TUGAS AKHIR

PENGARUH VARIASI PERAWATAN TERHADAP SIFAT MEKANIK BETON GEOPOLIMER BERBASIS ABU SEKAM PADI DAN *FLY ASH*
(EFFECT OF TREATMENT VARIATIONS ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF GEOPOLYMER CONCRETE BASED ON RICE HUSK ASH AND FLY ASH)

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

Muhammad Farrel Ghiffary
20511075

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

2024

TUGAS AKHIR

PENGARUH VARIASI PERAWATAN TERHADAP SIFAT MEKANIK BETON GEOPOLIMER BERBASIS ABU SEKAM PADI DAN *FLY ASH* *(EFFECT OF TREATMENT VARIATIONS ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF GEOPOLYMER CONCRETE BASED ON RICE HUSK ASH AND FLY ASH)*

Disusun oleh

Muhammad Farrel Ghiffary
20511075

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

Diuji pada tanggal 6 September 2024

Oleh Dewan Penguji:

Pembimbing I	Penguji I	Penguji II
Jafar, S.T., M.T., MURP	Prof. Ir. Mochamad Teguh, MSCE., Ph.D.	Astriana Hardawati, S.T., M.Eng.
NIK: 185111305	NIK: 855110201	NIK: 165111301

Mengesahkan,
Ketua Program Studi Sarjana Teknik Sipil

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

Yogyakarta, 6 September 2024
Yang membuat pernyataan,



Muhammad Farrel Ghiffary
(20511075)

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul "Pengaruh Variasi Perawatan Terhadap Sifat Mekanik Beton Geopolimer Berbasis Abu Sekam Padi Dan *Fly Ash* (*Effect Of Treatment Variations On The Mechanical Properties Of Geopolymer Concrete Based On Rice Husk Ash And Fly Ash*)". Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat strata satu di Program Studi Teknik Sipil Program Sarjana, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini banyak hambatan yang dihadapi penulis, namun berkat saran, kritik, serta dorongan semangat dari berbagai pihak, alhamdulillah Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Berkaitan dengan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Ibu Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D., (Eng)., IPM., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Program Sarjana, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
2. Ibu Dinia Anggraheni, S.T., M.Eng., Selaku Sekertaris Program Studi Teknik Sipil Program Sarjana, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Jafar, S.T., M.T., MURP. selaku Dosen Pembimbing dan Dosen Penguji I Tugas Akhir yang telah memberikan bimbingan, saran, nasihat dan motivasi untuk terus menyelesaikan tugas akhir hingga selesai.
4. Prof. Ir. Mochamad Teguh, MSCE., Ph.D. selaku Dosen Penguji II dalam sidang tugas akhir yang telah memberikan saran dan masukan yang membangun demi kebaikan tugas akhir yang telah dilakukan.
5. Ibu Astriana Hardawati, S.T., M.Eng. selaku Dosen Penguji III dalam sidang tugas akhir yang telah memberikan saran dan masukan yang membangun demi kebaikan tugas akhir yang telah dilakukan.
6. Bapak Daru Salam, A.Md., dan Bapak Suwarno selaku laboran di laboratorium Bahan Konstruksi Teknik yang telah memberikan arahan dan

banyak membantu selama proses penyusunan data tugas akhir dan administrasi nya.

7. Ibu Isnaini Sumirat, S.E., dan Ibu Deska Arini, A.Md., selaku sekretariat Program Studi Teknik Sipil Program Sarjana yang telah membantu dalam menyusun administrasi tugas akhir.
8. Bapak Ir. Tri Nugroho Sulistyantoro, S.T., M.T., IPM. yang selalu memberikan motivasi dalam menyelesaikan tugas akhir yang telah dilakukan.
9. Segenap Dosen dan Tenaga Pendidikan pada Program Studi Teknik Sipil Program Sarjana, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia yang telah membantu selama proses perkuliahan.
10. Bapak Lukito Agus Cahyono, S.T., dan Ibu Catur Heni Priana, S.ST.Ars., M.I.P. selaku kedua orang tua saya, Serta Muhammad Aldisa Pasha Ramadhan dan Muhammad Aldivo Atharazka Rafardhan selaku kedua adik saya yang selalu memberikan dukungan moral doa maupun spiritual tanpa henti kepada saya selama proses penyelesaian tugas akhir ini.
11. Mentor dalam penyusunan tugas akhir Miqdad Khosyi Akbar, S.T., M.Eng. Teman seperjuangan Alif Akbar Khalifah, S.T., Muhammad Nizam Rizandy, S.T., dan Dewi Maghfirah Sjahrain, S.T.
12. Teman-teman yang telah membantu selama proses penyusunan tugas akhir Faraz, Fahrizal, Rifqi Septiono, Firdaus, Fajri, Reza, Pam, Bas, Jam-jam, Shandy, Astried, Friscka, Rida, ,Ibil, Fadhil, Janareza, Zahrok.
13. Segenap Teman – teman Teknik Sipil angkatan 2020 yang selalu bersama selama proses perkuliahan berlangsung

Akhirnya Penulis berharap agar Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak yang membacanya.

Yogyakarta, 6 September 2024

Penulis,

Muhammad Farrel Ghiffary

(20511075)

DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR **ii**
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI **iii**
KATA PENGANTAR **iv**
DAFTAR ISI **vi**
DAFTAR TABEL **ix**
DAFTAR GAMBAR **xi**
DAFTAR LAMPIRAN **xiii**
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN **xiv**
ABSTRAK **xv**
ABSTRACT **xvi**
BAB I PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 5
1.3 Tujuan Penelitian 5
1.4 Manfaat Penelitian 6
1.5 Batasan Penelitian 6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA **8**
2.1 Pengertian Umum 8
2.2 Perbedaan dengan Penelitian Terdahulu 9
2.3 Keaslian Penelitian 15
BAB III DASAR TEORI **16**
3.1 Beton 16
3.2 Beton Geopolimer 17
3.3 Material Penyusun Beton Geopolimer 19
3.3.1 Agregat Halus (Pasir) 19
3.3.2 Agregat Kasar (Kerikil) 19
3.3.3 Pozzolan 20
3.3.4 Prekursor 23
3.3.5 Air 23

3.4 Alkali Aktivator 23
3.5 Kuat Tekan Beton 24
3.6 Modulus Elastisitas Beton 25
3.7 Kuat Tarik Belah Beton 27
3.8 Perencanaan Campuran Beton 27
3.9 Perawatan Beton 37
3.10 Pengujian Properties Agregat 39
3.10.1 Pengujian Agregat Halus 39
3.10.2 Pengujian Agregat Kasar 42
BAB IV METODE PENELITIAN 46
4.1 Umum 46
4.2 Variabel Penelitian 46
4.3 Bahan yang Digunakan 47
4.4 Alat yang Digunakan 47
4.5 Benda Uji 50
4.6 Pelaksanaan Penelitian 52
4.6.1 Tahapan Persiapan 52
4.6.2 Tahapan Pengujian Material Agregat 52
4.6.3 Tahapan Perencanaan Campuran Beton 53
4.6.4 Tahap Perencanaan Campuran Alkali Aktivator 53
4.6.5 Tahapan Pembuatan dan Perawatan Benda Uji 53
4.6.6 Tahapan Pengujian Benda Uji 54
4.6.7 Tahapan Pengolahan Data 56
4.6.8 Tahapan Analisis Data 56
4.6.9 Pembahasan 56
4.6.10 Kesimpulan dan saran 56
4.6.11 Diagram Alir Penelitian 56
4.6.12 Waktu Penelitian 56
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN 59
5.1 Hasil Pengujian Material 59
5.1.1 Hasil Pemeriksaan pada Agregat Halus 59
5.1.2 Hasil Pemeriksaan pada Agregat Kasar 70

5.1.3 Hasil Pemeriksaan Material Prekursor 80
5.2 Hasil Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*) 80
5.2.1 Hasil Perencanaan Proporsi Campuran Beton 80
5.2.2 Hasil Perencanaan Campuran yang Disesuaikan pada Beton Geopolimer 90
5.3 Hasil Pengujian Sl*ump Test* 91
5.4 Perawatan Beton Geopolimer 93
5.5 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton 98
5.6 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton 107
5.7 Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Beton 115
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN **127**
6.1 Kesimpulan 127
6.2 Saran 128
DAFTAR PUSTAKA **129**
LAMPIRAN **133**

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang 12
Tabel 3.1 Batasan nilai f_c' pada Beton 16
Tabel 3.2 Komposisi Abu Sekam Padi dengan Variasi Pembakaran Suhu 21
Tabel 3.3 Komposisi Kandungan Kimia Fly Ash Berdasarkan Kelas 22
Tabel 3.4 Faktor Pengali Deviasi Standar 29
Tabel 3.5 Perkiraan Kekuatan Tekan (MPa) Beton dengan Faktor Air Semen, dan Agregat Kasar yang Biasa Dipakai di Indonesia 30
Tabel 3.6 Perkiraan kadar air bebas per m^3 (Kg/m^3) 32
Tabel 3.7 Persyaratan jumlah semen minimum dan factor air semen maksimum untuk berbagi Macam pembetonan dalam lingkungan khusus 33
Tabel 4.1 Rincian Benda Uji Penelitian 51
Tabel 5.1 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus 60
Tabel 5.2 Hasil Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus Sampel 1 63
Tabel 5.3 Hasil Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus Sampel 2 63
Tabel 5. 4 Hasil Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus Rerata 64
Tabel 5.5 Nilai Modulus Halus Butir Agregat Halus 65
Tabel 5.6 Gradasi Agregat Halus 66
Tabel 5.7 Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Agregat Halus 68
Tabel 5.8 Hasil Pengujian Berat Volume Padat Agregat Halus 68
Tabel 5.9 Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus 69
Tabel 5.10 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar 71
Tabel 5.11 Hasil Pengujian Analisis Saringan Agregat Kasar Sampel 1 73
Tabel 5.12 Hasil Pengujian Analisis Saringan Agregat Kasar Sampel 2 74
Tabel 5. 13 Hasil Pengujian Analisis Saringan Agregat Kasar Rerata 75
Tabel 5.14 Nilai Modulus Halus Butir Agregat Kasar 76
Tabel 5.15 Gradasi Agregat Kasar 77
Tabel 5.16 Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Agregat Kasar 78
Tabel 5.17 Hasil Pengujian Berat Volume Padat Agregat Kasar 79

Tabel 5.18 Hasil Uji XRF *Fly Ash* PLTU 2 Labuan 80
Tabel 5.19 Proporsi Campuran Beton Untuk setiap m3 87
Tabel 5.20 Rekapitulasi Hasil Perencanaan Campuran Proporsi Beton *(Mix Design)* 87
Tabel 5.21 Proporsi Campuran Setiap Campuran *Mixing* 89
Tabel 5.22 Proporsi Campuran Setiap *Mixing* Beton Geopolimer 91
Tabel 5.23 Hasil Pengujian Nilai *Slump Test* 92
Tabel 5.24 Rekapitulasi Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Geopolimer 102
Tabel 5.25 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton Geopolimer 109
Tabel 5.26 Persentase Perbandingan Kuat Tarik Belah dan Kuat Tekan Beton Geopolimer 111
Tabel 5.27 Hasil Perhitungan Tegangan-Regangan Beton pada Benda Uji BG-TM-1-1 117
Tabel 5.28 Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Beton Geopolimer 121
Tabel 5.29 Rekapitulasi Suhu dan Selisih Modulus Percobaan dan Empiris 124

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Reaksi Hidrasi Semen Portland dan Polimerisasi Semen Geopolimer 18
Gambar 3.2 Reaksi Polikondensasi 18
Gambar 3.3 Agregat Halus 19
Gambar 3.4 Agregat Kasar 20
Gambar 3.5 Abu Sekam Padi 20
Gambar 3.6 Fly Ash 22
Gambar 3.7 Alkali Aktivator NaOH 24
Gambar 3.8 Alkali Aktivator Na_2SiO_3 24
Gambar 3.9 Benda Uji Silinder Kuat Tekan Beton 25
Gambar 3.10 Benda Uji dan Alat Kompresometer Modulus Elastisitas 26
Gambar 3.11 Hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen (fas) 31
Gambar 3.12 Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan Untuk ukuran butir maksimum 10 mm 34
Gambar 3.13 Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan Untuk ukuran butir maksimum 20 mm 34
Gambar 3.14 Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan Untuk ukuran butir maksimum 40 mm 34
Gambar 3.15 Perkiraan berat isi beton basah yang telah selesai didapatkan 36
Gambar 4.1 Diagram Alir Penelitian 57
Gambar 5.1 Kurva Gradasi Agregat Halus Daerah II Sampel Rata-rata 66
Gambar 5.2 Grafik Gradasi Ukuran Butir Maksimal 20 mm Sampel Rerata 77
Gambar 5.3 Analisis Hubungan Antara Kuat Tekan Rerata 37 MPa dan Faktor Air Semen (FAS) nilai 0,5 82
Gambar 5.4 Hasil Analisis Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat Yang Dianjurkan untuk Ukuran Butir Maksimum 20 mm 84
Gambar 5.5 Perkiraan Berat Isi Beton Basah Yang Telah Selesai Dipadatkan 86
Gambar 5.6 Grafik Hasil Nilai *Slump Test* 92

Gambar 5.7 Perawatan Beton Geopolimer pada Suhu Ruangan 93
Gambar 5.8 Pengamatan Visual Benda Uji Perawatan Suhu Ruangan 94
Gambar 5.9 Perawatan Beton Geopolimer dengan Perendaman Air 94
Gambar 5.10 Pengamatan Visual Benda Uji Perendaman Air 95
Gambar 5.11 Perawatan Beton Geopolimer dengan Karung Goni Basah 95
Gambar 5.12 Pengamatan Visual Benda Uji Perawatan Karung Goni Basah 96
Gambar 5.13 Perawatan Beton Geopolimer dengan Pemanasan Oven 80° C 97
Gambar 5.14 Pengamatan Visual Benda Uji Perawatan dengan Pemanasan Oven Suhu 80° Celcius. 97
Gambar 5.15 Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Geopolimer 104
Gambar 5.16 Grafik Hubungan Kuat Tekan dan Suhu Perawatan pada Beton Geopolimer 105
Gambar 5.17 Pengujian Kuat Tekan Beton Geopolimer 106
Gambar 5.18 Grafik Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton Geopolimer 110
Gambar 5.19 Grafik Hubungan Suhu dan Kuat Tarik Belah Beton Geopolimer 112
Gambar 5.20 Pengujian Kuat Tarik Belah Beton 113
Gambar 5.21 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton Geopolimer 114
Gambar 5.22 Grafik Modulus Elastisitas Beton Sampel 1 Metode Pemanasan Suhu 80° Celcius 120
Gambar 5.23 Grafik Histogram Modulus Elastisitas Beton Geopolimer 123
Gambar 5.24 Rasio Modulus Percobaan dan Modulus Empiris 125
Gambar 5.25 Pengujian Modulus Elastisitas Beton Geopolimer menggunakan Ekstensiometer dan Mesin Tekan 126

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Administrasi Tugas Akhir
Lampiran 2 Hasil Pemeriksaan Agregat
Lampiran 3 Perencanaan Campuran Beton
Lampiran 4 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton
Lampiran 5 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton
Lampiran 6 Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Beton
Lampiran 7 Gambar Pengujian

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

MPa = MegaPascal
mm = Mili Meter
cm = Centimeter
SNI = Standar Nasional Indonesia
ASP = Abu Sekam Padi
FA = Fly Ash
KP = Kapur Padam
BG = Beton Geopolimer
mL = Mili Liter
gr = Gram
kg = Kilogram
M = Molar
TM = Tekan Modulus
TB = Tarik belah
ASTM = American Standard Testing Material

ABSTRAK

Beton Geopolimer dapat digunakan sebagai alternatif pengganti beton konvensional yang dapat mengurangi emisi karbon dioksida selama proses produksi semen *portland*. Beton geopolimer tersusun atas material kerikil, pasir, prekursor dan alkali aktivator. Prekursor yang digunakan berupa *fly ash* dan abu sekam padi. Fly ash yang digunakan berasal dari PLTU 2 Labuan, Provinsi Banten. Sedangkan, abu sekam padi berasal dari Kabupaten Bantul, Provinsi DIY. Abu sekam padi yang digunakan sebesar 8% dari berat total prekursor. Proporsi tersebut menghasilkan kuat tekan yang tinggi. Selain itu, penggunaan Alkali aktivator yang terdiri dari Na_2SiO_3 dan NaOH digunakan untuk mengaktifkan reaksi polimerisasi yang terjadi pada senyawa beton geopolimer.

Perencanaan proporsi campuran menggunakan SNI 2834-2000 dengan perbandingan aktivator Na_2SiO_3 dan NaOH beturut-turut sebesar 4:2 terhadap proporsi air pada campuran. Molaritas digunakan sebesar 10 Molar pada larutan NaOH. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dan hasil optimum pada variasi perawatan terhadap kuat tekan dan modulus elastisitas, serta kuat tarik belah beton. Variasi yang digunakan berupa perawatan suhu ruangan tertutup atap, perendaman air, dilapisi dengan karung goni basah, dan pemanasan suhu 80° celcius. Benda uji menggunakan silinder 15 cm dan tinggi 30 cm, umur pengujian 28 hari.

Hasil penelitian menunjukkan perawatan beton geopolimer berpengaruh terhadap kuat tekan. Semakin tinggi suhu perawatan yang digunakan, maka kuat tekan beton menjadi semakin tinggi. Kuat tarik belah memiliki hubungan terhadap kuat tekan dan suhu serta kelembapan yang dilakukan pada perawatan. Semakin tinggi suhu yang digunakan, maka kekuatan tarik belah yang didapatkan semakin tinggi sebanding dengan kekuatan tekan beton yang dihasilkan. Selain itu, pengujian modulus elastisitas pada perawatan beton berpengaruh terhadap hasil pengujian. Hasil pengujian modulus elastisitas percobaan memiliki nilai relatif kecil. Rasio percobaan dan teoritis dengan SNI 2847-2019 tidak relevan untuk beton geopolimer, sehingga digunakan rasio percobaan dengan teoritis menggunakan persamaan (Tempest, 2010) dengan nilai rasio rata-rata pada semua variasi sebesar 15,84%. Perawatan beton geopolimer yang optimum terhadap kuat tekan dan modulus elastisitas beton, serta kuat tarik belah beton terdapat pada metode dengan pemanasan pada suhu 80 º celcius. Metode perawatan yang dilakukan, memiliki kuat tekan rata-rata sebesar 38,99 MPa, dengan modulus elastisitas percobaan sebesar 15229,41 MPa. Selain itu, kuat tarik belah rata-rata sebesar 2,33 MPa dengan rasio terhadap kuat tekan rata-rata sebesar 5,98%.

Kata kunci: Perawatan Beton Geopolimer, Sifat Mekanik Beton Geopolimer, Molaritas

ABSTRACT

Geopolymer concrete can be used as an alternative to conventional concrete that can reduce carbon dioxide emissions during the Portland cement production process. Geopolymer concrete is composed of gravel, sand, precursor and alkali activator materials. The precursors used are fly ash and rice husk ash. The fly ash used comes from PLTU 2 Labuan, Banten Province. Meanwhile, rice husk ash comes from Bantul Regency, DIY Province. The rice husk ash used is 8% of the total weight of the precursor. These proportions produce high compressive strength. In addition, the use of alkaline activators consisting of Na2SiO3 and NaOH is used to activate polymerization reactions that occur in geopolymer concrete compounds.

The planning of the mixture proportions used SNI 2834-2000 with a ratio of Na2SiO3 and NaOH activators respectively of 4:2 to the proportion of water in the mixture. Molarity is used at 10 Molars in NaOH solution. This study aims to determine the influence and optimal results on treatment variations on compressive strength and modulus of elasticity, as well as tensile strength of concrete. The variations used are in the form of roof covered room temperature treatment, water immersion, lined with wet burlap sacks, and 80° Celsius temperature heating. The test specimen uses a cylinder of 15 cm and a height of 30 cm, the test life is 28 days.

The results of the study showed that geopolymer concrete treatment had an effect on compressive strength. The higher the treatment temperature used, the higher the compressive strength of the concrete becomes. Tensile strength has a relationship with compressive strength and temperature and humidity carried out in the treatment. The higher the temperature used, the higher the tensile strength obtained in proportion to the compressive strength of the concrete produced. In addition, the elastic modulus test in concrete treatment has an effect on the test results. The results of the experimental elastic modulus test have a relatively small value. The experimental and theoretical ratios with SNI 2847-2019 are not relevant for geopolymer concrete, so the experimental and theoretical ratios are used using equations (Tempest, 2010) with an average ratio value of 15.84% for all variations. The optimum treatment of geopolymer concrete against the compressive strength and modulus of elasticity of concrete, as well as the tensile strength of concrete is found in the method by heating at a temperature of 80º Celsius. The treatment method carried out had an average compressive strength of 38.99 MPa, with an experimental elastic modulus of 15229.41 MPa. In addition, the average tensile strength is 2.33 MPa with an average compressive strength ratio of 5.98%.

Keywords: *Geopolymer Concrete Treatment, Mechanical Properties of Geopolymer Concrete, Molarity*

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beton merupakan salah satu material penyusun konstruksi yang kuat dan kokoh, sehingga sering digunakan pada proyek konstruksi. Selain itu, penggunaan beton sering digunakan karena material penyusun beton dapat diperoleh dengan mudah di setiap lokasi pekerjaan konstruksi. Bahan penyusun beton terdiri dari agregat halus yang berupa pasir, agregat kasar yang berupa kerikil, semen *portland* dan juga air. Infrastruktur di Indonesia saat ini sedang mengalami perkembangan yang sangat pesat, sehingga diperlukan adanya struktur bangunan yang kuat dan kokoh menyebabkan proses produksi beton menjadi semakin meningkat. Meningkatnya jumlah produksi beton mengakibatkan proses produksi semen *portland* juga semakin meningkat.

Semen *portland* merupakan salah satu bahan penyusun material beton. Komposisi semen yang mengandung suatu material yang terdiri dari batu kapur (*limestone*), bahan kimia yang berupa Kalsium Oksida (CaO), Aluminium Oksida (Al_2O_3) , dan Silikon Dioksida (SiO_2). Dikutip dari (Yanwardhana, 2021) Berdasarkan data dari Asosiasi Semen Indonesia (ASI) tahun 2021, kapasitas produksi semen di indonesia hingga tahun 2021 mencapai 116,3 juta ton. Berdasarkan data kapasitas produksi semen *portland* secara menyeluruh di Indonesia, jumlah produksi tersebut sangat besar, sehingga dapat mengakibatkan dampak buruk terhadap lingkungan. Mata air dan juga aliran sungai yang menghilang, suara bising dari industri produksi semen *portland*, dan debu yang terdapat di sekitar lokasi pabrik semen merupakan dampak buruk dari proses produksi semen *portland*. Beberapa dampak buruk lain yang ditimbulkan dari proses produksi semen *portland* secara global sebagai berikut.

1. Emisi gas karbon dioksida

   Menurut (Lucy Rodgers, 2018) yang berasal dari penelitian *Chatham House*, industri semen berkontribusi sekitar 8% emisi karbon dioksida di dunia.

2. Pencemaran udara

   (Sulasmi dkk, 2022) menyatakan bahwa debu, gas, dan kebisingan yang dihasilkan oleh produksi semen dapat mencemari udara dan suara sehingga dapat mengakibatkan gangguan kesehatan bagi makhluk hidup.

3. Penggunaan air

   Produksi semen memerlukan banyak air, yang dapat menyebabkan kekeringan dan penurunan kualitas air di beberapa wilayah.

4. Penggunaan energi

   Produksi semen memerlukan banyak bahan bakar fosil, yang dapat menyebabkan peningkatan emisi gas rumah kaca dan penggunaan bahan bakar fosil.

Berdasarkan dampak yang disebabkan dari proses produksi semen *portland*, diperlukan adanya suatu inovasi untuk menciptakan suatu substitusi pengganti material semen *portland.* Bahan yang memiliki kandungan sama dengan semen *portland* berupa pozzolan. Pozzolan dapat mengurangi kebutuhan semen *portland,* karena memiliki kandungan dan senyawa yang sama dengan semen *portland*. Kandungan bahan yang bersifat pozzolan berupa *Fly Ash*, Metakaolin, dan Abu Sekam Padi. Sifat dari pozzolan yang mengandung banyak unsur silikat dan aluminat reaktif, sehingga dapat menggantikan kandungan semen *portland* karena adanya kandungan unsur silikat (SiO_2) dan aluminat (Al_2O_3). Selain itu, sifat kimia dari pozzolan ini mempunyai persyaratan kimia tertentu yang berupa kandungan $SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3$ minimal mempunyai kadar 70% dari berat senyawa kimia tersebut.

Beton Geopolimer adalah senyawa silikat alumino anorganik, yang disintesiskan dari bahan-bahan produk sampingan seperti abu terbang (*fly ash*), *silica fume*, abu sekam padi yang banyak mengandung alumina dan silika (Davidovits, 1997). Selain itu, beton geopolimer merupakan beton geosintetik yang reaksi pengikatannya terjadi melalui polimerisasi dan bukan melalui reaksi hidrasi

seperti pada beton konvensional pada umumnya (Davidovits, 2005). Beton geopolimer ini juga merupakan salah satu jenis beton yang tidak menggunakan semen *portland* sebagai penyusun bahan materialnya. Material penyusun beton geopolimer sama seperti pada beton konvensional yaitu terdiri dari pasir, kerikil, dan air. Namun, bahan pengikat yang digunakan pada beton geopolimer ini menggunakan bahan yang bersifat pozzolan, yang berupa *fly ash,* metakaolin, abu sekam padi, abu tebu, *silica fume* dan lain sebagainya yang memiliki kandungan silika lebih dari 70%. Beton geopolimer tidak menggunakan bahan pengikat semen *portland,* sehingga proses hidrasi semen tidak akan terjadi. Namun, terjadi proses polimerisasi yang terjadi berupa material pozzolan akan bereaksi dengan alkali aktivator untuk membentuk suatu reaksi polimerisasi. Beton Geopolimer menggunakan alkali aktivator sebagai zat yang bereaksi dengan kandungan kimia yang berupa silika dan aluminium.

Abu sekam padi dan *fly ash* merupakan salah satu bahan pozzolan buatan yang merupakan sisa pembakaran tungku maupun hasil pemanfaatan limbah yang dihasilkan dari residu proses industri, untuk diolah menjadi abu yang mengandung silica reaktif melalui proses pembakaran (ASTM 593-82 dalam (Nurchasanah dkk, 2012). Abu sekam padi dapat diperoleh dari hasil pembakaran sekam padi yang sering digunakan untuk proses pembakaran batu bata. Abu sekam padi memiliki kandungan unsur silika sebesar 86,873% (Khalifah, 2024) sehingga dapat digunakan sebagai pozzolan. Selain abu sekam padi, *fly ash* juga memiliki kandungan silika yang cukup tinggi. *Fly ash* terbagi menjadi dua kelas kategori, yaitu kelas C dan kelas F. Salah satu perbedaan kelas *fly ash* memiliki karakteristik yang dapat memengaruhi waktu pengerasan beton. Beton geopolimer yang menggunakan bahan dasar fly ash tipe C memiliki waktu pengerasan yang sangat cepat, sedangkan fly ash tipe F memiliki waktu pengerasan yang relatif lambat (Tajunnisa, dkk. dalam Wibowo, 2020) . Abu sekam padi dan *fly ash* yang dapat dikategorikan mempunyai sifat pozzolan bisa menjadi pengganti semen sebagai material pengikat agregat. Material pengganti tersebut, dapat digunakan jika diaktifkan dengan alkali aktivator agar terjadi reaksi polimerisasi untuk membuat nya menjadi bahan pengikat. Alkali Aktivator terdiri dari senyawa natrium

hidroksida (NaOH) dan senyawa natrium silikat (Na_2SiO_3). (Ekaputri dkk, 2007) menyatakan bahwa alkali aktivator yang optimum untuk kuat tekan beton menggunakan molaritas sebesar 10M. (Ridwan, 2018) menyatakan bahwa beton geopolimer memiliki kuat tekan optimum pada penggunaan perbandingan alkali aktivator sebesar 4:2.

Perawatan beton geopolimer merupakan salah satu faktor penting yang dapat memengaruhi kekuatan dan daya tahan beton. Proses perawatan beton dilakukan untuk menjaga proses polimerisasi dari beton geopolimer, sehingga agar tidak terjadi beton yang kurang kuat dan juga tidak timbul retak pada beton yang telah dibuat. (Ekaputri dkk, 2007) menyatakan bahwa perawatan beton geopolimer dilakukan pada suhu ruang dan dilapisi plastik selama 4 hari yang bertujuan untuk mengurangi penguapan air selama proses *curing* beton tersebut. Selain itu, pada perawatan beton yang dilakukan dengan suhu 80 derajat celcius, dapat menghasilkan kuat tekan tertinggi (Ekaputri dkk, 2017). Pada penelitian (Utomo, 2017) menyatakan bahwa perawatan beton geopolimer dapat didiamkan pada suhu ruang hingga waktu pengujian beton.

Perawatan beton geopolimer hingga saat ini masih menggunakan metode pemanasan untuk mendapatkan kekuatan tekan yang relatif meningkat dari kuat tekan rencana nya, sehingga penelitian ini perlu dilakukan untuk mengetahui pengaruh dari metode perawatan yang mungkin dilakukan pada saat penggunaan di lapangan. Penelitian ini menggunakan variasi perawatan beton yang dilakukan pada suhu ruang selama 28 hari, dipanaskan dalam oven dengan suhu 80 derajat celcius selama 24 jam, dan dilakukan perendaman di air selama 28 hari, serta melapisi dengan karung goni basah selama 28 hari untuk membandingkan perawatan dengan beton konvensional. Penggunaan prekursor pada penelitian ini menggunakan kadar 8% dari berat total prekursor (Khalifah, 2024). Pemilihan kuat tekan rencana 25 MPa dilakukan berdasarkan pertimbangan kekuatan bangunan struktur tahan gempa yang mensyaratkan nilai minimum sebesar 21 MPa sehingga dapat memenuhi kriteria bangunan tahan gempa. Selain itu, pada kekuatan rencana beton geopolimer, nilai 25 MPa dapat meningkat mencapai 35,98 MPa (Khalifah, 2024). (Khalifah, 2024) menyatakan bahwa perawatan beton dengan cara dipanaskan

dalam oven pada suhu 60 derajat celcius selama 8 jam terjadi peningkatan kekuatan beton yang dihasikan. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perawatan yang efektif dilaksanakan di lapangan, sehingga dilakukan penelitian selain dengan metode pemanasan. Selain itu, penelitian ini diharapkan dapat mengetahui pengaruh variasi perawatan beton terhadap sifat mekanik beton geopolimer, yang berupa kuat tekan dan modulus elastisitas beton, serta kuat tarik belah beton. Selain itu, Penggunaan beton geopolimer sebagai bahan alternatif pengganti, diharapkan dapat menjaga lingkungan, mengurangi emisi karbon dioksida (CO_2) di udara, serta dapat memanfaatkan limbah residu dari produksi industri pabrik, sehingga kondisi atmosfer dapat tetap terjaga dan terhindar dari pengaruh *climate change* yang diakibatkan dari pemanasan global.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya, maka diperoleh rumusan permasalahan sebagai berikut.

1. Bagaimana pengaruh variasi perawatan beton terhadap kuat tekan dan modulus elastisitas beton, serta kuat tarik belah beton?
2. Bagaimana variasi perawatan yang optimum terhadap kuat tekan dan modulus elastisitas beton, serta kuat tarik belah beton?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan penjelasan rumusan permasalahan yang telah dibuat, maka dapat diperoleh tujuan dari penelitian ini, yaitu sebagai berikut.

