

TUGAS AKHIR

**ANALISIS JENIS AGREGAT HALUS SUNGAI
GENDOL, SUNGAI PROGO, DAN ABU BATU
TERHADAP KUAT TEKAN, KUAT TARIK BELAH,
DAN MODULUS ELASTISITAS PADA BETON
(*ANALYSIS OF FINE AGGREGATE TYPES OF
GENDOL RIVER, PROGO RIVER, AND STONE ASH
ON COMPRESSIVE STRENGTH, SPLIT TENSILE
STRENGTH, AND MODULUS OF ELASTICITY IN
CONCRETE*)**

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



**BIMA ADISATRIA
19 511 169**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2023**

TUGAS AKHIR

ANALISIS JENIS AGREGAT HALUS SUNGAI GENDOL, SUNGAI PROGO, DAN ABU BATU TERHADAP KUAT TEKAN, KUAT TARIK BELAH, DAN MODULUS ELASTISITAS PADA BETON (*ANALYSIS OF FINE AGGREGATE TYPES OF GENDOL RIVER, PROGO RIVER, AND STONE ASH ON COMPRESSIVE STRENGTH, SPLIT TENSILE STRENGTH, AND MODULUS OF ELASTICITY IN CONCRETE*)



Disusun Oleh

Bima Adisatria

19511169

Telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh Sarjana Teknik Sipil

Diuji pada tanggal 05 Januari 2024
Oleh Dewan Penguji

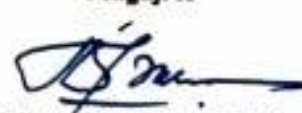
Pembimbing


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

Penguji I


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

Penguji II


Helmy Akbar Bale, Ir., M.T.
NIK: 885110105

Mengesahkan

Ketua Program Studi Teknik Sipil




Iry Yumalia Mantafi, S.T., M.T., Ph.D. (Eng.), IPM.
NIK: 095110101

18/01
2024

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk memenuhi salah satu persyaratan pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia seluruhnya 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 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, 17 Desember 2023



Bima Adisatria

19511169

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahiim.

Assalamualaikum warahmatullah wabarakatuh.

Alhamdulillahirabbil'alamiin, segala puji bagi Allah Subhanallahu wa Ta'ala karena atas rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul "Analisis Jenis Agregat Halus Sungai Gendol, Sungai Progo, dan Abu Batu Pada Beton Terhadap Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah, dan Modulus Elastisitas". Solawat serta salam selalu dilimpahkan kepada Rasulullah Muhammad Shallallahu 'alaihi wasallam, keluarga, sahabat, dan pengikut beliau hingga akhir zaman.

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

1. Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D(Eng). 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 Tugas Akhir.
3. Bapak Daru Salam, Bapak Suwarno, dan Mas Zaky selaku Laboran di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik yang telah membantu saya selama proses pengumpulan data pengujian.
4. Bapak Bakti Sutrisna dan Ibu Nanik Hari Utami selaku orang tua saya dan Deasy Febriasari selaku kakak saya yang selalu memberikan do'a dan semangat kepada saya dalam proses penyusunan dan penyelesaian Tugas Akhir ini.
5. Christina Nathalia Riesty Setyawan yang telah membantu menemani saya dalam proses penyusunan naskah Tugas akhir.
6. Indra Widjaya, Muhamad Saiful Rizki, Achmad Puspa Agung, Azka Jindar Thiyafi, Muhammad Raihan Alfain Yonanda, dan Si Wel yang telah membantu saya dalam proses penyusunan Tugas Akhir.

7. Teman-teman angkatan 19 lainnya yang juga telah membantu dalam proses penyusunan Tugas Akhir.
8. Seluruh pihak yang telah membantu terlaksananya penelitian Tugas Akhir sekaligus dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Akhir kata tidak ada yang sempurna di dunia, termasuk laporan ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dan bermanfaat demi perbaikan. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkan.

Yogyakarta, 17 Desember 2023

Penulis

DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR	i
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	i
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Beton Dengan Perbedaan Jenis Agregat Halus	6
2.2 Penelitian Terdahulu	6
BAB III LANDASAN TEORI	12
3.1 Beton	12
3.2 Material Penyusun Beton	12
3.3 Pasir	14
3.4 Perencanaan Campuran beton	17
3.5 Kuat Tekan Beton	24
3.6 Kuat Tarik Belah Beton	24
3.7 Modulus Elastisitas Beton	25
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN	28
4.1 Umum	28
4.2 Variabel Penelitian	28
4.3 Bahan yang digunakan	28

4.4	Alat yang digunakan	29
4.5	Benda Uji	30
4.6	Pelaksanaan Penelitian	31
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN		36
5.1	Hasil Pengujian Agregat	36
5.2	Perencanaan Campuran Beton	50
5.3	Proporsi Campuran Beton	55
5.4	Hasil Pengujian Slump	57
5.5	Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton	58
5.6	Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton	62
5.7	Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Beton	66
5.8	Gabungan Pengujian	76
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		77
6.1	Kesimpulan	77
6.2	Saran	78
DAFTAR PUSTAKA		79

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Dilakukan	10
Tabel 3.1	Nilai Deviasi Standar untuk berbagai Tingkat Pengendalian Mutu Pekerjaan	17
Tabel 3.2	Faktor Pengali Untuk Deviasi Standar	17
Tabel 3.3	Perkiraan Kuat Tekan Beton (MPa) dengan Faktor Air Semen, dan Agregat	18
Tabel 3.4	Persyaratan Jumlah Semen Minimum dan FAS 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	20
Tabel 4.1	Detail Sampel Benda Uji	31
Tabel 5.1	Rekapitulasi Hasil Pengujian Berat Jenis dan	37
Tabel 5.2	Hasil Analisa Saringan Agregat Halus Sungai Gendol Sampel 1	39
Tabel 5.3	Hasil Analisa Saringan Agregat Halus Sungai Gendol Sampel 2	39
Tabel 5.4	Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Sungai Gendol	41
Tabel 5.5	Hasil Pengujian Berat Volume Padat Sungai Gendol	42
Tabel 5.6	Hasil Uji Lolos Saringan No.200 Sungai Gendol	43
Tabel 5.7	Hasil Uji Lolos Saringan No.200 Sungai Progo	43
Tabel 5.8	Hasil Uji Lolos Saringan No.200 Abu Batu	44
Tabel 5.9	Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar	45
Tabel 5.10	Hasil Analisa Saringan Agregat Kasar Sampel 1	46
Tabel 5.11	Hasil Analisa Saringan Agregat Kasar Sampel 2	47
Tabel 5.12	Hasil Pengujian Berat Volume Gembur	49
Tabel 5.13	Hasil Pengujian Berat Volume Padat	49
Tabel 5.14	Hasil Pengujian Slump	57
Tabel 5.15	Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton	59
Tabel 5.16	Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton	63

Tabel 5.17 Rasio Hubungan Kuat Tarik Belah dengan Kuat Tekan	65
Tabel 5.18 Tegangan Regangan Benda Uji SG-TM-02	66
Tabel 5.19 Tegangan Regangan Terkoreksi Benda Uji SG-TM-02	68
Tabel 5.20 Hasil Pengujian Modulus Elastisitas	71
Tabel 5.21 Selisih Modulus Elastisitas Pengujian Terhadap Teoritis	74
Tabel 5.22 Gabungan Total Keseluruhan Pengujian	76

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Pasir Sungai Gendol	15
Gambar 3.2	Pasir Sungai Progo	16
Gambar 3.3	Abu Batu	16
Gambar 3.4	Hubungan Antara Kuat Tekan dan Faktor Air Semen	19
Gambar 3.5	Grafik Persentase Pasir Terhadap Kadar Total Agregat (Maksimum Ukuran Butir 20mm)	21
Gambar 3.6	Grafik Persentase Pasir Terhadap Kadar Total Agregat (Maksimum Ukuran Butir 40mm)	22
Gambar 3.7	Grafik Perkiraan Berat Isi Beton Basah	23
Gambar 3.8	Ilustrasi Uji Kuat Tekan Silinder Beton	24
Gambar 3.9	Ilustrasi Uji Tarik Belah Silinder Beton	25
Gambar 3.10	Ilustrasi Uji Modulus Elastisitas Silinder Beton	26
Gambar 3.11	Grafik Hubungan Tegangan dan Regangan Modulus Elastisitas	27
Gambar 4.1	Bagan Alir Penelitian	35
Gambar 5.1	Grafik Gradasi II Agregat Halus Sungai Gendol Sampel 1	40
Gambar 5.2	Grafik Gradasi II Agregat Halus Sungai Gendol Sampel 2	40
Gambar 5.3	Grafik Gradasi Butir Maksimum 20 mm	48
Gambar 5.4	Grafik Gradasi Butir Maksimum 20 mm	48
Gambar 5.5	Hubungan Antara Kuat Tekan dan Faktor Air Semen	51
Gambar 5.6	Grafik Persentase Pasir Terhadap Kadar Total Agregat (Maksimum Ukuran Butir 20mm)	53
Gambar 5.7	Grafik Perkiraan Berat Isi Beton Basah	54
Gambar 5.8	Pengujian Slump	58
Gambar 5.9	Grafik Kuat Tekan Beton Rata-rata	60
Gambar 5.10	Pengujian Kuat Tekan dan Benda Uji Setelah Pengujian	62
Gambar 5.11	Grafik Kuat Tarik Belah Beton Rata-rata	63
Gambar 5.12	Pengujian Kuat Tarik Belah dan Benda Uji Setelah Pengujian	65
Gambar 5.13	Grafik Hubungan Tegangan Regangan Benda Uji SG-TM-02	70

Gambar 5.14	Grafik Modulus Elastisitas Beton Rata-rata	72
Gambar 5.15	Benda Uji Dipasang Dial Gauge	75
Gambar 5.16	Pengujian Modulus Elastisitas	75

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Laporan Sementara Hasil Pemeriksaan Agregat	83
Lampiran 2	Laporan Sementara Hasil Pengujian Kuat Tekan	96
Lampiran 3	Laporan Sementara Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah	99
Lampiran 4	Laporan Sementara Hasil Modulus Elastisitas Beton	101
Lampiran 5	Dokumentasi	132

ABSTRAK

Agregat merupakan salah satu material penyusun beton yang berfungsi sebagai material pengisi campuran beton. Agregat halus merupakan agregat dengan ukuran butir-butir kecil, ukurannya kurang dari 5 mm. Agregat halus yang digunakan tentu memiliki beragam jenis. Perbedaan jenis agregat halus ini mungkin dapat berpengaruh terhadap kualitas beton. Penelitian ini menggunakan jenis agregat halus Sungai Gendol, Sungai Progo, dan abu batu. Benda uji penelitian berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Pengujian pada penelitian ini adalah pengujian kuat tekan beton, kuat tarik belah beton, dan modulus elastisitas beton. Perencanaan campuran beton dilakukan berdasar pada SNI 2834-2000 dengan mutu beton yang direncanakan yaitu 25 MPa.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa jenis agregat halus berpengaruh terhadap kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas. Hasil penelitian menunjukkan, beton dengan agregat halus jenis Sungai Gendol menghasilkan kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas teoritis tertinggi dengan nilai secara berurutan adalah 27,84 MPa, 2,62 MPa, dan 25214,63 MPa. Jenis Sungai Progo memiliki modulus elastisitas pengujian tertinggi dengan nilai 25576,41 MPa. Jenis abu batu memiliki kuat tekan, kuat tarik belah, modulus elastisitas pengujian, dan modulus elastisitas teoritis terendah dengan nilai secara berurutan adalah 23,36 MPa, 2,19 MPa, 21709,07 MPa, dan 22777,57 MPa.

Kata Kunci: Beton, agregat halus, Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah, Modulus Elastisitas

ABSTRACT

Aggregate is one of the materials that make up concrete which functions as a filler material for the concrete mixture. Fine aggregate is aggregate with small grain sizes, less than 5 mm in size. Of course there are various types of fine aggregate used. This difference in the type of fine aggregate may affect the quality of the concrete. This research used fine aggregates from the Gendol River, Progo River, and stone ash. The research test object is cylindrical with a diameter of 15 cm and a height of 30 cm. The tests in this research were concrete compressive strength, concrete split tensile strength, and concrete modulus of elasticity. Concrete mix planning is carried out based on SNI 2834-2000 with the planned concrete quality of 25 MPa.

The research results show that the type of fine aggregate influences compressive strength, split tensile strength, and modulus of elasticity. The research results show that concrete with fine aggregate of the Sungai Gendol type produces the highest compressive strength, split tensile strength, and theoretical modulus of elasticity with values respectively 27.84 MPa, 2.62 MPa, and 25214.63 MPa. The Progo River type has the highest tested modulus of elasticity with a value of 25576.41 MPa. This type of rock ash has the lowest compressive strength, splitting tensile strength, test modulus of elasticity, and theoretical elastic modulus with values respectively 23.36 MPa, 2.19 MPa, 21709.07 MPa, and 22777.57 MPa.

Keywords: *Concrete, fine aggregate, Compressive Strength, Split Tensile Strength, Modulus of Elasticity*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan konstruksi untuk tempat tinggal di Indonesia terus meningkat. Seiring pertumbuhan penduduk yang meningkat, kebutuhan terhadap rumah juga terus naik. Wakil Presiden Ma'ruf Amin menjelaskan, pada saat ini diperkirakan kebutuhan rumah di Indonesia berdasar kepemilikannya mencapai 11,4 juta unit, dikutip dari kompas.com (Krisiandi, 2021). Dalam membangun rumah perlu diperhatikan kualitas bahan/ material yang digunakan agar bangunan tersebut dapat layak huni yang memiliki kualitas baik. Salah satu material yang digunakan dalam membangun rumah adalah beton.

Beton merupakan 60% dari sektor material yang digunakan dalam konstruksi. Beton digunakan sebagai bahan utama dalam berbagai bangunan seperti gedung, jembatan, bendungan, bangunan sarana transportasi dan beragam bangunan konstruksi lainnya (Atmaja dkk., 2021). Berdasar SK SNI 2847:2019, beton adalah campuran antara semen portland atau semen hidrolik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau bahan tambah yang membentuk massa padat.

Agregat merupakan salah satu material penyusun beton yang berfungsi sebagai material pengisi campuran beton. Volume beton dapat diisi oleh agregat kurang lebih 70% hingga 75%. Agregat sangat berpengaruh sebagai sifat-sifat beton meskipun hanya sebagai pengisi.

Jenis agregat didasarkan pada ukuran butirnya. Agregat kasar merupakan agregat dengan ukuran butir-butir besar, ukurannya lebih besar dari 5 mm. Agregat halus merupakan agregat dengan ukuran butir-butir kecil, ukurannya kurang dari 5 mm. Agregat halus yang biasa digunakan dalam campuran beton adalah pasir. Agregat halus yang digunakan tentu memiliki beragam jenis. Perbedaan jenis agregat halus ini mungkin dapat berpengaruh terhadap kualitas beton.

Beberapa pengujian dapat dilakukan untuk mengetahui kualitas beton seperti uji kuat 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, dihasilkan oleh mesin tekan. Tujuan dari uji kuat tekan beton ini adalah mengetahui nilai maksimum beban yang mampu didukung oleh silinder beton dalam umur tertentu, sehingga kita dapat mengetahui kesesuaian kekuatan beton dengan kebutuhan struktur bangunan yang direncanakan. Selain kuat tekan beton, ada pengujian lain seperti 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, pengujian modulus elastisitas beton bertujuan untuk mengukur ketahanan beton untuk mengalami deformasi elastis saat gaya diterapkan.

Nasution (2022) melakukan penelitian mengenai pengaruh perbedaan jenis pasir menggunakan acuan kontrol beton normal yang ditargetkan sebesar 20 Mpa. Dari hasil penelitian (Nasution, 2022), beton dengan agregat pasir untuk variasi umur 28 hari Sungai Kisaran lebih unggul menahan kuat tekan dengan rata-rata sebesar 25,16 Mpa sedangkan pasir Sungai Tanjung Balai dengan kuat tekan rata-rata sebesar 17,56 Mpa.

Berdasarkan penjelasan diatas, dapat disimpulkan bahwa perbedaan jenis pasir dapat mempengaruhi kuat tekan beton. Maka dari itu, munculah ide dari peneliti untuk menganalisis pengaruh perbedaan jenis agregat halus pada beton di daerah sekitar tempat tinggal peneliti. Dikarenakan peneliti bertempat tinggal di Yogyakarta, maka digunakan jenis agregat halus yang diambil dari Sungai Gendol, Sungai Progo, dan abu batu.

Agregat halus Sungai Gendol dan Sungai Progo merupakan pasir dari alam. Sungai Gendol berhulu di Gunung Merapi, sedangkan Sungai Progo berhulu Gunung Sumbing. Pasir Gendol dan abu batu diambil pada daerah yang sama yaitu daerah hulu, sedangkan Pasir Progo diambil pada daerah hilir. Pasir yang memiliki lokasi terdekat dengan daerah tempat tinggal peneliti adalah Pasir Gendol sehingga pasir ini digunakan acuan untuk proporsi *mix design* campuran beton pada

penelitian ini. Pasir Gendol merupakan pasir alam sehingga digunakan pasir alam lain yaitu Pasir Progo sebagai perbandingan penelitian.

Agregat halus abu batu merupakan pasir buatan yang diproses dengan cara menggiling bebatuan dan kerikil menggunakan mesin *stone crusher*. Abu batu biasa digunakan sebagai bahan tambah kekuatan adukan beton pada campuran beton yang memakai sedikit semen. Berdasar hal tersebut, didapat kesimpulan bahwa abu batu biasa digunakan sebagai bahan tambah kekuatan adukan beton. Namun, peneliti tertarik untuk menggunakan pasir tersebut sebagai agregat halus pada campuran beton secara menyeluruh, bukan hanya sebagai bahan tambah saja. Maka dari itu, pasir abu batu juga digunakan pada penelitian ini.

Beberapa penelitian yang sudah dilaksanakan sebelumnya, masih terbatas pada pengujian kuat tekan. Sementara itu peneliti ingin membuktikan juga pengaruh jenis agregat halus pada pengujian kuat tarik belah dan modulus elastisitas beton. Dengan demikian, peneliti bermaksud untuk menganalisis pengaruh perbedaan jenis agregat halus Sungai Gendol, Sungai Progo, dan abu batu pada campuran beton menggunakan metode pengujian kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas beton.

1.2 Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana pengaruh jenis agregat halus pasir Sungai Gendol, pasir Sungai Progo, dan abu batu terhadap kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas beton?
2. Apakah kuat tekan rencana pada ketiga jenis agregat halus dapat tercapai dengan satu acuan proporsi campuran beton?

1.3 Tujuan Penelitian

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

1. Mengetahui pengaruh jenis agregat halus pasir Sungai Gendol, pasir Sungai Progo, dan abu batu terhadap kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas beton.

2. Mengetahui apakah kuat tekan rencana pada ketiga jenis agregat halus dapat tercapai dengan satu acuan proporsi campuran beton.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh melalui penelitian ini antara lain sebagai berikut.

1. Memberikan informasi mengenai pengaruh jenis agregat halus terhadap kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas beton.
2. Dapat dijadikan referensi dalam pemilihan jenis agregat halus 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 merek Semen Portland merek Tiga Roda Tipe 1.
6. Agregat kasar yang digunakan berukuran maksimum 20 mm.
7. Agregat kasar menggunakan kerikil split yang berasal dari Clereng, Progo.
8. Agregat halus berasal dari pasir Sungai Progo, pasir Sungai Gendol, dan abu batu.
9. Proporsi campuran beton yang digunakan pada ketiga jenis agregat halus, berdasar pada hasil uji sifat dan karakteristik agregat halus Sungai Gendol.
10. Air yang digunakan berasal dari Laboraturium 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 halus.
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 2826-2008.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton Dengan Perbedaan Jenis Agregat Halus

Beton adalah campuran semen, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambah (admixture) (SNI 2847-2019). Agregat halus berfungsi sebagai bahan pengisi yang mengikat agregat kasar serta membentuk kekuatan beton. Jadi, tanpa agregat halus, agregat kasar tidak mampu terikat dengan baik. Agregat halus yang biasa digunakan dalam campuran beton adalah pasir. Pasir yang digunakan dalam campuran beton dapat diambil dari sungai, pantai, laut, dan berbagai tempat lain. Berdasar penelitian sebelumnya, perbedaan jenis pasir tersebut memiliki pengaruh yang berbeda terhadap kuat tekan beton. Untuk itu, peneliti tertarik untuk mengambil penelitian ini tentang pengaruh perbedaan jenis agregat halus (pasir) 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 akan dilaksanakan. Berikut dibawah ini merupakan penelitian terdahulu yang dapat digunakan sebagai referensi.

1. Perbandingan Kuat Tekan Beton menggunakan Agregat Halus (Pasir) antara Sungai Tanjung Balai dan Sungai Kisaran (Nasution, 2022)

Pada penelitian ini agregat halus (pasir) diambil dari Sungai Tanjung Balai dan Sungai Kisaran. Benda uji yang digunakan berupa silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Pada pengujian ini, diambil 3 buah sampel beton tiap masing masing agregat halus. Rancangan campuran beton normal digunakan SNI T-03-2834-2000. Kuat tekan beton yang ditargetkan adalah 20 MPa. Pengujian kuat tekan silinder beton dilakukan pada umur 28 hari. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa dalam variasi umur 28 hari, beton dengan agregat pasir Sungai Kisaran menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 25,16 Mpa dan agregat pasir Sungai Tanjung Balai menghasilkan kuat tekan rata-

rata sebesar 17,56 Mpa. Dengan acuan control beton yang ditargetkan sebesar 20 Mpa, maka pasir Sungai Kisaran lolos syarat sedangkan pasir Sungai Tanjung Balai tidak lolos syarat.

2. Analisa Kuat Tekan Beton menggunakan Agregat Halus Pasir Pantai Bunga dan Pasir Sungai (Atmaja dkk., 2021)

Pada penelitian ini agregat halus (pasir) diambil dari pasir Pantai Bunga dan pasir sungai. Benda uji yang digunakan berupa silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Pada pengujian ini, diambil 3 buah sampel beton tiap masing masing agregat halus. Kuat tekan beton yang ditargetkan adalah 24 MPa. Pengujian kuat tekan silinder beton dilakukan pada umur 7, 14, dan 28 hari. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa dalam variasi umur 28 hari, pasir pantai desa Indrayaman menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 25,23 MPa (dengan syarat pasir pantai dicuci dengan air tawar sampai agregat halus pantai benar benar bersih dan kadar garamnya berkurang) dan pasir sungai desa Sei Balai menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 25,06 MPa (dengan syarat pasir sungai dicuci terlebih dahulu karena qbanyak mengandung lumpur). Dengan acuan control beton normal yang ditargetkan sebesar 24 MPa, maka kedua pasir lolos mencapai target.

3. Analisis Eksperimental Penggunaan Pasir Laut Sorake dan Pasir Sungai Gomo pada Campuran Beton (Rini dkk., 2022)

Pada penelitian ini agregat halus (pasir) diambil dari pasir Laut Sorake dan pasir Sungai Gomo. Benda uji yang digunakan berupa silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Pada pengujian ini, diambil 6 buah sampel beton tiap masing masing agregat halus. Pengujian kuat tekan silinder beton dilakukan pada umur 7, 14, 21, dan 28 hari. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa beton dengan agregat pasir Laut Sorake menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 19,26 MPa (untuk pasir laut dicuci) dan 20,55 (untuk pasir laut tidak dicuci). Beton dengan agregat pasir Sungai Gomo menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 17,93 MPa (untuk pasir sungai cuci) dan 16,74 MPa (untuk pasir sungai tidak cuci). Kedua agregat halus dari dua wilayah tersebut tidak layak untuk struktrur beton setelah dilakukan beberapa pengujian sifat fisik

material.

4. Analisa Agregat Pasir Sungai Selangis, Sungai Kikim, dan Sungai Ogan terhadap Kuat Tekan Beton $F_c' 24$ MPa (Oemiati dkk., 2022)

Pada penelitian ini agregat halus (pasir) diambil dari Sungai Selangis, Sungai Kikim dan Sungai Ogan. Benda uji yang digunakan berupa silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Jumlah keseluruhan benda uji adalah 18 sampel. Rancangan campuran beton digunakan SK.SNI.T-15-1990-03. Kuat tekan beton yang ditargetkan adalah 24 MPa. Pengujian kuat tekan silinder beton dilakukan pada umur 28 hari. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa dari ketiga lokasi sungai yang berbeda pada mutu beton $F_c' 24$ MPa, pasir Sungai Ogan mempunyai nilai kuat tekan beton terbesar yaitu 23,8 MPa. Hal ini disebabkan, ukuran diameter agregat pasir Sungai Ogan lebih besar dan kokoh jika dibandingkan dengan sungai lainnya.

5. Kuat Tekan Beton Menggunakan Agregat Halus Sungai Benlelang dan Sungai Lembur Serta Agregat Kasar Sungai Lembur (Meihizkia dkk, 2018)

Pada penelitian ini agregat halus (pasir) diambil dari Sungai Benlelang dan Sungai Lembur. Jumlah keseluruhan benda uji adalah 30 sampel. Pada pengujian ini, diambil 3 buah sampel beton tiap masing masing agregat halus. Rancangan campuran beton digunakan BSN,2000. Kuat tekan beton yang ditargetkan adalah 15 MPa dan 25 MPa. Pengujian kuat tekan silinder beton dilakukan pada umur 28 hari. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kuat tekan beton rata-rata yang diperoleh untuk ketiga sungai masih mencapai kuat tekan beton yang direncanakan. Agregat halus dari Takari memiliki nilai kuat tekan beton lebih tinggi dibandingkan dengan beton yang menggunakan agregat halus Benlelang dan Lembur.

Berdasarkan beberapa penelitian diatas, dilakukan penelitian yang berbeda dengan penelitian terdahulu, yaitu menggunakan agregat halus dari pasir Sungai Progo, pasir Sungai Gendol, dan abu batu. Mutu beton yang direncanakan adalah 25 MPa dengan benda uji silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Pengujian yang dilakukan adalah kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas beton yang dilakukan pada variasi umur 28 hari. Benda uji diambil untuk uji kuat tekan dan modulus elastisitas sebanyak 10 sampel, sedangkan uji kuat tarik belah sebanyak 5 sampel, sehingga totalnya ada 45 sampel dengan tiga jenis agregat halus yang berbeda.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Dilakukan

Peneliti	Meihizkia dkk (2018)	Atmaja dkk (2021)	Nasution (2022)	Rini dkk (2022)	Oemiati dkk (2022)	Penulis (2023)
Judul Penelitian	Kuat Tekan Beton Menggunakan Agregat Halus Sungai Benlelang dan Sungai Lembur Serta Agregat Kasar Sungai Lembur	Analisa Kuat Tekan Beton Menggunakan Agregat Halus Pasir Pantai Bunga dan Pasir Sungai	Perbandingan Kuat Tekan Beton menggunakan Agregat Halus (Pasir) antara Sungai Tanjung Balai dan Sungai Kisaran	Analisis Eksperimental Penggunaan Pasir Laut Sorake dan Pasir Sungai Gomo pada Campuran Beton	Analisa Agegat Pasir Sungai Selangis, Sungai Kikim, dan Sungai Ogan terhadap Kuat Tekan Beton FC'24	Analisis Jenis Agregat Halus Sungai Gendol, Sungai Progo, Dan Abu Batu Terhadap Kuat Tekan, Kuat Tarik, dan Modulus Elastisitas Pada Beton
Tujuan Penelitian	Mengetahui nilai kuat tekan beton yang menggunakan bahan agregat halus	Mengetahui nilai kuat tekan pada beton antara pasir Pantai Bunga dan pasir sungai	Mengetahui nilai kuat tekan beton antara pasir Sungai Tanjung Balai dan pasir Sungai Kisaran	Mengetahui kuat tekan pada beton antara pasir Laut Sorake dan pasir Sungai Gomo	Mengetahui nilai kuat tekan beton FC'24 dari agregat pasir ketiga sungai tersebut	Memberikan informasi mengenai pengaruh jenis agregat halus terhadap kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas beton
Kuat Tekan Rencana	15 & 25 MPa	24 MPa	20 MPa	-	24 MPa	25 MPa
Jenis Pasir	Pasir Sungai Benlelang dan pasir Sungai Lembur	Pasir Pantai Bunga & pasir sungai	Pasir Sungai Tanjung Balai & pasir Sungai Kisaran	Pasir Laut Sorake & pasir Sungai Gomo	Pasir Sungai Selangis, pasir Sungai Kikim, dan pasir Sungai Ogan	Pasir Sungai Gendol, pasir Sungai Progo, dan abu batu
Jenis Pengujian	Kuat Tekan	Kuat Tekan	Kuat Tekan	Kuat Tekan	Kuat Tekan	Kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas
Benda Uji	Silinder 15cm x 30cm	Silinder	Silinder 15cm x 30cm	Silinder 15cm x 30cm	Silinder 15cm x 30cm	Silinder 15cm x 30cm

Lanjutan Tabel 2.2 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Dilakukan

Umur Beton	28 hari	7,14, & 28 hari	28 hari	7, 14, 21, &28 hari	28 hari	28 hari
Kesimpulan	Bahwa kuat tekan beton rata-rata yang diperoleh untuk ketiga sungai masih mencapai kuat tekan beton yang direncanakan. Agregat halus dari Takari memiliki nilai kuat tekan beton lebih tinggi dibandingkan dengan beton yang menggunakan agregat halus Benlelang dan Lembur.	Dalam variasi umur 28 hari, pasir pantai desa Indrayaman menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 25,23 MPa (dengan syarat pasir pantai dicuci dengan air tawar sampai agregat halus pantai benar benar bersih dan kadar garamnya berkurang) dan pasir sungai desa Sei Balai menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 25,06 MPa (dengan syarat pasir sungai dicuci terlebih dahulu karena banyak mengandung lumpur). Dengan acuan control beton normal yang ditargetkan sebesar 24 MPa, maka kedua pasir lolos mencapai target.	Dalam variasi umur 28 hari, beton dengan agregat pasir Sungai Kisaran menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 25,16 Mpa dan agregat pasir Sungai Tanjung Balai menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 17,56 Mpa. Dengan acuan control beton yang ditargetkan sebesar 20 Mpa, maka pasir Sungai Kisaran lolos syarat sedangkan pasir Sungai Tanjung Balai tidak lolos syarat.	Beton dengan agregat pasir Laut Sorake menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 19,26 MPa (untuk pasir laut dicuci) dan 20,55 (untuk pasir laut tidak dicuci). Beton dengan agregat pasir Sungai Gomo menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 17,93 MPa (untuk pasir sungai cuci) dan 16,74 MPa (untuk pasir sungai tidak cuci). Kedua agregat halus dari dua wilayah tersebut tidak layak untuk struktrur beton setelah dilakukan beberapa pengujian sifat fisik material.	Dari ketiga lokasi sungai yang berbeda pada mutu beton Fc' 24 MPa, pasir Sungai Ogan mempunyai nilai kuat tekan beton terbesar yaitu 23,8 MPa. Hal ini disebabkan, ukuran diameter agregat pasir Sungai Ogan lebih besar dan kokoh jika dibandingkan dengan sungai lainnya.	

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Beton

Beton banyak digunakan dalam bidang konstruksi seperti perkerasan jalan, struktur bangunan, jalan, fondasi, jembatan, dan berbagai bangunan konstruksi lainnya. Beton merupakan campuran bahan aktif (semen & air) dan pasif (agregat seperti pasir & kerikil) yang dicampur merata hingga menjadi campuran yang homogen lalu dituang dalam cetakan untuk dibuat sesuai rencana/ yang diinginkan. Untuk memperoleh mutu beton yang dicapai, maka komposisi dan ketentuan material harus sesuai dengan standar tertentu. Terdapat beberapa faktor sangat mempengaruhi mutu beton, salah satunya adalah material penyusun beton.

3.2 Material Penyusun Beton

Beton tersusun dari campuran antara semen, air, agregat kasar, dan agregat halus. Fungsi pada masing-masing material penyusun beton berbeda-beda. Seperti halnya agregat halus memiliki fungsi sebagai bahan pengisi yang mengikat agregat kasar serta membentuk kekuatan beton.

3.2.1 Semen Portland

Semen merupakan salah satu material/ bahan penyusun beton yang berfungsi sebagai perekat butiran agregat dan pengisi rongga antar butiran agregat. Semen Portland merupakan semen yang paling umum/ banyak digunakan di seluruh dunia sebagai bahan dasar beton. Semen dikelompokkan menjadi dua macam yaitu semen hidrolis dan non hidrolis. Semen hidrolis adalah semen yang mengeras saat beraksi dengan air. Semen non hidrolis adalah semen yang mengeras saat bereaksi dengan udara, tetapi tidak dapat mengeras didalam air.

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

1. 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.

2. Tipe II : Semen *portland* yang memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang dalam penggunaannya.
3. Tipe III : Semen *portland* yang memerlukan kekuatan awal yang tinggi dalam penggunaannya.
4. Tipe IV : Semen *portland* yang memerlukan panas hidrasi rendah dalam penggunaannya.
5. 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.

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 Pasir

Menurut *wikipedia.org*, pasir merupakan butiran material yang terdiri dari partikel mineral dan batuan yang terpecah halus. Pasir tidak hanya digunakan untuk dalam campuran beton saja, biasa juga digunakan pada struktur paling atas hingga paling bawah bangunan. Berdasar sumbernya, pasir terbagi menjadi dua yaitu pasir alam dan pasir pabrikasi. Pasir alam merupakan pasir yang bersumber dari alam seperti sungai, gunung, pantai, laut, rawa, dan pasir galian. Ada juga pasir pabrikasi yaitu pasir yang diperoleh dari penggilingan bebatuan yang disaring dan diolah sesuai ukuran minimum dan maksimum agregat halus. Pasir memiliki banyak jenis dan mempunyai tipe/karakter yang berbeda beda. Sebagai contoh, perbandingan pasir beton dan pasir merah. Kedua pasir ini memiliki keunggulan yang sama yaitu bagus untuk bangunan. Namun, terdapat perbedaan karakteristik diantara kedua pasir ini. Pasir beton pada umumnya berwarna hitam dan butirannya cukup halus, sedangkan pasir merah berwarna merah dan butirannya lebih kasar. Pada pengujian kali ini, digunakan tiga agregat halus yang berbeda yaitu pasir Sungai Gendol, pasir Sungai Progo, dan abu batu. Adapun penjelasan lebih lanjut mengenai pasir tersebut dapat dilihat dibawah ini.

3.3.1 Pasir Sungai Gendol

Pasir pertama yang digunakan dalam penelitian sekaligus digunakan sebagai acuan proporsi campuran beton ini, diambil dari Sungai Gendol. Sungai Gendol berhulu di Gunung Merapi. Pasir Gendol yang digunakan pada penelitian ini merupakan pasir cuci kualitas super dan diambil dari hulu. Pasir Gendol yang digunakan memiliki karakteristik butiran agak kasar. Ditinjau dari aspek tingkat kebulatan, pasir Merapi memiliki tingkat kebulatan yang lebih rendah (angular) jika dibandingkan dengan pasir lainnya. Berdasar penelitian (Gede Yohan Kafraim,

2011), modulus halus butiran pasir yang ada di hulu dan hilir Sungai Gendol secara statistik serta peraturan/ standar, tidak terdapat perbedaan yang signifikan. Berikut dibawah ini merupakan gambar pasir Sungai Gendol.



Gambar 3.1 Pasir Sungai Gendol

(Sumber: <https://dliDirkonstruksi.com/harga-pasir-merapi-1-truk-di-purwodadi/>)

3.3.2 Pasir Sungai Progo

Sungai Progo berhulu di Gunung Sindoro. Pasir Progo yang digunakan pada penelitian ini diambil dari hilir, pasir ini memiliki karakteristik butiran agak kasar dan memiliki kandungan lumpur yang rendah. Berdasar penelitian (Fransiskus ,2021), Pasir Progo memiliki rentang ukuran butir kasar hingga sangat halus. Morfologi butir pasir mencakup bladed, equant, dan prolate dengan sphericity equant - very equant, serta roundness subangular - subrounded. Komposisi mineral terdiri dari kuarsa, feldspar, litik, mineral lempung, dan mineral berat seperti magnetit, pirit, hornblenda, piroksen, hematit, dan olivin dalam jumlah minor. Distribusi ukuran butir pasir menunjukkan bahwa butir pasir kasar terdapat dekat tubuh sungai, dan semakin halus menjauhi tubuh sungai. Berikut dibawah ini merupakan gambar pasir Sungai Progo.



Gambar 3.2 Pasir Sungai Progo

(Sumber: <https://shopee.co.id/Pasir-kali-progo-1kg-di-ambil-dadakan-i.358768006.13702438600>)

3.3.3 Abu Batu

Abu batu adalah material konstruksi yang berasal dari agregat buatan (mineral *filler*/ pengisi) dengan ukuran partikel umumnya kurang dari 5 mm dimana merupakan hasil olahan batu dan pasir menggunakan alat *stone hammer mill/ stone crusher*. Materi pembentuk abu batu yaitu silika dioksida yang mana kandungan senyawa tersebut sama halnya dengan pasir. Abu batu didapat dari kerikil-kerikil beserta batuan yang digiling menggunakan mesin pemecah batu atau gilingan batu. Abu batu pada penelitian ini berasal dari kerikil dan batuan giling dari hulu Sungai Gendol, Merapi. Berikut dibawah ini merupakan gambar abu batu.



Gambar 3.3 Abu Batu

(Sumber: <https://www.aseindoenergi.com/product-tag/harga-abu-batu-per-kubik/>)

3.4 Perencanaan Campuran beton

Pada penelitian ini menggunakan metode perencanaan campuran beton (*mix design*) yang diambil dari SNI 2834-2000 tentang cara pembuatan rencana campuran beton normal. Berikut dibawah ini 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 terdapat tabel deviasi standar untuk berbagai tingkat pengendalian mutu pekerjaan dan faktor pengali untuk deviasi standar.

Tabel 3.1 Nilai Deviasi Standar untuk berbagai Tingkat Pengendalian Mutu Pekerjaan

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	1,00

Sumber : SNI 03-2843-2000

3. Nilai tambah dihitung dengan persamaan 3.1 sebagai berikut

$$M = 1,64 \times S_r$$

Ket :

S_r adalah Deviasi Standar

M adalah Nilai tambah

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

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

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.

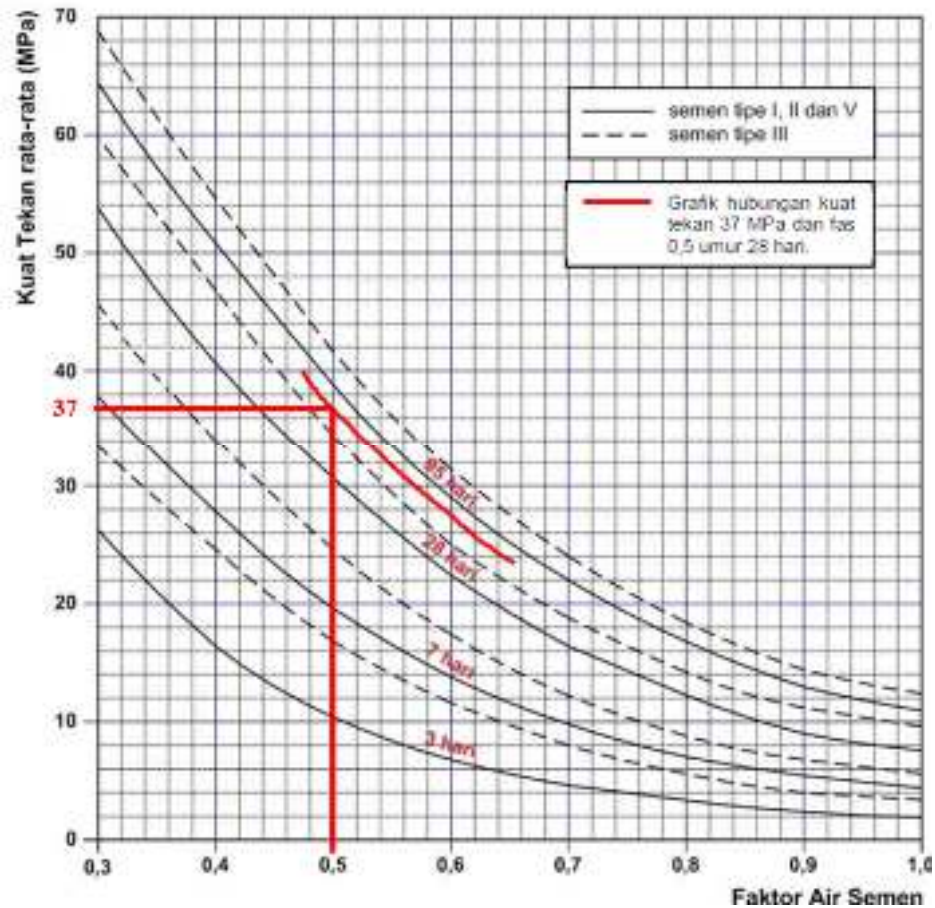
5. Penentuan tipe semen.
 6. Penentuan jenis agregat halus dan agregat kasar yang akan digunakan.
 7. FAS (faktor air semen) ditentukan dengan tahapan seperti berikut.
 a. Nilai kuat tekan ditentukan pada umur 28 hari berdasarkan Tabel 3.3 dibawah ini.

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	Batu tidak pecah	17	23	23	40	Silinder
	Batu pecah	19	27	37	45	
Semen tahan sulfat Tipe II, V	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 03-2843-2000

- b. Kurva lengkung baru ditentukan berdasar 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 : 03-2843-2000

- 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 berdasar 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	275	0,60

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

Lokasi	Jumlah Semen minimum per m^3 beton (kg)	Nilai Faktor Air Semen Maksimum
a. Keadaan keliling non-korosif b. Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	325	0,52
Beton di luar ruang bangunan c. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung d. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325 275	0,60 0,60
Beton masuk ke dalam tanah e. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti f. Mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah	325	SNI 03-2834-2000 Tabel 5
Beton yang kontinu berhubungan g. Air tawar h. Air laut		SNI 03-2834-2000 Tabel 6

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/m^3) 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	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Batu tidak pecah	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

Sumber : SNI 03-2843-2000

$$w = \frac{2}{3} W_h + \frac{2}{3} W_k$$

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.

$$c = \frac{w}{fas}$$

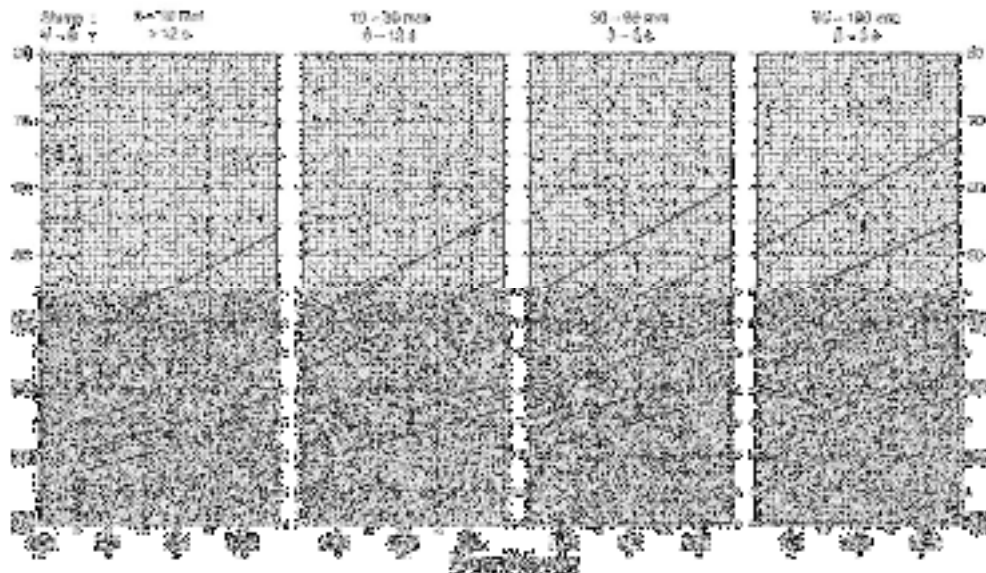
Ket :

c adalah jumlah semen (kg/m^3)

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

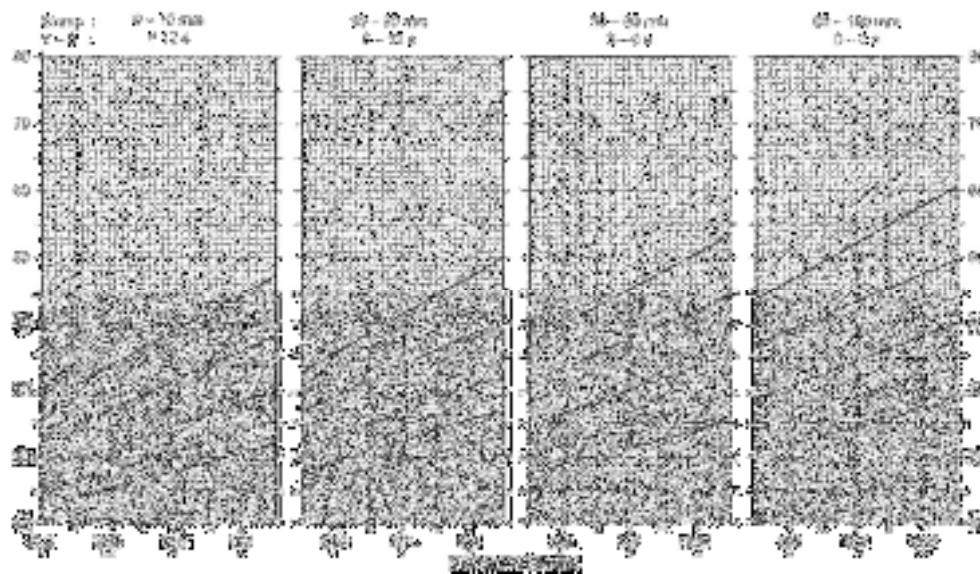
fas adalah faktor air semen

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 berdasar 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 03-2843-2000



**Gambar 3.6 Grafik Persentase Pasir Terhadap Kadar Total Agregat
(Maksimum Ukuran Butir 40mm)**

Sumber : SNI 03-2843-2000

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

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

Ket :

BJ_{gab} adalah berat jenis gabungan/ relatif agregat

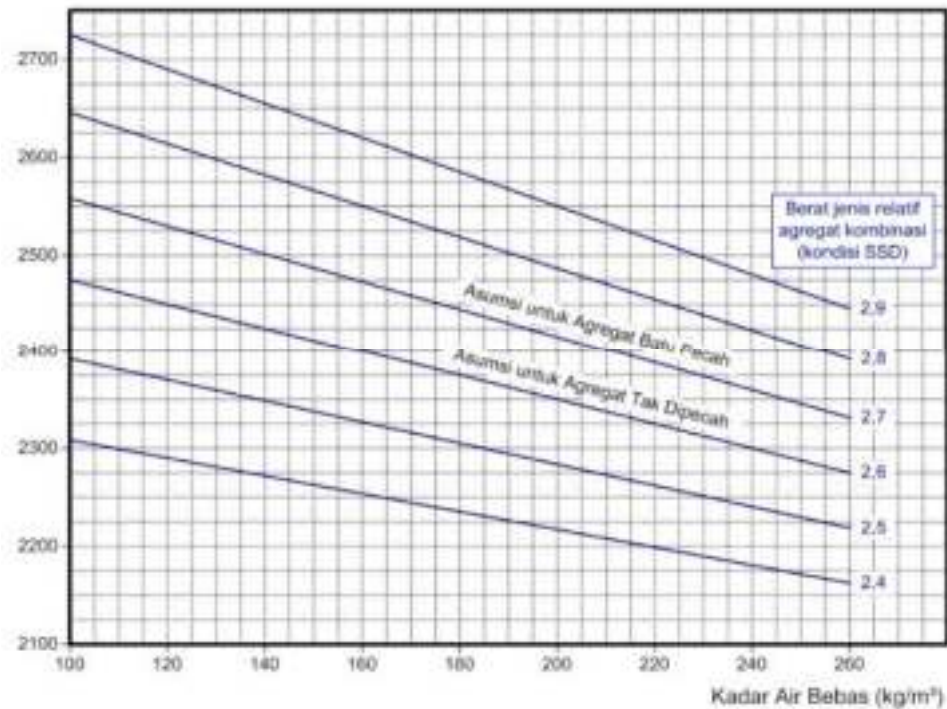
$\%Ag.Halus$ adalah persentase agregat halus (%)

$\%Ag.Kasar$ 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 03-2843-2000

17. Kadar agregat gabungan dihitung menggunakan persamaan seperti berikut.

$$W_{\text{ag. gab.}} = W_{\text{beton}} - W_{\text{semen}} - w$$

Ket :

$W_{\text{ag. gab.}}$ 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.

$$W_{\text{ag. halus}} = \% \text{Ag. Halus} \times W_{\text{ag. gab.}}$$

Ket :

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

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

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

19. Kadar agregat kasar dihitung dengan persamaan seperti berikut.

$$W_{\text{ag. kasar}} = W_{\text{ag. gab.}} - W_{\text{ag. halus}}$$

Ket :

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

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

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

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

3.5 Kuat Tekan Beton

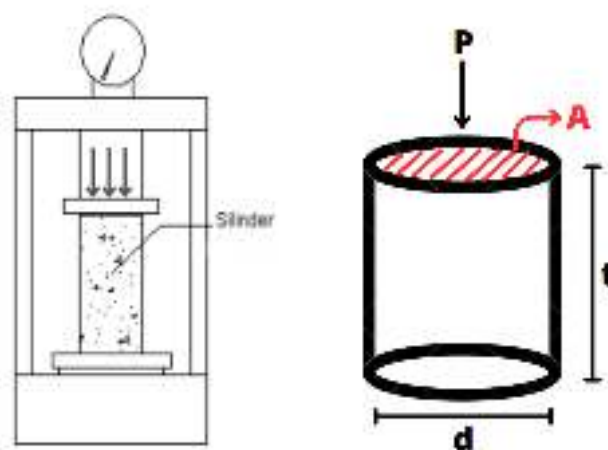
Kuat tekan beton merupakan kemampuan beton dalam menerima gaya tekan aksial per satuan luas yang dapat menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tersebut. Besarnya nilai kuat tekan beton, ditunjukkan saat benda uji beton tersebut hancur terkena gaya tekan saat diuji dengan mesin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

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

Ket :

P adalah beban maksimum (N)

A adalah luas penampang benda uji (mm^2)



Gambar 3.8 Ilustrasi Uji Kuat Tekan Silinder Beton

3.6 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.

$$f_{ct} = \frac{2P}{\pi DL}$$

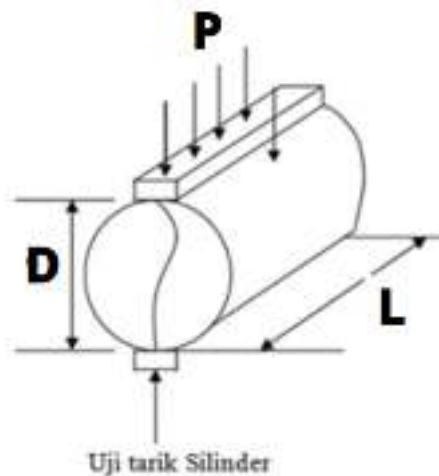
Ket :

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

3.7 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. Jadi dapat diartikan, beton akan menerima beban 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.

$$E_c = \frac{S_2 - S_1}{\varepsilon_2 - 0,000050}$$

Ket :

E_c adalah modulus elastisitas beton (MPa)

S_1 adalah kuat tekan pada saat regangan longitudinal mencapai $\varepsilon_1 = 0,00005$

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

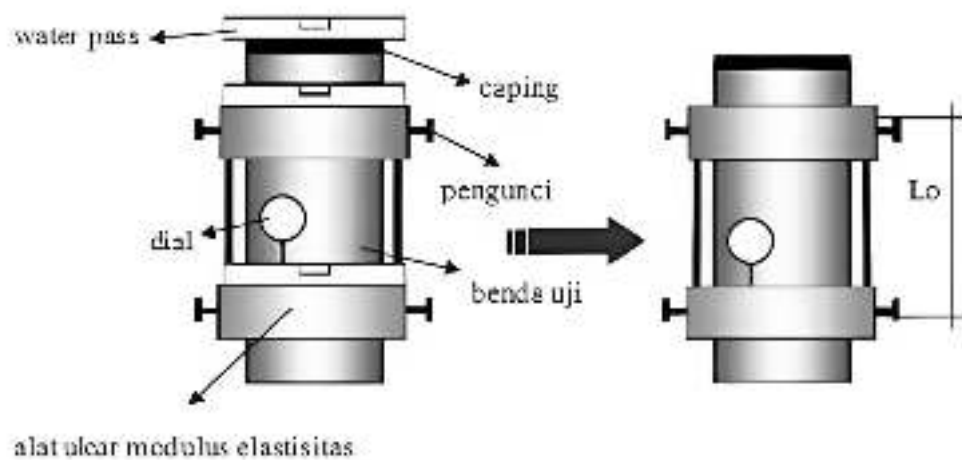
ε_2 adalah regangan longitudinal yang dihasilkan pada saat S_2

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$$

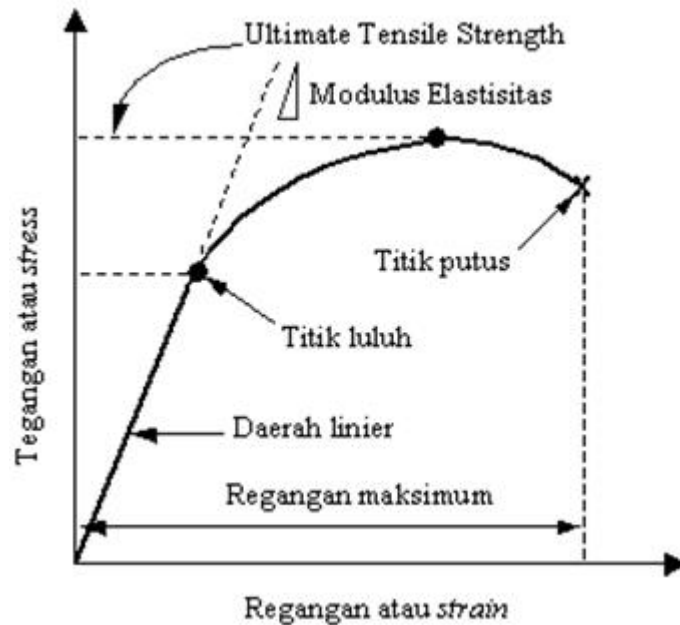
Ket :

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.

$$E_c = 4700 \times \sqrt{F'_c}$$

Ket :

$\sqrt{F'_c}$ = Kuat tekan beton (MPa)

BAB IV

METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Umum

Metode eksperimental merupakan metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini. Tujuan digunakan metode eksperimental 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 pasir pada campuran agregat halus beton. Modifikasi dilakukan dengan mengubah jenis pasir pada campuran beton dengan jenis agregat halus pasir Sungai Gendol, pasir Sungai Progo, dan abu batu. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh jenis pasir pada beton terhadap 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 halus (pasir).
2. Variabel terikat
Variabel terikat dalam penelitian ini adalah kuat tekan beton, kuat tarik belah beton, dan modulus elastisitas beton.
3. Variabel tetap
Variabel tetap dalam penelitian ini adalah kuat tekan beton rencana (F'_c), bentuk benda uji, dimensi benda uji, dan proporsi campuran beton.

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 menggunakan pasir Sungai Gendol, pasir Sungai Progo, dan abu batu. Dilakukan uji analisa saringan terlebih dahulu untuk menentukan gradasi agregat dan hasil uji pasir Sungai Gendol digunakan sebagai acuan proporsi campuran beton.

3. Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan pada penelitian ini berasal dari Clereng, Daerah Istimewa Yogyakarta.

4. 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

Berdasar 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 halus pasir Sungai Gendol, pasir Sungai Progo, dan batu. 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 Benda Uji

Jenis Pengujian	Jenis Pasir	Umur Benda Uji (hari)	Kode Benda Uji	Jumlah Sampel
Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas Beton	Sungai Gendol	28	SG-TM	10
	Sungai Progo	28	SP-TM	10
	Abu Batu	28	AB-TM	10
Kuat Tarik Belah Beton	Sungai Gendol	28	SG-TB	5
	Sungai Progo	28	SP-TB	5
	Abu Batu	28	AB-TB	5
Total Sampel				45

Adapun keterangan dari kode benda uji sebagai berikut :

SG adalah pasir Sungai Gendol

SP adalah pasir Sungai Progo

AB adalah abu batu

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 akan 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).

Berdasar 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 24 jam.
 - 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 pembebanan 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 pasang *dial gauge* (alat pengukur deformasi).
 - d. Letakkan benda uji pada landasan tekan bawah hingga penunjuk beban sudah berada pada angka nol lalu jalankan mesin uji.
 - e. Lakukan pembacaan dan pencatatan deformasi setiap peningkatan beban 10 kN.
 - f. Pencacatan beban maksimum yang terjadi pada benda uji saat beban uji hancur.

4.6.6 Olah Data

Berdasar 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

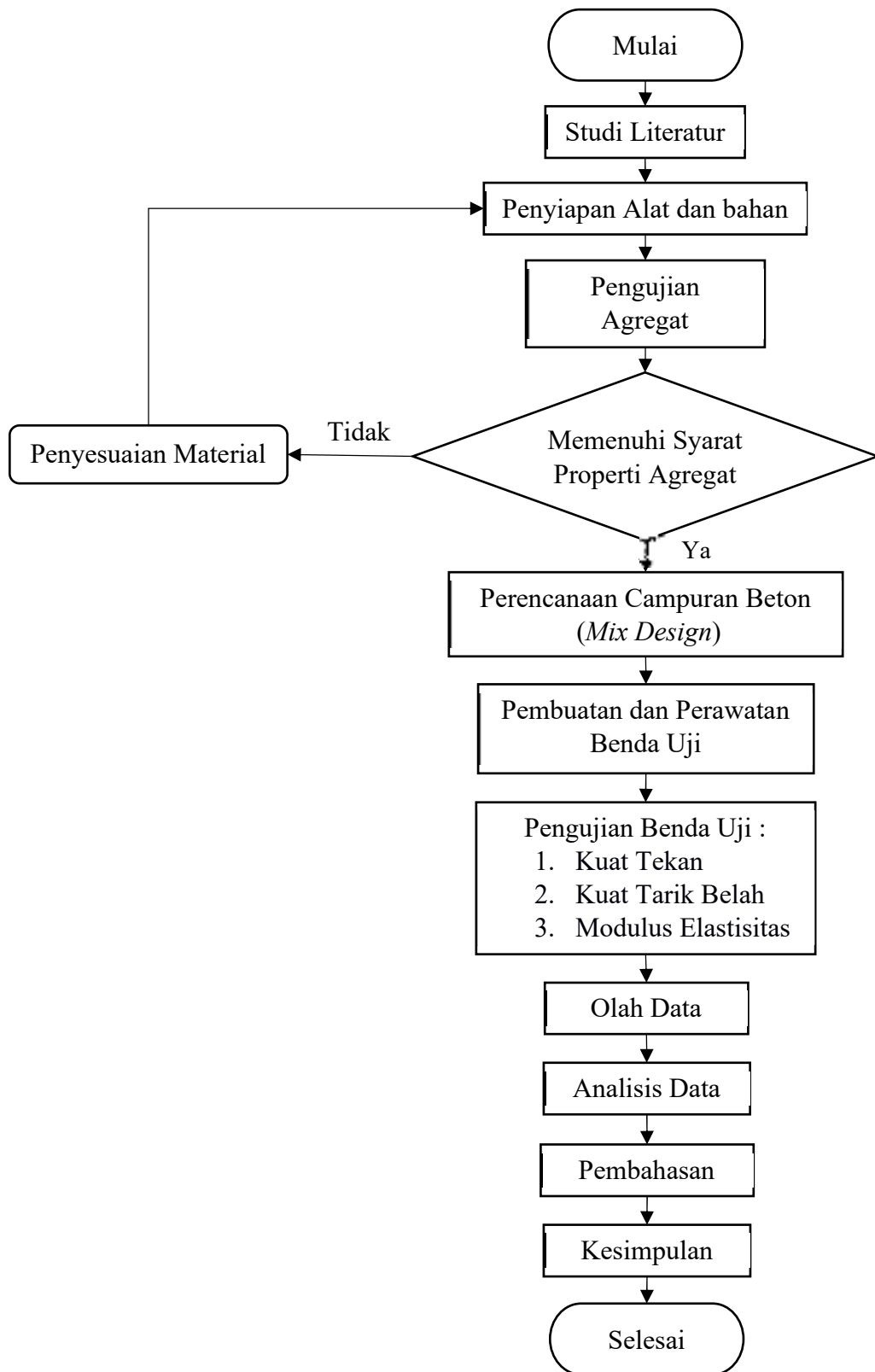
Pembahasan dilakukan berdasarkan hasil yang diperoleh pada tahap analisis data untuk memperoleh jawaban dan penafsiran terhadap perbedaan nilai yang ditemukan.

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 alir 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 agregat yang digunakan. Pengujian agregat yang dilakukan meliputi pengujian agregat halus Sungai Gendol, agregat halus Sungai Progo, agregat halus Abu Batu, dan agregat kasar. Hasil pengujian agregat didapat sebagai berikut.

5.1.1 Hasil Pengujian Agregat Halus Sungai Gendol (Acuan)

Pengujian agregat halus yang dilakukan berupa berat jenis dan penyerapan air, analisa saringan, berat volume padat, berat volume gembur serta uji lolos saringan No.200 (Uji Kandungan Lumpur). Hasil pengujian agregat halus digunakan untuk menentukan proporsi campuran beton (*mix design*). Agregat halus yang digunakan sebagai acuan dalam campuran beton (*mix design*) adalah pasir dari Sungai Gendol dikarenakan pasir tersebut memiliki lokasi terdekat dengan tempat tinggal. Dengan demikian, hasil pengujian agregat halus Sungai Gendol dapat dilihat sebagai berikut.

1. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Sungai Gendol.

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

a. Berat Jenis Curah

$$\begin{aligned} \text{Berat Jenis Curah} &= \frac{Bk}{B+500-Bt} \\ &= \frac{493}{691+500-1005} \\ &= 2,651 \end{aligned}$$

b. Berat Jenis Kering Permukaan (SSD)

$$\begin{aligned} \text{Berat Jenis Kering Permukaan} &= \frac{500}{B+500-Bt} \\ &= \frac{500}{691+500-1005} \\ &= 2,688 \end{aligned}$$

c. Berat Jenis Semu

$$\begin{aligned} \text{Berat Jenis Semu} &= \frac{Bk}{B+Bk-Bt} \\ &= \frac{493}{691+493-1005} \\ &= 2,754 \end{aligned}$$

d. Penyerapan Air

$$\begin{aligned} \text{Penyerapan Air} &= \frac{500-Bk}{Bk} \times 100\% \\ &= \frac{500-493}{493} \times 100\% \\ &= 1,419\% \end{aligned}$$

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

Tabel 5.1 Rekapitulasi Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus Sungai Gendol

Uraian	Hasil Pengamatan		Rata-rata
	Sampel 1	Sampel 2	
Berat pasir kering mutlak, gram (Bk)	493	494	493,5
Berat pasir kondisi jenuh kering muka (SSD), gram	500	500	500
Berat piknometer berisi pasir dan air, gram (Bt)	1005	981	993
Berat piknometer berisi air, gram (B)	691	671	681
Berat Jenis Curah	2,651	2,6	2,63
Berat Jenis jenuh kering muda (SSD)	2,699	2,632	2,66
Berat Jenis semu	2,754	2,685	2,72
Penyerapan Air	1,4199%	1,2146%	1,32%

Berdasarkan perhitungan di atas, didapatkan hasil pengujian berat jenis agregat halus sebesar 2,66 dan penyerapan air sebesar 1,32%. Menurut

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

2. Pengujian Analisa Saringan Sungai Gendol

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

a. Persentase Berat Tertinggal

$$\begin{aligned} \text{Saringan 2,4 mm} &= \frac{\text{Berat tertinggal}}{\text{Berat Total}} \times 100\% \\ &= \frac{5}{1995} \times 100\% \\ &= 0,25\% \end{aligned}$$

b. Persentase Berat Tertinggal Kumulatif

$$\begin{aligned} \text{Saringan 4,8 mm} &= \% \text{ berat tertinggal} + \% \text{ berat tertinggal sebelumnya} \\ &= 0 \% + 0,25 \% \\ &= 0,25 \% \end{aligned}$$

c. Persentase Lolos Kumulatif

$$\begin{aligned} \text{Saringan 4,8 mm} &= 100\% - \% \text{ berat tertinggal} \\ &= 99,75 \% \end{aligned}$$

d. Modulus Halus Butir

$$\begin{aligned} \text{MHB} &= \frac{\% \text{ Berat tertinggal kumulatif}}{100} \\ &= \frac{254,687}{100} \\ &= 2,547 \end{aligned}$$

Cara yang sama dilakukan untuk perhitungan lubang lainnya. Hasil pengujian analisa saringan agregat halus Sungai Gendol dapat dilihat pada tabel 5.2 dan 5.3 berikut.

Tabel 5.2 Hasil Analisa Saringan Agregat Halus Sungai Gendol Sampel 1

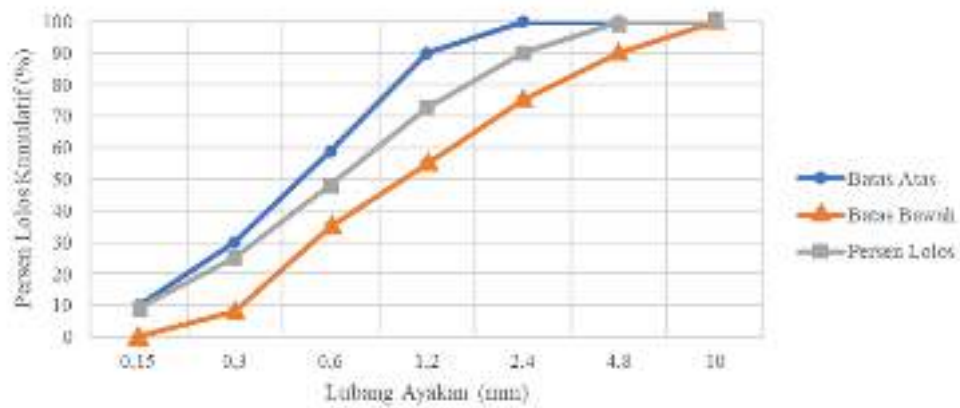
No	Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gr)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)	Batas Bawah	Batas Atas
1	20,00	0	0	0	100	100	100
2	10,00	0	0	0	100	100	100
3	4,80	5	0,25	0,25	99,75	90	100
4	2,40	192	9,62	9,87	90,13	75	100
5	1,20	347	17,39	27,27	72,73	55	90
6	0,60	487	24,41	51,68	48,32	30	59
7	0,30	461	23,11	74,79	25,21	8	30
8	0,15	320	16,04	90,83	9,17	0	10
9	Sisa	183	9,173	100,000	0	0	0
	Jumlah	1995	100	254,687			

Tabel 5.3 Hasil Analisa Saringan Agregat Halus Sungai Gendol Sampel 2

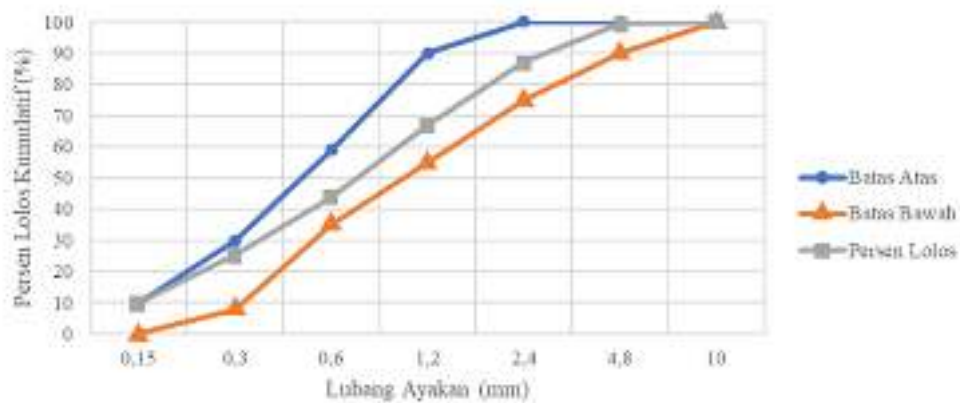
No	Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gr)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)	Batas Bawah	Batas Atas
1	20,00	0	0	0	100	100	100
2	10,00	0	0	0	100	100	100
3	4,80	7	0,35	0,35	99,65	90	100
4	2,40	249	12,47	12,83	87,17	75	100
5	1,20	406	20,34	33,17	66,83	55	90
6	0,60	458	22,95	56,11	43,89	30	59
7	0,30	371	18,59	74,70	25,30	8	30
8	0,15	306	15,33	90,03	9,97	0	10
9	Sisa	199	9,970	100,000	0	0	0
	Jumlah	1996	100	267,184			

Berdasarkan Tabel 5.2 dan Tabel 5.3 didapat nilai modulus halus butir sebesar 2,547 dan 2,672. Menurut SNI 03-1750-1990, nilai tersebut sudah memenuhi persyaratan nilai modulus halus butir agregat halus yaitu 1,5-3,8. Menurut

SNI 03-2384-2000, agregat halus tersebut telah memenuhi syarat batas bawah dan atas yang termasuk dalam gradasi daerah II. Terdapat grafik gradasi agregat halus Sungai Gendol yang dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 5.1 Grafik Gradasi II Agregat Halus Sungai Gendol Sampel 1



Gambar 5.2 Grafik Gradasi II Agregat Halus Sungai Gendol Sampel 2

3. Pengujian Berat Volume Gembur dan Berat Volume Padat Sungai Gendol
Tujuan dari pengujian ini adalah mengetahui berat volume dari agregat halus dalam keadaan gembur dan padat. Berikut dibawah ini terdapat contoh perhitungan dari berat volume gembur Sungai Gendol.

a. Volume tabung (V)

$$\begin{aligned} \text{Volume tabung} &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times t \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 14,95^2 \times 30,1 \\ &= 5283,71 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

b. Berat Agregat (W3)

$$\begin{aligned} \text{Berat Agregat} &= W2 - W1 \\ &= 18317 - 11302 \\ &= 7015 \text{ gr} \end{aligned}$$

c. Berat Volume Gembur

$$\begin{aligned} \text{Berat Volume Gembur} &= \frac{W3}{V} \\ &= \frac{7015}{5283,71} \\ &= 1,328 \text{ gr/cm}^3 \end{aligned}$$

Cara yang sama dilakukan untuk perhitungan sampel 2 dan juga untuk volume padat. Hasil pengujian berat volume gembur tabel 5.4 dan 5.5 berikut.

Tabel 5.4 Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Sungai Gendol

Uraian	Hasil Pengamatan	
	Sampel 1	Sampel 2
Diameter (cm)	14,95	14,95
Tinggi (cm)	30,1	30,1
Berat Tabung (gr)	11302	11302
Berat tabung + agregat kering tungku (W2) (gr)	18317	18410
Berat agregat (W3)	7015	7108
Volume tabung (v) (cm ³)	5283,71	5283,71
Berat volume gembur (gr/cm ³)	1,328	1,345
Rata-rata	1,336	

Tabel 5.5 Hasil Pengujian Berat Volume Padat Sungai Gendol

Uraian	Hasil Pengamatan	
	Sampel 1	Sampel 2
Diameter (cm)	14,95	14,95
Tinggi (cm)	30,1	30,1
Berat Tabung (gr)	11302	11302
Berat tabung + agregat kering tungku (W2) (gr)	19899	19932
Berat agregat (W3)	8597	8630
Volume tabung (v) (cm ³)	5283,71	5283,71
Berat volume padat (gr/cm ³)	1,627	1,633
Rata-rata	1,63	

Berdasarkan perhitungan dari Tabel 5.4 dan Tabel 5.5 diatas, didapat berat volume gembur rerata sebesar 1,336 gram/cm³ dan berat volume padat rerata sebesar 1,63 gram/cm³.

4. Uji Lolos Saringan No.200 (Uji Kandungan Lumpur) Sungai Gendol
 Pengujian uji lolos saringan no 200 ini dilakukan sesuai dengan SNI 03-4142-1996 yang bertujuan untuk mengetahui kadar lumpur dalam agregat halus. Berikut dibawah ini terdapat contoh perhitungan dari uji kandungan lumpur Sungai Gendol.

$$\begin{aligned}
 \text{Kandungan Lumpur} &= \frac{(W_2 - W_1)}{W_1} \times 100\% \\
 &= \frac{(500 - 488)}{500} \times 100\% \\
 &= 2,4\%
 \end{aligned}$$

Cara yang sama dilakukan untuk perhitungan sampel 2. Hasil pengujian lolos saringan No. 200 Sungai Gendol dapat dilihat pada Tabel 5.6 berikut.

Tabel 5.6 Hasil Uji Lolos Saringan No.200 Sungai Gendol

Uraian	Hasil Pemeriksaan	
	Sampel 1	Sampel 2
Berat agregat kering oven (W1) (gr)	500	500
Berat agregat kering oven setelah dicuci (W2) (gr)	488	489
Persentase lolos saringan No. 200 $\frac{(W2-W1)}{W1} \times 100\%$	2,4%	2,2%
Rata-rata persentase lolos saringan No.200	2,3%	

Berdasarkan Tabel 5.6 didapatkan rata-rata persentase lolos saringan No. 200 sebesar 2,3% sehingga telah memenuhi persyaratan maksimum kandungan lumpur pada SK SNI S-04-1989-F yaitu 5%.

5.1.2 Hasil Pengujian Agregat Halus Sungai Progo

Hasil pengujian lolos saringan No. 200 Sungai Gendol dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5.7 Hasil Uji Lolos Saringan No.200 Sungai Progo

Uraian	Hasil Pemeriksaan	
	Sampel 1	Sampel 2
Berat agregat kering oven (W1) (gr)	500	500
Berat agregat kering oven setelah dicuci (W2) (gr)	497	492
Persentase lolos saringan No. 200 $\frac{(W2-W1)}{W1} \times 100\%$	0,6%	1,6%
Rata-rata persentase lolos saringan No.200	1,1%	

Berdasarkan Tabel 5.7 didapatkan rata-rata persentase lolos saringan No. 200 sebesar 1,1% sehingga telah memenuhi persyaratan maksimum kandungan lumpur pada SK SNI S-04-1989-F yaitu 5%.

5.1.3 Hasil Pengujian Agregat Halus Abu Batu

Hasil pengujian lolos saringan No. 200 abu batu dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5.8 Hasil Uji Lolos Saringan No.200 Abu Batu

Uraian	Hasil Pemeriksaan	
	Sampel 1	Sampel 2
Berat agregat kering oven (W1) (gr)	500	500
Berat agregat kering oven setelah dicuci (W2) (gr)	469	467
Persentase lolos saringan No. 200 $\frac{(W2-W1)}{W1} \times 100\%$	6,2%	6,6%
Rata-rata persentase lolos saringan No.200	6,4%	

Berdasarkan Tabel 5.8 didapatkan rata-rata persentase lolos saringan No. 200 sebesar 6,4% sehingga belum memenuhi persyaratan maksimum kandungan lumpur pada SK SNI S-04-1989-F yaitu 5%. Meskipun agregat halus abu batu tersebut telah dicuci tetapi tetap belum memenuhi persyaratan, agregat tersebut tetap dilakukan penelitian sebagai perbandingan.

5.1.4 Hasil Pengujian Agregat Kasar

Pengujian agregat kasar yang dilakukan antara lain seperti pengujian berat jenis dan penyerapan air, analisa saringan, berat volume gembur dan berat volume padat. Berikut dibawah ini merupakan hasil pengujian agregat kasar.

1. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air.

Pengujian ini dilakukan berdasarkan SNI 03-1969-1990. Berikut dibawah ini merupakan perhitungan dan hasil pengujian.

a. Berat Jenis Curah

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Jenis Curah} &= \frac{Bk}{Bj - Ba} \\
 &= \frac{4791}{5000 - 3067} \\
 &= 2,479
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}\text{Berat Jenis Semu} &= \frac{B_k}{B_k - B_a} \\ &= \frac{4791}{4791 - 3067} \\ &= 2,779\end{aligned}$$

d. Penyerapan Air

$$\begin{aligned}\text{Penyerapan Air} &= \frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\% \\ &= \frac{5000 - 4791}{4791} \times 100\% \\ &= 4,36\%\end{aligned}$$

Cara yang sama dilakukan untuk perhitungan sampel 2. Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 5.9

Tabel 5.9 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

Uraian	Hasil Pengamatan		Rata-rata
	Sampel 1	Sampel 2	
Berat Kerikil Mutlak (Bk), gram	4791	4793	4792
Berat Kerikil Jenuh kering muka (Bj), gram	5000	5000	5000
Berat kerikil dalam air, gram (Ba)	3067	3063	3065
Berat Jenis Curah	2,479	2,474	2,48
Berat Jenis jenuh kering muka (SSD)	2,587	2,581	2,58
Berat Jenis semu	2,779	2,771	2,77
Penyerapan Air %	4,36%	4,32%	4,34%

Berdasarkan tabel di atas, didapatkan rata-rata hasil pengujian berat jenis agregat halus sebesar 2,58 dan penyerapan air rata-rata sebesar 4,34%.

2. Pengujian Analisa Saringan

Pengujian analisa saringan agregat kasar yang dilakukan berdasar pada 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.

a. Persentase Berat Tertinggal

$$\begin{aligned} \text{Saringan 20 mm} &= \frac{\text{Berat tertinggal}}{\text{Berat Total}} \times 100\% \\ &= \frac{21}{4997} \times 100\% \\ &= 0,42\% \end{aligned}$$

b. Persentase Berat Tertinggal Kumulatif

$$\begin{aligned} \text{Saringan 20 mm} &= \% \text{ berat tertinggal} + \% \text{ berat tertinggal sebelumnya} \\ &= 0,42\% + 0\% \\ &= 0,42\% \end{aligned}$$

c. Persentase Lolos Kumulatif

$$\begin{aligned} \text{Saringan 20 mm} &= 100\% - \% \text{ berat tertinggal} \\ &= 99,58\% \end{aligned}$$

d. Modulus Halus Butir

$$\begin{aligned} \text{MHB} &= \frac{\% \text{ Berat tertinggal kumulatif}}{100} \\ &= \frac{656,094}{100} \\ &= 6,561 \end{aligned}$$

Cara yang sama dilakukan untuk perhitungan lubang lainnya. Hasil pengujian analisa saringan agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 5.10 dan 5.11 berikut.

Tabel 5.10 Hasil Analisa Saringan Agregat Kasar Sampel 1

No	Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gr)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)	Batas Bawah (%)	Batas Atas (%)
1	40,00	0	0	0	100	100	100
2	20,00	21	0,42	0,42	99,58	95	100
3	10,00	3376	67,56	67,98	32,02	30	60
4	4,80	1263	25,28	93,26	6,74	0	10
5	2,40	251	5,02	98,28	1,72	0	0
6	1.20	38	0,76	99,04	0,96	0	0
7	0,60	0	0	99,04	0,96	0	0
8	0,30	0	0	99,04	0,96	0	0

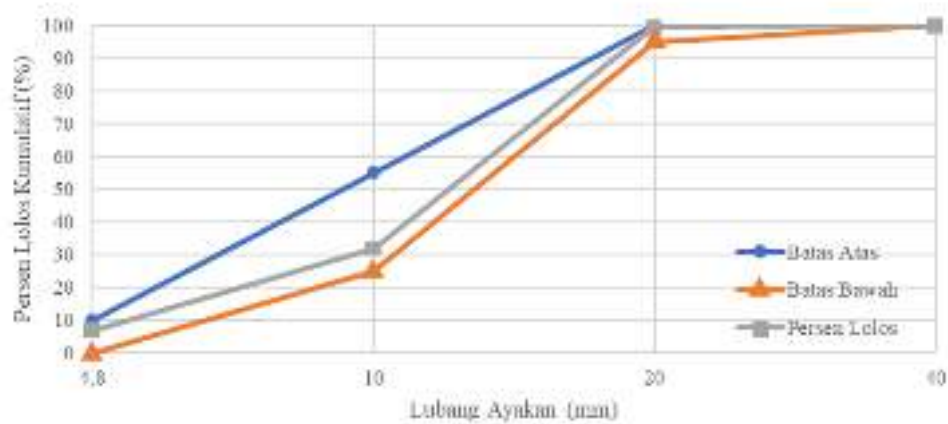
Lanjutan Tabel 5.10 Hasil Analisa Saringan Agregat Kasar Sampel 1

No	Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gr)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)	Batas Bawah (%)	Batas Atas (%)
9	0,15	0	0	99,04	0,96	0	0
10	Sisa	48	0,96	100	0,00	0	0
	Jumlah	4997	100	656,094			

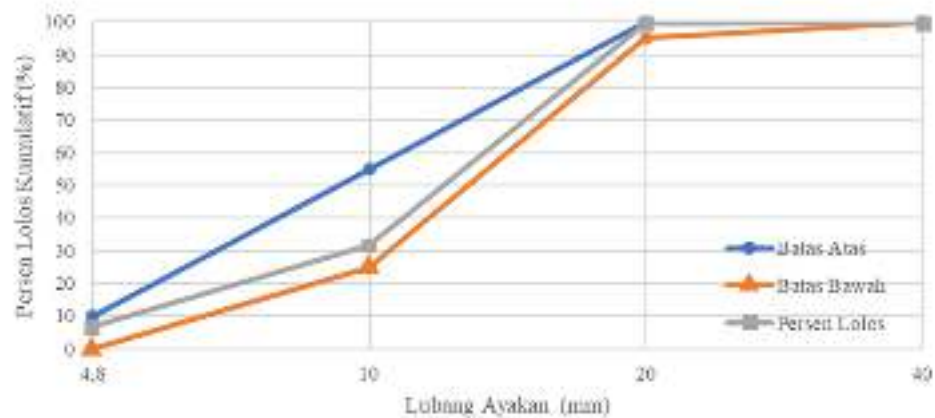
Tabel 5.11 Hasil Analisa Saringan Agregat Kasar Sampel 2

No	Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gr)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)	Batas Bawah (%)	Batas Atas (%)
1	40,00	0	0	0	100	100	100
2	20,00	18	0,36	0,36	99,64	95	100
3	10,00	3390	67,81	68,17	31,83	30	60
4	4,80	1255	25,11	93,28	6,72	0	10
5	2,40	253	5,06	98,34	1,66	0	0
6	1,20	30	0,60	98,94	1,06	0	0
7	0,60	0	0	98,94	1,06	0	0
8	0,30	0	0	98,94	1,06	0	0
9	0,15	0	0	98,94	1,06	0	0
10	Sisa	53	1,06	100	0,00	0	0
	Jumlah	4999	100	655,911			

Berdasarkan Tabel 5.10 dan Tabel 5.11 didapat nilai modulus halus butir sebesar 6,561 dan 6,559. Menurut SK SNI S-04-1989-F, nilai tersebut sudah memenuhi persyaratan nilai modulus halus butir agregat halus 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 20mm. Terdapat grafik gradasi agregat kasar yang dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



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



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

3. Pengujian Berat Volume Gembur dan Berat Volume Padat

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

a. Volume tabung (V)

$$\begin{aligned}
 \text{Volume tabung} &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times t \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 14,95^2 \times 30,11 \\
 &= 5285,46 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

b. Berat Agregat (W3)

$$\begin{aligned}\text{Berat Agregat} &= W2 - W1 \\ &= 19062 - 11653 \\ &= 7409 \text{ gr}\end{aligned}$$

c. Berat Volume Gembur

$$\begin{aligned}\text{Berat Volume Gembur} &= \frac{W3}{v} \\ &= \frac{7409}{5285,46} \\ &= 1,402 \text{ gr/cm}^3\end{aligned}$$

Didapatkan hasil uji berat volume dijabarkan sebagai berikut.

Tabel 5.12 Hasil Pengujian Berat Volume Gembur

Uraian	Hasil Pengamatan	
	Sampel 1	Sampel 2
Diameter (cm)	14,95	14,95
Tinggi (cm)	30,11	30,11
Berat Tabung (gr)	11653	11653
Berat tabung + agregat kering tungku (W2) (gr)	19062	19281
Berat agregat (W3)	7409	7628
Volume tabung (v) (cm ³)	5285,46	5285,46
Berat volume gembur (gr/cm ³)	1,402	1,443
Rata-rata	1,401	

Tabel 5.13 Hasil Pengujian Berat Volume Padat

Uraian	Hasil Pengamatan	
	Sampel 1	Sampel 2
Diameter (cm)	14,95	14,95
Tinggi (cm)	30,11	30,11
Berat Tabung (gr)	11653	11653
Berat tabung + agregat kering tungku (W2) (gr)	20075	20123
Berat agregat (W3)	8422	8470
Volume tabung (v) (cm ³)	5285,46	5285,46
Berat volume gembur (gr/cm ³)	1,59	1,60
Rata-rata	1,598	

Berdasarkan perhitungan dari Tabel 5.12 dan Tabel 5.13, didapat berat

volume gembur rerata sebesar $1,401 \text{ gram/cm}^3$ dan berat volume padat rerata sebesar $1,598 \text{ gram/cm}^3$.

5.2 Perencanaan Campuran Beton

SNI 2834-2000 digunakan dalam perhitungan perencanaan campuran beton (*mix design*). Langkah-langkah *mix design* dapat dijabarkan sebagai berikut ini.

1. Kuat tekan beton (f'_c) rencana senilai 25 MPa dengan bentuk benda uji berupa silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.
2. Berdasar pada Tabel 3.1, nilai deviasi standar yang ditetapkan adalah 7 dikarenakan peneliti belum memiliki pengalaman sebelumnya
3. Nilai tambah dihitung dengan persamaan 3.1 berikut.

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

$$M = 1,64 \times 7$$

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

Ket :

S_r adalah Deviasi Standar

M adalah Nilai tambah

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

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

$$f'_{cr} = 25 + 12$$

$$f'_{cr} = 37 \text{ MPa}$$

Ket :

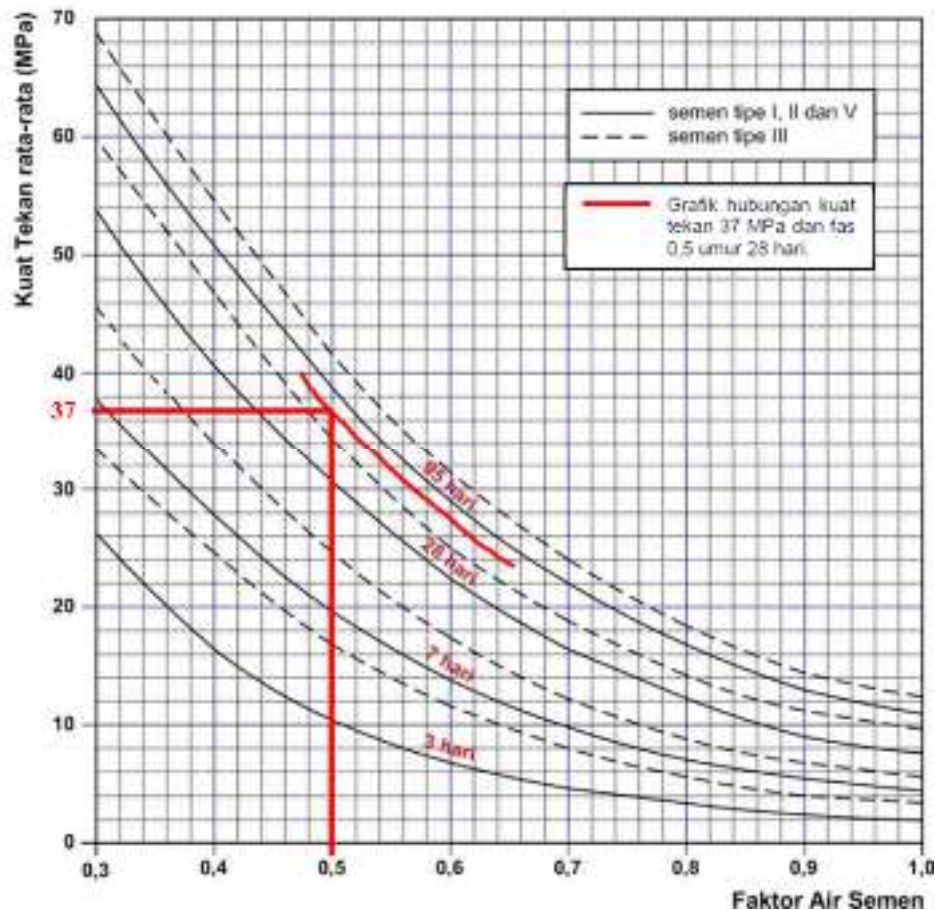
f'_{cr} adalah kuat tekan beton rata-rata yang ditargetkan, dalam MPa.

f'_c adalah kuat tekan beton rencana, dalam MPa.

M adalah nilai tambah.

5. Semen yang digunakan bermerek Tiga Roda yang termasuk semen portland tipe I.
6. Agregat halus berasal dari Sungai Gendol, Sungai Progo, dan Abu Batu yang mana digunakan agregat halus Sungai Gendol sebagai acuan. Kemudian untuk agregat kasar yang akan digunakan berasal dari Clereng.

7. FAS (faktor air semen) ditentukan berdasarkan Tabel 3.3 dan Gambar 5.5.
- a. Berdasarkan Tabel 3.3 ditetapkan semen portland tipe I, benda uji bentuk silinder, dan kuat tekan saat berumur 28 hari didapatkan fas 0,5 dengan perkiraan kuat tekan beton senilai 37 MPa.



Gambar 5.5 Hubungan Antara Kuat Tekan dan Faktor Air Semen

Sumber : SNI 03-2834-2000

- b. Berdasarkan Gambar 5.5 didapatkan nilai fas 0,5.
8. Berdasarkan Tabel 3.4, jumlah semen minimum dan fas maksimum ditetapkan pada keadaan beton dalam ruangan dengan keliling non korosif, sehingga didapat jumlah semen minimum sebesar 275 kg/m^3 dengan nilai fas maksimum 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 :
- Agregat Halus Sungai Gendol (acuan) masuk dalam Gradasi II berdasar dari hasil pengujian analisa saringan agregat halus.
 - Ukuran butiran maksimum 20 mm berdasar dari hasil uji analisa saringan agregat kasar
 - Batu tak dipecahkan digunakan pada agregat halus dan batu pecah digunakan pada agregat kasar.
11. Berdasarkan Tabel 3.5 dapat dihitung nilai kadar air bebas. Nilai batu tidak pecah diperoleh sebesar 195kg/m^3 dan batu pecah sebesar 225kg/m^3 berdasar pada ukuran maksimum agregat 20 mm dan nilai slump 60-180mm. Perhitungan kadar air bebas dilakukan melalui persamaan 3.3 berikut.

$$W = \frac{2}{3}Wh + \frac{2}{3}Wk \quad (3.3)$$

$$W = \frac{2}{3}195 + \frac{2}{3}225$$

$$W = 205 \text{ kg/m}^3$$

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.

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

$$c = \frac{205}{0,5}$$

$$c = 410 \text{ kg/m}^3$$

Ket :

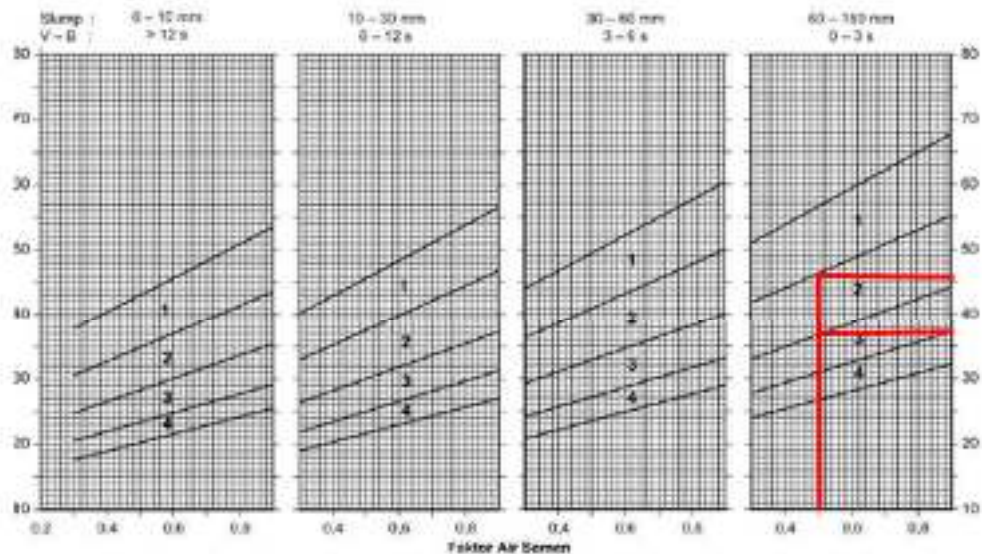
c adalah jumlah semen (kg/m^3)

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

fas adalah faktor air semen

13. Berdasarkan Gambar 5.6 dibawah, didapatkan batas bawah sebesar 37% dan

batas atas 46%.



Grafik 14: Persen Pasir terhadap Kadar Total Agregat yang dianjurkan
Untuk ukuran butir maksimum 20 mm

Gambar 5.6 Grafik Persentase Pasir Terhadap Kadar Total Agregat (Maksimum Ukuran Butir 20 mm)

Sumber : SNI 03-2834-2000

Perhitungan persentase agregat halus dan agregat kasar sebagai berikut.

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

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

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

$$\begin{aligned} B_{j_{gab}} &= \%Ag. Halus \times B_{j_{ag.halus}} + \%Ag. Kasar \times B_{j_{ag.kasar}} \\ &= 41,5 \times 2,660 + 58,5 \times 2,584 \\ &= 2,615 \end{aligned}$$

Ket :

$B_{j_{gab}}$ adalah berat jenis gabungan/ relatif agregat

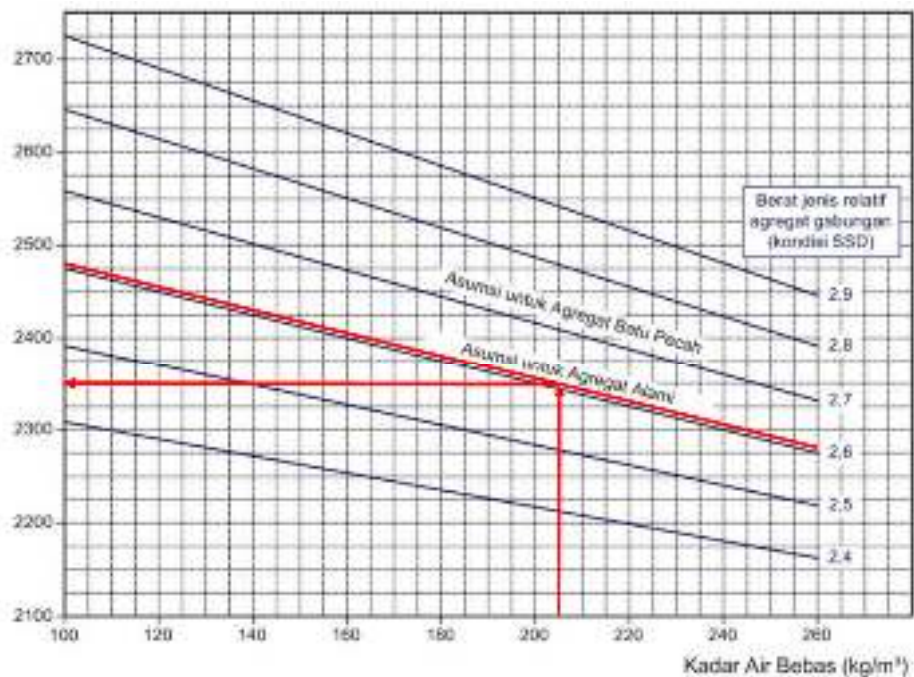
%Ag.Halus adalah persentase agregat halus (%)

%Ag.Kasar adalah persentase agregat kasar (%)

BJ_{ag. halus} adalah berat jenis agregat halus

BJ_{ag. kasar} adalah berat jenis agregat kasar

15. Berdasarkan grafik perkiraan berat isi beton basah pada Gambar 5.7 dibawah, diperoleh berat isi beton senilai 2350 kg/m³.



Grafik 18: Perkiraan Berat Isi Beton Basah yang telah selesai dipadatkan

Gambar 5.7 Grafik Perkiraan Berat Isi Beton Basah

Sumber : SNI 03-2843-2000

16. Kadar agregat gabungan dihitung menggunakan persamaan seperti berikut.

$$\begin{aligned} W_{\text{ag.gab}} &= W_{\text{beton}} - W_{\text{semen}} - w \\ &= 2340 - 410 - 205 \\ &= 1735 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Ket :

$W_{\text{ag. gab}}$ adalah kadar agregat gabungan (kg/m³)

W_{beton} adalah berat isi beton (kg/m³)

W_{semen} adalah kadar semen (kg/m³)

w adalah kadar air bebas (kg/m³)

17. Kadar agregat halus dihitung dengan persamaan seperti berikut.

$$\begin{aligned} W_{\text{ag.halus}} &= \%Ag.\text{halus} \times W_{\text{ag.gab}} \\ &= 41,5 \times 1735 \\ &= 720,025 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Ket :

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

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

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

18. Kadar agregat kasar dihitung dengan persamaan seperti berikut.

$$\begin{aligned} W_{\text{ag.kasar}} &= W_{\text{ag.gab}} - W_{\text{ag.halus}} \\ &= 1735 - 720,025 \\ &= 1014,98 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Ket :

$W_{\text{ag.kasar}}$ adalah kadar agregat kasar (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)

5.3 Proporsi Campuran Beton

Proporsi campuran beton didapat setelah proses perencanaan campuran beton selesai. Nilai proporsi campuran beton dapat dijabarkan sebagai berikut.

1. Proporsi campuran untuk per 1 m^3 beton.

Berdasarkan perhitungan pada bahasan sebelumnya dapat dilihat rincian proporsi campuran untuk per 1 m^3 beton adalah sebagai berikut.

- a. Air = 205 kg
- b. Semen = 410 kg
- c. Agregat halus = 720,025 kg
- d. Agregat kasar = 1014,98 kg

2. Proporsi campuran untuk per 1 m^3 dilakukan penyusutan sebesar 20%.

Penelitian digunakan angka penyusutan 20%. Proporsi campuran untuk per 1 m^3 dilakukan penyusutan diperoleh sebagai berikut.

- a. Air = 246 kg

- b. Semen = 492 kg
- c. Agregat halus = 864,03 kg
- d. Agregat kasar = 1217,97 kg

3. Proporsi campuran untuk total kebutuhan benda uji.

Jenis campuran beton yang akan dibuat pada penelitian ini sebanyak 3 jenis dengan 15 buah silinder setiap jenisnya. Sehingga total kebutuhan campuran beton adalah 45 buah silinder. Rincian total kebutuhan untuk 45 buah silinder dapat dijabarkan sebagai berikut.

a. Volume silinder (45 buah)

$$\begin{aligned}
 V &= 45 \times \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times t \\
 &= 45 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 0.15^2 \times 0,3 \\
 &= 0,239 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{b. Air} &= V_{kebutuhan} \times V_{total} \\
 &= 0,239 \times 246 \\
 &= 117,374 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{c. Semen} &= V_{kebutuhan} \times V_{total} \\
 &= 0,239 \times 492 \\
 &= 58,687 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{d. Agregat halus} &= V_{kebutuhan} \times V_{total} \\
 &= 0,239 \times 864,03 \\
 &= 206,127 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{e. Agregat kasar} &= V_{kebutuhan} \times V_{total} \\
 &= 0,239 \times 1217,97 \\
 &= 290,565 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

4. Proporsi campuran untuk setiap proses mixing.

Penelitian ini memiliki 3 jenis campuran. Setiap jenis menggunakan agregat halus yang berbeda. Dikarenakan dalam proses mixing menggunakan *mixer* yang berukuran kecil, maka peneliti perlu melakukan 3 kali proses mixing pada setiap jenis campuran beton. Dengan total 45 buah silinder, maka dibutuhkan 9 kali proses mixing, sehingga setiap mixing dibutuhkan 5 buah

silinder. Berikut merupakan kebutuhan campuran beton untuk setiap proses mixing.

- a. Air = 6,521 kg
- b. Semen = 13,042 kg
- c. Agregat halus = 22,903 kg
- d. Agregat kasar = 32,285 kg

5.4 Hasil Pengujian Slump

Pengujian slump digunakan untuk mengetahui tingkat *workability* dari sebuah campuran beton. Semakin tinggi nilai slump, maka suatu campuran lebih mudah untuk dikerjakan. Slump yang direncanakan adalah 10 ± 2 cm. Hasil nilai slump pada setiap jenis campuran beton dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 5.14 Hasil Pengujian Slump

Benda Uji	Tinggi Slump	Keterangan Syarat Slump
	cm	(60-180 mm)
SUNGAI GENDOL (ACUAN)	9	Memenuhi
SUNGAI PROGO	10	Memenuhi
ABU BATU	11	Memenuhi

Berdasar pada Tabel 5.14, tinggi slump pada semua jenis memenuhi rencana slump yaitu 10 ± 2 cm dan syarat 60-180 mm. Gambar pengujian slump dapat dilihat seperti Gambar 5.8 berikut.



Gambar 5.8 Pengujian Slump

5.5 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

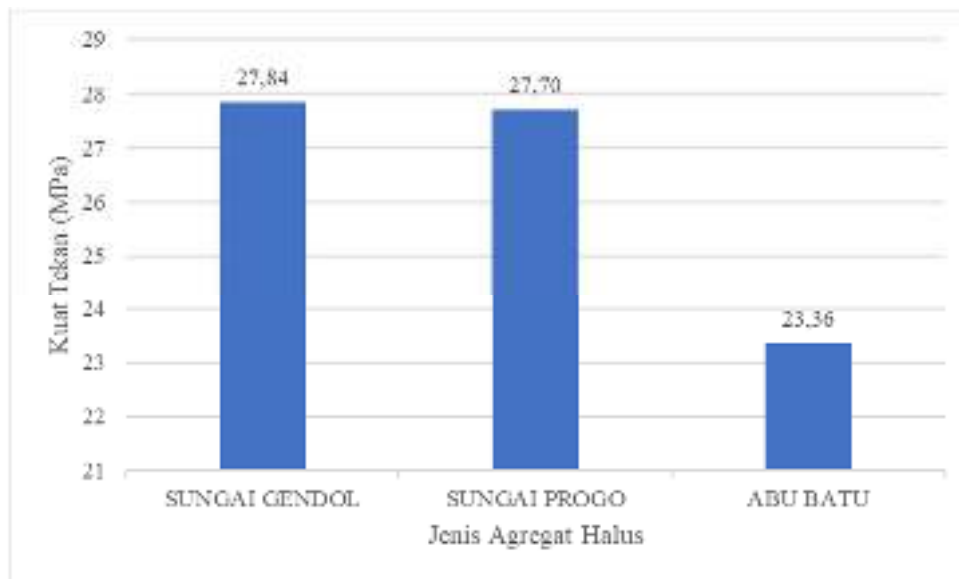
Pada penelitian ini, pengujian kuat tekan beton dilakukan pada beton umur 28 hari. Alat yang digunakan untuk pengujian ini adalah *Compression Test Machine* (CTM). Sebelum dilakukan pengujian, benda uji dikeringkan selama 1 hari. Total benda uji yang digunakan berjumlah 10 buah silinder tiap jenis sehingga 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. Pengujian dilakukan sampai didapat beban maksimum dari mesin CTM. Contoh perhitungan kuat tekan beton dapat dilihat sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 F'_c &= \frac{P}{A} \\
 &= \frac{516,7 \times 10^3}{18050,46} \\
 &= 28,63 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

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

Tabel 5.15 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)
SUNGAI GENDOL	SG-TM-01	15,16	30,25	18050,46	516,70	28,63	27,84
	SG-TM-02	14,94	30,03	17530,37	554,50	31,63	
	SG-TM-03	15,04	30,20	17765,83	474,70	26,72	
	SG-TM-04	14,83	30,22	17273,18	436,10	25,25	
	SG-TM-05	15,08	30,05	17860,46	500,70	28,03	
	SG-TM-06	15,28	30,00	18337,35	529,20	28,86	
	SG-TM-07	15,10	30,20	17907,86	482,70	26,95	
	SG-TM-08	15,14	30,14	18002,87	503,00	27,94	
	SG-TM-09	14,86	30,36	17343,13	470,30	27,12	
	SG-TM-10	15,09	30,10	17884,15	487,40	27,25	
SUNGAI PROGO	SP-TM-01	15,08	30,02	17860,46	460,80	25,80	27,70
	SP-TM-02	14,99	30,25	17647,90	482,90	27,36	
	SP-TM-03	15,13	30,13	17979,09	498,70	27,74	
	SP-TM-04	15,06	29,78	17813,11	477,60	26,81	
	SP-TM-05	15,05	29,93	17789,46	538,30	30,26	
	SP-TM-06	15,40	30,32	18626,50	518,40	27,83	
	SP-TM-07	15,14	30,14	18002,87	476,20	26,45	
	SP-TM-08	15,10	30,07	17907,86	502,10	28,04	
	SP-TM-09	15,05	30,00	17789,46	527,80	29,67	
	SP-TM-10	15,09	29,81	17884,15	483,50	27,04	
ABU BATU	AB-TM-01	14,83	30,23	17273,18	360,10	20,85	23,36
	AB-TM-02	15,10	30,23	17907,86	451,20	25,20	
	AB-TM-03	15,06	30,05	17813,11	401,20	22,52	
	AB-TM-04	15,05	30,00	17789,46	462,60	26,00	
	AB-TM-05	15,06	30,15	17813,11	390,70	21,93	
	AB-TM-06	15,13	30,40	17979,09	443,60	24,67	
	AB-TM-07	15,07	30,08	17836,78	407,30	22,83	
	AB-TM-08	15,00	30,33	17671,46	424,80	24,04	
	AB-TM-09	15,05	30,01	17789,46	406,30	22,84	
	AB-TM-10	15,10	29,94	17907,86	406,90	22,72	



Gambar 5.9 Grafik Kuat Tekan Beton Rata-rata

Berdasarkan Tabel 5.15, didapat nilai rata-rata kuat tekan beton dari setiap jenis agregat halus. Agregat halus Sungai Gendol digunakan sebagai beton kontrol/ acuan dalam penelitian ini. Nilai rata-rata kuat tekan beton pada jenis agregat halus Sungai Gendol, Sungai Progo, dan abu batu secara berurutan adalah 27,84 MPa, 27,70 Mpa, dan 23,36 MPa.

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.9, terdapat dua jenis agregat halus yang mencapai kuat tekan rencana yaitu agregat halus Sungai Gendol dan Sungai Progo, sedangkan jenis agregat halus abu batu tidak mencapai kuat tekan rencana. Kuat tekan tertinggi pada jenis agregat halus Sungai Gendol sebesar 27,84 MPa dan kuat tekan terendah pada jenis agregat halus abu batu sebesar 23,36 MPa.

Hasil kuat tekan dari agregat halus Sungai Gendol dan Sungai Progo tidak jauh berbeda. Hal tersebut dikarenakan, agregat halus Sungai Gendol dan Sungai Progo memiliki karakteristik butiran yang serupa yaitu agak kasar. Berdasar pengujian sifat dan karakteristik agregat halus, digunakan proporsi acuan agregat halus Sungai Gendol. Maka, agregat halus Sungai Gendol mendapatkan hasil lebih baik dari agregat halus Sungai Progo dan sekaligus mendapatkan hasil kuat tekan terbaik pada ketiga jenis agregat. Hasil kuat tekan agregat halus Sungai Progo yang lebih kecil, juga disebabkan oleh perbedaan bentuk agregat, yang mana agregat

halus Sungai Gendol memiliki bentuk butiran yang lebih tajam dibandingkan Sungai Progo, sehingga ikatan antar campuran betonnya lebih baik.

Berbeda halnya dengan abu batu yang mendapatkan hasil kuat tekan beton terendah pada ketiga jenis agregat halus. Hal tersebut dikarenakan, agregat halus abu batu memiliki karakteristik butiran yang kasar, berbeda dengan agregat halus Sungai Gendol dan Sungai Progo yang memiliki karakteristik butiran agak kasar. Hal tersebut mengakibatkan terjadi perbedaan gradasi sehingga proporsinya juga akan berbeda. Maka dengan digunakannya agregat halus Sungai Gendol sebagai acuan proporsi campuran, butiran dari agregat abu batu tidak dapat mengisi pori pada campuran beton dengan baik sehingga hasil kuat tekannya tidak maksimal. Kemudian, ditambah lagi terdapat beberapa kendala seperti :

1. Agregat halus abu batu telah dicuci, namun setelah dilakukan uji kadar lumpur tetap mendapatkan nilai kadar lumpur sebesar 6,4%. Hasil ini melebihi persyaratan maksimum yaitu 5%.
2. Proses pemadatan benda uji silinder pada jenis agregat halus Sungai Gendol dan Sungai Progo dilakukan dengan mesin *vibrator*. Namun saat dilakukan pemadatan pada jenis agregat halus abu batu, mesin *vibrator* tersebut rusak dan tidak mau menyala sehingga pemadatan mix beton tersebut dilakukan dengan cara manual yaitu dengan dipukul menggunakan palu karet. Hal ini dapat menyebabkan pemadatan campuran pada jenis agregat halus abu batu menjadi kurang maksimal.

Beberapa kendala diatas menyebabkan hasil kuat tekan beton agregat halus abu batu tidak mencapai kuat tekan rencana dan terendah diantara ketiganya. Terdapat gambar pengujian kuat tekan beton yang dapat dilihat sebagai berikut.



Gambar 5.10 Pengujian Kuat Tekan dan Benda Uji Setelah Pengujian

5.6 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

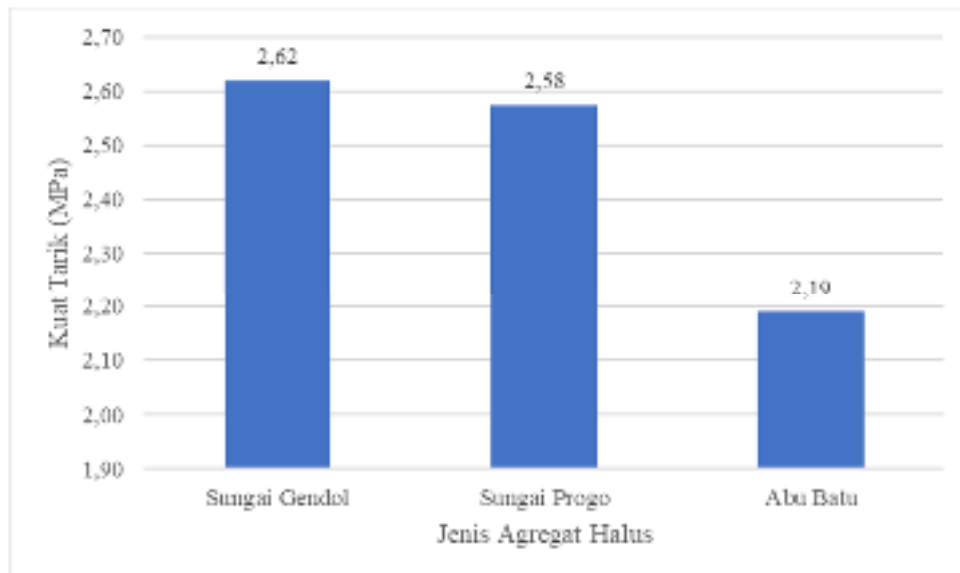
Pada penelitian ini, pengujian kuat tarik belah beton dilakukan pada beton umur 28 hari. Alat yang digunakan untuk pengujian ini adalah *Compression Test Machine* (CTM). Sebelum dilakukan pengujian, benda uji dikeringkan selama 1 hari. Total benda uji yang digunakan berjumlah 5 buah silinder tiap jenis sehingga didapatkan total 15 silinder untuk semua jenis. Contoh perhitungan kuat tarik belah dapat dilihat sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 F'_{ct} &= \frac{2P}{\pi DL} \\
 &= \frac{2 \times 168 \times 10^3}{\pi \times 148,8 \times 300,6} \\
 &= 2,39 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

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

Tabel 5.16 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Jenis	Kode Sampel	Diameter	Tinggi	Luas Penampang	Beban Maksimum	Kuat Tarik Belah	Kuat Tarik rata-rata
		(mm)	(mm)	(mm ²)	(kN)	(MPa)	(MPa)
SUNGAI GENDOL	SG-TB-01	148,80	300,60	140521,18	168,00	2,39	2,62
	SG-TB-02	151,20	300,80	142882,65	194,00	2,72	
	SG-TB-03	151,20	300,40	142692,65	197,00	2,76	
	SG-TB-04	148,90	300,50	140568,84	180,00	2,56	
	SG-TB-05	150,00	297,70	140287,82	187,00	2,67	
SUNGAI PROGO	SP-TB-01	153,00	301,10	144727,83	192,00	2,65	2,58
	SP-TB-02	151,60	296,80	141355,58	179,00	2,53	
	SP-TB-03	155,50	297,80	145480,56	170,00	2,34	
	SP-TB-04	152,00	297,90	142253,83	204,00	2,87	
	SP-TB-05	150,00	299,00	140900,43	175,00	2,48	
ABU BATU	AB-TB-01	152,20	298,50	142727,89	165,00	2,31	2,19
	AB-TB-02	149,90	298,90	140759,40	140,00	1,99	
	AB-TB-03	150,50	302,70	143119,49	141,00	1,97	
	AB-TB-04	150,90	302,80	143547,29	167,00	2,33	
	AB-TB-05	149,60	299,30	140665,69	166,00	2,36	

**Gambar 5.11 Grafik Kuat Tarik Belah Beton Rata-rata**

Berdasarkan Tabel 5.16, didapat nilai rata-rata kuat tarik belah beton dari setiap jenis agregat halus. Nilai rata-rata kuat tarik belah beton pada jenis agregat

halus Sungai Gendol, Sungai Progo, dan abu batu secara berurutan adalah 2,62 MPa, 2,58 Mpa, dan 2,19 MPa.

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.12, kuat tarik belah tertinggi didapat pada jenis agregat halus Sungai Gendol sebesar 2,62 MPa dan kuat tarik belah terendah pada jenis agregat halus abu batu sebesar 2,19 MPa.

Hampir sama dengan pembahasan yang sudah dibahas pada pengujian kuat tekan sebelumnya, bahwa pengaruh ini terkait dengan perbedaan sifat dan karakteristik jenis agregat halus. Agregat halus Sungai Gendol dan Sungai Progo memiliki karakteristik butiran yang serupa yaitu agak kasar. Namun, jika dilihat dari bentuk butirannya, agregat halus Sungai Gendol memiliki butiran yang lebih tajam dibandingkan Sungai Progo, sehingga ikatan campuran betonnya lebih baik. Selain itu, agregat halus Sungai Gendol juga digunakan sebagai proporsi acuan, sehingga hasil kuat tarik belah agregat halus Sungai Gendol lebih baik daripada Sungai Progo dan sekaligus terbaik diantara ketiga jenis agregat.

Berbeda halnya dengan abu batu, yang mendapatkan hasil kuat tarik beton terendah diantara ketiga jenis agregat halus. Agregat halus abu batu memiliki karakteristik butiran yang kasar, berbeda dengan agregat halus Sungai Gendol dan Sungai Progo yang memiliki karakteristik butiran agak kasar. Hal tersebut mengakibatkan terjadi perbedaan gradasi sehingga proporsinya juga akan berbeda. Maka dengan digunakannya agregat halus Sungai Gendol sebagai proporsi acuan, butiran dari agregat abu batu tidak dapat mengisi pori pada campuran beton dengan baik sehingga hasil kuat tarik belah tidak maksimal. Terdapat juga berapa kendala pada agregat halus batu yang sudah dijelaskan pada pengujian kuat tekan sebelumnya, mengakibatkan hasil kuat tariknya terendah diantara ketiga jenis agregat halus.

Hasil uji kuat tarik belah yang didapatkan ini sejajar dengan hasil uji kuat tekan yang sudah dilakukan sebelumnya. Adapun, jika kedua hasil uji diurutkan dari agregat dengan hasil uji tertinggi ke terendah secara berurutan adalah agregat halus Sungai Gendol, agregat halus Sungai Progo, dan agregat halus abu batu. Terdapat juga rasio hubungan kuat tarik belah dengan kuat tekan beton dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 5.17 Rasio Hubungan Kuat Tarik Belah dengan Kuat Tekan

JENIS	Kuat Tarik Belah	Rasio dengan Kuat Tekan (%)
	(MPa)	
SUNGAI GENDOL	2,62	9,407
SUNGAI PROGO	2,58	9,296
ABU BATU	2,19	9,382

Berdasar pada Tabel 5.17, didapatkan nilai rasio kuat tarik belah dengan kuat tekan pada jenis agregat halus Sungai Gendol, Sungai Progo, dan abu batu secara berutan adalah 9,407%, 9,296%, dan 9,382%. Seluruh jenis beton berada pada rentang 9-15%. Hal itu sesuai dengan Dipohusodo (1999) yang menyatakan bahwa nilai kuat tarik belah beton normal memiliki nilai rasio 9-15% dari nilai kuat tekannya. Terdapat gambar pengujian kuat tarik belah beton dan kondisi benda uji setelah pengujian dapat dilihat sebagai berikut.

**Gambar 5.12 Pengujian Kuat Tarik Belah dan Benda Uji Setelah Pengujian**

5.7 Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Beton

Pengujian modulus elastisitas dilakukan bersamaan dengan pengujian kuat tekan beton dan menggunakan benda uji yang sama dengan pengujian kuat tekan beton. Pengujian ini dilakukan dengan cara memasang *dial gauge* pada benda uji dan dilakukan bersamaan dengan uji kuat tekan beton. Dial gauge berfungsi untuk mengetahui nilai penurunan pada beton saat diberi beban oleh mesin CTM. Pada pengujian modulus elastisitas digunakan dua kamera *handphone*. Kamera pertama memperlihatkan pembebanan dari mesin CTM, sedangkan kamera dua memperlihatkan *dial gauge*. Kedua kamera tersebut dihubungkan bersama melalui *wifi* dan direkam secara bersamaan menggunakan bantuan aplikasi OBS menggunakan laptop. Pengujian dilakukan hingga beton mencapai pembebanan maksimum. Pada pengujian ini dilakukan pembacaan penurunan beton pada setiap pembebanan 10 kN. Perhitungan modulus elastisitas terbagi menjadi dua yaitu modulus pengujian dan modulus teoritis.

1. Modulus Pengujian ASTM C-469

Pengujian modulus elastisitas dihitung menggunakan hasil pengujian modulus elastisitas dan dilakukan berdasarkan ASTM C-469. Contoh perhitungan modulus elastisitas dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 5.18 Tegangan Regangan Benda Uji SG-TM-02

Beban		Pembacaan Dial, $\Delta L'$	ΔL	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ)
kN	N	μm	mm	-	MPa
10	10000	7	0,0035	0,0000175	0,5704
20	20000	17	0,0085	0,0000425	1,1409
30	30000	27	0,0135	0,0000675	1,7113
40	40000	37	0,0185	0,0000925	2,2818
50	50000	47	0,0235	0,0001175	2,8522
60	60000	55	0,0275	0,0001375	3,4226
70	70000	64	0,032	0,00016	3,9931
80	80000	72	0,036	0,00018	4,5635
90	90000	81	0,0405	0,0002025	5,1339
100	100000	90	0,045	0,000225	5,7044
110	110000	98	0,049	0,000245	6,2748
120	120000	106	0,053	0,000265	6,8453
130	130000	115	0,0575	0,0002875	7,4157

Beban		Pembacaan Dial, $\Delta L'$	ΔL	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ)
kN	N	μm	mm	-	MPa
140	140000	123	0,0615	0,0003075	7,9861
150	150000	131	0,0655	0,0003275	8,5566
160	160000	140	0,07	0,00035	9,1270
170	170000	147	0,0735	0,0003675	9,6975
180	180000	155	0,0775	0,0003875	10,2679
190	190000	165	0,0825	0,0004125	10,8383
200	200000	173	0,0865	0,0004325	11,4088
210	210000	180	0,09	0,00045	11,9792
220	220000	190	0,095	0,000475	12,5496
230	230000	199	0,0995	0,0004975	13,1201
240	240000	207	0,1035	0,0005175	13,6905
250	250000	216	0,108	0,00054	14,2610
260	260000	225	0,1125	0,0005625	14,8314
270	270000	234	0,117	0,000585	15,4018
280	280000	243	0,1215	0,0006075	15,9723
290	290000	251	0,1255	0,0006275	16,5427
300	300000	260	0,13	0,00065	17,1132
310	310000	271	0,1355	0,0006775	17,6836
320	320000	280	0,14	0,0007	18,2540
330	330000	290	0,145	0,000725	18,8245
340	340000	301	0,1505	0,0007525	19,3949
350	350000	312	0,156	0,00078	19,9654
360	360000	324	0,162	0,00081	20,5358
370	370000	334	0,167	0,000835	21,1062
380	380000	345	0,1725	0,0008625	21,6767
390	390000	357	0,1785	0,0008925	22,2471
400	400000	368	0,184	0,00092	22,8175
410	410000	380	0,19	0,00095	23,3880
420	420000	392	0,196	0,00098	23,9584
430	430000	404	0,202	0,00101	24,5289
440	440000	422	0,211	0,001055	25,0993
450	450000	433	0,2165	0,0010825	25,6697
460	460000	449	0,2245	0,0011225	26,2402
470	470000	465	0,2325	0,0011625	26,8106
480	480000	482	0,241	0,001205	27,3811
490	490000	500	0,25	0,00125	27,9515
500	500000	520	0,26	0,0013	28,5219
510	510000	541	0,2705	0,0013525	29,0924
520	520000	568	0,284	0,00142	29,6628

Lanjutan Tabel 5.18 Tegangan Regangan Benda Uji SG-TM-02

Beban		Pembacaan Dial, $\Delta L'$	ΔL	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ)
kN	N	μm	mm	-	MPa
530	530000	595	0,2975	0,0014875	30,2332
540	540000	633	0,3165	0,0015825	30,8037
550	550000	685	0,3425	0,0017125	31,3741
554,5	554500	745	0,3725	0,0018625	31,6308

Keterangan :  Teg 1'
 Teg 2'

Berdasarkan Tabel 5.18 di atas, analisa perhitungan dengan metode pengujian dilakukan berdasar ASTM C 469-94. Dari data tegangan regangan dilakukan *plotting* grafik tegangan regangan menggunakan bantuan aplikasi *AutoCAD*. *Plotting* dengan *AutoCAD* digunakan untuk mencari nilai koreksi yang nantinya digunakan untuk mendapatkan nilai tegangan satu (σ_1). Nilai koreksi didapatkan sebesar 0,167. Nilai koreksi digunakan untuk membenarkan data regangan sehingga data tegangan regangan diperoleh sebagai berikut.

Tabel 5.19 Tegangan Regangan Terkoreksi Benda Uji SG-TM-02

Beban		Regangan (ϵ)	Tegangan (σ)	Regangan Terkoreksi (ϵ)
kN	N	-	MPa	-
10	10000	0,0000175	0,5704	0,0000008
20	20000	0,0000425	1,1409	0,0000258
30	30000	0,0000675	1,7113	0,0000508
40	40000	0,0000925	2,2818	0,0000758
50	50000	0,0001175	2,8522	0,0001008
60	60000	0,0001375	3,4226	0,0001208
70	70000	0,00016	3,9931	0,0001433
80	80000	0,00018	4,5635	0,0001633
90	90000	0,0002025	5,1339	0,0001858
100	100000	0,000225	5,7044	0,0002083
110	110000	0,000245	6,2748	0,0002283
120	120000	0,000265	6,8453	0,0002483
130	130000	0,0002875	7,4157	0,0002708
140	140000	0,0003075	7,9861	0,0002908
150	150000	0,0003275	8,5566	0,0003108

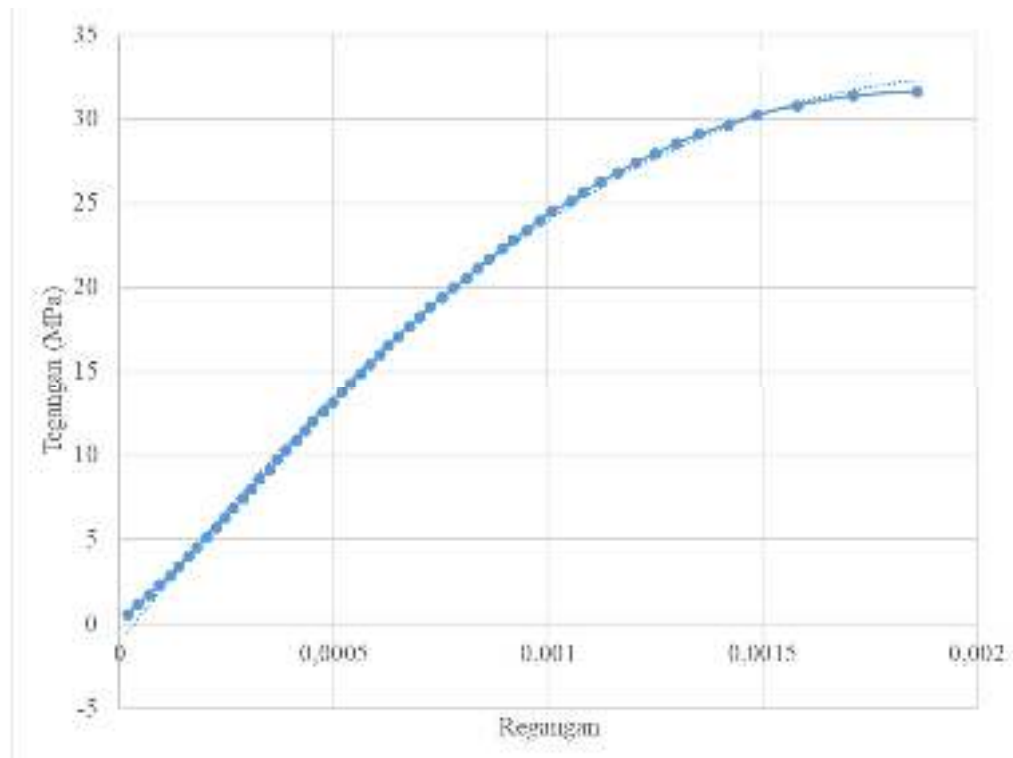
Beban		Regangan (ϵ)	Tegangan (σ)	Regangan Terkoreksi (ϵ)
kN	N	-	MPa	-
160	160000	0,00035	9,1270	0,0003333
170	170000	0,0003675	9,6975	0,0003508
180	180000	0,0003875	10,2679	0,0003708
190	190000	0,0004125	10,8383	0,0003958
200	200000	0,0004325	11,4088	0,0004158
210	210000	0,00045	11,9792	0,0004333
220	220000	0,000475	12,5496	0,0004583
230	230000	0,0004975	13,1201	0,0004808
240	240000	0,0005175	13,6905	0,0005008
250	250000	0,00054	14,2610	0,0005233
260	260000	0,0005625	14,8314	0,0005458
270	270000	0,000585	15,4018	0,0005683
280	280000	0,0006075	15,9723	0,0005908
290	290000	0,0006275	16,5427	0,0006108
300	300000	0,00065	17,1132	0,0006333
310	310000	0,0006775	17,6836	0,0006608
320	320000	0,0007	18,2540	0,0006833
330	330000	0,000725	18,8245	0,0007083
340	340000	0,0007525	19,3949	0,0007358
350	350000	0,00078	19,9654	0,0007633
360	360000	0,00081	20,5358	0,0007933
370	370000	0,000835	21,1062	0,0008183
380	380000	0,0008625	21,6767	0,0008458
390	390000	0,0008925	22,2471	0,0008758
400	400000	0,00092	22,8175	0,0009033
410	410000	0,00095	23,3880	0,0009333
420	420000	0,00098	23,9584	0,0009633
430	430000	0,00101	24,5289	0,0009933
440	440000	0,001055	25,0993	0,0010383
450	450000	0,0010825	25,6697	0,0010658
460	460000	0,0011225	26,2402	0,0011058
470	470000	0,0011625	26,8106	0,0011458
480	480000	0,001205	27,3811	0,0011883
490	490000	0,00125	27,9515	0,0012333
500	500000	0,0013	28,5219	0,0012833
510	510000	0,0013525	29,0924	0,0013358
520	520000	0,00142	29,6628	0,0014033
530	530000	0,0014875	30,2332	0,0014708

Lanjutan Tabel 5.19 Tegangan Regangan Terkoreksi Benda Uji SG-TM-02

Beban		Regangan (ϵ)	Tegangan (σ)	Regangan Terkoreksi (ϵ)
kN	N	-	MPa	-
540	540000	0,0015825	30,8037	0,0015658
550	550000	0,0017125	31,3741	0,0016958
554,5	554500	0,0018625	31,6308	0,0018458

Keterangan : Teg 1'
 Teg 2'

Terdapat juga gambar grafik hubungan tegangan regangan benda uji SG-TM-02 sebagai berikut.



Gambar 5.13 Grafik Hubungan Tegangan Regangan Benda Uji SG-TM-02

Dari aplikasi *AutoCAD* didapatkan nilai σ_1 sebesar 1,369 sehingga perhitungan modulus elastisitas dapat dijabarkan sebagai berikut.

$$\sigma_2 = 12,5469 \text{ MPa}$$

$$\sigma_1 = 1,369 \text{ (Dari AutoCAD)}$$

$$\epsilon_2 = 0,000458$$

$$\begin{aligned}\varepsilon_1 &= 0,00005 \\ E_c &= \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{\varepsilon_2 - \varepsilon_1} \\ &= \frac{12,5496 - 1,369}{0,000458 - 0,00005} \\ &= 27381,2 \text{ MPa}\end{aligned}$$

2. Modulus Teoritis SNI 2847-2019

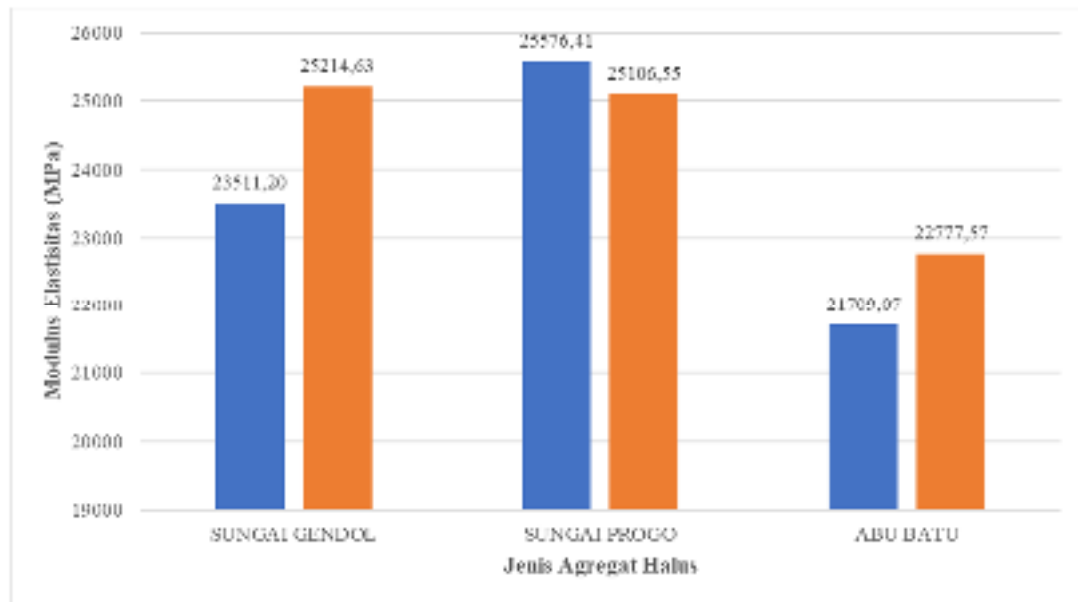
Perhitungan teoritis untuk mencari nilai modulus elastisitas dilakukan berdasar SNI 2847-2019. Adapun contoh perhitungannya untuk benda uji SG-TM-02 sebagai berikut.

$$\begin{aligned}E_c &= 4700 \times \sqrt{F'_c} \\ &= 4700 \times \sqrt{31,63} \\ &= 26433 \text{ MPa}\end{aligned}$$

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

Tabel 5.20 Hasil Pengujian Modulus Elastisitas

Jenis	Kode Sampel	Berat Volume (Kg/m ³)	Kuat Tekan (MPa)	ASTM C-469		Teoritis SNI 2847-2019	
				Ec (MPa)	Rata-rata (MPa)	Ec (MPa)	Rata-rata (MPa)
SUNGAI GENDOL	SG-TM-01	2290,73	28,63	22924,73	23511,20	25146,23	25214,63
	SG-TM-02	2360,40	31,63	27381,18		26433,40	
	SG-TM-06	2258,78	28,86	21816,92		25248,73	
	SG-TM-07	2321,86	26,95	23931,01		24401,39	
	SG-TM-08	2299,09	27,94	21502,16		24843,40	
SUNGAI PROGO	SP-TM-03	2356,24	27,74	27808,58	25576,41	24753,33	25106,55
	SP-TM-05	2380,74	30,26	25945,04		25854,05	
	SP-TM-08	2385,19	28,04	20306,56		24886,92	
	SP-TM-09	2433,28	29,67	26982,55		25600,66	
	SP-TM-10	2369,04	27,04	26839,32		24437,79	
ABU BATU	AB-TM-04	2314,10	26,00	23260,64	21709,07	23967,31	22777,57
	AB-TM-05	2330,63	21,93	19812,70		22011,50	
	AB-TM-08	2334,44	24,04	23415,29		23043,79	
	AB-TM-09	2343,68	22,84	20441,25		22461,56	
	AB-TM-10	2297,44	22,72	21615,47		22403,70	



Gambar 5.14 Grafik Modulus Elastisitas Beton Rata-rata

Keterangan : Modulus Pengujian
 Modulus Teoritis

Berdasarkan Tabel 5.20, didapat nilai rata-rata modulus elastisitas beton pengujian dan teoritis dari setiap jenis agregat halus. Nilai rata-rata modulus elastisitas pengujian pada jenis agregat halus Sungai Gendol, Sungai Progo, dan abu batu secara berurutan adalah 23511,20 MPa, 25576,41 MPa, dan 21709,07 MPa. Sedangkan, nilai rata-rata modulus elastisitas teoritis pada jenis agregat halus Sungai Gendol, Sungai Progo, dan abu batu secara berurutan adalah 25214,63 MPa, 25106,55 Mpa, dan 22777,57 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 grafik pada Gambar 5.14, didapat hasil modulus elastisitas pengujian tertinggi didapat pada jenis agregat halus Sungai Progo sebesar 25576,41 MPa dan modulus elastisitas teoritis tertinggi pada agregat halus Sungai Gendol sebesar 25214,63 MPa. Sedangkan, hasil modulus elastisitas pengujian dan teoritis terendah pada agregat halus abu batu sebesar 21709,07 MPa dan 22777,57 MPa.

Modulus elastisitas teoritis digunakan untuk mengukur seberapa akurat hasil uji modulus elastisitas pengujian yang dibuktikan secara teori. Jadi, seharusnya hasil modulus elastisitas pengujian dan teoritis tidak jauh berbeda. Namun berdasar hasil pengujian yang telah dilakukan, modulus elastisitas pengujian tertinggi didapat pada jenis agregat halus Sungai Progo tetapi modulus elastisitas teoritis tertinggi didapat pada jenis agregat halus Sungai Gendol. Hal ini terjadi, karena adanya beberapa kendala seperti :

1. Pada pengujian pertama modulus elastisitas (pada jenis Sungai Gendol), kecepatan pembebanan mesin CTM terlalu cepat sehingga hasil pembacaan *dial gauge* tersebut sulit dibaca.
2. Pada saat pemasangan alat *dial gauge* sebelum pengujian, seharusnya besi pengencang dilepaskan setelah semua skrup pengencang dikencangkan. Namun, karena penguji belum terbiasa memasang instalasi *dial gauge* pada benda uji, besi pengencang pada instalasi tersebut lupa dilepas. Hal itu menyebabkan, beberapa sampel uji modulus elastisitas pada jenis Sungai Gendol tidak dapat digunakan karena pembacaan dial menjadi lambat sehingga tidak akurat.

Berdasarkan hal tersebut, akibat yang muncul dari beberapa kendala diatas seperti :

1. Hasil modulus elastisitas pengujian pada jenis agregat halus Sungai Gendol menjadi kurang akurat.
2. Tidak ada cadangan data hasil modulus elastisitas pengujian pada agregat halus Sungai Gendol. Dari 10 sampel benda uji yang dilakukan uji modulus, seharusnya diambil 5 data dari 10 sampel yang memiliki hasil terbaik dan paling mendekati hasil modulus teoritis. Namun karena terkendala, data cadangan agregat halus Sungai Gendol tidak dapat digunakan.

Menurut Hardagung Tri dkk., (2014) nilai modulus elastisitas beton akan naik bersamaan dengan naiknya kuat tekan beton. Berdasar hasil modulus elastisitas pengujian, teori tersebut belum sesuai. Namun, berdasar hasil modulus elastisitas secara teoritis, teori tersebut sudah sesuai.

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

Tabel 5.21 Selisih Modulus Elastisitas Pengujian Terhadap Teoritis

Jenis	Modulus Pengujian	Modulus Teoritis	Selisih
	ASTM C-469	SNI 2847-2019	
	Ec rata-rata	Ec rata-rata	
	(MPa)	(MPa)	
SUNGAI GENDOL	23511,20	25214,63	1703,431
SUNGAI PROGO	25576,41	25106,55	469,8596
ABU BATU	21709,07	22777,57	1068,499
Selisih rata-rata			1080,6

Berdasarkan Tabel 5.21, didapat selisih rata-rata modulus elastisitas pengujian terhadap modulus elastisitas teoritis sebesar 1080,6 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. Berikut dibawah ini merupakan gambar pengujian modulus elastisitas.



Gambar 5.15 Benda Uji Dipasang Dial Gauge



Gambar 5.16 Pengujian Modulus Elastisitas

5.8 Gabungan Pengujian

Gabungan pengujian dilakukan untuk menganalisis keseluruhan pengujian yang dilakukan. Adapun hasil gabungan total keseluruhan pengujian dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 5.22 Gabungan Total Keseluruhan Pengujian

PENGUJIAN		JENIS AGREGAT HALUS		
		SUNGAI GENDOL	SUNGAI PROGO	ABU BATU
		(MPa)	(MPa)	(MPa)
Kuat Tekan Beton		27,84	27,70	23,36
Kuat Tarik Belah		2,62	2,58	2,19
Modulus Elastisitas	Pengujian	23511,2	25576,41	21709,07
	Teoritis	25214,63	25106,55	22777,57

Keterangan : Hasil terbaik

Berdasarkan Tabel 5.22, beton dengan jenis agregat halus Sungai Gendol mendapatkan hasil terbaik pada pengujian kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas teoritis. Sedangkan, beton dengan jenis agregat halus Sungai Progo mendapatkan hasil terbaik pada pengujian modulus elastisitas pengujian saja. Maka berdasar hasil tersebut, beton dengan agregat halus Sungai Gendol merupakan beton dengan agregat halus terbaik dalam penelitian ini.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

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

1. Jenis agregat halus mempengaruhi kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas beton. Beton dengan jenis agregat halus Sungai Gendol memiliki kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas teoritis tertinggi dengan nilai secara berurutan adalah 27,84 MPa, 2,62 MPa, dan 25214,63 MPa. Beton dengan jenis agregat halus Sungai Progo memiliki modulus elastisitas pengujian tertinggi dengan nilai 25576,41 MPa. Beton dengan jenis agregat halus abu batu memiliki kuat tekan, kuat tarik belah, modulus elastisitas pengujian, dan modulus elastisitas teoritis terendah dengan nilai secara berurutan adalah 23,36 MPa, 2,19 MPa, 21709,07 MPa, dan 22777,57 MPa. Dengan begitu, beton dengan jenis agregat halus Sungai Gendol merupakan beton terbaik pada penelitian ini.
2. Berdasar proporsi campuran beton yang sama, jenis agregat halus Sungai Gendol dan Sungai Progo mencapai kuat tekan rencana tetapi jenis agregat halus abu batu tidak mencapai kuat tekan rencana. Dengan digunakannya jenis agregat halus Sungai Gendol sebagai acuan proporsi campuran, hasil pengujian kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas pada kedua jenis lainnya rata-rata mengalami penurunan. Hal tersebut dikarenakan terdapat perbedaan sifat dan karakteristik tiap masing-masing jenis agregat halus sehingga proporsi campuran beton tidak bisa disamakan untuk beragam jenis. Proporsi campuran beton perlu disesuaikan berdasar data uji *properties* pada masing-masing jenis, sehingga dapat menyesuaikan sifat dan karakteristik jenis agregat. Dengan hasil proporsi campuran yang sesuai, maka mutu beton menjadi lebih baik.

6.2 Saran

Berdasar pada hasil penelitian ini, beberapa hal yang dapat dijadikan sebagai saran untuk penelitian lebih lanjut tentang pengaruh perbedaan jenis agregat halus terhadap campuran beton.

1. Penelitian ini terbatas pada jenis agregat halus, penelitian selanjutnya dapat meneliti mengenai sifat dan karakteristik agregat halus.
2. Perlu diperhatikan dan dipelajari lebih lanjut mengenai pemasangan dan operasional alat uji ataupun hal lainnya yang berkaitan dengan pengujian agar tidak terjadi kendala sehingga hasil uji dapat lebih maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM C33. (2003). Standard Specification for Concrete Aggregates. *American Society for Testing and Material*.
- ASTM C469. (1994). Standard Test Method for Static Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression. *American Society for Testing and Material*.
- Badan Standardisasi Nasional. (1989) SK SNI M-14-1989-E : *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*.
- Badan Standardisasi Nasional. (1989) SK SNI S-04-1989-F : Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A (Bahan Bangunan Bukan Logam). *Bandung: Departemen Pekerjaan Umum, Yayasan LPMB*.
- Badan Standardisasi Nasional. (1990) SK SNI T-15-1990-03 : *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*.
- Badan Standardisasi Nasional. (1990) SNI 03-1750-1990 : *Metode Pembuatan dan Perawatan Benda Uji di Lapangan*.
- Badan Standardisasi Nasional. (1990) SNI 1968-1990 : *Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan. Agregat Halus Dan Kasar*.
- Badan Standardisasi Nasional. (1990) SNI 1969-1990 : *Metode Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan. Air Agregat Kasar*.
- Badan Standardisasi Nasional. (1990) SNI 1970-1990 : *Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus*.
- Badan Standardisasi Nasional. (1996) SNI 4142-1996 : *Metode Pengujian Jumlah Bahan Dalam Agregat Yang Lolos Saringan No. 200*.
- Badan Standardisasi Nasional. (1998) SNI 4904-1998 : *Metode Pengujian Bobot Isi Rongga Udara Dalam Agregat*.
- Badan Standardisasi Nasional. (2000) SNI 2834 2000 : *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*.

- Badan Standardisasi Nasional. (2002) SNI 03-6861.1-2002 : *Spesifikasi Bahan Bangunan - Bagian A: Bahan Bangunan Bukan Logam.*
- Badan Standardisasi Nasional. (2004) SNI 2049-2004 : *Semen Portland.*
- Badan Standardisasi Nasional. (2008) SNI 1972-2008 : *Cara Uji Slump Beton.*
- Badan Standardisasi Nasional. (2008) SNI 2826-2008 : *Cara Uji Modulus Elastisitas Batu dengan Tekanan Sumbu Tunggal.*
- Badan Standardisasi Nasional. (2011) SNI 1974-2011 : *Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder.*
- Badan Standardisasi Nasional. (2011) SNI 2493-2011 : *Tata Cara Pembuatan dan Perawatan Benda Uji di Laboratorium.*
- Badan Standardisasi Nasional. (2013) SNI 2847-2013 : *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung.*
- Badan Standardisasi Nasional. (2014) SNI 03-2491-2014 : *Metode Uji Kekuatan Tarik Belah Spesimen Beton Silinder.*
- Badan Standardisasi Nasional. (2016) SNI 8321-2016 : *Spesifikasi Agregat Beton.*
- Badan Standardisasi Nasional. (2019) SNI 2847 2019 : *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung.*
- Dipohusodo, I (1999) *Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SK SNI T-15-1991-03. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.*
- Atmaja, S. H., Irwansyah, M., Sipil, P. T., Teknik, F., & Asahan, U. (2021). Analisa Kuat Tekan Beton menggunakan Agregat Halus Pasir Pantai Bunga dan Pasir Sungai. *BATAS Jurnal Bidang Aplikasi Teknik Sipil dan Sains*, 1(1), 9–18.
- Gede Yohan Kafrain, I. (2011). *karakteristik pasir gendol.pdf.*
- Krisiandi. (2021). *Wapres: Kebutuhan Rumah di Indonesia Capai 11,4 Juta Unit.* kompas.com.
<https://nasional.kompas.com/read/2021/02/09/15193061/wapres-kebutuhan-rumah-di-indonesia-capai-114-juta-unit>
- Meihizkia dkk. (2018). Kuat Tekan Beton Menggunakan Agregat Halus Sungai Benlelang Dan Sungai Lembur Serta Agregat Kasar Sungai Lembur. *Jurnal Teknik Sipil*, 7(1), 31–36.
- Nasution, M. (2022). PERBANDINGAN KUAT TEKAN BETON MENGGUNAKAN AGREGAT HALUS Menggunakan Agregat Halus (

Pasir) Antara Sungai Tanjung Balai Dan Sungai Kisaran ”. *Jurnal Bidang Aplikasi Teknik Sipil dan Sains*, 1(2), 57–63.

Oemiati, N., Arivai, M., & Efriansyah. (2022). Analisa Agregat Pasir Sungai Selangis, Sungai Kikim dan Sungai Ogan terhadap Kuat Tekan Beton Fc'24. *Jurnal Teknik Sipil ITP*, 9(1), 2. <https://doi.org/10.21063/jts.2022.v901.02>

Rini, J., Eksperimental Penggunaan Pasir Laut Sorake dan Pasir Sungai Gomo pada Campuran Beton, A., Hani, S., & Laia, D. (2022). *All Fields of Science J-LAS Experimental Analysis of the use sorake sea sand and gomo river sand in concrete mixtures*. 2(2), 413–418.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Laporan Sementara Hasil Pemeriksaan Agregat

PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AIR AGREGAT HALUS

Asal Pasir	Gendol
Keperluan	Tugas Akhir S1
Jumlah Sampel	2

Uraian	Hasil Pengamatan		Rata-rata
	Sampel 1	Sampel 2	
Berat pasir kering mutlak, gram (Bk)	493	494	493,5
Berat pasir kondisi jenuh kering muka (SSD), gram	500	500	500
Berat piknometer berisi pasir dan air, gram (Bt)	1005	981	993
Berat piknometer berisi air, gram (B)	691	671	681
Berat Jenis Curah	2,651	2,600	2,63
Berat Jenis jenuh kering muda (SSD)	2,688	2,632	2,66
Berat Jenis semu	2,754	2,685	2,72
Penyerapan Air	1,4199%	1,2146%	1,32%

**PEMERIKSAAN ANALISIS SARINGAN DAN MODULUS HALUS BUTIR
AGREGAT HALUS**

Asal Pasir	Gendol
Keperluan	Tugas Akhir S1
Jumlah Sampel	2

Sampel 1

No	Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gr)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)	Batas Bawah (%)	Batas Atas (%)
1	20,00	0	0	0	100	100	100
2	10,00	0	0	0	100	100	100
3	4,80	5	0,25	0,25	99,75	90	100
4	2,40	192	9,62	9,87	90,13	75	100
5	1.20	347	17,39	27,27	72,73	55	90
6	0,60	487	24,41	51,68	48,32	30	59
7	0,30	461	23,11	74,79	25,21	8	30
8	0,15	320	16,04	90,83	9,17	0	10
9	Sisa	183	9,173	100,000	0	0	0
	Jumlah	1995	100	254,687			

MHB = 2,547

Gradasi = II (Agak Kasar)

Sampel 2

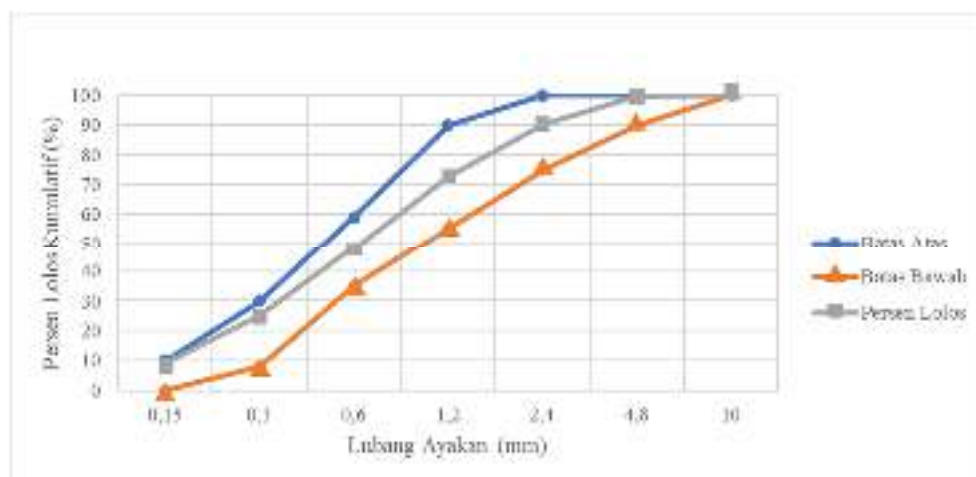
No	Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gr)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)	Batas Bawah	Batas Atas
1	20,00	0	0	0	0	100	100
2	10,00	0	0	0	0	100	100
3	4,80	7	0,35	0,35	7	90	100
4	2,40	249	12,47	12,83	249	75	100
5	1.20	406	20,34	33,17	406	55	90

No	Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gr)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)	Batas Bawah	Batas Atas
6	0,60	458	22,95	56,11	458	30	59
7	0,30	371	18,59	74,70	371	8	30
8	0,15	306	15,33	90,03	306	0	10
9	Sisa	199	9,970	100,000	199	0	0
	Jumlah	1996	100	267,184			

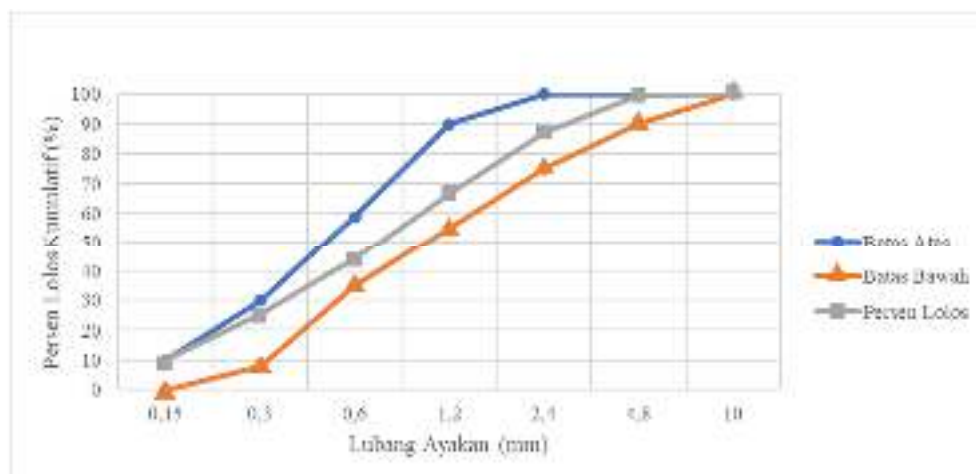
MHB = 2,672

Gradasi = II (Agak Kasar)

Sampel 1



Sampel 2



PEMERIKSAAN BERAT VOLUME GEMBUR AGREGAT HALUS

Asal Pasir	Gendol
Keperluan	Tugas Akhir S1
Jumlah Sampel	2

Uraian	Hasil Pengamatan	
	Sampel 1	Sampel 2
Diameter (cm)	14,95	14,95
Tinggi (cm)	30,1	30,1
Berat Tabung (gr)	11302	11302
Berat tabung + agregat kering tungku (W2) (gr)	18317	18410
Berat agregat (W3)	7015	7108
Volume tabung (v) (cm^3)	5283,71	5283,71
Berat volume gembur (gr/cm^3)	1,328	1,345
Rata-rata	1,336	

PEMERIKSAAN BERAT VOLUME PADAT AGREGAT HALUS

Asal Pasir	Gendol
Keperluan	Tugas Akhir S1
Jumlah Sampel	2

Uraian	Hasil Pengamatan	
	Sampel 1	Sampel 2
Diameter (cm)	14,95	14,95
Tinggi (cm)	30,1	30,1
Berat Tabung (gr)	11302	11302
Berat tabung + agregat kering tungku (W2) (gr)	19899	19932
Berat agregat (W3)	8597	8630
Volume tabung (v) (cm^3)	5283,71	5283,71
Berat volume padat (gr/cm^3)	1,627	1,633
Rata-rata	1,63	

PEMERIKSAAN UJI LOLOS SARINGAN NO.200

Asal Pasir	Gendol
Keperluan	Tugas Akhir S1
Jumlah Sampel	2

Uraian	Hasil Pemeriksaan	
	Sampel 1	Sampel 2
Berat agregat kering oven (W1) (gr)	500	500
Berat agregat kering oven setelah dicuci (W2) (gr)	488	489
Persentase lolos saringan No. 200 $(\frac{W1-W2}{W1}) \times 100\%$	2,40%	2,20%
Rata-rata persentase lolos saringan No.200	2,30%	

PEMERIKSAAN UJI LOLOS SARINGAN NO.200

Asal Pasir	Progo
Keperluan	Tugas Akhir S1
Jumlah Sampel	2

Uraian	Hasil Pemeriksaan	
	Sampel 1	Sampel 2
Berat agregat kering oven (W1) (gr)	500	500
Berat agregat kering oven setelah dicuci (W2) (gr)	497	492
Persentase lolos saringan No. 200 $\left(\frac{W_1 - W_2}{W_1}\right) \times 100\%$	0,60%	1,60%
Rata-rata persentase lolos saringan No.200	1,10%	

PEMERIKSAAN UJI LOLOS SARINGAN NO.200

Asal Pasir	Abu Batu
Keperluan	Tugas Akhir S1
Jumlah Sampel	2

Uraian	Hasil Pemeriksaan	
	Sampel 1	Sampel 2
Berat agregat kering oven (W1) (gr)	500	500
Berat agregat kering oven setelah dicuci (W2) (gr)	469	467
Persentase lolos saringan No. 200 $\left(\frac{W_1 - W_2}{W_1}\right) \times 100\%$	6,20%	6,60%
Rata-rata persentase lolos saringan No.200	6,40%	

**PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AIR AGREGAT
KASAR**

Asal Split	Clereng
Keperluan	Tugas Akhir S1
Jumlah Sampel	2

Uraian	Hasil Pengamatan		Rata-rata
	Sampel 1	Sampel 2	
Berat Kerikil Mutlak (Bk), gram	4791	4793	4792
Berat Kerikil Jenuh kering muka (Bj), gram	5000	5000	5000
Berat kerikil dalam air, gram (Ba)	3067	3063	3065
Berat Jenis Curah	2,479	2,474	2,48
Berat Jenis jenuh kering muka (SSD)	2,587	2,581	2,58
Berat Jenis semu	2,779	2,771	2,77
Penyerapan Air %	4,36%	4,32%	4,34%

**PEMERIKSAAN ANALISIS SARINGAN DAN MODULUS HALUS BUTIR
AGREGAT KASAR**

Asal Split	Clereng
Keperluan	Tugas Akhir S1
Jumlah Sampel	2

Sampel 1

No	Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gr)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)	Batas Bawah (%)	Batas Atas (%)
1	40,00	0	0	0	100	100	100
2	20,00	21	0,42	0,42	99,58	95	100
3	10,00	3376	67,56	67,98	32,02	30	60
4	4,80	1263	25,28	93,26	6,74	0	10
5	2,40	251	5,02	98,28	1,72	0	0
6	1.20	38	0,76	99,04	0,96	0	0
7	0,60	0	0	99,04	0,96	0	0
8	0,30	0	0	99,04	0,96	0	0
9	0,15	0	0	99,04	0,96	0	0
10	Sisa	48	0,96	100	0,00	0	0
	Jumlah	4997	100	656,094			

MHB = 6,561

Gradasi = 20 mm

Sampel 2

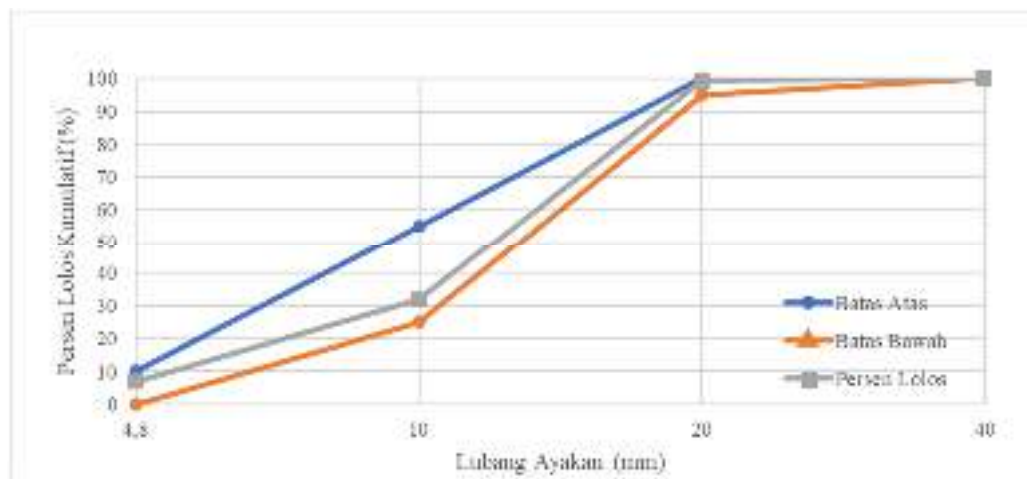
No	Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gr)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)	Batas Bawah (%)	Batas Atas (%)
1	40,00	0	0	0	100	100	100
2	20,00	18	0,36	0,36	99,64	95	100
3	10,00	3390	67,81	68,17	31,83	30	60
4	4,80	1255	25,11	93,28	6,72	0	10
5	2,40	253	5,06	98,34	1,66	0	0
6	1.20	30	0,60	98,94	1,06	0	0

No	Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gr)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)	Batas Bawah (%)	Batas Atas (%)
7	0,60	0	0	98,94	1,06	0	0
8	0,30	0	0	98,94	1,06	0	0
9	0,15	0	0	98,94	1,06	0	0
10	Sisa	53	1,06	100	0,00	0	0
	Jumlah	4999	100	655,911			

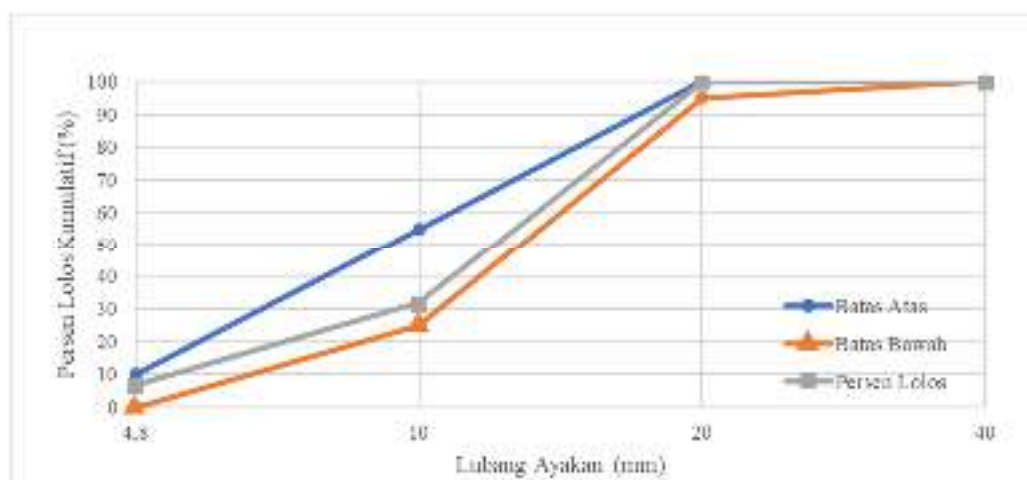
MHB = 6,559

Gradasi = 20 mm

Sampel 1



Sampel 2



PEMERIKSAAN BERAT VOLUME GEMBUR AGREGAT KASAR

Asal Split	Clereng
Keperluan	Tugas Akhir S1
Jumlah Sampel	2

Uraian	Hasil Pengamatan	
	Sampel 1	Sampel 2
Diameter (cm)	14,95	14,95
Tinggi (cm)	30,11	30,11
Berat Tabung (gr)	11653	11653
Berat tabung + agregat kering tungku (W2) (gr)	19062	19281
Berat agregat (W3)	7409	7628
Volume tabung (v) (cm^3)	5285,46	5285,46
Berat volume gembur (gr/cm^3)	1,402	1,443
Rata-rata	1,401	

PEMERIKSAAN BERAT VOLUME PADAT AGREGAT KASAR

Asal Split	Clereng
Keperluan	Tugas Akhir S1
Jumlah Sampel	2

Uraian	Hasil Pengamatan	
	Sampel 1	Sampel 2
Diameter (cm)	14,95	14,95
Tinggi (cm)	30,11	30,11
Berat Tabung (gr)	11653	11653
Berat tabung + agregat kering tungku (W2) (gr)	20075	20123
Berat agregat (W3)	8422	8470
Volume tabung (v) (cm^3)	5285,46	5285,46
Berat volume gembur (gr/cm^3)	1,59	1,60
Rata-rata	1,598	

Lampiran 2 Laporan Sementara Hasil Pengujian Kuat Tekan

Jenis Agregat Halus Sungai Gendol

f'c rencana :	25	Mpa		Jenis :	Ag. Halus Sungai Gendol						
Dimensi Benda Uji Silinder											
Uraian	Hasil Pengamatan										Satuan
	SG-TM-01	SG-TM-02	SG-TM-03	SG-TM-04	SG-TM-05	SG-TM-06	SG-TM-07	SG-TM-08	SG-TM-09	SG-TM-10	
Diameter	15,16	14,94	15,04	14,83	15,08	15,28	15,1	15,14	14,86	15,09	cm
Tinggi	30,25	30,03	30,20	30,22	30,05	30,00	30,20	30,14	30,36	30,10	cm
Berat	12,508	12,426	12,541	12,458	12,468	12,426	12,557	12,475	12,503	12,444	kg
Luas permukaan	180,50	175,30	177,66	172,73	178,60	183,37	179,08	180,03	173,43	178,84	cm ²
	18050,46	17530,37	17765,83	17273,18	17860,46	18337,35	17907,86	18002,87	17343,13	17884,15	mm ²
Berat Volume	2,29	2,36	2,34	2,39	2,32	2,26	2,32	2,30	2,37	2,31	gr/cm ³
	2290,73	2360,40	2337,44	2386,61	2323,06	2258,78	2321,86	2299,09	2374,57	2311,67	kg/m ³
Modulus Pengujian	22924,73	27381,18	ERROR	33486,26	15996,80	21816,92	23931,01	21502,16	ERROR	ERROR	MPa
Modulus Teoritis 4700	25146,23	26433,40	24294,88	23615,92	24885,16	25248,73	24401,39	24843,40	24474,94	24536,15	MPa
Hasil Uji Desak Silinder											
Uraian	Hasil Pengamatan										Satuan
	SG-TM-01	SG-TM-02	SG-TM-03	SG-TM-04	SG-TM-05	SG-TM-06	SG-TM-07	SG-TM-08	SG-TM-09	SG-TM-10	
Beban Maksimum	516,7	554,5	474,7	436,1	500,7	529,2	482,7	503,0	470,3	487,4	kN
Lama Pengujian											detik
Kuat Desak	28,63	31,63	26,72	25,25	28,03	28,86	26,95	27,94	27,12	27,25	Mpa
Rata-rata	27,84										Mpa

Jenis Agregat Halus Sungai Progo

f'c rencana :	25	Mpa		Jenis :	Ag. Halus Sungai Progo						
Dimensi Benda Uji Silinder											
Uraian	Hasil Pengamatan										Satuan
	SP-TM-01	SP-TM-02	SP-TM-03	SP-TM-04	SP-TM-05	SP-TM-06	SP-TM-07	SP-TM-08	SP-TM-09	SP-TM-10	
Diameter	15,08	14,99	15,13	15,06	15,05	15,4	15,14	15,1	15,05	15,09	cm
Tinggi	30,02	30,25	30,13	29,78	29,93	30,32	30,14	30,07	30,00	29,81	cm
Berat	12,667	12,726	12,764	12,63	12,676	12,91	12,744	12,844	12,986	12,63	kg
Luas permukaan	178,60	176,48	179,79	178,13	177,89	186,27	180,03	179,08	177,89	178,84	cm ²
	17860,46	17647,90	17979,09	17813,11	17789,46	18626,50	18002,87	17907,86	17789,46	17884,15	mm ²
Berat Volume	2,36	2,38	2,36	2,38	2,38	2,29	2,35	2,39	2,43	2,37	gr/cm ³
	2362,49	2383,82	2356,24	2380,89	2380,74	2285,94	2348,66	2385,19	2433,28	2369,04	kg/m ³
Modulus Pengujian	ERROR	32379,29	27808,58	30621,12	25945,04	29284,39	30297,91	20306,56	26982,55	26839,32	MPa
Modulus Teoritis 4700	23873,04	24585,55	24753,33	24336,61	25854,05	24795,03	24172,51	24886,92	25600,66	24437,79	MPa
Hasil Uji Desak Silinder											
Uraian	Hasil Pengamatan										Satuan
	SP-TM-01	SP-TM-02	SP-TM-03	SP-TM-04	SP-TM-05	SP-TM-06	SP-TM-07	SP-TM-08	SP-TM-09	SP-TM-10	
Beban Maksimum	460,8	482,9	498,7	477,6	538,3	518,4	476,2	502,1	527,8	483,5	kN
Lama Pengujian											detik
Kuat Desak	25,80	27,36	27,74	26,81	30,26	27,83	26,45	28,04	29,67	27,04	Mpa
Rata-rata	27,70										Mpa

Jensi Agregat Halus Abu Batu

f'c rencana :	25	Mpa		Jenis :	Ag. Halus Abu Batu						
Dimensi Benda Uji Silinder											
Uraian	Hasil Pengamatan										Satuan
	AB-TM-01	AB-TM-02	AB-TM-03	AB-TM-04	AB-TM-05	AB-TM-06	AB-TM-07	AB-TM-08	AB-TM-09	AB-TM-10	
Diameter	14,83	15,1	15,06	15,05	15,06	15,13	15,07	15	15,05	15,1	cm
Tinggi	30,23	30,23	30,05	30,00	30,15	30,40	30,08	30,33	30,01	29,94	cm
Berat	12,537	12,437	12,502	12,35	12,517	12,501	12,542	12,512	12,512	12,318	kg
Luas permukaan	172,73	179,08	178,13	177,89	178,13	179,79	178,37	176,71	177,89	179,08	cm ²
	17273,18	17907,86	17813,11	17789,46	17813,11	17979,09	17836,78	17671,46	17789,46	17907,86	mm ²
Berat Volume	2,40	2,30	2,34	2,31	2,33	2,29	2,34	2,33	2,34	2,30	gr/cm ³
	2400,95	2297,38	2335,58	2314,10	2330,63	2287,20	2337,61	2334,44	2343,68	2297,44	kg/m ³
Modulus Pengujian	26719,95	20940,58	12709,87	23260,64	19812,70	27808,37	25874,93	23415,29	20441,25	21615,47	MPa
Modulus Teoritis 4700	21459,68	23591,77	22305,32	23967,31	22011,50	23345,85	22459,33	23043,79	22461,56	22403,70	MPa
Hasil Uji Desak Silinder											
Uraian	Hasil Pengamatan										Satuan
	AB-TM-01	AB-TM-02	AB-TM-03	AB-TM-04	AB-TM-05	AB-TM-06	AB-TM-07	AB-TM-08	AB-TM-09	AB-TM-10	
Beban Maksimum	360,1	451,2	401,2	462,6	390,7	443,6	407,3	424,8	406,3	406,9	kN
Lama Pengujian											detik
Kuat Desak	20,85	25,20	22,52	26,00	21,93	24,67	22,83	24,04	22,84	22,72	Mpa
Rata-rata	23,36										Mpa

Lampiran 3 Laporan Sementara Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah

Jenis Agregat Halus Sungai Gendol

f'c rencana :	25	Mpa		Jenis :	Pasir Sungai Gendol	
Dimensi Benda Uji Silinder						
Uraian	Hasil Pengamatan					Satuan
	SG-TB-01	SG-TB-02	SG-TB-03	SG-TB-04	SG-TB-05	
Diameter	14,88	15,12	15,12	14,89	15	cm
Tinggi	30,06	30,08	30,04	30,05	29,77	cm
Berat	12,387	12,356	12,317	12,275	12,37	kg
Luas permukaan	1405,21	1428,83	1426,93	1405,69	1402,88	cm ²
	140521,18	142882,65	142692,65	140568,84	140287,82	mm ²
Hasil Uji Desak Silinder						
Uraian	Hasil Pengamatan					Satuan
	SG-TB-01	SG-TB-02	SG-TB-03	SG-TB-04	SG-TB-05	
Beban Maksimum	168,0	194,0	197,0	180,0	187,0	kN
Lama Pengujian						detik
Kuat Desak	2,39	2,72	2,76	2,56	2,67	Mpa
Rata-rata	2,62					Mpa

Jenis Agregat Halus Sungai Progo

f'c rencana :	25	Mpa		Jenis :	Pasir Sungai Progo	
Dimensi Benda Uji Silinder						
Uraian	Hasil Pengamatan					Satuan
	SP-TB-01	SP-TB-02	SP-TB-03	SP-TB-04	SP-TB-05	
Diameter	15,3	15,16	15,55	15,2	15	cm
Tinggi	30,11	29,68	29,78	29,790	29,90	cm
Berat	12,603	12,437	12,673	12,74	12,57	kg
Luas permukaan	1447,28	1413,56	1454,81	1422,54	1409,00	cm ²
	144727,83	141355,58	145480,56	142253,83	140900,43	mm ²
Hasil Uji Desak Silinder						
Uraian	Hasil Pengamatan					Satuan
	SP-TB-01	SP-TB-02	SP-TB-03	SP-TB-04	SP-TB-05	
Beban Maksimum	192,0	179,0	170,0	204,0	175,0	kN
Lama Pengujian						detik
Kuat Desak	2,65	2,53	2,34	2,87	2,48	Mpa
Rata-rata	2,58					Mpa

Jenis Agregat Halus Abu Batu

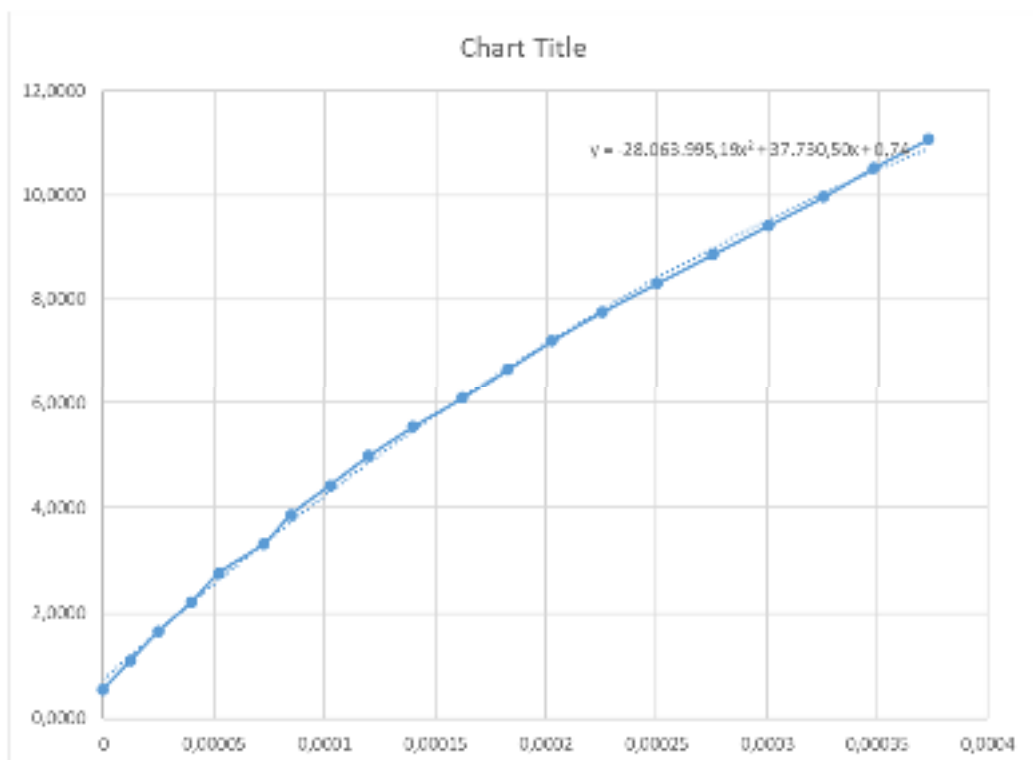
f'c rencana :	25	Mpa		Jenis :	Pasir Abu Batu	
Dimensi Benda Uji Silinder						
Uraian	Hasil Pengamatan					Satuan
	AB-TB-01	AB-TB-02	AB-TB-03	AB-TB-04	AB-TB-05	
Diameter	15,22	14,99	15,05	15,09	14,96	cm
Tinggi	29,85	29,89	30,27	30,28	29,93	cm
Berat	12,38	12,148	12,364	12,36	12,191	kg
Luas permukaan	1427,28	1407,59	1431,19	1435,47	1406,66	cm ²
	142727,89	140759,40	143119,49	143547,29	140665,69	mm ²
Hasil Uji Desak Silinder						
Uraian	Hasil Pengamatan					Satuan
	AB-TB-01	AB-TB-02	AB-TB-03	AB-TB-04	AB-TB-05	
Beban Maksimum	165,0	140,0	141,0	167,0	166,0	kN
Lama Pengujian						detik
Kuat Desak	2,31	1,99	1,97	2,33	2,36	Mpa
Rata-rata	2,19					Mpa

