

TUGAS AKHIR

**ANALISIS PERBANDINGAN JENIS AGREGAT KASAR BATU
SPLIT MERAPI, BATU SPLIT CLERENG, DAN BATU KORAL
PROGO TERHADAP KUAT TEKAN, KUAT TARIK BELAH, DAN
MODULUS ELASTISITAS PADA BETON
*(COMPARATIVE ANALYSIS OF THE TYPES OF COARSE
AGGREGATE TYPES OF MERAPI SPLIT STONE, CLERENG SPLIT
STONE, AND PROGO CORAL STONE ON COMPRESSIVE
STRENGTH, TENSILE STRENGTH, AND ELASTIC MODULUS IN
CONCRETE)***

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



FARHAN YUSUF MAIT

19511183

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

2024

TUGAS AKHIR

**ANALISIS PERBANDINGAN JENIS AGREGAT
KASAR BATU SPLIT MERAPI, BATU SPLIT
CLERENG, DAN BATU KORAL PROGO TERHADAP
KUAT TEKAN, KUAT TARIK BELAH, DAN
MODULUS ELASTISITAS PADA BETON
(COMPARATIVE ANALYSIS OF THE TYPE OF
COARSE AGGREGATE TYPES OF MERAPI SPLIT
STONE, CLERENG SPLIT STONE, AND PROGO
CORAL STONE ON COMPRESSIVE STRENGTH,
TENSILE STRENGTH, AND ELASTIC MODULUS IN
CONCRETE)**

Disusun Oleh

Farhan Yusuf Mait
19511183

Telah diterima sebagai salah satu persyaratan
Untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

Diuji pada Tanggal 20 Februari 2025
Oleh Dewan Penguji

Pembimbing

Anggit Mas Arifudin, S.T., M.T.
NIK: 185111304

Penguji I

Elvis Saputra, S.T., M.T.
NIK: 205111302

Penguji II

3.3.25

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

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Sipil



7/3 2025

Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D. (Eng.), IPM.
NIK: 095110101

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Dengan ini saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan Proposal 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 dari 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, Juni 2024
Yang membuat pernyataan,



Farhan Yusuf Mait
(19511183)

KATA PENGANTAR

Assalaimualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillahirabbil'alamiin, puji dan syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini yang berjudul “Analisis Perbandingan Jenis Agregat Kasar Batu Split Merapi, Batu Split Clereng, dan Batu Koral Progo Terhadap Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah, dan Modulus Elastisitas Pada Beton” dengan semaksimal kemampuan penulis.

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan studi jenjang Strata Satu (S1) di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Ucapan terima kasih penulis disampaikan kepada:

1. Ir. Yunalia Muntafi S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
2. Anggit Mas Arifudin S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Proposal Tugas Akhir yang senantiasa membimbing dan memberi arahan kepada penulis selama penyusunan Proposal Tugas Akhir ini
3. Ibu Praptiningsih dan Bapak Djopie selaku orang tua penulis yang senantiasa memberikan semangat, doa, dan pengorbanan hingga dapat terselesaikannya Proposal Tugas Akhir ini.

Penulis sangat menyadari bahwa Proposal Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Untuk itu penulis memohon maaf dan berharap Proposal Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan bagi pembaca pada umumnya. *Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Yogyakarta, Juni 2024

Penulis,

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	iii
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	Error! Bookmark not defined.
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xiii
ABSTRAK	xv
<i>ABSTRACT</i>	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Beton Dengan Perbedaan Jenis Agregat Kasar	6
2.2 Penelitian Terdahulu	6
BAB III LANDASAN TEORI	11
3.1 Beton	11
3.2 Material Penyusun Beton	11
3.2.1 Semen <i>Portland</i>	11
3.2.2 Air	12
3.2.3 Agregat	12
3.3 Perencanaan Campuran Beton	15

3.4	Kuat Tekan Beton	23
3.5	Kuat Tarik Belah Beton	24
3.6	Modulus Elastisitas Beton	24
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN		27
4.1	Umum	27
4.2	Variabel Penelitian	27
4.3	Bahan yang digunakan	27
4.4	Alat yang digunakan	28
4.5	Benda Uji	29
4.6	Pelaksanaan Penelitian	30
4.6.1	Persiapan Penelitian	30
4.6.2	Pengujian Agregat	30
4.6.3	Perencanaan Campuran Beton (Mix Design)	31
4.6.4	Pembuatan dan Perawatan Benda Uji	31
4.6.5	Pengujian Benda Uji	31
4.6.6	Olah Data	33
4.6.7	Analisis Data	33
4.6.8	Pembahasan	33
4.6.9	Kesimpulan dan Saran	33
4.6.10	Diagram Alir Penelitian	33
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN		35
5.1	Hasil Pengujian Agregat	35
5.1.1	Hasil Pengujian Agregat Kasar Split Merapi	35
5.1.2	Hasil Pengujian Agregat Kasar Split Clereng	42
5.1.3	Hasil Pengujian Agregat Kasar Koral Progo	49
5.1.4	Hasil Pengujian Agregat Halus Merapi	56
5.2	Perencanaan Campuran Beton (Mix Design)	64
5.2.1	Perencanaan Campuran Beton Untuk Batu Split Merapi	64
5.2.2	Perencanaan Campuran Beton Untuk Batu Koral Progo	70
5.3	Proporsi Campuran Beton	75
5.4	Hasil Pengujian Slump	76

5.5	Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton	77
5.6	Hasil Pengujian Kuat Tarik Beton	80
5.7	Pengujian Modulus Elastisitas Beton	83
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		95
6.1	Kesimpulan	95
6.2	Saran	96
DAFTAR PUSTAKA		97
LAMPIRAN		100

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbandingan Penelitian Sebelumnya Dengan Rencana Penelitian Yang Dilakukan	9
Tabel 3.1	Nilai Deviasi Standar Untuk Berbagai Macam Tingkat	16
Tabel 3.2	Faktor Pengali Untuk Deviasi Standar	16
Tabel 3.3	Perkiraan Kuat Tekan Beton (MPa) dengan Faktor Air Semen, dan Agregat	17
Tabel 3.4	Persyaratan Jumlah Semen Minimum dan Faktor Air Semen Maksimum untuk Berbagai Macam Pembetonan Lingkungan Khusus	19
Tabel 3.5	Perkiraan Kadar Air Bebas (Kg/m ³) yang Dibutuhkan untuk Beberapa Tingkat Kemudahan Pengerjaan Adukan Beton	19
Tabel 4.1	Detail Sampel Uji	30
Tabel 5.1	Rekapitulasi Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar Split Merapi	36
Tabel 5.2	Hasil Analisa Saringan Agregat Kasar Split Merapi Sampel 1	38
Tabel 5.3	Hasil Analisa Saringan Agregat Kasar Split Merapi Sampel 2	38
Tabel 5.4	Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Split Merapi	41
Tabel 5.5	Hasil Pengujian Berat Volume Padat Split Merapi	42
Tabel 5.6	Rekapitulasi Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar Split Clereng	43
Tabel 5.7	Hasil Analisa Saringan Agregat Kasar Split Clereng Sampel 1	45
Tabel 5.8	Hasil Analisa Saringan Agregat Kasar Split Clereng Sampel 2	46
Tabel 5.9	Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Split Clereng	48
Tabel 5.10	Hasil Pengujian Berat Volume Padat Split Clereng	49
Tabel 5.11	Rekapitulasi Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar Koral Progo	50
Tabel 5.12	Hasil Analisa Saringan Agregat Kasar Koral Progo Sampel 1	52

Tabel 5.13	Hasil Analisa Saringan Agregat Kasar Koral Progo Sampel 2	53
Tabel 5.14	Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Koral Progo	55
Tabel 5.15	Hasil Pengujian Berat Volume Padat Koral Progo	56
Tabel 5.16	Rekapitulasi Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus Merapi	57
Tabel 5.17	Hasil Analisa Saringan Agregat Halus Merapi Sampel 1	59
Tabel 5.18	Hasil Analisa Saringan Agregat Halus Merapi Sampel 2	60
Tabel 5.19	Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Agregat Halus Merapi	62
Tabel 5.20	Hasil Pengujian Berat Volume Padat Agregat Halus Merapi	63
Tabel 5.21	Hasil Pengujian Lolos Saringan No. 200	64
Tabel 5.22	Rekapitulasi Proporsi Campuran Beton Pada Masing-masing Agregat Kasar	75
Tabel 5.23	Rekapitulasi Proporsi Campuran Beton Pada Masing-masing Agregat Kasar dengan Angka Penyusutan 20%	76
Tabel 5.24	Hasil Pengujian Slump	76
Tabel 5.25	Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton	78
Tabel 5.26	Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton	81
Tabel 5.27	Rasio Hubungan Kuat Tarik Belah dengan Kuat Tekan Beton	83
Tabel 5.28	Tegangan Regangan Benda Uji SM-TM-01	84
Tabel 5.29	Tegangan Regangan Terkoreksi Benda Uji SM-TM-01	87
Tabel 5.30	Hasil Rekapitulasi Pengujian Modulus Elastisitas	90
Tabel 5.31	Selisih Modulus Elastisitas Pengujian Terhadap Teoritis	93

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Batu Split Gunung Merapi	14
Gambar 3.2	Batu Split Clereng	14
Gambar 3.3	Batu Koral Progo	15
Gambar 3.4	Hubungan Antara Kuat Tekan dan Faktor Air Semen	18
Gambar 3.5	Grafik Persentase Pasir Terhadap Kadar Total Agregat (Maksimum Ukuran Butir 20mm)	20
Gambar 3.6	Grafik Persentase Batu Terhadap Kadar Total Agregat (Maksimum Ukuran Butir 20mm)	21
Gambar 3.7	Grafik Perkiraan Berat Isi Beton Basah	22
Gambar 3.8	Ilustrasi Uji Kuat Tekan Silinder Beton	23
Gambar 3.9	Ilustrasi Uji Kuat Tarik Belah Silinder Beton	24
Gambar 3.10	Ilustrasi Uji Kuat Tarik Belah Silinder Beton	25
Gambar 3.11	Grafik Hubungan Tegangan dan Regangan Modulus Elastisitas	26
Gambar 4.1	Bagan Alir Penelitian	34
Gambar 5.1	Grafik Gradasi Butir Maksimum 20 mm Agregat Kasar Split Merapi Sampel 1	39
Gambar 5.2	Grafik Gradasi Butir Maksimum 20 mm Agregat Kasar Split Merapi Sampel 2	40
Gambar 5.3	Grafik Gradasi Butir Maksimum 20 mm Agregat Kasar Split Clereng Sampel 1	47
Gambar 5.4	Grafik Gradasi Butir Maksimum 20 mm Agregat Kasar Split Clereng Sampel 2	47
Gambar 5.5	Grafik Gradasi Butir Maksimum 20 mm Agregat Kasar Koral Progo Sampel 1	54
Gambar 5.6	Grafik Gradasi Butir Maksimum 20 mm Agregat Kasar Koral Progo Sampel 2	54
Gambar 5.7	Grafik Gradasi II Agregat Halus Merapi Sampel 1	61

Gambar 5.8	Grafik Gradasi II Agregat Halus Merapi Sampel 2	61
Gambar 5.9	Hubungan Antara Kuat Tekan dan Faktor Air Semen (fas) Untuk Benda Uji Silinder, Batu Pecah	66
Gambar 5.10	Persentase Pasir Terhadap Kadar Total Agregat yang Dianjurkan Untuk Ukuran Butir Maksimum 20 mm	68
Gambar 5.11	Grafik Perkiraan Berat Isi Beton Basah Koral Progo	69
Gambar 5.12	Hubungan Antara Kuat Tekan dan Faktor Air Semen (fas) Untuk Benda Uji Silinder, Batu Tidak Pecah	71
Gambar 5.13	Persentase Pasir Terhadap Kadar Total Agregat yang Dianjurkan Untuk Ukuran Butir Maksimum 20 mm	73
Gambar 5.14	Grafik Perkiraan Berat Isi Beton Basah Koral Progo	74
Gambar 5.15	Grafik Kuat Tekan Beton Rata-rata	79
Gambar 5.16	Grafik Kuat Tarik Belah Beton Rata-rata	82
Gambar 5.17	Grafik Hubungan Tegangan Regangan Benda Uji SM-TM-01	89
Gambar 5.18	Grafik Modulus Elastisitas Beton Rata-rata	92

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Surat Izin Penggunaan dan Keterangan Bebas Laboratorium	101
Lampiran 2	Laporan Sementara Hasil Pemeriksaan Agregat	103
Lampiran 3	Laporan Sementara Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton	134
Lampiran 4	Laporan Sementara Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton	137
Lampiran 5	Laporan Sementara Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Beton	139
Lampiran 6	Dokumentasi	199

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

$f'c$	= Kuat Tekan beton (MPa)
PC	= Portland Cement
PBI	= Peraturan beton Indonesia
SNI	= Standar nasional Indonesia
SSD	= Saturated surface dry
MPa	= Megapascal
°C	= Derajat celcius
M	= Nilai tambah
Sr	= Deviasi Standar
w	= Kadar air bebas (kg/m ³)
Wh	= Perkiraan jumlah air untuk agregat halus (kg/m ³)
Wk	= Perkiraan jumlah air untuk agregat kasar (kg/m ³)
fas	= Faktor air semen
BJ _{gab}	= Berat jenis relatif/gabungan agregat
%Ag.Halus	= Persentase agregat halus (%)
%Ag.Kasar	= Persentase agregat kasar (%)
BJ _{ag.halus}	= Berat jenis agergat halus
BJ _{ag.kasar}	= Berat jenis agregat kasar
W _{ag.gab}	= Kadar agregat gabungan (kg/m ³)
W _{beton}	= Berat isi beton (kg/m ³)
W _{semen}	= Kadar semen (kg/m ³)
W _{ag.halus}	= Kadar agregat halus (kg/m ³)
W _{ag.kasar}	= Kadar agregat kasar(kg/m ³)
Ec	= Modulus elastisitas (MPa)
P	= Beban maksimum (N)
ΔL	= Deformasi (mm)
ϵ'	= Regangan
σ	= Tegangan (MPa)

A	= Luas penampang benda uji (mm ²)
m	= Meter
mm	= Milimeter
cm	= Centimeter
kN	= Kilonewton
N	= Newton
d	= Diameter tabung silinder (mm)
t	= Tinggi tabung silinder (mm)
kg	= Kilogram

ABSTRAK

Agregat merupakan salah satu material penyusun campuran beton yang berfungsi sebagai material pengisi campuran beton. Agregat kasar merupakan agregat dengan ukuran butiran-butiran dengan ukuran 5-40 mm. Agregat kasar yang digunakan tentu memiliki beragam jenis. Perbedaan jenis agregat kasar ini mungkin dapat berpengaruh terhadap kualitas beton. Penulis ingin mengetahui pengaruh dari perbedaan jenis agregat kasar terhadap kuat tekan, kuat tarik, dan modulus elastisitas beton, mengetahui dari ketiga jenis agregat kasar ini dapat mencapai kuat tekan rencana, serta mengetahui batu koral tidak disarankan untuk digunakan sebagai salah satu alternatif pengganti agregat kasar pada campuran beton. Penelitian ini menggunakan jenis agregat kasar split Merapi, split Clereng, dan koral Progo.

Benda uji penelitian yang digunakan berbentuk silinder dengan ukuran diameter 15 cm, dan tinggi 30 cm, serta jumlah sampel yang digunakan sebanyak 10 sampel untuk pengujian kuat tekan dan modulus elastisitas, dan 5 sampel untuk pengujian kuat tarik belah untuk setiap jenis agregat kasar, sehingga menggunakan total 45 sampel. Pengujian pada penelitian ini adalah pengujian kuat tekan beton, kuat tarik belah beton, dan modulus elastisitas beton. Perencanaan campuran beton dilakukan berdasarkan pada SNI 2834-2000 dengan mutu beton yang direncanakan yaitu 25 MPa.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa jenis agregat kasar berpengaruh terhadap kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas. Hasil penelitian menunjukkan, beton dengan agregat kasar jenis split Merapi menghasilkan kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas teoritis dan pengujian tertinggi dengan nilai secara berurutan adalah 27,92 MPa, 2,57 MPa, 24824,735 MPa, dan 24990,638 MPa. Jenis agregat koral Progo memiliki nilai kuat tekan, kuat tarik belah, modulus elastisitas teoritis dan modulus elastisitas pengujian terendah dengan nilai secara berurutan adalah 22,43 MPa, 2,08 MPa, 22150,703 MPa, dan 22365,372 MPa. Hal tersebut dapat terjadi dikarenakan perbedaan karakteristik dari batu koral yang memiliki tekstur lebih halus dan rongga-rongga yang lebih kecil dibandingkan dengan batu pecah.

Kata Kunci: Beton, Agregat Kasar, Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah, Modulus Elastisitas

ABSTRACT

Aggregate is one of the materials that make up the concrete mixture which functions as a filler material for concrete mixtures. Coarse aggregate is an aggregate with a grain size of 5-40 mm. The coarse aggregate used certainly has various types. This difference in the type of coarse aggregate may have an effect on the quality of the concrete. The author wants to know the influence of different types of coarse aggregate on the compressive strength, tensile strength, and modulus of elasticity of concrete, know that these three types of coarse aggregates can achieve the planned compressive strength, and know that coral stone is not recommended to be used as one of the alternatives to coarse aggregate in concrete mixtures. This study used the types of coarse aggregate Merapi split, Clereng split and Progo coral.

The research test pieces used were in the form of a cylinder with a diameter of 15 cm, and a height of 30 cm, as well as the number of samples used was 10 samples for compressive strength and modulus elasticity testing, and 5 samples for tensile strength testing for each type of coarse aggregate, so that a total of 45 samples were used. The tests in this study are testing the compressive strength of concrete, tensile strength of concrete, and modulus of elasticity of concrete. The planning of the concrete mixture was carried out based on SNI 2834-2000 with the planned concrete quality of 25 MPa.

The results showed that the type of coarse aggregate had an effect on compressive strength, tensile strength, and modulus of elasticity. The results of the study showed that concrete with crude aggregate of the Merapi split type produced compressive strength, tensile strength, and modulus of theoretical elasticity and the highest test with values of 27.92 MPa, 2.57 MPa, 24824.735 MPa, and 24990.638 MPa, respectively. The Progo coral aggregate type has the lowest compressive strength, tensile strength, theoretical elastic modulus and test elastic modulus with values of 22.43 MPa, 2.08 MPa, 22150.703 MPa, and 22365.372 MPa, respectively. This can occur due to the difference in characteristics of coral stones which have a finer texture and smaller cavities compared to broken stones.

Keywords: Concrete, Coarse aggregate, Compressive strength, Tensile strength, Modulus of elasticity

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan pembangunan konstruksi di Indonesia semakin meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk. Dengan meningkatnya pertumbuhan penduduk di Indonesia maka kebutuhan akan infrastruktur juga semakin meningkat seperti halnya bangunan gedung bertingkat, jalan tol, jembatan, maupun kebutuhan papan manusia yakni rumah hunian pribadi. Dalam pembangunan gedung gedung dan lainnya masih banyak menggunakan beton sebagai material penyusun bangunan tersebut dikarenakan dinilai lebih ekonomis dibandingkan penggunaan material penyusun lainnya. Dengan berkembangnya ilmu pengetahuan, maka penggunaan bahan penyusun beton dapat bervariasi mengikuti kebutuhan serta material yang tersedia di setiap daerah di Indonesia. Beton merupakan material komposit yang terbuat dari beberapa bahan kombinasi seperti semen, agregat kasar, agregat halus, dan air. Beton mempunyai kuat tekan yang tinggi, mudah dibentuk, tidak memerlukan perawatan khusus, dan bahan penyusun beton mudah didapatkan (Sujatmiko, 2019:3).

Agregat adalah salah satu material pengisi yang digunakan dalam campuran beton yang dapat mengisi sekitar 60 hingga 75% dari seluruh volume campuran beton, sehingga membuatnya memiliki peranan penting dalam menentukan sifat-sifat beton. Jenis agregat terbagi menjadi 2 yakni agregat halus dan agregat kasar. Perbedaan yang dapat diperhatikan secara langsung adalah dari ukuran masing-masing jenis agregat. Agregat kasar memiliki ukuran lebih dari 4,8 mm sedangkan untuk agregat halus memiliki ukuran dibawah 4,8 mm. Agregat kasar yang biasa digunakan adalah batu kerikil alam dan batu pecah (split) yang memiliki butiran-butan masing-masing yang tertahan pada saringan yang menggunakan ukuran tertentu.

Untuk mengetahui kualitas dari suatu campuran beton perlulah dilakukan pengujian-pengujian seperti uji tekan, uji kuat tarik belah, dan modulus elastisitas beton. SK SNI 03-1974-1990 menjelaskan bahwa kuat tekan beton adalah

besarnya beban persatuan yang menyebabkan hancurnya benda uji beton bila dibebani gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin tekan. Adapun tujuan dari uji tekan beton ini adalah untuk mengetahui berapa nilai maksimum beban yang dapat didukung oleh benda uji beton dalam umur waktu tertentu, sehingga dapat mengetahui kesesuaian antara kekuatan beton dengan kebutuhan untuk struktur bangunan yang direncanakan. Selain kuat tekan beton, ada pengujian lain yang dapat dilakukan yakni uji kuat tarik belah dan modulus elastisitas beton. SK SNI 03-2491-2002 menjelaskan bahwa pengujian kuat tarik belah bertujuan untuk mengevaluasi ketahanan geser dari komponen struktur yang terbuat dari beton yang menggunakan agregat ringan. Sedangkan untuk pengujian modulus elastisitas beton bertujuan untuk mengukur ketahanan beton untuk mengalami deformasi elastis saat sebuah gaya diterapkan.

Ridwan (2022) melakukan penelitian mengenai perbedaaan jenis-jenis agregat kasar terhadap kuat tekan beton normal yang ditargetkan sebesar 20 MPa. Dari hasil penelitian (Ridwan, 2022), beton dengan umur 28 hari menggunakan batu Hampangen memiliki nilai yang paling tinggi dalam menahan kuat tekan dengan rata-rata nilai sebesar 36 MPa, sedangkan untuk batu Merak mendapatkan nilai rata-rata sebesar 35 MPa, dan untuk batu Pelaihari mendapatkan nilai kuat tekan rata rata sebesar 32 MPa.

Berdasarkan hasil pengujian diatas, dapat disimpulkan bahwa perbedaan jenis agregat kasar yang digunakan dalam campuran beton dapat mempengaruhi kuat tekan beton. Maka dari itu, muncul pemikiran dari penulis untuk menganalisis perbedaan jenis-jenis agregat kasar yang terdapat di daerah kawasan Yogyakarta yang dapat digunakan seperti agregat kasar batu pecah (split) Merapi, batu pecah (split) Clereng, dan batu alam (koral) Progo.

Penggunaan batu alam (koral) yang bisa dilihat hanyalah untuk menambah unsur estetika saja seperti banyak yang digunakan di beberapa tempat makan/cafe, dan juga digunakan untuk bahan pembuatan pagar yang dimana kedua penggunaan tersebut hanyalah untuk kepentingan estetika saja, oleh sebab itu terpikir bahwa apakah batu alam (koral) dapat digunakan sebagai bahan konstruksi atau tidak. Beberapa penelitian yang sudah dilaksanakan sebelumnya,

masih terbatas pada pengujian kuat tekan saja, oleh sebab itu peneliti ingin membuktikan juga pengaruh perbedaan jenis agregat kasar pada pengujian kuat tarik belah dan modulus elastisitas beton sehingga dapat diambil beberapa kesimpulan dari pengujian-pengujian yang dilakukan tersebut yang nantinya diharapkan dapat digunakan sebagai referensi sehingga dapat dinilai apakah dapat menjadi salah satu bahan konstruksi beton atau tidak.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan pada latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan beberapa permasalahan sebagai berikut.

1. Bagaimana pengaruh jenis agregat kasar split Merapi, split Clereng, dan koral Progo terhadap kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas beton?
2. Apakah kuat tekan rencana pada ketiga jenis agregat kasar dapat tercapai dengan masing-masing proporsi campuran beton?
3. Apakah batu koral dapat disarankan menjadi salah satu alternatif untuk campuran beton struktur?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan penjelasan rumusan masalah di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui pengaruh jenis agregat kasar split Merapi, split Clereng, dan koral Progo terhadap kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas beton.
2. Mengetahui apakah kuat tekan rencana pada ketiga jenis agregat kasar dapat tercapai dengan masing-masing proporsi campuran beton.
3. Mengetahui batu koral Progo dapat digunakan sebagai bahan pengganti untuk campuran beton atau tidak.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang dapat diperoleh melalui penelitian ini antara lain sebagai berikut. Memberikan hasil pengujian mengenai pengaruh jenis agregat kasar terhadap kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas beton. Diharapkan hasil dari penelitian ini dapat menjadi referensi dalam pemilihan jenis

agregat kasar yang akan digunakan untuk kebutuhan campuran beton yang direncanakan.

1.5 Batasan Penelitian

Batasan penelitian dimaksudkan agar penelitian yang dilakukan tidak menyimpang dari tujuan penelitian. Batasan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Kuat tekan beton rencana ($f'c$) sebesar 25 MPa.
2. Metode *mix design* menggunakan SNI 2834-2000.
3. Variasi kadar pH air yang digunakan adalah senilai 7.
4. Nilai slump 10 ± 2 cm.
5. Semen yang digunakan adalah semen tipe 1 dengan merek Tiga Roda Tipe 1
6. Agregat kasar yang digunakan berukuran maksimum 20 mm.
7. Agregat kasar berasal dari batu split Clereng, batu split Merapi, dan batu koral Progo.
8. Agregat halus menggunakan pasir Merapi, Kaliurang.
9. Proporsi campuran beton yang digunakan pada ketiga jenis agregat kasar, berdasar pada hasil uji sifat dan karakteristik masing-masing agregat.
10. Air yang digunakan berasal dari Laboratorium Bahan dan Konstruksi Teknik Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
11. Benda uji yang digunakan adalah benda uji silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.
12. Pengujian beton keras dilakukan pada umur 28 hari.
13. Pengujian yang dilakukan terbatas pada perbedaan jenis agregat kasar.
14. Macam-macam pengujian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut.
 - a. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus menggunakan SNI 1970-1990.
 - b. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar menggunakan SNI 1969-1990.
 - c. Pengujian analisa saringan agregat halus menggunakan SNI 1968-1990.
 - d. Pengujian analisa saringan agregat kasar menggunakan SNI 1968-1990.

- e. Pengujian berat volume gembur dan berat volume padat agregat halus menggunakan SNI 4804-1998.
- f. Pengujian berat volume gembur dan berat volume padat agregat kasar menggunakan SNI 4804-1998.
- g. Pengujian butiran lolos ayakan No. 200 (uji kandungan lumpur dalam pasir) menggunakan SNI 4142-1996.
- h. Pengujian slump beton menggunakan SNI 1972-2008.
- i. Pengujian kuat tekan beton menggunakan SNI 1974-2011.
- j. Pengujian kuat tarik belah beton menggunakan SNI 2491-2014.
- k. Pengujian modulus elastisitas statis beton menggunakan SNI 2826-200

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton Dengan Perbedaan Jenis Agregat Kasar

Beton adalah campuran semen, agregat halus, agregat kasar, dan air dengan atau tanpa bahan tambah (admixture) (SNI 2847-2019). Agregat kasar berfungsi sebagai bahan pengisi yang akan memberikan kekuatan beton sehingga beton akan meningkat kekuatan tahan nya. Agregat kasar yang biasa digunakan dalam campuran beton adalah batu pecah (split) / batu-batuan alam yang memiliki ukuran butirannya lebih besar dari 4,75 mm (Standar ASTM). Berdasarkan penelitian sebelumnya, perbedaan jenis agregat kasar memiliki pengaruh yang berbeda terhadap kuat tekan beton. Untuk itu, peneliti tertarik untuk mengambil penelitian ini tentang pengaruh perbedaan jenis agregat kasar terhadap kuat tekan, kuat tarik, dan modulus elastisitas beton.

2.2 Penelitian Terdahulu

Sebelum melakukan penelitian, terdapat beberapa referensi penelitian terdahulu yang dapat dijadikan acuan dalam menjalankan penelitian yang sudah dilakukan. Berikut adalah penelitian terdahulu yang digunakan sebagai referensi/acuan.

1. Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi Menggunakan Komparasi Agregat Gamalama, Agregat Merapi, dan Agregat Kali Progo (Hakas, 2018)

Pada penelitian ini mengambil agregat kasar dari Gunung Gamalama, Gunung Merapi, dan Kali Progo. Untuk penelitian ini menggunakan benda uji berupa silinder dengan diameter 15 cm dengan tinggi 30 cm dan sebanyak 3 benda uji untuk setiap jenis agregat masing-masing, dengan variasi umur 7, 14, dan 28 hari. Hasil penelitian pada variasi umur 28 hari menunjukkan agregat Gamalama memiliki kuat tekan rata-rata sebesar 56,79 MPa, untuk agregat merapi mendapat nilai kuat tekan rata-rata sebesar 55,88 MPa, dan untuk agregat Kali Progo mendapatkan nilai kuat tekan rata-rata sebesar 78,50 MPa. Dari hasil pengujian dari ketiga agregat kasar dapat digunakan untuk mutu beton tinggi diatas 50 MPa.

2. Perbandingan Kuat Tekan Beton Antara Campuran Agregat Kasar Batu Pecah (Split) Dengan Batu Alam Palembang Untuk Beton Struktur (Masril, 2018)

Pada penelitian menggunakan campuran agregat kasar batu pecah (split) dengan batu alam untuk beton struktur. Pada pengujian ini menggunakan benda uji silinder dengan variasi umur 7, 14, 21, dan 28 hari. Untuk pengujian ini memiliki nilai acuan mutu beton rencana sebesar 20,75 MPa. Hasil pengujian dengan variasi umur 28 hari, untuk benda uji campuran agregat kasar batu pecah menghasilkan nilai kuat tekan beton rata-rata sebesar 26,67 MPa dan untuk benda uji campuran beton dengan agregat kasar batu alam mendapat nilai kuat tekan beton rata-rata sebesar 25,16 MPa, yang dimana kedua benda uji memenuhi kuat tekan beton rencana.

3. Perbandingan Jenis-jenis Agregat Kasar Batu Merak, Batu Hampangen dan Batu Banjar Untuk Campuran Beton Terhadap Kuat Tekan Beton Normal K-250 (Ridwan dkk., 2022)

Pada penelitian ini menggunakan agregat kasar batu merak, batu hampangen, dan batu banjar. Untuk benda uji yang digunakan berupa kubus beton dengan ukuran 15 cm x 15 cm x 15 cm dengan jumlah benda uji sebanyak 3 buah yang diambil untuk setiap masing masing agregat kasar. Kuat tekan beton yang ditargetkan adalah 21 MPa. Pengujian dilakukan dengan variasi umur 7, 14, dan 28 hari. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa dalam variasi umur 28 hari, agregat batu merak menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 36,15 MPa, untuk agregat batu hampangen menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 36,31 MPa, dan untuk jenis agregat batu banjar menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 32,84 MPa. Dengan nilai acuan beton normal yang ditargetkan sebesar 21 MPa, maka ketiga agregat kasar lolos mencapai target.

4. Analisa Perbandingan Penggunaan Agregat Kasar Batuan Gamping Dengan Agregat Kasar Batuan Padang Sawah Pada Campuran Beton Terhadap Kuat Tekan Beton (Adam dkk., 2022)

Pada penelitian menggunakan material agregat kasar yang diambil di dua daerah Sumatera Barat, yaitu di daerah Pasaman Timur dan di daerah Kabupaten Solok khususnya daerah Lembah Gumanti Desa Air Dingin. Pada penelitian ini pembuatan benda uji berpatokan dengan SNI 03-2834-2000. Untuk acuan nilai kuat tekan beton adalah 35 MPa. Pengujian dilakukan dengan variasi umur 7, 14, dan 28 hari. Hasil penelitian dengan variasi umur 28 hari, batuan Gamping memiliki nilai kuat tekan sebesar 38,542 MPa, dan untuk batuan Padang Sawah memiliki nilai kuat tekan sebesar 40,246 MPa. Berdasarkan hasil pengujian, menunjukkan bahwa kedua batuan memenuhi dengan nilai acuan beton.

5. Perbandingan Penggunaan Agregat Tipe Split dan Koral Terhadap Kuat Tekan Beton Furnished (Farlin dkk., 2024)

Pada penelitian ini agregat kasar yang digunakan adalah bertipe split dan koral. Benda uji yang digunakan berupa silinder berdiameter 10 cm dan tinggi 20 cm. Pada pengujian ini, diambil 27 buah sampel beton tiap masing-masing agregat kasar. Rancangan campuran beton normal digunakan dengan standar ASTM. Pengujian kuat tekan silinder beton dilakukan pada umur 28 hari. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa dalam variasi umur 28 hari, campuran beton dengan komposisi agregat kasar tipe split sebanyak 10% menghasilkan kuat tekan sebesar 61,34 MPa dan agregat kasar tipe koral dengan komposisi 30% menghasilkan kuat tekan sebesar 47,88 MPa.

Berdasarkan beberapa penelitian diatas, dilakukan penelitian yang berbeda dengan penelitian terdahulu, yaitu menggunakan agregat kasar Clereng, Merapi, dan batu koral. Mutu beton yang direncanakan adalah sebesar 25 MPa dengan benda uji silinder berdiameter 15 cm dengan tinggi 30 cm. Pengujian yang sudah dilakukan adalah uji kuat tekan, kuat tarik, dan modulus elastisitas beton yang dilakukan dengan variasi umur 28 hari. Benda uji untuk masing-masing pengujian menggunakan sebanyak 5 sampel, dan untuk uji kuat tekan dan modulus elastisitas beton menggunakan 10 sampel, sehingga totalnya sebanyak 45 sampel dengan agregat kasar yang berbeda

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Sebelumnya Dengan Rencana Penelitian Yang Dilakukan

	Penelitian Sebelumnya					Penelitian yang sudah dilakukan
Peneliti	Hakas (2018)	Masril (2018)	Ridwan dkk (2022)	Adam dkk (2022)	Farlin dkk (2024)	Farhan (2024)
Judul Penelitian	Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi Menggunakan Komparasi Agregat Gamalama, Agregat Merapi, dan Agregat Kali Progo	Perbandingan Kuat Tekan Beton Antara Campuran Agregat Kasar Batu Pecah (Split) Dengan Batu Alam Palembayan Untuk Beton Struktur	Perbandingan Jenis-jenis Agregat Kasar Batu Merak, Batu Hampangan dan Batu Banjar Untuk Campuran Beton Terhadap Kuat Tekan Beton Normal K-250	Analisa Perbandingan Penggunaan Agregat Kasar Batuan Gamping Dengan Agregat Kasar Batuan Padang Sawah Pada Campuran Beton Terhadap Kuat Tekan Beton	Perbandingan Penggunaan Agregat Tipe Split dan Koral Terhadap Kuat Tekan Beton Furnished	Analisis Perbandingan Jenis Agregat Kasar Batu Split Merapi, Batu Split Clereng, dan Batu Koral Progo Terhadap Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah, dan Modulus Elastisitas Pada Beton
Tujuan Penelitian	Untuk membandingkan kuat tekan beton dengan variasi asal agregat	Untuk mengetahui perbandingan kuat tekan beton antara agregat split dengan agregat batu alam	Untuk mengetahui pengaruh ukuran agregat batu koral terhadap kuat tekan	Untuk dapat dianalisa perbandingannya kualitas batuan tersebut dalam pengujian kuat	Agar mengetahui perbandingan campuran beton agregat split dengan koral	Perbandingan jenis agregat kasar batu split dengan agregat batu koral

Lanjutan Tabel 2.2 Perbandingan Penelitian Sebelumnya Dengan Rencana Penelitian Yang Dilakukan

Kuat Tekan Rencana	50 MPa	21 MPa	21 MPa	35 MPa	-	25 MPa
Benda Uji	Silinder 15cm x 30cm	Silinder	Kubus 15cm x 15cm x 15cm	Silinder 15cm x 30cm	Silinder 10cm x 20cm	Silinder 15cm x 30cm
Umur Beton	7, 14, & 28 Hari	7, 14, 21, & 28 Hari	7, 14, & 28 Hari	7, 14, & 28 Hari	28 Hari	28 Hari
Kesimpulan	Hasil pengujian kuat tekan pada beton umur 28 hari diperoleh dengan agregat Gamalama sebesar 56.79 MPa, Agregat asal Merapi sebesar 55.88 MPa sedangkan beton dengan agregat dari Kali Progo memiliki hasil 78.50 MPa.	Untuk benda uji campuran beton agregat kasar batu pecah, didapat Nilai tekan beton karakteristik = 262.44 kg/cm ² ..Untuk benda uji campuran beton dengan agregat kasar batu alam. didapat Kekuatan tekan beton karakteristik = 250.61 kg/cm ² ./21,30 MPa	Nilai kuat tekan beton yang dihasilkan menggunakan agregat kasar batu merak sebesar 368,71 kg/cm ² , agregat kasar batu hampangan sebesar 370,36 kg/cm ² , dan agregat kasar batu pelaihari sebesar 334,89 kg/cm ² .	Kuat tekan beton dengan campuran agregat kasar Padang Sawah nilai rata – rata 7 hari yaitu 26,515 MPa, nilai rata – rata 14 hari yaitu 32,572 MPa, nilai rata – rata 28 hari yaitu 38,542 MPa.	Dari hasil penelitian, terlihat bahwa substitusi agregat split sebanyak 10% menghasilkan kuat tekan beton optimal sebesar 61,34 MPa pada umur 28 hari, sedangkan substitusi agregat koral sebanyak 30% mencapai kuat tekan sebesar 47,88 MPa	

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Beton

Beton terbuat dari campuran beberapa bahan yakni semen, air, dan agregat (pasir & kerikil) yang dicampur hingga merata sampai menjadi campuran yang homogen. Beton sering digunakan dalam konstruksi seperti perkerasan jalan, struktur bangunan, jalan, pondasi, jembatan, dan bangunan lainnya. Untuk memperoleh mutu beton yang ditentukan, maka perlulah menakar komposisi dengan ketentuan yang berlaku sehingga material yang akan digunakan sesuai dengan standar tertentu.