1. Mengetahui pengaruh variasi perawatan beton geopolimer terhadap kuat tekan dan modulus elastisitas beton, serta kuat tarik belah beton.
2. Mengetahui perawatan beton geopolimer yang optimum terhadap kuat tekan dan modulus elastisitas beton, serta kuat tarik belah beton.

1.4 Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian yang telah dirumuskan, selanjutnya diperoleh manfaat penelitian yang dilakukan, yaitu sebagai berikut.

1. Memberikan suatu informasi untuk memanfaatkan limbah sekam padi yang dijadikan sebagai abu sekam padi dan hasil sisa pembakaran batubara yang dapat menjadi *fly ash* terhadap sifat mekanik beton.
2. Memberikan dukungan kegiatan ramah lingkungan untuk berkontribusi dalam inovasi dunia konstruksi, yang berupa informasi kegunaan bahan alam yang dapat menjadi salah satu material penyusun beton.
3. Material abu sekam padi dan fly ash merupakan material yang inovatif sehingga dapat dikaji secara teoritis dan implementasi pelaksanaannya.

1.5 Batasan Penelitian

Batasan penelitian yang dilakukan untuk memberikan suatu parameter batas dan acuan agar sesuai dengan tujuan penelitian yang dilakukan. Adapun batasan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Kuat tekan beton rencana yang digunakan sebesar 25 MPa.
2. Metode mix design yang digunakan menggunakan SNI 03-2834-2000.
3. Prekursor yang digunakan adalah abu sekam padi sebesar 8% dari substitusi *fly ash* yang digunakan.
4. Alkali aktivator yang digunakan adalah NaOH dan Na_2SiO_3 dengan perbandingan berturut-turut sebesar 4:2 terhadap kadar air pada perencanaan campuran mix design, selain itu kelarutan molaritas yang digunakan sebesar 10 Molar.
5. Variasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah perawatan beton dengan pemanasan pada suhu 80 °C selama 24 jam, didiamkan pada suhu ruang selama 28 hari, direndam di air selama 28 hari dan dilapisi dengan karung goni basah selama 28 hari.
6. Nilai slump yang digunakan sebesar 60-180 mm.
7. Bahan pozzolan yang digunakan adalah abu sekam padi dan *fly ash*.
8. Agregat kasar yang digunakan berukuran maksimum 20 mm.

9. Agregat kasar yang berupa kerikil berasal dari clereng.
10. Agregat halus berupa pasir berasal dari sungai progo.
11. *Fly Ash* berasal dari PLTU 2 Labuan, Provinsi Banten.
12. Abu sekam padi berasal dari Bantul, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta.
13. Tidak melakukan penelitian mengenai kandungan kimia pada reaksi polimerisasi.
14. Benda uji yang digunakan terdiri dari benda uji silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi silinder sebesar 30 cm yang digunakan sebagai benda uji kuat desak beton, kuat tarik belah beton.
15. Pengujian beton dilakukan pada umur beton 28 hari.
16. Jenis-jenis pengujian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut.
    a. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus dengan acuan SNI 1970-1990.
    b. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar dengan acuan SNI 1969-1990.
    c. Pengujian analisa saringan agregat halus menggunakan SNI 1968-1990.
    d. Pengujian analisa saringan agregat kasar menggunakan SNI 1968-1990.
    e. Pengujian berat volume gembur dan berat volume padat agregat halus menggunakan SNI 4804-1998.
    f. Pengujian berat volume gembur dan berat volume padat agregat halus menggunakan SNI 4804-1998.
    g. Pengujian uji kandungan lumpur lolos ayakan no. 200 dengan acuan SNI 4142-1996.
    h. Pengujian nilai slump beton dengan acuan SNI 1972-2008.
    i. Pengujian kuat desak silinder beton dengan acuan SNI 03-1974-2011.
    j. Pengujian kuat tarik belah beton dengan acuan SNI 03-2491-2002.
    k. Pengujian modulus elastisitas beton dengan acuan SNI 03-4169-1996.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Umum

Geopolimer dapat didefinisikan sebagai sebuah senyawa silikat alumino anorganik dengan membuat kondisi sintesis dari bahan-bahan yang mengandung aluminium seperti abu sekam padi, *fly ash*, abu tebu, dan lain sebagainya (Lisantono dan Purnandani, 2010). Geopolimer memiliki riwayat perkembangan yang dilakukan dan dipatenkan pertama kali oleh seorang ahli kimia dan insinyur dari Jerman pada tahun 1908. Geopolimer ini membuat reaksi prekursor padat yang memiliki kandungan alumina dan silika dengan sumber alkali. Perkembangan aktivitas alkali di negara-negara barat tidak mengalami perkembangan setelah percobaan terakhir pada tahun 1979. Penamaan material berbasis aluminosilikat diperkenalkan dan dipatenkan oleh Davidovits pada tahun 1979. Setelah itu geopolimer berkembang, seiring dengan perkembangan zaman hingga saat ini.

Beton Geopolimer merupakan suatu beton dengan penggunaan campuran alkali sebagai aktivator untuk mereaksikan kandungan silika (Si) dan aluminium (Al) yang terdapat pada bahan pozzolan berupa *fly ash*, abu sekam padi, metakaolin, dan lain sebagainya. Kandungan bahan alam yang menjadi penyusun material beton geopolimer merupakan suatu kandungan substitusi dari semen *portland*. Alkali aktivator yang digunakan pada beton geopolimer umumnya menggunakan campuran natrium hidroksida (NaOH) atau kalium hidroksida dengan natrium silikat (Na_2SiO_3). Material Penyusun beton geopolimer berupa pasir, kerikil, bahan pozzolan dan alkali aktivator sebagai bahan pengaktif kandungan silika pada pozzolan. Bahan pozzolan yang digunakan pada material penyusun beton geopolimer adalah abu sekam padi dan *fly ash*. Abu sekam padi dapat diaplikasikan pada beton geopolimer secara menyeluruh pada bagian bangunan non struktural (Samsudin dan Hartyanto, 2017). Sedangkan, *fly ash* merupakan pozzolan yang dapat meningkatkan kekuatan beton (Mulyono, 2003).

Perawatan beton geopolimer pada umumnya dilakukan dengan berbagai cara yang bertujuan untuk menjaga proses polimerisasi beton geopolimer. Perlakuan perawatan beton geopolimer biasanya dilakukan pada suhu ruangan, dan juga dipanaskan menggunakan oven dengan suhu tertentu. Selain itu, perawatan beton geopolimer ini belum mempunyai standar yang tetap, sehingga masih menggunakan eksperimen percobaan pada setiap pengujian. Pada beton konvensional, perawatan dilakukan dengan merendam beton keras di dalam air atau dapat memberi kain goni yang dibasahi pada beton keras, sehingga suhu untuk proses hidrasi semen pada beton konvensional dapat tetap terjaga.

2.2 Perbedaan dengan Penelitian Terdahulu

Adapun perbandingan beberapa penelitian terdahulu dengan penelitian yang akan dilakukan, dapat dijabarkan melalui penjelasan berikut.

1. Pengaruh Suhu Pengawetan dan Serat pada Geopolimer Berbasis Metakaolin (Ekaputri dkk, 2017)

   Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh serat polivinil akohol (PVA) pada kekuatan tarik pasta geopolimer metakaolin. Selain itu, untuk mengetahui pengaruh variasi perawatan beton terhadap waktu setting, kuat tekan, tarik belah, tarik langsung dan porositas beton. Benda uji yang digunakan memiliki dimensi diameter 5 cm dan tinggi 10 cm. Beton dilakukan pengujian pada umur beton ke 3, 7, 14, 21, 28 dan 56 hari. Sedangkan, perawatan beton geopolimer yang dilakukan pada penelitian ini dilakukan dengan melakukan pemanasan benda uji menggunakan oven pada suhu 25°C, 40°C, 60°C, 80°C selama 24 jam. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, didapatkan hasil bahwa pada penggunaan suhu perawatan 80°C, kekuatan beton dapat meningkat hingga 14% di umur 28 hari.

2. Analisis Kuat Tarik Belah dan Porositas Beton Geopolimer Memadat Mandiri Berbasis Fly Ash Dengan Substitusi Parsial Abu Sekam Padi (Sari, 2020)

   Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi abu sekam padi sebagai substitusi parsial *fly ash* terhadap kuat tarik belah, porositas dan persentase optimum pada pengujian sifat mekanik beton. Benda uji yang

digunakan memiliki bentuk silinder, dengan dimensi diameter 150mm dan tinggi silinder 300 mm pada uji kuat tarik belah, sedangkan pada uji porositas memiliki dimensi dengan diameter 50,8 mm dan tinggi silinder 50mm. acuan yang digunakan pada *Mix Design* sesuai dengan EFNARC 2005, yaitu SNI 03-2491-2002 untuk benda uji kuat tarik belah, sedangkan ASTM C 642-90 digunakan untuk benda uji porositas. Variasi yang digunakan pada penelitian ini berupa perbandingan antara *fly ash* dengan abu sekam padi berturut-turut sebesar 100%:0%, 95%:5%, 90%:10%, 85%:15% dari prekursor yang digunakan. Perawatan beton geopolimer yang dilakukan berupa didiamkan pada suhu ruangan terbuka setelah 24 jam dari waktu pembuatan beton. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, didapatkan kuat tarik belah maksimum sebesar 1,061 MPa dengan variasi abu sekam padi optimum sebesar 10%. Sedangkan, pada pengujian porositas memiliki nilai minimum sebesar 13,33% dengan variasi abu sekam padi optimum sebesar 10%.

3. Studi Eksperimen Perawatan Beton Geopolimer Mutu F'c 35 MPa Terhadap Kuat Tekan Beton (Koelima dkk, 2023)

   Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh metode perawatan terhadap kuat tekan beton, selain itu juga untuk mengetahui nilai perbedaan dari kuat tekan dengan berbagai variasi perawatan, dan juga mengetahui variasi perawatan yang dapat menghasilkan kuat tekan beton tertinggi pada beton geopolimer. Pada penelitian ini, digunakan mutu beton rencana sebesar 35 MPa dan melakukan pengujian perawatan terhadap kuat tekan beton. Benda uji pada penelitian ini dilakukan pengujian pada umur beton 7 hari. Penggunaan alkali aktivator pada penelitian ini menggunakan natrium hidroksida (NaOH) dan natrium silikat (Na_2SiO_3). Molaritas yang digunakan pada natrium hidroksida sebesar 10 Molar. Bahan pozzolan yang digunakan berupa *fly ash* sisa pembakaran batu bara yang tergolong dalam tipe C dan juga *fly ash* yang berasal dari hasil pembakaran cangkang kelapa sawit. Variasi penggunaan material abu cangkang sawit digunakan 11% dari berat prekursor. Perawatan beton geopolimer dilakukan dengan didiamkan pada suhu ruangan terbuka (dalam ruangan) serta suhu ruangan terbuka (luar ruangan) dan dibungkus

plastik pada suhu ruang. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, didapatkan hasil bahwa perawatan beton geopolimer dapat memengaruhi kuat tekan beton. Selain itu, pada penelitian ini, kuat tekan tertinggi yang didapatkan berada pada suhu ruangan terbuka (luar ruangan) dengan hasil kuat tekan berdasarkan Uji T dan Uji F berturut-turut sebesar 37,15 MPa dan 35,45 MPa.

4. Pengaruh Abu Sekam Padi Sebagai Substitusi *Fly Ash* Terhadap Sifat Mekanik Beton Geopolimer (Khalifah, 2024).

   Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh substitusi abu sekam padi dengan komposisi sebesar 0%, 4%, 8% dan 12% berdasarkan berat prekursor terhadap waktu pengikatan dan kelecakan, serta sifat mekanik beton geopolimer. Selain itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kadar optimum abu sekam padi sebagai substitusi *fly ash* terhadap sifat mekanik beton geopolimer. Benda uji yang digunakan berupa silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Perawatan yang dilakukan pada penelitian ini dilakukan pada suhu 60 °C selama 8 jam kemudian didiamkan pada suhu ruang. Pengujian yang dilakukan pada umur 28 hari dengan variabel pengujian berupa kuat tekan dan tarik belah beton. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, didapatkan nilai kuat tekan beton optimum sebesar 35,98 MPa. Hasil tersebut meningkat dari kuat tekan rencana yang dilakukan sebesar 25 MPa. Kadar optimum abu sekam padi yang digunakan sebesar 8% dari berat prekursor. Selain itu, didapatkan hasil modulus elastisitas beton sebesar 18075,666 MPa, dan nilai modulus secara empiris sebesar 28176,500 MPa, serta menurut persamaan Bellum sebesar 17913,553 MPa. Pengujian kuat tarik belah beton yang dilakukan juga memiliki nilai optimum sebesar 2,28 MPa dengan penggunaan abu sekam padi sebesar 8% dari berat prekursor.

Berdasarkan dari penjabaran diatas, diperoleh perbandingan perbedaan penelitian terdahulu dengan penelitian yang dilakukan saat ini, yang terdapat pada Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang

Parameter	Ekaputri (2017)	Sari (2020)	Koelima (2023)	Khalifah (2024)	Penelitian ini
Judul Penelitian	Pengaruh Suhu Pengawetan dan Serat pada Geopolimer Berbasis Metakaolin.	Analisis Kuat Tarik Belah dan Porositas Beton Geopolimer Memadat Mandiri Berbasis Fly Ash Dengan Substitusi Parsial Abu Sekam Padi.	Studi Eksperimen Perawatan Beton Geopolimer Mutu F'c 35 MPa Terhadap Kuat Tekan Beton.	Pengaruh Abu Sekam Padi Sebagai Substitusi *Fly Ash* Terhadap Sifat Mekanik Beton Geopolimer.	Pengaruh Variasi Perawatan Terhadap Sifat Mekanik Beton Geopolimer Berbasis Abu Sekam Padi Dan *Fly Ash*.
Tujuan Penelitian	Untuk mengetahui pengaruh serat polivinil akohol (PVA) pada kekuatan tarik pasta geopolimer metakaolin. Selain itu, untuk mengetahui pengaruh variasi perawatan beton terhadap waktu setting, kuat tekan, tarik belah, tarik langsung dan porositas beton.	Untuk mengetahui pengaruh variasi abu sekam padi sebagai substitusi parsial *fly ash* terhadap kuat tarik belah, porositas dan persentase optimum pada pengujian sifat mekanik beton.	Untuk mengetahui pengaruh metode perawatan terhadap kuat tekan beton, selain itu juga untuk mengetahui nilai perbedaan dari kuat tekan dengan berbagai variasi perawatan, dan juga mengetahui variasi perawatan yang dapat menghasilkan kuat tekan beton tertinggi pada beton geopolimer.	bertujuan untuk mengetahui pengaruh substitusi abu sekam padi dengan komposisi sebesar 0%, 4%, 8% dan 12% berdasarkan berat prekursor terhadap waktu pengikatan dan kelecakan, serta sifat mekanik beton geopolimer. Selain itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kadar optimum abu sekam padi sebagai substitusi fly ash terhadap sifat mekanik beton geopolimer.	Mengetahui pengaruh variasi perawatan beton geopolimer dan perawatan beton yang optimum terhadap kuat tekan dan modulus elastisitas beton, serta kuat tarik belah beton.
Kuat Tekan Rencana	-	30 MPa	35 MPa	25 MPa	25 MPa
Jenis Pengujian	Kuat tekan, kuat tarik belah dan tarik langsung serta porositas beton dan waktu pengikatan beton.	Kuat tarik belah dan porositas beton	Kuat tekan beton	Kuat tekan dan modulus elastisitas, kuat tarik belah,waktu ikat beton.	Kuat tekan dan modulus elastisitas beton, kuat tarik belah beton.

Lanjutan Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang

Parameter	Ekaputri (2017)	Sari (2020)	Koelima (2023)	Khalifah (2024)	Penelitian ini
Bentuk Benda Uji	Silinder 5 x 10 cm	Silinder 15 x 30 cm Silinder 5,08 x 5 cm	Silinder	Silinder 15 x 30 cm	Silinder 15 x 30 cm
Campuran Pozzolan	Metakaolin dan serat Polivinil Alkohol (PVA)	Abu Sekam Padi (ASP) dengan *Fly Ash* (FA)	*Fly Ash* tipe C dan abu terbang pembakaran cangkang kelapa sawit	Abu Sekam Padi (ASP) dengan *Fly Ash* (FA)	Abu Sekam Padi (ASP) dengan *Fly Ash* (FA)
Perawatan	Pemanasan benda uji menggunakan oven pada suhu 25°C, 40°C, 60°C, 80°C selama 24 jam.	Didiamkan pada suhu ruangan terbuka setelah 24 jam dari waktu pembuatan beton.	Suhu terbuka dalam ruangan. Suhu terbuka luar ruangan. Dilapisi dengan plastik pada suhu ruangan.	Dilakukan pemanasan dengan suhu 60°C selama 8 jam setelah pembuatan beton.	Dipanaskan dengan suhu 80°C selama 24 jam. Direndam dengan air. Dilapisi karung goni basah. Didiamkan pada suhu ruangan.
Umur Pengujian	3, 7, 14, 21 dan 28 hari	28 hari	7 hari	28 hari	28 hari

Lanjutan Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang

Parameter	Ekaputri (2017)	Sari (2020)	Koelima (2023)	Khalifah (2024)	Penelitian ini
Hasil Pengujian	Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, didapatkan hasil bahwa pada penggunaan suhu perawatan 80°C, kekuatan beton dapat meningkat hingga 14% di umur 28 hari.	Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, didapatkan kuat tarik belah maksimum sebesar 1,061 Mpa pada variasi abu sekam padi optimum sebesar 10%. Sedangkan pada pengujian porositas memiliki nilai minimum sebesar 13,33% dengan variasi abu sekam padi optimum sebesar 10%.	Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, didapatkan hasil bahwa perawatan beton geopolimer dapat memengaruhi kuat tekan beton. Selain itu, pada penelitian ini, kuat tekan tertinggi yang didapatkan berada pada suhu ruangan terbuka (luar ruangan) dengan hasil kuat tekan berdasarkan Uji T dan Uji F berturut-turut sebesar 37,15 MPa dan 35,45 MPa.	Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, didapatkan nilai kuat tekan beton optimum sebesar 35,98 MPa. Hasil tersebut meningkat dari kuat tekan rencana yang dilakukan sebesar 25 MPa. Kadar optimum abu sekam padi yang digunakan sebesar 8% dari berat prekursor. Selain itu, didapatkan hasil modulus elastisitas beton sebesar 18075,666 MPa, dan nilai modulus secara teoritis sebesar 28176,500 MPa, serta menurut persamaan Bellum sebesar 17913,553 MPa. Pengujian kuat tarik belah beton yang dilakukan juga memiliki nilai optimum sebesar 2,28 MPa dengan penggunaan abu sekam padi sebesar 8% dari berat prekursor.	-

2.3 Keaslian Penelitian

Dari hasil penelitian terdahulu yang telah dijelaskan sebelumnya, maka penelitian ini dilakukan percobaan yang berbeda dari peneliti terdahulu. Variasi yang digunakan pada penelitian ini berupa metode perawatan beton geopolimer yang dilakukan. Metode yang dilakukan menggunakan pemanasan dengan suhu 80° celcius selama 24 jam, perawatan menggunakan suhu ruangan tertutup atap selama 28 hari, direndam dengan air selama 28 hari, dan dilapisi dengan karung goni basah selama 28 hari. Benda uji yang digunakan pada penelitian ini berupa silinder dengan dimensi diameter 15 cm dan tinggi silinder 30 cm. Berdasarkan penjelasan tersebut, maka penelitian yang dilakukan dapat dipertanggungjawabkan keaslianya.

BAB III
DASAR TEORI

3.1 Beton

Beton merupakan salah satu bahan bangunan yang terdiri dari material penyusun yang berupa agregat, semen dan air. (Mulyono, 2003) menyatakan beton merupakan fungsi dari bahan penyusunnya, yang terdiri dari bahan semen hidrolik (*portland cement*), agregat kasar (kerikil), agregat halus (pasir), air, dan bahan tambah (*admixture*). (Nawy, 1985 dalam Mulyono, 2003) menyebutkan bahwa beton didefinisikan sebagai sekumpulan interaksi mekanis dan kimiawi dari material pembentuknya. Dalam perencanaan pembuatan beton, perlu dilakukan penyusunan properti desain beton yang tahan gempa, adapun batasan nilai f_c' yang digunakan terdapat pada Tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1 Batasan nilai f_c' pada Beton

Kegunaan	**Jenis Beton**	**Nilai f_c' minimum (MPa)**	**Nilai f_c' maksimum (MPa)**
Umum	Berat normal dan berat ringan	17	Tidak ada batasan
Sistem rangka pemikul momen khusus dan dinding struktural khusus	Berat normal	21	Tidak ada batasan
	Berat ringan	21	35[1]

[1]Batasan diizinkan untuk dilewati bila bukti hasil eksperimental dari elemen struktur yang terbuat dari beton ringan menunjukan kekuatan dan keteguhan (*toughness*) yang sama atau melebihi dari elemen yang dibuat dengan menggunakan beton normal dengan kekuatan yang sama

(Sumber: SNI 2847-2019)

Jenis-jenis beton yang digunakan dapat diklasifikasikan berdasarkan material pembentuknya. Adapun jenis beton yang dapat diketahui adalah sebagai berikut.

1. Beton ringan

   Beton ringan menggunakan material dari agregat yang ringan, seperti hasil pembakaran shale, lempung, slates, residu slag, residu batu bara, dan hasil pembakaran vulkanik lainnya (Holm, 1994 dalam Mulyono, 2003).

2. Beton berat

   Beton berat didefinisikan sebagai beton yang dihasilkan dari agregat yang mempunyai berat isi lebih besar dari beton normal atau lebih dari 2400 kg/m^3.

3. Beton serat

   Beton serat diartikan sebagai campuran beton yang diberikan serat, yang meliputi serat asbestos, serat plastik, dan potongan kawat baja. Beton serat memiliki kelemahan berupa proses pelaksanaan yang tidak mudah. Kelebihan dari beton serat yaitu memiliki kemungkinan terjadi segregasi kecil, daktail dan tahan terhadap benturan.

4. Beton geopolimer.

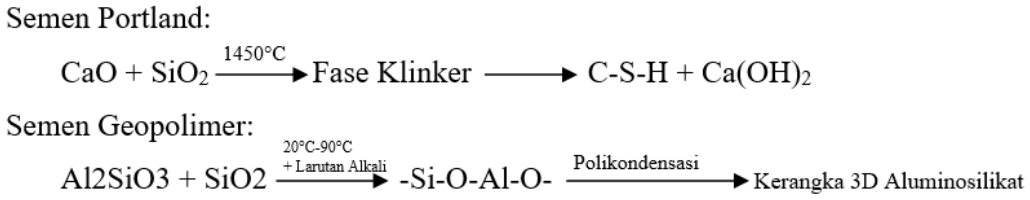
   Beton geopolimer merupakan suatu beton yang tidak menggunakan semen *portland* dalam proses pelaksanaannya. Beton geopolymer memiliki material berupa fly ash, abu sekam padi, metakaolin sebagai pengganti semen *portland.*

3.2 Beton Geopolimer

Beton geopolimer dibuat tanpa menggunakan semen portland. Beton geopolimer dibuat dengan menggunakan cairan alkali untuk bereaksi dengan silika (Si) dan aluminium (Al) yang ditemukan dalam mineral alam seperti kaolin, tanah liat, dan sebagainya. Sebagai pengganti semen dalam beton geopolimer, limbah seperti terak, abu sekam padi, abu terak, dan abu merah dapat digunakan. Cairan alkali adalah logam alkali larut yang dihasilkan dari pencampuran natrium hidroksida (NaOH) dengan natrium silikat (Na_2SiO_3).

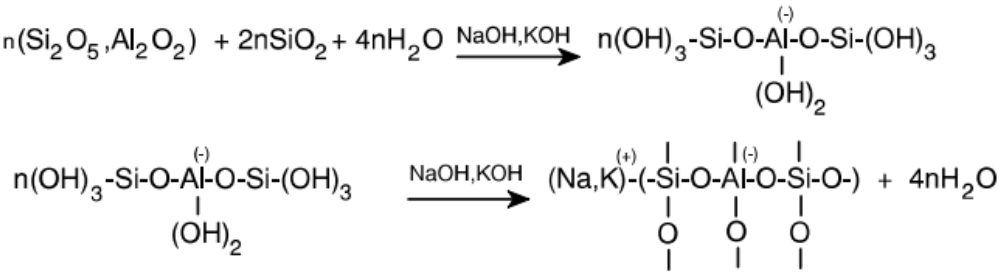
Menurut (Ilmiah, 2017) Geopolimer dibuat dari beton dalam reaksi polimerisasi. Reaksi polimerisasi ini menghasilkan AlO_4 dan SiO_4 dari reaksi aluminium dan silika dengan alkali. Proses ini menghasilkan rantai yang disebut

polysialate (Si-O-Al-O-Si). Adapun reaksi polimer yang terjadi pada semen geopolimer (penyusun beton geopolimer) berbeda dengan semen *portland*. Berdasarkan hal tersebut, terdapat perbedaan dalam proses hidrasi semen, yang terdapat pada Gambar 3.1 berikut.



Gambar 3.1 Reaksi Hidrasi Semen Portland dan Polimerisasi Semen Geopolimer
(Sumber: Wibowo, 2020)

Berdasarkan persamaan ikatan kimia semen geopolimer, maka dapat diketahui alkali aktivator yang digunakan sangat berpengaruh dalam proses pembentukan beton geopolimer. Salah satu penyusun alkali aktivator yang berupa NaOH merupakan faktor penting dalam proses geopolimerisasi. NaOH dapat mempengaruhi sifat mekanis beton geopolimer pada saat beton mengalami pengerasan, sehingga konsentrasi Molaritas pada NaOH harus direncanakan dengan tepat. Adapun Proses Polikondensasi yang terjadi pada beton geopolimer terdapat pada gambar 3.2 berikut.



Gambar 3.2 Reaksi Polikondensasi
(Sumber: Wibowo, 2020)

3.3 Material Penyusun Beton Geopolimer

Adapun material penyusun beton geopolimer berupa agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil), pozzolan, dan air. Berikut merupakan material penyusun beton geopolimer.

3.3.1 Agregat Halus (Pasir)

Agregat halus atau yang sering disebut dengan pasir merupakan salah satu material penyusun beton. Pasir merupakan suatu material yang berfungsi sebagai bahan pengisi (*filler*) campuran beton untuk mengikat agregat pasir bersama dengan pasta semen. Menurut Agregat halus didefinisikan sebagai pasir alam yang difungsikan sebagai hasil desintegrasi secara alami dari batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5 milimeter. Adapun gambar agregat halus terdapat pada Gambar 3.3 berikut.



Gambar 3.3 Agregat Halus

3.3.2 Agregat Kasar (Kerikil)

Agregat kasar atau yang sering disebut sebagai kerikil adalah komponen penyusun campuran beton. Kerikil merupakan suatu material yang berfungsi sebagai komponen struktur penguat pada beton. Menurut (SNI 2834, 2000) agregat kasar digambarkan sebagai kerikil dari hasil desintegrasi alami yang berupa batu atau batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 5 mm – 40 mm. Adapun gambar agregat kasar terdapat pada Gambar 3.4 berikut ini.



Gambar 3.4 Agregat Kasar

3.3.3 Pozzolan

Pozzolan merupakan bahan material alami yang mengandung silika, aluminium, dan oksida silika serta alumina yang bereaksi dengan alkali aktivator agar memiliki perilaku seperti semen *portland.* Bahan yang bersifat *pozzolan* ini dapat digunakan sebagai bahan pengganti semen dalam pembuatan beton geopolimer.

1. Abu sekam padi

   Beton geopolimer dapat dibuat menggunakan material abu sekam padi. Abu sekam padi merupakan bahan alternatif yang berasal dari sisa hasil pertanian dan dapat digunakan sebagai pengganti semen. Bahan ini mengandung oksida silika dan alumina yang diperlukan untuk reaksi kimia pembentukan beton geopolimer, sehingga mengurangi ketergantungan pada semen *portland* dan mengurangi dampak negatif industri konstruksi pada lingkungan. Adapun gambar abu sekam padi terdapat pada Gambar 3.5 berikut.



Gambar 3.5 Abu Sekam Padi
(Sumber: kampustani.com)

Menurut (Mulyono, 2003) untuk membuat abu kulit gabah menjadi silika reaktif yang dapat digunakan sebagai pozzolan untuk beton, suhu tungku tidak boleh melebihi 800°C untuk menghasilkan abu sekam padi yang mempunyai kandungan berupa silika yang tidak terkristalisasi. Untuk mengetahui komposisi abu sekam padi pada setiap variasi suhu pembakaran, dapat dilihat pada tabel 3.2 berikut.

Tabel 3.2 Komposisi Abu Sekam Padi dengan Variasi Pembakaran Suhu

Temperatur / Kandungan	Original	400˚C	600˚C	700˚C	1000˚C
SiO_2	88,97	91,53	94,89	96,65	98,01
MgO	1,17	1,13	0,84	0,51	0,59
SO_3	1,12	0,83	0,81	0,79	0,09
CaO	2,56	2,02	1,73	1,60	1,16
K_2O	5,26	6,48	6,41	3,94	1,28
Na_2O	0,79	0,76	1,09	0,99	0,73
Fe_2O_3	0,29	0,74	0,46	0,00	0,43

(Sumber: Ilmiah, 2017)

Penggunaan abu sekam padi sebagai proporsi campuran pada binder geopolimer yang memiliki rentang hingga 10% memiliki kuat tekan yang optimum (Ilmiah, 2017).

2. *Fly Ash*

Fly ash merupakan bagian dari material *pozzolan* yang berasal dari limbah pembakaran batubara yang berasal dari pembangkit listrik tenaga uap. *Fly ash* batubara adalah material yang memiliki ukuran butiran yang halus berwarna keabu-abuan dan diperoleh dari hasil pembakaran batubara (Wardani, 2008). Adapun gambar *fly ash* terdapat pada Gambar 3.6 berikut.



Gambar 3.6 Fly Ash
(sumber: flexicon.com)

Berdasarkan (ASTM C618-12a, 2014) *fly ash* dikategorikan menjadi 2 kelas, yaitu kelas F dan kelas C. Untuk mengetahui Klasifikasi *fly ash* berdasarkan kandungan kimia, dapat dilihat pada Tabel 3.3 berikut.

Tabel 3.3 Komposisi Kandungan Kimia Fly Ash Berdasarkan Kelas

Kandungan	Kelas	
	F	C
Silikon oksida (SiO_2) + Alumunium oksida (Al_2O_3) + Besi oksida (Fe_2O_3), min %	70,0	50,0
Sulfur trioksida (SO_3), max %	5,0	5,0
Kelembaman, max %	3,0	3,0
Loss on Ignition, max %	6,0	6,0

(Sumber: ASTM C-618)

Berdasarkan Tabel 3.3, diperoleh hasil bahwa *fly ash* tipe F (*low calcium fly ash*) merupakan material yang mudah digunakan, selain itu memiliki waktu pengikatan yang relatif lama dan ketersediaan lebih sedikit (Hardjito, D. dan Rangan, 2005). Selain itu pada *fly ash* tipe C (*high calcium fly ash*) memiliki waktu ikat yang relatif cepat, jarang digunakan , sehingga ketersediaan material nya melimpah (Rattanasak dan Chindaprasirt, 2009).

