

TUGAS AKHIR

**ANALISIS PENGARUH ABU BATU SEBAGAI
PENGANTI AGREGAT HALUS DAN
PENAMBAHAN *DAMDEX* TERHADAP
KARAKTERISTIK BETON KERAS
(*ANALYSIS OF THE EFFECT OF STONE DUST AS A
REPLACEMENT OF FINE AGGREGATE AND
ADDITION OF DAMDEX ON CHARACTERISTIC OF
HARD CONCRETE*)**

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



**Iqbal Rizky Permana
18511279**

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

TUGAS AKHIR

**ANALISIS PENGARUH ABU BATU SEBAGAI
PENGANTI AGREGAT HALUS DAN
PENAMBAHAN *DAMDEX* TERHADAP
KARAKTERISTIK BETON KERAS
(*ANALYSIS OF THE EFFECT OF STONE DUST AS A
REPLACEMENT OF FINE AGGREGATE AND
ADDITION OF DAMDEX ON CHARACTERISTIC OF
HARD CONCRETE*)**

Disusun oleh

Iqbal Rizky Permana
18511279

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

Diuji pada 16 Agustus 2023
Oleh Dewan Penguji

Pembimbing

 25/8/23


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

Penguji I

 25.08.23

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

Penguji II


 28/08/23

Mahk Mushtofa, S.T., M.Eng
NIK: 185111302

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Sipil



 28/08/2023
Ir. Yanalia Muntali, S.T., M.T. Ph.D
NIK: 095110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk 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, 3 Agustus 2023
Yang membuat pernyataan,



Iqbal Rizky Permana
(18511279)

DEDIKASI

Puji syukur saya panjatkan kehadirat Allah SWT atas karunia-Nya dan limpahan rahmatnya dan shalawat serta salam kepada junjungan Nabi Muhammad SAW yang telah diberikan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir. Penulis mengucapkan terima kasih sedalam-dalamnya kepada:

1. Alm Bapak Bambang Trimaryanto dan Ibu Marjiyem sebagai orang tua penulis yang selalu mendoakan, memberi semangat dan dukungan, serta pengorbanan yang tidak akan bisa tergantikan selama penulis menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Nasyifa Ganis Permana sebagai adik yang selalu mendoakan dan memberi dukungan selama saya menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Keluarga Penulis yang selalu memberi motivasi, dukungan dan perhatian yang sangat berarti bagi Penulis.
4. Takhsilin Kuntariyatul Janah, S.Ked. yang senantiasa menemani, memberikan dukungan, motivasi, doa dan bantuan selama proses pengerjaan Tugas Akhir ini.
5. Alvin, Asror, Eka, Bachrul, Irfan, Fakhri, Bani, Imam, David, Miqdad, Rafi yang membantu saya selama mengerjakan Tugas Akhir ini.
6. Teman-teman Teknik Sipil 2018 yang telah membantu di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik dari awal berjalannya proses penelitian sampai selesainya pengujian.
7. Semua teman-teman yang tidak disebutkan satu persatu, penulis mengucapkan banyak terima kasih atas kontribusi dan dukungan yang diberikan hingga Tugas Akhir ini selesai.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbil'alamiin, segala puji dan syukur atas kehadiran Allah Subhanahu wa ta'ala yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Analisis Pengaruh Abu batu Sebagai Pengganti Agregat Halus dan Penambahan Damdex Terhadap Karakteristik Beton Keras” dengan maksimal. Shalawat serta salam selalu dicurahkan kepada Rasulullah Muhammad Shallallahu 'alaihi wasallam, keluarga, sahabat dan pengikut beliau hingga akhir zaman.

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan studi jenjang Strata Satu (S1) di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Dalam penulisan Tugas Akhir ini saya ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak-pihak yang terlibat dan senantiasa memberi dukungan kepada saya selama proses penyusunan hingga selesainya Tugas Akhir ini.

1. Ibu Ir.Yunalia Muntafi, S.T., M.T. Ph.D. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
2. Anggit Mas Arifudin, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir, terima kasih atas bimbingan, nasihat, saran dan dorongan yang diberikan kepada saya selama proses penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Astriana Hardawati, S.T., M.Eng. selaku Penguji 2 dalam Sidang Tugas Akhir saya.
4. Maik Mushthofa, S.T., M.Eng. selaku Penguji 3 dalam Sidang Tugas Akhir saya.
5. Bapak Darussalam dan Bapak Suwarno selaku Laboran di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik yang telah membantu saya selama proses pengumpulan data pengujian.

6. Alm Bapak Bambang Trimaryanto dan Ibu Marjiyem selaku Orang tua saya, adik adik dan keluarga saya yang selalu memberi doa, semangat, dan nasihat dalam proses penyusunan dan penyelesaian Tugas Akhir ini.
7. Teman Teman Teknik Sipil yang telah membantu dan memberi dukungan saya selama proses penyusunan Tugas Akhir.

Saya menyadari Tugas Akhir saya ini masih jauh dari sempurna. Untuk itu saya memohon maaf dan berharap Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi saya khususnya dan bagi pembaca pada umumnya.

Wassalamualaikum warahmatullah wabarakatuh.

Yogyakarta, 3 Agustus 2023
Penulis,

Iqbal Rizky Permana
(18511279)

DAFTAR ISI

	Hal.
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
DEDIKASI	iv
KATA PENGATAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
ABSTRAK	xv
ABSTRACT	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Terdahulu	5
2.1.1 Studi Perancangan Campuran Beton Menggunakan Abu Batu Sebagai Agregat Halus (Ibrahim dkk, 2019).	5
2.1.2 Pengaruh Penambahan Genteng <i>Press</i> Jatiwangi dan <i>Damdex</i> Terhadap Kuat Tekan Beton (Putranto dkk, 2019).	5
2.1.3 Pengaruh Abu Batu Sebagai Substitusi Agregat Halus dan Penambahan <i>Superplasticizer</i> Terhadap Karakteristik Beton Mutu tinggi (Abdullah Afif, 2019).	6

2.1.4	Penggunaan Abu Batu Untuk Mengurangi Pasir Alami Pada Campuran Beton Dengan Penambahan Zat <i>Additive Type D</i> (Triaswati dkk, 2021).	7
2.2	Perbandingan Penelitian yang Dilakukan dengan Penelitian Terdahulu	7
2.3	Keaslian Penelitian	12
BAB III LANDASAN TEORI		13
3.1	Pengertian Beton	13
3.2	Bahan Penyusun Beton	14
3.2.1	Agregat	14
3.2.2	Semen <i>Portland</i>	15
3.2.3	Air	16
3.3	Bahan Tambah	17
3.3.1	Abu batu	17
3.3.2	<i>Damdex</i>	18
3.4	Perencanaan Campuran Beton (SNI 2843-2000)	20
3.5	<i>Slump</i> Beton	27
3.6	Kuat Tekan Beton	28
3.7	Modulus Elastisitas	29
3.8	Kuat Tarik Belah Beton	30
BAB IV METODE PENELITIAN		32
4.1	Tinjauan Umum	32
4.2	Lokasi Penelitian	32
4.3	Alat dan Bahan Penelitian	32
4.3.1	Alat Yang Digunakan	32
4.3.2	Bahan Yang Digunakan	35
4.4	Tahapan Penelitian	35
4.4.1	Persiapan Bahan	35
4.4.2	Pembuatan Benda Uji	41
4.4.3	Perawatan Benda Uji	43
4.4.4	Pengujian Benda Uji	44
4.5	Diagram Alir Tahapan Penelitian	47
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN		49
5.1	Tinjauan Umum	49

5.2 Hasil Pemeriksaan Bahan Penyusun Beton	49
5.2.1 Hasil Pemeriksaan Agregat Halus	49
5.2.2 Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar	59
5.3 Perencanaan Campuran Beton (<i>Mix Design</i>)	66
5.4 Hasil Pengujian <i>Slump</i>	78
5.5 Hasil Pemeriksaan Berat Volume Beton	80
5.6 Hasil Pemeriksaan Kuat Tekan Beton	87
5.7 Hasil Pemeriksaan Modulus Elastisitas Beton	94
5.8 Hasil Pemeriksaan Kuat Tarik Belah Beton	102
5.9 Hasil Penelitian Keseluruhan	106
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	108
6.1 Kesimpulan	108
6.2 Saran	109
DAFTAR PUSTAKA	110
LAMPIRAN	112

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Penelitian yang Dilakukan	8
Tabel 3.1 Faktor Pengali Devisiasi Standar <30 Benda Uji	20
Tabel 3.2 Perkiraan Kuat Tekan (MPa)	21
Tabel 3.3 Persyaratan Jumlah Semen Minimum dan Faktor Air Semen Maksimum	22
Tabel 3.4 Perkiraan Kadar Air bebas (Kg/m ³)	24
Tabel 4.1 Rincian Sampel Pengujian Beton	41
Tabel 5.1 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus	50
Tabel 5.2 Hasil Pengujian Analisa Saringan Halus Pada Sampel 1	53
Tabel 5.3 Hasil Pengujian Analisa Saringan Halus Pada Sampel 2	53
Tabel 5.4 Gradasi Agregat Halus	55
Tabel 5.5 Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Agregat Halus	57
Tabel 5.6 Hasil Pengujian Berat Volume Padat Agregat Halus	57
Tabel 5.7 Hasil Pengujian Lolos Saringan No.200	57
Tabel 5.8 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar	60
Tabel 5.9 Hasil Pengujian Analisa Saringan Kasar Pada Sampel 1	53
Tabel 5.10 Hasil Pengujian Analisa Saringan Kasar Pada Sampel 2	53
Tabel 5.11 Gradasi Agregat Kasar	55
Tabel 5.12 Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Agregat Kasar	57
Tabel 5.13 Hasil Pengujian Berat Volume Padat Agregat Kasar	57
Tabel 5.14 Faktor Pengali Devisiasi Standar <30 Benda Uji	67
Tabel 5.15 Perkiraan Kuat Tekan (MPa) dengan fas 0,5 dan Jenis Semen serta Agregat yang dipakai di Indonesia	68
Tabel 5.16 Perkiraan Kadar Air bebas (Kg/m ³) yang Dibutuhkan Untuk Beberapa Tingkat Kemudahan Pengerjaan Adukan Beton	70

Tabel 5.17 Persyaratan Jumlah Semen Minimum dan Faktor Air Semen Maksimum	70
Tabel 5.18 Rekapitulasi Hasil Perencanaan Campuran Beton (<i>Mix Design</i>)	75
Tabel 5.19 Proporsi Campuran Beton dengan Abu Batu dan Bahan Tambah <i>Damdex</i>	77
Tabel 5.20 Hasil Pengujian Slump	78
Tabel 5.21 Rekapitulasi Perhitungan Berat Volume Beton	81
Tabel 5.22 Rekapitulasi Perhitungan Kuat Tekan Beton	88
Tabel 5.23 Persentase Kenaikan Kuat Tekan Beton	92
Tabel 5.24 Hasil Perhitungan Tegangan-Regangan Beton BN1 Sampel 1	94
Tabel 5.25 Hasil Rekapitulasi Perhitungan Modulus Elastisitas	97
Tabel 5.26 Hasil Rekapitulasi Perhitungan Kuat Tarik Belah Beton	102
Tabel 5.27 Rangkuman Hasil Penelitian	105

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Abu Batu	18
Gambar 3.2 Damdex	19
Gambar 3.3 Grafik Hubungan Antara Kuat Tekan dan Faktor Air Semen	22
Gambar 3.4 Grafik Presentase pasir Terhadap Kadar Total Agregat (Ukuran Butir Maksimum 20mm)	25
Gambar 3.5 Grafik Presentase pasir Terhadap Kadar Total Agregat (Ukuran Butir Maksimum 40mm)	25
Gambar 3.6 Grafik Perkiraan Isi Beton Basah	26
Gambar 4.1 Flowchat Tahapan Penelitian	48
Gambar 5.1 Kurva Gradasi Agregat Halus Daerah III Pada Sampel 1	55
Gambar 5.2 Kurva Gradasi Agregat Halus Daerah III Pada Sampel 2	56
Gambar 5.3 Kurva Gradasi Agregat Kasar Ukuran Maksimum 20mm Pada Sampel 1	64
Gambar 5.4 Kurva Gradasi Agregat Kasar Ukuran Maksimum 20mm Pada Sampel 2	64
Gambar 5.5 Grafik Hubungan Antara Kuat Tekan dan Faktor Air Semen (fas) untuk Benda Uji Silinder diameter 150 mm, tinggi 300 mm	69
Gambar 5.6 Grafik Presentase pasir Terhadap Kadar Total Agregat (Ukuran Butir Maksimum 20mm)	72
Gambar 5.7 Grafik Perkiraan Isi Beton Basah	73
Gambar 5.8 Grafik Pengujian Slump Tiap Variasi	79
Gambar 5.9 Grafik Nilai Berat Volume Beton Setiap Variasi	86
Gambar 5.10 Grafik Nilai Kuat Tekan Beton Pada Setiap Variasi	91
Gambar 5.11 Grafik Perbandingan Kuat Tekan Beton Normal dengan Hasil Pengujian	92
Gambar 5.12 Grafik Tegangan-Regangan Beton BP1 Sampel 1	95

Gambar 5.13 Grafik Modulus Elastisitas Beton Dengan Kadar <i>Damdex</i> 0%	99
Gambar 5.14 Grafik Modulus Elastisitas Beton Dengan Kadar <i>Damdex</i> 2%	99
Gambar 5.15 Grafik Modulus Elastisitas Beton Hasil Pengujian	100
Gambar 5.16 Grafik Nilai Kuat Tarik Belah Beton Tiap Variasi	104
Gambar 5.17 Grafik Gabungan Hasil Penelitian	105

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Surat Keterangan Bebas Tanggungan Laboratorium	112
Lampiran 2 Laporan Sementara Hasil Pemeriksaan Agregat	113
Lampiran 3 Laporan Sementara Hasil Perencanaan Pencampuran Beton	140
Lampiran 4 Laporan Sementara Hasil Pemeriksaan Berat Volume Beton	141
Lampiran 5 Laporan Sementara Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton	145
Lampiran 6 Laporan Sementara Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Beton	147
Lampiran 7 Laporan Sementara Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton	237
Lampiran 8 Gambar Pelaksanaan	240

ABSTRAK

Beton adalah material komposit yang terdiri dari beberapa material penyusun, yaitu kerikil, pasir, semen dan air. Pasir merupakan material yang harus ada dalam proses setiap pembangunan konstruksi. Pembangunan dengan beton di Indonesia saat ini sangatlah maju dan berkembang. Hal ini berujung pada ketersediaan pasir untuk material konstruksi. Oleh karena itu, perlu adanya alternatif untuk mencari pengganti sebagian pasir tersebut. Salah satu alternatifnya adalah dari limbah industri pemecehan batu yang berupa abu batu. Penggunaan abu batu sebagai agregat halus dapat menghasilkan beton dengan kuat tekan yang rendah. Oleh karena itu diperlukan cara untuk meningkatkan kuat tekan. Salah satunya dengan menggunakan bahan tambah (*admixture*) dalam campuran beton. Bahan tambah *waterproofing* Damdex merupakan jenis bahan tambah yang menawarkan kemampuan dalam meningkatkan kuat tekan beton dan mencegah kebocoran pada beton.

Pada penelitian ini digunakan abu batu sebagai bahan pengganti dengan variasi 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% dari berat agregat halus yang dibutuhkan dan bahan tambah *waterproofing* Damdex sebanyak 2% dari berat semen. Pengujian dilakukan untuk mengetahui karakteristik beton dari pengujian kuat tekan beton, nilai modulus elastisitas beton dan nilai kuat tarik belah beton umur 28 hari. Perhitungan perencanaan campuran beton normal menggunakan metode SNI 2834- 2000 dengan kuat tekan rencana 25 Mpa dengan benda uji berbentuk silinder ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa nilai hasil pengujian tertinggi tertinggi pada abu batu sebesar 25% dengan penambahan Damdex sebesar 2% dari berat semen . Pada pengujian kuat tekan didapatkan nilai rata rata tertinggi sebesar 32,174 MPa, modulus elastisitas rata raa tertinggi 27006,175 Mpa, dan kuat tarik dengan nilai sebesar 2,923 MPa, sedangkan apabila tanpa penambahan Damdex penggunaan abu batu maksimal tetap di angka 25% dari berat pasir dengan nilai kuat tekan rata rata 29,048 Mpa, nilai modulus elastisitas rata rata 25814,863 MPa, dan kuat tarik belah rata rata 2,711 Mpa. Penggunaan abu batu sebagai bahan pengganti agregat halus optimum sampai dengan kadar 25% dari berat pasir dan penambahan damdex 2% dapat meningkatkan kuat tekan beton.

Kata kunci: Beton, Abu batu, Damdex, Kuat tekan, Modulus elastisitas, Kuat tarik belah

ABSTRACT

Concrete is a composite material consisting of several constituent materials, namely gravel, sand, cement and water. Sand is a material that must be present in the process of every construction. Construction with concrete in Indonesia is currently very advanced and developing. This led to the availability of sand for construction materials. Therefore, it is necessary to find an alternative to find a partial replacement for the sand. One alternative is stone-crushing industrial waste in the form of stone ash. The use of stone ash as fine aggregate can produce concrete with low compressive strength. Therefore we need a way to increase the compressive strength. One of them is by using admixtures in the concrete mix. Damdex waterproofing additive is a type of additive that offers the ability to increase the compressive strength of concrete and prevent leakage in the concrete.

In this study, stone ash was used as a substitute material with variations of 0%, 25%, 50%, 75% and 100% of the required fine aggregate weight and Damdex waterproofing added as much as 2% of the cement weight. Tests were carried out to determine the characteristics of concrete from the compressive strength test of concrete, the value of the modulus of elasticity of concrete and the value of the split tensile strength of concrete aged 28 days. Calculation of normal concrete mix design using the SNI 2834-2000 method with a design compressive strength of 25 MPa with a cylindrical specimen with a diameter of 15 cm and a height of 30 cm.

The results of this study indicate that the highest test results are in rock ash of 25% with the addition of Damdex of 2% by weight of cement. In the compressive strength test, the highest average value was 32.174 MPa, the highest average modulus of elasticity was 27006.175 MPa, and the tensile strength was 2.923 MPa. the average compressive strength value is 29.048 Mpa, the average elastic modulus value is 25814.863 MPa, and the average split tensile strength is 2.711 Mpa. The use of stone ash as a substitute material for optimum fine aggregate up to 25% by weight of sand and the addition of 2% damdex can increase the compressive strength of concrete.

Keywords: *Concrete, stone ash, Damdex, compressive strength, modulus of elasticity, split tensile strength*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia adalah salah satu negara yang memiliki tingkat pertumbuhan penduduk cukup tinggi. Berdasarkan hasil sensus penduduk yang dilakukan oleh Badan Pusat Statistik [BPS] (2021), dalam kurun waktu 2010-2020 diperoleh rerata laju pertumbuhan penduduk Indonesia pertahun sebesar 1,25% serta penambahan penduduk sebesar 32,56 juta jiwa. Sejalan dengan bertambahnya jumlah penduduk Indonesia, kebutuhan mengenai saran dan prasarana semakin berkembang. Kebutuhan sarana dan prasarana mencakup infrastruktur dan struktural bangunan. Hal tersebut menyebabkan penggunaan material konstruksi juga meningkat.

Saat ini, material konstruksi yang menjadi pilihan utama adalah beton. Beton merupakan komponen struktural yang terdiri dari campuran pasta semen, agregat halus, agregat kasar, air, dan bahan campuran lain sebagai tambahan (*admixture*) dalam proses pembuatannya. Untuk memperoleh beton dengan karakteristik tertentu, terkadang dalam proses pembuatannya ditambahkan beberapa bahan lain sehingga diperoleh kemudahan dalam durabilitas, pekerjaan (*workability*), dan waktu pengerasan dalam perbaikan kualitas beton. Salah satu kinerja utama beton yaitu kekuatan tekan beton.

Sejalan dengan peningkatan pembangunan infrastruktur, diikuti pula dengan perkembangan industri batu belah dan beton di Indonesia. Meningkatnya kebutuhan batu belah sebagai bahan konstruksi menyebabkan peningkatan limbah material yang dihasilkan. Salah satu limbah sisa potongan mesin pemecah batu (*stone crusher*) material konstruksi yang dihasilkan adalah abu batu (*stone dust*). Abu batu merupakan kumpulan butir butir batu pecah, pasir, kerikil, serta mineral lainnya yang berasal dari alam maupun buatan. Abu batu menjadi bahan hasil sampingan industri pemecahan batu (*stone crusher*) yang jumlahnya banyak. Akan tetapi, penjualan

abu batu tidak begitu laku. Hal ini dapat disebabkan oleh penggunaan pasir sebagai agregat halus masih banyak digunakan dalam campuran beton sehingga penggunaan abu batu sangat sedikit.

Untuk mengatasi permasalahan terkait dengan banyaknya limbah abu batu (*stone dust*), peneliti memiliki inovasi untuk memanfaatkan abu batu sebagai bahan tambah ataupun bahan pengganti pasir pada campuran beton dengan harapan dapat meningkatkan penggunaan abu batu. Menurut Handayani (2019), abu batu memiliki ukuran yang mirip dengan pasir yaitu dengan kriteria tertahan pada ayakan 0,075 dan lolos ayakan diameter 4,75 mm. Dengan demikian, penggunaan abu batu sebagai bahan pengganti agregat halus dapat mengurangi limbah batu menjadi limbah yang berguna.

Pada penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, penggunaan bahan baku abu batu sebagai bahan penambah ataupun pengganti dari agregat halus yaitu pasir dapat mempengaruhi nilai kuat tekan beton. Apabila kadar penggunaannya semakin besar maka kekuatan beton akan menurun. Untuk mengatasi hal tersebut, diperlukan bahan tambah (*admixture*) yaitu bahan pengeras beton. Dengan penambahan bahan pengeras beton diharapkan dapat meningkatkan nilai kuat tekan beton. Bahan tambah (*admixture*) yang digunakan adalah *damdex*. Berdasarkan situs Damdexindonesia.com, *damdex* adalah bahan aditif semen yang dapat menghasilkan bahan perekat, pelapis, dan penambal yang lebih kuat, keras, dan tahan air. Penggunaan abu batu dan *damdex* dalam campuran beton diharapkan dapat menghasilkan beton mutu tinggi sekaligus memanfaatkan limbah abu batu. Untuk mengetahui kuat tekan beton dan kuat tarik belah beton dengan bahan tambah abu batu dan *damdex*, maka akan dilakukan pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah beton dengan sampel benda uji silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm dengan metode *mix design* yang mengacu pada SNI 03-2384-2000.

1.2 Rumusan Masalah

Mengacu pada latar belakang, maka penulis merumuskan beberapa masalah yang akan dibahas, diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Berapa kadar optimum yang didapatkan dari variasi abu batu 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% dari pasir dengan bahan tambah *damdex* terhadap kuat tekan beton umur 28 hari?
2. Berapa kadar optimum yang didapatkan dari variasi abu batu 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% dari pasir dengan bahan tambah *damdex* terhadap modulus elastisitas beton umur 28 hari?
3. Berapa kadar optimum yang didapatkan dari variasi abu batu 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% dari pasir dengan bahan tambah *damdex* terhadap kuat tarik belah beton umur 28 hari?
4. Bagaimana pengaruh penambahan abu batu (*stone dust*) dan *damdex* terhadap kuat tekan, modulus elastisitas beton dan kuat tarik belah beton?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, penelitian ini memiliki beberapa tujuan diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui kadar optimum yang didapatkan dari variasi abu batu 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% dari pasir dengan bahan tambah *damdex* terhadap kuat tekan beton umur 28 hari.
2. Mengetahui kadar optimum yang didapatkan dari variasi abu batu 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% dari pasir dengan bahan tambah *damdex* terhadap modulus elastisitas beton umur 28 hari.
3. Mengetahui kadar optimum yang didapatkan dari variasi abu batu 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% dari pasir dengan bahan tambah *damdex* terhadap kuat tarik belah beton umur 28 hari.
4. Mengetahui pengaruh dari penambahan abu batu (*stone dust*) dan *damdex* terhadap kuat tekan, kuat tarik belah dan modulus elastisitas beton.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Memberikan informasi mengenai penambahan abu batu dan *damdex* pada beton terhadap kuat tekan, modulus elastisitas beton dan kuat tarik belah .

2. Memberikan informasi mengenai komposisi penambahan abu batu dan *damdex* yang optimum pada beton.
3. Sebagai bahan referensi mengenai penelitian penggunaan abu batu dan *damdex* pada beton selanjutnya di masa mendatang.

1.5 Batasan Penelitian

Batasan dari penelitian ini bertujuan untuk mengarahkan masalah yang akan diteliti serta mencapai tujuan penelitian. Batasan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan nilai kuat tekan, modulus elastisitas, dan kuat tarik belah dengan bahan baku abu batu sebagai pengganti agregat halus dan *damdex* sebagai bahan tambah (*admixture*).
2. Kuat tekan rencana ($f'c$) sebesar 25 MPa.
3. Metode *mix design* mengacu pada SNI 2834-2000.
4. Agregat kasar dan halus berasal dari sekitar Daerah Istimewa Yogyakarta.
5. Abu batu didapat dari *stone crusher* di Daerah Istimewa Yogyakarta.
6. Variasi penggunaan abu batu 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% dari berat pasir.
7. Penambahan kadar *damdex* sebesar 2% dari berat semen.
8. Tidak meneliti mengenai kandungan yang terdapat pada *damdex* dan abu batu.
9. Pengujian beton keras pada umur 28 hari.
10. Benda uji yang digunakan berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kuat tekan dan kuat tarik pada beton dengan penambahan bahan baku abu batu dan *damdex*. Terdapat beberapa penelitian sebelumnya mengenai beton dengan bahan penyusun abu batu dan bahan tambah (*admixture*) yang dapat berguna sebagai informasi dan dapat sebagai acuan, diantaranya adalah sebagai berikut:

2.1.1 Studi Perancangan Campuran Beton Menggunakan Abu Batu Sebagai Agregat Halus (Ibrahim dkk, 2019).

Penelitian yang dilakukan oleh Ibrahim dkk membahas mengenai pembuatan beton dengan bahan pengganti agregat halus yaitu abu batu. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh abu batu sebagai pengganti pasir terhadap kuat tekan beton. Ibrahim dkk menyebutkan bahwa proporsi abu batu yang digunakan sebagai substitusi agregat halus yaitu 0%, 20%, 40%, 60%, 80%, 100% dari berat agregat halus. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa penggantian bahan baku agregat halus dengan abu batu dapat mengurangi kuat tekan beton jika proporsi terlalu besar dengan pasir. Proporsi abu batu dapat digunakan hingga kadar 40%. Apabila kadar abu batu melebihi 40%, maka kuat tekan beton akan menurun.

2.1.2 Pengaruh Penambahan Genteng *Press* Jatiwangi dan *Damdex* Terhadap Kuat Tekan Beton (Putranto dkk, 2019).

Penelitian ini membahas mengenai kuat tekan beton dengan menggunakan agregat pecahan genteng *Press* Jatiwangi dan bahan *additive* berupa *damdex* pada campuran beton. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh dari masing-masing bahan terhadap kuat tekan beton. Sampel beton dibuat berdasarkan metode campuran *British DOE* dengan mutu beton rencana 20 MPa, variasi tambahan pecahan genteng *Press* sebesar 20%, 30%, 40%, 50% dari agregat kasar,

dan variasi *damdex* sebesar 1%, 1,5%, 2%, dan 2,5% dari berat semen. Berdasarkan hasil uji kuat tekan beton, diperoleh peningkatan kuat tekan beton sebesar 92,41% pada sampel dengan rerata penambahan agregat kasar genteng *Press Jatiwangi* sebanyak 40% dan bahan tambahan *damdex* sebesar 1,5%. Selain itu, juga diperoleh peningkatan kuat tekan beton sebesar 87,18% pada sampel dengan rerata penambahan agregat kasar genteng *Press Jatiwangi* sebanyak 50% dan bahan tambahan *damdex* sebesar 2,5%. Berdasarkan penelitian ini dapat disimpulkan bahwa penambahan bahan genteng *Press Jatiwangi* dan bahan tambahan *damdex* pada campuran beton dapat meningkatkan kuat tekan beton.

2.1.3 Pengaruh Abu Batu Sebagai Substitusi Agregat Halus dan Penambahan *Superplasticizer* Terhadap Karakteristik Beton Mutu tinggi (Abdullah Afif, 2019).

Penelitian ini membahas mengenai pembuatan beton bermutu tinggi dengan bahan pengganti agregat halus yaitu abu batu dan penambahan *superplasticizer*. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui kuat tekan optimum dan kuat tarik belah optimum dengan variasi abu batu dan bahan tambah *superplasticizer* jenis *sika viscocrete 3115N* dengan mutu beton tinggi. Proporsi abu batu yang digunakan sebagai substitusi agregat halus yaitu sebesar 20%, 25%, 30%, 35%, dan 40% dari berat agregat halus serta kadar *superplasticizer* yang digunakan yaitu sebesar 0,6% dari berat semen. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa abu batu dengan penambahan *superplasticizer* menghasilkan kuat tekan dan kuat tarik belah optimum. Kuat tekan optimum dari pengujian dihasilkan sebesar 45,44 MPa pada umur beton 28 hari dengan kadar abu batu 20% dengan penambahan *superplasticizer* sebesar 0,6% dari berat semen. Kuat tarik optimum dihasilkan sebesar 3,21 MPa pada umur 28 hari dengan kadar abu batu 20% dengan penambahan *superplasticizer* sebesar 0,6% dari berat semen. Dari hasil tersebut, menunjukkan bahwa penambahan *superplasticizer* secara konsisten sebesar 0,6% dari berat semen dapat meningkatkan kuat tekan dan kuat tarik belah beton bermutu tinggi.

2.1.4 Penggunaan Abu Batu Untuk Mengurangi Pasir Alami Pada Campuran Beton Dengan Penambahan Zat *Additive Type D* (Triaswati dkk, 2021).

Penelitian ini membahas mengenai pembuatan beton dengan penggantian agregat halus (pasir) dengan abu batu yang ditambah dengan zat *additive type D* yaitu *superplasticizer*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kuat tekan beton dengan berbagai macam proporsi penggunaan abu batu dan penambahan zat *additive type D*. Variasi proporsi abu batu yang digunakan adalah 20% dan 30% dari berat pasir serta dosis zat *additive type D* 0,3% dari berat semen dengan kuat tekan beton rencana 20 MPa, 25 MPa, dan 40 MPa. Penelitian ini menunjukkan bahwa pada tiap variasi penambahan bahan baku tersebut mengalami kenaikan nilai kuat tekan beton. Hasil pengujian kuat tekan dengan proporsi abu batu 20% dari berat pasir dengan penambahan zat *additive type D* dengan kuat rencana 20 MPa menunjukkan nilai kuat tekan 27,7 MPa, untuk kuat rencana 25 MPa menunjukkan nilai kuat tekan 31,33 MPa, dan untuk kuat rencana 40 MPa menunjukkan hasil kuat tekan 47,4 MPa. Selain itu, hasil pengujian kuat tekan dengan proporsi abu batu 30% dari berat pasir dan dengan penambahan zat *additive type D* pada kuat rencana 20 MPa hasil kuat tekan beton 25,5 MPa, pada kuat rencana 25 Mpa hasil kuat tekan beton menunjukkan 34 MPa, dan untuk kuat tekan rencana 40 MPa menunjukkan hasil 47 MPa. Dari hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa terdapat peningkatan kuat tekan beton.

2.2 Perbandingan Penelitian yang Dilakukan dengan Penelitian Terdahulu

Perbandingan antara penelitian terdahulu dengan penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel 2.1 sebagai berikut.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Penelitian yang Dilakukan

	Penelitian Terdahulu				Penelitian yang Dilakukan
Peneliti	Ibrahim dkk (2019)	Putranto dkk (2019)	Afif (2019)	Triaswati dkk (2021)	Permana (2022)
Judul	Studi Perancangan Campuran Beton Menggunakan Abu Batu Sebagai Agregat Halus	Pengaruh Penambahan Genteng <i>Press</i> Jatiwangi dan <i>Damdex</i> Terhadap Kuat Tekan Beton	Pengaruh Abu Batu Sebagai Sustitusi Agregat Halus dan Penambahan <i>Superplasticizer</i> Terhadap Karakteristik Beton Mutu Tinggi	Penggunaan Abu Batu untuk Mengurangi Agregat Pasir Alami Pada Campuran Beton dengan Penambahan Zat <i>Additive Type D</i>	Analisis Pengaruh Abu Batu Sebagai Pengganti Agregat Halus dan Penambahan <i>Damdex</i> Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton
Tujuan	Mengetahui pengaruh abu batu sebagai pengganti pasir terhadap kuat tekan beton.	Mengetahui pengaruh dari penambahan <i>damdex</i> dan pecahan genteng <i>press</i> terhadap kuat tekan beton.	Mengetahui kuat tekan optimum dan kuat tarik optimum dengan variasi abu batu dan bahan tambah <i>superplasticizer</i> jenis sika <i>Viscocrete 3115N</i> dengan mutu beton tinggi.	Mengetahui kuat tekan beton dengan berbagai variasi dan penambahan zat <i>additive type D</i> pada beton.	Mengetahui pengaruh kombinasi abu batu dan <i>damdex</i> terhadap kuat tekan beton dan kuat tarik belah beton.

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Penelitian yang Dilakukan

	Penelitian Terdahulu				Penelitian yang Dilakukan
Peneliti	Ibrahim dkk (2019)	Putranto dkk (2019)	Afif (2019)	Triaswati dkk (2021)	Permana (2022)
Parameter Uji	Kuat Tekan Beton	Kuat Tekan Beton	Kuat Tekan Beton dan Kuat Tarik Belah Beton	Kuat Tekan Beton	Kuat Tekan Beton dan Kuat Tarik Belah Beton
Varian Penelitian	Variasi abu batu yang digunakan 0%, 20%, 40%, 60%, 80%, dan 100% dari berat pasir.	Variasi pecahan genteng yang digunakan 20%, 30%, 40%, dan 50% dari berat agregat kasar serta kadar penambahan <i>damdex</i> sebesar 1%, 1,5%, 2% dan 2,5% dari berat semen.	Variasi abu batu sebesar 20%, 25%, 30%, 35%, dan 40%. Kadar <i>superplasticizer</i> 0,6% dari berat semen.	Variasi abu batu yang digunakan 20% dan 30% dengan mutu beton rencana $F_c' 20$ MPa, $F_c' 25$ MPa dan $F_c' 40$ MPa serta penambahan zat <i>additive type D</i> pada tiap campuran.	Variasi abu batu yang digunakan sebesar 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% dari berat pasir. Kadar <i>damdex</i> sebesar 2% dari berat semen.
Hasil Pengujian	1. Abu batu dapat digunakan sebagai substitusi agregat halus pada campuran beton hingga kadar 40%.	Berdasarkan hasil uji kuat tekan beton rata-rata diperoleh peningkatan kuat tekan beton sebesar 92,41% pada variasi 40%	1. Didapatkan kuat tekan optimum sebesar 45,44 MPa pada umur 28 hari dengan variasi abu batu 20%	1. Komposisi abu batu 20% dengan zat <i>additive type D</i> : a) $F_c' 20$ MPa, hasil kuat tekan beton umur 28 hari	

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Penelitian yang Dilakukan

	Penelitian Terdahulu				Penelitian yang Dilakukan
Peneliti	Ibrahim dkk (2019)	Putranto dkk (2019)	Afif (2019)	Triaswati dkk (2021)	Permana (2022)
Hasil Pengujian	2. Abu batu dapat mengurangi kuat tekan beton, maka metode yang digunakan adalah metode dreux agar kuat tekan beton tidak berkurang.	genteng <i>Press</i> dan 1,5% <i>damdex</i> , pada sampel dengan variasi 50% genteng <i>press</i> dan 2,5% kadar <i>damdex</i> diperoleh peningkatan kuat tekan beton sebesar 87,18 %. Oleh karena itu, penambahan bahan genteng <i>Press</i> Jatiwangi dan <i>damdex</i> dapat meningkatkan kuat tekan beton.	dan penambahan <i>superplasticizer</i> 0,6% dari berat semen. Didapatkan kuat tarik optimum sebesar 3,21 MPa pada umur 28 hari dengan variasi abu batu 20% dan penambahan <i>superplasticizer</i> sebesar 0,6% dari berat semen.	sebesar F_c' 27,7 MPa. b) F_c' 25 MPa, hasil kuat tekan beton umur 28 hari sebesar F_c' 31,33 MPa. c) F_c' 40 MPa, hasil kuat tekan beton umur 28 hari sebesar F_c' 47,4 MPa Komposisi abu batu 30% dengan zat <i>additive type D</i> : a. F_c' 20 MPa, hasil kuat tekan beton umur 28	

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Penelitian yang Dilakukan

	Penelitian Terdahulu				Penelitian yang Dilakukan
Peneliti	Ibrahim dkk (2019)	Putranto dkk (2019)	Afif (2019)	Triaswati dkk (2021)	Permana (2022)
Hasil Pengujian				hari sebesar F_c' 25,5 MPa. b. F_c' 25 MPa, hasil kuat tekan beton umur 28 hari sebesar F_c' 34 MPa. c. F_c' 40 MPa, hasil kuat tekan beton umur 28 hari sebesar F_c' 47 MPa.	

2.3 Keaslian Penelitian

Penelitian yang dilakukan saat ini berbeda dengan penelitian terdahulu. Terdapat perbedaan dalam penelitian ini dengan penelitian terdahulu yaitu pada kadar penggantian agregat dan bahan tambah (*admixtures*) beton. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menganalisis pengaruh abu batu dan penambahan *damdex* yang akan diuji kuat tekan dan kuat tarik belah beton. Proporsi penggunaan abu batu pada penelitian ini yaitu 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% dari berat agregat halus (pasir) dan penambahan bahan tambah (*admixture*) secara konsisten sebesar 2% dari berat semen dan dilakukan pengujian dengan sampel beton berumur 28 hari menggunakan mutu beton rencana 25 MPa.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Pengertian Beton

Beton menurut SNI-2847-2019 merupakan suatu campuran yang terdiri dari semen portlan ataupun jenis semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dan bahan tambah (*admixture*) jika diperlukan. Beton akan mengalami pengerasan seiring dengan kekuatan beton bergantung pada kualitas bahan dasar, umur beton, penambahan proporsi campuran, cara pencampuran, proses perawatan dan kondisi disekitar beton, beton akan mencapai kekuatan yang direncanakan pada umur 28 hari pasca penguangan beton segar.

Menurut (Tjokrodimuljo, 2007) beton sebagai salah satu material konstruksi mempunyai beberapa kelebihan antara lain adalah sebagai berikut :

1. Material umumnya mudah didapatkan di sekitar, sehingga harga relatif murah.
2. Beton memiliki sifat kelecakan yang baik sehingga memudahkan dalam proses pengerjaan, menghasilkan bentuk dan ukuran yang direncanakan (*workability*), serta cetakan beton dapat digunakan berulang kali sehingga lebih ekonomis.
3. Beton mempunyai sifat kuat tekan yang tinggi sehingga jika dikombinasikan dengan baja tulangan akan mendapatkan kuat tekan dan kuat tarik yang baik.
4. Keawetan (*durability*) beton sangat baik sehingga beton termasuk bahan yang awet, tahan aus, tahan panas, tahan dari pembusukan oleh kondisi lingkungan sehingga biaya perawatan yang relatif murah.
5. Beton segar dapat disalurkan melalui pompa untuk menjangkau tempat yang sulit untuk melakukan penguangan.

Disisi lain beton juga mempunyai beberapa kekurangan, diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Dibalik kekuatan tekan yang baik, beton mempunyai kelemahan dalam kuat tarik sehingga perlu ditambahkan tulangan
2. Beton dapat mengembang dan menyusut terhadap perubahan suhu
3. Struktur beton sulit untuk dipindahkan
4. Pemakaian kembali/daur ulang biasanya sulit dilakukan

3.2 Bahan Penyusun Beton

Beton merupakan campuran dari bahan dasar penyusunnya. Bahan dasar penyusun beton diantaranya adalah sebagai berikut :

3.2.1 Agregat

Agregat adalah butiran mineral yang berasal dari alam ataupun buatan. Agregat berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton atau mortar. Pengaruh agregat dalam pembuatan beton sangat besar. Hal ini dipengaruhi oleh dua hal. Pertama yaitu dalam bahan penyusun beton volume agregat kurang lebih sebesar 70% hingga 75% dari volume beton. Kedua yaitu sifat agregat yang berpengaruh terhadap kekuatan beton adalah berat jenis, berat satuan, serapan air, gradasi butiran, keausan, dan kekerasan. Berdasarkan ukuran butir butir agregat, secara umum agregat dibedakan menjadi dua yaitu,

1. Agregat kasar

Agregat kasar adalah butiran butiran mineral yang tertinggal atau tidak lolos saringan / ayakan 4,8 mm (ASTM C33,1982). Agregat kasar memiliki sifat yang keras dan tidak berpori. Umumnya, agregat kasar adalah agregat yang berukuran lebih dari 5 mm. Agregat kasar dapat diperoleh dari alami atau dari pemecahan dengan alat atau mesin. Sifat agregat kasar mempengaruhi kekuatan akhir beton keras dan daya tahanya terhadap desintegrasi beton, cuaca, dan hal yang dapat mempengaruhi kerusakan beton lainnya. Beberapa jenis agregat kasar yang umum digunakan adalah :

- a. Batu pecah alami, yaitu agregat kasar yang didapat dari cadas atau batu pecah alami yang digali
- b. Kerikil alami, yaitu agregat kasar yang diperoleh dari hasil pengikisan alami oleh air yang berada ditepi maupun dasar sungai

c. Agregat kasar buatan, yaitu agregat yang diperoleh dari hasil buatan berupa *slag* atau *shale* yang umumnya digunakan pada beton ringan.

Agregat kasar harus mempunyai gradasi yang baik. Arti dari gradasi yang baik adalah harus terdiri dari butiran butiran yang ukurannya beragam sehingga agregat dapat mengisi rongga-rongga. Akibat dari ukuran agregat yang besar serta memiliki bentuk yang meruncing, beton menjadi lebih padat dan dapat mengunci antar partikel pengisi beton.

2. Agregat halus

Agregat halus adalah bahan pengisi berupa pasir alami maupun buatan yang berfungsi sebagai pengisi dalam campuran beton yang terdiri dari butir tajam dan keras. Butir butir agregat halus harus bersifat kekal, yang berarti tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca. Ukuran dari agregat halus kurang dari 4,75 mm atau dengan kata lain lolos saringan No.4 dan tertahan pada saringan No.200.

Menurut PBI 1971, persyaratan agregat halus sebagai bahan pengisi beton ialah sebagai berikut :

- a. Agregat halus terdiri dari butir butir tajam dan keras
- b. Butir butir halus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur karena faktor cuaca. Sifat kekal agregat halus dapat diuji dengan larutan jenuh garam. Apabila dipakai natrium sulfat maka maksimum bagian yang hancur adalah 10% dari berat agregat
- c. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% (terhadap berat kering), jika lebih dari 5% maka harus dilakukan penyucian.
- d. Bahan yang digunakan terdiri atas butiran yang mempunyai ukuran beraneka ragam.

Dalam penelitian ini penulis menggunakan bahan abu batu sebagai bahan parsial pengganti agregat halus.

3.2.2 Semen *Portland*

Semen merupakan bahan campuran yang secara kimiawi akan aktif setelah dicampurkan dengan air. Semen mempunyai peranan yang sangat penting dalam komposisi pencampuran beton. Fungsi dari semen yaitu sebagai bahan yang

mengikat butir-butir agregat hingga membentuk suatu massa padat dan mengisi rongga-rongga udara diantara butir-butir agregat.

Semen yang digunakan sebagai dasar pembuatan beton tergolong ke dalam jenis semen hidrolis. Semen hidrolis adalah semen yang akan mengeras jika bereaksi dengan air, tahan terhadap air (*water resistance*), dan stabil di dalam air setelah mengeras. Semen akan bereaksi dengan air menjadi pasta semen. Pasta semen berfungsi untuk merekatkan butir-butir agregat agar terjadi suatu massa yang kompak/padat (Tjokrodinuljo, 2007). Menurut SNI-03-2834-2000 semen portlan dibagi menjadi beberapa tipe/ jenis yaitu :

1. Semen *Portland* Jenis I, yaitu semen Portland untuk penggunaan umum dan tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.
2. Semen *Portland* Jenis II, yaitu semen Portland yang memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang.
3. Semen *Portland* Jenis III, yaitu semen Portland yang memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.
4. Semen *Portland* Jenis IV, yaitu semen Portland yang memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

3.2.3 Air

Air merupakan bahan alam yang diperlukan untuk semua kehidupan. Air berguna sebagai media pengangkutan zat-zat makanan, merupakan sumber energi, serta berbagai keperluan lainnya. Berdasarkan SNI 7974-2013, syarat air yang digunakan dalam campuran beton yaitu harus bersih, tidak mengandung minyak, garam, asam alkali, zat organik atau bahan lainnya yang dapat merusak beton atau semua logam yang ada di dinding. Pada pembuatan beton, air berperan sebagai pemicu proses kimiawi semen, membasahi agregat, dan memberikan kemudahan dalam pengerjaan beton.

Air yang digunakan untuk bereaksi dengan semen *Portland* sekitar 25-30% dari berat semen. Akan tetapi, jika nilai faktor air semen kurang dari 0,35 adukan beton sulit dikerjakan, sehingga umumnya nilai faktor air semen lebih 0,40 agar adukan beton tidak sulit dikerjakan. Makin banyak air maka adukan beton makin

mudah dikerjakan. Perlu dicatat bahwa jumlah air tidak boleh terlalu banyak karena beton akan poros setelah mengeras yang mengakibatkan kekuatannya rendah.

Kekuatan dari pasta pengerasan semen ditentukan oleh perbandingan berat antara semen dan faktor air. Hal ini dapat mempengaruhi dari kualitas beton, sehingga terdapat syarat-syarat yang harus dipenuhi. Menurut Tjokrodimuljo (2007), persyaratan air yang baik sebagai bahan bangunan adalah sebagai berikut:

1. Air harus bersih
2. Tidak mengandung minyak, lumpur, dan benda melayang lainnya, yang dapat dilihat secara visual, benda-benda tersuspensi ini tidak boleh lebih dari 2 gram/liter
3. Tidak mengandung garam-garam yang dapat larut dan dapat merusak beton (asam, zat organik, dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter
4. Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter, khusus untuk beton pra-tegang kandungan klorida tidak boleh lebih dari 0,05 gram/liter
5. Tidak mengandung senyawa sulfat (sebagai SO₃) lebih dari 1 gram/liter

3.3 Bahan Tambah

Penggunaan bahan tambah (*admixture*) diperlukan untuk memodifikasi sifat dan karakteristik dari beton. Hal ini diterapkan untuk memperoleh kemudahan kerja serta penghematan. Bahan tambah bertujuan untuk memperbaiki atau mengubah sifat dan karakteristik tertentu dari beton atau mortar yang akan dihasilkan. Diharapkan terjadi kecenderungan perubahan komposisi dalam berat volume tidak terasa secara langsung jika dibandingkan dengan komposisi awal beton tanpa bahan tambah. Bahan tambah dilakukan penelitian untuk mengetahui lebih lanjut pengaruh dan proporsi yang tepat dalam pembuatan beton. Dalam penelitian ini penulis menambahkan sebuah inovasi dalam pembuatan beton dengan menambahkan bahan tambah yang berupa :

3.3.1 Abu batu

Abu batu merupakan bahan hasil sampingan dalam industri pemecahan batu yang jumlahnya banyak. Saat ini, abu batu tidak begitu laku untuk dijual karena

pemakaian dalam industri konstruksi sudah sangat sedikit. Mengingat konstruksi perkerasan jalan dengan lapen sudah banyak beralih ke lapisan aspal beton.

Abu batu merupakan abu yang mengandung banyak alumina, silica, senyawa alkali, besi, dan kapur walaupun dalam kadar yang rendah. Komposisi abu batu digunakan dalam adukan beton terutama digunakan untuk memperbaiki sifat beton. Limbah batu mengandung senyawa silika yang sangat halus dan bersifat amorf sehingga mampu mengeras bila dicampur dengan semen. Senyawa yang terjadi antara silika amorf dan kapur adalah senyawa silikat kalsium yang sukar larut dalam air. Kemampuan pengerasan dari limbah batu karena adanya bagian bagian silika amorf yang halus (Wikana & Wantutrianus, 2014).

Abu batu umumnya berwarna gelap (abu-abu kehitaman). Abu batu terdiri dari butiran yang cukup besar. Bahan ini sering digunakan menjadi bahan sampingan sebagai campuran adukan atau beton. Selain itu, abu batu juga bisa dapat dijadikan dasar dari pemasangan paving block maupun grass block. Abu batu mudah didapatkan dan bisa dinilai murah dari segi harga. Bentuk abu batu dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut ini



Gambar 3.1 Abu Batu
(sumber: Google)

3.3.2 *Damdex*

Salah satu jenis bahan tambah untuk campuran beton yang banyak digunakan saat ini adalah *Damdex*. Berdasarkan situs Damdexindonesia.com, pemberian bahan tambah *Damdex* pada suatu campuran adukan beton dapat meningkatkan kekuatan dari beton tersebut. *Damdex* adalah bahan pencampur semen (*admixture*)

yang menghasilkan pelapis, perekat, dan penambal tahan air yang memiliki sifat-sifat unggul sehingga mampu melindungi bangunan secara efisien dan efektif.

Damdex berbentuk cairan yang berwarna kecoklatan. Bahan ini berfungsi sebagai bahan aditif dalam campuran mortar. *Damdex* yang dicampur dengan mortar/semen akan meningkatkan kecepatan beku campuran semen, meningkatkan kualitas dan kuat tekan beton, meningkatkan kuat lekat campuran mortar/semen dan sekaligus menjadikan campuran mortar/semen bersifat kedap air (Nurmaidah, 2016).

Penggunaan *Damdex* secara umum diterapkan pada campuran pembangunan kolam renang, lantai kamar mandi, serta atap dak. Hal ini dikarenakan sifat *Damdex* yang dapat mengurangi porositas beton membuat beton menjadi kedap air. *Damdex* juga dapat digunakan sebagai campuran cat agar cat menjadi tahan air (*water proofing*). *Damdex* dapat dilihat pada Gambar 3.2 berikut ini.



Gambar 3. 2 Damdex
(Sumber: Google)

Penambahan *admixture Damdex* dalam campuran beton memiliki beberapa keunggulan, diantaranya:

1. Anti bocor dan mampu menahan resapan air. *Damdex* dapat digunakan untuk melapis kolam agar tidak bocor ataupun merembes.
2. Tahan panas dan cuaca.

3. Membuat semen menjadi cepat kering dan mengeras dengan sempurna. *Damdex* membuat campuran semen menjadi jauh lebih cepat kering dan mengeras dengan sempurna.
4. Meningkatkan kekuatan dari campuran semen.
5. Dapat merekat dalam kondisi basah dan didalam air. Salah satunya dapat merekat keramik lantai di bawah air sehingga tidak perlu menguras air.
6. Campuran *Damdex* dengan semen dapat disesuaikan cair maupun kental untuk memenuhi berbagai kebutuhan.

3.4 Perencanaan Campuran Beton (SNI 2843-2000)

Tujuan perencanaan campuran beton (*mix design*) yaitu untuk mengetahui proporsi campuran yang sesuai dengan kuat tekan beton yang akan direncanakan. Perencanaan dilakukan dengan menggunakan metode SNI 03-2834-2000. Berikut ini adalah tatacara perencanaan campuran beton berdasarkan ketentuan SNI 02-2834-2000.

1. Menentukan nilai standar deviasi (Sd), penentuan nilai standar deviasi berdasarkan tingkat pengendalian mutu pekerjaan pencampuran beton. Apabila mutu pekerjaan semakin baik, maka nilai deviasi standar akan semakin kecil. Apabila jumlah data hasil uji kurang dari 30 buah maka dilakukan koreksi terhadap nilai deviasi standar dengan faktor pengali pada Tabel 3.1 dibawah dan apabila data hasil uji kurang dari 15, maka nilai tambah (M) yang diambil tidak kurang dari 12 MPa.

Tabel 3.1 Faktor Pengali Devisiasi Standar <30 Benda Uji

Jumlah Pengujian	Faktor Pengali Devisiasi Standar
<15	-
15	1,16
20	1,08
25	1,03
≥30	1,00

Sumber: SNI 03-2834-2000

Nilai tambah dapat dihitung berdasarkan persamaan 3.1 berikut ini

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

Dengan :

M = Nilai Tambah (MPa)

Sr = Devisiasi Standar Rencana (MPa)

- Menentukan nilai kuat tekan rata rata yang direncanakan menggunakan persamaan 3.2 sebagai berikut.

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

Dengan :

f'_{cr} = Kuat tekan rata rata yang direncanakan (MPa)

f'_c = Kuat tekan beton (MPa)

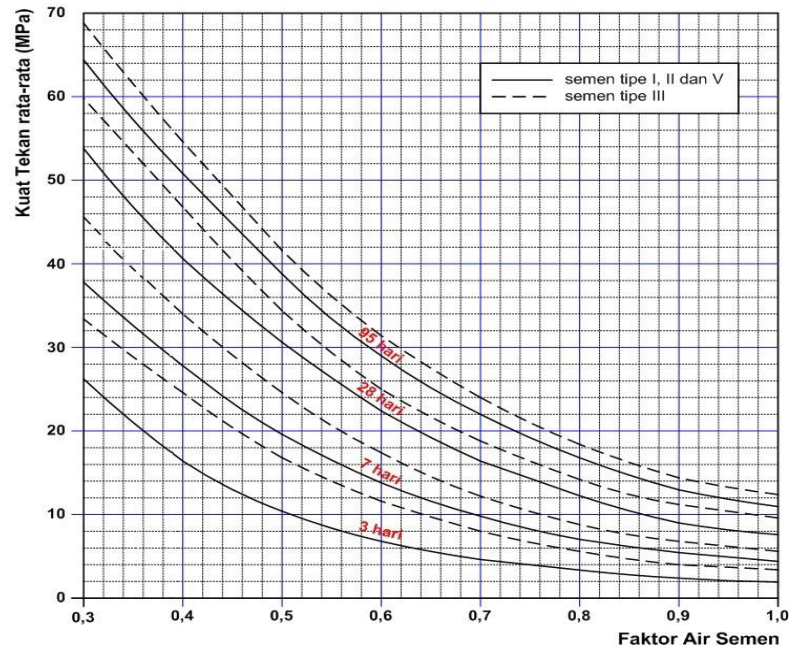
M = Nilai tambah

- Menentukan jenis semen yang akan digunakan dalam proses pembuatan beton
- Menentukan agregat yang digunakan untuk mengisi beton
- Menentukan nilai factor air semen (fas) dengan menggunakan Tabel 3.2 berikut ini.

Tabel 3.2 Perkiraan Kuat Tekan (MPa)

Jenis Semen	Jenis Agregat Kasar	Kekuatan tekan (MPa)				Bentuk uji
		Umur (hari)				
		3	7	28	29	
Semen Portland Tipe 1 Semen tahan sulfat Tipe II,V	Batu tak dipecahkan	17	23	33	40	Silinder
	Batu Pecah	19	27	37	45	
	Batu tak dipecahkan	20	28	40	48	Kubus
	Batu Pecah	25	32	45	54	
Semen Portland Tipe III	Batu tak dipecahkan	21	28	38	44	Silinder
	Batu Pecah	25	33	44	48	
Semen Portland Tipe III	Batu tak dipecahkan	25	31	46	53	Kubus
	Batu Pecah	30	40	53	60	

Sumber : SNI 03-2834-2000



Gambar 3.3 Grafik Hubungan Antara Kuat Tekan dan Faktor Air Semen
Sumber : SNI 03-2834-2003

6. Menentukan jumlah semen minimum yang digunakan dan menentukan factor air semen maksimum berdasarkan Tabel 3.3 dibawah ini.

Tabel 3.3 Persyaratan Jumlah Semen Minimum dan Faktor Air Semen Maksimum

Lokasi	Jumlah Semen Minimum Per m ³ beton (Kg)	Nilai Faktor Air Semen Maksimum
Beton didalam ruangan :		
a. Keadaan keliling non-korosif	275	0,60
b. Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	325	0,52
Beton diluar bangunan :		
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325	0,60
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325	0,60

Lanjutan Tabel 3.3 Persyaratan Jumlah Semen Minimum dan Faktor Air Semen Maksimum

Lokasi	Jumlah Semen Minimum Per m ³ beton (Kg)	Nilai Faktor Air Semen Maksimum
Beton masuk kedalam tanah :		
a. Mengalami keadaan basah dan kering	325	0,55
b. Mendapatkan pengaruh sulfat dan alkali dari tanah	-	Tabel 5
Beton yang berhubungan terus dengan airtawar dan air laut	-	Tabel 6

Sumber : SNI 03-2834-2000

7. Menentukan nilai *slump* untuk mengetahui tingkat kelecakan (*workability*) pada suatu adukan beton
8. Menentukan ukuran butir agregat maksimum
9. Menentukan kadar air bebas agregat campuran dengan persamaan berikut.

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

Dengan :

w = Kadar Air Bebas (kg/m³)

Wh = Perkiraan jumlah air untuk agregat halus (kg/m³)

Wk = Perkiraan jumlah air untuk agregat kasar (kg/m³)

Nilai Wh dan Wk pada persamaan diatas dapat diperoleh dari Tabel 3.4

Berikut ini.

Tabel 3.4 Perkiraan Kadar Air bebas (Kg/m³)

Slump (mm)		0-10	10-30	30-60	60-180
Ukuran besar butir agregat maksimum	Jenis Agregat	-	-	-	-
10	Batu Tak Dipecahkan	150	180	205	225
	Batu Pecah	180	205	230	250
20	Batu Tak Dipecahkan	135	160	180	195
	Batu Pecah	170	190	210	225
40	Batu Tak Dipecahkan	115	140	160	175
	Batu Pecah	155	175	190	205

Sumber : SNI 03-2834-2000

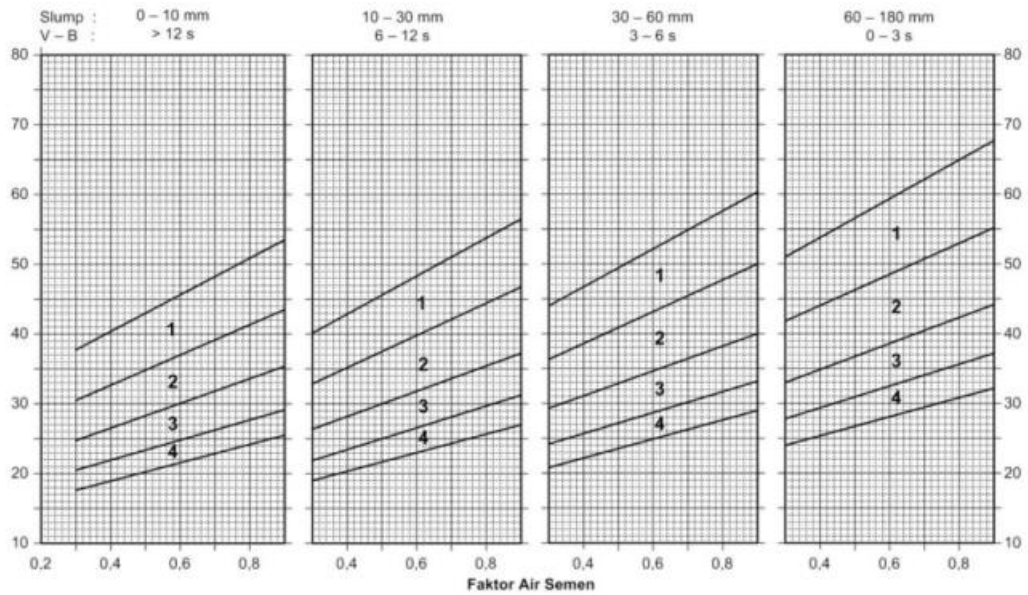
10. Menghitung kadar semen yang dipakai per kubik beton dengan persamaan berikut ini .

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

Keterangan :

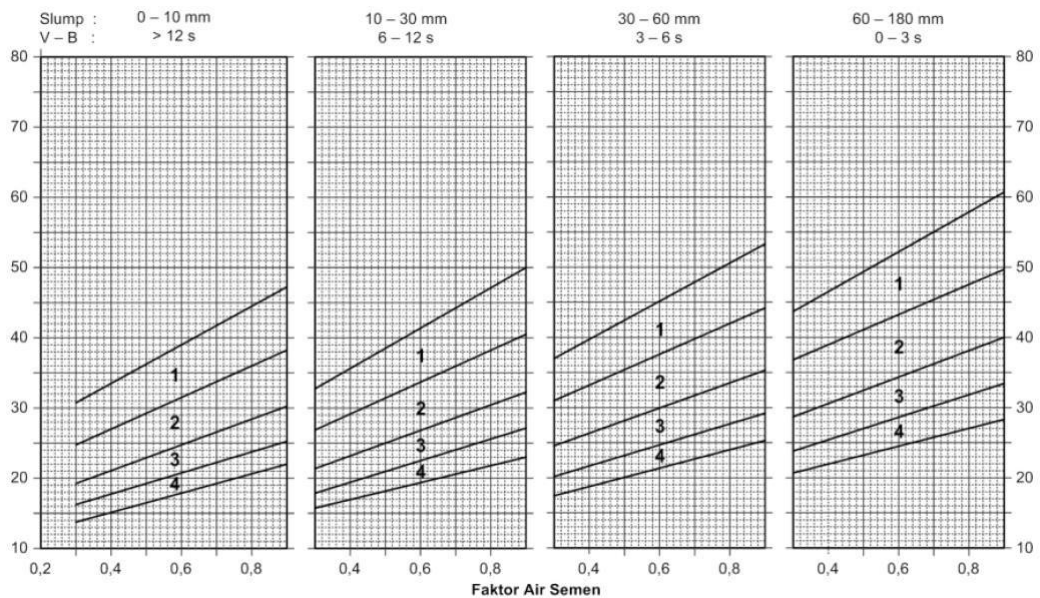
- c = Jumlah semen (kg/m³)
w = Kadar air bebas (kg/m³)
fas = Faktor air semen

11. Menentukan presentase agregat halus dan agregat kasar dengan menggunakan Gambar 3.4 dan Gambar 3.5 berikut ini.



**Gambar 3.4 Grafik Presentase pasir Terhadap Kadar Total Agregat
(Ukuran Butir Maksimum 20mm)**

Sumber : SNI 03-2834-2000



**Gambar 3.5 Grafik Presentase pasir Terhadap Kadar Total Agregat
(Ukuran Butir Maksimum 40mm)**

Sumber : SNI 03-2834-2000

Adapun langkah tertentu dalam menentukan presentase agregat halus dan agregat kasar adalah sebagai berikut.

- a. Menentukan grafik yang akan digunakan berdasarkan ukuran maksimum agregat dari nilai slump yang direncanakan
 - b. Setelah menentukan grafik yang akan digunakan, tarik garis vertical ke atas sampai kurva yang paling atas diantara 2 kurva yang menunjukkan daerah gradasi pasir.
 - c. Kemudian tarik garis horizontal ke kanan, baik untuk kurva batas atas ataupun kurva batas bawah yang berada di daerah gradasi.
 - d. Diambil rata rata dari kedua nilai tersebut.
12. Menghitung berat jenis relatif dari agregat yang diambil dari data hasil uji dengan menggunakan persamaan 3.5 berikut ini

$$BJ_{AG} = (\%AH \times BJ_{AH}) + (\%AK \times BJ_{AK}) \quad (3.5)$$

Dengan :

BJ_{AG} = Berat Jenis agregat gabungan

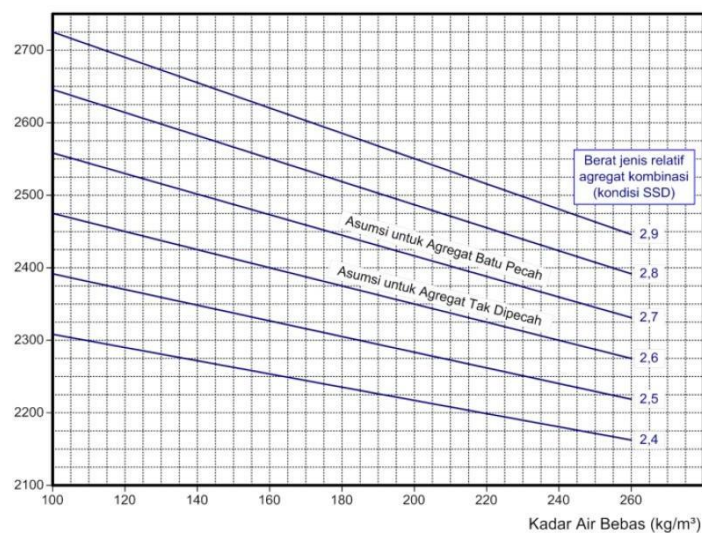
$\%AH$ = Presentase agregat kasar (%)

BJ_{AH} = Berat Jenis agregat gabungan

$\%AK$ = Presentase agregat kasar (%)

BJ_{AK} = Berat Jenis agregat gabungan

13. Mencari nilai perkiraan berat isi beton dengan menggunakan Gambar 3.6 berikut ini.



Gambar 3.6 Grafik Perkiraan Isi Beton Basah

Sumber : SNI 03-2834-2000

14. Menghitung kadar agregat gabungan dengan menggunakan rumus 3.6 berikut ini,

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

Keterangan :

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

W_{beton} = Berat isi beton (kg/m^3)

W_{semen} = Kadar Semen (kg/m^3)

w = Kadar air bebas (kg/m^3)

15. Menghitung kadar agregat halus dengan menggunakan persamaan 3.7 berikut ini

$$W_{\text{ag.h}} = \frac{\% \text{Ag.H}}{100} \times W_{\text{ag.gab}} \quad (3.7)$$

Keterangan :

$W_{\text{ag.h}}$ = Kadar agregat halus (kg/m^3)

$\% \text{Ag.H}$ = Persentase agregat halus (%)

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

16. Menghitung kadar agregat kasar dengan menggunakan persamaan 3.8 berikut ini

$$W_{\text{ag.k}} = \frac{\% \text{Ag.K}}{100} \times W_{\text{ag.gab}} \quad (3.8)$$

Keterangan :

$W_{\text{ag.k}}$ = Kadar agregat kasar (kg/m^3)

$\% \text{Ag.K}$ = Persentase agregat kasar (%)

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

17. Menghitung kadar abu batu digunakan dalam pencampuran beton berdasarkan dari berat agregat halus yang digunakan.
18. Menghitung kadar *damdex* yang akan digunakan dalam pencampuran beton berdasarkan dari jumlah berat semen yang digunakan.

3.5 Slump Beton

Slump beton adalah penurunan ketinggian pada pusat permukaan atas beton yang diukur segera setelah cetakan uji slump diangkat (SNI 03-1972-2008). Pengujian slump dilakukan pada kondisi beton masih segar, hal ini berkaitan

dengan tingkat kemudahan pengerjaan (*workability*). Nilai slump yang rendah menunjukkan bahwa campuran beton dalam keadaan kental, sedangkan sebaliknya jika nilai slump yang tinggi menunjukkan campuran beton dalam keadaan encer. Pada penelitian ini pengujian slump yang dilakukan mengacu pada SNI 03-1972-2008.

3.6 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton adalah besarnya beban maksimal per satuan luas yang dapat ditahan beton sebelum beton mengalami pecah atau hancur. Kuat tekan beton diperoleh dari pengujian. Pengujian tersebut dilakukan dengan pemberian tekanan pada permukaan benda uji beton menggunakan alat penguji sampel beton. Kekuatan tekan beton ditentukan oleh pengaturan dari perbandingan semen, air, agregat kasar, agregat halus. Menurut Wang dan Salmon (1990), perbandingan dari air semen, semakin tinggi kekuatan tekanya, suatu jumlah tertentu air diperlukan untuk memberi aksi kimiawi dalam pengerasan beton, kelebihan air meningkatkan kemampuan pekerjaan akan tetapi mengurangi kekuatan. Berdasarkan SNI 1974-2011, nilai kuat tekan beton dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan 3.9 berikut ini.

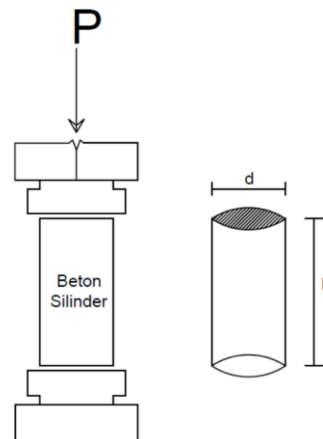
$$f'c = \frac{P}{A} \quad (3.9)$$

Dengan :

$f'c$ = Kuat tekan beton (MPa)

P = Beban maksimal (N)

A = Luas penampang yang menerima gaya tekan (mm²)



Gambar 3.7 Ilustrasi Pengujian Kuat Tekan Beton

Sumber : Pribadi

3.7 Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas adalah perbandingan dari tegangan dan regangan yang diberikan pada sampel dengan deformasi persatuan luas. Modulus ini dinyatakan dalam MPa. Modulus elastisitas menggambarkan ukuran kekuatan material. Apabila semakin tinggi modulus elastisitas, maka semakin kecil regangan elastisitasnya terjadi atau menjadi lebih kaku (SNI 2826-2008). Sedangkan modulus elastisitas yang besar menggambarkan bahwa beton mampu menahan tegangan yang besar (desak). Tegangan yang besar muncul ketika beban yang diberikan dalam keadaan regangan yang kecil (terjadi retakan). Perhitungan modulus elastisitas menggunakan dua metode yaitu menurut ASTM C469-94 pada persamaan (3.10) dan menurut SNI 2847-2019 pada persamaan (3.11) dan (3.12) berikut ini.

$$E_c = \frac{S_2 - S_1}{\epsilon_2 - 0,0005} \quad (3.10)$$

$$E_c = 4700 \times \sqrt{f'_c} \quad (3.11)$$

$$E_c = W_c^{1,5} \times 0,0043 \times \sqrt{f'_c} \quad (3.12)$$

Dengan :

E_c = Modulus elastisitas beton (MPa)

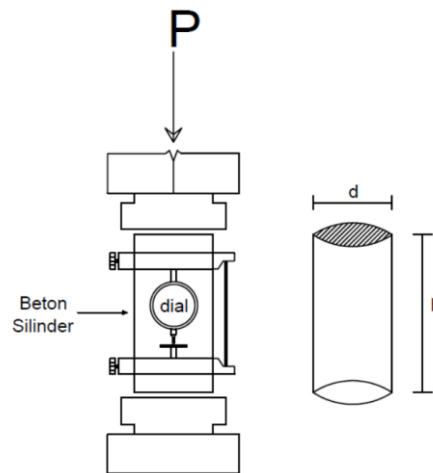
S_1 = Tegangan saat 40 % dari beban maksimum (MPa)

S_2 = Tegangan pada regangan 0,00005 (MPa)

ϵ_2 = Regangan yang terjadi pada S_2

f'_c = Kuat Tekan Beton (MPa)

$W_c^{1,5}$ = Berat volume beton (kg/m^3)



Gambar 3.8 Ilustrasi Pengujian Modulus Elastisitas Beton

Sumber : Pribadi

3.8 Kuat Tarik Belah Beton

Kekuatan tarik belah merupakan salah satu parameter penting kekuatan beton yang digunakan dalam mendesain elemen struktur beton. Kuat tarik belah berfungsi untuk mengevaluasi ketahanan geser beton dan menentukan panjang penyaluran dari tulangan (SNI 2491 : 2014). Nilai kuat tarik belah diperoleh melalui pengujian tekan di laboratorium dengan membebani setiap benda uji silinder secara lateral sampai pada kekuatan maksimumnya.

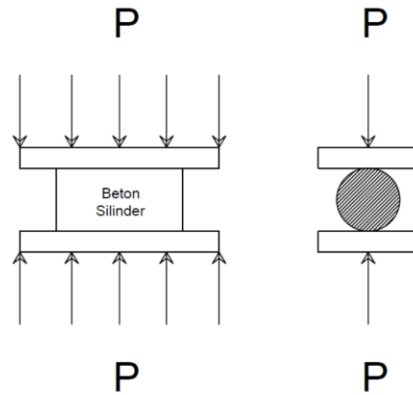
Beton merupakan material yang lemah terhadap tegangan tarik. Kekuatan tarik beton relatif rendah, kira-kira 10%-15% dari kekuatan tekan beton. Kekuatan ini lebih sukar untuk diukur dan hasilnya berbeda-beda dari satu bahan percobaan ke bahan percobaan yang lain dibandingkan untuk silinder-silinder tekan. Pengujian kuat tarik belah beton pada penelitian kali ini menggunakan metode SNI-2491-2014 dan ASTM C4946/C496M-04, perhitungan kuat tarik belah pada penelitian kali ini menggunakan persamaan (3.13) dibawah ini.

$$T = \frac{2.P}{\pi.L.D} \quad (3.13)$$

Dengan :

T = Kuat Tarik Belah (MPa)

- P = Beban maksimum (N)
L = Panjang benda uji (mm)
D = Diameter benda uji (mm)



Gambar 3.9 Ilustrasi Pengujian Kuat Tarik Belah Beton
Sumber : Pribadi

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Tinjauan Umum

Metode penelitian adalah suatu Langkah Langkah atau prosedur pelaksanaan dalam suatu penelitian yang bertujuan untuk mendapatkan pengetahuan tentang permasalahan dalam penelitian yang dilakukan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Menurut Sugiyono (2017), metode eksperimen adalah metode penelitian yang digunakan untuk mencari pengaruh perlakuan tertentu terhadap yang lain dalam kondisi yang terkendali. Penelitian ini dilakukan untuk mencari pengaruh abu batu dengan *admixture Damdex* terhadap beton.

4.2 Lokasi Penelitian

Penelitian ini mencakup pengujian bahan penyusun beton, pengerjaan benda uji, dan pengujian benda uji. Pekerjaan yang telah disebutkan dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik (BKT), Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

4.3 Alat dan Bahan Penelitian

Penelitian ini menggunakan alat dan bahan sesuai dengan standar SNI 03-2834-2000 untuk percobaan laboratorium. Peralatan dan bahan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

4.3.1 Alat Yang Digunakan

Peralatan yang digunakan agar mendapatkan hasil yang maksimal dan benar harus dalam keadaan yang standar dengan SNI. Peralatan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Timbangan

Timbangan berfungsi untuk mengukur berat suatu benda, ada beberapa jenis timbangan yang digunakan pada penelitian ini, yaitu :

- a. Timbangan neraca digunakan untuk menimbang saat pemeriksaan berat jenis agregat kasar dan menimbang material untuk pengecoran berupa agregat halus, agregat kasar, dan semen
- b. Timbangan digital dengan ketelitian 0,1 gram digunakan untuk menimbang material saat pemeriksaan saringan gradasi agregat, kadar air, kadar lumpur, berat jenis agregat halus, menimbang cawan, admixture Damdex.
- c. Timbangan duduk digunakan untuk menimbang *modal* yang digunakan saat pengecoran serta untuk menimbang beton yang akan diuji.

2. Oven

Oven digunakan untuk mengeringkan bahan penyusun betony aitu agregat saat melakukan pemeriksaan. Oven dilengkapi dengan pengatur suhu dan waktu.

3. Saringan agregat

Ukuran saringan yang digunakan yaitu no.1 ½” (38,1mm), no.3/4” (19mm), no.1/2” (12,7mm), no.3/8” (9,6mm), no.4 (4,8mm), no.8 (2,4mm), no.16 (1,2mm), no.30 (0,6mm), no.50 (0,3mm), no.100 (0,15mm), no.200 (0,075mm). Saringan digunakan pada uji analisa lolos saringan pada agregat halus dan kasar.

4. Gelas Ukur

Gelas ukur adalah alat yang berfungsi unuk mengukur serta mengetahui takaran jumlah material cair. Gelas ukur pada penelitian ini digunakan untuk menakar air dan *damdex* pada proses pembuatan beton.

5. Alat ukur

Alat ukur digunakan untuk mengukur dimensi benda uji dan mengukur tinggi nilai slump, alat yang digunakan adalah kaliper dan mistar.

6. Cetakan / *Mold*

Cetakan beton / *mold* adalah suatu alat yang berfungsi untuk membentuk beton segar menjadi bentuk yang diinginkan, cetakan yang digunakan adalah cetakan silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm.

7. *Mixer* Beton

Mixer beton atau molen pada penelitian ini menggunakan mesin pengaduk bertenaga listrik. Molen digunakan untuk mengaduk campuran mortar agar teraduk rata.

8. Talam Baja

Talam baja digunakan untuk menampung beton segar yang telah tercampur rata pada mesin molen. Talam baja juga digunakan sebagai alas saat pengujian slump.

9. Kerucut *Abrams*

Kerucut *Abrams* digunakan ketika pemeriksaan nilai slump pada saat kondisi beton segar. Kerucut terbuat dari baja berukuran tebal 3 mm diameter atas 100 mm dan diameter bawah 200 mm. Bagian dalam kerucut harus licin, halus, dan bebas kotoran maupun sisa pengecoran.

10. Batang Penusuk

Batang penusuk dalam penelitian ini digunakan untuk pemadatan agregat pada pemeriksaan berat isi dan untuk memadatkan pada pengujian slump dan memadatkan beton dalam cetakan beton

11. Bak Perendam

Bak perendam digunakan untuk merendam beton yang baru dibuka dari cetakan, hal ini dilakukan untuk merawat beton dalam waktu yang telah ditentukan.

12. Alat Pengujian Benda Uji

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *compression testing machine* yang dapat sebagai alat pengujian kuat tekan beton serta pengujian kuat tarik belah beton.

13. Alat Pendukung Lainnya

Alat pendukung lain untuk membantu pekerjaan dalam penelitian ini yaitu sekop, sendok semen, ember, selang, dan kuas.

4.3.2 Bahan Yang Digunakan

Dalam penelitian ini, bahan dan material yang digunakan adalah sebagai berikut.

1. Semen

Semen yang digunakan adalah semen *Portland PCC* tipe 1 dengan merk Dynamix dan disimpan dengan penyimpanan yang baik agar menjaga kualitas semen

2. Agregat

Pada penelitian kali ini terdapat dua jenis yaitu agregat kasar dan agregat halus, yaitu pasir dan batu pecah

3. Air

Pada proses campuran beton, air yang digunakan diperoleh dari sumur Laboratorium Fakultas Bahan Konstruksi Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia

4. *Damdex*

Pada penelitian ini menggunakan *damdex* multi fungsi yang diprouksi oleh PT. Prima Graha Bangun Tunggal.

5. Abu Batu

Abu batu yang digunakan diperoleh dari *stone crusher* di Daerah Istimewa Yogyakarta.

4.4 Tahapan Penelitian

Berdasarkan rumus yang tercantum pada SNI, pencampuran adukan beton mengacu pada metode SNI dengan menggunakan mix design. Beberapa tahapan dalam penelitian ini yaitu:

4.4.1 Persiapan Bahan

Tahap persiapan bahan dilakukan untuk menganalisis sifat mekanis beton. Dengan menganalisis sifat mekanis beton, dapat diketahui sifat-sifat material guna

merencanakan campuran pembuatan beton yang tepat sehingga diperlukan adanya pengkajian secara detail. Harapannya adalah setiap data yang digunakan bersifat efektif dan efisien. Langkah dalam pelaksanaan pada tahap persiapan yaitu:

1. Pengadaan Material

Pada tahap ini yang dilakukan adalah dengan mempersiapkan bahan penyusun beton yang berupa agregat kasar, agregat halus, semen, air dan material lainnya, juga mempersiapkan material tambahan yaitu abu batu dan *damdex*.

2. Pembersihan Material

Pembersihan dilakukan pada material agregat halus dan agregat kasar, pembersihan dilakukan agar menghasilkan material yang dapat memenuhi syarat untuk bahan pecampur beton.

3. Pemeriksaan Material Penyusun Beton

Sebelum melakukan pencampuran material beton untuk menghasilkan beton, material akan diuji terlebih dahulu untuk mengetahui karakteristik material dan klasifikasi material. Dalam penelitian ini, peneliti melakukan pemeriksaan agregat kasar dan agregat halus sebagai material penyusun beton. Beberapa pemeriksaan yang dilakukan yaitu:

a. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Langkah-langkah pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus adalah sebagai berikut :

- 1) Benda uji agregat halus dalam keadaan jenuh kering permukaan atau *saturated surface dry (SSD)*.
- 2) Memasukkan benda uji dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$, sampai berat tetap, yang dimaksud berat tetap adalah keadaan berat benda uji selama 3 kali proses penimbangan dan pemanasan dalam oven dengan selang waktu 2 jam berturut-turut tidak akan mengalami perubahan kadar air lebih besar daripada 0,1 %, dinginkan pada suhu ruang, kemudian rendam dalam air selama (24 ± 4) jam.
- 3) Buang air perendam dengan hati-hati, jangan ada butiran yang hilang, tebarkan agregat diatas talam, keringkan di udara panas

dengan cara membalik-balikan benda uji. lakukan pengeringan sampai tercapai keadaan kering permukaan jenuh.

- 4) Periksa keadaan kering permukaan jenuh dengan mengisikan benda uji ke dalam kerucut terpancung, padatkan dengan batang penumbuk sebanyak 25 kali, angkat kerucut terpancung; keadaan kering permukaan jenuh tercapai bila benda uji runtuh akan tetapi masih dalam keadaan tercetak.
- 5) Segera setelah tercapai keadaan kering permukaan jenuh masukkan 500 gram benda uji ke dalam piknometer; masukkan air suling sampai mencapai 90% isi piknometer, putar sambil di guncang sampai tidak terlihat gelembung udara di dalamnya
- 6) Timbang piknometer berisi air dan benda uji sampai ketelitian 0,1 gram (Bt).
- 7) Keluarkan benda uji, keringkan dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap.
- 8) Timbang piknometer dalam keadaan tanpa isi agregat dan air atau dalam keadaan kosong
- 9) Setelah dilakukan oven selama 24 jam, benda uji dikeluarkan, setelah benda uji dingin kemudian benda uji ditimbang.
- 10) Tentukan berat piknometer berisi air penuh dan ukur suhu air gunakan penyesuaian dengan suhu standar 25°C (B).
- 11) Penghitungan berat jenis dan penyerapan air menggunakan persamaan dibawah ini :

$$\text{a) Berat jenis curah} = \frac{Bk}{(B+500-Bt)} \quad (4.1)$$

$$\text{b) Berat jenis jenuh kering permukaan} = \frac{500}{(B+500-Bt)} \quad (4.2)$$

$$\text{c) Berat jenis semu} = \frac{Bk}{(B+Bk-Bt)} \quad (4.3)$$

$$\text{d) Penyerapan air} = \frac{500-Bk}{(Bk)} \times 100\% \quad (4.4)$$

b. Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus

Langkah-langkah uji analisa saringan pada agregat halus adalah sebagai berikut :

- 1) Menyiapkan benda uji agregat halus
- 2) Keringkan benda uji dengan oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ hingga berat tetap
- 3) Keluarkan benda uji lalu dinginkan hingga sesuai suhu ruangan
- 4) Timbang sampel uji
- 5) Menyiapkan ayakan lalu menyusun ayakan tersebut dari yang paling besar ke paling kecil diameter lubanya mengacu SNI-03-2834-2000, lalu masukan benda uji kedalam saringan
- 6) Masukan ayakan ke mesin penggetar
- 7) Keluarkan benda uji pada masing masing ayakan, lalu timbang berat benda uji yang tertinggal disetiap ayakan
- 8) Catat berat benda uji yang tertinggal

c. Pengujian Lolos ayakan No.200

Tahap pemeriksaan kadar lumpur diantaranya adalah sebagai berikut:

- 1) Benda uji dimasukkan ke dalam cawan kemudian dikeringkan menggunakan oven selama 24 jam dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ hingga berat tetap. Lalu ditimbang.
- 2) Benda uji yang telah ditimbang lalu dicuci dengan cara disaring menggunakan saringan No.200.
- 3) Lakukan proses tersebut hingga air pencucian sudah jernih
- 4) Apabila sudah bersih, keringkan benda uji dengan pemanasan dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ hingga berat tetap.
- 5) Kemudian setelah selesai timbang berat uji
- 6) Perhitungan berat material yang lolos saringan No.200 menggunakan persamaan :

$$\text{Kadar lumpur} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\% \quad (4.5)$$

d. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar.

Langkah-langkah pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar adalah sebagai berikut :

- 1) Cuci benda uji untuk menghilangkan kotoran dan debu.
- 2) Memasukan benda uji dalam oven pada suhu $(110\pm 5)^{\circ}\text{C}$, sampai berat tetap, dinginkan pada suhu ruang
- 3) Setelah benda uji mencapai kondisi SSD, timbang agregat seberat 500 gram lalu masukan benda uji ke keranjang
- 4) Celupkan benda uji ke dalam air dan catat berat benda uji
- 5) Letakan agregta pada pan, lalu masukan benda uji dalam oven pada suhu $(110\pm 5)^{\circ}\text{C}$, sampai berat tetap selama ± 24 jam.
- 6) Setelah 24 jam keluarkan benda uji lalu timbang beratnya
- 7) Penghitungan berat jenis dan penyerapan air dapat menggunakan persamaan dibawah ini :

$$\text{a) Berat jenis curah} = \frac{Bk}{(Bj - Ba)} \quad (4.6)$$

$$\text{b) Berat jenis jenuh kering permukaan} = \frac{Bj}{(Bj - Ba)} \quad (4.7)$$

$$\text{c) Berat jenis semu} = \frac{Bk}{(Bk - Ba)} \quad (4.8)$$

$$\text{d) Penyerapan air} = \frac{Bj - Bk}{(Bk)} \times 100\% \quad (4.9)$$

e. Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar

Urutan pengujian Analisa saringan pada agregat halus adalah sebagai berikut :

- 1) Menyiapkan benda uji agregat kasar
- 2) Keringkan benda uji dengan oven pada suhu $(110\pm 5)^{\circ}\text{C}$ hingga berat tetap
- 3) Keluarkan benda uji lalu dinginkan hingga sesuai suhu ruangan
- 4) Timbang sampel uji
- 5) Menyiapkan ayakan lalu menyusun ayakan tersebut dari yang paling besar ke paling kecil diameter lubanya mengacu SNI-03-2834-2000, lalu masukan benda uji kedalam saringan
- 6) Masukan ayakan ke mesin penggetar selama 15 menit
- 7) Keluarkan benda uji pada masing masing ayakan, lalu timbang berat benda uji yang tertinggal disetiap ayakan

- 8) Catat berat benda uji yang tertinggal.
- 9) Setelah mendapatkan data berat agregat yang tertinggal disetiap saringan, agregat kasar dihitung Modulus Halus Butir (MHB)nya dengan persamaan berikut:

$$MHB = \frac{\sum \text{Berat tertinggal Kumulatif}}{100} \quad (4.10)$$

f. Pengujian Berat Volume padat/gembur agregat

1) Berat isi gembur atau lepas

Tahapan uji berat volume gembur agregat yaitu:

- a) Siapkan benda uji (agregat kasar dan halus) yang mewakili agregat dilapangan.
- b) Timbang dan catat wadah bejana (W1).
- c) Masukkan benda uji secara perlahan agar tidak terjadi pemisahan butiran. Gunakan sendok lalu datarkan permukaannya hingga maksimum 5cm dari atas, jika perlu menggunakan mistar perata.
- d) Timbang dan catat berat bejana yang berisi benda uji (W2).

2) Berat isi padat

Tahapan uji berat volume padat agregat adalah sebagai berikut

- a) Persiapkan benda uji (agregat kasar dan halus) yang akan diperiksa yang mewakili agregat dilapangan.
- b) Timbang dan catat berat wadah (W1)
- c) Masukkan benda uji kedalam wadah lebih kurang 3 lapis yang memiliki ketebalan sama. Tiap lapis dipadatkan dengan penumbuk sebanyak 25 kali tumbukan secara merata. Setiap tusukan tidak boleh sampai ke lapisan sebelumnya.
- d) Ratakan permukaan benda uji menggunakan mistar perata (jika diperlukan) sehingga rata dengan bagian atas bejana.
- e) Timbang dan catat berat wadah atau tempat yang berisi benda uji (W2).

4.4.2 Pembuatan Benda Uji

Benda uji yang digunakan berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Benda uji dalam penelitian ini digunakan untuk pengujian kuat tekan beton dan kuat tarik belah beton dan modulus elastisitas beton. Standar yang digunakan pada pengujian sampel mengacu pada SNI-2943-2011. Berdasarkan standar tersebut, umur dan kondisi pengujian minimum adalah 5 sampel dengan umur beton 28 hari. Dengan demikian, didapatkan jumlah benda uji dari variasi penambahan bahan tambah yang tetera pada Tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1 Rincian Sampel Pengujian Beton

Jenis Pengujian	Kode Sampel	Presentase Penggunaan <i>Damdex</i> (%)	Presentase Penggunaan Abu Batu (%)	Jumlah Sampel	Total Sampel
Kuat Tekan Beton & Modulus Elastisitas	BP1	0	0	5	25
	BP2	0	25	5	
	BP3	0	50	5	
	BP4	0	75	5	
	BP5	0	100	5	
	BC1	2	0	5	25
	BC2	2	25	5	
	BC3	2	50	5	
	BC4	2	75	5	
	BC5	2	100	5	
Kuat Tarik Belah Beton	BP1	0	0	5	25
	BP2	0	25	5	
	BP3	0	50	5	
	BP4	0	75	5	
	BP5	0	100	5	

Lanjutan Tabel 4.2 Rincian Sampel Pengujian Beton

Jenis Pengujian	Kode Sampel	Presentase Penggunaan <i>Damdex</i> (%)	Presentase Penggunaan Abu Batu (%)	Jumlah Sampel	Total Sampel
Kuat Tarik Belah Beton	BC1	2	0	5	25
	BC2	2	25	5	
	BC3	2	50	5	
	BC4	2	75	5	
	BC5	2	100	5	
Total Sampel					100

Keterangan :

BP 1 = Beton silinder umur 28 hari, kadar abu batu 0%, kadar damdex 0%

BC 1 = Beton silinder umur 28 hari, kadar abu batu 0%, kadar damdex 2%

BP 2 = Beton silinder umur 28 hari, kadar abu batu 25%, kadar damdex 0%

BC 2 = Beton silinder umur 28 hari, kadar abu batu 25%, kadar damdex 2%

BP 3 = Beton silinder umur 28 hari, kadar abu batu 50%, kadar damdex 0%

BC 3 = Beton silinder umur 28 hari, kadar abu batu 50%, kadar damdex 2%

BP 4 = Beton silinder umur 28 hari, kadar abu batu 75%, kadar damdex 0%

BC 4 = Beton silinder umur 28 hari, kadar abu batu 75%, kadar damdex 2%

BP 5 = Beton silinder umur 28 hari, kadar abu batu 100%, kadar damdex 0%

BC 5 = Beton silinder umur 28 hari, kadar abu batu 100%, kadar damdex 2%

Berikut adalah tahapan dalam pembuatan benda uji :

1. Persiapkan alat dan bahan yang diperlukan untuk pembuatan benda uji sesuai data yang diperoleh pada tahap perencanaan beton.
2. Lakukan pelapisan oli pada bagian dalam cetakan atau mold, hal ini bertujuan untuk mempermudah ketika proses pembukaan cetakan beton. Kemudian timbang cetakan beton yang digunakan.
3. Lakukan penimbangan agregat halus, agregat kasar, semen Portland, abu batu, dan bahan tambah *damdex*.

4. Lakukan pengecoran menggunakan mesin molen. Pertama masukkan agregat kasar, lalu masukkan agregat halus, semen, air, serta admixture Damdex.
5. Aduk hingga tercampur rata dengan waktu minimal pengadukan 5 menit.
6. Setelah tercampur rata, tuangkan campuran mortar ke talam. Kemudian ambil mortar menggunakan sendok semen apabila ada yang menempel di dinding bagian dalam mesin molen.
7. Lakukan pengadukan ringan pada campuran mortar dengan menggunakan sekop dan sendok semen.
8. Lakukan uji slump pada beton segar.
9. Untuk memperoleh nilai slump, masukkan beton segar ke cetakan. Masukkan beton segar hingga sepertiga cetakan, lalu tusuk dengan batang penumbuk, sebanyak 25x hal ini bertujuan agar memudahkan proses pemadatan beton segar. Ulangi hal tersebut hingga beton penuh.
10. Ratakan bagian permukaan atas beton dengan alat
11. Beton yang telah padat kemudian ditimbang dan beri tanda dengan kertas untuk membedakan berbagai variasi beton yang telah dibuat.
12. Ambil air akibat bleeding pada permukaan beton dan catat jumlahnya
13. Letakkan beton di tempat yang aman dan terhindar dari sinar matahari dan hujan. Diamkan beton selama satu hari.
14. Setelah satu hari atau 1x24 jam keluarkan beton dari cetakan lalu dilakukan proses curing.

4.4.3 Perawatan Benda Uji

Apabila beton telah dibuat, beton perlu diberi perawatan. Berdasarkan SNI-2943-2011 mengenai tatacara pembuatan dan perawatan benda uji dilaboratorium, beton dikeluarkan dari cetakan setelah 24 jam berada dalam cetakan, pindahkan beton yang telah keras ke dalam bak perendaman dan harus terendam seluruh bagiannya. Rendam beton selama waktu yang telah direncanakan yaitu selama 28 hari, lalu tutup bak perendaman agar air hujan tidak tercampur kedalam air rendaman.

4.4.4 Pengujian Benda Uji

Dalam penelitian ini dilakukan beberapa pengujian, pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Slump Test

Uji slump bertujuan untuk mengetahui apakah nilai slump beton yang dibuat telah sesuai dengan yang direncanakan. Tahapan dalam uji nilai slump diantaranya:

- a. Basahkan alat-alat yang digunakan untuk uji slump.
- b. Tuang beton segar yang telah tercampur rata di mesin molen ke talam baja.
- c. Letakkan kerucut abrams di atas talam, lalu tuang beton segar dengan cara mengisi 1/3 bagian kerucut, kemudian tusuk menggunakan batang baja secara melingkar dari bagian luar kemudian bagian dalam sebanyak 25 kali. Selama proses ini, tekan dan tahan kerucut agar tidak bergeser.
- d. Ulangi tahapan di atas hingga kerucut penuh. Ratakan permukaannya menggunakan sendok semen.
- e. Bersihkan beton segar yang tumpah di sekitar kerucut.
- f. Tunggu dan tahan beberapa saat kerucut tersebut
- g. Angkat kerucut abrams dengan perlahan.
- h. Posisikan kerucut abrams terbalik lalu ukur nilai runtuh, kemudian letakkan batang baja di atas kerucut, lalu ukur nilai slump dengan menggunakan penggaris untuk mengetahui jarak antara beton dan batang baja.

2. Uji Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan bertujuan untuk mengetahui mutu dari benda uji yang dibuat pada waktu yang telah direncanakan. Pada pengujian kuat tekan benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm dengan umur perawatan selama 28 hari. Langkah-langkah untuk melakukan pengujian kuat tekan yaitu:

- a. Satu hari sebelum dilakukan pengujian, benda uji harus dikeluarkan dari bak perendaman dan dibiarkan selama 24 jam.

- b. Kemudian setelah 24 jam, lakukan penimbangan benda uji dan catat beratnya
 - c. Lapisi permukaan atas bawah benda uji dengan mortar belerang
 - d. Letakan benda uji pada mesin tekan secara sentris
 - e. Jalankan mesin kuat tekan sampai perlahan membuat benda uji rusak atau hancur. Sembari menjalankan mesin, perhatikan dan catat angka di manometer apabila jarum menunjukkan angka maksimum, catat beban tekan maksimum. Nilai menunjukan kuat tekan maksimum yang dicapai.
 - f. Ulangi tahapan diatas untuk benda uji selanjutnya.
 - g. Hasil dari manometer merupakan hasil pengujian kuat tekan dan daya dukung yang mana ditunjukkan ketika jarum di manometer mencapai angka paling besar sebelum perlahan turun.
3. Modulus Elastisitas
- Tahapan uji modulus elastisitas sama seperti tahapan uji kuat tekan. Akan tetapi, pada uji modulus elastis, benda uji diberi dial. Berikut merupakan tahapan uji modulus elastis.
- a. Ukur diameter benda uji di bagian ujung atas, ujung bawah dan tengah dengan ketelitian 0,05 mm dari pembacaan rerata
 - b. Ukur dimensi benda uji yang ditambah dengan *capping* hingga pembacaan 1 mm
 - c. Timbang benda uji dengan ketelitian timbangan 0,3%
 - d. Pasang alat kompressometer-ekstensometer secara akurat dan kuat pada benda uji, kemudian pasang *dial gauge* atau alat ukur deformasi dengan benar
 - e. Letakan benda uji pada alat uji tekan setelah alat alat terpasang dengan keadaan simetris
 - f. Jalankan mesin tekan dan beri beban teratur dengan kecepatan pembebanan 207 hingga 275 kPa/detik sampai benda uji telah hancur dan mesin tidak memberi beban lagi

- g. Catat tiap kenaikan beban 10 kN, beban pada regangan/deformasi tercapai $50 \cdot 10^{-6}$, dan pembebanan telah mencapai 40% dari beban maksimum

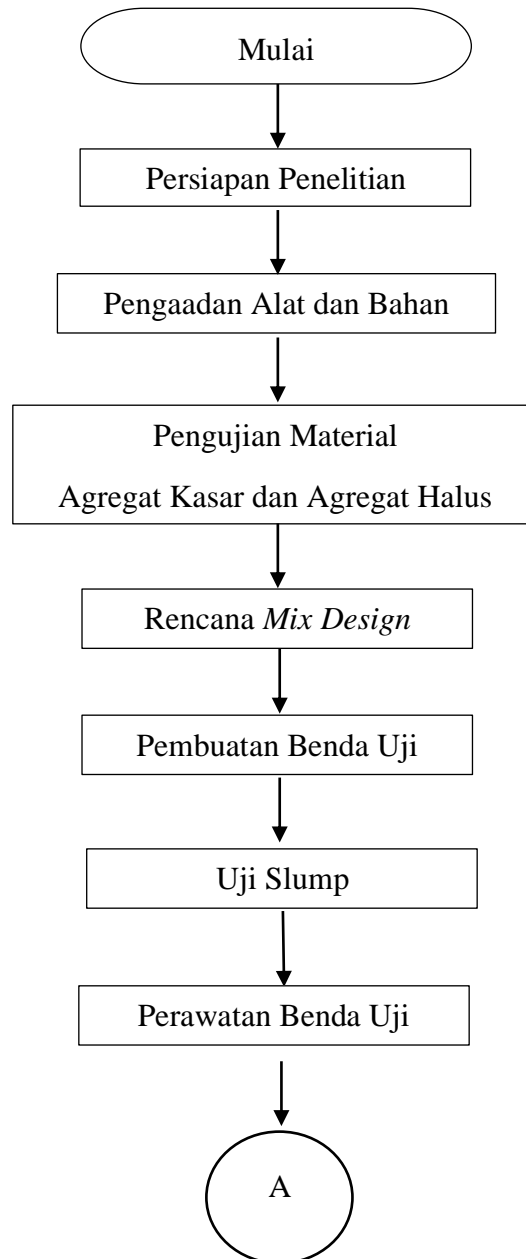
4. Uji Kuat Tarik Belah

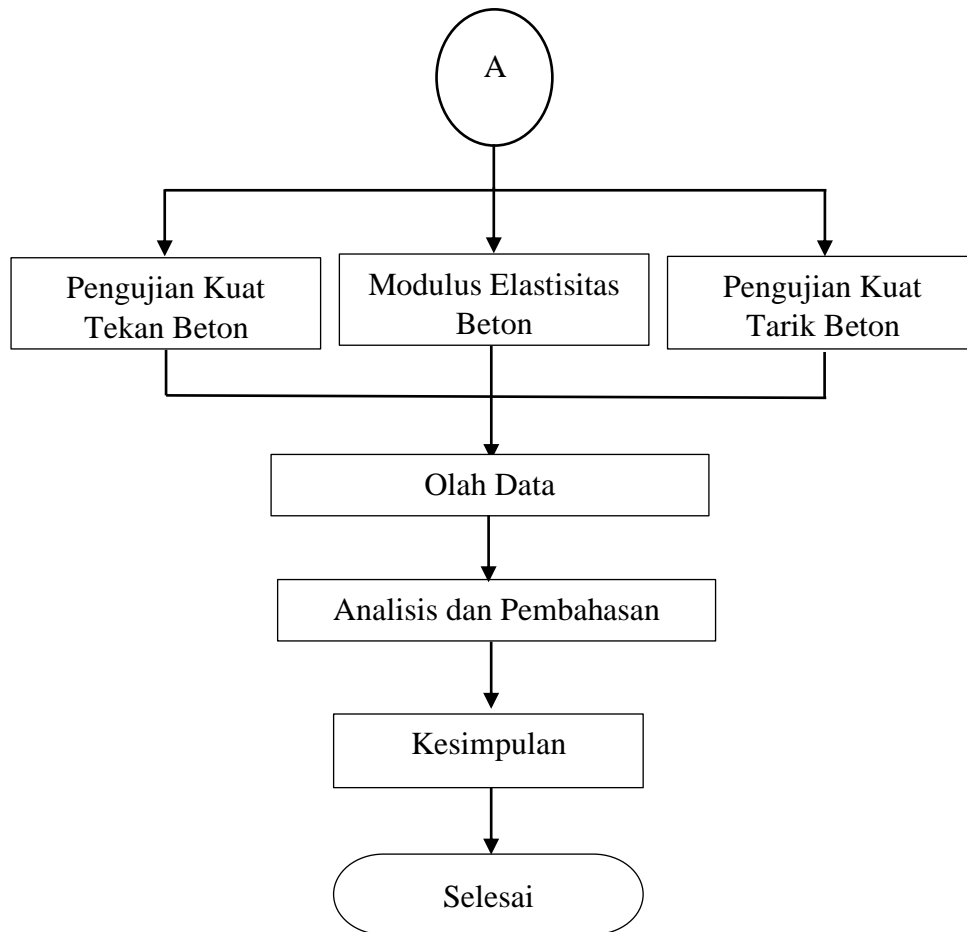
Uji kuat tarik belah bertujuan untuk mengevaluasi ketahanan geser dari komponen struktur beton yang menggunakan agregat ringan. Pada pengujian kuat tekan benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm dengan umur perawatan selama 28 hari. Tahap untuk melakukan uji kuat tarik belah yaitu:

- a. Sehari sebelum dilakukan pengujian, benda uji harus dikeluarkan dari bak perendaman dan dibiarkan selama 24 jam.
- b. Setelah 24 jam, timbang dan catat berat benda uji
- c. Beri penanda pada benda uji, tarik garis tengah pada tiap sisi ujung benda uji dengan alat bantu yang sesuai agar kedua garis tengah tersebut berada di bidang aksial yang sama
- d. Pasang bantalan bantu pembebanan dimesin uji tekan pada tengah tengahnya
- e. Tempatkan benda uji diatas bantalan bantu dengan sedemikian rupa hingga tanda garis tengah pada benda uji terlihat tegak lurus terhadap titik tengah bantalan bantu
- f. letakan bantalan bantu diatas benda uji dengan sedemikian rupa hingga titik tengahnya berpotongan dengan garis tengah benda uji pada ujung silinder
- g. atur posisi pengujian hingga proyeksi dari bidang yang ditandai garis tengah kedua ujung benda uji telah berpotongan dengan titik tengah meja penekan bagian atas mesin uji
- h. Jalankan mesin uji tekan dengan pemberian beban dilakukan secara menerus tanpa sentakan dengan kecepatan pembebanan konstan 50 – 100 kN/menit.

- i. Hasil uji kuat tekan dan daya dukung diperoleh dari manometer. Diperoleh ketika jarum di manometer mencapai angka maksimal sebelum perlahan turun.

4.5 Diagram Alir Tahapan Penelitian





Gambar 4.1 *Flowchat* Tahapan Penelitian

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Tinjauan Umum

Data penelitian sangat diperlukan untuk bahan analisis dan pembahasan agar mendapatkan tujuan yang telah dirancang. Pada bab ini akan dipaparkan hasil penelitian yang telah dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik (BKT) yang didalamnya terdapat pemeriksaan bahan penyusun beton, perencanaan beton, pencampuran bahan penyusun beton, dan pengujian beton yang telah dibuat.

5.2 Hasil Pemeriksaan Bahan Penyusun Beton

Pemeriksaan agregat dilakukan untuk mengetahui sifat dan karakteristik agregat yang hendak digunakan sebagai bahan penyusun beton. Bahan bahan yang hendak digunakan harus memenuhi persyaratan sebelum dilakukan perencanaan penyampuran (*mix design*). Uji agregat dibagi menjadi uji agregat kasar dan uji agregat halus.

5.2.1 Hasil Pemeriksaan Agregat Halus

Pada penelitian ini menggunakan pasir yang berasal dari Sungai Progo. Pengujian ini meliputi uji berat jenis dan penyerapan air, pengujian analisa saringan, pengujian berat volume, dan pengujian lolos saringan No.200 (uji kadar lumpur). Hasil dari pemeriksaan diatas adalah sebagai berikut.

1. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Pelaksanaan pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus menggunakan acuan dari SNI 1970-1990. Data pengujianya tertera pada Tabel 5.1. Perhitungan berat jenis dan penyerapan air agregat halus 1 sampel adalah sebagai berikut.

a. Berat Jenis Curah

$$\text{Berat jenis curah} = \frac{Bk}{(B+500-Bt)}$$

$$= \frac{488}{(709+500-1021)}$$

$$= 2,60$$

b. Berat Jenis Jenuh Kering Muka

$$\text{Berat jenis jenuh kering muka} = \frac{500}{(B+500-Bt)}$$

$$= \frac{500}{(709+500-1021)}$$

$$= 2,66$$

c. Berat Jenis Semu

$$\text{Berat jenis semu} = \frac{Bk}{(B+Bk-Bt)}$$

$$= \frac{488}{(709+488-1021)}$$

$$= 2,77$$

d. Penyerapan air

$$\text{Penyerapan air} = \frac{Bj-Bk}{(Bk)} \times 100\%$$

$$= \frac{500-488}{488} \times 100\%$$

$$= 2,46 \%$$

Untuk perhitungan sampel 2 dilakukan dengan perhitungan yang sama untuk mendapatkan nilai berat jenis dan penyerapan agregat halus serta nilai rata ratanya. Rekapitulasi perhitungan hasil pengujian tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.1 berikut.

Tabel 5.1 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata Rata
Berat Pasir Kering Mutlak, Gram (BK)	488	489	488.5
Berat Pasir Kondisi Jenuh Kering Muka (SSD), Gram (Bj)	500	500	500
Berat Piknometer Berisi Pasir dan Air, Gram (Bt)	1021	1019	1020
Berat Piknometer Berisi Air, Gram (B)	709	706	707,5
Berat Jenis Curah, Bk/(B+Bj-Bt)	2,60	2,61	2,61

**Lanjutan Tabel 5.1 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air
Agregat Halus**

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata Rata
Berat Jenis Jenuh Kering Muka (SSD), $B_j/(B+B_j-B_t)$	2,66	2,67	2,67
Berat Jenis Semu, $B_k/(B+B_k-B_t)$	2,77	2,78	2,78
Penyerapan Air $(B_j-B_k)/B_k \times 100, \%$	2,46	2,25	2,35

Berdasarkan hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus yang telah dilakukan maka didapat berat jenis jenuh kering muka rata rata sebesar 2,67.

2. Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus

Pelaksanaan uji analisa saringan agregat halus mengacu pada SNI 1968-1990 dengan berat agregat 2000 gram. Pada uji ini didapatkan data berat yang tertinggal disetiap nomor saringan yang datanya tertera pada table 5.2 dan tabel 5.3, dan diperoleh modulus halus butir agregat halus. Adapun perhitungan analisa saringan agregat halus pada sampel 1 adalah sebagai berikut.

a. Persentase Berat Tertinggal

$$\text{Persentase berat tertinggal} = \frac{\text{Berat Tertinggal}}{\sum \text{Berat Tertinggal}} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \text{Lubang ayakan 4,8 mm} &= \frac{0}{1997} \times 100\% \\ &= 0\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lubang ayakan 2,4 mm} &= \frac{32}{1997} \times 100\% \\ &= 1,6\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lubang ayakan 1,2 mm} &= \frac{158}{1997} \times 100\% \\ &= 7,91\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lubang ayakan 0,6 mm} &= \frac{525}{1997} \times 100\% \\ &= 26,29\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lubang ayakan 0,3 mm} &= \frac{735}{1997} \times 100\% \\ &= 36,81\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lubang ayakan 0,15 mm} &= \frac{441}{1997} \times 100\% \\ &= 22,08\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pan} &= \frac{106}{1997} \times 100\% \\ &= 5,31\% \end{aligned}$$

b. Persentase Berat Tertinggal Kumulatif

$$\text{Lubang ayakan 4,8 mm} = 0\%$$

$$\begin{aligned} \text{Lubang ayakan 2,4 mm} &= 0\% + 1,60\% \\ &= 1,60\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lubang ayakan 1,2 mm} &= 1,60\% + 7,91\% \\ &= 9,51\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lubang ayakan 0,6 mm} &= 9,51\% + 26,29\% \\ &= 35,80\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lubang ayakan 0,3 mm} &= 35,80\% + 36,81\% \\ &= 72,61\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lubang ayakan 0,15 mm} &= 72,61\% + 22,08\% \\ &= 94,69\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pan} &= 94,69\% + 5,31\% \\ &= 100\% \end{aligned}$$

c. Persentase Lolos Kumulatif

$$\text{Lubang ayakan 4,8 mm} = 100\% - 0\%$$

$$\begin{aligned} \text{Lubang ayakan 2,4 mm} &= 100\% - 1,60\% \\ &= 98,40\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lubang ayakan 1,2 mm} &= 98,40\% - 7,91\% \\ &= 90,49\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lubang ayakan 0,6 mm} &= 90,49\% - 26,29\% \\ &= 64,20\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lubang ayakan 0,3 mm} &= 64,20\% - 36,81\% \\ &= 27,39\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lubang ayakan 0,15 mm} &= 27,39\% - 22,08\% \\ &= 5,31\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pan} &= 5,31\% - 5,31\% \\ &= 0\% \end{aligned}$$

Pada sampel 2 dilakukan dengan cara yang sama untuk perhitungan analisa saringan agregat halus. Adapun rekapitulasi perhitungan hasil pengujian analisa saringan pada sampel 1 dan sampel 2 tertera pada Tabel 5.2 dan Tabel 5.3 berikut.

Tabel 5.2 Hasil Pengujian Analisa Saringan Halus Pada Sampel 1

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (Gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40,00				
20,00				
10,00				
4,80	0	0	0	100
2,40	32	1,60	1,60	98,40
1,20	158	7,91	9,51	90,49
0,60	525	26,29	35,80	64,20
0,30	735	36,81	72,61	27,39
0,15	441	22,08	94,69	5,31
Sisa	106	5,31		
Jumlah	1997	100	214,221	

Tabel 5.3 Hasil Pengujian Analisa Saringan Halus Pada Sampel 1

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (Gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40,00	0	0	0	100
20,00	0	0	0	100
10,00	0	0	0	100
4,80	0	0	0	100
2,40	33	1,651	1,651	98,349

Lanjutan Tabel 5.3 Hasil Pengujian Analisa Saringan Halus Pada Sampel 1

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (Gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
1,20	162	8,104	9,755	90,245
0,60	533	26,663	36,418	63,582
0,30	731	36,568	72,986	27,014
0,15	435	21,761	94,747	5,253
Sisa	105	5,253		
Jumlah	1999	100	215,558	

Berdasarkan hasil uji analisa saringan dapat dihitung nilai modulus halus butir dengan perhitungan sebagai berikut.

d. Modulus Halus Butir (MHB)

$$\text{MHB} = \frac{\sum \text{Persentase Berat Tertinggal Kumulatif}}{100}$$

$$\text{MHB sampel 1} = \frac{\sum \text{Persentase Berat Tertinggal Kumulatif}}{100}$$

$$= \frac{214,221}{100}$$

$$= 2,142$$

$$\text{MHB sampel 2} = \frac{\sum \text{Persentase Berat Tertinggal Kumulatif}}{100}$$

$$= \frac{215,558}{100}$$

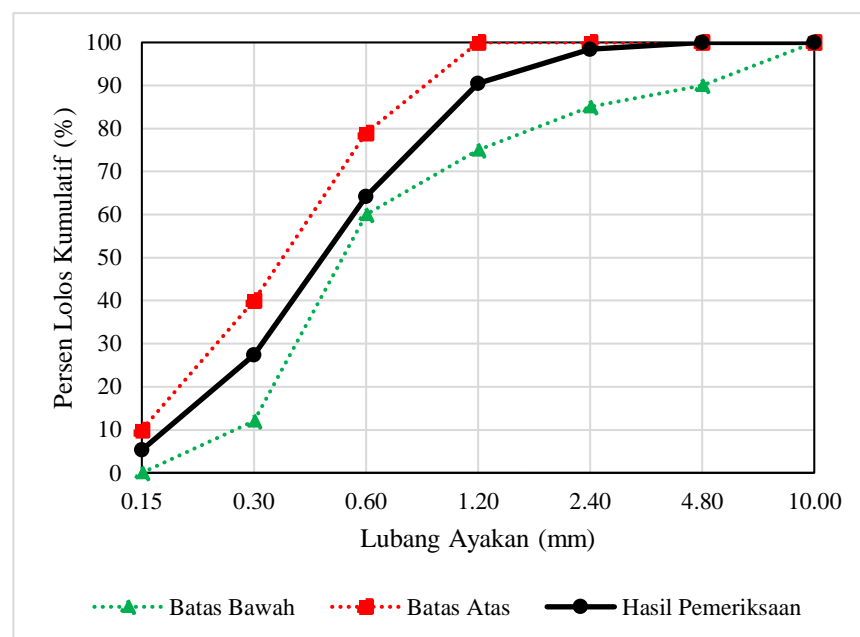
$$= 2,156$$

Nilai modulus halus butir agregat halus menurut SK SNI S-04-1989-F yaitu antara 1,5 hingga 3,8. Sehingga nilai modulus halus butir agregat halus pada uji ini telah memenuhi syarat. Hasil analisa saringan juga digunakan untuk menentukan gradasi agregat berdasarkan tabel gradasi agregat halus yang tertera pada Tabel 5.4. Dari tabel gradasi tersebut dibuat kurva gradasi agregat halus yang dapat dilihat pada Gambar 5.1 dan Gambar 5.2 berikut.

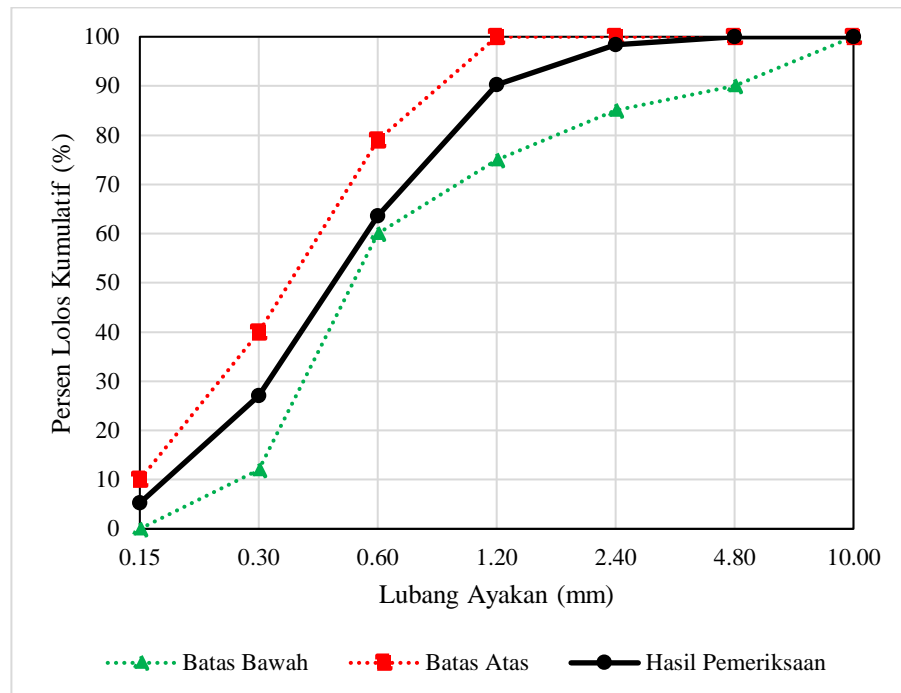
Tabel 5.4 Gradasi Agregat Halus

Lubang Ayakan (mm)	Persen Butir Agregat yang Lolos Ayakan			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
10.00	100	100	100	100
4.80	90 - 100	90 - 100	90 - 100	95 - 100
2.40	60 - 95	75 - 100	85 - 100	95 - 100
1.20	30 - 70	55 - 90	75 - 100	90 - 100
0.60	15 - 34	35 - 59	60 - 79	80 - 100
0.30	5 - 20	8 - 30	12 - 40	15 - 50
0.15	0 - 10	0 - 10	0 - 10	0 - 15

Sumber : SNI 2834-2000



Gambar 5.1 Kurva Gradasi Agregat halus Daerah III pada sampel 1



Gambar 5.2 Kurva Gradasi Agregat halus Daerah III pada sampel 2

3. Pengujian Berat Volume Gembur dan Padat Agregat Halus

Uji berat volume gembur dan padat agregat halus mengacu pada SNI 1804-1998. Data pengujian tertera pada Tabel 5.5 dan Tabel 5.6. Perhitungan berat volume gembur dan padat agregat halus sampel 1 adalah sebagai berikut.

a. Berat Volume Gembur

$$\begin{aligned}
 \text{Berat agregat (W3)} &= W2 - W1 \\
 &= 17270 - 10761 \\
 &= 6509 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume tabung (V)} &= \frac{1}{4} \pi d^2 t \\
 &= \frac{1}{4} \pi \times 14,79^2 \times 30,23 \\
 &= 5347,157 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Volume Gembur} &= \frac{W3}{V} \\
 &= \frac{6509}{5347,157} \\
 &= 1,218 \text{ gram/ cm}^3
 \end{aligned}$$

b. Berat Volume Padat

$$\begin{aligned}
 \text{Berat agregat (W3)} &= W2 - W1 \\
 &= 18447 - 10761 \\
 &= 7716 \text{ gram} \\
 \\
 \text{Volume tabung (V)} &= \frac{1}{4} \pi d^2 t \\
 &= \frac{1}{4} \pi \times 14,79^2 \times 30,23 \\
 &= 5347,157 \text{ cm}^3 \\
 \\
 \text{Berat Volume Gembur} &= \frac{W3}{V} \\
 &= \frac{7716}{5347,157} \\
 &= 1,443 \text{ gram/ cm}^3
 \end{aligned}$$

Dengan menggunakan langkah yang sama untuk mendapatkan nilai berat volume padat dan volume gembur agregat halus untuk sampel 2 maka diperoleh rekapitulasi hasil pengujian berat volume gembur dan berat volume padat agregat halus yang dapat dilihat pada Tabel 5.5 dan 5.6 Berikut.

Tabel 5.5 Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Agregat Halus

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sample 1	Sample 2	Rata rata
Berat Tabung (W1)	10761	10761	10761
Berat Tabung + Agregat SSD (W2)	17270	17385	17327,5
Berat Agregat (W3)	6509	6624	6566,5
Diameter Tabung (d)	15,013	15,013	15,013
Tinggi Tabung (t)	30,205	30,205	30,205
Volume Tabung (V)	5347,157	5347,157	5347,157
Berat Volume Gembur	1,217	1,239	1,228

Tabel 5.6 Hasil Pengujian Berat Volume Padat Agregat Halus

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sample 1	Sample 2	Rata rata
Berat Tabung (W1)	10761	10761	10761
Berat Tabung + Agregat SSD (W2)	18477	18512	18494,5

Lanjutan Tabel 5.6 Hasil Pengujian Berat Volume Padat Agregat Halus

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sample 1	Sample 2	Rata rata
Berat Agregat (W3)	7716	7751	7733,5
Diameter Tabung (d)	15,013	15,013	15,013
Tinggi Tabung (t)	30,205	30,205	30,205
Volume Tabung (V)	5347,157	5347,157	5347,157
Berat Volume Padat	1,443	1,450	1,446

Dari pengujian diatas diperoleh hasil berat volume gembur rata rata sebesar 1,228 gram/cm³ dan berat volume padat rata rata 1,446 gram/cm³.

4. Pengujian Lolos saringan No.200 (Uji Kadar Lumpur dalam Pasir)

Pengujian lolos saringan No. 200 atau pengujian kadar lumpur dalam agregat halus mengacu pada SNI 4142-1996. Data pengujian tertera pada Tabel 5.7. Perhitungan kadar lumpur dalam pasir untuk sampel 1 adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar Lumpur dalam pasir} &= \frac{W1-W2}{W1} \times 100\% \\
 &= \frac{500-491}{500} \times 100\% \\
 &= 1,8 \%
 \end{aligned}$$

Menggunakan langkah perhitungan yang sama untuk mengetahui kadar lumpur dalam pasir pada sampel 2 maka diperoleh hasil pengujian lolos saringan No. 200 di kedua sampel tersebut dan diperoleh juga rata ratanya. Rekapitulasi perhitungan tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.7 berikut.

Tabel 5.7 Hasil Pengujian lolos Saringan No. 200

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sample 1	Sample 2	Rata rata
Berat Agregat Kering Oven (W1), gram	500	500	500
Berat Agregat Kering Oven Setelah di cuci (W2), gram	491	493	492
Berat yang Lolos Ayakan No.200,%	1,8	1,4	1,6

5.2.2 Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar

Penelitian ini menggunakan kerikil yang berasal dari Clereng, Kulon Progo. Uji agregat kasar meliputi uji berat jenis dan penyerapan air, uji analisa saringan, uji berat volume. Hasil dari pemeriksaan diatas adalah sebagai berikut.

1. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

Pelaksanaan pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar menggunakan acuan dari SNI 1969-1990 yang data pengujianya dapat dilihat pada Tabel 5.8. adapun perhitungan berat jenis dan penyerapan air agregat kasar 1 sampel adalah sebagai berikut.

a. Berat Jenis Curah

$$\begin{aligned} \text{Berat jenis curah} &= \frac{Bk}{(Bj-Ba)} \\ &= \frac{4870}{(5000-3039)} \\ &= 2,48 \end{aligned}$$

b. Berat Jenis Jenuh Kering Muka

$$\begin{aligned} \text{Berat jenis jenuh kering muka} &= \frac{Bj}{(Bj-Ba)} \\ &= \frac{5000}{(5000-3039)} \\ &= 2,55 \end{aligned}$$

c. Berat Jenis Semu

$$\begin{aligned} \text{Berat jenis semu} &= \frac{Bk}{(Bk-Ba)} \\ &= \frac{4870}{(4870-3039)} \\ &= 2,66 \end{aligned}$$

d. Penyerapan air

$$\begin{aligned} \text{Penyerapan air} &= \frac{Bj-Bk}{(Bk)} \times 100\% \\ &= \frac{5000-4870}{4870} \times 100\% \\ &= 2,67 \% \end{aligned}$$

Untuk perhitungan sampel 2 dilakukan dengan cara yang sama untuk mendapatkan nilai berat jenis dan penyerapan agregat kasar dan nilai rata

ratanya. Adapun rekapitulasi perhitungan hasil pengujian tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.8 berikut.

Tabel 5.8 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata Rata
Berat Kerikil Kering Mutlak (Bk)	4870	4857	4863.5
Berat Kerikil Jenuh Kering Muka (Bj)	5000	5000	5000
Berat Kerikil Dalam Air (Ba)	3039	3033	3036
Berat Jenis Curah, Bk/(Bj-Ba)	2,48	2,47	2,48
Berat Jenis Jenuh Kering Muka (SSD), Bj/(Bj-Ba)	2,55	2,54	2,55
Berat Jenis Semu, Bk/(BK-Ba)	2,66	2,66	2,66
Penyerapan Air (Bj-Bk)/Bk x 100%	2,67	2,94	2,81

Berdasarkan hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar yang telah dilakukan maka didapatkan berat jenis jeruh kering muka rata rata sebesar 2,55.

2. Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar

Pelaksanaan pengujian analisa saringan agregat kasar mengacu pada SNI 1968-1990 dengan berat agregat 5000 gram. Dalam pengujian ini didapatkan data berat yang tertinggal disetiap nomor saringan yang datanya dapat dilihat pada table 5.9 dan Tabel 5.10, dan diperoleh modulus halus butir agregat kasar. Adapun perhitungan analisa saringan agregat kasar pada sampel 1 adalah sebagai berikut.

a. Persentase Berat Tertinggal

$$\text{Persentase berat tertinggal} = \frac{\text{Berat Tertinggal}}{\Sigma \text{Berat Tertinggal}} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \text{Lubang ayakan 40 mm} &= \frac{0}{4994} \times 100\% \\ &= 0\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lubang ayakan 20 mm} &= \frac{18}{4994} \times 100\% \\ &= 0,36\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lubang ayakan 10 mm} &= \frac{3173}{4994} \times 100\% \\ &= 63,90\% \end{aligned}$$

$$\text{Lubang ayakan 4,8 mm} = \frac{1570}{4994} \times 100\%$$

$$= 31,44\%$$

$$\text{Lubang ayakan 2,4 mm} = \frac{163}{4994} \times 100\%$$

$$= 3,26\%$$

$$\text{Pan} = \frac{70}{4994} \times 100\%$$

$$= 1,4\%$$

b. Persentase Berat Tertinggal Kumulatif

$$\text{Lubang ayakan 40 mm} = 0\%$$

$$\text{Lubang ayakan 20 mm} = 0\% + 0,36\%$$

$$= 0,36\%$$

$$\text{Lubang ayakan 10 mm} = 0,36\% + 63,54\%$$

$$= 63,90\%$$

$$\text{Lubang ayakan 4,8 mm} = 63,90\% + 31,44\%$$

$$= 95,34\%$$

$$\text{Lubang ayakan 2,4 mm} = 95,34\% + 3,26\%$$

$$= 98,60\%$$

$$\text{Pan} = 98,60\% + 1,40\%$$

$$= 100\%$$

c. Persentase Lolos Kumulatif

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

$$\text{Lubang ayakan 20 mm} = 100\% - 0,36\%$$

$$= 99,64\%$$

$$\text{Lubang ayakan 10 mm} = 99,64\% - 63,54\%$$

$$= 36,10\%$$

$$\text{Lubang ayakan 4,8 mm} = 36,10\% - 31,44\%$$

$$= 4,66\%$$

$$\text{Lubang ayakan 2,4 mm} = 4,66\% - 3,26\%$$

$$= 1,40\%$$

$$\text{Pan} = 1,40\% - 1,40\%$$

$$= 0\%$$

Pada sampel 2 dilakukan dengan cara yang sama untuk perhitungan analisa saringan agregat kasar. Adapun rekapitulasi perhitungan hasil pengujian analisa saringan pada sampel 1 dan sampel 2 tertera pada Tabel 5.9 dan Tabel 5.10 berikut.

Tabel 5.9 Hasil Pengujian Analisa Saringan Kasar Pada Sampel 1

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (Gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40,00	0	0	0	100
20,00	18	0,36	0,36	99,64
10,00	3173	63,54	63,90	36,10
4,80	1570	31,44	95,33	4,67
2,40	163	3,26	98,60	1,40
1,20		0,00	98,60	1,40
0,60		0,00	98,60	1,40
0,30		0,00	98,60	1,40
0,15		0,00	98,60	1,40
Sisa	70	1,40		
Jumlah	4994	100	652,58	

Tabel 5.10 Hasil Pengujian Analisa Saringan Kasar Pada Sampel 1

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (Gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40,00	0	0	0	100
20,00	20	0,40	0,400	99,60
10,00	3441	68,83	69,23	30,77
4,80	1384	27,69	96,92	3,08
2,40	92	1,84	98,76	1,24
1,20		0	98,76	1,24
0,60		0	98,76	1,24
0,30		0	98,76	1,24
0,15		0	98,76	1,24
Sisa	62	1,24		
Jumlah	4999	100	660,35	

Dari hasil pengujian analisa saringan dapat dihitung nilai modulus halus butir dengan perhitungan sebagai berikut.

d. Modulus Halus Butir (MHB)

$$\text{MHB} = \frac{\sum \text{Persentase Berat Tertinggal Kumulatif}}{100}$$

$$\begin{aligned} \text{MHB sampel 1} &= \frac{\sum \text{Persentase Berat Tertinggal Kumulatif}}{100} \\ &= \frac{652,58}{100} \\ &= 6,53 \end{aligned}$$

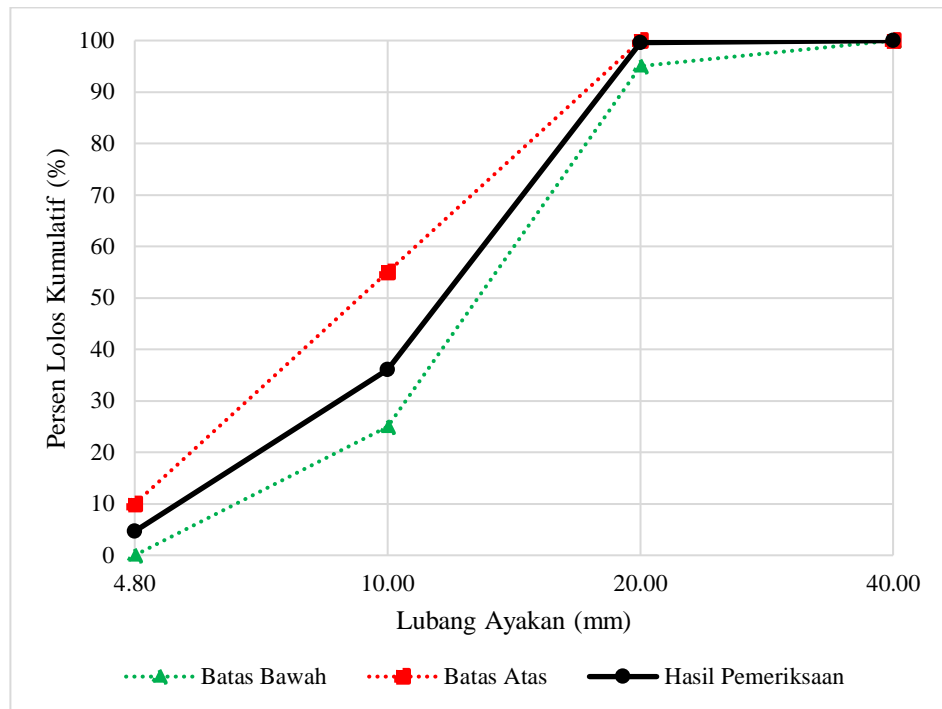
$$\begin{aligned} \text{MHB sampel 2} &= \frac{\sum \text{Persentase Berat Tertinggal Kumulatif}}{100} \\ &= \frac{660,35}{100} \\ &= 6,60 \end{aligned}$$

Nilai modulus halus butir agregat halus menurut SK SNI S-04-1989-F yaitu antara 5 hingga 8. Oleh karena itu, nilai modulus halus butir agregat halus pada pengujian ini telah memenuhi syarat. Hasil analisa saringan juga digunakan untuk menentukan gradasi agregat berdasarkan tabel gradasi agregat halus yang tertera pada Tabel 5.11. Dari tabel gradasi tersebut dibuat kurva gradasi agregat halus yang dapat dilihat pada Gambar 5.3 dan Gambar 5.4 berikut.

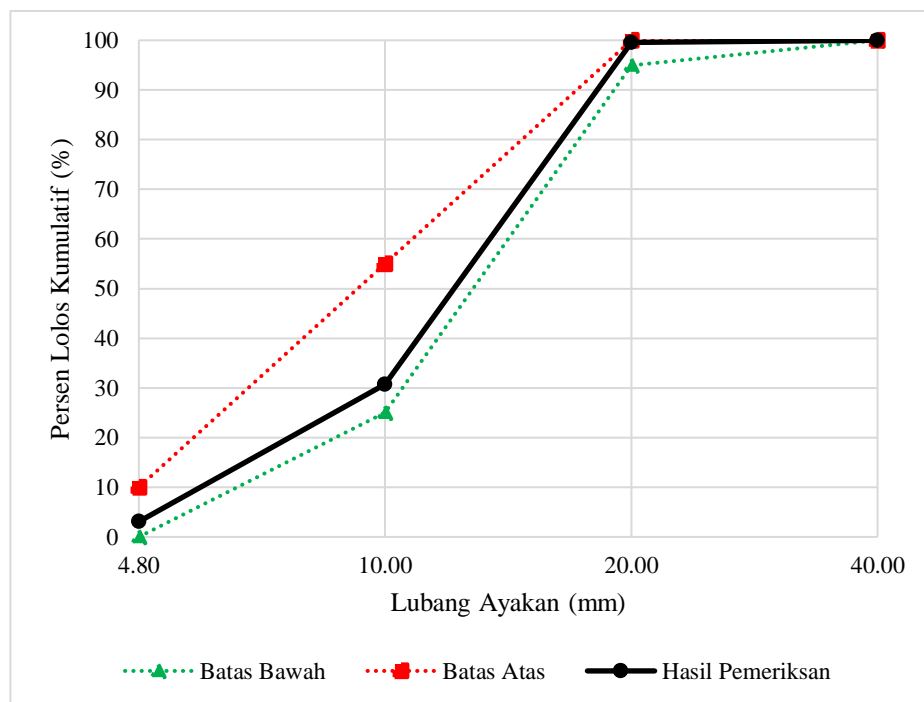
Tabel 5.11 Gradasi Agregat Kasar

Lubang Ayakan (mm)	Persen Butir Agregat yang Lolos Ayakan / Besar Butiran Maksimum	
	40 mm	20 mm
40.00	95 - 100	100
20.00	30 - 70	95 - 100
10.00	10 - 35	25 - 55
4.80	0 - 5	0 - 10

Sumber : SNI 2834-2000



Gambar 5.3 Kurva Gradasi Agregat Kasar Ukuran Maksimum 20 mm pada sampel 1



Gambar 5.4 Kurva Gradasi Agregat Kasar Ukuran Maksimum 20 mm pada sampel 2

3. Pengujian Berat Volume Gembur dan Padat Agregat Kasar

Uji berat volume gembur dan padat agregat kasar mengacu pada SNI 4804-1998. Data pengujian tertera pada Tabel 5.12 dan Tabel 5.13. Hasil perhitungan berat volume gembur dan padat agregat kasar sampel 1 adalah sebagai berikut.

c. Berat Volume Gembur

$$\begin{aligned}
 \text{Berat agregat (W3)} &= W2 - W1 \\
 &= 17350 - 10481 \\
 &= 6869 \text{ gram} \\
 \text{Volume tabung (V)} &= \frac{1}{4} \pi d^2 t \\
 &= \frac{1}{4} \pi \times 15,01^2 \times 30,31 \\
 &= 5356,22 \text{ cm}^3 \\
 \text{Berat Volume Gembur} &= \frac{W3}{V} \\
 &= \frac{6869}{5336,22} \\
 &= 1,28 \text{ gram/ cm}^3
 \end{aligned}$$

d. Berat Volume Padat

$$\begin{aligned}
 \text{Berat agregat (W3)} &= W2 - W1 \\
 &= 18467 - 10481 \\
 &= 7986 \text{ gram} \\
 \text{Volume tabung (V)} &= \frac{1}{4} \pi d^2 t \\
 &= \frac{1}{4} \pi \times 15,01^2 \times 30,31 \\
 &= 5356,22 \text{ cm}^3 \\
 \text{Berat Volume Gembur} &= \frac{W3}{V} \\
 &= \frac{7986}{5356,22} \\
 &= 1,49 \text{ gram/ cm}^3
 \end{aligned}$$

Dengan menggunakan langkah yang sama untuk mendapatkan nilai berat volume padat dan volume gembur agregat kasar untuk sampel 2 maka

diperoleh rekapitulasi hasil pegujian berat volume gembur dan berat volume padat agregat kasar yang dapat dilihat pada Tabel 5.12 dan 5.13 Berikut.

Tabel 5.12 Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Agregat Kasar

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sample 1	Sample 2	Rata rata
Berat Tabung (W1)	10481	10481	10481
Berat Tabung + Agregat SSD (W2)	17350	17368	17359
Berat Agregat (W3)	6869	6887	6878
Diameter Tabung (d)	15	15	15
Tinggi Tabung (t)	30,31	30,31	30,31
Volume Tabung (V)	5356,22	5356,22	5356,22
Berat Volume Gembur	1,28	1,29	1,28

Tabel 5.13 Hasil Pengujian Berat Volume Padat Agregat Kasar

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sample 1	Sample 2	Rata rata
Berat Tabung (W1)	10481	10481	10481
Berat Tabung + Agregat SSD (W2)	18467	18482	18474,5
Berat Agregat (W3)	7986	8001	7993,5
Diameter Tabung (d)	15	15	15
Tinggi Tabung (t)	30,31	30,31	30,31
Volume Tabung (V)	5356,22	5356,22	5356,22
Berat Volume Padat	1,49	1,49	1,49

Dari pengujian diatas diperoleh hasil berat volume gembur rata rata sebesar 1,28 gram/cm³ dan berat volume padat rata rata 1,49 gram/cm³.

5.3 Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*)

Pada Penelitian ini perencanaan campuran beton (*mix design*) menggunakan metode SNI03-2834-2000. Perencanaan beton diharapkan untuk mendapatkan proporsi campuran yang benar untuk mencapai kuat tekan rencana yang diinginkan. Perhitungan rencana campuran beton adalah sebagai berikut.

1. Kuat tekan rencana ($f'c$) adalah 25 MPa dengan bentuk benda uji berupa silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm.
2. Semen yang digunakan adalah semen *Portland* tipe I dengan merk Dynamix berjenis PCC.

3. Berat jenis agregat halus sebesar 2,67 dan berat jenis agregat kasar sebesar 2,55, nilai ini diperoleh dari hasil uji berat jenis dan penyerapan air pada agregat.
4. Susunan butir agregat halus termasuk ke dalam gradasi daerah III yang didapat dari pengujian analisa saringan
5. Ukuran maksimum agregat kasar sebesar 20 mm, diperoleh dari pengujian analisa saringan agregat kasar.
6. Bahan tambah berupa abu batu dengan penggunaan variasi substitusi agregat halus sebesar 0%, 25%, 50%, 75%, 100% dari berat agregat halus.
7. Penggunaan *admixture* berupa *damdex* sebesar 0,2% dari berat semen pada setiap variasi.
8. Sampel pengujian sebanyak 5 buah, maka dari itu berdasarkan Tabel 5.14 berikut digunakan nilai margin (M) sebesar 12 Mpa.

Tabel 5.14 Faktor Pengali untuk Deviasi Standar Bila Data Hasil Uji yang Tersedia Kurang dari 30

Jumlah Pengujian	Faktor Pengali Deviasi Standar
<15	*)
15	1,16
20	1,08
25	1,03
≥30	1,00

Sumber: SNI 03-2834-2000

*) bila data uji lapangan untuk menghitung deviasi standar yang memenuhi persyaratan diatas tidak tersedia, maka kuat tekan rata-rata yang ditargetkan f'_{cr} harus diambil tidak kurang dari $(f'_c + 12 \text{ MPa})$.

9. Menentukan kuat tekan beton rata-rata yang ditargetkan.

$$\begin{aligned} f'_{cr} &= f'_c + M \\ &= 25 + 12 \end{aligned}$$

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

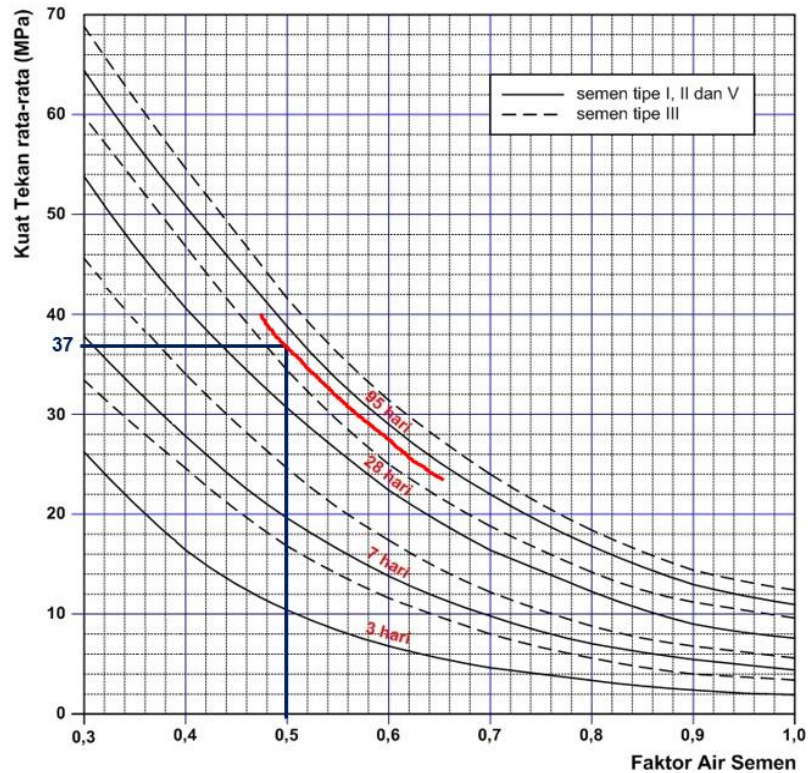
10. Menentukan nilai factor air semen (fas) berdasarkan Tabel 5.15 dan Gambar 5.5 berikut ini.

Tabel 5.15 Perkiraan Kuat Tekan (MPa) dengan fas 0,5 dan Jenis Semen serta Agregat yang Dipakai di Indonesia

Jenis Semen	Jenis Agregat Kasar	Kekuatan tekan (MPa)				Bentuk uji
		Umur (hari)				
		3	7	28	29	
Semen Portland Tipe 1	Batu tak dipecahkan	17	23	33	40	Silinder
	Batu Pecah	19	27	37	45	
Semen tahan sulfat Tipe II,V	Batu tak dipecahkan	20	28	40	48	Silinder
	Batu Pecah	25	32	45	54	
Semen Portland Tipe III	Batu tak dipecahkan	21	28	38	44	Silinder
	Batu Pecah	25	33	44	48	
Semen Portland Tipe III	Batu tak dipecahkan	25	31	46	53	Kubus
	Batu Pecah	30	40	53	60	

Sumber : SNI 03-2834-2000

- a. Digunakan semen *Portland* tipe I, jenis agregat kasar batu pecah, benda uji silinder dan kuat tekan pada umur 28 hari. Berdasarkan Tabel 5.15 diperoleh perkiraan kuat tekan beton dengan fas 0,5 sebesar 37 MPa.
- b. Dengan menggunakan Gambar 5.5 berikut, tarik garis vertikal ke atas dari nilai fas sebesar 0,5 dan tarik garis horizontal ke kanan dari nilai kuat tekan rata-rata sebesar 37 MPa (dari Tabel 5.15), sehingga diperoleh titik perpotongan antara kedua garis tersebut.
- c. Membuat kurva baru yang memotong titik perpotongan pada butir b.
- d. Tarik garis horizontal ke kanan dari nilai kuat tekan rata-rata yang ditargetkan (f'_{cr}) sebesar 37 MPa sampai memotong kurva pada butir c.
- e. Tarik garis vertikal ke bawah dari titik perpotongan pada butir d, sehingga diperoleh nilai fas sebesar 0,5.



Gambar 5.5 Grafik Hubungan Antara Kuat Tekan dan Faktor Air Semen (fas) untuk Benda Uji Silinder Diameter 150 mm, Tinggi 300mm
 Sumber : SNI 03-2834-2003

11. Menentukan kadar air yang dibutuhkan. Kadar air dalam campuran beton ditentukan berdasarkan Tabel 5.16 berikut.
 - a. Ukuran butir maksimum agregat dari hasil pengujian analisa saringan agregat kasar diperoleh sebesar 20 mm.
 - b. Jenis batuan terdiri dari agregat halus (batu tak dipecahkan) dan agregat kasar (batu pecah).
 - c. *Slump* yang direncanakan sebesar 10 ± 2 cm, sehingga masuk pada range *slump* 60 – 180 mm.

Tabel 5.16 Perkiraan Kadar Air Bebas (kg/m^3) yang Dibutuhkan untuk Beberapa Tingkat Kemudahan Pengerjaan Adukan Beton

Ukuran Maksimum Agregat (mm)	Jenis Batuan	Slump (mm)			
		0 - 10	10 - 30	30-60	60-180
10	Batu tak dipecahkan	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Batu tak dipecahkan	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Batu tak dipecahkan	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

d. Kadar air yang dibutuhkan dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 w &= \frac{2}{3}Wh + \frac{2}{3}Wk \\
 &= \frac{2}{3} \times 195 + \frac{2}{3} \times 225 \\
 &= 205 \text{ kg/m}^3.
 \end{aligned}$$

12. Menentukan jumlah semen minimum dan fas maksimum berdasarkan dari Tabel 5.17 berikut.

Table 5.17 Persyaratan Jumlah Semen Minimum dan Faktor Air Semen Maksimum

Lokasi	Jumlah Semen Minimum Per m^3 beton (Kg)	Nilai Faktor Air Semen Maksimum
Beton didalam ruangan :		
a. Keadaan keliling non-korosif	275	0,60
b. Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	325	0,52
Beton diluar bangunan :		
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325	0,60
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,60

**Lanjutan Tabel 5.17 Persyaratan Jumlah Semen Minimum dan Faktor Air
Semen Maksimum**

Lokasi	Jumlah Semen Minimum Per m³ beton (Kg)	Nilai Faktor Air Semen Maksimum
Beton masuk kedalam tanah :		
a. Mengalami keadaan basah dan kering	325	0,55
b. Mendapatkan pengaruh sulfat dan alkali dari tanah	-	Tabel 5
Beton yang berhubungan terus dengan airtawar dan air laut	-	Tabel 6

Sumber : SNI 03-2834-2000

Jenis pembetonan yang digunakan adalah beton didalam ruangan dengan keadaan keliling non korosif, sehingga didapatkan semen minimum sebesar 275 kg/m³ dan fas maksimum sebesar 0,60.

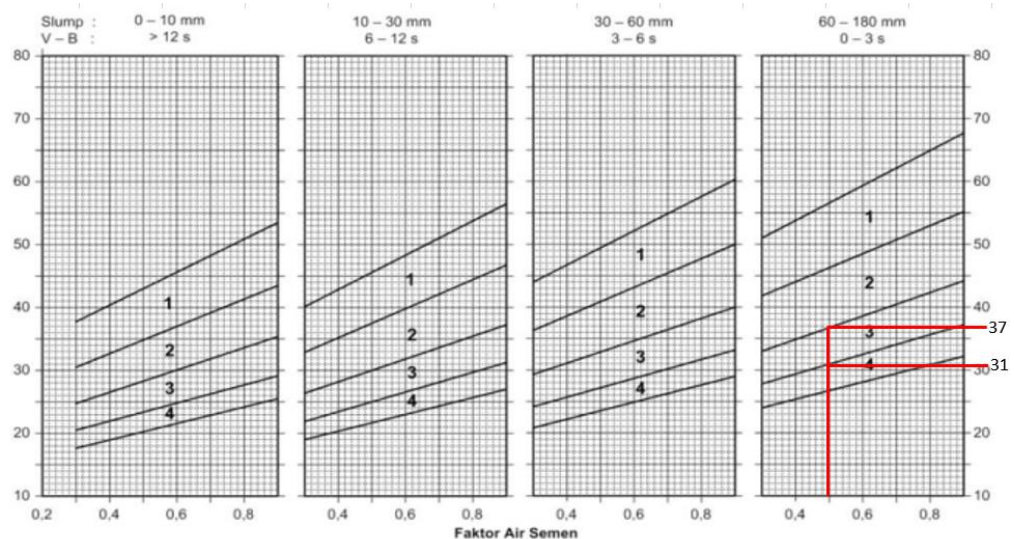
13. Menentukan kadar semen yang digunakan
 - a. Diperoleh nilai fas dari hasil pembacaan grafik sebesar 0,5 dan fas maksimum berdasarkan jenis pembetonan sebesar 0,60, maka nilai yang diambil adalah nilai yang terkecil yaitu 0,5.
 - b. Menghitung kadar semen berdasarkan nilai fas dan kadar air dengan perhitungan berikut.

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

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

$$= 410 \text{ kg/m}^3$$
 - c. Diperoleh kadar semen dari perhitungan sebesar 410 kg/m³ dan kadar semen minimum berdasar jenis pembetonan 275 kg/m³, maka diambil kadar semen yang terbesar yaitu 410 kg/m³.
14. Menentukan presentase Agregat halus dan agregat kasar dengan menggunakan grafik pada Gambar 5.6.

- a. Ukuran maksimum agregat yang digunakan sebesar 20 mm, *slump* yang direncanakan masuk dalam rentang 60-180 mm, nilai fas yang digunakan 0,5 dan gradasi agregat halus masuk dalam gradasi III.
- b. Tarik garis vertical ke atas dari titik nilai fas 0,5 sampai memotong dua buah kurva yan membatasi daerah gradasi III.
- c. Dari dua titik perpotongan pada daerah gradasi ditarik garis horizontal ke kanan, sehingga diperoleh presentase batas atas agregat halus 37 % dan batas bawah agregat halus 31%.



Gambar 5.6 Grafik Presentase pasir Terhadap Kadar Total Agregat (Ukuran Butir Maksimum 20mm)

Sumber : SNI 03-2834-2000

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

$$\begin{aligned} \text{Persentase agregat halus} &= \frac{37\% + 31\%}{2} \\ &= 34\% \end{aligned}$$

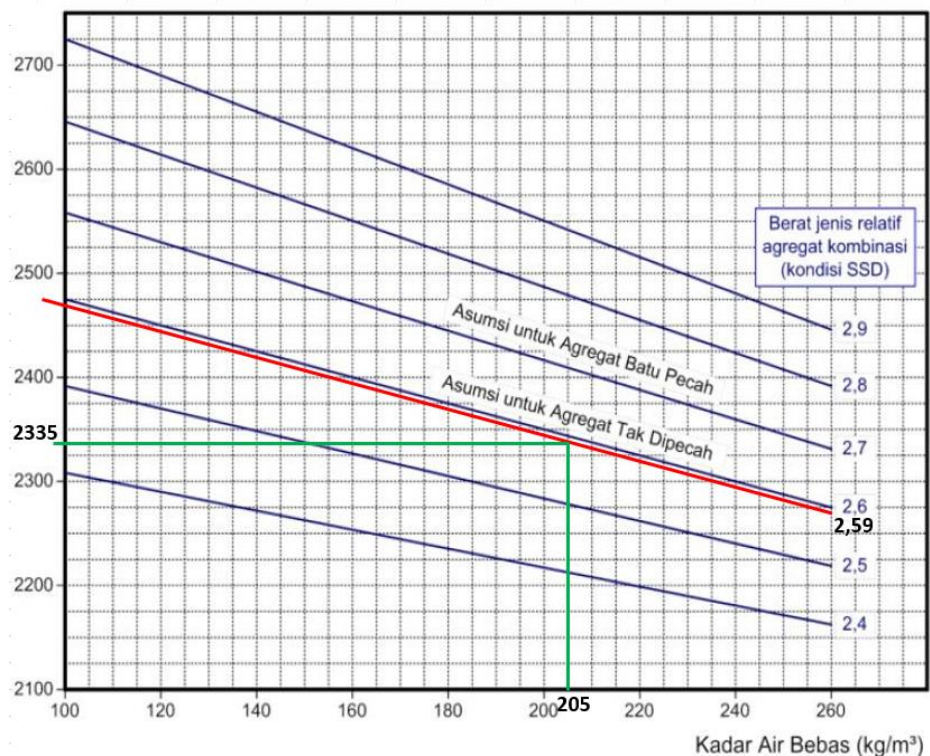
- e. Nilai persentase agregat kasar dihitng sebagaai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Persentase agregat kasar} &= 100\% - \text{persentase agregat kasar} \\ &= 100\% - 34\% \\ &= 66\% \end{aligned}$$

15. Menentukan berat jenis relative agregat gabungan (kondisi SSD) dengan perhitungan berikut ini.

$$\begin{aligned} BJ_{AG} &= (\%AH \times BJ_{AH}) + (\%AK \times BJ_{AK}) \\ &= (34 \% \times 2,67) + (66 \% \times 2,55) \\ &= 2,59 \end{aligned}$$

16. Menentukan berat isi beton dengan menggunakan grafik pada gambar 5.7 berikut.
- membuat kurva baru dengan nilai sebesar berat jenis agregat gabungan relative yaitu sebesar 2,59.
 - Tarik garis vertical keatas dari titik nilai kadar air 205 kg hingga memotong kurva baru.
 - Dari titik perpotongan antara kurva dengan garis vertical ditarik garis horizontal ke kiri, sehingga diperoleh nilai perkiraan berat isi beton sebesar 2335 kg/m³.



Gambar 5.7 Perkiraan Berat Isi Beton Basah

(Sumber: SNI 2834-2000)

17. Menentukan kadar agregat dalam campuran beton dengan perhitungan berikut.

$$\begin{aligned} W_{\text{ag.gab}} &= W_{\text{beton}} - W_{\text{semen}} - w \\ &= 2335 - 410 - 205 \\ &= 1720 \text{ kg/m}^3. \end{aligned}$$

18. Menentukan kadar agregat halus dan agregat kasar dalam campuran beton dihitung sebagai berikut.

- a. Kadar agregat halus

$$\begin{aligned} W_{\text{ag.h}} &= \frac{\%Ag.H}{100} \times W_{\text{ag.gab}} \\ &= \frac{34}{100} \times 1720 \\ &= 584,80 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

- b. Kadar agregat kasar

$$\begin{aligned} W_{\text{ag.k}} &= \frac{\%Ag.K}{100} \times W_{\text{ag.gab}} \\ &= \frac{66}{100} \times 1720 \\ &= 1135,20 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

19. Proporsi campuran per 1 m³ beton dari hasil perencanaan campuran diperoleh proporsi sebagai berikut.

- a. Semen = 410 kg
 b. Air = 205 kg
 c. Agregat halus = 584,80 kg/m³
 d. Agregat kasar = 1135,20 kg/m³

20. Proporsi campuran per 1 m³ beton dengan angka penyusutan 20 % diperoleh proporsi tiap material untuk tiap 1 m³ beton dengan angka penyusutan sebagai berikut.

- a. Semen = 492 kg
 b. Air = 246 kg
 c. Agregat halus = 701,76 kg/m³
 d. Agregat kasar = 1362,24 kg/m³

21. Hasil perencanaan campuran beton (*mix design*). Rekapotulasi hasil *mix design* dapat dilihat pada table 5.18 berikut.

Tabel 5.18 Rekapitulasi Hasil Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*)

No	Uraian	Nilai	Satuan
1	Kuat tekan beton yang disyaratkan	25	Mpa
2	Standar Deviasi	-	-
3	Nilai Tambah / Margin (M)	12	Mpa
4	Kuat tekan beton rerata yang ditargetkan	37	Mpa
5	Jenis Semen	Tipe I	
6	Jenis Agregat Kasar	Batu pecah	
	Jenis Agregat Halus	Alami	
7	Faktor air semen bebas (Fas)	0,5	
	Faktor air semen maksimum	0,6	
8	FAS digunakan	0,5	
9	Slump	10 ± 2	cm
10	Ukuran agregat maksimum	20	mm
11	Kadar air bebas	205	kg/m ³
12	Kadar semen	410	kg/m ³
13	Kadar semen maksimum	-	kg/m ³
14	Kadar semen minimum	275	kg/m ³
15	Kadar semen digunakan	410	kg/m ³
16	Fas disesuaikan	-	
17	Susunan besar butir agregat halus	Gradasi III	
18	Berat jenis agregat kasar (SSD)	2,55	
	Berat jenis agregat halus (SSD)	2,67	
19	Persen Agregat Halus	34	%
20	Persen Agregat Kasar	66	%
21	Berat jenis relatif agregat gabungan (SSD)	2,59	
22	Berat isi Beton	2335	kg/m ³
23	Kadar agregat gabungan	1720	kg/m ³
24	Kadar agregat halus	584,80	kg/m ³
25	Kadar agregat kasar	1135,20	kg/m ³
26	Kadar semen dengan angka penyusutan	492	kg/m ³
27	Kadar agregat halus dengan angka penyusutan	701,76	kg/m ³
28	Kadar agregat kasar dengan angka penyusutan	1362,24	kg/m ³
29	Kadar air dengan angka penyusutan	246	kg/m ³

22. Volume benda uji dan proporsi campuran setiap variasi.

Benda uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah silinder yang berjumlah 100 dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. volume benda uji dihitung berdasarkan jumlah volume benda uji dalam satu *mixing*. Setiap satu kali *mixing* benda uji berjumlah 10 silinder per variasi, sehingga diperoleh volume benda uji untuk stiap kali *mixing* adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\text{Volume 10 silinder} &= (10 \times \frac{1}{4} \pi \times d^2 \times t) \\ &= (10 \times \frac{1}{4} \pi \times 0,15^2 \times 30) \\ &= 0,0531 \text{ m}^3\end{aligned}$$

23. Proporsi campuran bahan untuk setiap kali *mixing*.

Proporsi campuran untuk setiap kali *mixing* 10 silinder adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\text{a. Semen} &= 0,0531 \times 492 \\ &= 26,083 \text{ kg} \\ \text{b. Air} &= 0,0531 \times 246 \\ &= 13,042 \text{ kg} \\ \text{c. Agregat halus} &= 0,0531 \times 701,76 \\ &= 37,203 \text{ kg} \\ \text{d. Agregat kasar} &= 0,0531 \times 1362,240 \\ &= 72,218 \text{ kg}\end{aligned}$$

24. Menghitung kebutuhan abu batu

Penelitian ini dilakukan penggantian agregat halus dengan abu batu pada campuran beton yang dimana proporsi penggantian abu batu terhadap berat agregat halus. Berat agregat halus tiap proporsi campuran adalah 37,203 kg. maka perhitungan setiap variasi penggunaan abu batu adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\text{a. Abu batu 0\%} &= 0\% \times 37,203 \\ &= 0 \text{ kg} \\ \text{b. Abu batu 25\%} &= 25\% \times 37,203 \\ &= 9,301 \text{ kg} \\ \text{c. Abu batu 50\%} &= 50\% \times 37,203 \\ &= 18,602 \text{ kg}\end{aligned}$$

- d. Abu batu 0% = $75\% \times 37,203$
= 27,903 kg
- e. Abu batu 0% = $100\% \times 37,203$
= 37,203 kg

25. Menghitung kebutuhan *damdex*

Penelitian ini dilakukan penambahan bahan tambah dengan *damdex* pada campuran beton yang dimana proporsi penambahan *damdex* terhadap berat semen. Berat semen tiap proporsi campuran adalah 26,083 kg. Maka perhitungan setiap variasi penambahan *damdex* adalah sebagai berikut.

- a. *Damdex* 0% = $0\% \times 26,083$
= 0 kg
- b. *Damdex* 2% = $2\% \times 26,083$
= 0,522 kg

Adapun rekapitulasi proporsi campuran dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 5.19 berikut.

Tabel 5.19 Proporsi Campuran Beton dengan Abu Batu dan Bahan Tambah *Damdex*.

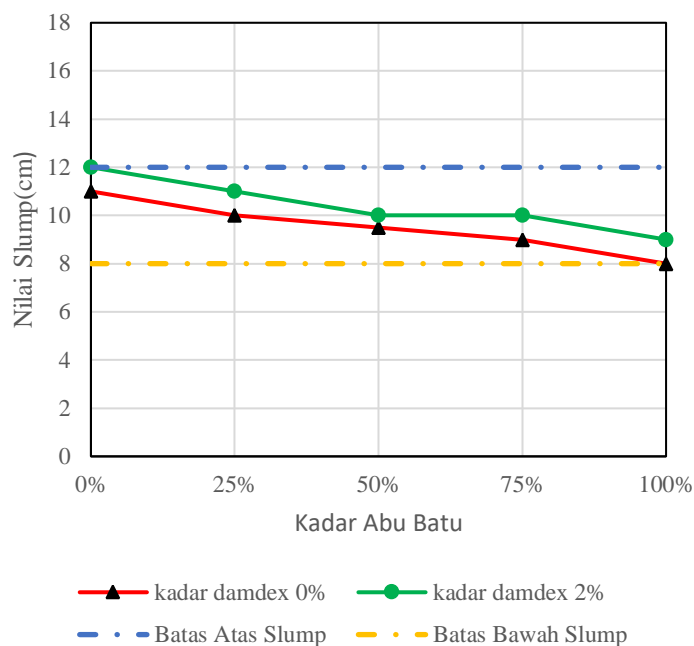
Sampel	Variasi Abu Batu (%)	Kadar <i>Damdex</i> Terhadap Semen (%)	Semen (kg)	Air (kg)	Kerikil (kg)	Pasir (kg)	Abu Batu (kg)	<i>Damdex</i> (kg)
BP1	0	0	26,083	13,042	72,218	37,203	0	0
BC1	0	2	26,083	13,042	72,218	37,203	0	0,522
BP2	25	0	26,083	13,042	72,218	27,903	9,301	0
BC2	25	2	26,083	13,042	72,218	27,903	9,301	0,522
BP3	50	0	26,083	13,042	72,218	18,602	18,602	0
BC3	50	2	26,083	13,042	72,218	18,602	18,602	0,522
BP4	75	0	26,083	13,042	72,218	9,301	27,903	0
BC4	75	2	26,083	13,042	72,218	9,301	27,903	0,522
BP5	100	0	26,083	13,042	72,218	0	37,203	0
BC5	100	2	26,083	13,042	72,218	0	37,203	0,522

5.4 Hasil Pengujian Slump

Uji slump pada beton segar dilakukan untuk mengetahui tingkat kemudahan pengerjaan (*workability*) pada beton. Apabila makin tinggi nilai slump maka beton semakin mudah dikerjakan (*workability* meningkat), dan sebaliknya. Terdapat tiga kriteria beton segar yang baik. Pertama yaitu beton yang mudah dikerjakan (*workability* baik). Kedua yaitu tidak terjadi pemisahan antara agregat dengan campuran (segregasi). Ketiga yaitu pemisahan air dari campuran (*bleeding*). Hasil uji slump dan hubungannya dengan variasi kadar Damdex yang digunakan tertera pada Tabel 5.20 dan Gambar 5.8.

Tabel 5.20 Hasil Pengujian Slump

Variasi Kadar Abu Batu	Variasi Kadar Damdex	Kode Sampel	Hasil Slump
0%	0%	BP1	11
	2%	BC1	12
25%	0%	BP2	10
	2%	BC2	11
50%	0%	BP3	9,5
	2%	BC3	10
75%	0%	BP4	9
	2%	BC4	10
100%	0%	BP5	8
	2%	BC5	9



Gambar 5.8 Grafik Pengujian Slump Tiap Variasi Beton

Berdasarkan Tabel 5.20 dan Gambar 5.8, dapat dilihat bahwa nilai slump terbesar terjadi pada adukan varian abubatu 0% dan *damdex* 2%, yaitu sebesar 12 cm. Sedangkan nilai slump terkecil sebesar 8 cm pada varian abu batu 100% dan kadar *damdex* 0%. Nilai slump pada masing-masing adukan tiap varian telah memenuhi nilai slump rencana, yaitu 10 ± 2 cm. Perbedaan nilai slump pada masing-masing adukan tiap varian ini terjadi karena perbedaan kadar abu batu dan *damdex*. Pada Gambar 5.8 dapat dilihat bahwa setiap peningkatan kadar abu batu nilai *slump* baik menggunakan *damdex* ataupun tanpa *damdex*. Namun nilai slump pada variasi beton yang menggunakan *damdex* lebih tinggi daripada beton yang tidak menggunakan bahan tambah *damdex*. Berdasarkan hasil tersebut maka dapat dikatakan penambahan abu batu mengakibatkan air dalam adukan diserap oleh abu batu yang mempunyai tingkat penyerapan tinggi. Penurunan nilai slump ini juga mempengaruhi tingkat kemudahan pengerjaan beton (*workability*). Hal ini menunjukkan bahwa dengan turunnya nilai slump berarti kelecakan beton berkurang, sehingga beton semakin kental dan sulit untuk dikerjakan. Dan pada penelitian ini Penggunaan *damdex* pada campuran beton mampu menambah nilai *slump* beton sehingga menambah kemudahan pengerjaan beton (*workability*).

5.5 Hasil Pemeriksaan Berat Volume Beton

Berat volume beton ialah perbandingan antara berat beton dengan volume beton. Berat volume beton bergantung pada proporsi material penyusun beton dan proses pemadatan beton segar pada cetakan. Pemeriksaan berat volume beton pada benda uji dilakukan pada saat sebelum pelaksanaan pengujian beton. Pemeriksaan ini dilakukan dengan mengukur dimensi benda uji dan penimbangan berat benda uji. Perhitungan dan hasil ekapitulasi hasil pemeriksaan berat volume beton dapat dilihat pada Tabel 5.21 berikut.

Berat volume silinder beton BP1 sampel

$$\begin{aligned}
 \text{Berat volume} &= \frac{W}{\text{Vol}} \\
 &= \frac{12,209}{\frac{1}{4} \times \pi \times 0,15025^2 \times 0,3014} \\
 &= \frac{12,209}{0,00534} \\
 &= 2284,641 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

Dengan cara perhitungan yang sama dihitung pula kuat tekan beton untuk sampel pada setiap varian lainnya, sehingga diperoleh hasil rekapitulasi pengujian kuat tekan beton yang dapat dilihat pada Tabel 5.21 berikut.

Tabel 5.21 Rekapitulasi Perhitungan Berat Volume Beton

Variasi Kadar abu batu	Variasi Kadar Damdex	Kode benda uji	Nomor Sampel	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Volume (m ³)	Berat (kg)	Berat Volume (kg/ m ³)	Berat Volume Rata Rata (kg/ m ³)	
0%	0%	BP1	1	150,25	301,40	0,005344	12,209	2284,641	2269,588	
			2	150,80	303,73	0,005425	12,375	2281,183		
			3	150,61	306,83	0,005466	12,430	2273,899		
			4	151,62	307,13	0,005545	12,699	2290,123		
			5	151,70	307,47	0,005557	12,572	2262,274		
			6	151,98	306,00	0,005551	12,518	2254,923		
			7	152,70	305,07	0,005587	12,349	2210,391		
			8	151,75	305,17	0,005519	12,569	2277,280		
			9	151,57	306,00	0,005521	12,570	2276,756		
			10	149,62	305,18	0,005366	12,257	2284,407		
	2%	2%	BC1	1	152,17	303,83	0,005525	12,455	2254,132	2264,374
				2	150,73	305,07	0,005444	12,444	2285,898	
				3	152,30	306,40	0,005582	12,565	2251,044	
				4	150,22	306,13	0,005425	12,549	2312,983	
				5	151,70	306,97	0,005548	12,544	2260,913	
				6	151,70	306,20	0,005534	12,330	2227,906	
				7	151,17	304,87	0,005472	12,412	2268,453	
				8	151,90	306,27	0,005550	12,691	2286,603	
				9	151,53	304,53	0,005492	12,308	2241,024	

			10	151,50	304,33	0,005486	12,370	2254,784	
--	--	--	----	--------	--------	----------	--------	----------	--

Lanjutan Tabel 5.21 Rekapitulasi Perhitungan Berat Volume Beton

Variasi Kadar abu batu	Variasi Kadar Damdex	Kode benda uji	Nomor Sampel	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Volume (m ³)	Berat (kg)	Berat Volume (kg/ m ³)	Berat Volume Rata Rata (kg/ m ³)
25%	0%	BP2	1	152,87	304,30	0,005585	12,255	2194,299	2235,964
			2	151,13	305,70	0,005484	12,323	2247,039	
			3	150,70	304,07	0,005424	12,254	2259,398	
			4	151,77	302,90	0,005480	12,131	2213,883	
			5	149,87	301,13	0,005312	12,081	2274,281	
			6	151,67	304,00	0,005492	12,477	2271,781	
			7	151,43	308,10	0,005549	12,761	2299,642	
			8	160,83	308,13	0,006260	12,630	2017,542	
			9	150,60	304,67	0,005427	12,517	2306,405	
			10	151,97	303,58	0,005506	12,529	2275,369	
	2%	BC2	1	151,77	304,93	0,005516	12,477	2261,844	2260,314
			2	152,03	304,60	0,005530	12,426	2247,160	
			3	151,13	305,63	0,005483	12,549	2288,748	
			4	150,70	302,83	0,005402	12,516	2317,104	
			5	150,67	299,87	0,005346	12,174	2277,094	
			6	150,13	301,37	0,005335	12,116	2271,015	
			7	150,77	305,13	0,005447	12,190	2237,760	
			8	151,43	305,97	0,005511	12,250	2222,947	

			9	151,07	306,57	0,005495	12,244	2228,287	
			10	150,07	307,83	0,005445	12,257	2251,180	

Lanjutan Tabel 5.21 Rekapitulasi Perhitungan Berat Volume Beton

Variasi Kadar abu batu	Variasi Kadar Damdex	Kode benda uji	Nomor Sampel	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Volume (m ³)	Berat (kg)	Berat Volume (kg/ m ³)	Berat Volume Rata Rata (kg/ m ³)
50%	0%	BP3	1	151,00	304,23	0,005448	12,396	2275,260	2241,784
			2	151,37	305,33	0,005494	12,573	2288,307	
			3	150,67	303,80	0,005416	12,305	2271,797	
			4	152,47	306,07	0,005588	12,399	2218,865	
			5	151,77	304,97	0,005517	12,508	2267,216	
			6	151,20	304,33	0,005464	12,046	2204,448	
			7	150,33	304,30	0,005401	12,189	2256,658	
			8	151,53	305,20	0,005504	12,262	2227,771	
			9	151,30	306,23	0,005506	12,228	2220,932	
			10	152,40	302,53	0,005519	12,067	2186,584	
	2%	BC3	1	150,77	305,07	0,005446	12,277	2254,223	2261,039
			2	151,17	305,17	0,005477	12,279	2241,940	
			3	151,20	305,27	0,005481	12,227	2230,730	
			4	150,13	304,37	0,005388	12,112	2247,888	
			5	151,23	305,33	0,005485	12,297	2242,023	
			6	151,47	306,80	0,005528	12,544	2269,116	
			7	151,33	303,83	0,005465	12,368	2263,106	

			8	150,57	305,03	0,005431	12,461	2294,341	
			9	149,97	302,90	0,005350	12,225	2284,916	
			10	150,53	304,37	0,005417	12,362	2282,109	

Lanjutan Tabel 5.21 Rekapitulasi Perhitungan Berat Volume Beton

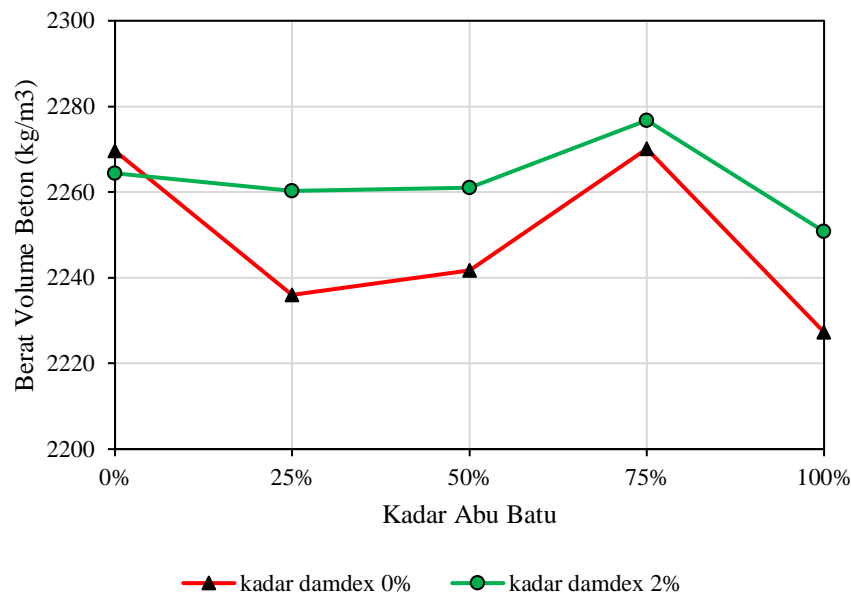
Variasi Kadar abu batu	Variasi Kadar Damdex	Kode benda uji	Nomor Sampel	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Volume (m ³)	Berat (kg)	Berat Volume (kg/ m ³)	Berat Volume Rata Rata (kg/ m ³)
75%	0%	BP4	1	150,77	304,20	0,005431	12,355	2275,008	2270,098
			2	150,70	305,07	0,005441	12,379	2274,963	
			3	150,80	306,60	0,005476	12,647	2309,526	
			4	150,40	306,07	0,005438	12,281	2258,563	
			5	150,20	303,20	0,005372	12,478	2322,662	
			6	151,53	306,27	0,005523	12,382	2241,738	
			7	151,57	305,37	0,005510	12,432	2256,431	
			8	152,17	306,50	0,005574	12,522	2246,541	
			9	150,40	302,13	0,005368	12,245	2281,259	
			10	151,57	306,43	0,005529	12,353	2234,288	
	2%	BC4	1	150,30	305,93	0,005428	12,463	2296,085	2276,759
			2	152,13	303,20	0,005511	12,430	2255,295	
			3	150,77	304,20	0,005431	12,504	2302,445	
			4	151,67	307,67	0,005558	12,494	2247,765	
			5	152,10	304,93	0,005541	12,303	2220,536	
			6	150,10	303,23	0,005366	12,452	2320,657	

			7	150,20	305,93	0,005421	12,449	2296,561	
			8	150,93	303,97	0,005439	12,452	2289,565	
			9	150,97	304,87	0,005457	12,371	2266,955	
			10	151,10	303,10	0,005435	12,347	2271,730	

Lanjutan Tabel 5.21 Rekapitulasi Perhitungan Berat Volume Beton

Variasi Kadar abu batu	Variasi Kadar Damdex	Kode benda uji	Nomor Sampel	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Volume (m ³)	Berat (kg)	Berat Volume (kg/ m ³)	Berat Volume Rata Rata (kg/ m ³)
100%	0%	BP5	1	151,50	305,33	0,005504	12,316	2237,589	2227,280
			2	150,47	306,30	0,005446	12,349	2267,328	
			3	151,33	306,23	0,005508	12,321	2236,837	
			4	150,73	303,40	0,005414	12,317	2274,997	
			5	152,33	305,50	0,005568	12,276	2204,783	
			6	151,73	302,50	0,005470	12,101	2212,300	
			7	150,70	302,03	0,005387	12,112	2248,250	
			8	151,07	304,83	0,005464	12,045	2204,560	
			9	153,07	303,03	0,005576	12,105	2170,817	
			10	151,07	303,80	0,005445	12,063	2215,340	
	2%	BC5	1	153,17	303,03	0,005584	11,931	2136,820	2250,789
			2	150,73	302,57	0,005399	12,095	2240,146	
			3	150,70	301,97	0,005386	11,910	2211,242	
			4	150,20	304,27	0,005391	12,101	2244,591	
			5	150,20	303,17	0,005372	11,993	2232,629	

			6	151,33	304,57	0,005478	12,606	2301,102	
			7	150,67	304,77	0,005434	12,427	2287,044	
			8	150,60	307,77	0,005482	12,687	2314,182	
			9	150,87	306,20	0,005474	12,475	2279,076	
			10	150,67	304,30	0,005425	12,267	2261,060	



Gambar 5.9 Grafik Nilai Berat Volume Beton Setiap Variasi

Berdasarkan Tabel 5.22 dan Gambar 5.9 diatas didapatkan nilai berat volume beton rata rata pada setiap variasi, ditinjau pada hasil perhitungan diatas nilai berat volume terbesar didapatkan pada variasi substitusi abu batu 75% dengan penambahan damdex 2% yaitu $2276,759 \text{ kg/m}^3$, sedangkan nilai terendah berat volume beton terdapat pada variasi substitusi abu batu 100 % tanpa penambahan damdex dengan nilai $2227,280 \text{ kg/m}^3$, secara keseluruhan berat volume yang didapatkan tidak ada perbedaan yang signifikan seiring dengan variasi substitusi abu batu sebagai agregat halus dan penambahan bahan tambah damdex, selisih terbesar terjadi pada variasi abu batu 25% dengan kodebenda uji BP1 dengan BP2 yang selisihnya sebesar $24,35 \text{ kg/m}^3$, hal itu dikarenakan berat jenis abu batu dengan pasir hanya mempunyai selisih yang sedikit atau hampir mendekati sama dan berat damdex juga tidak memiliki perbedaan yang signifikan terhadap berat air. Oleh karena itu berat volume beton pada penelitian ini tidak terjadi perbedaan yang berarti antara beton normal dengan beton penambahan damdex.

5.6 Hasil Pemeriksaan Kuat Tekan Beton

Penelitian ini menguji kuat tekan beton dilakukan pada saat beton berumur 28 hari. Pengujian kuat tekan beton menggunakan *compression machine*. Benda uji

untuk pengujian ini berjumlah 50 sampel dengan jumlah benda uji per variasi masing masing 5 sampel beton. Sebelum proses pengujian kuat tekan dilakukan proses *capping* terlebih dahulu pada permukaan atas sampel beton, hal ini untuk meratakan permukaan beton agar beban yang diberikan oleh *compression machine* dapat terdistribusi dengan merata pada permukaan beton. Pengujian kuat tekan beton dilakukan hingga benda uji hancur (*crack*), yang dimana benda uji sudah tidak mampu lagi menahan beban yang diberikan oleh mesin. Kondisi tersebut ditandai dengan penurunan pada salah satu jarum *dial* pada mesin uji hingga kondisi kritis atau nol. Pada perhitungan nilai kuat tekan beton untuk semua sampel tidak perlu menggunakan pembagian angka konversi karena pada saat beton berumur 28 hari angka konversi umur beton adalah satu Adapun perhitungan kuat tekan beton pada pengujian ini adalah sebagai berikut.

1. Kuat tekan beton BP1 (varian abu batu 0% dan *damdex* 0%) sampel 1

$$\begin{aligned} f_{c \text{ aktual}} &= \frac{P}{A} \\ &= \frac{530000}{\frac{1}{4} \times \pi \times 150,25^2} \\ &= \frac{530000}{17730,41} \\ &= 29,892 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{c \text{ Konversi}} &= f_{c \text{ actual}} \times \frac{1}{\text{Angka Konversi}} \\ &= 29,892 \times \frac{1}{1} \\ &= 29,892 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Dengan cara perhitungan yang sama dihitung pula kuat tekan beton untuk sampel pada setiap varian lainnya, sehingga diperoleh hasil rekapitulasi pengujian kuat tekan beton yang tertera pada Tabel 5.22 berikut.

Tabel 5.22 Rekapitulasi Perhitungan Kuat Tekan Beton

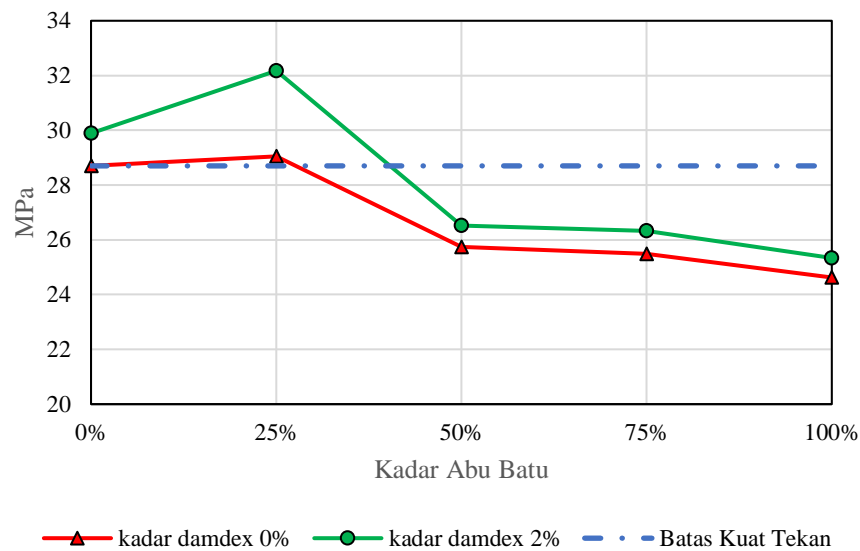
Variasi Kadar abu batu	Variasi Kadar Damdex	Kode benda uji	Nomor Sampel	Diameter (mm)	Luas Permukaan (mm ²)	Beban Maksimum (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Angka Konversi	Kuat Tekan (MPa)	Rata – rata (MPa)
0%	0%	BP1	1	150,25	17730,41	530	29,892	1	29,892	28,701
			2	150,80	17860,46	520	29,115		29,115	
			3	150,61	17815,48	460	25,820		25,820	
			4	151,62	18054,43	490	27,140		27,140	
			5	151,70	18074,28	570	31,537		31,537	
	2%	BC1	1	152,17	18185,65	480	26,394	1	26,394	29,888
			2	150,73	17844,67	600	33,623		33,623	
			3	152,30	18217,54	500	27,446		27,446	
			5	151,70	18074,28	580	32,090		32,090	
			1	152,87	18353,36	540	29,422		1	
3	150,70	17836,78	540	30,275	30,275					
4	151,77	18090,17	540	29,850	29,850					
5	149,87	17640,06	470	26,644	26,644					
25%	2%	BC2	1	151,77	18090,17	540	29,850	1	29,850	32,174
			2	152,03	18153,80	580	31,949		31,949	
			3	151,13	17939,50	560	31,216		31,216	
			4	150,70	17836,78	600	33,638		33,638	
			5	150,67	17828,89	610	34,214		34,214	

Lanjutan Tabel 5.22 Rekapitulasi Perhitungan Kuat Tekan Beton

Variasi Kadar abu batu	Variasi Kadar Damdex	Kode benda uji	Nomor Sampel	Diameter (mm)	Luas Permukaan (mm ²)	Beban Maksimum (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Angka Konversi	Kuat Tekan (MPa)	Rata – rata (MPa)
50%	0%	BP3	1	151,00	17907,86	500	27,921	1	27,921	25,752
			2	151,37	17994,94	410	22,784		22,784	
			3	150,67	17828,89	420	23,557		23,557	
			5	151,77	18090,17	520	28,745		28,745	
	2%	BC3	1	150,77	17852,56	520	29,127	1	29,127	26,514
			2	151,17	17947,42	430	23,959		23,959	
			3	151,20	17955,33	400	22,278		22,278	
			4	150,13	17702,89	520	29,374		29,374	
			5	151,23	17963,25	500	27,835		27,835	
	75%	0%	BP4	1	150,77	17852,56	400	22,406	1	22,406
2				150,70	17836,78	510	28,593	28,593		
3				150,80	17860,46	490	27,435	27,435		
4				150,40	17765,83	470	26,455	26,455		
5				150,20	17718,61	400	22,575	22,575		
2%		BC4	1	150,30	17742,22	550	31,000	1	31,000	26,329
			3	150,77	17852,56	430	24,086		24,086	
			4	151,67	18066,34	470	26,015		26,015	
			5	152,10	18169,72	440	24,216		24,216	

Tabel 5.22 Rekapitulasi Perhitungan Kuat Tekan Beton

Variasi Kadar abu batu	Variasi Kadar Damdex	Kode benda uji	Nomor Sampel	Diameter (mm)	Luas Permukaan (mm²)	Beban Maksimum (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Angka Konversi	Kuat Tekan (MPa)	Rata – rata (MPa)
100%	0%	BP5	1	151,50	18026,65	430	23,854	1	23,854	24,626
			2	150,47	17781,59	470	26,432		26,432	
			5	152,33	18225,51	430	23,593		23,593	
	2%	BC5	1	153,17	18425,46	500	27,136	1	27,136	25,338
			2	150,73	17844,67	430	24,097		24,097	
			3	150,70	17836,78	460	25,789		25,789	
			4	150,20	17718,61	410	23,140		23,140	
			5	150,20	17718,61	470	26,526		26,526	

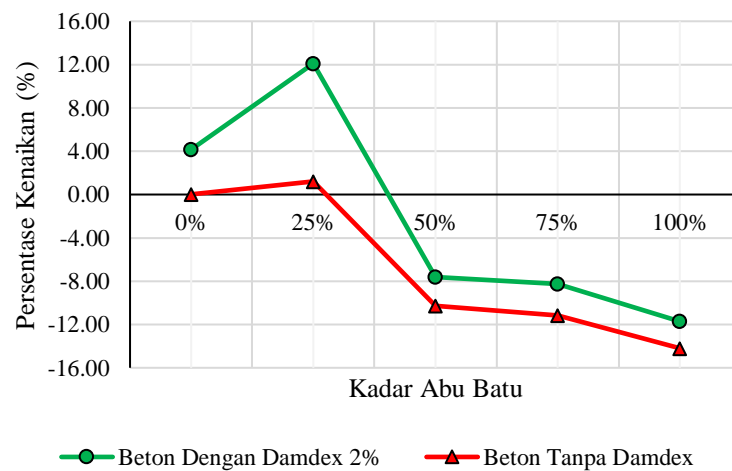


Gambar 5.10 Grafik Nilai Kuat Tekan Beton Pada Setiap Variasi

Berdasarkan hasil perhitungan nilai kuat tekan pada Tabel 5.22 dan Gambar 5.10. Didapatkan nilai kuat tekan yang bervariasi, nilai kuat tekan rata-rata tertinggi terdapat pada beton dengan variasi substitusi abu batu sebagai agregat halus dengan kadar 25% dan penambahan *damdex* 2% dari kadar semen dengan nilai 32,174 MPa, sedangkan nilai rata-rata kuat tekan beton terendah terdapat pada variasi substitusi abu batu sebagai agregat halus sebesar 100% tanpa penambahan *damdex* dengan nilai 24,626 Mpa. Hal itu dikarenakan abu batu memiliki ukuran yang lebih homogen dari agregat halus yang dipakai sehingga dalam pengisian rongga rongga partikel agregat kasar dalam isi beton kurang maksimal sehingga menurunkan nilai kuat tekan. Dari data yang telah didapat nilai kuat tekan beton antara beton dengan penambahan *damdex* dengan beton tanpa penambahan *damdex* mempunyai perbedaan, pada setiap variasi abu batu 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% nilai kuat tekan beton lebih tinggi daripada tanpa menggunakan *damdex* mendapatkan nilai kuat tekan yang lebih tinggi daripada tanpa penggunaan *damdex*. Persentase kenaikan dapat dilihat pada Tabel 5.23 dan Gambar 5.11.

Tabel 5.23 Persentase Kenaikan Kuat Tekan Beton

No.	Variasi Kadar Abu batu	Variasi Kadar Damdex	Kuat Tekan Rata Rata (MPa)	Persentase kenaikan terhadap beton normal (%)
1	0%	0%	28,701	0
2		2%	29,888	4,136
3	25%	0%	29,048	1,209
4		2%	32,174	12,101
5	50%	0%	25,752	-10,275
6		2%	26,514	-7,620
7	75%	0%	25,493	-11,177
8		2%	26,329	-8,265
9	100%	0%	24,626	-14,198
10		2%	25,338	-11,717

**Gambar 5.11 Grafik Perbandingan Kuat Tekan Beton Normal Dengan Hasil Pengujian**

Dari Tabel 5.23 dan Gambar 5.11 menunjukkan bahwa penambahan damdex dapat meningkatkan kuat tekan beton hal itu sesuai dengan pernyataan yang dilansir dalam damdexindonesia.com bahwa kuat tekan beton yang dicampur dengan damdex menjadi sampai dengan 35% lebih kuat. Sehingga dari hasil penelitian penggunaan abu batu sebagai substitusi agregat halus dan penambahan damdex sebesar 2% dari berat semen dapat dilakukan dengan kadar optimum 25 % dari berat agregat halus yang dibutuhkan dimana nilai kuat tekan beton tersebut melebihi kuat tekan beton normal yaitu 28,701 MPa. Dan apabila tanpa penambahan bahan

tambah (*additive*) damdex multifungsi, substitusi abu batu sebagai agregat halus optimal berada di angka 25% dengan hasil nilai kuat tekan 29,048 MPa dimana hasil tersebut melebihi kuat tekan beton normal.

5.7 Hasil Pemeriksaan Modulus Elastisitas Beton

Pengujian modulus elastisitas beton dilakukan bersamaan dengan pengujian kuat tekan beton dengan menggunakan *compression machine*. Pengujian ini menggunakan benda uji silinder berjumlah 3 dari 5 buah sampel pada setiap variasi beton yang digunakan pada pengujian kuat tekan beton. Prosedur dan alat pengujian modulus elastisitas sama seperti pengujian kuat tekan beton hanya saja pada pengujian ini dalam memperoleh data penurunan silinder beton ($\Delta L'$) setiap pembebanan 10 kN dari *compression machine* perlu menggunakan alat *handhled data logger*. Adapun perhitungan nilai tegangan dan regangan setiap beban 10 kN hingga beton runtuh pada sampel beton BP1 sampel 1 berumur 28 hari adalah sebagai berikut.

1. Mencari ΔL

$$\begin{aligned}\Delta L &= \frac{\Delta L'}{2} \times 10^{-3} \\ &= \frac{11.5}{2} \times 10^{-3} \\ &= 0,00575 \text{ mm}\end{aligned}$$

2. Hitung nilai regangan (ϵ)

$$\begin{aligned}\epsilon &= \frac{\Delta L}{L_0} \times 10^{-3} \\ &= \frac{0,00575}{200} \\ &= 0,00002875 \text{ mm}\end{aligned}$$

3. Hitung nilai regangan (σ)

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{P}{A} \\ &= \frac{1000}{17730,41} \\ &= 0,5640 \text{ MPa}\end{aligned}$$

Dengan cara perhitungan yang sama dihitung pula nilai regangan dan tegangan setiap pembebanan 10 kN hingga beton runtuh, sehingga diperoleh hasil rekapitulasi pengujian kuat tekan beton yang dapat dilihat pada Tabel 5.23 berikut.

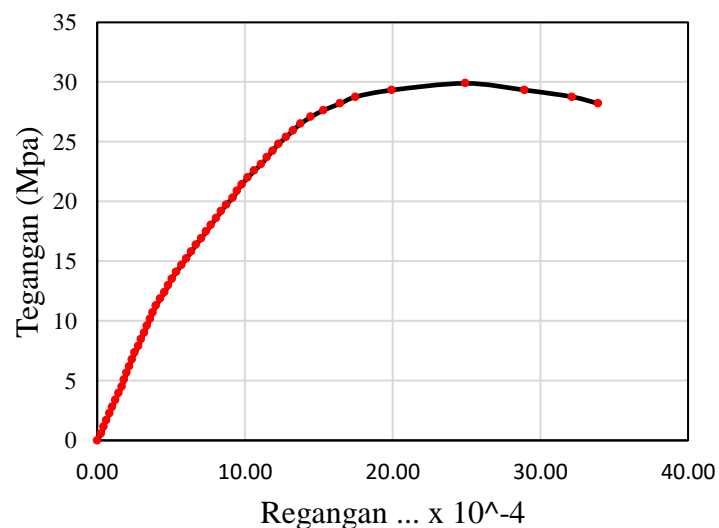
Tabel 5.24 Hasil Perhitungan Tegangan-Regangan Beton BP1 sampel 1

Beban (kN)	Pembacaan Dial, $\Delta L'$ (μm)	ΔL	Regangan, ϵ	Tegangan, σ (MPa)
10	11,5	0,00575	0,00002875	0,5640
20	17,5	0,00875	0,00004375	1,1280
30	25	0,0125	0,0000625	1,6920
40	34	0,017	0,000085	2,2560
50	41,5	0,02075	0,00010375	2,8200
60	49,5	0,02475	0,00012375	3,3840
70	58	0,029	0,000145	3,9480
80	67,5	0,03375	0,00016875	4,5120
90	73,5	0,03675	0,00018375	5,0760
100	80	0,04	0,0002	5,6400
110	86,9	0,04345	0,00021725	6,2040
120	94,1	0,04705	0,00023525	6,7680
130	102,4	0,0512	0,000256	7,3320
140	112	0,056	0,00028	7,8960
150	119,2	0,0596	0,000298	8,4600
160	127,1	0,06355	0,00031775	9,0240
170	135,4	0,0677	0,0003385	9,5880
180	143,5	0,07175	0,00035875	10,1520
190	151	0,0755	0,0003775	10,7161
200	160,1	0,08005	0,00040025	11,2801
210	170,9	0,08545	0,00042725	11,8441
220	182,4	0,0912	0,000456	12,4081
230	193,4	0,0967	0,0004835	12,9721
240	202,4	0,1012	0,000506	13,5361
250	214,9	0,10745	0,00053725	14,1001
260	228,4	0,1142	0,000571	14,6641
270	241,4	0,1207	0,0006035	15,2281
280	255,3	0,12765	0,00063825	15,7921
290	267,3	0,13365	0,00066825	16,3561
300	282,3	0,14115	0,00070575	16,9201
310	295,8	0,1479	0,0007395	17,4841
320	308,8	0,1544	0,000772	18,0481
330	322,6	0,1613	0,0008065	18,6121
340	336,3	0,16815	0,00084075	19,1761
350	350,1	0,17505	0,00087525	19,7401
360	367,4	0,1837	0,0009185	20,3041
370	379,7	0,18985	0,00094925	20,8681
380	391,6	0,1958	0,000979	21,4321
390	408,6	0,2043	0,0010215	21,9961

Lanjutan Tabel 5.24 Hasil Perhitungan Tegangan-Regangan Beton BP1 sampel 1

Beban (kN)	Pembacaan Dial, $\Delta L'$ (μm)	ΔL	Regangan, ϵ	Tegangan, σ (MPa)
400	425,3	0,21265	0,00106325	22,5601
410	444,7	0,22235	0,00111175	23,1241
420	460,2	0,2301	0,0011505	23,6881
430	475,3	0,23765	0,00118825	24,2521
440	491,3	0,24565	0,00122825	24,8161
450	511,8	0,2559	0,0012795	25,3801
460	530,3	0,26515	0,00132575	25,9441
470	551,4	0,2757	0,0013785	26,5081
480	578,9	0,28945	0,00144725	27,0721
490	612,9	0,30645	0,00153225	27,6361
500	658,1	0,32905	0,00164525	28,2001
510	700,3	0,35015	0,00175075	28,7641
520	798,5	0,39925	0,00199625	29,3281
530	996,7	0,49835	0,00249175	29,8921
520	1158,3	0,57915	0,00289575	29,3281
510	1285,7	0,64285	0,00321425	28,7641
500	1357,2	0,6786	0,003393	28,2001

Berdasarkan Tabel 5.24 Hasil dari perhitungan nilai regangan dan tegangan diatas selanjutnya dicari nilai modulus elastisitas. Untuk mendapatkan nilai tersebut, maka nilai tegangan dan regangan diplot kedalam grafik tegangan-regangan beton dengan bantuan *Microsoft Excel*. Grafik hubungan regangan-tegangan pada sampel beton BP1 dapat ditinjau pada gambar 5.12 Berikut.



Gambar 5.12 Grafik Tegangan Regangan Beton BP1 Sampel 1

Berdasarkan Gambar 5.12 dan Tabel 5.24 Didapatkan data untuk dilakukan perhitungan koreksi regangan dengan menggunakan bantuan *software Autocad*. Selanjutnya dilakukan perhitungan modulus elastisitas pengujian berdasarkan ASTM C-469-94 sebagai berikut

$$\begin{aligned}
 S_1 &= 1,2177 \text{ MPa} \\
 S_2 &= 12,4081 \text{ MPa} \\
 \varepsilon_1 &= 0,00005 \\
 \varepsilon_2 &= 0,0005170 \\
 E_c &= \frac{S_2 - S_1}{\varepsilon_2 - \varepsilon_1} \\
 &= \frac{12,4081 - 1,2177}{0,0005170 - 0,00005} \\
 &= 23962,2241 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Penelitian ini menggunakan perhitungan teoritis menurut SNI 2847-2019. Perhitungan modulus elastisitas teoritis dengan persamaan menurut SNI 2847-2019 pada beton BP1 sampel 1 sebagai contoh perhitungan adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 E_c &= 4700 \times \sqrt{f'_c} \\
 &= 4700 \times \sqrt{29,89214} \\
 &= 25696,6418 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan Tabel 5.24 Gambar 5.12, dan perhitungan modulus elastisitas diperoleh nilai untuk beton BP1 sampel 1 sebesar 23962,2241 MPa. Untuk nilai modulus elastisitas teoritis pada beton BP1 sampel 1 sebesar 25696,6418 MPa. Terdapat selisih antara hasil pengujian dengan hasil perhitungan teoritis. Berikut adalah perhitungan persentase selisih nilai modulus elastisitas.

$$\begin{aligned}
 \text{Selisih} &= \frac{(E_c \text{ Pengujian} - E_c \text{ Teoritis})}{E_c \text{ Teoritis}} \times 100\% \\
 &= \frac{(23962,224 - 25696,642)}{25696,642} \times 100\% \\
 &= - 6,75\%
 \end{aligned}$$

Pada penelitian ini dihitung pula modulus elastisitas dan selisih untuk tiap sampel. Adapun rekapitulasi nilai modulus elastisitas beton tiap variasi dapat dilihat pada Tabel 5.24 Berikut.

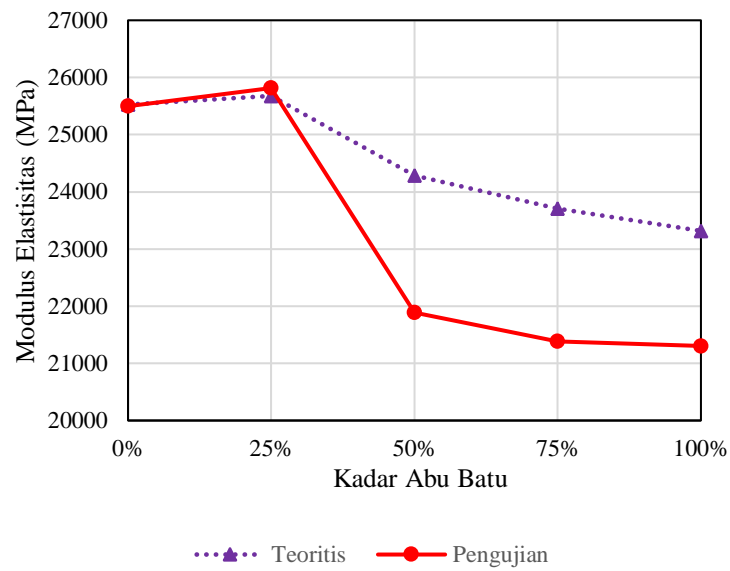
Tabel 5.25 Hasil Rekapitulasi Perhitungan Modulus Elastisitas

Variasi abu batu	Variasi Damdex	Kode benda uji	Nomor Sampel	f'c (MPa)	Modulus Elastisitas (MPa)		Modulus Elastisitas Rata Rata (MPa)		Selisih (%)
					Pengujian	Teoritis	Pengujian	Teoritis	
0%	0%	BP1	1	29,892	23962,224	25696,642	25493,003	25525,278	-0,126
			4	27,140	23320,299	24485,220			
			5	31,537	29196,485	26393,973			
	2%	BC1	2	33,623	29913,364	27253,309	26688,014	26166,878	
			3	27,446	21994,284	24622,833			
			5	32,090	28156,395	26624,492			
25%	0%	BP2	1	29,422	25267,65	25493,942	25835,31	25677,714	0,534
			3	30,275	25206,295	25860,478			
			4	29,850	27032,000	25678,722			
	2%	BC2	2	31,949	27892,343	26566,118	27006,175	26694,989	
			3	31,216	24237,022	26259,513			
			4	33,638	28889,159	27259,337			
50%	0%	BP3	1	27,921	22792,450	24834,817	21884,774	24281,788	-9,872
			3	23,557	19340,103	22811,843			
			5	28,745	23521,768	25198,703			
	2%	BC3	1	29,127	22185,066	25365,840	23145,358	25211,729	
			4	29,374	23357,660	25472,846			
			5	27,835	23893,348	24796,501			

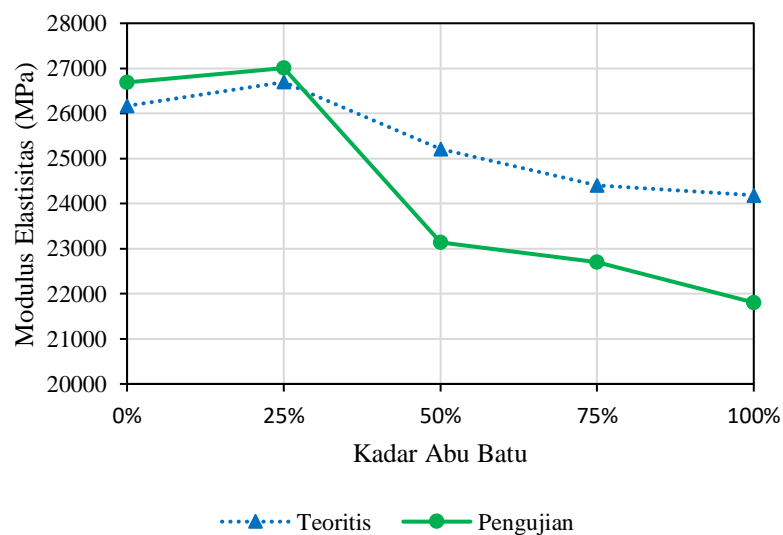
Lanjutan Tabel 5.24 Hasil Rekapitulasi Perhitungan Modulus Elastisitas

Variasi abu batu	Variasi Damdex	Kode benda uji	Nomor Sampel	f'c (MPa)	Modulus Elastisitas (MPa)		Modulus Elastisitas Rata Rata (MPa)		Selisih (%)
					Pengujian	Teoritis	Pengujian	Teoritis	
75%	0%	BP4	3	27,435	21956,786	24617,821	21386,415	23707,791	-9,792
			4	26,455	21864,511	24174,306			
			5	22,575	20337,948	22331,247			
	2%	BC4	1	31,000	25166,413	26168,286	22700,900	24402,401	-6,973
			3	24,086	20938,912	23066,506			
			4	26,015	21997,374	23972,410			
100%	0%	BP5	1	23,854	19918,709	22954,853	21304,125	23315,909	-8,628
			2	26,432	24797,071	24163,595			
			5	23,593	19196,595	22829,279			
	2%	BC5	1	27,136	22061,021	24483,509	21806,720	24186,048	-9,838
			3	25,789	21899,974	23868,140			
			5	26,526	21459,165	24206,495			

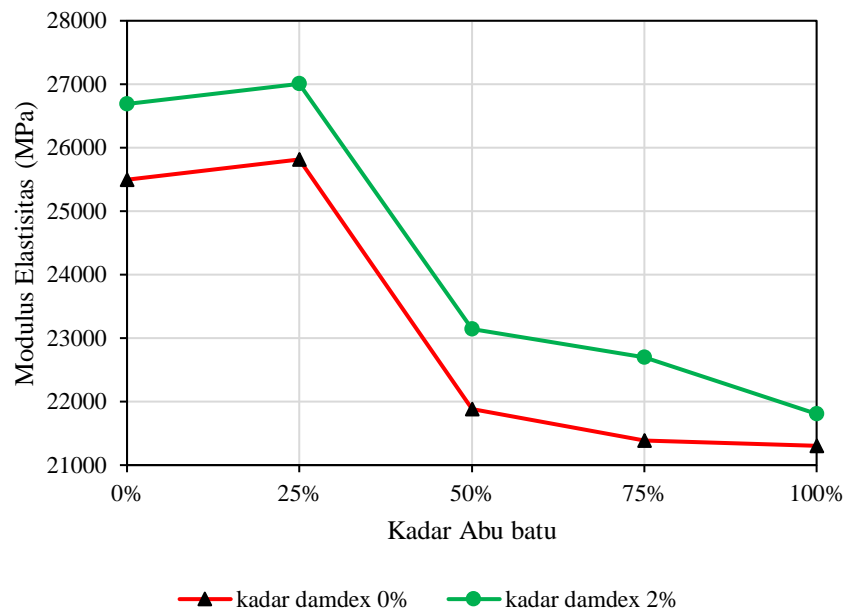
Bedasarkan hasil yang diperoleh pada tabel 5.24 diatas, nilai modulus elastisitas pada setiap variasi kadar abu batu dan damdex menunjukkan adanya perbedaan antara hasil pengujian dan perhitungan teoritis. Sehingga untuk mempermudah peninjauan maka diplot grafik hubungan modulus elastisitas beton dengan variasi abu batu dan kadar damdex dapat dilihat pada Gambar 5.13, Gambar 5.14, dan Gambar 5.15.



Gambar 5.13 Grafik Modulus Elastisitas Beton Dengan Kadar Damdex 0%



Gambar 5.14 Grafik Modulus Elastisitas Beton Dengan Kadar Damdex 2%



Gambar 5.15 Grafik Modulus Elastisitas Beton Hasil Pengujian

Berdasarkan Tabel 5.25, Gambar 5.13, Gambar 5.14, dan Gambar 5.15 Diatas dapat dilihat bahwa hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai modulus elastisitas terbesar pada beton sampel terdapat pada sampel BC2 (abu batu 25% dan damdex 2%) dengan nilai rata rata 27006,175 MPa dan hasil terkecil terdapat pada sampel beton BP5 (variasi abu batu 100% dan damdex 0%) sebesar 21304,125 MPa hal itu berbanding lurus dengan kuat tekan beton dimana beton BC2 memiliki kuat tekan 32,174 Mpa sedangkan beton BP5 24,626 MPa. Hal ini dikarenakan nilai modulus elastisitas akan meningkat seiring dengan meningkatnya kuat tekan beton (Widiarsa, 2006). Selanjutnya dilakukan perbandingan nilai modulus elastisitas pengujian dengan modulus elastisitas teoritis menurut SNI 2847-2019. Dalam hasil perhitungan terdapat perbedaan nilai modulus elastisitas pengujian dengan teoritis dengan selisih terbesar 9,872%, menurut SNI 2847-2019 syarat perbedaan nilai modulus elastisitas terukur berkisar 20% dari nilai terhitung. Berdasarkan hal tersebut maka hasil perhitungan nilai modulus elastisitas pada Tabel 5.24 tersebut telah memenuhi ketentuan SNI 2847-2019.

5.8 Hasil Pemeriksaan Kuat Tarik Belah Beton

Pada penelitian ini pengujian kuat Tarik belah beton dilakukan pada saat beton berumur 28 hari. Pengujian kuat Tarik belah beton menggunakan *compression machine*. Pengujian ini dilakukan dengan memberikan beban pada saat posisi sampel mendatar pada mesin. Benda uji untuk pengujian ini berjumlah 50 sampel dengan jumlah benda uji per variasi masing masing 5 sampel beton. Pengujian kuat tarik belah beton pada penelitian kali ini menggunakan metode SNI-2491-2014 dan ASTM C4946/C496M-04. Pengujian kuat tarik belah beton dilakukan hingga benda uji hancur (*crack*) atau terbelah, yang dimana benda uji sudah tidak mampu lagi menahan beban yang diberikan oleh mesin. Kondisi tersebut ditandai dengan penurunan pada salah satu jarum *dial* pada mesin uji hingga kondisi kritis atau nol. Adapun perhitungan kuat tekan beton pada pengujian ini adalah sebagai berikut.

Kuat tekan beton BP1 (varian abu batu 0% dan *damdex* 0%) sampel 6

$$\begin{aligned}
 f'_{c \text{ aktual}} &= \frac{2.P}{\pi.L.D} \\
 &= \frac{2.180}{\pi.306.151,98} \\
 &= 2,464 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

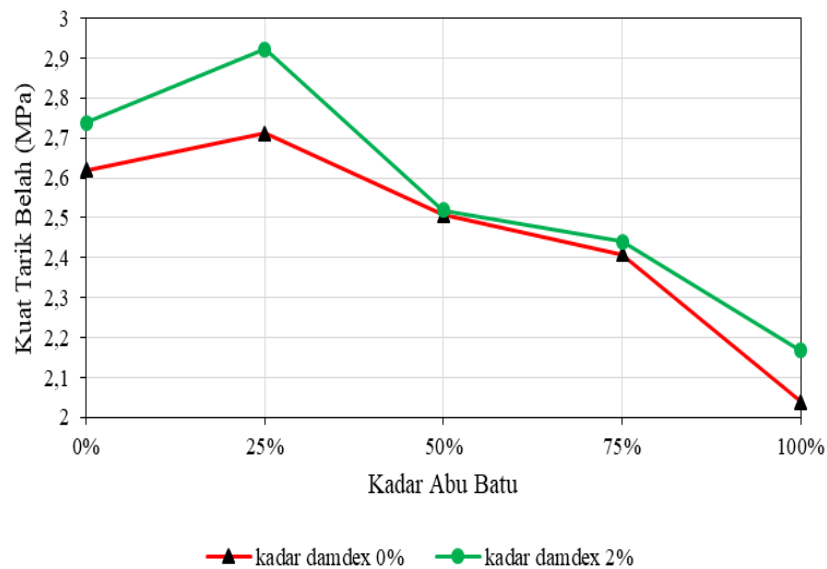
Dengan cara perhitungan yang sama dihitung pula kuat tekan beton untuk sampel pada setiap varian lainnya, sehingga diperoleh hasil rekapitulasi pengujian kuat tekan beton yang dapat dilihat pada Tabel 5.26 berikut.

Tabel 5.26 Hasil Rekapitulasi Perhitungan Kuat Tarik Belah Beton

Kadar Abu Batu	Kadar Dandex	Kode Benda Uji	Nomor Uji	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Beban Maksimum (kN)	Kuat Tarik Belah (MPa)	Rata Rata (MPa)
0%	0%	BP1	6	151,98	306,00	180	2,464	2,619
			7	152,70	305,07	164	2,241	
			8	151,75	305,17	202	2,777	
			9	151,57	306,00	213	2,924	
			10	149,62	305,18	193	2,691	
	2%	BC1	6	151,70	306,20	230	3,152	2,738
			7	151,17	304,87	185	2,556	
			8	151,90	306,27	208	2,846	
			9	151,53	304,53	190	2,621	
			10	151,50	304,33	182	2,513	
25%	0%	BP2	6	151,67	304,00	197	2,720	2,711
			7	151,43	308,10	205	2,797	
			8	160,83	308,13	195	2,505	
			9	150,60	304,67	180	2,497	
			10	151,97	303,58	220	3,036	
	2%	BC2	6	150,13	301,37	230	3,236	2,923
			7	150,77	305,13	212	2,934	
			8	151,43	305,97	210	2,885	
			9	151,07	306,57	207	2,845	
			10	150,07	307,83	197	2,715	
50%	0%	BP3	6	151,20	304,33	184	2,546	2,508
			7	150,33	304,30	175	2,435	
			8	151,53	305,20	170	2,340	
			9	151,30	306,23	202	2,775	
			10	152,40	302,53	177	2,444	

Lanjutan Tabel 5.26 Hasil Rekapitulasi Perhitungan Kuat Tarik Belah Beton

Kadar Abu Batu	Kadar Dandex	Kode Benda Uji	Nomor Uji	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Beban Maksimum (kN)	Kuat Tarik Belah (MPa)	Rata Rata
50%	2%	BC3	6	151,47	306,80	239	3,274	2,519
			7	151,33	303,83	152	2,105	
			8	150,57	305,03	164	2,273	
			9	149,97	302,90	203	2,845	
			10	150,53	304,37	151	2,098	
75%	0%	BP4	6	151,53	306,27	169	2,318	2,420
			7	151,57	305,37	190	2,613	
			8	152,17	306,50	150	2,047	
			9	150,40	302,13	170	2,382	
			10	151,57	306,43	200	2,741	
	2%	BC4	6	150,10	303,23	175	2,448	2,441
			7	150,20	305,93	195	2,702	
			8	150,93	303,97	175	2,428	
			9	150,97	304,87	194	2,683	
			10	151,10	303,10	140	1,946	
100%	0%	BP5	6	151,73	302,50	142	1,970	2,038
			7	150,70	302,03	184	2,574	
			8	151,07	304,83	143	1,977	
			9	153,07	303,03	142	1,949	
			10	151,07	303,80	124	1,720	
	2%	BC5	6	151,33	304,57	135	1,865	2,168
			7	150,67	304,77	160	2,218	
			8	150,60	307,77	192	2,637	
			9	150,87	306,20	160	2,205	
			10	150,67	304,30	138	1,916	



Gambar 5.16 Grafik Nilai Kuat Tarik Belah Beton Tiap Variasi

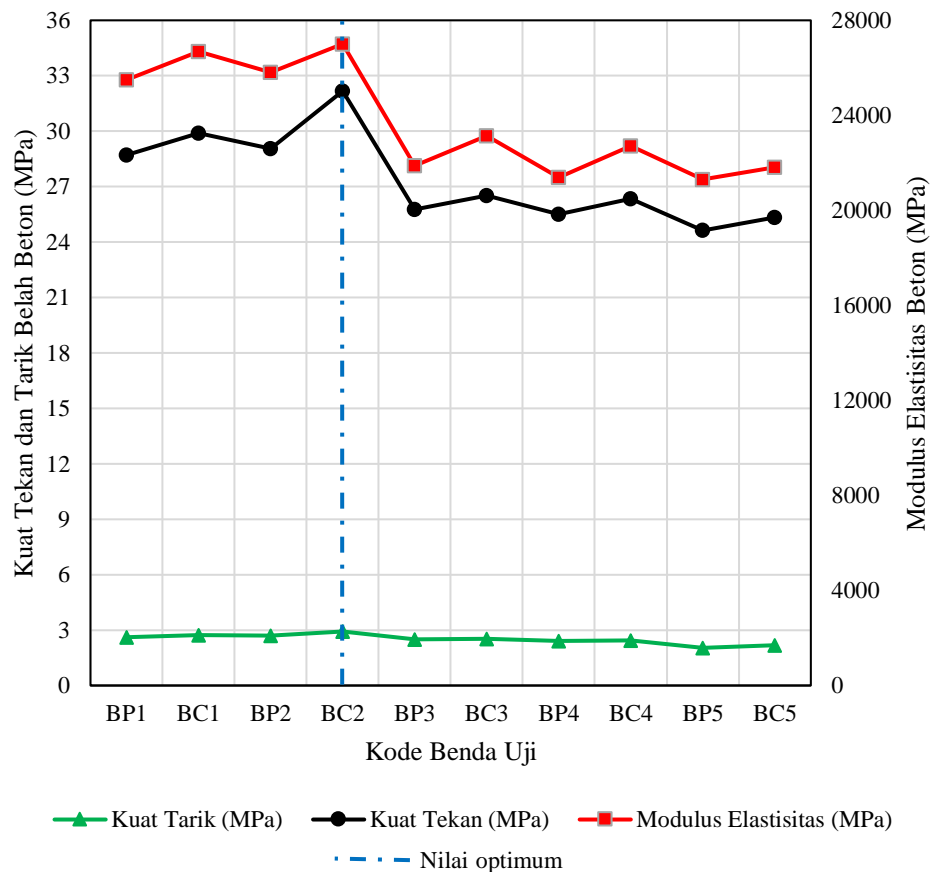
Berdasarkan Tabel 5.26 dan Gambar 5.16 Nilai rata rata kuat tarik belah beton untuk beton normal mencapai 2,619 Mpa, untuk beton dengan bahan tambah damdex dan abu batu nilai tambah optimum pada beton dengan variasi penggunaan abu batu 25% dari berat pasir dan penambahan damdex 2% dari berat semen (BC2) dengan nilai 2,923 MPa. Sedangkan nilai kuat tarik belah beton minimum berada pada beton dengan kadar abu batu 100% dari berat pasir tanpa penggunaan damdex dengan nilai 2,038 MPa. Nilai kuat tarik belah beton cenderung mengikuti hasil nilai kuat tekan. Pada persentase penggantian abu batu diatas 25% dari berat pasir mengalami penurunan karena banyak agregat kasar yang terlepas pada ikatan antar partikel penyusun beton, sehingga hal tersebut mengakibatkan beton mudah terbelah. Hasil dari pengujian ini menunjukkan bahwa penggunaan abu batu sebagai pengganti agregat halus optimum pada kadar 25%, dan penambahan damdex 2% dari berat semen dapat meningkatkan nilai mutu beton.

5.9 Hasil Penelitian Keseluruhan

Rangkuman hasil pengujian kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas beton secara keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 5.27 berikut ini.

Tabel 5.27 Rangkuman Hasil Pengujian

Kadar Abu Batu (%)	Kadar Damdex (%)	Kode Benda Uji	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tarik (MPa)	Modulus Elastisitas (MPa)
0	0	BP1	28,701	2,619	25493,003
	2	BC1	29,888	2,738	26688,014
25	0	BP2	29,048	2,711	25814,863
	2	BC2	32,174	2,923	27006,175
50	0	BP3	25,752	2,508	21884,774
	2	BC3	26,514	2,519	23145,358
75	0	BP4	25,493	2,408	21386,415
	2	BC4	26,329	2,441	22700,900
100	0	BP5	24,626	2,038	21304,125
	2	BC5	25,338	2,168	21806,720



Gambar 5.17 Grafik Gabungan Hasil Pengujian

Berdasarkan tabel 5.27 dan gambar 5.17 diatas hasil penelitian terhadap kuat tekan, kuat tarik belah dan modulus elastisitas pada beton dengan variasi kadar abu batu dan *damdex* yang telah ditentukan didapatkan hasil yang optimal pada penggunaan kadar abu batu 25% dari berat pasir dengan penambahan *damdex* sebesar 2% dari berat semen maupun tanpa penambahan *damdex* pada campuran beton. Namun hasil akan lebih optimal apabila pada setiap campuran semen ditambah dengan *damdex* sebesar 2% dari berat semen hal itu dapat dilihat pada table dan gambar grafik gabungan hasil pengujian diatas. pada seluruh pengujian, sampel beton dengan variasi tersebut mendapatkan hasil yang lebih tinggi dari beton normal dalam pengujian. Selain itu penggunaan *damdex* dapat berpengaruh terhadap kuat tekan beton, kuat tarik belah beton dan modulus elastisitas beton. Hal itu dibuktikan dalam penelitian ini dimana setiap sampel beton dengan penambahan *damdex* sebesar 2% mengalami peningkatan dalam setiap hasil penelitian, maka dari itu pemanfaatan *damdex* sebagai bahan tambah beton dapat menambah nilai kualitas beton.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pengujian yang telah dilakukan diperoleh hasil kesimpulan sebagai berikut.

1. Penggunaan abu batu sebagai substitusi agregat halus dapat meningkatkan nilai kuat tekan beton, pada pengujian ini didapatkan nilai optimal pada kadar 25% dari berat agregat halus yang dibutuhkan dengan penambahan *damdex* 2% dari berat semen. Pada percobaan yang dilakukan dengan mutu beton rencana 25 MPa didapatkan nilai kuat tekan beton dengan penambahan *damdex* sebesar 32,174 MPa meningkat 12,101% dari beton normal.
2. Penggunaan abu batu sebagai substitusi agregat halus dapat meningkatkan nilai modulus elastisitas beton, pada pengujian ini didapatkan nilai modulus elastisitas beton optimal pada kadar 25% dari berat agregat halus yang dibutuhkan dengan penambahan *damdex* 2% dari berat semen. Pada percobaan yang dilakukan dengan mutu beton rencana 25 MPa penambahan *damdex* mendapatkan nilai kuat tekan sebesar 27006,175 MPa.
3. Penggunaan abu batu sebagai substitusi agregat halus dapat meningkatkan nilai kuat tarik belah beton, pada pengujian ini didapatkan nilai optimal pada kadar 25% dari berat agregat halus yang dibutuhkan dengan penambahan *damdex* 2% dari berat semen.. Pada percobaan yang dilakukan dengan mutu beton rencana 25 MPa didapatkan nilai kuat tarik belah beton dengan penambahan *damdex* sebesar 2,923 MPa.
4. Abu batu sebagai substitusi agregat halus dan penambahan *damdex* sebagai bahan tambah (*admixture*) berpengaruh terhadap kuat tekan, modulus elastisitas, dan kuat tarik belah beton. Penambahan bahan tersebut dapat meningkatkan dan menurunkan mutu beton tergantung dengan kadar penggunaannya. Penggantian

maksimum agregat halus dengan abu batu sebesar 25%, apabila kadar diatas 25% dapat mengakibatkan penurunan mutu beton dan dengan penambahan damdex 2% dari berat semen pada setiap *mixing* dapat meningkatkan mutu beton.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini, terdapat beberapa hal yang dapat dijadikan saran guna mengembangkan penelitian selanjutnya mengenai pengaruh penggunaan abu batu sebagai substitusi agregat halus dan penambahan damdex sebagai *addmixtures* pada campuran mutu beton.

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai karakteristik beton dengan penggunaan abu batu dari berbagai daerah dan dengan variasi substitusi yang lebih variatif yaitu dibawah 50% penggantian.
2. Perlu dilakukan pengujian pengujian beton dengan jenis yang lain untuk mengetahui pengaruh dari penggunaan abu batu.
3. Perlu dilakukan penelitian yang serupa dengan kadar damdex yang lebih dari 2%.
4. Perlu dilakukan penelitian mengenai pengaruh bahan tambah yang serupa pada umur beton 3 hari, 7 hari, 14 hari, dan 21 hari.
5. Perlu mengkaji lebih lanjut mengenai sifat dan kandungan dalam abu batu dan damdex.

DAFTAR PUSTAKA

- Afif, A. 2019. Pengaruh Abu Batu Sebagai Substitusi Agregat Halus dan Penambahan *Superplasticizer* Terhadap Karakteristik Beton Mutu Tinggi. Skripsi. Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
- American Standard Testing and Materials. 1982. *Standard Spesification for Concrete Aggregates*. ASTM C33. United States: ASTM.
- Badan Pusat Statistika. 2021. Hasil Sensus Penduduk 2020. Diakses pada <https://www.bps.go.id/pressrelease/2021/01/21/1854/hasil-sensus-penduduk-2020.html>
- Badan Standarisasi Nasional. SNI 03-2834-2000. *Tata Cara Pembuatan Campuran Beton Normal*. Bandung: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. SNI 1972-2008. *Cara Uji Slump Beton*. Bandung: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. SNI 1974-2011. *Cara Uji Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uji Silinder*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. SNI 2491-2014 *Metode Uji Kekuatan Tarik Belah Spesimen Beton Silinder (ASTM C496/C496M-04 IDT)*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. SNI 2493-2011. *Tata Cara Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton Di Laboratorium*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. SNI-2847-2019 *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. SNI 7974-2013 *Spesifikasi Air Pencampur Yang Digunakan Dalam Produksi Beton Semen Hidraulis. (ASTM C1602-06, IDT)*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

- Handayani, F. 2019. Manfaat Limbah Abu Batu Sebagai Tambahan Material Bahan Bangunan. *Seminar Nasional Tahunan VI Program Studi Magister Teknik Sipil ULM. Banjarmasin: 26 Oktober 2019. Halaman 59-68.*
- Ibrahim, M. M., & Saelan, P. 2019. Studi Perancangan Campuran Beton Menggunakan Abu Batu Sebagai Agregat Halus. *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional, 3(5):108-117.*
- PBI-1971. *Peraturan Beton Bertulang Indonesia.*
- Putranto, F. R., & Syaiful. 2019. Pengaruh Penambahan Genteng Press Jatiwangi dan Damdex Terhadap Kuat Tekan Beton. *Jurnal Komposit, 3(1):1-4.*
- Sugiyono. 2017. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D.* Bandung: Alfabeta, CV.
- Tjokrodimulyo, K. 2007. *Teknologi Beton.* Biro Penerbit Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Triaswati, M. N., Harijanto, D., Wibowo, B., & Ismoyo, W. 2019. Penggunaan Abu Batu Untuk Mengurangi Pasir Alami Pada Campuran Beton Dengan Penambahan Zat *Additive Type D.* *Jurnal Manajemen Aset Infrastruktur & Fasilitas, 3(2):35-44.*
- Wang, C. K., & Salmon, C. G. 1990. *Desain Beton Bertulang.* Erlangga: Jakarta.
- Wikana, I., & Wantutrianus, Z. 2014. *Pengaruh Pemakaian Fly Ash Abu Batu Sebagai Pengganti Sebagian Semen Pada Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi.* Majalah Ilmiah UKRIM. Edisi 1. Jurusan Teknik Sipil Universitas Kristen Immanuel Yogyakarta. Yogyakarta.
- Widiarsa, Ida Bagus Rai. 2006. *Hubungan Antara Modulus Elastisitas dengan Kuat Tekan pada Beton yang Dibuat dengan Menggunakan Semen Portland Pozzolan Maupun Semen Portland Tipe I.* Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Udayana. Denpasar.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Surat Keterangan Bebas Tanggungan Laboratorium



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Kampus Terpadu : jalan Kaliurang Km.14,4 telp. (0274) 898471,898472 Yogyakarta

SURAT KETERANGAN BEBAS TANGGUNGAN LABORATORIUM

Nomor : 172/Ka.Lab/60/LBKT/VIII/2023

Bismillahirrohmaanirrohim

Yang bertandatangan dibawah ini :

Nama : Malik Mushthofa, S.T., M.Eng
NIK : 185111302
Jabatan Struktural : Kepala Laboratorium Bahan Konstruksi Tenik JTS FTSP UII

Dengan ini menerangkan bahwa :

Nama : IQBAL RIZKY PERMANA
N I M : 18511302
Program Studi : Teknik Sipil
Dosen Pembimbing TA : Anggit Mas Arifudin, S.T, M.T.
Instansi : Universitas Islam Indonesia

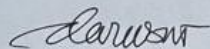
Telah melaksanakan penelitian / Tugas Akhir di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia dengan judul Tugas Akhir "ANALISIS PENGARUH ABU BATU SEBAGAI PENGGANTI AGREGATK HALUS DAN PENAMBAHAN DAMDEX TERHADAP KARAKTERISTIK BETON" serta sudah menyelesaikan semua administrasinya^{*)}.

Demikian surat keterangan ini dibuat semoga bisa digunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 3 Agustus 2023

Administrasi Laboratorium

Kepala Laboratorium BKT,



Daru Salam, AMd



^{*)} Nota/Kwitansi terlampir

Lampiran 2 Laporan Sementara Hasil Pemeriksaan Agregat

PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AIR AGREGAT

HALUS

Asal Pasir	Progo
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat pasir kering mutlak, gram (Bk)	488	489	488.5
Berat pasir kondisi jenuh kering muka (SSD), gram	500	500	500
Berat piknometer berisi pasir dan air, gram (Bt)	1021	1019	1020
Berat piknometer berisi air, gram (B)	709	706	707.5
Berat jenis curah ($Bk/(B+500-Bt)$)	2,60	2,61	2,61
Berat jenis kering muka ($500/(B+500-Bt)$)	2,66	2,67	2,67
Berat jenis semu, ($Bk/(B+Bk-Bt)$)	2,77	2,78	2,78
Penyerapan air, ($(500-Bk)/(Bk \times 100)$)	2,46 %	2,25 %	2,35 %

Diperiksa oleh:

Laboran

(.....)

Yogyakarta, 6 Desember 2022

Dikerjakan oleh:

(Iqbal Rizky Permana)

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

Asal Pasir	Progo
Keperluan	Tugas Akhir
Sampel	1

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40		0	0	100
20		0	0	100
10	0	0	0	100
4,8	0	0	0	100
2,4	32	1,60	1,60	98,40
1,2	158	7,91	9,51	90,49
0,6	525	26,29	35,80	64,20
0,3	735	36,81	72,61	27,39
0,15	441	22,08	94,69	5,31
Pan	106	5,31		
Jumlah	1997	100	214,221	

$$\begin{aligned} \text{Modulus Halus Butir} &= \frac{214,221}{100} \\ &= 2,142 \end{aligned}$$

Nilai MHB yang didapatkan adalah sebesar 2,142 dan masih masuk ke dalam syarat yaitu 1,5 - 3,8 (SK SNI S-04-1989-F).

Gradasi Agregat Halus

Lubang Ayakan (mm)	Persen Butir Agregat yang Lolos Agregat			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
10	100	100	100	100
4,8	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

Keterangan:

Daerah I : Pasir Kasar

Daerah II : Pasir Agak Kasar

Daerah III : Pasir Agak Halus

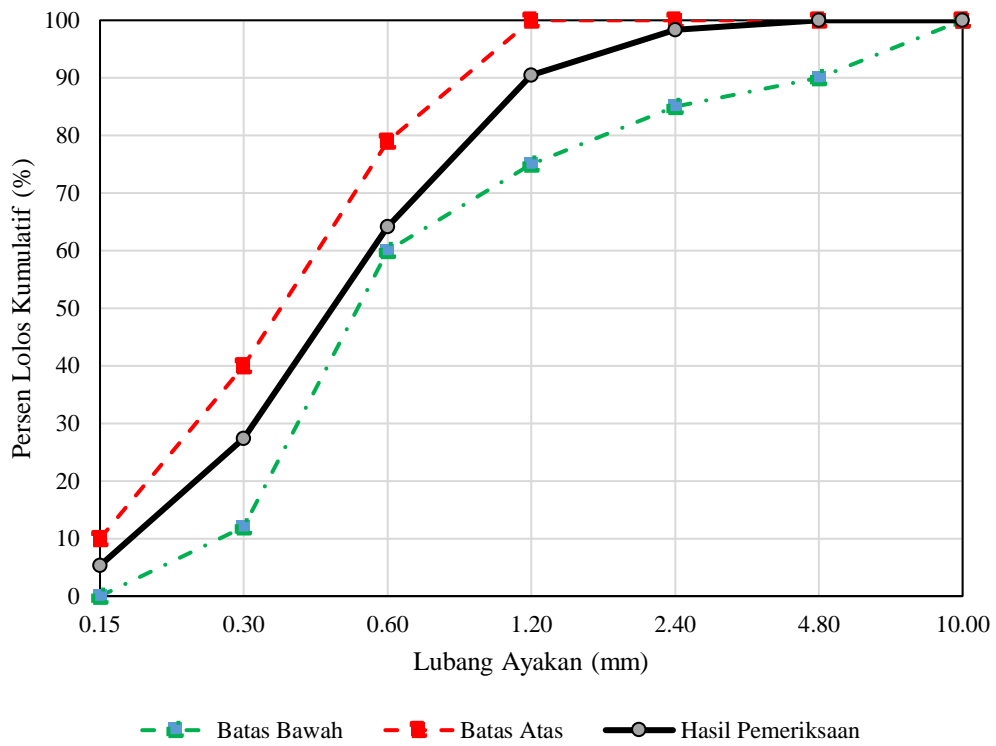
Daerah IV : Pasir Halus

Hasil Analisis Saringan:

Pasir masuk daerah : Daerah 3

Jenis Pasir : Pasir Agak Halus

GAMBAR ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS GRADASI III



Yogyakarta, 6 Desember 2022

Diperiksa oleh:
Laboran

Dikerjakan oleh:

(Iqbal Rizky Permana)

(.....)

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

Asal Pasir	Progo
Keperluan	Tugas Akhir
Sampel	2

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40	0	0	0	100
20	0	0	0	100
10	0	0	0	100
4,8	0	0	0	100
2,4	33	1,651	1,651	98,349
1,2	162	8,104	9,755	90,245
0,6	533	26,663	36,418	63,582
0,3	731	36,568	72,986	27,014
0,15	435	21,761	94,747	5,253
Pan	105	5,253		
Jumlah	1999	100	215,558	

$$\begin{aligned} \text{Modulus Halus Butir} &= \frac{215,558}{100} \\ &= 2,156 \end{aligned}$$

Nilai MHB yang didapatkan adalah sebesar 2,156 dan masih masuk ke dalam syarat yaitu 1,5 - 3,8 (SK SNI S-04-1989-F).

Gradasi Agregat Halus

Lubang Ayakan (mm)	Persen Butir Agregat yang Lolos Agregat			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
10	100	100	100	100
4,8	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

Keterangan:

Daerah I : Pasir Kasar

Daerah II : Pasir Agak Kasar

Daerah III : Pasir Agak Halus

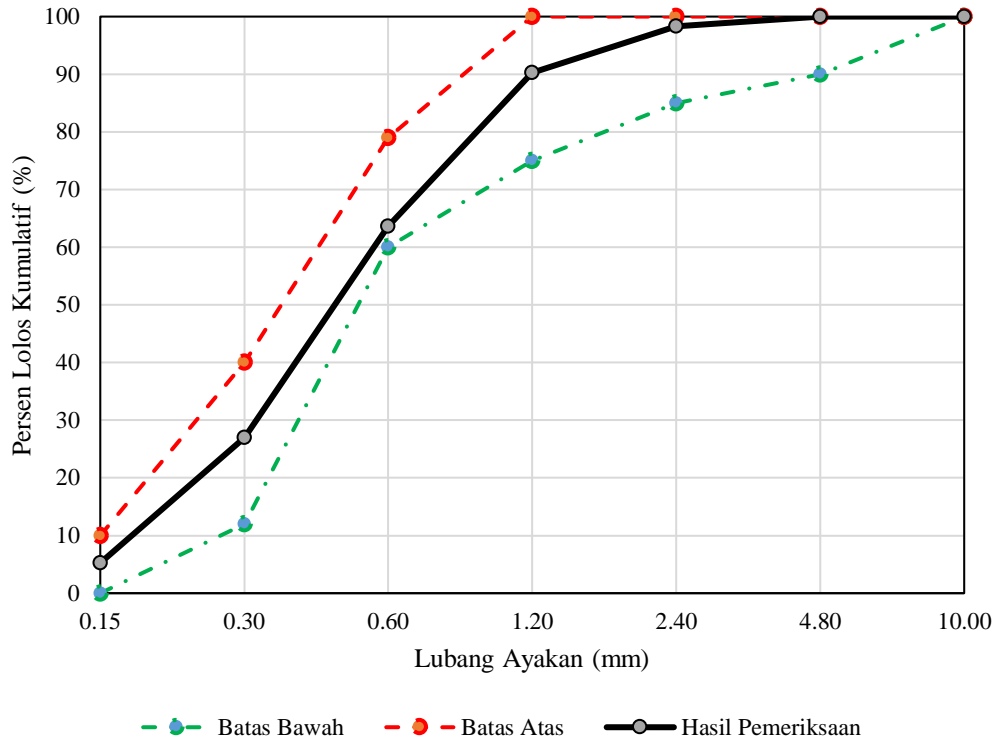
Daerah IV : Pasir Halus

Hasil Analisis Saringan:

Pasir masuk daerah : Daerah 3

Jenis Pasir : Pasir Agak Halus

**GAMBAR ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS
GRADASI III**



Diperiksa oleh:
Laboran

Yogyakarta, 6 Desember 2022
Dikerjakan oleh:

(.....)

(Iqbal Rizky Permana)

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

Asal Pasir	Progo
Keperluan	Tugas Akhir

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

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat agregat kering oven (W1), gram	500	500	500
Berat agregat kering oven setelah dicuci (W2), gram	491	493	492
Persentase yang lolos ayakan No. 200 [(W1-W2/W1)x100	1,8%	1,4%	1,6%

Diperiksa oleh:
Laboran

Yogyakarta, 6 Desember 2022
Dikerjakan oleh:

(.....)

(Iqbal Rizky Permana)

PEMERIKSAAN BERAT VOLUME GEMBUR AGREGAT HALUS

Asal Pasir	Progo
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian	Hasil Pengukuran
Diameter Silinder	15,01 cm
Tinggi Silinder	30,2 cm

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat tabung (W1), gram	10761	10761	10761
Berat tabung + agregat SSD (W2), gram	17270	17385	17327,5
Berat agregat (W3), gram	6509	6624	6566,5
Volume tabung (V), cm ³	5347,2	5347,2	5347,2
Berat volume gembur (W3/V) gram/cm ³	1,21	1,24	1,228

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Volume Gembur} &= \frac{\text{Berat agregat}}{\text{Volume tabung}} \\
 &= \frac{6566,5}{5347,2} \\
 &= \mathbf{1,228 \text{ gram/cm}^3}
 \end{aligned}$$

Diperiksa oleh:
Laboran

Yogyakarta, 6 Desember 2022
Dikerjakan oleh:

(.....)

(Iqbal Rizky Permana)

**PEMERIKSAAN BERAT VOLUME PADAT AGREGAT
HALUS**

Asal Pasir	Progo
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian	Hasil Pengukuran
Diameter Silinder	15,01 cm
Tinggi Silinder	30,2 cm

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat tabung (W1), gram	10761	10761	10761
Berat tabung + agregat SSD (W2), gram	18477	18512	18494,5
Berat agregat (W3), gram	7716	7751	7733,5
Volume tabung (V), gram	5347,2	5347,2	5347,2
Berat volume padat (W3/V), gram/cm ³	1,443	1,450	1,446

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Volume Padat} &= \frac{\text{Berat agregat}}{\text{Volume tabung}} \\
 &= \frac{7733,5}{5347,2} \\
 &= \mathbf{1,446 \text{ gram/cm}^3}
 \end{aligned}$$

Diperiksa oleh:
Laboran

Yogyakarta, 6 Desember 2022
Dikerjakan oleh:

(.....)

(Iqbal Rizky Permana)

**PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AIRAGREGAT
KASAR
(SNI 03-1970-1990)**

Asal Agregat Kasar	Clereng
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat pasir kering mutlak, gram (Bk)	4870	4857	4863.5
Berat pasir kondisi jenuh kering muka (SSD), gram (Bj)	5000	5000	5000
Berat kerikil dalam air, gram (Ba)	3039	3033	3036
Berat jenis curah (Bk/(Bj-Ba))	2,48	2,47	2,48
Berat jenis kering muka (Bj/(Bj-Ba))	2,55	2,54	2,55
Berat jenis semu, (Bk/(Bk-Ba))	2,66	2,66	2,66
Penyerapan air, ((Bj-Bk)/(Bk x 100))	2,67 %	2,94 %	2,81 %

Diperiksa oleh:
Laboran

Yogyakarta, 6 Desember 2022
Dikerjakan oleh:

(.....)

(Iqbal Rizky Permana)

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

Asal Kerikil	Clereng
Keperluan	Tugas Akhir
Sampel	1

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal(%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40	0	0	0	100
20	18	0,360	0,360	99,640
10	3173	63,536	63,897	36,103
4,8	1570	31,438	95,334	4,666
2,4	163	3,264	98,598	1,402
1,2		0	98,598	1,402
0,6		0	98,598	1,402
0,3		0	98,598	1,402
0,15		0	98,598	1,402
Pan	70	1,401682018		
Jumlah	4994	100	652,5830997	

$$\begin{aligned} \text{Modulus Halus Butir} &= \frac{652.5830997}{100} \\ &= \mathbf{6,52} \end{aligned}$$

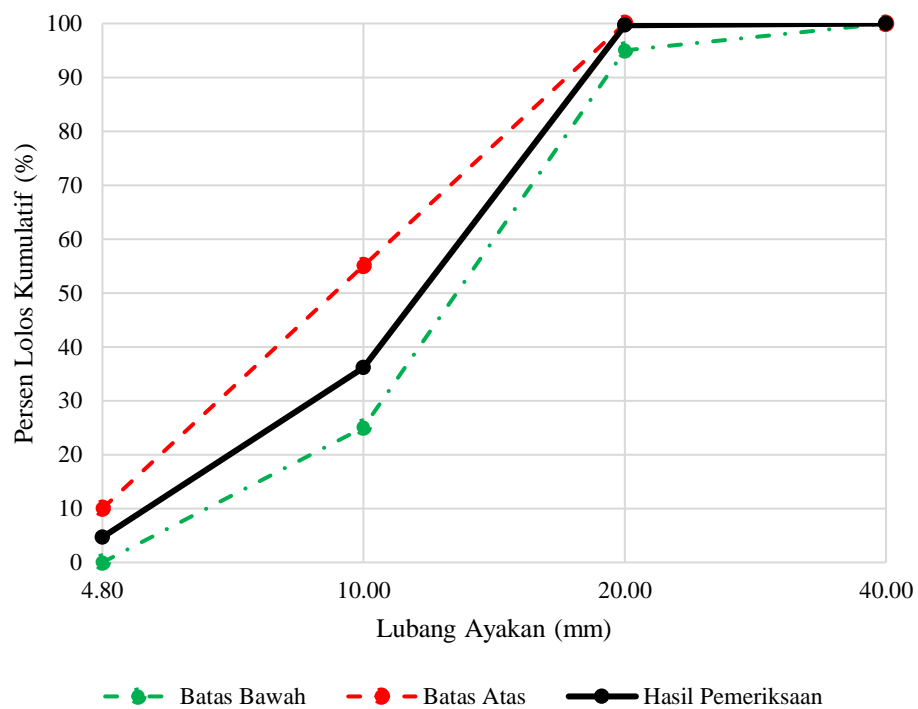
Nilai MHB yang didapatkan adalah sebesar 6,52 dan masih masuk ke dalam syarat yaitu 5 - 8 (SK SNI S-04-1989-F).

Gradasi Agregat Kasar

Lubang Ayakan (mm)	Persen Butiran Agregat yang Lolos Ayakan/Besar Butiran Maksimum	
	40 mm	20 mm
40	95-100	100
20	30-70	95-100
10	10-35	25-55
4,8	0-5	0-10

GAMBAR ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR

Ukuran Maksimum 20mm



Yogyakarta, 6 Desember 2022

Diperiksa oleh:
Laboran

Dikerjakan oleh:

(.....)

(Iqbal Rizky Permana)

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

Asal Kerikil	Clereng
Keperluan	Tugas Akhir
Sampel	2

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40	0	0	0	100
20	20	0,400	0,400	99,600
10	3441	68,834	69,234	30,766
4,8	1384	27,686	96,919	3,081
2,4	92	1,840	98,760	1,240
1,2		0	98,760	1,240
0,6		0	98,760	1,240
0,3		0	98,760	1,240
0,15		0	98,760	1,240
Pan	62	1,240		
Jumlah	4999	100	660,3520704	

$$\begin{aligned} \text{Modulus Halus Butir} &= \frac{660.3520704}{100} \\ &= \mathbf{6,603} \end{aligned}$$

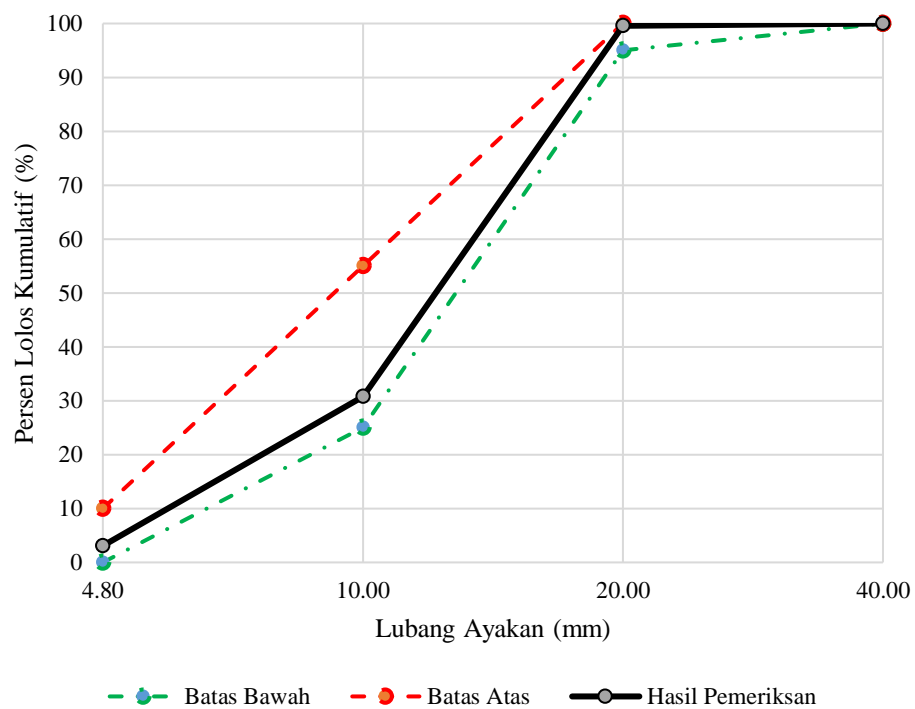
Nilai MHB yang didapatkan adalah sebesar 6,603 dan masih masuk ke dalam syarat yaitu 5 - 8 (SK SNI S-04-1989-F).

Gradasi Agregat Kasar

Lubang Ayakan (mm)	Persen Butiran Agregat yang Lolos Ayakan/Besar Butiran Maksimum	
	40 mm	20 mm
40	95-100	100
20	30-70	95-100
10	10-35	25-55
4,8	0-5	0-10

GAMBAR ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR

Ukuran Maksimum 20 mm



Diperiksa oleh:
Laboran

Yogyakarta, 6 Desember 2022
Dikerjakan oleh:

(.....)

(Iqbal Rizky Permana)

PEMERIKSAAN BERAT VOLUME GEMBUR AGREGAT KASAR

Asal Kerikil	Clereng
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian	Hasil Pengukuran
Diameter Silinder	15 cm
Tinggi Silinder	30,31 cm

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat tabung (W1), gram	10481	10481	10481
Berat tabung + agregat SSD (W2), gram	17350	17368	17359
Berat agregat (W3), gram	6869	6887	6878
Volume tabung (V), cm ³	5356,219	5356,219	5356,219
Berat volume gembur (W3/V) gram/cm ³	1,282	1,286	1,284

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Volume Gembur} &= \frac{\text{Berat agregat}}{\text{Volume tabung}} \\
 &= \frac{6878}{5356.219} \\
 &= \mathbf{1,284 \text{ gram/cm}^3}
 \end{aligned}$$

Diperiksa oleh:
Laboran

Yogyakarta, 6 Desember 2022
Dikerjakan oleh:

(.....)

(Iqbal Rizky Permana)

**PEMERIKSAAN BERAT VOLUME PADAT AGREGAT
KASAR**

Asal Pasir	Clereng
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian	Hasil Pengukuran
Diameter Silinder	15,01 cm
Tinggi Silinder	30,2 cm

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat tabung (W1), gram	10481	10481	10481
Berat tabung + agregat SSD (W2), gram	18467	18482	18474.5
Berat agregat (W3), gram	7986	8001	7993.5
Volume tabung (V), gram	5356,219	5356,219	5356,219
Berat volume padat (W3/V), gram/cm ³	1,491	1,494	1,492

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Volume Padat} &= \frac{\text{Berat agregat}}{\text{Volume tabung}} \\
 &= \frac{7993.5}{5356.219} \\
 &= 1,492 \text{ gram/cm}^3
 \end{aligned}$$

Diperiksa oleh:
Laboran

Yogyakarta, 6 Desember 2022
Dikerjakan oleh:

(.....)

(Iqbal Rizky Permana)

PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AIR ABU BATU

Asal Abu Batu	Berkah Merapi Cangkringan
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat pasir kering mutlak, gram (Bk)	467	466	466.5
Berat pasir kondisi jenuh kering muka (SSD), gram	500	500	500
Berat piknometer berisi pasir dan air, gram (Bt)	1011	1002	1006.5
Berat piknometer berisi air, gram (B)	709	698	703.5
Berat jenis curah ($Bk/(B+500-Bt)$)	2,36	2,38	2,37
Berat jenis kering muka ($500/(B+500-Bt)$)	2,53	2,55	2,54
Berat jenis semu, ($Bk/(B+Bk-Bt)$)	2,83	2,88	2,85
Penyerapan air, ($((500-Bk)/(Bk \times 100))$)	7,07 %	7,30 %	7,18 %

Diperiksa oleh:

Laboran

(.....)

Yogyakarta, 6 Desember 2022

Dikerjakan oleh:

(Iqbal Rizky Permana)

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

Asal Abu Batu	Berkah Merapi Cangkringan
Keperluan	Tugas Akhir
Sampel	1

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40		0	0	100
20		0	0	100
10	0	0	0	100
4,8	3	0,1505	0,1505	99,8495
2,4	287	14,393	14,544	85,456
1,2	495	24,824	39,368	60,632
0,6	357	17,904	57,272	42,728
0,3	267	13,390	70,662	29,338
0,15	231	11,585	82,247	17,753
Pan	354	17,753		
Jumlah	1994	100	264,243	

$$\begin{aligned} \text{Modulus Halus Butir} &= \frac{264,243}{100} \\ &= \mathbf{2,64} \end{aligned}$$

Nilai MHB yang didapatkan adalah sebesar 2,64 dan masih masuk ke dalam syarat yaitu 1,5 - 3,8 (SK SNI S-04-1989-F).

Gradasi Agregat Halus

Lubang Ayakan (mm)	Persen Butir Agregat yang Lolos Agregat			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
10	100	100	100	100
4,8	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

Keterangan:

Daerah I : Pasir Kasar

Daerah II : Pasir Agak Kasar

Daerah III : Pasir Agak Halus

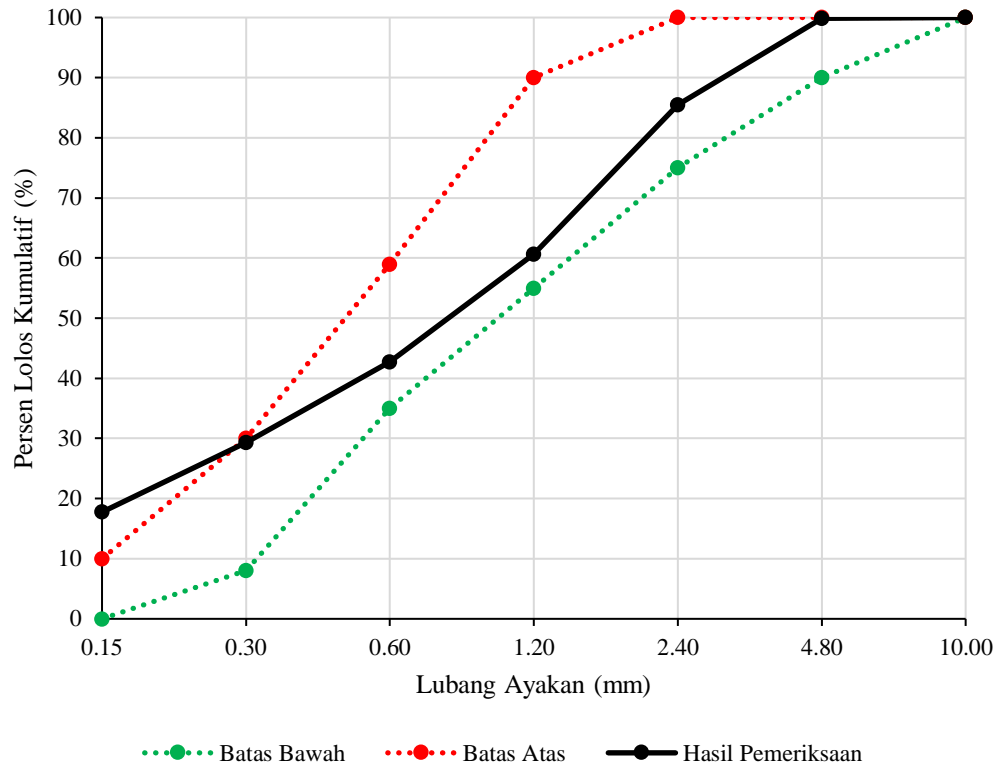
Daerah IV : Pasir Halus

Hasil Analisis Saringan:

Pasir masuk daerah : Daerah 2

Jenis Pasir : Pasir Agak Kasar

**GAMBAR ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS
GRADASI II**



Yogyakarta, 6 Desember 2022

Diperiksa oleh:
Laboran

Dikerjakan oleh:

(.....)

(Iqbal Rizky Permana)

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

Asal Abu Batu	Berkah Merapi Cangkringan
Keperluan	Tugas Akhir
Sampel	2

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40	0	0	0	100
20	0	0	0	100
10	0	0	0	100
4,8	7	0,3509	0,3509	99,6491
2,4	317	15,890	16,241	83,759
1,2	532	26,667	42,907	57,093
0,6	384	19,248	62,155	37,845
0,3	286	14,336	76,491	23,509
0,15	271	13,584	90,075	9,925
Pan	198	9,925		
Jumlah	1995	100	288,221	

$$\begin{aligned} \text{Modulus Halus Butir} &= \frac{288,221}{100} \\ &= 2,88 \end{aligned}$$

Nilai MHB yang didapatkan adalah sebesar 2,88 dan masih masuk ke dalam syarat yaitu 1,5 - 3,8 (SK SNI S-04-1989-F).

Gradasi Agregat Halus

Lubang Ayakan (mm)	Persen Butir Agregat yang Lolos Agregat			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
10	100	100	100	100
4,8	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

Keterangan:

Daerah I : Pasir Kasar

Daerah II : Pasir Agak Kasar

Daerah III : Pasir Agak Halus

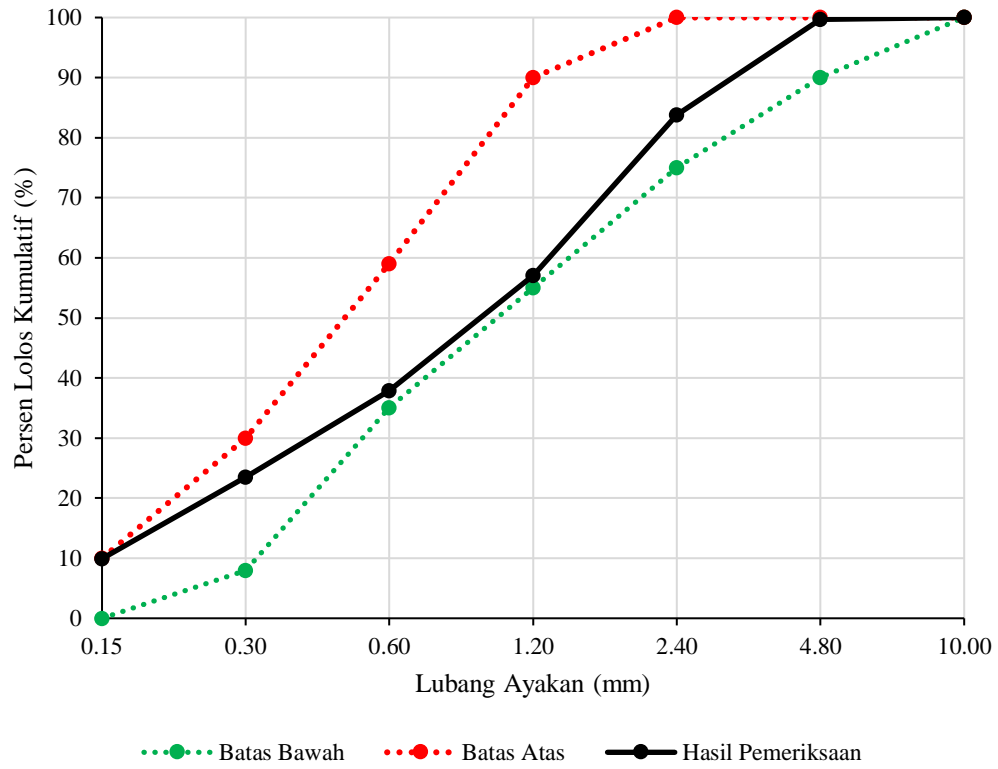
Daerah IV : Pasir Halus

Hasil Analisis Saringan:

Pasir masuk daerah : Daerah 2

Jenis Pasir : Pasir Agak Kasar

**GAMBAR ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS
GRADASI II**



Yogyakarta, 6 Desember 2022

Diperiksa oleh:
Laboran

Dikerjakan oleh:

(.....)

(Iqbal Rizky Permana)

**PEMERIKSAAN BUTIRAN YANG LOLOS AYAKAN NO.200 /
UJIKANDUNGAN LUMPUR DALAM ABU BATU
(SNI 03-4142-1996)**

Asal Abu Batu	Berkah Merapi Cangkringan
Keperluan	Tugas Akhir

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

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat agregat kering oven (W1), gram	500	500	500
Berat agregat kering oven setelah dicuci (W2), gram	473	475	474
Persentase yang lolos ayakan No. 200 [(W1-W2/W1)x100	5,40%	5,00%	5,20%

Diperiksa oleh:
Laboran

Yogyakarta, 6 Desember 2022
Dikerjakan oleh:

(.....)

(Iqbal Rizky Permana)

PEMERIKSAAN BERAT VOLUME GEMBUR AGREGAT HALUS

Asal Abu Batu	Berkah Merapi Cangkringan
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian	Hasil Pengukuran
Diameter Silinder	15,00 cm
Tinggi Silinder	30,31 cm

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat tabung (W1), gram	10481	10481	10481
Berat tabung + agregat SSD (W2), gram	17139	17254	17196,5
Berat agregat (W3), gram	6658	6773	6715,5
Volume tabung (V), cm ³	5356,219	5356,219	5356,219
Berat volume gembur (W3/V) gram/cm ³	1,243	1,265	1,254

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Volume Gembur} &= \frac{\text{Berat agregat}}{\text{Volume tabung}} \\
 &= \frac{6715,5}{5356,219} \\
 &= 1,254 \text{ gram/cm}^3
 \end{aligned}$$

Diperiksa oleh:
Laboran

Yogyakarta, 6 Desember 2022
Dikerjakan oleh:

(.....)

(Iqbal Rizky Permana)

**PEMERIKSAAN BERAT VOLUME PADAT AGREGAT
HALUS**

Asal Pasir	Progo
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian	Hasil Pengukuran
Diameter Silinder	15,00 cm
Tinggi Silinder	30,31 cm

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat tabung (W1), gram	10481	10481	10481
Berat tabung + agregat SSD (W2), gram	18512	18465	18488,5
Berat agregat (W3), gram	8031	7984	8007,5
Volume tabung (V), gram	5356,219	5356,219	5356,219
Berat volume padat (W3/V), gram/cm ³	1,499	1,491	1,495

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Volume Padat} &= \frac{\text{Berat agregat}}{\text{Volume tabung}} \\
 &= \frac{8007,5}{5356,219} \\
 &= \mathbf{1,495 \text{ gram/cm}^3}
 \end{aligned}$$

Diperiksa oleh:
Laboran

Yogyakarta, 6 Desember 2022
Dikerjakan oleh:

(.....)

(Iqbal Rizky Permana)

Lampiran 3 Laporan Sementara Hasil Perencanaan Pencampuran Beton

Formulir Perencanaan Campuran Beton (SNI 2834-2000)			
No	Uraian	Nilai	Satuan
1	Kuat tekan beton yang disyaratkan	25	Mpa
2	Standar Deviasi	-	-
3	Nilai Tambah / Margin (M)	12	Mpa
4	Kuat tekan beton rerata yang ditargetkan	37	Mpa
5	Jenis Semen	Tipe I	
6	Jenis Agregat Kasar	Batu pecah	
	Jenis Agregat Halus	Alami	
7	Faktor air semen bebas (Fas)	0,5	
	Faktor air semen maksimum	0,6	
8	FAS digunakan	0,5	
9	Slump	10 ± 2	cm
10	Ukuran agregat maksimum	20	mm
11	Kadar air bebas	205	kg/m ³
12	Kadar semen	410,00	kg/m ³
13	Kadar semen maksimum	-	kg/m ³
14	Kadar semen minimum	275	kg/m ³
15	Kadar semen digunakan	410,00	kg/m ³
16	Fas disesuaikan	-	
17	Susunan besar butir agregat halus	Gradasi III	
18	Berat jenis agregat kasar (SSD)	2,55	
	Berat jenis agregat halus (SSD)	2,67	
19	Persen Agregat Halus	34,00	%
20	Persen Agregat Kasar	66,00	%
21	Berat jenis relatif agregat gabungan (SSD)	2,59	
22	Berat isi Beton	2335	kg/m ³
23	Kadar agregat gabungan	1720,00	kg/m ³
24	Kadar agregat halus	584,80	kg/m ³
25	Kadar agregat kasar	1135,20	kg/m ³
26	Kadar semen dengan angka penyusutan	492,00	kg/m ³
27	Kadar agregat halus dengan angka penyusutan	701,76	kg/m ³
28	Kadar agregat kasar dengan angka penyusutan	1362,24	kg/m ³
29	Kadar air dengan angka penyusutan	246,00	kg/m ³

Lampiran 4 Laporan sementara Hasil Pemeriksaan Berat Volume Beton

Variasi Kadar abu batu	Variasi Kadar Damde x	Kode benda uji	Nomor Sampel	Diameter (mm)				Tinggi (mm)				Volume (m ³)	Berat (Kg)	Berat Volume (kg/m ³)	Berat Volume Rata Rata (kg/m ³)	
				(1)	(2)	(3)	rata rata	(1)	(2)	(3)	rata rata					
0%	0%	BP1	1	150	150,5	150,25	150,25	301,6	300,75	301,85	301,40	0,00534	12,209	2284,64	2269,59	
			2	150	151,4	151	150,80	303	304	304,2	303,73	0,00542	12,375	2281,18		
			3	149	151,7	151,13	150,61	308	307,5	305	306,83	0,00547	12,430	2273,90		
			4	150	149,6	155,25	151,62	304	307,7	309,7	307,13	0,00555	12,699	2290,12		
			5	152,1	150,5	152,5	151,70	306,1	308,1	308,2	307,47	0,00556	12,572	2262,27		
			6	151,8	153,65	150,5	151,98	307	305,5	305,5	306,00	0,00555	12,518	2254,92		
			7	150	154	154,1	152,70	304	304,7	306,5	305,07	0,00559	12,349	2210,39		
			8	154,25	150	151	151,75	305,5	305,7	304,3	305,17	0,00552	12,569	2277,28		
			9	151	151,9	151,8	151,57	306,4	306,6	305	306,00	0,00552	12,570	2276,76		
			10	148,8	150,5	149,55	149,62	304,15	306,4	305	305,18	0,00537	12,257	2284,41		
	2%	2%	BC1	1	153,4	151,2	151,9	152,17	303,8	303,3	304,4	303,83	0,00553	12,455	2254,13	2264,37
				2	150,5	151	150,7	150,73	305,4	304,5	305,3	305,07	0,00544	12,444	2285,90	
				3	151	151	154,9	152,30	303,9	306,3	309	306,40	0,00558	12,565	2251,04	
				4	150,75	149,9	150	150,22	306	305,8	306,6	306,13	0,00543	12,549	2312,98	
				5	152,8	151,4	150,9	151,70	306,9	307,2	306,8	306,97	0,00555	12,544	2260,91	
				6	153,1	150,2	151,8	151,70	305,6	306,9	306,1	306,20	0,00553	12,330	2227,91	
				7	150,8	152,2	150,5	151,17	304,9	303,9	305,8	304,87	0,00547	12,412	2268,45	
				8	150,4	151,3	154	151,90	305,4	308,2	305,2	306,27	0,00555	12,691	2286,60	
				9	151,6	151,8	151,2	151,53	303,1	305,6	304,9	304,53	0,00549	12,308	2241,02	
10				150,6	151,9	152	151,50	304,7	303,5	304,8	304,33	0,00549	12,370	2254,78		
25%	0%	BP2	1	154,6	151,8	152,2	152,87	305,7	304,2	303	304,30	0,00558	12,255	2194,30	2235,96	

			2	151,4	151	151	151,13	305,2	305,2	306,7	305,70	0,00548	12,323	2247,04	
			3	149,8	152,5	149,8	150,70	302,1	304,3	305,8	304,07	0,00542	12,254	2259,40	
			4	151,6	152,8	150,9	151,77	302,2	302,8	303,7	302,90	0,00548	12,131	2213,88	
			5	149,1	151,3	149,2	149,87	300	300,6	302,8	301,13	0,00531	12,081	2274,28	
			6	151,5	151,3	152,2	151,67	304,7	303,9	303,4	304,00	0,00549	12,477	2271,78	
			7	153,1	152	149,2	151,43	307,2	308,9	308,2	308,10	0,00555	12,761	2299,64	
			8	150,1	151,6	180,8	160,83	308,7	307,9	307,8	308,13	0,00626	12,630	2017,54	
			9	150,1	150,5	151,2	150,60	305,3	305,7	303	304,67	0,00543	12,517	2306,40	
			10	151,3	153,2	151,4	151,97	303,9	303,55	303,3	303,58	0,00551	12,529	2275,37	
			2%	BC2	1	150,1	152,8	152,4	151,77	306,4	302,7	305,7	304,93	0,00552	
2	153,1	151,3			151,7	152,03	302,9	305,7	305,2	304,60	0,00553	12,426	2247,16		
3	152,3	150,1			151	151,13	306,6	305,2	305,1	305,63	0,00548	12,549	2288,75		
4	151,7	153,1			147,3	150,70	303,7	301,2	303,6	302,83	0,00540	12,516	2317,10		
5	150,9	150,5			150,6	150,67	300,4	299,1	300,1	299,87	0,00535	12,174	2277,09		
6	148,9	150,1			151,4	150,13	302,6	302,4	299,1	301,37	0,00534	12,116	2271,01		
7	150,6	151			150,7	150,77	304	309,2	302,2	305,13	0,00545	12,190	2237,76		
8	151,3	152			151	151,43	306,2	307,2	304,5	305,97	0,00551	12,250	2222,95		
9	150,4	151,5			151,3	151,07	306,7	304,9	308,1	306,57	0,00549	12,244	2228,29		
10	149,6	150,1			150,5	150,07	307,7	306,9	308,9	307,83	0,00544	12,257	2251,18		
50%	0%	BP3	1	151,8	151,1	150,1	151,00	302,7	303	307	304,23	0,00545	12,396	2275,26	2241,78
			2	152,8	151,2	150,1	151,37	305	306	305	305,33	0,00549	12,573	2288,31	
			3	148	151,5	152,5	150,67	304,3	303,8	303,3	303,80	0,00542	12,305	2271,80	
			4	150,7	154,4	152,3	152,47	306,5	303,9	307,8	306,07	0,00559	12,399	2218,87	
			5	151,7	151,9	151,7	151,77	305,5	304,5	304,9	304,97	0,00552	12,508	2267,22	
			6	148,7	152,7	152,2	151,20	304,1	303,3	305,6	304,33	0,00546	12,046	2204,45	
			7	150	151,3	149,7	150,33	305,6	304,1	303,2	304,30	0,00540	12,189	2256,66	
			8	152,5	151,6	150,5	151,53	303,7	307,7	304,2	305,20	0,00550	12,262	2227,77	

			9	150,6	151,6	151,7	151,30	307,1	303,9	307,7	306,23	0,00551	12,228	2220,93				
			10	151,7	152,2	153,3	152,40	302,9	303,8	300,9	302,53	0,00552	12,067	2186,58				
			2%	BC3	1	150	151,9	150,4	150,77	306,2	304,6	304,4	305,07	0,00545		12,277	2254,22	2261,04
					2	151,6	150,6	151,3	151,17	304,5	304,6	306,4	305,17	0,00548		12,279	2241,94	
					3	151	152,6	150	151,20	303,3	306,5	306	305,27	0,00548		12,227	2230,73	
					4	151	150	149,4	150,13	304,7	304,8	303,6	304,37	0,00539		12,112	2247,89	
					5	150,8	151,9	151	151,23	306,1	304,1	305,8	305,33	0,00548		12,297	2242,02	
					6	150,9	151	152,5	151,47	307,6	306,9	305,9	306,80	0,00553		12,544	2269,12	
					7	151,8	151,9	150,3	151,33	304,1	303,3	304,1	303,83	0,00547		12,368	2263,11	
					8	150,5	150,5	150,7	150,57	304,8	305,1	305,2	305,03	0,00543		12,461	2294,34	
9	150	150,4			149,5	149,97	303,1	302,5	303,1	302,90	0,00535	12,225	2284,92					
10	150,7	150,7			150,2	150,53	304,3	305,6	303,2	304,37	0,00542	12,362	2282,11					
75%	0%	BP4	1	149,9	151,8	150,6	150,77	304,4	303,3	304,9	304,20	0,00543	12,355	2275,01	2270,10			
			2	151,4	150,6	150,1	150,70	303,9	305,2	306,1	305,07	0,00544	12,379	2274,96				
			3	149,6	151,6	151,2	150,80	305,4	308,8	305,6	306,60	0,00548	12,647	2309,53				
			4	152,1	149,2	149,9	150,40	308	305,6	304,6	306,07	0,00544	12,281	2258,56				
			5	150,4	151,2	149	150,20	304,6	301,7	303,3	303,20	0,00537	12,478	2322,66				
			6	151,8	151,6	151,2	151,53	306,9	305,9	306	306,27	0,00552	12,382	2241,74				
			7	151,6	153,2	149,9	151,57	305,2	306,7	304,2	305,37	0,00551	12,432	2256,43				
			8	152,6	151,7	152,2	152,17	306,9	305,5	307,1	306,50	0,00557	12,522	2246,54				
			9	150,1	150,5	150,6	150,40	300,3	304	302,1	302,13	0,00537	12,245	2281,26				
			10	151,5	150,5	152,7	151,57	308,4	305,9	305	306,43	0,00553	12,353	2234,29				
	2%	BC4	1	150	150,5	150,4	150,30	305,8	305,9	306,1	305,93	0,00543	12,463	2296,08	2276,76			
			2	152,7	151,9	151,8	152,13	304,4	303	302,2	303,20	0,00551	12,430	2255,29				
			3	151	152,2	149,1	150,77	304,1	304,1	304,4	304,20	0,00543	12,504	2302,44				
			4	151,9	151,2	151,9	151,67	307	309,2	306,8	307,67	0,00556	12,494	2247,76				
			5	152,3	150,6	153,4	152,10	306,1	302,9	305,8	304,93	0,00554	12,303	2220,54				

			6	150	149,1	151,2	150,10	301,4	303	305,3	303,23	0,00537	12,452	2320,66	
			7	151	149,3	150,3	150,20	304,7	306,2	306,9	305,93	0,00542	12,449	2296,56	
			8	153,3	149,2	150,3	150,93	303,5	304,9	303,5	303,97	0,00544	12,452	2289,56	
			9	149,7	151,3	151,9	150,97	305	305,6	304	304,87	0,00546	12,371	2266,95	
			10	149,6	152,5	151,2	151,10	304,7	302,2	302,4	303,10	0,00544	12,347	2271,73	
100%	0%	BP5	1	150,9	152,1	151,5	151,50	304,9	306,4	304,7	305,33	0,00550	12,316	2237,59	2227,28
			2	150,4	150,2	150,8	150,47	307,2	305,4	306,3	306,30	0,00545	12,349	2267,33	
			3	151,4	151,1	151,5	151,33	307,8	305,9	305	306,23	0,00551	12,321	2236,84	
			4	150,2	151,8	150,2	150,73	302,9	303,5	303,8	303,40	0,00541	12,317	2275,00	
			5	152,4	152,5	152,1	152,33	306,8	304,8	304,9	305,50	0,00557	12,276	2204,78	
			6	152,9	151	151,3	151,73	302,8	301,3	303,4	302,50	0,00547	12,101	2212,30	
			7	154,6	150,5	147	150,70	299,5	303,2	303,4	302,03	0,00539	12,112	2248,25	
			8	150,8	151,1	151,3	151,07	306,8	302,8	304,9	304,83	0,00546	12,045	2204,54	
			9	150,7	150,8	157,7	153,07	302,4	303,6	303,1	303,03	0,00558	12,105	2170,82	
			10	148,4	152,3	152,5	151,07	303,5	307	300,9	303,80	0,00545	12,063	2215,34	
	2%	BC5	1	153,9	151,9	153,7	153,17	304	301,7	303,4	303,03	0,00558	11,931	2136,82	2250,79
			2	150,1	150,9	151,2	150,73	302,8	305,8	299,1	302,57	0,00540	12,095	2240,15	
			3	150,6	150	151,5	150,70	302,5	301,1	302,3	301,97	0,00539	11,910	2211,24	
			4	149,5	150,6	150,5	150,20	303,8	306	303	304,27	0,00539	12,101	2244,59	
			5	150,7	150,7	149,2	150,20	302,8	302,9	303,8	303,17	0,00537	11,993	2232,63	
			6	151,1	151,9	151	151,33	305,1	305	303,6	304,57	0,00548	12,606	2301,10	
			7	149,4	151,4	151,2	150,67	301,2	308,5	304,6	304,77	0,00543	12,427	2287,04	
			8	151,1	149,1	151,6	150,60	308,3	307,5	307,5	307,77	0,00548	12,687	2314,18	
			9	151	151,4	150,2	150,87	305,8	305,8	307	306,20	0,00547	12,475	2279,08	
			10	150	152	150	150,67	305,3	302,7	304,9	304,30	0,00543	12,267	2261,06	

Lampiran 5 Laporan Sementara Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Variasi Kadar abu batu	Variasi Kadar Damdex	Kode benda uji	Nomor Sampel	Diameter (mm)	Luas Permukaan (m ²)	Beban Maksimum (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Rata rata (MPa)
0%	0%	BP1	1	150,25	17730,41	530	29,892	28,701
			2	150,80	17860,46	520	29,115	
			3	150,61	17815,48	460	25,820	
			4	151,62	18054,43	490	27,140	
			5	151,70	18074,28	570	31,537	
	2%	BC1	1	152,17	18185,65	480	26,394	29,888
			2	150,73	17844,67	600	33,623	
			3	152,30	18217,54	500	27,446	
			4	150,22	17722,55	320		
			5	151,70	18074,28	580	32,090	
25%	0%	BP2	1	152,87	18353,36	540	29,422	29,048
			2	151,13	17939,5	360		
			3	150,70	17836,78	540	30,275	
			4	151,77	18090,17	540	29,850	
			5	149,87	17640,06	470	26,644	
	2%	BC2	1	151,77	18090,17	540	29,850	32,174
			2	152,03	18153,8	580	31,949	
			3	151,13	17939,5	560	31,216	
			4	150,70	17836,78	600	33,638	
			5	150,67	17828,89	610	34,214	
50%	0%	BP3	1	151,00	17907,86	500	27,921	25,752
			2	151,37	17994,94	410	22,784	
			3	150,67	17828,89	420	23,557	
			4	152,47	18257,43	350		
			5	151,77	18090,17	520	28,745	
	2%	BC3	1	150,77	17852,56	520	29,127	26,514
			2	151,17	17947,42	430	23,959	
			3	151,20	17955,33	400	22,278	
			4	150,13	17702,89	520	29,374	
			5	151,23	17963,25	500	27,835	
75%	0%	BP4	1	150,77	17852,56	400	22,406	25,493
			2	150,70	17836,78	510	28,593	
			3	150,80	17860,46	490	27,435	
			4	150,40	17765,83	470	26,455	
			5	150,20	17718,61	400	22,575	
	0%	BC4	1	150,30	17742,22	550	31,000	26,329
			2	152,13	18177,69	340		
			3	150,77	17852,56	430	24,086	
			4	151,67	18066,34	470	26,015	
			5	152,10	18169,72	440	24,216	
100%	0%	BP5	1	151,50	18026,65	430	23,854	24,626

			2	150,47	17781,59	470	26,432	
			3	151,33	17987,01	350		
			4	150,73	17844,67	350		
			5	152,33	18225,51	430	23,593	
	0%	BC5	1	153,17	18425,46	500	27,136	25,338
			2	150,73	17844,67	430	24,097	
			3	150,70	17836,78	460	25,789	
			4	150,20	17718,61	410	23,140	
			5	150,20	17718,61	470	26,526	

Lampiran 6 Laporan Sementara Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Beton

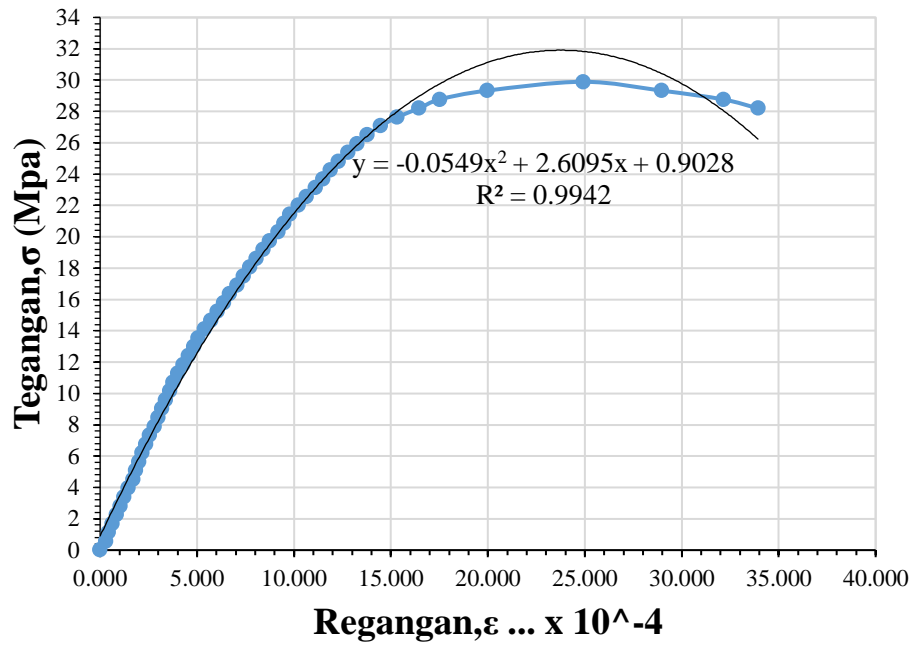
Modulus Elastisitas Beton BP1-Sampel 1

Data Sampel		
Kadar Abu Batu	0	%
Kadar Damdex	0	%
Mutu Beton Rencana	25	MPa
Mutu Beton Hasil Uji	29,892	MPa
Diameter	150,25	mm
Tinggi	301,4	mm
Luas	17730,41263	mm ²
Lo	200	mm

Beban		Pembacaan Dial (x 10 ⁻³)	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL) (mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$) (mm)	Tegangan (P/A) (MPa)
KN	N				
0	0	0	0	0	0,0000
10	10000	11,5	0,0057500	0,0000288	0,5640
20	20000	17,5	0,0087500	0,0000438	1,1280
30	30000	25	0,0125000	0,0000625	1,6920
40	40000	34	0,0170000	0,0000850	2,2560
50	50000	41,5	0,0207500	0,0001038	2,8200
60	60000	49,5	0,0247500	0,0001238	3,3840
70	70000	58	0,0290000	0,0001450	3,9480
80	80000	67,5	0,0337500	0,0001688	4,5120
90	90000	73,5	0,0367500	0,0001838	5,0760
100	100000	80	0,0400000	0,0002000	5,6400
110	110000	86,9	0,0434500	0,0002173	6,2040
120	120000	94,1	0,0470500	0,0002353	6,7680
130	130000	102,4	0,0512000	0,0002560	7,3320
140	140000	112	0,0560000	0,0002800	7,8960
150	150000	119,2	0,0596000	0,0002980	8,4600
160	160000	127,1	0,0635500	0,0003178	9,0240
170	170000	135,4	0,0677000	0,0003385	9,5880
180	180000	143,5	0,0717500	0,0003588	10,1520
190	190000	151	0,0755000	0,0003775	10,7161
200	200000	160,1	0,0800500	0,0004003	11,2801
210	210000	170,9	0,0854500	0,0004273	11,8441
220	220000	182,4	0,0912000	0,0004560	12,4081
230	230000	193,4	0,0967000	0,0004835	12,9721
240	240000	202,4	0,1012000	0,0005060	13,5361

Beban		Pembacaan Dial (x 10 ⁻³)	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL) (mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$) (mm)	Tegangan (P/A) (MPa)
KN	N				
250	250000	214,9	0,1074500	0,0005373	14,1001
260	260000	228,4	0,1142000	0,0005710	14,6641
270	270000	241,4	0,1207000	0,0006035	15,2281
280	280000	255,3	0,1276500	0,0006383	15,7921
290	290000	267,3	0,1336500	0,0006683	16,3561
300	300000	282,3	0,1411500	0,0007058	16,9201
310	310000	295,8	0,1479000	0,0007395	17,4841
320	320000	308,8	0,1544000	0,0007720	18,0481
330	330000	322,6	0,1613000	0,0008065	18,6121
340	340000	336,3	0,1681500	0,0008408	19,1761
350	350000	350,1	0,1750500	0,0008753	19,7401
360	360000	367,4	0,1837000	0,0009185	20,3041
370	370000	379,7	0,1898500	0,0009493	20,8681
380	380000	391,6	0,1958000	0,0009790	21,4321
390	390000	408,6	0,2043000	0,0010215	21,9961
400	400000	425,3	0,2126500	0,0010633	22,5601
410	410000	444,7	0,2223500	0,0011118	23,1241
420	420000	460,2	0,2301000	0,0011505	23,6881
430	430000	475,3	0,2376500	0,0011883	24,2521
440	440000	491,3	0,2456500	0,0012283	24,8161
450	450000	511,8	0,2559000	0,0012795	25,3801
460	460000	530,3	0,2651500	0,0013258	25,9441
470	470000	551,4	0,2757000	0,0013785	26,5081
480	480000	578,9	0,2894500	0,0014473	27,0721
490	490000	612,9	0,3064500	0,0015323	27,6361
500	500000	658,1	0,3290500	0,0016453	28,2001
510	510000	700,3	0,3501500	0,0017508	28,7641
520	520000	798,5	0,3992500	0,0019963	29,3281
530	530000	996,7	0,4983500	0,0024918	29,8921
520	520000	1158,3	0,5791500	0,0028958	29,3281
510	510000	1285,7	0,6428500	0,0032143	28,7641
500	500000	1357,2	0,6786000	0,0033930	28,2001

Grafik Modulus Elastisitas Beton BP1-Sampel 1



Modulus Elastisitas	
E uji	23962,224
E Teoritis	25696,642
E uji/ E teoritis	7,24%

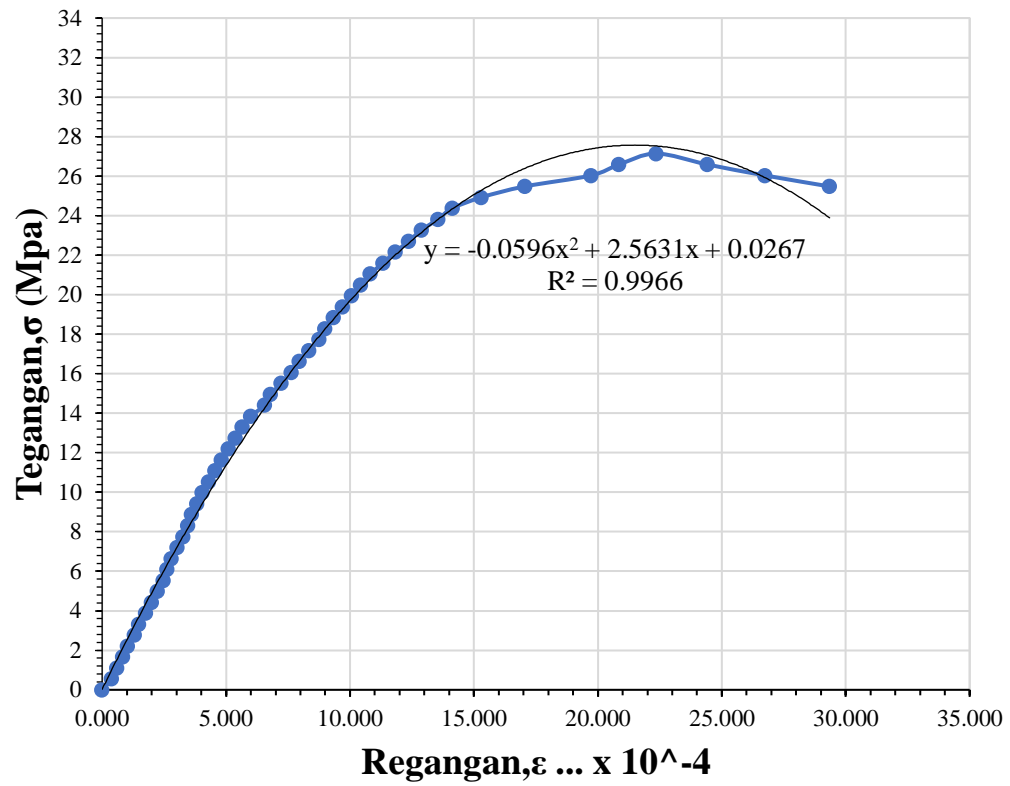
Modulus Elastisitas Beton BP1-Sampel 4

Data Sampel		
Kadar Abu Batu	0	%
Kadar Damdex	0	%
Mutu Beton Rencana	25	MPa
Mutu Beton Hasil Uji	27,140	MPa
Diameter	151,62	mm
Tinggi	307,47	mm
Luas	18055,22338	mm ²
Lo	200	mm

Beban		Pembacaan Dial (x 10 ⁻³)	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL) (mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$) (mm)	Tegangan (P/A) (MPa)
KN	N				
0	0	0	0	0	0,0000
10	10000	15,5	0,00775	0,00003875	0,5539
20	20000	24	0,012	0,00006	1,1077
30	30000	33	0,0165	0,0000825	1,6616
40	40000	41,5	0,02075	0,00010375	2,2154
50	50000	52	0,026	0,00013	2,7693
60	60000	59	0,0295	0,0001475	3,3231
70	70000	70	0,035	0,000175	3,8770
80	80000	80	0,04	0,0002	4,4309
90	90000	88,9	0,04445	0,00022225	4,9847
100	100000	98,4	0,0492	0,000246	5,5386
110	110000	105	0,0525	0,0002625	6,0924
120	120000	112	0,056	0,00028	6,6463
130	130000	121	0,0605	0,0003025	7,2001
140	140000	131	0,0655	0,0003275	7,7540
150	150000	138	0,069	0,000345	8,3078
160	160000	144	0,072	0,00036	8,8617
170	170000	153	0,0765	0,0003825	9,4156
180	180000	162	0,081	0,000405	9,9694
190	190000	172	0,086	0,00043	10,5233
200	200000	182	0,091	0,000455	11,0771
210	210000	193	0,0965	0,0004825	11,6310
220	220000	204	0,102	0,00051	12,1848
230	230000	215	0,1075	0,0005375	12,7387
240	240000	226	0,113	0,000565	13,2926
250	250000	240	0,12	0,0006	13,8464

Beban		Pembacaan Dial (x 10 ⁻³)	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL) (mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$) (mm)	Tegangan (P/A) (MPa)
KN	N				
260	260000	262	0,131	0,000655	14,4003
270	270000	272	0,136	0,00068	14,9541
280	280000	289	0,1445	0,0007225	15,5080
290	290000	305	0,1525	0,0007625	16,0618
300	300000	318	0,159	0,000795	16,6157
310	310000	334	0,167	0,000835	17,1695
320	320000	350	0,175	0,000875	17,7234
330	330000	360	0,18	0,0009	18,2773
340	340000	373	0,1865	0,0009325	18,8311
350	350000	388	0,194	0,00097	19,3850
360	360000	403	0,2015	0,0010075	19,9388
370	370000	417	0,2085	0,0010425	20,4927
380	380000	433	0,2165	0,0010825	21,0465
390	390000	453	0,2265	0,0011325	21,6004
400	400000	473	0,2365	0,0011825	22,1543
410	410000	495	0,2475	0,0012375	22,7081
420	420000	515	0,2575	0,0012875	23,2620
430	430000	542	0,271	0,001355	23,8158
440	440000	565	0,2825	0,0014125	24,3697
450	450000	612	0,306	0,00153	24,9235
460	460000	682	0,341	0,001705	25,4774
470	470000	789	0,3945	0,0019725	26,0312
480	480000	834	0,417	0,002085	26,5851
490	490000	894	0,447	0,002235	27,1390
480	480000	977	0,4885	0,0024425	26,5851
470	470000	1070	0,535	0,002675	26,0312
460	460000	1174	0,587	0,002935	25,4774

Grafik Modulus Elastisitas Beton BP1-Sampel 4



Modulus Elastisitas	
E uji	23320,299
E Teoritis	24485,220
E uji/ E teoritis	5%

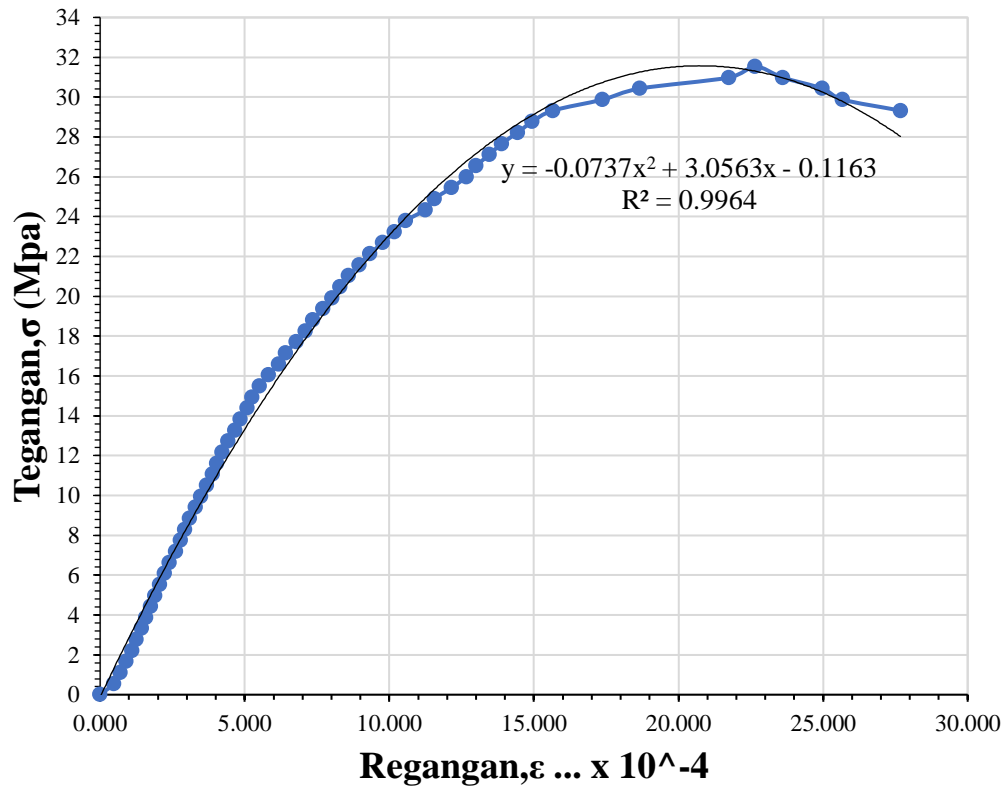
Modulus Elastisitas Beton BP1-Sampel 5

Data Sampel		
Kadar Abu Batu	0	%
Kadar Damdex	0	%
Mutu Beton Rencana	25	MPa
Mutu Beton Hasil Uji	31,5365	MPa
Diameter	151,7	mm
Tinggi	307,47	mm
Luas	18074,28154	mm ²
Lo	200	mm

Beban		Pembacaan Dial (x10⁻³)	ΔL Sebenarnya (1/2ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
0	0	0	0	0	0,0000
10	10000	19	0,0095	0,0000475	0,5533
20	20000	27,5	0,01375	0,00006875	1,1065
30	30000	36	0,018	0,00009	1,6598
40	40000	44	0,022	0,00011	2,2131
50	50000	50	0,025	0,000125	2,7664
60	60000	57	0,0285	0,0001425	3,3196
70	70000	63	0,0315	0,0001575	3,8729
80	80000	70	0,035	0,000175	4,4262
90	90000	76	0,038	0,00019	4,9795
100	100000	82,4	0,0412	0,000206	5,5327
110	110000	89,4	0,0447	0,0002235	6,0860
120	120000	95,6	0,0478	0,000239	6,6393
130	130000	104,3	0,05215	0,00026075	7,1925
140	140000	111,4	0,0557	0,0002785	7,7458
150	150000	117,4	0,0587	0,0002935	8,2991
160	160000	123,9	0,06195	0,00030975	8,8524
170	170000	131,9	0,06595	0,00032975	9,4056
180	180000	139	0,0695	0,0003475	9,9589
190	190000	147,1	0,07355	0,00036775	10,5122
200	200000	155,2	0,0776	0,000388	11,0654
210	210000	161,2	0,0806	0,000403	11,6187
220	220000	168,9	0,08445	0,00042225	12,1720
230	230000	176,9	0,08845	0,00044225	12,7253
240	240000	186,4	0,0932	0,000466	13,2785
250	250000	194,2	0,0971	0,0004855	13,8318

Beban		Pembacaan Dial (x10 ⁻³)	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
260	260000	203,3	0,10165	0,00050825	14,3851
270	270000	209,9	0,10495	0,00052475	14,9384
280	280000	220,1	0,11005	0,00055025	15,4916
290	290000	232,8	0,1164	0,000582	16,0449
300	300000	246,9	0,12345	0,00061725	16,5982
310	310000	256,3	0,12815	0,00064075	17,1514
320	320000	271,3	0,13565	0,00067825	17,7047
330	330000	283,5	0,14175	0,00070875	18,2580
340	340000	294,3	0,14715	0,00073575	18,8113
350	350000	308,4	0,1542	0,000771	19,3645
360	360000	320,4	0,1602	0,000801	19,9178
370	370000	331,7	0,16585	0,00082925	20,4711
380	380000	343,8	0,1719	0,0008595	21,0243
390	390000	358,1	0,17905	0,00089525	21,5776
400	400000	372,8	0,1864	0,000932	22,1309
410	410000	390,8	0,1954	0,000977	22,6842
420	420000	406,8	0,2034	0,001017	23,2374
430	430000	422,5	0,21125	0,00105625	23,7907
440	440000	449,7	0,22485	0,00112425	24,3440
450	450000	462,3	0,23115	0,00115575	24,8973
460	460000	486,2	0,2431	0,0012155	25,4505
470	470000	506,7	0,25335	0,00126675	26,0038
480	480000	520,3	0,26015	0,00130075	26,5571
490	490000	538,3	0,26915	0,00134575	27,1103
500	500000	555,3	0,27765	0,00138825	27,6636
510	510000	577,4	0,2887	0,0014435	28,2169
520	520000	597,6	0,2988	0,001494	28,7702
530	530000	626,3	0,31315	0,00156575	29,3234
540	540000	695,2	0,3476	0,001738	29,8767
550	550000	746,5	0,37325	0,00186625	30,4300
560	560000	869,6	0,4348	0,002174	30,9833
570	570000	906	0,453	0,002265	31,5365
560	560000	944	0,472	0,00236	30,9833
550	550000	999	0,4995	0,0024975	30,4300
540	540000	1027	0,5135	0,0025675	29,8767
530	530000	1107	0,5535	0,0027675	29,3234

Grafik Modulus Elastisitas Beton BP1-Sampel 5



Modulus Elastisitas	
E uji	29196,485
E Teoritis	26393,973
E uji/ E teoritis	9,6%

Modulus Elastisitas Beton BC1-Sampel 2

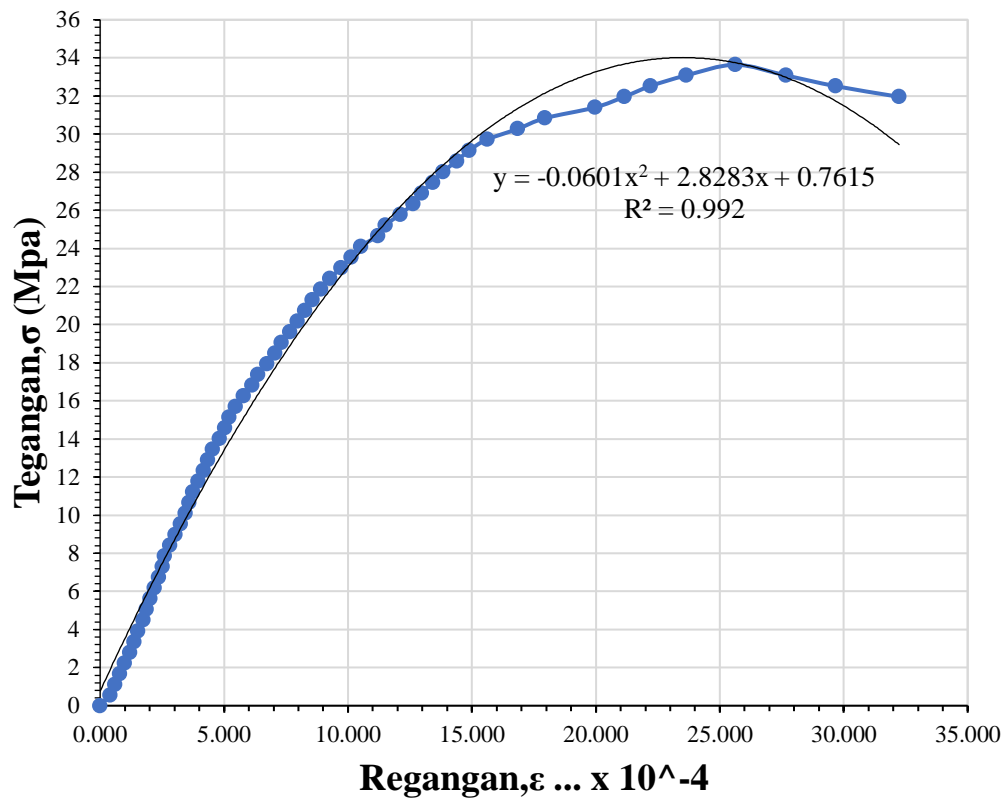
Data Sampel		
Kadar Abu Batu	0	%
Kadar Damdex	2	%
Mutu Beton Rencana	25	MPa
Mutu Beton Hasil Uji	32,51709	MPa
Diameter	150,7	mm
Tinggi	305,07	mm
Luas	17836,77714	mm ²
Lo	200	mm

Beban		Pembacaan Dial (x10 ⁻³)	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
0	0	0	0	0	0,0000
10	10000	16	0,008	0,00004	0,5606
20	20000	23,5	0,01175	0,00005875	1,1213
30	30000	31,5	0,01575	0,00007875	1,6819
40	40000	39,5	0,01975	0,00009875	2,2426
50	50000	48	0,024	0,00012	2,8032
60	60000	54,5	0,02725	0,00013625	3,3638
70	70000	61	0,0305	0,0001525	3,9245
80	80000	69,5	0,03475	0,00017375	4,4851
90	90000	74,5	0,03725	0,00018625	5,0458
100	100000	80,4	0,0402	0,000201	5,6064
110	110000	87,7	0,04385	0,00021925	6,1670
120	120000	94,3	0,04715	0,00023575	6,7277
130	130000	100,2	0,0501	0,0002505	7,2883
140	140000	104,3	0,05215	0,00026075	7,8490
150	150000	112,7	0,05635	0,00028175	8,4096
160	160000	121	0,0605	0,0003025	8,9702
170	170000	129,7	0,06485	0,00032425	9,5309
180	180000	137,9	0,06895	0,00034475	10,0915
190	190000	143,9	0,07195	0,00035975	10,6521
200	200000	149,6	0,0748	0,000374	11,2128
210	210000	157,9	0,07895	0,00039475	11,7734
220	220000	166,7	0,08335	0,00041675	12,3341
230	230000	173,8	0,0869	0,0004345	12,8947
240	240000	181,4	0,0907	0,0004535	13,4553
250	250000	192,4	0,0962	0,000481	14,0160

Beban		Pembacaan Dial (x10 ⁻³)	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
260	260000	201,5	0,10075	0,00050375	14,5766
270	270000	208,1	0,10405	0,00052025	15,1373
280	280000	218,3	0,10915	0,00054575	15,6979
290	290000	231	0,1155	0,0005775	16,2585
300	300000	245,1	0,12255	0,00061275	16,8192
310	310000	254,5	0,12725	0,00063625	17,3798
320	320000	269,5	0,13475	0,00067375	17,9405
330	330000	281,7	0,14085	0,00070425	18,5011
340	340000	292,5	0,14625	0,00073125	19,0617
350	350000	306,6	0,1533	0,0007665	19,6224
360	360000	318,6	0,1593	0,0007965	20,1830
370	370000	329,9	0,16495	0,00082475	20,7437
380	380000	342	0,171	0,000855	21,3043
390	390000	356,3	0,17815	0,00089075	21,8649
400	400000	371	0,1855	0,0009275	22,4256
410	410000	389	0,1945	0,0009725	22,9862
420	420000	405	0,2025	0,0010125	23,5469
430	430000	420,7	0,21035	0,00105175	24,1075
440	440000	447,9	0,22395	0,00111975	24,6681
450	450000	460,5	0,23025	0,00115125	25,2288
460	460000	484,4	0,2422	0,001211	25,7894
470	470000	504,9	0,25245	0,00126225	26,3501
480	480000	518,5	0,25925	0,00129625	26,9107
490	490000	536,5	0,26825	0,00134125	27,4713
500	500000	553,5	0,27675	0,00138375	28,0320
510	510000	575,6	0,2878	0,001439	28,5926
520	520000	595,8	0,2979	0,0014895	29,1532
530	530000	624,5	0,31225	0,00156125	29,7139
540	540000	673,9	0,33695	0,00168475	30,2745
550	550000	717,8	0,3589	0,0017945	30,8352
560	560000	798,2	0,3991	0,0019955	31,3958
570	570000	845,7	0,42285	0,00211425	31,9564
580	580000	887,8	0,4439	0,0022195	32,5171
590	590000	945,7	0,47285	0,00236425	33,0777
600	600000	1025,2	0,5126	0,002563	33,6384
590	590000	1106,7	0,55335	0,00276675	33,0777

Beban		Pembacaan Dial (x10 ⁻³)	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
580	580000	1186,8	0,5934	0,002967	32,5171
570	570000	1289,3	0,64465	0,00322325	31,9564

Grafik Modulus Elastisitas Beton BC1- Sampel 2



Modulus Elastisitas	
E uji	29913,364
E Teoritis	27253,209
E uji/ E teoritis	8,89%

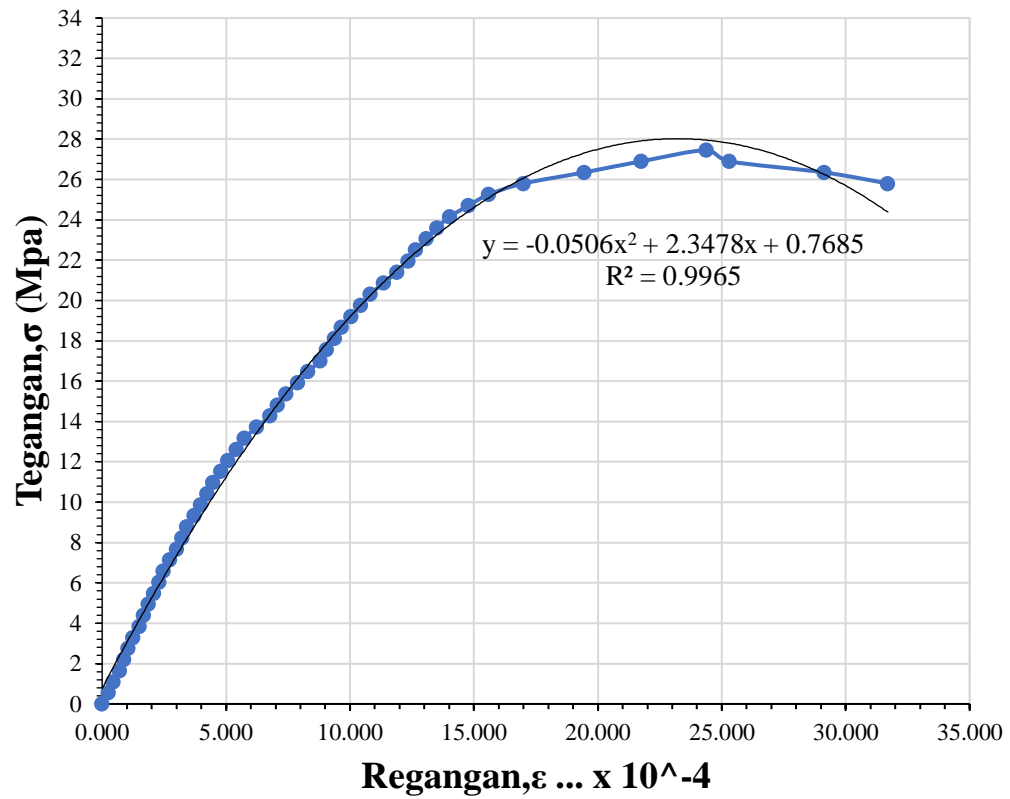
Modulus Elastisitas Beton BC1-Sampel 3

Data Sampel		
Kadar Abu Batu	0	%
Kadar Damdex	2	%
Mutu Beton Rencana	25	MPa
Mutu Beton Hasil Uji	27,4461	MPa
Diameter	152,3	mm
Tinggi	306,4	mm
Luas	18217,53817	mm ²
Lo	200	mm

Beban		Pembacaan Dial (x10 ⁻³)	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
0	0	0	0	0	0,0000
10	10000	10	0,005	0,000025	0,5489
20	20000	17,5	0,00875	0,00004375	1,0978
30	30000	28	0,014	0,00007	1,6468
40	40000	35	0,0175	0,0000875	2,1957
50	50000	42	0,021	0,000105	2,7446
60	60000	50	0,025	0,000125	3,2935
70	70000	60	0,03	0,00015	3,8425
80	80000	67	0,0335	0,0001675	4,3914
90	90000	75	0,0375	0,0001875	4,9403
100	100000	83	0,0415	0,0002075	5,4892
110	110000	92	0,046	0,00023	6,0381
120	120000	99	0,0495	0,0002475	6,5871
130	130000	109	0,0545	0,0002725	7,1360
140	140000	120	0,06	0,0003	7,6849
150	150000	129	0,0645	0,0003225	8,2338
160	160000	137	0,0685	0,0003425	8,7827
170	170000	149	0,0745	0,0003725	9,3317
180	180000	159	0,0795	0,0003975	9,8806
190	190000	169	0,0845	0,0004225	10,4295
200	200000	179	0,0895	0,0004475	10,9784
210	210000	192	0,096	0,00048	11,5274
220	220000	203	0,1015	0,0005075	12,0763
230	230000	217	0,1085	0,0005425	12,6252
240	240000	230	0,115	0,000575	13,1741
250	250000	249	0,1245	0,0006225	13,7230

Beban		Pembacaan Dial (x10 ⁻³)	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
260	260000	271	0,1355	0,0006775	14,2720
270	270000	283	0,1415	0,0007075	14,8209
280	280000	297	0,1485	0,0007425	15,3698
290	290000	316	0,158	0,00079	15,9187
300	300000	332	0,166	0,00083	16,4676
310	310000	352	0,176	0,00088	17,0166
320	320000	362	0,181	0,000905	17,5655
330	330000	375	0,1875	0,0009375	18,1144
340	340000	386	0,193	0,000965	18,6633
350	350000	402	0,201	0,001005	19,2123
360	360000	417	0,2085	0,0010425	19,7612
370	370000	433	0,2165	0,0010825	20,3101
380	380000	454	0,227	0,001135	20,8590
390	390000	476	0,238	0,00119	21,4079
400	400000	494	0,247	0,001235	21,9569
410	410000	506	0,253	0,001265	22,5058
420	420000	523	0,2615	0,0013075	23,0547
430	430000	540	0,27	0,00135	23,6036
440	440000	561	0,2805	0,0014025	24,1525
450	450000	591	0,2955	0,0014775	24,7015
460	460000	624	0,312	0,00156	25,2504
470	470000	680	0,34	0,0017	25,7993
480	480000	778	0,389	0,001945	26,3482
490	490000	870	0,435	0,002175	26,8972
500	500000	975	0,4875	0,0024375	27,4461
490	490000	1012	0,506	0,00253	26,8972
480	480000	1165	0,5825	0,0029125	26,3482
470	470000	1268	0,634	0,00317	25,7993

Grafik Modulus Elastisitas Beton BC1-Sampel 3



Modulus Elastisitas	
E uji	21994,284
E Teoritis	24622,833
E uji/ E teoritis	11,9%

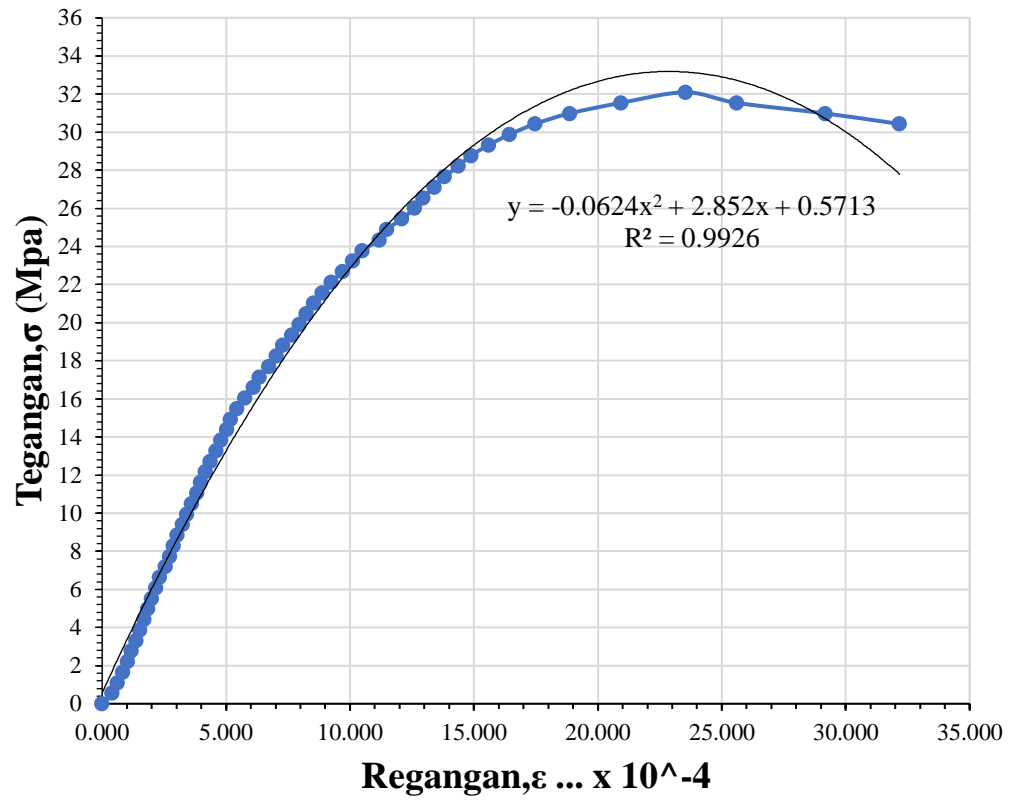
Modulus Elastisitas Beton BC1-Sampel 5

Data Sampel		
Kadar Abu Batu	0	%
Kadar Damdex	2	%
Mutu Beton Rencana	25	MPa
Mutu Beton Hasil Uji	32,0898	MPa
Diameter	151,7	mm
Tinggi	306,97	mm
Luas	18074,28154	mm ²
Lo	200	mm

Beban		Pembacaan Dial (x10 ⁻³)	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
0	0	0	0	0	0,0000
10	10000	16,5	0,00825	0,00004125	0,5533
20	20000	25	0,0125	0,0000625	1,1065
30	30000	33,5	0,01675	0,00008375	1,6598
40	40000	41,5	0,02075	0,00010375	2,2131
50	50000	47,5	0,02375	0,00011875	2,7664
60	60000	54,5	0,02725	0,00013625	3,3196
70	70000	60,5	0,03025	0,00015125	3,8729
80	80000	67,5	0,03375	0,00016875	4,4262
90	90000	73,5	0,03675	0,00018375	4,9795
100	100000	79,9	0,03995	0,00019975	5,5327
110	110000	86,9	0,04345	0,00021725	6,0860
120	120000	93,1	0,04655	0,00023275	6,6393
130	130000	101,8	0,0509	0,0002545	7,1925
140	140000	108,9	0,05445	0,00027225	7,7458
150	150000	114,9	0,05745	0,00028725	8,2991
160	160000	121,4	0,0607	0,0003035	8,8524
170	170000	129,4	0,0647	0,0003235	9,4056
180	180000	136,5	0,06825	0,00034125	9,9589
190	190000	144,6	0,0723	0,0003615	10,5122
200	200000	152,7	0,07635	0,00038175	11,0654
210	210000	158,7	0,07935	0,00039675	11,6187
220	220000	166,4	0,0832	0,000416	12,1720
230	230000	174,4	0,0872	0,000436	12,7253
240	240000	183,9	0,09195	0,00045975	13,2785
250	250000	191,7	0,09585	0,00047925	13,8318

Beban		Pembacaan Dial ($\times 10^{-3}$)	ΔL Sebenarnya ($1/2\Delta L$)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
260	260000	200,8	0,1004	0,000502	14,3851
270	270000	207,4	0,1037	0,0005185	14,9384
280	280000	217,6	0,1088	0,000544	15,4916
290	290000	230,3	0,11515	0,00057575	16,0449
300	300000	244,4	0,1222	0,000611	16,5982
310	310000	253,8	0,1269	0,0006345	17,1514
320	320000	268,8	0,1344	0,000672	17,7047
330	330000	281	0,1405	0,0007025	18,2580
340	340000	291,8	0,1459	0,0007295	18,8113
350	350000	305,9	0,15295	0,00076475	19,3645
360	360000	317,9	0,15895	0,00079475	19,9178
370	370000	329,2	0,1646	0,000823	20,4711
380	380000	341,3	0,17065	0,00085325	21,0243
390	390000	355,6	0,1778	0,000889	21,5776
400	400000	370,3	0,18515	0,00092575	22,1309
410	410000	388,3	0,19415	0,00097075	22,6842
420	420000	404,3	0,20215	0,00101075	23,2374
430	430000	420	0,21	0,00105	23,7907
440	440000	447,2	0,2236	0,001118	24,3440
450	450000	459,8	0,2299	0,0011495	24,8973
460	460000	483,7	0,24185	0,00120925	25,4505
470	470000	504,2	0,2521	0,0012605	26,0038
480	480000	517,8	0,2589	0,0012945	26,5571
490	490000	535,8	0,2679	0,0013395	27,1103
500	500000	552,8	0,2764	0,001382	27,6636
510	510000	574,9	0,28745	0,00143725	28,2169
520	520000	595,1	0,29755	0,00148775	28,7702
530	530000	623,8	0,3119	0,0015595	29,3234
540	540000	657,3	0,32865	0,0016325	29,8767
550	550000	698,7	0,34935	0,00174675	30,4300
560	560000	754,3	0,37715	0,00188575	30,9833
570	570000	837,1	0,41855	0,00209275	31,5365
580	580000	941,5	0,47075	0,00235375	32,0898
570	570000	1024,3	0,51215	0,00256075	31,5365
560	560000	1167,2	0,5836	0,002918	30,9833
550	550000	1286,7	0,64335	0,00321675	30,4300

Grafik Modulus Elastisitas Beton BC1-Sampel 5



Modulus Elastisitas	
E uji	28156,395
E Teoritis	26624,492
E uji/ E teoritis	5,44%

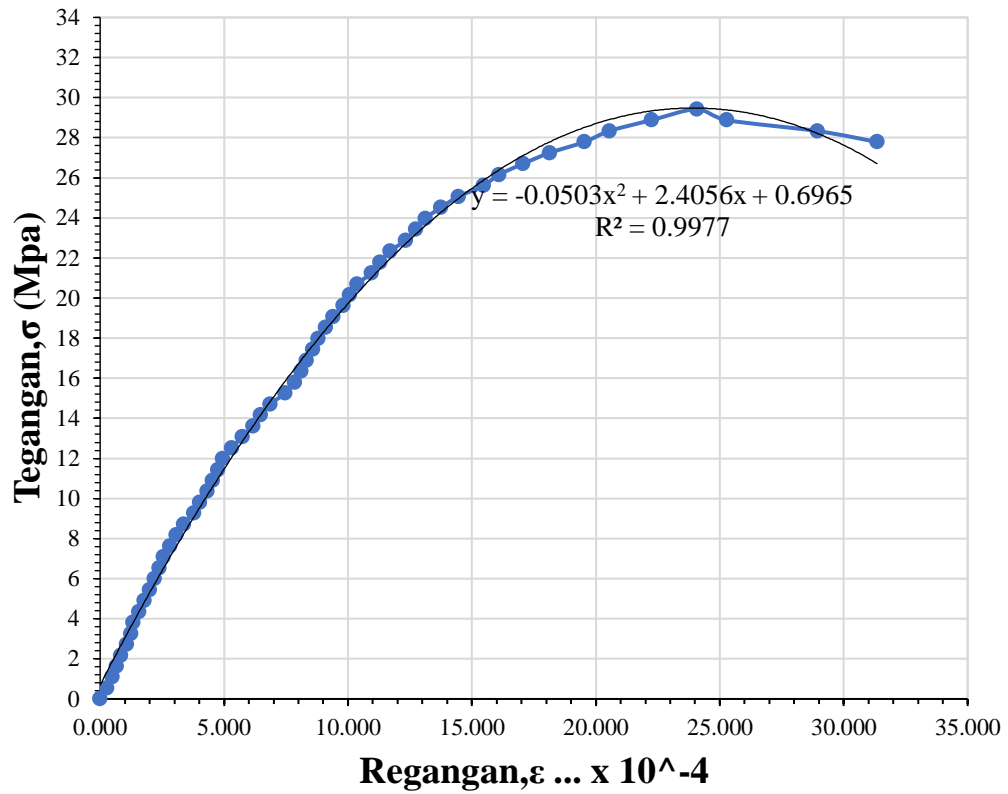
Modulus Elastisitas Beton BP2-Sampel 1

Data Sampel		
Kadar Abu Batu	25	%
Kadar Damdex	0	%
Mutu Beton Rencana	25	MPa
Mutu Beton Hasil Uji	29,42113	MPa
Diameter	152,87	mm
Tinggi	304,30	mm
Luas	18354,15574	mm ²
Lo	200	mm

Beban		Pembacaan Dial (x10 ⁻³)	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
0	0	0	0	0	0,0000
10	10000	11	0,0055	0,0000275	0,5448
20	20000	19,5	0,00975	0,00004875	1,0897
30	30000	26,5	0,01325	0,00006625	1,6345
40	40000	33,5	0,01675	0,00008375	2,1793
50	50000	42,5	0,02125	0,00010625	2,7242
60	60000	49,56	0,02478	0,0001239	3,2690
70	70000	53	0,0265	0,0001325	3,8139
80	80000	63	0,0315	0,0001575	4,3587
90	90000	71	0,0355	0,0001775	4,9035
100	100000	79,5	0,03975	0,00019875	5,4484
110	110000	87,5	0,04375	0,00021875	5,9932
120	120000	95	0,0475	0,0002375	6,5380
130	130000	102	0,051	0,000255	7,0829
140	140000	112,5	0,05625	0,00028125	7,6277
150	150000	123	0,0615	0,0003075	8,1725
160	160000	134,5	0,06725	0,00033625	8,7174
170	170000	151	0,0755	0,0003775	9,2622
180	180000	161	0,0805	0,0004025	9,8070
190	190000	172,5	0,08625	0,00043125	10,3519
200	200000	181,5	0,09075	0,00045375	10,8967
210	210000	189,7	0,09485	0,00047425	11,4416
220	220000	198	0,099	0,000495	11,9864
230	230000	212	0,106	0,00053	12,5312
240	240000	230	0,115	0,000575	13,0761
250	250000	246,6	0,1233	0,0006165	13,6209

Beban		Pembacaan Dial ($\times 10^{-3}$)	ΔL Sebenarnya ($1/2\Delta L$)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
260	260000	258,9	0,12945	0,00064725	14,1657
270	270000	274,5	0,13725	0,00068625	14,7106
280	280000	298,7	0,14935	0,00074675	15,2554
290	290000	313,7	0,15685	0,00078425	15,8002
300	300000	324,2	0,1621	0,0008105	16,3451
310	310000	333	0,1665	0,0008325	16,8899
320	320000	343	0,1715	0,0008575	17,4347
330	330000	352	0,176	0,00088	17,9796
340	340000	364	0,182	0,00091	18,5244
350	350000	376	0,188	0,00094	19,0693
360	360000	392	0,196	0,00098	19,6141
370	370000	403	0,2015	0,0010075	20,1589
380	380000	415	0,2075	0,0010375	20,7038
390	390000	438	0,219	0,001095	21,2486
400	400000	452	0,226	0,00113	21,7934
410	410000	468	0,234	0,00117	22,3383
420	420000	493	0,2465	0,0012325	22,8831
430	430000	509	0,2545	0,0012725	23,4279
440	440000	525	0,2625	0,0013125	23,9728
450	450000	549,5	0,27475	0,00137375	24,5176
460	460000	578,5	0,28925	0,00144625	25,0624
470	470000	618,4	0,3092	0,001546	25,6073
480	480000	643,5	0,32175	0,00160875	26,1521
490	490000	682,3	0,34115	0,00170575	26,6970
500	500000	725,2	0,3626	0,001813	27,2418
510	510000	781,4	0,3907	0,0019535	27,7866
520	520000	821,7	0,41085	0,00205425	28,3315
530	530000	889,7	0,44485	0,00222425	28,8763
540	540000	963,4	0,4817	0,0024085	29,4211
530	530000	1011,6	0,5058	0,002529	28,8763
520	520000	1157,8	0,5789	0,0028945	28,3315
510	510000	1253,7	0,62685	0,00313425	27,7866

Grafik Modulus Elastisitas Beton BP2-Sampel 1



Modulus Elastisitas	
E uji	25267,646
E Teoritis	25493,386
E uji/ E teoritis	0,89%

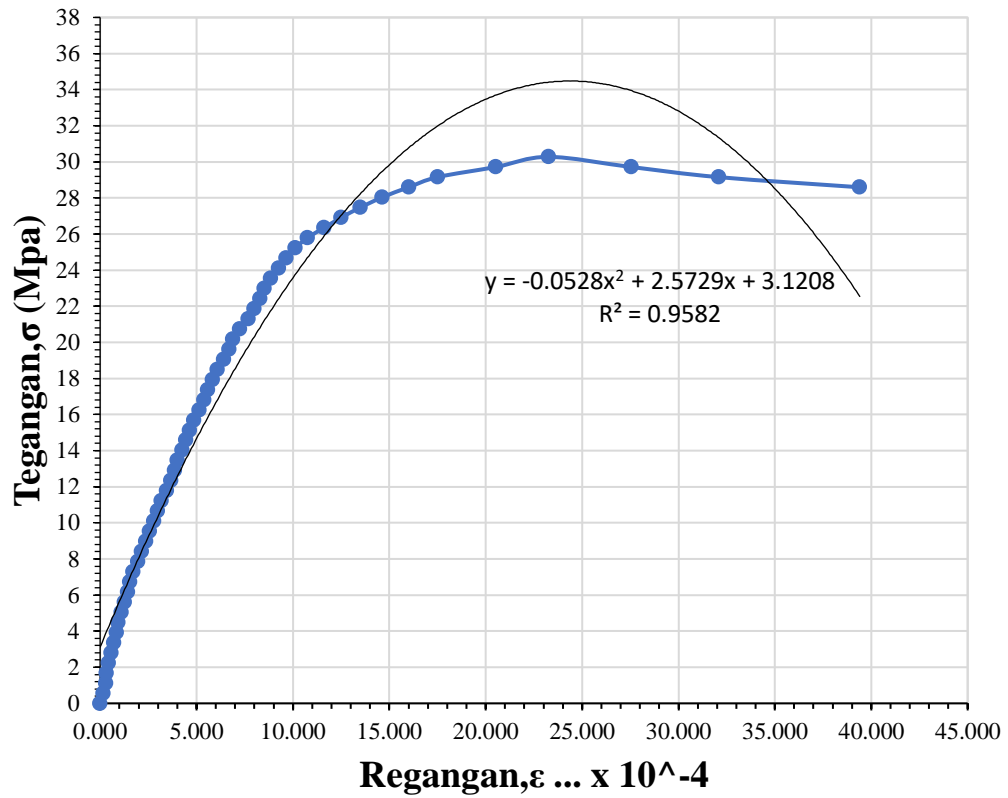
Modulus Elastisitas Beton BP2-Sampel 3

Data Sampel		
Kadar Abu Batu	25	%
Kadar Damdex	0	%
Mutu Beton Rencana	25	MPa
Mutu Beton Hasil Uji	30,27453	MPa
Diameter	150,7	mm
Tinggi	304,07	mm
Luas	17836,77714	mm ²
Lo	200	mm

Beban		Pembacaan Dial (x10 ⁻³)	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
0	0	0	0	0	0,0000
10	10000	6	0,003	0,000015	0,5606
20	20000	11,5	0,00575	0,00002875	1,1213
30	30000	13,5	0,00675	0,00003375	1,6819
40	40000	17	0,0085	0,0000425	2,2426
50	50000	23	0,0115	0,0000575	2,8032
60	60000	28	0,014	0,00007	3,3638
70	70000	34	0,017	0,000085	3,9245
80	80000	37,5	0,01875	0,00009375	4,4851
90	90000	44	0,022	0,00011	5,0458
100	100000	51	0,0255	0,0001275	5,6064
110	110000	57,5	0,02875	0,00014375	6,1670
120	120000	62	0,031	0,000155	6,7277
130	130000	68,5	0,03425	0,00017125	7,2883
140	140000	78,5	0,03925	0,00019625	7,8490
150	150000	86,5	0,04325	0,00021625	8,4096
160	160000	94,5	0,04725	0,00023625	8,9702
170	170000	102,5	0,05125	0,00025625	9,5309
180	180000	111,5	0,05575	0,00027875	10,0915
190	190000	119	0,0595	0,0002975	10,6521
200	200000	127	0,0635	0,0003175	11,2128
210	210000	138	0,069	0,000345	11,7734
220	220000	147	0,0735	0,0003675	12,3341
230	230000	155	0,0775	0,0003875	12,8947
240	240000	160	0,08	0,0004	13,4553
250	250000	170	0,085	0,000425	14,0160

Beban		Pembacaan Dial ($\times 10^{-3}$)	ΔL Sebenarnya ($1/2\Delta L$)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
260	260000	178	0,089	0,000445	14,5766
270	270000	186	0,093	0,000465	15,1373
280	280000	195	0,0975	0,0004875	15,6979
290	290000	205	0,1025	0,0005125	16,2585
300	300000	215	0,1075	0,0005375	16,8192
310	310000	223	0,1115	0,0005575	17,3798
320	320000	233	0,1165	0,0005825	17,9405
330	330000	243	0,1215	0,0006075	18,5011
340	340000	257	0,1285	0,0006425	19,0617
350	350000	267	0,1335	0,0006675	19,6224
360	360000	275	0,1375	0,0006875	20,1830
370	370000	290	0,145	0,000725	20,7437
380	380000	307	0,1535	0,0007675	21,3043
390	390000	320	0,16	0,0008	21,8649
400	400000	332	0,166	0,00083	22,4256
410	410000	341	0,1705	0,0008525	22,9862
420	420000	354	0,177	0,000885	23,5469
430	430000	370	0,185	0,000925	24,1075
440	440000	386	0,193	0,000965	24,6681
450	450000	405	0,2025	0,0010125	25,2288
460	460000	430	0,215	0,001075	25,7894
470	470000	465	0,2325	0,0011625	26,3501
480	480000	500	0,25	0,00125	26,9107
490	490000	540	0,27	0,00135	27,4713
500	500000	585	0,2925	0,0014625	28,0320
510	510000	640	0,32	0,0016	28,5926
520	520000	700	0,35	0,00175	29,1532
530	530000	821	0,4105	0,0020525	29,7139
540	540000	930	0,465	0,002325	30,2745
530	530000	1102	0,551	0,002755	29,7139
520	520000	1283	0,6415	0,0032075	29,1532
510	510000	1576,1	0,78805	0,00394025	28,5926

Grafik Modulus Elastisitas Beton BP2-Sampel 3



Modulus Elastisitas	
E uji	25206,295
E Teoritis	25860,478
E uji/ E teoritis	2,6%

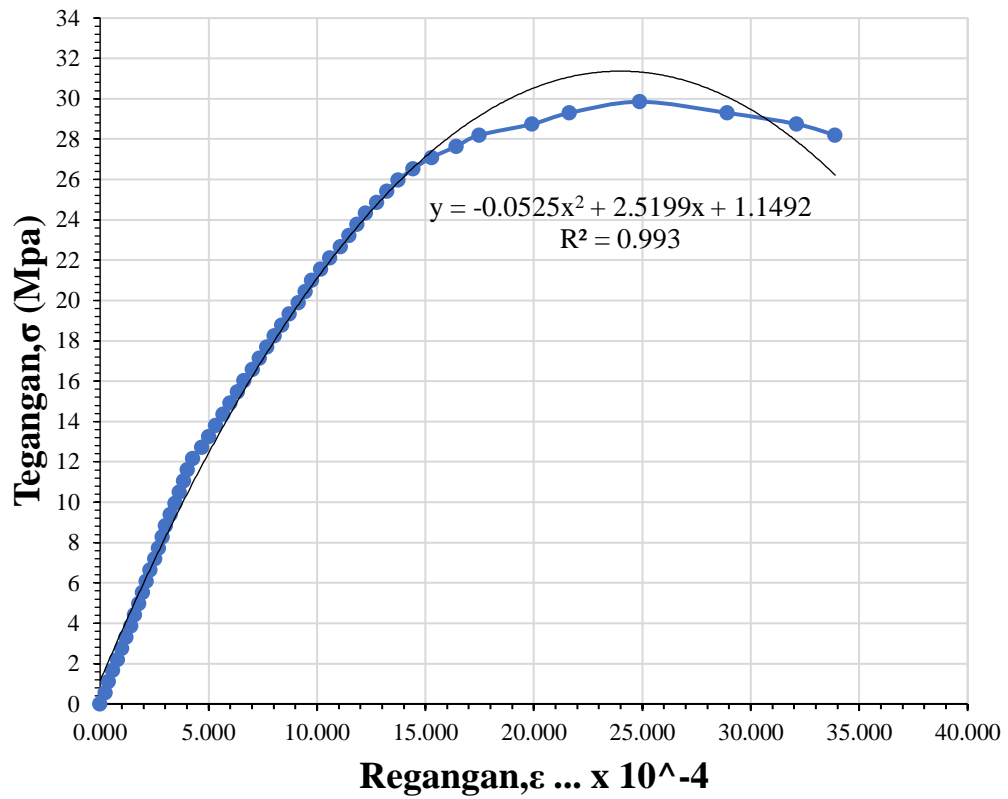
Modulus Elastisitas Beton BP2-Sampel 4

Data Sampel		
Kadar Abu Batu	25	%
Kadar Damdex	0	%
Mutu Beton Rencana	25	MPa
Mutu Beton Hasil Uji	29,84915	MPa
Diameter	151,77	mm
Tinggi	302,9	mm
Luas	18090,96568	mm ²
Lo	200	mm

Beban		Pembacaan Dial (x10 ⁻³)	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
0	0	0	0	0	0,0000
10	10000	10	0,005	0,000025	0,5528
20	20000	15,5	0,00775	0,00003875	1,1055
30	30000	23,5	0,01175	0,00005875	1,6583
40	40000	32,5	0,01625	0,00008125	2,2110
50	50000	40	0,02	0,0001	2,7638
60	60000	48	0,024	0,00012	3,3166
70	70000	56,5	0,02825	0,00014125	3,8693
80	80000	64	0,032	0,00016	4,4221
90	90000	72	0,036	0,00018	4,9749
100	100000	78,5	0,03925	0,00019625	5,5276
110	110000	85,4	0,0427	0,0002135	6,0804
120	120000	92,6	0,0463	0,0002315	6,6331
130	130000	100,9	0,05045	0,00025225	7,1859
140	140000	107,9	0,05395	0,00026975	7,7387
150	150000	115	0,0575	0,0002875	8,2914
160	160000	121,2	0,0606	0,000303	8,8442
170	170000	130	0,065	0,000325	9,3970
180	180000	138	0,069	0,000345	9,9497
190	190000	145,9	0,07295	0,00036475	10,5025
200	200000	154	0,077	0,000385	11,0552
210	210000	161,2	0,0806	0,000403	11,6080
220	220000	170,9	0,08545	0,00042725	12,1608
230	230000	187,3	0,09365	0,00046825	12,7135
240	240000	200,9	0,10045	0,00050225	13,2663
250	250000	213,4	0,1067	0,0005335	13,8191

Beban		Pembacaan Dial (x10 ⁻³)	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
260	260000	226,9	0,11345	0,00056725	14,3718
270	270000	239,9	0,11995	0,00059975	14,9246
280	280000	253,8	0,1269	0,0006345	15,4773
290	290000	265,8	0,1329	0,0006645	16,0301
300	300000	280,8	0,1404	0,000702	16,5829
310	310000	294,3	0,14715	0,00073575	17,1356
320	320000	307,3	0,15365	0,00076825	17,6884
330	330000	321,1	0,16055	0,00080275	18,2411
340	340000	334,8	0,1674	0,000837	18,7939
350	350000	348,6	0,1743	0,0008715	19,3467
360	360000	365,9	0,18295	0,00091475	19,8994
370	370000	378,2	0,1891	0,0009455	20,4522
380	380000	390,1	0,19505	0,00097525	21,0050
390	390000	407,1	0,20355	0,00101775	21,5577
400	400000	423,8	0,2119	0,0010595	22,1105
410	410000	443,2	0,2216	0,001108	22,6632
420	420000	458,7	0,22935	0,00114675	23,2160
430	430000	473,8	0,2369	0,0011845	23,7688
440	440000	489,8	0,2449	0,0012245	24,3215
450	450000	510,3	0,25515	0,00127575	24,8743
460	460000	528,8	0,2644	0,001322	25,4271
470	470000	549,9	0,27495	0,00137475	25,9798
480	480000	577,4	0,2887	0,0014435	26,5326
490	490000	611,4	0,3057	0,0015285	27,0853
500	500000	656,6	0,3283	0,0016415	27,6381
510	510000	698,8	0,3494	0,001747	28,1909
520	520000	797	0,3985	0,0019925	28,7436
530	530000	865,9	0,43295	0,00216475	29,2964
540	540000	995,2	0,4976	0,002488	29,8492
530	530000	1156,8	0,5784	0,002892	29,2964
520	520000	1284,2	0,6421	0,0032105	28,7436
510	510000	1355,7	0,67785	0,00338925	28,1909

Grafik Modulus Elastisitas Beton BP2-Sampel 4



Modulus Elastisitas	
E uji	27032
E Teoritis	25678,722
E uji/ E teoritis	5,01%

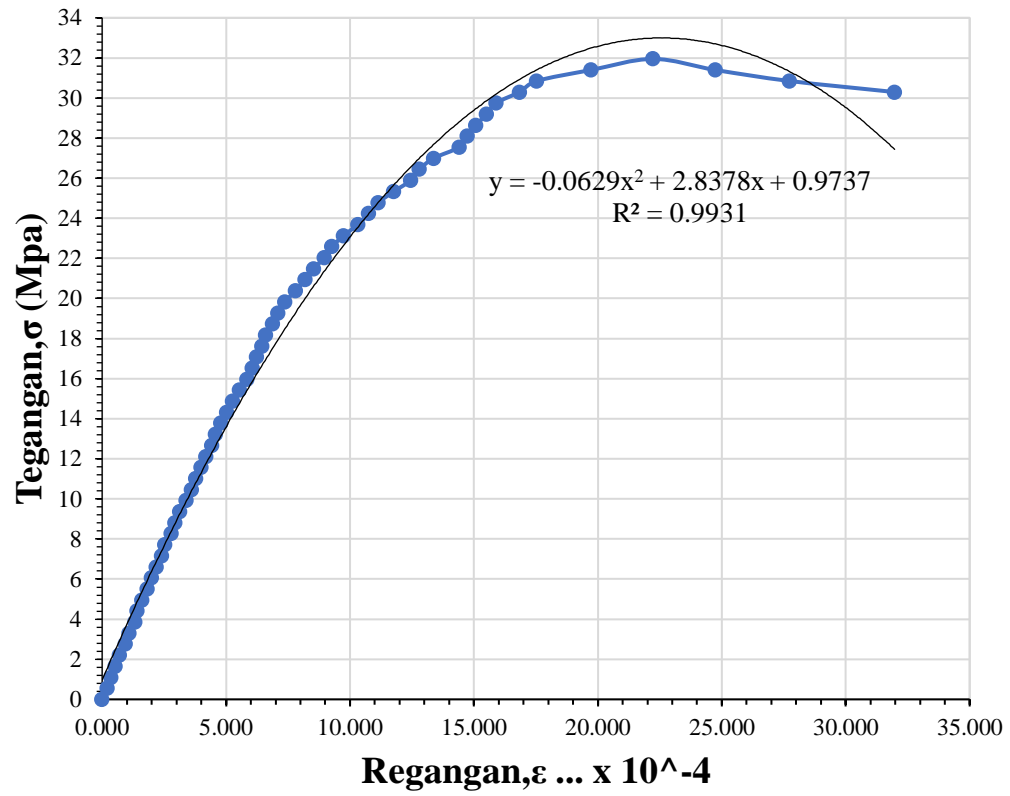
Modulus Elastisitas Beton BC2-Sampel 2

Data Sampel		
Kadar Abu Batu	25	%
Kadar Damdex	2	%
Mutu Beton Rencana	25	MPa
Mutu Beton Hasil Uji	31,950637	MPa
Diameter	152,03	mm
Tinggi	304,6	mm
Luas	18153,00271	mm ²
Lo	200	mm

Beban		Pembacaan Dial (x10 ⁻³)	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
0	0	0	0	0	0,0000
10	10000	8	0,004	0,00002	0,5509
20	20000	14,5	0,00725	0,00003625	1,1017
30	30000	21	0,0105	0,0000525	1,6526
40	40000	28,5	0,01425	0,00007125	2,2035
50	50000	37,5	0,01875	0,00009375	2,7544
60	60000	43,5	0,02175	0,00010875	3,3052
70	70000	53	0,0265	0,0001325	3,8561
80	80000	57	0,0285	0,0001425	4,4070
90	90000	64,5	0,03225	0,00016125	4,9579
100	100000	72,5	0,03625	0,00018125	5,5087
110	110000	80	0,04	0,0002	6,0596
120	120000	87,5	0,04375	0,00021875	6,6105
130	130000	96	0,048	0,00024	7,1613
140	140000	101	0,0505	0,0002525	7,7122
150	150000	111,5	0,05575	0,00027875	8,2631
160	160000	117,5	0,05875	0,00029375	8,8140
170	170000	125,2	0,0626	0,000313	9,3648
180	180000	135,5	0,06775	0,00033875	9,9157
190	190000	144	0,072	0,00036	10,4666
200	200000	151	0,0755	0,0003775	11,0175
210	210000	160	0,08	0,0004	11,5683
220	220000	168	0,084	0,00042	12,1192
230	230000	176,8	0,0884	0,000442	12,6701
240	240000	183,5	0,09175	0,00045875	13,2210
250	250000	191,8	0,0959	0,0004795	13,7718

Beban		Pembacaan Dial (x10 ⁻³)	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
260	260000	201,2	0,1006	0,000503	14,3227
270	270000	210,8	0,1054	0,000527	14,8736
280	280000	222,1	0,11105	0,00055525	15,4244
290	290000	234	0,117	0,000585	15,9753
300	300000	242,8	0,1214	0,000607	16,5262
310	310000	249	0,1245	0,0006225	17,0771
320	320000	257,8	0,1289	0,0006445	17,6279
330	330000	264	0,132	0,00066	18,1788
340	340000	275	0,1375	0,0006875	18,7297
350	350000	284	0,142	0,00071	19,2806
360	360000	295	0,1475	0,0007375	19,8314
370	370000	312,2	0,1561	0,0007805	20,3823
380	380000	327,8	0,1639	0,0008195	20,9332
390	390000	341,1	0,17055	0,00085275	21,4840
400	400000	359	0,1795	0,0008975	22,0349
410	410000	371	0,1855	0,0009275	22,5858
420	420000	389,7	0,19485	0,00097425	23,1367
430	430000	412,9	0,20645	0,00103225	23,6875
440	440000	430	0,215	0,001075	24,2384
450	450000	445,7	0,22285	0,00111425	24,7893
460	460000	471	0,2355	0,0011775	25,3402
470	470000	498	0,249	0,001245	25,8910
480	480000	512	0,256	0,00128	26,4419
490	490000	534,9	0,26745	0,00133725	26,9928
500	500000	576,1	0,28805	0,00144025	27,5437
510	510000	589,1	0,29455	0,00147275	28,0945
520	520000	603,2	0,3016	0,001508	28,6454
530	530000	620,7	0,31035	0,00155175	29,1963
540	540000	635,8	0,3179	0,0015895	29,7471
550	550000	673,4	0,3367	0,0016835	30,2980
560	560000	701,3	0,35065	0,00175325	30,8489
570	570000	789,1	0,39455	0,00197275	31,3998
580	580000	889,1	0,44455	0,00222275	31,9506
570	570000	989,7	0,49485	0,00247425	31,3998
560	560000	1109,7	0,55485	0,00277425	30,8489
550	550000	1278,9	0,63945	0,00319725	30,2980

Grafik Modulus Elastisitas Beton BC2-Sampel 2



Modulus Elastisitas	
E uji	27892,343
E Teoritis	26566,118
E uji/ E teoritis	4,75%

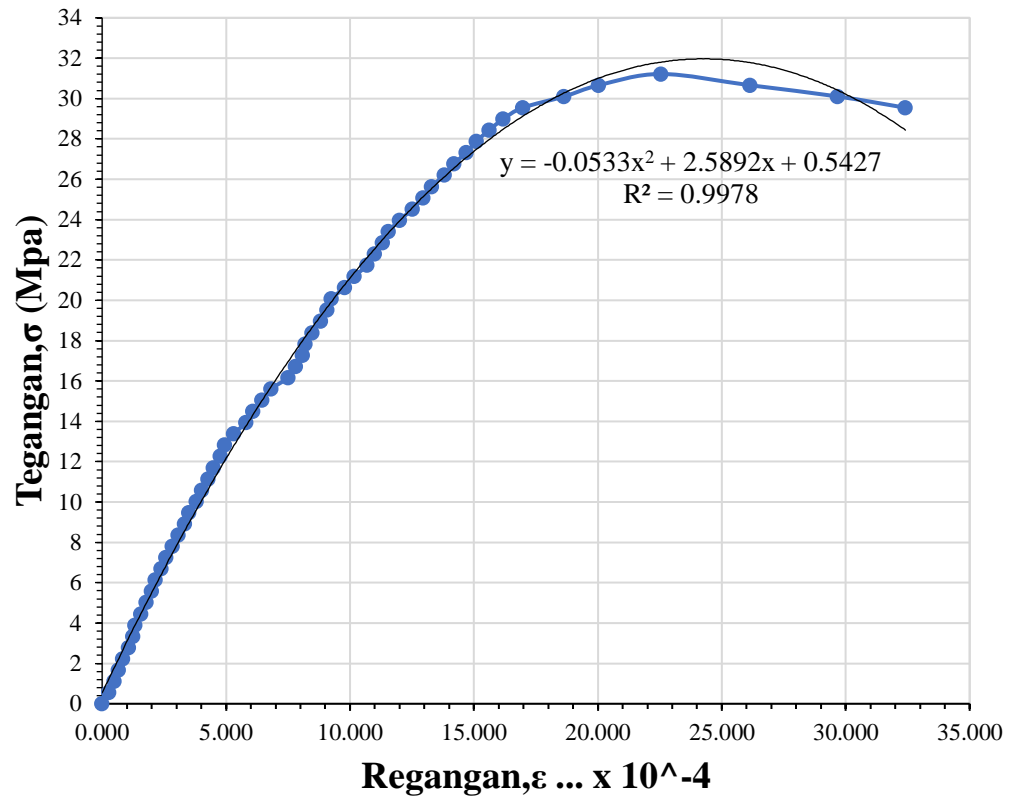
Modulus Elastisitas Beton BC2-Sampel 3

Data Sampel		
Kadar Abu Batu	25	%
Kadar Damdex	2	%
Mutu Beton Rencana	25	MPa
Mutu Beton Hasil Uji	31,2147	MPa
Diameter	151,13	mm
Tinggi	305,63	mm
Luas	17938,71153	mm ²
Lo	200	mm

Beban		Pembacaan Dial (x10 ⁻³)	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
0	0	0	0	0	0,0000
10	10000	11	0,0055	0,0000275	0,5575
20	20000	19,5	0,00975	0,00004875	1,1149
30	30000	26,5	0,01325	0,00006625	1,6724
40	40000	33,5	0,01675	0,00008375	2,2298
50	50000	42,5	0,02125	0,00010625	2,7873
60	60000	49,5	0,02475	0,00012375	3,3447
70	70000	53	0,0265	0,0001325	3,9022
80	80000	63	0,0315	0,0001575	4,4596
90	90000	71	0,0355	0,0001775	5,0171
100	100000	79,5	0,03975	0,00019875	5,5745
110	110000	86	0,043	0,000215	6,1320
120	120000	95	0,0475	0,0002375	6,6894
130	130000	103	0,0515	0,0002575	7,2469
140	140000	113	0,0565	0,0002825	7,8044
150	150000	123	0,0615	0,0003075	8,3618
160	160000	133	0,0665	0,0003325	8,9193
170	170000	140	0,07	0,00035	9,4767
180	180000	152	0,076	0,00038	10,0342
190	190000	161	0,0805	0,0004025	10,5916
200	200000	171	0,0855	0,0004275	11,1491
210	210000	180	0,09	0,00045	11,7065
220	220000	191	0,0955	0,0004775	12,2640
230	230000	198	0,099	0,000495	12,8214
240	240000	212	0,106	0,00053	13,3789
250	250000	232,4	0,1162	0,000581	13,9363

Beban		Pembacaan Dial (x10 ⁻³)	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
260	260000	243,1	0,12155	0,00060775	14,4938
270	270000	257,8	0,1289	0,0006445	15,0512
280	280000	273	0,1365	0,0006825	15,6087
290	290000	300	0,15	0,00075	16,1662
300	300000	312,1	0,15605	0,00078025	16,7236
310	310000	323,7	0,16185	0,00080925	17,2811
320	320000	327,9	0,16395	0,00081975	17,8385
330	330000	338,7	0,16935	0,00084675	18,3960
340	340000	352,3	0,17615	0,00088075	18,9534
350	350000	362,6	0,1813	0,0009065	19,5109
360	360000	370,2	0,1851	0,0009255	20,0683
370	370000	391,1	0,19555	0,00097775	20,6258
380	380000	407,1	0,20355	0,00101775	21,1832
390	390000	427,7	0,21385	0,00106925	21,7407
400	400000	439,8	0,2199	0,0010995	22,2981
410	410000	452,7	0,22635	0,00113175	22,8556
420	420000	462,2	0,2311	0,0011555	23,4131
430	430000	480,2	0,2401	0,0012005	23,9705
440	440000	501	0,2505	0,0012525	24,5280
450	450000	517,9	0,25895	0,00129475	25,0854
460	460000	531,7	0,26585	0,00132925	25,6429
470	470000	552,1	0,27605	0,00138025	26,2003
480	480000	567,5	0,28375	0,00141875	26,7578
490	490000	587,6	0,2938	0,001469	27,3152
500	500000	604	0,302	0,00151	27,8727
510	510000	624,3	0,31215	0,00156075	28,4301
520	520000	647,3	0,32365	0,00161825	28,9876
530	530000	678,7	0,33935	0,00169675	29,5450
540	540000	745,6	0,3728	0,001864	30,1025
550	550000	801,6	0,4008	0,002004	30,6600
560	560000	901,9	0,45095	0,00225475	31,2174
550	550000	1045,3	0,52265	0,00261325	30,6600
540	540000	1187,2	0,5936	0,002968	30,1025
530	530000	1296,3	0,64815	0,00324075	29,5450

Grafik Modulus Elastisitas Beton BC2-Sampel 3



Modulus Elastisitas	
E uji	24237,002
E Teoritis	26259,513
E uji/ E teoritis	8,34 %

Modulus Elastisitas Beton BC2-Sampel 4

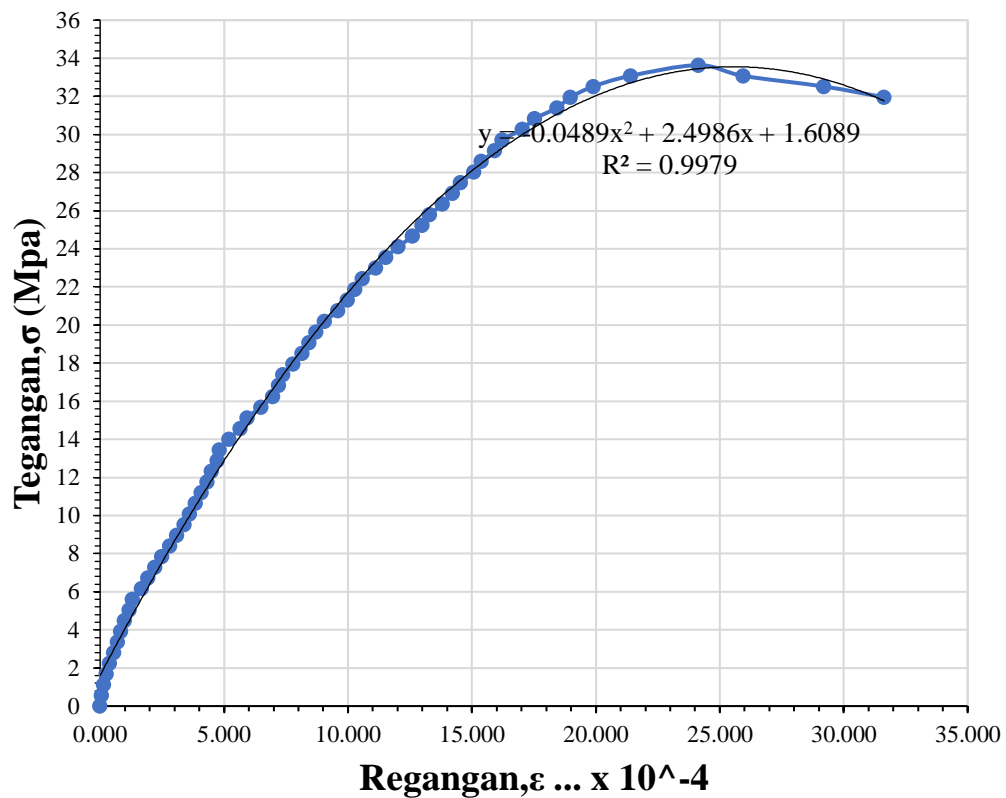
Data Sampel		
Kadar Abu Batu	25	%
Kadar Damdex	2	%
Mutu Beton Rencana	25	MPa
Mutu Beton Hasil Uji	33,63836	MPa
Diameter	150,7	mm
Tinggi	302,83	mm
Luas	17836,77714	mm ²
Lo	200	mm

Beban		Pembacaan Dial (x10 ⁻³)	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
0	0	0	0	0	0,0000
10	10000	2	0,001	0,000005	0,5606
20	20000	5,5	0,00275	0,00001375	1,1213
30	30000	10	0,005	0,000025	1,6819
40	40000	15,5	0,00775	0,00003875	2,2426
50	50000	22,5	0,01125	0,00005625	2,8032
60	60000	28	0,014	0,00007	3,3638
70	70000	33	0,0165	0,0000825	3,9245
80	80000	39,5	0,01975	0,00009875	4,4851
90	90000	47	0,0235	0,0001175	5,0458
100	100000	52	0,026	0,00013	5,6064
110	110000	67	0,0335	0,0001675	6,1670
120	120000	77,5	0,03875	0,00019375	6,7277
130	130000	88	0,044	0,00022	7,2883
140	140000	99,5	0,04975	0,00024875	7,8490
150	150000	112,5	0,05625	0,00028125	8,4096
160	160000	123,6	0,0618	0,000309	8,9702
170	170000	135,7	0,06785	0,00033925	9,5309
180	180000	144,7	0,07235	0,00036175	10,0915
190	190000	154,2	0,0771	0,0003855	10,6521
200	200000	163,7	0,08185	0,00040925	11,2128
210	210000	172,9	0,08645	0,00043225	11,7734
220	220000	180,1	0,09005	0,00045025	12,3341
230	230000	189	0,0945	0,0004725	12,8947
240	240000	193	0,0965	0,0004825	13,4553
250	250000	208	0,104	0,00052	14,0160

Beban		Pembacaan Dial (x10 ⁻³)	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
260	260000	226	0,113	0,000565	14,5766
270	270000	237	0,1185	0,0005925	15,1373
280	280000	260	0,13	0,00065	15,6979
290	290000	278,4	0,1392	0,000696	16,2585
300	300000	288,2	0,1441	0,0007205	16,8192
310	310000	294,7	0,14735	0,00073675	17,3798
320	320000	311,6	0,1558	0,000779	17,9405
330	330000	325,8	0,1629	0,0008145	18,5011
340	340000	337,1	0,16855	0,00084275	19,0617
350	350000	348	0,174	0,00087	19,6224
360	360000	362	0,181	0,000905	20,1830
370	370000	384	0,192	0,00096	20,7437
380	380000	399,6	0,1998	0,000999	21,3043
390	390000	411,2	0,2056	0,001028	21,8649
400	400000	423	0,2115	0,0010575	22,4256
410	410000	445	0,2225	0,0011125	22,9862
420	420000	461,4	0,2307	0,0011535	23,5469
430	430000	481	0,2405	0,0012025	24,1075
440	440000	504,2	0,2521	0,0012605	24,6681
450	450000	519,4	0,2597	0,0012985	25,2288
460	460000	532,1	0,26605	0,00133025	25,7894
470	470000	552,4	0,2762	0,001381	26,3501
480	480000	569,1	0,28455	0,00142275	26,9107
490	490000	581,9	0,29095	0,00145475	27,4713
500	500000	603	0,3015	0,0015075	28,0320
510	510000	615,6	0,3078	0,001539	28,5926
520	520000	637,2	0,3186	0,001593	29,1532
530	530000	648,6	0,3243	0,0016215	29,7139
540	540000	681,2	0,3406	0,001703	30,2745
550	550000	701,4	0,3507	0,0017535	30,8352
560	560000	737,2	0,3686	0,001843	31,3958
570	570000	759,2	0,3796	0,001898	31,9564
580	580000	795,7	0,39785	0,00198925	32,5171
590	590000	855,9	0,42795	0,00213975	33,0777
600	600000	965,6	0,4828	0,002414	33,6384
590	590000	1037,8	0,5189	0,0025945	33,0777

Beban		Pembacaan Dial ($\times 10^{-3}$)	ΔL Sebenarnya ($1/2\Delta L$)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
580	580000	1168,2	0,5841	0,0029205	32,5171
570	570000	1265,1	0,63255	0,00316275	31,9564

Grafik Modulus Elastisitas Beton BC2-Sampel 4



Modulus Elastisitas	
E uji	28889,159
E Teoritis	27259,337
E uji/ E teoritis	5,64 %

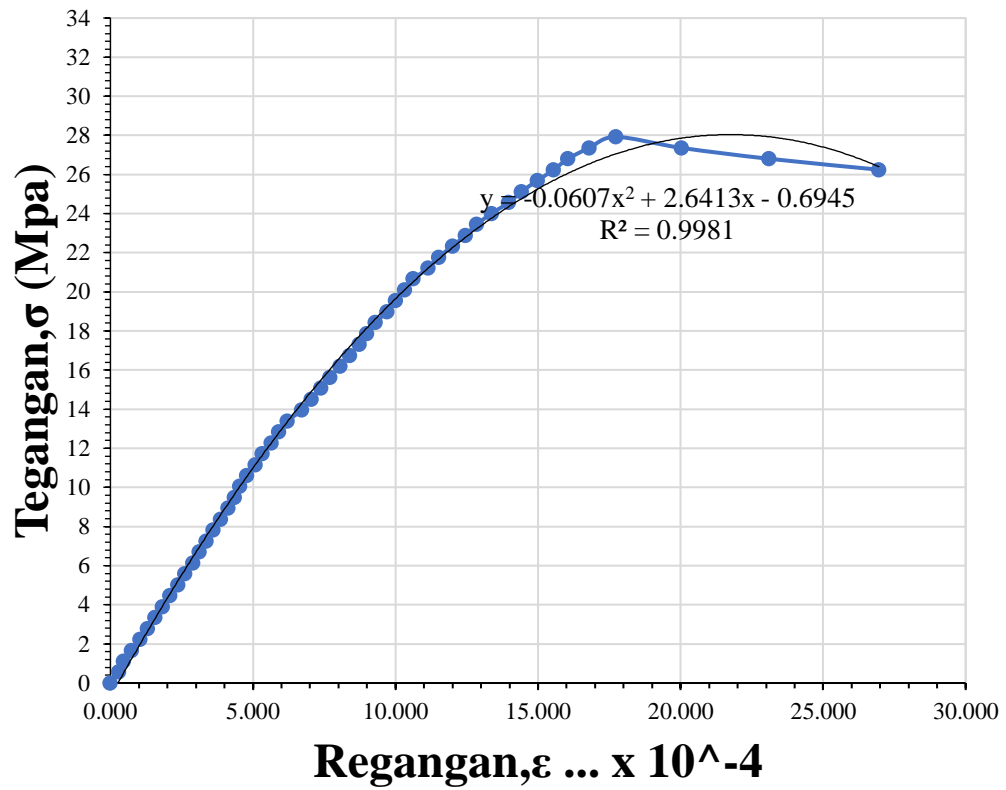
Modulus Elastisitas Beton BP3-Sampel 1

Data Sampel		
Kadar Abu Batu	50	%
Kadar Damdex	0	%
Mutu Beton Rencana	25	MPa
Mutu Beton Hasil Uji	27,9207	MPa
Diameter	151	mm
Tinggi	304,23	mm
Luas	17907,86352	mm ²
Lo	200	mm

Beban		Pembacaan Dial (x10⁻³)	ΔL Sebenarnya (1/2ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
0	0	0	0	0	0,0000
10	10000	11,5	0,00575	0,00002875	0,5584
20	20000	18,5	0,00925	0,00004625	1,1168
30	30000	30	0,015	0,000075	1,6752
40	40000	41,5	0,02075	0,00010375	2,2337
50	50000	52,5	0,02625	0,00013125	2,7921
60	60000	63	0,0315	0,0001575	3,3505
70	70000	73,5	0,03675	0,00018375	3,9089
80	80000	83,9	0,04195	0,00020975	4,4673
90	90000	94,9	0,04745	0,00023725	5,0257
100	100000	104,2	0,0521	0,0002605	5,5841
110	110000	115,6	0,0578	0,000289	6,1426
120	120000	124,9	0,06245	0,00031225	6,7010
130	130000	134,6	0,0673	0,0003365	7,2594
140	140000	144,4	0,0722	0,000361	7,8178
150	150000	154,4	0,0772	0,000386	8,3762
160	160000	164,9	0,08245	0,00041225	8,9346
170	170000	174	0,087	0,000435	9,4930
180	180000	181,9	0,09095	0,00045475	10,0515
190	190000	191,4	0,0957	0,0004785	10,6099
200	200000	203,4	0,1017	0,0005085	11,1683
210	210000	213,4	0,1067	0,0005335	11,7267
220	220000	225,9	0,11295	0,00056475	12,2851
230	230000	236,5	0,11825	0,00059125	12,8435
240	240000	248,6	0,1243	0,0006215	13,4019
250	250000	268,8	0,1344	0,000672	13,9603

Beban		Pembacaan Dial ($\times 10^{-3}$)	ΔL Sebenarnya ($1/2\Delta L$)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
260	260000	282	0,141	0,000705	14,5188
270	270000	295,4	0,1477	0,0007385	15,0772
280	280000	307,8	0,1539	0,0007695	15,6356
290	290000	322,5	0,16125	0,00080625	16,1940
300	300000	335,6	0,1678	0,000839	16,7524
310	310000	349	0,1745	0,0008725	17,3108
320	320000	360	0,18	0,0009	17,8692
330	330000	372	0,186	0,00093	18,4277
340	340000	388	0,194	0,00097	18,9861
350	350000	400,3	0,20015	0,00100075	19,5445
360	360000	413,2	0,2066	0,001033	20,1029
370	370000	425,1	0,21255	0,00106275	20,6613
380	380000	446,2	0,2231	0,0011155	21,2197
390	390000	460,5	0,23025	0,00115125	21,7781
400	400000	480	0,24	0,0012	22,3366
410	410000	498,2	0,2491	0,0012455	22,8950
420	420000	514	0,257	0,001285	23,4534
430	430000	535	0,2675	0,0013375	24,0118
440	440000	559,2	0,2796	0,001398	24,5702
450	450000	577	0,2885	0,0014425	25,1286
460	460000	599	0,2995	0,0014975	25,6870
470	470000	622	0,311	0,001555	26,2455
480	480000	642	0,321	0,001605	26,8039
490	490000	672	0,336	0,00168	27,3623
500	500000	709	0,3545	0,0017725	27,9207
490	490000	801	0,4005	0,0020025	27,3623
480	480000	924,1	0,46205	0,00231025	26,8039
470	470000	1078,2	0,5391	0,0026955	26,2455

Grafik Modulus Elastisitas Beton BP3-Sampel 1



Modulus Elastisitas	
E uji	22792,450
E Teoritis	24834,817
E uji/ E teoritis	8,96%

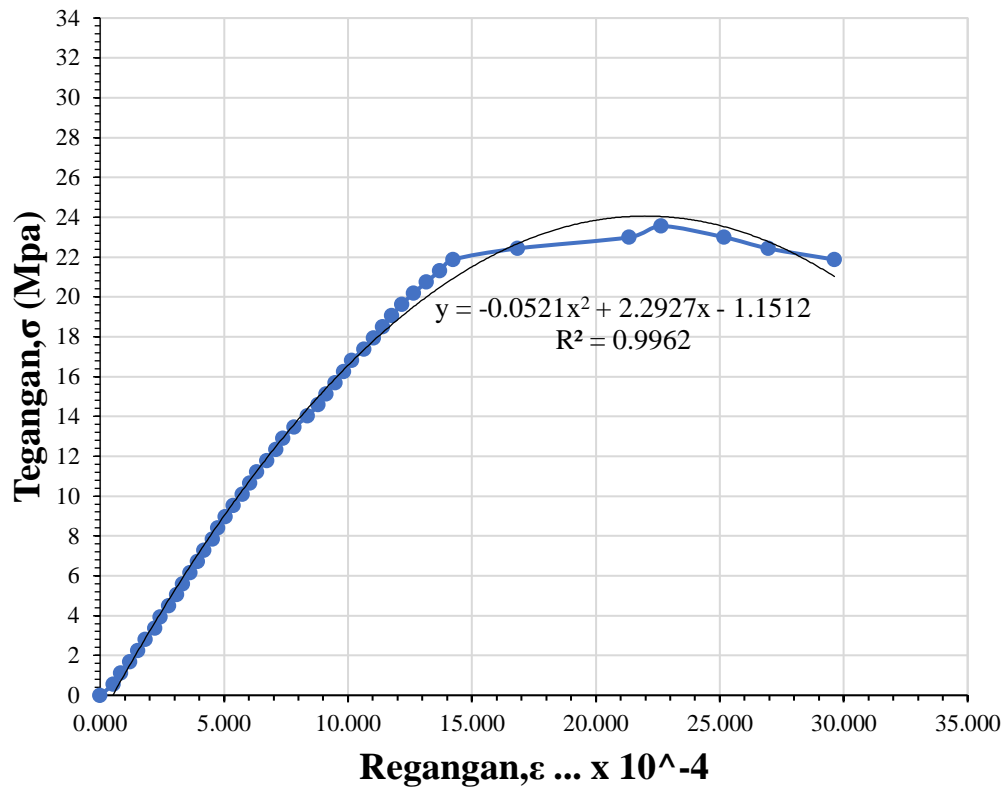
Modulus Elastisitas Beton BP3-Sampel 3

Data Sampel		
Kadar Abu Batu	50	%
Kadar Damdex	0	%
Mutu Beton Rencana	25	MPa
Mutu Beton Hasil Uji	23,5565	MPa
Diameter	150,67	mm
Tinggi	303,8	mm
Luas	17829,67627	mm ²
Lo	200	mm

Beban		Pembacaan Dial (x10 ⁻³)	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
0	0	0	0	0	0,0000
10	10000	21	0,0105	0,0000525	0,5609
20	20000	33	0,0165	0,0000825	1,1217
30	30000	48	0,024	0,00012	1,6826
40	40000	61	0,0305	0,0001525	2,2435
50	50000	73	0,0365	0,0001825	2,8043
60	60000	88	0,044	0,00022	3,3652
70	70000	97	0,0485	0,0002425	3,9260
80	80000	111	0,0555	0,0002775	4,4869
90	90000	124	0,062	0,00031	5,0478
100	100000	133	0,0665	0,0003325	5,6086
110	110000	145	0,0725	0,0003625	6,1695
120	120000	157	0,0785	0,0003925	6,7304
130	130000	168	0,084	0,00042	7,2912
140	140000	181	0,0905	0,0004525	7,8521
150	150000	190	0,095	0,000475	8,4129
160	160000	202	0,101	0,000505	8,9738
170	170000	215	0,1075	0,0005375	9,5347
180	180000	230	0,115	0,000575	10,0955
190	190000	242	0,121	0,000605	10,6564
200	200000	253	0,1265	0,0006325	11,2173
210	210000	269	0,1345	0,0006725	11,7781
220	220000	284	0,142	0,00071	12,3390
230	230000	295	0,1475	0,0007375	12,8998
240	240000	313	0,1565	0,0007825	13,4607
250	250000	335	0,1675	0,0008375	14,0216

Beban		Pembacaan Dial (x10 ⁻³)	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
260	260000	352	0,176	0,00088	14,5824
270	270000	365	0,1825	0,0009125	15,1433
280	280000	379	0,1895	0,0009475	15,7042
290	290000	393	0,1965	0,0009825	16,2650
300	300000	406	0,203	0,001015	16,8259
310	310000	426	0,213	0,001065	17,3867
320	320000	441	0,2205	0,0011025	17,9476
330	330000	456	0,228	0,00114	18,5085
340	340000	471	0,2355	0,0011775	19,0693
350	350000	487	0,2435	0,0012175	19,6302
360	360000	506	0,253	0,001265	20,1911
370	370000	527	0,2635	0,0013175	20,7519
380	380000	548	0,274	0,00137	21,3128
390	390000	570	0,285	0,001425	21,8736
400	400000	674	0,337	0,001685	22,4345
410	410000	854	0,427	0,002135	22,9954
420	420000	905	0,4525	0,0022625	23,5562
410	410000	1007	0,5035	0,0025175	22,9954
400	400000	1078	0,539	0,002695	22,4345
390	390000	1185	0,5925	0,0029625	21,8736

Grafik Modulus Elastisitas Beton BP3-Sampel 3



Modulus Elastisitas	
E uji	19340,103
E Teoritis	22811,843
E uji/ E teoritis	17,95 %

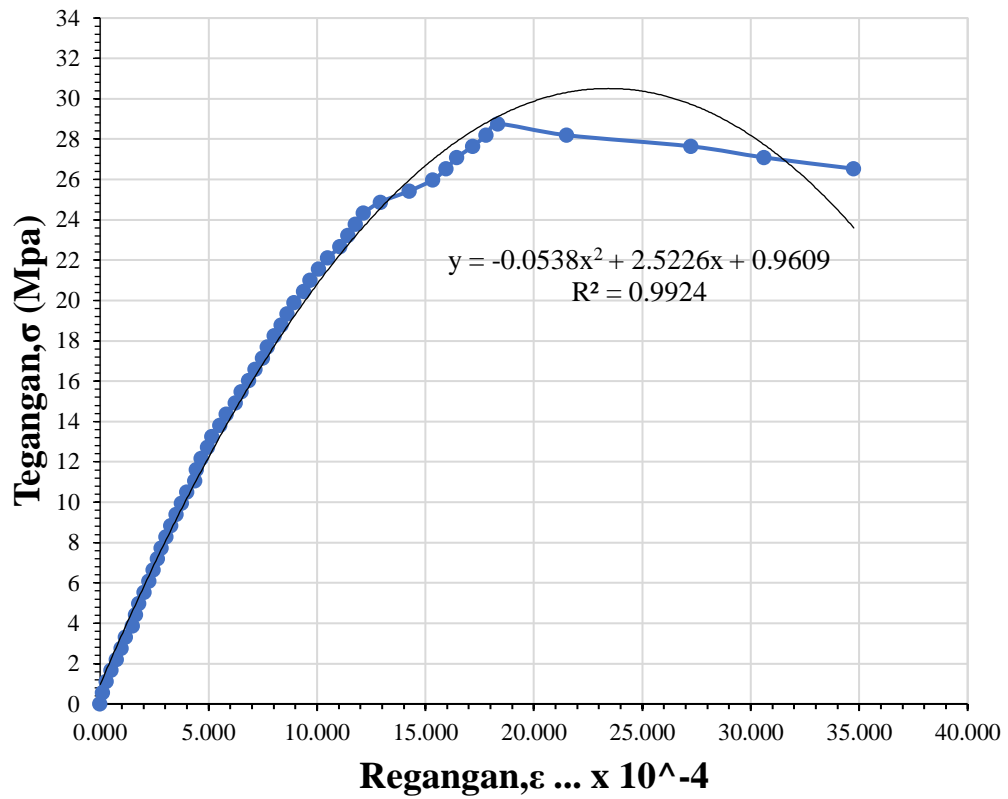
Modulus Elastisitas Beton BP3-Sampel 5

Data Sampel		
Kadar Abu Batu	50	%
Kadar Damdex	0	%
Mutu Beton Rencana	25	MPa
Mutu Beton Hasil Uji	28,74363	MPa
Diameter	151,77	mm
Tinggi	304,97	mm
Luas	18090,96568	mm ²
Lo	200	mm

Beban		Pembacaan Dial (x10 ⁻³)	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
0	0	0	0	0	0,0000
10	10000	5	0,0025	0,0000125	0,5528
20	20000	12	0,006	0,00003	1,1055
30	30000	20	0,01	0,00005	1,6583
40	40000	30	0,015	0,000075	2,2110
50	50000	39	0,0195	0,0000975	2,7638
60	60000	47	0,0235	0,0001175	3,3166
70	70000	60	0,03	0,00015	3,8693
80	80000	66	0,033	0,000165	4,4221
90	90000	72	0,036	0,00018	4,9749
100	100000	81	0,0405	0,0002025	5,5276
110	110000	90	0,045	0,000225	6,0804
120	120000	98,4	0,0492	0,000246	6,6331
130	130000	106	0,053	0,000265	7,1859
140	140000	113	0,0565	0,0002825	7,7387
150	150000	121,9	0,06095	0,00030475	8,2914
160	160000	131	0,0655	0,0003275	8,8442
170	170000	140	0,07	0,00035	9,3970
180	180000	150	0,075	0,000375	9,9497
190	190000	160	0,08	0,0004	10,5025
200	200000	175	0,0875	0,0004375	11,0552
210	210000	178	0,089	0,000445	11,6080
220	220000	187	0,0935	0,0004675	12,1608
230	230000	198	0,099	0,000495	12,7135
240	240000	206	0,103	0,000515	13,2663
250	250000	221	0,1105	0,0005525	13,8191

Beban		Pembacaan Dial (x10 ⁻³)	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
260	260000	233	0,1165	0,0005825	14,3718
270	270000	250	0,125	0,000625	14,9246
280	280000	260	0,13	0,00065	15,4773
290	290000	274	0,137	0,000685	16,0301
300	300000	286	0,143	0,000715	16,5829
310	310000	300	0,15	0,00075	17,1356
320	320000	309	0,1545	0,0007725	17,6884
330	330000	321	0,1605	0,0008025	18,2411
340	340000	334	0,167	0,000835	18,7939
350	350000	345	0,1725	0,0008625	19,3467
360	360000	358	0,179	0,000895	19,8994
370	370000	376	0,188	0,00094	20,4522
380	380000	387	0,1935	0,0009675	21,0050
390	390000	403	0,2015	0,0010075	21,5577
400	400000	420	0,21	0,00105	22,1105
410	410000	442	0,221	0,001105	22,6632
420	420000	457	0,2285	0,0011425	23,2160
430	430000	471	0,2355	0,0011775	23,7688
440	440000	486	0,243	0,001215	24,3215
450	450000	517	0,2585	0,0012925	24,8743
460	460000	570	0,285	0,001425	25,4271
470	470000	614	0,307	0,001535	25,9798
480	480000	638	0,319	0,001595	26,5326
490	490000	658	0,329	0,001645	27,0853
500	500000	687	0,3435	0,0017175	27,6381
510	510000	712	0,356	0,00178	28,1909
520	520000	734	0,367	0,001835	28,7436
510	510000	861	0,4305	0,0021525	28,1909
500	500000	1090	0,545	0,002725	27,6381
490	490000	1225	0,6125	0,0030625	27,0853
480	480000	1390	0,695	0,003475	26,5326

Grafik Modulus Elastisitas Beton BP3-Sampel 5



Modulus Elastisitas	
E uji	23521,768
E Teoritis	25198,703
E uji/ E teoritis	7,13 %

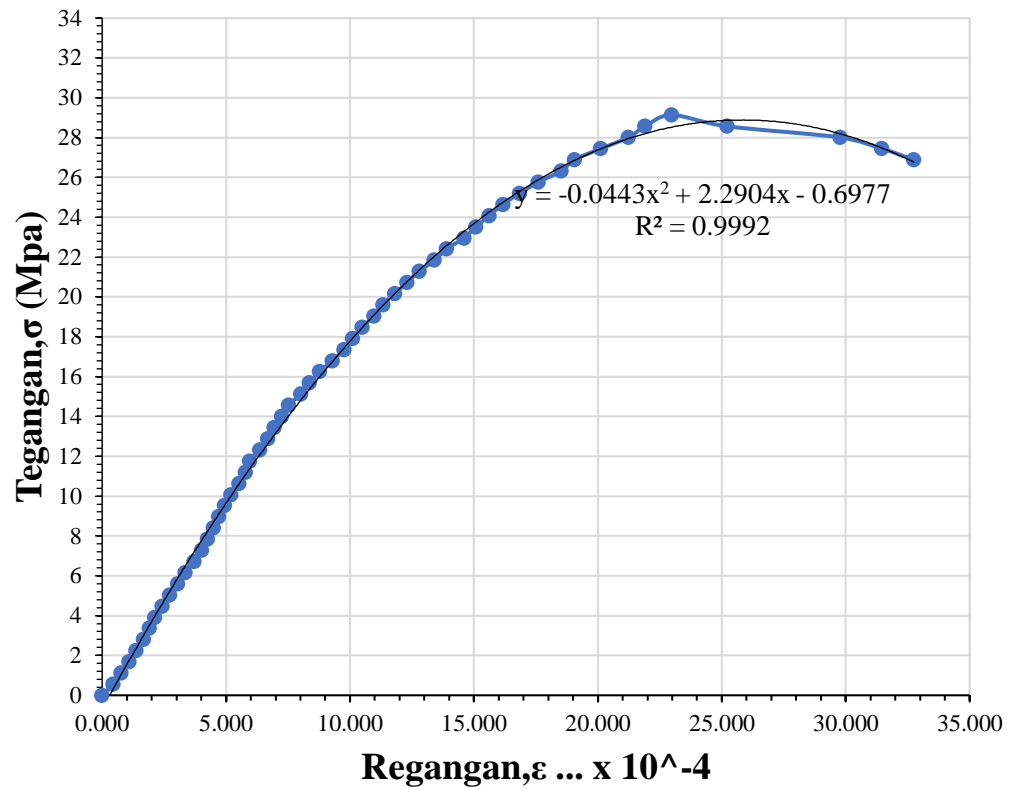
Modulus Elastisitas Beton BC3-Sampel 1

Data Sampel		
Kadar Abu Batu	50	%
Kadar Damdex	2	%
Mutu Beton Rencana	25	MPa
Mutu Beton Hasil Uji	29,1262	MPa
Diameter	150,77	mm
Tinggi	305,7	mm
Luas	17853,35131	mm ²
Lo	200	mm

Beban		Pembacaan Dial (x10 ⁻³)	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
0	0	0	0	0	0,0000
10	10000	18	0,009	0,000045	0,5601
20	20000	31	0,0155	0,0000775	1,1202
30	30000	44	0,022	0,00011	1,6804
40	40000	54,5	0,02725	0,00013625	2,2405
50	50000	66,5	0,03325	0,00016625	2,8006
60	60000	76	0,038	0,00019	3,3607
70	70000	84,9	0,04245	0,00021225	3,9208
80	80000	96,9	0,04845	0,00024225	4,4810
90	90000	109,4	0,0547	0,0002735	5,0411
100	100000	121,9	0,06095	0,00030475	5,6012
110	110000	133,9	0,06695	0,00033475	6,1613
120	120000	148,4	0,0742	0,000371	6,7214
130	130000	160,4	0,0802	0,000401	7,2815
140	140000	169,9	0,08495	0,00042475	7,8417
150	150000	179,9	0,08995	0,00044975	8,4018
160	160000	187,9	0,09395	0,00046975	8,9619
170	170000	197,4	0,0987	0,0004935	9,5220
180	180000	208,4	0,1042	0,000521	10,0821
190	190000	220,9	0,11045	0,00055225	10,6423
200	200000	231,4	0,1157	0,0005785	11,2024
210	210000	238,4	0,1192	0,000596	11,7625
220	220000	254,4	0,1272	0,000636	12,3226
230	230000	267,8	0,1339	0,0006695	12,8827
240	240000	277,8	0,1389	0,0006945	13,4429
250	250000	289,8	0,1449	0,0007245	14,0030

Beban		Pembacaan Dial ($\times 10^{-3}$)	ΔL Sebenarnya ($1/2\Delta L$)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
260	260000	300,8	0,1504	0,000752	14,5631
270	270000	321	0,1605	0,0008025	15,1232
280	280000	334,8	0,1674	0,000837	15,6833
290	290000	350,8	0,1754	0,000877	16,2434
300	300000	371,8	0,1859	0,0009295	16,8036
310	310000	390,8	0,1954	0,000977	17,3637
320	320000	404,7	0,20235	0,00101175	17,9238
330	330000	419,7	0,20985	0,00104925	18,4839
340	340000	439,2	0,2196	0,001098	19,0440
350	350000	453,7	0,22685	0,00113425	19,6042
360	360000	472,2	0,2361	0,0011805	20,1643
370	370000	492,2	0,2461	0,0012305	20,7244
380	380000	511,7	0,25585	0,00127925	21,2845
390	390000	536,2	0,2681	0,0013405	21,8446
400	400000	556,2	0,2781	0,0013905	22,4048
410	410000	584,1	0,29205	0,00146025	22,9649
420	420000	603,6	0,3018	0,001509	23,5250
430	430000	624,7	0,31235	0,00156175	24,0851
440	440000	647,1	0,32355	0,00161775	24,6452
450	450000	673,6	0,3368	0,001684	25,2054
460	460000	704,1	0,35205	0,00176025	25,7655
470	470000	741,1	0,37055	0,00185275	26,3256
480	480000	762,2	0,3811	0,0019055	26,8857
490	490000	805	0,4025	0,0020125	27,4458
500	500000	849	0,4245	0,0021225	28,0059
510	510000	876,5	0,43825	0,00219125	28,5661
520	520000	919,4	0,4597	0,0022985	29,1262
510	510000	1008,4	0,5042	0,002521	28,5661
500	500000	1191	0,5955	0,0029775	28,0059
490	490000	1258	0,629	0,003145	27,4458
480	480000	1310	0,655	0,003275	26,8857

Grafik Modulus Elastisitas Beton BC3-Sampel 1



Modulus Elastisitas	
E uji	22185,066
E Teoritis	25365,840
E uji/ E teoritis	14,34%

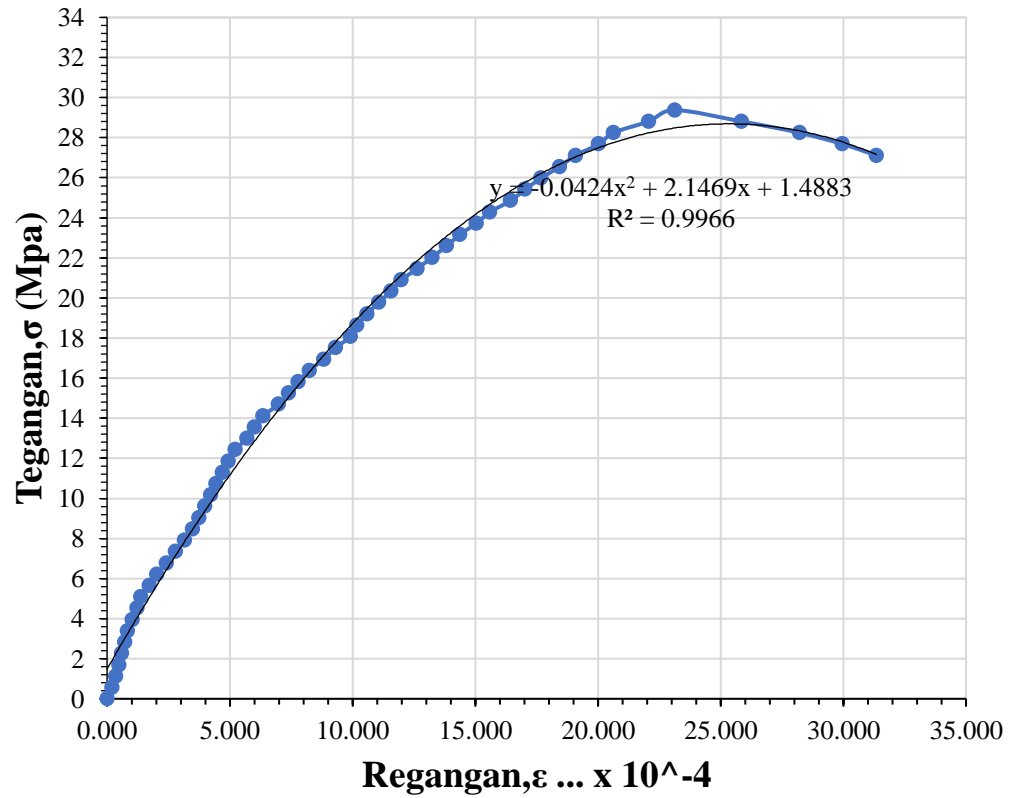
Modulus Elastisitas Beton BC3-Sampel 4

Data Sampel		
Kadar Abu Batu	50	%
Kadar Damdex	2	%
Mutu Beton Rencana	25	MPa
Mutu Beton Hasil Uji	29,375	MPa
Diameter	150,13	mm
Tinggi	304,37	mm
Luas	17702,10248	mm ²
Lo	200	mm

Beban		Pembacaan Dial (x10⁻³)	ΔL Sebenarnya (1/2ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/Lo$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
0	0	0	0	0	0,0000
10	10000	8	0,004	0,00002	0,5649
20	20000	14	0,007	0,000035	1,1298
30	30000	19,5	0,00975	0,00004875	1,6947
40	40000	23,5	0,01175	0,00005875	2,2596
50	50000	29	0,0145	0,0000725	2,8245
60	60000	33,5	0,01675	0,00008375	3,3894
70	70000	41	0,0205	0,0001025	3,9543
80	80000	49	0,0245	0,0001225	4,5192
90	90000	55	0,0275	0,0001375	5,0841
100	100000	69	0,0345	0,0001725	5,6490
110	110000	81	0,0405	0,0002025	6,2140
120	120000	97	0,0485	0,0002425	6,7789
130	130000	112	0,056	0,00028	7,3438
140	140000	126,2	0,0631	0,0003155	7,9087
150	150000	139,5	0,06975	0,00034875	8,4736
160	160000	150	0,075	0,000375	9,0385
170	170000	159,7	0,07985	0,00039925	9,6034
180	180000	169,5	0,08475	0,00042375	10,1683
190	190000	177,8	0,0889	0,0004445	10,7332
200	200000	187,9	0,09395	0,00046975	11,2981
210	210000	198	0,099	0,000495	11,8630
220	220000	208,9	0,10445	0,00052225	12,4279
230	230000	227,9	0,11395	0,00056975	12,9928
240	240000	240,4	0,1202	0,000601	13,5577
250	250000	253,9	0,12695	0,00063475	14,1226

Beban		Pembacaan Dial (x10 ⁻³)	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
260	260000	279,9	0,13995	0,00069975	14,6875
270	270000	296,4	0,1482	0,000741	15,2524
280	280000	311,4	0,1557	0,0007785	15,8173
290	290000	329,5	0,16475	0,00082375	16,3822
300	300000	353,3	0,17665	0,00088325	16,9471
310	310000	372,3	0,18615	0,00093075	17,5120
320	320000	396,8	0,1984	0,000992	18,0769
330	330000	407,3	0,20365	0,00101825	18,6419
340	340000	423,8	0,2119	0,0010595	19,2068
350	350000	442,8	0,2214	0,001107	19,7717
360	360000	462,8	0,2314	0,001157	20,3366
370	370000	479,8	0,2399	0,0011995	20,9015
380	380000	505,7	0,25285	0,00126425	21,4664
390	390000	529,7	0,26485	0,00132425	22,0313
400	400000	553,7	0,27685	0,00138425	22,5962
410	410000	574,7	0,28735	0,00143675	23,1611
420	420000	602,2	0,3011	0,0015055	23,7260
430	430000	624,2	0,3121	0,0015605	24,2909
440	440000	657,7	0,32885	0,00164425	24,8558
450	450000	681,6	0,3408	0,001704	25,4207
460	460000	707,6	0,3538	0,001769	25,9856
470	470000	737,6	0,3688	0,001844	26,5505
480	480000	763,6	0,3818	0,001909	27,1154
490	490000	801,6	0,4008	0,002004	27,6803
500	500000	825,3	0,41265	0,00206325	28,2452
510	510000	882,5	0,44125	0,00220625	28,8101
520	520000	925,3	0,46265	0,00231325	29,3750
510	510000	1034,4	0,5172	0,002586	28,8101
500	500000	1128,7	0,56435	0,00282175	28,2452
490	490000	1198,9	0,59945	0,00299725	27,6803
480	480000	1254	0,627	0,003135	27,1154

Grafik Modulus Elastisitas Beton BC3-Sampel 4



Modulus Elastisitas	
E uji	23357,660
E Teoritis	25472,846
E uji/ E teoritis	9,06%

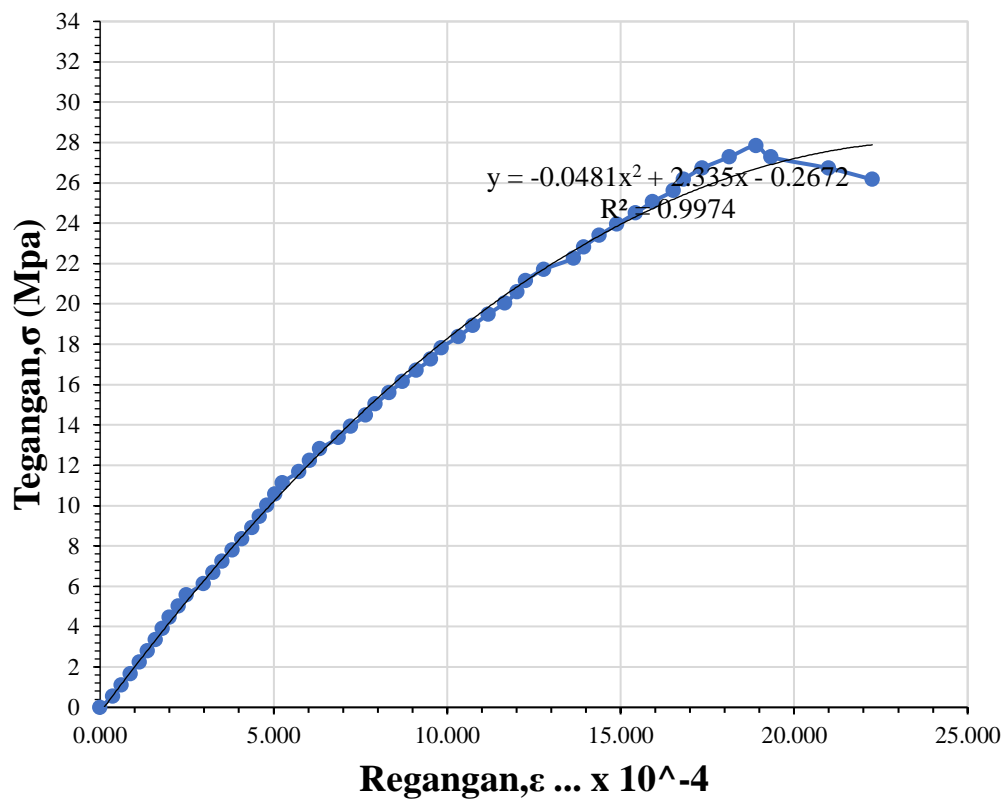
Modulus Elastisitas Beton BC3-Sampel 5

Data Sampel		
Kadar Abu Batu	50	%
Kadar Damdex	2	%
Mutu Beton Rencana	25	MPa
Mutu Beton Hasil Uji	27,8358	MPa
Diameter	151,23	mm
Tinggi	305,33	mm
Luas	17962,45883	mm ²
Lo	200	mm

Beban		Pembacaan Dial (x10 ⁻³)	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
0	0	0	0	0	0,0000
10	10000	14,5	0,00725	0,00003625	0,5567
20	20000	24,5	0,01225	0,00006125	1,1134
30	30000	35	0,0175	0,0000875	1,6701
40	40000	45,5	0,02275	0,00011375	2,2269
50	50000	54,5	0,02725	0,00013625	2,7836
60	60000	64	0,032	0,00016	3,3403
70	70000	72	0,036	0,00018	3,8970
80	80000	80	0,04	0,0002	4,4537
90	90000	90,4	0,0452	0,000226	5,0104
100	100000	99,4	0,0497	0,0002485	5,5672
110	110000	118,9	0,05945	0,00029725	6,1239
120	120000	130,4	0,0652	0,000326	6,6806
130	130000	140,9	0,07045	0,00035225	7,2373
140	140000	152,4	0,0762	0,000381	7,7940
150	150000	163,4	0,0817	0,0004085	8,3507
160	160000	174,9	0,08745	0,00043725	8,9075
170	170000	183,9	0,09195	0,00045975	9,4642
180	180000	192,3	0,09615	0,00048075	10,0209
190	190000	201,4	0,1007	0,0005035	10,5776
200	200000	210	0,105	0,000525	11,1343
210	210000	229,4	0,1147	0,0005735	11,6910
220	220000	241,3	0,12065	0,00060325	12,2478
230	230000	253,3	0,12665	0,00063325	12,8045
240	240000	274,8	0,1374	0,000687	13,3612
250	250000	288,9	0,14445	0,00072225	13,9179

Beban		Pembacaan Dial ($\times 10^{-3}$)	ΔL Sebenarnya ($1/2\Delta L$)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
260	260000	305,8	0,1529	0,0007645	14,4746
270	270000	317,3	0,15865	0,00079325	15,0313
280	280000	332,8	0,1664	0,000832	15,5881
290	290000	348,3	0,17415	0,00087075	16,1448
300	300000	364,3	0,18215	0,00091075	16,7015
310	310000	381,3	0,19065	0,00095325	17,2582
320	320000	393,3	0,19665	0,00098325	17,8149
330	330000	412,8	0,2064	0,001032	18,3716
340	340000	429,9	0,21495	0,00107475	18,9284
350	350000	447,2	0,2236	0,001118	19,4851
360	360000	466,7	0,23335	0,00116675	20,0418
370	370000	480,7	0,24035	0,00120175	20,5985
380	380000	490,2	0,2451	0,0012255	21,1552
390	390000	511,7	0,25585	0,00127925	21,7119
400	400000	545,7	0,27285	0,00136425	22,2687
410	410000	557,7	0,27885	0,00139425	22,8254
420	420000	575,2	0,2876	0,001438	23,3821
430	430000	595,6	0,2978	0,001489	23,9388
440	440000	617,1	0,30855	0,00154275	24,4955
450	450000	636,6	0,3183	0,0015915	25,0522
460	460000	660,6	0,3303	0,0016515	25,6090
470	470000	672,8	0,3364	0,001682	26,1657
480	480000	694,1	0,34705	0,00173525	26,7224
490	490000	725,1	0,36255	0,00181275	27,2791
500	500000	756,1	0,37805	0,00189025	27,8358
490	490000	773,5	0,38675	0,00193375	27,2791
480	480000	840	0,42	0,0021	26,7224
470	470000	890	0,445	0,002225	26,1657

Grafik Modulus Elastisitas Beton BC3-Sampel 5



Modulus Elastisitas	
E uji	23893,348
E Teoritis	24796,501
E uji/ E teoritis	3,78 %

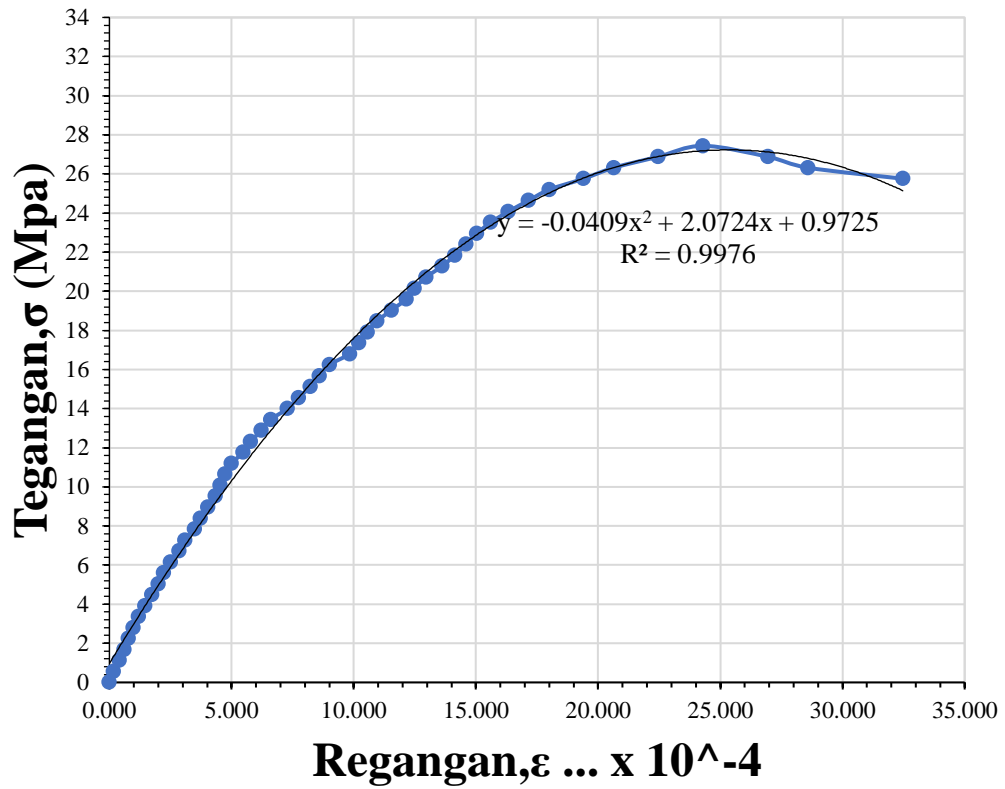
Modulus Elastisitas Beton BP4-Sampel 3

Data Sampel		
Kadar Abu Batu	75	%
Kadar Damdex	0	%
Mutu Beton Rencana	25	MPa
Mutu Beton Hasil Uji	27,4349	MPa
Diameter	150,8	mm
Tinggi	306,6	mm
Luas	17860,45689	mm ²
Lo	200	mm

Beban		Pembacaan Dial (x10⁻³)	ΔL Sebenarnya (1/2ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
0	0	0	0	0	0,0000
10	10000	7	0,0035	0,0000175	0,5599
20	20000	16,5	0,00825	0,00004125	1,1198
30	30000	24,5	0,01225	0,00006125	1,6797
40	40000	31	0,0155	0,0000775	2,2396
50	50000	39	0,0195	0,0000975	2,7995
60	60000	47,5	0,02375	0,00011875	3,3594
70	70000	58,5	0,02925	0,00014625	3,9193
80	80000	69,5	0,03475	0,00017375	4,4792
90	90000	80,5	0,04025	0,00020125	5,0391
100	100000	89	0,0445	0,0002225	5,5990
110	110000	100,5	0,05025	0,00025125	6,1589
120	120000	114	0,057	0,000285	6,7188
130	130000	123,8	0,0619	0,0003095	7,2786
140	140000	139,6	0,0698	0,000349	7,8385
150	150000	149	0,0745	0,0003725	8,3984
160	160000	161	0,0805	0,0004025	8,9583
170	170000	173,5	0,08675	0,00043375	9,5182
180	180000	181	0,0905	0,0004525	10,0781
190	190000	189,1	0,09455	0,00047275	10,6380
200	200000	200	0,1	0,0005	11,1979
210	210000	218,8	0,1094	0,000547	11,7578
220	220000	231,3	0,11565	0,00057825	12,3177
230	230000	248,8	0,1244	0,000622	12,8776
240	240000	263,9	0,13195	0,00065975	13,4375
250	250000	291,5	0,14575	0,00072875	13,9974

Beban		Pembacaan Dial ($\times 10^{-3}$)	ΔL Sebenarnya ($1/2\Delta L$)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
260	260000	309,3	0,15465	0,00077325	14,5573
270	270000	329,3	0,16465	0,00082325	15,1172
280	280000	343,5	0,17175	0,00085875	15,6771
290	290000	360	0,18	0,0009	16,2370
300	300000	393,2	0,1966	0,000983	16,7969
310	310000	408,2	0,2041	0,0010205	17,3568
320	320000	422,2	0,2111	0,0010555	17,9167
330	330000	438,5	0,21925	0,00109625	18,4766
340	340000	461,7	0,23085	0,00115425	19,0365
350	350000	486,2	0,2431	0,0012155	19,5964
360	360000	499,6	0,2498	0,001249	20,1563
370	370000	518,5	0,25925	0,00129625	20,7162
380	380000	544,2	0,2721	0,0013605	21,2761
390	390000	565,6	0,2828	0,001414	21,8359
400	400000	583,5	0,29175	0,00145875	22,3958
410	410000	601,6	0,3008	0,001504	22,9557
420	420000	624,1	0,31205	0,00156025	23,5156
430	430000	653,1	0,32655	0,00163275	24,0755
440	440000	686	0,343	0,001715	24,6354
450	450000	720	0,36	0,0018	25,1953
460	460000	776,2	0,3881	0,0019405	25,7552
470	470000	825,7	0,41285	0,00206425	26,3151
480	480000	898	0,449	0,002245	26,8750
490	490000	971,5	0,48575	0,00242875	27,4349
480	480000	1078,2	0,5391	0,0026955	26,8750
470	470000	1143,7	0,57185	0,00285925	26,3151
460	460000	1298,7	0,64935	0,00324675	25,7552

Grafik Modulus Elastisitas Beton BP4-Sampel 3



Modulus Elastisitas	
E uji	21956,786
E Teoritis	24617,821
E uji/ E teoritis	12,12 %

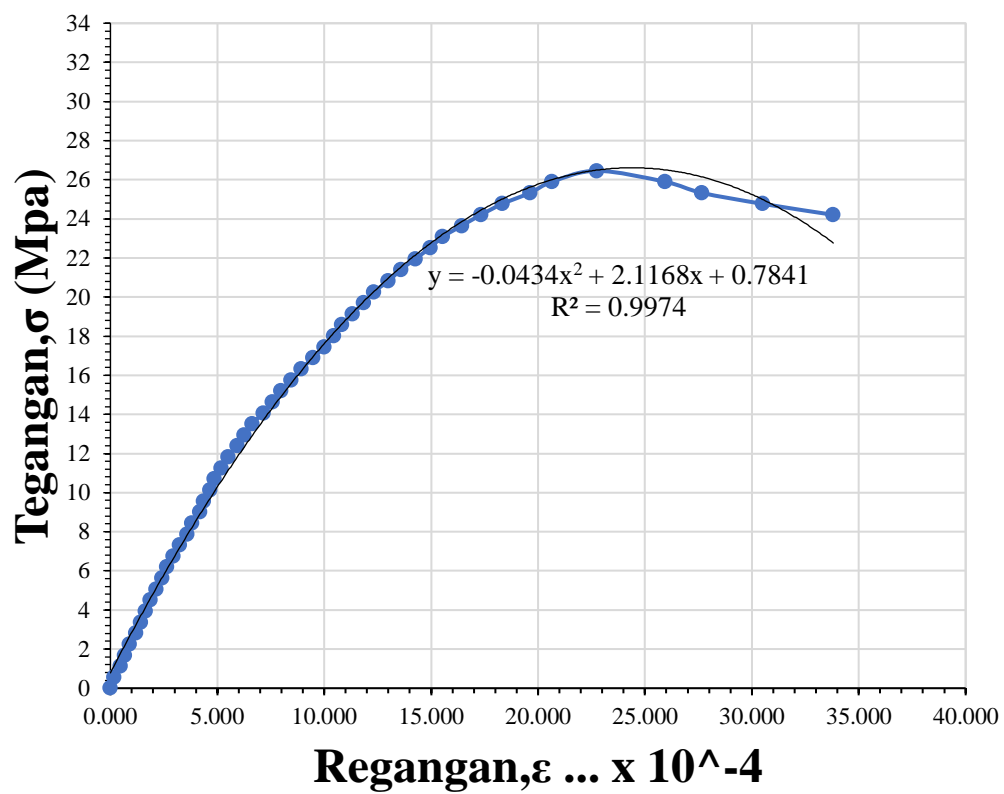
Modulus Elastisitas Beton BP4-Sampel 4

Data Sampel		
Kadar Abu Batu	75	%
Kadar Damdex	0	%
Mutu Beton Rencana	25	MPa
Mutu Beton Hasil Uji	46,4553	MPa
Diameter	150,4	mm
Tinggi	306,07	mm
Luas	17765,83212	mm ²
Lo	200	mm

Beban		Pembacaan Dial (x10 ⁻³)	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
0	0	0	0	0	0,0000
10	10000	7	0,0035	0,0000175	0,5629
20	20000	18,5	0,00925	0,00004625	1,1258
30	30000	26,5	0,01325	0,00006625	1,6886
40	40000	36	0,018	0,00009	2,2515
50	50000	47,5	0,02375	0,00011875	2,8144
60	60000	56,5	0,02825	0,00014125	3,3773
70	70000	66	0,033	0,000165	3,9401
80	80000	74,5	0,03725	0,00018625	4,5030
90	90000	85,5	0,04275	0,00021375	5,0659
100	100000	96,5	0,04825	0,00024125	5,6288
110	110000	105,5	0,05275	0,00026375	6,1917
120	120000	117,9	0,05895	0,00029475	6,7545
130	130000	129,5	0,06475	0,00032375	7,3174
140	140000	143,2	0,0716	0,000358	7,8803
150	150000	152,5	0,07625	0,00038125	8,4432
160	160000	167	0,0835	0,0004175	9,0061
170	170000	174	0,087	0,000435	9,5689
180	180000	186,5	0,09325	0,00046625	10,1318
190	190000	194,7	0,09735	0,00048675	10,6947
200	200000	206,8	0,1034	0,000517	11,2576
210	210000	219,8	0,1099	0,0005495	11,8204
220	220000	236,8	0,1184	0,000592	12,3833
230	230000	250,6	0,1253	0,0006265	12,9462
240	240000	264,8	0,1324	0,000662	13,5091
250	250000	285,8	0,1429	0,0007145	14,0720

Beban		Pembacaan Dial (x10 ⁻³)	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
260	260000	303,3	0,15165	0,00075825	14,6348
270	270000	319,3	0,15965	0,00079825	15,1977
280	280000	338,3	0,16915	0,00084575	15,7606
290	290000	357,3	0,17865	0,00089325	16,3235
300	300000	378,7	0,18935	0,00094675	16,8863
310	310000	400,2	0,2001	0,0010005	17,4492
320	320000	418,3	0,20915	0,00104575	18,0121
330	330000	433,2	0,2166	0,001083	18,5750
340	340000	452,3	0,22615	0,00113075	19,1379
350	350000	474,2	0,2371	0,0011855	19,7007
360	360000	492,7	0,24635	0,00123175	20,2636
370	370000	520,1	0,26005	0,00130025	20,8265
380	380000	543,1	0,27155	0,00135775	21,3894
390	390000	570,1	0,28505	0,00142525	21,9523
400	400000	598,1	0,29905	0,00149525	22,5151
410	410000	621,1	0,31055	0,00155275	23,0780
420	420000	657,1	0,32855	0,00164275	23,6409
430	430000	693	0,3465	0,0017325	24,2038
440	440000	733,5	0,36675	0,00183375	24,7666
450	450000	785,4	0,3927	0,0019635	25,3295
460	460000	826	0,413	0,002065	25,8924
470	470000	910	0,455	0,002275	26,4553
460	460000	1038	0,519	0,002595	25,8924
450	450000	1106	0,553	0,002765	25,3295
440	440000	1219,9	0,60995	0,00304975	24,7666
430	430000	1352,3	0,67615	0,00338075	24,2038

Grafik Modulus Elastisitas Beton BP4-Sampel 4



Modulus Elastisitas	
E uji	21864,511
E Teoritis	24174,306
E uji/ E teoritis	10,56 %

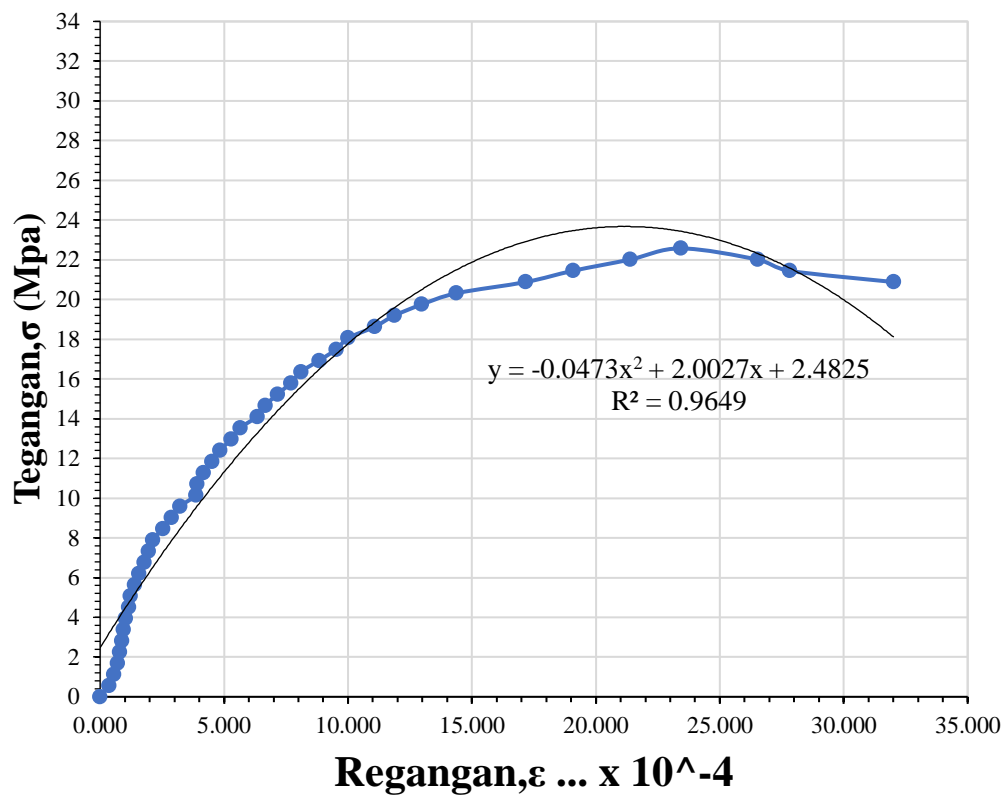
Modulus Elastisitas Beton BP4-Sampel 5

Data Sampel		
Kadar Abu Batu	75	%
Kadar Damdex	0	%
Mutu Beton Rencana	25	MPa
Mutu Beton Hasil Uji	22,5751	MPa
Diameter	150,2	mm
Tinggi	303,2	mm
Luas	17718,61398	mm ²
Lo	200	mm

Beban		Pembacaan Dial (x10 ⁻³)	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
0	0	0	0	0	0,0000
10	10000	14,5	0,00725	0,00003625	0,5644
20	20000	22	0,011	0,000055	1,1288
30	30000	28,5	0,01425	0,00007125	1,6931
40	40000	32	0,016	0,00008	2,2575
50	50000	35	0,0175	0,0000875	2,8219
60	60000	38	0,019	0,000095	3,3863
70	70000	41	0,0205	0,0001025	3,9506
80	80000	46	0,023	0,000115	4,5150
90	90000	49	0,0245	0,0001225	5,0794
100	100000	56	0,028	0,00014	5,6438
110	110000	63	0,0315	0,0001575	6,2082
120	120000	71	0,0355	0,0001775	6,7725
130	130000	78	0,039	0,000195	7,3369
140	140000	85,4	0,0427	0,0002135	7,9013
150	150000	101,4	0,0507	0,0002535	8,4657
160	160000	115,4	0,0577	0,0002885	9,0301
170	170000	129,3	0,06465	0,00032325	9,5944
180	180000	154,6	0,0773	0,0003865	10,1588
190	190000	156,4	0,0782	0,000391	10,7232
200	200000	166,4	0,0832	0,000416	11,2876
210	210000	180,4	0,0902	0,000451	11,8519
220	220000	193,6	0,0968	0,000484	12,4163
230	230000	211,9	0,10595	0,00052975	12,9807
240	240000	226,4	0,1132	0,000566	13,5451
250	250000	253,3	0,12665	0,00063325	14,1095

Beban		Pembacaan Dial ($\times 10^{-3}$)	ΔL Sebenarnya ($1/2\Delta L$)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
260	260000	266,6	0,1333	0,0006665	14,6738
270	270000	286,3	0,14315	0,00071575	15,2382
280	280000	307,8	0,1539	0,0007695	15,8026
290	290000	324,3	0,16215	0,00081075	16,3670
300	300000	353,5	0,17675	0,00088375	16,9313
310	310000	381,3	0,19065	0,00095325	17,4957
320	320000	400,3	0,20015	0,00100075	18,0601
330	330000	442,7	0,22135	0,00110675	18,6245
340	340000	474,7	0,23735	0,00118675	19,1889
350	350000	519,2	0,2596	0,001298	19,7532
360	360000	575,2	0,2876	0,001438	20,3176
370	370000	687,1	0,34355	0,00171775	20,8820
380	380000	763	0,3815	0,0019075	21,4464
390	390000	855	0,4275	0,0021375	22,0108
400	400000	937	0,4685	0,0023425	22,5751
390	390000	1061	0,5305	0,0026525	22,0108
380	380000	1112,6	0,5563	0,0027815	21,4464
370	370000	1280,3	0,64015	0,00320075	20,8820

Grafik Modulus Elastisitas Beton BP4-Sampel 5



Modulus Elastisitas	
E uji	20337,948
E Teoritis	22331,247
E uji/ E teoritis	9,8 %

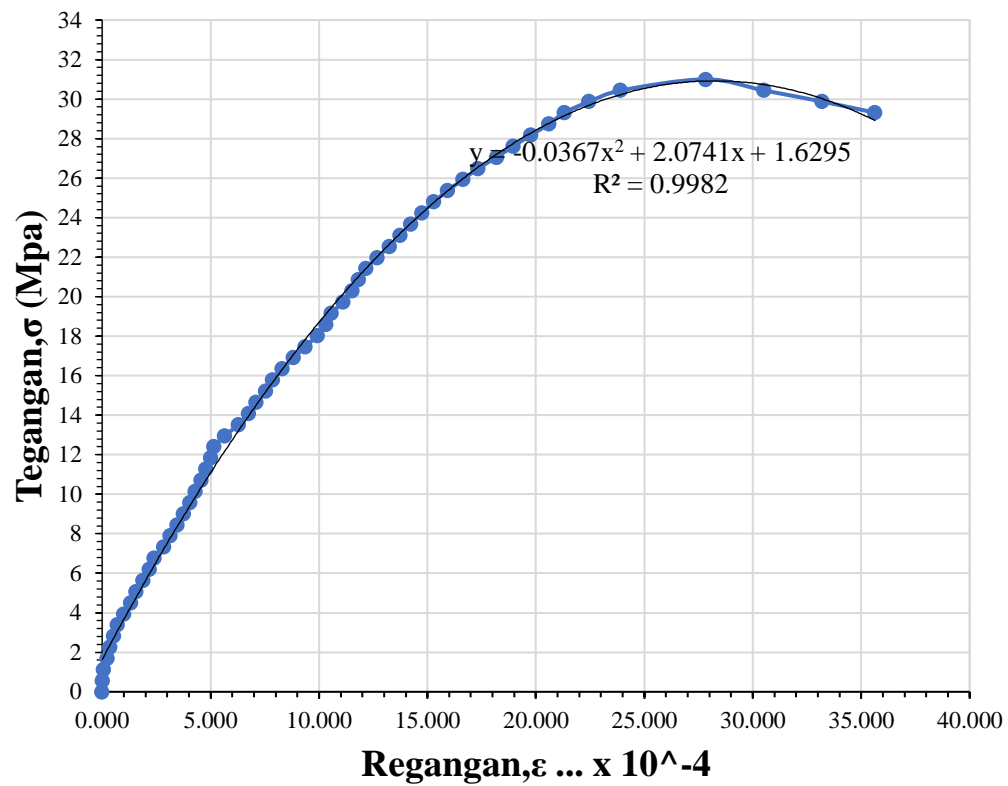
Modulus Elastisitas Beton BC4-Sampel 1

Data Sampel		
Kadar Abu Batu	75	%
Kadar Damdex	2	%
Mutu Beton Rencana	25	MPa
Mutu Beton Hasil Uji	30,995	MPa
Diameter	150,3	mm
Tinggi	305,93	mm
Luas	17742,2152	mm ²
Lo	200	mm

