Rahmadillah Syaihu



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

FORMULIR PERENCANAAN CAMPURAN BETON METODE SNI SNI 03-2834-2000				
No	Uraian	Nilai	Satuan	Keterangan
1	Kuat Tekan yang Disyaratkan f'_c	25	Mpa	Ditetapkan
2	Deviasi Standar (s)	-		
3	Nilai Tambah (M)	12	Mpa	Ditetapkan
4	Kuat Tekan yang Ditargetkan f'_{cr}	37	Mpa	(1)+(3)
5	Jenis Semen	Tipe I		Ditetapkan
6	Jenis Agregat	Alami		Ditetapkan
	Kasar	batu pecah		Ditetapkan
	Halus	alami		Ditetapkan
7	Faktor Air Semen	0,5		
8	Faktor Air Semen Maksimum	0,6		
9	Faktor Air Semen Dipakai	0,5		
10	Slump	60-180	mm	Ditetapkan
11	Ukuran Agregat Maksimum	20	mm	Ditetapkan
12	Kadar Air Bebas	205	kg/m ³	Tabel 5.13
13	Jumlah Semen	410	kg/m ³	(11) : (8)
14	Jumlah Semen Maksimum	-		
15	Jumlah Semen Minimum	275	kg/m ³	Tabel 3.8
16	Jumlah Semen Dipakai	410	kg/m ³	
17	Faktor Air Semen yang Disesuaikan	-		
18	Susunan Butir Agregat Halus	Daerah II		Daerah gradasi
19	Berat Jenis Agregat Halus	2,611		lab
	Berat Jenis Agregat Kasar	2,511		lab
20	Persen Agregat halus	41,6		Grafik 5.4
21	Berat Jenis Relatif Agregat Gabungan SSD	2,553		
22	Berat Isi Beton	2305	kg/m ³	Grafik 5.5
23	Kadar Agregat Gabungan	1690	kg/m ³	(23)-(12)-(16)
24	Kadar Agregat Halus	703,04	kg/m ³	(24) × (21)
25	Kadar Agregat Kasar	986,96	kg/m ³	(24)-(25)

Yogyakarta, 24 Mei 2022

Diperiksa Oleh:

Laboran

Darusalam

 Darusalam

Dikerjakan Oleh:

Fakhri Rahmadillah Syaihu

Fakhri Rahmadillah Syaihu



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

FORMULIR PERENCANAAN CAMPURAN BETON METODE SNI SNI 03-2834-2000					
No	Jumlah bahan (teoritis)	semen (kg)	Air (kg)	Agregat Kondisi SSD	
				Halus (kg)	Kasar (kg)
26	Proporsi Campuran Teoritis (Agregat Kondisi SSD):				
	Setiap m ³ :	410	205	703,04	986,96
27	Setiap campuran uji :	26,083	13,042	44,725	62,788
28	Proporsi Campuran dengan Angka Penyusutan 15%				
	Setiap m ³ :	512,5	256,25	878,8	1233,7
29	Setiap campuran uji :	32,604	16,302	55,907	78,485

Yogyakarta, 24 Mei 2022

Diperiksa Oleh:

Laboran

Darusalam
 Darusalam

Dikerjakan Oleh:

Fakhri Rahmadillah Syaihu

Fakhri Rahmadillah Syaihu



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

HASIL PENGUJIAN KUAT DESAK SILINDER BETON

(BERDASARKAN SNI 1974:2011)

Pengirim : Fakhri Rahmadillah Syaihu

Keperluan : Tugas Akhir

Lokasi : Laboratorium BKT

Dibuat Tanggal : 17-25 Oktober 2021

Diuji Tanggal : 3-25 November 2021

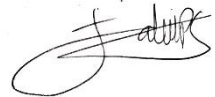
BETON NORMAL							
No.	Kode Benda Uji	Umur (hari)	Diameter (mm)	Luas Penampang (mm ²)	Beban Maksimum (N)	Kuat Desak (MPa)	Kuat Desak Rata-rata
1	BN 1	14	150,6667	17828,89	395000	22,155	22,185
2	BN 2		151,25	17967,21	410000	22,819	
3	BN 3		150,7167	17840,72	385000	21,580	
4	BN 4	28	151,9	18121,97	460000	25,384	25,597
5	BN 5		150,1	17695,03	455000	25,713	
6	BN 6		149,3333	17514,73	450000	25,693	

Diperiksa Oleh:
Laboran


Darusalam

Yogyakarta, 24 Mei 2022

Dikerjakan Oleh :


Fakhri Rahmadillah Syaihu



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

HASIL PENGUJIAN KUAT DESAK SILINDER BETON

(BERDASARKAN SNI 1974:2011)