3.2 Material Penyusun Beton

Beton tersusun dari berbagai macam bahan diantara lain ada semen, air, agregat kasar, dan agregat halus. Masing-masing material penyusun campuran beton memiliki fungsi nya masing-masing sehingga akan membentuk kekuatan suatu beton.

3.2.1 Semen *Portland*

Semen merupakan salah satu material/ bahan penyusun campuran beton yang memiliki fungsi sebagai bahan perikat antara butiran agregat serta pengisi rongga antara butiran agregat. Semen *portland* merupakan semen yang banyak digunakan sebagai bahan dasar dari campuran beton. Semen dikelompokkan menjadi dua macam yaitu semen hidrolis dan non hidrolis. Semen hidrolis adalah semen yang akan mengeras saat sudah bereaksi dengan air, sedangkan semen non hidrolis adalah semen yang mengeras saat bereaksi dengan udara, tetapi tidak mengeras didalam air.

Semen portland dibagi menjadi lima tipe berdasarkan kegunaannya menurut (SNI 2049-2004) yakni sebagai berikut.

- Tipe I : Semen *portland* yang tidak memerlukan persyaratan khusus. Digunakan untuk tujuan umum dan paling banyak di produksi untuk digunakan pada hampir semua jenis konstruksi.
- Tipe II : Semen *portland* yang memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang dalam penggunaannya.
- Tipe III : Semen *portland* yang memerlukan kekuatan awal yang tinggi dalam penggunaannya.
- Tipe IV : Semen *portland* yang memerlukan panas hidrasi rendah dalam penggunaannya.
- Tipe V : Semen *portland* yang memerlukan persyaratan sangat tahan terhadap sulfat dalam penggunaannya.

3.2.2 Air

Air adalah bahan penyusun beton yang berguna dalam proses kimiawi dari semen. Air berperan penting dalam campuran beton. Dalam pembuatan beton, air berfungsi untuk melarutkan semen dan mengubahnya menjadi pasta sehingga beton menjadi lecah (*workable*). Perlu dilakukan pemeriksaan terlebih dahulu pada air dalam proses pembuatan beton untuk memenuhi syarat-syarat tertentu agar dalam pencampuran, pengerasan, dan pengawetanya bisa optimal.

3.2.3 Agregat

Agregat merupakan material pengisi dalam campuran beton yang berupa bahan alami atau buatan. Dari volume total beton, volume agregat dapat mengisi 70-75%. Meskipun agregat sebagai material pengisi, namun agregat dapat mempengaruhi sifat maupun kualitas beton karena jumlahnya juga cukup banyak. Maka dalam pembuatan beton, pemilihan agregat adalah suatu bagian penting. Berdasarkan ukuran butirannya, agregat terbagi menjadi 2 yaitu agregat kasar dan agregat halus.

1. Agregat Kasar

Berdasarkan SNI 2834-2000, agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batu atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 5 mm – 40 mm. Untuk persyaratan agregat kasar tercantum pada SNI 8321-2016 atau ASTM C33. Batu

yang digunakan adalah batu yang tersusun atas kumpulan mineral penyusun kerak bumi yang telah menyatu secara padat maupun berserakan. Batu dapat terbentuk melalui proses kristalisasi magma, sedimentasi, maupun metamorfosis. Batu memiliki beragam warna, bentuk, dan jenis tergantung pada mineral penyusunnya dan proses pembentukannya. Berdasarkan tempat sumbernya batuan dapat bersumber dari alam seperti sungai, gunung, laut, maupun galian. Batu split sendiri adalah jenis material bangunan yang dapat dihasilkan dari proses membelah atau memecah batu berukuran besar menjadi lebih kecil. Batu split sendiri memiliki karakteristik yang berbeda-beda tergantung dari mana sumber didapatnya. Sebagai contoh, perbandingan batu pecah Merapi dan batu pecah Clereng. Kedua jenis batu pecah ini sama-sama baik digunakan sebagai material penyusun campuran beton, namun terdapat perbedaan karakteristik diantara kedua batu ini. Batu pecah Merapi pada umumnya berwarna abu-abu dengan tekstur yang kasar, sedangkan batu pecah Clereng cenderung berwarna lebih gelap dengan tekstur yang lebih halus. Pada pengujian kali ini, digunakan tiga agregat kasar yang berbeda yakni batu pecah Merapi, batu pecah Clereng, dan batu koral Progo. Adapun penjelasan lebih lanjut mengenai batu tersebut dapat dilihat dibawah ini.

a. Batu split Merapi

Agregat pertama yang digunakan dalam penelitian sekaligus digunakan dalam campuran beton ini, diambil dari Gunung Merapi. Material ini memiliki beberapa karakteristik keunggulan utama karena ketahanannya terhadap perubahan bentuk, menjadikannya pilihan yang solid dan handal untuk struktur bangunan. Dengan bantuan mesin pemecah batu, ukuran batu split dapat dihasilkan secara lebih presisi dan bervariasi. Berdasarkan penelitian (Hakas Prayuda, 2018), agregat merapi memiliki kadar lumpur sebesar 19,62%, sehingga perlu di cuci terlebih dahulu untuk mengurangi kadar lumpur. Berikut dibawah ini merupakan gambar agregat kasar Gunung Merapi.



Gambar 3.1 Batu Split Gunung Merapi

(Sumber: <https://pasirjogja.blogspot.com/2019/08>)

b. Batu Clereng

Agregat kedua yang digunakan dalam penelitian dalam campuran beton ini, diambil dari daerah Clereng, Kulon Progo. Batuan ini memiliki tekstur yang kasar dengan ukuran yang bervariasi juga. Menurut penelitian (Dian Noer, 2018), agregat asal Clereng memiliki karakteristik tekstur kasar dan memiliki rongga-rongga yang kecil sehingga akan berpengaruh terhadap stabilitas pada campuran. Berikut dibawah ini merupakan gambar dari agregat kasar Clereng.



Gambar 3.2 Batu Split Clereng

(Sumber: <https://urugjogja.com/jual-batu-split-yogyakarta/>)

c. Batu Koral Progo

Batu koral adalah batu alam yang mempunyai wujud berupa koral/kerikil dengan ukuran dan warna yang beraneka ragam. Batu koral biasanya berbentuk bulat lonjong dan permukaannya cukup halus, dan biasa ditemukan di sepanjang

daerah aliran sungai. Proses pembentukan batu koral melibatkan pengendapan kalsium karbonat dari air laut oleh polip karang, sehingga dari kerangka polip yang mati mengalami penumpukan dari kompresi yang memungkinkan pembentukan struktur batu yang padat dan kokoh. Pada penelitian ini digunakan batu koral progo sebagai material uji yang diambil dari daerah sungai merapi dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.3 Batu Koral Progo

(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

2. Agregat Halus

Berdasarkan SNI 2834-2000, agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil disintegrasi secara alami dari batu atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5,0 mm. Dalam campuran beton, agregat halus mempunyai peran sebagai bahan pengisi campuran. Untuk persyaratan agregat halus tercantum pada SNI 8321-2016 atau ASTM C33.

3.3 Perencanaan Campuran Beton

Pada penelitian ini menggunakan metode perencanaan campuran beton yang dapat diambil pada SNI 2834-2000 tentang bagaimana cara pembuatan rencana campuran beton (*mix design*) normal. Berikut adalah merupakan langkah perencanaannya.

1. Penentuan kuat tekan beton yang disyaratkan (f'_c) pada umur tertentu.
2. Perhitungan deviasi standar yang didasarkan pada mutu pekerjaan dan volume beton yang direncanakan. Dibawah ini merupakan tabel deviasi

standar untuk berbagai macam tingkat dari pengendalian mutu pekerjaan serta faktor pengali untuk deviasi standar.

Tabel 3.1 Nilai Deviasi Standar Untuk Berbagai Macam Tingkat

Tingkat Pengendalian Mutu Pekerjaan	Sd (MPa)
Memuaskan	2,8
Sangat Baik	3,5
Baik	4,2
Cukup	5,6
Jelek	7
Tanpa Kendali	8,4

(Sumber: SNI 03-2834-2000)

Tabel 3.2 Faktor Pengali Untuk Deviasi Standar

Jumlah Pengujian	Faktor Pengali Standar Deviasi
<15	-
15	1,16
20	1,08
25	1,03
≥ 30	1

(Sumber: SNI 03-2834-2000)

3. Nilai tambah dihitung dengan persamaan 3.1 sebagai berikut.

$$M = 1,64 \times S_r \quad (3.1)$$

Ket :

S_r adalah Deviasi Standar

M adalah Nilai tambah

4. Nilai kuat tekan beton rata-rata yang ditargetkan dapat dihitung dengan persamaan 3.2 sebagai berikut.

$$f'_{cr} = f'_c + M \quad (3.2)$$

Ket :

f'_{cr} adalah kuat tekan beton rata-rata yang ditargetkan, dalam MPa

f'_c adalah kuat tekan beton rencana, dalam MPa

M adalah nilai tambah

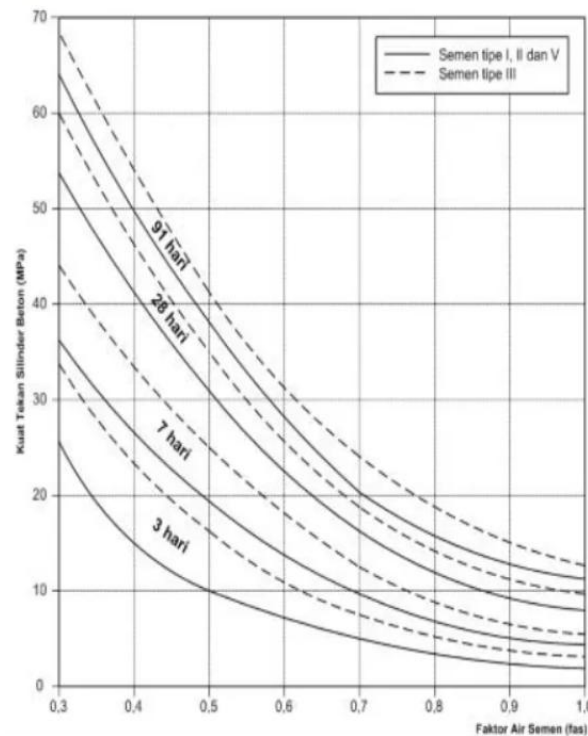
5. Penentuan tipe semen
6. Penentuan jenis agregat halus dan agregat kasar yang akan digunakan
7. FAS (faktor air semen) ditentukan dengan tahapan seperti berikut.
 - a. Nilai kuat tekan ditentukan pada umur 28 hari berdasarkan Tabel 3.3 dibawah ini.

Tabel 3.3 Perkiraan Kuat Tekan Beton (MPa) dengan Faktor Air Semen, dan Agregat

Jenis Semen	Jenis Agregat Kasar	Kuat Tekan (MPa)				
		Umur				Bentuk
		3	7	28	29	Bentuk Uji
Semen Portland Tipe I, Semen tahan sulfat Tipe II, V	Batu tidak pecah	17	23	33	40	Silinder
	Batu pecah	19	27	37	45	
	Batu tidak pecah	20	28	40	48	Kubus
	Batu pecah	25	32	45	54	
Semen Portland Tipe III	Batu tidak pecah	21	28	38	44	Silinder
	Batu pecah	25	33	44	48	
	Batu tidak pecah	25	31	46	53	Kubus
	Batu pecah	30	40	53	60	

(Sumber: SNI 03-2834-2000)

- b. Kurva lengkung baru ditentukan berdasarkan hubungan antara nilai kuat tekan dengan faktor air semen, dapat dilihat pada Gambar 3.4 dibawah ini.



Gambar 3.4 Hubungan Antara Kuat Tekan dan Faktor Air Semen

(Sumber: SNI 03-2834-2000)

- c. Faktor air semen ditentukan dengan menghubungkan kuat tekan beton yang diperoleh dengan kurva lengkung baru.
8. Penetapan FAS (faktor air semen) maksimum dan minimum berdasarkan Tabel 3.4 berikut.

Tabel 3.4 Persyaratan Jumlah Semen Minimum dan Faktor Air Semen Maksimum untuk Berbagai Macam Pembetonan Lingkungan Khusus

Lokasi	Jumlah Semen minimum per m ³ beton (kg)	Nilai Faktor Air Semen 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

Lanjutan Tabel 3.4 Persyaratan Jumlah Semen Minimum dan Faktor Air Semen Maksimum untuk Berbagai Macam Pembetonan Lingkungan Khusus

Beton masuk ke dalam tanah a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti b. Mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah	325	0,55 SNI 03-2834-2000 Tabel 5
Beton yang kontinu berhubungan a. Air tawar b. Air laut		SNI 03-2834-2000 Tabel 6

(Sumber: SNI 03-2834-2000)

9. Penetapan tinggi *slump*.
10. Ukuran agregat maksimum ditetapkan dari hasil pengujian properties agregat.
11. Nilai kadar air bebas ditetapkan dengan Tabel 3.5 dan persamaan seperti berikut.

Tabel 3.5 Perkiraan Kadar Air Bebas (Kg/m³) yang Dibutuhkan untuk Beberapa Tingkat Kemudahan Pengerjaan Adukan Beton

Slump (mm)		0-10	10-30	30-60	60-180
Ukuran besar butir agregat maksimum	Jenis agregat	-	-	-	-
10	Batu tidak pecah	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Batu tidak pecah	210	230	255	275
	Batu pecah	240	255	280	300
40	Batu tidak pecah	270	280	305	325
	Batu pecah	300	305	330	350

(Sumber: SNI 03-2834-2000)

$$w = \frac{2}{3}W_h + \frac{2}{3}W_k \quad (3.3)$$

Ket :

w adalah kadar air bebas (kg/m^3)

W_h adalah perkiraan jumlah air untuk agregat halus (kg/m^3)

W_k adalah perkiraan jumlah air untuk agregat kasar (kg/m^3)

12. Jumlah semen yang dibutuhkan, ditentukan dengan persamaan 3.4 seperti berikut.

$$c = \frac{w}{fas} \quad (3.4)$$

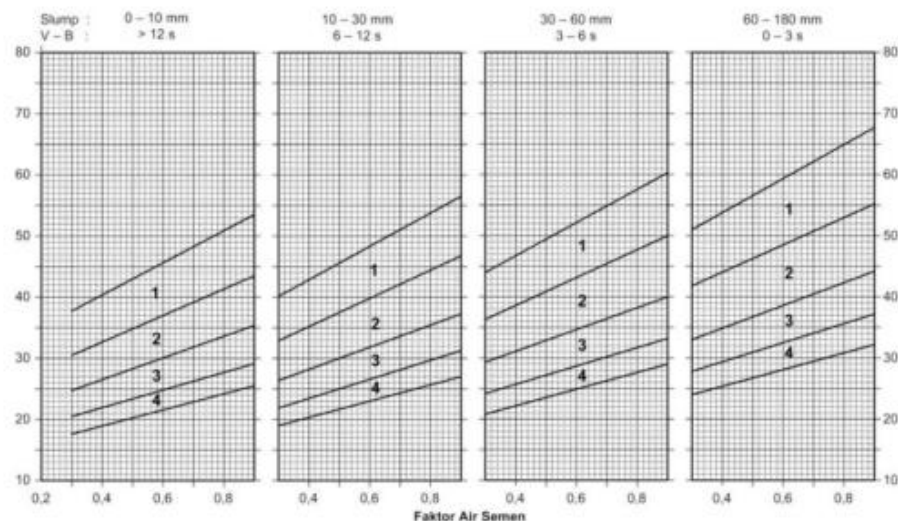
Ket :

c adalah jumlah semen (kg/m^3)

w adalah kadar air bebas (kg/m^3)

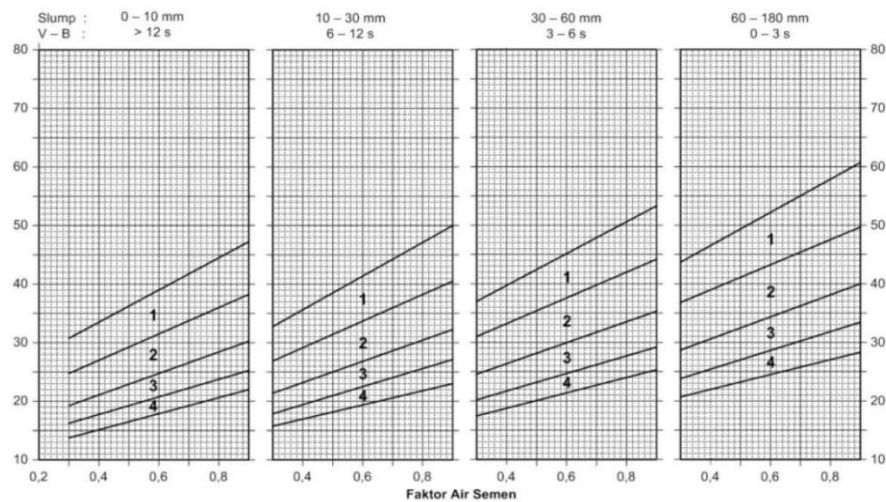
fas adalah faktor air semen (kg/m^3)

13. Penentuan susunan butir (gradasi) agregat halus dan agregat kasar berdasarkan hasil uji analisa saringan agregat.
14. Berdasarkan ukuran butirnya, persentase agregat halus dan agregat kasar ditentukan berdasarkan Gambar 3.5 dan Gambar 3.6 dibawah ini.



**Gambar 3.5 Grafik Persentase Pasir Terhadap Kadar Total Agregat
(Maksimum Ukuran Butir 20mm)**

(Sumber: SNI 03-2834-2000)



**Gambar 3.6 Grafik Persentase Batu Terhadap Kadar Total Agregat
(Maksimum Ukuran Butir 20mm)**

(Sumber: SNI 03-2834-2000)

15. Berat jenis relatif atau gabungan agregat dihitung menggunakan persamaan seperti berikut.

$$BJ_{gab} = \%Ag.Halus \times BJ_{ag.halus} + \%Ag.Kasar \times BJ_{ag.kasar} \quad (3.5)$$

Ket :

BJ_{gab} adalah berat jenis gandingan/relatif agregat

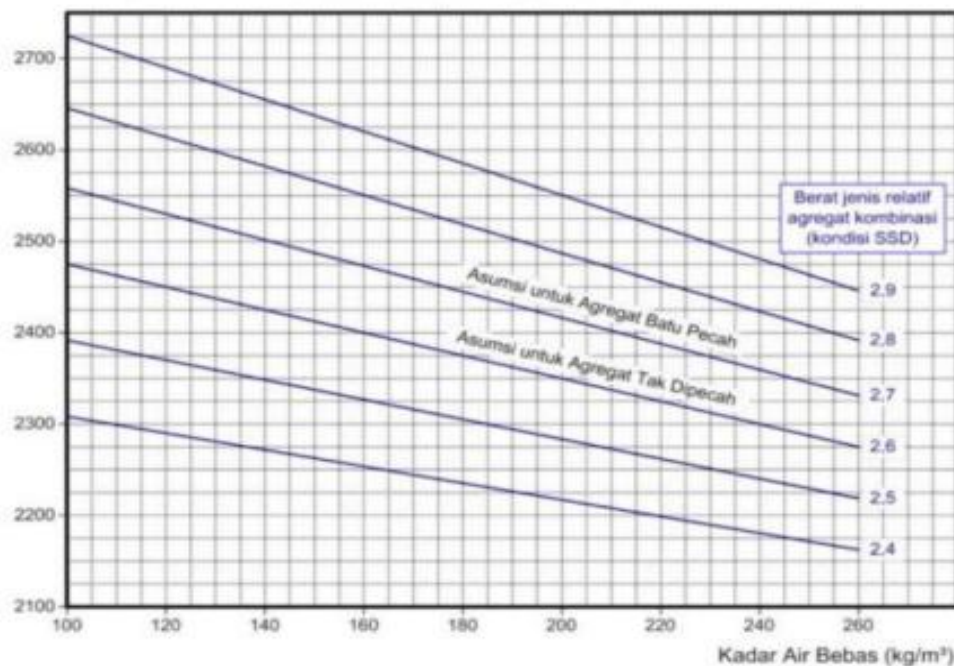
$\%Ag.Halus$ adalah persentase agregat halus (%)

$\%Ag.Kasar$ adalah persentase agregat kasar (%)

$BJ_{ag.halus}$ adalah berat jenis agregat halus

$BJ_{ag.kasar}$ adalah berat jenis agregat kasar

16. Berat isi beton ditentukan berdasarkan kadar air bebas dan berat jenis gabungan/relatif agregat dapat dilihat dengan grafik pada Gambar 3.7 dibawah ini.



Gambar 3.7 Grafik Perkiraan Berat Isi Beton Basah

(Sumber: SNI 03-2834-2000)

17. Kadar agregat gabungan dihitung menggunakan persamaan seperti berikut.

$$W_{ag.gab} = W_{beton} - W_{semen} - w \quad (3.6)$$

Ket :

$W_{ag.gab}$ adalah kadar agregat gabungan (kg/m^3)

W_{beton} adalah berat isi beton (kg/m^3)

W_{semen} adalah kadar semen (kg/m^3)

w adalah kadar air bebas (kg/m^3)

18. Kadar agregat halus dihitung dengan persamaan seperti berikut.

$$W_{ag.halus} = \%Ag.Halus \times W_{ag.gab} \quad (3.7)$$

Ket :

$W_{ag.halus}$ adalah kadar agregat halus (kg/m^3)

$\%Ag.Halus$ adalah persentase agregat halus (%)

$W_{ag.gab}$ adalah kadar agregat gabungan (kg/m^3)

19. Kadar agregat kasar dihitung dengan persamaan seperti berikut.

$$W_{\text{ag.kasar}} = W_{\text{ag.gab}} - W_{\text{ag.halus}} \quad (3.8)$$

Ket :

$W_{\text{ag.kasar}}$ adalah kadar agregat halus (kg/m^3)

$W_{\text{ag.gab}}$ adalah kadar agregat gabungan (kg/m^3)

$W_{\text{ag.halus}}$ adalah kadar agregat halus (kg/m^3)

Hasil perhitungan proporsi campuran tiap m^3 beton dikalikan dengan volume total benda uji untuk memperoleh proporsi campuran uji.

3.4 Kuat Tekan Beton

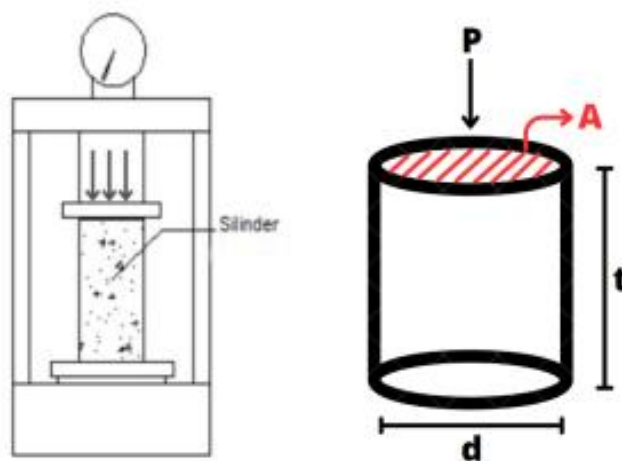
Kuat tekan beton adalah kemampuan beton dalam menerima gaya tekan aksial per-satuan luas yang dapat menyebabkan benda uji beton hancur apabila dibebani dengan gaya tekan tersebut. Besarnya nilai kuat tekan beton, ditunjukkan saat benda uji tersebut hancur terkena gaya tekan saat diuji menggunakan mesin tekan (*compression testing machine*). Persamaan nilai kuat tekan beton dapat dihitung berdasarkan SNI 1974-2011 seperti berikut.

$$\text{Kuat tekan beton } (f'_c) = \frac{P}{A} \quad (3.9)$$

Ket :

P adalah beban maksimum (N)

A adalah luas penampang benda uji (mm^2)



Gambar 3.8 Ilustrasi Uji Kuat Tekan Silinder Beton

3.5 Kuat Tarik Belah Beton

Selain kelebihan beton yaitu memiliki kuat tekan yang tinggi, terdapat juga kekurangan beton salah satunya adalah memiliki kuat tarik yang sangat rendah. Persamaan nilai kuat tarik beton dapat dihitung berdasarkan SNI 03-2491-2002 seperti berikut.

$$f_{ct} = \frac{2P}{\pi DL} \quad (3.10)$$

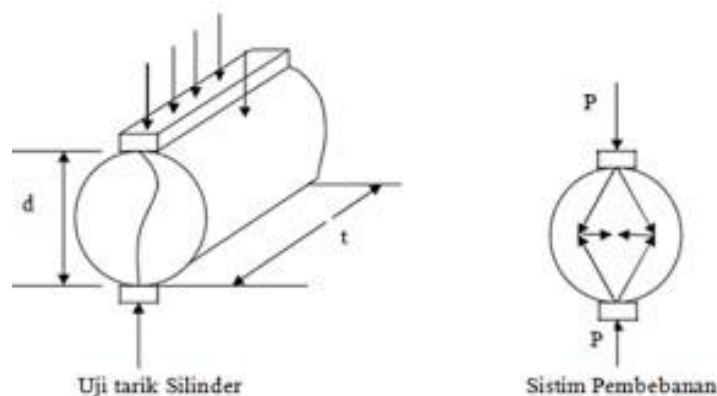
Ket :

f_{ct} adalah kuat tarik belah beton (MPa)

P adalah beban maksimum (N)

D adalah diameter benda uji (mm)

L adalah panjang benda uji (mm)



Gambar 3.9 Ilustrasi Uji Tarik Belah Silinder Beton

(Sumber SNI 03-2491-2002)

3.6 Modulus Elastisitas Beton

Kekakuan suatu bahan dalam menerima beban ditunjukkan oleh modulus elastisitas. Semakin kecil lendutan yang terjadi pada beton, maka semakin tinggi nilai modulus elastisitas pada beton tersebut. Sehingga dapat disimpulkan, beton akan menerima beban yang besar dengan regangan yang kecil sehingga semakin tinggi nilai kuat tekannya maka nilai modulus elastisitasnya semakin tinggi.

Modulus elastisitas beton merupakan kemiringan suatu garis lurus yang menghubungkan titik pusat dengan suatu harga regangan yang berkisar 40% f'_c .

Umumnya, kurva tegangan dan regangan beton dianggap dalam kondisi linier saat nilai 40% dari f'_c tercapai dan dianggap kurva tidak linier sesaat sesudah mendekati 70% karena tegangan hancur yang menyebabkan hilangnya kekakuan pada material. Nilai modulus elastisitas dapat dihitung melalui persamaan menggunakan rumus dari ASTM C-469 seperti berikut.

$$E_c = \frac{S_2 - S_1}{\epsilon_2 - 0,000050} \quad (3.11)$$

Ket :

E_c adalah modulus elastisitas beton (MPa)

S_1 adalah kuat tekan pada saat regangan longitudinal mencapai $\epsilon_1 = 0,00005$

S_2 adalah kuat tekan pada saat 40% dari beban maksimum (MPa)

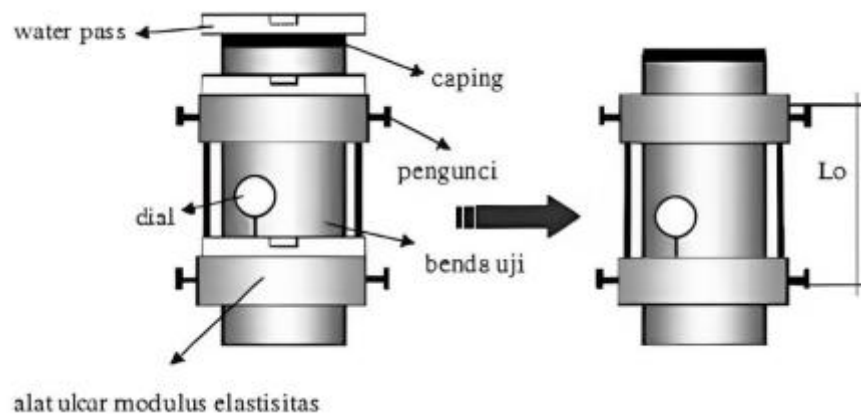
ϵ_2 adalah regangan longitudinal yang dihasilkan pada saat S_2

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \quad (3.12)$$

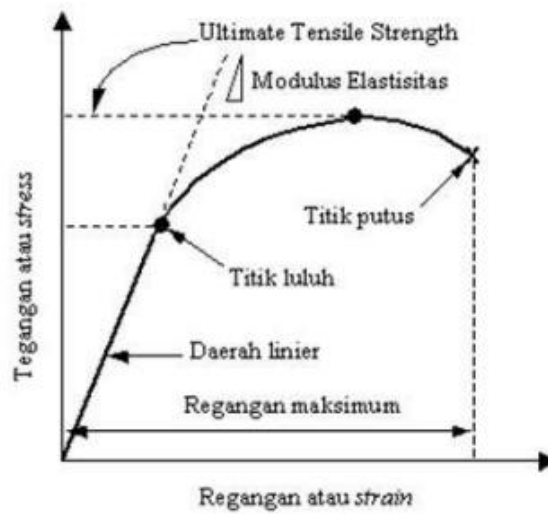
Ket :

ΔL adalah deformasi longitudinal (mm)

L_0 adalah tinggi efektif pengukuran (mm)



Gambar 3.10 Ilustrasi Uji Modulus Elastisitas Silinder Beton



Gambar 3.11 Grafik Hubungan Tegangan dan Regangan Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas beton dapat dicari juga dengan metode teoritis. Berdasarkan SNI 2847-2019, nilai modulus elastisitas dapat dicari menggunakan persamaan berikut.

$$E = 4700 \times \sqrt{f'_c} \quad (3.13)$$

Ket :

E adalah modulus elastisitas beton

f'_c adalah kuat tekan beton (MPa)

BAB IV

METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Umum

Metode eksperimental merupakan metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini. Tujuan digunakan metode ini adalah untuk mengidentifikasi hubungan sebab akibat dari suatu variabel terikat dan melakukan manipulasi variabel bebas pada suatu variabel yang terkendali (variabel kontrol). Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Penelitian ini dilakukan dengan memodifikasi jenis batuan pada campuran agregat kasar pada campuran beton. Modifikasi dilakukan dengan membandingkan jenis batuan pada campuran beton dengan jenis agregat kasar batu split Clereng, batu split Merapi, dan batu koral Progo. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh jenis agregat kasar pada beton terhadap pengujian kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas beton.

4.2 Variabel Penelitian

Adapun variabel yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut.

1. Variabel bebas

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah agregat kasar (batuan)

2. Variabel terikat

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah pengujian kuat tekan beton, kuat tarik belah beton, dan modulus elastisitas beton, kuat tekan beton rencana (F'_c), bentuk benda uji, dimensi benda uji.

4.3 Bahan yang digunakan

Adapun bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Semen *Portland* (PC)

Semen yang digunakan pada penelitian ini adalah semen portland tipe I dengan merek Tiga Roda dengan berat 40 kg.

2. Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan pada penelitian ini berasal dari Merapi, Daerah Istimewa Yogyakarta.

3. Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan pada penelitian ini menggunakan batu split Merapi, batu split Clereng, dan batu koral Progo.

3. Air

Air yang digunakan pada penelitian ini berasal dari Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

4.4 Alat yang digunakan

Adapun alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Set Saringan Agregat

Set saringan agregat berfungsi untuk memisahkan agregat sesuai dengan ukuran butirnya yang digunakan saat pengujian analisa saringan.

2. Timbangan

Berdasarkan hasil perhitungan perencanaan campuran beton (*mix design*), timbangan digunakan untuk mengukur berat material yang digunakan.

3. Neraca *Ohaus*

Neraca ohaus digunakan untuk mengukur berat material yang digunakan dan ketelitian alat ini lebih baik dari timbangan biasa.

4. Piknometer

Piknometer digunakan untuk pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus.

5. Oven

Oven berfungsi untuk mengeringkan agregat kasar dan agregat halus serta digunakan pada pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat.

6. *Concrete Mixer*

Concrete mixer merupakan alat yang digunakan untuk mencampur material penyusun beton dengan perbandingan material yang sesuai dengan hasil perhitungan perencanaan campuran beton.

7. Sekop

Sekop berfungsi untuk membantu penuangan beton segar ke dalam bekisting beton.

8. Kerucut Abrams

Kerucut abrams berfungsi untuk pengujian slump beton segar.

9. Bekisting Beton

Bekisting merupakan berfungsi untuk membentuk beton sesuai dimensi benda uji yang diinginkan dan sekaligus sebagai cetakan beton.

10. Mesin Uji Tekan

Mesin uji tekan berfungsi untuk mengetahui nilai beban yang diterima oleh benda uji sampai benda uji hancur. Mesin uji tekan digunakan dalam pengujian kuat tekan beton, kuat tarik belah beton, dan modulus elastisitas beton. Dial ditambahkan untuk mengukur modulus elastisitas beton pada saat uji modulus elastisitas beton.

4.5 Benda Uji

Benda uji yang digunakan pada penelitian ini adalah beton dengan jenis agregat kasar batu split Merapi, batu split Clereng, dan batu koral Progo. Variasi pada masing-masing benda uji dilakukan penelitian pada umur 28 hari. Benda uji yang digunakan adalah benda uji silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Sampel yang digunakan dengan total sebanyak 45 buah benda uji silinder. Adapun perincian benda uji yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1 Detail Sampel Uji

Jenis Pengujian	Jenis Batuan	Umur Benda Uji (hari)	Kode Benda Uji	Jumlah Sampel
Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas Beton	Split Merapi	28	SM-TM	10
	Split Clereng	28	SC-TM	10
	Koral Progo	28	KP-TM	10
Kuat Tarik Belah Beton	Split Merapi	28	SM-TB	5
	Split Clereng	28	SC-TB	5
	Koral Progo	28	KP-TB	5
Total Sampel				45

Adapun keterangan dari kode benda uji sebagai berikut :

SM adalah batu split Merapi

SC adalah batu split Clereng

KP adalah batu koral Progo

TM adalah uji kuat tekan dan modulus elastisitas beton

TB adalah uji kuat tarik belah beton

4.6 Pelaksanaan Penelitian

Beberapa tahapan yang dilaksanakan dalam penelitian ini meliputi tahapan persiapan, pengujian agregat, perencanaan campuran, pembuatan benda uji, perawatan benda uji, pengujian benda uji, olah data, analisis data, pembahasan dan kesimpulan.

4.6.1 Persiapan Penelitian

Persiapan penelitian adalah kegiatan yang dipersiapkan saat penelitian seperti studi literatur, penyiapan alat, dan penyiapan bahan.

4.6.2 Pengujian Agregat

Pengujian agregat dilakukan untuk menguji agregat halus dan kasar yang bertujuan untuk mengetahui sifat dan karakteristik agregat yang digunakan dalam pembuatan campuran beton. Hasil dari pengujian ini, dijadikan sebagai dasar

dalam perencanaan campuran beton (*mix design*). Adapun macam-macam pengujian agregat sebagai berikut.

1. Berdasarkan SNI 1970-1990, dilakukan uji berat jenis dan penyerapan agregat halus.
2. Berdasarkan SNI 1969-1990, dilakukan uji berat jenis dan penyerapan agregat kasar.
3. Berdasarkan SNI 1968-1990, dilakukan uji analisa saringan agregat halus.
4. Berdasarkan SNI 1968-1990, dilakukan uji analisa saringan agregat kasar.
5. Berdasarkan SNI 4804-1998, dilakukan uji berat volume padat dan gembur agregat halus.
6. Berdasarkan SNI 4804-1998, dilakukan uji berat volume padat dan gembur agregat kasar.
7. Berdasarkan SNI 4142-1996, dilakukan uji lolos saringan no. 200 (uji kadar lumpur dalam pasir).