3.3.4 Prekursor

Prekursor dalam konteks beton geopolimer adalah bahan dasar yang bersifat kaya akan silika (SiO_2) dan alumina (Al_2O_3). Prekursor ini bereaksi dengan alkali aktivator (seperti natrium hidroksida dan natrium silikat) untuk membentuk bahan pengikat, menggantikan semen *Portland*. Contoh umum dari prekursor adalah *fly ash* (abu terbang), slag (terak tanur), dan metakaolin yang direaksikan dengan alkali aktivator. Proses reaksi kimia yang terjadi antara prekursor dan aktivator ini dikenal sebagai polimerisasi alkali.

3.3.5 Air

Air merupakan alat untuk menciptakan kelecakan yang perlu untuk penuangan beton (Nugraha dan Antoni, 2007). Pada campuran beton, jumlah air yang diperlukan harus diperhitungkan untuk membuat kondisi kelecakan agar sesuai dengan rencana. Air merupakan salah satu material penyusun beton, untuk itu air tidak boleh mengandung kotoran, karena dapat menyebabkan gangguan pada hidrasi dan pengikatan, gangguan pada kekuatan dan ketahanan, perubahan volume yang dapat menyebabkan keretakan, dan bercak-bercak pada permukaan beton.

3.4 Alkali Aktivator

Alkali aktivator merupakan suatu bahan kimia yang digunakan dalam proses pembuatan beton geopolymer, untuk mengaktifkan reaksi antara material penyusun beton geopolymer yang meliputi fly ash, abu sekam padi, metakaolin, dan lain sebagainya dengan cairan alkali. Alkali aktivator yang sering digunakan berupa natrium hidroksida (NaOH) dan silikat natrium (NA_2SiO_3). Penggunaan alkali aktivator harus mempertimbangkan perbandingan antara cairan alkali dengan bahan penyusun beton geopolymer, karena dapat memengaruhi sifat-sifat mekanik karakteristik beton geopolymer itu sendiri. Adapun alkali aktivator yang digunakan terdapat pada Gambar 3.7 dan Gambar 3.8 berikut.



Gambar 3.7 Alkali Aktivator NaOH
(Sumber: indiamart.com)



Gambar 3.8 Alkali Aktivator Na_2SiO_3
(Sumber: vuhoangco.com)

(Wibowo, 2020) menyatakan dari hasil pengujian UPV mengartikan bahwa nilai kepadatan beton geopolymer semakin tinggi seiring dengan peningkatan molaritas NaOH sehingga sebanding dengan peningkatan kuat tekan yang terjadi pada beton. (Risdanareni dkk, 2015) menunjukkan bahwa perbandingan aktivator dan konsentrasi dalam pengujian menunjukkan perbandingan alkali aktivator antara Na_2SiO_3 dibanding NaOH rasio sebesar 2 memiliki kuat tekan optimum baik pada konsentrasi NaOH 8M. Berdasarkan penelitian (Wibowo, 2020) rumus perhitungan molaritas yang digunakan menggunakan persamaan 3.1 berikut.

$$M = \frac{gr}{Mr} x \frac{1000}{vol} \quad (3.1)$$

keterangan:

M : Molaritas (mol/liter)

gr : Massa zat yang digunakan dalam larutan (gram)

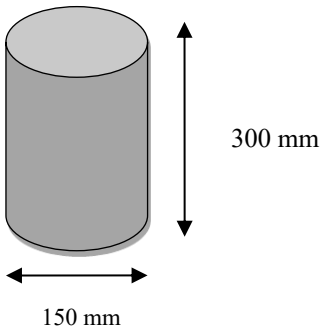
Mr : Massa molekul relatif zat terlarut (gram/mol)

Vol : Volume larutan air (ml)

3.5 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton dapat didefinisikan sebagai besaran beban yang diterima oleh beton per satuan luas, yang mengakibatkan benda uji beton mengalami retak

hingga mengalami hancur dengan gaya tekan tertentu oleh mesin tekan. Adapun dimensi benda uji dan bentuk yang digunakan terdapat pada Gambar 3.9 berikut.



Gambar 3.9 Benda Uji Silinder Kuat Tekan Beton

Berdasarkan Gambar 3.9 pengujian kuat tekan beton dengan benda uji silinder diatur dalam SNI. Ketentuan (SNI 1974, 2011)mengatur tentang nilai perhitungan kuat tekan beton yang dapat dilakukan dengan persamaan 3.2 berikut.

$$f'c = \frac{P}{A} \tag{3.2}$$

keterangan:

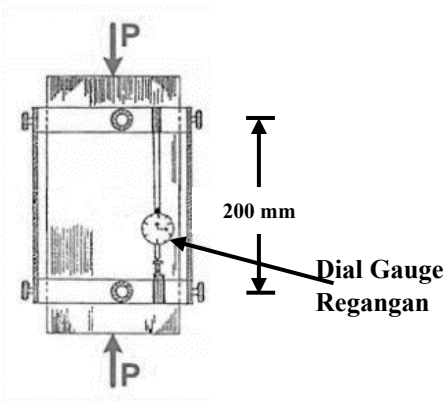
f'c : Kuat tekan beton (MPa atau N/mm^2)

P : Beban maksimum (N)

A : Luas penampang benda uji (mm^2)

3.6 Modulus Elastisitas Beton

Modulus elastisitas beton didefinisikan sebagai nilai tegangan dibagi regangan beton dalam kondisi elastis, dengan tegangan mencapai 40% dari kuat tekan maksimum. Adapun ilustrasi pengujian modulus elastisitas beton terdapat pada Gambar 3.10 berikut.



Gambar 3.10 Benda Uji dan Alat Kompresometer Modulus Elastisitas
(Sumber: Jurusan Teknik Sipil, 2017)

Berdasarkan (SNI 2847, 2019) nilai modulus elastisitas empiris dapat dihitung dengan persamaan 3.3 berikut.

$$E_{empiris\ SNI2847(2019)} = 4700\sqrt{f'c} \quad (3.3)$$

keterangan:

$E_{empiris}$: Modulus elastisitas empiris beton (MPa)

$f'c$: Kuat tekan beton rencana (MPa)

Untuk mengetahui nilai modulus elastisitas percobaan, dapat dihitung menggunakan persamaan 3.4 berikut.

$$E_{percobaan} = \frac{\sigma 2}{\varepsilon 2} \quad (3.4)$$

keterangan:

$E_{percobaan}$: Modulus elastisitas empiris beton (MPa)

σ_2 : Tegangan saat kondisi 40% dari tegangan maksimum (MPa)

ε_2 : Regangan saat kondisi 40% dari regangan maksimum

Berdasarkan rumus empiris modulus elastisitas pada beton geopolimer dapat dihitung menggunakan persamaan persamaan (Tempest, 2010) dapat dihitung menggunakan persamaan 3.5 berikut.

$$E_{empiris\ Tempest\ (2010)} = 3421\sqrt{f'c} \quad (3.5)$$

keterangan:

$E_{empiris}$: Modulus elastisitas empiris beton (MPa)

f'c : Kuat tekan beton rencana (MPa)

3.7 Kuat Tarik Belah Beton

Kuat tarik belah beton didefinisikan sebagai suatu benda uji yang berbentuk silinder yang didapatkan dari hasil pembebanan benda uji yang diletakkan secara mendatar sejajar dengan permukaan meja penekan mesin uji tekan. Kuat tarik belah digunakan sebagai evaluasi ketahanan geser dari komponen struktur yang terbuat dari beton dengan agregat ringan.

Berdasarkan (SNI 2491-2002) nilai kuat tarik belah beton dapat dihitung dengan persamaan 3.6 berikut.

$$fct = \frac{2P}{\pi L D} \tag{3.6}$$

keterangan:

fct : Kuat tarik belah (MPa)

P : Beban maksimum (N)

L : Panjang benda uji silinder (mm)

D : Diameter benda uji silinder (mm)

3.8 Perencanaan Campuran Beton

Dalam pembuatan campuran beton segar, diperlukan adanya metode pembuatan campuran beton segar. Dalam penelitian ini, menggunakan metode perencanaan (*mix design*) berdasarkan (SNI 2834-2000) tentang tata cara pembuatan rencana campuran beton normal. Berikut merupakan tahapan-tahapan secara sistematis dan urut.

1. Menentukan kuat tekan beton yang telah disyaratkan (f'c) pada umur yang telah direncanakan yaitu 28 hari.

2. Menghitung nilai deviasi standar dari suatu mutu pekerjaan dan volume beton yang akan dibuat dengan persamaan 3.7 berikut.

$$\frac{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(xi-x)^2)}}{n-1} \quad (3.7)$$

keterangan:

Sr = Standar deviasi,

xi = Kuat tekan beton yang didapat dari masing-masing benda uji,

x = Kuat tekan beton rerata

$$Xrerata = \frac{\sum_{i=1}^{n} xi}{n} \quad (3.8)$$

n = Jumlah nilai hasil uji, yang harus diambil minimum 30 buah (satu hasil uji adalah nilai uji rata-rata dari 2 buah benda uji)

dua hasil uji yang akan digunakan untuk menghitung standar deviasi harus sebagai berikut:

a. mewakili bahan - bahan prosedur pengawasan mutu, dan kondisi produksi yang serupa dengan pekerjaan yang diusulkan;
b. mewakili kuat tekan beton yang disyaratkan f ’c yang nilainya dalam batas 7 MPa dari nilai f’cr yang ditentukan;
c. paling sedikit terdiri dari 30 hasil uji yang berurutan atau dua kelompok hasil uji diambil dalam produksi selama jangka waktu tidak kurang dari 45 hari;
d. bila suatu produksi beton tidak mempunyai dua hasil uji yang memenuhi standar deviasi, tetapi hanya ada sebanyak 15 sampai 29 hasil uji yang berurutan, maka nilai deviasi standar adalah perkalian deviasi standar yang dihitung dari data hasil uji tersebut dengan factor pengali dari Tabel 3.4 berikut.

Tabel 3.4 Faktor Pengali Deviasi Standar

Jumlah Pengujian	Faktor Pengali Deviasi Standar
Kurang dari 15	Diterangkan lebih lanjut
15	1,16
20	1,08
25	1,03
30 atau lebih	1,00

(Sumber: SNI 2834-2000)

Bila data uji lapangan kurang dari 15, maka kuat tekan rata-rata yang di targetkan f'cr harus diambil tidak kurang dari (f'c + 12 MPa).

3. Menghitung nilai tambah (margin) dengan persamaan 3.9 berikut.

$$M = 1{,}64 \times S_r \quad (3.9)$$

keterangan:

M : nilai tambah

S_r : deviasi standar

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

4. Menentukan kuat tekan beton rata-rata yang ditargetkan dengan persamaan 3.10 berikut.

$$f'cr = f'c + M \quad (3.10)$$

keterangan:

f'cr : Kuat tekan beton rerata yang ditargetkan (MPa)

f'c : Kuat tekan beton rencana (MPa)

M : Nilai tambah

5. Menentukan jenis semen.

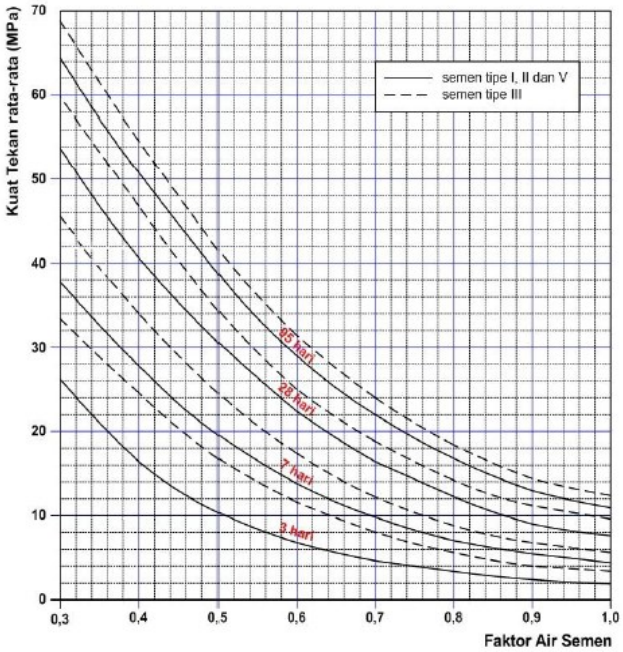
6. Menentukan jenis agregat yang digunakan, baik agregat halus maupun agregat kasar.
7. Menentukan faktor air semen dengan tahapan sebagai berikut.
   a. Menentukan nilai kuat tekan pada umur 28 hari dengan menggunakan tabel 3.5 berikut berdasarkan jenis semen dan agregat yang akan digunakan.

Tabel 3.5 Perkiraan Kekuatan Tekan (MPa) Beton dengan Faktor Air Semen, dan Agregat Kasar yang Biasa Dipakai di Indonesia

Jenis Semen	**Jenis Agregat Kasar**	**Kekuatan tekan (MPa)**				
		Pada umur (hari)				**Bentuk**
		3	**7**	**28**	**29**	**Bentuk uji**
Semen *Portland* Tipe I	Batu tak dipecahkan	17	23	33	40	Silinder
	Batu pecah	19	27	37	45	
Semen *Portland* Tipe II,V	Batu tak dipecahkan	20	28	40	48	Kubus
	Batu pecah	25	32	45	54	
Semen *Portland* Tipe III	Batu tak dipecahkan	25	31	46	53	Silinder
	Batu pecah	30	40	53	60	
	Batu tak dipecahkan	25	31	46	53	Kubus
	Batu pecah	30	40	53	60	

(Sumber: SNI 2834-2000)

   b. Menentukan kurva lengkungan baru berdasarkan hubungan antara nilai kuat tekan yang diperoleh pada butir 7a diatas dengan faktor air semen sebesar 0,5 pada Gambar 3.11 berikut.



Gambar 3.11 Hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen (fas)
(Sumber: SNI 2834-2000)

c. Menentukan faktor air semen yang diperlukan dengan menghubungkan kuat tekan beton rencana yang diperoleh pada butir 4 dengan kurva lengkung baru pada butir 7b.

8. Menetapkan faktor air semen maksimum, kemudian mengambil nilai faktor air semen terkecil antara perhitungan butir 7 dengan butir 8.
9. Menetapkan nilai *slump test*.
10. Menetapkan ukuran agregat maksimum dari hasil pengujian material agregat.
11. Menentukan nilai kadar air bebas dengan menggunakan Tabel 3.6 dan persamaan 3.11 berikut.

$$w = \frac{2}{3}Wh + \frac{2}{3}Wk \qquad (3.11)$$

keterangan:

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

Wh : Perkiraan jumlah air untuk agregat halus (kg/m^3)

Wk : Perkiraan jumlah air untuk agregat kasar (kg/m^3)

Tabel 3.6 Perkiraan kadar air bebas per m^3 (Kg/m^3)

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

(Sumber: SNI 2834-2000)

12. Menentukan jumlah kebutuhan semen yang dibutuhkan dengan persamaan 3.12 berikut.

$$c = \frac{w}{fas} \tag{3.12}$$

keterangan:

c : Jumlah semen (kg/m^3)

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

fas : Faktor air semen

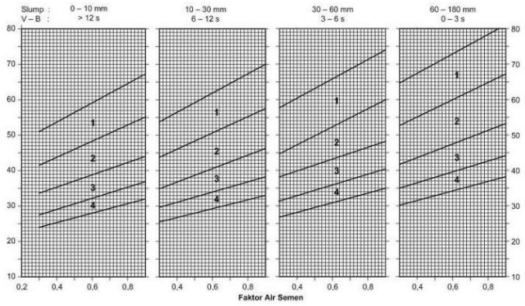
13. Menentukan jumlah semen minimum berdasarkan lokasi beton rencana seperti pada Tabel 3.7 berikut.

Tabel 3.7 Persyaratan jumlah semen minimum dan factor air semen maksimum untuk berbagi Macam pembetonan dalam lingkungan khusus

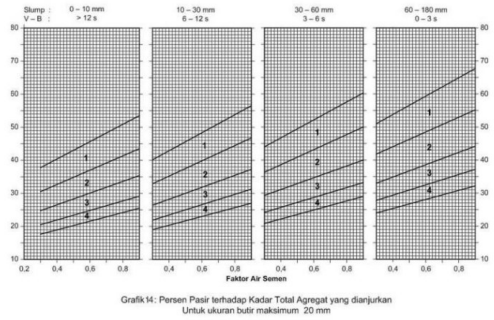
Lokasi	Jumlah Semen minimum Per m^3 beton (kg)	Nilai Faktor Air Semen Maksimum
Beton di dalam ruang bangunan: Keadaan keliling non-korosif Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	275 325	0,60 0,52
Beton di luar ruangan bangunan: Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325 275	0,60 0,60
Beton masuk ke dalam tanah: Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti Mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah	325	0,55 Lihat Tabel 5
Beton yang kontinu berhubungan: Air tawar Air laut		Lihat Tabel 6

(Sumber: SNI 2834-2000)

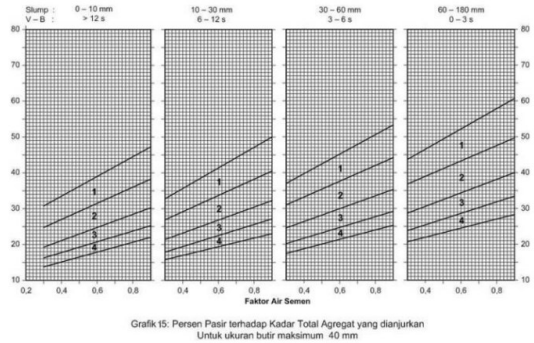
14. Menentukan jumlah semen yang digunakan, dengan mengambil nilai terbesar jumlah semen dari hasil perhitungan, jumlah semen maksimum (jika ditetapkan) dan jumlah semen minimum.
15. Menghitung faktor air semen yang disesuaikan apabila terjadi perubahan jumlah semen dari hasil perhitungan pada butir 12 menjadi jumlah semen maksimum atau jumlah semen minimum.
16. Menentukan susunan butir (gradasi) agregat halus berdasarkan hasil pengujian analisa saringan agregat.
17. Menentukan susunan agregat kasar (ukuran butir maksimum) berdasarkan hasil pengujian analisa saringan agregat.
18. Menentukan persentase agregat halus (pasir) menggunakan gambar 3.12 sampai dengan gambar 3.14 dengan menggunakan parameter pada ukuran butir maksimum agregat kasar, nilai *slump test* rencana dan gradasi agregat halus.



Gambar 3.12 Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan Untuk ukuran butir maksimum 10 mm
(Sumber: SNI 2834-2000)



Gambar 3.13 Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan Untuk ukuran butir maksimum 20 mm
(Sumber: SNI 2834-2000)



Gambar 3.14 Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan Untuk ukuran butir maksimum 40 mm
(Sumber: SNI 2834-2000)

Dari grafik tersebut, dapat diperoleh nilai persentase agregat halus dan agregat kasar yang dapat diperoleh dari persamaan 3.13 dan persamaan 3.14 berikut.

$$\%\text{Ag.}_{\text{Halus}} = \frac{Ba+Bb}{2} \qquad (3.13)$$

$$\%Ag._{Kasar} = 100\% - \%Ag._{Halus} \quad (3.14)$$

keterangan:

$\%Ag._{Halus}$: Persentase agregat halus (%)

$\%Ag._{Kasar}$: Persentase agregat kasar (%)

Ba : Batas atas (%)

Bb :Batas bawah (%)

19. Menghitung berat jenis relatif atau gabungan dengan persamaan 3.15 berikut.

$$BJ_{gab} = \%Ag._{Halus} \times BJ_{Agr.\ halus} + \%Agr._{kasar} \times BJ_{Agr.\ kasar} \quad (3.15)$$

keterangan:

BJ_{gab} : Berat jenis relatif/gabungan agregat

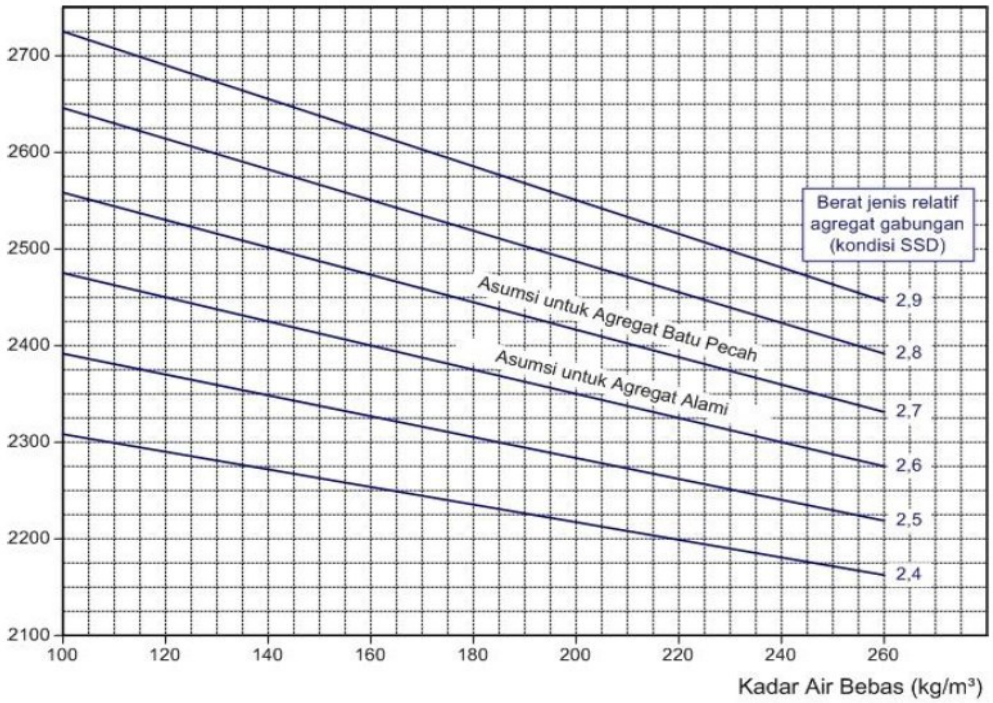
$\%Agr._{halus}$: Persentase agregat halus (%)

$\%Agr._{kasar}$: Persentase agregat kasar (%)

$BJ_{Agr.\ halus}$: Berat jenis agregat halus

$BJ_{Agr.\ kasar}$: Berat jenis agregat kasar

20. Menentukan berat isi atau berat volume beton menggunakan gambar 3.16 berikut berdasarkan kadar air bebas dan berat jenis relatif atau gabungan agregat.



Gambar 3.15 Perkiraan berat isi beton basah yang telah selesai didapatkan
(Sumber: SNI 2834-2000)

21. Menghitung kadar agregat gabungan dengan persamaan 3.16 berikut.

$$W_{agr.\ gab} = W_{beton} - W_{semen} - w \quad (3.16)$$

keterangan:

$W_{ag.\ gab}$: 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)

22. Menghitung kadar agregat halus dengan persamaan 3.17 berikut.

$$W_{ag.halus} = \%Agr._{.\ Halus} \times W_{agr.\ gab} \quad (3.17)$$

keterangan:

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

%Ag. $_{Halus}$: Persentase agregat halus (%)

Wag. $_{gab.}$: Kadar agregat gabungan (kg/m^3)

23. Menghitung kadar agregat kasar dengan persamaan 3.18 berikut.

$$\text{Wag.kasar} = \text{Wag.}_{gab.} - \text{Wag.}_{halus} \quad (3.18)$$

Keterangan:

Wag. $_{kasar}$: Kadar agregat halus (kg/m^3)

Wag. $_{halus}$: Kadar agregat halus (kg/m^3)

Wag. $_{gab.}$: Kadar agregat gabungan (kg/m^3)

24. Didapatkan hasil proporsi campuran untuk tiap m^3 beton dengan kondisi agregat dalam keadaan jenuh kering permukaan (SSD) untuk memperoleh proporsi campuran uji, maka hasil perhitungan proporsi campuran untuk tiap m^3 beton dikali dengan volume total benda uji.

3.9 Perawatan Beton

Perawatan beton dilakukan untuk menjaga kondisi beton setelah dilakukan pengecoran untuk mencapai kekuatan dan durabilitas beton yang optimal. Perawatan beton merupakan faktor penting untuk mencegah proses penguapan air yang terlalu cepat, sehingga dapat membuat beton menjadi retak membuat kualitas beton menjadi menurun. Faktor yang memengaruhi perawatan beton yaitu, suhu lingkungan, kelembapan udara, dan angin, selain itu juga pada jenis semen yang terdapat pada beton konvensional dapat memengaruhi durasi dalam perawatan beton. Metode Perawatan Beton terdapat beberapa pelaksanaan yaitu sebagai berikut.

1. Perawatan dengan air

   Perawatan beton dengan air ini umumnya dilakukan dengan menggunakan air untuk menjaga suhu dan kelembaban selama proses pembentukan beton. Untuk melakukan perawatan dengan air dapat menggunakan karung goni basah dengan cara menutup beton untuk menjaga kelembapan, selain itu juga dapat dilakukan

dengan merendam beton ke dalam kolam penampungan air untuk menjaga suhu dan kelembapan pada beton.

2. Perawatan dengan membran

   Metode perawatan ini dilakukan dengan memberikan sealant curing compound yang diaplikasikan pada beton untuk membentuk lapisan membran di lapisan terluar beton. Lapisan membran ini berfungsi untuk mengurangi penguapan air pada beton. Penggunaan sealant curing compound ini dapat digunakan pada bangunan yang tinggi karena tidak dapat mengkondisikan air untuk menjaga suhu dan kelembapan pada beton tersebut di ketinggian.

3. Perawatan dengan Termal

   Perawatan termal dilakukan dengan memanfaatkan suhu panas. Metode yang dilakukan berupa *steam curing* yang menggunakan uap untuk menjaga kelembapan dan suhu beton yang sering digunakan pada elemen beton pracetak. Pada saat kondisi lingkungan suhu dingin, dapat digunakan metode perawatan dengan heating pads yang menggunakan bantalan pemanas sebagai faktor untuk mengatur suhu dan kelembapan beton.

4. Perawatan dengan suhu ruang

   Metode perawatan dengan suhu ruang ini dilakukan dengan meletakkan beton pada suhu ruang. Pada perawatan suhu ruang, faktor penting yang harus dipertimbangkan adalah kondisi suhu lingkungan yang berada pada tempat beton tersebut diletakkan. Perawatan ini terdiri dari suhu ruang dalam ruangan tertutup (penutup atap) maupun suhu ruang dalam ruangan terbuka (tanpa penutup atap).

5. Perawatan beton dengan suhu panas

   Metode perawatan dengan pemanasan temperatur tinggi sangat disarankan pada beton geopolimer (Hardjito dan Fung, 2010) Metode perawatan beton dengan suhu panas pada oven membantu pada proses pembentukan polimerisasi pada beton geopolimer. Pemanasan yang digunakan pada suhu perawatan ini dilakukan diantara suhu 40˚C hingga 90 ˚C. Proses pemanasan yang terjadi pada beton geopolimer akan sebanding dengan kuat tekan yang dihasilkan.

3.10 Pengujian Properties Agregat

Agregat merupakan suatu material penyusun beton yang berupa pasir sebagai agregat halus dan kerikil sebagai agregat kasar. Pasir dan kerikil perlu dilakukan pengujian untuk memenuhi kriteria sebagai material penyusun beton yang disyaratkan. Berikut merupakan penjelasan mengenai pengujian material agregat halus dan agregat kasar.

3.10.1 Pengujian Agregat Halus

Pengujian yang dilakukan pada agregat halus memiliki beberapa ketentuan yang harus dilakukan. Pengujian yang dilakukan berupa pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air, pemeriksaan berat volume gembur dan padat agregat halus, pemeriksaan analisis saringan, serta pemeriksaan lolos saringan nomor 200 atau yang sering disebut dengan pemeriksaan kadar lumpur pada pasir. Pemeriksaan tersebut tentunya memiliki ketentuan berdasarkan Standar Nasional Indonesia yang telah ditetapkan untuk memenuhi kriteria sebagai bahan penyusun beton.

1. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

   Pengujian berat jenis dan penyerapan air pada agregat halus (pasir) bertujuan agar dapat diketahui kondisi dan klasifikasi agregat serta untuk mengetahui nilai dari berat jenis curah, berat jenis kering permukaan jenuh (SSD), berat jenis semu dan persentase penyerapan air pada agregat halus. Pengujian ini dilakukan berdasarkan ketentuan SNI 1970-1990 dengan menggunakan agregat dalam keadaan kering permukaan (kondisi SSD). Selain itu, pengujian ini menggunakan material sebesar 500 gram. Pada pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus diperlukan adanya perhitungan dengan menggunakan persamaan 3.17 hingga persamaan 3.20 sebagai berikut.

$$\textit{Berat jenis curah} = \frac{Bk}{(B+500-Bt)} \tag{3.19}$$

$$\textit{Berat jenis jenuh kering permukaan} = \frac{500}{(B+500-Bt)} \tag{3.20}$$

$$\textit{Berat jenis semu} = \frac{Bk}{B+Bk-Bt} \tag{3.21}$$

$$\textit{Persentase penyerapan air} = \frac{500-Bk}{Bk}\ x\ 100\% \quad (3.22)$$

keterangan:

Bk : Berat pasir kering mutlak (gram)

Bt : Berat piknometer berisi pasir dan air (gram)

B : Berat piknometer berisi air (gram)

2. Pemeriksaan Analisis Saringan Agregat Halus

Pengujian analisa saringan agregat halus bertujuan untuk mengetahui kondisi material pasir berdasarkan gradasi yang sesuai dengan ketentuan. Pemeriksaaan gradasi ini dilakukan untuk mengetahui keberagaman dari butiran pasir sebagai material pembentuk beton. Ketentuan yang digunakan pada pemeriksaan ini berdasarkan SNI 1968-1990 dengan berat sampel pengujian sebesar 2000 gram pada keadaan kering oven. Pemeriksaan analisis saringan perlu menggunakan saringan dengan ketentuan lubang saringan yang harus berurutan. Urutan penggunaan lubang saringan dimulai dari lubang ayakan 4,75 mm (No. 4), 2,36 mm (No. 8), 1,18 mm (No. 16), 0,600 mm (No. 30), 0,300 mm (No. 50), 0,150 mm (No. 100), pan dan tutup saringan. Pengujian analisis saringan agregat halus diperlukan perhitungan dengan menggunakan persamaan 3.23 hingga persamaan 3.26 sebagai berikut.

$$\textit{\% BT} = \frac{BT}{\sum BT}\ x\ 100\% \quad (3.23)$$

$$\textit{\% BT Kumulatif} = \textit{\% BT sebelumnya + \% BT lubang ayakan} \quad (3.24)$$

$$\textit{\% Lolos Kumulatif} = \textit{100\% - \% BT Kumulatif} \quad (3.25)$$

$$\textit{MHB} = \frac{\sum \%BT\ Kumulatif}{100} \quad (3.26)$$

keterangan:

BT	: Berat tertinggal (gram)
%BT	: Persentase berat tertinggal (%)
∑ BT	: Jumlah kumulatif berat tertinggal (gram)
% BT Kumulatif	: Persentase berat tertinggal kumulatif (%)
% BT sebelumnya	: Persentase berat tertinggal lubang ayakan sebelumnya (%)
% BT lubang ayakan	: Persentase berat tertinggal lubang ayakan pada nomor saringan tertentu (%)
% Lolos Kumulatif	: Persentase lolos kumulatif
∑ %BT Kumulatif	: Jumlah kumulatif persentase berat tertinggal kumulatif (%)
MHB	: Modulus halus butir

3. Pemeriksaan Berat Volume Gembur dan Padat Agregat Halus

Pengujian berat volume gembur dan padat agregat halus dilakukan untuk mengetahui ketentuan klasifikasi agregat halus berdasarkan dari berat volume. Berat volume gembur dapat diartikan sebagai nilai berdasarkan massa agregat dibandingkan dengan volume pada kondisi gembur, sedangkan berat volume padat didefinisikan sebagai nilai berdasarkan massa agregat yang dibandingkan dengan volume pada kondisi padat. Pada pengujian ini dapat diketahui juga pengaruh pemadatan terhadap berat volume, sehingga pentingnya faktor pemadatan pada agregat dalam beton sangat diperlukan. Berdasarkan SNI 03-4804-1998 diperlukan perhitungan dengan menggunakan persamaan 3.27 hingga persamaan 3.29 sebagai berikut.

$$W_3 = W_2 - W_1 \quad (3.27)$$

$$V_{ol} = \frac{1}{4} \, x \, \pi \, x \, D^2 \, x \, T \quad (3.28)$$

$$BV = \frac{W3}{V} \quad (3.29)$$

keterangan:

W_1 : Berat silinder (gram)

W_2 : Berat silinder dan agregat (gram)

W_3 : Berat agregat (gram)

V_{ol} : Volume bekisting silinder (cm^3)

D : Diameter silinder (cm)

T : Tinggi silinder (cm)

BV : Berat volume (gram/cm^3)

4. Pemeriksaan Lolos Saringan Nomor 200 (Kadar Lumpur)

Pengujian lolos saringan nomor 200 yang sering disebut dengan pemeriksaan kadar lumpur pada agregat menggunakan saringan nomor 200. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui nilai kadar lumpur pada agregat. Nilai kadar lumpur yang ada pada pasir memiliki batas ketentuan yang disyaratkan oleh SNI 4142-1996. Berdasarkan ketentuan, sampel material yang digunakan sebesar 500 gram dengan kondisi kering oven. Pengujian lolos saringan nomor 200 diperlukan perhitungan dengan menggunakan persamaan 3.30 sebagai berikut.

$$\textit{Kadar lumpur dalam pasir} = \frac{W1-W2}{W1}\ x\ 100\% \qquad (3.30)$$

Keterangan

W_1 : Berat agregat kering oven (gram)

W_2 : Berat agregat kering oven setelah pengujian (gram)

3.10.2 Pengujian Agregat Kasar

1. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Pengujian berat jenis dan penyerapan air pada agregat kasar (kerikil) bertujuan agar dapat diketahui kondisi dan klasifikasi agregat serta untuk mengetahui nilai dari berat jenis curah, berat jenis kering permukaan jenuh (SSD), berat jenis semu dan persentase penyerapan air pada agregat kasar. Pengujian ini dilakukan berdasarkan ketentuan SNI 1969-1990 dengan menggunakan agregat dalam

keadaan kering permukaan (kondisi SSD). Selain itu, pengujian ini menggunakan material sebesar 5000 gram. Pada pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar diperlukan adanya perhitungan dengan menggunakan persamaan 3.31 hingga persamaan 3.34 sebagai berikut.

$$\textit{Berat jenis curah} = \frac{Bk}{(Bj-Ba)} \quad (3.31)$$

$$\textit{Berat jenis jenuh kering permukaan} = \frac{Bj}{(Bj-Ba)} \quad (3.32)$$

$$\textit{Berat jenis semu} = \frac{Bk}{(Bk-Ba)} \quad (3.33)$$

$$\textit{Persentase penyerapan air} = \frac{Bj-Bk}{Bk}\ x\ 100\% \quad (3.34)$$

keterangan:

Bk : Berat kerikil kering mutlak (gram)

Bj : Berat kerikil jenuh kering muka (gram)

Ba : Berat kerikil dalam air (gram)

2. Pemeriksaan Analisis Saringan Agregat Kasar

Pengujian analisa saringan agregat kasar bertujuan untuk mengetahui kondisi material kerikil berdasarkan gradasi yang sesuai dengan ketentuan. Pemeriksaaan gradasi ini dilakukan untuk mengetahui keberagaman dari butiran kerikil sebagai material pembentuk beton. Ketentuan yang digunakan pada pemeriksaan ini berdasarkan SNI 1968-1990 dengan berat sampel pengujian sebesar 5000 gram pada keadaan kering oven. Pemeriksaan analisis saringan perlu menggunakan saringan dengan ketentuan lubang saringan yang harus berurutan. Urutan penggunaan lubang saringan dimulai dari lubang ayakan 40 mm (1½”), 20 mm (¾”), 10 mm (3/8”), 4,8 mm (No. 4), 2,4 mm (No. 8), 1,2 mm (No. 16), 0,600 mm (No. 30), 0,300 mm (No. 50), 0,150 mm (No. 100), pan dan tutup saringan. Pengujian analisis saringan agregat halus diperlukan perhitungan dengan menggunakan persamaan 3.35 hingga persamaan 3.38 sebagai berikut.

$$\%\ BT = \frac{BT}{\sum BT} x\ 100\% \quad (3.35)$$

$$\%\ BT\ Kumulatif = \%\ BT\ sebelumnya + \%\ BT\ lubang\ ayakan \quad (3.36)$$

$$\%\ Lolos\ Kumulatif = 100\% - \%\ BT\ Kumulatif \quad (3.37)$$

$$MHB = \frac{\sum \%BT\ Kumulatif}{100} \quad (3.38)$$

keterangan:

BT	: Berat tertinggal (gram)
%BT	: Persentase berat tertinggal (%)
∑ BT	: Jumlah kumulatif berat tertinggal (gram)
% BT Kumulatif	: Persentase berat tertinggal kumulatif (%)
% BT sebelumnya	: Persentase berat tertinggal lubang ayakan sebelumnya (%)
% BT lubang ayakan	: Persentase berat tertinggal lubang ayakan pada nomor saringan tertentu (%)
% Lolos Kumulatif	: Persentase lolos kumulatif
∑ %BT Kumulatif	: Jumlah kumulatif persentase berat tertinggal kumulatif (%)
MHB	: Modulus halus butir

3. Pemeriksaan Berat Volume Gembur dan Padat Agregat Halus

Pengujian berat volume gembur dan padat agregat halus dilakukan untuk mengetahui ketentuan klasifikasi agregat kasar berdasarkan dari berat volume. Berat volume gembur dapat diartikan sebagai nilai berdasarkan massa agregat dibandingkan dengan volume pada kondisi gembur, sedangkan berat volume padat didefinisikan sebagai nilai berdasarkan massa agregat yang dibandingkan dengan volume pada kondisi padat. Pada pengujian ini dapat diketahui juga pengaruh pemadatan terhadap berat volume, sehingga pentingnya faktor pemadatan pada agregat dalam beton sangat diperlukan. Berdasarkan SNI 03-

4804-1998 diperlukan perhitungan dengan menggunakan persamaan 3.39 hingga persamaan 3.41 sebagai berikut.

$W_3 = W_2 - W_1$ (3.39)

$V_{ol} = \frac{1}{4} \, x \, \pi \, x \, D^2 \, x \, T$ (3.40)

$BV = \frac{W3}{V}$ (3.41)

keterangan:

W_1 : Berat silinder (gram)

W_2 : Berat silinder dan agregat (gram)

W_3 : Berat agregat (gram)

V_{ol} : Volume bekisting silinder (cm^3)

D : Diameter silinder (cm)

T : Tinggi silinder (cm)

BV : Berat volume (gram/cm^3)

BAB IV
METODE PENELITIAN

4.1 Umum

Metode penelitian yang akan dilakukan menggunakan metode eksperimental (percobaan) dengan pelaksanaan berada di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Penelitian dilakukan menggunakan abu sekam padi sebagai substitusi *fly ash* sebesar 8% dan melakukan berbagai variasi perawatan beton yang meliputi pemanasan pada suhu 80 °C selama 24 jam, didiamkan pada suhu ruang, direndam di dalam air dan dilapisi dengan karung goni basah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi perawatan beton geopolimer dan perawatan yang optimum terhadap kuat tekan dan modulus elastisitas beton, serta kuat tarik belah beton.

4.2 Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Variabel bebas, berupa variasi perawatan beton geopolimer.
2. Variabel terikat, berupa kuat tekan dan modulus elastisitas beton, serta kuat tarik belah beton.
3. Variabel kontrol, berupa dimensi benda uji silinder diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Selain itu juga kuat tekan rencana (fcr') dan juga kadar abu sekam padi sebagai substitusi *fly ash* sebesar 8% dari berat prekursor serta kadar alkali aktivator yang digunakan, selain itu nilai *slump* yang digunakan.

4.3 Bahan yang Digunakan

Bahan-bahan material yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Agregat kasar

   Agregat kasar yang digunakan berasal dari merapi, Daerah Istimewa Yogyakarta.

2. Agregat halus

   Agregat halus yang digunakan berasal dari Sungai Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta, dengan melakukan uji kandungan lumpur dan analisis saringan terlebih dahulu.

3. Air

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

4. Abu Sekam Padi

   Abu sekam padi yang digunakan merupakan produksi dari daerah Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta.

5. *Fly Ash*

   Fly ash yang digunakan berasal dari PLTU 2 Labuan, Provinsi Banten.

6. Alkali Aktivator

   Alkali aktivator yang digunakan adalah NaOH (natrium hidroksida) dan Na_2SiO_3 (natrium silikat).

4.4 Alat yang Digunakan

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

1. Seperangkat saringan agregat

   Seperangkat saringan agregat digunakan untuk mengetahui agregat agar sesuai dengan ukuran butirannya. Seperangkat saringan agregat ini digunakan sebagai analisis butiran pada agregat halus maupun agregat kasar, sehingga dapat diketahui gradasi campuran dari agregat tersebut.

2. Timbangan

   Timbangan digunakan untuk mengukur berat material yang akan digunakan sesuai dengan hasil perhitungan campuran beton pada *mix design.*

3. Piknometer

   Piknometer berfungsi sebagai alat untuk pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus.

4. Keranjang kawat

   Keranjang kawat digunakan sebagai wadah untuk melakukan pengujian berat jenis dan penyerapan air pada agregat kasar.

5. Corong

   Corong digunakan untuk memasukan agregat halus ke dalam piknometer.

6. Ember

   Ember digunakan sebagai tempat menampung air, untuk merendam agregat kasar pada saat pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar, selain itu juga digunakan sebagai wadah penampungan material yang telah disesuaikan dengan berat rencana.

7. *Pan*

   Pan digunakan sebagai tempat untuk menaruh hasil pengujian ketika akan dilakukan pemanasan atau pengeringan dengan menggunakan oven.

8. Oven

   Oven digunakan untuk memanaskan atau mengeringkan agregat halus dan agregat kasar. Oven digunakan pada pengujian berat jenis dan penyerapan air, selain itu juga digunakan sebagai pengujian kandungan lumpur pada agregat halus.

9. *Concrete Mixer*

   Concrete mixer digunakan sebagai alat pencampuran bahan material penyusun beton sesuai dengan kadar yang telah ditentukan dalam *mix design.*

10. Sekop

    Sekop digunakan untuk menuangkan beton segar ke dalam cetakan (*bekisting*) beton.

11. Kerucut *abrams*

    Kerucut *abrams* merupakan alat pengujian slump pada beton segar, yang berfungsi untuk mengetahui kelecakan (*workability*) dari beton segar.

12. Cetakan beton segar

    Cetakan beton segar atau yang sering disebut dengan *bekisting* merupakan tempat untuk membentuk beton sesuai dengan ukuran dan dimensi benda uji yang direncanakan. *Bekisting* beton yang digunakan memiliki dimensi berbentuk silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi silinder 30 cm, selain itu juga menggunakan bekisting beton dengan dimensi berbentuk balok dengan ukuran panjang, lebar dan tinggi berturut-turut 40 cm, 10 cm, 10 cm.

13. Mesin uji tekan

    Mesin uji tekan merupakan alat yang berfungsi untuk menguji hasil beton keras terhadap kuat tekan dan modulus elastisitas beton serta kuat tarik belah beton. Perbedaan dari kuat tekan beton dan kuat tarik belah beton berada pada perletakan pengujian nya. Sedangkan, pada pengujian modulus elastisitas merupakan pengujian yang dapat dilakukan bersamaan dengan pengujian kuat tekan beton. Mesin uji tekan ini melakukan pengujian dengan cara memberikan beban hingga benda uji hancur yang dapat diartikan sebagai beban maksimum.

14. Penggaris

    Penggaris merupakan alat tulis yang digunakan untuk membantu pengukuran panjang pada saat membuat titik perletakan pada pengujian kuat lentur beton.

15. Spidol

    Spidol merupakan alat tulis yang berfungsi untuk memberikan tanda pada pengukuran panjang pada saat membuat perletakan tumpuan dan perletakan beban pada pengujian kuat lentur beton. Selain itu, alat ini digunakan sebagai pemberi tanda berupa tulisan pada material properties yang akan dipanaskan dalam oven.

16. Kompresometer

    Kompresometer merupakan alat pengukur deformasi longitudinal dari benda uji, yang terdiri atas dua buah elemen lingkaran, batang pengunci, batang indikator dan alat ukur (*dial gauge*).

4.5 Benda Uji

Benda uji yang dibuat pada penelitian ini adalah beton geopolymer dengan penggunaan abu sekam padi sebagai substitusi *fly ash* dengan kadar 8% terhadap berat prekursor. Benda uji tersebut diuji pada umur beton 28 hari yang terdiri dari benda uji silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm untuk pengujian kuat tekan dan modulus elastisitas beton serta kuat tarik belah beton. Berdasarkan SNI 2847-2019, jumlah minimal benda uji sampel untuk pengujian kuat tekan beton adalah 5 buah benda uji. Sedangkan pada benda kuat tarik belah tidak ada persyaratan, sehingga digunakan jumlah 3 benda uji untuk mendapatkan nilai rata-rata pengujian tersebut. Adapun rincian benda uji yang digunakan pada penelitian ini, terdapat pada Tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1 Rincian Benda Uji Penelitian

Metode Perawatan	Kode Benda Uji	Pengujian	Jumlah Benda Uji (Sampel)
Dipanaskan suhu 80ºC	BG-TM-1	Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas Beton	5
	BG-TB-1	Kuat Tarik Belah Beton	3
Suhu ruangan	BG-TM-2	Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas Beton	5
	BG-TB-2	Kuat Tarik Belah Beton	3
Direndam Air	BG-TM-3	Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas Beton	5
	BG-TB-3	Kuat Tarik Belah Beton	3
Dilapisi Karung Goni	BG-TM-4	Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas Beton	5
	BG-TB-4	Kuat Tarik Belah Beton	3
		Jumlah Total Benda Uji (Sampel)	32

keterangan:

BG-TM-1	:Beton Geopolimer, Kuat Tekan Modulus Elastisitas, Variasi Perawatan Dipanaskan suhu 80ºC.
BG-TB -1	:Beton Geopolimer, Kuat Tarik Belah, Variasi Perawatan Dipanaskan suhu 80ºC.
BG-TM -2	:Beton Geopolimer, Kuat Tekan Modulus Elastisitas, Variasi Perawatan Suhu ruangan.
BG-TB-2	:Beton Geopolimer, Kuat Tarik Belah, Variasi Perawatan Suhu ruangan.
BG-TM -3	:Beton Geopolimer, Kuat Tekan Modulus Elastisitas, Variasi Perawatan Direndam Air.
BG-TB -3	:Beton Geopolimer, Kuat Tarik Belah, Variasi Perawatan Direndam Air.
BG-TM-4	:Beton Geopolimer, Kuat Tekan Modulus Elastisitas, Variasi Perawatan Dilapisi Karung Goni.
BG-TB-4	:Beton Geopolimer, Kuat Tarik Belah, Variasi Perawatan Dilapisi Karung Goni.

4.6 Pelaksanaan Penelitian

Penelitian dilakukan dalam beberapa langkah yang harus dilakukan. Langkah-langkah tersebut berupa persiapan, pengujian material agregat, perencanaan campuran beton, pembuatan benda uji, perawatan benda uji, pengujian benda uji, pengolahan data, analisis data, pembahasan dan kesimpulan.

4.6.1 Tahapan Persiapan

Tahapan persiapan berupa kegiatan untuk studi literatur, penyediaan dan penyiapan material dan peralatan yang akan dipakai pada saat penelitian.

4.6.2 Tahapan Pengujian Material Agregat

Pengujian agregat yang dilakukan meliputi pengujian agregat halus dan pengujian agregat kasar, yang berfungsi untuk mengetahui sifat dan karakteristik agregat yang akan digunakan pada campuran beton. Kondisi dari karakteristik dan sifat dari material tersebut akan digunakan sebagai parameter dalam perencanaan

campuran beton (*mix design*). Adapun pengujian agregat yang dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus dengan acuan SNI 1970-1990.
2. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar dengan acuan SNI 1969-1990.
3. Pengujian analisis saringan agregat halus menggunakan SNI 1968-1990.
4. Pengujian analisis saringan agregat kasar menggunakan SNI 1968-1990.
5. Pengujian berat volume gembur dan berat volume padat agregat halus menggunakan SNI 4804-1998.
6. Pengujian berat volume gembur dan berat volume padat agregat halus menggunakan SNI 4804-1998.
7. Pengujian uji kandungan lumpur lolos ayakan no. 200 dengan acuan SNI 4142-1996.

4.6.3 Tahapan Perencanaan Campuran Beton

Pada tahapan pembuatan campuran beton (*mix design*) ini, parameter yang digunakan berdasarkan hasil dari pengujian material campuran beton. Perencanaan campuran dilakukan berdasarkan (SNI 2834, 2000) yang detail perhitungannya dapat dilakukan pada bab selanjutnya. Adapun penggunaan campuran nya menggunakan abu sekam padi sebesar 8% sebagai substitusi *fly ash*.

4.6.4 Tahap Perencanaan Campuran Alkali Aktivator

Pada tahap perencanaan campuran ini Menggunakan metode basah. Natrium hidroksida (NaOH) yang berbentuk kristal dilarutkan dalam air pada kelarutan 10 molar, kemudian direaksikan dengan natrium silikat (Na_2SiO_3). Penggunaan perbandingan NaOH dsn Na_2SiO_3 berturut-turut sebesar 4 : 2 dari perbandingan berat air pada *mix design*.

4.6.5 Tahapan Pembuatan dan Perawatan Benda Uji

Tahapan ini merupakan lanjutan dari hasil campuran beton segar (*mix design*) yang dibuat pada *concrete mixer.* Selanjutnya campuran beton segar kemudian dilakukan pengujian *slump* untuk mendapatkan nilai yang telah direncanakan. Nilai slump yang didapatkan bertujuan untuk mengetahui kelecakan (*workability*) beton.

Setelah dilakukan pengujian *slump*, selanjutnya dilakukan penuangan beton segar ke dalam cetakan (*bekisting*). Cetakan (*bekisting*) perlu diolesi oli dan diberi lapisan plastik mika supaya campuran beton segar tidak menempel. Setelah beton mengalami *setting time* atau mengeras, kemudian cetakan (*bekisting*) beton dilepas dan dilakukan perawatan beton. Pada penelitian ini, variasi yang digunakan adalah perawatan beton geopolimer. Menurut (Ekaputri, Junaedi and Wijaya, 2017) perawatan beton dengan suhu 80° celsius dapat meningkatkan kuat tekan beton yang terjadi, sehingga metode perawatan yang dilakukan menggunakan suhu 80° celsius selama 24 jam. Selain itu perawatan dilakukan pada suhu ruang dalam ruangan tertutup, dilapisi dengan karung goni basah, dan direndam pada air. Setelah dilakukan perawatan beton, selanjutnya pengujian dilakukan pada umur 28 hari.

4.6.6 Tahapan Pengujian Benda Uji

Tahapan pengujian benda uji yang telah mencapai umur rencana dilakukan pengujian kuat tekan dan modulus elastisitas beton, kuat tarik belah beton, kuat lentur beton dengan pelaksanaan pengujian sebagai berikut.

1. Pengujian Kuat Tekan Beton

   Pengujian kuat tekan beton memakai benda uji dengan bentuk silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Berdasarkan (SNI 1974, 2011) pengujian kuat tekan beton dilakukan dengan langkah-langkah berikut.

   a. Mengambil benda uji yang akan dilakukan pengujian setelah dilakukan perawatan beton. Sebelum melakukan pengujian, bersihkan terlebih dahulu kotoran dan mengukur dimensi benda uji.
   b. Menimbang berat benda uji.
   c. Melapisi (*couting*) permukaan atas dan bawah benda uji dengan mortar belerang (langkah ini bersifat opsional, jika permukaan atas dan bawah beton tidak rata).
   d. Meletakkan benda uji pada mesin tekan secara sentris dan memastikan mesin dalam kondisi terkalibrasi sebelum dilakukan pengujian.
   e. Menjalankan mesin tekan dengan penambahan beban yang konstan, sekitar 0,20 MPa/detik sampai dengan 0,40 MPa/detik.

f. Melakukan pembebanan sampai benda uji hancur, dan mencatat beban maksimum yang terjadi selama pemeriksaan benda uji.

2. Modulus elastisitas beton

   Pengujian modulus elastisitas beton dilakukan bersamaan dengan pengujian kuat tekan beton. Pengujian ini memakai benda uji dengan bentuk silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Berdasarkan (SNI 4169, 1996) pengujian modulus elastisitas beton dilakukan dengan langkah-langkah berikut.

   a. Mengukur diameter benda uji, kemudian mengambil nilai rata-ratanya dan mengukur tinggi benda uji.
   b. Menimbang berat benda uji.
   c. Memasang alat kompresometer - ekstensiometer pada benda uji dengan benar dan kokoh, kemudian alat pengukur deformasi (*dial gauge*) dipasang pada posisi yang tepat.
   d. Meletakkan benda uji yang telah diberi alat ukur deformasi pada mesin uji tekan.
   e. Menyalakan mesin uji tekan dan memberikan pembebanan secara teratur dengan kecepatan pembebanan antara 207 kips/detik sampai dengan 275 kips/detik hingga benda uji mengalami hancur atau sampai mesin uji tidak memberikan beban lagi.
   f. Melakukan pembacaan beban setiap kenaikan 10 kN dan mencatat nilai tegangan atau deformasi yang terjadi ketika mengalami peningkatan setiap 10 kN.

3. Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

   Pengujian kuat tarik belah beton memakai benda uji dengan bentuk silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Berdasarkan (SNI 2491, 2002) pengujian kuat tarik belah beton dilakukan dengan langkah-langkah berikut.

   a. Mengukur dimensi dan menimbang benda uji.
   b. Memasukkan benda uji ke dalam mesin uji tekan, benda uji diletakkan secara horizontal pada mesin uji tekan.

c. Menjalankan mesin uji dengan pembebanan konstan dan pada mengukur waktu menggunakan *stopwatch* pada saat angka pada layar mesin mulai bergerak.
d. Mencatat berat maksimum serta waktu pengujian yang dilakukan.

4.6.7 Tahapan Pengolahan Data

Pada tahapan ini, data yang telah didapatkan dari data hasil pengujian, diolah berdasarkan dasar teori yang telah digunakan untuk mendapatkan hasil parameter yang memiliki kandungan.

4.6.8 Tahapan Analisis Data

Pada tahapan ini, hasil dari tahapan pengolahan data kemudian dibandingkan dengan variabel tertentu untuk mengetahui makna dari perbedaan nilai yang terjadi.

4.6.9 Pembahasan

Pada tahapan ini, pembahasan dilakukan dengan penafsiran dari hasil analisis data yang telah dilakukan yang meliputi perbedaan suatu parameter hasil nilai yang ditemukan pada tahapan analisis data.

4.6.10 Kesimpulan dan saran

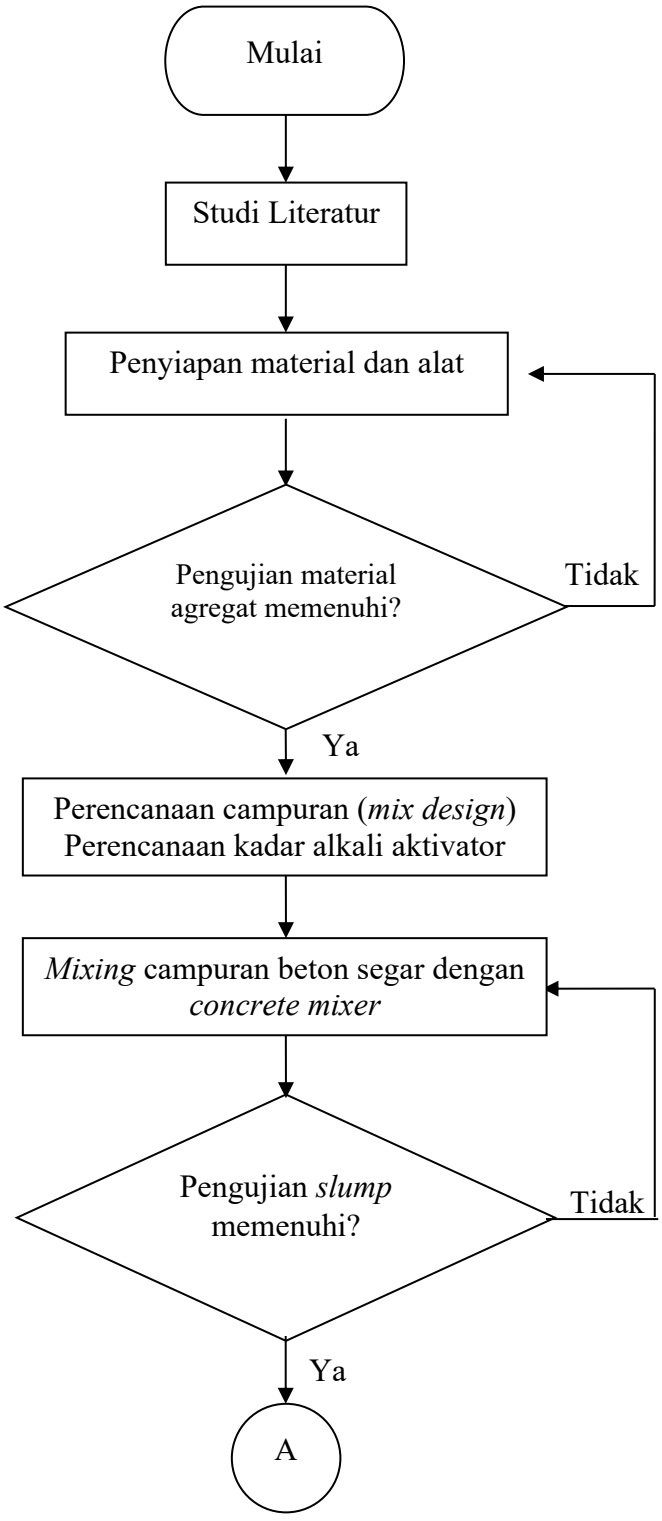
Pada tahapan ini, hasil pembahasan yang telah dibuat kemudian dibuat kesimpulan yang disesuaikan dengan tujuan penelitian yang telah dibuat. Adapun pada tahapan ini juga memberikan saran untuk penelitian-penelitian selanjutnya berdasarkan hasil kesimpulan yang telah didapatkan.

4.6.11 Diagram Alir Penelitian

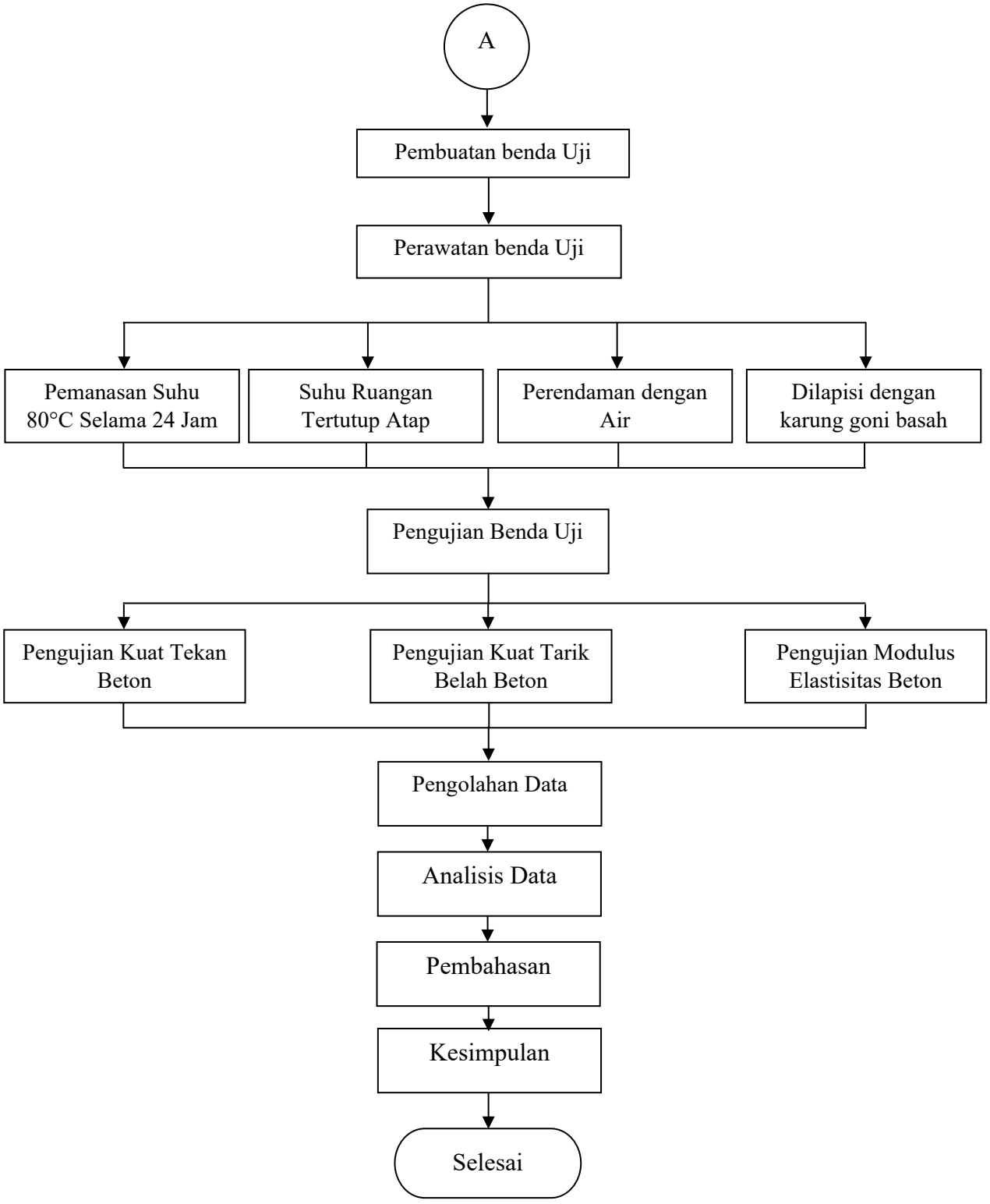
Adapun diagram alir penelitian yang akan dilakukan dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut.

4.6.12 Waktu Penelitian

Adapun waktu penelitian yang akan dilakukan dapat dilihat pada Gambar 4.2 berikut.



Gambar 4.1 Diagram Alir Penelitian



Lanjutan Gambar 4.1 Diagram Alir Penelitian

BAB V
HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Pengujian Material

Pengujian material agregat digunakan untuk memeriksa dan menguji kandungan karakteristik agregat yang digunakan sebagai bahan penyusun beton. Material agregat memiliki ketentuan yang harus dilakukan sebelum membuat rencana campuran beton (*mix design*). Pengujian material agregat pada beton dapat dibagi menjadi dua jenis, yaitu agregat halus (pasir) dan agregat kasar (kerikil).

5.1.1 Hasil Pemeriksaan pada Agregat Halus

Bahan penyusun beton yang digunakan sebagai agregat halus berasal dari pasir sungai progo. Pengujian yang dilakukan pada pasir berupa pengujian berat jenis dan penyerapan air, pengujian analisis saringan agregat, pengujian berat volume gembur dan padat, serta pengujian kadar lumpur pada pasir. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, didapatkan hasil sebagai berikut.

1. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus.

   Hasil pengujian yang dilakukan pada pengujian berat jenis dan penyerapan air yang telah dilakukan, diperoleh analisis perhitungan menggunakan persamaan 3.19 hingga persamaan 3.22 sebagai berikut.

   a. Berat Jenis Curah

   $$\textit{Berat jenis curah} = \frac{487}{(859+500-1161)}$$
   $$= 2{,}46 \text{ gram}$$

   b. Berat Jenis Jenuh Kering Permukaan

   $$\textit{Berat jenis jenuh kering permukaan} = \frac{500}{(859+500-1161)}$$
   $$= 2{,}53 \text{ gram}$$

   c. Berat Jenis Semu

   $$\textit{Berat jenis semu} = \frac{487}{859+487-1161}$$
   $$= 2{,}63 \text{ gram}$$

d. Persentase Penyerapan Air

$$\textit{Persentase penyerapan air} = \frac{500-487}{487}\ x\ 100\%$$
$$= 2{,}67\%$$

Berbagai analisis pengujian berat jenis dan penyerapan air pada agregat telah dilakukan, dengan cara yang sama didapatkan nilai berat jenis dan penyerapan air pada sampel 2, sehingga diperoleh nilai rata-rata dari kedua sampel tersebut. Berikut merupakan rekapitulasi hasil pengujian yang terdapat pada Tabel 5.1 pengujian berat jenis dan penyerapan air.

Tabel 5.1 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Uraian	**Hasil Pengamatan**		
	Sampel 1	**Sampel 2**	**Rata-rata**
Berat pasir kering mutlak, gram (Bk)	487	486	486,50
Berat pasir kondisi jenuh kering muka (SSD), gram	500	500	500
Berat piknometer berisi pasir dan air, gram (Bt)	1161	1020	1090,50
Berat piknometer berisi air, gram (B)	859	718	788,50
Berat jenis curah $\frac{Bk}{B+500-Bt}$	2,46	2,45	2,46
Berat jenis kering muka $\frac{500}{B+500-Bt}$	2,53	2,53	2,53
Berat jenis semu $\frac{Bk}{B+Bk-Bt}$	2,63	2,64	2,64
Penyerapan air, $\frac{500-Bk}{Bk}\ x\ 100\%$	2,67	2,88	2,78

Berdasarkan analisis perhitungan diperoleh hasil nilai berat jenis SSD rata -rata sebesar 2,53 gram. Hasil analisis tersebut masih masuk dalam kategori yang disyaratkan. Berat jenis pasir ummumnya memiliki nilai diantara 2,5 hingga 2,7 (Tjokrodimuljo, 2015). Selain itu pada penelitian (Wibowo, 2015) nilai berat jenis yang digunakan untuk pada pasir sebagai bahan penyusun beton

geopolimer menggunakan *fly ash* sebesar 2,78. Berdasarkan hal tersebut, pengujian pada berat jenis agregat halus dapat dikatakan layak sebagai bahan penyusun beton geopolimer.

2. Pemeriksaan Analisis Saringan Agregat Halus

   Hasil pengujian yang dilakukan pada pengujian analisis saringan agregat halus yang telah dilakukan, diperoleh perhitungan menggunakan persamaan 3.23 hingga persamaan 3.26 sebagai berikut.

   a. Persentase Berat Tertinggal

      Lubang ayakan No. 4 (4,8 mm) $= \frac{3}{1998} x\ 100\%$

      $= 0{,}15\ \%$

      Lubang ayakan No. 8 (2,4 mm) $= \frac{218}{1998} x\ 100\%$

      $= 10{,}91\ \%$

      Lubang ayakan No. 16 (1,2 mm) $= \frac{385}{1998} x\ 100\%$

      $= 19{,}27\ \%$

      Lubang ayakan No. 30 (0,6 mm) $= \frac{597}{1998} x\ 100\%$

      $= 29{,}88\ \%$

      Lubang ayakan No. 50 (0,3 mm) $= \frac{497}{1998} x\ 100\%$

      $= 24{,}87\ \%$

      Lubang ayakan No. 100 (0,15 mm) $= \frac{237}{1998} x\ 100\%$

      $= 11{,}86\ \%$

      Pan (sisa) $= \frac{61}{1998} x\ 100\%$

      $= 3{,}05\ \%$

   b. Persentase Berat Tertinggal Kumulatif

      Lubang ayakan No. 4 (4,8 mm) = 0,15 %

      Lubang ayakan No. 8 (2,4 mm) = 0,15 % + 10,91 %

      = 11,06 %

      Lubang ayakan No. 16 (1,2 mm) = 11,06 % + 19,27 %

      = 30,33 %

      Lubang ayakan No. 30 (0,6 mm) = 30,33 % + 29,88 %

= 60,21 %

Lubang ayakan No. 50 (0,3 mm) = 60,21 % + 24,87 %

= 85,09 %

Lubang ayakan No. 100 (0,15 mm) = 85,09 % + 11,86 %

= 96,95 %

Pan (sisa) = 96,95 % + 3,05 %

= 100 %

c. Persentase Lolos Kumulatif

Lubang ayakan No. 4 (4,8 mm) = 100 % - 0%

= 99,85 %

Lubang ayakan No. 8 (2,4 mm) = 100 % - 11,06 %

= 88,94 %

Lubang ayakan No. 16 (1,2 mm) = 100 % - 30,33 %

= 69,67 %

Lubang ayakan No. 30 (0,6 mm) = 100 % - 60,21 %

= 39,79 %

Lubang ayakan No. 50 (0,3 mm) = 100 % - 85,09 %

= 14,91%

Lubang ayakan No. 100 (0,15 mm) = 100 % - 96,95%

= 3,05 %

Pan (sisa) = 100 % - 100 %

= 0 %

Berbagai analisis pengujian analisis saringan agregat halus telah dilakukan, dengan cara yang sama dapat dilakukan pada sampel 2, sehingga diperoleh perbandingan antara kedua sampel tersebut. Berikut merupakan rekapitulasi hasil pengujian yang terdapat pada Tabel 5.2 hingga Tabel 5.4 mengenai pengujian analisis saringan.

Tabel 5.2 Hasil Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus Sampel 1

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persentase Lolos Kumulatif (%)
40				
20				
10				
4,80	3	0,15	0,15	99,85
2,40	218	10,91	11,06	88,94
1,20	385	19,27	30,33	69,67
0,60	597	29,88	60,21	39,79
0,30	497	24,87	85,09	14,91
0,15	237	11,86	96,95	3,05
Pan	61	3,05		
Jumlah	1998	100	283,78	

Tabel 5.3 Hasil Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus Sampel 2

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persentase Lolos Kumulatif (%)
40				
20				
10				
4,80	0	0,00	0,00	100,00
2,40	157	7,85	7,85	92,15
1,20	343	17,16	25,01	74,99
0,60	649	32,47	57,48	42,52
0,30	550	27,51	84,99	15,01

Lanjutan Tabel 5.3 Hasil Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus Sampel 2

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persentase Lolos Kumulatif (%)
0,15	238	11,91	96,90	3,10
Pan	62	3,10		
Julah	1999	100	272,24	

Tabel 5.4 Hasil Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus Rerata

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persentase Lolos Kumulatif (%)
40				
20				
10				
4,80	1,50	0,08	0,08	99,92
2,40	187,50	9,38	9,46	90,54
1,20	364,00	18,22	27,68	72,32
0,60	623,00	31,18	58,86	41,14
0,30	523,50	26,20	85,06	14,94
0,15	237,50	11,89	96,95	3,05
Pan	61,50	3,08		
Jumlah	1999	100	278,08	

d. Modulus Halus Butir (MHB)

MHB Sampel 1 $= \frac{283,78}{100}$

$= 2,83$

MHB Sampel 2 $= \frac{272,24}{100}$

$= 2,72$

MHB Rata-rata $= \frac{2,83+2,72}{2}$

$= 2,78$

Tabel 5.5 Nilai Modulus Halus Butir Agregat Halus

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Modulus Halus Butir (MHB)	2,83	2,72	2,78

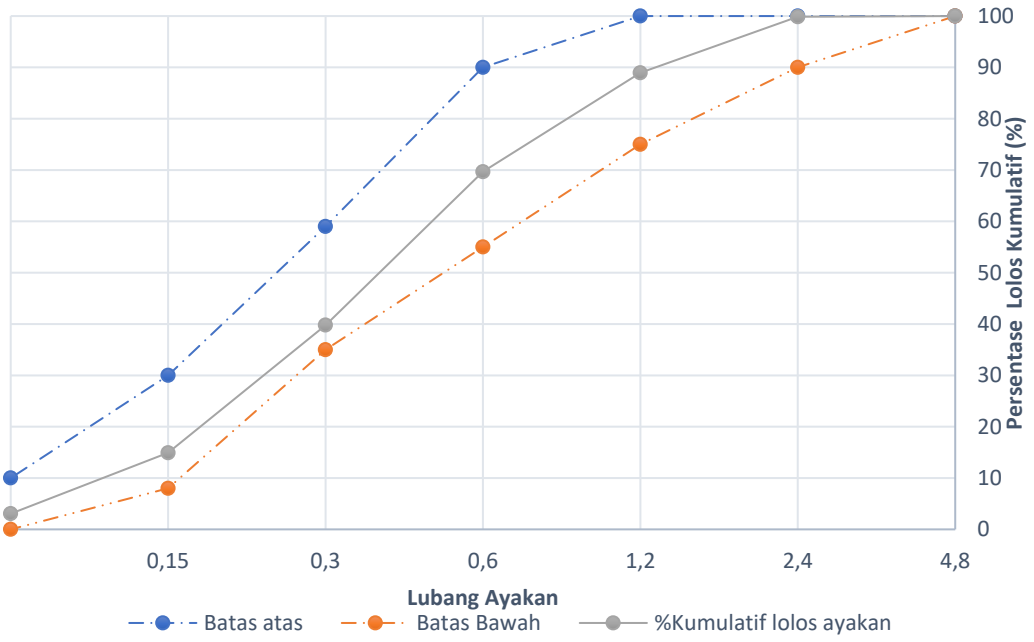
Berdasarkan SK SNI S-04-1989-F, nilai modulus halus butir pada agregat halus yang disyaratkan sebesar 1,5 - 3,8. Analisis perhitungan modulus halus butir yang telah dilakukan memiliki nilai rata-rata sebesar 2,78 sehingga nilai tersebut masih sesuai dengan ketentuan yang disyaratkan. Penelitian (Akbar, 2022) dengan mutu beton rencana 25 MPa menghasilkan nilai modulus halus butir pada agregat halus sebesar 2,53. Berdasarkan penelitian tersebut maka hasil pengujian memiliki selisih yang cukup kecil, sehingga pengujian sesuai dengan kriteria yang telah ditentukan. Analisis saringan dilakukan untuk menentukan gradasi agregat berdasarkan daerah gradasi agregat halus yang disyaratkann sesuai dengan Tabel 5.6 yang dilanjutkan dengan membuat grafik rata-rata kedua sampel berdasarkan nilai persentase lolos kumulatif dengan lubang ayakan.

Tabel 5.6 Gradasi Agregat Halus

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

Sumber: SNI 2834-2000

Data hasil pengujian analisis saringan menunjukkkan bahwa agregat halus yang digunakan masuk dalam kategori gradasi daerah II yang dapat dilihat pada Gambar 5.1 untuk hasil rata-rata dari kedua sampel pengujian tersebut.



Gambar 5.1 Kurva Gradasi Agregat Halus Daerah II Sampel Rata-rata

3. Pemeriksaan Berat Volume Agregat Halus

Hasil pengujian yang dilakukan pada pengujian berat volume agregat halus yang telah dilakukan, diperoleh analisis perhitungan menggunakan persamaan 3.27 hingga persamaan 3.29 sebagai berikut

a. Berat Volume Gembur

W_3 = 18276 – 11345

= 6931 gram

V_{ol} $= \frac{1}{4}\ x\ \pi\ x\ 15^2\ x\ 30$

$= 5301{,}04\ \text{cm}^3$

BV $= \frac{6931}{5301{,}04}$

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

b. Berat Volume Padat

W3 = 19512 - 11345

= 8167 gram

V_{ol} $= \frac{1}{4}\ x\ \pi\ x\ 15^2\ x\ 30$

$= 5301{,}04\ \text{cm}^3$

BV $= \frac{W3}{V}$

$= \frac{8167}{5301{,}04}$

$= 1{,}5\ \text{gram/cm}^3$

Berbagai analisis pengujian berat volume gembur dan padat pada agregat telah dilakukan, dengan cara yang sama didapatkan nilai berat volume gembur dan padat pada sampel 2, sehingga diperoleh nilai rata-rata dari masing masing pengujian pada kedua sampel tersebut. Berikut merupakan rekapitulasi hasil pengujian yang terdapat pada Tabel 5.7 dan Tabel 5.8 pengujian berat volume gembur dan berat volume padat berturut-turut.

Tabel 5.7 Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Agregat Halus

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Diameter bekisting silinder (D), cm	15,00	15,09	15
Tinggi bekisting silinder (T), cm	30,00	30,29	30
Berat bekisting silinder (W1), gram	11345	10479	10912
Berat bekisting silinder dan agregat SSD (W2), gram	18276	17593	17934,50
Berat agregat (W3), gram	6931	7114	7022,50
Volume bekisting silinder (V), cm^3	5301,44	5420,10	5360,77
Berat volume gembur $\frac{W3}{V}$, gram/cm^3	1,3	1,3	1,3

Tabel 5.8 Hasil Pengujian Berat Volume Padat Agregat Halus

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Diameter bekisting silinder (D), cm	15,00	15,09	15,05
Tinggi bekisting silinder (T), cm	30,00	30,29	30,15
Berat bekisting silinder (W1), gram	11345	10479	10912
Berat bekisting silinder dan agregat SSD (W2), gram	19587	19004	19295,50
Berat agregat (W3), gram	8242	8525	8383,50
Volume bekisting silinder (V), cm^3	5301,44	5420,10	5360,77
Berat volume padat $\frac{W3}{V}$, gram/cm^3	1,6	1,6	1,6

Berbagai analisis perhitungan dari pengujian berat volume gembur dan berat volume padat telah dilakukan. Berat volume gembur rata-rata yang diperoleh sebesar 1,3 gram/cm^3. Sedangkan, pada pengujian berat volume padat rata-rata

diperoleh sebesar 1,4 gram/cm^3. Perbandingan antara berat volume gembur dan berat volume padat memiliki perbedaan yang kecil. Perbedaan nilai terjadi karena pada pengujian berat volume padat dilakukan pemadatan setiap $^1/_3$ bagian silinder, sedangkan pada pengujian berat volume gembur tidak dilakukan pemadatan. Pemadatan pada berat volume padat tersebut dilakukan untuk mengurangi celah udara yang terdapat pada agregat.

4. Pengujian Kadar Lumpur (Lolos Saringan No.200) Agregat Halus

   Hasil pengujian yang dilakukan pada pengujian kadar lumpur (lolos saringan nomor 200) yang telah dilakukan, diperoleh analisis perhitungan menggunakan persamaan 3.30 sebagai berikut.

   Kadar lumpur dalam pasir $= \frac{500-491}{500}\ x\ 100\%$

   $= 1{,}8\%$

   Berbagai analisis perhitungan dari pengujian kadar lumpur telah dilakukan. Dengan cara perhitungan yang sama dapat dilakukan perhitungan pada sampel 2 sehingga diperoleh nilai rata-rata dari kedua sampel tersebut yang terdapat pada Tabel 5.8 berikut.

Tabel 5.9 Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat agregat kering oven (W1), gram	500	500	500
Berat agregat kering oven setelah dicuci (W2), gram	491	489	490
Persentase yang lolos ayakan No. 200 $\frac{W1-W2}{W1}\ x\ 100\%$, (%)	1,8	2,2	2,0

Berdasarkan Tabel 5.9 mengenai hasil pengujian kadar lumpur pada agregat halus, diperoleh nilai kadar lumpur rata-rata dari kedua pengujian sampel

sebesar 2 %. Hasil pengujian tersebut telah sesuai dengan SK – SNI – S – 04 – 1989 – F tentang spesifikasi bahan bangunan bagian A dengan agregat halus memiliki kadar lumpur yang lebih kecil dari 70 mikro (0,075 mm) dengan maksimum sebesar 5%. Nilai hasil pengujian rata-rata yang telah dilakukan masih masuk dalam persyaratan standar ketentuan, sehingga pasir dapat digunakan langsung tanpa dilakukan proses pembersihan dari lumpur.

5.1.2 Hasil Pemeriksaan pada Agregat Kasar

Bahan penyusun beton yang digunakan sebagai agregat kasar berasal dari split (kerikil) Clereng, Merapi. Pengujian kerikil yang dilakukan berupa pengujian berat jenis dan penyerapan air, pengujian analisis saringan agregat, serta pengujian berat volume gembur dan padat. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, didapatkan hasil sebagai berikut.

1. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar.

   Hasil pengujian yang dilakukan pada pengujian berat jenis dan penyerapan air yang telah dilakukan, diperoleh analisis perhitungan menggunakan persamaan 3.31 hingga persamaan 3.34 sebagai berikut

   a. Berat Jenis Curah

      Berat jenis curah $= \frac{4896}{(5000-3045)}$

      $= 2{,}50$ gram

   b. Berat Jenis Jenuh Kering Permukaan

      Berat jenis jenuh kering permukaan $= \frac{5000}{(5000-3045)}$

      $= 2{,}56$ gram

   c. Berat Jenis Semu

      Berat jenis semu $= \frac{4896}{4896-3045}$

      $= 2{,}65$ gram

   d. Persentase Penyerapan Air

      Persentase penyerapan air

      $= \frac{5000-4896}{4896} \; x \; 100\%$

      $= 2{,}12$ %

Berbagai analisis pengujian berat jenis dan penyerapan air pada agregat telah dilakukan, dengan cara yang sama didapatkan nilai berat jenis dan penyerapan air pada sampel 2, sehingga diperoleh nilai rata-rata dari kedua sampel tersebut. Berikut merupakan rekapitulasi hasil pengujian yang terdapat pada Tabel 5.10 pengujian berat jenis dan penyerapan air.

Tabel 5.10 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat kerikil kering mutlak, gram (Bk)	4896	4895	4895,50
Berat kerikil kondisi jenuh kering muka (SSD), gram (Bj)	5000	5000	5000
Berat kerikil dalam air, gram (Ba)	3045	3046	3045,50
Berat jenis curah $\frac{Bk}{Bj+Ba}$	2,50	2,51	2,50
Berat jenis kering muka $\frac{Bj}{Bj-Ba}$	2,56	2,56	2,56
Berat jenis semu $\frac{Bk}{Bk-Ba}$	2,65	2,65	2,65
Penyerapan air, $\frac{Bj-Bk}{Bk}\ x\ 100\%$	2,12	2,15	2,13

Berdasarkan tabel 5.9 diperoleh hasil nilai berat jenis kering permukaan (SSD) rata -rata sebesar 2,56 gram. Hasil analisis tersebut masih masuk dalam kategori yang disyaratkan. Berat jenis kerikil umumnya memiliki nilai diantara 2,5 hingga 2,7 (Tjokrodimuljo, 2015) Selain itu pada penelitian (Wibowo, 2015) nilai berat jenis yang digunakan untuk pada kerikil sebagai bahan penyusun beton geopolimer menggunakan *fly ash* sebesar 2,678. Berdasarkan hal tersebut, pengujian pada berat jenis agregat kasar masih memenuhi standar ketentuan yang telah ditetapakn dan dapat dikatakan layak sebagai bahan penyusun beton geopolimer.

2. Pengujian Analisis Saringan Agregat Kasar

   Hasil pengujian yang dilakukan pada pengujian analisis saringan agregat kasar yang telah dilakukan, diperoleh analisis perhitungan menggunakan persamaan 3.35 hingga persamaan 3.38 sebagai berikut.

   a. Persentase Berat Tertinggal

   Lubang ayakan 1½" (40 mm) $= \frac{0}{5000} x\ 100\%$

   $= 0\ \%$

   Lubang ayakan ¾" (20 mm) $= \frac{42}{5000} x\ 100\%$

   $= 0{,}84\ \%$

   Lubang ayakan ⅜" (10 mm) $= \frac{3704}{5000} x\ 100\%$

   $= 74{,}08\ \%$

   Lubang ayakan No. 4 (4,8 mm) $= \frac{1204}{5000} x\ 100\%$

   $= 24{,}08\ \%$

   Lubang ayakan No. 8 (2,4 mm) $= \frac{0}{5000} x\ 100\%$

   $= 0\ \%$

   Lubang ayakan No. 16 (1,2 mm) $= \frac{0}{5000} x\ 100\%$

   $= 0\ \%$

   Pan (sisa) $= \frac{50}{5000} x\ 100\%$

   $= 1{,}00\ \%$

   b. Persentase Berat Tertinggal Kumulatif

   Lubang ayakan 1½" (40 mm) = 0 %

   Lubang ayakan ¾" (20 mm) = 0 % + 0,84 %

   = 0,84 %

   Lubang ayakan ⅜" (10 mm) = 0,84 % + 74,08 %

   = 74,92 %

   Lubang ayakan No. 4 (4,8 mm) = 74,92 % + 24,08 %

   = 99,00 %

   Lubang ayakan No. 8 (2,4 mm) = 99,00 % + 0 %

   = 99,00 %

Lubang ayakan No. 16 (1,2 mm) = 99,00 % + 0 %
= 99,00 %
Pan (sisa) = 99,00 % + 1,00 %
= 100%

c. Persentase Lolos Kumulatif
Lubang ayakan $1^1/_2$" (40 mm) = 100% - 0 %
= 100%
Lubang ayakan $^3/_4$" (20 mm) = 100% - 0,84%
= 99,16 %
Lubang ayakan $^3/_8$" (10 mm) = 100 % - 74,92 %
= 25,08 %
Lubang ayakan No. 4 (4,8 mm) = 100% - 99 %
= 1%
Lubang ayakan No. 8 (2,4 mm) = 100% - 99 %
= 1%
Lubang ayakan No. 16 (1,2 mm) = 100% - 99 %
Pan (sisa) = 100% - 100 %
= 0%

Berbagai analisis pengujian analisis saringan agregat kasar telah dilakukan, dengan cara yang sama dapat dilakukan pada sampel 2, sehingga diperoleh perbandingan antara kedua sampel tersebut. Berikut merupakan rekapitulasi hasil pengujian yang terdapat pada Tabel 5.10 dan Tabel 5.11 pengujian analisis saringan.

Tabel 5.11 Hasil Pengujian Analisis Saringan Agregat Kasar Sampel 1

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persentase Lolos Kumulatif (%)
40	0	0,00	0,00	100
20	42	0,84	0,84	99,16

Lanjutan Tabel 5.11 Hasil Pengujian Analisis Saringan Agregat Kasar Sampel 1

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persentase Lolos Kumulatif (%)
10	3704	74,08	74,92	25,08
4,80	1204	24,08	99,00	1,00
2,40	0	0,00	99,00	1,00
1,20	0	0,00	99,00	1,00
0,60	0	0,00	99,00	1,00
0,30	0	0,00	99,00	1,00
0,15	0	0,00	99,00	1,00
Pan	50	1,00	....	0,00
Jumlah	5000	100	669,76	

Tabel 5.12 Hasil Pengujian Analisis Saringan Agregat Kasar Sampel 2

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persentase Lolos Kumulatif (%)
40	0	0,00	0,00	100,00
20	44	0,88	0,88	99,12
10	3705	74,10	74,98	25,02
4,80	1100	22,00	96,98	3,02
2,40	53	1,06	98,04	1,96
1,20	16	0,32	98,36	1,64
0,60	0	0,00	98,36	1,64

Lanjutan Tabel 5.12 Hasil Pengujian Analisis Saringan Agregat Kasar Sampel 2

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persentase Lolos Kumulatif (%)
0,30	0	0,00	98,36	1,64
0,15	0	0,00	98,36	1,64
Pan	82	1,64	....	0,00
Jumlah	5000	100	664,32	

Tabel 5. 13 Hasil Pengujian Analisis Saringan Agregat Kasar Rerata

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persentase Lolos Kumulatif (%)
40	0	0,00	0,00	100,00
20	43	0,86	0,86	99,14
10	3705	74,09	74,95	25,05
4,80	1152	23,04	97,99	2,01
2,40	27	0,53	98,52	1,48
1,20	8	0,16	98,68	1,32
0,60	0	0,00	98,68	1,32
0,30	0	0,00	98,68	1,32
0,15	0	0,00	98,68	1,32
Pan	66	1,32		
Jumlah	5000	100,00	667,04	

d. Modulus Halus Butir (MHB)

MHB Sampel 1 $= \frac{669,76}{100}$

$= 6,69$

MHB Sampel 2 $= \frac{664,32}{100}$

$= 6,64$

MHB Rata-rata $= \frac{6,69+6,64}{2}$

$= 6,67$

Tabel 5.14 Nilai Modulus Halus Butir Agregat Kasar

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Modulus Halus Butir (MHB)	6,69	6,64	6,67

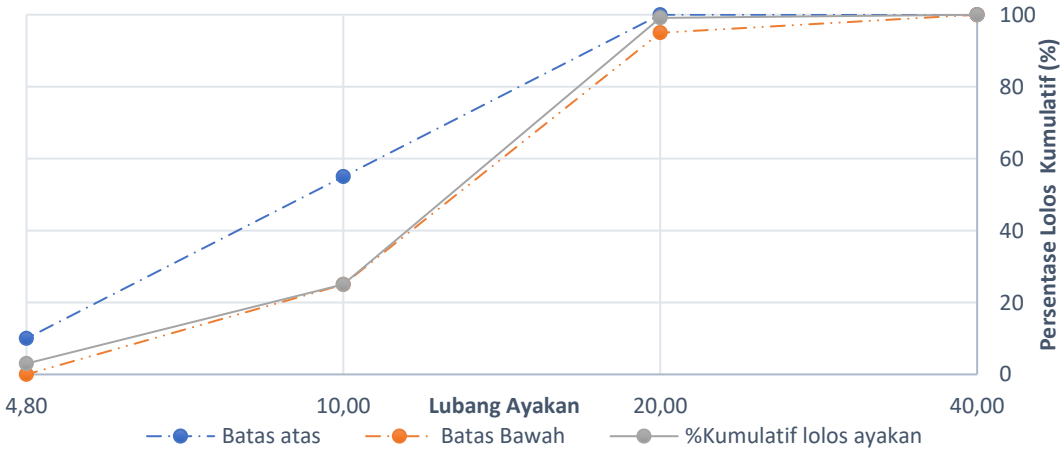
Berdasarkan SK SNI S-04-1989-F, nilai modulus halus butir pada agregat kasar yang disyaratkan sebesar 5 - 8. Analisis perhitungan modulus halus butir yang telah dilakukan memiliki nilai rata-rata sebesar 2,78 sehingga nilai tersebut masih sesuai dengan ketentuan yang disyaratkan. Penelitian (Akbar, 2022) dengan mutu beton rencana 25 MPa menghasilkan nilai modulus halus butir pada agregat kasar sebesar 6,69. Berdasarkan penelitian tersebut maka hasil pengujian memiliki selisih yang cukup kecil, sehingga pengujian sesuai dengan kriteria yang telah ditentukan. Analisis saringan dilakukan untuk menentukan gradasi agregat berdasarkan daerah gradasi agregat kasar yang disyaratkan sesuai dengan Tabel 5.15 yang dilanjutkan dengan membuat grafik rata-rata dari kedua sampel berdasarkan nilai persentase lolos kumulatif dengan lubang ayakan.

Tabel 5.15 Gradasi Agregat Kasar

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

(Sumber: SNI 2834-2000)

Data hasil pengujian analisis saringan menunjukkkan bahwa agregat kasar yang digunakan masuk dalam kategori butiran maksimum sebesar 20 mm yang dapat dilihat pada Gambar 5.2 untuk grafik gradasi rata-rata dari kedua sampel tersebut.



Gambar 5.2 Grafik Gradasi Ukuran Butir Maksimal 20 mm Sampel Rerata

3. Pengujian Berat Volume Agregat Kasar

Hasil pengujian yang dilakukan pada pengujian berat volume agregat kasar yang telah dilakukan, diperoleh analisis perhitungan menggunakan persamaan 3.39 hingga persamaan 3.41 sebagai berikut.

a. Berat Volume Gembur

W3 = W2-W1

= 18518 - 11345

= 7173 gram

V_{ol} $= \frac{1}{4}\ x\ \pi\ x\ 15^2\ x\ 30$

$= 5301{,}44\ \text{cm}^3$

BV $= \frac{7173}{5301{,}44}$

$= 1{,}35\ \text{gram/cm}^3$

b. Berat Volume Padat

W3 = 19472 - 11345

= 8127 gram

V_{ol} $= \frac{1}{4}\ x\ \pi\ x\ 15^2\ x\ 30$

$= 5301{,}44\ \text{cm}^3$

BV $= \frac{8127}{5301{,}44}$

$= 1{,}53\ \text{gram/cm}^3$

Berbagai analisis pengujian berat volume gembur dan padat pada agregat telah dilakukan, dengan cara yang sama didapatkan nilai berat volume gembur dan padat pada sampel 2, sehingga diperoleh nilai rata-rata dari masing masing pengujian pada kedua sampel tersebut. Berikut merupakan rekapitulasi hasil pengujian yang terdapat pada Tabel 5.14 dan Tabel 5.15 pengujian berat volume gembur dan berat volume padat berturut-turut.

Tabel 5.16 Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Agregat Kasar

Uraian	**Hasil Pengamatan**		
	Sampel 1	**Sampel 2**	**Rata-rata**
Diameter bekisting silinder (D), cm	15,00	15,09	15,05
Tinggi bekisting silinder (T), cm	30,00	30,29	30,15
Berat bekisting silinder (W1), gram	11345	10479	10912
Berat bekisting silinder dan agregat SSD (W2), gram	18518	17593	18055,50

Lanjutan Tabel 5.16 Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Agregat Kasar

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat agregat (W3), gram	7173	7114	7143,50
Volume bekisting silinder (V), cm^3	5301,44	5419,50	5360,47
Berat volume gembur $\frac{W3}{V}$, gram/cm^3	1,35	1,31	1,33

Tabel 5.17 Hasil Pengujian Berat Volume Padat Agregat Kasar

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Diameter bekisting silinder (D), cm	15,00	15,09	15,05
Tinggi bekisting silinder (T), cm	30,00	30,29	30,15
Berat bekisting silinder (W1), gram	11345	10479	10912
Berat bekisting silinder dan agregat SSD (W2), gram	19472	18618	19045
Berat agregat (W3), gram	8127	8139	8133
Volume bekisting silinder (V), cm^3	5301,44	5419,50	5360,47
Berat volume padat $\frac{W3}{V}$, gram/cm^3	1,53	1,50	1,52

Berbagai analisis perhitungan dari pengujian berat volume gembur dan berat volume padat telah dilakukan. Berat volume gembur rata-rata yang diperoleh sebesar 1,33 gram/cm^3. Sedangkan, pada pengujian berat volume padat rata-rata diperoleh sebesar 1,52 gram/cm^3. Perbandingan antara berat volume gembur dan berat volume padat memiliki perbedaan yang kecil. Perbedaan nilai terjadi karena pada pengujian berat volume padat dilakukan pemadatan setiap $^1/_3$ bagian silinder, sedangkan pada pengujian berat volume gembur tidak dilakukan pemadatan. Pemadatan pada berat volume padat tersebut dilakukan untuk mengurangi celah udara yang terdapat pada agregat.

5.1.3 Hasil Pemeriksaan Material Prekursor

Pengujian prekursor dilakukan untuk mengetahui kandungan material *Fly Ash* terkait dengan unsur silika (Si) dan alumina (Al) yang ada didalamnya. Material *fly ash* yang digunakan berasal dari PLTU 2 Labuan, Provinsi Banten. Adapun hasil pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut.

Tabel 5.18 Hasil Uji XRF *Fly Ash* PLTU 2 Labuan

Unsur	Konsentrasi	Senyawa Oksida	Konsentrasi (%)
Si	11,21	SiO_2	23,98
Al	2,69	Al_2O_3	5,098
Fe	23,19	Fe_2O_3	33,156
Ca	5,827	CaO	8,153
Mn	0,404	MnO	0,522
Mg	0,068	MgO	0,113
K	0,680	K_2O	0,819
P	0,143	P_2O_5	0,328
S	0,102	SO_3	0,255
Ti	0,652	TiO_2	1,088

(Sumber : Khalifah, 2024)

Berdasarkan hasil pengujian tersebut didapatkan kesimpulan bahwa fly ash PLTU 2 Labuan termasuk kedalam *fly ash* kelas C yang mengandung kadar $SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3 > 50\%$. sehingga *fly ash* PLTU 2 Labuan memenuhi tipe kelas C (high – calcium *fly ash*) yang mempunyai sifat *cementitious* dan sifat sebagai pozzolan.

5.2 Hasil Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*)

5.2.1 Hasil Perencanaan Proporsi Campuran Beton

Dalam pembuatan campuran beton segar, menggunakan metode perencanaan (*mix design*) berdasarkan SNI 2834-2000 tentang tata cara pembuatan rencana campuran beton normal. Metode tersebut digunakan untuk memperoleh proporsi campuran agar sesuai dengan kekuatan beton yang telah direncanakan. Pada

penelitian ini digunakan kuat tekan beton rencana sebesar 25 MPa dan penelitian ini menggunakan abu sekam padi dan *fly ash* sebagai substitusi pengganti *semen portland*. Adapun hasil perencanaan metode pencampuran beton normal untuk mendapatkan proporsi campuran yang sesuai dengan rencana adalah sebagai berikut.

1. Kuat tekan rencana (f'_c) yang digunakan sebesar 25 MPa dengan benda uji silinder yang memiliki diamater sebesar 15 cm dan tinggi 30 cm.
2. Sampel pengujian yang dibuat sebanyak 8 buah, sehingga nilai margin (M) yang digunakan sebesar 12 MPa berdasarkan Tabel 3.4 yang telah dijelaskan sebelumnya.
3. Menentukan kuat tekan beton rata-rata yang direncanakan sesuai dengan persamaan 3.10 pada penjelasan sebelumnya.

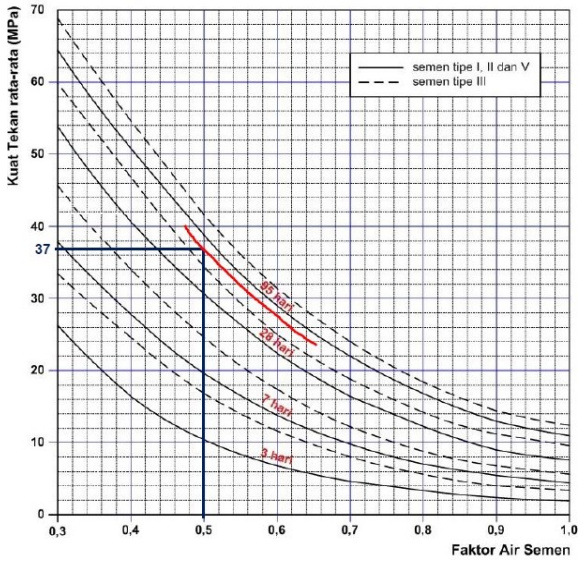
   $f'_{cr} = f'_c + M$

   $= 25 + 12$

   $= 37$ MPa

   Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, didapatkan nilai kuat tekan beton rata-rata sebesar 37 MPa.
4. Semen yang digunakan diasumsikan menggunakan semen *portland* tipe I.
5. Nilai berat jenis agregat halus dan kasar berturut-turut digunakan sebesar 2,53 gram dan 2,56 gram yang diperoleh dari pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat.
6. Menentukan nilai kekuatan tekan beton yang direncanakan berdasarkan jenis agregat kasar serta umur pengujian dan bentuk benda uji berdasarkan Tabel 3.5 dengan jenis semen diasumsikan menggunakan semen *portland* tipe I. Berdasarkan Tabel 3.5 diperoleh hasil kekuatan tekan beton yang direncanakan sebesar 37 MPa. menggunakan agregat halus batu pecah dan dan Gambar 5.3 berikut.
   a. Pengujian dilakukan pada kuat tekan umur 28 hari dengan faktor air semen (FAS) sebesar 0,5 dan kuat tekan rencana yang disyaratkan dengan nilai margin sebesar 37 MPa.

b. Berdasarkan Gambar 5.3, membuat garis vertikal ke atas dari nilai faktor air semen sebesar 0,5 dan membuat garis horizontal ke kanan dari nilai kuat tekan rata-rata sebesar 37 MPa, sehingga diperoleh garis perpotongan antara garis horizontal dan garis vertikal.
c. Setelah diperoleh garis perpotongan, kemudian membuat garis lengkung dengan ketentuan garis lengkung yang tipikal pada kurva yang berdekatan yang kemudian kurva garis baru tersebut harus memotong titik perpotongan yang telah dibuat sebelumnya.
d. Menarik garis horizontal berdasarkan nilai kuat tekan rata-rata yang ditargetkan (f'cr) sebesar 37 MPa sampai memotong kurva garis lengkung yang baru.
e. Setelah dibuat kurva lengkung yang baru berwarna merah, kemudian membuat garis horizontal ke kanan sesuai dengan mutu rencana yang dibuat dari langkah poin 3 sebesar 37 MPa untuk membentuk perpotongan antara garis horizontal dengan garis lengkung warna merah. Garis perpotongan antara garis horizontal dan garis lengkung dapat ditarik kebawah secara horizontal sehingga dapat diketahui nilai faktor air semen berdasarkan Gambar 5.3 sebesar 0,5.



Gambar 5.3 Analisis Hubungan Antara Kuat Tekan Rerata 37 MPa dan Faktor Air Semen (FAS) nilai 0,5
(Sumber: SNI 03-2834-2000)

7. Menetapkan faktor air semen maksimum berdasarkan Tabel 3.7 dengan nilai faktor air semen maksimum sebesar 0,6 pada kondisi Beton di luar ruangan bangunan tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung.
8. Menetapkan nilai *slump* untuk standar kemudahan beton dalam pelaksanaan pekerjaan dengan nilai 60-180 mm pada ukuran maksimum agregat sebesar 20 mm pada jenis batu tak dipecahkan diperoleh sebesar 195 kg/m^3 dan batu pecah sebesar 225 kg/m^3 berdasarkan Tabel 3.6.
9. Menetapkan ukuran agregat maksimum dari hasil pengujian material agregat dengan ukuran agregat kasar yang digunakan masuk dalam kategori ukuran maksimum 20 mm, kemudian pada agregat halus masuk dalam kategori daerah II yang diperoleh dari pengujian analisis saringan agregat.
10. Menentukan nilai kadar air bebas yang telah diperoleh pada poin ke 8 dengan W_h sebesar 195 kg/m^3 dan W_k sebesar 225 kg/m^3 berdasarkan Persamaan 3.11 berikut.

    $$w = \frac{2}{3}\ x\ 195 + \frac{1}{3}\ x\ 225$$

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

    Berdasarkan perhitungan analisis yang telah dilakukan, diperoleh nilai kadar air bebas sebesar 205 kg/m^3.
11. Menentukan jumlah kebutuhan semen yang dibutuhkan berdasarkan kadar air bebas sebesar 205 kg/m^3 dan nilai faktor air semen yang digunakan sebesar 0,5 menggunakan persamaan 3.12 berikut.

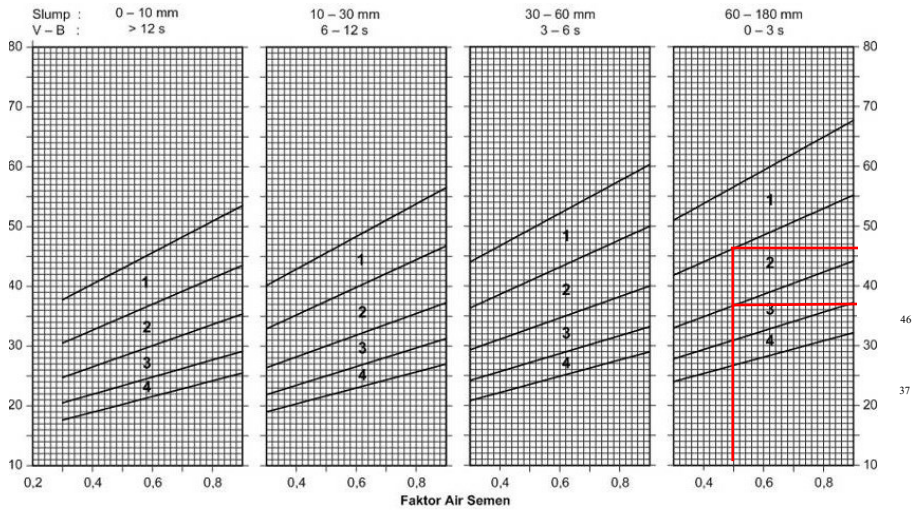
    $$c = \frac{205}{0{,}5}$$

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

    Berdasarkan perhitungan analisis yang telah dilakukan, diperoleh nilai jumlah semen sebesar 410 kg/m^3.
12. Menentukan jumlah semen minimum dan nilai faktor air semen maksimum berdasarkan Tabel 3.7 sebelumnya dengan kondisi beton di luar ruangan bangunan tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung diperoleh

jumlah semen minimum sebesar 325 kg/m^3 dan nilai faktor air semen maksimum sebesar 0,60.

13. Menentukan jumlah semen yang digunakan, dari nilai maksimum jumlah semen dari hasil perhitungan kadar air bebas sebesar 410 kg/m^3 dan dari jumlah semen minimum sebesar 325 kg/m^3 yang diperoleh dari poin 12 sebelumnya.
14. Diperoleh susunan butir (gradasi) agregat halus berdasarkan hasil pengujian analisa saringan agregat yang didapatkan gradasi daerah II.
15. Diperoleh hasil susunan agregat kasar (ukuran butir maksimum) berdasarkan hasil pengujian analisa saringan agregat yang didapatkan ukuran butir maksimum 20 mm.
16. Menentukan persentase agregat halus (pasir) yang dilakukan dengan grafik persen pasir terhadap kadar total agregat yang disarankan sesuai dengan ukuran butir maksimumnya. Ukuran butir maksimum agregat halus yang digunakan sebesar 20 mm yang diperoleh dari hasil pengujian properties agregat, selanjutnya diperoleh nilai *slump* yang direncanakan sebesar 60-180 mm dengan nilai faktor air semen sebesar 0,5.



Gambar 5.4 Hasil Analisis Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat Yang Dianjurkan untuk Ukuran Butir Maksimum 20 mm

(Sumber: SNI 03-2834-2000)

erdasarkan Gambar 5.4 diperoleh nilai batas atas sebesar 46% dan batas bawah sebesar 37 % sehingga diperoleh perhitungan persentase agregat halus dengan menggunakan persamaan 3.13 sebagai berikut.

$$\%Ag._{Halus} = \frac{46\%+37\%}{2}$$
$$= 41{,}50\ \%$$

Berdasarkan nilai persentase agregat halus, dapat diperoleh persentase agregat kasar dengan persamaan 3.14 sebagai berikut.

$$\%Ag._{Kasar} = 100\ \% - 41{,}50\%$$
$$= 58{,}50\ \%$$

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, didapatkan nilai persentase agregat halus sebesar 41,50 % dan persentase agregat kasar diperoleh 58,50%

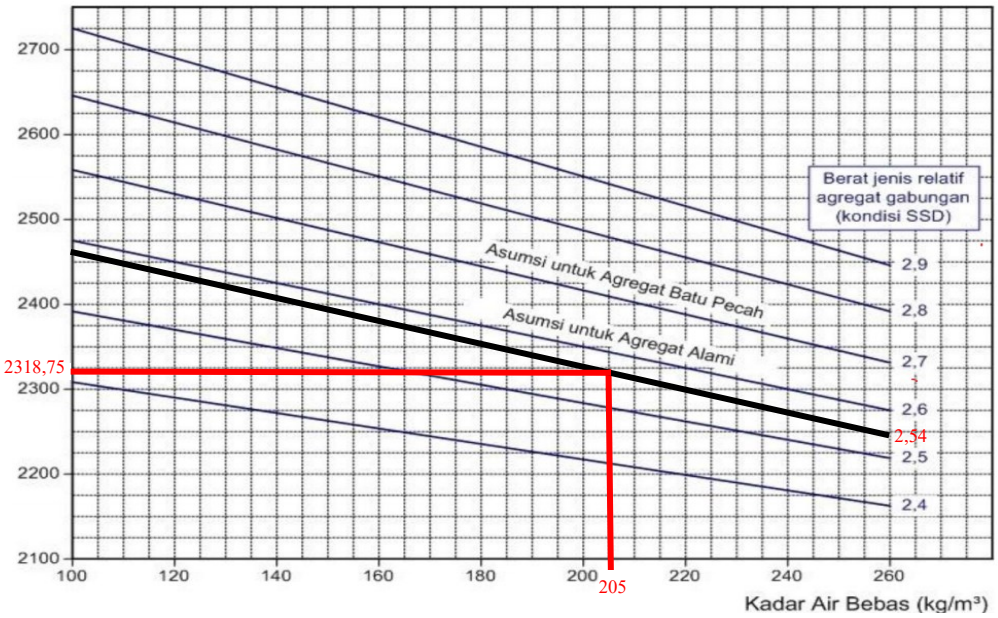
17. Menghitung berat jenis relatif atau gabungan yang berasal dari persentase agregat halus dan persentase agregat kasar yang diperoleh dengan persamaan 3.15 sebagai berikut.

$$BJ_{gab} = (41{,}50\ \% \times 2{,}53) + (58{,}50\ \% \times 2{,}56)$$
$$= 2{,}54$$

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, didapatkan nilai berat jenis relatif atau gabungan sebesar 2,54.

18. Menentukan berat isi atau berat volume beton menggunakan gambar 5.7 berikut berdasarkan kadar air bebas sebesar 205 kg/m^3 yang diperoleh dari poin 10 dan berat jenis relatif atau gabungan agregat sebesar 2,54 yang diperoleh dari poin 17.
    a. Membuat garis kurva sejajar yang disesuaikan dengan nilai berat jenis relatif agregat gabungan sebesar 2,54.
    b. Menarik garis vertikal ke atas berdasarkan nilai kadar air sebesar 205 kg/m^3 hingga memotong kurva baru warna merah yang telah disesuaikan dengan nilai berat jenis relatif agregat gabungan.
    c. Berdasarkan titik perpotongan antara garis vertikal dari kadar air bebas dan garis sejajar yang dibuat berdasarkan berat jenis relatif agregat gabungan,

dapat dibuat garis horizontal ke kiri, sehingga diperoleh nilai perkiraan berat isi beton sebesar 2318,75 kg/m^3.



Gambar 5.5 Perkiraan Berat Isi Beton Basah Yang Telah Selesai Dipadatkan
(Sumber: SNI 03-2834-2000)

19. Menghitung kadar agregat gabungan dari nilai berat beton basah yang telah didapatkan pada poin 18 berdasarkan Gambar 5.5 sebesar 2318,75 kg/m^3 dan jumlah semen yang digunakan berdasarkan poin 11 sebesar 410 kg/m^3 dan kadar air bebas berdasarkan poin 10 sebesar 205 kg/m^3 menggunakan persamaan 3.16 sebagai berikut.

$W_{agr.\ gab}$ = 2318,75 – 410 – 205

= 1703,75 kg/m^3

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, didapatkan nilai kadar agregat gabungan sebesar 1703,75 kg/m^3.

20. Menghitung proporsi agregat halus dengan menggunakan persamaan 3.17 sebagai berikut.

$W_{ag.halus}$ = 41,50 % x 1703,75

= 707,06 kg/m^3

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, didapatkan proporsi agregat halus sebesar 707,06 kg/m^3.

21. Menghitung proporsi agregat kasar dengan menggunakan persamaan 3.18 sebagai berikut.

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

$= 1703{,}75 - 707{,}06$

$= 996{,}69\ kg/m^3$

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, didapatkan proporsi agregat kasar sebesar 996,69 kg/m^3.

22. Proporsi campuran beton per 1 m^3.

Berdasarkan hasil perencanaan campuran beton yang telah dilakukan, didapatkan proporsi campuran bahan penyusun beton untuk kebutuhan 1 m^3 pada Tabel 5.19 berikut.

Tabel 5.19 Proporsi Campuran Beton Untuk setiap m3

Material	Kebutuhan (kg)
Semen	410,00
Air	205,00
Agregat halus	707,06
Agregat kasar	996,69

Berbagai langkah-langkah dalam perencanaan proporsi campuran beton telah dilakukan, selanjutnya didapatkan hasil rekapitulasi perencanaan campuran beton yang terdapat pada Tabel 5.20 berikut.

Tabel 5.20 Rekapitulasi Hasil Perencanaan Campuran Proporsi Beton *(Mix Design)*

No	Uraian	Nilai	Satuan
1	Kuat tekan beton yang disyaratkan	25	MPa
2	Standar Deviasi	-	-
3	Nilai Tambah / Margin (M)	12	MPa
4	Kuat tekan beton rerata yang ditargetkan	37	
5	Jenis Semen	Tipe 1	
6	Jenis Agregat Kasar	batu pecah	
	Jenis Agregat Halus	Alami	

Lanjutan Tabel 5.20 Rekapitulasi Hasil Perencanaan Campuran Proporsi Beton *(Mix Design)*

No	Uraian	Nilai	Satuan
7	Faktor air semen bebas (Fas)	0,5	
	Faktor air semen maksimum	0,6	
8	FAS digunakan	0,5	
9	Slump	60-180	mm
10	Ukuran agregat maksimum	20	mm
11	Kadar air bebas	205	Kg/m^3
12	kadar semen	410,00	Kg/m^3
13	kadar semen maksimum	-	
14	Kadar semen minimum	325	Kg/m^3
15	Kadar semen digunakan	410,00	Kg/m^3
16	Fas disesuaikan	-	
17	Susunan besar butir agregat halus	Gradasi 2	
18	Berat jenis agregat kasar (SSD)	2,56	
	Berat jenis agregat halus (SSD)	2,53	
19	Persentase kadar agregat halus (SSD)	41,50%	%
20	Persentase kadar agregat kasar (SSD)	58,50%	%
21	Berat jenis agregat gabungan (SSD)	2,54	
22	Berat isi Beton	2318,75	Kg/m^3
23	Kadar agregat gabungan	1703,75	Kg/m^3
24	Kadar agregat halus	707,06	Kg/m^3
25	Kadar agregat kasar	996,69	Kg/m^3

23. Volume Benda Uji

Benda uji menggunakan silinder dengan diameter sebesar 15 cm dan tinggi silinder sebesar 30 cm yang digunakan setiap kali *mixing* sebanyak 8 silinder untuk tiap variasi benda uji yang dilakukan. Berikut merupakan perhitungan volume benda uji penelitian yang dilakukan.

Volume mixing 8 silinder $= 8 \times {}^{1}/_{4} \times \pi \times D^2 \times T$

$= 8 \times {}^{1}/_{4} \times \pi \times 15^2 \times 30$

$= 0{,}042\ m^3$

Berdasarkan nilai volume yang telah didapatkan sebesar 0,042 m^3, diperoleh hasil proporsi campuran material sebagai berikut.

a. Kadar Semen = 0,042 x 410 = 17,39 kg
b. Kadar Air = 0,042 x 205 = 8,69 kg
c. Kadar Agregat Halus = 0,042 x 707,06 = 29,99 kg
d. Kadar Agregat Kasar = 0,042 x 996,69 = 42,27 kg

Setelah didapatkan proporsi campuran material untuk volume 0,042 m^3 selanjutnya perlu memperhitungkan angka penyusutan dari proporsi campuran tersebut dari berbagai faktor penyusutan yang mungkin timbul dari proses pelaksanaan tersebut. Berikut merupakan perhitungan angka penyusutan pada setiap proporsi material, dengan menggunakan angka penyusutan sebesar 20%.

a. Kadar Semen = 17,39 + (17,39 x 20%)
= 20,87 kg
b. Kadar Air = 8,69 + (8,69 x 20%)
= 10,43 kg
c. Kadar Agregat Halus = 29,99 + (29,99 x 20%)
= 35,98 kg
d. Kadar Agregat Kasar = 42,27 + (42,27 x 20%)
= 50,73 kg

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan sebelumnya, didapatkan hasil rekapitulasi proporsi material untuk 0,042 m^3 dengan angka penyusutan sebesar 20% dengan benda uji menggunakan 8 silinder untuk setiap kali *mixing*. Rekapitulasi proporsi campuran terdapat pada Tabel 5.20 berikut.

Tabel 5.21 Proporsi Campuran Setiap Campuran *Mixing*

Material	Kebutuhan (kg)
Semen	20,87
Air	10,43
Agregat halus	35,98
Agregat kasar	50,73

5.2.2 Hasil Perencanaan Campuran yang Disesuaikan pada Beton Geopolimer

Proporsi campuran pada beton geopolimer menggunakan acuan proporsi tatacara perencanaan beton normal yang telah dilakukan sebelumnya. Perencanaan proporsi beton geopolimer perlu disesuaikan karena penggunaan semen pada beton geopolimer disubstitusi dengan *fly ash* dan abu sekam padi sebagai prekursor. Selain itu, penggunaan air juga disesuaikan dengan sifat polimerisasi beton geopolimer yang membutuhkan alkali aktivator sebagai bahan pengikat binder pada beton. Penggunaan proporsi alkali aktivator yang digunakan menggunakan perbandingan antara Na_2SiO_3 dan NaOH berturut-turut sebesar 4 : 2 berdasarkan berat air pada campuran beton normal. Adapun perhitungan hasil perencanaan material beton geopolimer adalah sebagai berikut.

Prekursor (semen) = 20,87 kg

Fly ash (92%) = 92% x 20,87

= 19,20 kg

Abu Sekam Padi (8%) = 8% x 20,87

= 1,67 kg

Alkali aktivator = 10,43 kg

Na_2SiO_3 $= \frac{4}{6}\ x\ 10{,}43$

= 6,96 kg

NaOH $= \frac{2}{6}\ x\ 10{,}43$

= 3,48 kg

Agregat halus = 35,98 kg

Agregat kasar = 50,73 kg

Setelah didapatkan proporsi campuran, selanjutnya perlu memperhitungkan kelarutan NaOH yang digunakan. Batasan penelitian kelarutan NaOH yang digunakan sebesar 10 molar. NaOH dilarutkan berdasarkan proporsi campuran NaOH larutan yang didapatkan sebelumnya sebesar 3477,74 mL dan massa molekul relatif (Mr) NaOH sebesar 40. Molaritas (kelarutan) yang digunakan untuk membuat larutan Natrium Hidroksida (NaOH) dapat dihitung menggunakan persamaan 3.1 berikut.

$$10 = \frac{gr}{40}\ x \frac{1000}{3477,74}$$

$$gr = \frac{400}{0,2875}$$

$gr = 1391,10$ gram = 1,391 kg

Berdasarkan perhitungan sebelumnya, diperoleh rekapitulasi hasil dari perhitungan proporsi campuran beton geopolimer untuk setiap kali *mixing*. Berikut merupakan rekapitulasi proporsi campuran yang terdapat pada Tabel 5.22 tentang hasil rekapitulasi proporsi campuran beton geopolimer.

Tabel 5.22 Proporsi Campuran Setiap *Mixing* Beton Geopolimer

Volume (m^3)	Prekursor		Alkali Aktivator		Pasir (kg)	Kerikil (kg)
	Fly Ash (kg)	Abu Sekam Padi (kg)	Na2SiO3 (kg)	NaOH larutan (kg)		
0,042	19,20	1,67	6,96	3,48	35,98	50,73

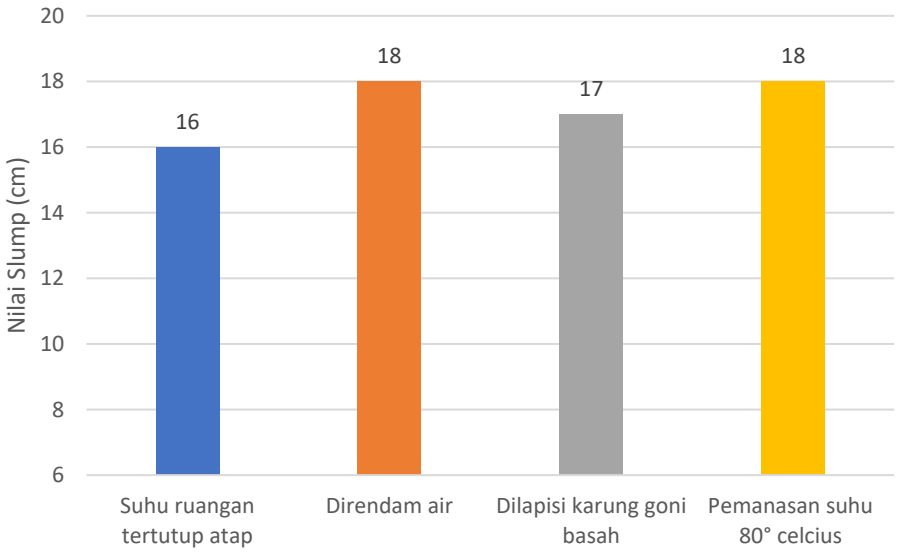
5.3 Hasil Pengujian Sl*ump Test*

Slump test pada beton merupakan penurunan ketinggian pada pusat permukaan atas beton yang diukur setelah cetakan uji slump diangkat (SNI 1972, 2008). Tujuan dari pengujian ini untuk mengukur konsistensi kelecakan campuran beton segar dan untuk memastikan tingkat kelecakan beton segar sesuai dengan rencana yang telah dibuat. Pengujian ini sangat penting dilakukan karena sebagai faktor kontrol untuk menjaga kualitas dari beton segar yang dibuat. Beton segar yang baik adalah beton yang mudah dikerjakan *(workability* baik), tidak terjadi pemisahan antara agregat dengan campuran (segregasi) dan pemisahan air dari campuran (*bleeding*) sehingga semakin tinggi nilai slump, maka beton semakin mudah dikerjakan. Hasil pengujian *slump test* pada proporsi abu sekam padi sebagai

substitusi *fly ash* sebesar 8% terhadap berat prekursor terdapat pada Tabel 5.23 berikut.

Tabel 5.23 Hasil Pengujian Nilai *Slump Test*

Metode Perawatan	Nilai *slump* (cm)
Suhu ruangan tertutup atap	16
Direndam air	18
Dilapisi karung goni	17
Pemanasan suhu 80 derajat celcius	18



Gambar 5.6 Grafik Hasil Nilai *Slump Test*

Berdasarkan hasil nilai *slump test* pada Tabel 5.22 sebelumnya dan Gambar 5.6 didapatkan hasil nilai *slump* yang terbesar dengan nilai 18 cm. Berbagai hasil pengujian dari *mixing* pertama hingga *mixing* terakhir memiliki nilai yang beragam. Namun, nilai tersebut masih masuk dalam ketentuan rencana yang telah dibuat. Nilai *slump test* yang direncanakan sebesar 6 – 18 cm. Keberagaman nilai *slump test* pada setiap *mixing* disebabkan karena adanya perbedaan kondisi agregat pada kondisi jenuh kering permukaan. (Khalifah, 2024) menyatakan bahwa nilai *slump test* yang didapatkan pada proporsi campuran abu sekam padi 8% terhadap substitusi *fly ash* memiliki nilai *slump* sebesar 16,5 cm. Nilai *slump* yang

didapatkan pada penelitian masih masuk dalam kriteria perencanaan desain yang digunakan.

5.4 Perawatan Beton Geopolimer

Perawatan beton pada umumnya dilakukan setelah proses beton segar dicetak ke dalam bekisting hingga mengeras. Perawatan beton dilakukan untuk menjaga temperatur agar tetap terjaga selama proses polimerisasi berlangsung. Variasi perawatan yang digunakan pada penelitian berupa perawatan pada suhu ruang, perendaman pada air, dilapisi dengan karung goni, dan pemanasan pada suhu ruang.

Perawatan beton pada suhu ruang umum dilakukan pada metode perawatan beton geopolimer. Geopolimer berbasis slag menunjukkan kekuatan yang lebih rendah pada suhu ruang dibandingkan dengan spesimen yang diawetkan dengan uap pemanasan (Yunsheng dkk., 2007). Adapun perawatan yang dilakukan terdapat pada Gambar 5.7 berikut.



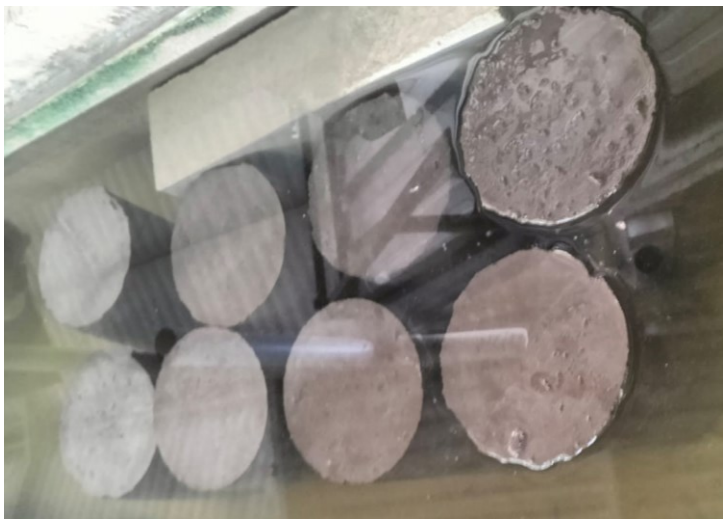
Gambar 5.7 Perawatan Beton Geopolimer pada Suhu Ruangan

Penelitian yang dilakukan pada perawatan suhu ruang lingkungan dalam ruangan sebesar 26,10 derajat celcius. Perawatan dengan suhu ruang juga sangat dipengaruhi oleh kelembapan udara. Pengawetan pada kelembapan udara relatif yang lebih rendah lebih disukai daripada pada kelembapan udara yang lebih tinggi (Perera dkk., 2007). Pengamatan visual yang dilihat pada saat terjadinya proses perawatan beton memiliki bercak-bercak putih yang menyerupai jamur. Adapun hasil visual setelah dilakukan perawatan beton selama 28 hari pada suhu ruangan terdapat pada Gambar 5.8 berikut.



Gambar 5.8 Pengamatan Visual Benda Uji Perawatan Suhu Ruangan

Perawatan beton perendaman air umum dilakukan pada metode perawatan beton konvensional. Perawatan yang dilakukan pada perendaman air ini untuk menjaga agar temperatur suhu selama proses polimerisasi tetap terjaga dan stabil. Adapun perawatan yang dilakukan dengan perendaman air terdapat pada Gambar 5.9 berikut.



Gambar 5.9 Perawatan Beton Geopolimer dengan Perendaman Air

Penelitian yang dilakukan pada perawatan perendaman air sebesar 22,20 derajat celcius. Pengamatan visual yang dilihat pada saat terjadinya proses perawatan beton warna tetap sama seperti pada saat masih menjadi beton segar di sisi selimut silinder beton geopolimer. Adapun hasil visual setelah dilakukan

perawatan beton selama 28 hari pada suhu ruangan terdapat pada Gambar 5.10 berikut.



Gambar 5.10 Pengamatan Visual Benda Uji Perendaman Air

Perawatan beton dengan karung goni basah umum dilakukan pada metode perawatan beton konvensional selain perendaman air. Tujuan dari perawatan yang dilakukan pada perendaman air ini untuk menjaga suhu dan kelembapan selama proses polimerisasi agar tetap stabil. Adapun perawatan yang dilakukan dengan karung goni basah terdapat pada Gambar 5.11 berikut.



Gambar 5.11 Perawatan Beton Geopolimer dengan Karung Goni Basah

Penelitian yang dilakukan dengan karung goni basah memiliki suhu perawatan sebesar 23,80 derajat celcius. Pengamatan visual yang dilihat pada saat terjadinya proses perawatan beton warna tetap sama seperti pada saat masih menjadi beton segar di sisi selimut silinder beton geopolimer. Adapun hasil visual setelah dilakukan perawatan beton selama 28 hari pada suhu ruangan terdapat pada Gambar 5.12 berikut.



Gambar 5.12 Pengamatan Visual Benda Uji Perawatan Karung Goni Basah

Perawatan beton dengan proses pemanasan oven sering dilakukan pada perlakuan beton geopolimer. Pemanasan pada suhu 80° celcius selama 24 jam sangat optimum dilakukan pada beton geopolimer dalam meningkatkan kekuatan yang dihasilkan (Ekaputri dkk., 2017). Selain itu, metode pengawetan oven ditemukan sebagai metode pengawetan beton geopolimer yang paling cocok dan efisien dalam hal pengembangan awal kekuatan (Vijai dkk, 2010). Tujuan dari perawatan yang dilakukan dengan pemanasan oven ini untuk mempercepat proses polimerisasi senyawa pada beton geopolimer. Beberapa perawatan yang telah dilakukan, metode pemanasan merupakan metode yang efektif untuk melakukan Perawatan beton pada beton geopolimer. Perawatan ini dilakukan dengan pemanasan hingga 24 jam dan dapat mempercepat proses polimerisasi. Proses perawatan setelah lebih dari 24 jam peningkatan kekuatan yang terjadi hanya sedang (Hardjito, D., dan Rangan, 2005). Hal tersebut dikarenakan proses

polimerisasi telah usai, sehingga kekuatan beton tidak menunjukkan kenaikan yang signifikan (Joseph dan Mathew, 2012). Suhu temperatur 80 derajat celcius dapat meningkatkan kekuatan dengan cepat sampai dengan 14 hari, kemudian secara perlahan meningkat hingga umur beton mencapai 21 hari (Ekaputri, dkk. 2017). Adapun perawatan beton geopolimer dengan pemanasan terdapat pada Gambar 5.13 berikut.



Gambar 5.13 Perawatan Beton Geopolimer dengan Pemanasan Oven 80° C

Penelitian yang dilakukan dengan perawatan suhu pemanasan 80°C. Pengamatan visual yang dilihat pada saat terjadinya proses perawatan beton memiliki tekstur warna putih yang samar namun terlihat jelas. Adapun hasil visual setelah dilakukan perawatan beton menggunakan pemanasan suhu 80°C terdapat pada Gambar 5.14 berikut.



Gambar 5.14 Pengamatan Visual Benda Uji Perawatan dengan Pemanasan Oven Suhu 80° Celcius.

Berdasarkan hasil pengamatan visual pada setiap benda uji yang dilakukan berbagai perawatan, bercak putih yang terdapat pada benda uji dipengaruhi oleh prosedur penyampuran dan perbandingan alkali activator (Lairenz dkk., 2019). Selain itu, suhu perawatan yang tinggi dengan menggunakan perawatan pemanasan oven sangat efisien dibandingkan perawatan yang lain. Perawatan dengan suhu ruang juga sangat dipengaruhi oleh kelembapan udara. Pengawetan pada kelembapan udara relatif yang lebih rendah lebih disukai daripada pada kelembapan udara yang lebih tinggi (Perera dkk., 2007). Perawatan yang efektif dilakukan di lapangan dapat menggunakan metode perendaman air maupun dengan karung goni basah. Metode perawatan tersebut dapat dilakukan sangat mudah ketika dilaksanakan, karena karung goni yang mudah dijumpai dan metode perendaman air yang sering dilakukan di lapangan.

5.5 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton merupakan salah satu parameter untuk mengetahui karakteristik dari sifat mekanik beton. Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada benda uji dengan umur 28 hari dari proses pembuatan beton. Selama umur 28 hari, dilakukan metode perawatan yang beragam dari perawatan menggunakan proses pemanasan oven dengan suhu 80 derajat celcius, perawatan pada suhu ruangan dalam ruangan tertutup atap, perawatan menggunakan perendaman air, hingga perawatan menggunakan karung goni basah. Untuk melakukan proses pengujian, diperlukan adanya ukuran dari dimensi penampang benda uji yang meliputi ukuran dari diameter silinder dan tinggi silinder sehingga didapatkan hasil luas penampang yang didapatkan. Setelah dilakukan pengukuran dimensi, dilanjutkan dengan proses *capping* (proses untuk meratakan penampang benda uji pada mesin yang digunakan. Berdasarkan hasil pengujian yang diperoleh, didapatkan hasil kuat tekan beton geopolimer dengan menggunakan persamaan 3.2 yang menggunakan contoh perhitungan pada perawatan dengan pemanasan suhu 80° celcius sebagai berikut.

1. Kuat tekan beton pada sampel 1 metode pemanasan suhu 80° celcius.

   Diketahui:

   P = 753,10 kN

   D = 150,38 mm

   T = 304,36 mm

   Perhitungan:

   A $= 0{,}25\ x\ \pi$ x $D^2\ x\ T$

   $= 0{,}25\ x\ \pi$ x $150{,}38^2\ x\ 304{,}36$

   $= 17760{,}71\ mm^2$

   $f'c = \frac{753{,}10\ x\ 10^3}{17760{,}71}$

   $= 42{,}40$ MPa

2. Kuat tekan beton pada sampel 2 metode pemanasan suhu 80° celcius.

   Diketahui:

   P = 693,90 kN

   D = 150,71 mm

   T = 302,72 mm

   Perhitungan:

   A $= 0{,}25\ x\ \pi$ x $D^2\ x\ T$

   $= 0{,}25\ x\ \pi$ x $150{,}71^2\ x\ 302{,}72$

   $= 17839{,}93\ mm^2$

   $f'c = \frac{693{,}90x\ 10^3}{17839{,}93}$

   $= 38{,}90$ MPa

3. Kuat tekan beton pada sampel 3 metode pemanasan suhu 80° celcius.

   Diketahui:

   P = 702,30 kN

   D = 149,70 mm

   T = 305,40 mm

Perhitungan:

A $= 0{,}25\ x\ \pi$ x $D^2\ x\ T$

$= 0{,}25\ x\ \pi$ x $149{,}70^2\ x\ 305{,}40$

$= 17601{,}63\ mm^2$

$$f'c = \frac{702{,}30\ x\ 10^3}{17601{,}63}$$

$= 39{,}90$ MPa

4. Kuat tekan beton pada sampel 4 metode pemanasan suhu 80° celcius.

Diketahui:

P = 630,40 kN

D = 150,69 mm

T = 301,38 mm

Perhitungan:

A $= 0{,}25\ \pi\ D^2\ T$

$= 0{,}25\ x\ \pi$ x $150{,}69^2\ x\ 301{,}38$

$= 17834{,}41\ mm^2$

$$f'c = \frac{630{,}40\ x\ 10^3}{17834{,}41}$$

$= 35{,}35$ MPa

5. Kuat tekan beton pada sampel 5 metode pemanasan suhu 80° celcius.

Diketahui:

P = 675,30 kN

D = 149,68 mm

T = 304,73 mm

Perhitungan:

A $= 0{,}25\ \pi\ D^2\ T$

$= 0{,}25\ x\ \pi$ x $149{,}68^2\ x\ 304{,}73$

$= 17595{,}36\ mm^2$

$$f'c = \frac{675{,}30\ x\ 10^3}{17595{,}36}$$

$= 38{,}38$ MPa

6. Kuat tekan beton rata-rata metode pemanasan suhu 80° celcius

$$f'c\ rata - rata = \frac{42{,}40 + 38{,}90 + 39{,}90 + 35{,}35 + 38{,}38}{5}$$

$$= 38{,}99 \text{ MPa.}$$

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan dengan analisis perhitungan yang sama, hasil pengujian kuat tekan beton geopolimer terdapat pada Tabel 5.24 berikut.

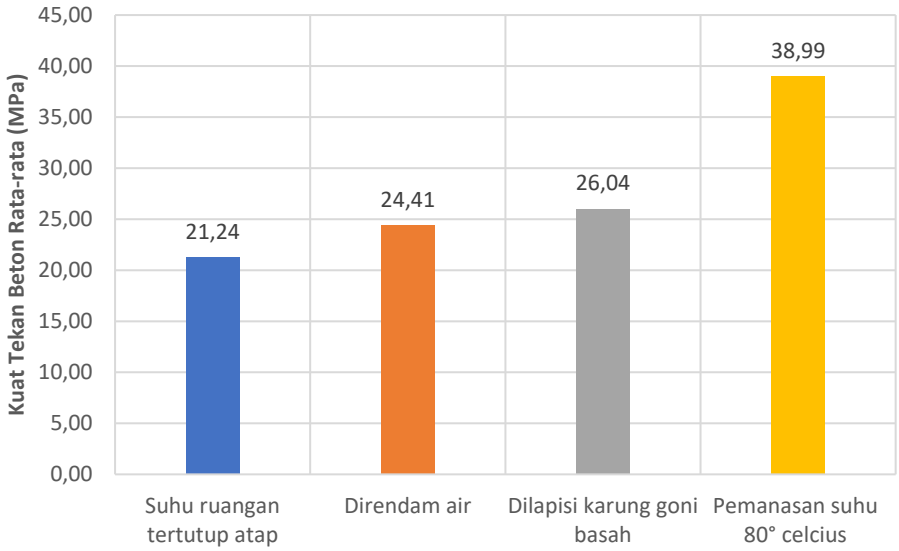
Tabel 5.24 Rekapitulasi Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Geopolimer

Metode Perawatan	Kode Benda Uji	Nomor Benda Uji	Dimensi Benda Uji		Luas Tampang Benda Uji (mm^2)	Beban Maksimum (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
			Tinggi (mm)	Diameter (mm)				
Dipanaskan suhu 80° celcius	BG-TM-1	1	304,36	150,38	17760,71	753,10	42,40	38,99
		2	302,72	150,71	17839,93	693,90	38,90	
		3	305,40	149,70	17601,63	702,30	39,90	
		4	301,38	150,69	17,834,41	630,40	35,35	
		5	304,73	149,68	17595,36	675,30	38,38	
Suhu ruangan tertutup atap	BG-TM-2	1	303,71	149,35	17517,86	419,40	23,94	21,24
		2	299,72	151,04	17916,56	349,30	19,50	
		3	304,71	151,06	17921,31	326,10	18,20	
		4	300,72	148,37	17288,32	356,50	20,62	
		5	300,05	147,02	16976,29	406,90	23,97	

Lanjutan Tabel 5.24 Rekapitulasi Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Geopolimer

Metode Perawatan	Kode Benda Uji	Nomor Benda Uji	Dimensi Benda Uji		Luas Tampang Benda Uji (mm^2)	Beban Maksimum (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
			Tinggi (mm)	Diameter (mm)				
Direndam air	BG-TM-3	1	303,04	150,04	17681,67	448,30	25,35	24,41
		2	300,07	154,05	18639,41	473,20	25,39	
		3	302,03	150,71	17838,36	407,30	22,83	
		4	304,05	149,71	17603,20	407,00	23,12	
		5	302,69	150,73	17843,09	452,30	25,35	
Dilapisi karung goni basah	BG-TM-4	1	301,76	150,07	17687,96	395,30	22,35	26,04
		2	300,09	149,72	17605,15	432,50	24,57	
		3	303,03	153,40	18480,44	530,70	28,72	
		4	304,05	152,04	18155,39	475,90	26,21	
		5	302,01	151,02	17912,61	507,50	28,33	

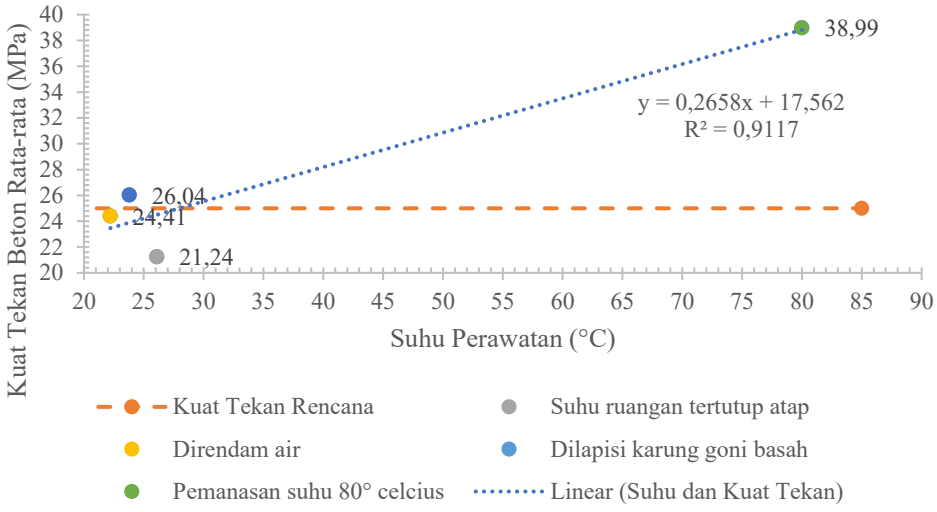
Berbagai hasil analisis pada kuat tekan beton telah dilakukan. Berdasarkan Tabel 5.24 diperoleh grafik yang menggambarkan hasil pengujian kuat tekan beton geopolimer. Berikut merupakan grafik hasil pengujian kuat tekan beton yang terdapat pada Gambar 5.15 di bawah ini.



Gambar 5.15 Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Geopolimer

Berdasarkan kuat tekan rencana sebesar 25 MPa, diperoleh hasil kuat tekan rata-rata berturut-turut sebesar 21,24 MPa, 24,41 MPa, 26,04 MPa, dan 38,99 MPa pada perawatan suhu ruangan tertutup atap, direndam air, dilapisi pada karung goni basah, dan pemanasan pada suhu 80 derajat celcius. Metode proporsi campuran menggunakan pendekatan SNI 2834-2000, karena proporsi dari beton geopolimer hampir sama dengan proporsi pada beton konvensional. Kuat tekan beton yang telah direncanakan dapat digunakan sebagai acuan dalam proses pembuatan hingga perawatan beton. Beton geopolimer yang digunakan, memiliki perbedaan pada proses pembentukan senyawanya. Beton geopolimer membutuhkan alkali aktivator sebagai senyawa untuk mengaktifkan silika yang ada dalam prekursor, sehingga dapat menjadi pasta geopolimer. Sedangkan, pada beton konvensional (beton biasa) cukup menggunakan air untuk membentuk pasta semen. Proses pembentukan senyawa pada beton geopolimer menggunakan proses polimerisasi, sedangkan pada proses pembentukan senyawa pada beton konvensional menggunakan proses hidrasi pada semen. Suhu yang digunakan pada perawatan beton geopolimer sangat

berpengaruh terhadap nilai kuat tekan beton yan dihasilkan (Panjaitan dan Herlina, 2020).



Gambar 5.16 Grafik Hubungan Kuat Tekan dan Suhu Perawatan pada Beton Geopolimer

Berdasarkan Gambar 5.16 sebelumnya, diperoleh grafik hubungan kuat tekan dan suhu perawatan yang dilakukan pada penelitian ini. Untuk mendapatkan kekuatan beton yang diharapkan, perawatan beton sangat berpengaruh terhadap hasil kuat tekan yang diperoleh. Berdasarkan Tabel 5.24, pada perawatan beton dengan pemanasan suhu 80°C, terdapat 5 benda uji dengan hasil sebesar 38,99 MPa. Nilai kuat tekan beton mengalami peningkatan dari mutu beton yang direncanakan. Peningkatan mutu beton geopolimer yang dihasilkan dapat terjadi, karena pengaruh suhu pemanasan membantu dalam proses pembentukan reaksi senyawa polimerisasi, sehingga proses pemanasan dapat mempercepat dan meningkatkan kekuatan beton yang dihasilkan.

Perawatan beton dengan pengaruh suhu ruangan, memiliki benda uji 5 buah pada sampel untuk pengujian kuat tekan beton. Perawatan suhu ruangan yang dilakukan memiliki nilai rata-rata 21,24 MPa. Berdasarkan nilai rata-rata yang diperoleh dari Tabel 5.23, terjadi penurunan mutu beton yang direncanakan yang diakibatkan karena suhu ruangan tertutup atap yang terjadi terdapat suhu temperatur yang berbeda-beda pada kondisi pagi, siang, dan malam hari sehingga, suhu yang

digunakan tidak konstan dan menyebabkan kuat tekan yang direncanakan tidak tercapai. Selain itu, penurunan kuat tekan beton dapat diakibatkan karena proses pemadatan yang kurang, sehingga hasil yang diperoleh menjadi tidak tercapai.

Perawatan beton geopolimer dengan proses perendaman memiliki benda uji nilai kuat tekan rata-rata sebesar 24,41 MPa. Nilai rata-rata yang dihasilkan dari perawatan beton dengan perendaman air mengalami penurunan, dikarenakan pada sampel 3 dan sampel 4 mengalami penurunan kuat tekan. Penurunan kuat tekan yang terjadi disebabkan karena kurangnya pemadatan dan proporsi agregat yang dituang ke dalam silinder, sehingga kuat tekan beton pada sampel 3 dan sampel 4 mengalami penurunan dari kuat tekan yang direncanakan.

Perawatan beton dengan melapisi karung goni basah yang dilakukan memiliki kuat tekan rata-rata yang dihasilkan sebesar 26,10 MPa. Nilai kuat tekan beton yang dihasilkan mengalami peningkatan dari kuat tekan yang telah direncanakan pada proporsi campuran beton segar. Peningkatan kuat tekan beton ini dikarenakan proses pemadatan pada saat pembuatan yang sangat bagus, selain itu perawatan beton menggunakan karung goni basah juga menjaga suhu temperatur selama proses polimerisasi berlangsung. Adapun pengujian kuat tekan beton geopolimer yang dilakukan terdapat pada Gambar 5.17 berikut.



Gambar 5.17 Pengujian Kuat Tekan Beton Geopolimer

Berdasarkan beberapa penjelasan sebelumnya, perawatan yang dilakukan pada beton geopolimer yang bervariasi memiliki capaian yang sama, yaitu untuk menjaga temperatur suhu paada proses polimerisasi senyawa beton geopolimer. Adapun hasil pengujian kuat tekan beton dapat dilihat pada Lampiran 4.

5.6 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Pengujian kuat tarik belah beton merupakan salah satu parameter untuk mengetahui karakteristik dari sifat mekanik beton. Selama umur 28 hari, dilakukan metode perawatan yang beragam dari perawatan menggunakan proses pemanasan oven dengan suhu 80 derajat celcius, perawatan pada suhu ruangan dalam ruangan tertutup atap, perawatan menggunakan perendaman air, hingga perawatan menggunakan karung goni basah. Untuk melakukan proses pengujian, diperlukan adanya ukuran dari dimensi penampang benda uji yang meliputi ukuran diameter silinder dan tinggi silinder. Berdasarkan hasil pengujian yang diperoleh, didapatkan hasil analisis kuat tarik belah beton geopolimer dengan menggunakan persamaan 3.6, yang menggunakan contoh perhitungan pada perawatan dengan pemanasan suhu 80°C sebagai berikut.

1. Kuat tarik belah beton pada sampel 1 metode pemanasan suhu 80° celcius

   Diketahui:

   P =159500 N

   L = 301,37 mm^2

   D = 150,71 mm^2

   Perhitungan:

   $$fct = \frac{2\ x\ 159500}{\pi\ x\ 301{,}37\ x\ 150{,}71}$$

   $fct = 2{,}24$ MPa

2. Kuat tarik belah beton pada sampel 2 metode pemanasan suhu 80° celcius

   Diketahui:

   P =183000 N

   L = 301,37 mm^2

   D = 150,03 mm^2

   Perhitungan:

   $$fct = \frac{2\ x\ 183000}{\pi\ x\ 301{,}37\ x\ 150{,}03}$$

   $fct = 2{,}58$ MPa

3. Kuat tekan beton pada sampel 3 metode pemanasan suhu 80° celcius

   Diketahui:

   P =158000 N

   L = 302,67 mm^2

   D = 152,04 mm^2

   Perhitungan:

   $$fct = \frac{2\ x\ 158000}{\pi\ x\ 302{,}67\ x\ 152{,}04}$$

   $fct = 2{,}19$ MPa

4. Kuat tekan beton rata-rata metode pemanasan suhu 80° celcius

   $$fct\ rata - rata = \frac{2{,}24 + 2{,}58 + 2{,}19}{3}$$

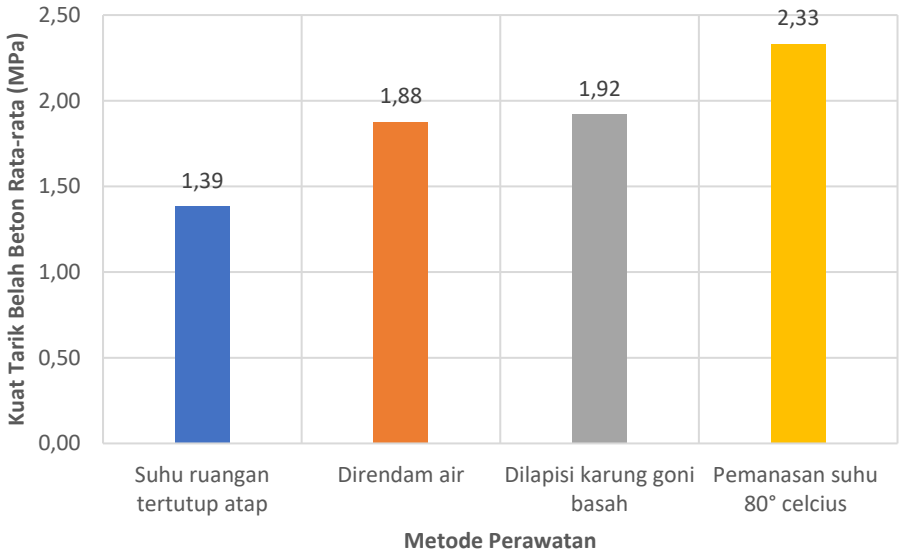
   $= 2{,}33$ MPa.

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan dengan analisis perhitungan yang sama, hasil pengujian kuat tarik belah beton beton geopolimer terdapat pada Tabel 5.25 berikut.

Tabel 5.25 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton Geopolimer

Metode Perawatan	Kode Benda Uji	Nomor Benda Uji	Dimensi Benda Uji		Luas Tampang Selimut Silinder (mm^2)	Beban Maksimum (kN)	Kuat Tarik Belah (MPa)	Kuat Tarik Belah Rata-rata (MPa)
			Tinggi (mm)	Diameter (mm)				
Dipanaskan suhu 80° celcius	BG-TB-1	1	301,37	150,71	17760,71	159,50	2,24	2,33
		2	301,37	150,03	17839,93	183,00	2,58	
		3	302,67	152,04	17601,63	158,00	2,19	
Suhu ruangan tertutup atap	BG-TB-2	1	301,69	150,03	17517,86	98,00	1,38	1,39
		2	301,40	151,01	17916,56	102,50	1,43	
		3	303,36	152,03	17921,31	97,50	1,35	
Direndam Air	BG-TB-3	1	303,04	149,70	17760,71	134,00	1,88	1,88
		2	304,68	151,04	17839,93	186,00	2,57	
		3	300,38	152,70	17601,63	85,00	1,18	
Dilapisi Karung goni basah	BG-TB-4	1	301,69	151,36	17517,86	142,00	1,98	1,92
		2	303,07	151,03	17916,56	145,00	2,02	
		3	303,72	150,69	17921,31	126,00	1,77	

Berbagai hasil analisis pada kuat tarik belah beton telah dilakukan. Berdasarkan Tabel 5.25 diperoleh grafik yang menggambarkan hasil pengujian kuat tarik belah beton geopolimer. Berikut merupakan grafik hasil pengujian kuat tarik belah beton yang terdapat pada Gambar 5.18 di bawah ini.



Gambar 5.18 Grafik Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton Geopolimer

Berdasarkan hasil kuat tarik belah beton geopolimer yang dilakukan, perbandingan antara kuat tarik belah beton dan kuat tekan beton memiliki persentase rata-rata dengan rentang antara 5% hingga 8%. Adapun hasil pengujian tarik belah dapat dilihat pada Lampiran 5. Berikut merupakan contoh perhitungan perbandingan antara kuat tarik belah beton dengan kuat tekan beton pada metode perawatan suhu ruangan tertutup atap menggunakan persamaan 5.1 berikut.

$$\%_{\text{Kuat tarik dan tekan}} = \frac{Kuat\ tarik\ belah\ beton\ rata{-}rata}{Kuat\ tekan\ beton\ rata{-}rata}\ x\ 100\% \qquad (5.1)$$

$$\%_{\text{Kuat tarik dan tekan}} = \frac{1{,}39}{21{,}24}\ x\ 100\%$$

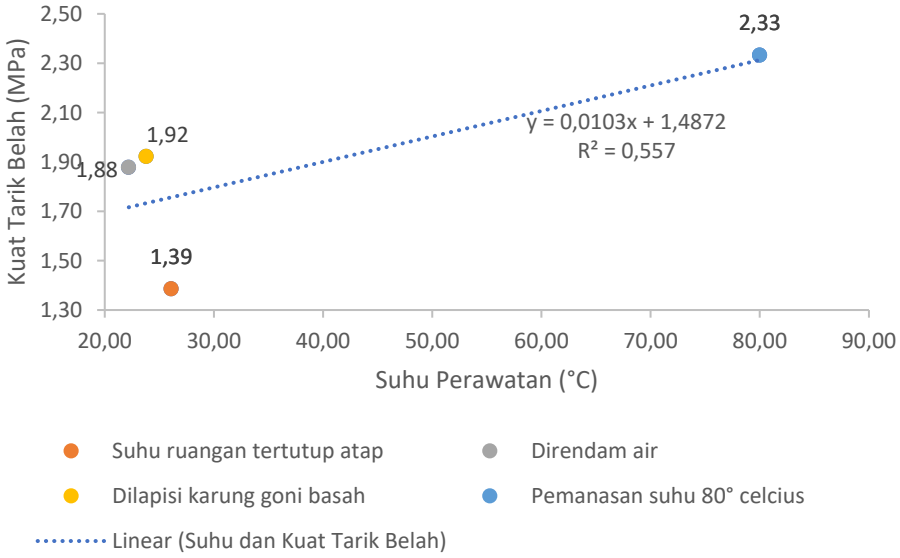
$$\%_{\text{Kuat tarik dan tekan}} = 6{,}52\%$$

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, didapatkan hasil rekapitulasi perbandingan antara kuat tarik belah beton dan kuat tekan beton terdapat pada tabel 5.26 berikut.

Tabel 5.26 Persentase Perbandingan Kuat Tarik Belah dan Kuat Tekan Beton Geopolimer

Metode Perawatan	Kode Benda Uji	Kuat Tarik Belah Beton Rata-Rata (MPa)	Kuat Tekan Beton Rata-Rata (MPa)	Persentase (%)
Suhu ruangan tertutup atap	BG-TB-2	1,39	21,24	6,52%
Direndam dengan air	BG-TB-3	1,88	24,41	7,69%
Dilapisi karung goni basah	BG-TB-4	1,92	26,04	7,38%
Dipanaskan suhu 80° celcius	BG-TB-1	2,33	38,99	5,98%

Berdasarkan tabel 5.26 di atas, nilai kuat tarik belah memiliki persentase berturut-turut sebesar 6,52%, 7,69%, 7,38% dan 5,98%. Perbandingan persentase kuat tekan dan tarik belah tertinggi memiliki nilai 5,98% pada perawatan dipanaskan dengan suhu 80° celcius. Adapun rasio antara kuat tarik dan kuat tekan tertinggi diperoleh sebesar 5%, nilai tersebut relatif lebih baik dibanding beton normal pada kuat tekan yang sama (Ageng, 2021). Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, selanjutnya diperoleh grafik hubungan antara suhu dengan nilai kuat tarik belah beton. Yang terdapat pada Gambar 5.11 berikut.



Gambar 5.19 Grafik Hubungan Suhu dan Kuat Tarik Belah Beton Geopolimer

Berdasarkan Gambar 5.19 sebelumnya, diperoleh grafik hubungan kuat tarik belah beton dan suhu perawatan yang dilakukan pada penelitian ini. Untuk mendapatkan kekuatan tarik beton yang diharapkan, perawatan beton sangat berpengaruh terhadap hasil kuat tekan yang diperoleh. Berdasarkan Tabel 5.24, pada perawatan beton dengan pemanasan suhu 80° celcius, terdapat 3 benda uji dengan hasil sebesar 2,33 MPa. Nilai kuat tarik belah beton tersebut memiliki persentase sebesar 5,98% dari nilai kuat tekan beton yang dihasilkan dengan perawatan yang sama.

Perawatan beton dengan pengaruh suhu ruangan, memiliki benda uji 3 buah untuk pengujian kuat tarik belah beton. Perawatan suhu ruangan yang dilakukan memiliki nilai rata-rata 1,39 MPa dengan persentase sebesar 6,52% dari kuat tekan yang dihasilkan pada proses perawatan benda uji dengan suhu ruang.

Perawatan beton geopolimer dengan proses perendaman memiliki benda uji 3 buah dengan nilai kuat tarik belah beton rata-rata sebesar 1,88 MPa. Nilai rata-rata tersebut memiliki persentase sebesar 7,69% dari kuat tekan yang dihasilkan berdasarkan perawatan beton dengan perendaman air.

Perawatan beton dengan melapisi karung goni basah yang dilakukan memiliki kuat tarik belah beton rata-rata yang dihasilkan sebesar 1,92 MPa. Nilai rata-rata tersebut memiliki persentase sebesar 7,38% dari kuat tekan beton yang dihasilkan pada perawatan beton dengan melapisi karung goni. Pengujian kuat tarik belah beton menggunakan mesin tekan UTM, yang terdapat pada Gambar 5.12 berikut ini.