Lampiran 4 Laporan Sementara Hasil Modulus Elastisitas Beton

Jenis	Ag. Sungai Gendol
Jumlah Sampel	5
Benda Uji	SG-TM- 01

Uraian	Silinder	
Diameter	151,6	mm
Tinggi	302,5	mm
Luas	18050,46	mm ²
Berat	12508	gr
Berat Volume	2,2907	gr/cm ³
	2290,732	kg/m ³
Lo	200	mm

Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
10	10000	0	0	0	0,5540
20	20000	5	0,0025	0,0000125	1,1080
30	30000	10	0,005	0,000025	1,6620
40	40000	16	0,008	0,00004	2,2160
50	50000	21	0,0105	0,0000525	2,7700
60	60000	29	0,0145	0,0000725	3,3240
70	70000	34	0,017	0,000085	3,8780
80	80000	41	0,0205	0,0001025	4,4320
90	90000	48	0,024	0,00012	4,9860
100	100000	56	0,028	0,00014	5,5400
110	110000	65	0,0325	0,0001625	6,0940
120	120000	73	0,0365	0,0001825	6,6480
130	130000	81	0,0405	0,0002025	7,2020
140	140000	90	0,045	0,000225	7,7560
150	150000	100	0,05	0,00025	8,3100
160	160000	110	0,055	0,000275	8,8640
170	170000	120	0,06	0,0003	9,4180
180	180000	130	0,065	0,000325	9,9720
190	190000	139	0,0695	0,0003475	10,5260
200	200000	149	0,0745	0,0003725	11,0800

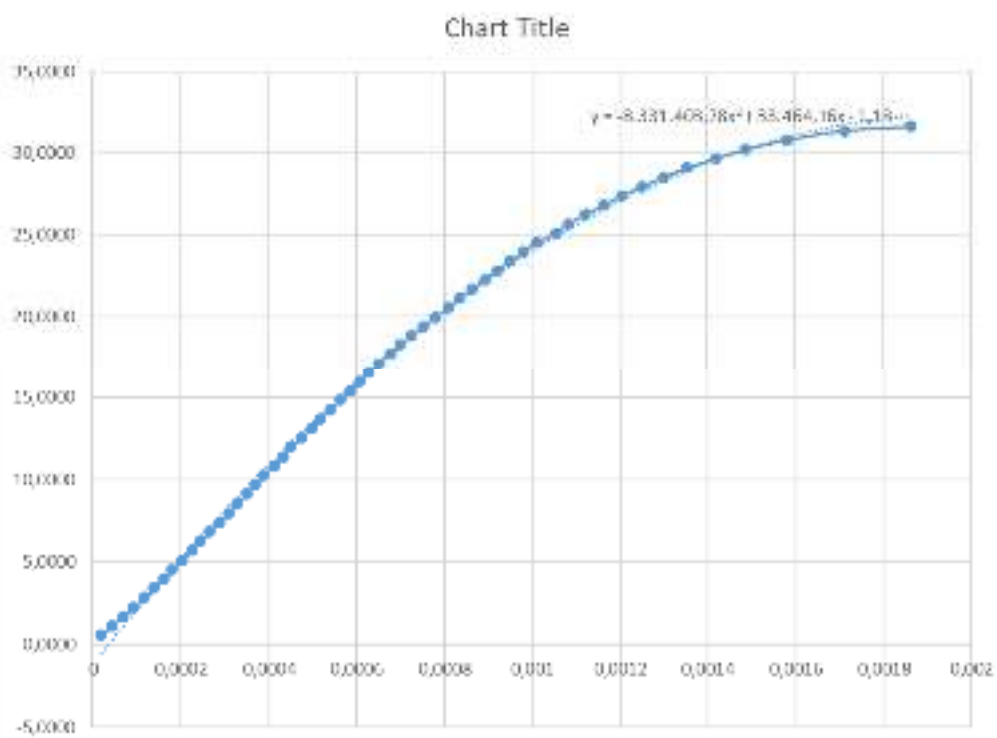


Jenis	Ag. Sungai Gendol
Jumlah Sampel	5
Benda Uji	SG-TM-02

Uraian	Silinder	
Diameter	149,4	mm
Tinggi	300,3	mm
Luas	17530,37	mm ²
Berat	12426	gr
Berat Volume	2,3604	gr/cm ³
	2360,396	kg/m ³
Lo	200	mm

Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
10	10000	7	0,0035	0,0000175	0,5704
20	20000	17	0,0085	0,0000425	1,1409
30	30000	27	0,0135	0,0000675	1,7113
40	40000	37	0,0185	0,0000925	2,2818
50	50000	47	0,0235	0,0001175	2,8522
60	60000	55	0,0275	0,0001375	3,4226
70	70000	64	0,032	0,00016	3,9931
80	80000	72	0,036	0,00018	4,5635
90	90000	81	0,0405	0,0002025	5,1339
100	100000	90	0,045	0,000225	5,7044
110	110000	98	0,049	0,000245	6,2748
120	120000	106	0,053	0,000265	6,8453
130	130000	115	0,0575	0,0002875	7,4157
140	140000	123	0,0615	0,0003075	7,9861
150	150000	131	0,0655	0,0003275	8,5566
160	160000	140	0,07	0,00035	9,1270
170	170000	147	0,0735	0,0003675	9,6975
180	180000	155	0,0775	0,0003875	10,2679
190	190000	165	0,0825	0,0004125	10,8383
200	200000	173	0,0865	0,0004325	11,4088
210	210000	180	0,09	0,00045	11,9792
220	220000	190	0,095	0,000475	12,5496

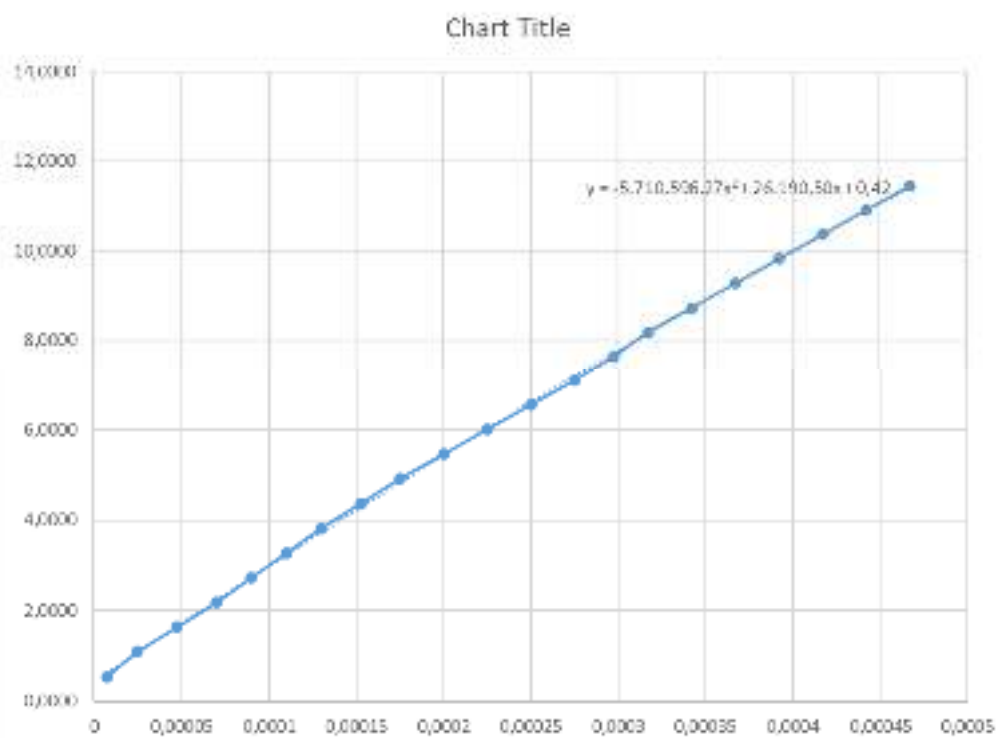
Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
230	230000	199	0,0995	0,0004975	13,1201
240	240000	207	0,1035	0,0005175	13,6905
250	250000	216	0,108	0,00054	14,2610
260	260000	225	0,1125	0,0005625	14,8314
270	270000	234	0,117	0,000585	15,4018
280	280000	243	0,1215	0,0006075	15,9723
290	290000	251	0,1255	0,0006275	16,5427
300	300000	260	0,13	0,00065	17,1132
310	310000	271	0,1355	0,0006775	17,6836
320	320000	280	0,14	0,0007	18,2540
330	330000	290	0,145	0,000725	18,8245
340	340000	301	0,1505	0,0007525	19,3949
350	350000	312	0,156	0,00078	19,9654
360	360000	324	0,162	0,00081	20,5358
370	370000	334	0,167	0,000835	21,1062
380	380000	345	0,1725	0,0008625	21,6767
390	390000	357	0,1785	0,0008925	22,2471
400	400000	368	0,184	0,00092	22,8175
410	410000	380	0,19	0,00095	23,3880
420	420000	392	0,196	0,00098	23,9584
430	430000	404	0,202	0,00101	24,5289
440	440000	422	0,211	0,001055	25,0993
450	450000	433	0,2165	0,0010825	25,6697
460	460000	449	0,2245	0,0011225	26,2402
470	470000	465	0,2325	0,0011625	26,8106
480	480000	482	0,241	0,001205	27,3811
490	490000	500	0,25	0,00125	27,9515
500	500000	520	0,26	0,0013	28,5219
510	510000	541	0,2705	0,0013525	29,0924
520	520000	568	0,284	0,00142	29,6628
530	530000	595	0,2975	0,0014875	30,2332
540	540000	633	0,3165	0,0015825	30,8037
550	550000	685	0,3425	0,0017125	31,3741
554,5	554500	745	0,3725	0,0018625	31,6308



Jenis	Ag. Sungai Gendol
Jumlah Sampel	5
Benda Uji	SG-TM-06

Uraian	Silinder	
Diameter	152,8	mm
Tinggi	300	mm
Luas	18337,35	mm ²
Berat	12426	gr
Berat Volume	2,2588	gr/cm ³
	2258,778	kg/m ³
Lo	200	mm

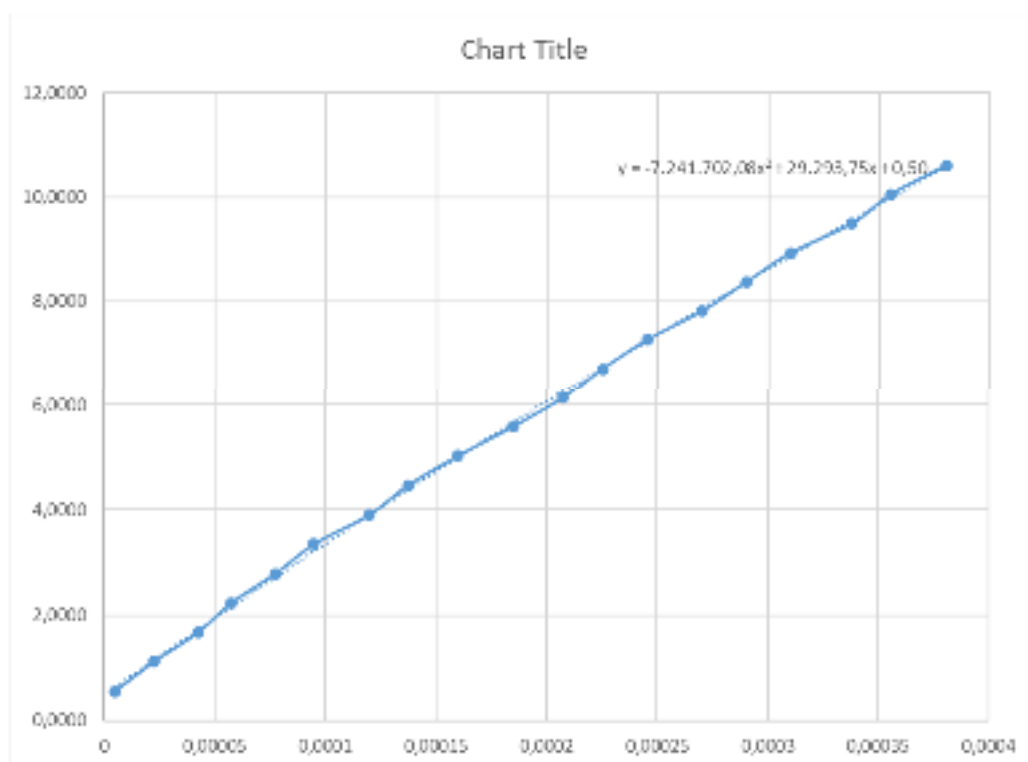
Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
10	10000	3	0,0015	0,0000075	0,5453
20	20000	10	0,005	0,000025	1,0907
30	30000	19	0,0095	0,0000475	1,6360
40	40000	28	0,014	0,00007	2,1813
50	50000	36	0,018	0,00009	2,7267
60	60000	44	0,022	0,00011	3,2720
70	70000	52	0,026	0,00013	3,8173
80	80000	61	0,0305	0,0001525	4,3627
90	90000	70	0,035	0,000175	4,9080
100	100000	80	0,04	0,0002	5,4534
110	110000	90	0,045	0,000225	5,9987
120	120000	100	0,05	0,00025	6,5440
130	130000	110	0,055	0,000275	7,0894
140	140000	119	0,0595	0,0002975	7,6347
150	150000	127	0,0635	0,0003175	8,1800
160	160000	137	0,0685	0,0003425	8,7254
170	170000	147	0,0735	0,0003675	9,2707
180	180000	157	0,0785	0,0003925	9,8160
190	190000	167	0,0835	0,0004175	10,3614
200	200000	177	0,0885	0,0004425	10,9067
210	210000	187	0,0935	0,0004675	11,4520



Jenis	Ag. Sungai Gendol
Jumlah Sampel	5
Benda Uji	SG-TM-07

Uraian	Silinder	
Diameter	151	mm
Tinggi	302	mm
Luas	17907,86	mm ²
Berat	12557	gr
Berat Volume	2,3219	gr/cm ³
	2321,855	kg/m ³
Lo	200	mm

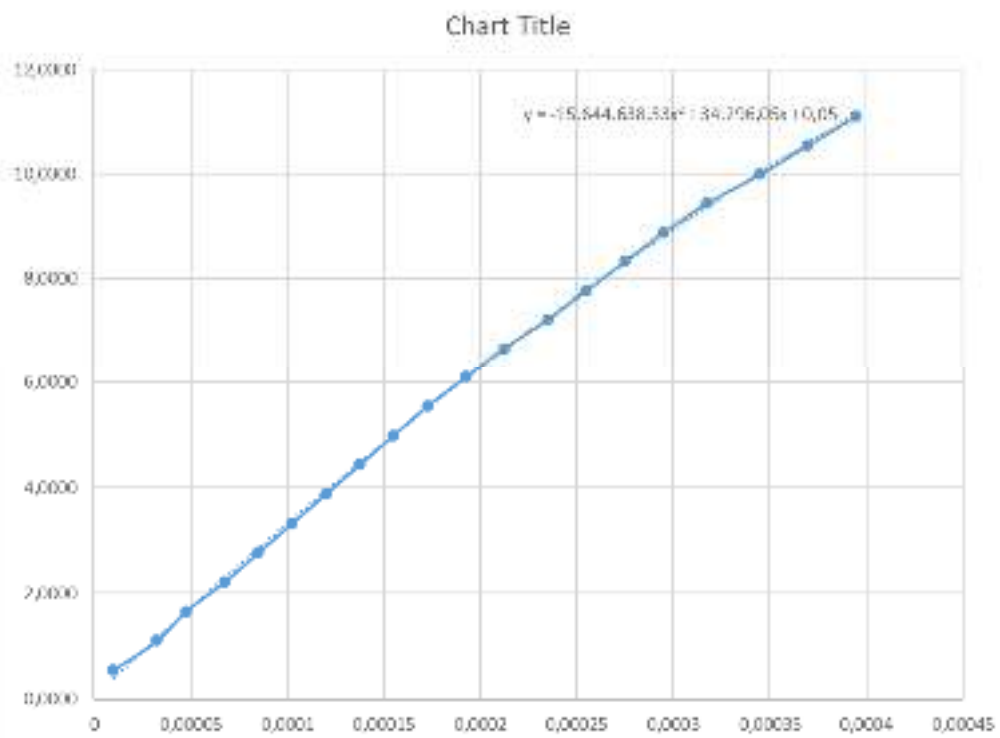
Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
10	10000	2	0,001	0,000005	0,5584
20	20000	9	0,0045	0,0000225	1,1168
30	30000	17	0,0085	0,0000425	1,6752
40	40000	23	0,0115	0,0000575	2,2337
50	50000	31	0,0155	0,0000775	2,7921
60	60000	38	0,019	0,000095	3,3505
70	70000	48	0,024	0,00012	3,9089
80	80000	55	0,0275	0,0001375	4,4673
90	90000	64	0,032	0,00016	5,0257
100	100000	74	0,037	0,000185	5,5841
110	110000	83	0,0415	0,0002075	6,1426
120	120000	90	0,045	0,000225	6,7010
130	130000	98	0,049	0,000245	7,2594
140	140000	108	0,054	0,00027	7,8178
150	150000	116	0,058	0,00029	8,3762
160	160000	124	0,062	0,00031	8,9346
170	170000	135	0,0675	0,0003375	9,4930
180	180000	142	0,071	0,000355	10,0515
190	190000	152	0,076	0,00038	10,6099



Jenis	Ag. Sungai Gendol
Jumlah Sampel	5
Benda Uji	SG-TM-08

Uraian	Silinder	
Diameter	151,4	mm
Tinggi	301,4	mm
Luas	18002,87	mm ²
Berat	12475	gr
Berat Volume	2,2991	gr/cm ³
	2299,088	kg/m ³
Lo	200	mm

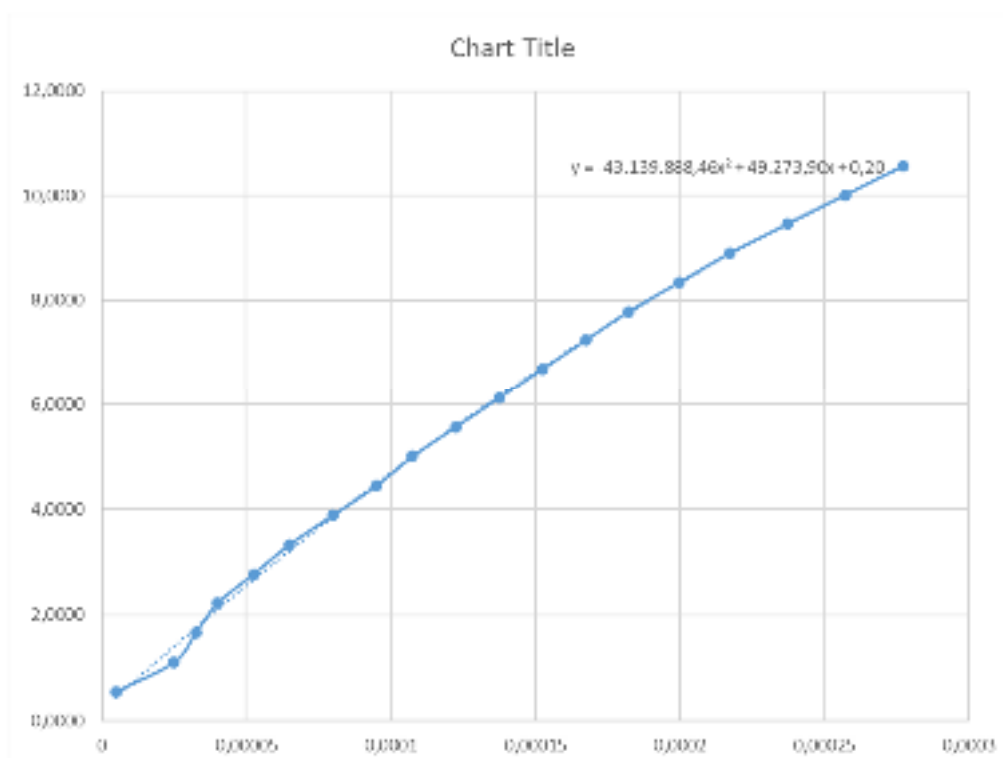
Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
10	10000	4	0,002	0,00001	0,5555
20	20000	13	0,0065	0,0000325	1,1109
30	30000	19	0,0095	0,0000475	1,6664
40	40000	27	0,0135	0,0000675	2,2219
50	50000	34	0,017	0,000085	2,7773
60	60000	41	0,0205	0,0001025	3,3328
70	70000	48	0,024	0,00012	3,8883
80	80000	55	0,0275	0,0001375	4,4437
90	90000	62	0,031	0,000155	4,9992
100	100000	69	0,0345	0,0001725	5,5547
110	110000	77	0,0385	0,0001925	6,1101
120	120000	85	0,0425	0,0002125	6,6656
130	130000	94	0,047	0,000235	7,2211
140	140000	102	0,051	0,000255	7,7765
150	150000	110	0,055	0,000275	8,3320
160	160000	118	0,059	0,000295	8,8875
170	170000	127	0,0635	0,0003175	9,4429
180	180000	138	0,069	0,000345	9,9984
190	190000	148	0,074	0,00037	10,5539
200	200000	158	0,079	0,000395	11,1093



Jenis	Ag. Sungai Progo
Jumlah Sampel	5
Benda Uji	SP-TM-03

Uraian	Silinder	
Diameter	151,4	mm
Tinggi	301,4	mm
Luas	18002,87	mm ²
Berat	12744	gr
Berat Volume	2,3487	gr/cm ³
	2348,664	kg/m ³
Lo	200	mm

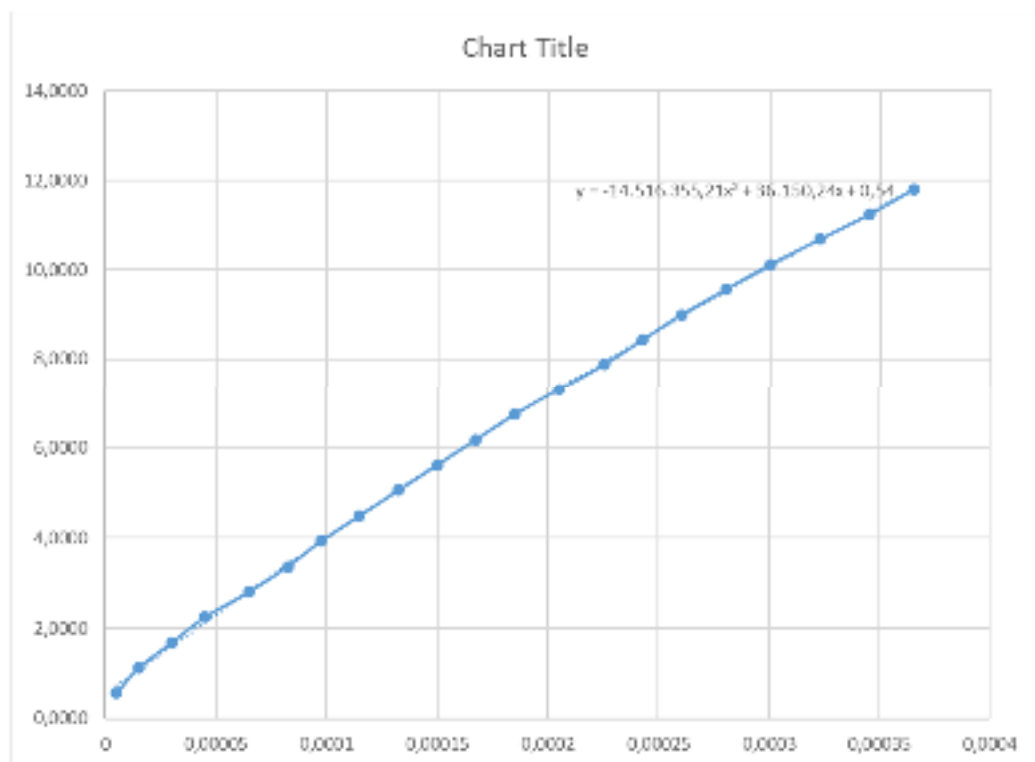
Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
10	10000	2	0,001	0,000005	0,5562
20	20000	10	0,005	0,000025	1,1124
30	30000	13	0,0065	0,0000325	1,6686
40	40000	16	0,008	0,00004	2,2248
50	50000	21	0,0105	0,0000525	2,7810
60	60000	26	0,013	0,000065	3,3372
70	70000	32	0,016	0,00008	3,8934
80	80000	38	0,019	0,000095	4,4496
90	90000	43	0,0215	0,0001075	5,0058
100	100000	49	0,0245	0,0001225	5,5620
110	110000	55	0,0275	0,0001375	6,1182
120	120000	61	0,0305	0,0001525	6,6744
130	130000	67	0,0335	0,0001675	7,2306
140	140000	73	0,0365	0,0001825	7,7868
150	150000	80	0,04	0,0002	8,3430
160	160000	87	0,0435	0,0002175	8,8992
170	170000	95	0,0475	0,0002375	9,4554
180	180000	103	0,0515	0,0002575	10,0116
190	190000	111	0,0555	0,0002775	10,5678



Jenis	Ag. Sungai Progo
Jumlah Sampel	5
Benda Uji	SP-TM-05

Uraian	Silinder	
Diameter	150,5	mm
Tinggi	299,3	mm
Luas	17789,46	mm ²
Berat	12676	gr
Berat Volume	2,3807	gr/cm ³
	2380,744	kg/m ³
Lo	200	mm

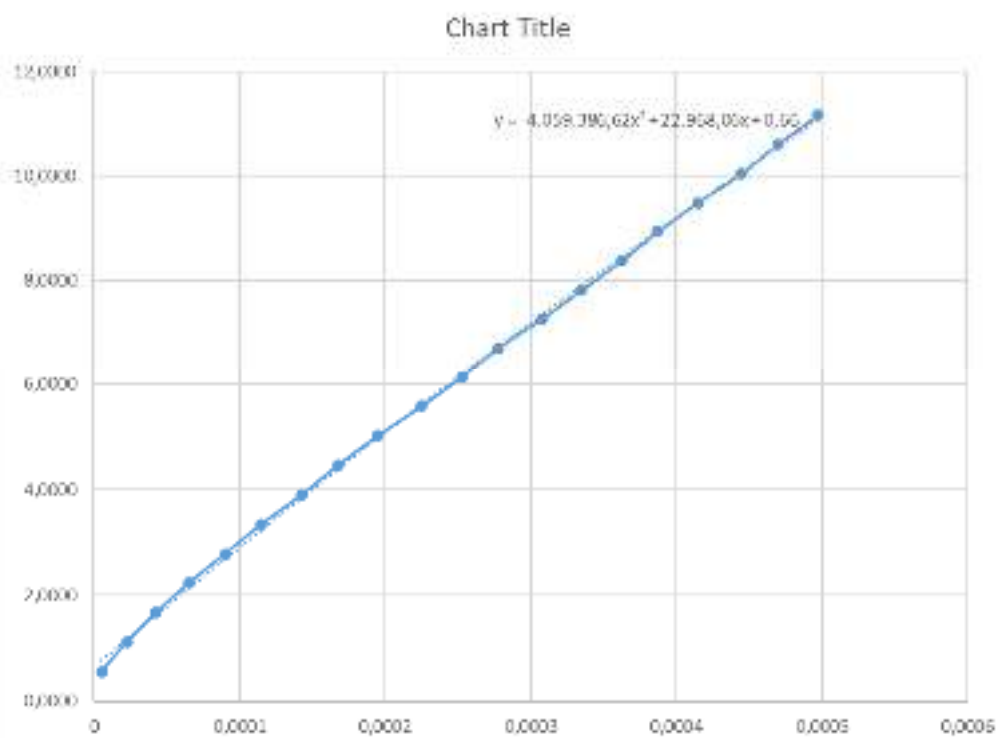
Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
10	10000	2	0,001	0,000005	0,5621
20	20000	6	0,003	0,000015	1,1243
30	30000	12	0,006	0,00003	1,6864
40	40000	18	0,009	0,000045	2,2485
50	50000	26	0,013	0,000065	2,8107
60	60000	33	0,0165	0,0000825	3,3728
70	70000	39	0,0195	0,0000975	3,9349
80	80000	46	0,023	0,000115	4,4970
90	90000	53	0,0265	0,0001325	5,0592
100	100000	60	0,03	0,00015	5,6213
110	110000	67	0,0335	0,0001675	6,1834
120	120000	74	0,037	0,000185	6,7456
130	130000	82	0,041	0,000205	7,3077
140	140000	90	0,045	0,000225	7,8698
150	150000	97	0,0485	0,0002425	8,4320
160	160000	104	0,052	0,00026	8,9941
170	170000	112	0,056	0,00028	9,5562
180	180000	120	0,06	0,0003	10,1183
190	190000	129	0,0645	0,0003225	10,6805
200	200000	138	0,069	0,000345	11,2426
210	210000	146	0,073	0,000365	11,8047