Berdasarkan hasil pengujian yang sudah dilakukan, dilakukan pengecekan untuk mengetahui agregat memenuhi syarat atau tidak.

4.6.3 Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*)

Berdasarkan hasil pengujian agregat, dapat dilakukan perencanaan campuran beton. Perencanaan campuran beton ini mengacu pada SNI 2834-2000. Detail perhitungan perencanaan campuran beton dapat dilihat pada bab V.

4.6.4 Pembuatan dan Perawatan Benda Uji

Berdasar dari tahapan *mix design*, diperoleh komposisi bahan penyusun beton yang kemudian dicampur dengan alat *concrete mixer*. Kemudian, dilakukan pengujian *slump* dan dituang ke dalam bekisting untuk dicetak. Perawatan beton dilakukan dengan merendam benda uji dalam air sampai umur rencana beton tercapai.

4.6.5 Pengujian Benda Uji

Setelah umur rencana beton tercapai, dilakukan pengujian benda uji. Adapun pengujian yang dilakukan adalah uji kuat tekan beton, kuat tarik belah beton, dan modulus elastisitas beton.

1. Uji Kuat Tekan Beton

Uji kuat tekan beton dilakukan berdasarkan SNI 1974-2011. Adapun tahapan pengujiannya adalah sebagai berikut.

- a. Pengangkatan benda uji dari perendaman dan biarkan selama kurang lebih 24jam.
- b. Pengukuran dimensi dan berat benda uji.
- c. Peletakan benda uji pada landasan tekan bawah dan pastikan penunjuk beban sudah diangka nol.
- d. Mesin uji tekan dijalankan dengan kecepatan pembebanan kurang lebih 0,15 MPa/ detik sampai 0,35 MPa/ detik.
- e. Pembebanan dilakukan hingga benda uji hancur serta mencatat beban maksimum yang terjadi pada benda uji.

2. Uji Kuat Tarik Belah Beton

Uji kuat tarik belah beton dilakukan berdasarkan SNI 03-2491-2014. Adapun tahapan pengujiannya adalah sebagai berikut.

- a. Pengukuran dimensi dan berat benda uji.
- b. Peletakan benda uji pada mesin uji desak, kemudian mesin desak dihidupkan dan dilakukan pembebana secara berangsur-angsur
- c. Pencacatan beban maksimum yang terjadi pada tiap benda uji saat beban uji mulai terjadi keretakan.

3. Uji Modulus Elastisitas Beton

Uji modulus elastisitas beton dilakukan berdasarkan SNI 2826-2008. Adapun tahapan pengujiannya adalah sebagai berikut.

- a. Pengangkatan benda uji dari bak rendaman dan dibiarkan selama 24 jam.
- b. Pengukuran dimensi dan berat benda uji.
- c. Pemasangan alat *kompresometer ekstensiometer* pada benda uji serta
- d. pasang *dial gauge* (alat pengukur deformasi).
- e. Letakkan benda uji pada landasan tekan bawah hingga penunjuk beban
- f. sudah berada pada angka nol lalu jalankan mesin uji.
- g. Lakukan pembacaan dan pencatatan deformasi setiap peningkatan beban 10 kN.

- h. Pencacatan beban maksimum yang terjadi pada benda uji saat beban uji hancur.

4.6.6 Olah Data

Berdasarkan dari hasil pengujian yang sudah dilakukan, data mentah yang didapat diolah berdasarkan kode dan landasan teori. Perlunya dilakukan olah data adalah untuk memperoleh parameter yang bermakna.

4.6.7 Analisis Data

Pada tahap ini, dilakukan komparasi berdasarkan kelompok variabel tertentu untuk mendapatkan perbedaan nilai yang terjadi, berdasarkan parameter dari hasil olah data.

4.6.8 Pembahasan

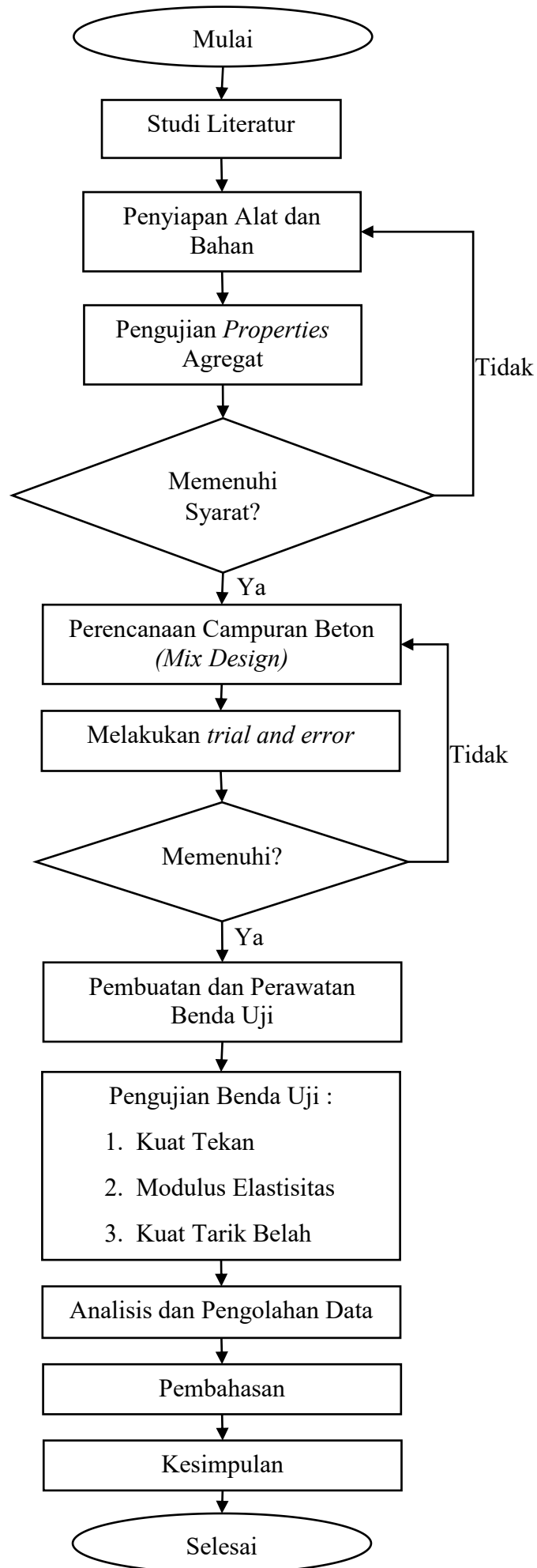
Pembahasan dilakukan berdasarkan hasil yang diperoleh pada tahap analisis data untuk memperoleh jawaban dan penafsiran terhadap perbedaan nilai yang ditemukan.

4.6.9 Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari analisis data dan pembahasan, kemudian ditarik kesimpulan yang mengacu pada tujuan penelitian. Berdasarkan kesimpulan yang dibuat tersebut, kemudian dibuat saran untuk penelitian-penelitian selanjutnya.

4.6.10 Diagram Alir Penelitian

Diagram alur penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.1 dibawah ini.



Gambar 4.1 Bagan Alir Penelitian

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Pengujian Agregat

Pengujian agregat dilakukan guna mengetahui sifat beserta karakteristik dari agregat yang akan digunakan. Pengujian agregat yang dilakukan akan meliputi agregat kasar split Merapi, agregat kasar split Clereng, dan agregat kasar koral Progo serta agregat halus Merapi. Hasil pengujian agregat didapat sebagai berikut.

5.1.1 Hasil Pengujian Agregat Kasar Split Merapi

Pengujian agregat kasar yang dilakukan berupa berat jenis dan penyerapan air, analisa saringan, berat volume padat, berat volume gembur. Hasil pengujian agregat kasar akan digunakan sebagai acuan dalam membuat campuran beton (*mix design*). Agregat kasar yang digunakan adalah batu split dari Merapi dikarenakan batu split tersebut terdapat di daerah tempat tinggal. Dengan demikian, hasil pengujian agregat kasar Merapi dapat dilihat sebagai berikut.

1. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Split Merapi.

Pengujian ini dilakukan berdasarkan SNI 03-1970-1990, Adapun perhitungan serta hasil pengujian adalah sebagai berikut.

a. Berat Jenis Curah

$$\begin{aligned}\text{Berat Jenis Curah} &= \frac{Bk}{Bj - Ba} \\ &= \frac{4928}{5000 - 3053} \\ &= 2,531\end{aligned}$$

b. Berat Jenis Kering Permukaan (SSD)

$$\begin{aligned}\text{Berat Jenis Kering Permukaan} &= \frac{Bj}{(Bj - Ba)} \\ &= \frac{5000}{(5000 - 3053)} \\ &= 2,568\end{aligned}$$

c. Berat Jenis Semu

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Jenis Semu} &= \frac{Bk}{(Bk - Ba)} \\
 &= \frac{4928}{(4928 - 3053)} \\
 &= 2,628
 \end{aligned}$$

d. Penyerapan Air

$$\begin{aligned}
 \text{Penyerapan Air} &= \frac{(Bj - Bk)}{Bk} \times 100\% \\
 &= \frac{(5000 - 4928)}{4928} \times 100\% \\
 &= 1,46\%
 \end{aligned}$$

Cara yang sama dilakukan untuk perhitungan sampel ke 2, sama seperti perhitungan pada sampel 1, sehingga didapatkan hasil rekapitulasi hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar split Merapi dapat dilihat pada Tabel 5.1 berikut.

Tabel 5.1 Rekapitulasi Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar Split Merapi

Uraian	Hasil Pengamatan		Rata-rata
	Sampel 1	Sampel 2	
Berat kerikil mutlak (Bk), gram	4928	4958	4943
Berat kerikil jenuh kering muka (Bj), gram	5000	5000	5000
Berat kerikil dalam air (Ba), gram	3053	3031	3042
Berat jenis curah	2,531	2,518	2,524
Berat jenis jenuh kering muka (SSD)	2,568	2,539	2,553
Berat jenis semu	2,628	2,573	2,600
Penyerapan Air	1,46%	0,85%	1,154%

Berdasarkan perhitungan di atas, didapatkan hasil pengujian berat jenis agregat kasar split Merapi sebesar 2,553 dan penyerapan air sebesar 1,154%.

Menurut (Tjokrodimuljo, 1992), nilai berat jenis agregat normal tersebut telah memenuhi persyaratan yakni 2,5-2,7.

2. Pengujian Analisa Saringan Split Merapi

Pengujian analisa saringan agregat kasar yang dilakukan berdasarkan SNI 1968-1990. Tujuan pengujian ini adalah untuk mendapatkan tingkat kehalusan dan menentukan tipe gradasi agregat kasar. Berikut dibawah ini merupakan contoh perhitungan dari pengujian analisa saringan agregat kasar split Merapi.

a. Persentase Berat Tertinggal

$$\begin{aligned}\text{Saringan 20 mm} &= \frac{\text{Berat tertinggal}}{\text{Berat Total}} \times 100\% \\ &= \frac{14}{5000} \times 100\% \\ &= 0,28\%\end{aligned}$$

b. Persentase Berat Tertinggal Kumulatif

$$\begin{aligned}\text{Saringan 20 mm} &= \% \text{ berat tertinggal} + \% \text{ berat} \\ &\quad \text{tertinggal sebelumnya} \\ &= 0,28\% + 0\% \\ &= 0,28\%\end{aligned}$$

c. Persentase Lolos Kumulatif

$$\begin{aligned}\text{Saringan 20 mm} &= 100\% - \% \text{ berat tertinggal} \\ &= 100\% - 0,28\% \\ &= 99,72\%\end{aligned}$$

d. Modulus Halus Butir

$$\begin{aligned}\text{Modulus Halus Butir} &= \frac{\% \text{ Berat tertinggal kumulatif}}{100} \\ &= \frac{664,36}{100} \\ &= 6,643\end{aligned}$$

Cara yang sama dilakukan juga untuk perhitungan lubang ayakan lainnya, hasil pengujian analisa saringan agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 5.2 dan 5.3 berikut ini.

Tabel 5.2 Hasil Analisa Saringan Agregat Kasar Split Merapi Sampel 1

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40,00	0	0	0	100
20,00	14	0,28	0,28	99,72
10,00	3654	73,08	73,36	26,64
4,80	1227	24,54	97,9	2,10
2,40	26	0,52	98,42	1,58
1,20	9	0,18	98,6	1,40
0,60	0	0	98,6	1,40
0,30	0	0	98,6	1,40
0,15	0	0	98,6	1,40
Sisa	70	1,4	100	0,00
Jumlah	5000	100	664,36	235,64
			MHB	6,6436

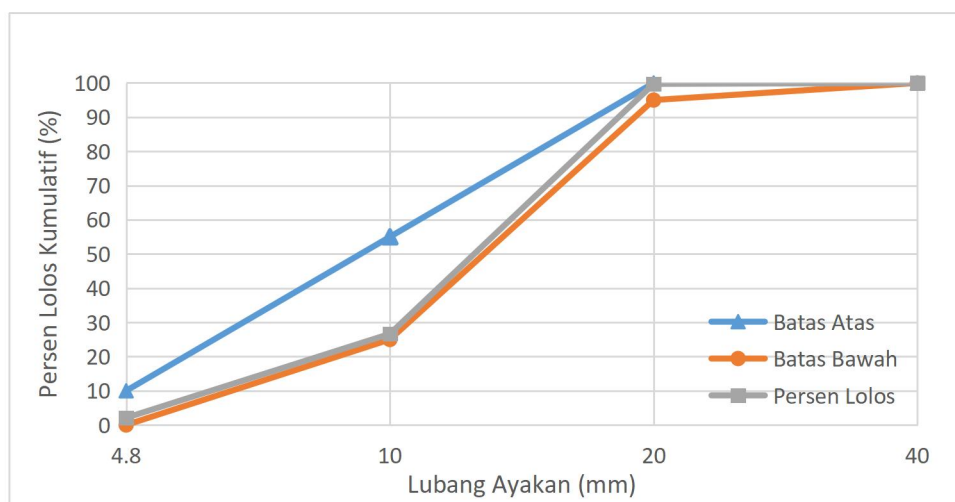
Tabel 5.3 Hasil Analisa Saringan Agregat Kasar Split Merapi Sampel 2

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40,00	0	0	0	100
20,00	12	0,24	0,24	99,76
10,00	3609	72,18	72,42	27,58
4,80	1274	25,48	97,9	2,10
2,40	9	0,18	98,08	1,92
1,20	6	0,12	98,2	1,80
0,60	0	0	98,2	1,80

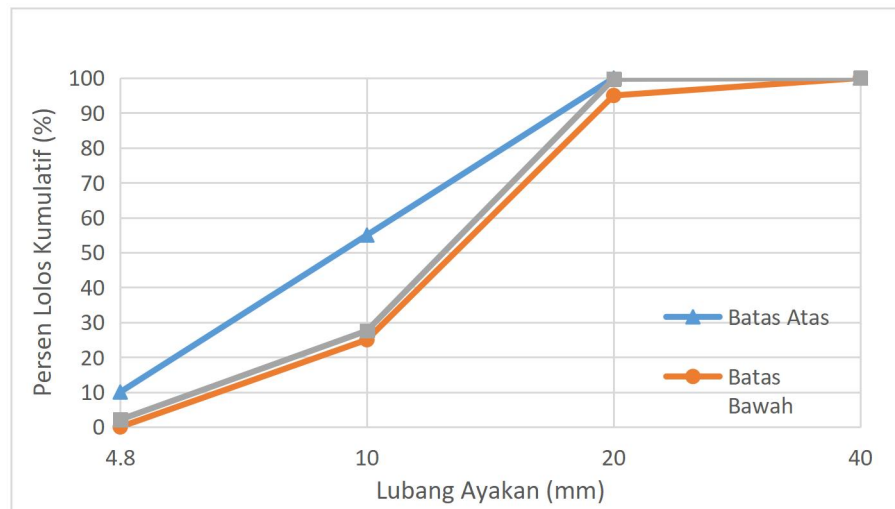
**Lanjutan Tabel 5.3 Hasil Analisa Saringan Agregat Kasar Split Merapi
Sampel 2**

0,30	0	0	98,2	1,80
0,15	0	0	98,2	1,80
Sisa	90	1,8	100	0,00
Jumlah	5000	100	661,44	238,56
			MHB	6,6144

Berdasarkan Tabel 5.2 dan Tabel 5.3 didapatkan nilai modulus halus butir sebesar 6,643 dan 6,614. Menurut SK SNI S-04-1989-F, nilai tersebut sudah memenuhi standar persyaratan nilai modulus halus butir agregat kasar yaitu 6,0-7,1. Menurut SNI 03-2384-2000, agregat kasar tersebut telah memenuhi syarat batas bawah dan atas yang termasuk dalam gradasi butir maksimum 20 mm. Selanjutnya adalah grafik gradasi dari 2 sampel agregat kasar split Merapi yang dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



**Gambar 5.1 Grafik Gradasi Butir Maksimum 20 mm Agregat Kasar
Split Merapi Sampel 1**



**Gambar 5.2 Grafik Gradasi Butir Maksimum 20 mm Agregat Kasar
Split Merapi Sampel 2**

3. Pengujian Berat Volume Gembur dan Berat Volume Padat Split Merapi
Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui berat volume dari agregat kasar dalam keadaan gembur dan padat. Berikut adalah contoh dari perhitungan untuk berat volume gembur.

- a. Volume tabung (V)

$$\begin{aligned}
 \text{Volume tabung} &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times t \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 14,95^2 \times 30,1 \\
 &= 5283,7074 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

- b. Berat Agregat (W3)

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Agregat} &= W2 - W1 \\
 &= 17635 - 10954 \\
 &= 6681 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

c. Berat Volume Gembur

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Volume Gembur} &= \frac{W_3}{V} \\
 &= \frac{6681}{5283,7074} \\
 &= 1,264 \text{ gr/cm}^3
 \end{aligned}$$

Cara yang sama dapat dilakukan untuk perhitungan berat volume yang lainnya, sehingga didapatkan hasil uji berat volume gembur dan padat adalah sebagai berikut.

Tabel 5.4 Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Split Merapi

Uraian	Hasil Pengamatan	
	Sampel 1	Sampel 2
Berat Tabung (W1)	10954	10962
Berat Tabung + Agregat SSD (W2)	17635	17729
Berat Agregat (W3)	6681	6767
Diameter Tabung (d)	14,95	14,95
Tinggi Tabung (t)	30,1	30,1
Volume Tabung (V)	5283,7074	5283,7074
Berat Volume Gembur	1,2645	1,2807
Rata-rata	1,2726	

Tabel 5.5 Hasil Pengujian Berat Volume Padat Split Merapi

Uraian	Hasil Pengamatan	
	Sampel 1	Sampel 2
Berat Tabung (W1)	10954	10962
Berat Tabung + Agregat SSD (W2)	18882	19191
Berat Agregat (W3)	7928	8229
Diameter Tabung (d)	14,9500	14,9500
Tinggi Tabung (t)	30,1	30,1
Volume Tabung (V)	5283,7074	5283,7074
Berat Volume Padat	1,5005	1,5574
Rata-rata	1,528	

Berdasarkan perhitungan dari Tabel 5.4 dan Tabel 5.5, didapatkan hasil berat volume gembur rerata sebesar $1,2726 \text{ gram/cm}^3$ dan berat volume padat rerata sebesar $1,528 \text{ gram/cm}^3$.

5.1.2 Hasil Pengujian Agregat Kasar Split Clereng

Selanjutnya adalah hasil pengujian untuk agregat kasar kedua yang akan digunakan nantinya pada campuran beton (*mix design*), yakni agregat kasar split Clereng. Hasil pengujian agregat kasar Clereng dapat dilihat sebagai berikut.

1. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Split Clereng.

Pengujian ini dilakukan berdasarkan SNI 03-1970-1990, Adapun perhitungan serta hasil pengujian adalah sebagai berikut.

a. Berat Jenis Curah

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Jenis Curah} &= \frac{B_k}{B_j - B_a} \\
 &= \frac{4826}{5000 - 3012} \\
 &= 2,428
 \end{aligned}$$

b. Berat Jenis Kering Permukaan (SSD)

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Jenis Kering Permukaan} &= \frac{B_j}{(B_j - B_a)} \\
 &= \frac{5000}{(5000 - 3012)} \\
 &= 2,515
 \end{aligned}$$

c. Berat Jenis Semu

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Jenis Semu} &= \frac{B_k}{(B_k - B_a)} \\
 &= \frac{4826}{(4826 - 3012)} \\
 &= 2,660
 \end{aligned}$$

d. Penyerapan Air

$$\begin{aligned}
 \text{Penyerapan Air} &= \frac{(B_j - B_k)}{B_k} \times 100\% \\
 &= \frac{(5000 - 4826)}{4826} \times 100\% \\
 &= 3,61\%
 \end{aligned}$$

Cara yang sama dilakukan untuk perhitungan sampel ke 2, sama seperti perhitungan pada sampel 1, sehingga didapatkan hasil rekapitulasi hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar split Clereng dapat dilihat pada Tabel 5.6 berikut.

Tabel 5.6 Rekapitulasi Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar Split Clereng

Uraian	Hasil Pengamatan		Rata-rata
	Sampel 1	Sampel 2	
Berat kerikil mutlak (Bk), gram	4826	4794	4810
Berat kerikil jenuh kering muka (Bj), gram	5000	5000	5000
Berat kerikil dalam air (Ba), gram	3012	3002	3007
Berat jenis curah	2,428	2,399	2,413
Berat jenis jenuh kering muka (SSD)	2,515	2,503	2,508
Berat jenis semu	2,660	2,675	2,667

**Lanjutan Tabel 5.6 Rekapitulasi Hasil Pengujian Berat Jenis dan
Penyerapan Air Agregat Kasar Split Clereng**

Penyerapan Air	3,61%	4,30%	3,951%
----------------	-------	-------	--------

Berdasarkan perhitungan di atas, didapatkan hasil pengujian berat jenis agregat kasar split Merapi sebesar 2,508 dan penyerapan air sebesar 3,951%. Menurut (Tjokrodinuljo, 1992), nilai berat jenis agregat normal tersebut telah memenuhi persyaratan yakni 2,5-2,7.

2. Pengujian Analisa Saringan Split Clereng

Pengujian analisa saringan agregat kasar yang dilakukan berdasarkan SNI 1968-1990. Tujuan pengujian ini adalah untuk mendapatkan tingkat kehalusan dan menentukan tipe gradasi agregat kasar. Berikut dibawah ini merupakan contoh perhitungan dari pengujian analisa saringan agregat kasar split Clereng.

a. Persentase Berat Tertinggal

$$\begin{aligned}
 \text{Saringan 20 mm} &= \frac{\text{Berat tertinggal}}{\text{Berat Total}} \times 100\% \\
 &= \frac{18}{5000} \times 100\% \\
 &= 0,36\%
 \end{aligned}$$

b. Persentase Berat Tertinggal Kumulatif

$$\begin{aligned}
 \text{Saringan 20 mm} &= \% \text{ berat tertinggal} + \% \text{ berat} \\
 &\quad \text{tertinggal sebelumnya} \\
 &= 0,36\% + 0\% \\
 &= 0,36\%
 \end{aligned}$$

c. Persentase Lolos Kumulatif

$$\begin{aligned}
 \text{Saringan 20 mm} &= 100\% - \% \text{ berat tertinggal} \\
 &= 100\% - 0,36\% \\
 &= 99,64\%
 \end{aligned}$$

d. Modulus Halus Butir

$$\begin{aligned}
 \text{Modulus Halus Butir} &= \frac{\% \text{Berat tertinggal kumulatif}}{100} \\
 &= \frac{661,72}{100} \\
 &= 6,617
 \end{aligned}$$

Cara yang sama dilakukan juga untuk perhitungan lubang ayakan lainnya, hasil pengujian analisa saringan agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 5.7 dan 5.8 berikut ini.

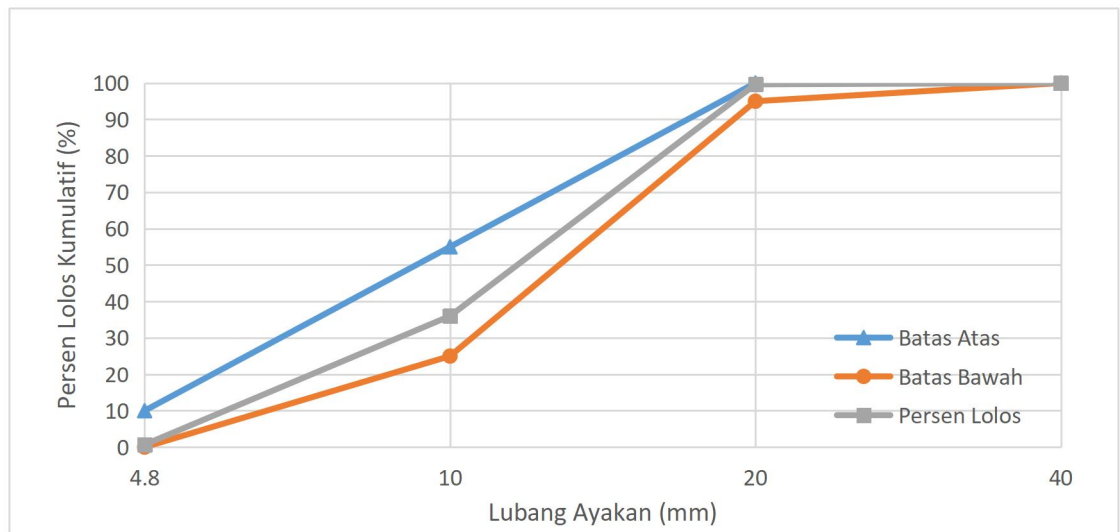
Tabel 5.7 Hasil Analisa Saringan Agregat Kasar Split Clereng Sampel 1

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40,00	0	0	0	100
20,00	18	0,36	0,36	99,64
10,00	3182	63,64	64	36,00
4,80	1766	35,32	99,32	0,68
2,40	10	0,2	99,52	0,48
1,20	1	0,02	99,54	0,46
0,60	6	0,12	99,66	0,34
0,30	0	0	99,66	0,34
0,15	0	0	99,66	0,34
Sisa	17	0,34	100	0,00
Jumlah	5000	100	661,72	238,28
			MHB	6,617

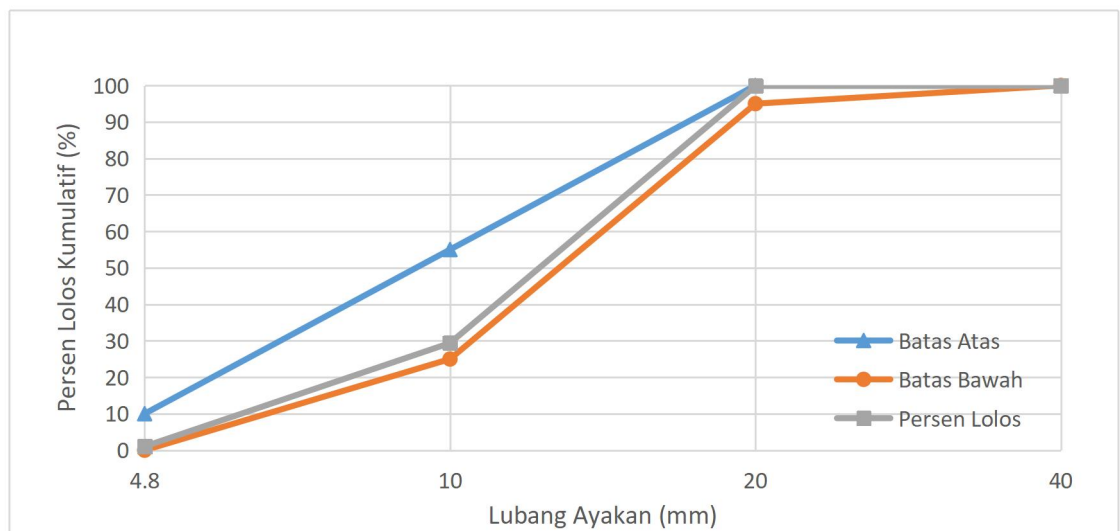
Tabel 5.8 Hasil Analisa Saringan Agregat Kasar Split Clereng Sampel 2

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40,00	0	0	0	100
20,00	7	0,14	0,14	99,86
10,00	3524	70,48	70,62	29,38
4,80	1418	28,36	98,98	1,02
2,40	21	0,42	99,4	0,60
1,20	8	0,16	99,56	0,44
0,60	4	0,08	99,64	0,36
0,30	0	0	99,64	0,36
0,15	0	0	99,64	0,36
Sisa	18	0,36	100	0,00
Jumlah	5000	100	667,62	232,38
			MHB	6,676

Berdasarkan Tabel 5.7 dan Tabel 5.8 didapatkan nilai modulus halus butir sebesar 6,617 dan 6,676. Menurut SK SNI S-04-1989-F, nilai tersebut sudah memenuhi standar persyaratan nilai modulus halus butir agregat kasar yaitu 6,0-7,1. Menurut SNI 03-2384-2000, agregat kasar tersebut telah memenuhi syarat batas bawah dan atas yang termasuk dalam gradasi butir maksimum 20 mm. Selanjutnya adalah grafik gradasi dari 2 sampel agregat kasar split Merapi yang dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



**Gambar 5.3 Grafik Gradasi Butir Maksimum 20 mm Agregat Kasar
Split Clereng Sampel 1**



**Gambar 5.4 Grafik Gradasi Butir Maksimum 20 mm Agregat Kasar
Split Clereng Sampel 2**

3. Pengujian Berat Volume Gembur dan Berat Volume Padat Split Merapi
Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui berat volume dari agregat kasar dalam keadaan gembur dan padat. Berikut adalah contoh dari perhitungan untuk berat volume gembur.

a. Volume tabung (V)

$$\begin{aligned}
 \text{Volume tabung} &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times t \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 14,95^2 \times 30,1 \\
 &= 5283,7074 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

b. Berat Agregat (W3)

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Agregat} &= W2 - W1 \\
 &= 18778 - 10954 \\
 &= 7824 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

c. Berat Volume Gembur

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Volume Gembur} &= \frac{W3}{V} \\
 &= \frac{7824}{5283,7074} \\
 &= 1,480 \text{ gr/cm}^3
 \end{aligned}$$

Cara yang sama dapat dilakukan untuk perhitungan berat volume yang lainnya, sehingga didapatkan hasil uji berat volume gembur dan padat adalah sebagai berikut.

Tabel 5.9 Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Split Clereng

Uraian	Hasil Pengamatan	
	Sampel 1	Sampel 2
Berat Tabung (W1)	10954	10962
Berat Tabung + Agregat SSD (W2)	18778	19408
Berat Agregat (W3)	7824	8446
Diameter Tabung (d)	14,95	14,95
Tinggi Tabung (t)	30,1	30,1
Volume Tabung (V)	5283,7074	5283,7074
Berat Volume Gembur	1,4808	1,5985
Rata-rata	1,539	

Tabel 5.10 Hasil Pengujian Berat Volume Padat Split Clereng

Uraian	Hasil Pengamatan	
	Sampel 1	Sampel 2
Berat Tabung (W1)	10954	10962
Berat Tabung + Agregat SSD (W2)	19654	20056
Berat Agregat (W3)	8700	9094
Diameter Tabung (d)	14,9500	14,9500
Tinggi Tabung (t)	30,1	30,1
Volume Tabung (V)	5283,7074	5283,7074
Berat Volume Padat	1,6466	1,7211
Rata-rata	1,683	

Berdasarkan perhitungan dari Tabel 5.9 dan Tabel 5.10, didapatkan hasil berat volume gembur rerata sebesar $1,539 \text{ gram/cm}^3$ dan berat volume padat rerata sebesar $1,683 \text{ gram/cm}^3$.

5.1.3 Hasil Pengujian Agregat Kasar Koral Progo

Selanjutnya adalah hasil pengujian untuk agregat kasar ketiga yang akan digunakan nantinya pada campuran beton (*mix design*), yakni agregat kasar koral Progo. Hasil pengujian agregat kasar koral Progo dapat dilihat sebagai berikut.

1. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Koral Progo.

Pengujian ini dilakukan berdasarkan SNI 03-1970-1990, Adapun perhitungan serta hasil pengujian adalah sebagai berikut.

a. Berat Jenis Curah

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Jenis Curah} &= \frac{B_k}{B_j - B_a} \\
 &= \frac{4799}{5000 - 3067} \\
 &= 2,483
 \end{aligned}$$

b. Berat Jenis Kering Permukaan (SSD)

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Jenis Kering Permukaan} &= \frac{B_j}{(B_j - B_a)} \\
 &= \frac{5000}{(5000 - 3067)} \\
 &= 2,587
 \end{aligned}$$

c. Berat Jenis Semu

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Jenis Semu} &= \frac{B_k}{(B_k - B_a)} \\
 &= \frac{4799}{(4799 - 3067)} \\
 &= 2,771
 \end{aligned}$$

d. Penyerapan Air

$$\begin{aligned}
 \text{Penyerapan Air} &= \frac{(B_j - B_k)}{B_k} \times 100\% \\
 &= \frac{(5000 - 4799)}{4799} \times 100\% \\
 &= 4,19\%
 \end{aligned}$$

Cara yang sama dilakukan untuk perhitungan sampel ke 2, sama seperti perhitungan pada sampel 1, sehingga didapatkan hasil rekapitulasi hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar koral Progo dapat dilihat pada Tabel 5.11 berikut.

Tabel 5.11 Rekapitulasi Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar Koral Progo

Uraian	Hasil Pengamatan		Rata-rata
	Sampel 1	Sampel 2	
Berat kerikil mutlak (Bk), gram	4799	4793	4796
Berat kerikil jenuh kering muka (Bj), gram	5000	5000	5000
Berat kerikil dalam air (Ba), gram	3067	3005	3036
Berat jenis curah	2,483	2,403	2,442
Berat jenis jenuh kering muka (SSD)	2,587	2,506	2,546

**Lanjutan Tabel 5.11 Rekapitulasi Hasil Pengujian Berat Jenis dan
Penyerapan Air Agregat Kasar Koral Progo**

Berat jenis semu	2,771	2,681	2,725
Penyerapan Air	4,19%	4,32%	4,253%

Berdasarkan perhitungan di atas, didapatkan hasil pengujian berat jenis agregat kasar koral Progo sebesar 2,546 dan penyerapan air sebesar 4,253%. Menurut (Tjokrodinuljo, 1992), nilai berat jenis agregat normal tersebut telah memenuhi persyaratan yakni 2,5-2,7.

4. Pengujian Analisa Saringan Split Clereng

Pengujian analisa saringan agregat kasar yang dilakukan berdasarkan SNI 1968-1990. Tujuan pengujian ini adalah untuk mendapatkan tingkat kehalusan dan menentukan tipe gradasi agregat kasar. Berikut dibawah ini merupakan contoh perhitungan dari pengujian analisa saringan agregat kasar split Clereng.

a. Persentase Berat Tertinggal

$$\begin{aligned}
 \text{Saringan 20 mm} &= \frac{\text{Berat tertinggal}}{\text{Berat Total}} \times 100\% \\
 &= \frac{13}{5000} \times 100\% \\
 &= 0,26\%
 \end{aligned}$$

b. Persentase Berat Tertinggal Kumulatif

$$\begin{aligned}
 \text{Saringan 20 mm} &= \% \text{ berat tertinggal} + \% \text{ berat} \\
 &\quad \text{tertinggal sebelumnya} \\
 &= 0,26\% + 0\% \\
 &= 0,26\%
 \end{aligned}$$

c. Persentase Lolos Kumulatif

$$\begin{aligned}
 \text{Saringan 20 mm} &= 100\% - \% \text{ berat tertinggal} \\
 &= 100\% - 0,26\% \\
 &= 99,74\%
 \end{aligned}$$

d. Modulus Halus Butir

$$\begin{aligned}
 \text{Modulus Halus Butir} &= \frac{\% \text{Berat tertinggal kumulatif}}{100} \\
 &= \frac{667,12}{100} \\
 &= 6,671
 \end{aligned}$$

Cara yang sama dilakukan juga untuk perhitungan lubang ayakan lainnya, hasil pengujian analisa saringan agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 5.12 dan 5.13 berikut ini.

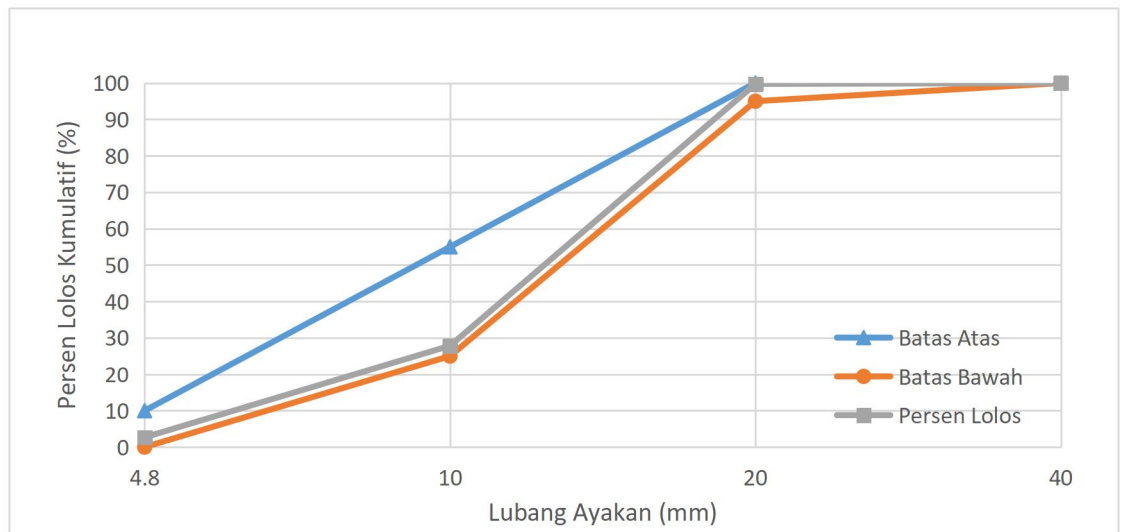
Tabel 5.12 Hasil Analisa Saringan Agregat Kasar Koral Progo Sampel 1

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40,00	0	0	0	100
20,00	13	0,26	0,26	99,74
10,00	3595	71,9	72,16	27,84
4,80	1258	25,16	97,32	2,68
2,40	67	1,34	98,66	1,34
1,20	51	1,02	99,68	0,32
0,60	0	0	99,68	0,32
0,30	0	0	99,68	0,32
0,15	0	0	99,68	0,32
Sisa	16	0,32	100	0,00
Jumlah	5000	100	667,12	232,88
			MHB	6,6712

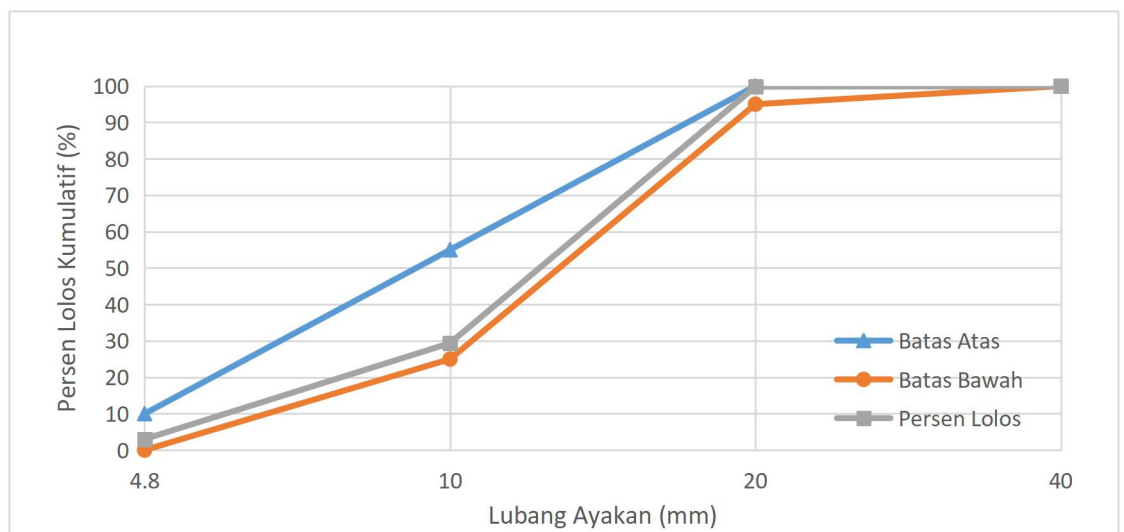
Tabel 5.13 Hasil Analisa Saringan Agregat Kasar Koral Progo Sampel 2

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40,00	0	0	0	100
20,00	9	0,18	0,18	99,82
10,00	3522	70,44	70,62	29,38
4,80	1318	26,36	96,98	3,02
2,40	71	1,42	98,4	1,60
1,20	58	1,16	99,56	0,44
0,60	4	0,08	99,64	0,36
0,30	0	0	99,64	0,36
0,15	0	0	99,64	0,36
Sisa	18	0,36	100	0,00
Jumlah	5000	100	664,66	235,34
			MHB	6,646

Berdasarkan Tabel 5.12 dan Tabel 5.13 didapatkan nilai modulus halus butir sebesar 6,671 dan 6,646. Menurut SK SNI S-04-1989-F, nilai tersebut sudah memenuhi standar persyaratan nilai modulus halus butir agregat kasar yaitu 6,0-7,1. Menurut SNI 03-2384-2000, agregat kasar tersebut telah memenuhi syarat batas bawah dan atas yang termasuk dalam gradasi butir maksimum 20 mm. Selanjutnya adalah grafik gradasi dari 2 sampel agregat kasar split Merapi yang dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



**Gambar 5.5 Grafik Gradasi Butir Maksimum 20 mm Agregat Kasar
Koral Progo Sampel 1**



**Gambar 5.6 Grafik Gradasi Butir Maksimum 20 mm Agregat Kasar
Koral Progo Sampel 2**

5. Pengujian Berat Volume Gembur dan Berat Volume Padat Koral Progo

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui berat volume dari agregat kasar dalam keadaan gembur dan padat. Berikut adalah contoh dari perhitungan untuk berat volume gembur.

a. Volume tabung (V)

$$\begin{aligned}\text{Volume tabung} &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times t \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 14,95^2 \times 30,1 \\ &= 5283,7074 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

b. Berat Agregat (W3)

$$\begin{aligned}\text{Berat Agregat} &= W_2 - W_1 \\ &= 18379 - 10954 \\ &= 7425 \text{ gr}\end{aligned}$$

c. Berat Volume Gembur

$$\begin{aligned}\text{Berat Volume Gembur} &= \frac{W_3}{V} \\ &= \frac{7425}{5283,7074} \\ &= 1,4053 \text{ gr/cm}^3\end{aligned}$$

Cara yang sama dapat dilakukan untuk perhitungan berat volume yang lainnya, sehingga didapatkan hasil uji berat volume gembur dan padat adalah sebagai berikut.

Tabel 5.14 Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Koral Progo

Uraian	Hasil Pengamatan	
	Sampel 1	Sampel 2
Berat Tabung (W1)	10954	10962
Berat Tabung + Agregat SSD (W2)	18379	18402
Berat Agregat (W3)	7425	7440
Diameter Tabung (d)	14,95	14,95
Tinggi Tabung (t)	30,1	30,1
Volume Tabung (V)	5283,7074	5283,7074

Lanjutan Tabel 5.14 Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Koral Progo

Berat Volume Gembur	1,4053	1,4081
Rata-rata	1,4067	

Tabel 5.15 Hasil Pengujian Berat Volume Padat Koral Progo

Uraian	Hasil Pengamatan	
	Sampel 1	Sampel 2
Berat Tabung (W1)	10954	10962
Berat Tabung + Agregat SSD (W2)	19124	19219
Berat Agregat (W3)	8170	8257
Diameter Tabung (d)	14,9500	14,9500
Tinggi Tabung (t)	30,1	30,1
Volume Tabung (V)	5283,7074	5283,7074
Berat Volume Padat	1,5463	1,5627
Rata-rata	1,554	

Berdasarkan perhitungan dari Tabel 5.14 dan Tabel 5.15, didapatkan hasil berat volume gembur rerata sebesar 1,406 gram/ cm^3 dan berat volume padat rerata sebesar 1,554 gram/ cm^3 .

5.1.4 Hasil Pengujian Agregat Halus Merapi

Selanjutnya adalah hasil pengujian untuk agregat halus yang akan digunakan nantinya pada campuran beton (*mix design*), yakni agregat halus Merapi. Hasil pengujian agregat halus Merapi dapat dilihat sebagai berikut.

1. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Koral Progo.

Pengujian ini dilakukan berdasarkan SNI 03-1970-1990, Adapun perhitungan serta hasil pengujian adalah sebagai berikut.

a. Berat Jenis Curah

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Jenis Curah} &= \frac{Bk}{Bj - Ba} \\
 &= \frac{494}{500 - 977} \\
 &= 2,628
 \end{aligned}$$

b. Berat Jenis Kering Permukaan (SSD)

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Jenis Kering Permukaan} &= \frac{Bj}{(Bj - Bt)} \\
 &= \frac{500}{(500 - 977)} \\
 &= 2,660
 \end{aligned}$$

c. Berat Jenis Semu

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Jenis Semu} &= \frac{Bk}{(Bk - Bt)} \\
 &= \frac{494}{(494 - 977)} \\
 &= 2,714
 \end{aligned}$$

d. Penyerapan Air

$$\begin{aligned}
 \text{Penyerapan Air} &= \frac{(Bj - Bk)}{Bk} \times 100\% \\
 &= \frac{(500 - 494)}{494} \times 100\% \\
 &= 1,214\%
 \end{aligned}$$

Cara yang sama dilakukan untuk perhitungan sampel ke 2, sama seperti perhitungan pada sampel 1, sehingga didapatkan hasil rekapitulasi hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus Merapi dapat dilihat pada Tabel 5.16 berikut.

Tabel 5.16 Rekapitulasi Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus Merapi

Uraian	Hasil Pengamatan		Rata-rata
	Sampel 1	Sampel 2	
Berat pasir kering mutlak, gram (Bk)	494	493	493,5
Berat pasir kondisi jenuh kering muka (SSD), gram	500	500	500

Lanjutan Tabel 5.16 Rekapitulasi Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus Merapi

Berat piknometer berisi pasir dan air, gram (Bt)	977	981	979
Berat piknometer berisi air, gram (B)	665	672	668,5
Berat Jenis Curah BK/(BJ-Bt)	2,628	2,581	2,604
Berat Jenis jenuh kering muda (SSD) Bj/(Bj-Bt)	2,660	2,618	2,638
Berat Jenis semu Bk/(Bk-Bt)	2,714	2,679	2,696
Penyerapan Air (Bj-Bk)/Bk x 100%	1,2146%	1,4199%	1,317%

Berdasarkan perhitungan di atas, didapatkan hasil pengujian berat jenis agregat halus Merapi sebesar 2,638 dan penyerapan air sebesar 1,317%. Menurut (Tjokrodinuljo, 1992), nilai berat jenis agregat normal tersebut telah memenuhi persyaratan yakni 2,5-2,7.

2. Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus Merapi

Pengujian analisa saringan agregat kasar yang dilakukan berdasarkan SNI 1968-1990. Tujuan pengujian ini adalah untuk mendapatkan tingkat kehalusan dan menentukan tipe gradasi agregat kasar. Berikut dibawah ini merupakan contoh perhitungan dari pengujian analisa saringan agregat halus Merapi.

a. Persentase Berat Tertinggal

$$\begin{aligned}
 \text{Saringan 2,4 mm} &= \frac{\text{Berat tertinggal}}{\text{Berat Total}} \times 100\% \\
 &= \frac{103}{5000} \times 100\% \\
 &= 5,15\%
 \end{aligned}$$

b. Persentase Berat Tertinggal Kumulatif

$$\begin{aligned}
 \text{Saringan 4,8 mm} &= \% \text{ berat tertinggal} + \% \text{ berat} \\
 &\quad \text{tertinggal sebelumnya} \\
 &= 0\% + 5,15\% \\
 &= 5,15\%
 \end{aligned}$$

c. Persentase Lolos Kumulatif

$$\begin{aligned}
 \text{Saringan 4,8 mm} &= 100\% - \% \text{ berat tertinggal} \\
 &= 100\% - 5,15\% \\
 &= 94,85\%
 \end{aligned}$$

d. Modulus Halus Butir

$$\begin{aligned}
 \text{Modulus Halus Butir} &= \frac{\% \text{Berat tertinggal kumulatif}}{100} \\
 &= \frac{288,00}{100} \\
 &= 2,88
 \end{aligned}$$

Cara yang sama dilakukan juga untuk perhitungan lubang ayakan lainnya, hasil pengujian analisa saringan agregat halus dapat dilihat pada Tabel 5.17 dan 5.18 berikut ini.

Tabel 5.17 Hasil Analisa Saringan Agregat Halus Merapi Sampel 1

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40,00	0	0	0	100
20,00	0	0	0	100
10,00	0	0	0	100
4,80	0	0,00	0,00	100,00
2,40	103	5,15	5,15	94,85
1,20	601	30,05	35,20	64,80
0,60	572	28,60	63,80	36,20
0,30	448	22,40	86,20	13,80
0,15	229	11,45	97,65	2,35

Lanjutan Tabel 5.17 Hasil Analisa Saringan Agregat Halus Merapi**Sampel 1**

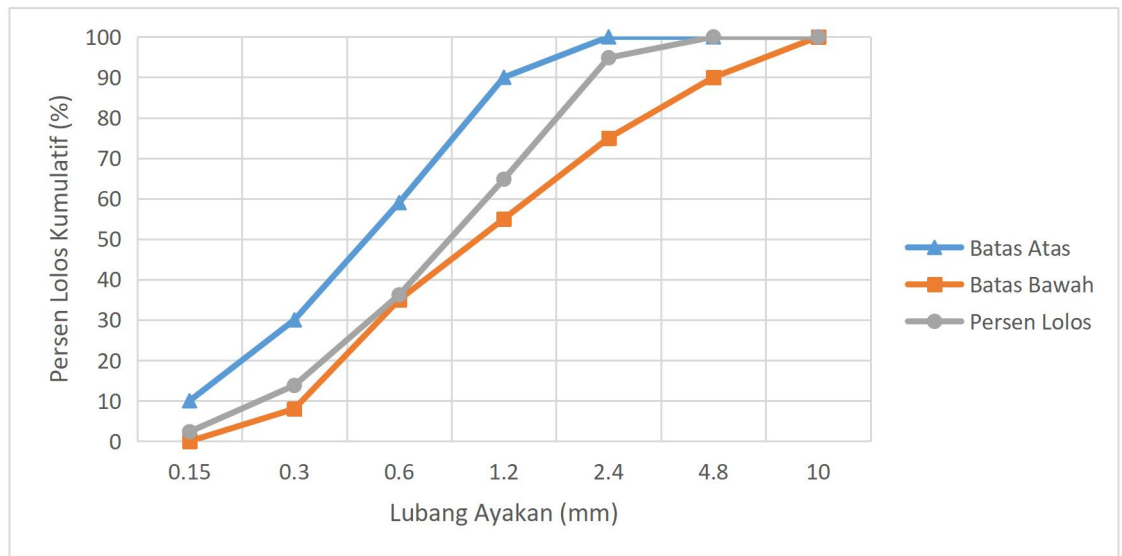
Sisa	47	2,350	100,000	0
Jumlah	2000	100	288,000	312,000
			MHB	2,880

Tabel 5.18 Hasil Analisa Saringan Agregat Halus Merapi Sampel 2

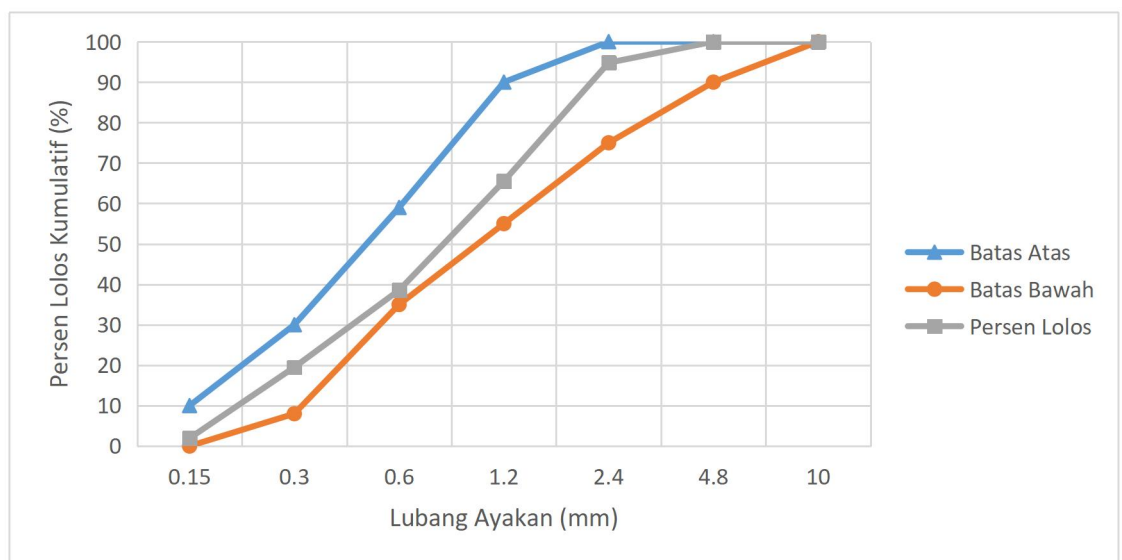
Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40,00	0	0	0	100
20,00	0	0	0	100
10,00	0	0	0	100
4,80	0	0,00	0,00	100,00
2,40	104	5,20	5,20	94,80
1,20	586	29,30	34,50	65,50
0,60	539	26,95	61,45	38,55
0,30	381	19,05	80,50	19,50
0,15	351	17,55	98,05	1,95
Sisa	39	1,950	100,000	0
Jumlah	2000	100	279,700	320,300
			MHB	2,797

Berdasarkan Tabel 5.17 dan Tabel 5.18 didapatkan nilai modulus halus butir sebesar 2,880 dan 2,797. Menurut SK SNI 03-1750-1990, nilai tersebut sudah memenuhi standar persyaratan nilai modulus halus butir agregat halus yaitu 1,5-3,8. Menurut SNI 03-2384-2000, agregat kasar tersebut telah memenuhi syarat batas bawah dan atas yang termasuk dalam gradasi daerah II.

Selanjutnya adalah grafik gradasi agregat halus Merapi yan dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 5.7 Grafik Gradasi II Agregat Halus Merapi Sampel 1



Gambar 5.8 Grafik Gradasi II Agregat Halus Merapi Sampel 2

3. Pengujian Berat Volume Gembur dan Berat Volume Padat Agregat Halus Merapi

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui berat volume dari agregat kasar dalam keadaan gembur dan padat. Berikut adalah contoh dari perhitungan untuk berat volume gembur.

a. Volume tabung (V)

$$\begin{aligned}\text{Volume tabung} &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times t \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 14,95^2 \times 30,1 \\ &= 5283,7074 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

b. Berat Agregat (W3)

$$\begin{aligned}\text{Berat Agregat} &= W2 - W1 \\ &= 18451 - 10963 \\ &= 7488 \text{ gr}\end{aligned}$$

c. Berat Volume Gembur

$$\begin{aligned}\text{Berat Volume Gembur} &= \frac{W3}{V} \\ &= \frac{7488}{5283,7074} \\ &= 1,4172 \text{ gr/cm}^3\end{aligned}$$

Cara yang sama dapat dilakukan untuk perhitungan berat volume yang lainnya, sehingga didapatkan hasil uji berat volume gembur dan padat adalah sebagai berikut.

Tabel 5.19 Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Agregat Halus Merapi

Uraian	Hasil Pengamatan	
	Sampel 1	Sampel 2
Berat Tabung (W1)	10963	10946
Berat Tabung + Agregat SSD (W2)	18451	18468
Berat Agregat (W3)	7488	7522
Diameter Tabung (d)	14,95	14,95

Lanjutan Tabel 5.19 Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Agregat Halus Merapi

Tinggi Tabung (t)	30,1	30,1
Volume Tabung (V)	5283,7074	5283,7074
Berat Volume Gembur	1,4172	1,4236
Rata-rata	1,4204	

Tabel 5.20 Hasil Pengujian Berat Volume Padat Agregat Halus Merapi

Uraian	Hasil Pengamatan	
	Sampel 1	Sampel 2
Berat Tabung (W1)	10963	10946
Berat Tabung + Agregat SSD (W2)	19797	19684
Berat Agregat (W3)	8834	8738
Diameter Tabung (d)	14,9500	14,9500
Tinggi Tabung (t)	30,1	30,1
Volume Tabung (V)	5283,7074	5283,7074
Berat Volume Padat	1,6719	1,6538
Rata-rata	1,6628	

Berdasarkan perhitungan dari Tabel 5.19 dan Tabel 5.20, didapatkan hasil berat volume gembur rerata sebesar 1,420 gram/cm³ dan berat volume padat rerata sebesar 1,662 gram/cm³.

4. Pengujian Lolos Saringan No. 200 (Uji Kadar Lumpur Pada Pasir)

Pengujian lolos saringan no.200 atau disebut juga pengujian kadar lumpur pada pasir menggunakan SNI 03-4142-1996. Berikut perhitungan kadar lumpur pada pasir untuk sampel 1.

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Volume Gembur} &= \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\% \\
 &= \frac{(500 - 484)}{500} \times 100\% \\
 &= 3,20\%
 \end{aligned}$$

Begitu juga dengan sampel 2, dapat dilakukan dengan cara yang sama dihitung juga kadar lumpur pada pasir sampel 2 dan nilai rata-ratanya, sehingga didapatkan hasil pengujian lolos saringan no. 200 atau pengujian kadar lumpur pada pasir yang dapat dilihat pada Tabel 5.21 berikut.

Tabel 5.21 Hasil Pengujian Lolos Saringan No. 200

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat Agregat Kering Oven (W1), gram	500	500	500
Berat Agregat Kering Oven setelah di cuci (W2), gram	484	488	486
Berat yang Lolos Ayakan No. 200	3,20%	2,40%	2,8%

Dari pengujian lolos saringan No. 200 yang dilakukan, maka didapatkan persentase kandungan lumpur rata-rata untuk agregat halus Merapi sebesar 2,8%. Besar persentase tersebut telah sesuai dengan syarat pada SK SNI S-04-1989-F yakni persentase maksimum kandungan lumpur yang terkandung dalam agregat halus sebesar 5%.

5.2 Perencanaan Campuran Beton (Mix Design)

Dari data uji material yang sudah diperoleh, selanjutnya dilakukan perencanaan untuk campuran beton (*mix design*) dengan mengikuti standar SNI-03-2834-2000, sebagai berikut.

5.2.1 Perencanaan Campuran Beton Untuk Batu Split Merapi dan Clereng

1. Menentukan nilai kuat teka rencana (f'_c) sebesar 25 MPa.
2. Berdasarkan Tabel 3.1, nilai deviasi standar yang ditetapkan adalah 7 dikarenakan peneliti belum memiliki pengalaman sebelumnya

3. Menghitung Nilai Tambah

Nilai tambah dihitung dengan menggunakan persamaan 3.1 berikut.

$$M = 1,65 \times Sr$$

$$M = 1,65 \times 7$$

$$M = 11,48 \text{ MPa} \approx 12 \text{ MPa}$$

4. Kuat tekan rencana (f'_{cr})

$$f'_{cr} = f'_c + M$$

$$= (25+12)$$

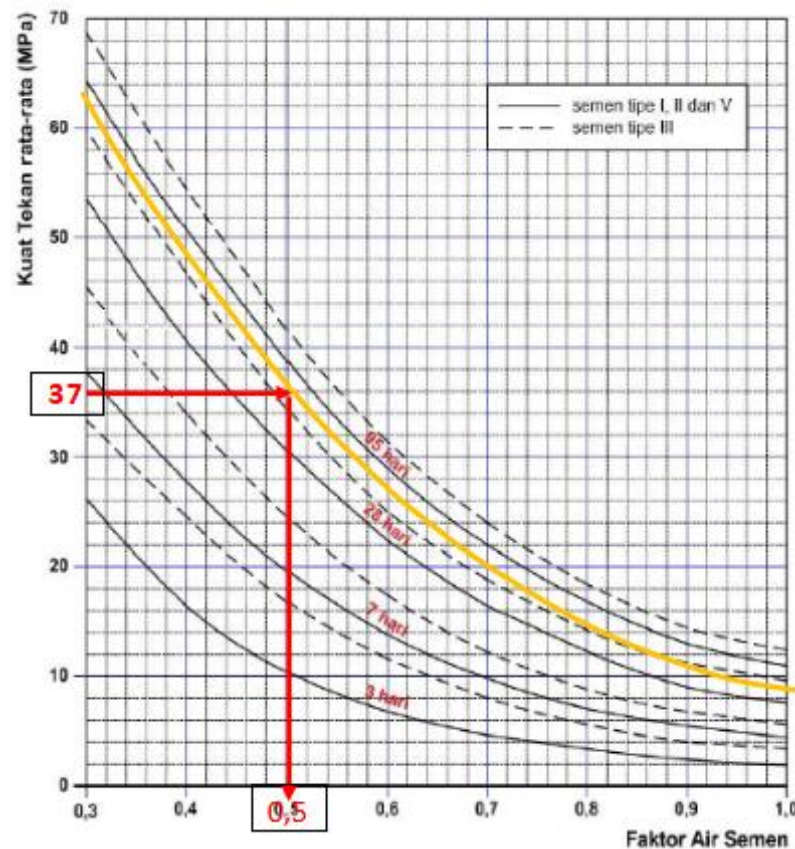
$$= 37 \text{ MPa}$$

5. Semen yang digunakan adalah semen *portland* (PCC) yang masuk kedalam kategori tipe I, dengan *merk* Tiga Roda

6. Agregat kasar yang digunakan adalah split Merapi, Clereng, dan koral Progo. Kemudian untuk agregat halus yang digunakan berasal dari Merapi yang masuk kedalam gradasi daerah II.

7. Menentukan nilai faktor air semen (FAS)

- a. Semen yang dipakai adalah semen *portland* tipe I, jenis agregat kasar berbentuk batu pecah serta batu alam, untuk benda uji silinder dengan kuat tekan pada umur 28 hari. Berdasarkan Tabel 3.3 diperkirakan kuat tekan beton dengan fas 0,5 untuk batu split sebesar 37 MPa.
- b. Dengan menggunakan Gambar 5.6 dan Gambar 5.7 berikut, tarik garis vertikal keatas dari nilai fas 0,5 kemudian tarik garis horizontal ke kanan dari nilai kuat tekan rata-rata sebesar 37 MPa (Tabel 3.3), sehingga diperoleh titik perpotongan antara kedua garis tersebut.
- c. Buat kurva baru yang memotong titik perpotongan sesuai hasil pada poin b.
- d. Tarik garis arah horizontal ke kanan dari nilai kuat tekan rata-rata yang ditargetkan sebesar 37 MPa sampai memotong kurva pada poin c.
- e. Tarik garis arah verikal ke bawah dari titik perpotongan pada butir d, sehingga diperoleh nilai fas sebesar 0,5 untuk agregat split.



**Gambar 5.9 Hubungan Antara Kuat Tekan dan Faktor Air Semen (fas)
Untuk Benda Uji Silinder, Batu Pecah**

(Sumber: SNI 2834-2000)

8. Berdasarkan Tabel 3.4, jumlah semen minimum dan fas maksimum ditetapkan pada keadaan beton dalam ruangan dengan keliling non korosif, sehingga didapatkan jumlah semen minimum sebesar 275 kg/m^3 dengan nilai fas maksimum sebesar 0,6.
9. Berdasarkan rentang nilai *slump* adalah 60-180 mm, maka ditetapkan nilai *slump* yaitu $10 \pm 2 \text{ cm}$.
10. Berdasarkan hasil pengujian karakteristik agregat, didapatkan ukuran maksimum agregat sebagai berikut :
 - a. Agregat Halus Merapi masuk kedalam Gradasi II, berdasarkan hasil pengujian analisa saringan agregat halus.
 - b. Menggunakan batu tak dipecahkan dan pecah untuk agregat kasar.

- c. Ukuran butiran maksimum 20 mm berdasarkan hasil uji analisa saringan agregat kasar.

11. Perhitungan kadar air bebas dapat dilakukan berdasarkan Tabel 3.5 sehingga dapat dihitung dengan cara sebagai berikut

$$\begin{aligned}\text{Kadar air bebas} &= \frac{2}{3} \times W_h + \frac{1}{3} \times W_k \\ &= \frac{2}{3} \times 195 + \frac{1}{3} \times 225 \\ &= 205 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

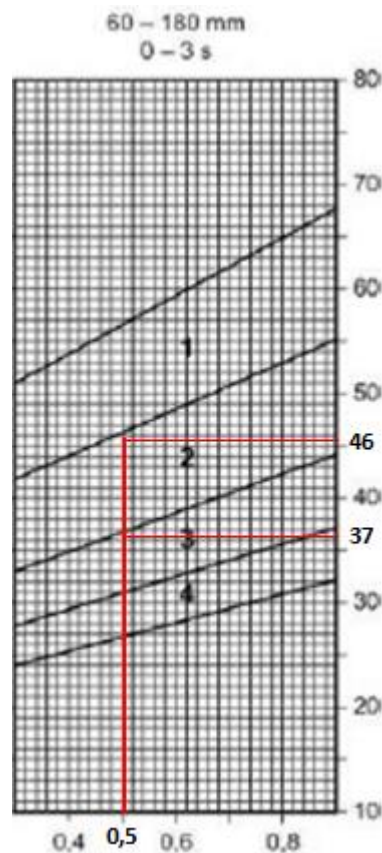
12. Jumlah semen yang dibutuhkan, ditentukan dengan persamaan 3.4 sebagai berikut.

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

13. Menentukan persentase agregat halus dan agregat kasar.

Untuk persentase agregat halus ditentukan berdasarkan Gambar 5.8 berikut.

- Ukuran maksimum agregat kasar yang digunakan adalah 20 mm, nilai *slump* yang direncanakan masuk kedalam range 60-180 mm, nilai *fas* yang digunakan sebesar 0,5 dan gradasi agregat halus masuk ke gradasi daerah II.
- Tarik garis vertikal ke atas dari nilai *fas* 0,5 untuk agregat split, sampai memotong dua buah kurva yang membatasi daerah gradasi II.
- Dari dua titik perpotongan pada poin b, tarik garis horizontal ke kanan, sehingga diperoleh persentase batas atas agregat halus sebesar 46% dan persentase batas bawah agregat halus sebesar 37%



Gambar 5.10 Persentase Pasir Terhadap Kadar Total Agregat yang Dianjurkan untuk Ukuran Butir Maksimum 20 mm

(Sumber: SNI 2934-2000)

- d. Nilai persentase agregat halus rata-rata dapat dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\text{Persentase agregat halus} &= \frac{46\% + 37\%}{2} \\ &= 41,5\%\end{aligned}$$

- e. Nilai persentase agregat halus rata-rata dapat dihitung sebagai berikut.

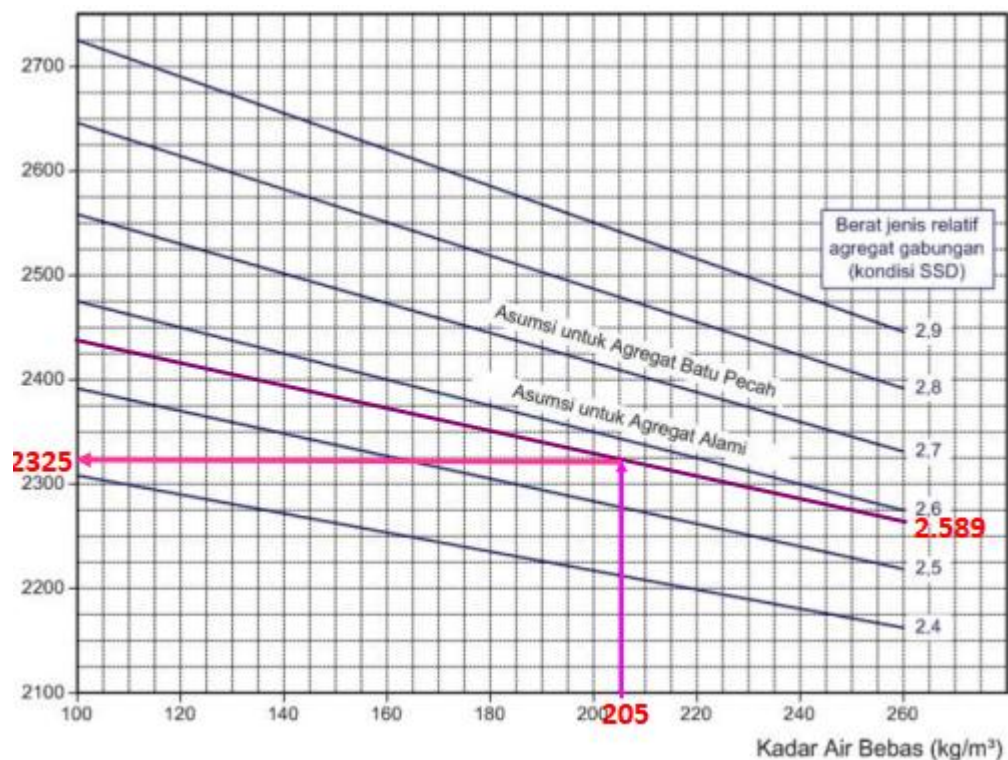
$$\begin{aligned}\text{Persentase agregat kasar} &= 100\% - \text{Persentase agregat halus} \\ &= 100\% - 41,5\% \\ &= 58,5\%\end{aligned}$$

14. Menghitung berat jenis relatif agregat gabungan dalam kondisi SSD. Berat jenis relatif agregat gabungan dapat dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{BJ Agregat Gabungan} &= (\% \text{Ag. Halus} \times \text{BJ ag. halus}) + (\% \text{Ag. Kasar} \times \text{BJ ag. kasar}) \\
 &= (41,5 \times 2,639) + (58,5 \times 2,554) \\
 &= 2,589
 \end{aligned}$$

15. Menghitung berat isi beton

Berat isi beton dapat ditentukan dengan berdasarkan Gambar 5.9 dibawah, diperoleh berat isi beton senilai 2325 kg/m^3 .



Gambar 5.11 Grafik Perkiraan Berat Isi Beton Basah Split Merapi

(Sumber: SNI 03-2843-200)

16. Kadar agregat gabungan dihitung menggunakan persamaan seperti berikut.

$$\begin{aligned}
 W_{\text{ag.gab}} &= W_{\text{beton}} - W_{\text{semen}} - w \\
 &= 2325 - 410 - 205 \\
 &= 1710 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

17. Kadar agregat halus dihitung dengan persamaan seperti berikut.

$$\begin{aligned}\text{Wag.halus} &= \% \text{Ag.halus} \times \text{Wag.gab} \\ &= 41,5 \times 1710 \\ &= 709,650 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

18. Kadar agregat kasar dihitung dengan persamaan seperti berikut.

$$\begin{aligned}\text{Wag.kasar} &= \text{Wag.gab} - \text{Wag.halus} \\ &= 1710 - 709,650 \\ &= 1000,35 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

19. Untuk agregat kasar split yang lainnya, dilakukan hal yang sama seperti yang sudah dibahas.

5.2.2 Perencanaan Campuran Beton Untuk Batu Koral Progo

1. Menentukan nilai kuat teka rencana (f'_c) sebesar 25 MPa.
2. Berdasarkan Tabel 3.1, nilai deviasi standar yang ditetapkan adalah 7 dikarenakan peneliti belum memiliki pengalaman sebelumnya

3. Menghitung Nilai Tambah

Nilai tambah dihitung dengan menggunakan persamaan 3.1 berikut.

$$M = 1,65 \times Sr$$

$$M = 1,65 \times 7$$

$$M = 11,48 \text{ MPa} \approx 12 \text{ MPa}$$

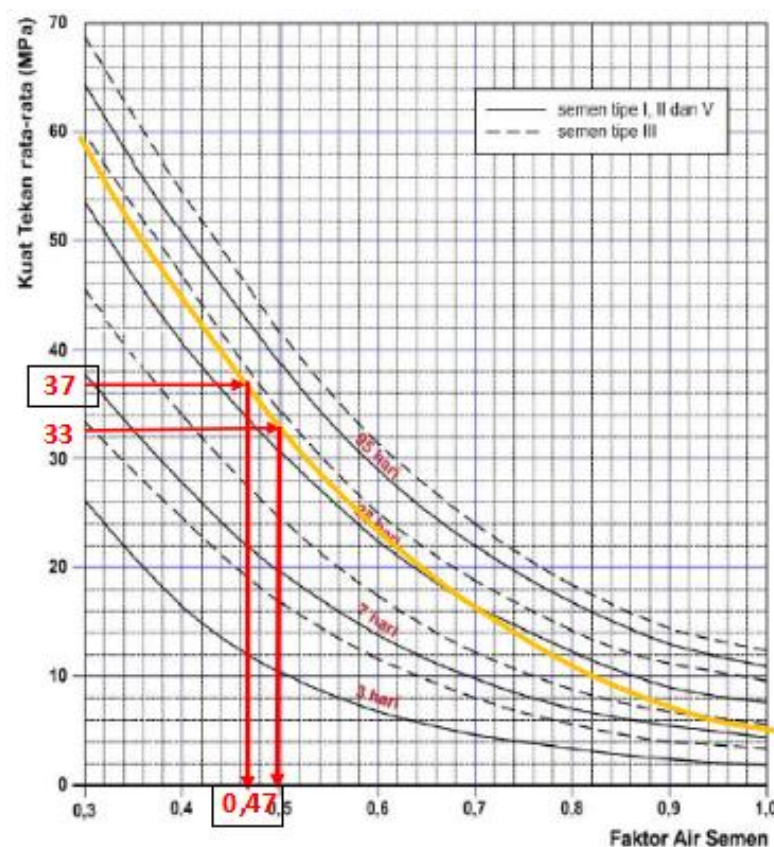
4. Kuat tekan rencana (f'_{cr})

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

5. Semen yang digunakan adalah semen *portland* (PCC) yang masuk kedalam kategori tipe I, dengan *merk* Tiga Roda.
6. Agregat kasar yang digunakan adalah split Merapi, Clereng, dan koral Progo. Kemudian untuk agregat halus yang digunakan berasal dari Merapi yang masuk kedalam gradasi daerah II.
7. Menentukan nilai faktor air semen (FAS)
 - a. Semen yang dipakai adalah semen *portland* tipe I, jenis agregat kasar berbentuk batu pecah serta batu alam, untuk benda uji silinder dengan

kuat tekan pada umur 28 hari. Berdasarkan Tabel 3.3 diperkirakan kuat tekan beton dengan fas 0,5 untuk batu koral sebesar 33 MPa.

- b. Dengan menggunakan Gambar 5.9 berikut, tarik garis vertikal keatas dari nilai fas 0,5 kemudian tarik garis horizontal ke kanan dari nilai kuat tekan rata-rata sebesar 33 MPa (Tabel 3.3), sehingga diperoleh titik perpotongan antara kedua garis tersebut.
- c. Buat kurva baru yang memotong titik perpotongan sesuai hasil pada poin b.
- d. Tarik garis arah horizontal ke kanan dari nilai kuat tekan rata-rata yang ditargetkan sebesar 37 MPa sampai memotong kurva pada poin c.
- e. Tarik garis arah verikal ke bawah dari titik perpotongan pada butir d, sehingga diperoleh nilai fas sebesar 0,47 untuk agregat batu tak pecah.



**Gambar 5.12 Hubungan Antara Kuat Tekan dan Faktor Air Semen (fas)
Untuk Benda Uji Silinder, Batu Tidak Pecah**

(Sumber: SNI 2834-2000)

8. Berdasarkan Tabel 3.4, jumlah semen minimum dan fas maksimum ditetapkan pada keadaan beton dalam ruangan dengan keliling non korosif, sehingga didapatkan jumlah semen minimum sebesar 275 kg/m^3 dengan nilai fas maksimum sebesar 0,6.
9. Berdasarkan rentang nilai *slump* adalah 60-180 mm, maka ditetapkan nilai *slump* yaitu $10 \pm 2 \text{ cm}$.
10. Berdasarkan hasil pengujian karakteristik agregat, didapatkan ukuran maksimum agregat sebagai berikut :
 - a. Agregat Halus Merapi masuk kedalam Gradasi II, berdasarkan hasil pengujian analisa saringan agregat halus.
 - b. Menggunakan batu tak dipecahkan dan pecah untuk agregat kasar.
 - c. Ukuran butiran maksimum 20 mm berdasarkan hasil uji analisa saringan agregat kasar.
11. Perhitungan kadar air bebas dapat dilakukan berdasarkan Tabel 3.5 sehingga dapat dihitung dengan cara sebagai berikut

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar air bebas} &= \frac{2}{3} \times W_h + \frac{1}{3} \times W_k \\
 &= \frac{2}{3} \times 195 + \frac{1}{3} \times 195 \\
 &= 195 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

12. Jumlah semen yang dibutuhkan, ditentukan dengan persamaan 3.4 sebagai berikut.

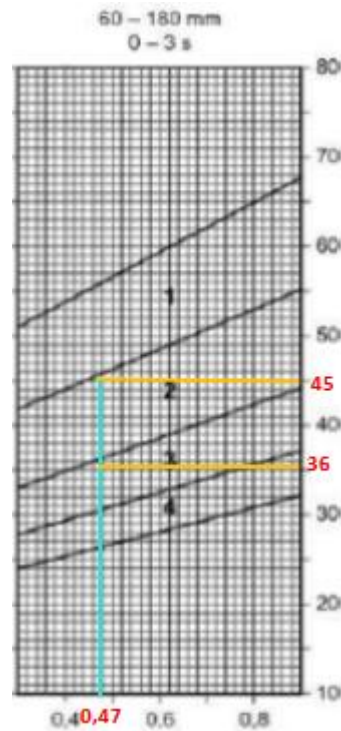
$$\begin{aligned}
 \text{Kadar semen} &= \frac{\text{kadar air}}{\text{fas}} \\
 &= \frac{195}{0,47} \\
 &= 414,894 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

13. Menentukan persentase agregat halus dan agregat kasar.

Untuk persentase agregat halus ditentukan berdasarkan Gambar 5.8 berikut.

- a. Ukuran maksimum agregat kasar yang digunakan adalah 20 mm, nilai *slump* yang direncanakan masuk kedalam range 60-180 mm, nilai fas yang digunakan sebesar 0,47 dan gradasi agregat halus masuk ke gradasi daerah II.

- b. Tarik garis vertikal ke atas dari nilai fas 0,47 untuk agregat split, sampai memotong dua buah kurva yang membatasi daerah gradasi II.
- c. Dari dua titik perpotongan pada poin b, tarik garis horizontal ke kanan, sehingga diperoleh persentase batas atas agregat halus sebesar 45% dan persentase batas bawah agregat halus sebesar 36%



Gambar 5.13 Persentase Pasir Terhadap Kadar Total Agregat yang Dianjurkan untuk Ukuran Butir Maksimum 20 mm

(Sumber: SNI 2934-2000)

- d. Nilai persentase agregat halus rata-rata dapat dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\text{Persentase agregat halus} &= \frac{45\% + 36\%}{2} \\ &= 40,5\%\end{aligned}$$

- e. Nilai persentase agregat halus rata-rata dapat dihitung sebagai berikut.

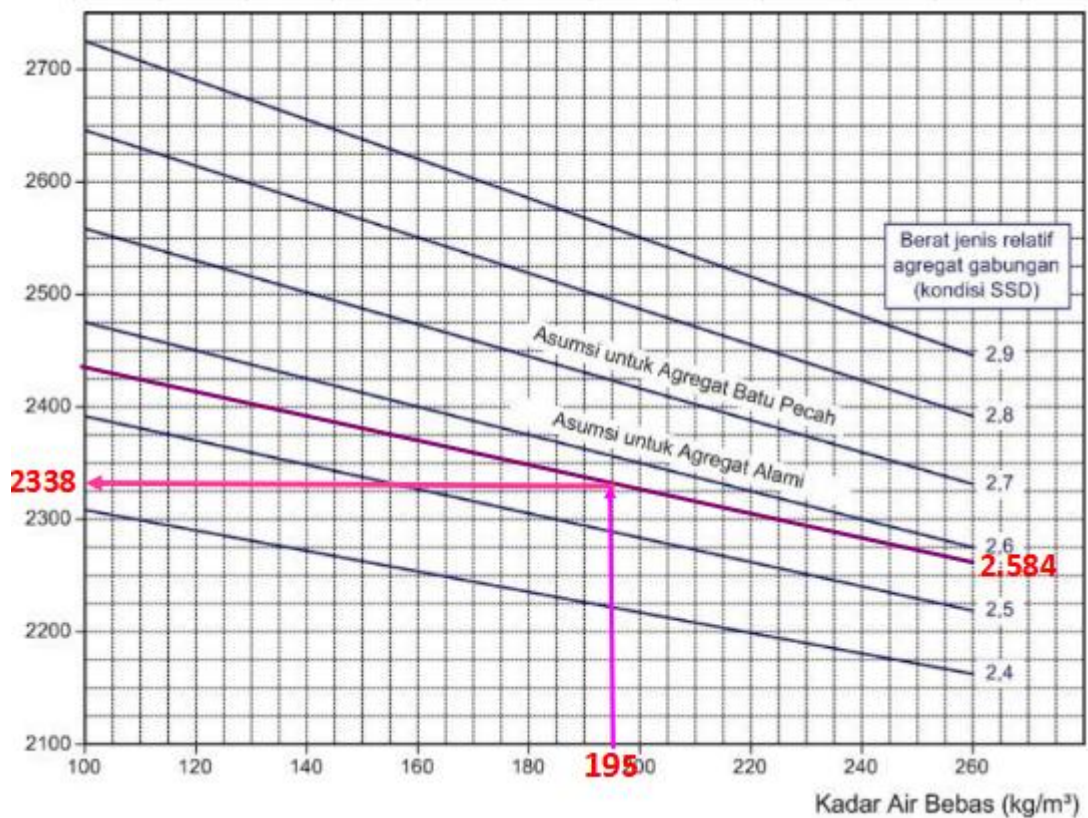
$$\begin{aligned}\text{Persentase agregat kasar} &= 100\% - \text{Persentase agregat halus} \\ &= 100\% - 40,5\% \\ &= 59,5\%\end{aligned}$$

14. Menghitung berat jenis relatif agregat gabungan dalam kondisi SSD. Berat jenis relatif agregat gabungan dapat dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{BJ Agregat Gabungan} &= (\% \text{Ag. Halus} \times \text{BJ ag. halus}) + (\% \text{Ag. Kasar} \times \text{BJ ag. kasar}) \\
 &= (40,5 \times 2,639) + (59,5 \times 2,546) \\
 &= 2,584
 \end{aligned}$$

15. Menghitung berat isi beton

Berat isi beton dapat ditentukan dengan berdasarkan Gambar 5.9 dibawah, diperoleh berat isi beton senilai 2338 kg/m^3 .



Gambar 5.14 Grafik Perkiraan Berat Isi Beton Basah Koral Progo

(Sumber: SNI 03-2843-200)

16. Kadar agregat gabungan dihitung menggunakan persamaan seperti berikut.

$$\begin{aligned} W_{ag.gab} &= W_{beton} - W_{semen} - w \\ &= 2338 - 414,894 - 195 \\ &= 1778,11 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

17. Kadar agregat halus dihitung dengan persamaan seperti berikut.

$$\begin{aligned} W_{ag.halus} &= \%Ag.halus \times W_{ag.gab} \\ &= 40,5 \times 1778,11 \\ &= 699,883 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

18. Kadar agregat kasar dihitung dengan persamaan seperti berikut.

$$\begin{aligned} W_{ag.kasar} &= W_{ag.gab} - W_{ag.halus} \\ &= 1778,11 - 699,883 \\ &= 1028,22 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

5.3 Proporsi Campuran Beton

Proporsi campuran beton didapat setelah proses perencanaan campuran beton selesai. Nilai proporsi campuran beton dapat dilihat dari Tabel 5.22 dengan perhitungan dalam satu kali *mixing* dengan 8 jumlah benda uji silinder.

Tabel 5.22 Rekapitulasi Proporsi Campuran Beton Pada Masing-masing Agregat Kasar

Jenis Agregat Kasar	Semen (kg)	Air (lt)	Agregat Halus (kg)	Agregat Kasar (kg)
Split Merapi	17,389	8,694	30,097	42,426
Split Clereng	17,389	8,694	30,027	42,327
Koral Progo	17,596	8,270	29,683	43,608

Selanjutnya, hasil proporsi campuran beton kemudian diberikan angka penyusutan sebesar 20% sehingga mendapatkan hasil rekapitulasi yang dapat dilihat pada Tabel 5.23 di bawah ini.

Tabel 5.23 Rekapitulasi Proporsi Campuran Beton Pada Masing-masing Agregat Kasar dengan Angka Penyusutan 20%

Jenis Agregat Kasar	Semen (kg)	Air (lt)	Agregat Halus (kg)	Agregat Kasar (kg)
Split Merapi	20,866	10,433	36,117	50,912
Split Clereng	20,866	10,433	36,032	50,793
Koral Progo	21,116	9,924	35,620	52,330

5.4 Hasil Pengujian Slump

Slump merupakan acuan yang digunakan untuk mengetahui tingkat kemudahan pengerjaan (*workability*) pada campuran beton. Semakin besar nilai slump, maka teksturnya akan semakin cair, sehingga beton akan semakin mudah untuk dikerjakan, begitu juga sebaliknya. *Slump* yang direncanakan adalah 10 ± 2 cm. Hasil nilai *slump* pada setiap jenis campuran beton dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 5.24 Hasil Pengujian Slump

Benda Uji	Tinggi Slump (cm)	Keterangan Syarat Slump (60-180 mm)
SPLIT MERAPI	9	Memenuhi
SPLIT CLERENG	9,5	Memenuhi
KORAL PROGO	10	Memenuhi

Berdasarkan pada Tabel 5.22 tinggi *slump* pada semua jenis memenuhi rencana *slump* yaitu 10 ± 2 cm dan syarat 60-180 mm.

5.5 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Pada penelitian ini, pengujian kuat beton dilakukan pada beton umur 28 hari. Alat yang digunakan untuk pengujian ini adalah *Compression Test Machine* (CTM). Sebelum dilakukan pengujian, benda uji dikeringkan selama 1 hari. Total benda uji yang digunakan berjumlah 10 buah silinder tiap jenis sehingga didapatkan total 30 silinder untuk semua jenis, sebelum benda uji dilakukan pengujian, dilakukan proses pelapisan permukaan benda uji menggunakan belerang atau biasa disebut proses *capping*. Proses ini dilakukan supaya permukaan benda uji menjadi rata dan harapannya beban dari mesin CTM dapat terdistribusi secara merata. Bertikut ini adalah contoh perhitungan kuat tekan beton pada setiap variasi pada sampel pertama.

1. Kuat tekan beton SM-TM-01

$$\begin{aligned} f'c &= \frac{P}{A} \\ &= \frac{513,7 \times 10^3}{17421,02} \\ &= 29,48 \text{ MPa} \end{aligned}$$

2. Kuat tekan beton SC-TM-01

$$\begin{aligned} f'c &= \frac{P}{A} \\ &= \frac{445,1 \times 10^3}{18050,46} \\ &= 24,65 \text{ MPa} \end{aligned}$$

3. Kuat tekan beton KP-TM-01

$$\begin{aligned} f'c &= \frac{P}{A} \\ &= \frac{357,4 \times 10^3}{17546,01} \\ &= 20,36 \text{ MPa} \end{aligned}$$

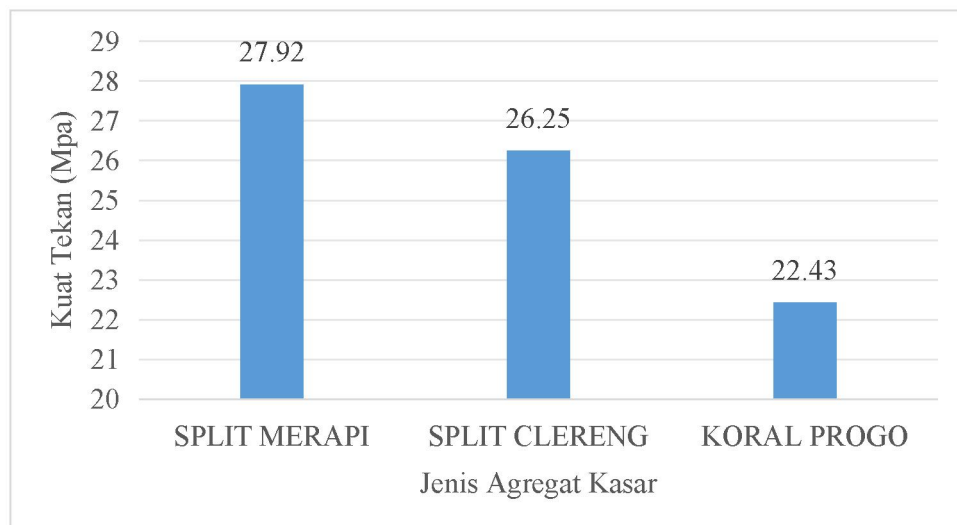
Cara yang sama dilakukan untuk menghitung nilai kuat tekan beton pada sampel lainnya. Berikut ini adalah hasil pengujian kuat tekan beton dapat dilihat pada Tabel 5.25 berikut ini.

Tabel 5.25 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Jenis	Kode Sampel	Diameter	Tinggi	Luas Penampang	Beban Maksimum	Kuat Tekan	Kuat Tekan rata-rata
		(mm)	(mm)	(mm^2)	(kN)	(MPa)	(MPa)
SPLIT MERAPI	SM-TM-01	148,93	300,12	17421,02	513,7	29,48	27,91
	SM-TM-02	150,76	301,30	17852,56	477,7	26,75	
	SM-TM-03	151,86	303,66	18114,01	516,6	28,51	
	SM-TM-04	150,60	299,53	17813,11	470,5	26,41	
	SM-TM-05	151,70	301,73	18074,28	522,8	28,92	
	SM-TM-06	152,66	304,56	18305,36	505,2	27,59	
	SM-TM-07	150,30	301,9	17742,21	502,3	28,31	
	SM-TM-08	150,76	302,46	17852,56	537,9	30,13	
	SM-TM-09	150,56	302,75	17805,22	438,5	24,62	
	SM-TM-10	150,36	302,13	17757,95	504,8	28,42	
SPLIT CLERENG	SC-TM-01	151,60	302,35	18050,46	445,1	24,65	26,25
	SC-TM-02	150,75	301,30	17848,61	446,7	25,02	
	SC-TM-03	149,90	300,70	17647,90	465,8	26,39	
	SC-TM-04	151,86	303,66	18114,01	510,6	28,18	
	SC-TM-05	150,50	301,60	17789,46	455,1	25,58	
	SC-TM-06	150,66	301,83	17828,88	495,7	27,80	
	SC-TM-07	150,60	301,13	17813,11	457,5	25,68	
	SC-TM-08	152,00	304,00	18145,83	455,8	25,12	
	SC-TM-09	151,50	302,45	18026,65	460,4	25,54	
	SC-TM-10	151,20	301,85	17955,33	511,8	28,50	

Lanjutan Tabel 5.25 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

KORAL PROGO	KP-TM-01	149,46	304,36	17546,01	357,4	20,36	22,43
	KP-TM-02	151,76	301,90	18090,17	316	17,46	
	KP-TM-03	148,70	302,17	17366,48	332	19,11	
	KP-TM-04	151,16	303,14	17947,41	496,4	27,65	
	KP-TM-05	150,73	302,57	17844,66	513,2	28,75	
	KP-TM-06	152,43	303,13	18249,45	394,3	21,60	
	KP-TM-07	149,40	301,93	17530,37	342,8	19,55	
	KP-TM-08	150,50	301,4	17789,46	391,2	21,99	
	KP-TM-09	150,80	300,37	17860,45	545,1	30,52	
	KP-TM-10	151,53	302	18034,58	311,8	17,28	

**Gambar 5.15 Grafik Kuat Tekan Beton Rata-rata**

Berdasarkan Tabel 5.23, maka didapatkan hasil nilai rata-rata kuat tekan beton dari setiap jenis agregat kasar. Nilai rata-rata kuat tekan beton pada jenis agregat kasar split Merapi, split Clereng, dan koral Progo secara berurutan adalah 27,92 MPa, 26,25 MPa, dan 22,43 MPa.

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.10 juga hanya terdapat dua jenis agregat kasar yang mencapai kuat tekan rencana yaitu agregat kasar split Merapi dan split

Clereng, sedangkan untuk agregat kasar koral Progo tidak dapat mencapai kuat tekan rencana. Hasil kuat tekan agregat kasar dari koral Progo disebabkan juga oleh perbedaan karakter tekstur agregat, yang dimana agregat kasar Progo memiliki bentuk butiran yang halus, berbeda dengan dua agregat lainnya yang memiliki karakter tekstur kasar pada permukaannya dan memiliki pori-pori yang lebih terbuka ketimbang agregat koral. Dengan hasil tersebut dapat dilihat bahwa ternyata penggunaan agregat kasar batu koral tidak bisa menahan untuk kuat tekan beton yang disyaratkan yaitu 25 MPa.

Selain perbedaan dari karakteristik permukaan agregat, pada saat pemadatan benda uji silinder menggunakan cara manual dengan palu karet sehingga dapat terjadi kemungkinan kurangnya pemadatan pada benda uji silinder tersebut menjadi kurang maksimal ketimbang menggunakan mesin *vibrator* yang akan membuat pemadatan benda uji silinder menjadi lebih maksimal. Kendala tersebut bisa menyebabkan hasil kuat tekan beton agregat kasar menjadi kurang konsisten dan maksimal.

5.6 Hasil Pengujian Kuat Tarik Beton

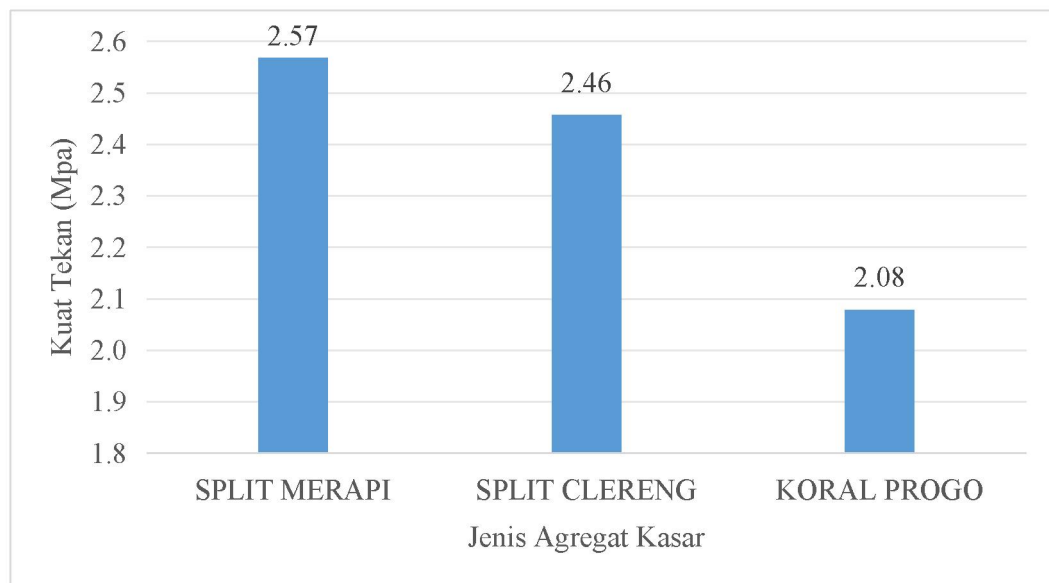
Untuk pengujian kuat tarik belah beton dilakukan juga pada beton yang sudah berumur 28 hari. Alat yang akan digunakan untuk pengujian ini adalah *Compression Test Machine (CTM)*. Total benda uji yang diujikan berjumlah 5 buah silinder untuk setiap jenis sehingga didapatkan total benda uji sebanyak 15 silinder. Contoh perhitungan untuk kuat tarik belah dapat dilihat sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 F'_{ct} &= \frac{2P}{\pi DL} \\
 &= \frac{2 \times 180 \times 10^3}{\pi \times 151,20 \times 300,8} \\
 &= 2,519 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Cara yang sama juga dilakukan untuk setiap benda uji lainnya, sehingga didapatkan hasil rekapitulasi hasil kuat tarik belah beton sebagai berikut.

Tabel 5.26 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Jenis	Kode Sampel	Diameter	Tinggi	Luas Penampang	Beban Maksimum	Kuat Tekan	Kuat Tekan rata-rata
		(mm)	(mm)	(mm²)	(kN)	(MPa)	(MPa)
SPLIT MERAPI	SM-TM-1	148,93	302,66	141614,06	188	2,655	2,57
	SM-TM-2	150,76	301,33	142725,76	192	2,690	
	SM-TM-3	151,86	301,20	143703,48	168	2,338	
	SM-TM-4	150,60	302,73	143230,36	173	2,416	
	SM-TM-5	151,70	301,16	143529,89	197	2,745	
SPLIT CLERENG	SC-TM-1	149,26	302,33	141774,70	152	2,144	2,46
	SC-TM-2	151,20	300,83	142898,48	180	2,519	
	SC-TM-3	150,46	301,00	142284,19	202	2,839	
	SC-TM-4	149,50	301,66	141683,21	188	2,654	
	SC-TM-5	150,83	301,00	142630,92	152	2,131	
KORAL PROGO	KP-TM-1	150,56	304,36	143971,25	138	1,917	2,08
	KP-TM-2	150,93	301,9	143152,24	164	2,291	
	KP-TM-3	150,73	302,16	143088,82	137	1,915	
	KP-TM-4	150,10	303,13	142943,45	162	2,267	
	KP-TM-5	151,06	302,56	143595,09	144	2,006	



Gambar 5.16 Grafik Kuat Tarik Belah Beton Rata-rata

Berdasarkan Tabel 5.24 didapatkan nilai rata-rata pegujian kuat tarik belah beton dari setiap jenis agregat kasar. Nilai rata-rata kuat tarik beton pada jenis agregat kasar split Merapi, split Clereng, dan koral Progo secara berurutan adalah 2,57 MPa, 2,46 MPa, dan 2,08 MPa.

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.11, nilai kuat tarik belah tertinggi didapatkan pada jenis agregat kasar Split Merapi sebesar 2,57 MPa, dan untuk nilai kuat tarik belah terendah pada jenis agregat kasar koral Progo sebesar 2,08 MPa.

Perbedaan nilai kuat tarik belah beton ini tidak lepas dari pada pembahasan pada hasil pengujian kuat tekan beton pada sebelumnya, bahwa terdapatnya perbedaan di karakteristik jenis agregat kasar yang digunakan. Agregat kasar split Merapi dan split Clereng memiliki karakteristik butiran yang serupa yakni kasar dan memiliki pori-pori terbuka di permukaan nya, sehingga campuran beton dapat menempel dan membuat ikatan campuran beton menjadi lebih baik.

Berbeda halnya untuk agregat kasar koral Progo, yang mendapatkan hasil kuat tarik beton terendah diantara ketiga jenis agregat kasar. Agregat kasar koral Progo memiliki karakteristik permukaan yang halus dan memiliki pori yang lebih rapat ketimbang kedua jenis agregat kasar lainnya, sehingga membuat ikatan pada campuran beton menjadi tidak maksimal.

Hasil pengujian kuat tarik belah yang didapatkan ini sejajar dengan hasil uji tekan yang sudah dilakukan sebelumnya, yang dimana juga terdapat rasio hubungan kuat tarik belah dengan kuat tekan beton yang dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 5.27 Rasio Hubungan Kuat Tarik Belah dengan Kuat Tekan Beton

Jenis	Kuat Tarik Belah (MPa)	Rasio dengan Kuat Tekan (%)
Split Merapi	2,57	9,201
Split Clereng	2,46	9,362
Koral Progo	2,08	9,268

Berdasarkan Tabel 5.25 didapatkan nilai rasio kuat tarik belah dengan kuat tekan pada setiap jenis agregat kasar split Merapi, split Clereng, dan koral Progo secara berurutan adalah 9,201%, 9,362%, dan 9,268%. Seluruh hasil jenis beton berada pada rentang 9-15%, yang dimana hal itu sudah sesuai dengan Dipohusodo (1999) yang menyatakan bahwa nilai kuat tarik belah beton normal memiliki rasio 9-15% dari nilai kuat tekannya.

5.7 Pengujian Modulus Elastisitas Beton

Pengujian modulus elastisitas dilakukan bersamaan dengan pengujian kuat tekan beton dan menggunakan benda uji yang sama. Pengujian ini dilakukan dengan cara memasang terlebih dahulu *dial gauge* pada benda uji beton. *Dial gauge* berfungsi untuk mengetahui nilai penurunan pada beton saat diberi beban oleh mesin CTM. Pengujian ini juga dibantu dengan dua kamera *web cam* guna membantu dalam melihat angka pengujian. Kamera pertama memperlihatkan *dial gauge*, sedangkan kamera kedua memperlihatkan angka pembebanan dari mesin CTM. Hasil dari kedua kamera kemudian direkam secara bersamaan menggunakan bantuan dari aplikasi OBS. Pengujian dilakukan pembacaan penurunan beton pada setiap pembebanan 10 kN. Untuk perhitungan modulus elastisitas terbagi menjadi dua yaitu modulus pengujian dan modulus teoritis.

1. Modulus pengujian ASTM C-469

Pengujian moduls elastisitas dihitung menggunakan hasil pengujian modulus elastisitas dan dilakukan berdasarkan ASTM C-469. Contoh perhitungan modulus elastisitas dapat dilihat sebagai berikut, dengan benda uji SM-TM-01 yang memiliki beban maksimum sebesar 513,7 kN.

Tabel 5.28 Tegangan Regangan Benda Uji SM-TM-01

Beban (P)		Ekstensiometer	Deformasi (ΔL)	Regangan (ϵ')	Tegangan (σ)
kN	N	... x 10³ mm	mm		MPa
10	10000	5	0,0025	0,00001250	0,57
20	20000	12	0,006	0,00003000	1,15
30	30000	23	0,0115	0,00005750	1,72
40	40000	36	0,018	0,00009000	2,30
50	50000	57	0,0285	0,00014250	2,87
60	60000	62	0,031	0,00015500	3,44
70	70000	74	0,037	0,00018500	4,02
80	80000	92	0,046	0,00023000	4,59
90	90000	106	0,053	0,00026500	5,17
100	100000	123	0,0615	0,00030750	5,74
110	110000	137	0,0685	0,00034250	6,31
120	120000	151	0,0755	0,00037750	6,89
130	130000	166	0,083	0,00041500	7,46
140	140000	178	0,089	0,00044500	8,04
150	150000	186	0,093	0,00046500	8,61
160	160000	192	0,096	0,00048000	9,18
170	170000	206	0,103	0,00051500	9,76
180	180000	230	0,115	0,00057500	10,33
190	190000	237	0,1185	0,00059250	10,91
200	200000	253	0,1265	0,00063250	11,48

Lanjutan Tabel 5.28 Tegangan Regangan Benda Uji SM-TM-01

210	210000	279	0,1395	0,00069750	12,05
220	220000	301	0,1505	0,00075250	12,63
230	230000	322	0,161	0,00080500	13,20
240	240000	352	0,176	0,00088000	13,78
250	250000	370	0,185	0,00092500	14,35
260	260000	393	0,1965	0,00098250	14,92
270	270000	413	0,2065	0,00103250	15,50
280	280000	429	0,2145	0,00107250	16,07
290	290000	448	0,224	0,00112000	16,65
300	300000	479	0,2395	0,00119750	17,22
310	310000	500	0,25	0,00125000	17,79
320	320000	520	0,26	0,00130000	18,37
330	330000	542	0,271	0,00135500	18,94
340	340000	567	0,2835	0,00141750	19,52
350	350000	589	0,2945	0,00147250	20,09
360	360000	614	0,307	0,00153500	20,66
370	370000	641	0,3205	0,00160250	21,24
380	380000	671	0,3355	0,00167750	21,81
390	390000	700	0,35	0,00175000	22,39
400	400000	729	0,3645	0,00182250	22,96
410	410000	767	0,3835	0,00191750	23,53
420	420000	798	0,399	0,00199500	24,11
430	430000	831	0,4155	0,00207750	24,68
440	440000	873	0,4365	0,00218250	25,26
450	450000	913	0,4565	0,00228250	25,83
460	460000	958	0,479	0,00239500	26,40

Lanjutan Tabel 5.28 Tegangan Regangan Benda Uji SM-TM-01

470	470000	1014	0,507	0,00253500	26,98
480	480000	1114	0,557	0,00278500	27,55
490	490000	1229	0,6145	0,00307250	28,13
500	500000	1282	0,641	0,00320500	28,70
510	510000	1330	0,665	0,00332500	29,27
513,7	513700	1353	0,6765	0,00338250	29,49
510	510000	1384	0,692	0,00346000	29,27
500	500000	1408	0,704	0,00352000	28,70
490	490000	1421	0,7105	0,00355250	28,13
480	480000	1438	0,719	0,00359500	27,55

Keterangan: 

Berdasarkan Tabel 5.26 di atas, analisa perhitungan dengan metode pengujian dilakukan berdasarkan ASTM C 469-94. Dari data tegangan regangan dilakukan *plotting* grafik tegangan regangan menggunakan bantuan dari aplikasi *AutoCad*. Penggunaan aplikasi *AutoCad* untuk mencari nilai koreksi yang nantinya digunakan untuk mendapatkan nilai tegangan satu (σ_1). Nilai koreksi didapatkan sebesar 0,13. Nilai koreksi digunakan untuk mengkoreksi data regangan sehingga data tegangan regangan diperoleh menjadi sebagai berikut.

Tabel 5.29 Tegangan Regangan Terkoreksi Benda Uji SM-TM-01

Beban (P)		Regangan terkoreksi (ϵ')	Tegangan (σ)
kN	N		MPa
10	10000	0,00014583	0,57
20	20000	0,00016333	1,15
30	30000	0,00019083	1,72
40	40000	0,00022333	2,30

Lanjutan Tabel 5.29 Tegangan Regangan Terkoreksi Benda Uji SM-TM-01

50	50000	0,00027583	2,87
60	60000	0,00028833	3,44
70	70000	0,00031833	4,02
80	80000	0,00036333	4,59
90	90000	0,00039833	5,17
100	100000	0,00044083	5,74
110	110000	0,00047583	6,31
120	120000	0,00051083	6,89
130	130000	0,00054833	7,46
140	140000	0,00057833	8,04
150	150000	0,00059833	8,61
160	160000	0,00061333	9,18
170	170000	0,00064833	9,76
180	180000	0,00070833	10,33
190	190000	0,00072583	10,91
200	200000	0,00076583	11,48
210	210000	0,00083083	12,05
220	220000	0,00088583	12,63
230	230000	0,00093833	13,20
240	240000	0,00101333	13,78
250	250000	0,00105833	14,35
260	260000	0,00111583	14,92
270	270000	0,00116583	15,50
280	280000	0,00120583	16,07
290	290000	0,00125333	16,65
300	300000	0,00133083	17,22

310	310000	0,00138333	17,79
320	320000	0,00143333	18,37
330	330000	0,00148833	18,94
340	340000	0,00155083	19,52
350	350000	0,00160583	20,09
360	360000	0,00166833	20,66
370	370000	0,00173583	21,24
380	380000	0,00181083	21,81
390	390000	0,00188333	22,39
400	400000	0,00195583	22,96
410	410000	0,00205083	23,53
420	420000	0,00212833	24,11

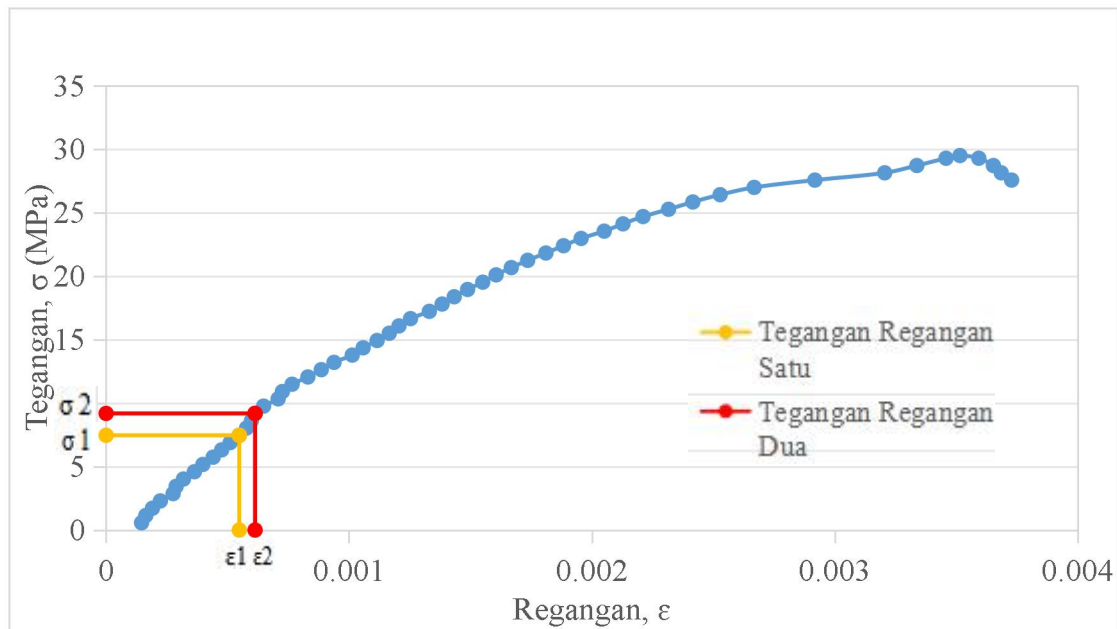
Lanjutan Tabel 5.29 Tegangan Regangan Terkoreksi Benda Uji SM-TM-01

430	430000	0,00221083	24,68
440	440000	0,00231583	25,26
450	450000	0,00241583	25,83
460	460000	0,00252833	26,40
470	470000	0,00266833	26,98
480	480000	0,00291833	27,55
490	490000	0,00320583	28,13
500	500000	0,00333833	28,70
510	510000	0,00345833	29,27
513,7	513700	0,00351583	29,49
510	510000	0,00359333	29,27
500	500000	0,00365333	28,70
490	490000	0,00368583	28,13
480	480000	0,00372833	27,55



Keterangan:

Terdapat juga gambar grafik hubungan tegangan regangan benda uji SM-TM-01 sebagai berikut.



Gambar 5.17 Grafik Hubungan Tegangan Regangan Benda Uji SM-TM-01

Setelah mendapatkan angka menggunakan bantuan aplikasi *AutoCAD* sehingga dapat melakukan perhitungan modulus elastisitas dapat dijabarkan sebagai berikut.

$$\sigma_2 = 9,18 \text{ MPa}$$

$$\sigma_1 = 7,46 \text{ MPa}$$

$$\epsilon_2 = 0,00061333$$

$$\epsilon_1 = 0,00054833$$

$$\begin{aligned} E_c &= \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{\epsilon_2 - \epsilon_1} \\ &= \frac{9,18 - 7,46}{0,000613 - 0,000548} \\ &= 26493,19 \text{ MPa} \end{aligned}$$

2. Modulus Teoritis SNI 2847-2019

Perhitungan teoritis untuk mencari nilai modulus elastisitas dilakukan berdasarkan SNI 2947-2019. Adapun untuk contoh perhitungan untuk benda uji SM-TM-01 sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 E_c &= 4700 \times \sqrt{f'_c} \\
 &= 4700 \times \sqrt{29,49} \\
 &= 25522,06 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Cara yang sama dilakukan untuk mencari modulus elastisitas beton pada benda uji lainnya, sehingga didapatkan hasil pengujian modulus elastisitas beton sebagai berikut.

Tabel 5.30 Hasil Rekapitulasi Pengujian Modulus Elastisitas

Jenis	Kode Sampel	Kuat Tekan	ASTM C-469		Teoritis SNI-03-2847-2019	
			Ec	Rata-rata	Ec	Rata-rata
		(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
SPLIT MERAPI	SM-TM-1	29,49	26493,19	24990,64	25522,06	24824,74
	SM-TM-2	26,76	24006,16		24312,25	
	SM-TM-3	28,52	24881,52		25099,65	
	SM-TM-4	26,41	25384,33		24155,04	
	SM-TM-5	28,93	24117,00		25277,56	
	SM-TM-6	27,60	25540,74		24691,10	
	SM-TM-7	28,31	25050,11		25007,80	
	SM-TM-8	30,13	23117,04		25798,73	
	SM-TM-9	24,63	24711,84		23324,31	
	SM-TM-10	28,43	26604,46		25058,84	
SPLIT CLERENG	SC-TM-1	24,66	24622,33	24235,23	23339,01	24072,87
	SC-TM-2	25,03	24227,79		23512,76	
	SC-TM-3	26,39	23680,46		24146,32	

	SC-TM-4	28,19	24904,90		24953,47	
	SC-TM-5	25,58	22485,22		23772,23	
	SC-TM-6	27,80	24928,33		24782,50	
	SC-TM-7	25,68	24950,41		23819,00	

Lanjutan Tabel 5.30 Hasil Rekapitulasi Pengujian Modulus Elastisitas

	SC-TM-8	25,12	23739,28		23558,05	
	SC-TM-9	25,54	24060,76		23752,42	
	SC-TM-10	28,50	24752,78		25092,92	
KORAL PROGO	KP-TM-1	20,37	22797,19	22365,37	21212,21	22150,70
	KP-TM-2	17,47	23690,84		19643,55	
	KP-TM-3	19,12	23032,88		20549,96	
	KP-TM-4	27,66	24917,51		24717,97	
	KP-TM-5	28,76	20377,87		25205,01	
	KP-TM-6	21,61	22831,74		21846,73	
	KP-TM-7	19,55	18500,71		20783,69	
	KP-TM-8	21,99	20441,11		22040,22	
	KP-TM-9	30,52	24884,27		25965,08	
	KP-TM-10	17,29	22179,60		19542,62	



Gambar 5.18 Grafik Modulus Elastisitas Beton Rata-rata

Berdasarkan Tabel 5.28, didapatkan hasil nilai rata-rata modulus elastisitas beton pengujian dan teoritis dari setiap jenis agregat kasar. Nilai rata-rata modulus elastisitas pengujian pada jenis agregat kasar split Merapi, split Clereng, dan koral Progo secara berurutan adalah 24990,63 MPa, 24235,22 MPa, 22365,37 MPa. Sedangkan untuk nilai rata-rata modulus elastisitas beton teoritis pada jenis agregat kasar split Merapi, split Clereng, dan koral Progo secara berurutan adalah 24824,73 MPa, 24072,86 MPa, dan 22150,70 MPa.

Semakin tinggi nilai modulus elastisitas maka semakin kecil regangan yang terjadi atau semakin kaku, sedangkan semakin rendah nilai modulus elastisitas maka beton semakin tinggi regangan yang terjadi sehingga menjadi getas dan mudah hancur. Berdasarkan Gambar 5.13, didapatkan hasil modulus elastisitas pengujian dan teoritis tertinggi didapatkan pada jenis agregat kasar split Merapi sebesar 24990,63 MPa dan 24824,73 MPa. Sedangkan hasil modulus elastisitas pengujian dan teoritis terendah pada pengujian kali ini terdapat pada agregat kasar koral Progo sebesar 22365,37 MPa dan 22150,70 MPa.

Nilai modulus elastisitas teoritis digunakan untuk mengukur seberapa akurat hasil pengujian modulus elastisitas yang dibuktikan secara teori, sehingga untuk hasil pengujian seharusnya tidak jauh berbeda. Walaupun secara hasil tidak jauh berbeda antara teoritis dengan pengujian, terdapat beberapa kendala seperti:

1. Pada beberapa pengujian di setiap agregat kasar kecepatan pembebanan mesin CTM terlalu cepat sehingga hasil pembacaan *dial gauge* menjadi kurang konsisten dan serasi.
2. Pada tahap perekaman menggunakan *web cam* suka terjadinya kendala seperti *freeze* di aplikasi OBS, sehingga mengganggu proses perekaman pembacaan *dial gauge* yang harus dilanjutkan menggunakan *Handphone* pribadi, sehingga pembacaan menjadi kurang akurat.

Menurut Hardagung Tri dkk.,(2014) nilai modulus elastisitas beton akan naik bersamaan dengan naiknya kuat tekan beton. Berdasarkan hasil modulus elastisitas pengujian, teori tersebut sudah sesuai, dan berdasarkan hasil modulus elastisitas secara teoritis, teori tersebut juga sudah sesuai.

Terdapat juga selisih antara nilai modulus elastisitas pengujian terhadap teoritis, dapat dilihat juga sebagai berikut.

Tabel 5.31 Selisih Modulus Elastisitas Pengujian Terhadap Teoritis

Jenis	Modulus Pengujian ASTM C-469 Ec rata-rata (MPa)	Modulus Teoritis SNI 2847-2019 Ec rata-rata (MPa)	Selisih (%)
SPLIT MERAPI	24990,63	24824,735	0,67
SPLIT CLERENG	24235,22	24072,86	0,67
KORAL PROGO	22365,37	22150,70	0,97
Selisih rata-rata			0,77

Berdasarkan Tabel 5.29 didapatkan nilai selisih rata-rata modulus elastisitas pengujian terhadap modulus elastisitas teoritis sebesar 180,97 MPa. Perbedaan tersebut dapat terjadi dikarenakan ASTM C-469 memperoleh data aktual saat pengujian, sedangkan SNI 2847-2019 memperoleh data dari pendekatan kuat tekan beton.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan adalah sebagai berikut.

1. Jenis agregat kasar mempengaruhi kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas beton. Beton dengan jenis agregat kasar split Merapi memiliki kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas dengan nilai secara berurutan adalah 27,92 MPa, 2,57 MPa, dan 24990,63 MPa. Untuk hasil pengujian kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas untuk agregat kasar split Clereng didapatkan nilai secara berurutan adalah 26,25 MPa, 2,46 MPa dan 24235,22 MPa. Sedangkan untuk beton dengan jenis agregat kasar koral Progo memiliki nilai kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas yakni dengan nilai secara berurutan adalah 22,43 MPa, 2,08 MPa, dan 22365,37 MPa. Dengan hasil pengujian ini maka beton dengan menggunakan agregat kasar split Merapi merupakan beton terbaik pada penelitian ini.
2. Berdasarkan proporsi campuran beton masing-masing, didapatkan hasil dari pengujian beton, jenis agregat kasar split Merapi dan split Clereng mencapai kuat tekan rencana tetapi jenis agregat kasar koral Progo tidak mencapai kuat tekan rencana. Hal tersebut dikarenakan terdapat perbedaan sifat dan karakteristik permukaan untuk agregat kasar koral dengan agregat kasar split, sehingga mempengaruhi nilai pada pengujian campuran beton.
3. Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan, dapat disimpulkan bahwa untuk agregat kasar koral Progo tidak disarankan digunakan sebagai bahan substitusi agregat kasar campuran beton untuk beton struktur dikarenakan nilai dari pengujian kuat tekan tidak tercapai dengan target yang sudah ditentukan.

6.2 Saran

Berdasarkan pada hasil penelitian ini, ada beberapa hal yang dapat dijadikan sebagai saran untuk penelitian berikutnya tentang pengaruh perbedaan jenis agregat kasar pada campuran beton.

1. Pada saat pembuatan campuran beton hendaknya harus lebih teliti agar diperoleh sampel yang baik, terutama perlu diperhatikannya untuk sampel benda uji apakah permukaan dalam nya baik atau terdapat bolong atau tidak, serta untuk tahapan pemadatan benda uji sebaiknya menggunakan alat *vibrator* sehingga hasil yang didapatkan dalam pemadatan campuran beton lebih maksimal dan dapat mengisi rongga-rongga benda uji lebih maksimal lagi.
2. Perlu diperhatikan lebih lanjut mengenai pemasangan dan cara operasional alat uji ataupun hal lainnya yang berkaitan dengan pengujian agar tidak terjadi kendala sehingga jalannya pengujian menjadi lebih konsisten dan hasil yang didapatkan menjadi lebih maksimal.
3. Berdasarkan hasil pengujian perbandingan antara agregat kasar, dapat direkomendasikan untuk menggunakan agregat split Merapi untuk digunakan pada campuran beton.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. (1990). *SNI-03-1968-1990 Metode Pengujian Tentang Analisa Saringan Agregat Halus dan Kasar*. BSN.go.id.
- Badan Standarisasi Nasional. (1990). *SNI-03-1969-1990 Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar*. BSN.go.id.
- Badan Standarisasi Nasional. (1990). *SNI-03-1970-1990 Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus*. BSN.go.id.
- Badan Standarisasi Nasional. (1996). *SNI-03-4142-1996 Metode Pengujian Jumlah Bahan Dalam Agregat Yang Lolos Saringan No. 200 (0,075 mm)*. BSN.go.id.
- Badan Standarisasi Nasional. (1996). *SNI-03-4169-1996 Pengujian Modulus Elastisitas Beton*. BSN.go.id.
- Badan Standarisasi Nasional. (1998). *SNI-03-4804-1998 Metode Pengujian Berat Isi dan Rongga Udara Dalam Agregat*. BSN.go.id.
- Badan Standarisasi Nasional. (1998). *SNI-03-4810-1998 Metode Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton di Lapangan*. BSN.go.id.
- Badan Standarisasi Nasional. (2000). *SNI-03-2834-2000 Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. BSN.go.id.
- Badan Standarisasi Nasional. (2002). *SNI-03-2491-2002 Metode Pengujian Kuat Tarik Belah Beton*. BSN.go.id.
- Badan Standarisasi Nasional. (2004). *SNI-15-2049-2004 Semen Portland*. BSN.go.id.
- Badan Standarisasi Nasional. (2008). *SNI 2458-2008 Tata Cara Pengambilan Contoh Uji Beton Segar*. BSN.go.id.

- Badan Standarisasi Nasional. (2008). *SNI-1972-2008 Cara Uji Slump Beton*. BSN.go.id.
- Badan Standarisasi Nasional. (2008). *SNI-1973-2008 Cara Uji Berat isi, Volume Produksi Campuran, dan Kadar Udara Beton*. BSN.go.id.
- Badan Standarisasi Nasional. (2011). *SNI-1974-2011 Cara Uji Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uji Silinder*. BSN.go.id.
- Badan Standarisasi Nasional. (2011). *SNI-2493-2011 Tata Cara Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton di Laboratorium*. BSN.go.id.
- Badan Standarisasi Nasional. (2012). *SNI-7656-2012 Tata Cara Pemilihan Campuran Beton Untuk Beton Normal, Beton Berat, dan Beton Massa*. BSN.go.id.
- Badan Standarisasi Nasional. (2016). *SNI-8321-2016 Spesifikasi Agregat Beton*. BSN.go.id.
- Hakas Prayuda, A. P. (2018). Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi Menggunakan Komparasi Agregat Gamalama, Agregat Merapi dan Agregat Kali Progo. *Jurnal Riset Rekayasa Sipil Universitas Sebelas Maret*, 1-10.
- Masril. (2018). Perbandingan Kuat Tekan Beton Antara Campuran Agregat Kasar Batu Pecah (Split) Dengan Batu Alam Palembang Untuk Beton Struktur. 52-57.
- Ridwan Ardiansyah, R. R. (2022). Perbandingan Jenis-jenis Agregat Kasar Batu Merak, Batu Hampangan dan Batu Banjar Untuk Campuran Beton Terhadap Kuat Tekan Beton Normal K-250. 724-732.
- Badan Standarisasi Nasional. (2019). *SNI-2847-2019 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*. BSN.go.id.
- Arrum, D. N. (2019). Perbandingan Penggunaan Batu Sungai Boyon dan Batu Clereng Sebagai Pengganti Agregat Kasar Pada Campuran AC-BC Menggunakan Aspal Starbit E-60.

Adam Priadi Bangun, T. V. (2022). Analisa Perbandingan Penggunaan Agregat Kasar Batuan Gamping Dengan Agregat Kasar Batuan Padang Sawah Pada Cmapuran Beton Terhadap Kuat Tekan Beton. 71-89.

Farlin Rosyad, A. S. (2024). Perbandingan Penggunaan Agregat Tipe Split dan Koral Terhadap Kuat Tekan Beton Furnished. *Vol.7 No.1*, 114-121.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Surat Izin Penggunaan dan Keterangan Bebas Laboratorium



UNIVERSITAS
ISLAM
INDONESIA

No. 083

**FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN**

Gedung KH. Moh. Natsir
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kalirang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext. 3200, 3201
F. (0274) 895330
E. dekanat.ftsp@uii.ac.id
W. ftsp.uii.ac.id

Nomor : 150/Sek. Prodi PSTS/20/TA/VII/2024
Hal : Permohonan Izin Peminjaman Laboratorium

Kepada Yth:
Ketua Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia

ACC
[Signature] 21/7
Malik Mubandah
Fakultas BKT

Assalamu'alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh,

Sehubungan dengan Penelitian untuk menyusun Tugas Akhir, maka melalui surat ini kami bermaksud mengajukan permohonan bantuan bagi mahasiswa Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta. Adapun nama mahasiswa tersebut adalah:

Nama : Farhan Yusuf Mait
NIM : 19511183
No HP Mahasiswa : 0851 5779 8160
Judul Tugas Akhir : Analisis Perbandingan Jenis Agregat Kasar Batu Split Merapi, Batu Split Clereng, Dan Batu Koral Progo Terhadap Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah, Dan Modulus Elastisitas Pada Beton

Melalui surat ini, kami mohon bantuan untuk dapat mengajukan permohonan izin peminjaman Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Demikian permohonan ini kami sampaikan, atas bantuan dan kerjasamanya kami ucapkan banyak terima kasih.

Wassalamu'alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh,



Sek.Prodi Teknik Sipil – Program Sarjana,

[Signature]
Dinia Anggraheni, S.T., M. Eng

Yogyakarta, 15 Juli 2024

Dosen Pembimbing Tugas Akhir,

[Signature]
Anggit Mas Arifudin, S.T., M.T.



FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

Gedung KH. Moh. Natsir
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext 3200, 3201
F. (0274) 895330
E. dekanat.ftsp@uii.ac.id
W. ftsp.uii.ac.id

SURAT KETERANGAN BEBAS TANGGUNGAN LABORATORIUM

Nomor : 001/Ka.Lab/60/LBKT/I/2025

Bismillahirrohmaanirrohiim

Yang bertandatangan dibawah ini :

Nama : Astriana Hardawati, S.T., M.Eng.
NIK : 165111301
Jabatan Struktural : Kepala Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik JTS FTSP UII

Dengan ini menerangkan bahwa :

Nama : FARHAN YUSUF MAIT
N I M : 19511183
Program Studi : S1 Teknik Sipil
Dosen Pembimbing TA : Anggit Mas Arifudin, S.T., M.T.
Instansi : Universitas Islam Indonesia

Telah melaksanakan penelitian / Tugas Akhir di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia dengan judul Tugas Akhir **"ANALISIS PERBANDINGAN JENIS AGREGAT KASAR BATU SPLIT MERAPI, BATU SPLIT CLERENG, DAN BATU KORAL PROGO TERHADAP KUAT TEKAN, KUAT TARIK BELAH, DAN MODULUS ELASTISITAS PADA BETON"** serta sudah menyelesaikan semua administrasinya".

Demikian surat keterangan ini dibuat semoga bisa digunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 8 Januari 2025

Diperiksa oleh :
Kepala Laboratorium BKT,

Astriana Hardawati, S.T., M.Eng.

Di data oleh :
PLP/Teknisi

Win Fauzi Ahmadi, S.Tr.T.

Lampiran 2 Laporan Sementara Hasil Pemeriksaan Agregat

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

Asal Pasir	Merapi
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat pasir kering mutlak, gram (Bk)	494	493	493,5
Berat pasir kondisi jenuh kering muka (SSD), gram	500	500	500
Berat piknometer berisi pasir dan air, gram (Bt)	977	981	979
Berat piknometer berisi air, gram (B)	665	672	668,5
Berat Jenis Curah BK/(BJ-Ba)	2,628	2,581	2,604
Berat Jenis jenuh kering muda (SSD) Bj/(Bj-Ba)	2,660	2,618	2,639
Berat Jenis semu Bk/(Bk-Ba)	2,714	2,679	2,697
Penyerapan Air (Bj-Bk)/Bk x 100%	1,214%	1,419%	1,317%

Diperiksa Oleh:
Laboran

Yogyakarta, Desember 2024
Dikerjakan Oleh:

(.....)

(Farhan Yusuf Mait)

**PEMERIKSAAN MODULUS HALUS BUTIR (MHB) / ANALISIS
SARINGAN AGREGAT HALUS
(SNI 03-1968-1990)**

Asal Pasir	Merapi
Keperluan	Tugas Akhir
Sampel	1

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40,00	0	0	0	100
20,00	0	0	0	100
10,00	0	0	0	100
4,80	0	0,00	0,00	100,00
2,40	103	5,15	5,15	94,85
1,20	601	30,05	35,20	64,80
0,60	572	28,60	63,80	36,20
0,30	448	22,40	86,20	13,80
0,15	229	11,45	97,65	2,35
Sisa	47	2,350	100,000	0
Jumlah	2000	100	288,000	312,000

$$\begin{aligned}\text{Modulus Halus Butir} &= \frac{288,00}{100} \\ &= 2,880\end{aligned}$$

Nilai MHB yang didapatkan adalah sebesar 2,880 dan masih masuk kedalam syarat yaitu 1,5-3,8 (SNI 03-1968-1990).

GRADASI AGREGAT HALUS

Lubang Ayakan (mm)	Persen Butiran yang Lolos Ayakan			
	Daerah I (Kasar)	Daerah II (Agak Kasar)	Daerah III (Agak Halus)	Daerah IV (Halus)
10	100	100	100	100
4,80	90-100	90-100	90-100	95-100
2,40	60-95	75-100	85-100	95-100
1,20	30-70	55-90	75-100	90-100
0,60	15-34	35-59	70-79	80-100
0,30	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-10

(Sumber : SNI 03-2384-2000)

Keterangan:

Daerah I : Pasir Kasar

Daerah II : Pasir Agak Kasar

Daerah III : Pasir Agak Halus

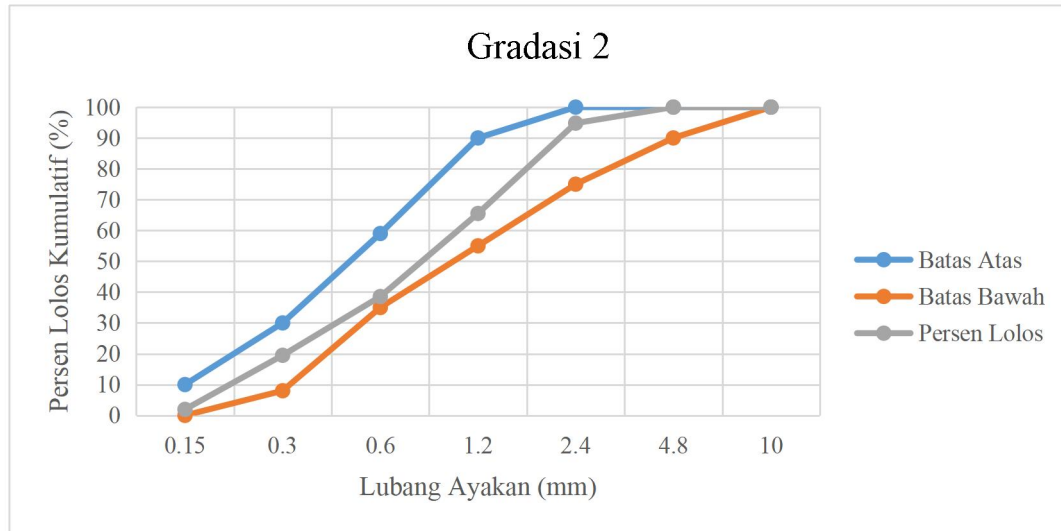
Daerah IV : Pasir Halus

Hasil Analisis Saringan

Pasir masuk daerah : Daerah 2

Jenis pasir : Pasir Agak Kasar

GAMBAR ANALISIS SARINGAN AGREGAT HALUS



Diperiksa Oleh:

Laboran

Yogyakarta, Desember 2024

Dikerjakan Oleh:

(.....)

(Farhan Yusuf Mait)

PEMERIKSAAN MODULUS HALUS BUTIR (MHB) / ANALISIS
SARINGAN AGREGAT HALUS
(SNI 03-1968-1990)

Asal Pasir	Keperluan
Merapi	Tugas Akhir
Sampel	2

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40,00	0	0	0	100
20,00	0	0	0	100
10,00	0	0	0	100
4,80	0	0,00	0,00	100,00
2,40	104	5,20	5,20	94,80
1,20	586	29,30	34,50	65,50
0,60	539	26,95	61,45	38,55
0,30	381	19,05	80,50	19,50
0,15	351	17,55	98,05	1,95
Sisa	39	1,950	100,000	0
Jumlah	2000	100	279,700	320,300

$$\text{Modulus Halus Butir} = \frac{279,700}{100}$$

$$= 2,797$$

Nilai MHB yang didapatkan adalah sebesar 2,797 dan masih masuk kedalam syarat yaitu 1,5-3,8 (SNI 03-1968-1990).

GRADASI AGREGAT HALUS

Lubang Ayakan (mm)	Persen Butiran yang Lolos Ayakan			
	Daerah I (Kasar)	Daerah II (Agak Kasar)	Daerah III (Agak Halus)	Daerah IV (Halus)
10	100	100	100	100
4,80	90-100	90-100	90-100	95-100
2,40	60-95	75-100	85-100	95-100
1,20	30-70	55-90	75-100	90-100
0,60	15-34	35-59	70-79	80-100
0,30	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-10

(Sumber : SNI 03-2384-2000)

Keterangan:

Daerah I : Pasir Kasar

Daerah II : Pasir Agak Kasar

Daerah III : Pasir Agak Halus

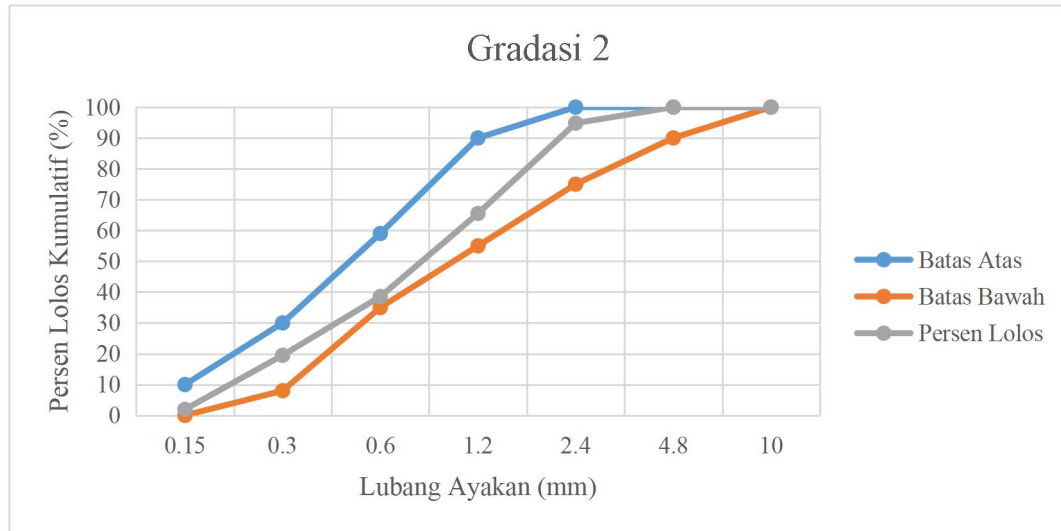
Daerah IV : Pasir Halus

Hasil Analisis Saringan

Pasir masuk daerah : Daerah 2

Jenis pasir : Pasir Agak Kasar

GAMBAR ANALISIS SARINGAN AGREGAT HALUS



Diperiksa Oleh:
Laboran

Yogyakarta, Desember 2024
Dikerjakan Oleh:

(.....)

(Farhan Yusuf Mait)

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

Asal Pasir	Merapi
Keperluan	Tugas Akhir

Ukuran Butir Maksimum	Berat Minimum	Keterangan
4,80 mm	500 gram	Pasir
9,60 mm	1000 gram	Kerikil
19,20 mm	1500 gram	Kerikil
38,00 mm	2500 gram	Kerikil

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Satuan
Berat Agregat Kering Oven (W1)	500	500	gram
Berat Agregat Kering Oven setelah di cuci (W2)	484	488	gram
Kadar Lumpur	3,20	2,40	%
Kadar Lumpur rata-rata	2,80		%

Diperiksa Oleh:
Laboran

Yogyakarta, Desember 2024
Dikerjakan Oleh:

(.....)

(Farhan Yusuf Mait)

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

Asal Pasir	Merapi
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Satuan
Berat Tabung (W1)	10963	10946	gram
Berat Tabung + Agregat SSD (W2)	18451	18468	gram
Berat Agregat (W3)	7488	7522	gram
Diameter Tabung (d)	14,95	14,95	cm
Tinggi Tabung (t)	30,1	30,1	cm
Volume Tabung (V)	5283,707	5283,707	cm ³
Berat Volume Gembur	1,417	1,423	gram/cm ³
Rata-rata Berat Volume Gembur	1,42		gram/cm ³

Diperiksa Oleh:
 Laboran

Yogyakarta, Desember 2024
 Dikerjakan Oleh:

(.....)

(Farhan Yusuf Mait)

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

Asal Pasir	Merapi
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Satuan
Berat Tabung (W1)	10963	10946	gram
Berat Tabung + Agregat SSD (W2)	19797	19684	gram
Berat Agregat (W3)	8834	8738	gram
Diameter Tabung (d)	14,95	14,95	cm
Tinggi Tabung (t)	30,10	30,10	cm
Volume Tabung (V)	5283,707	5283,707	cm ³
Berat Volume Padat	1,671	1,653	gram/cm ³
Rata-rata Berat Volume Padat	1,662		gram/cm ³

Diperiksa Oleh:
 Laboran

Yogyakarta, Desember 2024
 Dikerjakan Oleh:

(.....)

(Farhan Yusuf Mait)

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

Asal Kerikil	Merapi
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat Kerikil Mutlak (Bk), gram	4928	4958	4943
Berat Kerikil Jenuh kering muka (bj), gram	5000	5000	5000
Berat kerikil dalam air, gram (Ba)	3053	3031	3042
Berat Jenis Curah BK/(BJ-Ba)	2,531	2,518	2,525
Berat Jenis jenuh kering muka (SSD) Bj/ (Bj-Ba)	2,568	2,539	2,554
Berat Jenis semu Bk/(Bk-Ba)	2,628	2,573	2,601
Penyerapan Air (Bj-Bk)/Bk x 100%	1,46%	0,85%	1,15%

Diperiksa Oleh:
 Laboran

Yogyakarta, Desember 2024
 Dikerjakan Oleh:

(.....)

(Farhan Yusuf Mait)

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

Asal Kerikil	Clereng
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat Kerikil Mutlak (Bk), gram	4826	4794	4810
Berat Kerikil Jenuh kering muka (bj), gram	5000	5000	5000
Berat kerikil dalam air, gram (Ba)	3012	3002	3007
Berat Jenis Curah BK/(BJ-Ba)	2,428	2,399	2,413
Berat Jenis jenuh kering muka (SSD) Bj/ (Bj-Ba)	2,515	2,503	2,509
Berat Jenis semu Bk/(Bk-Ba)	2,660	2,675	2,668
Penyerapan Air (Bj-Bk)/Bk x 100%	3,61%	4,30%	3,95%

Diperiksa Oleh:
 Laboran

Yogyakarta, Desember 2024
 Dikerjakan Oleh:

(.....)

(Farhan Yusuf Mait)

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

Asal Kerikil	Koral Progo
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat Kerikil Mutlak (Bk), gram	4799	4793	4796
Berat Kerikil Jenuh kering muka (bj), gram	5000	5000	5000
Berat kerikil dalam air, gram (Ba)	3067	3005	3036
Berat Jenis Curah BK/(BJ-Ba)	2,483	2,403	2,443
Berat Jenis jenuh kering muka (SSD) Bj/ (Bj-Ba)	2,587	2,506	2,546
Berat Jenis semu Bk/(Bk-Ba)	2,771	2,681	2,726
Penyerapan Air (Bj-Bk)/Bk x 100%	4,19%	4,32%	4,25%

Diperiksa Oleh:
 Laboran

Yogyakarta, Desember 2024
 Dikerjakan Oleh:

(.....)

(Farhan Yusuf Mait)

**PEMERIKSAAN MODULUS HALUS BUTIR (MHB) / ANALISIS
SARINGAN AGREGAT KASAR
(SNI 03-1968-1990)**

Asal Kerikil	Merapi
Keperluan	Tugas Akhir
Sampel	1

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40,00	0	0	0	100
20,00	14	0,28	0,28	99,72
10,00	3654	73,08	73,36	26,64
4,80	1227	24,54	97,9	2,10
2,40	26	0,52	98,42	1,58
1,20	9	0,18	98,6	1,40
0,60	0	0	98,6	1,40
0,30	0	0	98,6	1,40
0,15	0	0	98,6	1,40
Sisa	70	1,4	100	0,00
Jumlah	5000	100	664,36	235,64

$$\begin{aligned}\text{Modulus Halus Butir} &= \frac{664,36}{100} \\ &= 6,643\end{aligned}$$

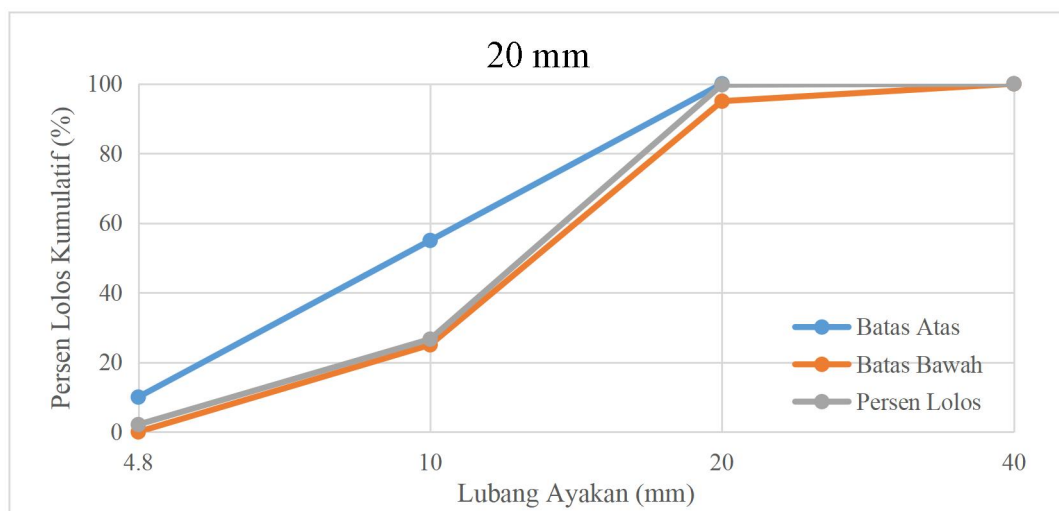
Nilai MHB yang didapatkan adalah sebesar 6,643 dan masih masuk kedalam syarat yaitu 6-7,1 (SNI 03-1968-1990).

GRADASI AGREGAT KASAR

Lubang Ayakan (mm)	Persen Butiran yang Lolos Ayakan	
	40 mm	20 mm
40	95-100	100
20	37-70	95-100
10	10-40	30-60
4,8	0-5	0-10

(Sumber : SNI 03-2384-2000)

GAMBAR ALISA SARINGAN AGREGAT KASAR



Diperiksa Oleh:

Laboran

Yogyakarta, Desember 2024

Dikerjakan Oleh:

(.....)

(Farhan Yusuf Mait)

**PEMERIKSAAN MODULUS HALUS BUTIR (MHB) / ANALISIS
SARINGAN AGREGAT KASAR
(SNI 03-1968-1990)**

Asal Kerikil	Merapi
Keperluan	Tugas Akhir
Sampel	2

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40,00	0	0	0	100
20,00	12	0,24	0,24	99,76
10,00	3609	72,18	72,42	27,58
4,80	1274	25,48	97,9	2,10
2,40	9	0,18	98,08	1,92
1,20	6	0,12	98,2	1,80
0,60	0	0	98,2	1,80
0,30	0	0	98,2	1,80
0,15	0	0	98,2	1,80
Sisa	90	1,8	100	0,00
Jumlah	5000	100	661,44	238,56

$$\begin{aligned}\text{Modulus Halus Butir} &= \frac{661,44}{100} \\ &= 6,614\end{aligned}$$

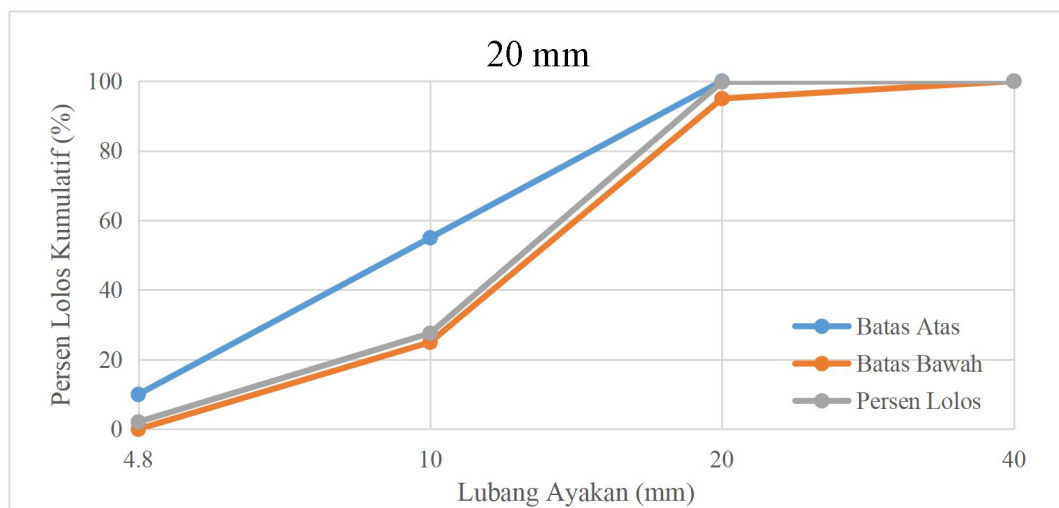
Nilai MHB yang didapatkan adalah sebesar 6,614 dan masih masuk kedalam syarat yaitu 6-7,1 (SNI 03-1968-1990).