Pengirim : Fakhri Rahmadillah Syaihu

Keperluan : Tugas Akhir

Lokasi : Laboratorium BKT

Dibuat Tanggal : 17-25 Februari 2022

Diuji Tanggal : 3-25 Maret 2022

KADAR SERBUK BESI 1,5 %							
No.	Kode Benda Uji	Umur (hari)	Diameter (mm)	Luas Penampang (mm ²)	Beban Maksimum (N)	Kuat Desak (MPa)	Kuat Desak Rata-rata
1	BV1,5-1	14	150,15	17706,82	390000	22,025	23,355
2	BV1,5-2		150,3333	17750,09	420000	23,662	
3	BV1,5-3		150,7333	17844,67	435000	24,377	
4	BV1,5-4	28	150,8667	17876,25	420000	23,495	25,924
5	BV1,5-5		149,8333	17632,21	510000	28,924	
6	BV1,5-6		150,3333	17750,09	450000	25,352	

Diperiksa Oleh:
Laboran


.....
Darusalam

Yogyakarta, 24 Mei 2022

Dikerjakan Oleh :



Fakhri Rahmadillah Syaihu



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

HASIL PENGUJIAN KUAT DESAK SILINDER BETON

(BERDASARKAN SNI 1974:2011)

Pengirim : Fakhri Rahmadillah Syaihu

Keperluan : Tugas Akhir

Lokasi : Laboratorium BKT

Dibuat Tanggal : 17-25 Februari 2022

Diuji Tanggal : 3-25 Maret 2022

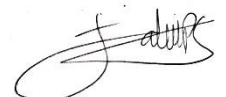
KADAR SERBUK BESI 3%							
No.	Kode Benda Uji	Umur (hari)	Diameter (mm)	Luas Penampang (mm ²)	Beban Maksimum (N)	Kuat Desak (MPa)	Kuat Desak Rata-rata
1	BV3-1	14	151,017	17911,82	385000	21,494	24,084
2	BV3-2		151,083	17927,63	425000	23,706	
3	BV3-3		151,867	18114,02	490000	27,051	
4	BV3-4	28	150,933	17892,05	480000	26,828	28,018
5	BV3-5		150,6	17813,11	565000	31,718	
6	BV3-6		150,7	17836,78	455000	25,509	

Diperiksa Oleh:
Laboran


.....
Darusalam

Yogyakarta, 24 Mei 2022

Dikerjakan Oleh :


Fakhri Rahmadillah Syaihu



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

HASIL PENGUJIAN KUAT DESAK SILINDER BETON

(BERDASARKAN SNI 1974:2011)

Pengirim : Fakhri Rahmadillah Syaihu

Keperluan : Tugas Akhir

Lokasi : Laboratorium BKT

Dibuat Tanggal : 17-25 Februari 2022

Diuji Tanggal : 3-25 Maret 2022

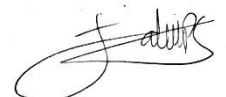
KADAR SERBUK BESI 4,5%							
No.	Kode Benda Uji	Umur (hari)	Diameter (mm)	Luas Penampang (mm ²)	Beban Maksimum (N)	Kuat Desak (MPa)	Kuat Desak Rata-rata
1	BV4,5-1	14	151,4833	18022,69	505000	28,020	27,729
2	BV4,5-2		149,9667	17663,61	495000	28,024	
3	BV4,5-3		150,05	17683,24	480000	27,144	
4	BV4,5-4	28	150,9667	17899,96	475000	26,536	31,078
5	BV4,5-5		149,3333	17514,73	620000	35,399	
6	BV4,5-6		150,9333	17892,05	560000	31,299	

Diperiksa Oleh:
Laboran


.....
Darusalam

Yogyakarta, 24 Mei 2022

Dikerjakan Oleh :


Fakhri Rahmadillah Syaihu



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

HASIL PENGUJIAN KUAT TARIK BELAH SILINDER BETON

(BERDASARKAN SNI 2491:2014)

Pengirim : Fakhri Rahmadillah Syaihu

Keperluan : Tugas Akhir

Lokasi : Laboratorium BKT

Dibuat Tanggal : 17-25 Februari 2022

Diuji Tanggal : 3-25 Maret 2022

BETON NORMAL							
No.	Kode Benda Uji	Umur (hari)	Diameter (mm)	Panjang (mm)	Beban Maksimum (N)	Kuat Tarik (MPa)	Kuat Tarik Rata-rata
1	BN7	14	150,8167	301,3333	141000	1,975	1,991
2	BN8		150,5	302,55	139000	1,943	
3	BN9		151,0167	303,5333	148000	2,055	
4	BN10	28	150,2167	302,1	144000	2,020	2,277
5	BN11		150,1333	304,2667	176000	2,453	
6	BN12		151,05	303,7167	170000	2,359	

Yogyakarta, 24 Mei 2022

Diperiksa Oleh:

Laboran


..... Darusakim

Dikerjakan Oleh :


Fakhri Rahmadillah Syaihu



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

HASIL PENGUJIAN KUAT TARIK BELAH SILINDER BETON

(BERDASARKAN SNI 2491:2014)