Beban		Pembacaan Dial (x10 ⁻³)	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
0	0	0	0	0	0,0000
10	10000	0,5	0,00025	0,00000125	0,5636
20	20000	2,5	0,00125	0,00000625	1,1273
30	30000	10	0,005	0,000025	1,6909
40	40000	14	0,007	0,000035	2,2545
50	50000	21	0,0105	0,0000525	2,8181
60	60000	28	0,014	0,00007	3,3818
70	70000	40,5	0,02025	0,00010125	3,9454
80	80000	53	0,0265	0,0001325	4,5090
90	90000	63	0,0315	0,0001575	5,0726
100	100000	75	0,0375	0,0001875	5,6363
110	110000	86,9	0,04345	0,00021725	6,1999
120	120000	96,4	0,0482	0,000241	6,7635
130	130000	113,4	0,0567	0,0002835	7,3272
140	140000	125,9	0,06295	0,00031475	7,8908
150	150000	138,9	0,06945	0,00034725	8,4544
160	160000	150,4	0,0752	0,000376	9,0180
170	170000	161,7	0,08085	0,00040425	9,5817
180	180000	172,2	0,0861	0,0004305	10,1453
190	190000	183,1	0,09155	0,00045775	10,7089
200	200000	191,2	0,0956	0,000478	11,2725
210	210000	200,5	0,10025	0,00050125	11,8362
220	220000	206,4	0,1032	0,000516	12,3998
230	230000	226,3	0,11315	0,00056575	12,9634
240	240000	251,8	0,1259	0,0006295	13,5271
250	250000	270,3	0,13515	0,00067575	14,0907

Beban		Pembacaan Dial ($\times 10^{-3}$)	ΔL Sebenarnya ($1/2\Delta L$)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
260	260000	284,3	0,14215	0,00071075	14,6543
270	270000	301,3	0,15065	0,00075325	15,2179
280	280000	314,8	0,1574	0,000787	15,7816
290	290000	332,3	0,16615	0,00083075	16,3452
300	300000	353,3	0,17665	0,00088325	16,9088
310	310000	374,3	0,18715	0,00093575	17,4725
320	320000	397,6	0,1988	0,000994	18,0361
330	330000	412,7	0,20635	0,00103175	18,5997
340	340000	423,2	0,2116	0,001058	19,1633
350	350000	444,7	0,22235	0,00111175	19,7270
360	360000	460,7	0,23035	0,00115175	20,2906
370	370000	472,7	0,23635	0,00118175	20,8542
380	380000	486,7	0,24335	0,00121675	21,4178
390	390000	507,2	0,2536	0,001268	21,9815
400	400000	529,7	0,26485	0,00132425	22,5451
410	410000	549,7	0,27485	0,00137425	23,1087
420	420000	569,1	0,28455	0,00142275	23,6724
430	430000	589,6	0,2948	0,001474	24,2360
440	440000	612,1	0,30605	0,00153025	24,7996
450	450000	637,1	0,31855	0,00159275	25,3632
460	460000	665,6	0,3328	0,001664	25,9269
470	470000	693,6	0,3468	0,001734	26,4905
480	480000	727,5	0,36375	0,00181875	27,0541
490	490000	758,5	0,37925	0,00189625	27,6177
500	500000	791	0,3955	0,0019775	28,1814
510	510000	824,5	0,41225	0,00206125	28,7450
520	520000	852,5	0,42625	0,00213125	29,3086
530	530000	898,4	0,4492	0,002246	29,8723
540	540000	956,4	0,4782	0,002391	30,4359
550	550000	1113	0,5565	0,0027825	30,9995
540	540000	1220,7	0,61035	0,00305175	30,4359
530	530000	1328,1	0,66405	0,00332025	29,8723
520	520000	1425,4	0,7127	0,0035635	29,3086

Grafik Modulus Elastisitas Beton BC4-Sampel 1



Modulus Elastisitas	
E uji	25166,413
E Teoritis	26168,286
E uji/ E teoritis	3,98 %

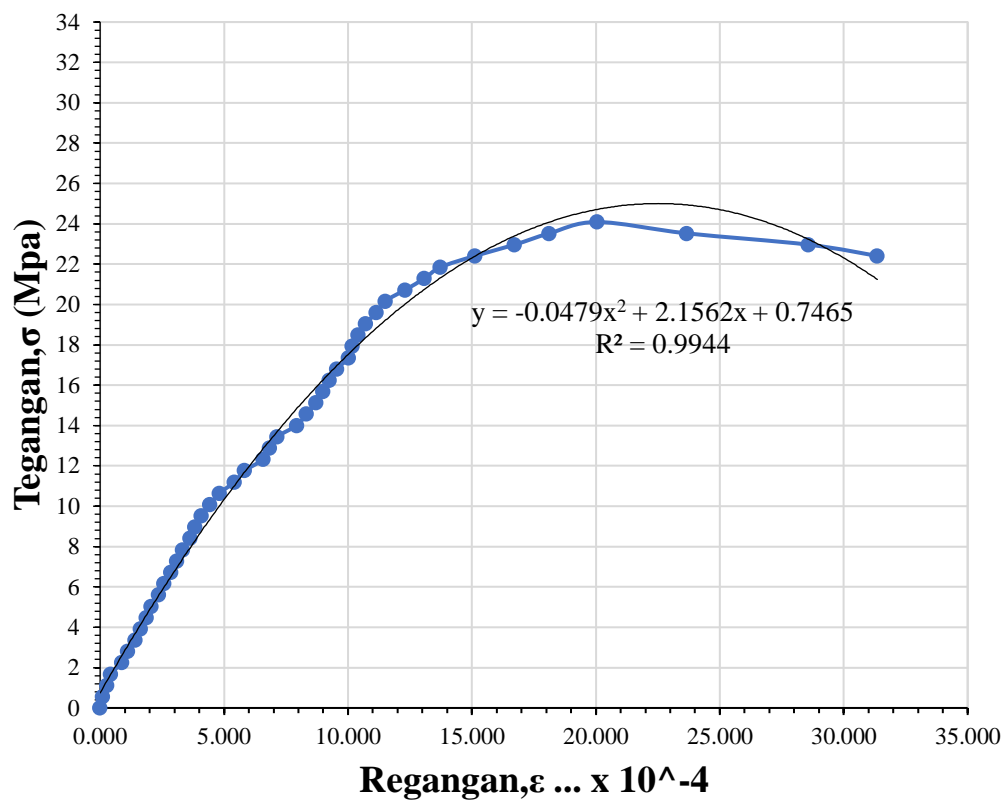
Modulus Elastisitas Beton BC4-Sampel 3

Data Sampel		
Kadar Abu Batu	75	%
Kadar Damdex	2	%
Mutu Beton Rencana	25	MPa
Mutu Beton Hasil Uji	24,085	MPa
Diameter	150,77	mm
Tinggi	304,2	mm
Luas	17853,35131	mm ²
Lo	200	mm

Beban		Pembacaan Dial (x10 ⁻³)	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
0	0	0	0	0	0,0000
10	10000	4	0,002	0,00001	0,5601
20	20000	11	0,0055	0,0000275	1,1202
30	30000	17	0,0085	0,0000425	1,6804
40	40000	35	0,0175	0,0000875	2,2405
50	50000	44,5	0,02225	0,00011125	2,8006
60	60000	56,5	0,02825	0,00014125	3,3607
70	70000	65	0,0325	0,0001625	3,9208
80	80000	75	0,0375	0,0001875	4,4810
90	90000	82,5	0,04125	0,00020625	5,0411
100	100000	94,5	0,04725	0,00023625	5,6012
110	110000	103	0,0515	0,0002575	6,1613
120	120000	114,5	0,05725	0,00028625	6,7214
130	130000	123,5	0,06175	0,00030875	7,2815
140	140000	133	0,0665	0,0003325	7,8417
150	150000	145,6	0,0728	0,000364	8,4018
160	160000	152,7	0,07635	0,00038175	8,9619
170	170000	163,2	0,0816	0,000408	9,5220
180	180000	177	0,0885	0,0004425	10,0821
190	190000	192,8	0,0964	0,000482	10,6423
200	200000	216,8	0,1084	0,000542	11,2024
210	210000	233,3	0,11665	0,00058325	11,7625
220	220000	263,3	0,13165	0,00065825	12,3226
230	230000	273,3	0,13665	0,00068325	12,8827
240	240000	285,8	0,1429	0,0007145	13,4429

Beban		Pembacaan Dial ($\times 10^{-3}$)	ΔL Sebenarnya ($1/2\Delta L$)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
250	250000	317,2	0,1586	0,000793	14,0030
260	260000	333,2	0,1666	0,000833	14,5631
270	270000	348,2	0,1741	0,0008705	15,1232
280	280000	359,2	0,1796	0,000898	15,6833
290	290000	370,2	0,1851	0,0009255	16,2434
300	300000	382,2	0,1911	0,0009555	16,8036
310	310000	400,7	0,20035	0,00100175	17,3637
320	320000	407,2	0,2036	0,001018	17,9238
330	330000	416,7	0,20835	0,00104175	18,4839
340	340000	428,7	0,21435	0,00107175	19,0440
350	350000	445,7	0,22285	0,00111425	19,6042
360	360000	460,2	0,2301	0,0011505	20,1643
370	370000	492,3	0,24615	0,00123075	20,7244
380	380000	523,1	0,26155	0,00130775	21,2845
390	390000	549,1	0,27455	0,00137275	21,8446
400	400000	604,6	0,3023	0,0015115	22,4048
410	410000	669	0,3345	0,0016725	22,9649
420	420000	725	0,3625	0,0018125	23,5250
430	430000	802	0,401	0,002005	24,0851
420	420000	946,9	0,47345	0,00236725	23,5250
410	410000	1143,2	0,5716	0,002858	22,9649
400	400000	1254,2	0,6271	0,0031355	22,4048

Grafik Modulus Elastisitas Beton BC4-Sampel 3



Modulus Elastisitas	
E uji	20938,918
E Teoritis	23066,506
E uji/ E teoritis	10,16 %

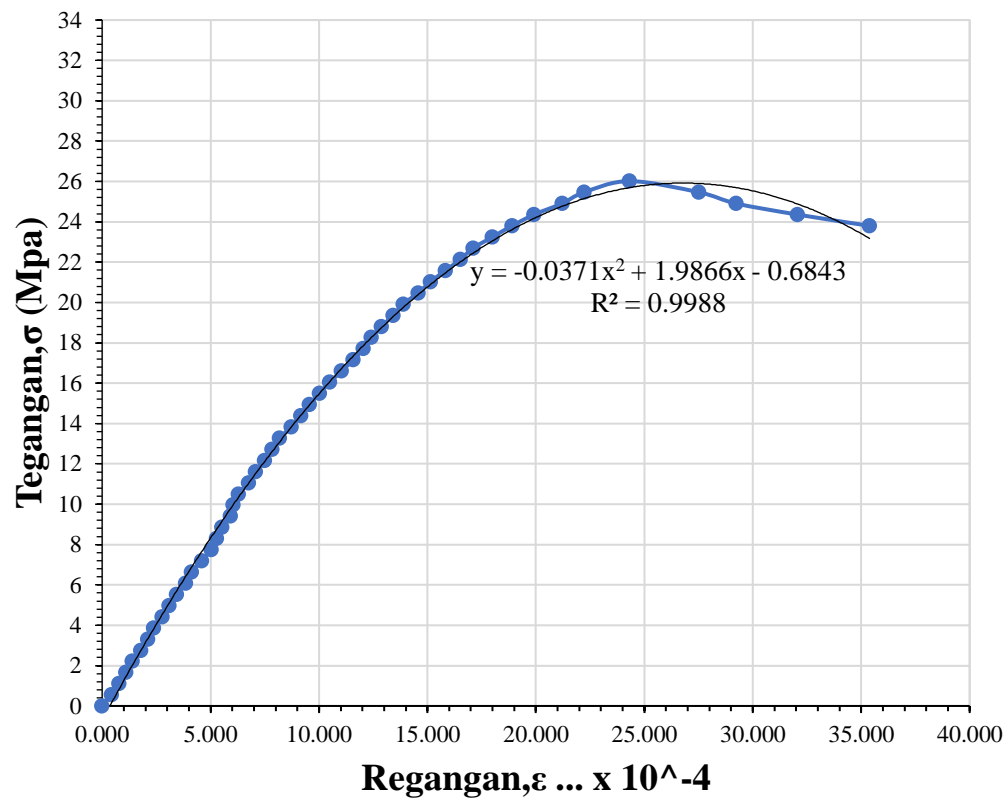
Modulus Elastisitas Beton BC4-Sampel 4

Data Sampel		
Kadar Abu Batu	75	%
Kadar Damdex	2	%
Mutu Beton Rencana	25	MPa
Mutu Beton Hasil Uji	26,0141	MPa
Diameter	151,67	mm
Tinggi	307,67	mm
Luas	18067,13355	mm ²
Lo	200	mm

Beban		Pembacaan Dial (x10 ⁻³)	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
0	0	0	0	0	0,0000
10	10000	17,5	0,00875	0,00004375	0,5535
20	20000	31,5	0,01575	0,00007875	1,1070
30	30000	44	0,022	0,00011	1,6605
40	40000	56	0,028	0,00014	2,2140
50	50000	72	0,036	0,00018	2,7675
60	60000	83,9	0,04195	0,00020975	3,3209
70	70000	95,4	0,0477	0,0002385	3,8744
80	80000	110,9	0,05545	0,00027725	4,4279
90	90000	123,9	0,06195	0,00030975	4,9814
100	100000	137,4	0,0687	0,0003435	5,5349
110	110000	153,9	0,07695	0,00038475	6,0884
120	120000	165,4	0,0827	0,0004135	6,6419
130	130000	183,9	0,09195	0,00045975	7,1954
140	140000	201,2	0,1006	0,000503	7,7489
150	150000	210,9	0,10545	0,00052725	8,3024
160	160000	220,9	0,11045	0,00055225	8,8559
170	170000	236,9	0,11845	0,00059225	9,4094
180	180000	242	0,121	0,000605	9,9628
190	190000	251,2	0,1256	0,000628	10,5163
200	200000	269,8	0,1349	0,0006745	11,0698
210	210000	282,8	0,1414	0,000707	11,6233
220	220000	299,8	0,1499	0,0007495	12,1768
230	230000	313,6	0,1568	0,000784	12,7303
240	240000	327,8	0,1639	0,0008195	13,2838
250	250000	348,8	0,1744	0,000872	13,8373

Beban		Pembacaan Dial ($\times 10^{-3}$)	ΔL Sebenarnya ($1/2\Delta L$)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
260	260000	366,3	0,18315	0,00091575	14,3908
270	270000	382,3	0,19115	0,00095575	14,9443
280	280000	401,3	0,20065	0,00100325	15,4978
290	290000	420,3	0,21015	0,00105075	16,0512
300	300000	441,7	0,22085	0,00110425	16,6047
310	310000	463,2	0,2316	0,001158	17,1582
320	320000	481,3	0,24065	0,00120325	17,7117
330	330000	496,2	0,2481	0,0012405	18,2652
340	340000	515,3	0,25765	0,00128825	18,8187
350	350000	537,2	0,2686	0,001343	19,3722
360	360000	555,7	0,27785	0,00138925	19,9257
370	370000	583,1	0,29155	0,00145775	20,4792
380	380000	606,1	0,30305	0,00151525	21,0327
390	390000	633,1	0,31655	0,00158275	21,5862
400	400000	661,1	0,33055	0,00165275	22,1396
410	410000	684,1	0,34205	0,00171025	22,6931
420	420000	720,1	0,36005	0,00180025	23,2466
430	430000	756	0,378	0,00189	23,8001
440	440000	796,5	0,39825	0,00199125	24,3536
450	450000	848,4	0,4242	0,002121	24,9071
460	460000	889	0,4445	0,0022225	25,4606
470	470000	973	0,4865	0,0024325	26,0141
460	460000	1101	0,5505	0,0027525	25,4606
450	450000	1169	0,5845	0,0029225	24,9071
440	440000	1282,9	0,64145	0,00320725	24,3536
430	430000	1415,3	0,70765	0,00353825	23,8001

Grafik Modulus Elastisitas Beton BC4-Sampel 4



Modulus Elastisitas	
E uji	21997,374
E Teoritis	23972,410
E uji/ E teoritis	8,98 %

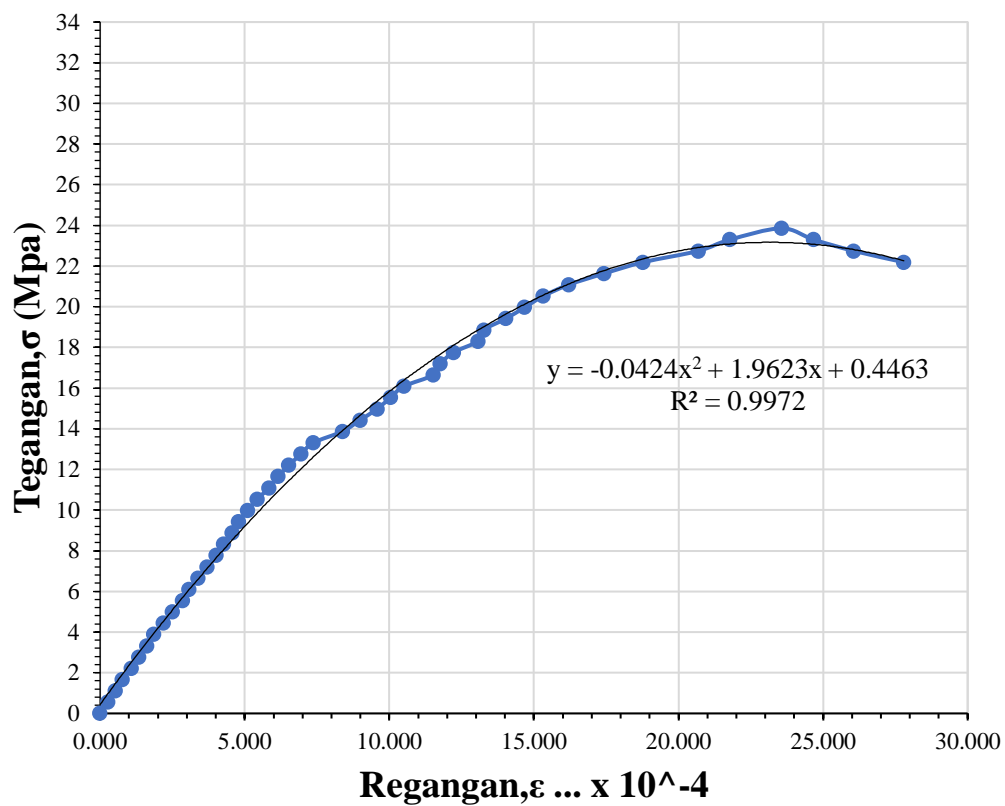
Modulus Elastisitas Beton BP5-Sampel 1

Data Sampel		
Kadar Abu Batu	100	%
Kadar Damdex	0	%
Mutu Beton Rencana	25	MPa
Mutu Beton Hasil Uji	23,8536	MPa
Diameter	151,5	mm
Tinggi	305,33	mm
Luas	18026,655	mm ²
Lo	200	mm

Beban		Pembacaan Dial (x10 ⁻³)	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
0	0	0	0	0	0,0000
10	10000	11	0,0055	0,0000275	0,5547
20	20000	21	0,0105	0,0000525	1,1095
30	30000	31	0,0155	0,0000775	1,6642
40	40000	43,5	0,02175	0,00010875	2,2189
50	50000	53,5	0,02675	0,00013375	2,7737
60	60000	65	0,0325	0,0001625	3,3284
70	70000	74	0,037	0,000185	3,8831
80	80000	87,9	0,04395	0,00021975	4,4379
90	90000	100,4	0,0502	0,000251	4,9926
100	100000	114	0,057	0,000285	5,5473
110	110000	123	0,0615	0,0003075	6,1021
120	120000	135,4	0,0677	0,0003385	6,6568
130	130000	148,3	0,07415	0,00037075	7,2115
140	140000	160,9	0,08045	0,00040225	7,7663
150	150000	171,2	0,0856	0,000428	8,3210
160	160000	183,1	0,09155	0,00045775	8,8757
170	170000	192	0,096	0,00048	9,4305
180	180000	204	0,102	0,00051	9,9852
190	190000	217,4	0,1087	0,0005435	10,5399
200	200000	233,9	0,11695	0,00058475	11,0947
210	210000	246,3	0,12315	0,00061575	11,6494
220	220000	261,3	0,13065	0,00065325	12,2041
230	230000	277,8	0,1389	0,0006945	12,7589
240	240000	295,2	0,1476	0,000738	13,3136
250	250000	335,2	0,1676	0,000838	13,8684

Beban		Pembacaan Dial ($\times 10^{-3}$)	ΔL Sebenarnya ($1/2\Delta L$)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
260	260000	359,5	0,17975	0,00089875	14,4231
270	270000	383,2	0,1916	0,000958	14,9778
280	280000	401,6	0,2008	0,001004	15,5326
290	290000	420,2	0,2101	0,0010505	16,0873
300	300000	461	0,2305	0,0011525	16,6420
310	310000	470,7	0,23535	0,00117675	17,1968
320	320000	488,7	0,24435	0,00122175	17,7515
330	330000	522,7	0,26135	0,00130675	18,3062
340	340000	530,7	0,26535	0,00132675	18,8610
350	350000	561,2	0,2806	0,001403	19,4157
360	360000	587,3	0,29365	0,00146825	19,9704
370	370000	613,1	0,30655	0,00153275	20,5252
380	380000	648,1	0,32405	0,00162025	21,0799
390	390000	697,2	0,3486	0,001743	21,6346
400	400000	751,2	0,3756	0,001878	22,1894
410	410000	827,5	0,41375	0,00206875	22,7441
420	420000	871,1	0,43555	0,00217775	23,2988
430	430000	942,4	0,4712	0,002356	23,8536
420	420000	986,9	0,49345	0,00246725	23,2988
410	410000	1042,3	0,52115	0,00260575	22,7441
400	400000	1111,7	0,55585	0,00277925	22,1894

Grafik Modulus Elastisitas Beton BP5-Sampel 1



Modulus Elastisitas	
E uji	19918,709
E Teoritis	22954,853
E uji/ E teoritis	15,24%

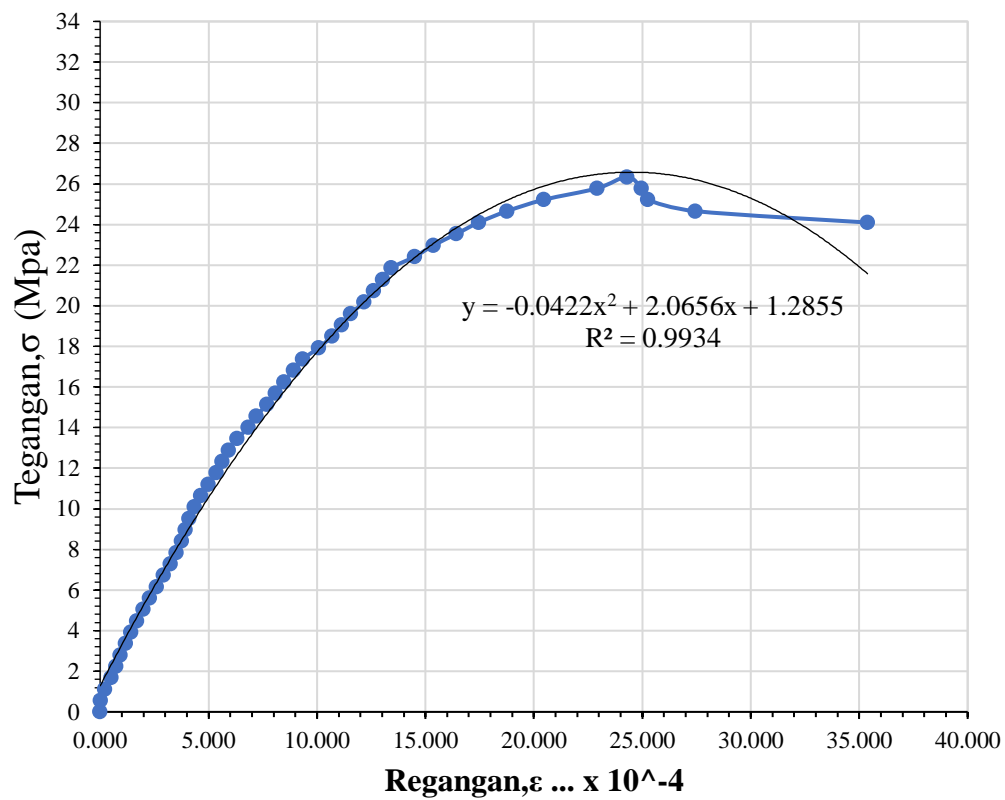
Modulus Elastisitas Beton BP5-Sampel 2

Data Sampel		
Kadar Abu Batu	100	%
Kadar Damdex	0	%
Mutu Beton Rencana	25	MPa
Mutu Beton Hasil Uji	26,89998004	MPa
Diameter	150,73	mm
Tinggi	302,57	mm
Luas	17843,88	mm ²
Lo	200	mm

Beban		Pembacaan Dial (x10 ⁻³)	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
0	0	0	0	0	0,0000
10	10000	1	0,0005	0,0000025	0,5604
20	20000	9	0,0045	0,0000225	1,1208
30	30000	20	0,01	0,00005	1,6812
40	40000	29	0,0145	0,0000725	2,2417
50	50000	37,5	0,01875	0,00009375	2,8021
60	60000	46,5	0,02325	0,00011625	3,3625
70	70000	57	0,0285	0,0001425	3,9229
80	80000	67,5	0,03375	0,00016875	4,4833
90	90000	79	0,0395	0,0001975	5,0437
100	100000	91,4	0,0457	0,0002285	5,6042
110	110000	104,3	0,05215	0,00026075	6,1646
120	120000	116,9	0,05845	0,00029225	6,7250
130	130000	129,4	0,0647	0,0003235	7,2854
140	140000	140,8	0,0704	0,000352	7,8458
150	150000	150,4	0,0752	0,000376	8,4062
160	160000	157,4	0,0787	0,0003935	8,9667
170	170000	164,3	0,08215	0,00041075	9,5271
180	180000	173,5	0,08675	0,00043375	10,0875
190	190000	186	0,093	0,000465	10,6479
200	200000	199,4	0,0997	0,0004985	11,2083
210	210000	214,6	0,1073	0,0005365	11,7687
220	220000	225,1	0,11255	0,00056275	12,3292
230	230000	236,5	0,11825	0,00059125	12,8896
240	240000	252,9	0,12645	0,00063225	13,4500
250	250000	273,5	0,13675	0,00068375	14,0104

Beban		Pembacaan Dial ($\times 10^{-3}$)	ΔL Sebenarnya ($1/2\Delta L$)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
260	260000	287,6	0,1438	0,000719	14,5708
270	270000	307,8	0,1539	0,0007695	15,1312
280	280000	323,3	0,16165	0,00080825	15,6917
290	290000	338,9	0,16945	0,00084725	16,2521
300	300000	356,5	0,17825	0,00089125	16,8125
310	310000	373,8	0,1869	0,0009345	17,3729
320	320000	403,5	0,20175	0,00100875	17,9333
330	330000	427,5	0,21375	0,00106875	18,4937
340	340000	445	0,2225	0,0011125	19,0542
350	350000	462	0,231	0,001155	19,6146
360	360000	487	0,2435	0,0012175	20,1750
370	370000	504	0,252	0,00126	20,7354
380	380000	521	0,2605	0,0013025	21,2958
390	390000	537	0,2685	0,0013425	21,8562
400	400000	580,1	0,29005	0,00145025	22,4167
410	410000	615	0,3075	0,0015375	22,9771
420	420000	657,1	0,32855	0,00164275	23,5375
430	430000	698,1	0,34905	0,00174525	24,0979
440	440000	750,5	0,37525	0,00187625	24,6583
450	450000	818,2	0,4091	0,0020455	25,2187
460	460000	916,5	0,45825	0,00229125	25,7791
470	470000	971,4	0,4857	0,0024285	26,3396
460	460000	998,5	0,49925	0,00249625	25,7791
450	450000	1010	0,505	0,002525	25,2187
440	440000	1098	0,549	0,002745	24,6583
430	430000	1415,3	0,70765	0,00353825	24,0979

Grafik Modulus Elastisitas Beton BP5-Sampel 2



Modulus Elastisitas	
E uji	24797,071
E Teoritis	24163,595
E uji/ E teoritis	2,55 %

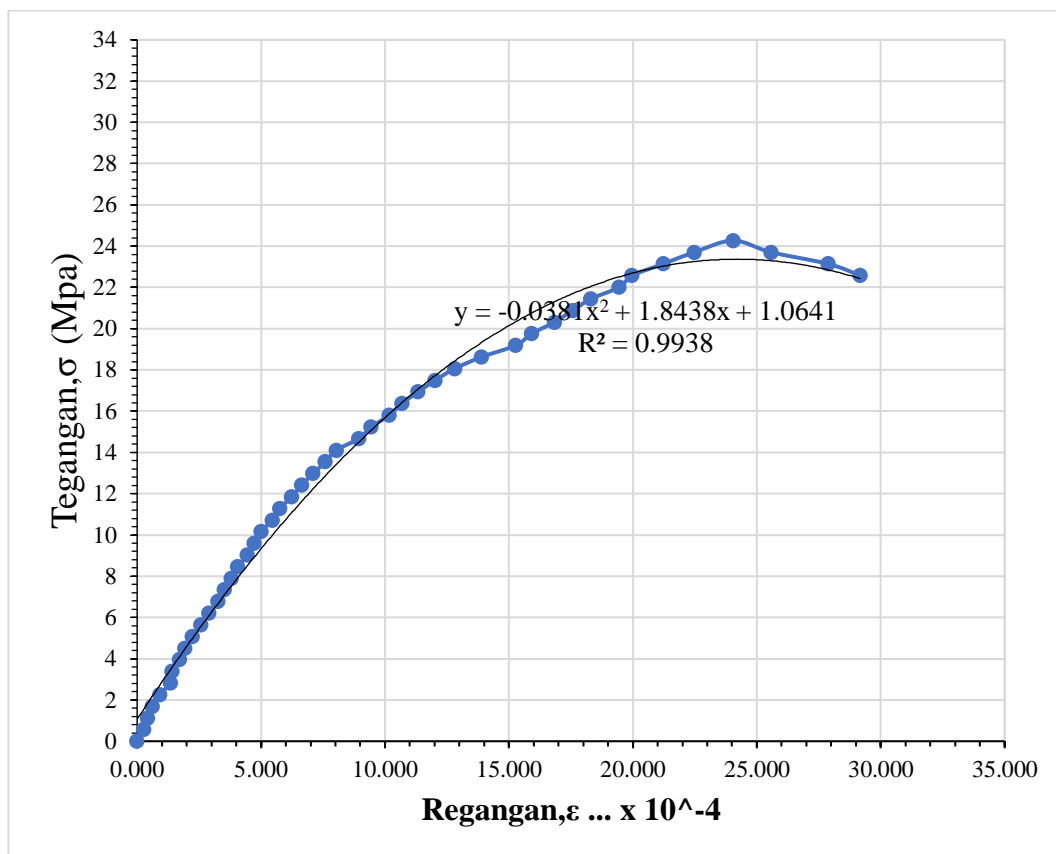
Modulus Elastisitas Beton BP5-Sampel 5

Data Sampel		
Kadar Abu Batu	100	%
Kadar Damdex	0	%
Mutu Beton Rencana	25	MPa
Mutu Beton Hasil Uji	24,2683	MPa
Diameter	150,2	mm
Tinggi	303,17	mm
Luas	17718,61	mm ²
Lo	200	mm

Beban		Pembacaan Dial (x10⁻³)	ΔL Sebenarnya (1/2ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
0	0	0	0	0	0,0000
10	10000	11	0,0055	0,0000275	0,5644
20	20000	17	0,0085	0,0000425	1,1288
30	30000	24,5	0,01225	0,00006125	1,6931
40	40000	36,5	0,01825	0,00009125	2,2575
50	50000	54	0,027	0,000135	2,8219
60	60000	56,5	0,02825	0,00014125	3,3863
70	70000	68,5	0,03425	0,00017125	3,9506
80	80000	77	0,0385	0,0001925	4,5150
90	90000	88,9	0,04445	0,00022225	5,0794
100	100000	103,4	0,0517	0,0002585	5,6438
110	110000	116,4	0,0582	0,000291	6,2082
120	120000	130,9	0,06545	0,00032725	6,7725
130	130000	141,2	0,0706	0,000353	7,3369
140	140000	152	0,076	0,00038	7,9013
150	150000	162,5	0,08125	0,00040625	8,4657
160	160000	178	0,089	0,000445	9,0301
170	170000	189,2	0,0946	0,000473	9,5944
180	180000	200	0,1	0,0005	10,1588
190	190000	218,1	0,10905	0,00054525	10,7232
200	200000	230,2	0,1151	0,0005755	11,2876
210	210000	249,5	0,12475	0,00062375	11,8519
220	220000	265,5	0,13275	0,00066375	12,4163
230	230000	284,2	0,1421	0,0007105	12,9807
240	240000	303,9	0,15195	0,00075975	13,5451
250	250000	321,5	0,16075	0,00080375	14,1095

Beban		Pembacaan Dial ($\times 10^{-3}$)	ΔL Sebenarnya ($1/2\Delta L$)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
260	260000	358	0,179	0,000895	14,6738
270	270000	377,7	0,18885	0,00094425	15,2382
280	280000	407,2	0,2036	0,001018	15,8026
290	290000	427,25	0,213625	0,001068125	16,3670
300	300000	453,3	0,22665	0,00113325	16,9313
310	310000	480,9	0,24045	0,00120225	17,4957
320	320000	512,4	0,2562	0,001281	18,0601
330	330000	555,7	0,27785	0,00138925	18,6245
340	340000	611,2	0,3056	0,001528	19,1889
350	350000	636,7	0,31835	0,00159175	19,7532
360	360000	673,7	0,33685	0,00168425	20,3176
370	370000	702,7	0,35135	0,00175675	20,8820
380	380000	732,7	0,36635	0,00183175	21,4464
390	390000	778,2	0,3891	0,0019455	22,0108
400	400000	798,9	0,39945	0,00199725	22,5751
410	410000	849,2	0,4246	0,002123	23,1395
420	420000	898,9	0,44945	0,00224725	23,7039
430	430000	961,9	0,48095	0,00240475	24,2683
420	420000	1022,9	0,51145	0,00255725	23,7039
410	410000	1115,3	0,55765	0,00278825	23,1395
400	400000	1166,7	0,58335	0,00291675	22,5751

Grafik Modulus Elastisitas Beton BP5-Sampel 5



Modulus Elastisitas	
E uji	19916,595
E Teoritis	22829,279
E uji/ E teoritis	14,62 %

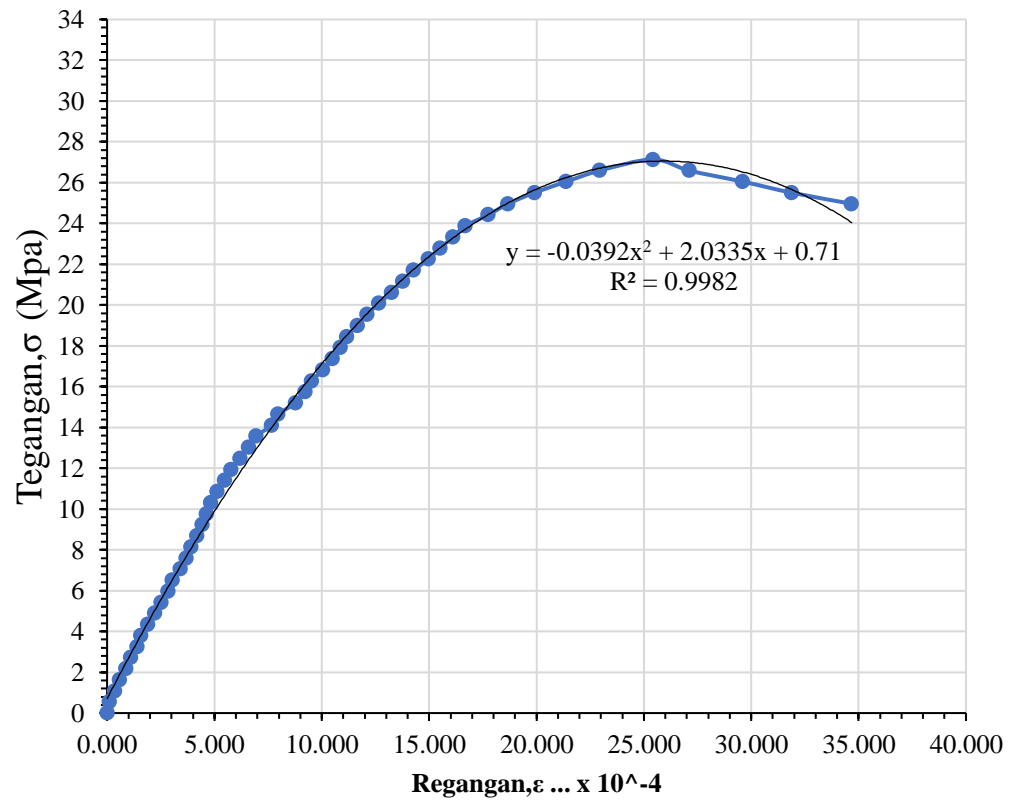
Modulus Elastisitas Beton BC5-Sampel 1

Data Sampel		
Kadar Abu Batu	100	%
Kadar Damdex	2	%
Mutu Beton Rencana	25	MPa
Mutu Beton Hasil Uji	27,13518	MPa
Diameter	153,17	mm
Tinggi	303,03	mm
Luas	18426,26472	mm ²
Lo	200	mm

Beban		Pembacaan Dial (x10⁻³)	ΔL Sebenarnya (1/2ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
0	0	0	0	0	0,0000
10	10000	4	0,002	0,00001	0,5427
20	20000	14,5	0,00725	0,00003625	1,0854
30	30000	23	0,0115	0,0000575	1,6281
40	40000	35	0,0175	0,0000875	2,1708
50	50000	44	0,022	0,00011	2,7135
60	60000	56	0,028	0,00014	3,2562
70	70000	63	0,0315	0,0001575	3,7989
80	80000	76	0,038	0,00019	4,3416
90	90000	88,4	0,0442	0,000221	4,8843
100	100000	100,6	0,0503	0,0002515	5,4270
110	110000	113,4	0,0567	0,0002835	5,9697
120	120000	121,9	0,06095	0,00030475	6,5124
130	130000	136,9	0,06845	0,00034225	7,0551
140	140000	147,4	0,0737	0,0003685	7,5979
150	150000	156,2	0,0781	0,0003905	8,1406
160	160000	167,2	0,0836	0,000418	8,6833
170	170000	176,9	0,08845	0,00044225	9,2260
180	180000	184,9	0,09245	0,00046225	9,7687
190	190000	193,2	0,0966	0,000483	10,3114
200	200000	205,4	0,1027	0,0005135	10,8541
210	210000	218,8	0,1094	0,000547	11,3968
220	220000	231,3	0,11565	0,00057825	11,9395
230	230000	248,3	0,12415	0,00062075	12,4822
240	240000	263,8	0,1319	0,0006595	13,0249
250	250000	277,8	0,1389	0,0006945	13,5676

Beban		Pembacaan Dial (x10 ⁻³)	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
260	260000	306,3	0,15315	0,00076575	14,1103
270	270000	318,8	0,1594	0,000797	14,6530
280	280000	351,3	0,17565	0,00087825	15,1957
290	290000	369,3	0,18465	0,00092325	15,7384
300	300000	381,3	0,19065	0,00095325	16,2811
310	310000	402,2	0,2011	0,0010055	16,8238
320	320000	419,7	0,20985	0,00104925	17,3665
330	330000	434,7	0,21735	0,00108675	17,9092
340	340000	446,2	0,2231	0,0011155	18,4519
350	350000	466,7	0,23335	0,00116675	18,9946
360	360000	484,2	0,2421	0,0012105	19,5373
370	370000	506,7	0,25335	0,00126675	20,0800
380	380000	529,7	0,26485	0,00132425	20,6227
390	390000	550,6	0,2753	0,0013765	21,1654
400	400000	571,1	0,28555	0,00142775	21,7081
410	410000	599,1	0,29955	0,00149775	22,2508
420	420000	620,6	0,3103	0,0015515	22,7936
430	430000	644,6	0,3223	0,0016115	23,3363
440	440000	667,6	0,3338	0,001669	23,8790
450	450000	710,1	0,35505	0,00177525	24,4217
460	460000	747	0,3735	0,0018675	24,9644
470	470000	796	0,398	0,00199	25,5071
480	480000	855,5	0,42775	0,00213875	26,0498
490	490000	917,9	0,45895	0,00229475	26,5925
500	500000	1017	0,5085	0,0025425	27,1352
490	490000	1084,3	0,54215	0,00271075	26,5925
480	480000	1184,3	0,59215	0,00296075	26,0498
470	470000	1275,2	0,6376	0,003188	25,5071
460	460000	1387,1	0,69355	0,00346775	24,9644

Grafik Modulus Elastisitas Beton BC5-Sampel 1



Modulus Elastisitas	
E uji	22061,021
E Teoritis	24483,509
E uji/ E teoritis	10,98 %

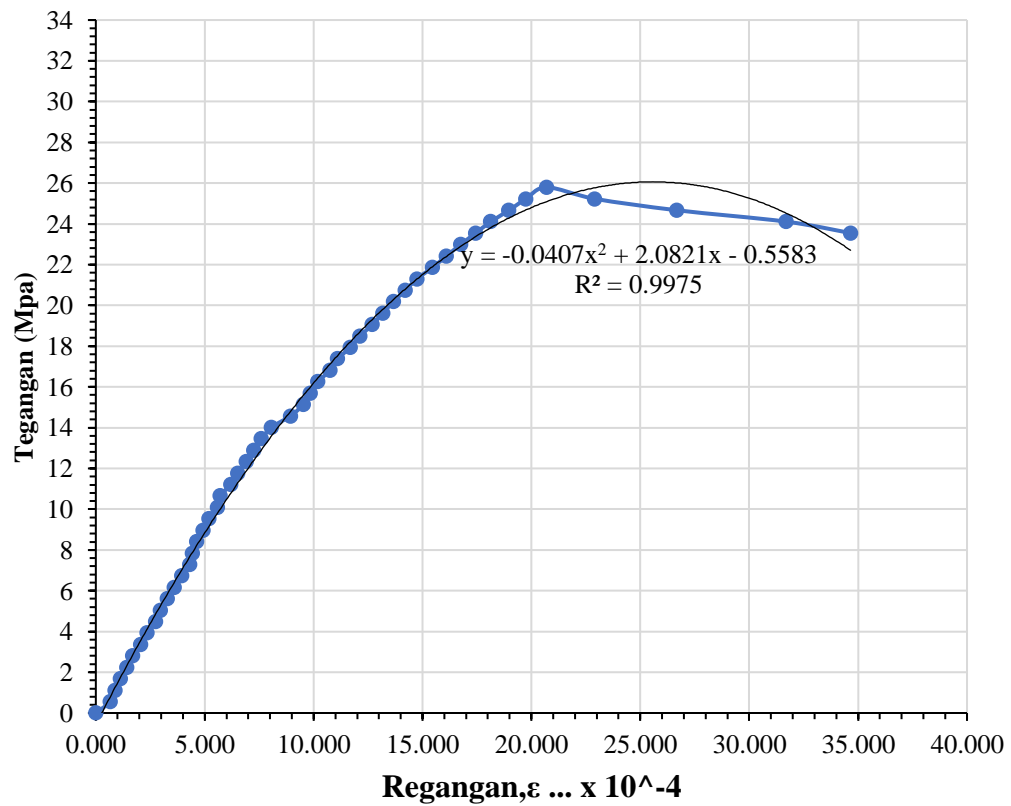
Modulus Elastisitas Beton BC5-Sampel 3

Data Sampel		
Kadar Abu Batu	100	%
Kadar Damdex	2	%
Mutu Beton Rencana	25	MPa
Mutu Beton Hasil Uji	25,7894	MPa
Diameter	150,7	mm
Tinggi	301,97	mm
Luas	17836,77714	mm ²
Lo	200	mm

Beban		Pembacaan Dial (x10 ⁻³)	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
0	0	0	0	0	0,0000
10	10000	27	0,0135	0,0000675	0,5606
20	20000	36	0,018	0,00009	1,1213
30	30000	46	0,023	0,000115	1,6819
40	40000	57	0,0285	0,0001425	2,2426
50	50000	68,5	0,03425	0,00017125	2,8032
60	60000	82,5	0,04125	0,00020625	3,3638
70	70000	94,4	0,0472	0,000236	3,9245
80	80000	109,9	0,05495	0,00027475	4,4851
90	90000	119,4	0,0597	0,0002985	5,0458
100	100000	131,9	0,06595	0,00032975	5,6064
110	110000	144,9	0,07245	0,00036225	6,1670
120	120000	157,9	0,07895	0,00039475	6,7277
130	130000	172,4	0,0862	0,000431	7,2883
140	140000	177,4	0,0887	0,0004435	7,8490
150	150000	185,9	0,09295	0,00046475	8,4096
160	160000	196,9	0,09845	0,00049225	8,9702
170	170000	208,4	0,1042	0,000521	9,5309
180	180000	223,9	0,11195	0,00055975	10,0915
190	190000	228,6	0,1143	0,0005715	10,6521
200	200000	247,9	0,12395	0,00061975	11,2128
210	210000	261,3	0,13065	0,00065325	11,7734
220	220000	276,8	0,1384	0,000692	12,3341
230	230000	290,3	0,14515	0,00072575	12,8947
240	240000	304,3	0,15215	0,00076075	13,4553
250	250000	322,8	0,1614	0,000807	14,0160

Beban		Pembacaan Dial ($\times 10^{-3}$)	ΔL Sebenarnya ($1/2\Delta L$)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
260	260000	357,8	0,1789	0,0008945	14,5766
270	270000	381,3	0,19065	0,00095325	15,1373
280	280000	394,3	0,19715	0,00098575	15,6979
290	290000	407,8	0,2039	0,0010195	16,2585
300	300000	430,7	0,21535	0,00107675	16,8192
310	310000	444,2	0,2221	0,0011105	17,3798
320	320000	467,7	0,23385	0,00116925	17,9405
330	330000	485,5	0,24275	0,00121375	18,5011
340	340000	508,2	0,2541	0,0012705	19,0617
350	350000	527,2	0,2636	0,001318	19,6224
360	360000	546,7	0,27335	0,00136675	20,1830
370	370000	568,7	0,28435	0,00142175	20,7437
380	380000	590,1	0,29505	0,00147525	21,3043
390	390000	618,6	0,3093	0,0015465	21,8649
400	400000	644,1	0,32205	0,00161025	22,4256
410	410000	670,1	0,33505	0,00167525	22,9862
420	420000	697,6	0,3488	0,001744	23,5469
430	430000	725,6	0,3628	0,001814	24,1075
440	440000	759	0,3795	0,0018975	24,6681
450	450000	790	0,395	0,001975	25,2288
460	460000	828,3	0,41415	0,00207075	25,7894
450	450000	916,6	0,4583	0,0022915	25,2288
440	440000	1066,9	0,53345	0,00266725	24,6681
430	430000	1268,2	0,6341	0,0031705	24,1075
420	420000	1386,2	0,6931	0,0034655	23,5469

Grafik Modulus Elastisitas Beton BC5-Sampel 3



Modulus Elastisitas	
E uji	21899,974
E Teoritis	23868,140
E uji/ E teoritis	8,99 %

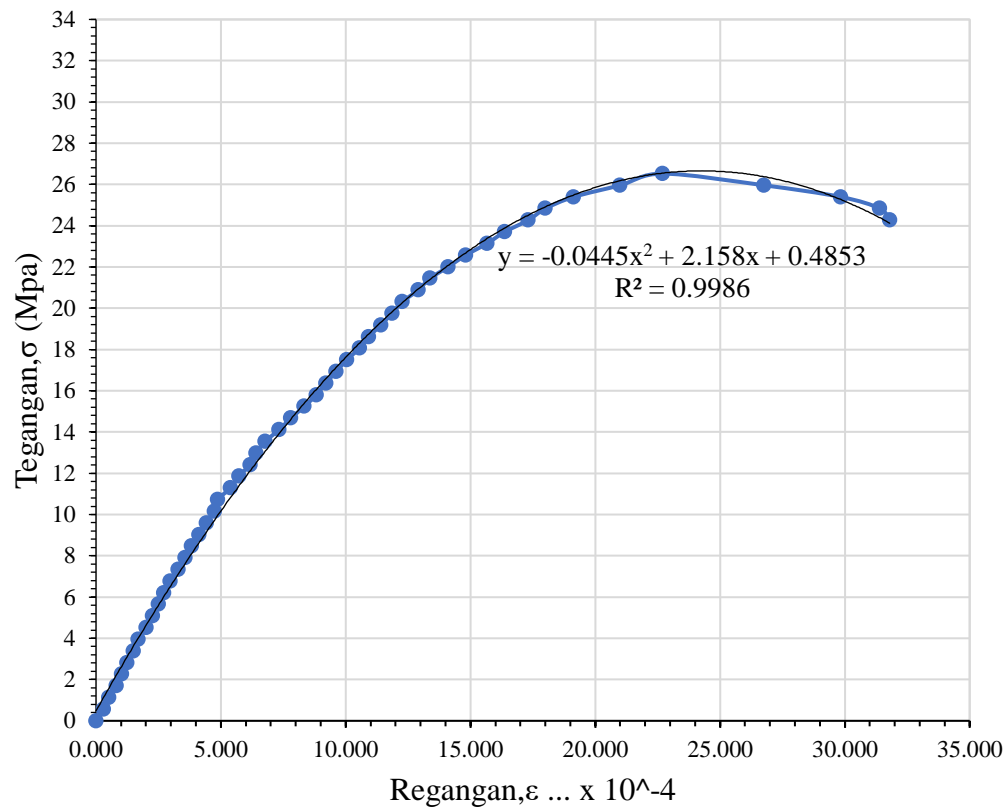
Modulus Elastisitas Beton BC5-Sampel 5

Data Sampel		
Kadar Abu Batu	100	%
Kadar Damdex	2	%
Mutu Beton Rencana	25	MPa
Mutu Beton Hasil Uji	26,5258	MPa
Diameter	150,2	mm
Tinggi	303,17	mm
Luas	17718,61398	mm ²
Lo	200	mm

Beban		Pembacaan Dial (x10 ⁻³)	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
0	0	0	0	0	0,0000
10	10000	12,5	0,00625	0,00003125	0,5644
20	20000	21	0,0105	0,0000525	1,1288
30	30000	32,5	0,01625	0,00008125	1,6931
40	40000	41	0,0205	0,0001025	2,2575
50	50000	50	0,025	0,000125	2,8219
60	60000	60	0,03	0,00015	3,3863
70	70000	68	0,034	0,00017	3,9506
80	80000	80,5	0,04025	0,00020125	4,5150
90	90000	90,4	0,0452	0,000226	5,0794
100	100000	100,4	0,0502	0,000251	5,6438
110	110000	108,9	0,05445	0,00027225	6,2082
120	120000	119,4	0,0597	0,0002985	6,7725
130	130000	131,4	0,0657	0,0003285	7,3369
140	140000	142,9	0,07145	0,00035725	7,9013
150	150000	153,4	0,0767	0,0003835	8,4657
160	160000	164,9	0,08245	0,00041225	9,0301
170	170000	176,9	0,08845	0,00044225	9,5944
180	180000	190	0,095	0,000475	10,1588
190	190000	195,5	0,09775	0,00048875	10,7232
200	200000	215,4	0,1077	0,0005385	11,2876
210	210000	228,9	0,11445	0,00057225	11,8519
220	220000	246,9	0,12345	0,00061725	12,4163
230	230000	256,3	0,12815	0,00064075	12,9807
240	240000	271,3	0,13565	0,00067825	13,5451
250	250000	293,3	0,14665	0,00073325	14,1095

Beban		Pembacaan Dial ($\times 10^{-3}$)	ΔL Sebenarnya ($1/2\Delta L$)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
260	260000	312,3	0,15615	0,00078075	14,6738
270	270000	333,8	0,1669	0,0008345	15,2382
280	280000	352,8	0,1764	0,000882	15,8026
290	290000	368,3	0,18415	0,00092075	16,3670
300	300000	384,8	0,1924	0,000962	16,9313
310	310000	401,8	0,2009	0,0010045	17,4957
320	320000	422,2	0,2111	0,0010555	18,0601
330	330000	437,2	0,2186	0,001093	18,6245
340	340000	456,7	0,22835	0,00114175	19,1889
350	350000	474,2	0,2371	0,0011855	19,7532
360	360000	491,2	0,2456	0,001228	20,3176
370	370000	516,2	0,2581	0,0012905	20,8820
380	380000	535,2	0,2676	0,001338	21,4464
390	390000	564,7	0,28235	0,00141175	22,0108
400	400000	592,6	0,2963	0,0014815	22,5751
410	410000	626,6	0,3133	0,0015665	23,1395
420	420000	655,1	0,32755	0,00163775	23,7039
430	430000	692,6	0,3463	0,0017315	24,2683
440	440000	720,1	0,36005	0,00180025	24,8326
450	450000	765,5	0,38275	0,00191375	25,3970
460	460000	840	0,42	0,0021	25,9614
470	470000	908,2	0,4541	0,0022705	26,5258
460	460000	1070,2	0,5351	0,0026755	25,9614
450	450000	1193,3	0,59665	0,00298325	25,3970
440	440000	1256,2	0,6281	0,0031405	24,8326
430	430000	1271,8	0,6359	0,0031795	24,2683

Grafik Modulus Elastisitas Beton BC5-Sampel 5



Modulus Elastisitas	
E uji	21459,165
E Teoritis	24206,409
E uji/ E teoritis	12,80 %

Lampiran 7 Laporan sementara Hasil Pemeriksaan Kuat Tarik Belah Beton

Kadar Abu Batu	Kadar Dandex	Kode Benda Uji	Nomor Uji	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Luas Penampang (mm ²)	Beban Maks (kN)	Kuat Tarik Belah (MPa)	Rata Rata (MPa)
0%	0%	BP1	6	151,98	306,00	146105,74	180	2,464	2,619
			7	152,70	305,07	146346,95	164	2,241	
			8	151,75	305,17	145484,15	202	2,777	
			9	151,57	306,00	145705,18	213	2,924	
			10	149,62	305,18	143446,73	193	2,691	
	2%	BC1	6	151,70	306,20	145928,68	230	3,152	2,738
			7	151,17	304,87	144782,43	185	2,556	
			8	151,90	306,27	146152,88	208	2,846	
			9	151,53	304,53	144974,92	190	2,621	
			10	151,50	304,33	144847,84	182	2,513	
25%	0%	BP2	6	151,67	304,00	144848,37	197	2,720	2,711
			7	151,43	308,10	146576,06	205	2,797	
			8	160,83	308,13	155691,40	195	2,505	
			9	150,60	304,67	144145,07	180	2,497	
			10	151,97	303,58	144935,95	220	3,036	
	2%	BC2	6	150,13	301,37	142141,93	230	3,236	2,923
			7	150,77	305,13	144525,63	212	2,934	
			8	151,43	305,97	145561,15	210	2,885	
			9	151,07	306,57	145493,45	207	2,845	
			10	150,07	307,83	145127,51	197	2,715	
50%	0%	BP3	6	151,20	304,33	144561,01	184	2,546	2,508

50%			7	150,33	304,30	143716,66	175	2,435	2,519		
			8	151,53	305,20	145292,29	170	2,340			
			9	151,30	306,23	145559,74	202	2,775			
			10	152,40	302,53	144846,52	177	2,444			
	2%	BC3	6	151,47	306,80	145989,73	239	3,274			
			7	151,33	303,83	144450,78	152	2,105			
			8	150,57	305,03	144286,60	164	2,273			
			9	149,97	302,90	142706,54	203	2,845			
	75%	0%	BP4	6	151,53	306,27	145800,09	169		2,318	2,420
				7	151,57	305,37	145403,61	190		2,613	
8				152,17	306,50	146521,00	150	2,047			
9				150,40	302,13	142756,65	170	2,382			
10				151,57	306,43	145911,52	200	2,741			
2%		BC4	6	150,10	303,23	142990,61	175	2,448	2,441		
			7	150,20	305,93	144359,91	195	2,702			
			8	150,93	303,97	144132,19	175	2,428			
			9	150,97	304,87	144590,87	194	2,683			
			10	151,10	303,10	143879,95	140	1,946			
100%	0%	BP5	6	151,73	302,50	144197,01	142	1,970	2,038		
			7	150,70	302,03	142994,06	184	2,574			
			8	151,07	304,83	144669,25	143	1,977			
			9	153,07	303,03	145720,58	142	1,949			
			10	151,07	303,80	144180,42	124	1,720			
	2%	BC5	6	151,33	304,57	144799,43	135	1,865	2,168		
			7	150,67	304,77	144256,21	160	2,218			

			8	150,60	307,77	145611,75	192	2,637	
100%			9	150,87	306,20	145127,05	160	2,205	
			10	150,67	304,30	144035,32	138	1,916	

Lampiran 8 Gambar Penelitian



Gambar L8.1 Pengadaan Bahan Penelitian



Gambar L8.2 Persiapan Cetakan Beton



Gambar L8.3 Pembuatan Beton



Gambar L8.4 Uji *Slump* Beton



Gambar L8.5 Proses *Curing* Beton



Gambar L8.6 Sampel Beton Sebelum Pengujian



Gambar L8.7 Pengujian Tarik Belah Beton



Gambar L8.8 Sampel Beton Setelah Uji Kuat Tekan