GRADASI AGREGAT KASAR

Lubang Ayakan (mm)	Persen Butiran yang Lolos Ayakan	
	40 mm	20 mm
40	95-100	100
20	37-70	95-100
10	10-40	30-60
4,8	0-5	0-10

(Sumber : SNI 03-2384-2000)

GAMBAR ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR



Diperiksa Oleh:

Laboran

Yogyakarta, Desember 2024

Dikerjakan Oleh:

(.....)

(Farhan Yusuf Mait)

**PEMERIKSAAN MODULUS HALUS BUTIR (MHB) / ANALISIS
SARINGAN AGREGAT KASAR
(SNI 03-1968-1990)**

Asal Kerikil	Clereng
Keperluan	Tugas Akhir
Sampel	1

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40,00	0	0	0	100
20,00	18	0,36	0,36	99,64
10,00	3182	63,64	64	36,00
4,80	1766	35,32	99,32	0,68
2,40	10	0,2	99,52	0,48
1,20	1	0,02	99,54	0,46
0,60	6	0,12	99,66	0,34
0,30	0	0	99,66	0,34
0,15	0	0	99,66	0,34
Sisa	17	0,34	100	0,00
Jumlah	5000	100	661,72	238,28

$$\begin{aligned}\text{Modulus Halus Butir} &= \frac{661,72}{100} \\ &= 6,617\end{aligned}$$

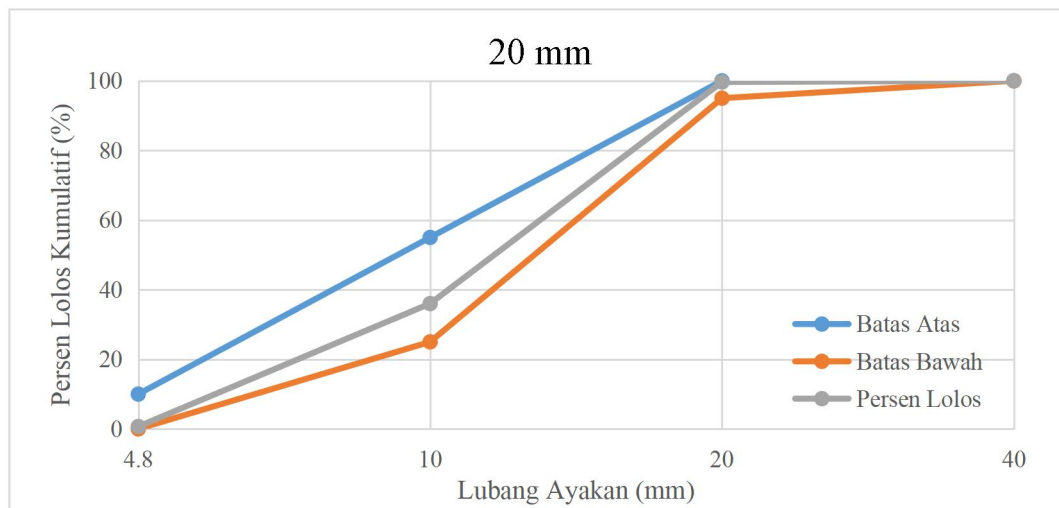
Nilai MHB yang didapatkan adalah sebesar 6,617 dan masih masuk kedalam syarat yaitu 6-7,1 (SNI 03-1968-1990).

GRADASI AGREGAT KASAR

Lubang Ayakan (mm)	Persen Butiran yang Lolos Ayakan	
	40 mm	20 mm
40	95-100	100
20	37-70	95-100
10	10-40	30-60
4,8	0-5	0-10

(Sumber : SNI 03-2384-2000)

GAMBAR ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR



Diperiksa Oleh:
Laboran

Yogyakarta, Desember 2024
Dikerjakan Oleh:

(.....)

(Farhan Yusuf Mait)

**PEMERIKSAAN MODULUS HALUS BUTIR (MHB) / ANALISIS
SARINGAN AGREGAT KASAR
(SNI 03-1968-1990)**

Asal Kerikil	Clereng
Keperluan	Tugas Akhir
Sampel	2

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40,00	0	0	0	100
20,00	7	0,14	0,14	99,86
10,00	3524	70,48	70,62	29,38
4,80	1418	28,36	98,98	1,02
2,40	21	0,42	99,4	0,60
1,20	8	0,16	99,56	0,44
0,60	4	0,08	99,64	0,36
0,30	0	0	99,64	0,36
0,15	0	0	99,64	0,36
Sisa	18	0,36	100	0,00
Jumlah	5000	100	667,62	232,38

$$\begin{aligned}\text{Modulus Halus Butir} &= \frac{667,62}{100} \\ &= 6,676\end{aligned}$$

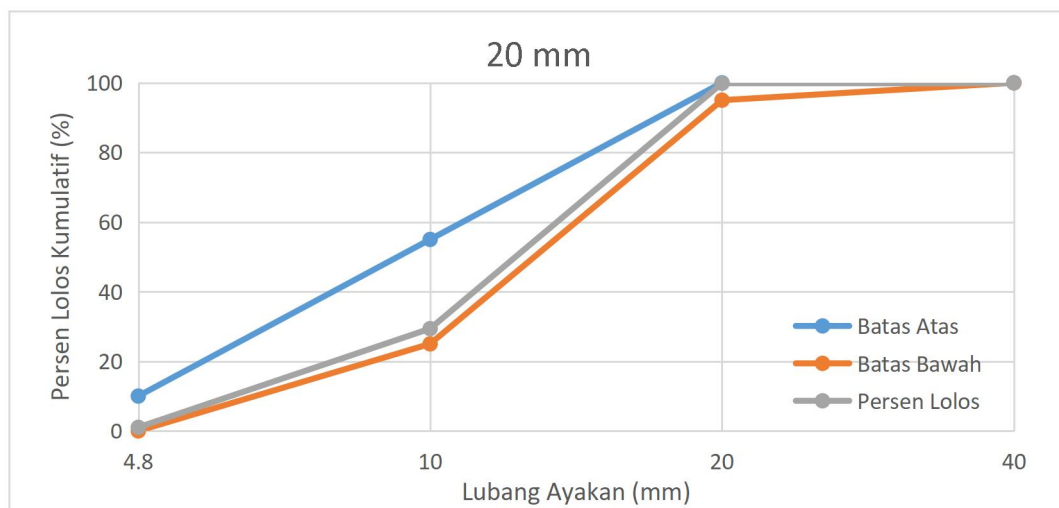
Nilai MHB yang didapatkan adalah sebesar 6,676 dan masih masuk kedalam syarat yaitu 6-7,1 (SNI 03-1968-1990).

GRADASI AGREGAT KASAR

Lubang Ayakan (mm)	Persen Butiran yang Lolos Ayakan	
	40 mm	20 mm
40	95-100	100
20	37-70	95-100
10	10-40	30-60
4,8	0-5	0-10

(Sumber : SNI 03-2384-2000)

GAMBAR ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR



Diperiksa Oleh:
Laboran

Yogyakarta, Desember 2024
Dikerjakan Oleh:

(.....)

(Farhan Yusuf Mait)

**PEMERIKSAAN MODULUS HALUS BUTIR (MHB) / ANALISIS
SARINGAN AGREGAT KASAR
(SNI 03-1968-1990)**

Asal Kerikil	Koral Progo
Keperluan	Tugas Akhir
Sampel	1

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40,00	0	0	0	100
20,00	13	0,26	0,26	99,74
10,00	3595	71,9	72,16	27,84
4,80	1258	25,16	97,32	2,68
2,40	67	1,34	98,66	1,34
1,20	51	1,02	99,68	0,32
0,60	0	0	99,68	0,32
0,30	0	0	99,68	0,32
0,15	0	0	99,68	0,32
Sisa	16	0,32	100	0,00
Jumlah	5000	100	667,12	232,88

$$\text{Modulus Halus Butir} = \frac{667,12}{100} \\ = 6,676$$

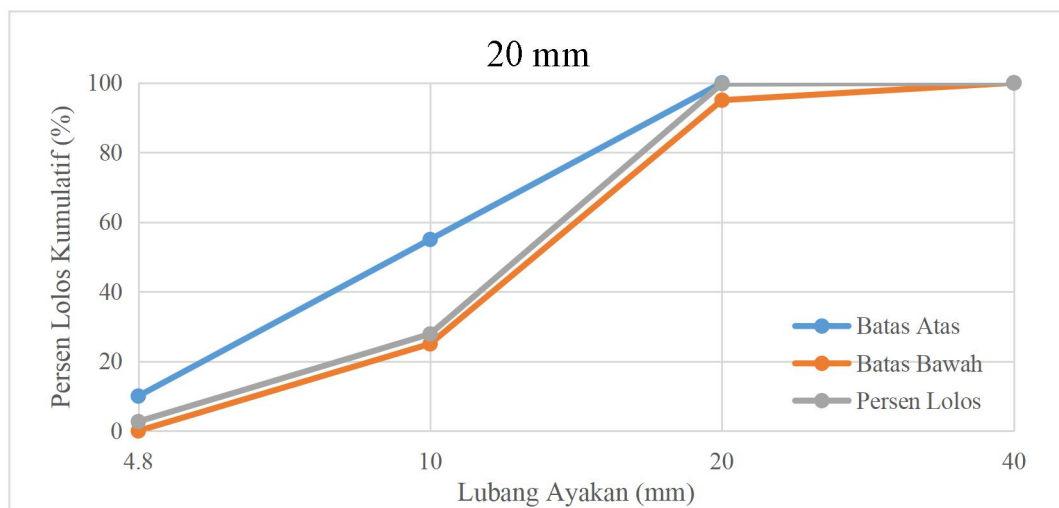
Nilai MHB yang didapatkan adalah sebesar 6,671 dan masih masuk kedalam syarat yaitu 6-7,1 (SNI 03-1968-1990).

GRADASI AGREGAT KASAR

Lubang Ayakan (mm)	Persen Butiran yang Lolos Ayakan	
	40 mm	20 mm
40	95-100	100
20	37-70	95-100
10	10-40	30-60
4,8	0-5	0-10

(Sumber : SNI 03-2384-2000)

GAMBAR ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR



Diperiksa Oleh:
Laboran

Yogyakarta, Desember 2024
Dikerjakan Oleh:

(.....)

(Farhan Yusuf Mait)

**PEMERIKSAAN MODULUS HALUS BUTIR (MHB) / ANALISIS
SARINGAN AGREGAT KASAR
(SNI 03-1968-1990)**

Asal Kerikil	Koral Progo
Keperluan	Tugas Akhir
Sampel	2

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40,00	0	0	0	100
20,00	9	0,18	0,18	99,82
10,00	3522	70,44	70,62	29,38
4,80	1318	26,36	96,98	3,02
2,40	71	1,42	98,4	1,60
1,20	58	1,16	99,56	0,44
0,60	4	0,08	99,64	0,36
0,30	0	0	99,64	0,36
0,15	0	0	99,64	0,36
Sisa	18	0,36	100	0,00
Jumlah	5000	100	664,66	235,34

$$\begin{aligned}\text{Modulus Halus Butir} &= \frac{664,66}{100} \\ &= 6,676\end{aligned}$$

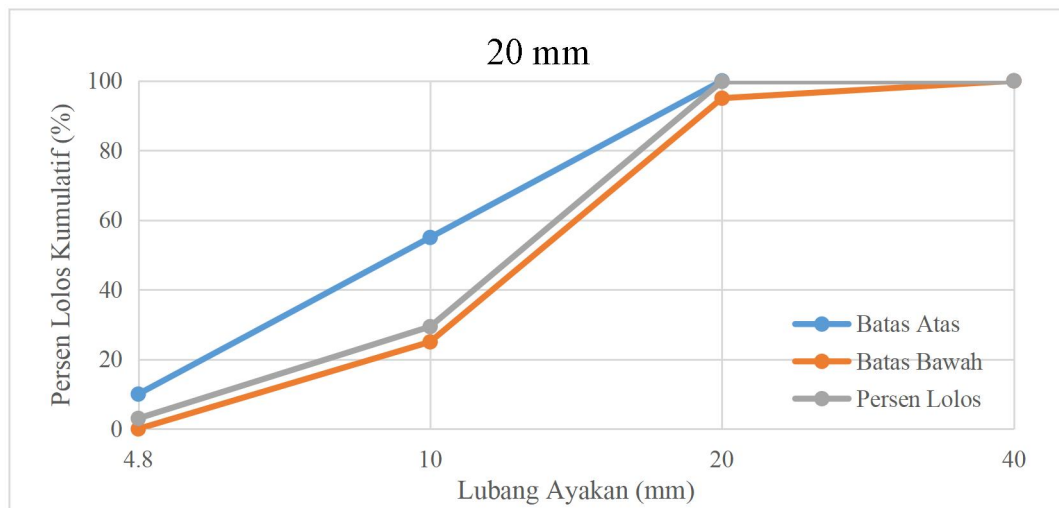
Nilai MHB yang didapatkan adalah sebesar 6,646 dan masih masuk kedalam syarat yaitu 6-7,1 (SNI 03-1968-1990).

GRADASI AGREGAT KASAR

Lubang Ayakan (mm)	Persen Butiran yang Lolos Ayakan	
	40 mm	20 mm
40	95-100	100
20	37-70	95-100
10	10-40	30-60
4,8	0-5	0-10

(Sumber : SNI 03-2384-2000)

GAMBAR ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR



Diperiksa Oleh:
Laboran

Yogyakarta, Desember 2024
Dikerjakan Oleh:

(.....)

(Farhan Yusuf Mait)

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

Asal Kerikil	Merapi
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Satuan
Berat Tabung (W1)	10954	10962	gram
Berat Tabung + Agregat SSD (W2)	17635	17729	gram
Berat Agregat (W3)	6681	6767	gram
Diameter Tabung (d)	14,95	14,95	cm
Tinggi Tabung (t)	30,1	30,1	cm
Volume Tabung (V)	5283,70	5283,70	cm ³
Berat Volume Gembur	1,264	1,280	gram/cm ³
Rata-rata Berat Volume Gembur	1,272		gram/cm ³

Diperiksa Oleh:
 Laboran

Yogyakarta, Desember 2024
 Dikerjakan Oleh:

(.....)

(Farhan Yusuf Mait)

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

Asal Kerikil	Clereng
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Satuan
Berat Tabung (W1)	10954	10962	gram
Berat Tabung + Agregat SSD (W2)	18778	19408	gram
Berat Agregat (W3)	7824	8446	gram
Diameter Tabung (d)	14,95	14,95	cm
Tinggi Tabung (t)	30,1	30,1	cm
Volume Tabung (V)	5283,70	5283,70	cm ³
Berat Volume Gembur	1,480	1,598	gram/cm ³
Rata-rata Berat Volum Gembur	1,539		gram/cm ³

Diperiksa Oleh:
 Laboran

Yogyakarta, Desember 2024
 Dikerjakan Oleh:

(.....)

(Farhan Yusuf Mait)

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

Asal Kerikil	Koral Progo
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Satuan
Berat Tabung (W1)	10954	10962	gram
Berat Tabung + Agregat SSD (W2)	18379	18402	gram
Berat Agregat (W3)	7425	7440	gram
Diameter Tabung (d)	14,95	14,95	cm
Tinggi Tabung (t)	30,1	30,1	cm
Volume Tabung (V)	5283,707	5283,707	cm ³
Berat Volume Gembur	1,405	1,408	gram/cm ³
Rata-rata Berat Volume Gembur	1,406		gram/cm ³

Diperiksa Oleh:
 Laboran

Yogyakarta, Desember 2024
 Dikerjakan Oleh:

(.....)

(Farhan Yusuf Mait)

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

Asal Kerikil	Merapi
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Satuan
Berat Tabung (W1)	10954	10962	gram
Berat Tabung + Agregat SSD (W2)	18882	19191	gram
Berat Agregat (W3)	7928	8229	gram
Diameter Tabung (d)	14,9500	14,9500	cm
Tinggi Tabung (t)	30,1	30,1	cm
Volume Tabung (V)	5283,70	5283,70	cm ³
Berat Volume Padat	1,500	1,557	gram/cm ³
Rata-rata Berat Volume Padat	1,528		gram/cm ³

Diperiksa Oleh:
 Laboran

Yogyakarta, Desember 2024
 Dikerjakan Oleh:

(.....)

(Farhan Yusuf Mait)

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

Asal Kerikil	Clereng
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Satuan
Berat Tabung (W1)	10954	10962	gram
Berat Tabung + Agregat SSD (W2)	19654	20056	gram
Berat Agregat (W3)	8700	9094	gram
Diameter Tabung (d)	14,9500	14,9500	cm
Tinggi Tabung (t)	30,1	30,1	cm
Volume Tabung (V)	5283,70	5283,70	cm ³
Berat Volume Padat	1,646	1,721	gram/cm ³
Rata-ata Berat Volume Padat	1,683		gram/cm ³

Diperiksa Oleh:
 Laboran

Yogyakarta, Desember 2024
 Dikerjakan Oleh:

(.....)

(Farhan Yusuf Mait)

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

Asal Kerikil	Koral Progo
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Satuan
Berat Tabung (W1)	10954	10962	gram
Berat Tabung + Agregat SSD (W2)	19124	19219	gram
Berat Agregat (W3)	8170	8257	gram
Diameter Tabung (d)	14,9500	14,9500	cm
Tinggi Tabung (t)	30,1	30,1	cm
Volume Tabung (V)	5283,70	5283,70	cm ³
Berat Volume Padat	1,546	1,562	gram/cm ³
Rata-rata Berat Volume Padat	1,554		gram/cm ³

Diperiksa Oleh:
 Laboran

Yogyakarta, Desember 2024
 Dikerjakan Oleh:

(.....)

(Farhan Yusuf Mait)

Lampiran 3 Laporan Sementara Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Jenis	Kode Sampel	Diameter	Tinggi	Luas Penampang	Beban Maksimum	Kuat Tekan	Kuat Tekan rata-
		(mm)	(mm)	(mm ²)	(kN)	(Mpa)	(Mpa)
SPLIT MERAPI	SM-TM-1	148,933	300,125	17421,025	513,7	29,487	27,92
	SM-TM-2	150,767	301,300	17852,562	477,7	26,758	
	SM-TM-3	151,867	303,667	18114,018	516,6	28,519	
	SM-TM-4	150,600	299,533	17813,113	470,5	26,413	
	SM-TM-5	151,700	301,733	18074,282	522,800	28,925	
	SM-TM-6	152,666	304,566	18305,362	505,2	27,598	
	SM-TM-7	150,3	301,9	17742,215	502,3	28,311	
	SM-TM-8	150,766	302,466	17852,561	537,9	30,130	
	SM-TM-9	150,566	302,75	17805,228	438,5	24,628	
	SM-TM-10	150,366	302,133	17757,958	504,8	28,427	
SPLIT CLERENG	SC-TM-1	151,600	302,350	18050,460	445,1	24,659	26,25
	SC-TM-2	150,750	301,300	17848,615	446,7	25,027	
	SC-TM-3	149,900	300,700	17647,905	465,8	26,394	

	SC-TM-4	151,867	303,667	18114,018	510,6	28,188	
	SC-TM-5	150,500	301,600	17789,465	455,100	25,583	
	SC-TM-6	150,666	301,833	17828,887	495,7	27,803	
	SC-TM-7	150,6	301,133	17813,113	457,5	25,683	
	SC-TM-8	152,00	304,00	18145,839	455,890	25,124	
	SC-TM-9	151,500	302,450	18026,655	460,4	25,540	
	SC-TM-10	151,200	301,850	17955,333	511,800	28,504	
KORAL PROGO	KP-TM-1	149,466	304,366	17546,018	357,4	20,369	22,43
	KP-TM-2	151,766	301,9	18090,171	316	17,468	
	KP-TM-3	148,7	302,166	17366,481	332	19,117	
	KP-TM-4	151,166	303,133	17947,417	496,4	27,659	
	KP-TM-5	150,733	302,566	17844,669	513,2	28,759	
	KP-TM-6	152,433	303,133	18249,450	394,3	21,606	
	KP-TM-7	149,4	301,933	17530,370	342,8	19,555	
	KP-TM-8	150,5	301,4	17789,465	391,2	21,991	
	KP-TM-9	150,8	300,366	17860,457	545,1	30,520	

	KP-TM-10	151,533	302	18034,588	311,8	17,289	
--	----------	---------	-----	-----------	-------	--------	--

Lampiran 4 Laporan Sementara Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Jenis	Kode Sampel	Diameter	Tinggi	Luas Penampang	Beban Maksimum	Kuat Tekan	Kuat Tekan rata-
		(mm)	(mm)	(mm ²)	(kN)	(Mpa)	(Mpa)
SPLIT MERAPI	SM-TB-1	148,933	302,667	141614,061	188	2,655	2,57
	SM-TB-2	150,767	301,333	142725,766	192	2,690	
	SM-TB-3	151,867	301,200	143703,485	168	2,338	
	SM-TB-4	150,600	302,733	143230,361	173	2,416	
	SM-TB-5	151,700	301,167	143529,891	197	2,745	
SPLIT CLERENG	SC-TB-1	149,267	302,333	141774,701	152	2,144	2,46
	SC-TB-2	151,200	300,833	142898,483	180	2,519	
	SC-TB-3	150,467	301,000	142284,197	202	2,839	
	SC-TB-4	149,500	301,667	141683,211	188	2,654	
	SC-TB-5	150,833	301,000	142630,924	152	2,131	
KORAL PROGO	KP-TB-1	150,566	304,366	143971,257	138	1,917	2,08
	KP-TB-2	150,933	301,9	143152,240	164	2,291	
	KP-TB-3	150,733	302,166	143088,829	137	1,915	

	KP-TB-4	150,1	303,133	142943,450	162	2,267	
	KP-TB-5	151,066	302,566	143595,093	144	2,006	

Lampiran 5 Laporan Sementara Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Beton

Jenis	Split Merapi
Jumlah Sampel	10
Benda Uji	SM-TM-01

Mutu beton rencana.		=	25	MPa
Diameter.	L	=	14,893	cm
Tinggi.	B	=	30,013	cm
Luas penampang uji,	A	=	174	cm ²
		=	17421	mm ²
Panjang awal ekstensiometer,	L_o	=	200,0	mm
Beban maksimum,	P_u	=	513,7	kN
		=	513700	N
40% Beban maksimum	$0.4P_u$	=	205,48	kN
		=	205480	kN

Beban (P)		Ekstensiometer	Deformasi (ΔL)	Regangan (ϵ')	Tegangan (σ)
kN	N	... x 10 ³ mm	mm		MPa
10	10000	5	0,0025	0,00001250	0,57
20	20000	12	0,006	0,00003000	1,15
30	30000	23	0,0115	0,00005750	1,72
40	40000	36	0,018	0,00009000	2,30
50	50000	57	0,0285	0,00014250	2,87
60	60000	62	0,031	0,00015500	3,44
70	70000	74	0,037	0,00018500	4,02
80	80000	92	0,046	0,00023000	4,59
90	90000	106	0,053	0,00026500	5,17

100	100000	123	0,0615	0,00030750	5,74
110	110000	137	0,0685	0,00034250	6,31
120	120000	151	0,0755	0,00037750	6,89
130	130000	166	0,083	0,00041500	7,46
140	140000	178	0,089	0,00044500	8,04
150	150000	186	0,093	0,00046500	8,61
160	160000	192	0,096	0,00048000	9,18

Jenis	Split Merapi
Jumlah Sampel	10
Benda Uji	SM-TM-02

Mutu beton rencana,		=	25	MPa
Diameter,	L	=	15,08	cm
Tinggi,	B	=	30,13	cm
Luas penampang uji,	A	=	179	cm ²
		=	17853	mm ²
Panjang awal ekstensiometer,	L_o	=	200,0	mm
Beban maksimum,	P_u	=	477,7	kN
		=	477700	N
40% Beban maksimum	$0.4P_u$	=	191,08	kN
		=	191080	N

Beban (P)		Ekstensiometer	Deformasi (ΔL)	Regangan (ϵ')	Tegangan (σ)
kN	N	... x 10 ³ mm	mm	%	MPa
10	10000	4	0,002	0,001%	0,56
20	20000	11	0,0055	0,003%	1,12
30	30000	22	0,011	0,006%	1,68
40	40000	35	0,0175	0,009%	2,24
50	50000	56	0,028	0,014%	2,80
60	60000	61	0,0305	0,015%	3,36
70	70000	73	0,0365	0,018%	3,92
80	80000	91	0,0455	0,023%	4,48
90	90000	102	0,051	0,026%	5,04
100	100000	124	0,062	0,031%	5,60

110	110000	136	0,068	0,034%	6,16
120	120000	144	0,072	0,036%	6,72
130	130000	162	0,081	0,041%	7,28
140	140000	179	0,0895	0,045%	7,84
150	150000	184	0,092	0,046%	8,40
160	160000	190	0,095	0,048%	8,96

Jenis	Split Merapi
Jumlah Sampel	10
Benda Uji	SM-TM-03

Mutu beton rencana,		=	25	MPa
Diameter,	L	=	15,19	cm
Tinggi,	B	=	30,37	cm
Luas penampang uji,	A	=	181	cm ²
		=	18114	mm ²
Panjang awal ekstensiometer,	L_o	=	200,0	mm
Beban maksimum,	P_u	=	516,6	kN
		=	516600	N
40% Beban maksimum	$0.4P_u$	=	206,64	kN
		=	206640	kN

Beban (P)		Ekstensiometer	Deformasi (ΔL)	Regangan (ϵ')	Tegangan (σ)
kN	N	... x 10 ³ mm	mm	%	MPa
10	10000	4	0,002	0,001%	0,55
20	20000	11	0,0055	0,003%	1,10
30	30000	18	0,009	0,005%	1,66
40	40000	24	0,012	0,006%	2,21
50	50000	33	0,0165	0,008%	2,76
60	60000	41	0,0205	0,010%	3,31
70	70000	45	0,0225	0,011%	3,86
80	80000	52	0,026	0,013%	4,42
90	90000	62	0,031	0,016%	4,97
100	100000	71	0,0355	0,018%	5,52

110	110000	76	0,038	0,019%	6,07
120	120000	84	0,042	0,021%	6,62
130	130000	94	0,047	0,024%	7,18
140	140000	102	0,051	0,026%	7,73
150	150000	111	0,0555	0,028%	8,28
160	160000	120	0,06	0,030%	8,83
170	170000	127	0,0635	0,032%	9,38
180	180000	135	0,0675	0,034%	9,94
190	190000	144	0,072	0,036%	10,49
200	200000	156	0,078	0,039%	11,04
210	210000	166	0,083	0,042%	11,59
220	220000	181	0,0905	0,045%	12,15
230	230000	187	0,0935	0,047%	12,70
240	240000	194	0,097	0,049%	13,25

Jenis	Split Merapi
Jumlah Sampel	10
Benda Uji	SM-TM-04

Mutu beton rencana,		=	25	MPa
Diameter,	L	=	15,06	cm
Tinggi,	B	=	29,95	cm
Luas penampang uji,	A	=	178	cm ²
		=	17813	mm ²
Panjang awal ekstensiometer,	L_o	=	200,0	mm
Beban maksimum,	P_u	=	470,5	kN
		=	470500	N
40% Beban maksimum	$0.4P_u$	=	188,2	kN
		=	188200	kN

Beban (P)		Ekstensiometer	Deformasi (ΔL)	Regangan (ϵ')	Tegangan (σ)
kN	N	... x 10 ³ mm	mm	%	MPa
10	10000	3	0,0015	0,001%	0,56
20	20000	9	0,0045	0,002%	1,12
30	30000	16	0,008	0,004%	1,68
40	40000	22	0,011	0,006%	2,25
50	50000	31	0,0155	0,008%	2,81
60	60000	39	0,0195	0,010%	3,37
70	70000	43	0,0215	0,011%	3,93
80	80000	50	0,025	0,013%	4,49
90	90000	60	0,03	0,015%	5,05
100	100000	70	0,035	0,018%	5,61

110	110000	74	0,037	0,019%	6,18
120	120000	82	0,041	0,021%	6,74
130	130000	92	0,046	0,023%	7,30
140	140000	100	0,05	0,025%	7,86
150	150000	109	0,0545	0,027%	8,42
160	160000	118	0,059	0,030%	8,98
170	170000	125	0,0625	0,031%	9,54
180	180000	133	0,0665	0,033%	10,10
190	190000	142	0,071	0,036%	10,67
200	200000	154	0,077	0,039%	11,23
210	210000	164	0,082	0,041%	11,79
220	220000	179	0,0895	0,045%	12,35
230	230000	185	0,0925	0,046%	12,91

Jenis	Split Merapi
Jumlah Sampel	10
Benda Uji	SM-TM-05

Mutu beton rencana,		=	25	MPa
Diameter,	L	=	15,17	cm
Tinggi,	B	=	30,17	cm
Luas penampang uji,	A	=	181	cm ²
		=	18074	mm ²
Panjang awal ekstensiometer,	L_o	=	200,0	mm
Beban maksimum,	P_u	=	522,800	kN
		=	522800	N
40% Beban maksimum	$0.4P_u$	=	209,12	kN
		=	209120	kN

Beban (P)		Ekstensiometer	Deformasi (ΔL)	Regangan (ϵ')	Tegangan (σ)
kN	N	... x 10 ³ mm	mm	%	MPa
10	10000	2	0,001	0,001%	0,55
20	20000	11	0,0055	0,003%	1,11
30	30000	18	0,009	0,005%	1,66
40	40000	25	0,0125	0,006%	2,21
50	50000	32	0,016	0,008%	2,77
60	60000	39	0,0195	0,010%	3,32
70	70000	46	0,023	0,012%	3,87
80	80000	53	0,0265	0,013%	4,43
90	90000	60	0,03	0,015%	4,98
100	100000	67	0,0335	0,017%	5,53

110	110000	74	0,037	0,019%	6,09
120	120000	81	0,0405	0,020%	6,64
130	130000	88	0,044	0,022%	7,19
140	140000	97	0,0485	0,024%	7,75
150	150000	106	0,053	0,027%	8,30
160	160000	115	0,0575	0,029%	8,85
170	170000	124	0,062	0,031%	9,41
180	180000	133	0,0665	0,033%	9,96
190	190000	145	0,0725	0,036%	10,51
200	200000	157	0,0785	0,039%	11,07
210	210000	169	0,0845	0,042%	11,62
220	220000	181	0,0905	0,045%	12,17
230	230000	195	0,0975	0,049%	12,73

Jenis	Split Merapi
Jumlah Sampel	10
Benda Uji	SM-TM-06

Mutu beton rencana,		=	25	MPa
Diameter,	L	=	15,27	cm
Tinggi,	B	=	30,46	cm
Luas penampang uji,	A	=	183	cm ²
		=	18305	mm ²
Panjang awal ekstensiometer,	L_o	=	200,0	mm
Beban maksimum,	P_u	=	505,200	kN
		=	505200	N
40% Beban maksimum	$0.4P_u$	=	202,08	kN
		=	202080	kN

Beban (P)		Ekstensiometer	Deformasi (ΔL)	Regangan (ϵ')	Tegangan (σ)
kN	N	... x 10 ³ mm	mm	%	MPa
10	10000	3	0,0015	0,001%	0,55
20	20000	12	0,006	0,003%	1,09
30	30000	17	0,0085	0,004%	1,64
40	40000	22	0,011	0,006%	2,19
50	50000	31	0,0155	0,008%	2,73
60	60000	43	0,0215	0,011%	3,28
70	70000	44	0,022	0,011%	3,82
80	80000	54	0,027	0,014%	4,37
90	90000	65	0,0325	0,016%	4,92
100	100000	73	0,0365	0,018%	5,46

110	110000	79	0,0395	0,020%	6,01
120	120000	85	0,0425	0,021%	6,56
130	130000	93	0,0465	0,023%	7,10
140	140000	102	0,051	0,026%	7,65
150	150000	118	0,059	0,030%	8,19
160	160000	123	0,0615	0,031%	8,74
170	170000	129	0,0645	0,032%	9,29
180	180000	135	0,0675	0,034%	9,83
190	190000	144	0,072	0,036%	10,38
200	200000	153	0,0765	0,038%	10,93
210	210000	166	0,083	0,042%	11,47
220	220000	183	0,0915	0,046%	12,02
230	230000	189	0,0945	0,047%	12,56
240	240000	195	0,0975	0,049%	13,11

Jenis	Split Merapi
Jumlah Sampel	10
Benda Uji	SM-TM-07

Mutu beton rencana,		=	25	MPa
Diameter,	L	=	15,03	cm
Tinggi,	B	=	30,19	cm
Luas penampang uji,	A	=	177	cm ²
		=	17742	mm ²
Panjang awal ekstensiometer,	L_o	=	200,0	mm
Beban maksimum,	P_u	=	502,300	kN
		=	502300	N
40% Beban maksimum	$0.4P_u$	=	200,92	kN
		=	200920	kN

Beban (P)		Ekstensiometer	Deformasi (ΔL)	Regangan (ϵ')	Tegangan (σ)
kN	N	... x 10 ³ mm	mm	%	MPa
10	10000	4	0,002	0,001%	0,56
20	20000	13	0,0065	0,003%	1,13
30	30000	20	0,01	0,005%	1,69
40	40000	39	0,0195	0,010%	2,25
50	50000	46	0,023	0,012%	2,82
60	60000	53	0,0265	0,013%	3,38
70	70000	61	0,0305	0,015%	3,95
80	80000	69	0,0345	0,017%	4,51
90	90000	78	0,039	0,020%	5,07
100	100000	87	0,0435	0,022%	5,64

110	110000	94	0,047	0,024%	6,20
120	120000	103	0,0515	0,026%	6,76
130	130000	112	0,056	0,028%	7,33
140	140000	122	0,061	0,031%	7,89
150	150000	132	0,066	0,033%	8,45
160	160000	141	0,0705	0,035%	9,02
170	170000	142	0,071	0,036%	9,58
180	180000	154	0,077	0,039%	10,15
190	190000	164	0,082	0,041%	10,71
200	200000	174	0,087	0,044%	11,27
210	210000	186	0,093	0,047%	11,84
220	220000	195	0,0975	0,049%	12,40

Jenis	Split Merapi
Jumlah Sampel	10
Benda Uji	SM-TM-08

Mutu beton rencana,		=	25	MPa
Diameter,	L	=	15,08	cm
Tinggi,	B	=	30,25	cm
Luas penampang uji,	A	=	179	cm ²
		=	17853	mm ²
Panjang awal ekstensiometer,	L_o	=	200,0	mm
Beban maksimum,	P_u	=	537,900	kN
		=	537900	N
40% Beban maksimum	$0.4P_u$	=	215,16	kN
		=	215160	kN

Beban (P)		Ekstensiometer	Deformasi (ΔL)	Regangan (ϵ')	Tegangan (σ)
kN	N	... x 10 ³ mm	mm	%	MPa
10	10000	5	0,0025	0,001%	0,56
20	20000	14	0,007	0,004%	1,12
30	30000	20	0,01	0,005%	1,68
40	40000	27	0,0135	0,007%	2,24
50	50000	35	0,0175	0,009%	2,80
60	60000	42	0,021	0,011%	3,36
70	70000	50	0,025	0,013%	3,92
80	80000	54	0,027	0,014%	4,48
90	90000	63	0,0315	0,016%	5,04
100	100000	71	0,0355	0,018%	5,60

110	110000	74	0,037	0,019%	6,16
120	120000	81	0,0405	0,020%	6,72
130	130000	90	0,045	0,023%	7,28
140	140000	97	0,0485	0,024%	7,84
150	150000	109	0,0545	0,027%	8,40
160	160000	119	0,0595	0,030%	8,96
170	170000	127	0,0635	0,032%	9,52
180	180000	137	0,0685	0,034%	10,08
190	190000	147	0,0735	0,037%	10,64
200	200000	160	0,08	0,040%	11,20
210	210000	173	0,0865	0,043%	11,76
220	220000	184	0,092	0,046%	12,32
230	230000	197	0,0985	0,049%	12,88

Jenis	Split Merapi
Jumlah Sampel	10
Benda Uji	SM-TM-09

Mutu beton rencana,		=	25	MPa
Diameter,	L	=	15,06	cm
Tinggi,	B	=	30,28	cm
Luas penampang uji,	A	=	178	cm ²
		=	17805	mm ²
Panjang awal ekstensiometer,	L_o	=	200,0	mm
Beban maksimum,	P_u	=	438,500	kN
		=	438500	N
40% Beban maksimum	$0.4P_u$	=	175,4	kN
		=	175400	kN