Pengirim : Fakhri Rahmadillah Syaihu

Keperluan : Tugas Akhir

Lokasi : Laboratorium BKT

Dibuat Tanggal : 17-25 Februari 2022

Diuji Tanggal : 3-25 Maret 2022

KADAR SERBUK BESI 1,5%							
No.	Kode Benda Uji	Umur (hari)	Diameter (mm)	Panjang (mm)	Beban Maksimum (N)	Kuat Tarik (MPa)	Kuat Tarik Rata- rata
1	BV1,5-7	14	151,3833	304,7	120000	1,656	1,952
2	BV1,5-8		149,7167	305,4333	144000	2,005	
3	BV1,5-9		149,7667	303,9333	157000	2,196	
4	BV1,5-10	28	152,05	303,2	171000	2,361	2,255
5	BV1,5-11		152,2333	301,9333	152000	2,105	
6	BV1,5-12		151,6	301,3	165000	2,300	

Diperiksa Oleh:
Laboran

Darusalam
Darusalam

Yogyakarta, 24 Mei 2022

Dikerjakan Oleh :

Fakhri Rahmadillah Syaihu

Fakhri Rahmadillah Syaihu



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

HASIL PENGUJIAN KUAT TARIK BELAH SILINDER BETON
(BERDASARKAN SNI 2491:2014)

Pengirim : Fakhri Rahmadillah Syaihu

Keperluan : Tugas Akhir

Lokasi : Laboratorium BKT

Dibuat Tanggal : 17-25 Februari 2022

Diuji Tanggal : 3-25 Maret 2022

KADAR SERBUK BESI 3%							
No.	Kode Benda Uji	Umur (hari)	Diameter (mm)	Panjang (mm)	Beban Maksimum (N)	Kuat Tarik (MPa)	Kuat Tarik Rata- rata
1	BV3-7	14	151,8333	304,8	150000	2,063	2,019
2	BV3-8		149,7667	302,5333	148000	2,079	
3	BV3-9		150,7167	302,2333	137000	1,915	
4	BV3-10	28	150,7833	302,4667	169000	2,359	2,305
5	BV3-11		151,2333	303,1667	192000	2,666	
6	BV3-12		150,6333	301,8333	135000	1,890	

Diperiksa Oleh:
Laboran


Darusalam
.....

Yogyakarta, 24 Mei 2022

Dikerjakan Oleh :


Fakhri Rahmadillah Syaihu



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

HASIL PENGUJIAN KUAT TARIK BELAH SILINDER BETON

(BERDASARKAN SNI 2491:2014)

Pengirim : Fakhri Rahmadillah Syaihu

Keperluan : Tugas Akhir

Lokasi : Laboratorium BKT

Dibuat Tanggal : 17-25 Februari 2022

Diuji Tanggal : 3-25 Maret 2022

KADAR SERBUK BESI 4,5%							
No.	Kode Benda Uji	Umur (hari)	Diameter (mm)	Panjang (mm)	Beban Maksimum (N)	Kuat Tarik (MPa)	Kuat Tarik Rata- rata
1	BV4,5-7	14	150,0833	301,9833	150000	2,107	2,084
2	BV4,5-8		149,7667	302,1833	142000	1,997	
3	BV4,5-9		151,1833	303,8167	155000	2,148	
4	BV4,5-10	28	150,2	302,45	182000	2,551	2,374
5	BV4,5-11		151,2333	301,6167	153000	2,135	
6	BV4,5-12		151,2333	304	176000	2,437	

Diperiksa Oleh:
Laboran


.....
Darusalam

Yogyakarta, 24 Mei 2022

Dikerjakan Oleh :


Fakhri Rahmadillah Syaihu

Lampiran 3. Gambar Alat yang Digunakan**Gambar L-3.1 Piknometer****Gambar L-3.2 Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar****Gambar L-3.3 Cetakan Silinder**



Gambar L-3.4 Timbangan Digital Kapasitas 30 kg



Gambar L-3.5 Jangka Sorong



Gambar L-3.6 Oven



Gambar L-3.7 Cetok



Gambar L-3.8 Saringan



Gambar L-3.9 Mesin Penggoyang Saringan



Gambar L-3.10 Kerucut Abrams dan Tongkat Penumbuk



Gambar L-3.11 Palu Karet



Gambar L-3.12 Mixer concrete (Molen)



Gambar L-3.13 Compressing Testing Machine (CTM)



Gambar L-3.14 Penggaris/Mistar



Gambar L-3.15 Talam Baja



Gambar L-3.16 Sekop

Lampiran 4. Gambar Bahan yang Digunakan



Gambar L-4.1 Agregat Halus dari Gunung Merapi



Gambar L-4.2 Agregat Kasar dari Gunung Merapi



Gambar L-4.3 Limbah Serbuk Besi



Gambar L-4.4 Semen Gresik

Lampiran 5. Gambar Hasil Pengujian Beton**Gambar L-5.1 Proses Pengujian Kuat Tekan Beton****Gambar L-5.2 Proses Pengujian Kuat Tarik Belah Beton**



Gambar L-5.3 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton



Gambar L-5.4 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton