

TUGAS AKHIR

**PENGARUH VARIASI PH AIR TERHADAP KUAT
TEKAN, KUAT TARIK BELAH, DAN MODULUS
ELASTISITAS PADA BETON
(*EFFECT OF WATER PH VARIATION ON
COMPRESSIVE STRENGTH, SPLIT TENSILE
STRENGTH, AND MODULUS OF ELASTICITY IN
CONCRETE*)**

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



**INDRA WIDJAYA
19511186**

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

TUGAS AKHIR

PENGARUH VARIASI PH AIR TERHADAP KUAT TEKAN, KUAT TARIK BELAH, DAN MODULUS ELASTISITAS PADA BETON (*EFFECT OF WATER PH VARIATION ON COMPRESSIVE STRENGTH, SPLIT TENSILE STRENGTH, AND MODULUS OF ELASTICITY IN CONCRETE*)



Telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh Sarjana Teknik Sipil

Diuji pada tanggal 04 Desember 2023
Oleh Dewan Penguji

Pembimbing 12/12
2023

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

Penguji I 12/12
2023

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

Penguji II 12/12
2023

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



Mengesahkan 14/12
2023

Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D. (Eng)., IPM.
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 Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan laporan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai norma, kaidah, dan etika penulisan Karya Ilmiah.

Jika pernyataan di atas terbukti sebaliknya, maka saya bersedia menerima sanksi yang ditetapkan oleh Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, 24 November 2023



Indra Widjaya

19511186

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahiim.

Assalamualaikum warahmatullah wabarakatuh.

Alhamdulillah rabbil'alamiin, segala puji bagi Allah Subhanallahu wa Ta'ala karena atas rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul "Pengaruh Variasi Ph Air Terhadap Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah, Dan Modulus Elastisitas Pada Beton". Solawat serta salam selalu dilimpahkan kepada Rasulullah Muhammad Shallallahu 'alaihi wasallam, keluarga, sahabat, dan pengikut beliau hingga akhir zaman.

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

1. Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D. (Eng)., IPM. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia dan selaku Dosen Penguji II.
2. Jafar, S.T., M.T., MURP. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir.
3. Malik Mushtofa, S.T., M.Eng. selaku Dosen Penguji I.
4. Bapak Daru Salam, Bapak Suwarno, dan Mas Zaky selaku Laboran di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik yang telah membantu saya selama proses pengumpulan data pengujian.
5. Bapak Wahyu Widayat dan Ibu Tiwi Indaryati selaku orang tua saya dan Dipa Arga Widjaya selaku adik saya yang selalu memberikan do'a dan semangat kepada saya dalam proses penyusunan dan penyelesaian Tugas Akhir ini.
6. Dimas Iman Pramono, Bima Adisatria, Muhamad Saiful Rizki, dan Afif Khoirul Hidayat yang telah membantu dalam proses penyusunan Tugas Akhir.
7. Teman-teman "Belajar Woi" dan yang telah membantu dalam proses penyusunan Tugas Akhir.

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

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

Yogyakarta, 24 November 2023

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN DEPAN	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Beton Dengan Campuran Variasi pH Air.....	6
BAB III LANDASAN TEORI.....	11
3.1 Beton.....	11
3.2 Material Penyusun Beton	11
3.3 pH	17
3.4 Perencanaan Campuran Beton (<i>Mix Design</i>)	17
3.5 Pengujian <i>Slump</i>	25
3.6 Kuat Tekan Beton.....	26
3.7 Kuat Tarik Belah Beton.....	27
3.8 Modulus Elastisitas Beton	28
3.9 Uji Statistik.....	31
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN	33
4.1 Umum.....	33

4.2 Lokasi Penelitian	33
4.3 Bahan dan Alat Yang Digunakan	33
4.4 Tahapan Penelitian	39
4.5 Prosedur Pengujian	43
4.6 Olah Data	45
4.7 Analisis Data dan Pembahasan	45
4.8 Kesimpulan dan Saran	45
4.9 Bagan Alir Penelitian dan Rencana Jadwal Penelitian	46
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	48
5.1 Umum	48
5.2 Hasil Pemeriksaan Material	48
5.3 Perencanaan Campuran Beton	60
5.4 Proporsi Campuran Beton	65
5.5 Hasil Pengujian Benda Uji Trial	67
5.6 Modifikasi pH Air	67
5.7 Hasil Pengujian	68
5.8 Uji Statistik	91
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	97
6.1 Kesimpulan	97
6.2 Saran	97
DAFTAR PUSTAKA	99

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Dilakukan	9
Tabel 3.1	Batasan Bahan Yang Merugikan Dalam Agregat Halus	12
Tabel 3.2	Persyaratan Gradasi Agregat Halus.....	13
Tabel 3.3	Nilai Deviasi Standar untuk berbagai Tingkat Pengendalian Mutu Pekerjaan	17
Tabel 3.4	Faktor Pengali Untuk Deviasi Standar	18
Tabel 3.5	Perkiraan Kuat Tekan (MPa) Beton dengan Faktor Air Semen, dan Agregat Kasar	19
Tabel 3.6	Persyaratan Jumlah Semen Minimum dan Faktor Air Semen Maksimum untuk Berbagai Macam Pembetonan Lingkungan Khusus	20
Tabel 3.7	Perkiraan Kadar Air Bebas (Kg/m ³) yang Dibutuhkan untuk Beberapa Tingkat Kemudahan Pengerjaan Adukan Beton	21
Tabel 3.8	Nilai <i>Slump</i> Untuk Berbagai Pekerjaan Beton	25
Tabel 4.1	Detail Sampel Benda Uji	41
Tabel 5.1	Rekapitulasi Hasil Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus	49
Tabel 5.2	Hasil Analisa Saringan Agregat Halus Sampel 1	50
Tabel 5.3	Hasil Analisa Saringan Agregat Halus Sampel 2	51
Tabel 5.4	Rekapitulasi Pemeriksaan Berat Volume Gembur	53
Tabel 5.5	Rekapitulasi Hasil Pemeriksaan Berat Volume Padat.....	53
Tabel 5.6	Hasil Pemeriksaan Uji Lolos Saringan No.200	54
Tabel 5.7	Hasil Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar	56
Tabel 5.8	Hasil Analisa Saringan Agregat Kasar Sampel 1	57
Tabel 5.9	Hasil Analisa Saringan Agregat Kasar Sampel 2	57
Tabel 5.10	Rekapitulasi Pemeriksaan Berat Volume Gembur	60

Tabel 5.11	Rekapitulasi Pemeriksaan Berat Volume Padat	60
Tabel 5.12	Hasil Pengujian Trial Benda Uji.....	67
Tabel 5.13	Hasil Pengujian Slump	68
Tabel 5.14	Rekapitulasi Hasil Kuat Tekan Beton	70
Tabel 5.15	Persentase Penurunan dan Peningkatan Kuat Tekan Beton	71
Tabel 5.16	Rekapitulasi Hasil Kuat Tarik Belah Beton	75
Tabel 5.17	Persentase Penurunan dan Peningkatan Kuat Tarik Belah Beton	76
Tabel 5.18	Korelasi Nilai Kuat Tarik Belah dengan Kuat Tekan Beton.....	78
Tabel 5.19	Tegangan Regangan Benda Uji TM-BK-01	79
Tabel 5.20	Data Tegangan Regangan Terkoreksi Benda Uji TM-BK-01 ..	81
Tabel 5.21	Rekapitulasi Hasil Modulus Elastisitas	86
Tabel 5.22	Hasil Uji Normalitas Modulus Elastisitas	92
Tabel 5.23	Rekapitulasi Hasil Uji Normalitas Kuat Tekan	92
Tabel 5.24	Rekapitulasi Hasil Uji Normalitas Kuat Tarik	92
Tabel 5.25	Rekapitulasi Hasil Uji Normalitas Modulus Elastisitas Pengujian	93
Tabel 5.26	Rekapitulasi Hasil Uji Normalitas Modulus Elastisitas Persamaan Linear.....	93
Tabel 5.27	Rekapitulasi Hasil Uji Normalitas Modulus Elastisitas	94
Tabel 5.28	Rekapitulasi Hasil Uji Normalitas Modulus Elastisitas	94
Tabel 5.29	Hasil Uji Homogenitas Kelompok Data Kuat Tekan Beton	95
Tabel 5.30	Rekapitulasi Hasil Uji Homogenitas	95

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Persyaratan Gradasi Agregat Kasar	14
Gambar 3.2	Hubungan Antara Kuat Tekan dan Faktor Air Semen	20
Gambar 3.3	Grafik Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat.....	22
Gambar 3.4	Grafik Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat.....	23
Gambar 3.5	Grafik Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat)	23
Gambar 3.6	Grafik Perkiraan Berat Isi Beton Basah	24
Gambar 3.7	Ilustrasi Pengujian <i>Slump</i>	26
Gambar 3.8	Ilustrasi Pengujian Kuat Tekan	27
Gambar 3.9	Ilustrasi Pengujian Kuat Tarik Belah	28
Gambar 3.10	Ilustrasi Pengujian Modulus Elastisitas Beton	29
Gambar 3.11	Tegangan-Regangan Beton	30
Gambar 3.12	Modulus Sekan dan Modulus Tangen Beton.....	30
Gambar 4.1	Semen Portland.....	33
Gambar 4.2	Agregat Kasar dan Agregat Halus	34
Gambar 4.3	Air.....	34
Gambar 4.4	pH Modifier	35
Gambar 4.5	Set Saringan Agregat Kasar dan Agregat Halus.....	35
Gambar 4.6	Timbangan.....	36
Gambar 4.7	Neraca <i>Ohaus</i>	36
Gambar 4.8	Piknometer.....	36
Gambar 4.9	Oven	37
Gambar 4.10	<i>Concrete Mixer</i>	37
Gambar 4.11	Sekop	38
Gambar 4.12	Kerucut Abrams.....	38
Gambar 4.13	Bekisting Beton	38
Gambar 4.14	Mesin Uji Kuat Tekan	39
Gambar 4.15	pH Meter.....	39
Gambar 4.16	Diagram Alir Penelitian.....	47
Gambar 4.17	Rencana Jadwal Penelitian Tugas Akhir	

Gambar 5.1	Grafik Gradasi Agregat Halus Sampel 1	52
Gambar 5.2	Grafik Gradasi Agregat Halus Sampel 2	52
Gambar 5.3	Grafik Gradasi Agregat Kasar Sampel 1	58
Gambar 5.4	Grafik Gradasi Agregat Kasar Sampel 2	59
Gambar 5.5	Hubungan Antara Kuat Tekan dan Faktor Air Semen	62
Gambar 5.6	Grafik Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat.....	63
Gambar 5.7	Grafik Perkiraan Berat Isi Beton Basah	64
Gambar 5.8	Modifikasi pH Air	68
Gambar 5.9	Pengujian Slump.....	69
Gambar 5.10	Grafik Kuat Tekan Beton Rata-rata.....	72
Gambar 5.11	Grafik pH Optimum Pada Campuran Beton	73
Gambar 5.12	Pengujian Kuat Tekan	74
Gambar 5.13	Benda Uji Setelah Pengujian Tekan	74
Gambar 5.14	Grafik Kuat Tarik Belah Beton Rata-rata.....	77
Gambar 5.15	Pengujian Tarik Belah	78
Gambar 5.16	Kondisi Benda Uji Setelah Pengujian Tarik Belah	79
Gambar 5.17	Grafik Hubungan Tegangan Regangan Benda Uji TM-BK-01	84
Gambar 5.18	Grafik Perbandingan Nilai Modulus Elastisitas	89
Gambar 5.19	Benda Uji Dipasang <i>Dial Gauge</i>	90
Gambar 5.20	Pengujian Modulus Elastisitas.....	91
Gambar 5.21	Plot Sebaran Data Modulus Elastisitas Pengujian Variasi Beton Normal	91

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Surat Izin Penggunaan Laboratorium	101
Lampiran 2	Laporan Sementara Hasil Pemeriksaan Agregat	102
Lampiran 3	Laporan Sementara Hasil Pengujian Kuat Tekan	111
Lampiran 4	Laporan Sementara Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah	114
Lampiran 5	Laporan Sementara Hasil Modulus Elastisitas Beton	117
Lampiran 6	Dokumentasi	231

ABSTRAK

Pembangunan infrastruktur sedang dijalankan secara intensif di Indonesia. Umumnya pada pembangunan infrastruktur, material yang digunakan adalah beton. Beton adalah campuran agregat halus, agregat kasar, air, dan semen. Salah satu material yang mempengaruhi kualitas beton adalah air. Air yang dipakai untuk pembuatan beton umumnya memiliki pH dengan nilai 7 (netral). Namun kenyataannya pembuatan beton di lapangan jarang mencermati pH air yang dipakai, seperti penggunaan air sumur, air rawa maupun air laut yang ditemukan di sekitar proyek. Hal ini dapat terjadi karena lokasi proyek jauh dan tidak tersedianya air pam. Akibatnya, penggunaan air setempat menjadi alternatif. Penelitian ini menggunakan variasi pH air 4, 5, 6, 7, 8, 9, dan 10 pada campuran beton. Benda uji penelitian menggunakan silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian kuat tekan beton, kuat tarik belah beton, serta modulus elastisitas beton saat beton berumur 28 hari. Perencanaan campuran beton berdasar SNI 2834-2000 dengan mutu beton yang direncanakan adalah 25 MPa.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa variasi pH air 7 menghasilkan kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas beton tertinggi dengan nilai secara berurutan adalah 26,47 MPa, 2,89 MPa, dan 28920,11 MPa. Variasi pH air 10 menghasilkan kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas beton terendah dengan nilai secara berurutan adalah 23,70 MPa, 2,20 MPa, dan 24999,68 MPa.

Kata Kunci: Beton, pH air, Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah, Modulus Elastisitas

ABSTRACT

Infrastructure development is being carried out intensively in Indonesia. Generally in infrastructure development, the material used is concrete. Concrete is a mixture of fine aggregate, coarse aggregate, water, and cement. One of the materials that affect the quality of concrete is water. The water used for making concrete generally has a pH of 7 (neutral). However, in reality, the manufacture of concrete in the field rarely pays attention to the pH of the water used, such as the use of well water, swamp water or sea water found around the project. This can happen because the project location is far away and there is no availability of resource water companies. As a result, the use of local water becomes an alternative. This study used variations of water pH 4, 5, 6, 7, 8, 9 and 10 in concrete mixtures. The research specimen used a cylinder with a diameter of 15 cm and a height of 30 cm. The tests carried out were testing the compressive strength of concrete, split tensile strength of concrete, and modulus of elasticity of concrete when the concrete was 28 days old. Concrete mix planning is based on SNI 2834-2000 with a planned concrete quality of 25 MPa.

The results of this study indicate that the variation of water pH 7 produces the highest compressive strength, split tensile strength, and modulus of elasticity of concrete with sequential values of 26.47 MPa, 2.89 MPa, and 28920.11 MPa. The pH variation of water 10 produces the lowest compressive strength, split tensile strength, and modulus of elasticity of concrete with sequential values of 23.70 MPa, 2.20 MPa, and 24999.68 MPa.

Keywords: *Concrete, Water pH, Compressive Strength, Split Tensile Strength, Modulus of Elasticity*

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pekerjaan infrastruktur sedang dijalankan secara intensif di Indonesia. Hal ini berkaitan dengan Rencana Strategis Kementerian PUPR 2020-2024 yaitu dilakukannya pembangunan pada bidang Sumber Daya Air, Konektivitas, Permukiman, dan Perumahan. Hasil utama dari Rencana Strategis tersebut antara lain adalah dibangunnya 61 unit bendungan, 500 unit embung, 2500 km jalan tol, 38.328 m jembatan, 10.000 Ha penanganan Permukiman Kumuh, 51.340 unit rumah susun dll (Kementerian PUPR, 2020). Umumnya pada pembangunan infrastruktur material yang digunakan adalah beton. Kemudahan dalam mendapatkan material penyusunnya serta kuat tekan yang baik merupakan salah satu alasan beton menjadi pilihan utama dalam pembangunan struktur (Suryanto & Albert, 2022).

Beton adalah campuran agregat halus, agregat kasar, air, semen portland atau semen hidraulik lainnya dengan atau tanpa bahan tambahan dan menjadikan masa padat (Meidiani dkk., 2017a). Salah satu material yang mempengaruhi kualitas beton adalah air. Berdasarkan SNI S-04-1989-F campuran beton sangat rentan oleh kualitas air yang digunakan. Air yang terkandung zat-zat kimia berbahaya, garam, minyak, dll. dapat membuat kualitas beton menurun.

Air yang dipakai untuk pembuatan beton umumnya memiliki pH dengan nilai 7 (netral). Namun kenyataannya pembuatan beton di lapangan jarang mencermati pH air yang dipakai, seperti penggunaan air sumur, air rawa maupun air laut yang ditemukan di sekitar proyek. Hal ini dapat terjadi karena lokasi proyek jauh dan tidak tersedianya air pam karena lokasi proyek yang terasing. Akibatnya, penggunaan air setempat menjadi alternatif.

Untuk mengetahui kualitas beton, biasanya dilakukan beberapa pengujian. Pengujian yang biasanya dilaksanakan adalah uji kuat tekan, uji kuat tarik, dan uji modulu elastisitas beton. Kuat tekan beton didefinisikan sebagai besarnya beban

per satuan luas yang membuat benda uji beton hancur ketika terkena gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan (SK SNI M - 14 -1989 – E). Tujuan dari uji kuat tekan beton ini adalah mendapatkan beban maksimum yang bisa ditahan oleh silinder beton dan dikerjakan saat umur beton 28 hari, pengujian dilaksanakan untuk mengetahui apakah kekuatan beton memenuhi persyaratan struktur bangunan yang direncanakan. Adapun kuat tarik beton yang dijelaskan dalam SK SNI 03-2491-2002 adalah nilai kuat tarik tidak langsung yang didapatkan dari pembebanan benda uji beton silinder yang ditempatkan mendatar sejajar dengan alas meja mesin uji tekan. Pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi ketahanan geser beton dengan menggunakan elemen struktur beton dan menetapkan panjang penyaluran tulangan. (SNI 2491 : 2014). Kuat tarik juga merupakan hal penting dalam mencegah retak-retak karena perubahan suhu dan kadar air. Pengujian lain yang akan dilaksanakan adalah modulus elastisitas beton. Modulus elastisitas beton adalah rasio dari tegangan normal tarik atau tekan terhadap regangan (Pade dkk., 2013). Modulus elastisitas merupakan salah satu tolak ukur untuk memahami sifat-sifat elastis suatu bahan. Kekuatan suatu bahan dalam menahan suatu beban sangat erat hubungannya dengan modulus elastisitas. Dalam skripsinya Rifky (2011) menjelaskan bahwa kemampuan untuk menahan tegangan yang signifikan dalam keadaan regangan yang relatif kecil ditunjukkan oleh modulus elastisitas yang besar.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Meidiani dkk. (2017) dampak pH air asam pada kuat tekan beton adalah kuat tekan beton yang dihasilkan akan menjadi lebih kecil dari beton normal ketika nilai pH air semakin kecil. Jika dibandingkan dengan beton pH air 7 (netral), kuat tekan yang dihasilkan yaitu 25,96 MPa, sementara itu beton dengan pH air 6, kuat tekan yang dihasilkan 22,01 MPa, turun sebesar 15,21% dan beton dengan pH air 5 kuat tekan yang dihasilkan yaitu 20,87 MPa turun 19,58% dari kuat tekan beton normal. Selain itu hasil penelitian (Yunianta dkk., 2022) menunjukkan bahwa pH air 7 (netral) menghasilkan kuat tekan tertinggi yaitu 32,32 MPa, dan nilai kuat tekan terendah pada beton dengan pH air 9 (basa) yaitu 23,67%.

Berdasar penjelasan di atas, kualitas air yang dipakai pada campuran beton memiliki pengaruh pada kuat tekan beton. Penelitian yang telah dilaksanakan juga masih terbatas pada pengujian kuat tekan. Sementara itu penulis ingin membuktikan bahwa variasi pH air juga memiliki pengaruh pada kuat tarik dan modulus elastisitas beton. Dengan demikian penulis bermaksud untuk menguji kualitas beton terhadap pengaruh variasi pH air yang digunakan dalam campuran beton menggunakan metode uji kuat tekan, uji tarik belah, dan uji modulus elastisitas beton. Penelitian ini menggunakan air berasal dari Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Universitas, Islam, Indonesia, Yogyakarta.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasar penjelasan pada latar belakang yang telah dijelaskan, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut.

1. Bagaimana pengaruh pH air pada campuran beton terhadap kuat tekan, kuat tarik, dan modulus elastisitas beton?
2. Berapakah kadar pH air pada campuran beton yang menghasilkan nilai kuat tekan, kuat tarik, dan modulus elastisitas beton tertinggi?
3. Berapakah kadar pH air pada campuran beton yang menghasilkan nilai kuat tekan, kuat tarik, dan modulus elastisitas beton terendah?

1.3 Tujuan Penelitian

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

1. Mengetahui pengaruh pH air pada campuran beton terhadap kuat tekan, kuat tarik, dan modulus elastisitas beton.
2. Mengetahui kadar pH air pada campuran beton yang menghasilkan nilai kuat tekan, kuat tarik, dan modulus elastisitas beton tertinggi.
3. Mengetahui kadar pH air pada campuran beton yang menghasilkan nilai kuat tekan, kuat tarik, dan modulus elastisitas beton terendah.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian yang didapatkan adalah sebagai berikut.

1. Memberikan penjelasan mengenai pengaruh variasi pH air terhadap kuat tekan, kuat tarik, dan modulus elastisitas beton.

2. Memberikan kontribusi dalam dunia konstruksi dengan menyampaikan informasi mengenai pengaruh variasi pH air terhadap kuat tekan, kuat tarik dan modulus elastisitas beton.
3. Dapat dijadikan pembanding dan referensi pada penelitian mendatang.

1.5 Batasan Penelitian

Batasan penelitian ini adalah untuk memastikan bahwa penelitian tidak keluar dari tujuan awalnya. Batasan-batasan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pengujian terbatas pada uji kuat tekan beton, uji tarik belah beton, dan uji modulus elastisitas beton.
2. Mutu beton rencana ($f'c$) senilai 25 MPa.
3. Perencanaan campuran beton berdasar SNI 2834-2000.
4. Nilai kadar pH air yang digunakan adalah senilai 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10.
5. Semen menggunakan semen tipe PCC merek Tiga Roda
6. Agregat kasar dari Clereng dengan ukuran maksimum 20 mm.
7. Agregat halus dari Progo.
8. Air yang dipakai dari Laboraturium Bahan Konstruksi Teknik Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
9. PH modifier berupa PH UP (*Potassium Hidroxide 10%*) dan PH DOWN (*Phosporic Acid 10%*).
10. Benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.
11. Pengujian dilaksanakan pada beton keras berumur 28 hari.
12. Berbagai pengujian yang akan dilaksanakan adalah sebagai berikut.
 - a. Uji berat jenis dan penyerapan air agregat halus berdasarkan SNI 1970-1990.
 - b. Uji berat jenis dan penyerapan air agregat kasar berdasarkan SNI 1969-1990.
 - c. Uji analisa saringan agregat halus berdasarkan SNI 1968-1990
 - d. Uji analisa saringan agregat kasar berdasarkan SNI 1968-1990
 - e. Uji berat volume gembur dan berat volume padat agregat halus berdasarkan SNI 4804-1998
 - f. Uji berat volume gembur dan berat volume padat agregat kasar

berdasarkan SNI 4804-1998

g. Uji butiran lolos ayakan No. 200 (uji kandungan lumpur dalam pasir)

berdasarkan SNI 4142-1996

h. Uji slump beton berdasarkan SNI 1972-2008

i. Uji kuat tekan beton berdasarkan SNI 1974-2011

j. Uji kuat tarik belah beton berdasarkan SNI 03-2491-2014

k. Uji modulus elastisitas statis beton berdasarkan SNI 2826-2008

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton Dengan Campuran Variasi pH Air

Beton adalah campuran semen, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambah (*admixture*) (SNI 2847-2019). Selama proses pembuatan beton, kualitas air memiliki pengaruh yang signifikan terhadap prosesnya karena mempengaruhi reaksi semen, yang dapat membentuk pasta pengikat agregat. Air yang berlebih juga akan mengurangi kekuatan tekan beton. (Saifuddin dkk., 2013). Selain itu salah satu kualitas air yang dapat menurunkan kuat tekan beton adalah pH air. pH air yang semakin kecil akan membuat kuat tekan beton yang dihasilkan menurun dari kuat tekan beton normal (Meidiani & Farsyah Septa Hartawan, 2017)

1. Pengaruh *Power Of Hydrogen* (pH) Air Terhadap Kuat Tekan Beton (Yunianta & Mabui, 2022).

Pada penelitian ini pH air yang digunakan adalah 5, 6, 7, 8, dan 9. Benda uji berupa silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm dengan 3 buah sampel untuk setiap variasi pH air yang digunakan. Perencanaan campuran beton berdasarkan SK. SNI T-15-1990-03. Mutu beton yang ditargetkan adalah $f'_c = 25\text{MPa}$. Pengujian kuat tekan silinder dilakukan saat beton berumur 28 hari. Hasil penelitian ini menyatakan bahwa campuran air dengan pH 7 (netral) memiliki nilai kuat tekan tertinggi. Adapun untuk campuran air dengan pH 5 dan 6 menunjukkan bahwa nilai kuat tekan beton akan semakin kecil saat pH air asam menurun, sedangkan campuran air dengan pH 8 dan 9 menunjukkan bahwa nilai kuat tekan akan semakin kecil saat pH air basa naik.

2. Studi Eksperimen Penggunaan Variasi pH Air pada Kuat Tekan Beton Normal $f'_c 25\text{ MPa}$ (Meidiani dkk., 2017b).

Penelitian menggunakan pH air 4, 5, 6, 7, 8, 10, dan 12. Benda uji berupa silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm dengan 3 buah sampel untuk masing-masing pH air yang dipakai. Perancangam campuran beton berdasarkan SK. SNI T-15-1990- 03. Kuat tekan beton yang ditargetkan

adalah $f'_c = 25 \text{ MPa}$. Hasil penelitian ini menyatakan bahwa beton dengan pH 7 (netral) mencapai kuat tekan rencana, sedangkan beton dengan campuran air dengan pH asam dan basa tidak tercapai. Beton yang memakai air dengan pH asam mempunyai hasil yaitu nilai kuat tekan beton akan semakin kecil saat pH air asam menurun, sedangkan pada campuran beton dengan campuran air pH basa mempunyai hasil yaitu menunjukkan bahwa nilai kuat tekan akan semakin kecil saat pH air basa naik.

3. Penggunaan Variasi pH Air (Asam) Pada Kuat Tekan Beton Normal $F'C 25 \text{ MPa}$ (Meidiani & Farsyah Septa Hartawan, 2017).

Penelitian menggunakan pH air 4, 5, dan 6. Benda uji kubus dengan dimensi $15 \text{ cm} \times 15 \text{ cm} \times 15 \text{ cm}$ dan 3 buah sampel pada masing-masing variasi pH air yang dipakai. Perencanaan campuran beton mengacu pada SK. SNI T-15-1990-03. Kuat tekan beton yang ditetapkan adalah $f'_c = 25 \text{ MPa}$. Pengujian kuat tekan kubus dikerjakan pada beton berumur 28 hari. Hasil penelitian menyatakan bahwa beton dengan pH air 7 (netral) dapat mencapai mutu beton rencana. Sebaliknya, beton dengan pH air asam menghasilkan kuat tekan yang lebih kecil dari beton normal.

4. Ketahanan Beton $F_c' 22,5 \text{ Mpa}$ Terhadap Kondisi Air Kota Palangka Raya (Saputra & Handayani, 2020).

Penelitian menggunakan air gambut dengan pH 4.0, air sungai Kahayan dengan pH 5.0, dan air PDAM dengan pH 5. Penelitian ini memakai 18 benda uji silinder beton dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm yang memuat 6 silinder beton pada rendaman air gambut, 6 silinder dari air sungai Kahayan dan 6 sampel air PDAM. Perendaman berlangsung selama 28 hari dan 60 hari. Perancangan campuran beton SK. SNI T-15-1990-03. Mutu beton yang ditargetkan adalah $f'_c = 22.5 \text{ MPa}$.

Hasil penelitian menyatakan bahwa beton rendaman air gambut mengalami penurunan kuat tekan. Rendaman 60 hari menunjukkan penurunan terbesar sebesar 17,31% dari kuat tekan awal 24,957 MPa menjadi 20,638 MPa. Beton yang direndam di air sungai Kahayan dan PDAM secara umum naik, dimana

nilai kuat tekan tertinggi adalah 31,687 MPa, atau 26,96% dan 27,696 MPa (10,98%), masing-masing, pada rendaman 60 hari.

Berdasarkan beberapa penelitian di atas, dilakukan penelitian yang berbeda dengan penelitian yang telah dilakukan, dengan menggunakan variasi pH air 4, 5, 6, 7, 8, 9, dan 10. Mutu beton yang ditetapkan adalah 25 MPa dengan sampel silinder berdiameter 15cm dan tinggi 30cm. Pengujian yang dikerjakan adalah kuat tekan beton, kuat tarik belah beton, serta modulus elastisitas beton yang akan dilakukan saat beton berumur 28 hari. Pada penelitian sebelumnya pH air pada campuran beton yang paling variatif adalah air dengan pH 4, 5, 6, 7, 8, 10, dan 12, menggunakan silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm, dengan mutu beton rencana 25 MPa serta diuji pada umur beton 28 hari. Adapun pengujian yang dilakukan juga terbatas pada kuat tekan beton. Dengan mempertimbangkan uraian di atas, keaslian dalam penelitian ini dapat dipertanggungjawabkan.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Dilakukan

Peneliti	(Yunianta dkk., 2022)	(Meidiani dkk., 2017a)	(Meidiani & Farsyah Septa Hartawan, 2017)	(Saputra & Handayani, 2020)	Penulis
Judul Penelitian	Pengaruh Power Of Hydrogen (pH) Air Terhadap Kuat Tekan Beton	Studi Eksperimen Penggunaan Variasi pH Air Pada Kuat Tekan Beton Normal F'c 25 Mpa	Penggunaan Variasi pH Air (Asam) Pada Kuat Tekan Beton Normal F'c 25 Mpa	Ketahanan Beton Fc' 22,5 Mpa Terhadap Kondisi Air Kota Palangka Raya	Pengaruh Variasi pH Air Pada Beton Terhadap Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah, Dan Modulus Elastisitas
Tujuan Penelitian	Mengetahui seberapa besar pengaruh pH air terhadap nilai kuat tekan beton dan nilai pH yang mendekati dengan kuat tekan rencana.	Mengetahui pengaruh dari Penggunaan variasi pH Air terhadap mutu atau kualitas beton apakah terjadi penurunan atau malah sebaliknya	Mengetahui pengaruh dari penggunaan variasi pH Air terhadap mutu atau kualitas beton apakah terjadi penurunan atau malah sebaliknya	Mengetahui dan menganalisis perubahan kuat tekan beton yang terjadi bila beton direndam pada air gambut dan air sungai Kahayan selama 28 hari dan 60 hari.	Mengetahui pengaruh pH air terhadap kuat tekan, kuat tarik dan modulus elastisitas beton
Kuat Tekan Rencana	25 MPa	25 MPa	25 MPa	22.5 MPa	25 MPa
Variasi pH Air	5, 6, 7, 8, dan 9	4, 5, 6, 7, 8, 10, dan 12	4, 5, dan 6	4 dan 5	4, 5, 6, 7, 8, 9, dan 10
Jenis Pengujian	Kuat Tekan	Kuat Tekan	Kuat Tekan	Kuat Tekan	Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah, dan Modulus Elastisitas
Benda Uji	Silinder 15cm x 30cm	Silinder 15cm x 30cm	Kubus 15 x 15 x 15 cm	Kubus 15 x 15 x 15 cm	Silinder 15cm x 30cm
Umur Beton	28 hari	28 hari	28 hari	28 dan 60 hari	28 hari

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Dilakukan

Peneliti	(Yunianta dkk., 2022)	(Meidiani dkk., 2017a)	(Meidiani & Farsyah Septa Hartawan, 2017)	(Saputra & Handayani, 2020)	Penulis
Kesimpulan	Dengan variasi pH air 7 (netral), beton memiliki kuat tekan tertinggi. Dengan variasi pH asam 5 dan 6, nilai kuat tekan beton menurun seiring dengan pH asam yang lebih rendah, sedangkan dengan variasi pH basa 8 dan 9, nilai kuat tekan beton menurun seiring dengan nilai pH basa yang lebih tinggi.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa campuran beton dengan pH air 7 dapat mencapai kuat tekan yang diinginkan pada umur 28 hari. Sebaliknya, campuran beton dengan pH air yang berbeda tidak dapat mencapai tingkat kuat tekan yang diinginkan. Beton dengan pH asam dan pH basa memiliki kekuatan tekan yang lebih rendah daripada beton biasa.	Beton dengan pH 7 (netral) menghasilkan kuat tekan 25,96 Mpa; beton dengan pH 6 menghasilkan kuat tekan 22,01 Mpa, turun 15,21 % dari kuat tekan beton normal; beton dengan pH 5 menghasilkan kuat tekan 20,87 Mpa, turun 19,58 % dari kuat tekan beton normal; dan beton dengan pH 4 menghasilkan kuat tekan 20,32 Mpa, turun 21,71 % dari kuat tekan beton normal.	Beton yang direndam di air gambut mengalami penurunan kuat tekan; pada rendaman 60 hari, kuat tekan turun terbesar sebesar 17,31% dari 24,957 MPa menjadi 20,638 MPa. Sebaliknya, beton yang direndam di air sungai Kahayan dan PDAM mengalami peningkatan kuat tekan, dengan kenaikan terbesar sebesar 31,687 MPa atau 26,96% dan 27,696 MPa (10,98%) pada rendaman 60 hari.	-

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Beton

Beton adalah campuran bahan aktif dan pasif dengan perbandingan tertentu. Air dan semen berfungsi sebagai perekat, dan pasir dan kerikil berfungsi sebagai pengisi. Material pembentuk beton dicampur hingga merata lalu dituang dalam bekisting beton sesuai bentuk yang diinginkan. Campuran beton akan mengeras karena reaksi kimia antara semen dan air yang berlangsung lama. Mutu beton dapat terpengaruh oleh beberapa aspek antara lain mutu material penyusun, perencanaan, pengolahan, dan pengangkutan. Oleh karena itu, pembuatan beton harus sangat diperhatikan untuk memastikan dan mempertahankan mutunya.

3.2 Material Penyusun Beton

Beton merupakan campuran yang tersusun dari semen, agregat halus, agregat kasar, dan air. Setiap material yang digunakan untuk menyusun beton memiliki tujuan berbeda. Setiap material penyusun beton memiliki pengaruh dan kebutuhan yang berbeda, seperti halnya air yang berfungsi untuk memicu reaksi kimiawi semen, menjadi bahan perekat, dan melumasi agregat agar mudah dikerjakan.

3.2.1 Agregat

Agregat merupakan bahan alami atau buatan yang berfungsi sebagai material pengisi dalam campuran beton. Volume agregat dapat mengisi 70-75% dari volume total beton. Dengan jumlahnya yang cukup banyak, agregat sebagai material pengisi dapat mempengaruhi sifat maupun kualitas beton. Oleh karena itu, pemilihan agregat merupakan hal penting dalam perancangan campuran beton. Agregat pada pembuatan campuran beton dibagi menjadi dua golongan ukuran, yaitu agregat halus dan agregat kasar.

1. Agregat Halus

Agregat halus, menurut SNI 2834-2000, didefinisikan sebagai pasir yang berasal dari batu yang dipecahkan secara alami atau pasir yang dibuat oleh

industri pemecah batu dan memiliki ukuran 5mm sebagai butir terbesar. Adapun persyaratan agregat halus tercantum pada SNI 8321-2016 atau ASTM C33.

- a. Rentang modulus halus butir terletak pada nilai 2.3-3.1.
- b. Bahan beton yang tidak terkena abrasi dan lebih halus dari saringan No. 200 boleh sampai 5%. Untuk agregat halus buatan berupa abu atau pecahan, bebas tanah liat atau shale batas maksimumnya 5% serta 7% untuk beton yang tidak terkena abrasi. Bahan yang tidak ditetapkan dan lebih halus dari saringan No. 200, berlaku batas 3%.
- c. Kandungan batu bara dan lignit untuk beton yang terekspos maksimal 0,5%. Jika tidak ditetapkan berlaku batas 1%. Batasan untuk bahan-bahan yang merugikan dalam agregat halus dapat dilihat pada tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1 Batasan Bahan Yang Merugikan Dalam Agregat Halus

Uraian	Persen massa maksimum dari total sampel
Gumpalan lempung dan partikel yang mudah pecah	3,0
Batu bara dan lignit: Bila permukaan beton yang muncul penting	0,5
Semua beton lainnya	1,0

Sumber : SNI 8321-2016

- d. Bahan organik yang merugikan tidak boleh terkandung dalam agregat halus. Agregat yang diuji dengan mencampur larutan Natrium Sulfat (NaSO_4) sebanyak 3% tidak menjadi warna yang lebih tua dari warna standar. Jika warna yang dihasilkan lebih tua, maka agregat halus diperkenankan digunakan kecuali:
 - 1) Warna yang timbul disebabkan karena adanya sedikit lignit atau sejenisnya.
 - 2) Hasil lebih dari 95% saat dilakukan pengujian kuat tekan beton sesuai dengan ASTM C87 menggunakan pasir standar silika.
- e. Agregat halus yang dipakai pada beton yang terkena pembasahan atau udara lembab harus tidak mengandung bahan yang bereaksi dengan alkali.

Penggunaan agregat halus tidak dilarang jika digunakan semen dengan kandungan alkali kurang dari 0,60%.

- f. Gradasi agregat halus harus memenuhi kriteria yang dapat dilihat pada Tabel 3.2 berikut.

Tabel 3.2 Persyaratan Gradasi Agregat Halus

Saringan (ASTM E11)	Persen Lolos
9,5 mm (3/8 in)	100
4,75 mm (No. 4)	95-100
2,36 (No. 8)	80-100
1,18 mm (No. 16)	50-85
600 μm (No. 30)	25-60
300 μm (No. 50)	5-30
150 μm (No. 100)	0-10
75 μm (No. 200)	0-3,0 ^b

^b: mengacu pada poin b yang telah dijelaskan di atas.

Sumber : SNI 8321-2016

2. Agregat Kasar

Menurut SNI 2834-2000, agregat kasar adalah kerikil dengan ukuran butir antara 5 mm dan 40 mm yang berasal dari batu yang telah dipecah secara industri atau yang berasal dari batu yang telah pecah secara alami. Adapun persyaratan agregat halus tercantum pada SNI 8321-2016 atau ASTM C33.

- a. Agregat kasar yang dipakai pada beton yang terkena pembasahan atau udara lembab harus tidak memuat bahan yang bereaksi dengan alkali. Penggunaan agregat halus tidak dilarang jika digunakan semen dengan kandungan alkali kurang dari 0,60%.
- b. Persyaratan gradasi agregat kasar harus sesuai dengan Gambar 3.1 berikut.

Nomor ukuran	Ukuran nominal (salingan dengan lubang persegi)	Jumlah yang lebih halus dari masing-masing saringan laboratorium (lubang persegi), persen massa													
		100 mm (4 in)	90 mm (3,5 in)	75 mm (3 in)	63 mm (2,5 in)	50 mm (2 in)	37,5 mm (1,5 in)	25,0 mm (1 in)	19,0 mm (3/4 in)	12,5 mm (1/2 in)	9,5 mm (3/8 in)	4,75 mm (No. 4)	2,36 mm (No. 8)	1,18 mm (No. 16)	300 µm (No. 50)
1	90 mm-37,5 mm (3,5 in-1,5 in)	100	90-100	-	25-60	-	0-15	-	0-5	-	-	-	-	-	
2	63 mm-37,5 mm (2,5 in-1,5 in)	-	-	100	90-100	35-70	0-15	-	0-5	-	-	-	-	-	
3	50 mm-25,0 mm (2 in-1 in)	-	-	-	100	90-100	35-70	0-15	-	0-5	-	-	-	-	
357	50 mm-4,75 mm (2 in-no. 4)	-	-	-	100	95-100	-	35-70	-	10-30	-	0-5	-	-	
4	37,5 mm-19,0 mm (1,5 in-3/4 in)	-	-	-	-	100	90-100	20-55	0-15	-	0-5	-	-	-	
467	37,5 mm-4,75 mm (1,5 in-no. 4)	-	-	-	-	100	95-100	-	35-70	-	10-30	0-5	-	-	
5	25,0 mm-12,5 mm (1 in-0,5 in)	-	-	-	-	-	100	90-100	20-55	0-10	0-5	-	-	-	
56	25,0 mm-9,5 mm (1 in-3/8 in)	-	-	-	-	-	100	90-100	40-85	10-40	0-15	0-5	-	-	
57	25,0 mm-4,75 mm (1 in-no. 4)	-	-	-	-	-	100	95-100	-	25-60	-	0-10	0-5	-	
6	19,0 mm-9,5 mm (3/4 in-3/8 in)	-	-	-	-	-	-	100	90-100	20-55	0-15	0-5	-	-	
67	19,0 mm-4,75 mm (3/4 in-no. 4)	-	-	-	-	-	-	100	90-100	-	20-55	0-10	0-5	-	
7	12,5 mm-4,75 mm (0,5 in-no. 4)	-	-	-	-	-	-	-	100	90-100	40-70	0-15	0-5	-	
8	9,5 mm-2,36 mm (3/8 in-no. 8)	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85-100	10-30	0-10	0-5	
89	9,5 mm-1,18 mm (3/4 in-no. 16)	-	-	-	-	-	-	-	-	100	90-100	20-55	5-30	0-10	0-5
9A	4,75 mm-1,18 mm (no. 4-no. 16)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85-100	10-40	0-10	0-5

^AAgregat nomor ukuran 9 ditentukan dalam ASTM C125 sebagai agregat halus, namun dimasukkan sebagai agregat kasar jika dikombinasikan dengan bahan nomor ukuran 8 untuk menghasilkan nomor ukuran 89, dimana agregat kasar didefinisikan dalam ASTM C125.

Gambar 3.1 Persyaratan Gradasi Agregat Kasar

Sumber : SNI 8321-2016

- c. Agregat kasar juga harus memenuhi persyaratan batas bahan yang berdampak tidak baik terhadap beton dan sifat fisika yang diijinkan.

3.2.2 Semen Portland

Semen merupakan salah satu bahan penyusun beton yang berguna untuk merekatkan butiran agregat dan mengisi rongga antar butiran agregat. Semen juga berfungsi untuk membuat beton menjadi sebuah massa yang kompak. Umumnya, kadar semen yang terkandung dari campuran beton adalah 10% dari volume total beton. Semen dibagi menjadi kategori hidraulis dan non-hidraulis berdasarkan sifatnya saat bereaksi dengan air. Semen non-hidraulis tidak dapat bereaksi dan memadat di dalam air, tetapi di udara. Sedangkan semen hidraulis memiliki kapasitas untuk bereaksi dan dapat mengeras di dalam air.

Semen portland atau portland cement (PC) merupakan salah satu contoh dari semen hidraulis. Semen portland dapat diklasifikasikan sebagai semen hidraulis karena kapasitasnya untuk bereaksi dan dapat memadat di dalam air. Semen portland merupakan salah satu ragam semen hidraulis yang sering dipakai pada pekerjaan campuran beton karena beton yang dihasilkan dari semen ini merupakan salah satu bahan konstruksi paling serbaguna.

Menurut SNI 2049-2004, berdasarkan kegunaannya semen portland dibagi menjadi lima yaitu

1. Semen *Portland* tipe I merupakan semen portland yang tidak membutuhkan persyaratan penggunaan khusus.
2. Semen *Portland* tipe II merupakan jenis semen portland yang berguna terhadap sulfat dan kalor hidrasi sedang terjadi pengikatan.
3. Semen *Portland* tipe III merupakan jenis semen portland yang memberikan kekuatan awal tinggi setelah terjadi pengikatan.
4. Semen *Portland* tipe IV merupakan jenis semen portland yang dalam penggunaannya tidak memerlukan kalor hidrasi tinggi.
5. Semen *Portland* tipe V merupakan jenis semen portland yang memiliki ketahanan sulfat yang tinggi.

Adapun pada penelitian ini menggunakan semen portland komposit (PCC). Sesuai dengan SNI 15-7064-2004 semen portland komposit (PCC) terdiri dari bahan pengikat hidraulis hasil penggilingan bersama-sama terak semen portland dan gips dengan satu atau lebih bahan anorganik, atau hasil pencampuran antara bubuk semen portland dengan bubuk bahan anorganik lain. Bahan anorganik tersebut antara lain terak tanur tinggi (*blast furnace slag*), pozolan, senyawa silikat, batu kapur, dengan kadar total bahan anorganik 6% - 35 % dari massa semen portland komposit.

PCC (*Portland Composite Cement*) biasanya digunakan untuk bangunan karena memiliki kekuatan tekan yang sama dan menghasilkan permukaan beton dan plester yang lebih rapat dan halus. Selain itu, PCC memiliki panas hidrasi yang lebih rendah selama proses pendinginan dibandingkan dengan Semen Portland Tipe I. Semen portland komposit dapat digunakan untuk konstruksi umum seperti pekerjaan beton, pemasangan bata, selokan, jalan, pagar dinding dan pembuatan elemen bangunan khusus seperti beton pracetak, beton pratekan, panel beton, bata beton (*paving block*) dan sebagainya.

3.2.3 Air

Air merupakan salah satu material penyusun beton yang memiliki fungsi untuk membuat reaksi kimiawi dari semen. Air juga berfungsi untuk membasahi

agregat yang akan membuat pekerjaan beton menjadi lebih mudah (*workability*). Jumlah dan kualitas air dalam membuat campuran beton juga perlu diperhatikan. Hal tersebut terjadi karena air yang berlebih membuat gelembung air menjadi banyak sesudah proses hidrasi berakhir. Sebaliknya, kurangnya air membuat mekanisme hidrasi tidak berlangsung dengan baik.

Adapun faktor-faktor yang memengaruhi kebutuhan air pada campuran beton sebagai berikut.

1. Ukuran Agregat Maksimum

Ukuran agregat dapat mempengaruhi kebutuhan air karena luas permukaan

2. Bentuk Butir Agregat

Bentuk butir agregat yang bulat akan membuat kebutuhan air menjadi lebih sedikit. Sedangkan bentuk butir agregat batu pecah membutuhkan jumlah air yang lebih banyak.

3. Gradasi Agregat

Gradasi yang baik yaitu agregat yang memiliki ukuran butir beragam dan susunannya padat sehingga rongga udara mendekati nol. Hal tersebut dapat membuat jumlah air yang dibutuhkan semakin sedikit.

4. Kotoran Dalam Agregat

Kotoran dalam agregat dapat membuat kebutuhan air semakin besar. Kotoran dalam agregat dapat berupa banyaknya lanau, tanah liat, dan lumpur.

Pada SNI 2847-2013 tercantum air yang digunakan pada semen hidraulis harus lolos persyaratan pada SNI 03-7974-2013 atau ASTM C1602M. Disisi lain menurut SNI 6861.1-2002 dalam campuran beton pemakaian air seharusnya memenuhi syarat:

1. Air tidak boleh kotor, tidak ada kandungan lumpur, minyak maupun objek terapung lainnya yang terlihat secara visual.
2. Tidak terkandung objek yang tersuspensi lebih dari 2 gram/liter
3. Garam larut yang berpotensi merusak tidak boleh terkandung dalam beton lebih dari 15 gram/liter.
4. Kandungan klorida (Cl) tidak boleh lebih dari 0,5 gram/liter dan senyawa sulfat (SO₃) tidak boleh melebihi 1 gram/liter.

3.3 pH

pH merupakan derajat keasaman yang dipakai untuk menunjukkan tingkat keasaman atau kebasaan yang ada pada suatu larutan, zat, maupun benda. Berdasarkan kesepakatan internasional pH memiliki rentang 0-14 dan hanya berlaku pada larutan bersifat encer. pH dengan nilai 7 dinyatakan sebagai air murni netral pada suhu 25°C. Sedangkan pH dengan nilai < 7 dinyatakan sebagai zat yang memiliki sifat asam dan pH dengan nilai > 7 dinyatakan sebagai zat yang memiliki sifat basa.

Indikator yang biasanya dipakai untuk melihat tingkat keasaman atau kebasaan zat adalah kertas lakmus. Kertas lakmus akan menjadi merah saat keasaman zat tinggi dan menjadi biru saat keasamannya rendah. Selain kertas lakmus, indikator yang bisa digunakan adalah pH meter yang bekerja berlandaskan prinsip elektrolit/konduktivitas larutan. pH meter ini adalah alat yang akan digunakan untuk mengukur nilai variasi pH air pada penelitian ini.

3.4 Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*)

Perencanaan campuran beton dilaksanakan berdasarkan SNI 2834-2000 tentang cara pembuatan rencana campuran beton normal. Adapun tahapan perencanaannya dapat dilihat sebagai berikut.

1. Menetapkan kuat tekan beton ($f'c$).
2. Deviasi standar dihitung berdasar mutu perkerjaan dan volume beton yang direncanakan. Nilai standar deviasi berkurang seiring dengan peningkatan tingkat pengendalian mutu. Nilai deviasi standar untuk berbagai tingkat pengendalian mutu dapat dilihat pada Tabel 3.3 berikut.

Tabel 3.3 Nilai Deviasi Standar untuk berbagai Tingkat Pengendalian Mutu Pekerjaan

Tingkat Pengendalian Mutu Pekerjaan	Sd (Mpa)
Memuaskan	2,8
Sangat Baik	3,5
Baik	4.2
Cukup	5,6

Lanjutan Tabel 3.4 Nilai Deviasi Standar untuk berbagai Tingkat Pengendalian Mutu Pekerjaan

Tingkat Pengendalian Mutu Pekerjaan	Sd (Mpa)
Jelek	7
Tanpa Kendali	8,4

(Sumber: SNI 03-2834-2000)

Jika jumlah pengujian kurang dari tiga puluh, nilai deviasi standar harus dikoreksi menggunakan angka faktor pengali yang ditunjukkan pada Tabel 3.4. Jika tidak ada data uji lapangan, kuat tekan rata-rata yang ditetapkan f'_{cr} harus dibawah ($f'_{cr} + 12 \text{ MPa}$).

Tabel 3.5 Faktor Pengali Untuk Deviasi Standar

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

Sumber : SNI 03-2834-2000

3. Nilai tambah dikalkulasi berdasarkan persamaan 3.1 berikut.

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

Ket :

Sr : Deviasi Standar

1,64 : Ketetapan Statistik

M : Nilai tambah

4. Nilai mutu beton rata-rata yang ditetapkan dihitung menggunakan persamaan 3.2 berikut.

$$F'_{cr} = F'c + M \quad (3.2)$$

Ket :

F'_{cr} : kuat tekan beton rata-rata yang ditetapkan, dalam MPa.

$F'c$: kuat tekan beton rencana, dalam MPa.

M : nilai tambah.

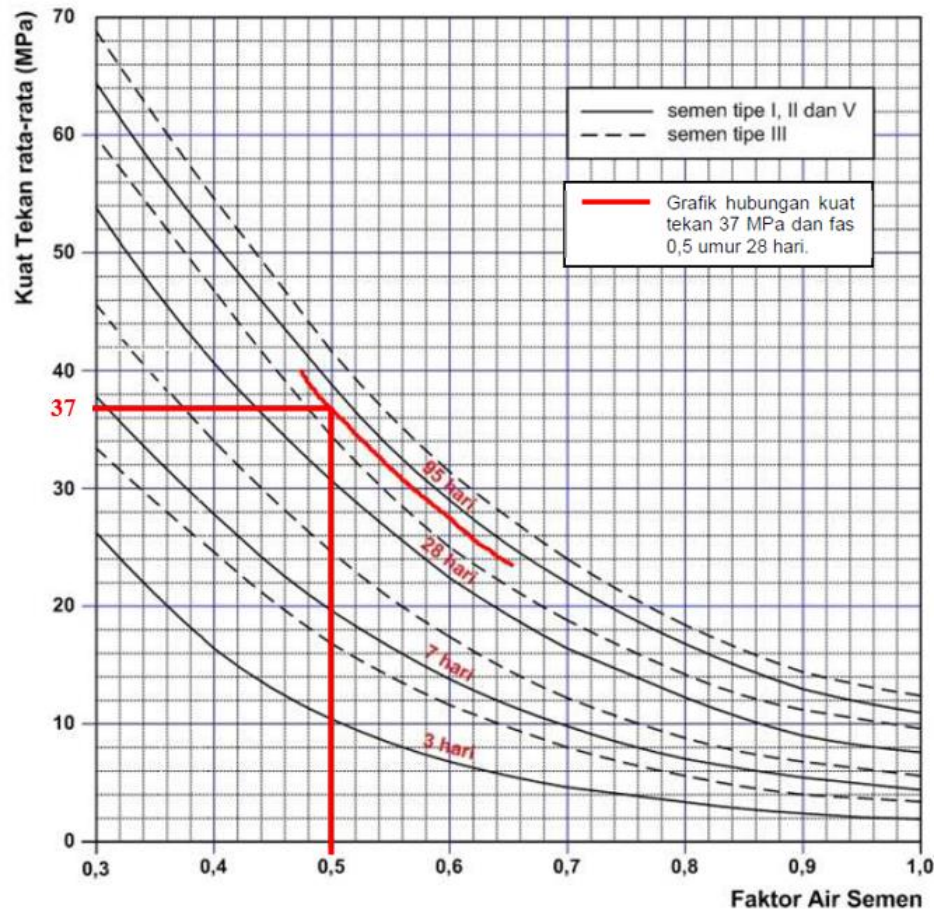
5. Menentukan tipe semen.
6. Penentuan varian agregat kasar dan halus yang diperlukan.
7. Menetapkan faktor air semen (FAS) menggunakan langkah-langkah sebagai berikut.
 - a. Saat beton berusia 28 hari, menentukan nilai kuat tekan berdasarkan Tabel 3.6.

Tabel 3.6 Perkiraan Kuat Tekan (MPa) Beton dengan Faktor Air Semen, dan Agregat Kasar

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

Sumber : SNI 03-2834-2000

- b. Menetapkan kurva lengkung baru yang mengacu pada hubungan antara nilai kuat tekan dengan faktor air semen menerapkan Gambar 3.2 berikut.



Gambar 3.2 Hubungan Antara Kuat Tekan dan Faktor Air Semen

Sumber : SNI 03-2834-2000

- c. Hubungan kuat tekan beton yang diperoleh dari kurva lengkung baru digunakan untuk menentukan faktor air semen.
8. Penetapan faktor air semen maksimum dan, minimum berdasar pada Tabel 3.7 berikut.

Tabel 3.7 Persyaratan Jumlah Semen Minimum dan Faktor Air Semen Maksimum untuk Berbagai Macam Pembetonan Lingkungan Khusus

Lokasi	Jumlah Semen minimum per m ³ beton (kg)	Nilai Faktor Air Semen Maksimum
Beton di dalam ruang bangunan		
a. Keadaan keliling non-korosif	275	0,60
b. Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	325	0,52

Lanjutan Tabel 3.7 Persyaratan Jumlah Semen Minimum dan Faktor Air Semen Maksimum untuk Berbagai Macam Pembetonan Lingkungan Khusus

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

Sumber : SNI 03-2834-2000

9. Menetapkan nilai *slum*.
10. Ukuran maksimum agregat ditetapkan berdasar hasil pengujian karakteristik agregat.
11. Nilai kadar air bebas ditetapkan dengan Tabel 3.8 dan persamaan 3.3 seperti berikut.

Tabel 3.8 Perkiraan Kadar Air Bebas (Kg/m³) yang Dibutuhkan untuk Beberapa Tingkat Kemudahan Pengerjaan Adukan Beton

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

Sumber : SNI 03-2834-2000

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

Ket:

- w : kadar air bebas (kg/m^3)
 Wh : perkiraan jumlah air agregat halus (kg/m^3)
 Wk : perkiraan jumlah air agregat kasar (kg/m^3)

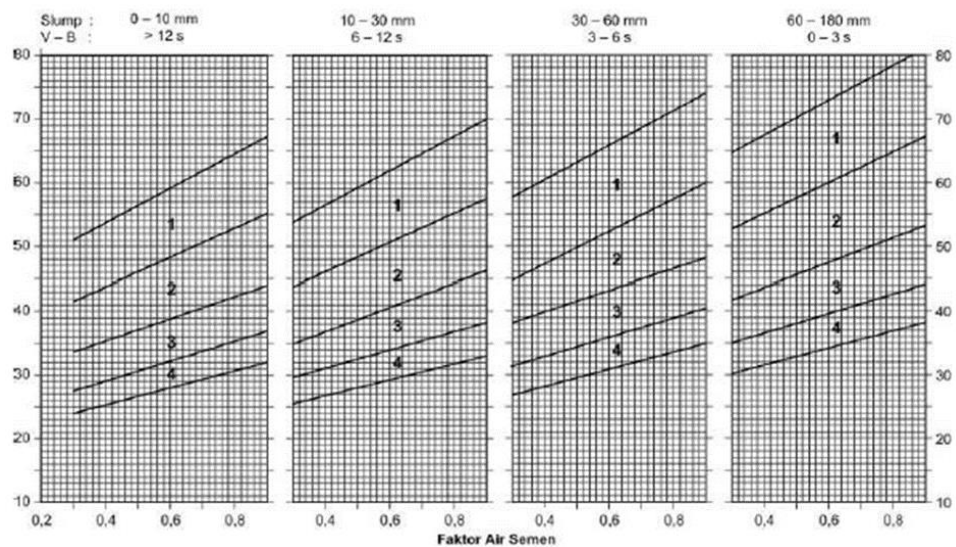
12. Kebutuhan jumlah semen per m^3 ditentukan dengan persamaan 3.4 seperti berikut.

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

Ket:

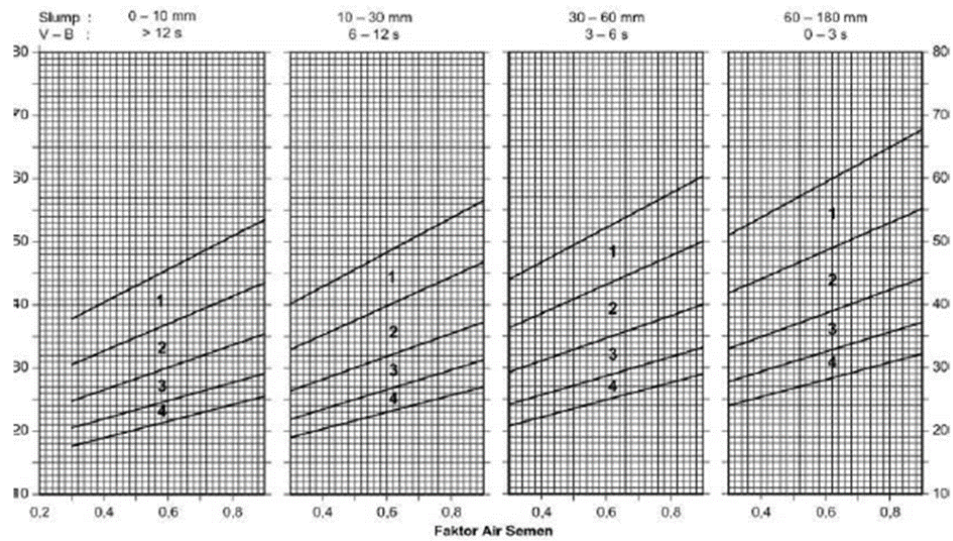
- c : jumlah semen (kg/m^3)
 w : kadar air bebas (kg/m^3)
 Fas : faktor air semen

13. Menentukan presentase agregat halus dan agregat kasar menggunakan Gambar 3.3 sampai 3.5 berikut ini.



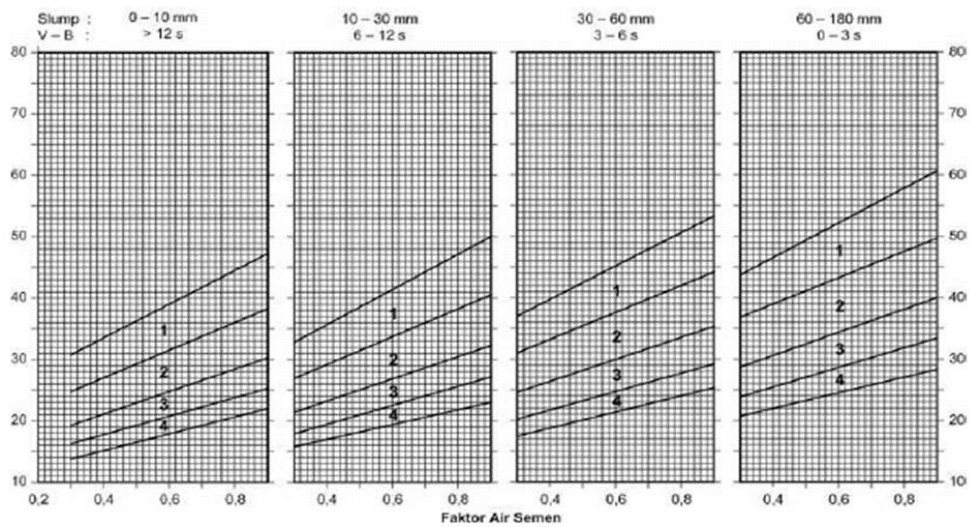
Gambar 3.3 Grafik Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat (Ukuran Butir Maksimum 10 mm)

Sumber : SNI 03-2834-2000



**Gambar 3.4 Grafik Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat
(Ukuran Butir Maksimum 20 mm)**

Sumber : SNI 03-2834-2000



**Gambar 3.5 Grafik Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat)
(Ukuran Butir Maksimum 40 mm)**

Sumber : SNI 03-2834-2000

14. Berat jenis relatif atau gabungan agregat dihitung menggunakan persamaan 3.5 seperti berikut.

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

Ket:

BJ_{gab} : berat jenis gabungan/ relatif agregat

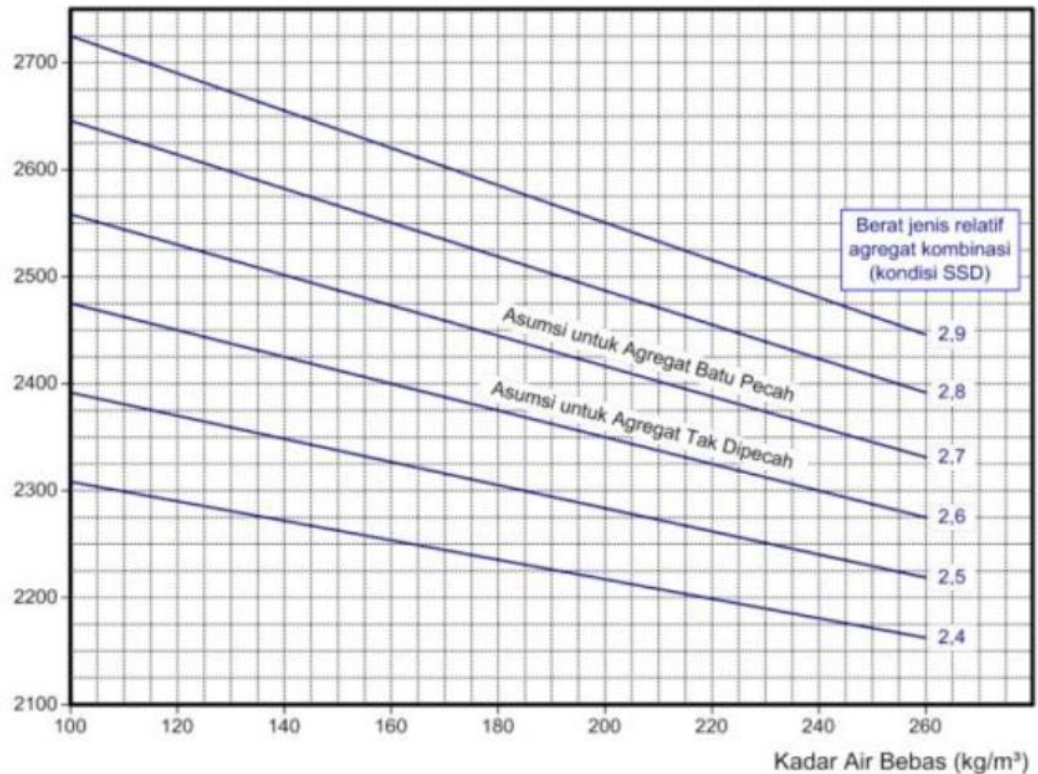
$\%Ag.Halus$: persentase agregat halus (%)

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

$B_{Jag.halus}$: berat jenis agregat halus

$B_{Jag.kasar}$: berat jenis agregat kasar

15. Penetapan berat isi beton yang berdasar pada kadar air bebas dan berat jenis gabungan/ relatif menggunakan Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Grafik Perkiraan Berat Isi Beton Basah

Sumber : SNI 03-2834-2000

16. Kadar agregat gabungan dihitung memakai persamaan 3.6 seperti berikut.

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

Ket:

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

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

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

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

17. Kadar agregat halus dihitung berdasar persamaan 3.7 seperti berikut.

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

Ket :

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

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

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

18. Kadar agregat kasar dihitung berdasar persamaan 3.8 seperti berikut.

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

Ket :

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

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

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

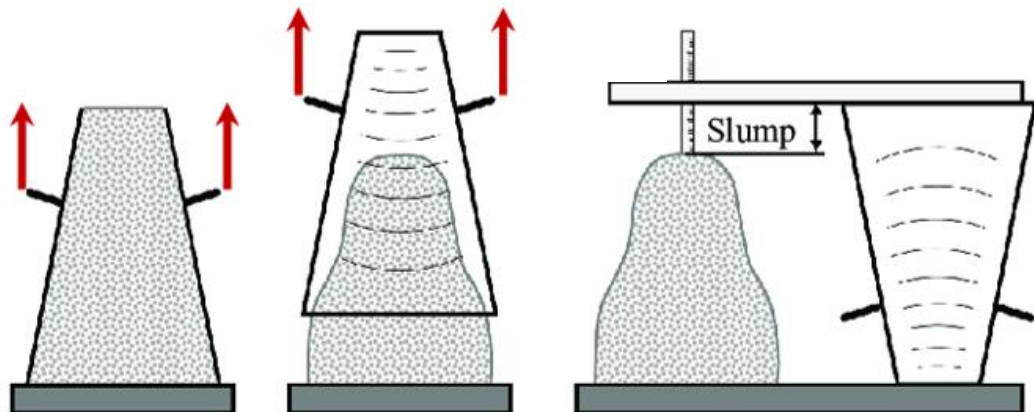
3.5 Pengujian Slump

Pengujian *slump* dilakukan dengan memakai alat kerucut Abrams untuk menghitung nilai *slump* yang menunjukkan tingkat kelecakan (*workability*) campuran beton dan mutu pengerjaan beton (SNI-1972-2008). *Workability* pada beton umumnya dikaitkan dengan homogenitas campuran beton. Slump test dengan nilai yang tinggi menandakan bahwa campuran beton ringan dikerjakan, sementara itu nilai kecil membuat beton menjadi kental dan susah dikerjakan. Tabel di bawah ini dapat digunakan untuk melihat penetapan nilai *slump* dari berbagai pengerjaan beton berdasarkan jenis struktur.

Tabel 3.9 Nilai Slump Untuk Berbagai Pekerjaan Beton

No.	Pemakaian Beton (berdasarkan Jenis Struktur yang Dibuat)	Nilai Slump	
		Maksimum	Minimum
1.	Dinding, pelat fondasi, dan fondasi telapak bertulang	125	50
2.	Fondasi telapak tidak bertulang dan struktur dibawah tanah	90	25
3.	Pelat, balok, kolom, dinding	150	75
4.	Perkerasan jalan	75	50
5.	Pembetonan massal (beton massa)	75	25

(Sumber : Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971)



Gambar 3.7 Ilustrasi Pengujian Slump

(Sumber: <https://images.app.goo.gl/wgT3gi8EstsJExjr6>)

3.6 Kuat Tekan Beton

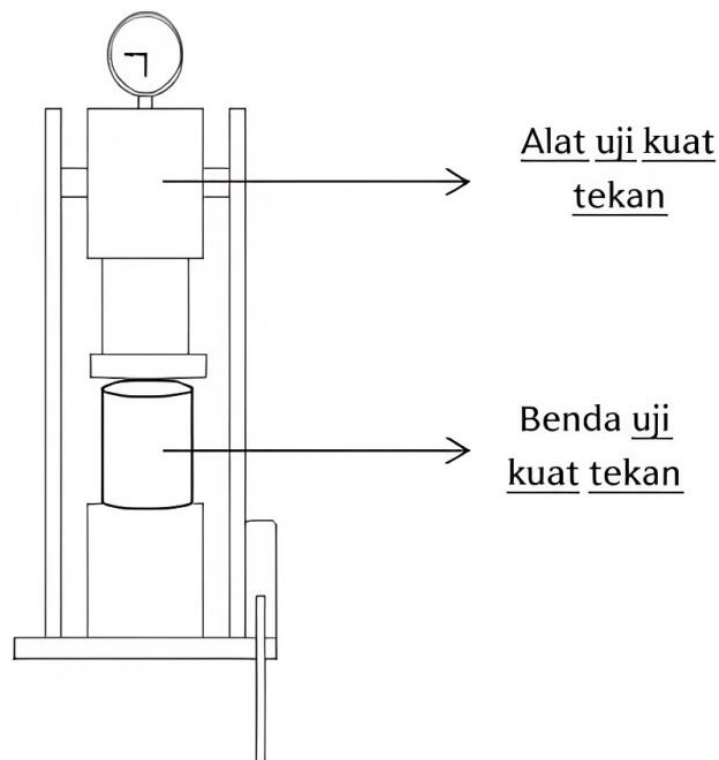
Kuat tekan beton adalah kapasitas beton dalam menahan beban aksial per satuan luas. Nilai kuat tekan beton didapat dengan memakai uji mesin tekan (*compression testing machine*) dan ditunjukkan dengan benda uji beton tersebut hancur saat terkena gaya tekan. Kalkulasi kuat tekan beton mengacu pada SNI 1974-2011 sebagai berikut.

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

Ket :

P : beban maksimum (N)

A : luas penampang benda uji (mm^2)



Gambar 3.8 Ilustrasi Pengujian Kuat Tekan

(Sumber: <https://images.app.goo.gl/LiLZYGZyrKWoz2uC8>)

3.7 Kuat Tarik Belah Beton

Kuat tarik belah beton merupakan salah satu kekurangan yang dimiliki oleh beton. Nilai kuat tarik didapat dengan menempatkan benda uji secara horizontal sebaris dengan alas meja penekan mesin uji tekan dan ditekan sampai benda uji terbelah atau hancur. Nilai kuat tarik beton dapat dihitung berdasarkan SNI 2491-2014 seperti berikut.

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

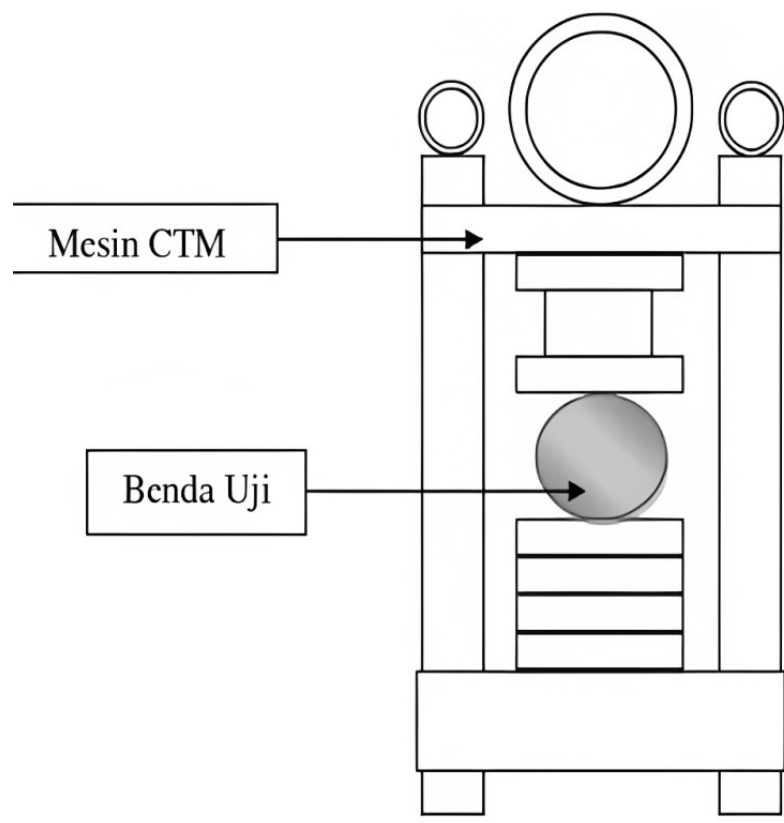
Ket:

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

P : beban maksimum (N)

D : diameter benda uji (mm)

L : panjang benda uji (mm)



Gambar 3.9 Ilustrasi Pengujian Kuat Tarik Belah
 (Sumber: <https://images.app.goo.gl/hDXxQnZJJ2vuCa8E9>)

3.8 Modulus Elastisitas Beton

Modulus elastisitas merupakan salah satu cara untuk mengetahui sifat elastis suatu material. Modulus elastisitas berkorelasi dengan kemampuan suatu bahan dalam menahan suatu beban. Nilai modulus yang lebih tinggi menandakan lendutan beton akan lebih kecil. Ini menunjukkan bahwa nilai modulus elastisitas beton yang lebih besar memiliki kapasitas untuk menahan tegangan yang tinggi pada keadaan regangan yang relatif kecil. Nilai modulus elastisitas dapat dihitung dua metode yaitu metode menggunakan hasil pengujian dan metode teoritis. Metode hasil pengujian menggunakan perhitungan berdasarkan ASTM C-469 dan Persamaan Linear Nawy (1990). Sedangkan metode teoritis menggunakan perhitungan berdasarkan SNI 2847-2019. Adapun perhitungan nilai modulus elastisitas menggunakan rumus dari ASTM C-469 seperti berikut.

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

Ket :

E_c : modulus elastisitas beton (MPa)

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

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

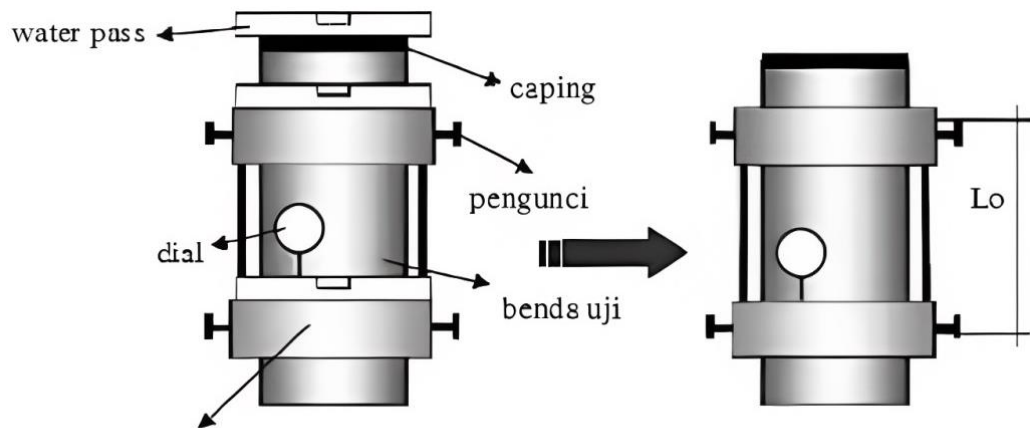
ε_2 : regangan longitudinal yang dihasilkan pada saat S_2

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

Ket :

ΔL : deformasi longitudinal (mm)

L_0 : tinggi efektif pengukuran (mm)



alat ulcar modulus elastisitas

Gambar 3.10 Ilustrasi Pengujian Modulus Elastisitas Beton

(Sumber: <https://images.app.goo.gl/dBVpQzWf2c7GnYRG9>)

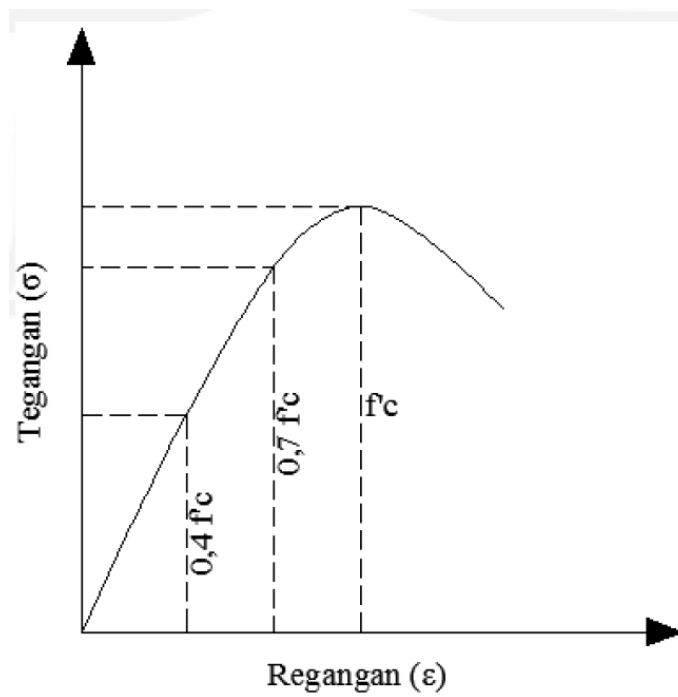
Menurut Nawy (1990), kurva tegangan-regangan masih linear saat nilai tegangan sudah mencapai $0,4 \times F'c$ maksimum seperti Gambar dan persamaan berikut

$$E_c = \frac{0,4 \times F'c}{\varepsilon_{0,4}}$$

Dengan :

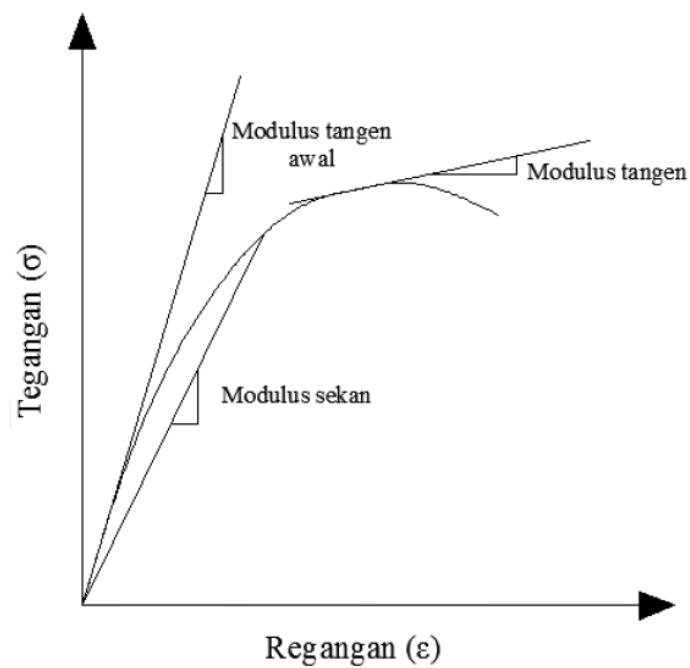
$F'c$ = Tegangan Maksimum (MPa)

$\varepsilon_{0,4}$ = regangan saat tegangan mencapai 40% dari tegangan maksimum



Gambar 3.11 Tegangan-Regangan Beton

Sumber : Nawy (1990)



Gambar 3.12 Modulus Sekan dan Modulus Tangen Beton

Sumber : Nawy (1990)

Adapun modulus elastisitas beton juga dapat dicari menggunakan metode teoritis. Berdasarkan SNI 2847-2019 beton dengan berat volume 1400-2560 kg/m³ nilai modulus elastisitasnya dapat dicari menggunakan persamaan berikut.

$$1. \quad E_c = W_c^{1.5} \times 0.043 \times \sqrt{F'_c}$$

$$2. \quad E_c = 4700 \times \sqrt{F'_c}$$

dengan :

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

$$\varepsilon_{0,4} = \text{Berat volume beton (kg/m}^3\text{)}$$

3.9 Uji Statistik

Untuk menganalisis data kuantitatif yang didapatkan dari penelitian, langkah yang perlu dilakukan adalah melakukan uji statistik. Uji Statistik berguna dalam pengujian hipotesis dan menetapkan signifikansi hubungan antara variabel. Pengujian statistik ini menggunakan metode dari Saphiro Wilk karena metode uji ini efektif dan valid digunakan untuk sampel yang jumlahnya sedikit. Seperti penjelasan dari Razali, N.M & Wah, Y.B. (2011) bahwa awalnya uji Shapiro dan Wilk ini dibatasi untuk sampel yang berjumlah kurang dari 50. Prosedur pengujian yang akan dipakai dalam penelitian ini adalah uji normalitas dan uji homogenitas.

3.9.1 Uji Normalitas

Uji Normalitas adalah suatu pengujian yang dilakukan untuk mengevaluasi distribusi data pada kelompok data atau variabel normal atau tidak. Fahmeyzan dkk. (2018) menjelaskan bahwa uji normalitas berfungsi untuk menetapkan data yang sudah didapatkan berdistribusi normal atau diambil dari populasi normal. Dijelaskan juga bahwa jika jumlah data lebih dari 30 ($n > 30$), maka asumsi data tersebut berdistribusi normal.

3.9.2 Uji Homogenitas

Uji homogenitas adalah prosedur statistik untuk menyatakan bahwa dua atau lebih kelompok data sampel dari populasi mempunyai variansi yang sama. Uji homogenitas perlu untuk dilakukan dalam sebuah penelitian. Sianturi (2022) menjelaskan bahwa uji homogenitas variansi perlu dilakukan untuk memastikan tidak adanya perbedaan data yang ditimbulkan oleh perbedaan data dasar

(ketidakhomogenan kelompok yang dibandingkan) sebelum membandingkan dua kelompok data atau lebih.

BAB IV

METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Umum

Metode penelitian merupakan sebuah upaya untuk mendapatkan solusi dari permasalahan dari penelitian yang akan dilaksanakan. Maka dari itu diperlukan adanya pemilihan metode penelitian yang tepat. Metode penelitian yang akan dipakai pada penelitian ini adalah metode eksperimental. Metode eksperimental memiliki tujuan untuk menemukan hubungan kausalitas dari suatu variabel terikat dan melakukan modifikasi variabel bebas pada suatu variabel kontrol.

4.2 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan di laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

4.3 Bahan dan Alat Yang Digunakan

Adapun bahan dan alat yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut.

4.3.1 Bahan Yang Digunakan

1. Semen *Portland* (PC)

Penelitian ini menggunakan semen portland tipe PCC merek Tiga Roda dengan berat 40 kg.



Gambar 4.1 Semen Portland

2. Agregat

Agregat kasar yang dipakai pada penelitian ini diambil dari Clereng, Kulon

Progo dan agregat halus berasal dari Sungai Progo.



Gambar 4.2 Agregat Kasar dan Agregat Halus

3. Air

Penelitian ini menggunakan air dari Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik di Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Air yang digunakan dimodifikasi variasi pH -nya menggunakan pH *modifier*.



Gambar 4.3 Air

4. pH *Modifier*

pH modifier merupakan sebuah bahan berkonsentrasi tinggi yang digunakan untuk menyesuaikan tingkat pH suatu larutan. Pada penelitian ini pH modifier yang digunakan adalah cairan pH *UP* (Potassium Hidroksida 10% (KOH)) & pH *DOWN* (Phosporic Acid 10% (H_3PO_4)).



Gambar 4.4 pH Modifier

4.3.2 Alat Yang Digunakan

1. Set Saringan Agregat

Set saringan agregat dipakai untuk memilah agregat berdasar pada ukuran butirnya saat pengujian analisa saringan.



Gambar 4.5 Set Saringan Agregat Kasar dan Agregat Halus

2. Timbangan

Timbangan berguna untuk mengukur berat material yang dipakai berdasar hasil perhitungan perencanaan campuran beton (*mix design*).



Gambar 4.6 Timbangan

3. Neraca *Ohaus*

Neraca ohaus berguna untuk mengukur berat material yang dipakai dan lebih presisi dibanding timbangan biasa.



Gambar 4.7 Neraca *Ohaus*

4. Piknometer

Piknometer digunakan untuk pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus.



Gambar 4.8 Piknometer

5. Oven

Oven berguna untuk menghilangkan air pada agregat kasar dan agregat halus.

Oven juga digunakan untuk menguji berat jenis dan penyerapan air agregat.



Gambar 4.9 Oven

6. *Concrete Mixer*

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



Gambar 4.10 *Concrete Mixer*

7. Sekop

Sekop digunakan dalam membantu penuangan beton segar ke bekisting beton.



Gambar 4.11 Sekop

8. Kerucut Abrams

Kerucut abrams digunakan untuk pengujian slump beton segar.



Gambar 4.12 Kerucut Abrams

9. Bekisting Beton

Bekisting merupakan cetakan beton yang berfungsi untuk membuat beton sesuai bentuk benda uji yang diinginkan.



Gambar 4.13 Bekisting Beton

10. Alat Uji Beton

Pada penelitian ini dilakukan uji kuat tekan beton, uji tarik belah beton dan modulus elastisitas beton. Mesin uji yang digunakan adalah mesin uji tekan yang berfungsi untuk mendapatkan nilai beban yang didapat oleh benda uji

hingga benda uji hancur. Pada uji modulus elastisitas beton ditambahkan kompresometer-ekstensiometer.



Gambar 4.14 Mesin Uji Kuat Tekan

11. pH Meter

pH meter merupakan alat yang digunakan untuk melihat tingkat keasaman atau kebasaan (pH) suatu larutan.



Gambar 4.15 pH Meter

4.4 Tahapan Penelitian

Prosedur penelitian yang dilakukan harus dilakukan dengan baik dan sistematis. Penelitian yang dilaksanakan dengan baik dan sistematis dalam melakukan tahapan-tahapannya dapat menghasilkan penelitian yang akurat. Prosedur tersebut harus terlaksana supaya tidak keluar dari tujuan penelitian.

4.4.1 Persiapan Bahan

Persiapan bahan krusial untuk dilakukan agar mendapatkan bahan dengan mutu yang baik dan hasil perencanaan campuran beton sesuai dengan rencana. Pembersihan material dari kotoran atau benda asing harus dilakukan agar tidak merusak hasil penelitian yang dilakukan.

Berikut ini merupakan persiapan yang perlu dijalankan.

1. Persiapan bahan khusus

Material yang harus disiapkan yaitu bahan-bahan penyusun beton yang akan dicampur menjadi beton segar antara lain agregat halus, agregat kasar, air, semen, dll. material khusus yang digunakan pada penelitian ini adalah pH *modifier* berupa cairan pH *UP* (Potassium Hidroksida 10%) & pH *DOWN* (Phosporic Acid 10%).

2. Pembersihan bahan

Pembersihan dilakukan pada agregat halus dan agregat kasar. Pembersihan dilakukan untuk menghilangkan kotoran dan benda asing pada agregat. Pembersihan bahan ini juga bertujuan agar material lolos persyaratan campuran beton.

3. Pengujian Agregat

Pengujian agregat merupakan kegiatan yang dilakukan untuk menguji agregat halus dan kasar. Pengujian agregat dilaksanakan untuk mengetahui sifat dan karakteristik agregat yang akan dipakai dalam pembuatan campuran beton. Hasil pengujian ini yang kemudian akan dijadikan acuan dalam perencanaan campuran beton (*mix design*). Berikut merupakan acuan dalam pengujian agregat.

- a. Uji berat jenis dan penyerapan agregat halus berdasarkan SNI 1970-1990.
- b. Uji berat jenis dan penyerapan air agregat kasar berdasarkan SNI 1969-1990.
- c. Uji analisa saringan agregat halus berdasarkan SNI 1968-1990.
- d. Uji analisa saringan agregat kasar berdasarkan SNI 1968-1990.
- e. Uji berat volume gembur dan berat volume padat agregat halus berdasarkan SNI 4804-1998.
- f. Uji berat volume gembur dan berat volume padat agregat kasar berdasarkan SNI 4804-1998.
- g. Uji butiran lolos ayakan no.200 berdasarkan SNI 4142-1996.

Hasil pengujian yang telah dilakukan kemudian dilakukan pengecekan apakah agregat memenuhi persyaratan atau tidak.

4.4.2 Modifikasi pH Air

Sebelum dilakukan pembuatan benda uji, perlu dilakukan modifikasi pH air. Modifikasi pH air dilakukan menggunakan pH *modifier* berupa cairan pH *UP* (Potassium Hidrokside 10%(KOH)) & pH *DOWN* (Phosporic Acid 10% (H_3PO_4)). Untuk melihat pH air yang dimodifikasi sesuai dengan rencana dibutuhkan alat bantuan berupa pH meter.

4.4.3 Pembuatan Benda Uji

Benda uji yang digunakan pada penelitian ini adalah beton dengan variasi pH air 4, 5, 6, 7, 8, 9, dan 10. Tiap variasi benda uji dilakukan pengujian saat beton berumur 28 hari. Benda uji berupa silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Jumlah sampel silinder yang digunakan adalah 5 buah. Adapun detail benda uji pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut

Tabel 4.1 Detail Sampel Benda Uji

Jenis Pengujian	pH Air	Kode Benda Uji	Jumlah Sampel
Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas Beton	BK	TM-BK-01	5
	4	TM-4-01	5
	5	TM-5	5
	6	TM-6	5
	7	TM-7	5
	8	TM-8	5
	9	TM-9	5
Kuat Tarik Belah Beton	10	TM-10	5
	BK	TB-BK-01	5
	4	TB-4-01	5
	5	TB-5	5
	6	TB-6	5
	7	TB-7	5
	8	TB-8	5
9	TB-9	5	
10	TB-10	5	
Total Sampel			80

Adapun keterangan dari kode benda uji sebagai berikut :

- BK = Beton Kontrol
- TM = Uji Tekan dan Modulus Elastisitas
- TB = Uji Tarik Belah
- 4 = Variasi pH

Tahapan dalam pembuatan benda uji adalah sebagai berikut.

1. Bahan penyusun beton seperti agregat halus, agregat kasar, semen, dan air disiapkan dan dibersihkan. pH modifier juga disiapkan untuk memodifikasi pH air pada campuran beton.
2. Menyiapkan, menakar, dan menimbang bahan yang digunakan sesuai dengan perencanaan campuran beton menurut SNI 2493-2011.
3. Bahan yang telah ditakar sesuai komposisi dimasukkan ke wadah untuk memudahkan pada saat pencampuran ke dalam *mixer* beton.
4. Air yang digunakan untuk campuran beton dimodifikasi terlebih dahulu menggunakan pH *modifier* agar sesuai pH yang direncanakan yaitu air dengan pH 4, 5, 6, 7, 8, 9, dan 10.
5. Mengolesi bekisting benda uji silinder pada bagian dalam dengan oli serta melakukan penimbangan dan pencatatan berat bekisting.
6. Menyiapkan *mixer* beton dan tempat untuk menuangkan beton segar.
7. Agregat kasar dan halus dimasukkan ke dalam *mixer* beton dan diaduk sampai agregat tercampur merata.
8. Setelah agregat tercampur merata, masukkan semen ke dalam *mixer* dan aduk hingga rata.
9. Menuangkan setiap variasi dari pH air yang telah dimodifikasi ke dalam *mixer* beton. Penuangan dilakukan secara bertahap untuk mengontrol keenceran campuran beton segar.
10. Pencampuran beton segar dilakukan hingga merata (homogen).
11. Setelah campuran homogen, tuang campuran beton segar ke tempat yang telah disiapkan.
12. Melakukan pengujian *slump* dan pastikan tinggi *slump* memenuhi syarat.
13. Memasukkan campuran beton segar ke dalam satu per tiga cetakan bekisting

silinder, kemudian tumbuk dengan tongkat penumbuk dan pukul dengan palu karet sampai campuran beton rata tanpa ruang udara. Prosedur ini diulangi sampai bekisting silinder penuh.

14. Ratakan permukaan campuran beton.
15. Timbang dan catat berat beton dengan bekisting benda uji silinder.
16. Setelah kurang lebih 24 jam, lepas bekisting benda uji dan proses perawatan benda uji bisa dimulai.

4.4.4 Perawatan Benda Uji

Perawatan benda uji mengacu pada Tata Cara Pembuatan dan Perawatan Benda Uji di Laboratorium (SNI-2493-2011). Bekisting benda uji dilepas dari benda uji minimal 24 jam setelah penuangan campuran beton segar. Perawatan benda uji yang dilakukan adalah dengan merendam benda uji dalam air. Perendaman dilakukan selama 28 hari. Pengujian benda uji harus dilakukan saat kondisi benda uji kering. Oleh karena itu benda uji harus dikeluarkan dari rendaman air satu hari sebelum dilakukan pengujian.

4.4.5 Pengujian Benda Uji

Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini adalah uji kuat tekan beton, uji tarik belah beton, dan uji modulus elastisitas beton. Pengujian dilakukan pada setiap variasi campuran beton dengan umur 28 hari. Benda uji diukur dan ditimbang terlebih dahulu sebelum dilakukan pengujian.

4.5 Prosedur Pengujian

Penelitian ini dilaksanakan melalui beberapa pengujian. Prosedur setiap pengujian akan diuraikan secara sistematis. Adapun prosedur pengujian adalah sebagai berikut.

4.5.1 Uji *Slump*

Uji *slump* berguna untuk mengukur workabilitas beton yang sudah dibuat. Uji *slump* dilakukan sesudah campuran beton dituang dari mioxer beton. Adapun prosedur pengujian slump adalah sebagai berikut.

1. Kerucut *Abrams* diisi dengan beton segar setiap 1/3 bagian. Pada tiap bagian dilakukan penumbukan sebanyak 25 kali secara menyeluruh. Penumbukan tiap bagian dilakukan secara menyeluruh sampai kerucut *abrams* terisi penuh.

2. Beton segar didiamkan selama 30 detik.
3. Kerucut abrams dinaikkan secara tegak dan kerucut *abrams* diletakkan disamping beton segar yang berdiri.
4. Ukur tinggi slump.

4.5.2 Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton merujuk pada SNI 1974-2011. Mengenai tahapan pengujian kuat tekan beton adalah sebagai berikut.

1. Benda uji diangkat dari bak rendaman dan didiamkan selama 24 jam.
2. Dilakukan pengukuran berat dan dimensi benda uji.
3. Benda uji diletakkan pada alas tekan bawah dan penunjuk beban telah berada pada angka nol.
4. Mesin uji tekan dijalankan dengan kecepatan pembebanan 0,15 MPa/detik hingga 0,35 MPa/detik.
5. Pembebanan dilakukan sampai benda uji hancur dan catat beban tertinggi.

4.5.3 Pengujian Tarik Belah Beton

Pengujian kuat tarik belah beton dilakukan berdasar SNI 03-2491-2014. Adapun tahapan pengujian kuat tarik belah beton adalah sebagai berikut.

1. Benda uji diangkat dari bak rendaman dan dibiarkan selama 24 jam.
2. Mengukur dimensi dan berat benda uji.
3. Benda uji diletakkan mendatar sejajar dengan permukaan meja penekan mesin uji tekan dan penunjuk beban sudah berada pada angka nol.
4. Mesin uji tekan dijalankan dengan kecepatan pembebanan 0,7 MPa/menit hingga 1,4 MPa/menit.
5. Pembebanan dilaksanakan hingga benda uji hancur serta catat beban maksimum.

4.5.4 Pengujian Modulus Elastisitas Beton

Pengujian modulus elastisitas beton mengacu pada SNI 2826-2008. Adapun tahapan pengujian modulus elastisitas beton adalah sebagai berikut.

1. Benda uji diangkat dari bak rendaman dan dibiarkan selama 24 jam.
2. Mengukur dimensi dan berat benda uji.
3. Memasang alat *kompresometer ekstensiometer* pada benda uji dan pasang alat

ukur deformasi (*dial gauge*).

4. Benda uji diletakkan pada alas tekan bawah dan penanda beban telah berada pada angka nol lalu jalankan mesin uji.
5. Setiap peningkatan beban 10 kN lakukan pembacaan dan pencatatan deformasi.
6. Pembebanan dilakukan hingga benda uji hancur serta catat beban maksimum.

4.6 Olah Data

Data yang didapat pada hasil pengujian kemudian diproses menggunakan bantuan *Microsoft Excel*. Pengolahan data dilakukan berdasarkan teori dan peraturan-peraturan terkait. Hasil pengolahan data berupa parameter penting yang akan digunakan pada tahap analisis data.

4.7 Analisis Data dan Pembahasan

Data yang sudah diolah dan diperoleh parameter yang diinginkan kemudian dijalankan analisis yang sinkron dengan dasar teori dan peraturan yang terkait. Analisis data dilakukan dengan melakukan komparasi nilai kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas beton terhadap setiap varian benda uji. Varian benda uji berupa campuran beton dengan variasi pH air dengan nilai adalah 4, 5, 6, 7, 8, 9, dan 10. Data hasil analisis berupa komparasi nilai kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas beton pada setiap variasi pH air pada campuran beton.

Setelah tahapan analisis data telah selesai dilakukan kemudian dilakukan pembahasan. Pembahasan dilakukan berdasarkan analisis data yang telah dilakukan. Pembahasan dilakukan untuk menafsirkan hasil komparasi nilai kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas beton di setiap variasi pH air pada campuran beton. Pembahasan juga harus menjawab seluruh rumusan masalah yang ada.

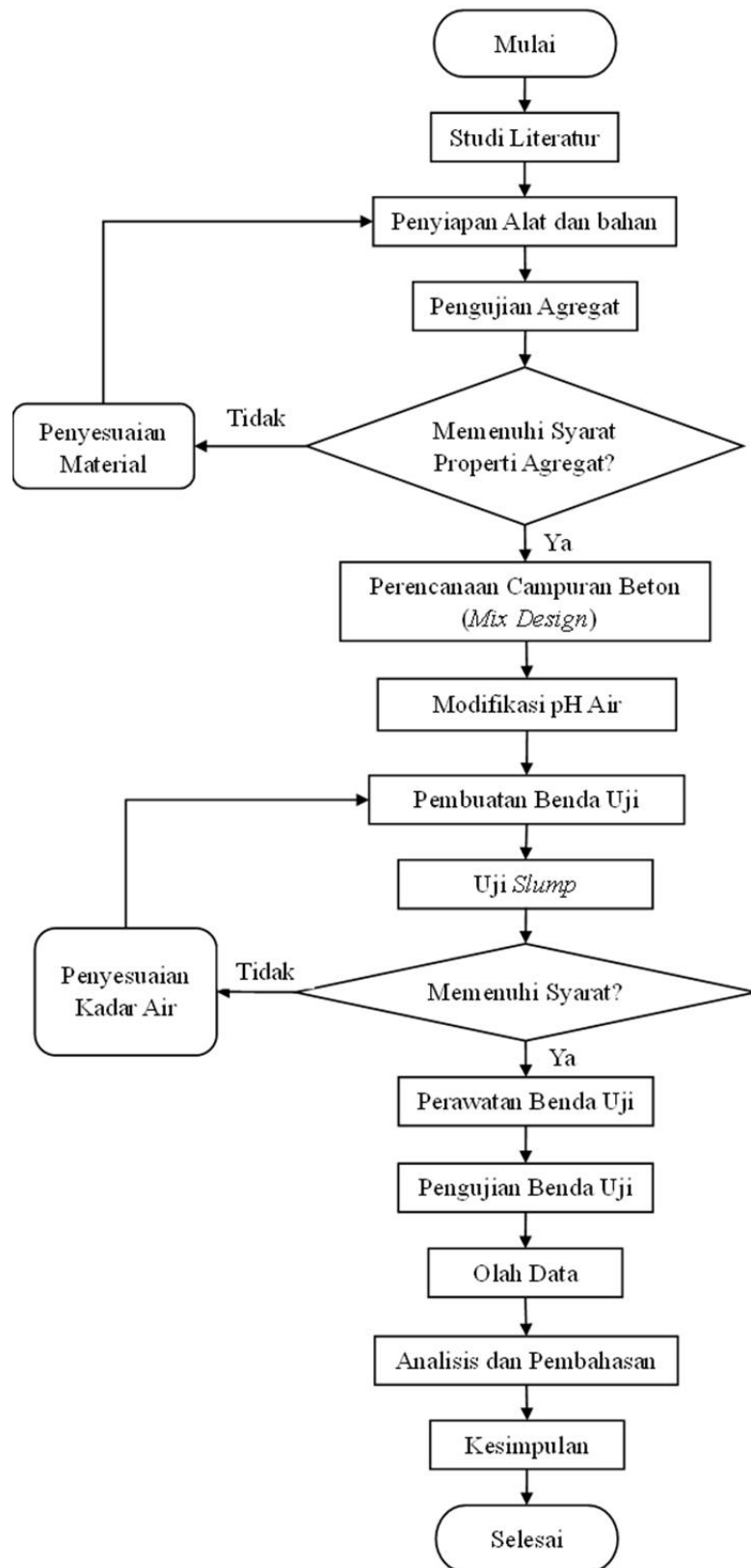
4.8 Kesimpulan dan Saran

Tahap terakhir pada penelitian ini adalah kesimpulan dan saran. Kesimpulan dilakukan dengan menyatakan analisis data dan pembahasan yang telah dilakukan secara singkat, padat, dan jelas sesuai dengan teori dan peraturan terkait. Kesimpulan juga harus searah dengan tujuan penelitian. Selain itu pada tahap ini

dilakukan pembuatan saran berdasarkan kesimpulan yang ada untuk penelitian-penelitian berikutnya.

4.9 Bagan Alir Penelitian dan Rencana Jadwal Penelitian

Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.1 sebagai berikut.



Gambar 4.16 Diagram Alir Penelitian

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Umum

Data hasil pengujian yang telah dilakukan akan dilakukan analisis dan pembahasan. Analisis dan pembahasan ini berfungsi untuk mengetahui hasil penelitian dari tujuan penelitian yang telah direncanakan. Data yang diperoleh berupa hasil pemeriksaan agregat, perencanaan campuran beton, proporsi campuran beton, hasil uji slump, hasil pengujian kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas beton.

5.2 Hasil Pemeriksaan Material

Pemeriksaan material dilakukan guna mengetahui sifat dan karakteristik material yang digunakan. Pada penelitian ini pemeriksaan material yang dilakukan meliputi pemeriksaan agregat halus dan agregat kasar. Berikut merupakan hasil pemeriksaan agregat halus dan agregat kasar.

5.2.1 Hasil Pemeriksaan Agregat Halus

Pemeriksaan agregat halus yang dilakukan berupa berat jenis dan penyerapan air, analisa saringan, berat volume padat, berat volume gembur serta uji lolos saringan No.200 (Uji Kandungan Lumpur).

1. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air

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

a. Berat Jenis Curah

$$\begin{aligned} \text{Berat Jenis Curah} &= \frac{Bk}{B+500-Bt} \\ &= \frac{484}{658+500-961} \\ &= 2,457 \end{aligned}$$

b. Berat Jenis Kering Permukaan

$$\text{Berat Jenis Kering Permukaan} = \frac{500}{B+500-Bt}$$

$$= \frac{500}{658+500-961}$$

$$= 2,538$$

c. Berat Jenis Semu

$$\text{Berat Jenis Semu} = \frac{Bk}{B+Bk-Bt}$$

$$= \frac{Bk}{658+484-961}$$

$$= 2,674$$

d. Penyerapan Air

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

$$= \frac{500-484}{484} \times 100\%$$

$$= 3,3058\%$$

Perhitungan untuk sampel 2 dilakukan sama seperti perhitungan sampel 1 di atas. Rekapitulasi hasil pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air pada agregat halus dapat dilihat pada Tabel 5.1 berikut.

Tabel 5.1 Rekapitulasi Hasil Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Uraian	Hasil Pengamatan		Rata-rata
	Sampel 1	Sampel 2	
Berat pasir kering mutlak, gram (Bk)	484	486	485
Berat pasir kondisi jenuh kering muka (SSD), gram	500	500	500
Berat piknometer berisi pasir dan air, gram (Bt)	961	968	965
Berat piknometer berisi air, gram (B)	658	658	658
Berat Jenis Curah	2,457	2,558	2,507
Berat Jenis jenuh kering muda (SSD)	2,538	2,632	2,585
Berat Jenis semu	2,674	2,761	2,718
Penyerapan Air	3,3058%	2,8807%	3,09%

Berdasarkan perhitungan di atas, didapat hasil pemeriksaan berat jenis agregat halus sebesar 2,718 dan penyerapan air sebesar 3,09%. Nilai ini telah memenuhi nilai berat jenis agregat normal menurut (Tjokrodimuljo, 1992)

yaitu 2,5-2,7.

2. Pemeriksaan Analisa Saringan

Pemeriksaan analisa saringan agregat halus dilakukan berdasarkan SNI 1968-1990. Pemeriksaan ini bertujuan untuk mendapatkan tingkat kehalusan dari dan menentukan gradasi dari agregat halus. Berikut contoh perhitungan dari pemeriksaan analisa saringan agregat halus.

a. Persentase Berat Tertinggal

$$\begin{aligned} \text{Saringan 4,8 mm} &= \frac{\text{Berat tertinggal}}{\text{Berat Total}} \times 100\% \\ &= \frac{1}{1999} \times 100\% \\ &= 0,05\% \end{aligned}$$

b. Persentase Berat Tertinggal Kumulatif

$$\begin{aligned} \text{Saringan 4,8 mm} &= \% \text{ berat tertinggal} + \% \text{ berat tertinggal sebelumnya} \\ &= 0 \% + 0,05 \% \\ &= 0,05 \% \end{aligned}$$

c. Persentase Lolos Kumulatif

$$\begin{aligned} \text{Saringan 4,8 mm} &= 100\% - \% \text{ berat tertinggal} \\ &= 99,95 \% \end{aligned}$$

d. Modulus Halus Butir

$$\begin{aligned} \text{MHB} &= \frac{\% \text{ Berat tertinggal kumulatif}}{100} \\ &= \frac{271,536}{100} \\ &= 2,715 \end{aligned}$$

Perhitungan untuk lubang saringan lainnya dilakukan dengan cara yang sama. Hasil pemeriksaan analisa saringan agregat halus dapat dilihat pada Tabel 5.2 dan 5.3 berikut.

Tabel 5.2 Hasil Analisa Saringan Agregat Halus Sampel 1

No	Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gr)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)	Batas Bawah (%)	Batas Atas (%)
1	20,00	0	0	0	100	100	100
2	10,00	0	0	0	100	100	100

Lanjutan Tabel 5.2 Hasil Analisa Saringan Agregat Halus Sampel 1

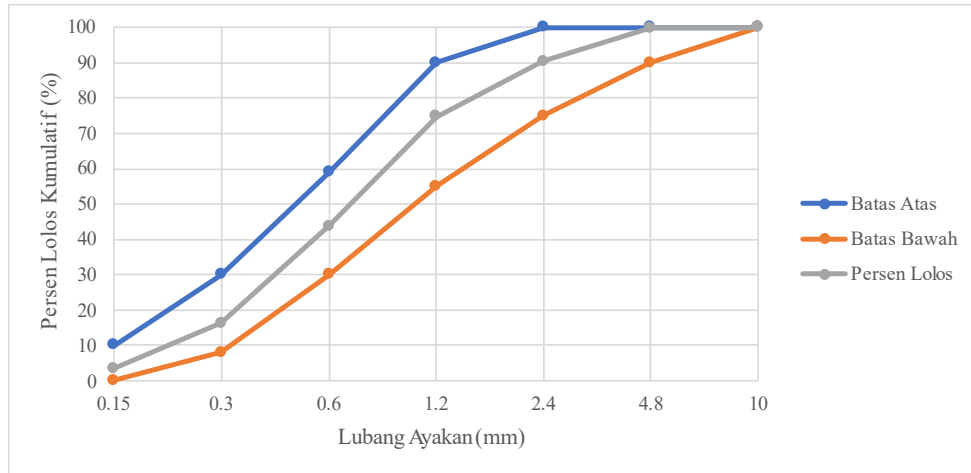
No	Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gr)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)	Batas Bawah (%)	Batas Atas (%)
3	4,80	1	0,05	0,05	99,95	90	100
4	2,40	191	9,55	9,60	90,40	75	100
5	1,20	311	15,56	25,16	74,84	55	90
6	0,60	623	31,17	56,33	43,67	30	59
7	0,30	550	27,51	83,84	16,16	8	30
8	0,15	254	12,71	96,55	3,45	0	10
9	Sisa	69	3,452	100,000	0	0	0
	Jumlah	1999	100	271,636			

Tabel 5.3 Hasil Analisa Saringan Agregat Halus Sampel 2

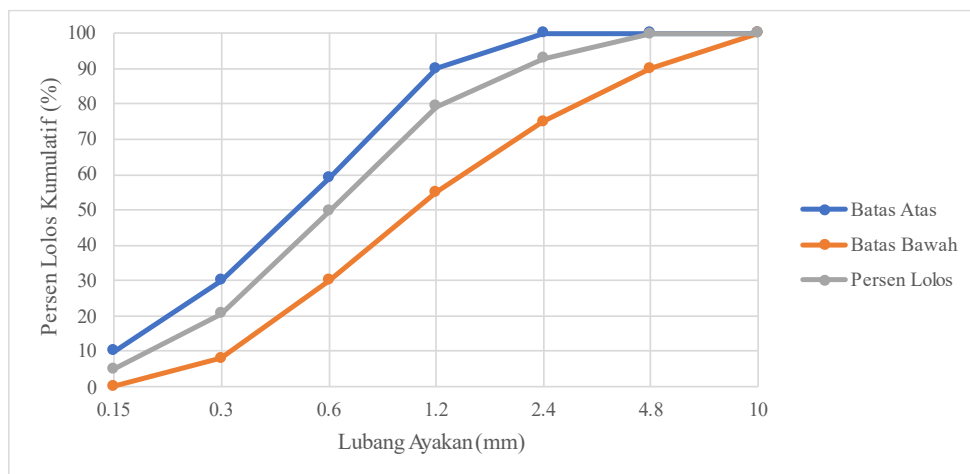
No	Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gr)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)	Batas Bawah	Batas Atas
1	20,00	0	0	0	100	100	100
2	10,00	0	0	0	100	100	100
3	4,80	1	0,05	0,05	99,95	90	100
4	2,40	142	7,10	7,15	92,85	75	100
5	1,20	271	13,55	20,70	79,30	55	90
6	0,60	593	29,65	50,35	49,65	30	59
7	0,30	581	29,05	79,40	20,60	8	30
8	0,15	315	15,75	95,15	4,85	0	10
9	Sisa	97	4,850	100,000	0	0	0
	Jumlah	2000	100	252,8			

Berdasarkan perhitungan dari Tabel 5.2 dan Tabel 5.3 nilai modulus halus butir sebesar 2,715 dan 2,528. Sesuai dengan SNI 03-1750-1990 nilai tersebut telah memenuhi persyaratan nilai modulus halus butir agregat halus yaitu 1,5-3,8. Agregat halus yang digunakan juga telah memenuhi persyaratan batas atas dan batas bawah dari SNI 03-2384-2000 yang termasuk kedalam

Jenis gradasi daerah II. Grafik gradasi agregat halus dapat dilihat pada Gambar 5.1 dan 5.2 berikut.



Gambar 5.1 Grafik Gradasi Agregat Halus Sampel 1



Gambar 5.2 Grafik Gradasi Agregat Halus Sampel 2

3. Pemeriksaan Berat Volume Gembur dan Berat Volume Padat

Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui berat volume dari agregat halus dan dilakukan saat kondisi agregat gembur dan padat. Berikut merupakan contoh perhitungan dari berat volume gembur dan berat volume padat.

a. Volume tabung (V)

$$\begin{aligned}
 \text{Volume tabung} &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times t \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 15.01^2 \times 30,38 \\
 &= 5376 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

b. Berat Agregat (W3)

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Agregat} &= W2 - W1 \\
 &= 17986 - 10587 \\
 &= 7399 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

c. Berat Volume Padat

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Volume Padat} &= \frac{W3}{V} \\
 &= \frac{7399}{5376} \\
 &= 1,376 \text{ gr/cm}^3
 \end{aligned}$$

Perhitungan yang sama dilakukan untuk sampel 2 dan juga untuk berat volume padat. Hasil rekapitulasi pemeriksaan berat volume gembur dan berat volume padat dapat dilihat pada Tabel 5.4 dan 5.5 berikut.

Tabel 5.4 Rekapitulasi Pemeriksaan Berat Volume Gembur

Uraian	Hasil Pengamatan	
	Sampel 1	Sampel 2
Diameter (cm)	15,01	15,01
Tinggi (cm)	30,38	30,38
Berat Tabung (W1)(gr)	10587	10587
Berat tabung + agregat kering tungku (W2) (gr)	17986	18060
Berat agregat (W3)	7399	7473
Volume tabung (V) (cm ³)	5376	5376
Berat volume gembur (gr/cm ³)	1,376	1,390
Rata-rata berat volume	1,383	

Tabel 5.5 Rekapitulasi Hasil Pemeriksaan Berat Volume Padat

Uraian	Hasil Pengamatan	
	Sampel 1	Sampel 2
Diameter (cm)	15,01	15,01
Tinggi (cm)	30,38	30,38
Berat Tabung (W1) (gr)	10587	10587
Berat tabung + agregat kering tungku (W2) (gr)	19658	19412
Berat agregat (W3)	9071	8825
Volume tabung (V) (cm ³)	5376	5376

Lanjutan Tabel 5.5 Rekapitulasi Hasil Pemeriksaan Berat Volume Padat

Uraian	Hasil Pengamatan	
	Sampel 1	Sampel 2
Berat volume padat (gr/cm ³)	1,687	1,642
Rata-rata	1,665	

Berdasarkan Tabel 5.4 dan Tabel 5.5 didapatkan nilai rata-rata berat volume gembur sebesar 1,383 dan 1,665 untuk berat volume padat.

4. Uji Lolos Saringan No.200 (Uji Kandungan Lumpur)

Pemeriksaan uji lolos saringan No. 200 dilakukan sesuai dengan SNI 03-4142-1996. Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui kadar lumpur yang terkandung dalam agregat halus. Berikut merupakan perhitungan dari pemeriksaan uji lolos saringan No. 200 (uji kandungan lumpur).

$$\begin{aligned}
 \text{Kandungan Lumpur} &= \frac{W_1 - W_2}{W_1} \\
 &= \frac{500 - 493}{493} \\
 &= 1,4\%
 \end{aligned}$$

Rekapitulasi hasil pemeriksaan lolos saringan No. 200 dapat dilihat pada Tabel 5.6 berikut.

Tabel 5.6 Hasil Pemeriksaan Uji Lolos Saringan No.200

Uraian	Hasil Pemeriksaan	
	Sampel 1	Sampel 2
Berat agregat kering oven (W1) (gr)	500	500
Berat agregat kering oven setelah dicuci (W2) (gr)	493	490
Persentase lolos saringan No. 200 $\left(\frac{W_1 - W_2}{W_1}\right)$	1,40	2,00
Rata-rata persentase lolos saringan No.200	1,70	

Berdasarkan Tabel 5.6 didapatkan rata-rata persentase lolos saringan No. 200 sebesar 1,70%. Nilai tersebut telah memenuhi persyaratan batas kandungan lumpur pada SK SNI S-04-1989-F yaitu 5%.

5.2.2 Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar

Pemeriksaan agregat kasar yang dilakukan berupa berat jenis dan penyerapan air, analisa saringan, berat volume padat, berat volume gembur.

1. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air

Pemeriksaan ini dilakukan berdasarkan SNI 03-1969-1990. Adapun perhitungan dan hasil pemeriksaan adalah sebagai berikut.

a. Berat Jenis Curah

$$\begin{aligned} \text{Berat Jenis Curah} &= \frac{Bk}{Bj - Ba} \\ &= \frac{4857}{5000 - 3135} \\ &= 2,604 \end{aligned}$$

b. Berat Jenis Kering Permukaan

$$\begin{aligned} \text{Berat Jenis Kering Permukaan} &= \frac{Bj}{Bj - Ba} \\ &= \frac{5000}{5000 - 3135} \\ &= 2,681 \end{aligned}$$

c. Berat Jenis Semu

$$\begin{aligned} \text{Berat Jenis Semu} &= \frac{Bk}{Bk - Ba} \\ &= \frac{4857}{4857 - 3135} \\ &= 2,821 \end{aligned}$$

d. Penyerapan Air

$$\begin{aligned} \text{Penyerapan Air} &= \frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100\% \\ &= \frac{5000 - 4857}{4857} \times 100\% \\ &= 2,94 \% \end{aligned}$$

Perhitungan untuk sampel 2 dilakukan sama seperti perhitungan sampel 1 di atas. Rekapitulasi hasil pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air pada agregat halus dapat dilihat pada Tabel 5.7 berikut.

Tabel 5.7 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

Uraian	Hasil Pengamatan		Rata-rata
	Sampel 1	Sampel 2	
Berat Kerikil Mutlak (Bk), gram	4857	4863	4860
Berat Kerikil Jenuh kering muka (Bj), gram	5000	5000	5000
Berat kerikil dalam air, gram (Ba)	3135	3119	3127
Berat Jenis Curah	2,604	2,585	2,595
Berat Jenis jenuh kering muka (SSD)	2,681	2,658	2,670
Berat Jenis semu	2,821	2,788	2,804
Penyerapan Air %	2,94%	2,82%	2,88%

Berdasarkan perhitungan di atas, didapat hasil pemeriksaan berat jenis agregat halus rata-rata sebesar 2,67 dan penyerapan air rata-rata sebesar 2,88%.

2. Pemeriksaan Analisa Saringan

Pemeriksaan analisa saringan dilakukan sesuai dengan SNI 1968-1990. Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kekasaran dan menentukan gradasi dari agregat kasar. Berikut contoh perhitungan dari pemeriksaan analisa saringan agregat kasar.

a. Persentase Berat Tertinggal

$$\begin{aligned}
 \text{Saringan 20 mm} &= \frac{\text{Berat tertinggal}}{\text{Berat Total}} \times 100\% \\
 &= \frac{16}{4997} \times 100\% \\
 &= 0,32 \%
 \end{aligned}$$

b. Persentase Berat Tertinggal Kumulatif

$$\begin{aligned}
 \text{Saringan 20 mm} &= \% \text{ berat tertinggal} + \% \text{ berat tertinggal sebelumnya} \\
 &= 0 \% + 0,32 \% \\
 &= 0,32 \%
 \end{aligned}$$

c. Persentase Lolos Kumulatif

$$\begin{aligned}
 \text{Saringan 20 mm} &= 100\% - \% \text{ berat tertinggal} \\
 &= 99,68 \%
 \end{aligned}$$

d. Modulus Halus Butir

$$\begin{aligned}
 \text{MHB} &= \frac{\% \text{ Berat tertinggal kumulatif}}{100} \\
 &= \frac{660,296}{100} \\
 &= 6,603
 \end{aligned}$$

Perhitungan untuk lubang saringan lainnya dilakukan dengan cara yang sama. Hasil pemeriksaan analisa saringan agregat halus dapat dilihat pada Tabel 5.8 dan 5.9 berikut.

Tabel 5.8 Hasil Analisa Saringan Agregat Kasar Sampel 1

No	Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gr)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)	Batas Bawah (%)	Batas Atas (%)
1	40,00	0	0	0	100	100	100
2	20,00	16	0,32	0,32	99,68	95	100
3	10,00	3450	69,04	69,36	30,64	30	60
4	4,80	1405	28,12	97,48	2,52	0	10
5	2,40	23	0,46	97,94	2,06	0	0
6	1,20	6	0,12	98,06	1,94	0	0
7	0,60	0	0,00	98,06	1,94	0	0
8	0,30	0	0,00	98,06	1,94	0	0
9	0,15	0	0,00	98,06	1,94	0	0
10	Sisa	97	1,94	100,00	0,00	0	0
	Jumlah	4997	100	657,334			

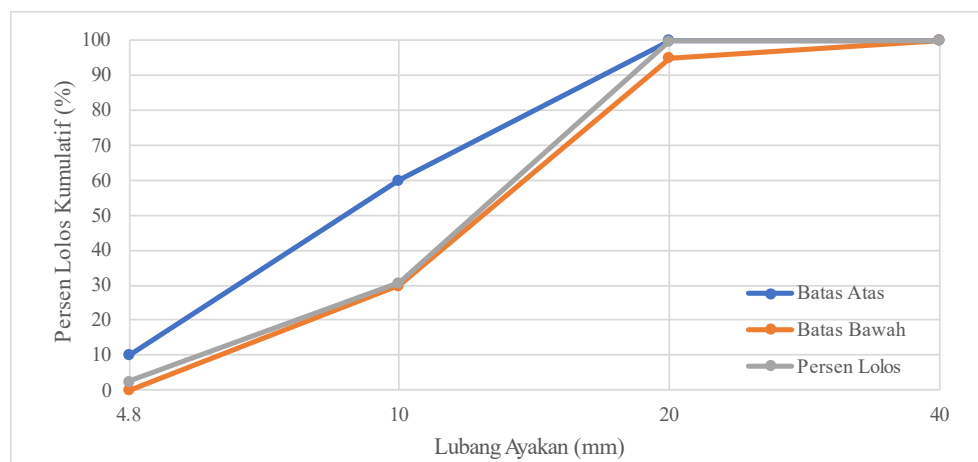
Tabel 5.9 Hasil Analisa Saringan Agregat Kasar Sampel 2

No	Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gr)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)	Batas Bawah (%)	Batas Atas (%)
1	40,00	0	0	0	100	100	100
2	20,00	82	1,64	1,64	98,36	95	100
3	10,00	3409	68,23	69,88	30,12	30	60
4	4,80	1378	27,58	97,46	2,54	0	10
5	2,40	18	0,36	97,82	2,18	0	0
6	1,20	7	0,14	97,96	2,04	0	0
7	0,60	0	0,00	97,96	2,04	0	0
8	0,30	0	0,00	97,96	2,04	0	0

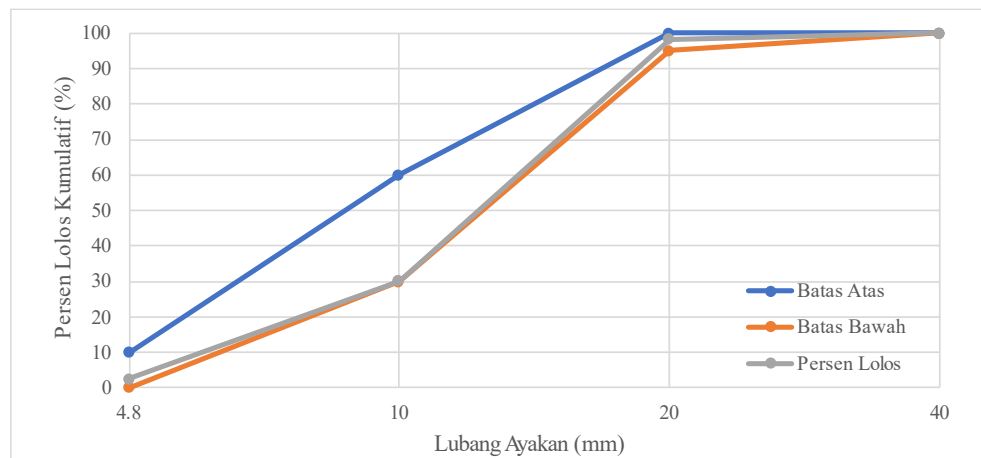
Lanjutan Tabel 5.9 Hasil Analisa Saringan Agregat Kasar Sampel 2

No	Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gr)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)	Batas Bawah (%)	Batas Atas (%)
9	0,15	0	0,00	97,96	2,04	0	0
10	Sisa	102	2,04	100,00	0,00	0	0
	Jumlah	4996	100.00	658,627			

Berdasarkan perhitungan dari Tabel 5.8 dan Tabel 5.9 nilai modulus halus butir sebesar 6,573 dan 6,586. Sesuai dengan SK SNI S-04-1989-F nilai tersebut telah memenuhi persyaratan nilai modulus halus butir agregat halus yaitu 6,0-7,1. Agregat kasar yang digunakan juga telah memenuhi persyaratan batas atas dan batas bawah dari SNI 03-2384-2000 yang termasuk kedalam Jenis gradasi butir maksimum 20 mm. Grafik gradasi agregat kasar dapat dilihat pada Gambar 5.3 dan 5.4 berikut.



Gambar 5.3 Grafik Gradasi Agregat Kasar Sampel 1



Gambar 5.4 Grafik Gradasi Agregat Kasar Sampel 2

3. Pemeriksaan Berat Volume Gembur dan Berat Volume Padat

Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui berat volume dari agregat kasardan dilakukan saat kondisi agregat gembur dan padat. Berikut merupakan contoh perhitungan dari berat volume gembur dan berat volume padat.

a. Volume tabung (V)

$$\begin{aligned}
 \text{Volume tabung} &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times t \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 15.01^2 \times 30,38 \\
 &= 5376 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

b. Berat Agregat (W3)

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Agregat} &= W2 - W1 \\
 &= 18078 - 10587 \\
 &= 7491 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

c. Berat Volume Padat

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Volume Padat} &= \frac{W3}{V} \\
 &= \frac{7491}{5376} \\
 &= 1,401 \text{ gr/cm}^3
 \end{aligned}$$

Perhitungan yang sama dilakukan untuk sampel 2 dan juga untuk berat volume padat. Hasil rekapitulasi pemeriksaan berat volume gembur dan berat volume padat dapat dilihat pada Tabel 5.10 dan Tabel 5.11

Tabel 5.10 Rekapitulasi Pemeriksaan Berat Volume Gembur

Uraian	Hasil Pengamatan	
	Sampel 1	Sampel 2
Diameter (cm)	15,01	15,01
Tinggi (cm)	30,38	30,38
Berat Tabung (gr)	10587	10587
Berat tabung + agregat kering tungku (W2) (gr)	18078	18158
Berat agregat (W3)	7491	7571
Volume tabung (v) (cm ³)	5376	5376
Berat volume gembur (gr/cm ³)	1,393	1,408
Rata-rata	1,401	

Tabel 5.11 Rekapitulasi Pemeriksaan Berat Volume Padat

Uraian	Hasil Pengamatan	
	Sampel 1	Sampel 2
Diameter (cm)	15,01	15,01
Tinggi (cm)	30,38	30,38
Berat Tabung (gr)	10587	10587
Berat tabung + agregat kering tungku (W2) (gr)	18916	18934
Berat agregat (W3)	8329	8347
Volume tabung (v) (cm ³)	5376	5376
Berat volume padat (gr/cm ³)	1,549	1,553
Rata-rata	1,551	

Berdasarkan Tabel 5.10 dan Tabel 5.1 didapatkan nilai rata-rata berat volume gembur sebesar 1,401 dan 1,551 untuk berat volume padat.

5.3 Perencanaan Campuran Beton

Perhitungan rencana campuran beton (Mix Design) menggunakan SNI 03-2834-2000. Perencanaan campuran beton dapat dilihat pada langkah-langkah di bawah ini.

1. Kuat tekan beton ($f'c$) senilai 25 MPa dengan benda uji silinder berdiameter

15 cm dan tinggi 30 cm.

2. Menetapkan nilai deviasi standar.

Berdasarkan Tabel 3.3, nilai deviasi standar yang ditetapkan adalah 7 karena peneliti belum memiliki pengalaman sebelumnya.

3. Menghitung nilai tambah berdasarkan persamaan 3.1 berikut.

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

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

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

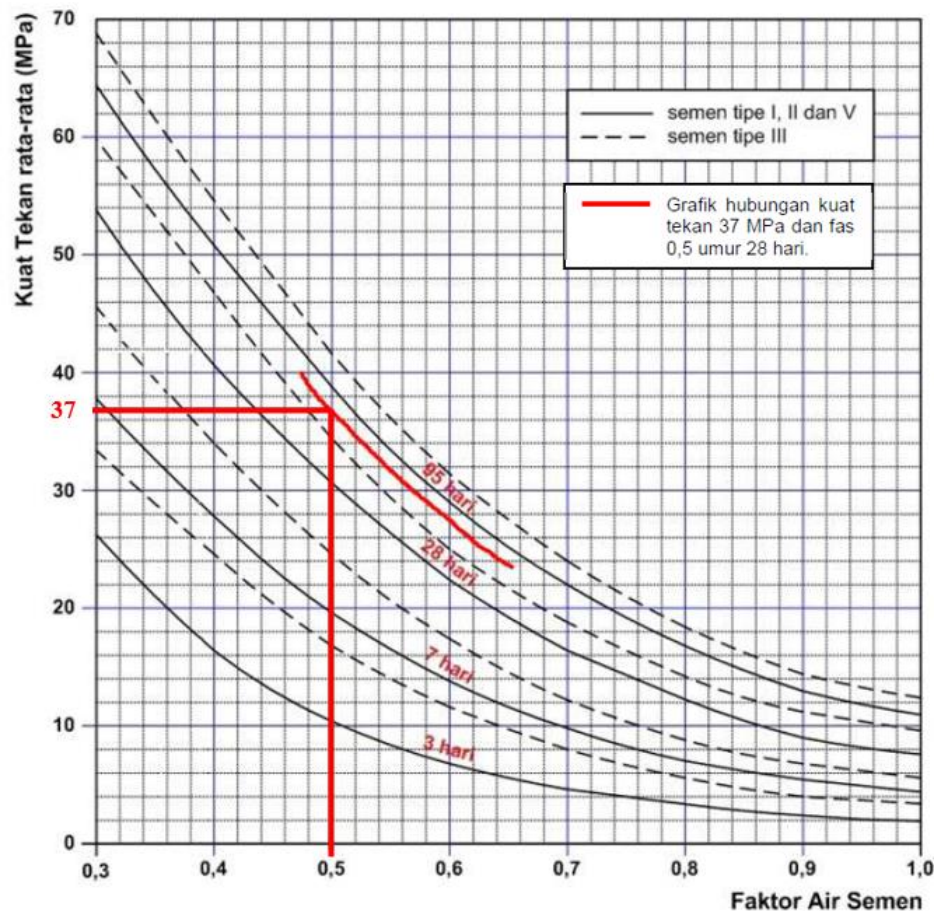
4. Menghitung nilai mutu beton rata-rata yang ditetapkan menggunakan persamaan 3.2 berikut.

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

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

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

5. Tipe semen yang digunakan adalah semen portland tipe I dengan merek Tiga Roda.
6. Agregat kasar yang digunakan berasal dari Clereng dan agregat halus yang digunakan berasal dari Progo.
7. Menetapkan faktor air semen (FAS) menggunakan Tabel 3.5 dan Gambar 5.5
 - a. Dengan menggunakan Tabel 3.5 ditetapkan semen portland tipe I, benda uji silinder, dan kuat tekan saat berumur 28 hari didapat perkiraan kuat tekan beton dengan fas 0,5 senilai 37 MPa.



Gambar 5. 5 Hubungan Antara Kuat Tekan dan Faktor Air Semen

Sumber : SNI 03-2834-2000

- b. Dengan menggunakan Gambar 5.5 diperoleh nilai fas 0,5.
8. Berdasar Tabel 3.6 jumlah semen minimum dan fas maksimum ditetapkan pada keadaan beton dalam ruangan dengan keliling non korosif, maka jumlah semen minimum didapat nilai semen minimum 275 kg/m³ dan nilai fas maksimum adalah 0,6.
9. Menetapkan nilai *slump* yaitu rentang 60-180mm.
10. Didapatkan ukuran maksimum agregat ditetapkan berdasar hasil pengujian karakteristik agregat, sebagai berikut:
 - a. Agregat Halus masuk dalam Gradasi II berdasar hasil pemeriksaan analisa saringan agregat halus.
 - b. Ukuran butiran maksimum 20 mm. Diketahui berdasarkan uji analisa saringan agregat kasar.

c. Tipe agregat halus menggunakan batu tak dipecahkan dan batu pecah untuk agregat kasar.

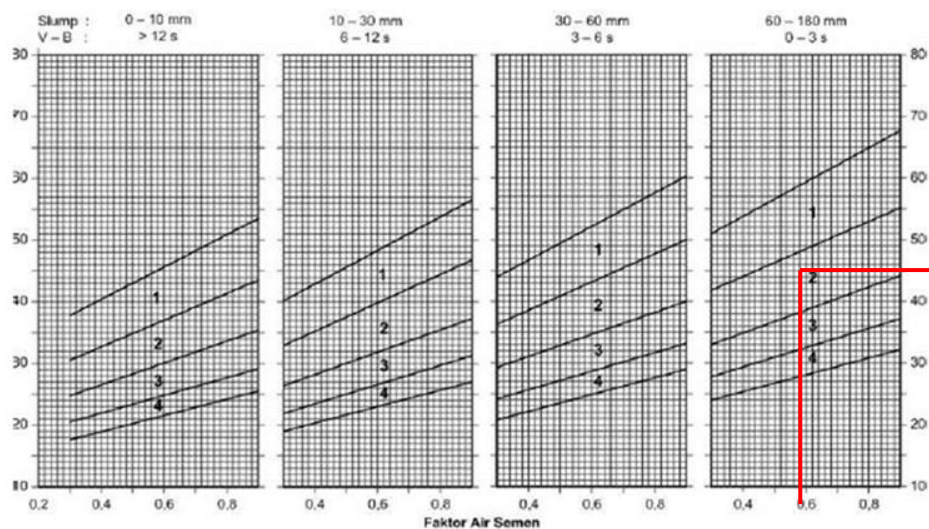
11. Perhitungan nilai kadar air bebas dilakukan berdasarkan Tabel 3.7. Dengan ukuran maksimum agregat 20 mm dan nilai slump 60-180 mm diperoleh nilai untuk batu tidak pecah sebesar 195kg/m³ serta batu pecah sebesar 225kg/m³. Kemudian dilakukan perhitungan kadar air bebas menggunakan persamaan 3.3.

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

12. Menghitung kebutuhan jumlah semen per m³ dengan persamaan 3.4 seperti berikut.

$$\begin{aligned}
 c &= \frac{w}{fas} \\
 &= \frac{205}{0.5} \\
 &= 410 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

13. Menentukan presentase agregat halus dan agregat kasar menggunakan Gambar 5.6 berikut ini.



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

Sumber : SNI 03-2834-2000

Berdasarkan Gambar 5.6 didapat batas atas proporsi agregat sebesar 45,5% dan batas bawah sebesar 36,5%.

Perhitungan persentase agregat halus dan kasar adalah sebagai berikut.

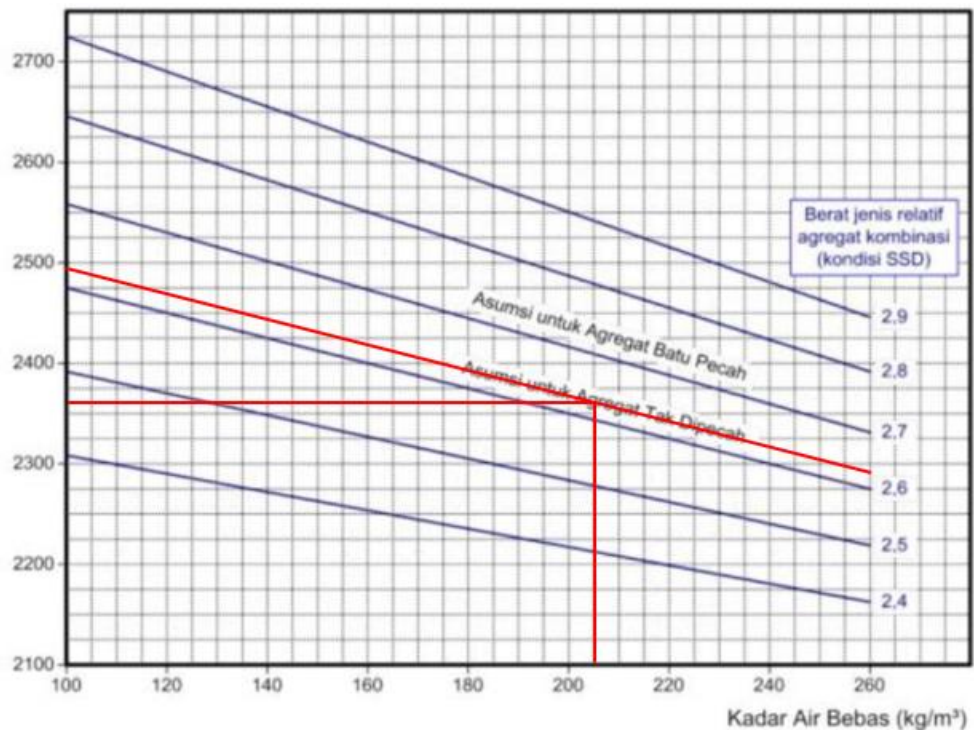
$$\begin{aligned} \text{Persentase agregat halus} &= \frac{45,5\% + 36,5\%}{2} \\ &= 41\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Persentase agregat kasar} &= 100 - \% \text{ agregat halus} \\ &= 100 - 41\% \\ &= 59\% \end{aligned}$$

14. Berat jenis relatif atau gabungan agregat dihitung menggunakan persamaan 3.5 seperti berikut.

$$\begin{aligned} B_{jgab} &= \%Ag.Halus \times B_{Jag.halus} + \%Ag.Kasar \times B_{Jag.kasar} \\ &= 41 \times 2,585 + 59 \times 2,67 \\ &= 2,635 \end{aligned}$$

15. Penetapan berat isi beton yang berdasar pada kadar air bebas dan berat jenis gabungan/ relatif menggunakan Gambar 3.6.



Gambar 5.7 Grafik Perkiraan Berat Isi Beton Basah

Sumber : SNI 03-2834-2000

Berdasarkan gabungan dari garis berat jenis relatif agregat dan garis kadar air bebas pada Gambar 5.7 diperoleh berat isi beton senilai 2370 kg/m³.

16. Kadar agregat gabungan dihitung memakai persamaan 3.6 seperti berikut.

$$\begin{aligned} W_{ag.gab} &= W_{beton} - W_{semen} - w \\ &= 2370 - 410 - 205 \\ &= 1755 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

17. Kadar agregat halus dihitung berdasar persamaan 3.7 seperti berikut.

$$\begin{aligned} W_{ag.halus} &= \%Ag.halus \times W_{ag.gab} \\ &= 41 \times 1755 \\ &= 719,55 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

18. Kadar agregat kasar dihitung berdasar persamaan 3.8 seperti berikut.

$$\begin{aligned} W_{ag.kasar} &= W_{ag.gab} - W_{ag.halus} \\ &= 1755 - 719,55 \\ &= 1035,45 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

5.4 Proporsi Campuran Beton

Setelah proses perencanaan campuran beton akan didapatkan proporsi campuran beton untuk setiap 1 m³, proporsi campuran beton dengan angka penyusutan, proporsi campuran beton untuk kebutuhan sampel, serta proporsi campuran beton untuk setiap kali mixing. Nilai proporsi campuran dapat dilihat sebagai berikut.

1. Proporsi campuran untuk per 1 m³ beton.

Berdasarkan perhitungan pada bahasan sebelumnya dapat dilihat rincian proporsi campuran untuk per 1 m³ beton adalah sebagai berikut.

- a. Air = 205 kg
- b. Semen = 410 kg
- c. Agregat halus = 719,55 kg
- d. Agregat kasar = 1035,45 kg

2. Proporsi campuran untuk per 1 m³ dilakukan penyusutan sebesar 20%.

Penelitian digunakan angka penyusutan 20%. Proporsi campuran untuk per 1 m³ dilakukan penyusutan diperoleh sebagai berikut.

- a. Air = 246 kg
- b. Semen = 492 kg
- c. Agregat halus = 863,46 kg
- d. Agregat kasar = 1242,54 kg

3. Proporsi campuran untuk total kebutuhan benda uji.

Penelitian ini terdapat 8 variasi campuran beton yang akan dibuat. Setiap variasi menggunakan 10 buah silinder. Sehingga total kebutuhan campuran beton adalah 80 buah silinder. Berikut merupakan rincian total kebutuhan untuk 80 buah silinder.

a. Volume silinder (80 buah)

$$\begin{aligned}
 V &= 80 \times \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times t \\
 &= 80 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 0.15^2 \times 0,3 \\
 &= 0,421 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{b. Air} &= V_{kebutuhan} \times V_{total} \\
 &= 0,421 \times 246 \\
 &= 104,332 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{c. Semen} &= V_{kebutuhan} \times V_{total} \\
 &= 0,421 \times 492 \\
 &= 208,665 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{d. Agregat halus} &= V_{kebutuhan} \times V_{total} \\
 &= 0,421 \times 863,46 \\
 &= 366,206 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{e. Agregat kasar} &= V_{kebutuhan} \times V_{total} \\
 &= 0,421 \times 1241,54 \\
 &= 526,98 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

4. Proporsi campuran untuk setiap proses mixing.

Penelitian ini memiliki 8 variasi campuran. Setiap variasi menggunakan ph air yang berbeda. Oleh karena itu peneliti melakukan 8 kali proses mixing untuk 8 variasi campuran beton. Dengan total 80 buah silinder untuk 8 kali proses mixing, sehingga setiap mixing dibutuhkan 10 buah silinder. Berikut

merupakan kebutuhan campuran beton untuk setiap proses mixing.

- a. Air = 13,042 kg
- b. Semen = 26,083 kg
- c. Agregat halus = 45,776 kg
- d. Agregat kasar = 65,872 kg

5.5 Hasil Pengujian Benda Uji Trial

Berdasarkan perencanaan campuran yang telah dibuat, dilakukan percobaan (*trial*) benda uji. *Trial* ini dilakukan untuk mengetahui ketepatan dari perencanaan campuran beton (*mix design*) yang telah dibuat. Sampel yang dibuat untuk *trial* berupa 3 buah silinder dan dilakukan pengujian pada umur beton 8 hari. Hasil uji nilai kuat tekan akan dikonversi ke umur 28 hari dengan angka konversi umur uji terlebih dahulu. Rekapitulasi hasil pengujian kuat tekan dapat dilihat pada Tabel 5.12 berikut.

Tabel 5.12 Hasil Pengujian Trial Benda Uji

No.	Kode Benda	Dimensi Benda Uji		Umur Hari	Nilai Kuat Tekan		Konversi 28 hari		Rata-rata MPa
		Tinggi	Diameter		kN	MPa	kN	MPa	
		Cm	Cm						
1	T1	30,3	15,16	8	328	18,17	470	26,03	26,67
2	T2	30,21	15,21	8	330	18,16	473	26,02	
3	T3	30,37	15,22	8	355	19,51	509	27,95	

Berdasarkan Tabel 5.12 didapatkan rata-rata benda uji setelah dikonversi pada umur 28 hari senilai 26,67 MPa. Rata-rata tersebut telah memenuhi nilai perencanaan campuran beton senilai 25 MPa.

5.6 Modifikasi pH Air

Setelah melakukan trial sebagai acuan perencanaan campuran beton, perlu dilakukan modifikasi pH air. Modifikasi dilakukan menggunakan pH *modifier* berupa cairan pH *UP* (Potassium Hidroksida 10%) & pH *DOWN* (Phosporic Acid 10%). Untuk melihat pH air yang dimodifikasi sesuai dengan rencana dibutuhkan alat bantuan berupa pH meter.

Beton kontrol memiliki pH senilai 7,85. Sehingga untuk pH 4, pH 5, pH 6 (pH asam) dan pH 7 (netral) diperlukan modifikasi pH menggunakan pH *DOWN*

(Potassium Hydroxide 10%). Untuk pH 8, pH 9, pH 10 menggunakan pH *UP* (Potassium Hydroxide 10%). Air ditimbang sesuai dengan proporsi campuran dari *mix design* dan dimasukkan kedalam ember. Setelah itu memasukkan larutan pH *UP* atau pH *DOWN* kedalam air. Dilakukan pengecekan pH air menggunakan pH *meter* agar sesuai dengan pH air yang ditargetkan. pH meter memiliki ketelitian dua angka di belakang koma sehingga dapat mencapai target pH air dengan tepat. Adapun gambar proses modifikasi pH air dapat dilihat pada Gambar 5.8 berikut.



Gambar 5.8 Modifikasi pH Air

5.7 Hasil Pengujian

5.7.1 Pengujian Slump

Nilai slump digunakan untuk mengetahui tingkat workability dari sebuah campuran beton. Nilai slump yang semakin tinggi menandakan suatu campuran dapat lebih mudah untuk dikerjakan. Nilai slump yang direncanakan adalah 60-180 mm. Pada Tabel 5.13 dapat dilihat rekapitulasi hasil pengujian slump.

Tabel 5.13 Hasil Pengujian Slump

Benda Uji	Tinggi Slump	Keterangan Syarat Slump
	cm	(60-180 mm)
BK	10	Memenuhi
PH 4	8	Memenuhi
PH 5	8	Memenuhi
PH 6	9	Memenuhi

Lanjutan Tabel 5.13 Hasil Pengujian Slump

Benda Uji	Tinggi Slump	Keterangan Syarat Slump
	cm	(60-180 mm)
PH 7	12	Memenuhi
PH 8	8	Memenuhi
PH 9	8	Memenuhi
PH 10	8	Memenuhi

Berdasarkan Tabel 5.13 hasil uji slump pada semua variasi memenuhi target slump yaitu 60-180 mm. Pengujian slump dapat dilihat pada Gambar 5.9 berikut.



Gambar 5.9 Pengujian Slump

5.7.2 Pengujian Tekan

Pengujian kuat tekan pada penelitian ini dilakukan saat beton berumur 28 hari. Alat yang digunakan untuk pengujian ini adalah *Compression Test Machine* (CTM). Benda uji dikeringkan selama 1 hari sebelum dilakukan pengujian. Benda uji yang digunakan berjumlah 35 silinder dengan masing-masing variasi berjumlah 5 buah silinder. Permukaan atas benda uji terlebih dahulu dilakukan proses capping, yaitu proses pelapisan permukaan benda uji menggunakan belerang. Proses capping dilakukan agar permukaan benda uji menjadi rata dan beban dari CTM dapat terdistribusi secara merata. Pengujian dilakukan sampai benda uji hancur dan CTM mendapatkan beban maksimum. Berikut merupakan contoh perhitungan dari kuat tekan beton.

$$\begin{aligned}
 F'c &= \frac{P}{A} \\
 &= \frac{501.6 \times 10^3}{17789,46}
 \end{aligned}$$

= 28,20 MPa

Perhitungan untuk benda uji lainnya dilakukan dengan cara yang sama.

Adapun rekapitulasi hasil kuat tekan beton dapat dilihat pada Tabel 5.14 berikut.

Tabel 5.14 Rekapitulasi Hasil Kuat Tekan Beton

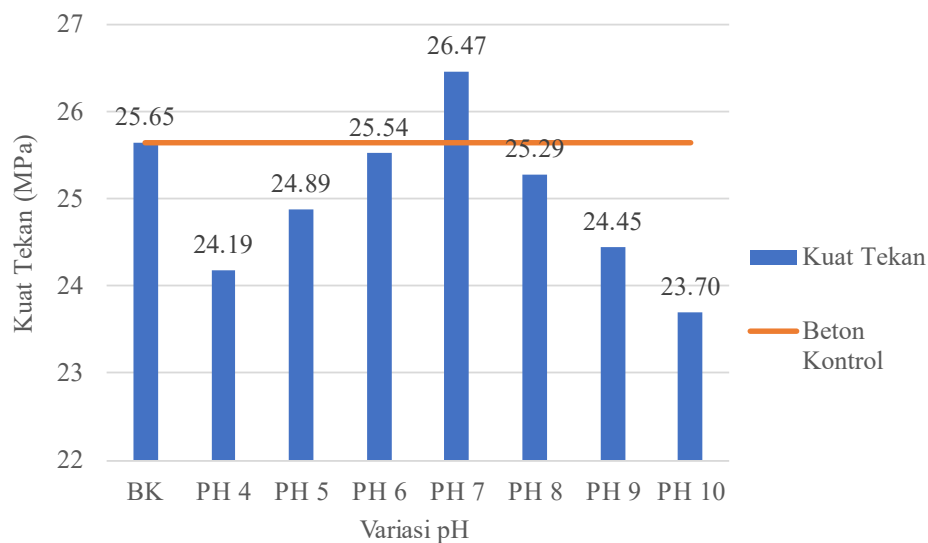
Variasi	Kode Sampel	Diameter	Tinggi	Luas Penampang	Beban Maksimum	Kuat Tekan	Kuat Tekan rata-rata
		(mm)	(mm)	(mm ²)	(kN)	(MPa)	(MPa)
BK	TM-BK-01	150,50	304,90	17789,46	501,60	28,20	25,65
	TM-BK-02	150,60	290,00	17813,11	431,80	24,24	
	TM-BK-03	150,40	301,50	17765,83	489,00	27,52	
	TM-BK-04	150,50	303,00	17789,46	425,60	23,92	
	TM-BK-05	150,20	304,00	17718,61	432,00	24,38	
PH 4	TM-4-01	150,80	306,20	17860,46	458,80	25,69	24,19
	TM-4-02	150,40	307,00	17765,83	480,90	27,07	
	TM-4-03	150,10	304,00	17695,03	373,70	21,12	
	TM-4-04	150,10	303,00	17695,03	394,60	22,30	
	TM-4-05	150,70	302,20	17836,78	441,50	24,75	
PH 5	TM-5-01	150,70	306,00	17836,78	448,90	25,17	24,89
	TM-5-02	150,20	303,40	17718,61	414,50	23,39	
	TM-5-03	151,00	305,20	17907,86	488,00	27,25	
	TM-5-04	150,70	304,90	17836,78	402,40	22,56	
	TM-5-05	150,70	302,70	17836,78	465,10	26,08	
PH 6	TM-6-01	150,30	302,70	17742,22	403,50	22,74	25,54
	TM-6-02	150,30	302,10	17742,22	480,50	27,08	
	TM-6-03	150,20	302,40	17718,61	495,90	27,99	
	TM-6-04	150,30	303,90	17742,22	425,00	23,95	
	TM-6-05	150,50	303,60	17789,46	461,20	25,93	
PH 7	TM-7-01	150,70	306,20	17836,78	439,40	24,63	26,47
	TM-7-02	150,50	303,00	17789,46	510,80	28,71	
	TM-7-03	151,20	301,80	17955,33	435,80	24,27	
	TM-7-04	150,70	301,60	17836,78	515,40	28,90	
	TM-7-05	150,70	306,50	17836,78	460,80	25,83	
PH 8	TM-8-01	150,20	305,00	17718,61	458,00	25,85	25,29
	TM-8-02	152,00	301,60	18145,84	460,60	25,38	
	TM-8-03	151,10	305,70	17931,59	418,80	23,36	
	TM-8-04	150,20	306,50	17718,61	476,40	26,89	
	TM-8-05	150,00	303,80	17671,46	441,20	24,97	

Lanjutan Tabel 5.14 Rekapitulasi Hasil Kuat Tekan Beton

Variasi	Kode Sampel	Diameter	Tinggi	Luas Penampang	Beban Maksimum	Kuat Tekan	Kuat Tekan rata-rata
		(mm)	(mm)	(mm ²)	(kN)	(MPa)	(MPa)
PH 9	TM-9-01	150,10	304,50	17695,03	408,50	23,09	24,45
	TM-9-02	150,70	308,00	17836,78	381,50	21,39	
	TM-9-03	150,30	305,20	17742,22	508,90	28,68	
	TM-9-04	152,00	304,60	18145,84	403,70	22,25	
	TM-9-05	151,10	307,00	17931,59	481,50	26,85	
PH 10	TM-10-01	151,50	304,15	18026,65	410,50	22,77	23,70
	TM-10-02	151,70	308,60	18074,28	438,50	24,26	
	TM-10-03	151,10	308,10	17931,59	406,80	22,69	
	TM-10-04	150,20	304,95	17718,61	465,40	26,27	
	TM-10-05	151,55	308,25	18038,56	406,00	22,51	

Tabel 5.15 Persentase Penurunan dan Peningkatan Kuat Tekan Beton

Variasi	Kuat Tekan rata-rata	Persentase Penurunan dan Peningkatan
	(MPa)	(%)
BK	25,65	0,00%
PH 4	24,19	-5,72%
PH 5	24,89	-2,98%
PH 6	25,54	-0,45%
PH 7	26,47	3,18%
PH 8	25,29	-1,42%
PH 9	24,45	-4,69%
PH 10	23,70	-7,62%



Gambar 5.10 Grafik Kuat Tekan Beton Rata-rata

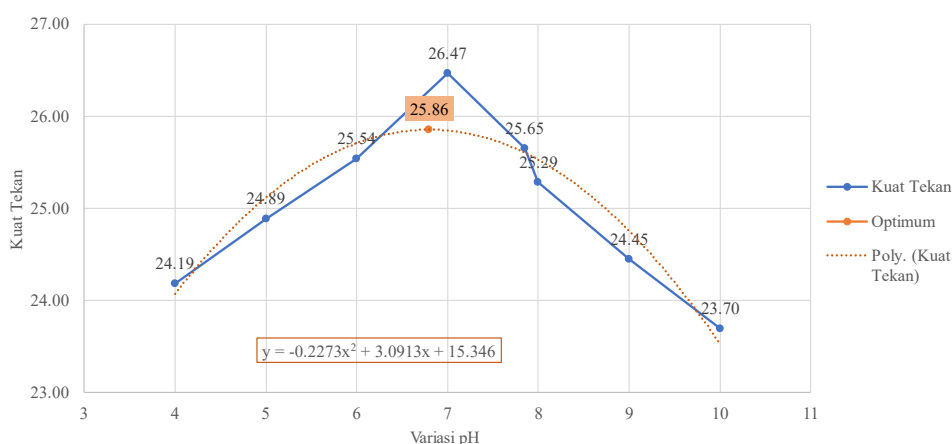
Berdasarkan Tabel 5.14 telah diperoleh nilai rata-rata kuat tekan beton dari setiap variasi pH. pH air beton kontrol senilai 7,85. Nilai rata-rata kuat tekan beton pada variasi pH 4, pH 5, pH 6, pH 7, pH 8, pH 9, pH 10, dan beton kontrol secara berurutan adalah 24,19 MPa, 24,9 MPa, 25,54 MPa, 26,47 MPa, 25,65 MPa, 25,29 MPa, 24,29 MPa, dan 23,70 MPa. Kuat tekan beton kontrol sebesar 25,65 MPa juga telah mencapai kuat tekan rencana yaitu 25 MPa.

Dalam penelitian ini terdapat 3 variasi ph yang mencapai kuat tekan rencana yaitu varisi pH 6, pH 7, dan pH 8. Adapun semua variasi pH mengalami penurunan kuat tekan dari beton kontrol, kecuali pH 7 yang mengalami peningkatan. Beton dengan variasi pH 4 mengalami penurunan kuat tekan sebesar 5,72%, pH 5 turun 2,98%, pH 6 turun 0,45%, pH 8 turun 1,42%, pH 9 turun 4,69%, dan pH 10 turun sebesar 7,62%. Sedangkan beton dengan variasi pH 7 mengalami peningkatan kuat tekan beton senilai 3,18%.

Penelitian ini mendapatkan kuat tekan tertinggi pada variasi pH 7 senilai 26,47 MPa. Sedangkan beton dengan variasi pH 10 memiliki kuat tekan terendah yaitu 23,70 MPa. Kuat tekan beton yang didapat pada beton yang menggunakan pH air asam (pH 4, pH 5, pH 6) akan mengalami penurunan kuat tekan beton, dan semakin kecil nilai pH airnya, kuat beton yang diperoleh akan semakin rendah.

Kuat tekan beton pada pH basa (pH 8, pH 9, pH 10) juga akan membuat kuat tekan beton semakin kecil seiring turunnya nilai pH.

Penelitian ini juga didapat pH optimum pada campuran beton serta kuat tekan optimumnya. Dari data hasil pengujian Tabel 5.14, selanjutnya diplot menjadi grafik yang skalatis. Adapun grafik pH optimum dapat dilihat pada Gambar 5.11 berikut.



Gambar 5.11 Grafik pH Optimum Pada Campuran Beton

Dari Gambar 5.11 diperoleh kurva regresi (*polinomial trendline* dan persamaan sebagai berikut

$$y = -0,2273x^2 + 3,0913x + 15,346 \quad (5.1)$$

Persamaan tersebut diturunkan untuk mencari nilai x yang nantinya nilai x tersebut menjadi nilai pH optimum. Nilai x diperoleh sebesar 6,8. Kemudian nilai tersebut dimasukkan kedalam persamaan 5.1 dan diperoleh nilai y yang menjadi nilai kuat tekan optimum. Nilai y didapatkan sebesar 25,86. Sehingga pH optimum didapatkan sebesar 6,8 dan kuat tekan optimum sebesar 25,86 MPa.

Hasil pengujian ini juga telah sesuai dengan penelitian Meidiani dkk., (2017) yang mana beton yang memakai air dengan pH asam nilai kuat tekan betonnya akan semakin kecil saat pH air asam menurun. Sedangkan pada campuran beton dengan campuran air pH basa menunjukkan bahwa nilai kuat tekan akan semakin kecil seiring dengan naiknya pH air basa. Adapun rata-rata penurunan kuat tekan beton pada pH basa lebih besar dibanding dengan kuat tekan beton pada pH asam yaitu turun 4,57% pada pH basa dan turun 3,05% pada pH asam. Dari seluruh variasi pH

air pada campuran beton menunjukkan penurunan dan peningkatan kuat tekan bergantung pada pH airnya.

Pengujian kuat tekan dan kondisi benda uji setelah di uji dapat dilihat pada Gambar 5.12 dan Gambar 5.13 berikut.



Gambar 5.12 Pengujian Kuat Tekan



Gambar 5.13 Benda Uji Setelah Pengujian Tekan

5.7.3 Pengujian Tarik

Pengujian tarik dilakukan saat beton berumur 28 hari. Pengujian menggunakan mesin *Compression Test Machine* (CTM). Benda uji berjumlah 40 silinder dengan masing-masing variasi berjumlah 5 silinder. Benda uji diletakkan

mendatar pada mesin CTM. Pengujian dilakukan hingga benda uji hancur atau terbelah menjadi dua bagian. Contoh perhitungan kuat tarik belah dapat dilihat sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 F'_{ct} &= \frac{2P}{\pi DL} \\
 &= \frac{2 \times 200}{\pi \times 151,2 \times 30,5} \\
 &= 2,76 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Perhitungan yang dilakukan sama untuk benda uji lainnya. Adapun hasil rekapitulasi kuat tarik belah beton dapat dilihat pada Tabel 5.16 berikut.

Tabel 5.16 Rekapitulasi Hasil Kuat Tarik Belah Beton

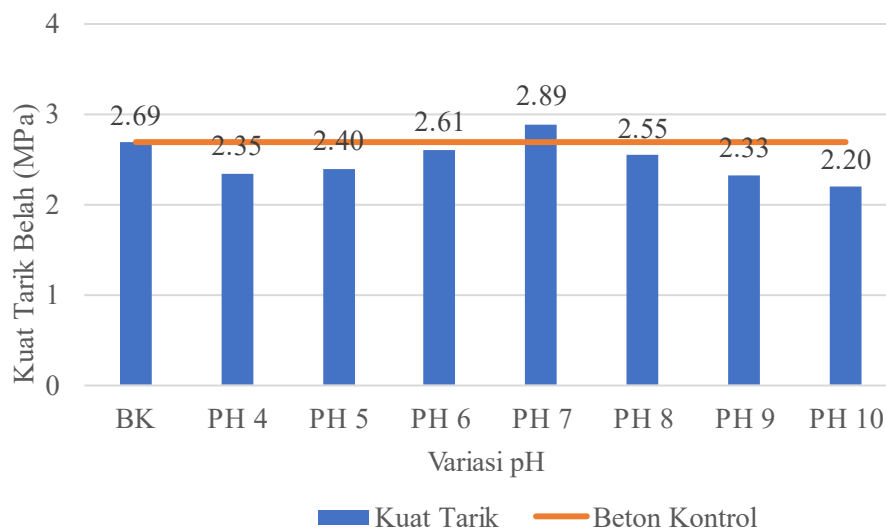
Variasi	Kode Sampel	Diameter	Tinggi	Luas Penampang	Beban Maksimum	Kuat Tarik Belah	Kuat Tarik rata-rata
		(mm)	(mm)	(mm ²)	(kN)	(MPa)	(MPa)
BK	TB-BK-01	151,20	305,00	144877,69	200,00	2,76	2,69
	TB-BK-02	151,50	303,00	144213,24	238,00	3,30	
	TB-BK-03	151,10	305,70	145114,15	177,00	2,44	
	TB-BK-04	151,20	306,50	145590,20	203,00	2,79	
	TB-BK-05	150,00	303,80	143162,38	156,00	2,18	
PH 4	TB-4-01	151,55	308,25	146760,40	186,00	2,53	2,35
	TB-4-02	151,20	301,80	143357,66	153,00	2,13	
	TB-4-03	151,30	305,20	145068,57	126,00	1,74	
	TB-4-04	151,40	306,00	145544,96	172,00	2,36	
	TB-4-05	151,60	306,80	146118,24	216,00	2,96	
PH 5	TB-5-01	151,70	306,00	145833,36	135,00	1,85	2,40
	TB-5-02	151,50	304,90	145117,55	155,00	2,14	
	TB-5-03	151,00	305,20	144780,93	175,00	2,42	
	TB-5-04	152,00	304,95	145620,36	213,00	2,93	
	TB-5-05	150,70	302,70	143309,69	193,00	2,69	
PH 6	TB-6-01	151,30	302,70	143880,26	197,00	2,74	2,61
	TB-6-02	151,40	306,00	145544,96	226,00	3,11	
	TB-6-03	151,20	302,40	143642,66	174,00	2,42	
	TB-6-04	150,70	301,60	142788,90	171,00	2,40	
	TB-6-05	151,50	303,60	144498,81	174,00	2,41	
PH 7	TB-7-01	150,70	306,20	144966,72	190,00	2,62	2,89
	TB-7-02	150,20	303,40	143164,51	262,00	3,66	
	TB-7-03	151,30	302,10	143595,07	151,00	2,10	

Lanjutan Tabel 5.16 Rekapitulasi Hasil Kuat Tarik Belah Beton

Variasi	Kode Sampel	Diameter	Tinggi	Luas Penampang	Beban Maksimum	Kuat Tarik Belah	Kuat Tarik rata-rata
		(mm)	(mm)	(mm ²)	(kN)	(MPa)	(MPa)
	TB-7-04	151,30	303,90	144450,65	206,00	2,85	
	TB-7-05	150,70	306,50	145108,75	234,00	3,23	
PH 8	TB-8-01	152,00	301,60	144020,66	154,00	2,14	2,55
	TB-8-02	150,70	308,00	145818,91	188,00	2,58	
	TB-8-03	150,00	299,60	141183,17	162,00	2,29	
	TB-8-04	151,00	304,60	144496,30	207,00	2,87	
	TB-8-05	151,10	307,00	145731,26	210,00	2,88	
PH 9	TB-9-01	151,50	304,15	144760,58	122,00	1,69	2,33
	TB-9-02	151,70	308,60	147072,47	199,00	2,71	
	TB-9-03	151,10	308,10	146253,42	152,00	2,08	
	TB-9-04	150,70	304,90	144351,25	172,00	2,38	
	TB-9-05	150,10	305,00	143823,68	201,00	2,80	
PH 10	TB-10-01	150,10	304,50	143587,91	159,00	2,21	2,20
	TB-10-02	150,10	303,00	142880,58	125,00	1,75	
	TB-10-03	150,10	304,00	143352,13	180,00	2,51	
	TB-10-04	150,50	303,00	143261,34	163,00	2,28	
	TB-10-05	150,20	304,00	143447,63	161,00	2,24	

Tabel 5.17 Persentase Penurunan dan Peningkatan Kuat Tarik Belah Beton

Variasi	Kuat Tarik rata-rata	Persentase Penurunan dan Peningkatan
	(MPa)	(%)
BK	2,69	0,00%
PH 4	2,35	-12,94%
PH 5	2,40	-10,73%
PH 6	2,61	-2,96%
PH 7	2,89	7,37%
PH 8	2,55	-5,27%
PH 9	2,33	-13,52%
PH 10	2,20	-18,36%



Gambar 5.14 Grafik Kuat Tarik Belah Beton Rata-rata

Berdasarkan Tabel 5.16 telah diperoleh nilai rata-rata kuat tarik beton dari setiap variasi pH. Nilai rata-rata kuat tarik beton pada variasi pH 4, pH 5, pH 6, pH 7, pH 8, pH 9, pH 10, dan beton normal secara berurutan adalah 2,35 MPa, 2,40 MPa, 2,61 MPa, 2,89 MPa, 2,55 MPa, 2,33 MPa, dan 2,20 MPa.

Dalam penelitian ini diperoleh nilai rata-rata kuat tarik belah beton normal sebesar 2,69 MPa. Adapun semua variasi pH mengalami penurunan kuat tarik belah dari beton normal, kecuali pH 7 yang mengalami peningkatan. Beton dengan variasi pH 4 mengalami penurunan kuat tarik belah sebesar 12,94%, pH 5 turun 10,73%, pH 6 turun 2,96%, pH 8 turun 5,27%, pH 9 turun 13,52%, dan pH 10 turun sebesar 18,36%. Sedangkan beton dengan variasi pH 7 mengalami peningkatan kuat tekan beton senilai 7,37%.

Penelitian ini mendapatkan kuat tarik belah tertinggi pada variasi pH 7 senilai 2,89 MPa. Sedangkan beton dengan variasi pH 10 memiliki kuat tekan terendah yaitu 2,20 MPa. Kuat tarik belah beton yang didapat pada beton yang menggunakan pH air asam (pH 4, pH 5, pH 6) akan mengalami penurunan kuat tarik belah beton, dan semakin kecil nilai pH airnya, kuat beton yang diperoleh akan semakin rendah. Kuat tarik belah beton pada pH basa (pH 8, pH 9, pH 10) juga akan membuat kuat tarik belah beton semakin kecil seiring turunnya nilai pH. Adapun rata-rata penurunan kuat tarik belah beton pada pH basa lebih besar dibanding dengan kuat

tarik belah beton pada pH asam yaitu 12.38% pada pH basa dan turun 8.87% pada pH asam. Dari seluruh variasi pH air pada campuran beton menunjukkan penurunan dan peningkatan kuat tarik belah bergantung pada pH airnya.

Tabel 5.18 Rasio Nilai Kuat Tarik Belah dengan Kuat Tekan Beton

Variasi	Kuat Tarik Belah	Rasio dengan Kuat Tekan (%)
	(MPa)	
BK	2,69	10,50
PH 4	2,35	9,70
PH 5	2,40	9,66
PH 6	2,61	10,24
PH 7	2,89	10,93
PH 8	2,55	10,09
PH 9	2,33	9,53
PH 10	2,20	9,28

Berdasarkan Tabel 5.18 diperoleh rasio nilai kuat tarik belah dengan kuat tekan beton. Nilai rasio kuat tarik belah beton pada beton kontrol, variasi pH 4, pH 5, pH 6, pH 7, pH 8, pH 9, dan pH 10 secara berurutan adalah 10,50%, 9,70%, 9,66%, 10,24%, 10,93%, 10,09%, 9,53%, dan 9,28%. Seluruh variasi beton berada pada rentang 9-15%. Nilai kuat tarik belah telah termasuk pada kuat tarik ideal. Hal ini sesuai dengan Dipohusodo (1999) yang menjelaskan bahwa nilai kuat tarik belah beton normal memiliki nilai 9-15% dari kuat tekannya.

Adapun gambar pengujian tarik belah dan kondisi benda uji setelah di uji tarik belah dapat dilihat pada Gambar 5.15 dan 5.16 berikut.



Gambar 5.15 Pengujian Tarik Belah



Gambar 5.16 Kondisi Benda Uji Setelah Pengujian Tarik Belah

5.7.4 Pengujian Modulus Elastisitas

Pengujian modulus elastisitas dilakukan bersamaan dengan pengujian kuat tekan beton dan menggunakan benda uji yang sama dengan pengujian kuat tekan beton. Perbedaan dengan pengujian kuat tekan beton berada pada pemasangan *dial gauge* pada benda uji. Dial gauge menampilkan nilai penurunan pada beton saat diberi beban oleh mesin CTM. Pengujian dilakukan hingga beton hancur. Pada pengujian ini dilakukan pembacaan penurunan beton pada setiap pembebanan 10 kN.

Perhitungan pengujian modulus elastisitas menggunakan dua metode. Metode pertama berdasarkan hasil pengujian modulus elastisitas, dan metode kedua berdasarkan teori. Perhitungan dengan hasil pengujian dilakukan berdasarkan ASTM C-469 dan Persamaan Linear. Sedangkan perhitungan berdasarkan teori berdasarkan SNI 2847-2019. Contoh perhitungan menggunakan tabel dan dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 5.19 Tegangan Regangan Benda Uji TM-BK-01

Beban		Pembacaan Dial, $\Delta L'$	ΔL	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ)
kN	N	μm	mm	-	MPa
10	10000	1	0,0005	0,0000025	0,5621
20	20000	5	0,0025	0,0000125	1,1243
30	30000	12	0,0060	0,0000300	1,6864
40	40000	18	0,0090	0,0000450	2,2485
50	50000	25	0,0125	0,0000625	2,8107
60	60000	30	0,0150	0,0000750	3,3728
70	70000	36	0,0180	0,0000900	3,9349
80	80000	43	0,0215	0,0001075	4,4970

Lanjutan Tabel 5.19 Tegangan Regangan Benda Uji TM-BK-01

Beban		Pembacaan Dial, $\Delta L'$	ΔL	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ)
kN	N	μm	mm	-	MPa
90	90000	50	0,0250	0,0001250	5,0592
100	100000	57	0,0285	0,0001425	5,6213
110	110000	61	0,0305	0,0001525	6,1834
120	120000	72	0,0360	0,0001800	6,7456
130	130000	80	0,0400	0,0002000	7,3077
140	140000	86	0,0430	0,0002150	7,8698
150	150000	96	0,0480	0,0002400	8,4320
160	160000	104	0,0520	0,0002600	8,9941
170	170000	115	0,0575	0,0002875	9,5562
180	180000	122	0,0610	0,0003050	10,1183
190	190000	130	0,0650	0,0003250	10,6805
200	200000	140	0,0700	0,0003500	11,2426
210	210000	148	0,0740	0,0003700	11,8047
220	220000	158	0,0790	0,0003950	12,3669
230	230000	165	0,0825	0,0004125	12,9290
240	240000	175	0,0875	0,0004375	13,4911
250	250000	185	0,0925	0,0004625	14,0533
260	260000	195	0,0975	0,0004875	14,6154
270	270000	205	0,1025	0,0005125	15,1775
280	280000	215	0,1075	0,0005375	15,7397
290	290000	225	0,1125	0,0005625	16,3018
300	300000	235	0,1175	0,0005875	16,8639
310	310000	245	0,1225	0,0006125	17,4260
320	320000	255	0,1275	0,0006375	17,9882
330	330000	267	0,1335	0,0006675	18,5503
340	340000	280	0,1400	0,0007000	19,1124
350	350000	292	0,1460	0,0007300	19.6746
360	360000	305	0,1525	0,0007625	20.2367
370	370000	316	0,1580	0,0007900	20.7988
380	380000	330	0,1650	0,0008250	21.3610
390	390000	345	0,1725	0,0008625	21.9231
400	400000	360	0,1800	0,0009000	22.4852
410	410000	375	0,1875	0,0009375	23.0473
420	420000	390	0,1950	0,0009750	23.6095
430	430000	406	0,2030	0,0010150	24.1716
440	440000	425	0,2125	0,0010625	24.7337
450	450000	444	0,2220	0,0011100	25.2959
460	460000	463	0,2315	0,0011575	25.8580
470	470000	485	0,2425	0,0012125	26.4201

Lanjutan Tabel 5.19 Tegangan Regangan Benda Uji TM-BK-01

Beban		Pembacaan Dial, $\Delta L'$	ΔL	Regangan (ϵ)	Tegangan (σ)
kN	N	μm	mm	-	MPa
480	480000	510	0,2550	0,0012750	26.9823
490	490000	540	0,2700	0,0013500	27.5444
500	500000	590	0,2950	0,0014750	28.1065
501.6	501600	619	0,3095	0,0015475	28.1965
500	500000	643	0,3215	0,0016075	28.1065
490	490000	680	0,3400	0,0017000	27.5444
480	480000	705	0,3525	0,0017625	26.9823
470	470000	721	0,3705	0,0018525	26.4201
460	460000	735	0,3925	0,0019625	25.8580
450	450000	746	0,3930	0,0019650	25.2959
440	440000	758	0,3790	0,0018950	24.7337
430	430000	769	0,3845	0,0019225	24.1716

Keterangan :  Teg 2'
 Teg 1'

Dari Tabel 5.19 di atas dapat dilakukan analisa perhitungan menggunakan metode pengujian dan metode teoritis sebagai berikut.

1. ASTM C 469-94

Dari data tegangan regangan dilakukan plotting grafik tegangan regangan menggunakan bantuan aplikasi AutoCAD. Plotting dengan AutoCAD digunakan untuk mencari nilai koreksi yang nantinya digunakan untuk mendapatkan nilai σ_1 . Nilai koreksi didapatkan sebesar 0,667. Nilai koreksi digunakan untuk membenarkan data regangan sehingga data tegangan regangan diperoleh sebagai berikut.

Tabel 5.20 Data Tegangan Regangan Terkoreksi Benda Uji TM-BK-01

Beban		Regangan (ϵ)	Tegangan (σ)	Regangan Terkoreksi (ϵ)
kN	N	-	MPa	-
10	10000	0,0000025	0,5621	0,0000692
20	20000	0,0000125	1,1243	0,0000792
30	30000	0,0000300	1,6864	0,0000967
40	40000	0,0000450	2,2485	0,0001117
50	50000	0,0000625	2,8107	0,0001292
60	60000	0,0000750	3,3728	0,0001417
70	70000	0,0000900	3,9349	0,0001567

Lanjutan Tabel 5.20 Data Tegangan Regangan Terkoreksi Benda Uji TM-BK-01

Beban		Regangan (ϵ)	Tegangan (σ)	Regangan Terkoreksi (ϵ)
kN	N	-	MPa	-
80	80000	0,0001075	4,4970	0,0001742
90	90000	0,0001250	5,0592	0,0001917
100	100000	0,0001425	5,6213	0,0002092
110	110000	0,0001525	6,1834	0,0002192
120	120000	0,0001800	6,7456	0,0002467
130	130000	0,0002000	7,3077	0,0002667
140	140000	0,0002150	7,8698	0,0002817
150	150000	0,0002400	8,4320	0,0003067
160	160000	0,0002600	8,9941	0,0003267
170	170000	0,0002875	9,5562	0,0003542
180	180000	0,0003050	10,1183	0,0003717
190	190000	0,0003250	10,6805	0,0003917
200	200000	0,0003500	11,2426	0,0004167
210	210000	0,0003700	11,8047	0,0004367
220	220000	0,0003950	12,3669	0,0004617
230	230000	0,0004125	12,9290	0,0004792
240	240000	0,0004375	13,4911	0,0005042
250	250000	0,0004625	14,0533	0,0005292
260	260000	0,0004875	14,6154	0,0005542
270	270000	0,0005125	15,1775	0,0005792
280	280000	0,0005375	15,7397	0,0006042
290	290000	0,0005625	16,3018	0,0006292
300	300000	0,0005875	16,8639	0,0006542
310	310000	0,0006125	17,4260	0,0006792
320	320000	0,0006375	17,9882	0,0007042
330	330000	0,0006675	18,5503	0,0007342
340	340000	0,0007000	19,1124	0,0007667
350	350000	0,0007300	19,6746	0,0007967
360	360000	0,0007625	20,2367	0,0008292
370	370000	0,0007900	20,7988	0,0008567
380	380000	0,0008250	21,3610	0,0008917
390	390000	0,0008625	21,9231	0,0009292
400	400000	0,0009000	22,4852	0,0009667
410	410000	0,0009375	23,0473	0,0010042
420	420000	0,0009750	23,6095	0,0010417
430	430000	0,0010150	24,1716	0,0010817
440	440000	0,0010625	24,7337	0,0011292
450	450000	0,0011100	25,2959	0,0011767

Lanjutan Tabel 5.20 Data Tegangan Regangan Terkoreksi Benda Uji TM-BK-01

Beban		Regangan (ϵ)	Tegangan (σ)	Regangan Terkoreksi (ϵ)
kN	N	-	MPa	-
460	460000	0,0011575	25,8580	0,0012242
470	470000	0,0012125	26,4201	0,0012792
480	480000	0,0012750	26,9823	0,0013417
490	490000	0,0013500	27,5444	0,0014167
500	500000	0,0014750	28,1065	0,0015417
501.6	501600	0,0015475	28,1965	0,0016142
500	500000	0,0016075	28,1065	0,0016742
490	490000	0,0017000	27,5444	0,0017667
480	480000	0,0017625	26,9823	0,0018292
470	470000	0,0018525	26,4201	0,0019192
460	460000	0,0019625	25,8580	0,0020292
450	450000	0,0019650	25,2959	0,0020317
440	440000	0,0018950	24,7337	0,0019617
430	430000	0,0019225	24,1716	0,0019892

Keterangan :  Teg 2'
 Teg 1'

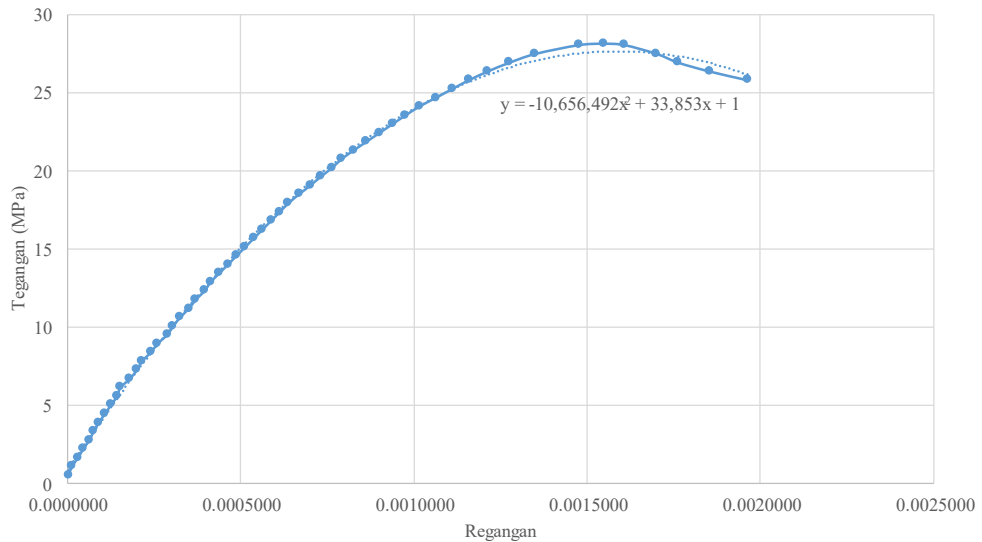
Dari aplikasi AutoCAD didapatkan nilai σ_1 sebesar 1.349 sehingga rekapitulasi data untuk perhitungan modulus elastisitas adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 S_2 &= 11,2426 \text{ MPa} \\
 S_1 &= 1,349 \text{ (Dari AutoCAD)} \\
 \epsilon_2 &= 0,000417 \\
 \epsilon_1 &= 0,00005 \\
 E_c &= \frac{S_2 - S_1}{\epsilon_2 - \epsilon_1} \\
 &= \frac{11.2426 - 1.349}{0.000417 - 0.00005} \\
 &= 26982,57054 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

2. Persamaan Linear

Data tegangan regangan dari Tabel 5.19 diplot menggunakan bantuan aplikasi *Microsoft Excel* dan didapatkan grafik hubungan tegangan regangan. Dari grafik tersebut juga didapatkan persamaan kuadrat yang nantinya digunakan

untuk mencari nilai modulus elastisitas. Grafik hubungan tegangan regangan dan persamaan kuadratnya dapat dilihat pada Gambar 5.17 berikut.



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

Berdasarkan Gambar 5.17 didapatkan persamaan sebagai berikut.

$$y = -10.656.492x^2 + 33,853x + 1 \quad (5.2)$$

Untuk mendapatkan nilai x persamaan tersebut diturunkan dan nilai x didapatkan sebesar 0,0015884. Tegangan maksimum (σ_{maks}) diperoleh dengan memasukkan nilai x tersebut ke persamaan 5.2 dan didapat nilai 27,89 MPa. Lalu menghitung 40% dari σ_{maks} dan didapatkan $\sigma_{40\%}$ sebesar 11,154 MPa.

Nilai modulus elastisitas dihitung dengan cara nilai $\sigma_{40\%}$ dibagi dengan nilai regangan saat tegangan 40% dari tegangan maksimum. Sehingga nilai modulus elastisitas adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} E_c &= \frac{\sigma_{40\%}}{\varepsilon_{40\%}} \\ &= \frac{11,154}{0,0004167} \\ &= 26770,20 \text{ MPa} \end{aligned}$$

3. SNI 2847-2019

Berdasar SNI 2847-2019 terdapat dua perhitungan teoritis untuk mendapat nilai modulus elastisitas. Perhitungan nilai modulus elastisitas adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 3. E_c &= W_c^{1.5} \times 0,043 \times \sqrt{F'_c} \\
 &= 2391,58948^{1.5} \times 0,043 \times \sqrt{28,20} \\
 &= 26705,19 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 4. E_c &= 4700 \times \sqrt{F'_c} \\
 &= 4700 \times \sqrt{28,20} \\
 &= 24957,16 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

4. Rekapitulasi Perhitungan

Perhitungan modulus elastisitas benda uji lainnya dilakukan dengan cara yang sama sesuai dengan poin 1, 2, dan 3. Rekapitulasi hasil perhitungan modulus elastisitas dapat dilihat pada Tabel 5.21.

Tabel 5.21 Rekapitulasi Hasil Modulus Elastisitas

Variasi	Kode Sampel	Berat Volume (Kg/m ³)	Kuat Tekan (MPa)	ASTM C-469		Nawy (1990)		SNI 2847-2019			
				Ec (MPa)	Rata-rata (MPa)	Persamaan Linear		a		b	
						Ec (MPa)	Rata-rata (MPa)	Ec (MPa)	Rata-rata (MPa)	Ec (MPa)	Rata-rata (MPa)
BK	TM-BK-01	2391,59	28,20	26982,57	26936,35	26770,20	27556,04	26705,19	26169,43	24957,16	23790,35
	TM-BK-02	2538,62	24,24	28070,80		28299,33		27079,20		23140,31	
	TM-BK-03	2437,27	27,52	27555,72		28919,74		27144,77		24658,09	
	TM-BK-04	2405,66	23,92	24984,11		26245,17		24816,40		22988,85	
	TM-BK-05	2408,82	24,38	27088,54		27545,76		25101,61		23207,31	
PH 4	TM-4-01	2371,60	25,69	26874,25	25389,73	28379,56	26130,98	25170,81	24789,12	23821,18	23090,25
	TM-4-02	2411,21	27,07	25978,86		26629,89		26488,38		24453,02	
	TM-4-03	2376,89	21,12	25108,78		25870,98		22899,14		21599,01	
	TM-4-04	2381,20	22,30	24069,86		24745,25		23594,66		22194,78	
	TM-4-05	2440,51	24,75	24916,90		25029,23		25792,63		23383,26	
PH 5	TM-5-01	2405,62	25,17	23198,72	26205,93	23451,17	26636,76	25452,21	25311,08	23578,41	23433,94
	TM-5-02	2413,95	23,39	26049,61		25973,13		24666,60		22732,40	
	TM-5-03	2394,12	27,25	27869,29		27942,10		26295,09		24534,99	
	TM-5-04	2399,40	22,56	25874,93		25339,02		24004,59		22323,83	
	TM-5-05	2419,81	26,08	28037,13		30478,39		26136,92		24000,09	
PH 6	TM-6-01	2440,90	22,74	25048,51	27916,57	28765,81	28630,14	24729,21	26149,49	22413,81	23734,33
	TM-6-02	2435,67	27,08	30743,87		29576,49		26899,16		24459,11	
	TM-6-03	2453,10	27,99	27088,73		28281,60		27639,15		24864,52	

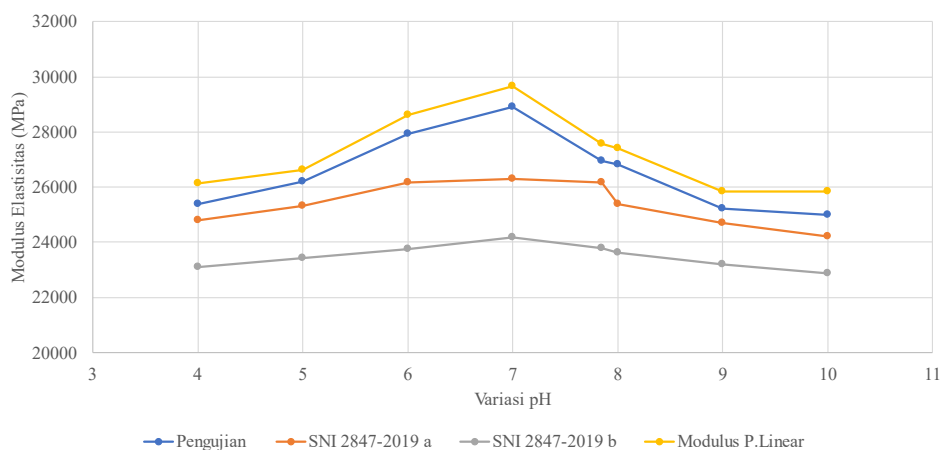
Lanjutan Tabel 5.22 Rekapitulasi Hasil Modulus Elastisitas

Variasi	Kode Sampel	Berat Volume (Kg/m ³)	Kuat Tekan (MPa)	ASTM C-469		Nawy (1990)		SNI 2847-2019			
				Ec (MPa)	Rata-rata (MPa)	Persamaan Linear		a		b	
						Ec (MPa)	Rata-rata (MPa)	Ec (MPa)	Rata-rata (MPa)	Ec (MPa)	Rata-rata (MPa)
	TM-6-04	2412,34	23,95	27381,92		25564,74		24935,43		23003,21	
	TM-6-05	2449,60	25,93	29319,82		30962,07		26544,49		23931,01	
PH 7	TM-7-01	2389,03	24,63	27982,31	28920,11	30122,90	29676,21	24921,48	26302,59	23327,58	24164,21
	TM-7-02	2439,42	28,71	29329,83		29993,90		27761,52		25184,99	
	TM-7-03	2432,40	24,27	28789,86		28030,64		25413,75		23155,00	
	TM-7-04	2436,07	28,90	29249,36		31608,86		27791,78		25264,57	
	TM-7-05	2395,48	25,83	29249,18		28624,72		25624,43		23888,89	
PH 8	TM-8-01	2412,02	25,85	28218,74	26816,05	28926,07	27415,00	25897,54	25388,79	23895,48	23628,79
	TM-8-02	2396,22	25,38	27553,64		28292,64		25411,60		23679,43	
	TM-8-03	2372,63	23,36	25738,65		26356,36		24016,33		22713,90	
	TM-8-04	2385,67	26,89	27146,56		26843,41		25980,98		24370,75	
	TM-8-05	2423,73	24,97	25422,65		26656,51		25637,51		23484,40	
PH 9	TM-9-01	2376,33	23,09	19373,01	25221,26	19832,41	25849,79	23933,13	24694,66	22582,30	23202,75
	TM-9-02	2375,98	21,39	26463,20		27178,21		23031,51		21736,37	
	TM-9-03	2407,79	28,68	27053,32		27865,82		27208,75		25171,56	
	TM-9-04	2366,83	22,25	22798,36		22807,06		23353,94		22168,62	
	TM-9-05	2384,56	26,85	30418,41		31565,45		25945,95		24354,91	
PH 10	TM-10-01	2367,77	22,77	25040,71	24999,68	25665,90	25828,92	23641,52	24217,30	22428,33	22869,99
	TM-10-02	2369,96	24,26	25076,32		25516,19		24436,29		23150,06	

Lanjutan Tabel 5.22 Rekapitulasi Hasil Modulus Elastisitas

Variasi	Kode Sampel	Berat Volume	Kuat Tekan	ASTM C-469		Nawy (1990)		SNI 2847-2019			
						Persamaan Linear		a		b	
		Ec	Rata-rata	Ec	Rata-rata	Ec	Rata-rata	Ec	Rata-rata		
		(Kg/m ³)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	
	TM-10-03	2376,41	22,69	24467,10		24623,59		23726,37		22386,13	
	TM-10-04	2410,57	26,27	25775,91		27427,53		26082,29		24087,75	
	TM-10-05	2347,32	22,51	24638,35		25911,41		23200,05		22297,70	

Berdasarkan rekapitulasi hasil perhitungan, didapatkan grafik hubungan modulus elastisitas dari metode hasil pengujian dan metode teoritis yang dapat dilihat pada Gambar 5.18 berikut.



Gambar 5.18 Grafik Perbandingan Nilai Modulus Elastisitas

Berdasarkan Gambar 5.18 diperoleh nilai maksimum modulus elastisitas beton terdapat pada variasi pH air 7 yang mana sama halnya dengan variasi maksimum pada nilai kuat tekan beton. Hal tersebut sesuai dengan apa yang dijelaskan oleh Hardagung Tri dkk., (2014) bahwa nilai modulus elastisitas beton akan naik bersamaan dengan naiknya kuat tekan beton.

Tabel 5.23 Selisih Nilai Modulus Elastisitas Terhadap Nilai Modulus Pengujian (ASTM C-469)

Variasi pH	Selisih Nilai Modulus Elastisitas Terhadap Nilai Modulus Elastisitas Pengujian (ASTM C-469)		
	SNI 2847-2019 a	SNI 2847-2019 b	Modulus P.Linear
	(MPa)	(MPa)	(MPa)
4	600,60	2299,48	741,25
5	894,85	2771,99	430,83
6	1767,08	4182,24	713,57
7	2617,51	4755,90	756,10
Kontrol	766,91	3146,00	619,69
8	1427,26	3187,26	598,95
9	526,60	2018,51	628,53
10	782,38	2129,69	829,24
Rata-rata	1172,90	3061,38	664,77

Dari Tabel 5.22 didapatkan selisih nilai modulus elastisitas terhadap modulus elastisitas pengujian tertinggi pada metode SNI SNI 2847-2019 b dan terendah pada metode persamaan linear. Nilai selisih rata-rata pada metode SNI 2847-2019 a, SNI 2847-2019 b, dan persamaan linear secara berurutan adalah 1172,90 MPa, 3061,38 MPa, 664,77 MPa.

Berdasarkan Tabel 5.22 terdapat perbedaan nilai yang cukup signifikan antara nilai menggunakan metode ASTM C 469-94, persamaan linear, dan SNI 2847-2019. Perbedaan tersebut dapat terjadi karena ASTM C 469-94 dan persamaan linear menggunakan data aktual yang diambil saat pengujian, sedangkan SNI 2847-2019 mengambil data dari pendekatan berat volume dan kuat tekan beton. yang modulus elastisitas berdasarkan pengujian dan nilai modulus elastisitas berdasarkan teori.

Nilai modulus elastisitas yang tinggi menunjukkan bahwa beton dapat dengan mudah kembali ke bentuk awalnya ketika terkena beban, sedangkan nilai modulus elastisitas yang rendah menunjukkan bahwa beton menjadi getas dan mudah hancur. Perbedaan nilai yang tinggi kemungkinan juga dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu kecepatan beban yang tidak konstan, kesalahan pembacaan dial, kondisi beton, dll.

Adapun gambar pengujian modulus elastisitas dapat dilihat pada Gambar 5.19 dan 5.20 berikut.



Gambar 5.19 Benda Uji Dipasang *Dial Gauge*

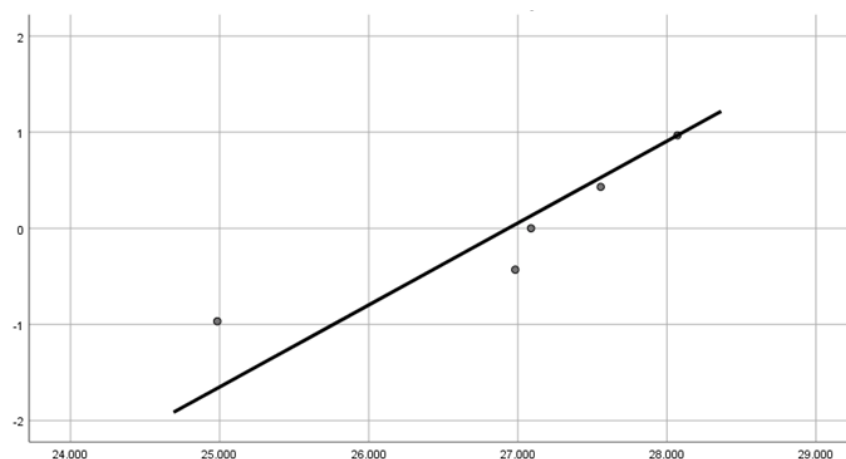


Gambar 5.20 Pengujian Modulus Elastisitas

5.8 Uji Statistik

1. Uji Normalitas

Uji normalitas pada pengujian ini bertujuan untuk mengetahui data pada masing-masing variasi terdistribusi normal atau tidak. Pengujian ini dibantu menggunakan *software IBM SPSS Statistics*. Data yang terdistribusi normal harus memiliki nilai signifikansi (Sig.) lebih besar dari 0,05. Jika variasi memiliki nilai signifikansi (Sig.) lebih kecil dari 0,05 maka variasi dianggap tidak berdistribusi normal dan data yang tidak normal harus dibuang. Contoh hasil uji normalitas dapat dilihat pada Gambar 5.21 dan Tabel 5.23.



Gambar 5.21 Plot Sebaran Data Modulus Elastisitas Pengujian Variasi Beton Normal

Tabel 5.24 Hasil Uji Normalitas Modulus Elastisitas

Uji Normalitas		
Modulus Uji	Shapiro-Wilk	
	df	Sig.
	5	0,270

Berdasarkan Tabel 5.23 nilai signifikansi pada variasi beton normal adalah 0,270. Nilai tersebut telah memenuhi syarat distribusi normal yaitu minimal 0,05, sehingga dapat dikatakan bahwa variasi beton normal terdistribusi normal. Adapun rekapitulasi hasil uji normalitas dapat dilihat sebagai berikut. Dengan keterangan:

Df = Jumlah nilai yang terlibat dalam perhitungan (*Degree of freedom*).
 Sig = Nilai kebenaran pada suatu hipotesis yang diterima atau ditolak (Signifikansi).

Tabel 5.25 Rekapitulasi Hasil Uji Normalitas Kuat Tekan

Variasi	Uji Normalitas	Keterangan
	Shapiro-Wilk (Sig.)	
Beton Kontrol	0,075	Normal
PH 4	0,772	Normal
PH 5	0,827	Normal
PH 6	0,764	Normal
PH 7	0,175	Normal
PH 8	0,909	Normal
PH 9	0,372	Normal
PH 10	0,100	Normal

Tabel 5.26 Rekapitulasi Hasil Uji Normalitas Kuat Tarik Belah

Variasi	Uji Normalitas	Keterangan
	Shapiro-Wilk (Sig.)	
Beton Kontrol	0,860	Normal
PH 4	0,999	Normal
PH 5	0,945	Normal
PH 6	0,071	Normal
PH 7	0,997	Normal
PH 8	0,396	Normal

Lanjutan Tabel 5.26 Rekapitulasi Hasil Uji Normalitas Kuat Tarik Belah

Variasi	Uji Normalitas	Keterangan
	Shapiro-Wilk (Sig.)	
PH 9	0,678	Normal
PH 10	0,319	Normal

Tabel 5.27 Rekapitulasi Hasil Uji Normalitas Modulus Elastisitas Pengujian

Variasi	Uji Normalitas	Keterangan
	Shapiro-Wilk (Sig.)	
Beton Kontrol	0,270	Normal
PH 4	0,925	Normal
PH 5	0,375	Normal
PH 6	0,911	Normal
PH 7	0,068	Normal
PH 8	0,539	Normal
PH 9	0,893	Normal
PH 10	0,591	Normal

**Tabel 5.28 Rekapitulasi Hasil Uji Normalitas Modulus Elastisitas
Persamaan Linear**

Variasi	Uji Normalitas	Keterangan
	Shapiro-Wilk (Sig.)	
Beton Kontrol	0,879	Normal
PH 4	0,548	Normal
PH 5	0,919	Normal
PH 6	0,796	Normal
PH 7	0,971	Normal
PH 8	0,271	Normal
PH 9	0,577	Normal
PH 10	0,868	Normal

Tabel 5.29 Rekapitulasi Hasil Uji Normalitas Modulus Elastisitas SNI 2847-2019

Variasi	Uji Normalitas	Keterangan
	Shapiro-Wilk (Sig.)	
Beton Kontrol	0,105	Normal
PH 4	0,671	Normal
PH 5	0,591	Normal
PH 6	0,421	Normal
PH 7	0,109	Normal
PH 8	0,070	Normal
PH 9	0,348	Normal
PH 10	0,247	Normal

Tabel 5.30 Rekapitulasi Hasil Uji Normalitas Modulus Elastisitas SNI 2847-2019

Variasi	Uji Normalitas	Keterangan
	Shapiro-Wilk (Sig.)	
Beton Kontrol	0,076	Normal
PH 4	0,755	Normal
PH 5	0,820	Normal
PH 6	0,750	Normal
PH 7	0,182	Normal
PH 8	0,890	Normal
PH 9	0,393	Normal
PH 10	0,106	Normal

Berdasar hasil rekapitulasi uji normalitas, semua variasi pada setiap pengujian memiliki nilai signifikansi di atas 0,05. Sehingga seluruh variasi data setiap pengujian terdistribusi normal dan tidak ada data yang dibuang.

2. Uji Homogenitas

Uji homogenitas pada pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa dua atau lebih kelompok data sampel dari populasi memiliki variansi yang sama (Homogen). Pengujian ini dibantu menggunakan *software IBM SPSS Statistics*. Kelompok data yang homogen harus memiliki nilai signifikansi

(Sig.) lebih dari 0,05, jika kurang dari 0,05 maka harus dilakukan pembuangan data. Contoh hasil uji homogenitas dapat dilihat pada Tabel 5.30 berikut.

Tabel 5.31 Hasil Uji Homogenitas Kelompok Data Kuat Tekan Beton

Uji Homogenitas				
Pengujian		df1	df2	Sig.
Kuat Tekan	Berdasarkan rerata	7	32	,113

Berdasarkan Tabel 5.29 nilai signifikansi pada kelompok data kuat tekan beton adalah 0,113. Nilai tersebut telah memenuhi syarat uji homogenitas yaitu lebih dari 0,05, sehingga dapat dikatakan bahwa kelompok data kuat tekan beton homogen. Adapun rekapitulasi hasil uji homogenitas dapat dilihat pada Tabel 5.31 berikut.

Tabel 5.32 Rekapitulasi Hasil Uji Homogenitas

Kelompok Data	Uji Normalitas	Keterangan
	Shapiro-Wilk (Sig.)	
Kuat Tekan	0,113	Homogen
Kuat Tarik Belah	0,761	Homogen
Modulus Elastisitas Pengujian	0,140	Homogen
Modulus Elastisitas Persamaan Linear	0,099	Homogen
Modulus Elastisitas SNI SNI 2847-2019	0,142	Homogen
Modulus Elastisitas SNI SNI 2847-2019	0,111	Homogen

Berdasar hasil rekapitulasi uji homogenitas, semua variasi pada setiap pengujian memiliki nilai signifikansi di atas 0,05. Akan tetapi pada kelompok data modulus elastisitas pengujian awalnya tidak memenuhi syarat signifikansi lebih dari 0,05, sehingga terdapat satu data yang harus dibuang yaitu benda uji TM-BK-05. Setelah data tersebut dibuang, semua kelompok data telah memenuhi syarat signifikansi yaitu lebih dari 0,05 dan dapat dinyatakan homogen.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

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

1. Variasi pH air mempengaruhi kuat tekan, kuat tarik belah dan modulus elastisitas beton. Kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas beton yang didapat pada beton yang menggunakan pH air asam (pH 4, pH 5, pH 6) akan mengalami penurunan, dan semakin kecil nilai pH airnya, kuat beton yang diperoleh akan semakin rendah. Kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas beton pada pH basa (pH 8, pH 9, pH 10) juga akan membuat kuat tarik belah beton semakin kecil seiring turunnya nilai pH. Sedangkan beton dengan pH netral (pH 7) mengalami peningkatan kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas beton.
2. Variasi pH air 7 menghasilkan kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas beton tertinggi dengan nilai secara berurutan adalah 26,47 MPa, 2,89 MPa, dan 28920,11 MPa.
3. Variasi pH air 10 menghasilkan kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas beton terendah dengan nilai secara berurutan adalah 23,70 MPa, 2,20 MPa, dan 24999,68 MPa.

6.2 Saran

Berdasar pada hasil penelitian ini, berikut beberapa hal yang dapat dijadikan sebagai saran untuk penelitian lebih lanjut tentang bagaimana pengaruh variasi pH air pada campuran beton berdampak pada mutu beton.

1. Penelitian terbatas pada pengujian kuat tekan, kuat tarik belah dan modulus elastisitas beton, sehingga diperlukan pengujian-pengujian beton lainnya seperti kuat lentur dan absorpsi beton.
2. Perlunya kajian lebih lanjut mengenai reaksi kimiawi variasi pH air terhadap campuran beton.

3. Penelitian lain dapat dilakukan dengan pH modifier jenis lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM C33. (2003). Standard Specification for Concrete Aggregates. *American Society for Testing and Material*.
- ASTM C87. (1997). Standard Test Method for Effect of Organic Impurities in Fine Aggregate on Strength of Mortar. *American Society for Testing and Material*.
- ASTM C469. (1994). Standard Test Method for Static Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression. *American Society for Testing and Material*.
- ASTM C1602M. (2004). Standard Specification for Mixing Water Used in the Production of Hydraulic Cement Concrete. *American Society for Testing and Material*.
- ASTM E11. (2011) Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves. *American Society for Testing and Material*.
- Badan Standardisasi Nasional. (1989) SK SNI M-14-1989-E : *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*.
- Badan Standardisasi Nasional. (1989) SK SNI S-04-1989-F : Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A (Bahan Bangunan Bukan Logam). *Bandung: Departemen Pekerjaan Umum, Yayasan LPMB*.
- Badan Standardisasi Nasional. (1990) SK SNI T-15-1990-03 : *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*.
- Badan Standardisasi Nasional. (1990) SNI 03-1750-1990 : *Metode Pembuatan dan Perawatan Benda Uji di Lapangan*.
- Badan Standardisasi Nasional. (1990) SNI 1968-1990 : *Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan. Agregat Halus Dan Kasar*.
- Badan Standardisasi Nasional. (1990) SNI 1969-1990 : *Metode Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan. Air Agregat Kasar*.

- Badan Standardisasi Nasional. (1990) SNI 1970-1990 : *Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus.*
- Badan Standardisasi Nasional. (1996) SNI 4142-1996 : *Metode Pengujian Jumlah Bahan Dalam Agregat Yang Lolos Saringan No. 200.*
- Badan Standardisasi Nasional. (1998) SNI 4904-1998 : *Metode Pengujian Bobot Isi Rongga Udara Dalam Agregat.*
- Badan Standardisasi Nasional. (2000) SNI 2834 2000 : *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal.*
- Badan Standardisasi Nasional. (2002) SNI 03-2491-2002 : *Metode Pengujian Kuat Tarik Belah Beton.*
- Badan Standardisasi Nasional. (2002) SNI 03-6861.1-2002 : *Spesifikasi Bahan Bangunan - Bagian A: Bahan Bangunan Bukan Logam.*
- Badan Standardisasi Nasional. (2004) SNI 2049-2004 : *Semen Portland.*
- Badan Standardisasi Nasional. (2008) SNI 1972-2008 : *Cara Uji Slump Beton.*
- Badan Standardisasi Nasional. (2008) SNI 2826-2008 : *Cara Uji Modulus Elastisitas Batu dengan Tekanan Sumbu Tunggal.*
- Badan Standardisasi Nasional. (2011) SNI 1974-2011 : *Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder.*
- Badan Standardisasi Nasional. (2011) SNI 2493-2011 : *Tata Cara Pembuatan dan Perawatan Benda Uji di Laboratorium.*
- Badan Standardisasi Nasional. (2013) SNI 2847-2013 : *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung.*
- Badan Standardisasi Nasional. (2013) SNI 7974-2013 : *Spesifikasi Air Pencampur Yang Digunakan Dalam Produksi Beton Semen Hidraulis.*
- Badan Standardisasi Nasional. (2014) SNI 03-2491-2014 : *Metode Uji Kekuatan Tarik Belah Spesimen Beton Silinder.*
- Badan Standardisasi Nasional. (2016) SNI 8321-2016 : *Spesifikasi Agregat Beton.*
- Badan Standardisasi Nasional. (2019) SNI 2847 2019 : *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung.*
- Dipohusodo, I (1999) *Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SK SNI T-15-1991-03. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.*

- Fahmeyzan, D., Soraya, S., & Etmy, D. (2018). UJI NORMALITAS DATA OMZET BULANAN PELAKU EKONOMI MIKRO DESA SENGGIGI DENGAN MENGGUNAKAN SKEWNESS DAN KURTOSIS. *Jurnal Varian*, 2(1), 31–36.
- Hardagung Tri, H., Adi Sambowo, K., & Gunawan, P. (2014). KAJIAN NILAI SLUMP, KUAT TEKAN DAN MODULUS ELASTISITAS BETON DENGAN BAHAN TAMBAHAN FILLER ABU BATU PARAS. *e-Jurnal MATRIKS TEKNIK SIPIL*, 2, 131–137.
- Kementrian PUPR. (2020). *RENCANA STRATEGIS 2020-2024*.
- Meidiani, S., & Farsyah Septa Hartawan, M. (2017). *PENGGUNAAN VARIASI PH AIR (ASAM) PADA KUAT TEKAN BETON NORMAL F'C 25 MPA* (Vol. 5, Nomor 2).
- Meidiani, S., Rajela, A., Hartawan, M. F. S., & Fartawijaya, A. (2017a). Studi Eksperimen Penggunaan Variasi pH Air Pada Kuat Tekan Beton Normal f'c 25 MPa. *Pengembangan Infrastruktur Berkelanjutan untuk Meningkatkan Daya Saing Bangsa*, 88–94. <https://doi.org/10.21063/SPI3.1017.88-94>
- Nawy, (1990). *Beton Bertulang - Suatu Pendekatan Dasar*, Erlangga
- Pade, M. M. M., Kumaat, E. J., Tanudjaja, H., & Pandaleke, R. (2013). PEMERIKSAAN KUAT TEKAN DAN MODULUS ELASTISITAS BETON BERAGREGAT KASAR BATU RINGAN APE DARI KEPULAUAN TALAUD. *Jurnal Sipil Statik*, 1(7), 479–485.
- Razali, N.M & Wah, Y.B. (2011). *Power Comparisons Saphiro Wilk, Kolmogorov – Smirnov, Lilliefors and Anderson Darling Test*. *Jurnal of Statistical modeling and analytics* Vol.2.No.1, 21 -33, 2011.
- Rifky, M. (2011). *Tinjauan Kuat Tekan Dan Modulus Elastisitas Pada Beton Menggunakan Pasir Normal Dan Pasir Merapi Serta Penambahan Pozzolan Lumpur Lapindo* [Universitas Sebelas Maret]. <https://core.ac.uk/download/pdf/12352229.pdf>
- Saifuddin, M. I., Edison, B., & Fahmi, K. (2013). *PENGARUH PENAMBAHAN CAMPURAN SERBUK KAYU TERDAHAP KUAT TEKAN BETON*.
- Saputra, N. A., & Handayani, N. (2020). *KETAHANAN BETON $f_c' 22,5 \text{ MPa}$ TERHADAP KONDISI AIR KOTA PALANGKA RAYA* (Vol. 14, Nomor 2).
- Sianturi, R. (2022). Uji Homogenitas Sebagai Syarat Pengujian Analisis. *Jurnal Pendidikan, Sains Sosial, dan Agama*, 8(1), 386–397. <https://doi.org/10.53565/pssa.v8i1.507>
- Suryanto, & Albert. (2022). ANALISIS PENGARUH PENGGUNAAN AIR DENGAN PH < 7 PADA CAMPURAN BETON NORMAL TERHADAP KUAT TEKAN. *Jurnal Informasi, Perkebunan dan Sipil*.
- Tjokrodimuljo, K. (1992). *Teknologi Beton*, Biro Penerbit, Yogyakarta.
- Yunianta, A., Mabui, D. S., & Irianto. (2022). *PENGARUH POWER OF HYDROGEN (PH) AIR TERHADAP KUAT TEKAN BETON*. 15(2), 2589–8891. www.jurnal.umm.ac.id/dintek

LAMPIRAN

Lampiran 1 Surat Izin Penggunaan Laboratorium

 <p>UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA</p>	<p>FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN</p>	<p>Gedung Kh. Moh. Natsir Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584 T. (0274) 898444 ext 3200, 3201 F. (0274) 895330 E. dekanat.ftsp@uii.ac.id W. ftsp.uii.ac.id</p>
<p>Nomor : 125/Sek. Prodi PSTS/20/TA/VI/2023 Hal : Permohonan Izin Pemakaian Laboratorium</p>		
<p>Kepada Yth: KEPALA LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA</p>		
<p><i>Assalamu'alaikum Wr.Wb.</i></p>		
<p>Yang bertanda tangan dibawah ini:</p>		
NAMA	:	INDRA WIJAYA
NIM	:	19511186
JUDUL TUGAS AKHIR	:	PENGARUH VARIASI PH AIR PADA BETON TERHADAP KUAT TEKAN, KUAT TARIK BELAH, DAN MODULUS ELASTISITAS
<p>Sehubungan dengan penelitian yang kami lakukan untuk proses pendukung penyelesaian penyusunan Proposal Tugas Akhir, melalui surat ini kami mengajukan permohonan izin peminjaman peralatan beserta fasilitas di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.</p>		
<p>Demikian permohonan ini kami sampaikan, atas bantuan dan kerjasamanya kami ucapkan banyak terima kasih.</p>		
<p><i>Wassalamu'alaikum Wr. Wb.</i></p>		
 <p>Bekas Program Sarjana Teknik Sipil, DINIA ANGGRAHENI, M. ENG</p>	<p>Yogyakarta, 26 Juni 2023 Pemohon  INDRA WIJAYA NIM. 1951186</p>	

Lampiran 2 Laporan Sementara Hasil Pemeriksaan Agregat

PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AIR AGREGAT HALUS

Asal Pasir	Progo
Keperluan	Tugas Akhir S1
Jumlah Sampel	2

Uraian	Hasil Pengamatan		Rata-rata
	Sampel 1	Sampel 2	
Berat pasir kering mutlak, gram (Bk)	484	486	485
Berat pasir kondisi jenuh kering muka (SSD), gram	500	500	500
Berat piknometer berisi pasir dan air, gram (Bt)	961	968	965
Berat piknometer berisi air, gram (B)	658	658	658
Berat Jenis Curah	2,457	2,558	2,507
Berat Jenis jenuh kering muda (SSD)	2,538	2,632	2,585
Berat Jenis semu	2,674	2,761	2,718
Penyerapan Air	3,3058%	2,8807%	3,09%

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

Asal Pasir	Progo
Keperluan	Tugas Akhir S1
Jumlah Sampel	2

Sampel 1

No	Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gr)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)	Batas Bawah (%)	Batas Atas (%)
1	20,00	0	0	0	100	100	100
2	10,00	0	0	0	100	100	100
3	4,80	1	0,05	0,05	99,95	90	100
4	2,40	191	9,55	9,60	90,40	75	100
5	1.20	311	15,56	25,16	74,84	55	90
6	0,60	623	31,17	56,33	43,67	30	59
7	0,30	550	27,51	83,84	16,16	8	30
8	0,15	254	12,71	96,55	3,45	0	10
9	Sisa	69	3,452	100,000	0	0	0
	Jumlah	1999	100	271,636			

MHB = 2,71

Gradasi = II (Agak Kasar)

Sampel 2

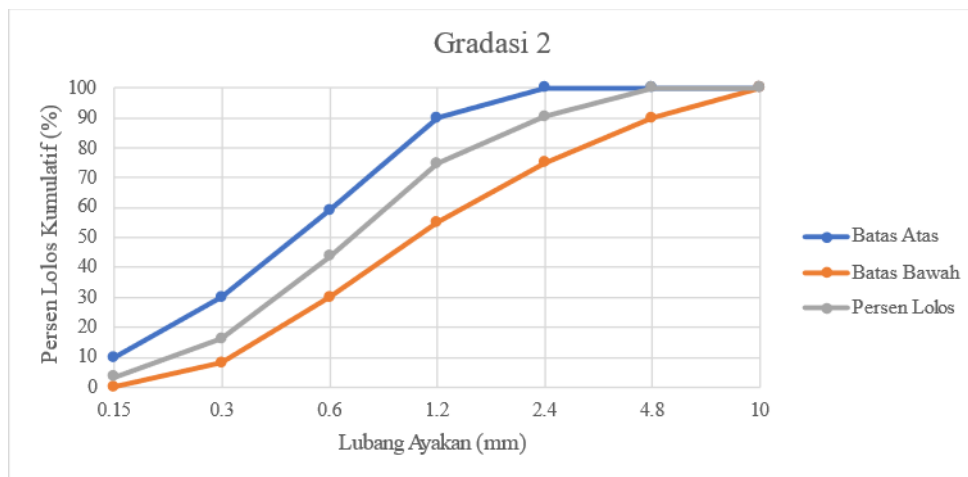
No	Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gr)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)	Batas Bawah	Batas Atas
1	20,00	0	0	0	100	100	100
2	10,00	0	0	0	100	100	100
3	4,80	1	0,05	0,05	99,95	90	100
4	2,40	142	7,10	7,15	92,85	75	100
5	1.20	271	13,55	20,70	79,30	55	90

No	Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gr)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)	Batas Bawah	Batas Atas
6	0,60	593	29,65	50,35	49,65	30	59
7	0,30	581	29,05	79,40	20,60	8	30
8	0,15	315	15,75	95,15	4,85	0	10
9	Sisa	97	4,850	100,000	0	0	0
	Jumlah	2000	100	252,8			

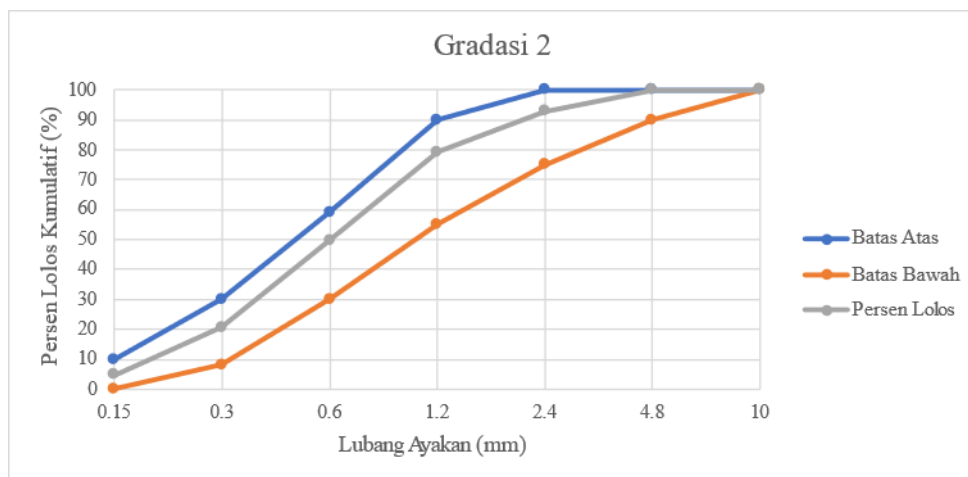
MHB = 2,52

Gradasi = II (Agak Kasar)

Sampel 1



Sampel 2



**PEMERIKSAAN BERAT VOLUME GEMBUR DAN PADAT
AGREGAT HALUS**

Asal Pasir	Progo
Keperluan	Tugas Akhir S1
Jumlah Sampel	2

Uraian	Hasil Pengamatan	
	Sampel 1	Sampel 2
Diameter (cm)	15,01	15,01
Tinggi (cm)	30,38	30,38
Berat Tabung (W1)(gr)	10587	10587
Berat tabung + agregat kering tungku (W2) (gr)	17986	18060
Berat agregat (W3)	7399	7473
Volume tabung (V) (cm ³)	5376	5376
Berat volume gembur (gr/cm ³)	1,376	1,390
Rata-rata berat volume	1,383	

Uraian	Hasil Pengamatan	
	Sampel 1	Sampel 2
Diameter (cm)	15,01	15,01
Tinggi (cm)	30,38	30,38
Berat Tabung (W1)(gr)	10587	10587
Berat tabung + agregat kering tungku (W2) (gr)	19658	19412
Berat agregat (W3)	9071	8825
Volume tabung (V) (cm ³)	5376	5376
Berat volume padat (gr/cm ³)	1.687	1.642
Rata-rata berat volume	1.665	

PEMERIKSAAN UJI LOLOS SARINGAN NO.200

Asal Pasir	Progo
Keperluan	Tugas Akhir S1
Jumlah Sampel	2

Uraian	Hasil Pemeriksaan	
	Sampel 1	Sampel 2
Berat agregat kering oven (W1) (gr)	500	500
Berat agregat kering oven setelah dicuci (W2) (gr)	493	490
Persentase lolos saringan No. 200 $\left(\frac{W_1 - W_2}{W_1}\right)$	1,40	2,00
Rata-rata persentase lolos saringan No.200	1,70	

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

Asal Kerikil	Progo
Keperluan	Tugas Akhir S1
Jumlah Sampel	2

Uraian	Hasil Pengamatan		Rata-rata
	Sampel 1	Sampel 2	
Berat Kerikil Mutlak (Bk), gram	4857	4863	4860
Berat Kerikil Jenuh kering muka (Bj), gram	5000	5000	5000
Berat kerikil dalam air, gram (Ba)	3135	3119	3127
Berat Jenis Curah	2,604	2,585	2,595
Berat Jenis jenuh kering muka (SSD)	2,681	2,658	2,670
Berat Jenis semu	2,821	2,788	2,804
Penyerapan Air %	2,94%	2,82%	2,88%

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

Asal Kerikil	Progo
Keperluan	Tugas Akhir S1
Jumlah Sampel	2

Sampel 1

No	Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gr)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)	Batas Bawah (%)	Batas Atas (%)
1	40,00	0	0	0	100	100	100
2	20,00	16	0,32	0,32	99,68	95	100
3	10,00	3450	69,04	69,36	30,64	30	60
4	4,80	1405	28,12	97,48	2,52	0	10
5	2,40	23	0,46	97,94	2,06	0	0
6	1.20	6	0,12	98,06	1,94	0	0
7	0,60	0	0,00	98,06	1,94	0	0
8	0,30	0	0,00	98,06	1,94	0	0
9	0,15	0	0,00	98,06	1,94	0	0
10	Sisa	97	1,94	100,00	0,00	0	0
	Jumlah	4997	100	657,334			

MHB = 6,57

Gradasi = 20 mm

Sampel 2

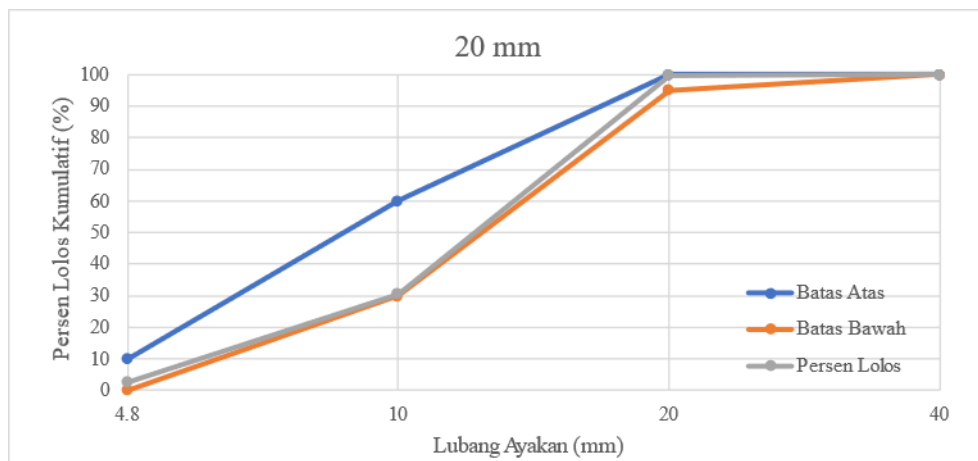
No	Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gr)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)	Batas Bawah (%)	Batas Atas (%)
1	40,00	0	0	0	100	100	100
2	20,00	82	1,64	1,64	98,36	95	100
3	10,00	3409	68,23	69,88	30,12	30	60
4	4,80	1378	27,58	97,46	2,54	0	10
5	2,40	18	0,36	97,82	2,18	0	0
6	1.20	7	0,14	97,96	2,04	0	0

No	Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gr)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)	Batas Bawah (%)	Batas Atas (%)
7	0,60	0	0,00	97,96	2,04	0	0
8	0,30	0	0,00	97,96	2,04	0	0
9	0,15	0	0,00	97,96	2,04	0	0
10	Sisa	102	2,04	100,00	0,00	0	0
	Jumlah	4996	100.00	658,627			

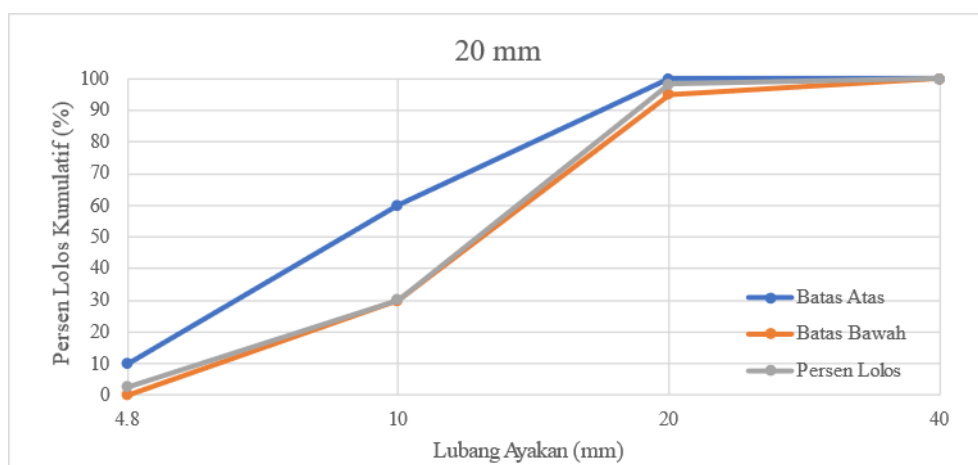
MHB = 6,58

Gradasi = 20 mm

Sampel 1



Sampel 2



**PEMERIKSAAN BERAT VOLUME GEMBUR DAN PADAT
AGREGAT KASAR**

Asal Kerikil	Progo
Keperluan	Tugas Akhir S1
Jumlah Sampel	2

Uraian	Hasil Pengamatan	
	Sampel 1	Sampel 2
Diameter (cm)	15,01	15,01
Tinggi (cm)	30,38	30,38
Berat Tabung (gr)	10587	10587
Berat tabung + agregat kering tungku (W2) (gr)	18078	18158
Berat agregat (W3)	7491	7571
Volume tabung (v) (cm ³)	5376	5376
Berat volume gembur (gr/cm ³)	1,393	1,408
Rata-rata	1,401	

Uraian	Hasil Pengamatan	
	Sampel 1	Sampel 2
Diameter (cm)	15,01	15,01
Tinggi (cm)	30,38	30,38
Berat Tabung (gr)	10587	10587
Berat tabung + agregat kering tungku (W2) (gr)	18916	18934
Berat agregat (W3)	8329	8347
Volume tabung (v) (cm ³)	5376	5376
Berat volume padat (gr/cm ³)	1.549	1.553
Rata-rata	1.551	

Lampiran 3 Laporan Sementara Hasil Pengujian Kuat Tekan

Variasi Beton Kontrol

f'c rencana :	25	Mpa		Variasi :	BK	
Dimensi Benda Uji Silinder						
Uraian	Hasil Pengamatan					Satuan
	TM-BK-01	TM-BK-02	TM-BK-03	TM-BK-04	TM-BK-05	
Diameter	15,05	15,06	15,04	15,05	15,02	cm
Tinggi	30,49	29,00	30,15	30,30	30,40	cm
Berat	12,972	13,114	13,055	12,967	12,975	kg
Luas permukaan	177,89	178,13	177,66	177,89	177,19	cm ²
	17789,46	17813,11	17765,83	17789,46	17718,61	mm ²
Hasil Uji Desak Silinder						
Uraian	Hasil Pengamatan					Satuan
	TM-BK-01	TM-BK-02	TM-BK-03	TM-BK-04	TM-BK-05	
Beban Maksimum	501,6	432	489	426	432	kN
Lama Pengujian						detik
Kuat Desak	28,20	24,24	27,52	23,92	24,38	Mpa
Rata-rata	25,65					Mpa

Variasi pH 4

f'c rencana :	25	Mpa		Variasi :	PH 4	
Dimensi Benda Uji Silinder						
Uraian	Hasil Pengamatan					Satuan
	TM-4-01	TM-4-02	TM-4-03	TM-4-04	TM-4-05	
Diameter	15,08	15,04	15,01	15,01	15,07	cm
Tinggi	30,62	30,70	30,40	30,30	30,22	cm
Berat	12,97	13,151	12,786	12,767	13,155	kg
Luas permukaan	178,60	177,66	176,95	176,95	178,37	cm ²
	17860,46	17765,83	17695,03	17695,03	17836,78	mm ²
Berat Volume	2,37	2,41	2,38	2,38	2,44	gr/cm ³
	2371,60	2411,21	2376,89	2381,20	2440,51	kg/m ³
Hasil Uji Desak Silinder						
Uraian	Hasil Pengamatan					Satuan
	TM-4-01	TM-4-02	TM-4-03	TM-4-04	TM-4-05	
Beban Maksimum	458,8	480,9	373,7	394,6	441,5	kN
Lama Pengujian						detik
Kuat Desak	25,69	27,07	21,12	22,30	24,75	Mpa
Rata-rata	24,19					Mpa

Variasi pH 5

f'c rencana :	25	Mpa		Variasi :	PH 5	
Dimensi Benda Uji Silinder						
Uraian	Hasil Pengamatan					Satuan
	TM-5-01	TM-5-02	TM-5-03	TM-5-04	TM-5-05	
Diameter	15,07	15,02	15,1	15,07	15,07	cm
Tinggi	30,6	30,34	30,52	30,49	30,27	cm
Berat	13,13	12,977	13,085	13,049	13,065	kg
Luas permukaan	178,37	177,19	179,08	178,37	178,37	cm ²
	17836,78	17718,61	17907,86	17836,78	17836,78	mm ²
Hasil Uji Desak Silinder						
Uraian	Hasil Pengamatan					Satuan
	TM-5-01	TM-5-02	TM-5-03	TM-5-04	TM-5-05	
Beban Maksimum	448,9	414,5	488,0	402,4	465,1	kN
Lama Pengujian						detik
Kuat Desak	25,17	23,39	27,25	22,56	26,08	Mpa
Rata-rata	24,89					Mpa

Variasi pH 6

f'c rencana :	25	Mpa		Variasi :	PH 6	
Dimensi Benda Uji Silinder						
Uraian	Hasil Pengamatan					Satuan
	TM-6-01	TM-6-02	TM-6-03	TM-6-04	TM-6-05	
Diameter	15,03	15,03	15,02	15,03	15,05	cm
Tinggi	30,27	30,21	30,24	30,39	30,36	cm
Berat	13,109	13,055	13,144	13,007	13,23	kg
Luas permukaan	177,42	177,42	177,19	177,42	177,89	cm ²
	17742,22	17742,22	17718,61	17742,22	17789,46	mm ²
Hasil Uji Desak Silinder						
Uraian	Hasil Pengamatan					Satuan
	TM-6-01	TM-6-02	TM-6-03	TM-6-04	TM-6-05	
Beban Maksimum	403,5	480,5	495,9	425,0	461,2	kN
Lama Pengujian						detik
Kuat Desak	22,74	27,08	27,988	23,95	25,93	Mpa
Rata-rata	25,54					Mpa

Variasi pH 7

f'c rencana :	25	Mpa		Variasi :	PH 7	
Dimensi Benda Uji Silinder						
Uraian	Hasil Pengamatan					Satuan
	TM-7-01	TM-7-02	TM-7-03	TM-7-04	TM-7-05	
Diameter	15,07	15,05	15,12	15,07	15,07	cm
Tinggi	30,62	30,30	30,18	30,16	30,65	cm
Berat	13,048	13,149	13,181	13,105	13,096	kg
Luas permukaan	178,37	177,89	179,55	178,37	178,37	cm ²
	17836,78	17789,46	17955,33	17836,78	17836,78	mm ²
Hasil Uji Desak Silinder						
Uraian	Hasil Pengamatan					Satuan
	TM-7-01	TM-7-02	TM-7-03	TM-7-04	TM-7-05	
Beban Maksimum	439,4	510,8	435,8	515,4	460,8	kN
Lama Pengujian						detik
Kuat Desak	24,63	28,71	24,27	28,90	25,83	Mpa
Rata-rata	26,47					Mpa

Variasi pH 8

f'c rencana :	25	Mpa		Variasi :	PH 8	
Dimensi Benda Uji Silinder						
Uraian	Hasil Pengamatan					Satuan
	TM-8-01	TM-8-02	TM-8-03	TM-8-04	TM-8-05	
Diameter	15,02	15,2	15,11	15,02	15	cm
Tinggi	30,5	30,16	30,57	30,65	30,38	cm
Berat	13,035	13,114	13,006	12,956	13,012	kg
Luas permukaan	177,19	181,46	179,32	177,19	176,71	cm ²
	17718,61	18145,84	17931,59	17718,61	17671,46	mm ²
Hasil Uji Desak Silinder						
Uraian	Hasil Pengamatan					Satuan
	TM-8-01	TM-8-02	TM-8-03	TM-8-04	TM-8-05	
Beban Maksimum	458,0	460,6	418,8	476,4	441,2	kN
Lama Pengujian						detik
Kuat Desak	25,85	25,38	23,36	26,89	24,97	Mpa
Rata-rata	25,29					Mpa

Variasi pH 9

f'c rencana :	25	Mpa		Variasi :	PH 9	
Dimensi Benda Uji Silinder						
Uraian	Hasil Pengamatan					Satuan
	TM-9-01	TM-9-02	TM-9-03	TM-9-04	TM-9-05	
Diameter	15,01	15,07	15,03	15,2	15,11	cm
Tinggi	30,45	30,80	30,52	30,46	30,70	cm
Berat	12,804	13,053	13,038	13,082	13,127	kg
Luas permukaan	176,95	178,37	177,42	181,46	179,32	cm ²
	17695,03	17836,78	17742,22	18145,84	17931,59	mm ²
Hasil Uji Desak Silinder						
Uraian	Hasil Pengamatan					Satuan
	TM-9-01	TM-9-02	TM-9-03	TM-9-04	TM-9-05	
Beban Maksimum	409	381,5	508,9	403,7	481,5	kN
Lama Pengujian						detik
Kuat Desak	23,09	21,39	28,68	22,25	26,85	Mpa
Rata-rata	24,45					Mpa

Variasi pH 10

f'c rencana :	25	Mpa		Variasi :	PH 10	
Dimensi Benda Uji Silinder						
Uraian	Hasil Pengamatan					Satuan
	TM-10-01	TM-10-02	TM-10-03	TM-10-04	TM-10-05	
Diameter	15,15	15,17	15,11	15,02	15,155	cm
Tinggi	30,415	30,860	30,810	30,495	30,825	cm
Berat	12,982	13,219	13,129	13,025	13,052	kg
Luas permukaan	180,27	180,74	179,32	177,19	180,39	cm ²
	18026,65	18074,28	17931,59	17718,61	18038,56	mm ²
Hasil Uji Desak Silinder						
Uraian	Hasil Pengamatan					Satuan
	TM-10-01	TM-10-02	TM-10-03	TM-10-04	TM-10-05	
Beban Maksimum	410,5	438,5	406,8	465,4	406,0	kN
Lama Pengujian						detik
Kuat Desak	22,77	24,26	22,69	26,27	22,51	Mpa
Rata-rata	23,70					Mpa

Lampiran 4 Laporan Sementara Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Variasi Beton Kontrol

f'c rencana :	25	Mpa	Variasi :	BK		
Dimensi Benda Uji Silinder						
Uraian	Hasil Pengamatan					Satuan
	TB-BK-01	TB-BK-02	TB-BK-03	TB-BK-04	TB-BK-05	
Diameter	15,12	15,15	15,11	15,12	15	cm
Tinggi	30,5	30,30	30,57	30,65	30,38	cm
Berat	12,947	13,08	12,874	12,904	12,836	kg
Luas permukaan	1448,78	1442,13	1451,14	1455,90	1431,62	cm ²
	144877,69	144213,24	145114,15	145590,20	143162,38	mm ²
Hasil Uji Desak Silinder						
Uraian	Hasil Pengamatan					Satuan
	TB-BK-01	TB-BK-02	TB-BK-03	TB-BK-04	TB-BK-05	
Beban Maksimum	200,0	238,0	177,0	203,0	156,0	kN
Lama Pengujian						detik
Kuat Desak	2,76	3,30	2,44	2,79	2,18	Mpa
Rata-rata	2,69					Mpa

Variasi pH 4

f'c rencana :	25	Mpa	Variasi :	PH 4		
Dimensi Benda Uji Silinder						
Uraian	Hasil Pengamatan					Satuan
	TB-4-01	TB-4-02	TB-4-03	TB-4-04	TB-4-05	
Diameter	15,155	15,12	15,13	15,14	15,16	cm
Tinggi	30,825	30,18	30,52	30,60	30,68	cm
Berat	12,66	12,99	12,925	12,952	12,788	kg
Luas permukaan	1467,60	1433,58	1450,69	1455,45	1461,18	cm ²
	146760,40	143357,66	145068,57	145544,96	146118,24	mm ²
Hasil Uji Desak Silinder						
Uraian	Hasil Pengamatan					Satuan
	TB-4-01	TB-4-02	TB-4-03	TB-4-04	TB-4-05	
Beban Maksimum	186,0	153,0	126,0	172,0	216,0	kN
Lama Pengujian						detik
Kuat Desak	2,53	2,13	1,74	2,36	2,96	Mpa
Rata-rata	2,35					Mpa

Variasi pH 5

f'c rencana :	25	Mpa		Variasi :	PH 5	
Dimensi Benda Uji Silinder						
Uraian	Hasil Pengamatan					Satuan
	TB-5-01	TB-5-02	TB-5-03	TB-5-04	TB-5-05	
Diameter	15,17	15,15	15,1	15,2	15,07	cm
Tinggi	30,6	30,49	30,52	30,495	30,27	cm
Berat	12,978	12,754	12,924	12,656	12,949	kg
Luas permukaan	1458,33	1451,18	1447,81	1456,20	1433,10	cm ²
	145833,36	145117,55	144780,93	145620,36	143309,69	mm ²
Hasil Uji Desak Silinder						
Uraian	Hasil Pengamatan					Satuan
	TB-5-01	TB-5-02	TB-5-03	TB-5-04	TB-5-05	
Beban Maksimum	135,0	155,0	175,0	213,0	193,0	kN
Lama Pengujian						detik
Kuat Desak	1,85	2,14	2,42	2,93	2,69	Mpa
Rata-rata	2,40					Mpa

Variasi pH 6

f'c rencana :	25	Mpa		Variasi :	PH 6	
Dimensi Benda Uji Silinder						
Uraian	Hasil Pengamatan					Satuan
	TB-6-01	TB-6-02	TB-6-03	TB-6-04	TB-6-05	
Diameter	15,13	15,14	15,12	15,07	15,15	cm
Tinggi	30,27	30,60	30,24	30,16	30,36	cm
Berat	13,029	12,94	13,038	12,923	12,957	kg
Luas permukaan	1438,80	1455,45	1436,43	1427,89	1444,99	cm ²
	143880,26	145544,96	143642,66	142788,90	144498,81	mm ²
Hasil Uji Desak Silinder						
Uraian	Hasil Pengamatan					Satuan
	TB-6-01	TB-6-02	TB-6-03	TB-6-04	TB-6-05	
Beban Maksimum	197,0	226,0	174,0	171,0	174,0	kN
Lama Pengujian						detik
Kuat Desak	2,74	3,11	2,42	2,40	2,41	Mpa
Rata-rata	2,61					Mpa

Variasi pH 7

f'c rencana :	25	Mpa		Variasi :	PH 7	
Dimensi Benda Uji Silinder						
Uraian	Hasil Pengamatan					Satuan
	TB-7-01	TB-7-02	TB-7-03	TB-7-04	TB-7-05	
Diameter	15,07	15,02	15,13	15,13	15,07	cm
Tinggi	30,62	30,34	30,21	30,39	30,65	cm
Berat	12,935	12,947	12,92	12,897	12,949	kg
Luas permukaan	1449,67	1431,65	1435,95	1444,51	1451,09	cm ²
	144966,72	143164,51	143595,07	144450,65	145108,75	mm ²
Hasil Uji Desak Silinder						
Uraian	Hasil Pengamatan					Satuan
	TB-7-01	TB-7-02	TB-7-03	TB-7-04	TB-7-05	
Beban Maksimum	190,0	262,0	151,0	206,0	234,0	kN
Lama Pengujian						detik
Kuat Desak	2,62	3,66	2,10	2,85	3,23	Mpa
Rata-rata	2,89					Mpa

Variasi pH 8

f'c rencana :	25	Mpa	Variasi :	PH 8		
Dimensi Benda Uji Silinder						
Uraian	Hasil Pengamatan					Satuan
	TB-8-01	TB-8-02	TB-8-03	TB-8-04	TB-8-05	
Diameter	15,2	15,07	15	15,1	15,11	cm
Tinggi	30,16	30,80	29,96	30,46	30,70	cm
Berat	13,014	13,064	12,758	13,009	12,881	kg
Luas permukaan	1440,21	1458,19	1411,83	1444,96	1457,31	cm ²
	144020,66	145818,91	141183,17	144496,30	145731,26	mm ²
Hasil Uji Desak Silinder						
Uraian	Hasil Pengamatan					Satuan
	TB-8-01	TB-8-02	TB-8-03	TB-8-04	TB-8-05	
Beban Maksimum	154,0	188,0	162,0	207,0	210,0	kN
Lama Pengujian						detik
Kuat Desak	2,14	2,58	2,29	2,87	2,88	Mpa
Rata-rata	2,55					Mpa

Variasi pH 9

f'c rencana :	25	Mpa	Variasi :	PH 9		
Dimensi Benda Uji Silinder						
Uraian	Hasil Pengamatan					Satuan
	TB-9-01	TB-9-02	TB-9-03	TB-9-04	TB-9-05	
Diameter	15,15	15,17	15,11	15,07	15,01	cm
Tinggi	30,415	30,860	30,810	30,49	30,5	cm
Berat	12,964	12,978	12,873	13,119	12,874	kg
Luas permukaan	1447,61	1470,72	1462,53	1443,51	1438,24	cm ²
	144760,58	147072,47	146253,42	144351,25	143823,68	mm ²
Hasil Uji Desak Silinder						
Uraian	Hasil Pengamatan					Satuan
	TB-9-01	TB-9-02	TB-9-03	TB-9-04	TB-9-05	
Beban Maksimum	122,0	199,0	152,0	172,0	201,0	kN
Lama Pengujian						detik
Kuat Desak	1,69	2,71	2,08	2,38	2,80	Mpa
Rata-rata	2,33					Mpa

Variasi pH 10

f'c rencana :	25	Mpa	Variasi :	PH 10		
Dimensi Benda Uji Silinder						
Uraian	Hasil Pengamatan					Satuan
	TB-10-01	TB-10-02	TB-10-03	TB-10-04	TB-10-05	
Diameter	15,01	15,01	15,01	15,05	15,02	cm
Tinggi	30,45	30,30	30,40	30,30	30,40	cm
Berat	12,681	12,752	12,752	12,837	12,741	kg
Luas permukaan	1435,88	1428,81	1433,52	1432,61	1434,48	cm ²
	143587,91	142880,58	143352,13	143261,34	143447,63	mm ²
Hasil Uji Desak Silinder						
Uraian	Hasil Pengamatan					Satuan
	TB-10-01	TB-10-02	TB-10-03	TB-10-04	TB-10-05	
Beban Maksimum	159	125	180	163	161	kN
Lama Pengujian						detik
Kuat Desak	2,21	1,75	2,51	2,28	2,24	Mpa
Rata-rata	2,20					Mpa

Lampiran 5 Laporan Sementara Hasil Modulus Elastisitas Beton

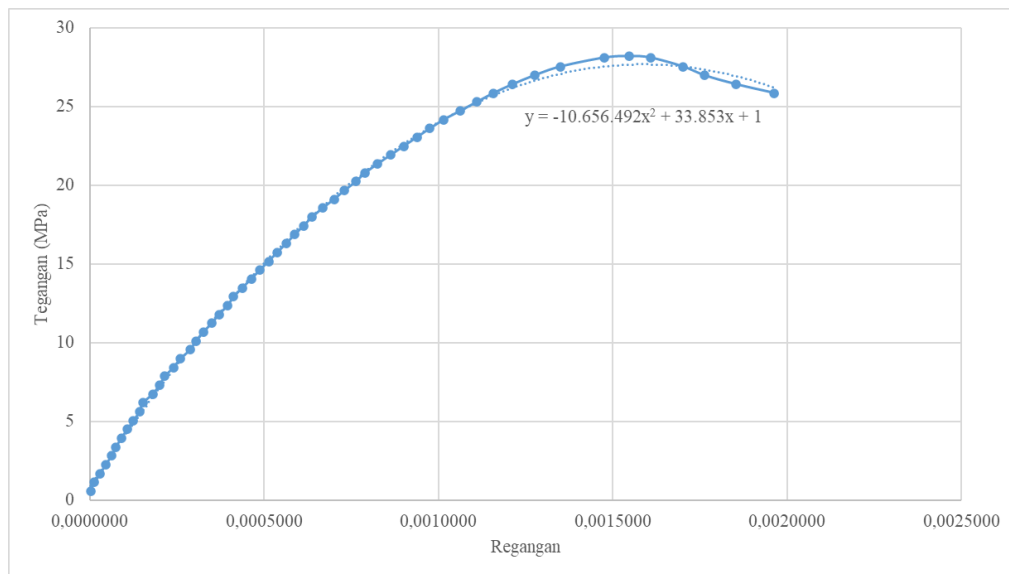
Variasi	Beton Kontrol
Jumlah Sampel	5
Benda Uji	TM-BK-01

Uraian	Silinder	
Diameter	150,5	mm
Tinggi	304,90	mm
Luas	17789,46	mm ²
Berat	12972	gr
Berat Volume	2,3916	gr/cm ³
	2391,589	kg/m ³
Lo	200	mm

Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
10	10000	1	0,0005	0,0000025	0,5621
20	20000	5	0,0025	0,0000125	1,1243
30	30000	12	0,0060	0,0000300	1,6864
40	40000	18	0,0090	0,0000450	2,2485
50	50000	25	0,0125	0,0000625	2,8107
60	60000	30	0,0150	0,0000750	3,3728
70	70000	36	0,0180	0,0000900	3,9349
80	80000	43	0,0215	0,0001075	4,4970
90	90000	50	0,0250	0,0001250	5,0592
100	100000	57	0,0285	0,0001425	5,6213
110	110000	61	0,0305	0,0001525	6,1834
120	120000	72	0,0360	0,0001800	6,7456
130	130000	80	0,0400	0,0002000	7,3077
140	140000	86	0,0430	0,0002150	7,8698
150	150000	96	0,0480	0,0002400	8,4320
160	160000	104	0,0520	0,0002600	8,9941
170	170000	115	0,0575	0,0002875	9,5562
180	180000	122	0,0610	0,0003050	10,1183
190	190000	130	0,0650	0,0003250	10,6805

Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
200	200000	140	0,0700	0,0003500	11,2426
210	210000	148	0,0740	0,0003700	11,8047
220	220000	158	0,0790	0,0003950	12,3669
230	230000	165	0,0825	0,0004125	12,9290
240	240000	175	0,0875	0,0004375	13,4911
250	250000	185	0,0925	0,0004625	14,0533
260	260000	195	0,0975	0,0004875	14,6154
270	270000	205	0,1025	0,0005125	15,1775
280	280000	215	0,1075	0,0005375	15,7397
290	290000	225	0,1125	0,0005625	16,3018
300	300000	235	0,1175	0,0005875	16,8639
310	310000	245	0,1225	0,0006125	17,4260
320	320000	255	0,1275	0,0006375	17,9882
330	330000	267	0,1335	0,0006675	18,5503
340	340000	280	0,1400	0,0007000	19,1124
350	350000	292	0,1460	0,0007300	19,6746
360	360000	305	0,1525	0,0007625	20,2367
370	370000	316	0,1580	0,0007900	20,7988
380	380000	330	0,1650	0,0008250	21,3610
390	390000	345	0,1725	0,0008625	21,9231
400	400000	360	0,1800	0,0009000	22,4852
410	410000	375	0,1875	0,0009375	23,0473
420	420000	390	0,1950	0,0009750	23,6095
430	430000	406	0,2030	0,0010150	24,1716
440	440000	425	0,2125	0,0010625	24,7337
450	450000	444	0,2220	0,0011100	25,2959
460	460000	463	0,2315	0,0011575	25,8580
470	470000	485	0,2425	0,0012125	26,4201
480	480000	510	0,2550	0,0012750	26,9823
490	490000	540	0,2700	0,0013500	27,5444
500	500000	590	0,2950	0,0014750	28,1065
501,6	501600	619	0,3095	0,0015475	28,1965
500	500000	643	0,3215	0,0016075	28,1065
490	490000	680	0,3400	0,0017000	27,5444
480	480000	705	0,3525	0,0017625	26,9823
470	470000	741	0,3705	0,0018525	26,4201

Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
460	460000	785	0,3925	0,0019625	25,8580
450	450000	786	0,3930	0,0019650	25,2959
440	440000	758	0,3790	0,0018950	24,7337
430	430000	769	0,3845	0,0019225	24,1716

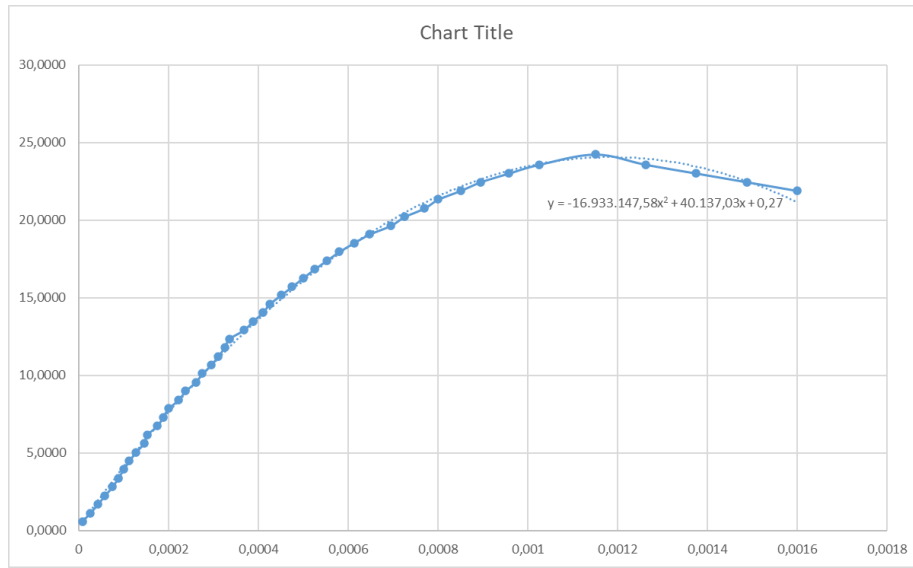


Variasi	Beton Kontrol
Jumlah Sampel	5
Benda Uji	TM-BK-02

Uraian	Silinder	
Diameter	150,6	mm
Tinggi	290,00	mm
Luas	17813,11	mm ²
Berat	13114	gr
Berat Volume	2,5386	gr/cm ³
	2538,618	kg/m ³
Lo	200	mm

Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
10	10000	3	0,0015	0,0000075	0,5614
20	20000	10	0,005	0,000025	1,1228
30	30000	17	0,0085	0,0000425	1,6842
40	40000	23	0,0115	0,0000575	2,2455
50	50000	30	0,015	0,000075	2,8069
60	60000	35	0,0175	0,0000875	3,3683
70	70000	40	0,02	0,0001	3,9297
80	80000	45	0,0225	0,0001125	4,4911
90	90000	51	0,0255	0,0001275	5,0525
100	100000	58	0,029	0,000145	5,6138
110	110000	61	0,0305	0,0001525	6,1752
120	120000	70	0,035	0,000175	6,7366
130	130000	75	0,0375	0,0001875	7,2980
140	140000	80	0,04	0,0002	7,8594
150	150000	89	0,0445	0,0002225	8,4208
160	160000	95	0,0475	0,0002375	8,9821
170	170000	104	0,052	0,00026	9,5435
180	180000	110	0,055	0,000275	10,1049
190	190000	118	0,059	0,000295	10,6663
200	200000	124	0,062	0,00031	11,2277
210	210000	130	0,065	0,000325	11,7891
220	220000	134	0,067	0,000335	12,3505
230	230000	147	0,0735	0,0003675	12,9118

Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
240	240000	155	0,0775	0,0003875	13,4732
250	250000	164	0,082	0,00041	14,0346
260	260000	170	0,085	0,000425	14,5960
270	270000	180	0,09	0,00045	15,1574
280	280000	190	0,095	0,000475	15,7188
290	290000	200	0,1	0,0005	16,2801
300	300000	210	0,105	0,000525	16,8415
310	310000	221	0,1105	0,0005525	17,4029
320	320000	232	0,116	0,00058	17,9643
330	330000	245	0,1225	0,0006125	18,5257
340	340000	259	0,1295	0,0006475	19,0871
350	350000	278	0,139	0,000695	19,6484
360	360000	290	0,145	0,000725	20,2098
370	370000	308	0,154	0,00077	20,7712
380	380000	320	0,16	0,0008	21,3326
390	390000	340	0,17	0,00085	21,8940
400	400000	358	0,179	0,000895	22,4554
410	410000	383	0,1915	0,0009575	23,0168
420	420000	410	0,205	0,001025	23,5781
432	431800	460	0,23	0,00115	24,2406
420	420000	505	0,2525	0,0012625	23,5781
410	410000	550	0,275	0,001375	23,0168
400	400000	595	0,2975	0,0014875	22,4554
390	390000	640	0,32	0,0016	21,8940
380	380000	690	0,345	0,001725	21,3326

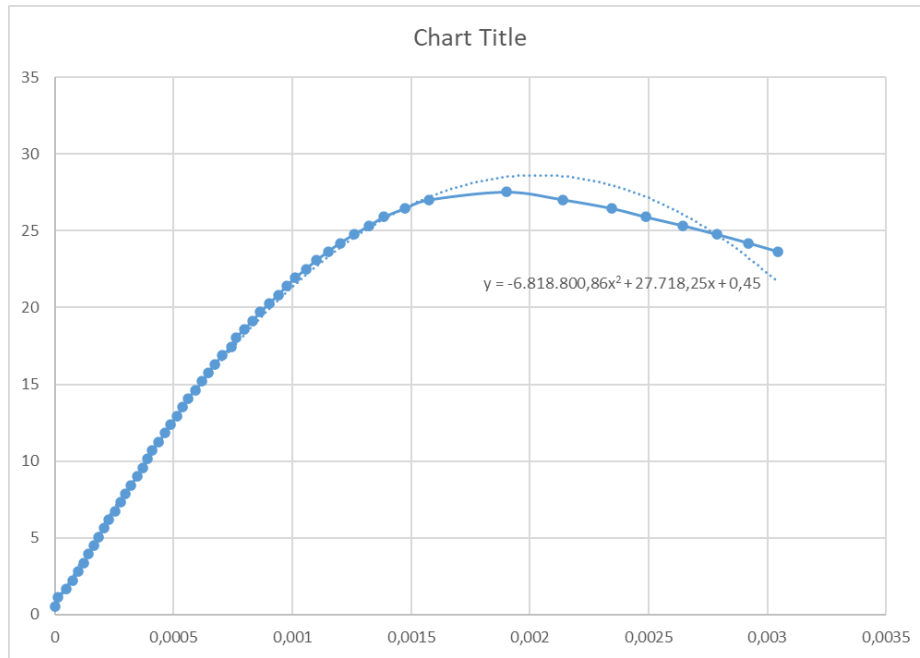


Variasi	Beton Kontrol
Jumlah Sampel	5
Benda Uji	TM-BK-03

Uraian	Silinder	
Diameter	150,4	mm
Tinggi	301,50	mm
Luas	17765,83	mm ²
Berat	13055	gr
Berat Volume	2,4373	gr/cm ³
	2437,272	kg/m ³
Lo	200	mm

Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
10	10000	0	0	0	0,5629
20	20000	5	0,0025	0,0000125	1,1258
30	30000	19	0,0095	0,0000475	1,6886
40	40000	30	0,015	0,000075	2,2515
50	50000	40	0,02	0,0001	2,8144
60	60000	49	0,0245	0,0001225	3,3773
70	70000	57	0,0285	0,0001425	3,9401
80	80000	65	0,0325	0,0001625	4,5030
90	90000	74	0,037	0,000185	5,0659
100	100000	83	0,0415	0,0002075	5,6288
110	110000	90	0,045	0,000225	6,1917
120	120000	101	0,0505	0,0002525	6,7545
130	130000	110	0,055	0,000275	7,3174
140	140000	118	0,059	0,000295	7,8803
150	150000	128	0,064	0,00032	8,4432
160	160000	139	0,0695	0,0003475	9,0061
170	170000	148	0,074	0,00037	9,5689
180	180000	156	0,078	0,00039	10,1318
190	190000	164	0,082	0,00041	10,6947
200	200000	175	0,0875	0,0004375	11,2576
210	210000	186	0,093	0,000465	11,8204
220	220000	195	0,0975	0,0004875	12,3833
230	230000	205	0,1025	0,0005125	12,9462

Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
240	240000	215	0,1075	0,0005375	13,5091
250	250000	224	0,112	0,00056	14,0720
260	260000	237	0,1185	0,0005925	14,6348
270	270000	248	0,124	0,00062	15,1977
280	280000	259	0,1295	0,0006475	15,7606
290	290000	270	0,135	0,000675	16,3235
300	300000	282	0,141	0,000705	16,8863
310	310000	297	0,1485	0,0007425	17,4492
320	320000	305	0,1525	0,0007625	18,0121
330	330000	319	0,1595	0,0007975	18,5750
340	340000	333	0,1665	0,0008325	19,1379
350	350000	346	0,173	0,000865	19,7007
360	360000	361	0,1805	0,0009025	20,2636
370	370000	376	0,188	0,00094	20,8265
380	380000	390	0,195	0,000975	21,3894
390	390000	405	0,2025	0,0010125	21,9523
400	400000	423	0,2115	0,0010575	22,5151
410	410000	440	0,22	0,0011	23,0780
420	420000	460	0,23	0,00115	23,6409
430	430000	480	0,24	0,0012	24,2038
440	440000	504	0,252	0,00126	24,7666
450	450000	529	0,2645	0,0013225	25,3295
460	460000	554	0,277	0,001385	25,8924
470	470000	589	0,2945	0,0014725	26,4553
480	480000	630	0,315	0,001575	27,0182
489	489000	760	0,38	0,0019	27,5247
480	480000	856	0,428	0,00214	27,0182
470	470000	938	0,469	0,002345	26,4553
460	460000	996	0,498	0,00249	25,8924
450	450000	1058	0,529	0,002645	25,3295
440	440000	1115	0,5575	0,0027875	24,7666
430	430000	1168	0,584	0,00292	24,2038
420	420000	1218	0,609	0,003045	23,6409

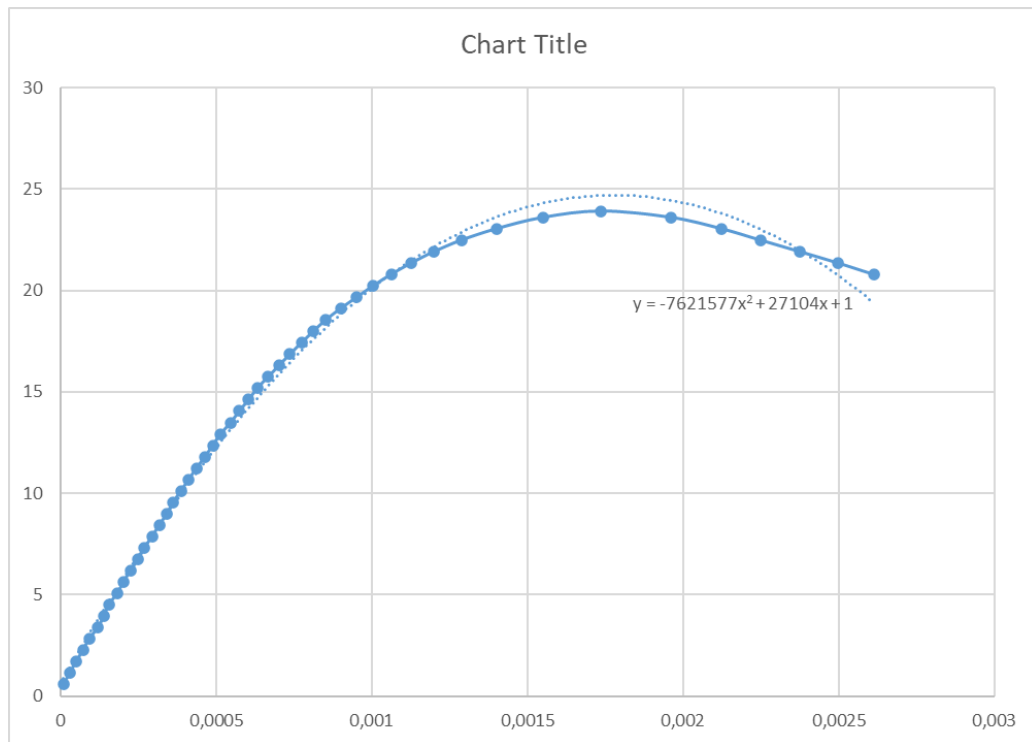


Variasi	Beton Kontrol
Jumlah Sampel	5
Benda Uji	TM-BK-04

Uraian	Silinder	
Diameter	150,5	mm
Tinggi	303,00	mm
Luas	17789,46475	mm ²
Berat	12967	gr
Berat Volume	2,4057	gr/cm ³
	2405,658638	kg/m ³
Lo	200	mm

Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/Lo$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
10	10000	4	0,002	0,00001	0,5621
20	20000	12	0,006	0,00003	1,1243
30	30000	20	0,01	0,00005	1,6864
40	40000	29	0,0145	0,0000725	2,2485
50	50000	37	0,0185	0,0000925	2,8107
60	60000	48	0,024	0,00012	3,3728
70	70000	56	0,028	0,00014	3,9349
80	80000	62	0,031	0,000155	4,4970
90	90000	73	0,0365	0,0001825	5,0592
100	100000	81	0,0405	0,0002025	5,6213
110	110000	90	0,045	0,000225	6,1834
120	120000	100	0,05	0,00025	6,7456
130	130000	108	0,054	0,00027	7,3077
140	140000	118	0,059	0,000295	7,8698
150	150000	127	0,0635	0,0003175	8,4320
160	160000	137	0,0685	0,0003425	8,9941
170	170000	145	0,0725	0,0003625	9,5562
180	180000	155	0,0775	0,0003875	10,1183
190	190000	165	0,0825	0,0004125	10,6805
200	200000	175	0,0875	0,0004375	11,2426
210	210000	186	0,093	0,000465	11,8047
220	220000	196	0,098	0,00049	12,3669
230	230000	206	0,103	0,000515	12,9290

Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
240	240000	219	0,1095	0,0005475	13,4911
250	250000	230	0,115	0,000575	14,0533
260	260000	242	0,121	0,000605	14,6154
270	270000	253	0,1265	0,0006325	15,1775
280	280000	267	0,1335	0,0006675	15,7397
290	290000	281	0,1405	0,0007025	16,3018
300	300000	295	0,1475	0,0007375	16,8639
310	310000	310	0,155	0,000775	17,4260
320	320000	325	0,1625	0,0008125	17,9882
330	330000	341	0,1705	0,0008525	18,5503
340	340000	360	0,18	0,0009	19,1124
350	350000	381	0,1905	0,0009525	19,6746
360	360000	402	0,201	0,001005	20,2367
370	370000	425	0,2125	0,0010625	20,7988
380	380000	451	0,2255	0,0011275	21,3610
390	390000	480	0,24	0,0012	21,9231
400	400000	515	0,2575	0,0012875	22,4852
410	410000	560	0,28	0,0014	23,0473
420	420000	620	0,31	0,00155	23,6095
425,6	425600	695	0,3475	0,0017375	23,9243
420	420000	785	0,3925	0,0019625	23,6095
410	410000	850	0,425	0,002125	23,0473
400	400000	900	0,45	0,00225	22,4852
390	390000	950	0,475	0,002375	21,9231
380	380000	999	0,4995	0,0024975	21,3610
370	370000	1045	0,5225	0,0026125	20,7988

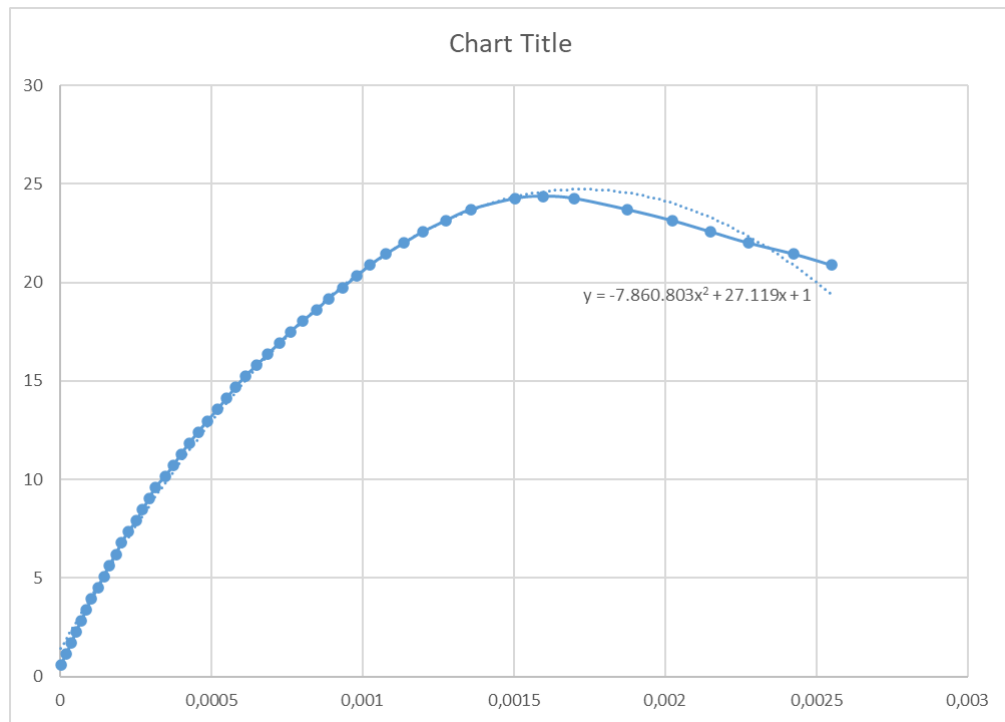


Variasi	Beton Kontrol
Jumlah Sampel	5
Benda Uji	TM-BK-05

Uraian	Silinder	
Diameter	150,2	mm
Tinggi	304,00	mm
Luas	17718,61	mm ²
Berat	12875	gr
Berat Volume	2,3903	gr/cm ³
	2390,253195	kg/m ³
Lo	200	mm

Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
10	10000	1	0,0005	0,0000025	0,5644
20	20000	8	0,004	0,00002	1,1288
30	30000	15	0,0075	0,0000375	1,6931
40	40000	21	0,0105	0,0000525	2,2575
50	50000	28	0,014	0,00007	2,8219
60	60000	35	0,0175	0,0000875	3,3863
70	70000	42	0,021	0,000105	3,9506
80	80000	50	0,025	0,000125	4,5150
90	90000	58	0,029	0,000145	5,0794
100	100000	65	0,0325	0,0001625	5,6438
110	110000	74	0,037	0,000185	6,2082
120	120000	81	0,0405	0,0002025	6,7725
130	130000	90	0,045	0,000225	7,3369
140	140000	101	0,0505	0,0002525	7,9013
150	150000	109	0,0545	0,0002725	8,4657
160	160000	118	0,059	0,000295	9,0301
170	170000	126	0,063	0,000315	9,5944
180	180000	139	0,0695	0,0003475	10,1588
190	190000	150	0,075	0,000375	10,7232
200	200000	160	0,08	0,0004	11,2876
210	210000	171	0,0855	0,0004275	11,8519
220	220000	183	0,0915	0,0004575	12,4163
230	230000	195	0,0975	0,0004875	12,9807

Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
240	240000	208	0,104	0,00052	13,5451
250	250000	220	0,11	0,00055	14,1095
260	260000	232	0,116	0,00058	14,6738
270	270000	245	0,1225	0,0006125	15,2382
280	280000	260	0,13	0,00065	15,8026
290	290000	275	0,1375	0,0006875	16,3670
300	300000	290	0,145	0,000725	16,9313
310	310000	305	0,1525	0,0007625	17,4957
320	320000	321	0,1605	0,0008025	18,0601
330	330000	340	0,17	0,00085	18,6245
340	340000	355	0,1775	0,0008875	19,1889
350	350000	374	0,187	0,000935	19,7532
360	360000	392	0,196	0,00098	20,3176
370	370000	410	0,205	0,001025	20,8820
380	380000	431	0,2155	0,0010775	21,4464
390	390000	455	0,2275	0,0011375	22,0108
400	400000	480	0,24	0,0012	22,5751
410	410000	510	0,255	0,001275	23,1395
420	420000	543	0,2715	0,0013575	23,7039
430	430000	602	0,301	0,001505	24,2683
432	432000	639	0,3195	0,0015975	24,3811
430	430000	680	0,34	0,0017	24,2683
420	420000	750	0,375	0,001875	23,7039
410	410000	810	0,405	0,002025	23,1395
400	400000	860	0,43	0,00215	22,5751
390	390000	910	0,455	0,002275	22,0108
380	380000	970	0,485	0,002425	21,4464
370	370000	1020	0,51	0,00255	20,8820

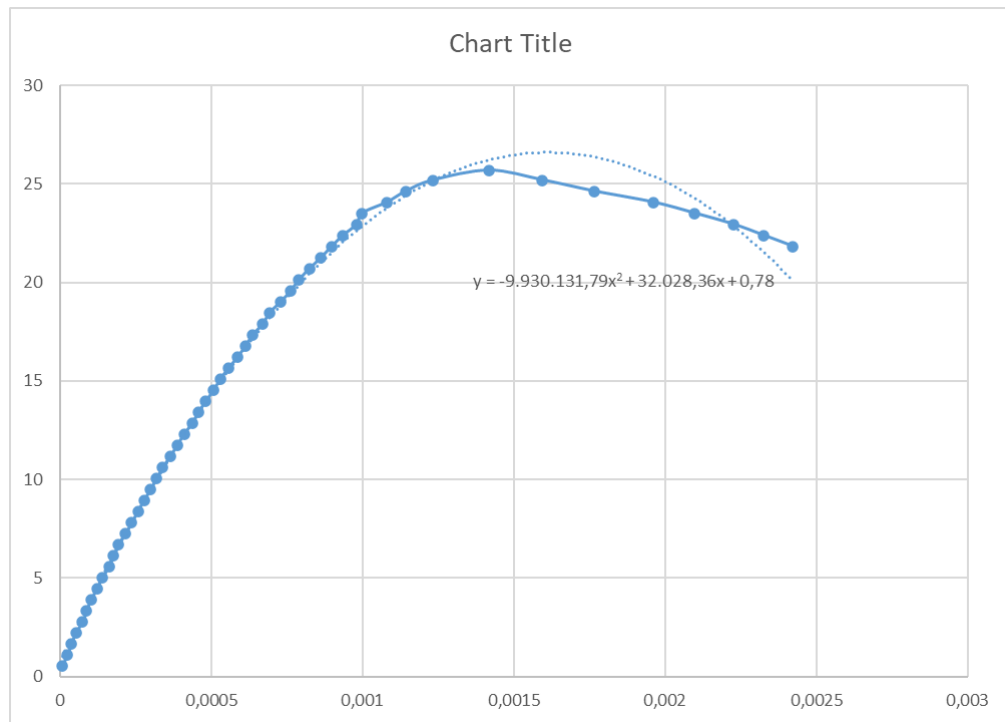


Variasi	pH 4
Jumlah Sampel	5
Benda Uji	TM-4-01

Uraian	Silinder	
Diameter	150,8	mm
Tinggi	306,2	mm
Luas	17860,46	mm ²
Berat	12970	gr
Berat Volume	2,3716	gr/cm ³
	2371,604	kg/m ³
Lo	200	mm

Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
10	10000	3	0,0015	0,0000075	0,5599
20	20000	10	0,005	0,000025	1,1198
30	30000	15	0,0075	0,0000375	1,6797
40	40000	21	0,0105	0,0000525	2,2396
50	50000	30	0,015	0,000075	2,7995
60	60000	35	0,0175	0,0000875	3,3594
70	70000	41	0,0205	0,0001025	3,9193
80	80000	49	0,0245	0,0001225	4,4792
90	90000	56	0,028	0,00014	5,0391
100	100000	65	0,0325	0,0001625	5,5990
110	110000	71	0,0355	0,0001775	6,1589
120	120000	77	0,0385	0,0001925	6,7188
130	130000	87	0,0435	0,0002175	7,2786
140	140000	95	0,0475	0,0002375	7,8385
150	150000	103	0,0515	0,0002575	8,3984
160	160000	111	0,0555	0,0002775	8,9583
170	170000	120	0,06	0,0003	9,5182
180	180000	128	0,064	0,00032	10,0781
190	190000	136	0,068	0,00034	10,6380
200	200000	146	0,073	0,000365	11,1979
210	210000	155	0,0775	0,0003875	11,7578
220	220000	164	0,082	0,00041	12,3177
230	230000	175	0,0875	0,0004375	12,8776

Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
240	240000	183	0,0915	0,0004575	13,4375
250	250000	193	0,0965	0,0004825	13,9974
260	260000	203	0,1015	0,0005075	14,5573
270	270000	212	0,106	0,00053	15,1172
280	280000	223	0,1115	0,0005575	15,6771
290	290000	235	0,1175	0,0005875	16,2370
300	300000	245	0,1225	0,0006125	16,7969
310	310000	255	0,1275	0,0006375	17,3568
320	320000	268	0,134	0,00067	17,9167
330	330000	277	0,1385	0,0006925	18,4766
340	340000	292	0,146	0,00073	19,0365
350	350000	305	0,1525	0,0007625	19,5964
360	360000	316	0,158	0,00079	20,1563
370	370000	330	0,165	0,000825	20,7162
380	380000	345	0,1725	0,0008625	21,2761
390	390000	359	0,1795	0,0008975	21,8359
400	400000	374	0,187	0,000935	22,3958
410	410000	392	0,196	0,00098	22,9557
420	420000	399	0,1995	0,0009975	23,5156
430	430000	432	0,216	0,00108	24,0755
440	440000	457	0,2285	0,0011425	24,6354
450	450000	493	0,2465	0,0012325	25,1953
458,8	458800	567	0,2835	0,0014175	25,6880
450	450000	638	0,319	0,001595	25,1953
440	440000	706	0,353	0,001765	24,6354
430	430000	784	0,392	0,00196	24,0755
420	420000	839	0,4195	0,0020975	23,5156
410	410000	890	0,445	0,002225	22,9557
400	400000	930	0,465	0,002325	22,3958
390	390000	969	0,4845	0,0024225	21,8359

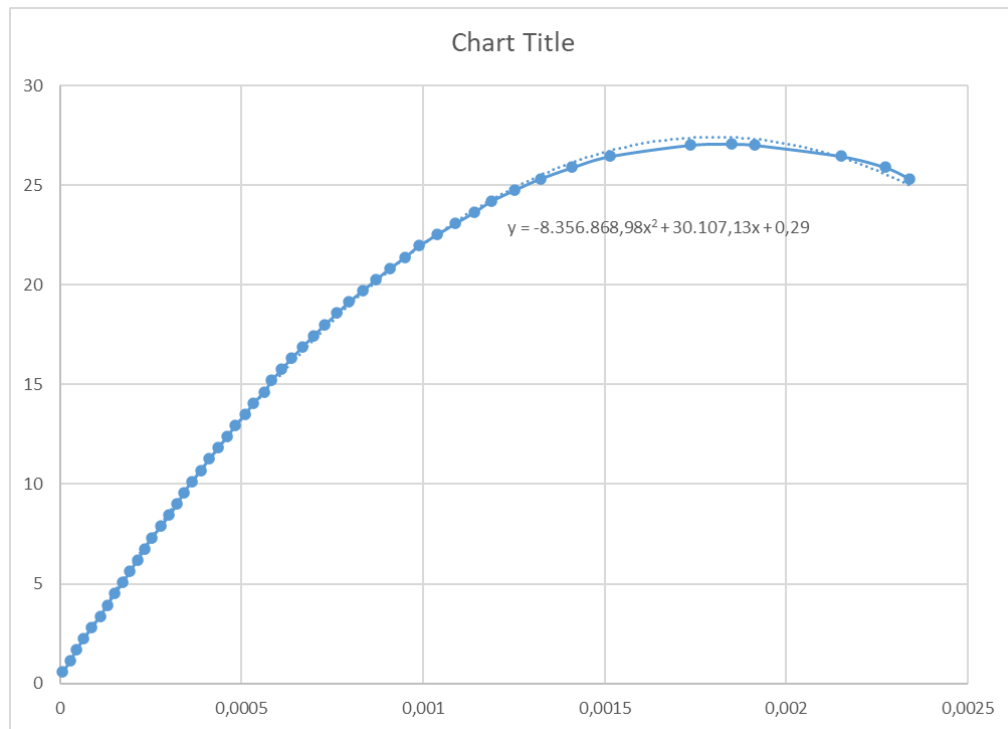


Variasi	pH 4
Jumlah Sampel	5
Benda Uji	TM-4-02

Uraian	Silinder	
Diameter	150,4	mm
Tinggi	307,00	mm
Luas	17765,83	mm ²
Berat	13151	gr
Berat Volume	2,4112	gr/cm ³
	2411,209	kg/m ³
Lo	200	mm

Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
10	10000	3	0,0015	0,0000075	0,5629
20	20000	11	0,0055	0,0000275	1,1258
30	30000	18	0,009	0,000045	1,6886
40	40000	26	0,013	0,000065	2,2515
50	50000	35	0,0175	0,0000875	2,8144
60	60000	44	0,022	0,00011	3,3773
70	70000	52	0,026	0,00013	3,9401
80	80000	60	0,03	0,00015	4,5030
90	90000	69	0,0345	0,0001725	5,0659
100	100000	77	0,0385	0,0001925	5,6288
110	110000	85	0,0425	0,0002125	6,1917
120	120000	93	0,0465	0,0002325	6,7545
130	130000	101	0,0505	0,0002525	7,3174
140	140000	111	0,0555	0,0002775	7,8803
150	150000	120	0,06	0,0003	8,4432
160	160000	129	0,0645	0,0003225	9,0061
170	170000	136	0,068	0,00034	9,5689
180	180000	145	0,0725	0,0003625	10,1318
190	190000	155	0,0775	0,0003875	10,6947
200	200000	164	0,082	0,00041	11,2576
210	210000	174	0,087	0,000435	11,8204
220	220000	184	0,092	0,00046	12,3833
230	230000	193	0,0965	0,0004825	12,9462

Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
240	240000	204	0,102	0,00051	13,5091
250	250000	213	0,1065	0,0005325	14,0720
260	260000	225	0,1125	0,0005625	14,6348
270	270000	233	0,1165	0,0005825	15,1977
280	280000	244	0,122	0,00061	15,7606
290	290000	255	0,1275	0,0006375	16,3235
300	300000	267	0,1335	0,0006675	16,8863
310	310000	279	0,1395	0,0006975	17,4492
320	320000	292	0,146	0,00073	18,0121
330	330000	305	0,1525	0,0007625	18,5750
340	340000	318	0,159	0,000795	19,1379
350	350000	333	0,1665	0,0008325	19,7007
360	360000	348	0,174	0,00087	20,2636
370	370000	363	0,1815	0,0009075	20,8265
380	380000	380	0,19	0,00095	21,3894
390	390000	395	0,1975	0,0009875	21,9523
400	400000	415	0,2075	0,0010375	22,5151
410	410000	435	0,2175	0,0010875	23,0780
420	420000	456	0,228	0,00114	23,6409
430	430000	475	0,2375	0,0011875	24,2038
440	440000	501	0,2505	0,0012525	24,7666
450	450000	529	0,2645	0,0013225	25,3295
460	460000	564	0,282	0,00141	25,8924
470	470000	606	0,303	0,001515	26,4553
480	480000	694	0,347	0,001735	27,0182
480,9	480900	740	0,37	0,00185	27,0688
480	480000	765	0,3825	0,0019125	27,0182
470	470000	860	0,43	0,00215	26,4553
460	460000	909	0,4545	0,0022725	25,8924
450	450000	936	0,468	0,00234	25,3295
440	440000	958	0,479	0,002395	24,7666
430	430000	980	0,49	0,00245	24,2038
420	420000	1000	0,5	0,0025	23,6409
410	410000	1022	0,511	0,002555	23,0780

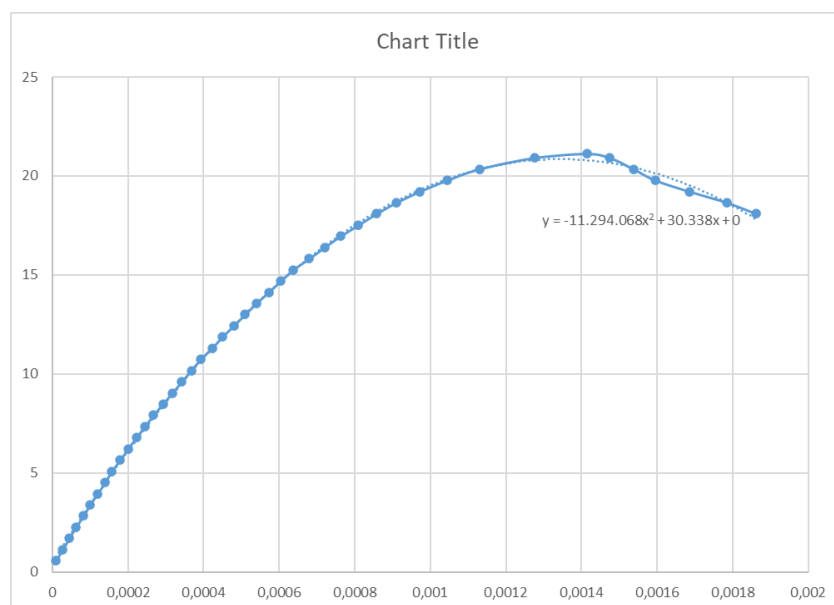


Variasi	pH 4
Jumlah Sampel	5
Benda Uji	TM-4-03

Uraian	Silinder	
Diameter	150,1	mm
Tinggi	304,00	mm
Luas	17695,03	mm ²
Berat	12786	gr
Berat Volume	2,3769	gr/cm ³
	2376,894	kg/m ³
Lo	200	mm

Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
10	10000	4	0,002	0,00001	0,5651
20	20000	11	0,0055	0,0000275	1,1303
30	30000	18	0,009	0,000045	1,6954
40	40000	25	0,0125	0,0000625	2,2605
50	50000	33	0,0165	0,0000825	2,8257
60	60000	40	0,02	0,0001	3,3908
70	70000	48	0,024	0,00012	3,9559
80	80000	56	0,028	0,00014	4,5210
90	90000	63	0,0315	0,0001575	5,0862
100	100000	72	0,036	0,00018	5,6513
110	110000	80	0,04	0,0002	6,2164
120	120000	89	0,0445	0,0002225	6,7816
130	130000	98	0,049	0,000245	7,3467
140	140000	107	0,0535	0,0002675	7,9118
150	150000	117	0,0585	0,0002925	8,4770
160	160000	127	0,0635	0,0003175	9,0421
170	170000	137	0,0685	0,0003425	9,6072
180	180000	147	0,0735	0,0003675	10,1723
190	190000	157	0,0785	0,0003925	10,7375
200	200000	169	0,0845	0,0004225	11,3026
210	210000	180	0,09	0,00045	11,8677
220	220000	192	0,096	0,00048	12,4329
230	230000	204	0,102	0,00051	12,9980

Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
240	240000	216	0,108	0,00054	13,5631
250	250000	229	0,1145	0,0005725	14,1283
260	260000	242	0,121	0,000605	14,6934
270	270000	255	0,1275	0,0006375	15,2585
280	280000	272	0,136	0,00068	15,8237
290	290000	288	0,144	0,00072	16,3888
300	300000	305	0,1525	0,0007625	16,9539
310	310000	324	0,162	0,00081	17,5190
320	320000	343	0,1715	0,0008575	18,0842
330	330000	364	0,182	0,00091	18,6493
340	340000	389	0,1945	0,0009725	19,2144
350	350000	418	0,209	0,001045	19,7796
360	360000	452	0,226	0,00113	20,3447
370	370000	510	0,255	0,001275	20,9098
374	373700	566	0,283	0,001415	21,1189
370	370000	590	0,295	0,001475	20,9098
360	360000	615	0,3075	0,0015375	20,3447
350	350000	638	0,319	0,001595	19,7796
340	340000	674	0,337	0,001685	19,2144
330	330000	714	0,357	0,001785	18,6493
320	320000	745	0,3725	0,0018625	18,0842

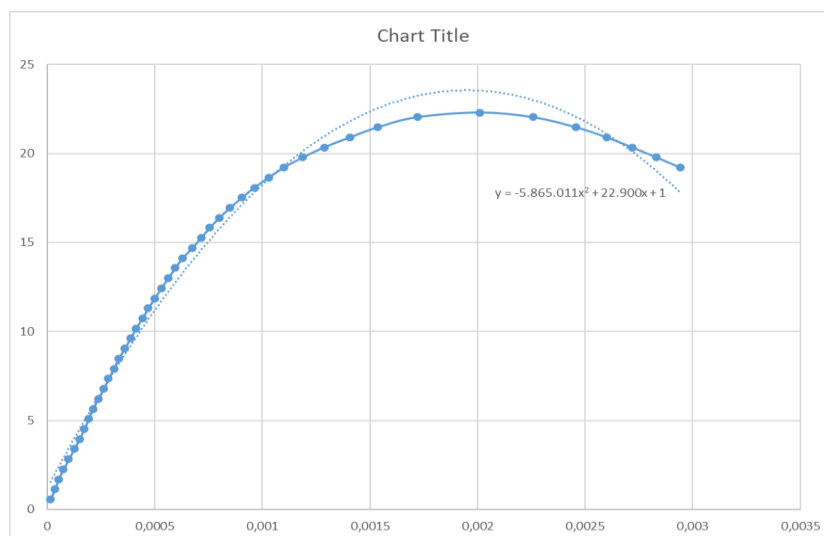


Variasi	pH 4
Jumlah Sampel	5
Benda Uji	TM-4-04

Uraian	Silinder	
Diameter	150,1	mm
Tinggi	303,00	mm
Luas	17695,03	mm ²
Berat	12767	gr
Berat Volume	2,3812	gr/cm ³
	2381,195	kg/m ³
Lo	200	mm

Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
10	10000	6	0,003	0,000015	0,5651
20	20000	14	0,007	0,000035	1,1303
30	30000	21	0,0105	0,0000525	1,6954
40	40000	30	0,015	0,000075	2,2605
50	50000	40	0,02	0,0001	2,8257
60	60000	50	0,025	0,000125	3,3908
70	70000	60	0,03	0,00015	3,9559
80	80000	69	0,0345	0,0001725	4,5210
90	90000	77	0,0385	0,0001925	5,0862
100	100000	85	0,0425	0,0002125	5,6513
110	110000	95	0,0475	0,0002375	6,2164
120	120000	105	0,0525	0,0002625	6,7816
130	130000	114	0,057	0,000285	7,3467
140	140000	124	0,062	0,00031	7,9118
150	150000	133	0,0665	0,0003325	8,4770
160	160000	144	0,072	0,00036	9,0421
170	170000	155	0,0775	0,0003875	9,6072
180	180000	165	0,0825	0,0004125	10,1723
190	190000	177	0,0885	0,0004425	10,7375
200	200000	188	0,094	0,00047	11,3026
210	210000	200	0,1	0,0005	11,8677
220	220000	212	0,106	0,00053	12,4329
230	230000	225	0,1125	0,0005625	12,9980

Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
240	240000	238	0,119	0,000595	13,5631
250	250000	252	0,126	0,00063	14,1283
260	260000	270	0,135	0,000675	14,6934
270	270000	286	0,143	0,000715	15,2585
280	280000	302	0,151	0,000755	15,8237
290	290000	320	0,16	0,0008	16,3888
300	300000	340	0,17	0,00085	16,9539
310	310000	362	0,181	0,000905	17,5190
320	320000	385	0,1925	0,0009625	18,0842
330	330000	412	0,206	0,00103	18,6493
340	340000	440	0,22	0,0011	19,2144
350	350000	475	0,2375	0,0011875	19,7796
360	360000	515	0,2575	0,0012875	20,3447
370	370000	563	0,2815	0,0014075	20,9098
380	380000	615	0,3075	0,0015375	21,4750
390	390000	688	0,344	0,00172	22,0401
394,6	394600	805	0,4025	0,0020125	22,3000
390	390000	903	0,4515	0,0022575	22,0401
380	380000	983	0,4915	0,0024575	21,4750
370	370000	1040	0,52	0,0026	20,9098
360	360000	1088	0,544	0,00272	20,3447
350	350000	1133	0,5665	0,0028325	19,7796
340	340000	1177	0,5885	0,0029425	19,2144

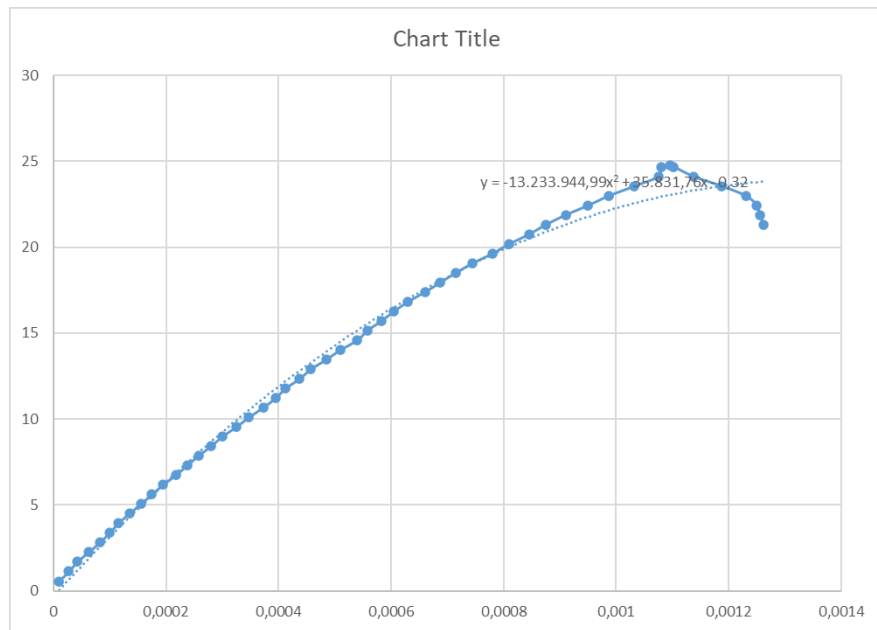


Variasi	pH 4
Jumlah Sampel	5
Benda Uji	TM-4-05

Uraian	Silinder	
Diameter	150,7	mm
Tinggi	302,20	mm
Luas	17836,78	mm ²
Berat	13155	gr
Berat Volume	2,4405	gr/cm ³
	2440,507	kg/m ³
Lo	200	mm

Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
10	10000	4	0,002	0,00001	0,5606
20	20000	11	0,0055	0,0000275	1,1213
30	30000	17	0,0085	0,0000425	1,6819
40	40000	25	0,0125	0,0000625	2,2426
50	50000	33	0,0165	0,0000825	2,8032
60	60000	40	0,02	0,0001	3,3638
70	70000	46	0,023	0,000115	3,9245
80	80000	54	0,027	0,000135	4,4851
90	90000	62	0,031	0,000155	5,0458
100	100000	70	0,035	0,000175	5,6064
110	110000	78	0,039	0,000195	6,1670
120	120000	87	0,0435	0,0002175	6,7277
130	130000	95	0,0475	0,0002375	7,2883
140	140000	103	0,0515	0,0002575	7,8490
150	150000	112	0,056	0,00028	8,4096
160	160000	120	0,06	0,0003	8,9702
170	170000	130	0,065	0,000325	9,5309
180	180000	139	0,0695	0,0003475	10,0915
190	190000	149	0,0745	0,0003725	10,6521
200	200000	158	0,079	0,000395	11,2128
210	210000	165	0,0825	0,0004125	11,7734
220	220000	175	0,0875	0,0004375	12,3341
230	230000	183	0,0915	0,0004575	12,8947

Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
240	240000	194	0,097	0,000485	13,4553
250	250000	204	0,102	0,00051	14,0160
260	260000	216	0,108	0,00054	14,5766
270	270000	223	0,1115	0,0005575	15,1373
280	280000	233	0,1165	0,0005825	15,6979
290	290000	242	0,121	0,000605	16,2585
300	300000	252	0,126	0,00063	16,8192
310	310000	264	0,132	0,00066	17,3798
320	320000	275	0,1375	0,0006875	17,9405
330	330000	286	0,143	0,000715	18,5011
340	340000	298	0,149	0,000745	19,0617
350	350000	312	0,156	0,00078	19,6224
360	360000	324	0,162	0,00081	20,1830
370	370000	338	0,169	0,000845	20,7437
380	380000	350	0,175	0,000875	21,3043
390	390000	364	0,182	0,00091	21,8649
400	400000	380	0,19	0,00095	22,4256
410	410000	395	0,1975	0,0009875	22,9862
420	420000	413	0,2065	0,0010325	23,5469
430	430000	430	0,215	0,001075	24,1075
440	440000	432	0,216	0,00108	24,6681
441,5	441500	438	0,219	0,001095	24,7522
440	440000	441	0,2205	0,0011025	24,6681
430	430000	455	0,2275	0,0011375	24,1075
420	420000	475	0,2375	0,0011875	23,5469
410	410000	492	0,246	0,00123	22,9862
400	400000	500	0,25	0,00125	22,4256
390	390000	502	0,251	0,001255	21,8649
380	380000	505	0,2525	0,0012625	21,3043

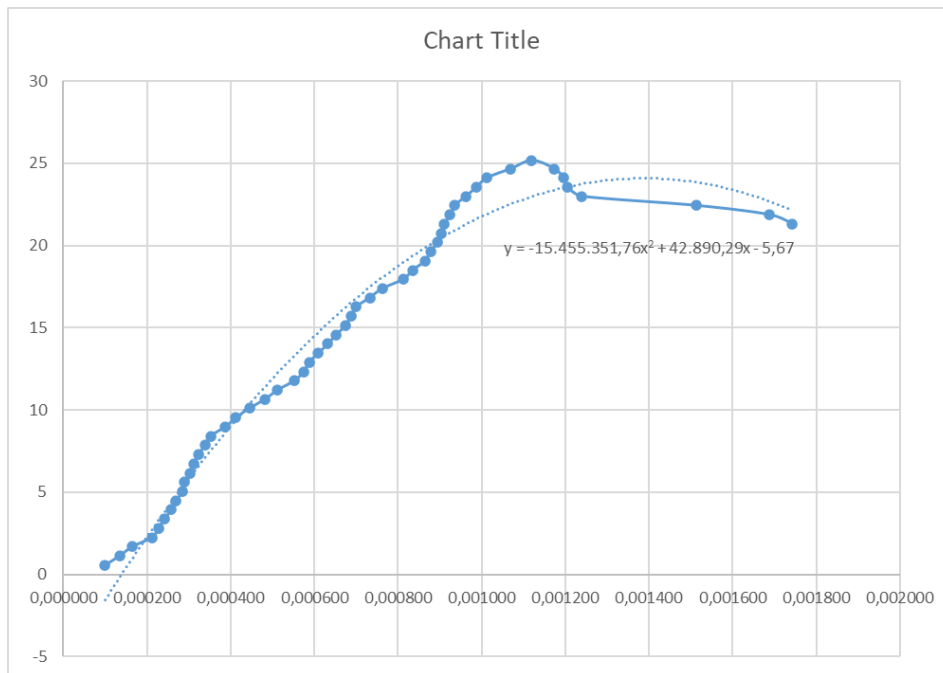


Variasi	pH 5
Jumlah Sampel	5
Benda Uji	TM-5-01

Uraian	Silinder	
Diameter	150,7	mm
Tinggi	306	mm
Luas	17836,78	mm ²
Berat	13130,00	gr
Berat Volume	2,4056	gr/cm ³
	2405,619	kg/m ³
Lo	200	mm

Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
10	10000	40	0,02	0,000100	0,5606
20	20000	54	0,027	0,000135	1,1213
30	30000	66	0,033	0,000165	1,6819
40	40000	85	0,0425	0,0002125	2,2426
50	50000	91	0,0455	0,0002275	2,8032
60	60000	97	0,0485	0,0002425	3,3638
70	70000	103	0,0515	0,0002575	3,9245
80	80000	108	0,054	0,00027	4,4851
90	90000	114	0,057	0,000285	5,0458
100	100000	116	0,058	0,00029	5,6064
110	110000	121	0,0605	0,0003025	6,1670
120	120000	125	0,0625	0,0003125	6,7277
130	130000	129	0,0645	0,0003225	7,2883
140	140000	136	0,068	0,00034	7,8490
150	150000	141	0,0705	0,0003525	8,4096
160	160000	155	0,0775	0,0003875	8,9702
170	170000	165	0,0825	0,0004125	9,5309
180	180000	178	0,089	0,000445	10,0915
190	190000	193	0,0965	0,0004825	10,6521
200	200000	205	0,1025	0,0005125	11,2128
210	210000	221	0,1105	0,0005525	11,7734
220	220000	230	0,115	0,000575	12,3341
230	230000	235	0,1175	0,0005875	12,8947

Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
240	240000	244	0,122	0,00061	13,4553
250	250000	253	0,1265	0,0006325	14,0160
260	260000	261	0,1305	0,0006525	14,5766
270	270000	270	0,135	0,000675	15,1373
280	280000	275	0,1375	0,0006875	15,6979
290	290000	280	0,14	0,0007	16,2585
300	300000	293	0,1465	0,0007325	16,8192
310	310000	305	0,1525	0,0007625	17,3798
320	320000	325	0,1625	0,0008125	17,9405
330	330000	334	0,167	0,000835	18,5011
340	340000	346	0,173	0,000865	19,0617
350	350000	351	0,1755	0,0008775	19,6224
360	360000	358	0,179	0,000895	20,1830
370	370000	361	0,1805	0,0009025	20,7437
380	380000	364	0,182	0,00091	21,3043
390	390000	370	0,185	0,000925	21,8649
400	400000	374	0,187	0,000935	22,4256
410	410000	385	0,1925	0,0009625	22,9862
420	420000	395	0,1975	0,0009875	23,5469
430	430000	405	0,2025	0,0010125	24,1075
440	440000	428	0,214	0,00107	24,6681
448,9	448900	448	0,224	0,00112	25,1671
440	440000	469	0,2345	0,0011725	24,6681
430	430000	478	0,239	0,001195	24,1075
420	420000	482	0,241	0,001205	23,5469
410	410000	496	0,248	0,00124	22,9862
400	400000	605	0,3025	0,0015125	22,4256
390	390000	675	0,3375	0,0016875	21,8649
380	380000	697	0,3485	0,0017425	21,3043

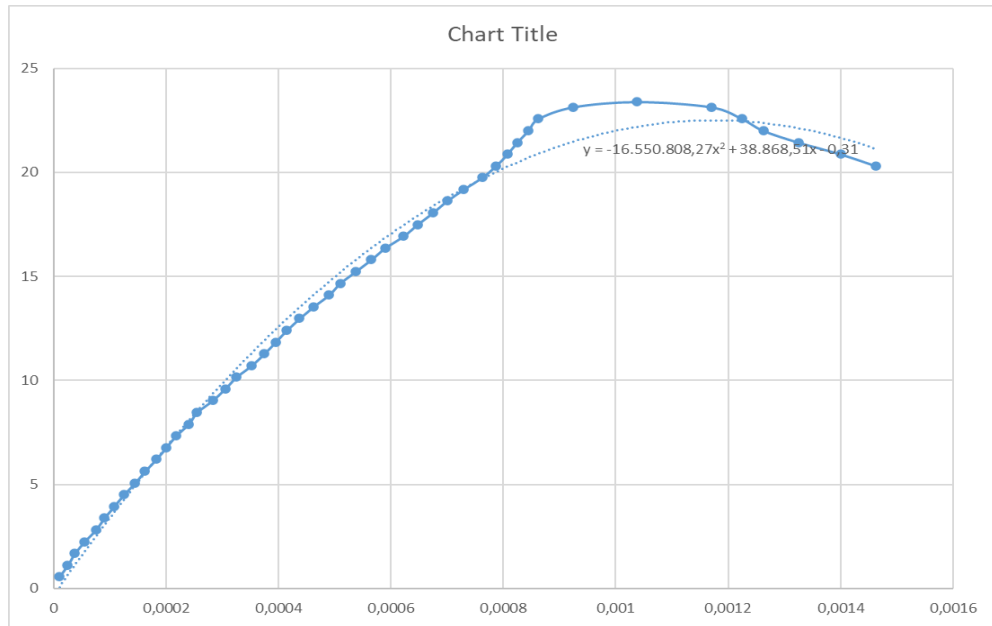


Variasi	pH 5
Jumlah Sampel	5
Benda Uji	TM-5-02

Uraian	Silinder	
Diameter	150,2	mm
Tinggi	303,40	mm
Luas	17718,61	mm ²
Berat	12977	gr
Berat Volume	2,4140	gr/cm ³
	2413,954	kg/m ³
Lo	200	mm

Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
10	10000	4	0,002	0,00001	0,5644
20	20000	10	0,005	0,000025	1,1288
30	30000	15	0,0075	0,0000375	1,6931
40	40000	22	0,011	0,000055	2,2575
50	50000	30	0,015	0,000075	2,8219
60	60000	36	0,018	0,00009	3,3863
70	70000	43	0,0215	0,0001075	3,9506
80	80000	50	0,025	0,000125	4,5150
90	90000	58	0,029	0,000145	5,0794
100	100000	65	0,0325	0,0001625	5,6438
110	110000	73	0,0365	0,0001825	6,2082
120	120000	80	0,04	0,0002	6,7725
130	130000	87	0,0435	0,0002175	7,3369
140	140000	96	0,048	0,00024	7,9013
150	150000	102	0,051	0,000255	8,4657
160	160000	113	0,0565	0,0002825	9,0301
170	170000	122	0,061	0,000305	9,5944
180	180000	130	0,065	0,000325	10,1588
190	190000	141	0,0705	0,0003525	10,7232
200	200000	150	0,075	0,000375	11,2876
210	210000	158	0,079	0,000395	11,8519
220	220000	166	0,083	0,000415	12,4163
230	230000	175	0,0875	0,0004375	12,9807

Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
240	240000	185	0,0925	0,0004625	13,5451
250	250000	196	0,098	0,00049	14,1095
260	260000	204	0,102	0,00051	14,6738
270	270000	215	0,1075	0,0005375	15,2382
280	280000	226	0,113	0,000565	15,8026
290	290000	236	0,118	0,00059	16,3670
300	300000	249	0,1245	0,0006225	16,9313
310	310000	259	0,1295	0,0006475	17,4957
320	320000	270	0,135	0,000675	18,0601
330	330000	280	0,14	0,0007	18,6245
340	340000	292	0,146	0,00073	19,1889
350	350000	305	0,1525	0,0007625	19,7532
360	360000	315	0,1575	0,0007875	20,3176
370	370000	323	0,1615	0,0008075	20,8820
380	380000	330	0,165	0,000825	21,4464
390	390000	338	0,169	0,000845	22,0108
400	400000	345	0,1725	0,0008625	22,5751
410	410000	370	0,185	0,000925	23,1395
414,5	414500	415	0,2075	0,0010375	23,3935
410	410000	468	0,234	0,00117	23,1395
400	400000	490	0,245	0,001225	22,5751
390	390000	505	0,2525	0,0012625	22,0108
380	380000	530	0,265	0,001325	21,4464
370	370000	560	0,28	0,0014	20,8820
360	360000	585	0,2925	0,0014625	20,3176

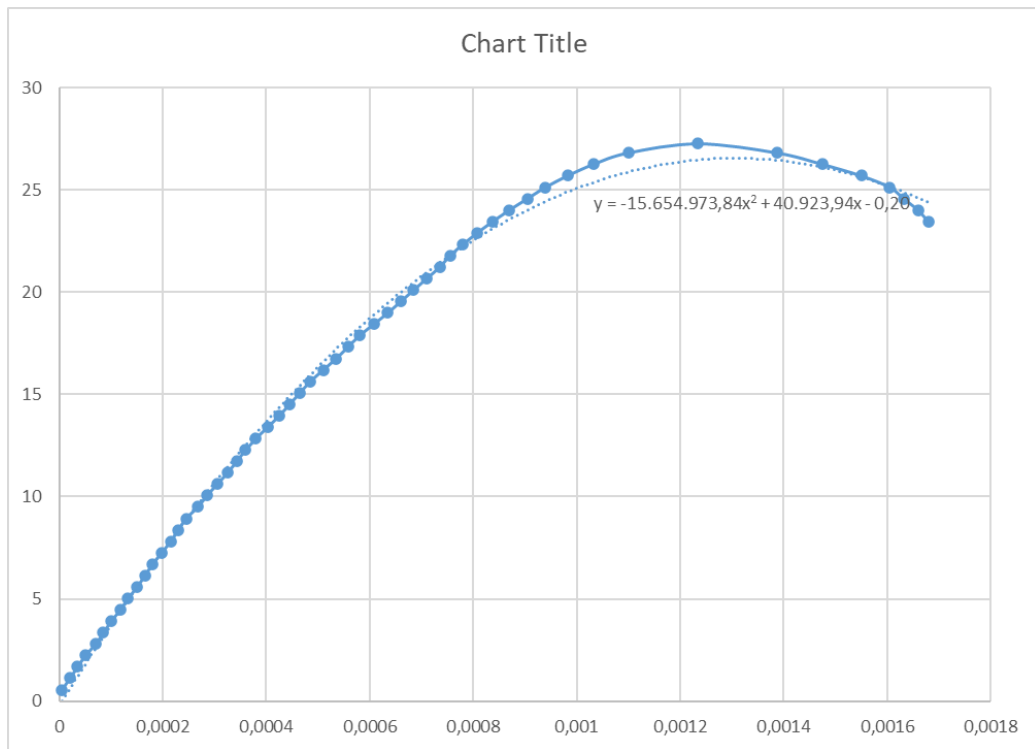


Variasi	pH 5
Jumlah Sampel	5
Benda Uji	TM-5-03

Uraian	Silinder	
Diameter	151	mm
Tinggi	305,20	mm
Luas	17907,86	mm ²
Berat	13085	gr
Berat Volume	2,3941	gr/cm ³
	2394,117	kg/m ³
Lo	200	mm

Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
10	10000	2	0,001	0,000005	0,5584
20	20000	8	0,004	0,00002	1,1168
30	30000	14	0,007	0,000035	1,6752
40	40000	20	0,01	0,00005	2,2337
50	50000	28	0,014	0,00007	2,7921
60	60000	34	0,017	0,000085	3,3505
70	70000	40	0,02	0,0001	3,9089
80	80000	47	0,0235	0,0001175	4,4673
90	90000	53	0,0265	0,0001325	5,0257
100	100000	60	0,03	0,00015	5,5841
110	110000	66	0,033	0,000165	6,1426
120	120000	72	0,036	0,00018	6,7010
130	130000	79	0,0395	0,0001975	7,2594
140	140000	86	0,043	0,000215	7,8178
150	150000	92	0,046	0,00023	8,3762
160	160000	98	0,049	0,000245	8,9346
170	170000	107	0,0535	0,0002675	9,4930
180	180000	114	0,057	0,000285	10,0515
190	190000	122	0,061	0,000305	10,6099
200	200000	130	0,065	0,000325	11,1683
210	210000	137	0,0685	0,0003425	11,7267
220	220000	144	0,072	0,00036	12,2851
230	230000	152	0,076	0,00038	12,8435

Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
240	240000	161	0,0805	0,0004025	13,4019
250	250000	170	0,085	0,000425	13,9603
260	260000	178	0,089	0,000445	14,5188
270	270000	186	0,093	0,000465	15,0772
280	280000	194	0,097	0,000485	15,6356
290	290000	204	0,102	0,00051	16,1940
300	300000	214	0,107	0,000535	16,7524
310	310000	223	0,1115	0,0005575	17,3108
320	320000	232	0,116	0,00058	17,8692
330	330000	243	0,1215	0,0006075	18,4277
340	340000	254	0,127	0,000635	18,9861
350	350000	264	0,132	0,00066	19,5445
360	360000	274	0,137	0,000685	20,1029
370	370000	284	0,142	0,00071	20,6613
380	380000	294	0,147	0,000735	21,2197
390	390000	302	0,151	0,000755	21,7781
400	400000	312	0,156	0,00078	22,3366
410	410000	323	0,1615	0,0008075	22,8950
420	420000	335	0,1675	0,0008375	23,4534
430	430000	348	0,174	0,00087	24,0118
440	440000	362	0,181	0,000905	24,5702
450	450000	376	0,188	0,00094	25,1286
460	460000	393	0,1965	0,0009825	25,6870
470	470000	413	0,2065	0,0010325	26,2455
480	480000	440	0,22	0,0011	26,8039
488	488000	494	0,247	0,001235	27,2506
480	480000	555	0,2775	0,0013875	26,8039
470	470000	590	0,295	0,001475	26,2455
460	460000	620	0,31	0,00155	25,6870
450	450000	642	0,321	0,001605	25,1286
440	440000	653	0,3265	0,0016325	24,5702
430	430000	664	0,332	0,00166	24,0118
420	420000	672	0,336	0,00168	23,4534

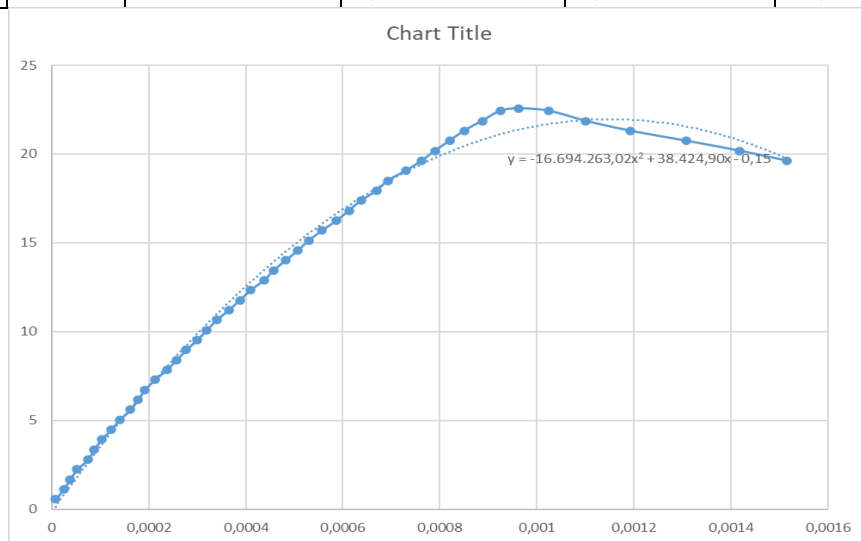


Variasi	pH 5
Jumlah Sampel	5
Benda Uji	TM-5-04

Uraian	Silinder	
Diameter	150,7	mm
Tinggi	304,90	mm
Luas	17836,78	mm ²
Berat	13049	gr
Berat Volume	2,3994	gr/cm ³
	2399,404	kg/m ³
Lo	200	mm

Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
10	10000	3	0,0015	0,0000075	0,5606
20	20000	10	0,005	0,000025	1,1213
30	30000	15	0,0075	0,0000375	1,6819
40	40000	21	0,0105	0,0000525	2,2426
50	50000	30	0,015	0,000075	2,8032
60	60000	35	0,0175	0,0000875	3,3638
70	70000	41	0,0205	0,0001025	3,9245
80	80000	49	0,0245	0,0001225	4,4851
90	90000	56	0,028	0,00014	5,0458
100	100000	65	0,0325	0,0001625	5,6064
110	110000	71	0,0355	0,0001775	6,1670
120	120000	77	0,0385	0,0001925	6,7277
130	130000	85	0,0425	0,0002125	7,2883
140	140000	95	0,0475	0,0002375	7,8490
150	150000	103	0,0515	0,0002575	8,4096
160	160000	111	0,0555	0,0002775	8,9702
170	170000	120	0,06	0,0003	9,5309
180	180000	128	0,064	0,00032	10,0915
190	190000	136	0,068	0,00034	10,6521
200	200000	146	0,073	0,000365	11,2128
210	210000	155	0,0775	0,0003875	11,7734
220	220000	164	0,082	0,00041	12,3341
230	230000	175	0,0875	0,0004375	12,8947

Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
240	240000	183	0,0915	0,0004575	13,4553
250	250000	193	0,0965	0,0004825	14,0160
260	260000	203	0,1015	0,0005075	14,5766
270	270000	212	0,106	0,00053	15,1373
280	280000	223	0,1115	0,0005575	15,6979
290	290000	235	0,1175	0,0005875	16,2585
300	300000	245	0,1225	0,0006125	16,8192
310	310000	255	0,1275	0,0006375	17,3798
320	320000	268	0,134	0,00067	17,9405
330	330000	277	0,1385	0,0006925	18,5011
340	340000	292	0,146	0,00073	19,0617
350	350000	305	0,1525	0,0007625	19,6224
360	360000	316	0,158	0,00079	20,1830
370	370000	328	0,164	0,00082	20,7437
380	380000	340	0,17	0,00085	21,3043
390	390000	355	0,1775	0,0008875	21,8649
400	400000	370	0,185	0,000925	22,4256
402,4	402400	385	0,1925	0,0009625	22,5601
400	400000	410	0,205	0,001025	22,4256
390	390000	440	0,22	0,0011	21,8649
380	380000	477	0,2385	0,0011925	21,3043
370	370000	523	0,2615	0,0013075	20,7437
360	360000	567	0,2835	0,0014175	20,1830
350	350000	606	0,303	0,001515	19,6224

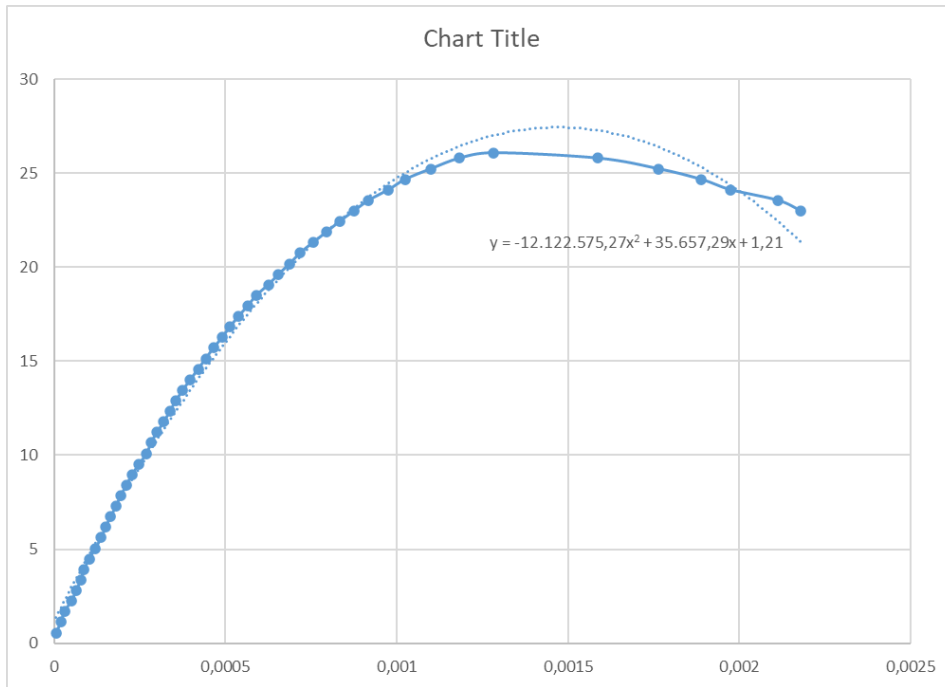


Variasi	pH 5
Jumlah Sampel	5
Benda Uji	TM-5-05

Uraian	Silinder	
Diameter	150,7	mm
Tinggi	302,70	mm
Luas	17836,78	mm ²
Berat	13065	gr
Berat Volume	2,4198	gr/cm ³
	2419,806	kg/m ³
Lo	200	mm

Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
10	10000	2	0,001	0,000005	0,5606
20	20000	8	0,004	0,00002	1,1213
30	30000	12	0,006	0,00003	1,6819
40	40000	20	0,01	0,00005	2,2426
50	50000	26	0,013	0,000065	2,8032
60	60000	31	0,0155	0,0000775	3,3638
70	70000	35	0,0175	0,0000875	3,9245
80	80000	41	0,0205	0,0001025	4,4851
90	90000	48	0,024	0,00012	5,0458
100	100000	55	0,0275	0,0001375	5,6064
110	110000	60	0,03	0,00015	6,1670
120	120000	66	0,033	0,000165	6,7277
130	130000	72	0,036	0,00018	7,2883
140	140000	78	0,039	0,000195	7,8490
150	150000	84	0,042	0,00021	8,4096
160	160000	91	0,0455	0,0002275	8,9702
170	170000	99	0,0495	0,0002475	9,5309
180	180000	108	0,054	0,00027	10,0915
190	190000	113	0,0565	0,0002825	10,6521
200	200000	120	0,06	0,0003	11,2128
210	210000	128	0,064	0,00032	11,7734
220	220000	135	0,0675	0,0003375	12,3341
230	230000	142	0,071	0,000355	12,8947

Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
240	240000	150	0,075	0,000375	13,4553
250	250000	159	0,0795	0,0003975	14,0160
260	260000	168	0,084	0,00042	14,5766
270	270000	177	0,0885	0,0004425	15,1373
280	280000	186	0,093	0,000465	15,6979
290	290000	196	0,098	0,00049	16,2585
300	300000	205	0,1025	0,0005125	16,8192
310	310000	215	0,1075	0,0005375	17,3798
320	320000	226	0,113	0,000565	17,9405
330	330000	236	0,118	0,00059	18,5011
340	340000	250	0,125	0,000625	19,0617
350	350000	262	0,131	0,000655	19,6224
360	360000	275	0,1375	0,0006875	20,1830
370	370000	287	0,1435	0,0007175	20,7437
380	380000	302	0,151	0,000755	21,3043
390	390000	318	0,159	0,000795	21,8649
400	400000	333	0,1665	0,0008325	22,4256
410	410000	350	0,175	0,000875	22,9862
420	420000	367	0,1835	0,0009175	23,5469
430	430000	390	0,195	0,000975	24,1075
440	440000	410	0,205	0,001025	24,6681
450	450000	440	0,22	0,0011	25,2288
460	460000	473	0,2365	0,0011825	25,7894
465,1	465100	513	0,2565	0,0012825	26,0753
460	460000	635	0,3175	0,0015875	25,7894
450	450000	705	0,3525	0,0017625	25,2288
440	440000	755	0,3775	0,0018875	24,6681
430	430000	790	0,395	0,001975	24,1075
420	420000	845	0,4225	0,0021125	23,5469
410	410000	872	0,436	0,00218	22,9862

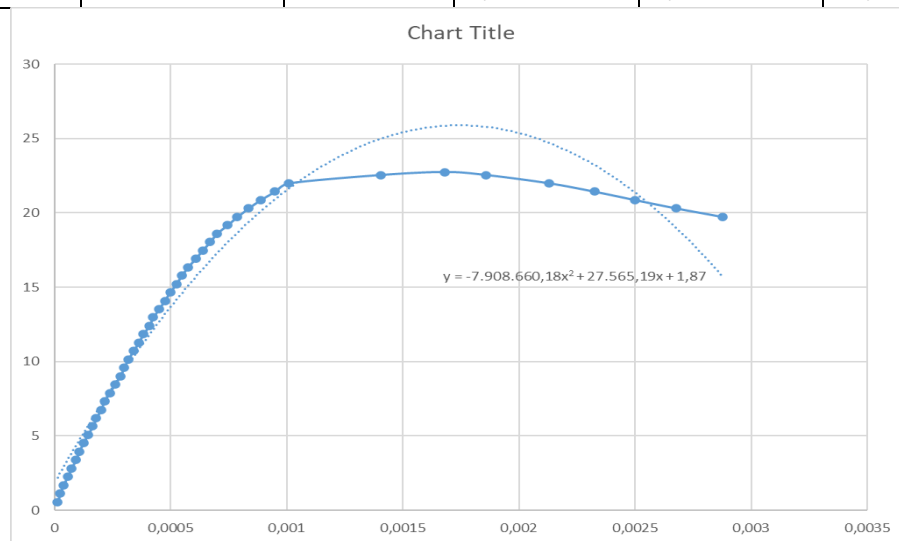


Variasi	pH 6
Jumlah Sampel	5
Benda Uji	TM-6-01

Uraian	Silinder	
Diameter	150,3	mm
Tinggi	302,7	mm
Luas	17742,22	mm ²
Berat	13109	gr
Berat Volume	2,4409	gr/cm ³
	2440,896	kg/m ³
Lo	200	mm

Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
10	10000	5	0,0025	0,0000125	0,5636
20	20000	10	0,005	0,000025	1,1273
30	30000	15	0,0075	0,0000375	1,6909
40	40000	23	0,0115	0,0000575	2,2545
50	50000	29	0,0145	0,0000725	2,8181
60	60000	37	0,0185	0,0000925	3,3818
70	70000	42	0,021	0,000105	3,9454
80	80000	50	0,025	0,000125	4,5090
90	90000	57	0,0285	0,0001425	5,0726
100	100000	66	0,033	0,000165	5,6363
110	110000	72	0,036	0,00018	6,1999
120	120000	80	0,04	0,0002	6,7635
130	130000	86	0,043	0,000215	7,3272
140	140000	95	0,0475	0,0002375	7,8908
150	150000	104	0,052	0,00026	8,4544
160	160000	113	0,0565	0,0002825	9,0180
170	170000	120	0,06	0,0003	9,5817
180	180000	127	0,0635	0,0003175	10,1453
190	190000	136	0,068	0,00034	10,7089
200	200000	145	0,0725	0,0003625	11,2725
210	210000	153	0,0765	0,0003825	11,8362
220	220000	163	0,0815	0,0004075	12,3998
230	230000	170	0,085	0,000425	12,9634

Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
240	240000	180	0,09	0,00045	13,5271
250	250000	190	0,095	0,000475	14,0907
260	260000	199	0,0995	0,0004975	14,6543
270	270000	210	0,105	0,000525	15,2179
280	280000	219	0,1095	0,0005475	15,7816
290	290000	230	0,115	0,000575	16,3452
300	300000	243	0,1215	0,0006075	16,9088
310	310000	255	0,1275	0,0006375	17,4725
320	320000	268	0,134	0,00067	18,0361
330	330000	280	0,14	0,0007	18,5997
340	340000	298	0,149	0,000745	19,1633
350	350000	315	0,1575	0,0007875	19,7270
360	360000	334	0,167	0,000835	20,2906
370	370000	355	0,1775	0,0008875	20,8542
380	380000	380	0,19	0,00095	21,4178
390	390000	404	0,202	0,00101	21,9815
400	400000	562	0,281	0,001405	22,5451
403,5	403500	672	0,336	0,00168	22,7424
400	400000	743	0,3715	0,0018575	22,5451
390	390000	852	0,426	0,00213	21,9815
380	380000	930	0,465	0,002325	21,4178
370	370000	1000	0,5	0,0025	20,8542
360	360000	1071	0,5355	0,0026775	20,2906
350	350000	1150	0,575	0,002875	19,7270

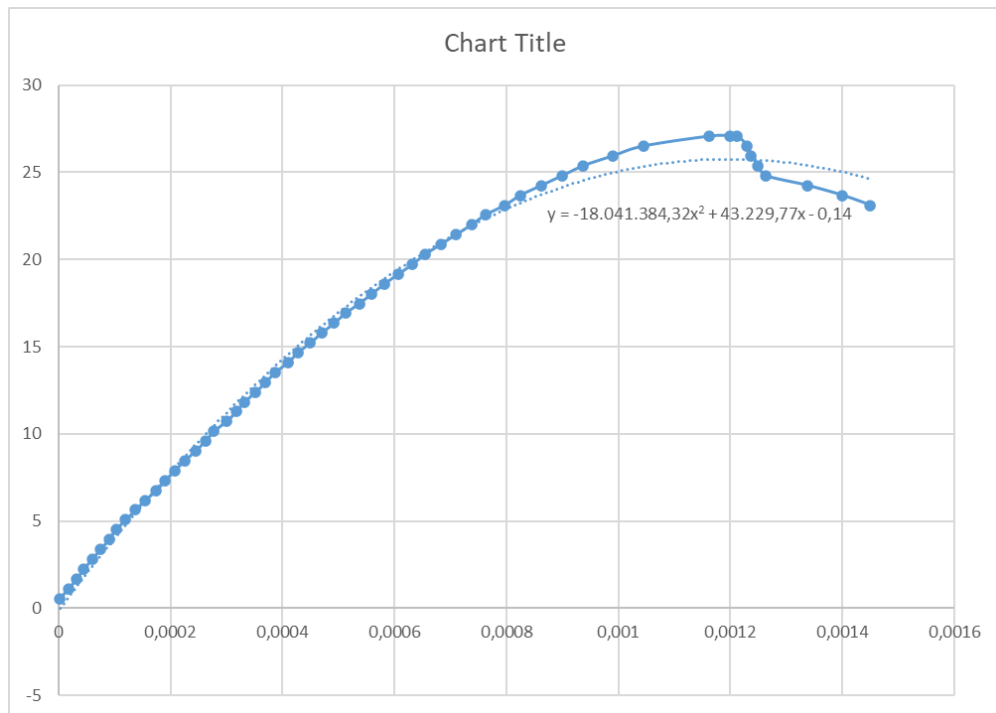


Variasi	pH 6
Jumlah Sampel	5
Benda Uji	TM-6-02

Uraian	Silinder	
Diameter	150,3	mm
Tinggi	302,10	mm
Luas	17742,22	mm ²
Berat	13055	gr
Berat Volume	2,4357	gr/cm ³
	2435,669	kg/m ³
Lo	200	mm

Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
10	10000	1	0,0005	0,0000025	0,5636
20	20000	7	0,0035	0,0000175	1,1273
30	30000	13	0,0065	0,0000325	1,6909
40	40000	18	0,009	0,000045	2,2545
50	50000	24	0,012	0,00006	2,8181
60	60000	30	0,015	0,000075	3,3818
70	70000	36	0,018	0,00009	3,9454
80	80000	41	0,0205	0,0001025	4,5090
90	90000	48	0,024	0,00012	5,0726
100	100000	55	0,0275	0,0001375	5,6363
110	110000	62	0,031	0,000155	6,1999
120	120000	70	0,035	0,000175	6,7635
130	130000	76	0,038	0,00019	7,3272
140	140000	83	0,0415	0,0002075	7,8908
150	150000	90	0,045	0,000225	8,4544
160	160000	98	0,049	0,000245	9,0180
170	170000	105	0,0525	0,0002625	9,5817
180	180000	111	0,0555	0,0002775	10,1453
190	190000	120	0,06	0,0003	10,7089
200	200000	127	0,0635	0,0003175	11,2725
210	210000	133	0,0665	0,0003325	11,8362
220	220000	141	0,0705	0,0003525	12,3998
230	230000	148	0,074	0,00037	12,9634

Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
240	240000	155	0,0775	0,0003875	13,5271
250	250000	164	0,082	0,00041	14,0907
260	260000	171	0,0855	0,0004275	14,6543
270	270000	180	0,09	0,00045	15,2179
280	280000	188	0,094	0,00047	15,7816
290	290000	197	0,0985	0,0004925	16,3452
300	300000	205	0,1025	0,0005125	16,9088
310	310000	215	0,1075	0,0005375	17,4725
320	320000	224	0,112	0,00056	18,0361
330	330000	233	0,1165	0,0005825	18,5997
340	340000	243	0,1215	0,0006075	19,1633
350	350000	253	0,1265	0,0006325	19,7270
360	360000	262	0,131	0,000655	20,2906
370	370000	273	0,1365	0,0006825	20,8542
380	380000	284	0,142	0,00071	21,4178
390	390000	295	0,1475	0,0007375	21,9815
400	400000	305	0,1525	0,0007625	22,5451
410	410000	319	0,1595	0,0007975	23,1087
420	420000	330	0,165	0,000825	23,6724
430	430000	345	0,1725	0,0008625	24,2360
440	440000	360	0,18	0,0009	24,7996
450	450000	375	0,1875	0,0009375	25,3632
460	460000	396	0,198	0,00099	25,9269
470	470000	418	0,209	0,001045	26,4905
480	480000	465	0,2325	0,0011625	27,0541
480,5	480500	480	0,24	0,0012	27,0823
480	480000	485	0,2425	0,0012125	27,0541
470	470000	492	0,246	0,00123	26,4905
460	460000	495	0,2475	0,0012375	25,9269
450	450000	500	0,25	0,00125	25,3632
440	440000	505	0,2525	0,0012625	24,7996
430	430000	535	0,2675	0,0013375	24,2360
420	420000	560	0,28	0,0014	23,6724
410	410000	580	0,29	0,00145	23,1087

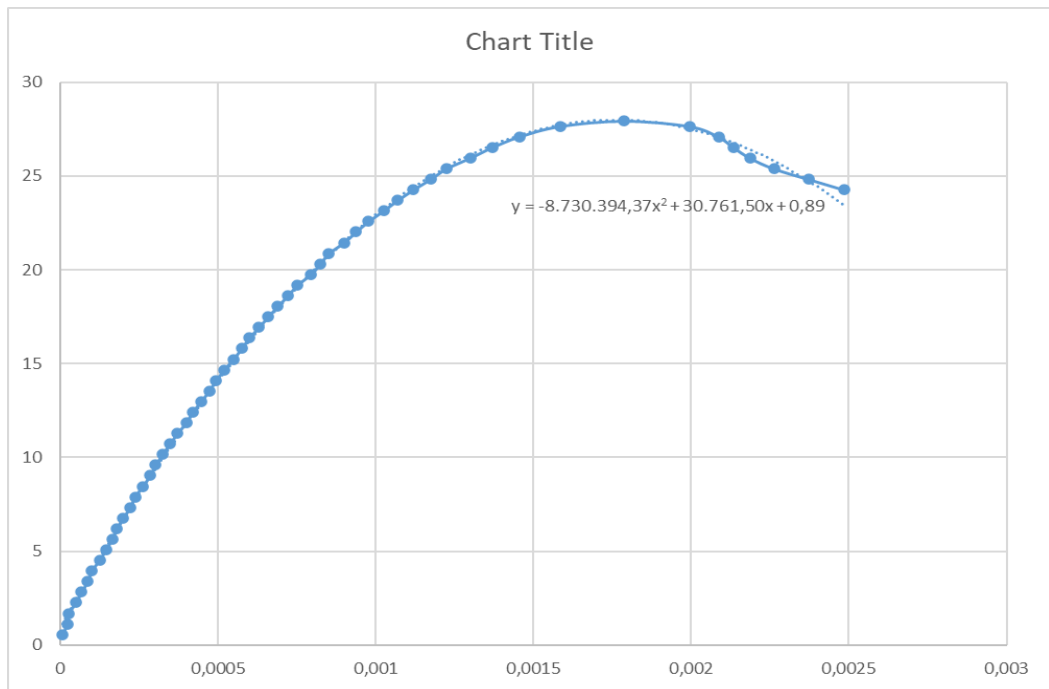


Variasi	pH 6
Jumlah Sampel	5
Benda Uji	TM-6-03

Uraian	Silinder	
Diameter	150,2	mm
Tinggi	302,40	mm
Luas	17718,61	mm ²
Berat	13144	gr
Berat Volume	2,4531	gr/cm ³
	2453,104	kg/m ³
Lo	200	mm

Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
10	10000	3	0,0015	0,0000075	0,5644
20	20000	9	0,0045	0,0000225	1,1288
30	30000	11	0,0055	0,0000275	1,6931
40	40000	20	0,01	0,00005	2,2575
50	50000	27	0,0135	0,0000675	2,8219
60	60000	35	0,0175	0,0000875	3,3863
70	70000	40	0,02	0,0001	3,9506
80	80000	50	0,025	0,000125	4,5150
90	90000	58	0,029	0,000145	5,0794
100	100000	66	0,033	0,000165	5,6438
110	110000	72	0,036	0,00018	6,2082
120	120000	80	0,04	0,0002	6,7725
130	130000	89	0,0445	0,0002225	7,3369
140	140000	95	0,0475	0,0002375	7,9013
150	150000	105	0,0525	0,0002625	8,4657
160	160000	114	0,057	0,000285	9,0301
170	170000	121	0,0605	0,0003025	9,5944
180	180000	130	0,065	0,000325	10,1588
190	190000	139	0,0695	0,0003475	10,7232
200	200000	149	0,0745	0,0003725	11,2876
210	210000	160	0,08	0,0004	11,8519
220	220000	168	0,084	0,00042	12,4163
230	230000	179	0,0895	0,0004475	12,9807

Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
240	240000	189	0,0945	0,0004725	13,5451
250	250000	198	0,099	0,000495	14,1095
260	260000	208	0,104	0,00052	14,6738
270	270000	220	0,11	0,00055	15,2382
280	280000	230	0,115	0,000575	15,8026
290	290000	240	0,12	0,0006	16,3670
300	300000	252	0,126	0,00063	16,9313
310	310000	264	0,132	0,00066	17,4957
320	320000	276	0,138	0,00069	18,0601
330	330000	289	0,1445	0,0007225	18,6245
340	340000	301	0,1505	0,0007525	19,1889
350	350000	318	0,159	0,000795	19,7532
360	360000	330	0,165	0,000825	20,3176
370	370000	341	0,1705	0,0008525	20,8820
380	380000	360	0,18	0,0009	21,4464
390	390000	375	0,1875	0,0009375	22,0108
400	400000	391	0,1955	0,0009775	22,5751
410	410000	410	0,205	0,001025	23,1395
420	420000	428	0,214	0,00107	23,7039
430	430000	448	0,224	0,00112	24,2683
440	440000	470	0,235	0,001175	24,8326
450	450000	490	0,245	0,001225	25,3970
460	460000	520	0,26	0,0013	25,9614
470	470000	548	0,274	0,00137	26,5258
480	480000	582	0,291	0,001455	27,0902
490	490000	634	0,317	0,001585	27,6545
495,9	495000	715	0,3575	0,0017875	27,9367
490	490000	798	0,399	0,001995	27,6545
480	480000	835	0,4175	0,0020875	27,0902
470	470000	854	0,427	0,002135	26,5258
460	460000	875	0,4375	0,0021875	25,9614
450	450000	905	0,4525	0,0022625	25,3970
440	440000	949	0,4745	0,0023725	24,8326
430	430000	994	0,497	0,002485	24,2683

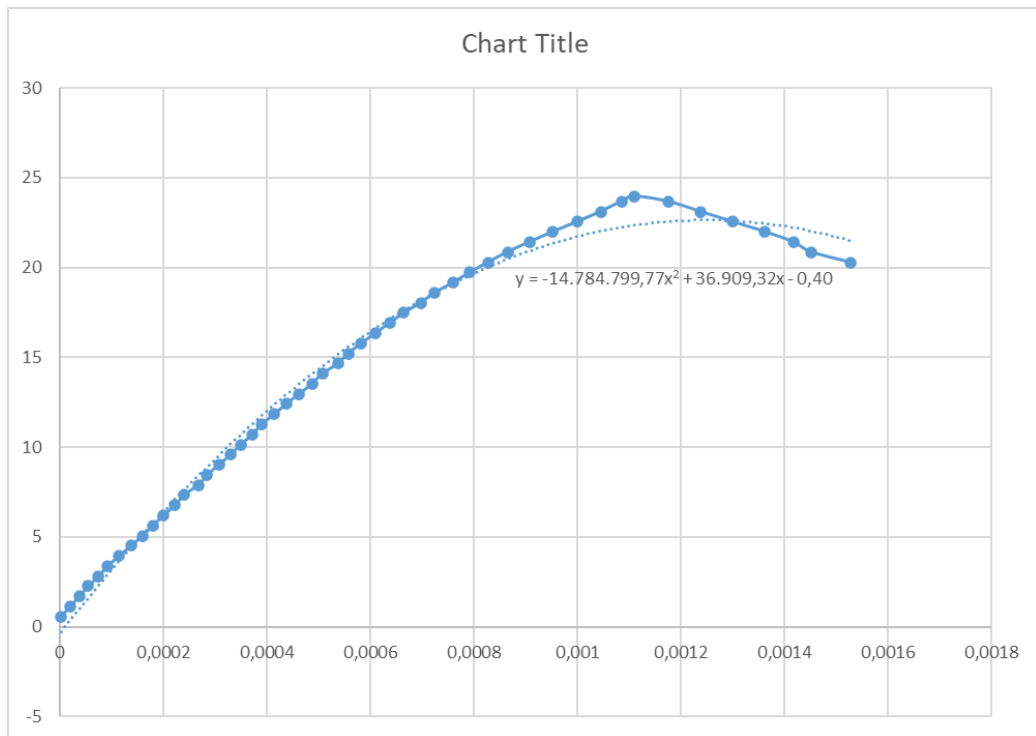


Variasi	pH 6
Jumlah Sampel	5
Benda Uji	TM-6-04

Uraian	Silinder	
Diameter	150,3	mm
Tinggi	303,90	mm
Luas	17742,22	mm ²
Berat	13007	gr
Berat Volume	2,4123	gr/cm ³
	2412,34	kg/m ³
Lo	200	mm

Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
10	10000	1	0,0005	0,0000025	0,5636
20	20000	8	0,004	0,00002	1,1273
30	30000	15	0,0075	0,0000375	1,6909
40	40000	22	0,011	0,000055	2,2545
50	50000	30	0,015	0,000075	2,8181
60	60000	37	0,0185	0,0000925	3,3818
70	70000	46	0,023	0,000115	3,9454
80	80000	55	0,0275	0,0001375	4,5090
90	90000	64	0,032	0,00016	5,0726
100	100000	72	0,036	0,00018	5,6363
110	110000	80	0,04	0,0002	6,1999
120	120000	89	0,0445	0,0002225	6,7635
130	130000	96	0,048	0,00024	7,3272
140	140000	107	0,0535	0,0002675	7,8908
150	150000	114	0,057	0,000285	8,4544
160	160000	123	0,0615	0,0003075	9,0180
170	170000	132	0,066	0,00033	9,5817
180	180000	140	0,07	0,00035	10,1453
190	190000	149	0,0745	0,0003725	10,7089
200	200000	156	0,078	0,00039	11,2725
210	210000	166	0,083	0,000415	11,8362
220	220000	175	0,0875	0,0004375	12,3998
230	230000	185	0,0925	0,0004625	12,9634

Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
240	240000	195	0,0975	0,0004875	13,5271
250	250000	203	0,1015	0,0005075	14,0907
260	260000	215	0,1075	0,0005375	14,6543
270	270000	223	0,1115	0,0005575	15,2179
280	280000	233	0,1165	0,0005825	15,7816
290	290000	244	0,122	0,00061	16,3452
300	300000	255	0,1275	0,0006375	16,9088
310	310000	266	0,133	0,000665	17,4725
320	320000	279	0,1395	0,0006975	18,0361
330	330000	290	0,145	0,000725	18,5997
340	340000	304	0,152	0,00076	19,1633
350	350000	317	0,1585	0,0007925	19,7270
360	360000	331	0,1655	0,0008275	20,2906
370	370000	346	0,173	0,000865	20,8542
380	380000	363	0,1815	0,0009075	21,4178
390	390000	381	0,1905	0,0009525	21,9815
400	400000	400	0,2	0,001	22,5451
410	410000	418	0,209	0,001045	23,1087
420	420000	434	0,217	0,001085	23,6724
425	425000	444	0,222	0,00111	23,9542
420	420000	470	0,235	0,001175	23,6724
410	410000	495	0,2475	0,0012375	23,1087
400	400000	520	0,26	0,0013	22,5451
390	390000	545	0,2725	0,0013625	21,9815
380	380000	567	0,2835	0,0014175	21,4178
370	370000	581	0,2905	0,0014525	20,8542
360	360000	611	0,3055	0,0015275	20,2906

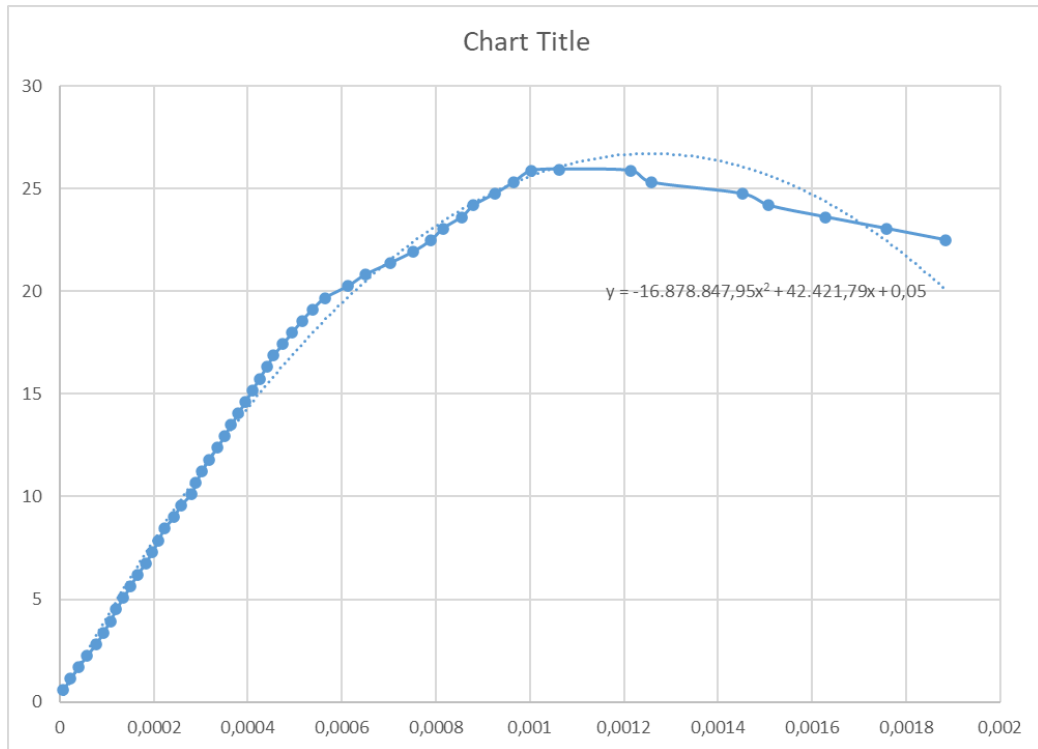


Variasi	pH 6
Jumlah Sampel	5
Benda Uji	TM-6-05

Uraian	Silinder	
Diameter	150,5	mm
Tinggi	303,60	mm
Luas	17789,46	mm ²
Berat	13230	gr
Berat Volume	2,4496	gr/cm ³
	2449,6	kg/m ³
Lo	200	mm

Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
10	10000	3	0,0015	0,0000075	0,5621
20	20000	9	0,0045	0,0000225	1,1243
30	30000	16	0,008	0,00004	1,6864
40	40000	23	0,0115	0,0000575	2,2485
50	50000	31	0,0155	0,0000775	2,8107
60	60000	37	0,0185	0,0000925	3,3728
70	70000	43	0,0215	0,0001075	3,9349
80	80000	48	0,024	0,00012	4,4970
90	90000	54	0,027	0,000135	5,0592
100	100000	60	0,03	0,00015	5,6213
110	110000	66	0,033	0,000165	6,1834
120	120000	73	0,0365	0,0001825	6,7456
130	130000	79	0,0395	0,0001975	7,3077
140	140000	84	0,042	0,00021	7,8698
150	150000	89	0,0445	0,0002225	8,4320
160	160000	97	0,0485	0,0002425	8,9941
170	170000	103	0,0515	0,0002575	9,5562
180	180000	112	0,056	0,00028	10,1183
190	190000	116	0,058	0,00029	10,6805
200	200000	121	0,0605	0,0003025	11,2426
210	210000	127	0,0635	0,0003175	11,8047
220	220000	134	0,067	0,000335	12,3669
230	230000	140	0,07	0,00035	12,9290

Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
240	240000	146	0,073	0,000365	13,4911
250	250000	152	0,076	0,00038	14,0533
260	260000	158	0,079	0,000395	14,6154
270	270000	164	0,082	0,00041	15,1775
280	280000	170	0,085	0,000425	15,7397
290	290000	176	0,088	0,00044	16,3018
300	300000	182	0,091	0,000455	16,8639
310	310000	190	0,095	0,000475	17,4260
320	320000	198	0,099	0,000495	17,9882
330	330000	206	0,103	0,000515	18,5503
340	340000	215	0,1075	0,0005375	19,1124
350	350000	226	0,113	0,000565	19,6746
360	360000	245	0,1225	0,0006125	20,2367
370	370000	260	0,13	0,00065	20,7988
380	380000	281	0,1405	0,0007025	21,3610
390	390000	301	0,1505	0,0007525	21,9231
400	400000	316	0,158	0,00079	22,4852
410	410000	326	0,163	0,000815	23,0473
420	420000	342	0,171	0,000855	23,6095
430	430000	352	0,176	0,00088	24,1716
440	440000	370	0,185	0,000925	24,7337
450	450000	386	0,193	0,000965	25,2959
460	460000	401	0,2005	0,0010025	25,8580
461,2	461200	425	0,2125	0,0010625	25,9255
460	460000	486	0,243	0,001215	25,8580
450	450000	503	0,2515	0,0012575	25,2959
440	440000	581	0,2905	0,0014525	24,7337
430	430000	603	0,3015	0,0015075	24,1716
420	420000	651	0,3255	0,0016275	23,6095
410	410000	703	0,3515	0,0017575	23,0473
400	400000	754	0,377	0,001885	22,4852

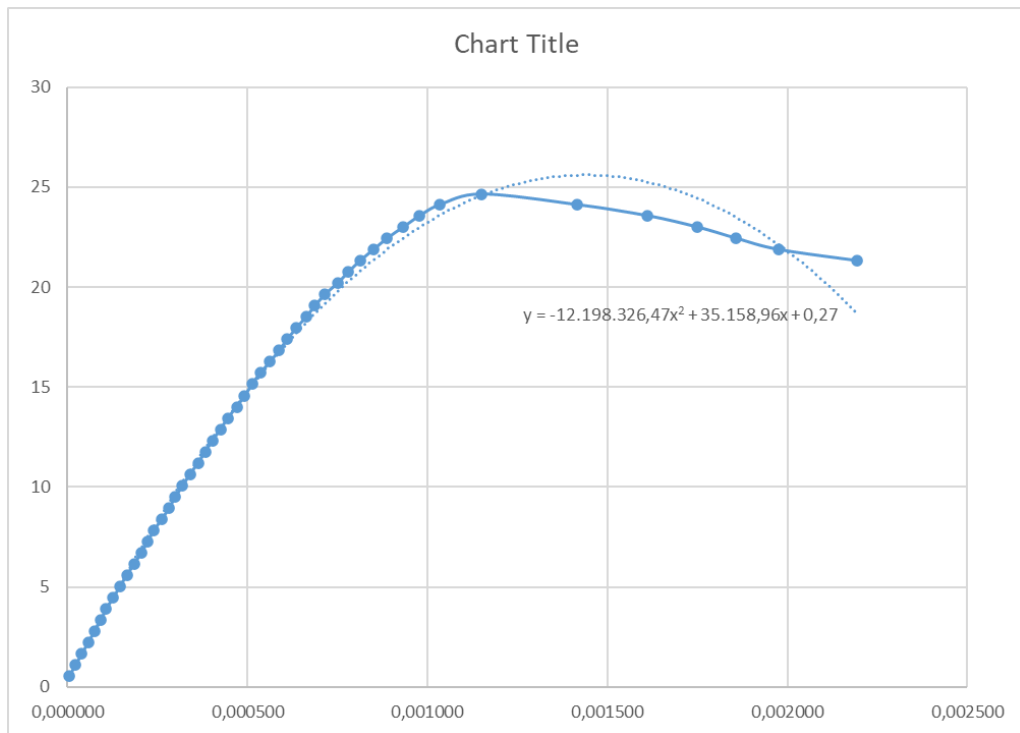


Variasi	pH 7
Jumlah Sampel	5
Benda Uji	TM-7-01

Uraian	Silinder	
Diameter	150,7	mm
Tinggi	306,2	mm
Luas	17836,78	mm ²
Berat	13048	gr
Berat Volume	2,3890	gr/cm ³
	2389,034	kg/m ³
Lo	200	mm

Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
10	10000	2	0,001	0,000005	0,5606
20	20000	9	0,0045	0,0000225	1,1213
30	30000	16	0,008	0,00004	1,6819
40	40000	23	0,0115	0,0000575	2,2426
50	50000	30	0,015	0,000075	2,8032
60	60000	37	0,0185	0,0000925	3,3638
70	70000	43	0,0215	0,0001075	3,9245
80	80000	51	0,0255	0,0001275	4,4851
90	90000	58	0,029	0,000145	5,0458
100	100000	66	0,033	0,000165	5,6064
110	110000	74	0,037	0,000185	6,1670
120	120000	82	0,041	0,000205	6,7277
130	130000	89	0,0445	0,0002225	7,2883
140	140000	96	0,048	0,00024	7,8490
150	150000	105	0,0525	0,0002625	8,4096
160	160000	113	0,0565	0,0002825	8,9702
170	170000	120	0,06	0,0003	9,5309
180	180000	128	0,064	0,00032	10,0915
190	190000	136	0,068	0,00034	10,6521
200	200000	145	0,0725	0,0003625	11,2128
210	210000	153	0,0765	0,0003825	11,7734
220	220000	161	0,0805	0,0004025	12,3341
230	230000	170	0,085	0,000425	12,8947

Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
240	240000	178	0,089	0,000445	13,4553
250	250000	188	0,094	0,00047	14,0160
260	260000	197	0,0985	0,0004925	14,5766
270	270000	205	0,1025	0,0005125	15,1373
280	280000	214	0,107	0,000535	15,6979
290	290000	225	0,1125	0,0005625	16,2585
300	300000	235	0,1175	0,0005875	16,8192
310	310000	244	0,122	0,00061	17,3798
320	320000	254	0,127	0,000635	17,9405
330	330000	265	0,1325	0,0006625	18,5011
340	340000	275	0,1375	0,0006875	19,0617
350	350000	286	0,143	0,000715	19,6224
360	360000	300	0,15	0,00075	20,1830
370	370000	312	0,156	0,00078	20,7437
380	380000	325	0,1625	0,0008125	21,3043
390	390000	340	0,17	0,00085	21,8649
400	400000	355	0,1775	0,0008875	22,4256
410	410000	373	0,1865	0,0009325	22,9862
420	420000	391	0,1955	0,0009775	23,5469
430	430000	414	0,207	0,001035	24,1075
439,4	439400	460	0,23	0,00115	24,6345
430	430000	566	0,283	0,001415	24,1075
420	420000	645	0,3225	0,0016125	23,5469
410	410000	700	0,35	0,00175	22,9862
400	400000	743	0,3715	0,0018575	22,4256
390	390000	790	0,395	0,001975	21,8649
380	380000	878	0,439	0,002195	21,3043



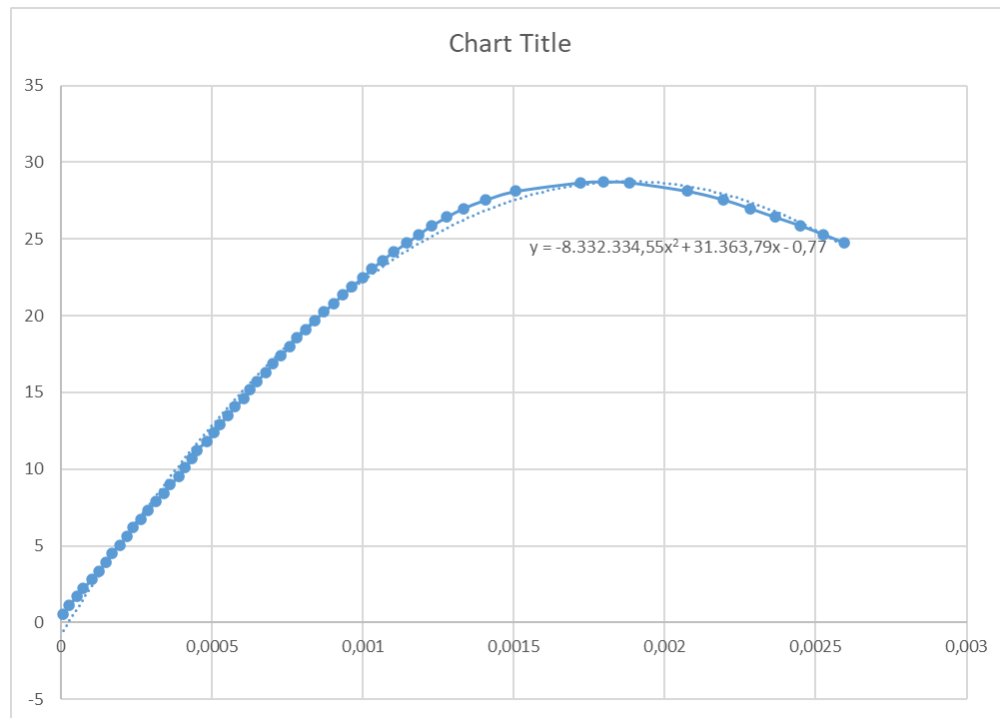
Variasi	pH 7
Jumlah Sampel	5
Benda Uji	TM-7-02

Uraian	Silinder	
Diameter	150,5	mm
Tinggi	303,00	mm
Luas	17789,46	mm ²
Berat	13149	gr
Berat Volume	2,4394	gr/cm ³
	2439,424	kg/m ³
Lo	200	mm

Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
10	10000	3	0,0015	0,0000075	0,5621
20	20000	11	0,0055	0,0000275	1,1243
30	30000	21	0,0105	0,0000525	1,6864
40	40000	30	0,015	0,000075	2,2485
50	50000	41	0,0205	0,0001025	2,8107
60	60000	50	0,025	0,000125	3,3728
70	70000	60	0,03	0,00015	3,9349
80	80000	68	0,034	0,00017	4,4970
90	90000	78	0,039	0,000195	5,0592
100	100000	87	0,0435	0,0002175	5,6213
110	110000	96	0,048	0,00024	6,1834
120	120000	106	0,053	0,000265	6,7456
130	130000	115	0,0575	0,0002875	7,3077
140	140000	126	0,063	0,000315	7,8698
150	150000	136	0,068	0,00034	8,4320
160	160000	145	0,0725	0,0003625	8,9941
170	170000	157	0,0785	0,0003925	9,5562
180	180000	165	0,0825	0,0004125	10,1183
190	190000	174	0,087	0,000435	10,6805
200	200000	180	0,09	0,00045	11,2426
210	210000	193	0,0965	0,0004825	11,8047
220	220000	203	0,1015	0,0005075	12,3669
230	230000	211	0,1055	0,0005275	12,9290

Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
240	240000	221	0,1105	0,0005525	13,4911
250	250000	231	0,1155	0,0005775	14,0533
260	260000	242	0,121	0,000605	14,6154
270	270000	251	0,1255	0,0006275	15,1775
280	280000	260	0,13	0,00065	15,7397
290	290000	271	0,1355	0,0006775	16,3018
300	300000	281	0,1405	0,0007025	16,8639
310	310000	292	0,146	0,00073	17,4260
320	320000	303	0,1515	0,0007575	17,9882
330	330000	313	0,1565	0,0007825	18,5503
340	340000	325	0,1625	0,0008125	19,1124
350	350000	336	0,168	0,00084	19,6746
360	360000	348	0,174	0,00087	20,2367
370	370000	361	0,1805	0,0009025	20,7988
380	380000	373	0,1865	0,0009325	21,3610
390	390000	386	0,193	0,000965	21,9231
400	400000	400	0,2	0,001	22,4852
410	410000	412	0,206	0,00103	23,0473
420	420000	426	0,213	0,001065	23,6095
430	430000	441	0,2205	0,0011025	24,1716
440	440000	458	0,229	0,001145	24,7337
450	450000	474	0,237	0,001185	25,2959
460	460000	491	0,2455	0,0012275	25,8580
470	470000	511	0,2555	0,0012775	26,4201
480	480000	533	0,2665	0,0013325	26,9823
490	490000	563	0,2815	0,0014075	27,5444
500	500000	603	0,3015	0,0015075	28,1065
510	510000	689	0,3445	0,0017225	28,6687
510,8	510800	719	0,3595	0,0017975	28,7136
510	510000	753	0,3765	0,0018825	28,6687
500	500000	830	0,415	0,002075	28,1065
490	490000	878	0,439	0,002195	27,5444
480	480000	913	0,4565	0,0022825	26,9823
470	470000	946	0,473	0,002365	26,4201
460	460000	980	0,49	0,00245	25,8580
450	450000	1010	0,505	0,002525	25,2959

Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
440	440000	1038	0,519	0,002595	24,7337

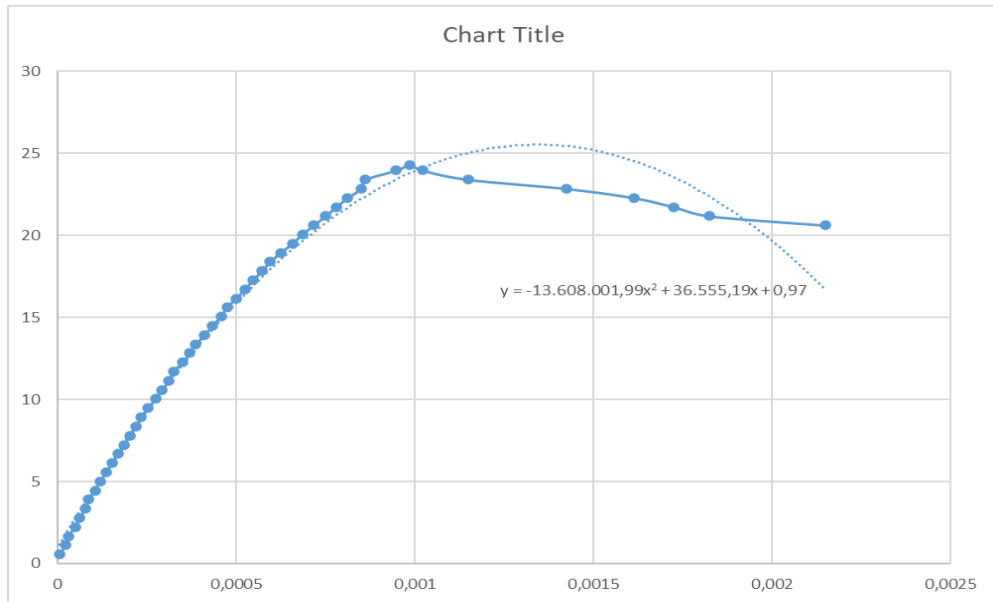


Variasi	pH 7
Jumlah Sampel	5
Benda Uji	TM-7-03

Uraian	Silinder	
Diameter	151,2	mm
Tinggi	301,80	mm
Luas	17955,33	mm ²
Berat	13181	gr
Berat Volume	2,4324	gr/cm ³
	2432,404	kg/m ³
Lo	200	mm

Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
10	10000	2	0,001	0,000005	0,5569
20	20000	9	0,0045	0,0000225	1,1139
30	30000	12	0,006	0,00003	1,6708
40	40000	20	0,01	0,00005	2,2278
50	50000	25	0,0125	0,0000625	2,7847
60	60000	31	0,0155	0,0000775	3,3416
70	70000	35	0,0175	0,0000875	3,8986
80	80000	42	0,021	0,000105	4,4555
90	90000	48	0,024	0,00012	5,0124
100	100000	55	0,0275	0,0001375	5,5694
110	110000	61	0,0305	0,0001525	6,1263
120	120000	68	0,034	0,00017	6,6833
130	130000	75	0,0375	0,0001875	7,2402
140	140000	81	0,0405	0,0002025	7,7971
150	150000	88	0,044	0,00022	8,3541
160	160000	94	0,047	0,000235	8,9110
170	170000	101	0,0505	0,0002525	9,4679
180	180000	110	0,055	0,000275	10,0249
190	190000	117	0,0585	0,0002925	10,5818
200	200000	125	0,0625	0,0003125	11,1388
210	210000	130	0,065	0,000325	11,6957
220	220000	140	0,07	0,00035	12,2526
230	230000	148	0,074	0,00037	12,8096

Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
240	240000	155	0,0775	0,0003875	13,3665
250	250000	165	0,0825	0,0004125	13,9234
260	260000	173	0,0865	0,0004325	14,4804
270	270000	183	0,0915	0,0004575	15,0373
280	280000	190	0,095	0,000475	15,5943
290	290000	200	0,1	0,0005	16,1512
300	300000	210	0,105	0,000525	16,7081
310	310000	219	0,1095	0,0005475	17,2651
320	320000	229	0,1145	0,0005725	17,8220
330	330000	238	0,119	0,000595	18,3789
340	340000	250	0,125	0,000625	18,9359
350	350000	263	0,1315	0,0006575	19,4928
360	360000	274	0,137	0,000685	20,0498
370	370000	287	0,1435	0,0007175	20,6067
380	380000	300	0,15	0,00075	21,1636
390	390000	312	0,156	0,00078	21,7206
400	400000	325	0,1625	0,0008125	22,2775
410	410000	340	0,17	0,00085	22,8344
420	420000	345	0,1725	0,0008625	23,3914
430	430000	379	0,1895	0,0009475	23,9483
435,8	435800	395	0,1975	0,0009875	24,2713
430	430000	409	0,2045	0,0010225	23,9483
420	420000	460	0,23	0,00115	23,3914
410	410000	570	0,285	0,001425	22,8344
400	400000	645	0,3225	0,0016125	22,2775
390	390000	690	0,345	0,001725	21,7206
380	380000	730	0,365	0,001825	21,1636
370	370000	860	0,43	0,00215	20,6067



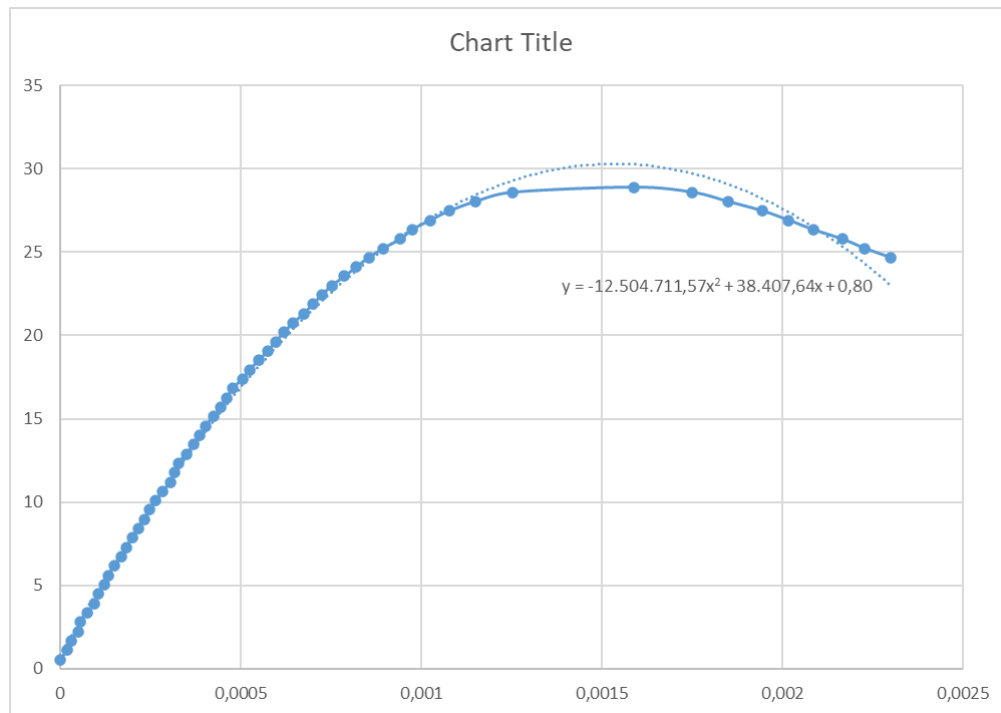
Variasi	pH 7
Jumlah Sampel	5
Benda Uji	TM-7-04

Uraian	Silinder	
Diameter	150,7	mm
Tinggi	301,60	mm
Luas	17836,78	mm ²
Berat	13105	gr
Berat Volume	2,4361	gr/cm ³
	2436,067	kg/m ³
Lo	200	mm

Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
10	10000	0	0	0	0,5606
20	20000	8	0,004	0,00002	1,1213
30	30000	12	0,006	0,00003	1,6819
40	40000	20	0,01	0,00005	2,2426
50	50000	22	0,011	0,000055	2,8032
60	60000	30	0,015	0,000075	3,3638
70	70000	38	0,019	0,000095	3,9245
80	80000	42	0,021	0,000105	4,4851
90	90000	49	0,0245	0,0001225	5,0458
100	100000	54	0,027	0,000135	5,6064
110	110000	60	0,03	0,00015	6,1670
120	120000	68	0,034	0,00017	6,7277
130	130000	73	0,0365	0,0001825	7,2883
140	140000	80	0,04	0,0002	7,8490
150	150000	87	0,0435	0,0002175	8,4096
160	160000	93	0,0465	0,0002325	8,9702
170	170000	99	0,0495	0,0002475	9,5309
180	180000	106	0,053	0,000265	10,0915
190	190000	114	0,057	0,000285	10,6521
200	200000	122	0,061	0,000305	11,2128
210	210000	127	0,0635	0,0003175	11,7734
220	220000	131	0,0655	0,0003275	12,3341
230	230000	140	0,07	0,00035	12,8947

Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
240	240000	148	0,074	0,00037	13,4553
250	250000	155	0,0775	0,0003875	14,0160
260	260000	161	0,0805	0,0004025	14,5766
270	270000	170	0,085	0,000425	15,1373
280	280000	178	0,089	0,000445	15,6979
290	290000	185	0,0925	0,0004625	16,2585
300	300000	191	0,0955	0,0004775	16,8192
310	310000	202	0,101	0,000505	17,3798
320	320000	210	0,105	0,000525	17,9405
330	330000	220	0,11	0,00055	18,5011
340	340000	230	0,115	0,000575	19,0617
350	350000	239	0,1195	0,0005975	19,6224
360	360000	248	0,124	0,00062	20,1830
370	370000	258	0,129	0,000645	20,7437
380	380000	270	0,135	0,000675	21,3043
390	390000	280	0,14	0,0007	21,8649
400	400000	290	0,145	0,000725	22,4256
410	410000	301	0,1505	0,0007525	22,9862
420	420000	315	0,1575	0,0007875	23,5469
430	430000	328	0,164	0,00082	24,1075
440	440000	342	0,171	0,000855	24,6681
450	450000	358	0,179	0,000895	25,2288
460	460000	377	0,1885	0,0009425	25,7894
470	470000	390	0,195	0,000975	26,3501
480	480000	410	0,205	0,001025	26,9107
490	490000	431	0,2155	0,0010775	27,4713
500	500000	460	0,23	0,00115	28,0320
510	510000	501	0,2505	0,0012525	28,5926
515,4	515400	635	0,3175	0,0015875	28,8954
510	510000	700	0,35	0,00175	28,5926
500	500000	740	0,37	0,00185	28,0320
490	490000	778	0,389	0,001945	27,4713
480	480000	807	0,4035	0,0020175	26,9107
470	470000	834	0,417	0,002085	26,3501
460	460000	866	0,433	0,002165	25,7894
450	450000	891	0,4455	0,0022275	25,2288

Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
440	440000	920	0,46	0,0023	24,6681

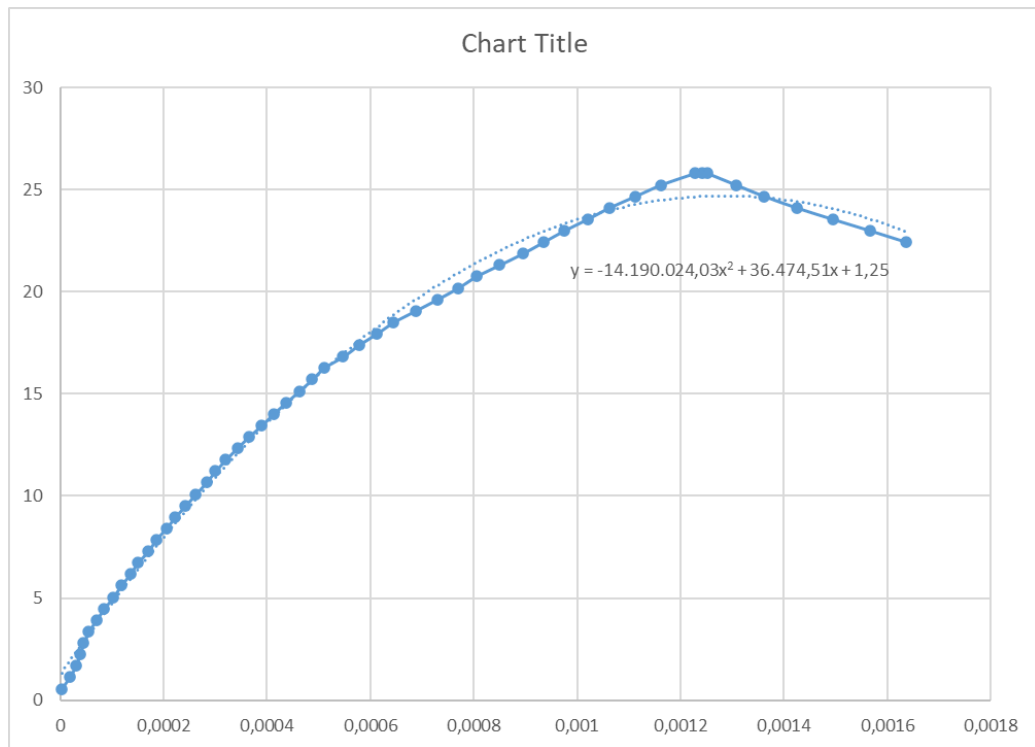


Variasi	pH 7
Jumlah Sampel	5
Benda Uji	TM-7-05

Uraian	Silinder	
Diameter	150,7	mm
Tinggi	306,50	mm
Luas	17836,78	mm ²
Berat	13096	gr
Berat Volume	2,3955	gr/cm ³
	2395,476	kg/m ³
Lo	200	mm

Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
10	10000	1	0,0005	0,0000025	0,5606
20	20000	7	0,0035	0,0000175	1,1213
30	30000	12	0,006	0,00003	1,6819
40	40000	15	0,0075	0,0000375	2,2426
50	50000	18	0,009	0,000045	2,8032
60	60000	22	0,011	0,000055	3,3638
70	70000	28	0,014	0,00007	3,9245
80	80000	34	0,017	0,000085	4,4851
90	90000	41	0,0205	0,0001025	5,0458
100	100000	47	0,0235	0,0001175	5,6064
110	110000	54	0,027	0,000135	6,1670
120	120000	60	0,03	0,00015	6,7277
130	130000	68	0,034	0,00017	7,2883
140	140000	74	0,037	0,000185	7,8490
150	150000	82	0,041	0,000205	8,4096
160	160000	89	0,0445	0,0002225	8,9702
170	170000	97	0,0485	0,0002425	9,5309
180	180000	105	0,0525	0,0002625	10,0915
190	190000	113	0,0565	0,0002825	10,6521
200	200000	120	0,06	0,0003	11,2128
210	210000	128	0,064	0,00032	11,7734
220	220000	137	0,0685	0,0003425	12,3341
230	230000	146	0,073	0,000365	12,8947

Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
240	240000	156	0,078	0,00039	13,4553
250	250000	165	0,0825	0,0004125	14,0160
260	260000	175	0,0875	0,0004375	14,5766
270	270000	185	0,0925	0,0004625	15,1373
280	280000	195	0,0975	0,0004875	15,6979
290	290000	204	0,102	0,00051	16,2585
300	300000	219	0,1095	0,0005475	16,8192
310	310000	231	0,1155	0,0005775	17,3798
320	320000	245	0,1225	0,0006125	17,9405
330	330000	258	0,129	0,000645	18,5011
340	340000	275	0,1375	0,0006875	19,0617
350	350000	292	0,146	0,00073	19,6224
360	360000	308	0,154	0,00077	20,1830
370	370000	322	0,161	0,000805	20,7437
380	380000	340	0,17	0,00085	21,3043
390	390000	358	0,179	0,000895	21,8649
400	400000	374	0,187	0,000935	22,4256
410	410000	390	0,195	0,000975	22,9862
420	420000	408	0,204	0,00102	23,5469
430	430000	425	0,2125	0,0010625	24,1075
440	440000	445	0,2225	0,0011125	24,6681
450	450000	465	0,2325	0,0011625	25,2288
460	460000	491	0,2455	0,0012275	25,7894
460,8	460800	497	0,2485	0,0012425	25,8343
460	460000	501	0,2505	0,0012525	25,7894
450	450000	523	0,2615	0,0013075	25,2288
440	440000	545	0,2725	0,0013625	24,6681
430	430000	570	0,285	0,001425	24,1075
420	420000	598	0,299	0,001495	23,5469
410	410000	627	0,3135	0,0015675	22,9862
400	400000	655	0,3275	0,0016375	22,4256

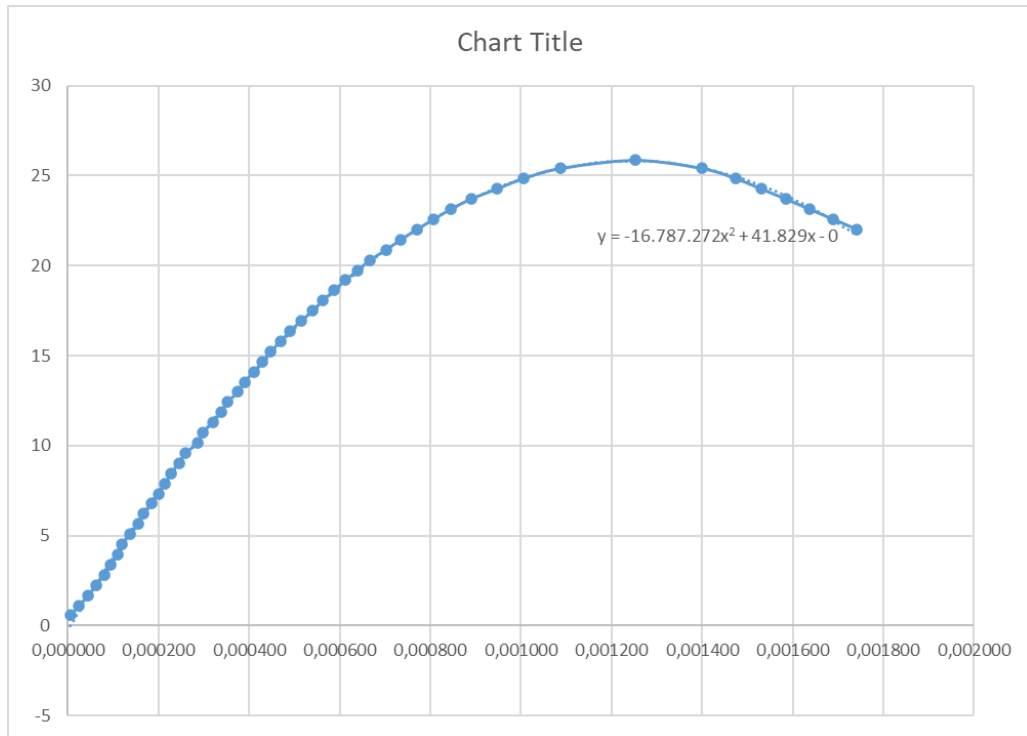


Variasi	pH 8
Jumlah Sampel	5
Benda Uji	TM-8-01

Uraian	Silinder	
Diameter	150,2	mm
Tinggi	305	mm
Luas	17718,61	mm ²
Berat	13035	gr
Berat Volume	2,4120	gr/cm ³
	2412,023	kg/m ³
Lo	200	mm

Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
10	10000	2	0,001	0,000005	0,5644
20	20000	10	0,005	0,000025	1,1288
30	30000	18	0,009	0,000045	1,6931
40	40000	25	0,0125	0,0000625	2,2575
50	50000	32	0,016	0,00008	2,8219
60	60000	38	0,019	0,000095	3,3863
70	70000	44	0,022	0,00011	3,9506
80	80000	48	0,024	0,00012	4,5150
90	90000	55	0,0275	0,0001375	5,0794
100	100000	62	0,031	0,000155	5,6438
110	110000	67	0,0335	0,0001675	6,2082
120	120000	74	0,037	0,000185	6,7725
130	130000	80	0,04	0,0002	7,3369
140	140000	86	0,043	0,000215	7,9013
150	150000	91	0,0455	0,0002275	8,4657
160	160000	98	0,049	0,000245	9,0301
170	170000	104	0,052	0,00026	9,5944
180	180000	115	0,0575	0,0002875	10,1588
190	190000	119	0,0595	0,0002975	10,7232
200	200000	128	0,064	0,00032	11,2876
210	210000	135	0,0675	0,0003375	11,8519
220	220000	141	0,0705	0,0003525	12,4163
230	230000	150	0,075	0,000375	12,9807

Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
240	240000	156	0,078	0,00039	13,5451
250	250000	164	0,082	0,00041	14,1095
260	260000	172	0,086	0,00043	14,6738
270	270000	179	0,0895	0,0004475	15,2382
280	280000	188	0,094	0,00047	15,8026
290	290000	196	0,098	0,00049	16,3670
300	300000	206	0,103	0,000515	16,9313
310	310000	216	0,108	0,00054	17,4957
320	320000	225	0,1125	0,0005625	18,0601
330	330000	235	0,1175	0,0005875	18,6245
340	340000	245	0,1225	0,0006125	19,1889
350	350000	256	0,128	0,00064	19,7532
360	360000	267	0,1335	0,0006675	20,3176
370	370000	281	0,1405	0,0007025	20,8820
380	380000	294	0,147	0,000735	21,4464
390	390000	308	0,154	0,00077	22,0108
400	400000	323	0,1615	0,0008075	22,5751
410	410000	338	0,169	0,000845	23,1395
420	420000	356	0,178	0,00089	23,7039
430	430000	379	0,1895	0,0009475	24,2683
440	440000	402	0,201	0,001005	24,8326
450	450000	435	0,2175	0,0010875	25,3970
458	458000	501	0,2505	0,0012525	25,8485
450	450000	560	0,28	0,0014	25,3970
440	440000	590	0,295	0,001475	24,8326
430	430000	612	0,306	0,00153	24,2683
420	420000	634	0,317	0,001585	23,7039
410	410000	655	0,3275	0,0016375	23,1395
400	400000	676	0,338	0,00169	22,5751
390	390000	697	0,3485	0,0017425	22,0108

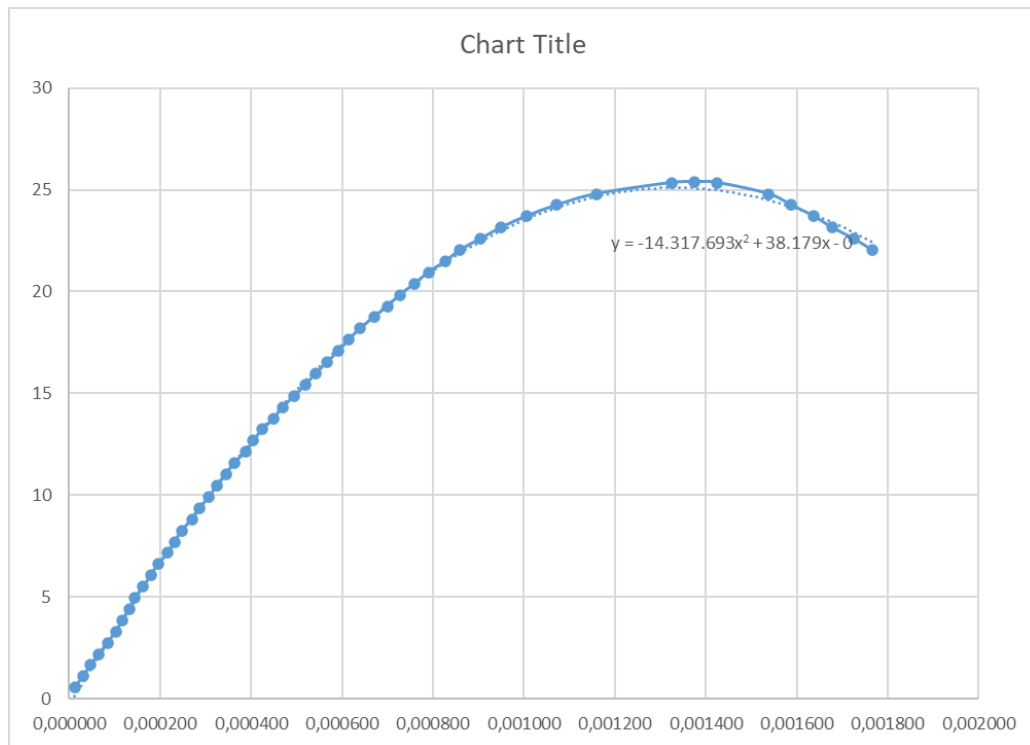


Variasi	pH 8
Jumlah Sampel	5
Benda Uji	TM-8-02

Uraian	Silinder	
Diameter	152,00	mm
Tinggi	301,60	mm
Luas	18145,84	mm ²
Berat	13114,00	gr
Berat Volume	2,40	gr/cm ³
	2396,22	kg/m ³
Lo	200	mm

Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
10	10000	5	0,0025	0,000013	0,5511
20	20000	12	0,006	0,00003	1,1022
30	30000	19	0,0095	0,0000475	1,6533
40	40000	26	0,013	0,000065	2,2044
50	50000	34	0,017	0,000085	2,7555
60	60000	41	0,0205	0,0001025	3,3065
70	70000	47	0,0235	0,0001175	3,8576
80	80000	53	0,0265	0,0001325	4,4087
90	90000	58	0,029	0,000145	4,9598
100	100000	65	0,0325	0,0001625	5,5109
110	110000	72	0,036	0,00018	6,0620
120	120000	78	0,039	0,000195	6,6131
130	130000	87	0,0435	0,0002175	7,1642
140	140000	93	0,0465	0,0002325	7,7153
150	150000	99	0,0495	0,0002475	8,2664
160	160000	108	0,054	0,00027	8,8174
170	170000	115	0,0575	0,0002875	9,3685
180	180000	123	0,0615	0,0003075	9,9196
190	190000	130	0,065	0,000325	10,4707
200	200000	138	0,069	0,000345	11,0218
210	210000	145	0,0725	0,0003625	11,5729
220	220000	155	0,0775	0,0003875	12,1240
230	230000	162	0,081	0,000405	12,6751

Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
240	240000	170	0,085	0,000425	13,2262
250	250000	180	0,09	0,00045	13,7773
260	260000	188	0,094	0,00047	14,3284
270	270000	198	0,099	0,000495	14,8794
280	280000	208	0,104	0,00052	15,4305
290	290000	217	0,1085	0,0005425	15,9816
300	300000	227	0,1135	0,0005675	16,5327
310	310000	237	0,1185	0,0005925	17,0838
320	320000	246	0,123	0,000615	17,6349
330	330000	256	0,128	0,00064	18,1860
340	340000	268	0,134	0,00067	18,7371
350	350000	280	0,14	0,0007	19,2882
360	360000	291	0,1455	0,0007275	19,8393
370	370000	304	0,152	0,00076	20,3903
380	380000	316	0,158	0,00079	20,9414
390	390000	331	0,1655	0,0008275	21,4925
400	400000	344	0,172	0,00086	22,0436
410	410000	362	0,181	0,000905	22,5947
420	420000	380	0,19	0,00095	23,1458
430	430000	402	0,201	0,001005	23,6969
440	440000	429	0,2145	0,0010725	24,2480
450	450000	464	0,232	0,00116	24,7991
460	460000	530	0,265	0,001325	25,3502
460,6	460600	550	0,275	0,001375	25,3832
460	460000	570	0,285	0,001425	25,3502
450	450000	615	0,3075	0,0015375	24,7991
440	440000	635	0,3175	0,0015875	24,2480
430	430000	655	0,3275	0,0016375	23,6969
420	420000	671	0,3355	0,0016775	23,1458
410	410000	690	0,345	0,001725	22,5947
400	400000	706	0,353	0,001765	22,0436

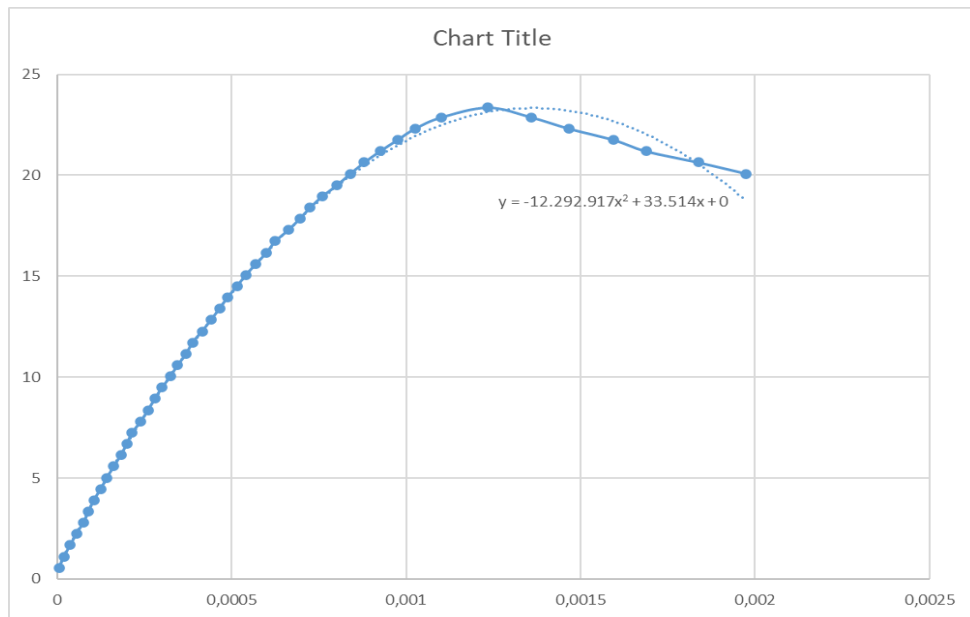


Variasi	pH 8
Jumlah Sampel	5
Benda Uji	TM-8-03

Uraian	Silinder	
Diameter	151,1	mm
Tinggi	305,70	mm
Luas	17931,59	mm ²
Berat	13055	gr
Berat Volume	2,3816	gr/cm ³
	2381,566	kg/m ³
Lo	200	mm

Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
10	10000	2	0,001	0,000005	0,5577
20	20000	8	0,004	0,00002	1,1154
30	30000	15	0,0075	0,0000375	1,6730
40	40000	22	0,011	0,000055	2,2307
50	50000	30	0,015	0,000075	2,7884
60	60000	36	0,018	0,00009	3,3461
70	70000	42	0,021	0,000105	3,9037
80	80000	50	0,025	0,000125	4,4614
90	90000	57	0,0285	0,0001425	5,0191
100	100000	65	0,0325	0,0001625	5,5768
110	110000	73	0,0365	0,0001825	6,1344
120	120000	80	0,04	0,0002	6,6921
130	130000	86	0,043	0,000215	7,2498
140	140000	96	0,048	0,00024	7,8075
150	150000	104	0,052	0,00026	8,3651
160	160000	112	0,056	0,00028	8,9228
170	170000	120	0,06	0,0003	9,4805
180	180000	130	0,065	0,000325	10,0382
190	190000	138	0,069	0,000345	10,5958
200	200000	148	0,074	0,00037	11,1535
210	210000	155	0,0775	0,0003875	11,7112
220	220000	166	0,083	0,000415	12,2689
230	230000	176	0,088	0,00044	12,8265

Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
240	240000	186	0,093	0,000465	13,3842
250	250000	195	0,0975	0,0004875	13,9419
260	260000	206	0,103	0,000515	14,4996
270	270000	216	0,108	0,00054	15,0572
280	280000	228	0,114	0,00057	15,6149
290	290000	240	0,12	0,0006	16,1726
300	300000	250	0,125	0,000625	16,7303
310	310000	265	0,1325	0,0006625	17,2879
320	320000	278	0,139	0,000695	17,8456
330	330000	290	0,145	0,000725	18,4033
340	340000	304	0,152	0,00076	18,9610
350	350000	321	0,1605	0,0008025	19,5186
360	360000	336	0,168	0,00084	20,0763
370	370000	352	0,176	0,00088	20,6340
380	380000	370	0,185	0,000925	21,1917
390	390000	390	0,195	0,000975	21,7493
400	400000	410	0,205	0,001025	22,3070
410	410000	440	0,22	0,0011	22,8647
418,8	418800	494	0,247	0,001235	23,3554
410	410000	544	0,272	0,00136	22,8647
400	400000	587	0,2935	0,0014675	22,3070
390	390000	638	0,319	0,001595	21,7493
380	380000	675	0,3375	0,0016875	21,1917
370	370000	735	0,3675	0,0018375	20,6340
360	360000	790	0,395	0,001975	20,0763

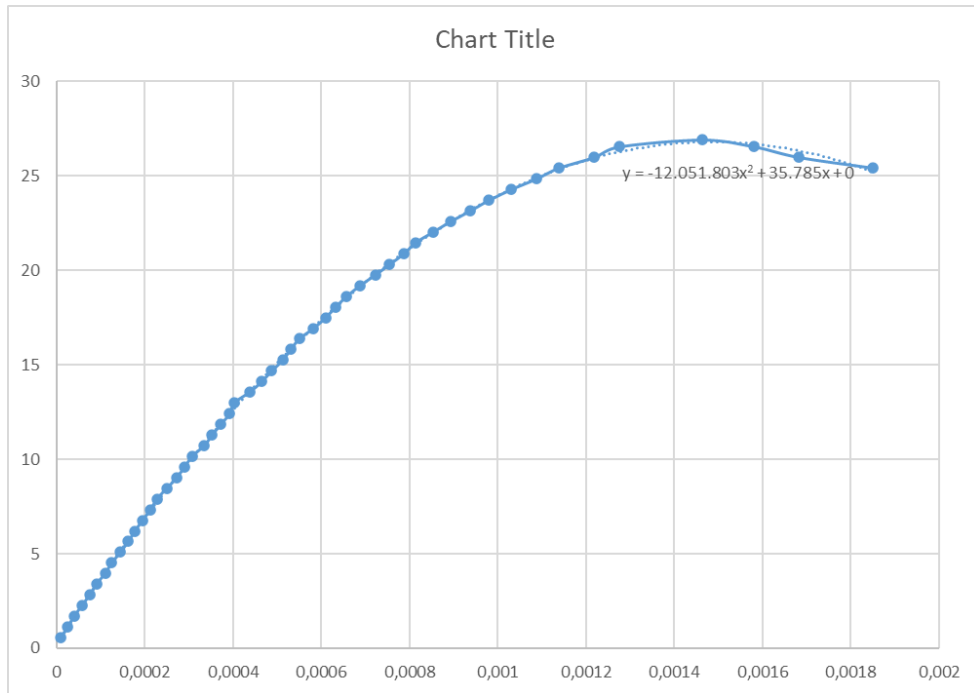


Variasi	pH 8
Jumlah Sampel	5
Benda Uji	TM-8-04

Uraian	Silinder	
Diameter	150,2	mm
Tinggi	306,50	mm
Luas	17718,61	mm ²
Berat	12956	gr
Berat Volume	2,3857	gr/cm ³
	2385,672	kg/m ³
Lo	200	mm

Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
10	10000	4	0,002	0,00001	0,5644
20	20000	10	0,005	0,000025	1,1288
30	30000	16	0,008	0,00004	1,6931
40	40000	23	0,0115	0,0000575	2,2575
50	50000	30	0,015	0,000075	2,8219
60	60000	36	0,018	0,00009	3,3863
70	70000	44	0,022	0,00011	3,9506
80	80000	50	0,025	0,000125	4,5150
90	90000	58	0,029	0,000145	5,0794
100	100000	65	0,0325	0,0001625	5,6438
110	110000	71	0,0355	0,0001775	6,2082
120	120000	78	0,039	0,000195	6,7725
130	130000	85	0,0425	0,0002125	7,3369
140	140000	91	0,0455	0,0002275	7,9013
150	150000	100	0,05	0,00025	8,4657
160	160000	109	0,0545	0,0002725	9,0301
170	170000	116	0,058	0,00029	9,5944
180	180000	123	0,0615	0,0003075	10,1588
190	190000	134	0,067	0,000335	10,7232
200	200000	141	0,0705	0,0003525	11,2876
210	210000	149	0,0745	0,0003725	11,8519
220	220000	157	0,0785	0,0003925	12,4163
230	230000	161	0,0805	0,0004025	12,9807

Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
240	240000	175	0,0875	0,0004375	13,5451
250	250000	186	0,093	0,000465	14,1095
260	260000	195	0,0975	0,0004875	14,6738
270	270000	205	0,1025	0,0005125	15,2382
280	280000	212	0,106	0,00053	15,8026
290	290000	220	0,11	0,00055	16,3670
300	300000	233	0,1165	0,0005825	16,9313
310	310000	244	0,122	0,00061	17,4957
320	320000	253	0,1265	0,0006325	18,0601
330	330000	263	0,1315	0,0006575	18,6245
340	340000	275	0,1375	0,0006875	19,1889
350	350000	289	0,1445	0,0007225	19,7532
360	360000	302	0,151	0,000755	20,3176
370	370000	315	0,1575	0,0007875	20,8820
380	380000	325	0,1625	0,0008125	21,4464
390	390000	341	0,1705	0,0008525	22,0108
400	400000	357	0,1785	0,0008925	22,5751
410	410000	375	0,1875	0,0009375	23,1395
420	420000	392	0,196	0,00098	23,7039
430	430000	412	0,206	0,00103	24,2683
440	440000	435	0,2175	0,0010875	24,8326
450	450000	455	0,2275	0,0011375	25,3970
460	460000	487	0,2435	0,0012175	25,9614
470	470000	510	0,255	0,001275	26,5258
476,4	476400	585	0,2925	0,0014625	26,8870
470	470000	632	0,316	0,00158	26,5258
460	460000	673	0,3365	0,0016825	25,9614
450	450000	740	0,37	0,00185	25,3970

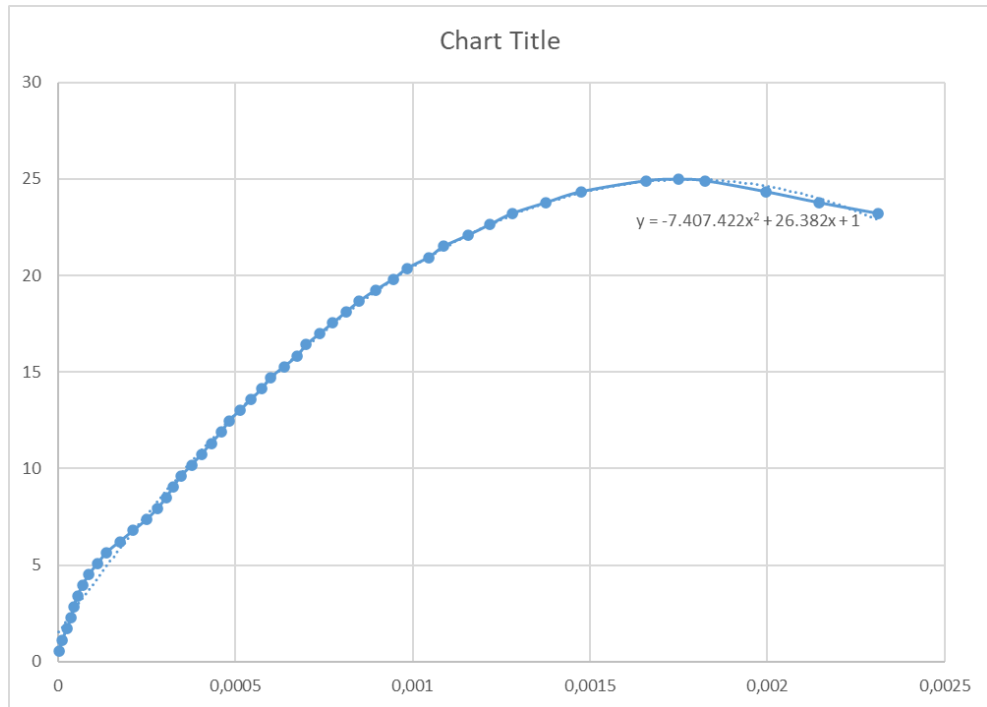


Variasi	pH 8
Jumlah Sampel	5
Benda Uji	TM-8-05

Uraian	Silinder	
Diameter	150	mm
Tinggi	303,80	mm
Luas	17671,46	mm ²
Berat	13012	gr
Berat Volume	2,4237	gr/cm ³
	2423,728	kg/m ³
Lo	200	mm

Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
10	10000	1	0,0005	0,0000025	0,5659
20	20000	5	0,0025	0,0000125	1,1318
30	30000	10	0,005	0,000025	1,6977
40	40000	15	0,0075	0,0000375	2,2635
50	50000	18	0,009	0,000045	2,8294
60	60000	22	0,011	0,000055	3,3953
70	70000	28	0,014	0,00007	3,9612
80	80000	35	0,0175	0,0000875	4,5271
90	90000	45	0,0225	0,0001125	5,0930
100	100000	55	0,0275	0,0001375	5,6588
110	110000	70	0,035	0,000175	6,2247
120	120000	85	0,0425	0,0002125	6,7906
130	130000	100	0,05	0,00025	7,3565
140	140000	112	0,056	0,00028	7,9224
150	150000	122	0,061	0,000305	8,4883
160	160000	130	0,065	0,000325	9,0541
170	170000	139	0,0695	0,0003475	9,6200
180	180000	151	0,0755	0,0003775	10,1859
190	190000	162	0,081	0,000405	10,7518
200	200000	173	0,0865	0,0004325	11,3177
210	210000	184	0,092	0,00046	11,8836
220	220000	193	0,0965	0,0004825	12,4495
230	230000	205	0,1025	0,0005125	13,0153

Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
240	240000	218	0,109	0,000545	13,5812
250	250000	230	0,115	0,000575	14,1471
260	260000	240	0,12	0,0006	14,7130
270	270000	255	0,1275	0,0006375	15,2789
280	280000	270	0,135	0,000675	15,8448
290	290000	280	0,14	0,0007	16,4106
300	300000	295	0,1475	0,0007375	16,9765
310	310000	310	0,155	0,000775	17,5424
320	320000	325	0,1625	0,0008125	18,1083
330	330000	340	0,17	0,00085	18,6742
340	340000	358	0,179	0,000895	19,2401
350	350000	378	0,189	0,000945	19,8059
360	360000	394	0,197	0,000985	20,3718
370	370000	418	0,209	0,001045	20,9377
380	380000	435	0,2175	0,0010875	21,5036
390	390000	462	0,231	0,001155	22,0695
400	400000	487	0,2435	0,0012175	22,6354
410	410000	512	0,256	0,00128	23,2013
420	420000	550	0,275	0,001375	23,7671
430	430000	590	0,295	0,001475	24,3330
440	440000	663	0,3315	0,0016575	24,8989
441,2	441200	700	0,35	0,00175	24,9668
440	440000	730	0,365	0,001825	24,8989
430	430000	798	0,399	0,001995	24,3330
420	420000	858	0,429	0,002145	23,7671
410	410000	925	0,4625	0,0023125	23,2013
400	400000	986	0,493	0,002465	22,6354
390	390000	1045	0,5225	0,0026125	22,0695
380	380000	1100	0,55	0,00275	21,5036

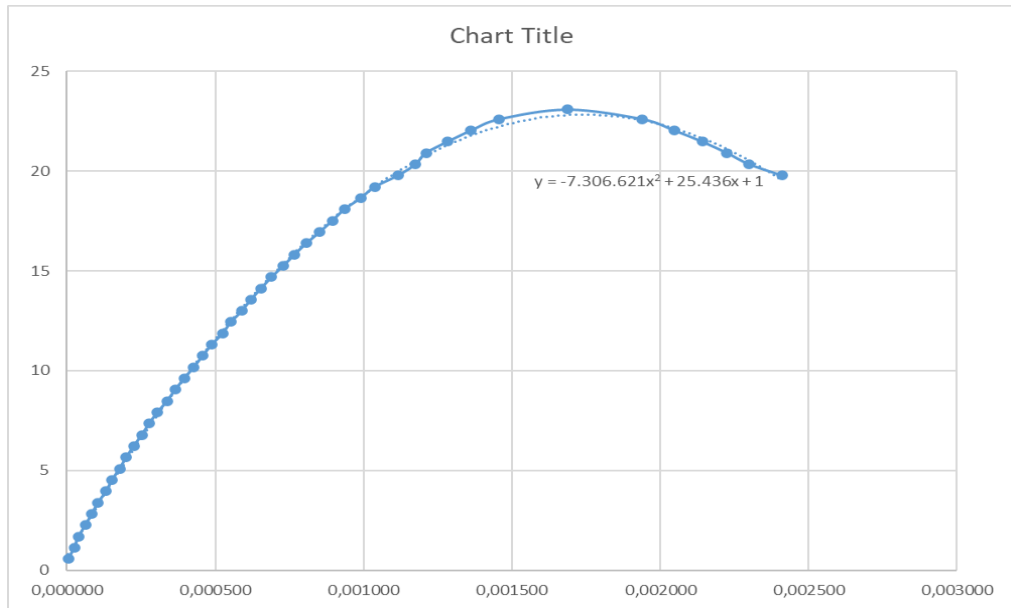


Variasi	pH 9
Jumlah Sampel	5
Benda Uji	TM-9-01

Uraian	Silinder	
Diameter	150,1	mm
Tinggi	304,5	mm
Luas	17695,03	mm ²
Berat	12804	gr
Berat Volume	2,38	gr/cm ³
	2376,33	kg/m ³
Lo	200	mm

Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/Lo$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
10	10000	2	0,001	0,000005	0,5651
20	20000	10	0,005	0,000025	1,1303
30	30000	16	0,008	0,00004	1,6954
40	40000	25	0,0125	0,0000625	2,2605
50	50000	34	0,017	0,000085	2,8257
60	60000	42	0,021	0,000105	3,3908
70	70000	53	0,0265	0,0001325	3,9559
80	80000	61	0,0305	0,0001525	4,5210
90	90000	71	0,0355	0,0001775	5,0862
100	100000	80	0,04	0,0002	5,6513
110	110000	90	0,045	0,000225	6,2164
120	120000	101	0,0505	0,0002525	6,7816
130	130000	111	0,0555	0,0002775	7,3467
140	140000	122	0,061	0,000305	7,9118
150	150000	135	0,0675	0,0003375	8,4770
160	160000	146	0,073	0,000365	9,0421
170	170000	158	0,079	0,000395	9,6072
180	180000	171	0,0855	0,0004275	10,1723
190	190000	183	0,0915	0,0004575	10,7375
200	200000	195	0,0975	0,0004875	11,3026
210	210000	210	0,105	0,000525	11,8677
220	220000	221	0,1105	0,0005525	12,4329
230	230000	236	0,118	0,00059	12,9980

Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
240	240000	248	0,124	0,00062	13,5631
250	250000	262	0,131	0,000655	14,1283
260	260000	276	0,138	0,00069	14,6934
270	270000	292	0,146	0,00073	15,2585
280	280000	307	0,1535	0,0007675	15,8237
290	290000	323	0,1615	0,0008075	16,3888
300	300000	341	0,1705	0,0008525	16,9539
310	310000	358	0,179	0,000895	17,5190
320	320000	374	0,187	0,000935	18,0842
330	330000	396	0,198	0,00099	18,6493
340	340000	415	0,2075	0,0010375	19,2144
350	350000	446	0,223	0,001115	19,7796
360	360000	470	0,235	0,001175	20,3447
370	370000	484	0,242	0,00121	20,9098
380	380000	513	0,2565	0,0012825	21,4750
390	390000	545	0,2725	0,0013625	22,0401
400	400000	583	0,2915	0,0014575	22,6052
409	408500	675	0,3375	0,0016875	23,0856
400,0	400000	776	0,388	0,00194	22,6052
390	390000	819	0,4095	0,0020475	22,0401
380	380000	857	0,4285	0,0021425	21,4750
370	370000	890	0,445	0,002225	20,9098
360	360000	920	0,46	0,0023	20,3447
350	350000	965	0,4825	0,0024125	19,7796

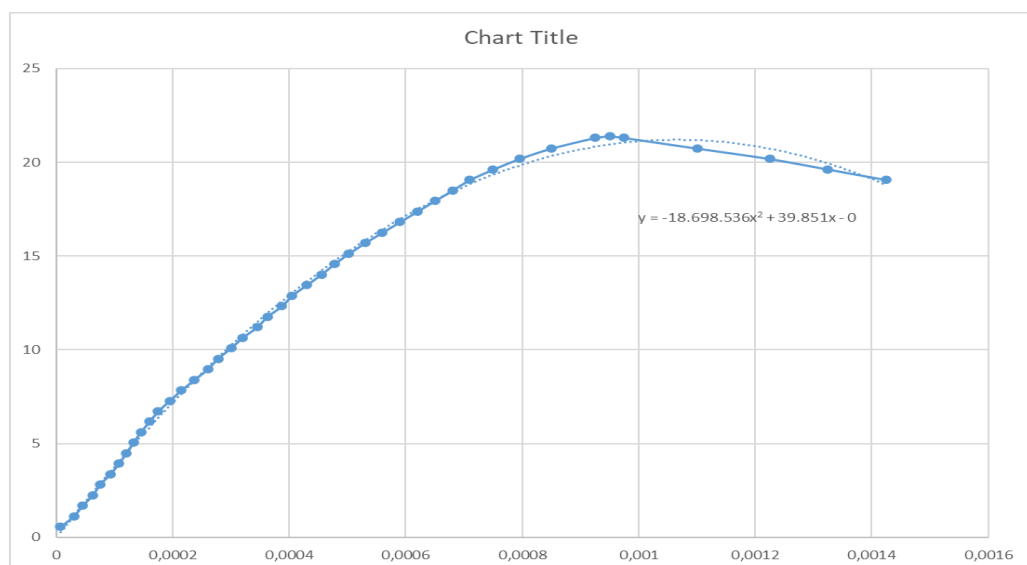


Variasi	pH 9
Jumlah Sampel	5
Benda Uji	TM-9-02

Uraian	Silinder	
Diameter	150,7	mm
Tinggi	308,00	mm
Luas	17836,77714	mm ²
Berat	13053,000	gr
Berat Volume	2,3760	gr/cm ³
	2375,982489	kg/m ³
Lo	200	mm

Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
10	10000	3	0,0015	0,0000075	0,5606
20	20000	12	0,006	0,00003	1,1213
30	30000	18	0,009	0,000045	1,6819
40	40000	25	0,0125	0,0000625	2,2426
50	50000	30	0,015	0,000075	2,8032
60	60000	37	0,0185	0,0000925	3,3638
70	70000	43	0,0215	0,0001075	3,9245
80	80000	48	0,024	0,00012	4,4851
90	90000	53	0,0265	0,0001325	5,0458
100	100000	58	0,029	0,000145	5,6064
110	110000	64	0,032	0,00016	6,1670
120	120000	70	0,035	0,000175	6,7277
130	130000	78	0,039	0,000195	7,2883
140	140000	86	0,043	0,000215	7,8490
150	150000	95	0,0475	0,0002375	8,4096
160	160000	104	0,052	0,00026	8,9702
170	170000	111	0,0555	0,0002775	9,5309
180	180000	120	0,06	0,0003	10,0915
190	190000	128	0,064	0,00032	10,6521
200	200000	138	0,069	0,000345	11,2128
210	210000	145	0,0725	0,0003625	11,7734
220	220000	155	0,0775	0,0003875	12,3341
230	230000	162	0,081	0,000405	12,8947

Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
240	240000	172	0,086	0,00043	13,4553
250	250000	182	0,091	0,000455	14,0160
260	260000	191	0,0955	0,0004775	14,5766
270	270000	201	0,1005	0,0005025	15,1373
280	280000	212	0,106	0,00053	15,6979
290	290000	224	0,112	0,00056	16,2585
300	300000	236	0,118	0,00059	16,8192
310	310000	248	0,124	0,00062	17,3798
320	320000	260	0,13	0,00065	17,9405
330	330000	272	0,136	0,00068	18,5011
340	340000	284	0,142	0,00071	19,0617
350	350000	300	0,15	0,00075	19,6224
360	360000	318	0,159	0,000795	20,1830
370	370000	340	0,17	0,00085	20,7437
380	380000	370	0,185	0,000925	21,3043
381,5	381500	380	0,19	0,00095	21,3884
380,0	380000	390	0,195	0,000975	21,3043
370	370000	440	0,22	0,0011	20,7437
360	360000	490	0,245	0,001225	20,1830
350	350000	530	0,265	0,001325	19,6224
340	340000	570	0,285	0,001425	19,0617

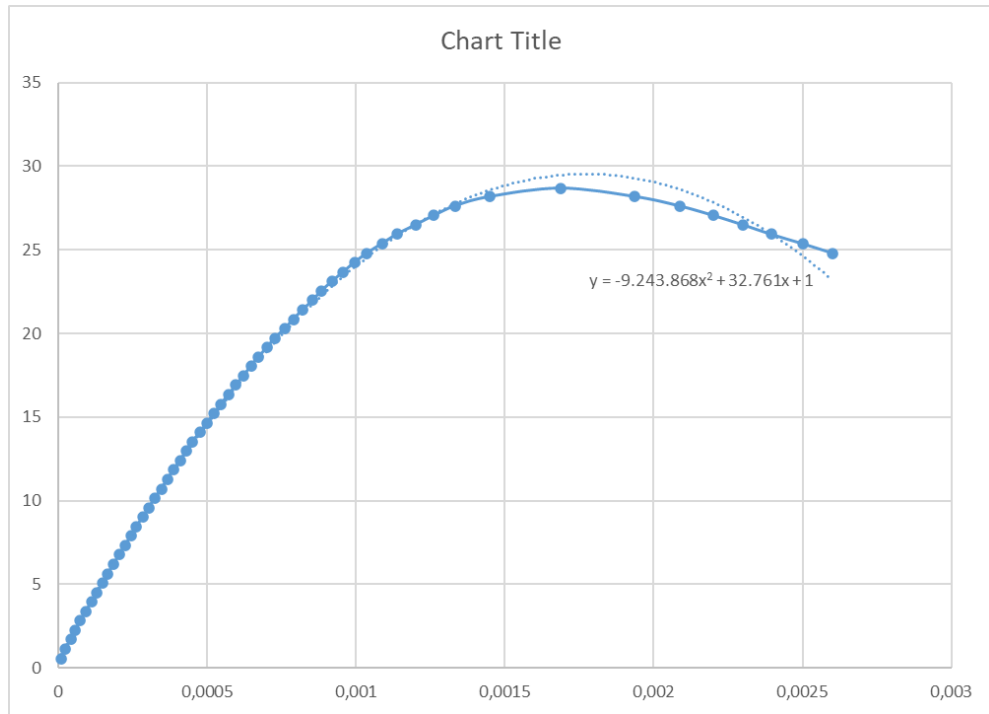


Variasi	pH 9
Jumlah Sampel	5
Benda Uji	TM-9-03

Uraian	Silinder	
Diameter	150,3	mm
Tinggi	305,20	mm
Luas	17742,2152	mm ²
Berat	13038,0	gr
Berat Volume	2,4078	gr/cm ³
	2407,78999	kg/m ³
Lo	200	mm

Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
10	10000	4	0,002	0,00001	0,5636
20	20000	10	0,005	0,000025	1,1273
30	30000	17	0,0085	0,0000425	1,6909
40	40000	23	0,0115	0,0000575	2,2545
50	50000	30	0,015	0,000075	2,8181
60	60000	37	0,0185	0,0000925	3,3818
70	70000	45	0,0225	0,0001125	3,9454
80	80000	52	0,026	0,00013	4,5090
90	90000	60	0,03	0,00015	5,0726
100	100000	67	0,0335	0,0001675	5,6363
110	110000	75	0,0375	0,0001875	6,1999
120	120000	82	0,041	0,000205	6,7635
130	130000	90	0,045	0,000225	7,3272
140	140000	98	0,049	0,000245	7,8908
150	150000	105	0,0525	0,0002625	8,4544
160	160000	114	0,057	0,000285	9,0180
170	170000	122	0,061	0,000305	9,5817
180	180000	130	0,065	0,000325	10,1453
190	190000	139	0,0695	0,0003475	10,7089
200	200000	147	0,0735	0,0003675	11,2725
210	210000	155	0,0775	0,0003875	11,8362
220	220000	164	0,082	0,00041	12,3998
230	230000	172	0,086	0,00043	12,9634

Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
240	240000	180	0,09	0,00045	13,5271
250	250000	191	0,0955	0,0004775	14,0907
260	260000	200	0,1	0,0005	14,6543
270	270000	210	0,105	0,000525	15,2179
280	280000	219	0,1095	0,0005475	15,7816
290	290000	229	0,1145	0,0005725	16,3452
300	300000	239	0,1195	0,0005975	16,9088
310	310000	249	0,1245	0,0006225	17,4725
320	320000	259	0,1295	0,0006475	18,0361
330	330000	269	0,1345	0,0006725	18,5997
340	340000	281	0,1405	0,0007025	19,1633
350	350000	291	0,1455	0,0007275	19,7270
360	360000	305	0,1525	0,0007625	20,2906
370	370000	316	0,158	0,00079	20,8542
380	380000	329	0,1645	0,0008225	21,4178
390	390000	342	0,171	0,000855	21,9815
400	400000	354	0,177	0,000885	22,5451
410	410000	368	0,184	0,00092	23,1087
420	420000	383	0,1915	0,0009575	23,6724
430	430000	398	0,199	0,000995	24,2360
440	440000	415	0,2075	0,0010375	24,7996
450	450000	435	0,2175	0,0010875	25,3632
460	460000	455	0,2275	0,0011375	25,9269
470	470000	480	0,24	0,0012	26,4905
480	480000	505	0,2525	0,0012625	27,0541
490	490000	533	0,2665	0,0013325	27,6177
500	500000	580	0,29	0,00145	28,1814
508,9	508900	675	0,3375	0,0016875	28,6830
500	500000	775	0,3875	0,0019375	28,1814
490	490000	835	0,4175	0,0020875	27,6177
480	480000	880	0,44	0,0022	27,0541
470	470000	920	0,46	0,0023	26,4905
460	460000	958	0,479	0,002395	25,9269
450	450000	1000	0,5	0,0025	25,3632
440	440000	1040	0,52	0,0026	24,7996

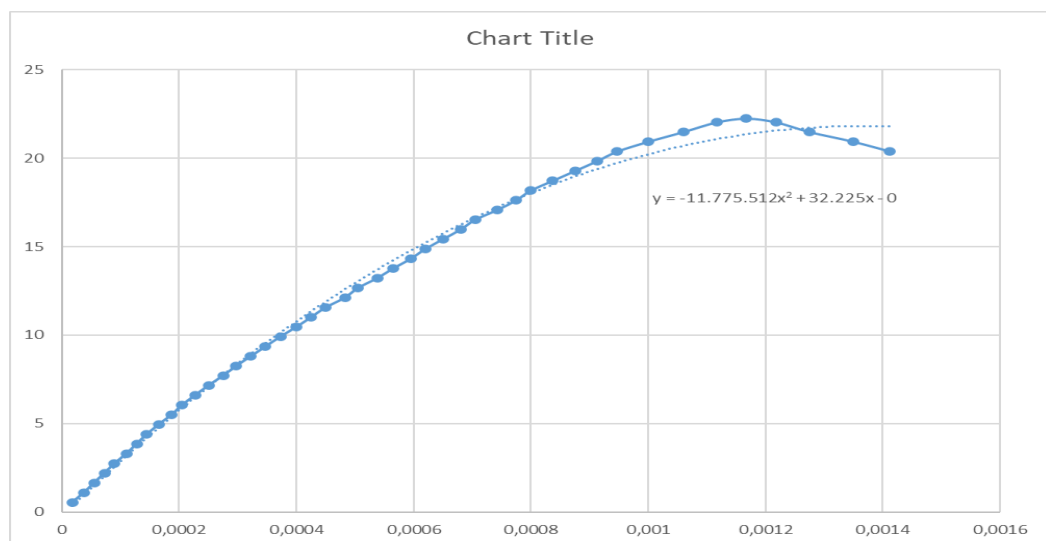


Variasi	pH 9
Jumlah Sampel	5
Benda Uji	TM-9-04

Uraian	Silinder	
Diameter	152	mm
Tinggi	304,60	mm
Luas	18145,83917	mm ²
Berat	13082,000	gr
Berat Volume	2,3668	gr/cm ³
	2366,830671	kg/m ³
Lo	200	mm

Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
10	10000	7	0,0035	0,0000175	0,5511
20	20000	15	0,0075	0,0000375	1,1022
30	30000	22	0,011	0,000055	1,6533
40	40000	29	0,0145	0,0000725	2,2044
50	50000	36	0,018	0,00009	2,7555
60	60000	44	0,022	0,00011	3,3065
70	70000	51	0,0255	0,0001275	3,8576
80	80000	58	0,029	0,000145	4,4087
90	90000	66	0,033	0,000165	4,9598
100	100000	75	0,0375	0,0001875	5,5109
110	110000	82	0,041	0,000205	6,0620
120	120000	91	0,0455	0,0002275	6,6131
130	130000	100	0,05	0,00025	7,1642
140	140000	110	0,055	0,000275	7,7153
150	150000	119	0,0595	0,0002975	8,2664
160	160000	129	0,0645	0,0003225	8,8174
170	170000	139	0,0695	0,0003475	9,3685
180	180000	149	0,0745	0,0003725	9,9196
190	190000	160	0,08	0,0004	10,4707
200	200000	170	0,085	0,000425	11,0218
210	210000	180	0,09	0,00045	11,5729
220	220000	193	0,0965	0,0004825	12,1240
230	230000	202	0,101	0,000505	12,6751

Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
240	240000	215	0,1075	0,0005375	13,2262
250	250000	226	0,113	0,000565	13,7773
260	260000	238	0,119	0,000595	14,3284
270	270000	248	0,124	0,00062	14,8794
280	280000	260	0,13	0,00065	15,4305
290	290000	272	0,136	0,00068	15,9816
300	300000	282	0,141	0,000705	16,5327
310	310000	297	0,1485	0,0007425	17,0838
320	320000	310	0,155	0,000775	17,6349
330	330000	320	0,16	0,0008	18,1860
340	340000	335	0,1675	0,0008375	18,7371
350	350000	350	0,175	0,000875	19,2882
360	360000	365	0,1825	0,0009125	19,8393
370	370000	379	0,1895	0,0009475	20,3903
380	380000	400	0,2	0,001	20,9414
390	390000	424	0,212	0,00106	21,4925
400	400000	447	0,2235	0,0011175	22,0436
403,7	403700	467	0,2335	0,0011675	22,2475
400	400000	487	0,2435	0,0012175	22,0436
390	390000	510	0,255	0,001275	21,4925
380	380000	540	0,27	0,00135	20,9414
370	370000	565	0,2825	0,0014125	20,3903

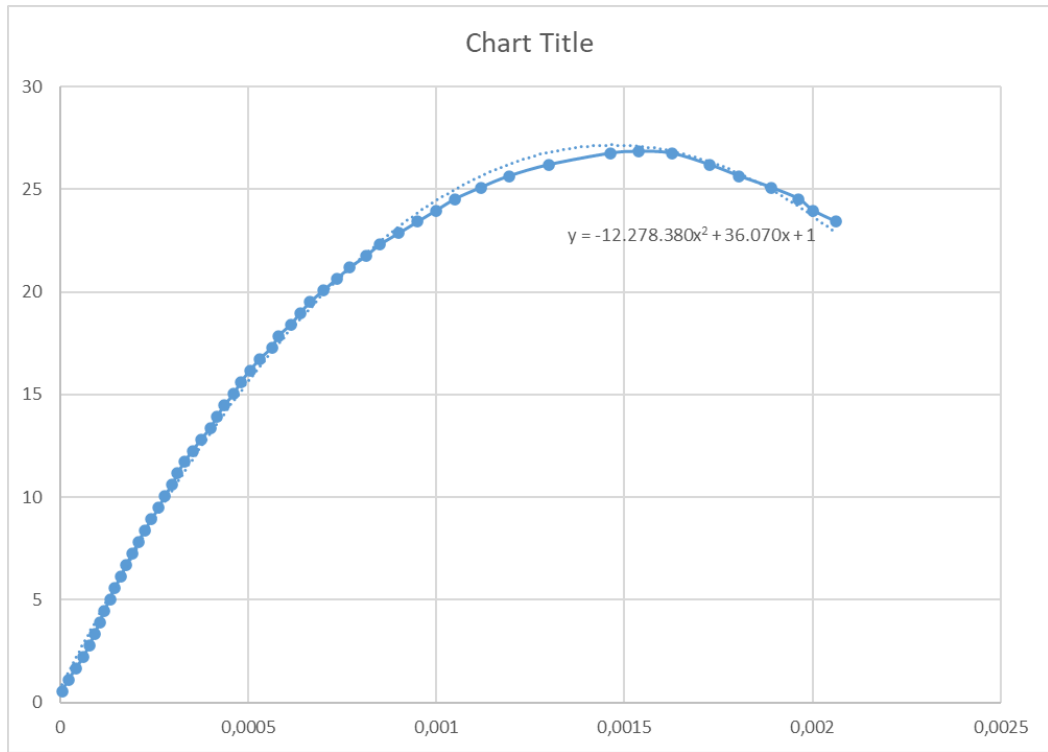


Variasi	pH 9
Jumlah Sampel	5
Benda Uji	TM-9-05

Uraian	Silinder	
Diameter	151,1	mm
Tinggi	307,00	mm
Luas	17931,5904	mm ²
Berat	13127	gr
Berat Volume	2,3846	gr/cm ³
	2384,560248	kg/m ³
Lo	200	mm

Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
10	10000	2	0,001	0,000005	0,5577
20	20000	9	0,0045	0,0000225	1,1154
30	30000	17	0,0085	0,0000425	1,6730
40	40000	25	0,0125	0,0000625	2,2307
50	50000	31	0,0155	0,0000775	2,7884
60	60000	37	0,0185	0,0000925	3,3461
70	70000	42	0,021	0,000105	3,9037
80	80000	47	0,0235	0,0001175	4,4614
90	90000	53	0,0265	0,0001325	5,0191
100	100000	58	0,029	0,000145	5,5768
110	110000	65	0,0325	0,0001625	6,1344
120	120000	70	0,035	0,000175	6,6921
130	130000	77	0,0385	0,0001925	7,2498
140	140000	83	0,0415	0,0002075	7,8075
150	150000	90	0,045	0,000225	8,3651
160	160000	97	0,0485	0,0002425	8,9228
170	170000	105	0,0525	0,0002625	9,4805
180	180000	111	0,0555	0,0002775	10,0382
190	190000	119	0,0595	0,0002975	10,5958
200	200000	125	0,0625	0,0003125	11,1535
210	210000	132	0,066	0,00033	11,7112
220	220000	141	0,0705	0,0003525	12,2689
230	230000	150	0,075	0,000375	12,8265

Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
240	240000	160	0,08	0,0004	13,3842
250	250000	167	0,0835	0,0004175	13,9419
260	260000	175	0,0875	0,0004375	14,4996
270	270000	185	0,0925	0,0004625	15,0572
280	280000	192	0,096	0,00048	15,6149
290	290000	202	0,101	0,000505	16,1726
300	300000	212	0,106	0,00053	16,7303
310	310000	225	0,1125	0,0005625	17,2879
320	320000	232	0,116	0,00058	17,8456
330	330000	245	0,1225	0,0006125	18,4033
340	340000	255	0,1275	0,0006375	18,9610
350	350000	266	0,133	0,000665	19,5186
360	360000	280	0,14	0,0007	20,0763
370	370000	294	0,147	0,000735	20,6340
380	380000	308	0,154	0,00077	21,1917
390	390000	325	0,1625	0,0008125	21,7493
400	400000	340	0,17	0,00085	22,3070
410	410000	360	0,18	0,0009	22,8647
420	420000	380	0,19	0,00095	23,4224
430	430000	400	0,2	0,001	23,9800
440	440000	420	0,21	0,00105	24,5377
450	450000	447	0,2235	0,0011175	25,0954
460	460000	477	0,2385	0,0011925	25,6531
470	470000	520	0,26	0,0013	26,2107
480	480000	585	0,2925	0,0014625	26,7684
481,5	481500	615	0,3075	0,0015375	26,8521
480	480000	650	0,325	0,001625	26,7684
470	470000	690	0,345	0,001725	26,2107
460	460000	722	0,361	0,001805	25,6531
450	450000	756	0,378	0,00189	25,0954
440	440000	785	0,3925	0,0019625	24,5377
430	430000	800	0,4	0,002	23,9800
420	420000	825	0,4125	0,0020625	23,4224

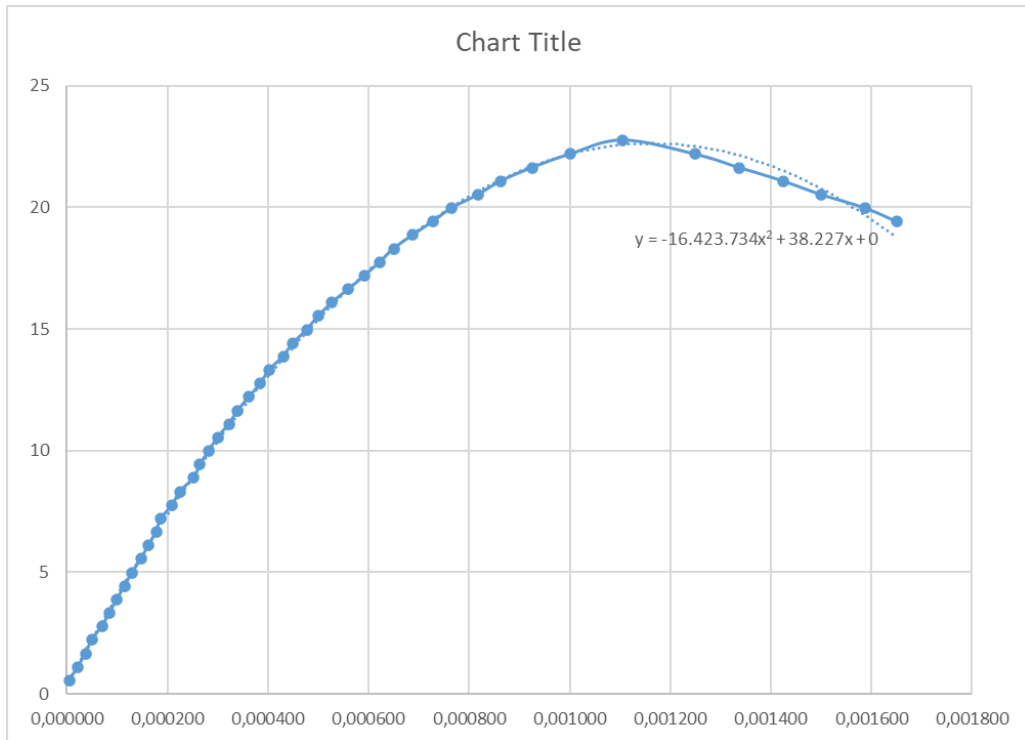


Variasi	pH 10
Jumlah Sampel	5
Benda Uji	TM-10-01

Uraian	Silinder	
Diameter	151,5	mm
Tinggi	304,150	mm
Luas	18026,65	γ^2
Berat	12982	gr
Berat Volume	2,37	gr/cm ³
	2367,77	kg/m ³
Lo	200	mm

Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
10	10000	2	0,001	0,000005	0,5547
20	20000	9	0,0045	0,0000225	1,1095
30	30000	15	0,0075	0,0000375	1,6642
40	40000	20	0,01	0,00005	2,2189
50	50000	28	0,014	0,00007	2,7737
60	60000	34	0,017	0,000085	3,3284
70	70000	40	0,02	0,0001	3,8831
80	80000	46	0,023	0,000115	4,4379
90	90000	52	0,026	0,00013	4,9926
100	100000	59	0,0295	0,0001475	5,5473
110	110000	65	0,0325	0,0001625	6,1021
120	120000	71	0,0355	0,0001775	6,6568
130	130000	75	0,0375	0,0001875	7,2115
140	140000	84	0,042	0,00021	7,7663
150	150000	90	0,045	0,000225	8,3210
160	160000	101	0,0505	0,0002525	8,8757
170	170000	106	0,053	0,000265	9,4305
180	180000	113	0,0565	0,0002825	9,9852
190	190000	120	0,06	0,0003	10,5399
200	200000	129	0,0645	0,0003225	11,0947
210	210000	136	0,068	0,00034	11,6494
220	220000	145	0,0725	0,0003625	12,2041
230	230000	154	0,077	0,000385	12,7589

Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
240	240000	161	0,0805	0,0004025	13,3136
250	250000	172	0,086	0,00043	13,8684
260	260000	180	0,09	0,00045	14,4231
270	270000	191	0,0955	0,0004775	14,9778
280	280000	200	0,1	0,0005	15,5326
290	290000	211	0,1055	0,0005275	16,0873
300	300000	224	0,112	0,00056	16,6420
310	310000	237	0,1185	0,0005925	17,1968
320	320000	249	0,1245	0,0006225	17,7515
330	330000	260	0,13	0,00065	18,3062
340	340000	275	0,1375	0,0006875	18,8610
350	350000	291	0,1455	0,0007275	19,4157
360	360000	306	0,153	0,000765	19,9704
370	370000	327	0,1635	0,0008175	20,5252
380	380000	345	0,1725	0,0008625	21,0799
390	390000	370	0,185	0,000925	21,6346
400	400000	400	0,2	0,001	22,1894
410,5	410500	442	0,221	0,001105	22,7718
400	400000	500	0,25	0,00125	22,1894
390	390000	535	0,2675	0,0013375	21,6346
380	380000	570	0,285	0,001425	21,0799
370	370000	600	0,3	0,0015	20,5252
360	360000	635	0,3175	0,0015875	19,9704
350	350000	660	0,33	0,00165	19,4157

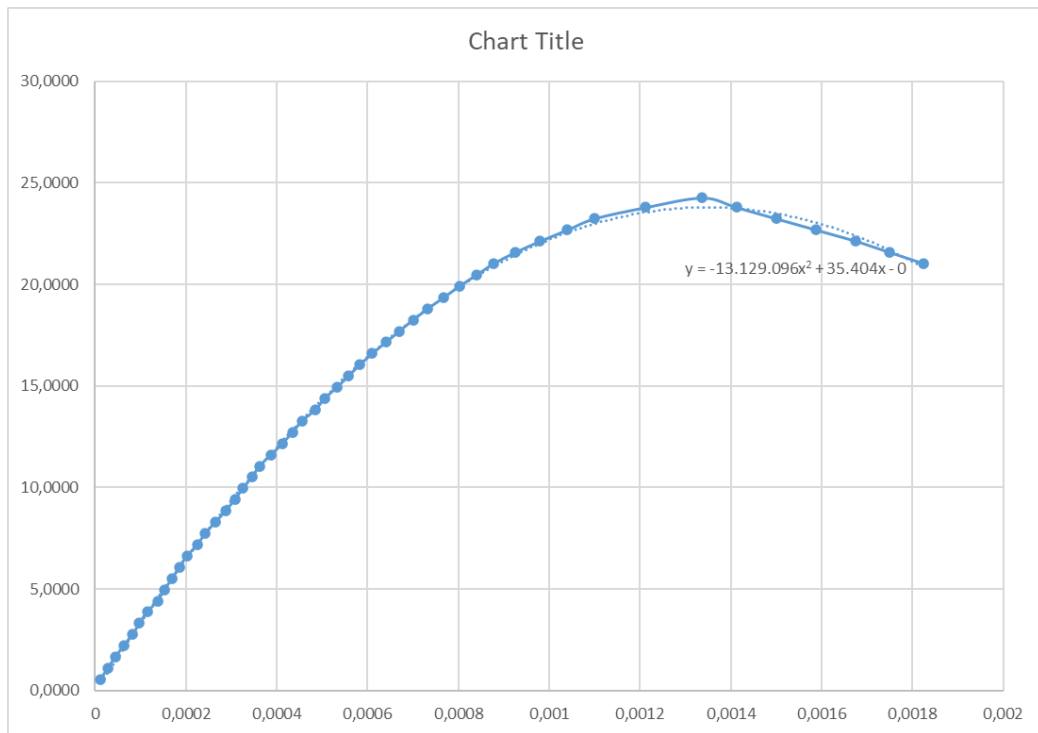


Variasi	pH 10
Jumlah Sampel	5
Benda Uji	TM-10-02

Uraian	Silinder	
Diameter	151,7	mm
Tinggi	308,600	mm
Luas	18074,28	mm ²
Berat	13219	gr
Berat Volume	2,3700	gr/cm ³
	2369,963	kg/m ³
Lo	200	mm

Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
10	10000	5	0,0025	0,0000125	0,5533
20	20000	11	0,0055	0,0000275	1,1065
30	30000	18	0,009	0,000045	1,6598
40	40000	25	0,0125	0,0000625	2,2131
50	50000	33	0,0165	0,0000825	2,7664
60	60000	39	0,0195	0,0000975	3,3196
70	70000	46	0,023	0,000115	3,8729
80	80000	55	0,0275	0,0001375	4,4262
90	90000	61	0,0305	0,0001525	4,9795
100	100000	68	0,034	0,00017	5,5327
110	110000	74	0,037	0,000185	6,0860
120	120000	81	0,0405	0,0002025	6,6393
130	130000	90	0,045	0,000225	7,1925
140	140000	97	0,0485	0,0002425	7,7458
150	150000	106	0,053	0,000265	8,2991
160	160000	115	0,0575	0,0002875	8,8524
170	170000	123	0,0615	0,0003075	9,4056
180	180000	130	0,065	0,000325	9,9589
190	190000	138	0,069	0,000345	10,5122
200	200000	145	0,0725	0,0003625	11,0654
210	210000	155	0,0775	0,0003875	11,6187
220	220000	165	0,0825	0,0004125	12,1720
230	230000	174	0,087	0,000435	12,7253

Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
240	240000	182	0,091	0,000455	13,2785
250	250000	194	0,097	0,000485	13,8318
260	260000	202	0,101	0,000505	14,3851
270	270000	213	0,1065	0,0005325	14,9384
280	280000	223	0,1115	0,0005575	15,4916
290	290000	233	0,1165	0,0005825	16,0449
300	300000	244	0,122	0,00061	16,5982
310	310000	256	0,128	0,00064	17,1514
320	320000	268	0,134	0,00067	17,7047
330	330000	280	0,14	0,0007	18,2580
340	340000	293	0,1465	0,0007325	18,8113
350	350000	307	0,1535	0,0007675	19,3645
360	360000	321	0,1605	0,0008025	19,9178
370	370000	336	0,168	0,00084	20,4711
380	380000	351	0,1755	0,0008775	21,0243
390	390000	370	0,185	0,000925	21,5776
400	400000	392	0,196	0,00098	22,1309
410	410000	416	0,208	0,00104	22,6842
420	420000	440	0,22	0,0011	23,2374
430	430000	485	0,2425	0,0012125	23,7907
438,5	438500	535	0,2675	0,0013375	24,2610
430	430000	565	0,2825	0,0014125	23,7907
420	420000	600	0,3	0,0015	23,2374
410	410000	635	0,3175	0,0015875	22,6842
400	400000	670	0,335	0,001675	22,1309
390	390000	700	0,35	0,00175	21,5776
380	380000	730	0,365	0,001825	21,0243

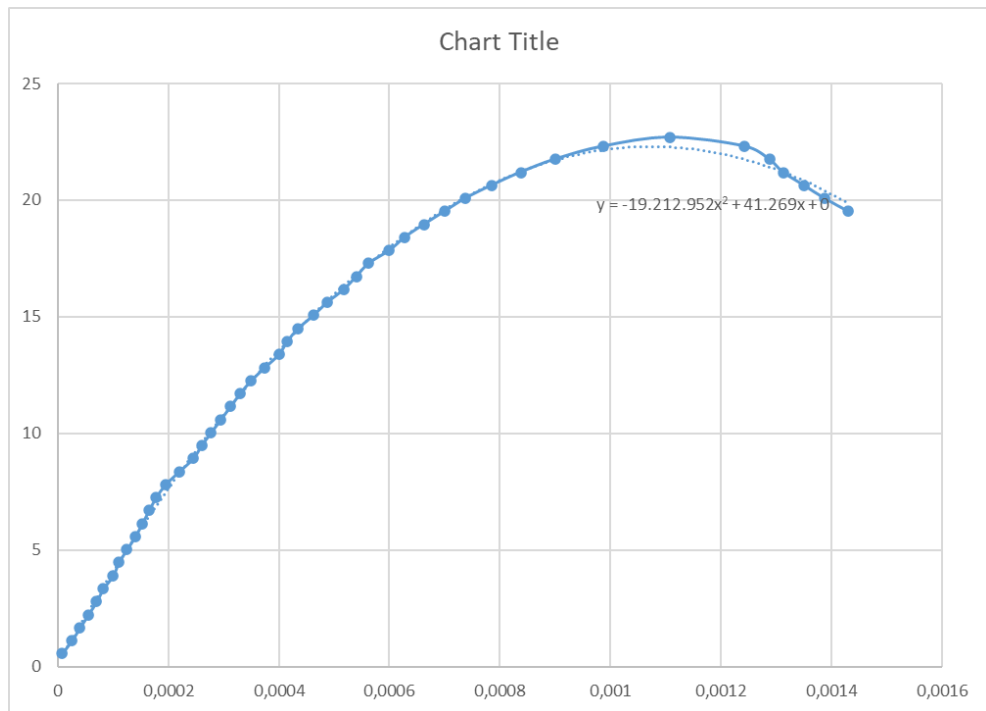


Variasi	pH 10
Jumlah Sampel	5
Benda Uji	TM-10-03

Uraian	Silinder	
Diameter	151,1	mm
Tinggi	308,100	mm
Luas	17931,59	mm ²
Berat	13129	gr
Berat Volume	2,3764	gr/cm ³
	2376,409	kg/m ³
Lo	200	mm

Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
10	10000	3	0,0015	0,0000075	0,5577
20	20000	10	0,005	0,000025	1,1154
30	30000	16	0,008	0,00004	1,6730
40	40000	22	0,011	0,000055	2,2307
50	50000	28	0,014	0,00007	2,7884
60	60000	33	0,0165	0,0000825	3,3461
70	70000	40	0,02	0,0001	3,9037
80	80000	44	0,022	0,00011	4,4614
90	90000	50	0,025	0,000125	5,0191
100	100000	56	0,028	0,00014	5,5768
110	110000	61	0,0305	0,0001525	6,1344
120	120000	66	0,033	0,000165	6,6921
130	130000	71	0,0355	0,0001775	7,2498
140	140000	78	0,039	0,000195	7,8075
150	150000	88	0,044	0,00022	8,3651
160	160000	98	0,049	0,000245	8,9228
170	170000	104	0,052	0,00026	9,4805
180	180000	111	0,0555	0,0002775	10,0382
190	190000	118	0,059	0,000295	10,5958
200	200000	125	0,0625	0,0003125	11,1535
210	210000	132	0,066	0,00033	11,7112
220	220000	140	0,07	0,00035	12,2689
230	230000	150	0,075	0,000375	12,8265

Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
240	240000	160	0,08	0,0004	13,3842
250	250000	166	0,083	0,000415	13,9419
260	260000	174	0,087	0,000435	14,4996
270	270000	185	0,0925	0,0004625	15,0572
280	280000	195	0,0975	0,0004875	15,6149
290	290000	207	0,1035	0,0005175	16,1726
300	300000	216	0,108	0,00054	16,7303
310	310000	225	0,1125	0,0005625	17,2879
320	320000	240	0,12	0,0006	17,8456
330	330000	251	0,1255	0,0006275	18,4033
340	340000	265	0,1325	0,0006625	18,9610
350	350000	280	0,14	0,0007	19,5186
360	360000	295	0,1475	0,0007375	20,0763
370	370000	314	0,157	0,000785	20,6340
380	380000	335	0,1675	0,0008375	21,1917
390	390000	360	0,18	0,0009	21,7493
400	400000	395	0,1975	0,0009875	22,3070
406,8	406800	443	0,2215	0,0011075	22,6862
400	400000	497	0,2485	0,0012425	22,3070
390	390000	515	0,2575	0,0012875	21,7493
380	380000	525	0,2625	0,0013125	21,1917
370	370000	540	0,27	0,00135	20,6340
360	360000	555	0,2775	0,0013875	20,0763
350	350000	572	0,286	0,00143	19,5186

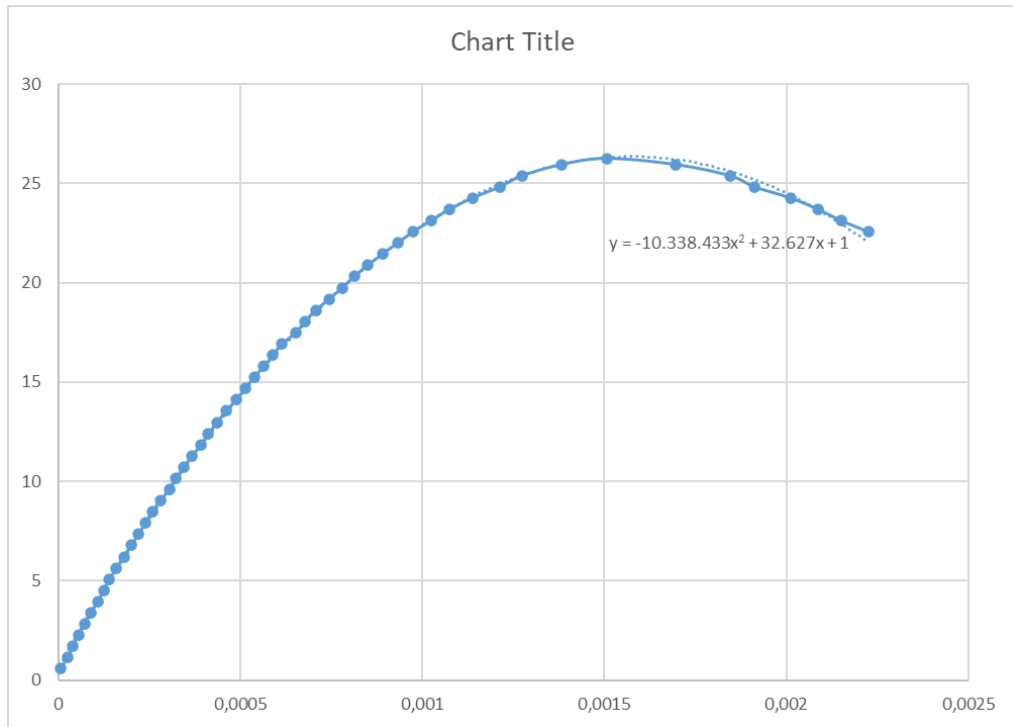


Variasi	pH 10
Jumlah Sampel	5
Benda Uji	TM-10-04

Uraian	Silinder	
Diameter	150,2	mm
Tinggi	304,950	mm
Luas	17718,61398	mm ²
Berat	13025	gr
Berat Volume	2,4106	gr/cm ³
	2410,567781	kg/m ³
Lo	200	mm

Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
10	10000	2	0,001	0,000005	0,5644
20	20000	10	0,005	0,000025	1,1288
30	30000	16	0,008	0,00004	1,6931
40	40000	22	0,011	0,000055	2,2575
50	50000	29	0,0145	0,0000725	2,8219
60	60000	36	0,018	0,00009	3,3863
70	70000	43	0,0215	0,0001075	3,9506
80	80000	50	0,025	0,000125	4,5150
90	90000	56	0,028	0,00014	5,0794
100	100000	64	0,032	0,00016	5,6438
110	110000	72	0,036	0,00018	6,2082
120	120000	80	0,04	0,0002	6,7725
130	130000	88	0,044	0,00022	7,3369
140	140000	96	0,048	0,00024	7,9013
150	150000	103	0,0515	0,0002575	8,4657
160	160000	112	0,056	0,00028	9,0301
170	170000	122	0,061	0,000305	9,5944
180	180000	129	0,0645	0,0003225	10,1588
190	190000	138	0,069	0,000345	10,7232
200	200000	147	0,0735	0,0003675	11,2876
210	210000	157	0,0785	0,0003925	11,8519
220	220000	165	0,0825	0,0004125	12,4163
230	230000	175	0,0875	0,0004375	12,9807

Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
240	240000	184	0,092	0,00046	13,5451
250	250000	196	0,098	0,00049	14,1095
260	260000	205	0,1025	0,0005125	14,6738
270	270000	215	0,1075	0,0005375	15,2382
280	280000	226	0,113	0,000565	15,8026
290	290000	236	0,118	0,00059	16,3670
300	300000	246	0,123	0,000615	16,9313
310	310000	261	0,1305	0,0006525	17,4957
320	320000	271	0,1355	0,0006775	18,0601
330	330000	283	0,1415	0,0007075	18,6245
340	340000	298	0,149	0,000745	19,1889
350	350000	312	0,156	0,00078	19,7532
360	360000	325	0,1625	0,0008125	20,3176
370	370000	340	0,17	0,00085	20,8820
380	380000	356	0,178	0,00089	21,4464
390	390000	373	0,1865	0,0009325	22,0108
400	400000	390	0,195	0,000975	22,5751
410	410000	410	0,205	0,001025	23,1395
420	420000	430	0,215	0,001075	23,7039
430	430000	455	0,2275	0,0011375	24,2683
440	440000	485	0,2425	0,0012125	24,8326
450	450000	510	0,255	0,001275	25,3970
460	460000	553	0,2765	0,0013825	25,9614
465,4	465400	603	0,3015	0,0015075	26,2662
460	460000	678	0,339	0,001695	25,9614
450	450000	738	0,369	0,001845	25,3970
440	440000	765	0,3825	0,0019125	24,8326
430	430000	805	0,4025	0,0020125	24,2683
420	420000	835	0,4175	0,0020875	23,7039
410	410000	860	0,43	0,00215	23,1395
400	400000	890	0,445	0,002225	22,5751

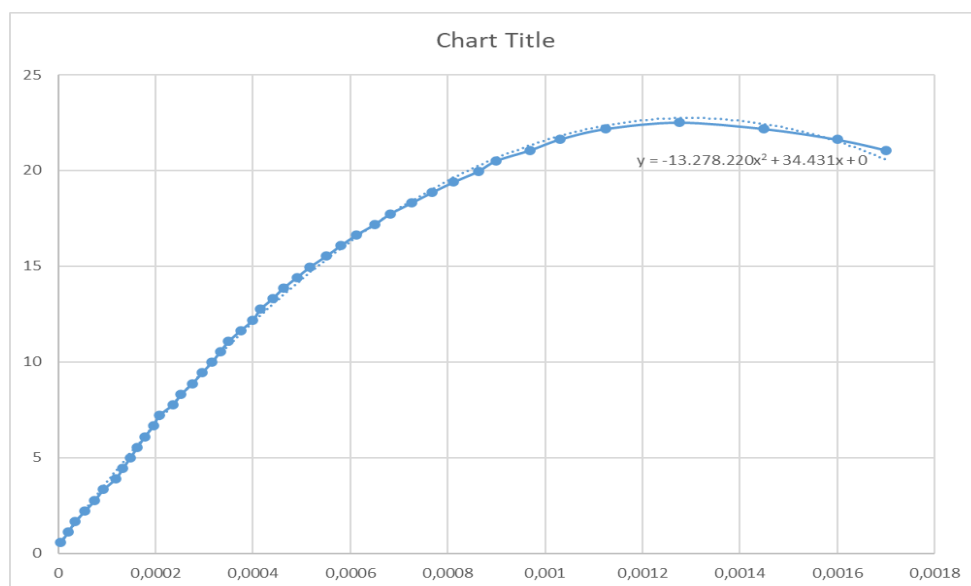


Variasi	pH 10
Jumlah Sampel	5
Benda Uji	TM-10-05

Uraian	Silinder	
Diameter	151,55	mm
Luas	18038,56	mm ²
Berat	13052	gr
Berat Volume	2,3473	gr/cm ³
	2347,319557	kg/m ³
Lo	200	mm

Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
10	10000	2	0,001	0,000005	0,5544
20	20000	8	0,004	0,00002	1,1087
30	30000	14	0,007	0,000035	1,6631
40	40000	22	0,011	0,000055	2,2175
50	50000	30	0,015	0,000075	2,7718
60	60000	37	0,0185	0,0000925	3,3262
70	70000	47	0,0235	0,0001175	3,8806
80	80000	53	0,0265	0,0001325	4,4349
90	90000	59	0,0295	0,0001475	4,9893
100	100000	65	0,0325	0,0001625	5,5437
110	110000	71	0,0355	0,0001775	6,0980
120	120000	78	0,039	0,000195	6,6524
130	130000	83	0,0415	0,0002075	7,2068
140	140000	94	0,047	0,000235	7,7612
150	150000	101	0,0505	0,0002525	8,3155
160	160000	110	0,055	0,000275	8,8699
170	170000	118	0,059	0,000295	9,4243
180	180000	126	0,063	0,000315	9,9786
190	190000	133	0,0665	0,0003325	10,5330
200	200000	140	0,07	0,00035	11,0874
210	210000	150	0,075	0,000375	11,6417
220	220000	160	0,08	0,0004	12,1961
230	230000	166	0,083	0,000415	12,7505

Beban		Pembacaan Dialx10 ⁻³	ΔL Sebenarnya (1/2 ΔL)(mm)	Regangan ($\Delta L/L_0$)(mm)	Tegangan (P/A)(MPa)
KN	N				
240	240000	176	0,088	0,00044	13,3048
250	250000	185	0,0925	0,0004625	13,8592
260	260000	196	0,098	0,00049	14,4136
270	270000	207	0,1035	0,0005175	14,9679
280	280000	220	0,11	0,00055	15,5223
290	290000	232	0,116	0,00058	16,0767
300	300000	245	0,1225	0,0006125	16,6310
310	310000	260	0,13	0,00065	17,1854
320	320000	273	0,1365	0,0006825	17,7398
330	330000	290	0,145	0,000725	18,2941
340	340000	307	0,1535	0,0007675	18,8485
350	350000	325	0,1625	0,0008125	19,4029
360	360000	345	0,1725	0,0008625	19,9573
370	370000	360	0,18	0,0009	20,5116
380	380000	388	0,194	0,00097	21,0660
390	390000	412	0,206	0,00103	21,6204
400	400000	450	0,225	0,001125	22,1747
406	406000	510	0,255	0,001275	22,5073
400	400000	580	0,29	0,00145	22,1747
390	390000	640	0,32	0,0016	21,6204
380	380000	680	0,34	0,0017	21,0660



Lampiran 6 Dokumentasi



Lampiran 6.1 Uji Kandungan Lumpur



Lampiran 6.2 Memasukkan Agregat Ke Dalam Oven



Lampiran 6.3 Penimbangan Pikno Berisi Air



Lampiran 6.4 Modifikasi pH Air



Lampiran 6.5 Pembuatan Campuran Beton



Lampiran 6.6 Pengujian Slump



Lampiran 6.7 Perendaman Beton



Lampiran 6.8 Proses *Capping*



Lampiran 6.9 Pengujian Tekan



Lampiran 6.10 Pengujian Kuat Tarik Belah



Lampiran 6.11 Pengujian Modulus Elastisitas Beton