Jenis	Ag. Sungai Progo
Jumlah Sampel	5
Benda Uji	SP-TM-08

Uraian	Silinder	
Diameter	151	mm
Tinggi	300,7	mm
Luas	17907,86	mm ²
Berat	12844	gr
Berat Volume	2,3852	gr/cm ³
	2385,191	kg/m ³
Lo	200	mm

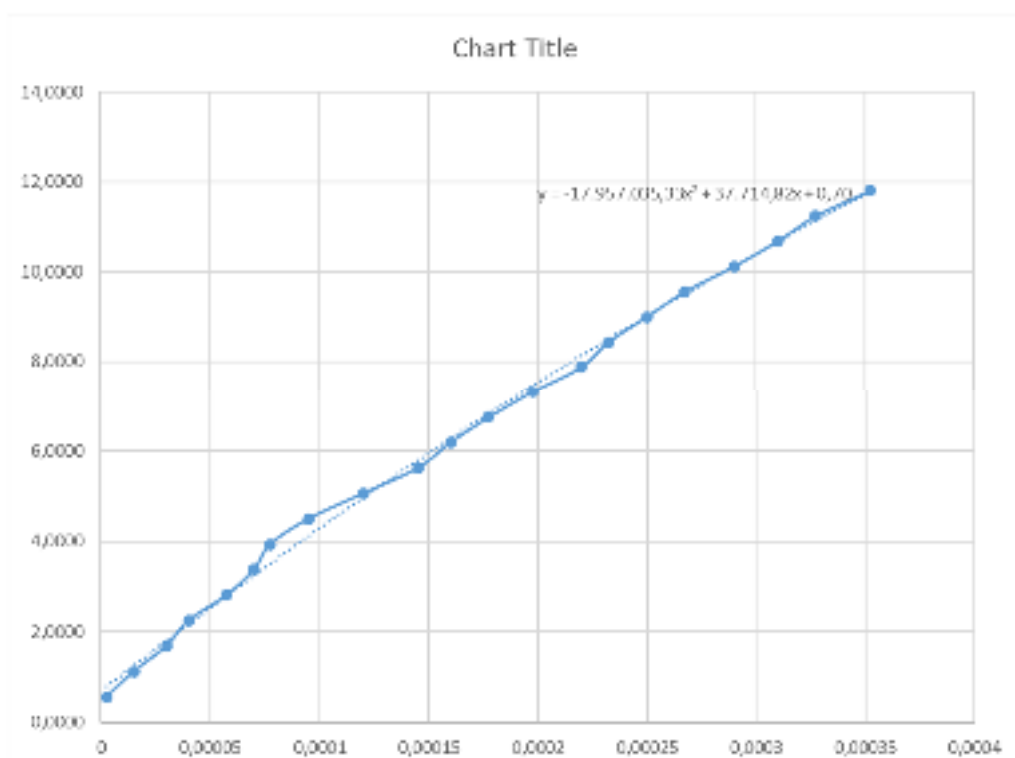
Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
10	10000	2	0,001	0,000005	0,5584
20	20000	9	0,0045	0,0000225	1,1168
30	30000	17	0,0085	0,0000425	1,6752
40	40000	26	0,013	0,000065	2,2337
50	50000	36	0,018	0,00009	2,7921
60	60000	46	0,023	0,000115	3,3505
70	70000	57	0,0285	0,0001425	3,9089
80	80000	67	0,0335	0,0001675	4,4673
90	90000	78	0,039	0,000195	5,0257
100	100000	90	0,045	0,000225	5,5841
110	110000	101	0,0505	0,0002525	6,1426
120	120000	111	0,0555	0,0002775	6,7010
130	130000	123	0,0615	0,0003075	7,2594
140	140000	134	0,067	0,000335	7,8178
150	150000	145	0,0725	0,0003625	8,3762
160	160000	155	0,0775	0,0003875	8,9346
170	170000	166	0,083	0,000415	9,4930
180	180000	178	0,089	0,000445	10,0515
190	190000	188	0,094	0,00047	10,6099
200	200000	199	0,0995	0,0004975	11,1683



Jenis	Ag. Sungai Progo
Jumlah Sampel	5
Benda Uji	SP-TM-09

Uraian	Silinder	
Diameter	150,5	mm
Tinggi	300	mm
Luas	17789,46	mm ²
Berat	12986	gr
Berat Volume	2,4333	gr/cm ³
	2433,275	kg/m ³
Lo	200	mm

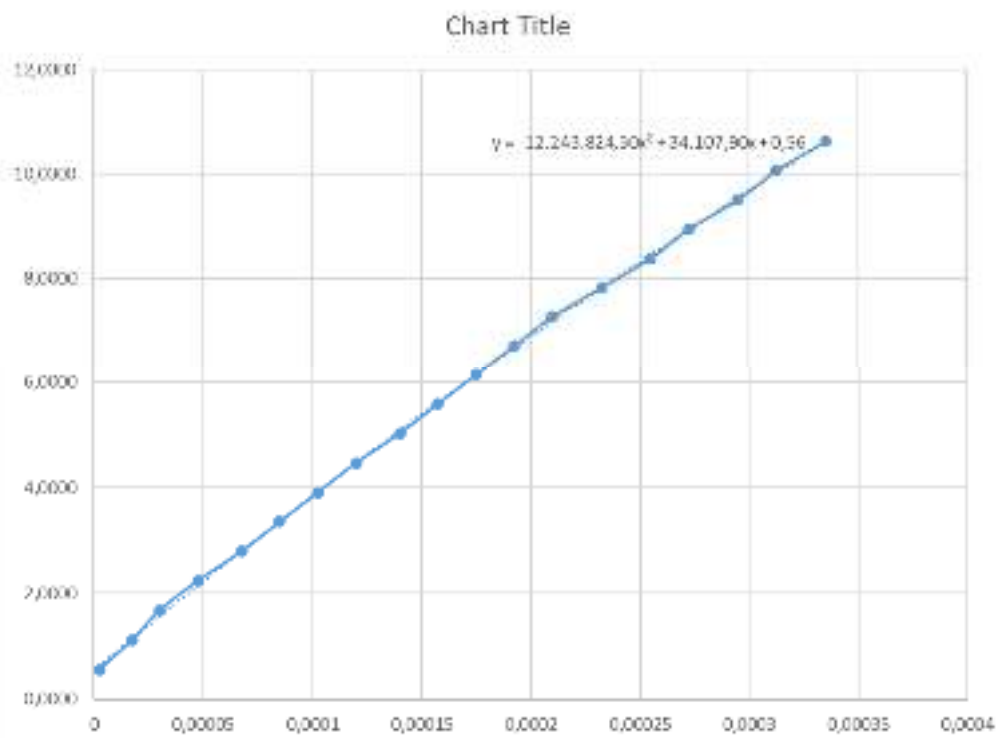
Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
10	10000	1	0,0005	0,0000025	0,5621
20	20000	6	0,003	0,000015	1,1243
30	30000	12	0,006	0,00003	1,6864
40	40000	16	0,008	0,00004	2,2485
50	50000	23	0,0115	0,0000575	2,8107
60	60000	28	0,014	0,00007	3,3728
70	70000	31	0,0155	0,0000775	3,9349
80	80000	38	0,019	0,000095	4,4970
90	90000	48	0,024	0,00012	5,0592
100	100000	58	0,029	0,000145	5,6213
110	110000	64	0,032	0,00016	6,1834
120	120000	71	0,0355	0,0001775	6,7456
130	130000	79	0,0395	0,0001975	7,3077
140	140000	88	0,044	0,00022	7,8698
150	150000	93	0,0465	0,0002325	8,4320
160	160000	100	0,05	0,00025	8,9941
170	170000	107	0,0535	0,0002675	9,5562
180	180000	116	0,058	0,00029	10,1183
190	190000	124	0,062	0,00031	10,6805
200	200000	131	0,0655	0,0003275	11,2426
210	210000	141	0,0705	0,0003525	11,8047



Jenis	Ag. Sungai Progo
Jumlah Sampel	5
Benda Uji	SP-TM-10

Uraian	Silinder	
Diameter	150,9	mm
Tinggi	298,1	mm
Luas	17884,15	mm ²
Berat	12630	gr
Berat Volume	2,3690	gr/cm ³
	2369,043	kg/m ³
Lo	200	mm

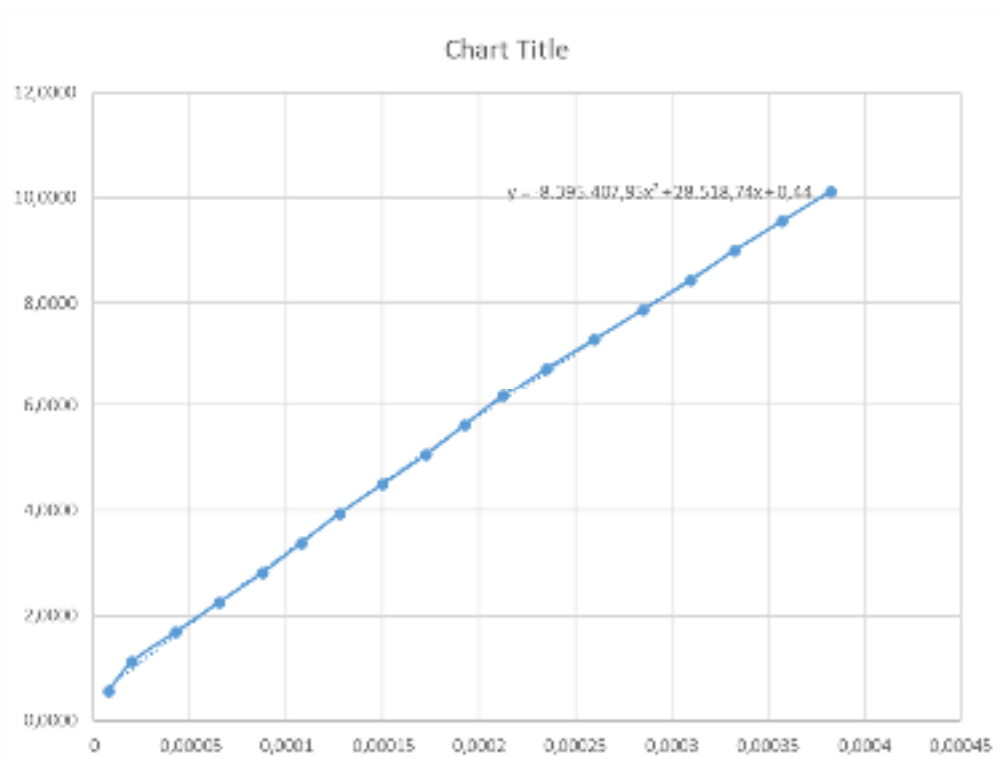
Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
10	10000	1	0,0005	0,0000025	0,5592
20	20000	7	0,0035	0,0000175	1,1183
30	30000	12	0,006	0,00003	1,6775
40	40000	19	0,0095	0,0000475	2,2366
50	50000	27	0,0135	0,0000675	2,7958
60	60000	34	0,017	0,000085	3,3549
70	70000	41	0,0205	0,0001025	3,9141
80	80000	48	0,024	0,00012	4,4732
90	90000	56	0,028	0,00014	5,0324
100	100000	63	0,0315	0,0001575	5,5915
110	110000	70	0,035	0,000175	6,1507
120	120000	77	0,0385	0,0001925	6,7099
130	130000	84	0,042	0,00021	7,2690
140	140000	93	0,0465	0,0002325	7,8282
150	150000	102	0,051	0,000255	8,3873
160	160000	109	0,0545	0,0002725	8,9465
170	170000	118	0,059	0,000295	9,5056
180	180000	125	0,0625	0,0003125	10,0648
190	190000	134	0,067	0,000335	10,6239



Jenis	Ag. Abu Batu
Jumlah Sampel	5
Benda Uji	AB-TM-04

Uraian	Silinder	
Diameter	150,5	mm
Tinggi	300	mm
Luas	17789,46	mm ²
Berat	12350	gr
Berat Volume	2,3141	gr/cm ³
	2314,104	kg/m ³
Lo	200	mm

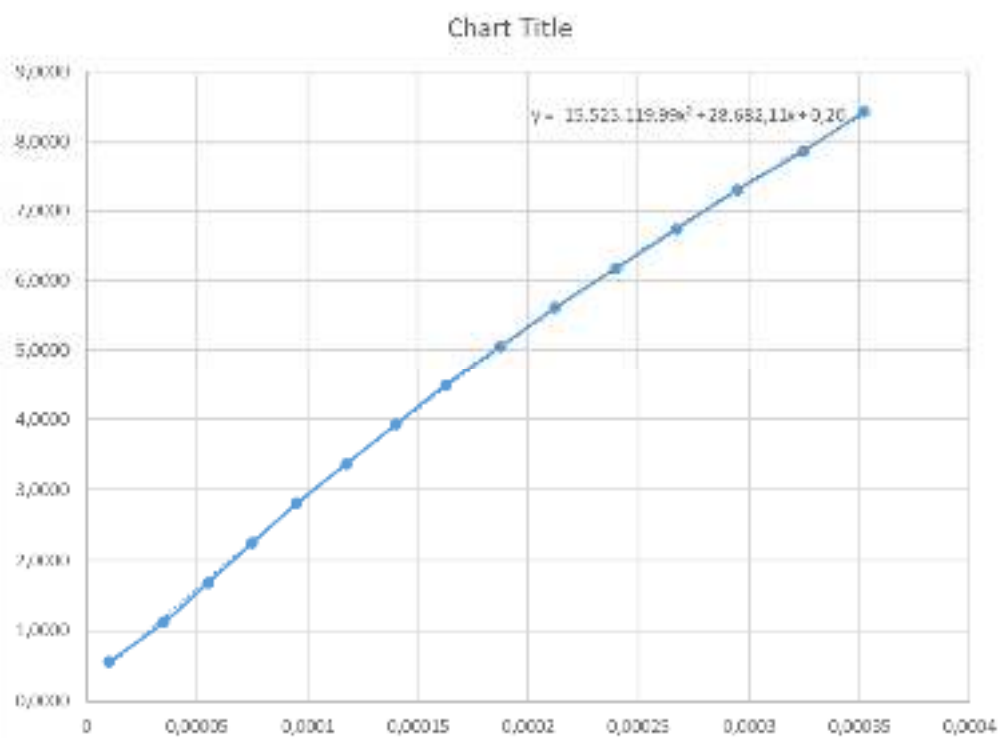
Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
10	10000	3	0,0015	0,0000075	0,5621
20	20000	8	0,004	0,00002	1,1243
30	30000	17	0,0085	0,0000425	1,6864
40	40000	26	0,013	0,000065	2,2485
50	50000	35	0,0175	0,0000875	2,8107
60	60000	43	0,0215	0,0001075	3,3728
70	70000	51	0,0255	0,0001275	3,9349
80	80000	60	0,03	0,00015	4,4970
90	90000	69	0,0345	0,0001725	5,0592
100	100000	77	0,0385	0,0001925	5,6213
110	110000	85	0,0425	0,0002125	6,1834
120	120000	94	0,047	0,000235	6,7456
130	130000	104	0,052	0,00026	7,3077
140	140000	114	0,057	0,000285	7,8698
150	150000	124	0,062	0,00031	8,4320
160	160000	133	0,0665	0,0003325	8,9941
170	170000	143	0,0715	0,0003575	9,5562
180	180000	153	0,0765	0,0003825	10,1183



Jenis	Ag. Abu Batu
Jumlah Sampel	5
Benda Uji	AB-TM-05

Uraian	Silinder	
Diameter	150,6	mm
Tinggi	301,5	mm
Luas	17813,11	mm ²
Berat	12517	gr
Berat Volume	2,3306	gr/cm ³
	2330,629	kg/m ³
Lo	200	mm

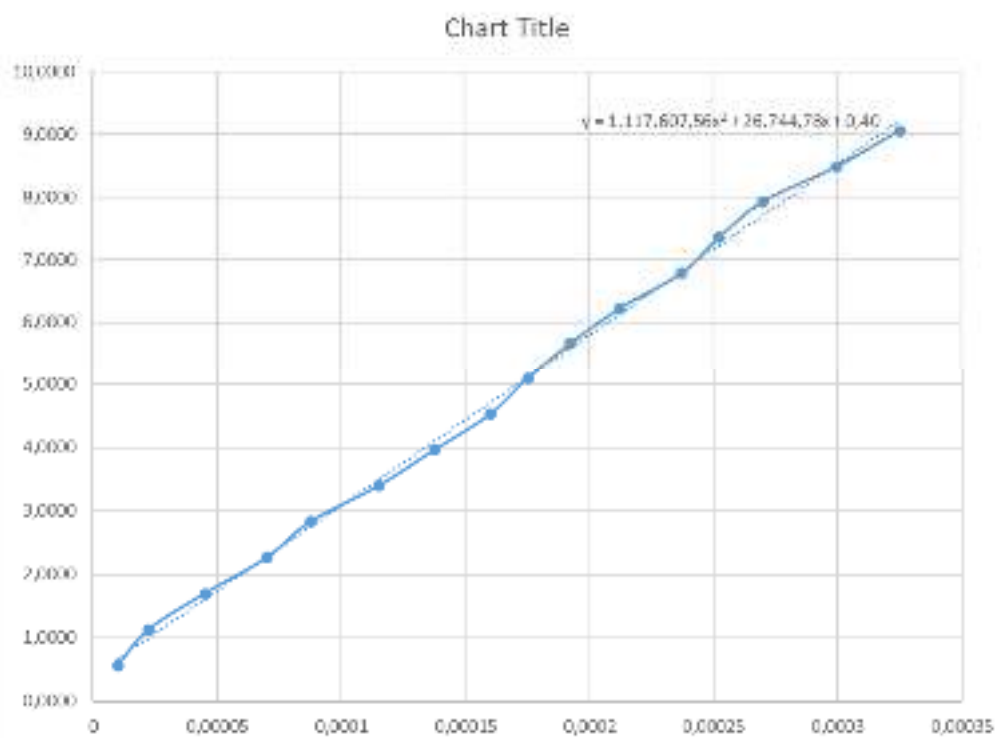
Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
10	10000	4	0,002	0,00001	0,5614
20	20000	14	0,007	0,000035	1,1228
30	30000	22	0,011	0,000055	1,6842
40	40000	30	0,015	0,000075	2,2455
50	50000	38	0,019	0,000095	2,8069
60	60000	47	0,0235	0,0001175	3,3683
70	70000	56	0,028	0,00014	3,9297
80	80000	65	0,0325	0,0001625	4,4911
90	90000	75	0,0375	0,0001875	5,0525
100	100000	85	0,0425	0,0002125	5,6138
110	110000	96	0,048	0,00024	6,1752
120	120000	107	0,0535	0,0002675	6,7366
130	130000	118	0,059	0,000295	7,2980
140	140000	130	0,065	0,000325	7,8594
150	150000	141	0,0705	0,0003525	8,4208



Jenis	Ag. Abu Batu
Jumlah Sampel	5
Benda Uji	AB-TM-08

Uraian	Silinder	
Diameter	150	mm
Tinggi	303,3	mm
Luas	17671,46	mm ²
Berat	12512	gr
Berat Volume	2,3344	gr/cm ³
	2334,436	kg/m ³
Lo	200	mm

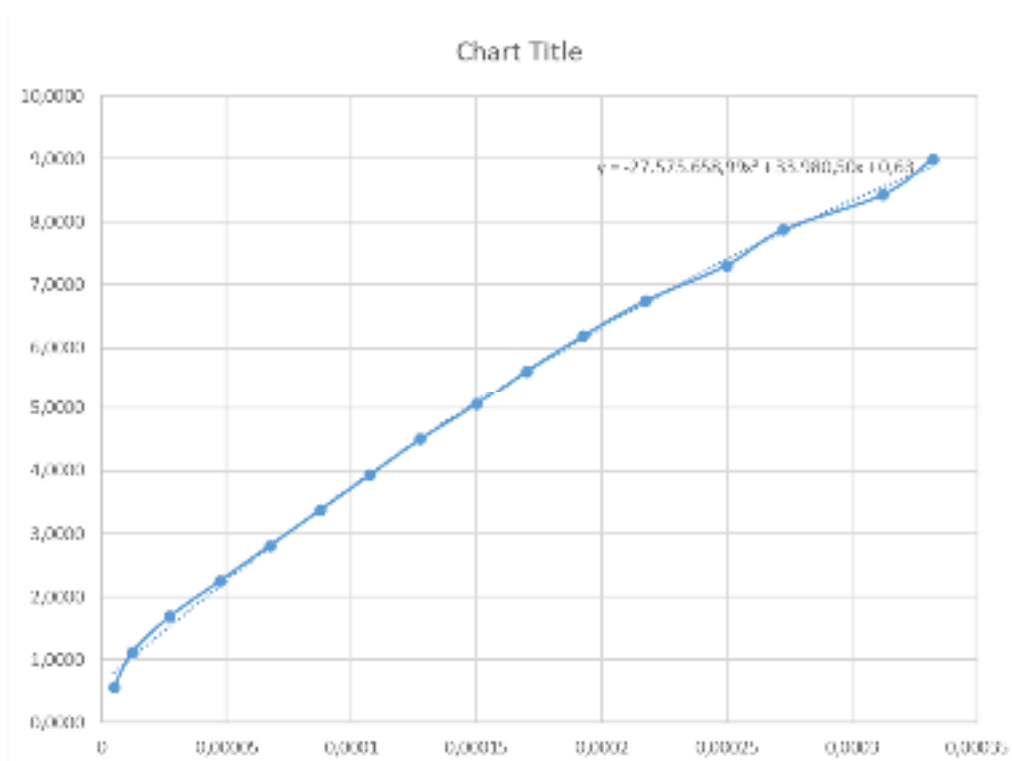
Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
10	10000	4	0,002	0,00001	0,5659
20	20000	9	0,0045	0,0000225	1,1318
30	30000	18	0,009	0,000045	1,6977
40	40000	28	0,014	0,00007	2,2635
50	50000	35	0,0175	0,0000875	2,8294
60	60000	46	0,023	0,000115	3,3953
70	70000	55	0,0275	0,0001375	3,9612
80	80000	64	0,032	0,00016	4,5271
90	90000	70	0,035	0,000175	5,0930
100	100000	77	0,0385	0,0001925	5,6588
110	110000	85	0,0425	0,0002125	6,2247
120	120000	95	0,0475	0,0002375	6,7906
130	130000	101	0,0505	0,0002525	7,3565
140	140000	108	0,054	0,00027	7,9224
150	150000	120	0,06	0,0003	8,4883
160	160000	130	0,065	0,000325	9,0541



Jenis	Ag. Abu Batu
Jumlah Sampel	5
Benda Uji	AB-TM-09

Uraian	Silinder	
Diameter	150,5	mm
Tinggi	300,1	mm
Luas	17789,46	mm ²
Berat	12512	gr
Berat Volume	2,3437	gr/cm ³
	2343,678	kg/m ³
Lo	200	mm

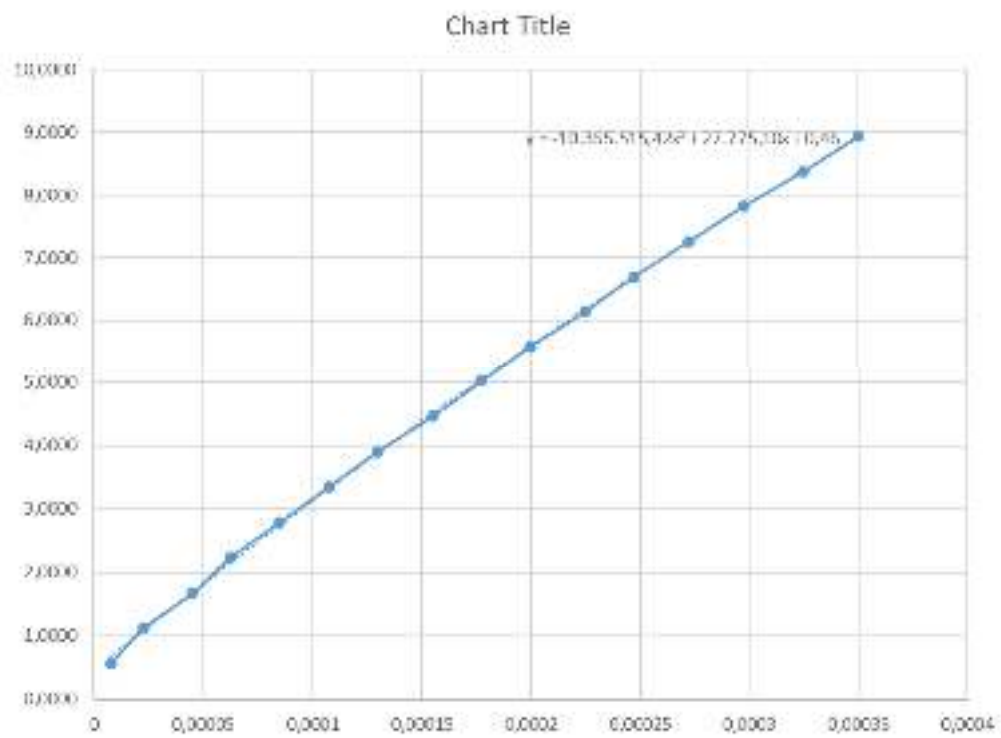
Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
10	10000	2	0,001	0,000005	0,5621
20	20000	5	0,0025	0,0000125	1,1243
30	30000	11	0,0055	0,0000275	1,6864
40	40000	19	0,0095	0,0000475	2,2485
50	50000	27	0,0135	0,0000675	2,8107
60	60000	35	0,0175	0,0000875	3,3728
70	70000	43	0,0215	0,0001075	3,9349
80	80000	51	0,0255	0,0001275	4,4970
90	90000	60	0,03	0,00015	5,0592
100	100000	68	0,034	0,00017	5,6213
110	110000	77	0,0385	0,0001925	6,1834
120	120000	87	0,0435	0,0002175	6,7456
130	130000	100	0,05	0,00025	7,3077
140	140000	109	0,0545	0,0002725	7,8698
150	150000	125	0,0625	0,0003125	8,4320
160	160000	133	0,0665	0,0003325	8,9941



Jenis	Ag. Abu Batu
Jumlah Sampel	5
Benda Uji	AB-TM-10

Uraian	Silinder	
Diameter	151	mm
Tinggi	299,4	mm
Luas	17907,86	mm ²
Berat	12318	gr
Berat Volume	2,2974	gr/cm ³
	2297,442	kg/m ³
Lo	200	mm

Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
10	10000	3	0,0015	0,0000075	0,5584
20	20000	9	0,0045	0,0000225	1,1168
30	30000	18	0,009	0,000045	1,6752
40	40000	25	0,0125	0,0000625	2,2337
50	50000	34	0,017	0,000085	2,7921
60	60000	43	0,0215	0,0001075	3,3505
70	70000	52	0,026	0,00013	3,9089
80	80000	62	0,031	0,000155	4,4673
90	90000	71	0,0355	0,0001775	5,0257
100	100000	80	0,04	0,0002	5,5841
110	110000	90	0,045	0,000225	6,1426
120	120000	99	0,0495	0,0002475	6,7010
130	130000	109	0,0545	0,0002725	7,2594
140	140000	119	0,0595	0,0002975	7,8178
150	150000	130	0,065	0,000325	8,3762
160	160000	140	0,07	0,00035	8,9346



Lampiran 5 Dokumentasi



Lampiran 6.1 Penimbangan Piknometer Berisi Air dan Agregat Halus



Lampiran 6.2 Penimbangan Piknometer Berisi Air



Lampiran 6.3 Penimbangan Agregat Halus Dalam Cawan



Lampiran 6.4 Pengkondisian SSD Pada Agregat Kasar



Lampiran 6.5 Pengolesan Oli Pada Bekisting



Lampiran 6.6 Proses *Mixing* Campuran Beton



Lampiran 6.7 Penataan Benda Uji Setelah Dimasukkan Hasil *Mix* Beton