Beban (P)		Ekstensiometer	Deformasi (ΔL)	Regangan (ϵ')	Tegangan (σ)
kN	N	... x 10 ³ mm	mm	%	MPa
10	10000	2	0,001	0,001%	0,56
20	20000	12	0,006	0,003%	1,12
30	30000	17	0,0085	0,004%	1,68
40	40000	26	0,013	0,007%	2,25
50	50000	31	0,0155	0,008%	2,81
60	60000	38	0,019	0,010%	3,37
70	70000	47	0,0235	0,012%	3,93
80	80000	52	0,026	0,013%	4,49
90	90000	61	0,0305	0,015%	5,05
100	100000	70	0,035	0,018%	5,62

110	110000	76	0,038	0,019%	6,18
120	120000	82	0,041	0,021%	6,74
130	130000	91	0,0455	0,023%	7,30
140	140000	98	0,049	0,025%	7,86
150	150000	106	0,053	0,027%	8,42
160	160000	114	0,057	0,029%	8,99
170	170000	123	0,0615	0,031%	9,55
180	180000	132	0,066	0,033%	10,11
190	190000	144	0,072	0,036%	10,67
200	200000	158	0,079	0,040%	11,23
210	210000	170	0,085	0,043%	11,79

Jenis	Split Merapi
Jumlah Sampel	10
Benda Uji	SM-TM-010

Mutu beton rencana,		=	25	MPa
Diameter,	L	=	15,04	cm
Tinggi,	B	=	30,21	cm
Luas penampang uji,	A	=	178	cm ²
		=	17758	mm ²
Panjang awal ekstensiometer,	L_o	=	200,0	mm
Beban maksimum,	P_u	=	504,800	kN
		=	504800	N
40% Beban maksimum	$0.4P_u$	=	201,92	kN
		=	201920	N

Beban (P)		Ekstensiometer	Deformasi (ΔL)	Regangan (ϵ')	Tegangan (σ)
kN	N	... x 10 ³ mm	mm	%	MPa
10	10000	5	0,0025	0,001%	0,56
20	20000	14	0,007	0,004%	1,13
30	30000	20	0,01	0,005%	1,69
40	40000	27	0,0135	0,007%	2,25
50	50000	34	0,017	0,009%	2,82
60	60000	40	0,02	0,010%	3,38
70	70000	47	0,0235	0,012%	3,94
80	80000	54	0,027	0,014%	4,51
90	90000	67	0,0335	0,017%	5,07
100	100000	70	0,035	0,018%	5,63

110	110000	79	0,0395	0,020%	6,19
120	120000	85	0,0425	0,021%	6,76
130	130000	94	0,047	0,024%	7,32
140	140000	101	0,0505	0,025%	7,88
150	150000	111	0,0555	0,028%	8,45
160	160000	120	0,06	0,030%	9,01
170	170000	129	0,0645	0,032%	9,57
180	180000	137	0,0685	0,034%	10,14
190	190000	146	0,073	0,037%	10,70
200	200000	156	0,078	0,039%	11,26
210	210000	167	0,0835	0,042%	11,83
220	220000	182	0,091	0,046%	12,39
230	230000	190	0,095	0,048%	12,95
240	240000	194	0,097	0,049%	13,52

Jenis	Split Clereng
Jumlah Sampel	10
Benda Uji	SC-TM-01

Mutu beton rencana,		=	25	MPa
Diameter,	L	=	15,16	cm
Tinggi,	B	=	30,24	cm
Luas penampang uji,	A	=	181	cm ²
		=	18050	mm ²
Panjang awal ekstensiometer,	L_o	=	200,0	mm
Beban maksimum,	P_u	=	445,100	kN
		=	445100	N
40% Beban maksimum	$0.4P_u$	=	178,04	kN
		=	178040	kN

Beban (P)		Ekstensiometer	Deformasi (ΔL)	Regangan (ϵ')	Tegangan (σ)
kN	N	... x 10 ³ mm	mm	%	MPa
10	10000	6	0,003	0,002%	0,55
20	20000	15	0,0075	0,004%	1,11
30	30000	21	0,0105	0,005%	1,66
40	40000	28	0,014	0,007%	2,22
50	50000	36	0,018	0,009%	2,77
60	60000	41	0,0205	0,010%	3,32
70	70000	48	0,024	0,012%	3,88
80	80000	56	0,028	0,014%	4,43
90	90000	62	0,031	0,016%	4,99
100	100000	73	0,0365	0,018%	5,54

110	110000	79	0,0395	0,020%	6,09
120	120000	87	0,0435	0,022%	6,65
130	130000	92	0,046	0,023%	7,20
140	140000	98	0,049	0,025%	7,76
150	150000	104	0,052	0,026%	8,31
160	160000	113	0,0565	0,028%	8,86
170	170000	122	0,061	0,031%	9,42
180	180000	129	0,0645	0,032%	9,97
190	190000	138	0,069	0,035%	10,53
200	200000	144	0,072	0,036%	11,08
210	210000	152	0,076	0,038%	11,63
220	220000	158	0,079	0,040%	12,19
230	230000	164	0,082	0,041%	12,74
240	240000	173	0,0865	0,043%	13,30

Jenis	Split Clereng
Jumlah Sampel	10
Benda Uji	SC-TM-02

Mutu beton rencana,		=	25	MPa
Diameter,	L	=	15,08	cm
Tinggi,	B	=	30,13	cm
Luas penampang uji,	A	=	178	cm ²
		=	17849	mm ²
Panjang awal ekstensiometer,	L_o	=	200,0	mm
Beban maksimum,	P_u	=	446,700	kN
		=	446700	N
40% Beban maksimum	$0.4P_u$	=	178,68	kN
		=	178680	kN

Beban (P)		Ekstensiometer	Deformasi (ΔL)	Regangan (ϵ')	Tegangan (σ)
kN	N	... x 10 ³ mm	mm	%	MPa
10	10000	3	0,0015	0,001%	0,56
20	20000	9	0,0045	0,002%	1,12
30	30000	17	0,0085	0,004%	1,68
40	40000	25	0,0125	0,006%	2,24
50	50000	34	0,017	0,009%	2,80
60	60000	38	0,019	0,010%	3,36
70	70000	47	0,0235	0,012%	3,92
80	80000	55	0,0275	0,014%	4,48
90	90000	63	0,0315	0,016%	5,04
100	100000	68	0,034	0,017%	5,60

110	110000	78	0,039	0,020%	6,16
120	120000	84	0,042	0,021%	6,72
130	130000	93	0,0465	0,023%	7,28
140	140000	100	0,05	0,025%	7,84
150	150000	108	0,054	0,027%	8,40
160	160000	118	0,059	0,030%	8,96
170	170000	124	0,062	0,031%	9,52
180	180000	133	0,0665	0,033%	10,08
190	190000	140	0,07	0,035%	10,65
200	200000	150	0,075	0,038%	11,21
210	210000	159	0,0795	0,040%	11,77
220	220000	169	0,0845	0,042%	12,33
230	230000	177	0,0885	0,044%	12,89

Jenis	Split Clereng
Jumlah Sampel	10
Benda Uji	SC-TM-03

Mutu beton rencana,		=	25	MPa
Diameter,	L	=	14,99	cm
Tinggi,	B	=	30,07	cm
Luas penampang uji,	A	=	176	cm ²
		=	17648	mm ²
Panjang awal ekstensiometer,	L_o	=	200,0	mm
Beban maksimum,	P_u	=	465,800	kN
		=	465800	N
40% Beban maksimum	$0.4P_u$	=	186,32	kN
		=	186320	kN

Beban (P)		Ekstensiometer	Deformasi (ΔL)	Regangan (ϵ')	Tegangan (σ)
kN	N	... x 10 ³ mm	mm	%	MPa
10	10000	3	0,0015	0,001%	0,57
20	20000	11	0,0055	0,003%	1,13
30	30000	19	0,0095	0,005%	1,70
40	40000	27	0,0135	0,007%	2,27
50	50000	30	0,015	0,008%	2,83
60	60000	37	0,0185	0,009%	3,40
70	70000	46	0,023	0,012%	3,97
80	80000	53	0,0265	0,013%	4,53
90	90000	61	0,0305	0,015%	5,10
100	100000	68	0,034	0,017%	5,67

110	110000	78	0,039	0,020%	6,23
120	120000	87	0,0435	0,022%	6,80
130	130000	94	0,047	0,024%	7,37
140	140000	103	0,0515	0,026%	7,93
150	150000	111	0,0555	0,028%	8,50
160	160000	119	0,0595	0,030%	9,07
170	170000	132	0,066	0,033%	9,63
180	180000	141	0,0705	0,035%	10,20
190	190000	140	0,07	0,035%	10,77
200	200000	154	0,077	0,039%	11,33
210	210000	164	0,082	0,041%	11,90
220	220000	174	0,087	0,044%	12,47
230	230000	186	0,093	0,047%	13,03

Jenis	Split Clereng
Jumlah Sampel	10
Benda Uji	SC-TM-04

Mutu beton rencana,		=	25	MPa
Diameter,	L	=	15,19	cm
Tinggi,	B	=	30,37	cm
Luas penampang uji,	A	=	181	cm ²
		=	18114	mm ²
Panjang awal ekstensiometer,	L_o	=	200,0	mm
Beban maksimum,	P_u	=	510,600	kN
		=	510600	N
40% Beban maksimum	$0.4P_u$	=	204,24	kN
		=	204240	kN

Beban (P)		Ekstensiometer	Deformasi (ΔL)	Regangan (ϵ')	Tegangan (σ)
kN	N	... x 10 ³ mm	mm	%	MPa
10	10000	3	0,0015	0,001%	0,55
20	20000	8	0,004	0,002%	1,10
30	30000	18	0,009	0,005%	1,66
40	40000	24	0,012	0,006%	2,21
50	50000	31	0,0155	0,008%	2,76
60	60000	37	0,0185	0,009%	3,31
70	70000	45	0,0225	0,011%	3,86
80	80000	53	0,0265	0,013%	4,42
90	90000	60	0,03	0,015%	4,97
100	100000	68	0,034	0,017%	5,52

110	110000	76	0,038	0,019%	6,07
120	120000	84	0,042	0,021%	6,62
130	130000	92	0,046	0,023%	7,18
140	140000	100	0,05	0,025%	7,73
150	150000	108	0,054	0,027%	8,28
160	160000	118	0,059	0,030%	8,83
170	170000	127	0,0635	0,032%	9,38
180	180000	135	0,0675	0,034%	9,94
190	190000	142	0,071	0,036%	10,49
200	200000	154	0,077	0,039%	11,04
210	210000	164	0,082	0,041%	11,59
220	220000	179	0,0895	0,045%	12,15
230	230000	187	0,0935	0,047%	12,70
240	240000	193	0,0965	0,048%	13,25

Jenis	Split Clereng
Jumlah Sampel	10
Benda Uji	SC-TM-05

Mutu beton rencana,		=	25	MPa
Diameter,	L	=	15,05	cm
Tinggi,	B	=	30,16	cm
Luas penampang uji,	A	=	178	cm ²
		=	17789	mm ²
Panjang awal ekstensiometer,	L_o	=	200,0	mm
Beban maksimum,	P_u	=	455,100	kN
		=	455100	N
40% Beban maksimum	$0.4P_u$	=	182,04	kN
		=	182040	N

Beban (P)		Ekstensiometer	Deformasi (ΔL)	Regangan (ϵ')	Tegangan (σ)
kN	N	... x 10 ³ mm	mm	%	MPa
10	10000	3	0,0015	0,001%	0,56
20	20000	11	0,0055	0,003%	1,12
30	30000	22	0,011	0,006%	1,69
40	40000	33	0,0165	0,008%	2,25
50	50000	43	0,0215	0,011%	2,81
60	60000	49	0,0245	0,012%	3,37
70	70000	60	0,03	0,015%	3,93
80	80000	69	0,0345	0,017%	4,50
90	90000	79	0,0395	0,020%	5,06
100	100000	87	0,0435	0,022%	5,62

110	110000	98	0,049	0,025%	6,18
120	120000	108	0,054	0,027%	6,75
130	130000	118	0,059	0,030%	7,31
140	140000	127	0,0635	0,032%	7,87
150	150000	137	0,0685	0,034%	8,43
160	160000	147	0,0735	0,037%	8,99
170	170000	159	0,0795	0,040%	9,56
180	180000	169	0,0845	0,042%	10,12
190	190000	177	0,0885	0,044%	10,68

Jenis	Split Clereng
Jumlah Sampel	10
Benda Uji	SC-TM-06

Mutu beton rencana,		=	25	MPa
Diameter,	L	=	15,07	cm
Tinggi,	B	=	30,18	cm
Luas penampang uji,	A	=	178	cm ²
		=	17829	mm ²
Panjang awal ekstensiometer,	L_o	=	200,0	mm
Beban maksimum,	P_u	=	495,700	kN
		=	495700	N
40% Beban maksimum	$0.4P_u$	=	198,28	kN
		=	198280	kN

Beban (P)		Ekstensiometer	Deformasi (ΔL)	Regangan (ϵ')	Tegangan (σ)
kN	N	... x 10 ³ mm	mm	%	MPa
10	10000	3	0,0015	0,001%	0,56
20	20000	9	0,0045	0,002%	1,12
30	30000	15	0,0075	0,004%	1,68
40	40000	29	0,0145	0,007%	2,24
50	50000	36	0,018	0,009%	2,80
60	60000	41	0,0205	0,010%	3,37
70	70000	48	0,024	0,012%	3,93
80	80000	58	0,029	0,015%	4,49
90	90000	63	0,0315	0,016%	5,05
100	100000	68	0,034	0,017%	5,61

110	110000	72	0,036	0,018%	6,17
120	120000	78	0,039	0,020%	6,73
130	130000	80	0,04	0,020%	7,29
140	140000	87	0,0435	0,022%	7,85
150	150000	91	0,0455	0,023%	8,41
160	160000	97	0,0485	0,024%	8,97
170	170000	105	0,0525	0,026%	9,54
180	180000	112	0,056	0,028%	10,10
190	190000	120	0,06	0,030%	10,66
200	200000	125	0,0625	0,031%	11,22
210	210000	130	0,065	0,033%	11,78
220	220000	136	0,068	0,034%	12,34
230	230000	141	0,0705	0,035%	12,90
240	240000	147	0,0735	0,037%	13,46
250	250000	154	0,077	0,039%	14,02
260	260000	159	0,0795	0,040%	14,58
270	270000	166	0,083	0,042%	15,14
280	280000	172	0,086	0,043%	15,70
290	290000	184	0,092	0,046%	16,27
300	300000	189	0,0945	0,047%	16,83
310	310000	198	0,099	0,050%	17,39

Jenis	Split Clereng
Jumlah Sampel	10
Benda Uji	SC-TM-07

Mutu beton rencana,		=	25	MPa
Diameter,	L	=	15,06	cm
Tinggi,	B	=	30,11	cm
Luas penampang uji,	A	=	178	cm ²
		=	17813	mm ²
Panjang awal ekstensiometer,	L_o	=	200,0	mm
Beban maksimum,	P_u	=	457,500	kN
		=	457500	N
40% Beban maksimum	$0.4P_u$	=	183	kN
		=	183000	kN

Beban (P)		Ekstensiometer	Deformasi (ΔL)	Regangan (ϵ')	Tegangan (σ)
kN	N	... x 10 ³ mm	mm	%	MPa
10	10000	4	0,002	0,001%	0,56
20	20000	10	0,005	0,003%	1,12
30	30000	20	0,01	0,005%	1,68
40	40000	28	0,014	0,007%	2,25
50	50000	40	0,02	0,010%	2,81
60	60000	51	0,0255	0,013%	3,37
70	70000	56	0,028	0,014%	3,93
80	80000	65	0,0325	0,016%	4,49
90	90000	71	0,0355	0,018%	5,05
100	100000	80	0,04	0,020%	5,61

110	110000	89	0,0445	0,022%	6,18
120	120000	97	0,0485	0,024%	6,74
130	130000	103	0,0515	0,026%	7,30
140	140000	108	0,054	0,027%	7,86
150	150000	114	0,057	0,029%	8,42
160	160000	119	0,0595	0,030%	8,98
170	170000	126	0,063	0,032%	9,54
180	180000	136	0,068	0,034%	10,10
190	190000	144	0,072	0,036%	10,67
200	200000	153	0,0765	0,038%	11,23
210	210000	161	0,0805	0,040%	11,79
220	220000	166	0,083	0,042%	12,35
230	230000	173	0,0865	0,043%	12,91
240	240000	182	0,091	0,046%	13,47

Jenis	Split Clereng
Jumlah Sampel	10
Benda Uji	SC-TM-08

Mutu beton rencana,		=	25	MPa
Diameter,	L	=	15,20	cm
Tinggi,	B	=	30,40	cm
Luas penampang uji,	A	=	181	cm ²
		=	18146	mm ²
Panjang awal ekstensiometer,	L_o	=	200,0	mm
Beban maksimum,	P_u	=	455,890	kN
		=	455890	N
40% Beban maksimum	$0.4P_u$	=	182,356	kN
		=	182356	kN

Beban (P)		Ekstensiometer	Deformasi (ΔL)	Regangan (ϵ')	Tegangan (σ)
kN	N	... x 10 ³ mm	mm	%	MPa
10	10000	4	0,002	0,001%	0,55
20	20000	11	0,0055	0,003%	1,10
30	30000	20	0,01	0,005%	1,65
40	40000	30	0,015	0,008%	2,20
50	50000	39	0,0195	0,010%	2,76
60	60000	47	0,0235	0,012%	3,31
70	70000	57	0,0285	0,014%	3,86
80	80000	67	0,0335	0,017%	4,41
90	90000	76	0,038	0,019%	4,96
100	100000	85	0,0425	0,021%	5,51

110	110000	96	0,048	0,024%	6,06
120	120000	105	0,0525	0,026%	6,61
130	130000	113	0,0565	0,028%	7,16
140	140000	121	0,0605	0,030%	7,72
150	150000	128	0,064	0,032%	8,27
160	160000	139	0,0695	0,035%	8,82
170	170000	148	0,074	0,037%	9,37
180	180000	158	0,079	0,040%	9,92
190	190000	164	0,082	0,041%	10,47
200	200000	178	0,089	0,045%	11,02

Jenis	Split Clereng
Jumlah Sampel	10
Benda Uji	SC-TM-09

Mutu beton rencana,		=	25	MPa
Diameter,	L	=	15,15	cm
Tinggi,	B	=	30,25	cm
Luas penampang uji,	A	=	180	cm ²
		=	18027	mm ²
Panjang awal ekstensiometer,	L_o	=	200,0	mm
Beban maksimum,	P_u	=	460,400	kN
		=	460400	N
40% Beban maksimum	$0.4P_u$	=	184,16	kN
		=	184160	kN

Beban (P)		Ekstensiometer	Deformasi (ΔL)	Regangan (ϵ')	Tegangan (σ)
kN	N	... x 10 ³ mm	mm	%	MPa
10	10000	4	0,002	0,001%	0,55
20	20000	13	0,0065	0,003%	1,11
30	30000	23	0,0115	0,006%	1,66
40	40000	24	0,012	0,006%	2,22
50	50000	32	0,016	0,008%	2,77
60	60000	38	0,019	0,010%	3,33
70	70000	46	0,023	0,012%	3,88
80	80000	54	0,027	0,014%	4,44
90	90000	61	0,0305	0,015%	4,99
100	100000	68	0,034	0,017%	5,55

110	110000	78	0,039	0,020%	6,10
120	120000	85	0,0425	0,021%	6,66
130	130000	93	0,0465	0,023%	7,21
140	140000	101	0,0505	0,025%	7,77
150	150000	108	0,054	0,027%	8,32
160	160000	117	0,0585	0,029%	8,88
170	170000	125	0,0625	0,031%	9,43
180	180000	135	0,0675	0,034%	9,99
190	190000	142	0,071	0,036%	10,54
200	200000	154	0,077	0,039%	11,09
210	210000	163	0,0815	0,041%	11,65
220	220000	175	0,0875	0,044%	12,20
230	230000	184	0,092	0,046%	12,76

Jenis	Split Clereng
Jumlah Sampel	10
Benda Uji	SC-TM-010

Mutu beton rencana,		=	25	MPa
Diameter,	L	=	15,12	cm
Tinggi,	B	=	30,19	cm
Luas penampang uji,	A	=	180	cm ²
		=	17955	mm ²
Panjang awal ekstensiometer,	L_o	=	200,0	mm
Beban maksimum,	P_u	=	511,800	kN
		=	511800	N
40% Beban maksimum	$0.4P_u$	=	204,72	kN
		=	204720	kN

Beban (P)		Ekstensiometer	Deformasi (ΔL)	Regangan (ϵ')	Tegangan (σ)
kN	N	... x 10 ³ mm	mm	%	MPa
10	10000	3	0,0015	0,001%	0,56
20	20000	10	0,005	0,003%	1,11
30	30000	22	0,011	0,006%	1,67
40	40000	30	0,015	0,008%	2,23
50	50000	39	0,0195	0,010%	2,78
60	60000	47	0,0235	0,012%	3,34
70	70000	59	0,0295	0,015%	3,90
80	80000	70	0,035	0,018%	4,46
90	90000	84	0,042	0,021%	5,01
100	100000	88	0,044	0,022%	5,57

110	110000	99	0,0495	0,025%	6,13
120	120000	109	0,0545	0,027%	6,68
130	130000	120	0,06	0,030%	7,24
140	140000	129	0,0645	0,032%	7,80
150	150000	138	0,069	0,035%	8,35
160	160000	148	0,074	0,037%	8,91
170	170000	157	0,0785	0,039%	9,47
180	180000	165	0,0825	0,041%	10,02
190	190000	169	0,0845	0,042%	10,58
200	200000	184	0,092	0,046%	11,14
210	210000	192	0,096	0,048%	11,70
220	220000	201	0,1005	0,050%	12,25

Jenis	Koral Progo
Jumlah Sampel	10
Benda Uji	KP-TM-01

Mutu beton rencana,		=	25	MPa
Diameter,	L	=	14,95	cm
Tinggi,	B	=	30,44	cm
Luas penampang uji,	A	=	175	cm ²
		=	17546	mm ²
Panjang awal ekstensiometer,	L_o	=	200,0	mm
Beban maksimum,	P_u	=	357,400	kN
		=	357400	N
40% Beban maksimum	$0.4P_u$	=	142,96	kN
		=	142960	N

Beban (P)		Ekstensiometer	Deformasi (ΔL)	Regangan (ϵ')	Tegangan (σ)
kN	N	... x 10 ³ mm	mm	%	MPa
10	10000	3	0,0015	0,001%	0,57
20	20000	11	0,0055	0,003%	1,14
30	30000	20	0,01	0,005%	1,71
40	40000	31	0,0155	0,008%	2,28
50	50000	44	0,022	0,011%	2,85
60	60000	53	0,0265	0,013%	3,42
70	70000	67	0,0335	0,017%	3,99
80	80000	80	0,04	0,020%	4,56
90	90000	96	0,048	0,024%	5,13
100	100000	109	0,0545	0,027%	5,70

110	110000	124	0,062	0,031%	6,27
120	120000	134	0,067	0,034%	6,84

Jenis	Koral Progo
Jumlah Sampel	10
Benda Uji	KP-TM-02

Mutu beton rencana,		=	25	MPa
Diameter,	L	=	15,18	cm
Tinggi,	B	=	30,19	cm
Luas penampang uji,	A	=	181	cm ²
		=	18090	mm ²
Panjang awal ekstensiometer,	L_o	=	200,0	mm
Beban maksimum,	P_u	=	316,000	kN
		=	316000	N
40% Beban maksimum	$0.4P_u$	=	126,4	kN
		=	126400	kN

Beban (P)		Ekstensiometer	Deformasi (ΔL)	Regangan (ϵ')	Tegangan (σ)
kN	N	... x 10 ³ mm	mm	%	MPa
10	10000	3	0,0015	0,001%	0,55
20	20000	9	0,0045	0,002%	1,11
30	30000	19	0,0095	0,005%	1,66
40	40000	30	0,015	0,008%	2,21
50	50000	45	0,0225	0,011%	2,76
60	60000	59	0,0295	0,015%	3,32
70	70000	72	0,036	0,018%	3,87
80	80000	94	0,047	0,024%	4,42
90	90000	107	0,0535	0,027%	4,98
100	100000	117	0,0585	0,029%	5,53
110	110000	122	0,061	0,031%	6,08

Jenis	Koral Progo
Jumlah Sampel	10
Benda Uji	KP-TM-03

Mutu beton rencana,		=	25	MPa
Diameter,	L	=	14,87	cm
Tinggi,	B	=	30,22	cm
Luas penampang uji,	A	=	174	cm ²
		=	17366	mm ²
Panjang awal ekstensiometer,	L_o	=	200,0	mm
Beban maksimum,	P_u	=	332,000	kN
		=	332000	N
40% Beban maksimum	$0.4P_u$	=	132,8	kN
		=	132800	kN

Beban (P)		Ekstensiometer	Deformasi (ΔL)	Regangan (ϵ')	Tegangan (σ)
kN	N	... x 10 ³ mm	mm	%	MPa
10	10000	3	0,0015	0,001%	0,58
20	20000	11	0,0055	0,003%	1,15
30	30000	18	0,009	0,005%	1,73
40	40000	32	0,016	0,008%	2,30
50	50000	48	0,024	0,012%	2,88
60	60000	61	0,0305	0,015%	3,45
70	70000	74	0,037	0,019%	4,03
80	80000	94	0,047	0,024%	4,61
90	90000	107	0,0535	0,027%	5,18
100	100000	113	0,0565	0,028%	5,76
110	110000	127	0,0635	0,032%	6,33

Jenis	Koral Progo
Jumlah Sampel	10
Benda Uji	KP-TM-04

Mutu beton rencana,		=	25	MPa
Diameter,	L	=	15,12	cm
Tinggi,	B	=	30,31	cm
Luas penampang uji,	A	=	179	cm ²
		=	17947	mm ²
Panjang awal ekstensiometer,	L_o	=	200,0	mm
Beban maksimum,	P_u	=	496,400	kN
		=	496400	N
40% Beban maksimum	$0.4P_u$	=	198,56	kN
		=	198560	kN

Beban (P)		Ekstensiometer	Deformasi (ΔL)	Regangan (ϵ')	Tegangan (σ)
kN	N	... x 10 ³ mm	mm	%	MPa
10	10000	6	0,003	0,002%	0,56
20	20000	14	0,007	0,004%	1,11
30	30000	21	0,0105	0,005%	1,67
40	40000	28	0,014	0,007%	2,23
50	50000	36	0,018	0,009%	2,79
60	60000	42	0,021	0,011%	3,34
70	70000	49	0,0245	0,012%	3,90
80	80000	57	0,0285	0,014%	4,46
90	90000	65	0,0325	0,016%	5,01
100	100000	72	0,036	0,018%	5,57

110	110000	81	0,0405	0,020%	6,13
120	120000	88	0,044	0,022%	6,69
130	130000	97	0,0485	0,024%	7,24
140	140000	108	0,054	0,027%	7,80
150	150000	116	0,058	0,029%	8,36
160	160000	126	0,063	0,032%	8,91
170	170000	137	0,0685	0,034%	9,47
180	180000	143	0,0715	0,036%	10,03
190	190000	156	0,078	0,039%	10,59
200	200000	165	0,0825	0,041%	11,14
210	210000	177	0,0885	0,044%	11,70
220	220000	186	0,093	0,047%	12,26
230	230000	197	0,0985	0,049%	12,82

Jenis	Koral Progo
Jumlah Sampel	10
Benda Uji	KP-TM-05

Mutu beton rencana,		=	25	MPa
Diameter,	L	=	15,07	cm
Tinggi,	B	=	30,26	cm
Luas penampang uji,	A	=	178	cm ²
		=	17845	mm ²
Panjang awal ekstensiometer,	L_o	=	200,0	mm
Beban maksimum,	P_u	=	513,200	kN
		=	513200	N
40% Beban maksimum	$0.4P_u$	=	205,28	kN
		=	205280	kN

Beban (P)		Ekstensiometer	Deformasi (ΔL)	Regangan (ϵ')	Tegangan (σ)
kN	N	... x 10 ³ mm	mm	%	MPa
10	10000	2	0,001	0,001%	0,56
20	20000	9	0,0045	0,002%	1,12
30	30000	17	0,0085	0,004%	1,68
40	40000	26	0,013	0,007%	2,24
50	50000	35	0,0175	0,009%	2,80
60	60000	47	0,0235	0,012%	3,36
70	70000	58	0,029	0,015%	3,92
80	80000	69	0,0345	0,017%	4,48
90	90000	78	0,039	0,020%	5,04
100	100000	86	0,043	0,022%	5,60

110	110000	98	0,049	0,025%	6,16
120	120000	110	0,055	0,028%	6,72
130	130000	123	0,0615	0,031%	7,29
140	140000	135	0,0675	0,034%	7,85
150	150000	146	0,073	0,037%	8,41
160	160000	155	0,0775	0,039%	8,97
170	170000	168	0,084	0,042%	9,53
180	180000	181	0,0905	0,045%	10,09
190	190000	193	0,0965	0,048%	10,65
200	200000	204	0,102	0,051%	11,21

Jenis	Koral Progo
Jumlah Sampel	10
Benda Uji	KP-TM-06

Mutu beton rencana,		=	25	MPa
Diameter,	L	=	15,24	cm
Tinggi,	B	=	30,31	cm
Luas penampang uji,	A	=	182	cm ²
		=	18249	mm ²
Panjang awal ekstensiometer,	L_o	=	200,0	mm
Beban maksimum,	P_u	=	394,300	kN
		=	394300	N
40% Beban maksimum	$0.4P_u$	=	157,72	kN
		=	157720	N

Beban (P)		Ekstensiometer	Deformasi (ΔL)	Regangan (ϵ')	Tegangan (σ)
kN	N	... x 10 ³ mm	mm	%	MPa
10	10000	3	0,0015	0,001%	0,55
20	20000	8	0,004	0,002%	1,10
30	30000	16	0,008	0,004%	1,64
40	40000	22	0,011	0,006%	2,19
50	50000	28	0,014	0,007%	2,74
60	60000	35	0,0175	0,009%	3,29
70	70000	44	0,022	0,011%	3,84
80	80000	52	0,026	0,013%	4,38
90	90000	60	0,03	0,015%	4,93
100	100000	69	0,0345	0,017%	5,48

110	110000	80	0,04	0,020%	6,03
120	120000	87	0,0435	0,022%	6,58
130	130000	97	0,0485	0,024%	7,12
140	140000	108	0,054	0,027%	7,67
150	150000	117	0,0585	0,029%	8,22
160	160000	126	0,063	0,032%	8,77
170	170000	135	0,0675	0,034%	9,32
180	180000	145	0,0725	0,036%	9,86
190	190000	156	0,078	0,039%	10,41

Jenis	Koral Progo
Jumlah Sampel	10
Benda Uji	KP-TM-07

Mutu beton rencana,		=	25	MPa
Diameter,	L	=	14,94	cm
Tinggi,	B	=	30,19	cm
Luas penampang uji,	A	=	175	cm ²
		=	17530	mm ²
Panjang awal ekstensiometer,	L_o	=	200,0	mm
Beban maksimum,	P_u	=	342,800	kN
		=	342800	N
40% Beban maksimum	$0.4P_u$	=	137,12	kN
		=	137120	N

Beban (P)		Ekstensiometer	Deformasi (ΔL)	Regangan (ϵ')	Tegangan (σ)
kN	N	... x 10 ³ mm	mm	%	MPa
10	10000	3	0,0015	0,001%	0,57
20	20000	11	0,0055	0,003%	1,14
30	30000	22	0,011	0,006%	1,71
40	40000	34	0,017	0,009%	2,28
50	50000	46	0,023	0,012%	2,85
60	60000	58	0,029	0,015%	3,42
70	70000	72	0,036	0,018%	3,99
80	80000	83	0,0415	0,021%	4,56
90	90000	99	0,0495	0,025%	5,13
100	100000	108	0,054	0,027%	5,70

110	110000	121	0,0605	0,030%	6,27
120	120000	136	0,068	0,034%	6,85

Jenis	Koral Progo
Jumlah Sampel	10
Benda Uji	KP-TM-08

Mutu beton rencana,		=	25	MPa
Diameter,	L	=	15,05	cm
Tinggi,	B	=	30,14	cm
Luas penampang uji,	A	=	178	cm ²
		=	17789	mm ²
Panjang awal ekstensiometer,	L_o	=	200,0	mm
Beban maksimum,	P_u	=	391,200	kN
		=	391200	N
40% Beban maksimum	$0.4P_u$	=	156,48	kN
		=	156480	N

Beban (P)		Ekstensiometer	Deformasi (ΔL)	Regangan (ϵ')	Tegangan (σ)
kN	N	... x 10 ³ mm	mm	%	MPa
10	10000	3	0,0015	0,001%	0,56
20	20000	11	0,0055	0,003%	1,12
30	30000	22	0,011	0,006%	1,69
40	40000	34	0,017	0,009%	2,25
50	50000	46	0,023	0,012%	2,81
60	60000	58	0,029	0,015%	3,37
70	70000	67	0,0335	0,017%	3,93
80	80000	79	0,0395	0,020%	4,50
90	90000	91	0,0455	0,023%	5,06
100	100000	108	0,054	0,027%	5,62

110	110000	114	0,057	0,029%	6,18
120	120000	126	0,063	0,032%	6,75
130	130000	139	0,0695	0,035%	7,31
140	140000	152	0,076	0,038%	7,87

Jenis	Koral Progo
Jumlah Sampel	10
Benda Uji	KP-TM-09

Mutu beton rencana,		=	25	MPa
Diameter,	L	=	15,08	cm
Tinggi,	B	=	30,04	cm
Luas penampang uji,	A	=	179	cm ²
		=	17860	mm ²
Panjang awal ekstensiometer,	L_o	=	200,0	mm
Beban maksimum,	P_u	=	545,100	kN
		=	545100	N
40% Beban maksimum	$0.4P_u$	=	218,04	kN
		=	218040	kN

Beban (P)		Ekstensiometer	Deformasi (ΔL)	Regangan (ϵ')	Tegangan (σ)
kN	N	... x 10 ³ mm	mm	%	MPa
10	10000	2	0,001	0,001%	0,56
20	20000	9	0,0045	0,002%	1,12
30	30000	15	0,0075	0,004%	1,68
40	40000	21	0,0105	0,005%	2,24
50	50000	31	0,0155	0,008%	2,80
60	60000	39	0,0195	0,010%	3,36
70	70000	51	0,0255	0,013%	3,92
80	80000	60	0,03	0,015%	4,48
90	90000	73	0,0365	0,018%	5,04
100	100000	86	0,043	0,022%	5,60

110	110000	97	0,0485	0,024%	6,16
120	120000	108	0,054	0,027%	6,72
130	130000	117	0,0585	0,029%	7,28
140	140000	132	0,066	0,033%	7,84
150	150000	143	0,0715	0,036%	8,40
160	160000	155	0,0775	0,039%	8,96
170	170000	168	0,084	0,042%	9,52
180	180000	181	0,0905	0,045%	10,08
190	190000	198	0,099	0,050%	10,64
200	200000	209	0,1045	0,052%	11,20
210	210000	218	0,109	0,055%	11,76

Jenis	Koral Progo
Jumlah Sampel	10
Benda Uji	KP-TM-010

Mutu beton rencana,		=	25	MPa
Diameter,	L	=	15,15	cm
Tinggi,	B	=	30,20	cm
Luas penampang uji,	A	=	180	cm ²
		=	18035	mm ²
Panjang awal ekstensiometer,	L_o	=	200,0	mm
Beban maksimum,	P_u	=	311,800	kN
		=	311800	N
40% Beban maksimum	$0.4P_u$	=	124,72	kN
		=	124720	N

Beban (P)		Ekstensiometer	Deformasi (ΔL)	Regangan (ϵ')	Tegangan (σ)
kN	N	... x 10 ³ mm	mm	%	MPa
10	10000	3	0,0015	0,001%	0,55
20	20000	10	0,005	0,003%	1,11
30	30000	18	0,009	0,005%	1,66
40	40000	26	0,013	0,007%	2,22
50	50000	36	0,018	0,009%	2,77
60	60000	45	0,0225	0,011%	3,33
70	70000	57	0,0285	0,014%	3,88
80	80000	66	0,033	0,017%	4,44
90	90000	78	0,039	0,020%	4,99
100	100000	85	0,0425	0,021%	5,54

110	110000	92	0,046	0,023%	6,10
120	120000	107	0,0535	0,027%	6,65
130	130000	115	0,0575	0,029%	7,21

Lampiran 6 Dokumentasi



Gambar L-6.1 Proses Mixing



Gambar L-6.2 Pengujian Slump



Gambar L-6.3 Pencetakan Benda Uji Silinder



Gambar L-6.4 Perendaman Benda Uji Silinder



Gambar L-6.5 Capping Benda Uji Silinder



Gambar L-6.6 Pemasangan Ekstensiometer



Gambar L-6.7 Pengujian Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas Beton



Gambar L-6.8 Pengujian Kuat Tarik Belah Beton