Gambar 5.20 Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, diperoleh hasil bahwa persentase yang diperoleh untuk nilai kuat tarik belah dengan perawatan suhu ruangan tertutup atap, direndam dengan air, dilapisi karung goni basah, dipanaskan suhu 80° celcius berturut-turut menghasilkan nilai persentase sebesar 6,52%, 7,69%, 7,38%, dan 5,98%. Berdasarkan penelitian (Khalifah, 2024), dihasilkan kuat tarik belah pada perawatan suhu 60° celcius selama 24 jam yang memiliki persentase sebesar 6,43% terhadap kuat tekan beton yang dihasilkan. Selain itu, penelitian (Sari, 2020) menghasilkan nilai kuat tarik sebesar 1,061 MPa dengan nilai kuat tekan rencana sebesar 30 MPa menghasilkan nilai rasio kuat tarik belah dengan kuat tekan rencana sebesar 3,54% pada perawatan suhu ruang. Kuat tarik belah beton yang dihasilkan pada penelitian ini yang dilakukan pada suhu ruang memiliki nilai 1,39 MPa dengan perbandingan rasio sebesar 6,52%. Nilai persentase yang didapatkan pada semua variasi perawatan beton masih relatif bagus. Menurut (Setiawan, 2016) nilai kuat tarik belah beton dapat dikorelasikan

dengan kuat tekan beton yang didapatkan dengan rasio perbandingan berkisar 7% hingga 11% dengan rata-rata pada setiap pengujian yang dilakukan umumnya 10% dari kuat tekan rencana yang didapatkan. Hasil pengujian kuat tarik belah beton yang relatif bagus karena pemadatan yang dilakukan pada saat proses pembuatan beton segar geopolimer sudah sesuai, sehingga kekuatan tarik belah sesuai dengan yang diharapkan. Adapun hasil pengujian kuat tarik belah dapat dilihat pada Gambar 5.21 berikut untuk melihat proporsi agregat yang terjadi pada beton keras.



Gambar 5.21 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton Geopolimer

Perawatan yang dilakukan dengan rendaman air dan karung goni merupakan perawatan yang biasa dilakukan pada beton geopolimer. Nilai kuat tarik belah rata-rata yang dihasilkan dari perawatan dengan perendaman air dan dilapisi dengan karung goni memiliki nilai 1,88 MPa dan 1,92 MPa. Nilai tersebut masih kurang dari 10% terhadap kuat tekan beton yang dihasilkan pada perawatan yang sama, karena pada beton konvensional, nilai kuat tarik belah yang dihasilkan sebesar 10 - 15% dari kuat tekan yang telah direncanakan. Selain itu, nilai kuat tarik belah beton juga dipengaruhi oleh koefisien molaritas NaOH, semakin tinggi kuat tarik belah yang dihasilkan selaras dengan koefisien molaritas yang digunakan (Khalifah, 2024). Selain itu, hubungan antara rasio kuat kuat tarik belah dengan kuat tekan beton berbanding terbalik. Semakin rendah kekuatan tekan beton yang dihasilkan, membuat rasio persentase menjadi semakin bertambah (Setiawan, 2016)

5.7 Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Beton

Pengujian modulus elastisitas beton merupakan salah satu parameter untuk mengetahui karakteristik dari sifat mekanik beton. Pengujian modulus elastisitas beton dilakukan bersama dengan pengujian kuat tekan beton yang dilakukan pada umur 28 hari dari proses pembuatan beton. Selama umur 28 hari, dilakukan metode perawatan yang beragam dari perawatan menggunakan proses pemanasan oven dengan suhu 80 derajat celcius, perawatan pada suhu ruangan dalam ruangan tertutup atap, perawatan menggunakan perendaman air, hingga perawatan menggunakan karung goni basah. Untuk melakukan proses pengujian, diperlukan adanya ukuran dari dimensi penampang benda uji yang meliputi ukuran dari diameter silinder dan tinggi silinder sehingga didapatkan hasil luas penampang, dan nilai Lo dari alat tersebut. Setelah dilakukan pengukuran dimensi, dilanjutkan dengan proses *capping* (proses untuk meratakan penampang benda uji pada mesin yang digunakan. Berdasarkan hasil pengujian yang diperoleh, didapatkan nilai modulus elastisitas menggunakan persamaan 3.3, persamaan 3.4 dan persamaan 3.5 dengan menggunakan contoh perhitungan pada benda uji BG-TM-1-1 sebagai berikut.

1. Nilai ΔL

$$\Delta L = \frac{\Delta L'}{2}\ x\ 10^3$$

$$\Delta L = \frac{3}{2}\ x\ 10^3$$

$$\Delta L = 0{,}0015 \text{ mm}$$

2. Nilai Regangan (ε)

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

$$\varepsilon = \frac{0{,}0015}{200}$$

$$\varepsilon = 0{,}0000075$$

3. Nilai Tegangan (σ)

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

$$\sigma = \frac{10000}{17760,71}$$

$$\sigma = 0,5630 \text{ MPa}$$

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, perhitungan tersebut merupakan pembebanan pada benda uji BG-TM-1-1 pada kondisi beban 10kN atau 10.000 N. Untuk menghitung pembebanan selanjutnya, dapat digunakan perhitungan yang sama hingga mencapai beban maksimum setiap pertambahan 10kN. Setelah didapatkan hasil perhitungan regangan dan tegangan, selanjutnya perlu dilakukan perhitungan nilai koreksi pada regangan. Berdasarkan persamaan 3.5 nilai σ2 (tegangan 2) diperoleh berdasarkan kondisi 40% dari *f'c* maksimum. Sedangkan, nilai σ1 (tegangan 1) diperoleh berdasarkan garis yang kemiringannya lurus dengan garis tegangan 2. Adapun nilai ε2 (regangan 2) dan ε1 (regangan 1) merupakan nilai regangan yang terjadi pada kondisi tegangan 2 dan tegangan 1 secara berturut-turut. Berdasarkan hasil kondisi yang diperoleh, didapatkan nilai tegangan 2, tegangan 1, regangan 2 dan regangan 1 sehingga dapat dilakukan perhitungan nilai terkoreksi dengan perhitungan sebagai berikut.

$$\frac{\sigma 2 \ - \ \sigma 1}{\varepsilon 2 \ - \ \varepsilon 1} = \left(\frac{\sigma 2}{\varepsilon 2 \ \pm \ x}\right)$$

$$\frac{16,8912 - 14,6391}{0,0009600 - 0,0008225} = \frac{16,8912}{0,0009600 \pm x}$$

$$16379,36 = \frac{16,8912}{0,0009600 \pm x}$$

$$x = 0,000071$$

Setelah didapatkan nilai koreksi, selanjutnya dilakukan perhitungan untuk regangan terkoreksi, dengan perhitungan sebagai berikut.

Regangan terkoreksi = 0,0000075+0,000071

= 0,0000788

Dengan menggunakan perhitungan yang sama, dapat dilakukan pada semua regangan yang terjadi setiap penambahan beban sebesar 10kN hingga mencapai beban maksimum. Adapun rekapitulasi hasil perhitungan yang telah dilakukan terdapat pada Tabel 5.27 berikut.

Tabel 5.27 Hasil Perhitungan Tegangan-Regangan Beton pada Benda Uji BG-TM-1-1

Beban		ΔL (mm)	Regangan ($\Delta L/L_o$)	Tegangan (Mpa)	Reg.Terkoreksi
(kN)	(N)				
10	10000	0,0015	0,0000075	0,5630	0,0000788
20	20000	0,0060	0,0000300	1,1261	0,0001013
30	30000	0,0130	0,0000650	1,6891	0,0001363
40	40000	0,0195	0,0000975	2,2522	0,0001688
50	50000	0,0260	0,0001300	2,8152	0,0002013
60	60000	0,0330	0,0001650	3,3782	0,0002363
70	70000	0,0390	0,0001950	3,9413	0,0002663
80	80000	0,0465	0,0002325	4,5043	0,0003038
90	90000	0,0520	0,0002600	5,0674	0,0003313
100	100000	0,0595	0,0002975	5,6304	0,0003688
110	110000	0,0670	0,0003350	6,1934	0,0004063
120	120000	0,0725	0,0003625	6,7565	0,0004338
130	130000	0,0795	0,0003975	7,3195	0,0004688
140	140000	0,0855	0,0004275	7,8826	0,0004988
150	150000	0,0915	0,0004575	8,4456	0,0005288
160	160000	0,0980	0,0004900	9,0086	0,0005613
170	170000	0,1050	0,0005250	9,5717	0,0005963
180	180000	0,1110	0,0005550	10,1347	0,0006263
190	190000	0,1190	0,0005950	10,6978	0,0006663
200	200000	0,1245	0,0006225	11,2608	0,0006938
210	210000	0,1315	0,0006575	11,8238	0,0007288
220	220000	0,1375	0,0006875	12,3869	0,0007588
230	230000	0,1450	0,0007250	12,9499	0,0007963
240	240000	0,1520	0,0007600	13,5130	0,0008313
250	250000	0,1575	0,0007875	14,0760	0,0008588
260	260000	0,1645	0,0008225	14,6391	0,0008938
270	270000	0,1710	0,0008550	15,2021	0,0009263
280	280000	0,1790	0,0008950	15,7651	0,0009663
290	290000	0,1850	0,0009250	16,3282	0,0009963
300	300000	0,1920	0,0009600	16,8912	0,0010313
310	310000	0,1985	0,0009925	17,4543	0,0010638
320	320000	0,2065	0,0010325	18,0173	0,0011038

Lanjutan Tabel 5.27 Hasil Perhitungan Tegangan-Regangan Beton pada Benda Uji BG-TM-1-1

Beban		ΔL (mm)	Regangan ($\Delta L/L_o$)	Tegangan (Mpa)	Reg.Terkoreksi
(kN)	(N)				
330	330000	0,2140	0,0010700	18,5803	0,0011413
340	340000	0,2200	0,0011000	19,1434	0,0011713
350	350000	0,2270	0,0011350	19,7064	0,0012063
360	360000	0,2340	0,0011700	20,2695	0,0012413
370	370000	0,2415	0,0012075	20,8325	0,0012788
380	380000	0,2485	0,0012425	21,3955	0,0013138
390	390000	0,2555	0,0012775	21,9586	0,0013488
400	400000	0,2630	0,0013150	22,5216	0,0013863
410	410000	0,2700	0,0013500	23,0847	0,0014213
420	420000	0,2775	0,0013875	23,6477	0,0014588
430	430000	0,2840	0,0014200	24,2107	0,0014913
440	440000	0,2925	0,0014625	24,7738	0,0015338
450	450000	0,3005	0,0015025	25,3368	0,0015738
460	460000	0,3080	0,0015400	25,8999	0,0016113
470	470000	0,3155	0,0015775	26,4629	0,0016488
480	480000	0,3220	0,0016100	27,0259	0,0016813
490	490000	0,3310	0,0016550	27,5890	0,0017263
500	500000	0,3385	0,0016925	28,1520	0,0017638
510	510000	0,3455	0,0017275	28,7151	0,0017988
520	520000	0,3535	0,0017675	29,2781	0,0018388
530	530000	0,3605	0,0018025	29,8411	0,0018738
540	540000	0,3695	0,0018475	30,4042	0,0019188
550	550000	0,3765	0,0018825	30,9672	0,0019538
560	560000	0,3845	0,0019225	31,5303	0,0019938
570	570000	0,3920	0,0019600	32,0933	0,0020313
580	580000	0,4010	0,0020050	32,6563	0,0020763
590	590000	0,4090	0,0020450	33,2194	0,0021163
600	600000	0,4165	0,0020825	33,7824	0,0021538
610	610000	0,4255	0,0021275	34,3455	0,0021988
620	620000	0,4330	0,0021650	34,9085	0,0022363
630	630000	0,4420	0,0022100	35,4715	0,0022813
640	640000	0,4495	0,0022475	36,0346	0,0023188
650	650000	0,4580	0,0022900	36,5976	0,0023613
660	660000	0,4665	0,0023325	37,1607	0,0024038
670	670000	0,4755	0,0023775	37,7237	0,0024488
680	680000	0,4845	0,0024225	38,2867	0,0024938
690	690000	0,4945	0,0024725	38,8498	0,0025438
700	700000	0,5040	0,0025200	39,4128	0,0025913

Beban		ΔL	Regangan	Tegangan	Reg.Terkoreksi
(kN)	(N)	(mm)	(ΔL/L$_o$)	(Mpa)	
710	710000	0,5130	0,0025650	39,9759	0,0026363
720	720000	0,5225	0,0026125	40,5389	0,0026838
730	730000	0,5340	0,0026700	41,1020	0,0027413
740	740000	0,5470	0,0027350	41,6650	0,0028063
750	750000	0,5640	0,0028200	42,2280	0,0028913
753,1	753100	0,5750	0,0028750	42,4026	0,0029463
750	750000	0,5820	0,0029100	42,2280	0,0029813
740	740000	0,5900	0,0029500	41,6650	0,0030213
730	730000	0,5945	0,0029725	41,1020	0,0030438
720	720000	0,5975	0,0029875	40,5389	0,0030588
710	710000	0,6005	0,0030025	39,9759	0,0030738
700	700000	0,6015	0,0030075	39,4128	0,0030788
690	690000	0,6045	0,0030225	38,8498	0,0030938
680	680000	0,6050	0,0030250	38,2867	0,0030963
670	670000	0,6055	0,0030275	37,7237	0,0030988
660	660000	0,6060	0,0030300	37,1607	0,0031013
650	650000	0,6070	0,0030350	36,5976	0,0031063

Keterangan:

:Kondisi tegangan dan regangan 2

:Kondisi tegangan dan regangan maksimum

:Kondisi tegangan dan regangan 1

Berdasarkan Tabel 5.25, didapatkan grafik nilai tegangan-regangan pada beton geopolimer. Grafik nilai tegangan-regangan terbagi menjadi beberapa zona, yaitu zona elastis dan zona plastis. Zona elastis merupakan zona yang memiliki kondisi linier hingga mencapai 40% dari *f'c* maksimumnya. Sedangkan zona plastis dimulai dari kondisi 40% dari *f'c* maksimum hingga beton mencapai keretakan yang didapatkan. Sedangkan untuk grafik modulus elastisitas sampel lainnya dapat dilihat pada Lampiran 6.

Berdasarkan persamaan 3.3 dan persamaan 3.4 sebelumnya, maka dapat diperoleh nilai modulus elastisitas percobaan ketika tegangan dan regangan berada pada kondisi 40% dari beban maksimum yang diperoleh. Selain itu, diperoleh nilai modulus elastisitas dari SNI 2847-2019 dan nilai modulus elastistisitas beton geopolimer berdasarkan persamaan (Tempest, 2010) yang didapatkan berdasarkan kuat tekan beton yang dihasilkan. Untuk mengetahui nilai modulus percobaan dan

modulus empiris, dilakukan perhitungan menggunakan persamaan 3.3, persamaan 3.4 dan persamaan 3.5 sebagai berikut.

$E_{percobaan} = \frac{16,8912}{0,00096}$

$= 17595,01$ MPa

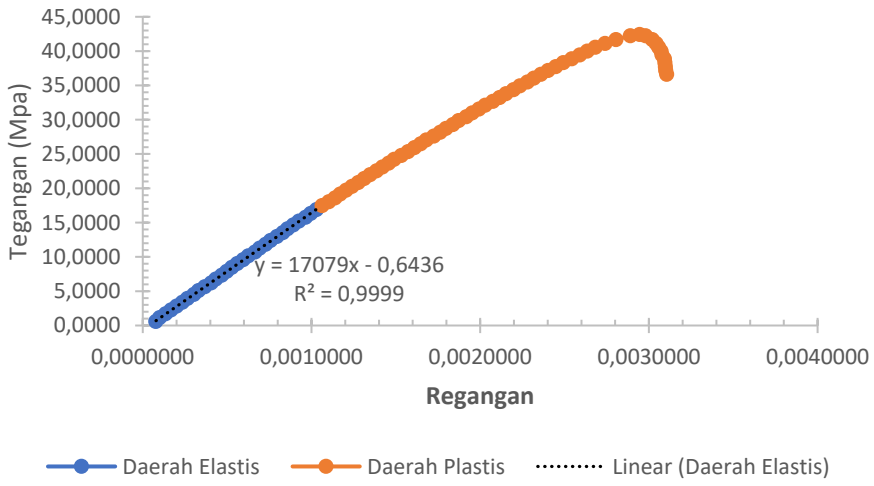
$E_{empiris\ SNI\ 2847\ (2019)} = 4700\sqrt{42,40}$

$= 30605,11$ MPa

$E_{empiris\ Tempest\ (2010)} = 3421\sqrt{42,40}$

$= 22276,61$ MPa

Berdasarkan perhitungan yang sama, dapat diperoleh modulus elastisitas percobaan dan modulus elastisitas empiris pada setiap benda uji yang dilakukan. Selanjutnya diperoleh grafik nilai tegangan-regangan pada benda uji BG-TM-1-1 yang terdapat pada Gambar 5.22 berikut.



Gambar 5.22 Grafik Modulus Elastisitas Beton Sampel 1 Metode Pemanasan Suhu 80° Celcius

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, didapatkan nilai modulus elastisitas percobaan pada benda uji BG-TM-1-1 sebesar 17595,01 MPa. Selain itu, diperoleh nilai modulus elastisitas empiris SNI 2847 (2019) sebesar 30605,11 MPa dan nilai modulus elastisitas empiris menurut persamaan (Tempest, 2010) sebesar 22276,61MPa. Rekapitulasi nilai modulus elastisitas percobaan dan empiris terdapat pada Tabel 5.28 berikut.

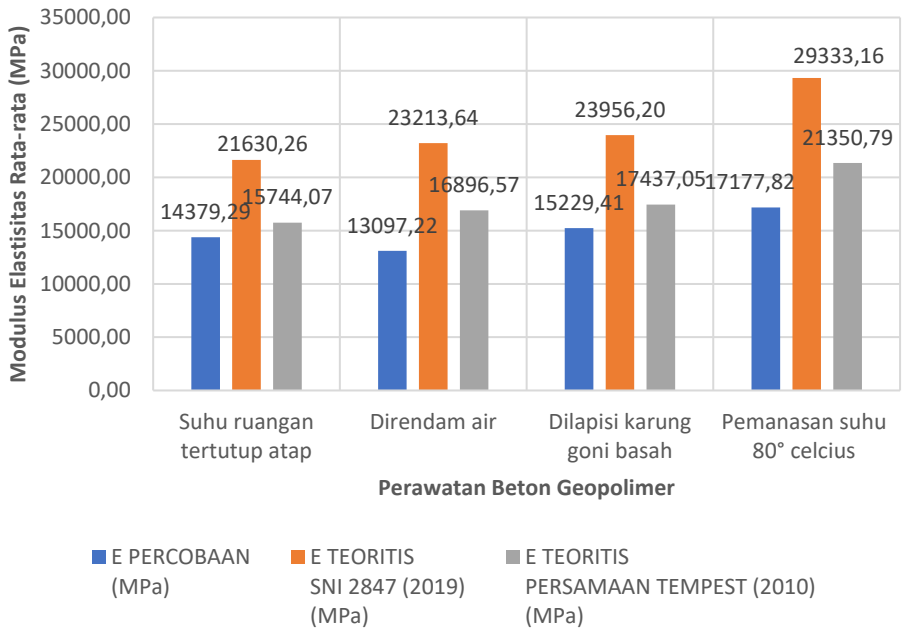
Tabel 5.28 Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Beton Geopolimer

Metode Perawatan	Kode Silinder	Kuat Tekan Beton (MPa)	Modulus Elastisitas Percobaan (MPa)		Modulus Elastisitas Empiris SNI 2847 2019 (MPa)		Modulus Elastisitas Empiris Tempest, dkk. (MPa)	
Pemanasan suhu 80 derajat celcius	BG-TM-1-1	42,40	17595,01	17177,82	30605,11	29333,16	22276,61	21350,79
	BG-TM-1-2	38,90	15578,29		29312,29		21335,60	
	BG-TM-1-3	39,90	18025,63		29688,13		21609,17	
	BG-TM-1-4	35,35	17252,73		27943,23		20339,10	
	BG-TM-1-5	38,38	17437,45		29117,04		21193,49	
Suhu ruangan tertutup atap	BG-TM-2-1	23,94	13814,07	14379,29	22997,02	21630,26	16738,90	15744,07
	BG-TM-2-2	19,50	11662,69		20752,47		15105,15	
	BG-TM-2-3	18,20	14580,77		20048,80		14592,97	
	BG-TM-2-4	20,62	16195,91		21342,79		15534,83	
	BG-TM-2-5	23,97	15643,01		23010,20		16748,49	

Lanjutan Tabel 5.28 Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Beton Geopolimer

Metode Perawatan	Kode Silinder	Kuat Tekan Beton (MPa)	Modulus Elastisitas Percobaan (MPa)		Modulus Elastisitas Empiris SNI 2847 2019 (MPa)		Modulus Elastisitas Empiris Tempest, dkk. (MPa)	
Direndam air	BG-TM-3-1	25,35	14041,43	13097,22	23665,77	23213,64	17225,66	16896,57
	BG-TM-3-2	25,39	9825,02		23681,23		17236,91	
	BG-TM-3-3	22,83	13590,06		22458,34		16346,80	
	BG-TM-3-4	23,12	16230,82		22599,53		16449,57	
	BG-TM-3-5	25,35	11798,76		23663,34		17223,89	
Dilapisi karung goni basah	BG-TM-4-1	22,35	16010,09	15229,41	22218,89	23956,20	16172,52	17437,05
	BG-TM-4-2	24,57	15450,02		23295,44		16956,11	
	BG-TM-4-3	28,72	13174,92		25186,41		18332,49	
	BG-TM-4-4	26,21	15446,81		24063,17		17514,92	
	BG-TM-4-5	28,33	16065,21		25017,07		18209,23	

Berdasarkan Tabel 5.28 di atas, didapatkan diagram histogram untuk perbandingan antara nilai modulus percobaan yang dihasilkan dengan modulus empiris yang didapatkan pada Gambar 5.23 berikut.



Gambar 5.23 Grafik Histogram Modulus Elastisitas Beton Geopolimer

Berdasarkan hasil kuat tekan dan modulus elastisitas beton geopolimer yang dilakukan, dapat diketahui bahwa nilai modulus percobaan dan modulus rumus empiris yang dihasilkan memiliki selisih yang sangat besar jika mengacu pada SNI 2847-2019. Nilai yang disyaratkan pada SNI 2847 2019 Pasal 19.2.2.1 menyatakan bahwa nilai persentase modulus elastisitas yang dihasilkan maksimal sebesar 20%. Berikut merupakan contoh hasil perhitungan dari rasio modulus elastisitas percobaan dibandingkan dengan modulus elastisitas menggunakan rumus empiris.

1. Rasio modulus elastisitas percobaan rata-rata dengan modulus elastisitas empiris SNI 2847 (2019) rata-rata pada metode perawatan suhu ruangan tertutup atap.

$$\%Mod = \left|\frac{Percobaan - Empiris\ SNI\ 2847\ (2019)}{Empiris\ SNI\ 2847\ (2019)}\right|$$

$$\%Mod = \left|\frac{14379{,}29 - 21630{,}26}{21630{,}26}\right|$$

$$\%Mod = 33{,}52\%$$

2. Rasio modulus elastisitas percobaan dengan modulus elastisitas empiris Persamaan Tempest (2010).

$$\%Mod = \left|\frac{Percobaan - Empiris\ Tempest\ (2010)}{Empiris\ Tempest\ (2010)}\right|$$

$$\%Mod = \left|\frac{14379{,}29 - 15744{,}07}{15744{,}07}\right|$$

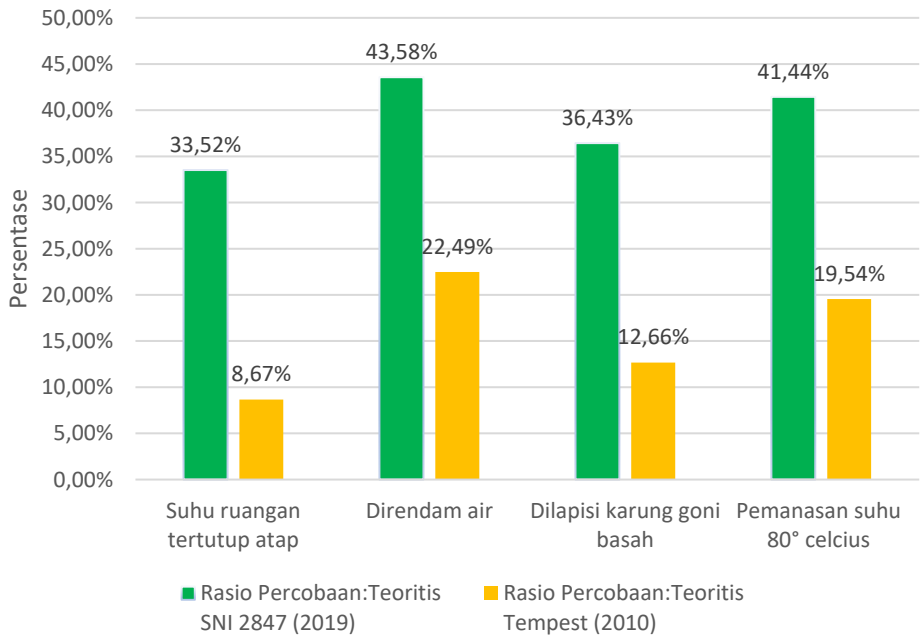
$$\%Mod = 8{,}67\%$$

Berbagai analisis hasil perhitungan yang telah dilakukan, diperoleh hasil perhitungan antara suhu dengan selisih dari percobaan dan empiris yang telah dilakukan. Rekapitulasi suhu dan selisih modulus percobaan dan empiris terdapat pada Tabel 5.28 berikut.

Tabel 5.29 Rekapitulasi Suhu dan Selisih Modulus Percobaan dan Empiris

Metode Perawatan	**Suhu**	**RASIO** $\frac{E\ percobaan}{E\ Teoritis\ SNI\ 2847\ 2019}$	**RASIO** $\frac{Epercobaan}{E\ Teoritis\ Tempest}$
Suhu ruangan tertutup atap	26,10	33,52%	8,67%
Direndam air	22,20	43,58%	22,49%
Dilapisi karung goni basah	23,80	36,43%	12,66%
Pemanasan suhu 80°Celcius	80,00	41,44%	19,54%

Berdasarkan Tabel 5.28 sebelumnya, diperoleh grafik histogram selisih persentase yang didapatkan pada Gambar 5.16 berikut.



Gambar 5.24 Rasio Modulus Percobaan dan Modulus Empiris

Berdasarkan Gambar 5.24, rasio tertinggi pada perawatan suhu ruang dengan nilai rasio antara percobaan dengan empiris menurut SNI 2847 (2019) sebesar 43,58% dan rasio antara percobaan dengan empiris menurut persamaan tempest (2010) sebesar 22,49%. Berdasarkan hasil yang telah didapatkan, perlakuan beton geopolimer tidak relevan jika menggunakan rumus persamaan SNI 2847 (2019) karena semua variasi perawatan memiliki rasio lebih dari 20% yang disyaratkan. Sedangkan, rasio yang digunakan pada persamaan *tempest* nilai rasio memiliki nilai kurang dari 20% pada perawatan suhu ruangan tertutup atap, dilapisi karung goni dan pemanasan dengan suhu 80 derajat celcius. Akan tetapi, pada perawatan suhu ruangan memiliki nilai rasio sebesar 22,49%, sehingga perlu adanya pendekatan empiris dengan membuat persamaan baru untuk rumus empiris nilai modulus elastisitas pada beton geopolimer (Khalifah, 2024). Adapun pengujian modulus elastisitas yang dilakukan terdapat pada Gambar 5.25 berikut.



Gambar 5.25 Pengujian Modulus Elastisitas Beton Geopolimer menggunakan Ekstensiometer dan Mesin Tekan

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan pada setiap perawatan beton geopolimer, didapatkan bahwa penelitian tersebut tidak relevan jika menggunakan persamaan rumus modulus elastisitas yang terdapat dalam SNI 2847-2019, karena rumus empiris modulus elastisitas beton normal memiliki nilai relatif yang lebih tinggi dari 20% yang disyaratkan berdasarkan SNI 2847-2019.

BAB VI
KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai beberapa variasi perawatan yang dilakukan padabeton geopolimer, diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Variasi perawatan beton geopolimer terhadap kuat tekan memiliki pengaruh terhadap suhu perawatan yang digunakan, semakin tinggi suhu perawatan yang digunakan, maka kekuatan tekan beton yang dihasilkan semakin tinggi. Kuat tarik belah beton memiliki hubungan terhadap kuat tekan beton dan suhu yang dilakukan pada perawatan. Semakin tinggi suhu yang digunakan, maka kekuatan tarik belah yang didapatkan semakin tinggi selaras dengan kekuatan tekan beton yang dihasilkan. Selain itu pada pengujian modulus elastisitas beton, variasi perawatan memiliki pengaruh terhadap hasil pengujian yang telah dilakukan. Hasil pengujian modulus elastisitas percobaan yang didapatkan memiliki nilai yang relatif kecil. Perbandingan rasio percobaan dan empiris dengan SNI 2847-2019 tidak relevan untuk beton geopolimer, sehingga digunakan rasio percobaan dengan empiris menggunakan persamaan (Tempest, 2010) yang memiliki persentase mendekati nilai 20% dari persyaratan modulus elastisitas pada SNI 2847-2019.
2. Perawatan beton geopolimer yang optimum terhadap kuat tekan dan modulus elastisitas beton, serta kuat tarik belah beton terdapat pada metode dengan pemanasan pada suhu 80 º celcius. Metode perawatan yang dilakukan, memiliki kuat tekan rata-rata sebesar 38,99 MPa, dengan nilai modulus elastisitas percobaan sebesar 15229,41 MPa. Selain itu, kuat tarik belah rata-rata diperoleh sebesar 2,33 MPa dengan persentase terhadap kuat tekan beton rata-rata sebesar 5,98%.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, beberapa poin yang bisa dijadikan sebagai saran untuk penelitian kedepannya, mengenai pengaruh variasi perawatan beton pada sifat karakteristik beton adalah sebagai berikut.

1. Perlu melakukan penelitian menggunakan koefisien molaritas yang lebih dari 10M terhadap kuat tekan, kuat tarik belah serta modulus elastisitas beton yang digunakan.
2. Perawatan yang dilakukan perlu diseragamkan pada saat proses polimerisasi beton yang dilakukan.
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai persamaan kuat tarik belah beton pada karakteristik beton geopolimer.
4. Perlu dilakukan penelitian mengenai hubungan perawatan beton dengan umur beton, untuk mengetahui keefektifan dari proses polimerisasi senyawa terhadap durasi umur beton yang dihasilkan.
5. Kuat tekan rencana dapat dibuat lebih dari 25 MPa, sehingga dapat terjadi kemungkinan tercapai beton mutu tinggi lebih dari 41,4 MPa.

DAFTAR PUSTAKA

Ageng, J.P. (2021) *Pengaruh Variasi Molaritas Natrium Hidroksida Terhadap Performa Tensile Strength Beton Geopolimer Berbasis High-Calcium Fly Ash*. Thesis. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Akbar, M.K. (2022) *PENGARUH VARIASI KADAR BAHAN TAMBAH WATERPROOFING DAMDEX TERHADAP KUAT TEKAN DAN ABSORPSI BETON*. Universitas Islam Indonesia.

ASTM C618-12a (2014) *Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete1*, *ASTM International*. ASTM International: ASTM International.

Davidovits, J., (1997) *Green Chemistry and Sustainable Development Solutions*. France.

Davidovits, J., (2005) *Green Chemistry and Sustainable Development Solutions* . French.

Ekaputri, J.J., Junaedi, S. and Wijaya (2017) 'Effect of Curing Temperature and Fiber on Metakaolin Based Geopolymer', *Procedia Engineering* [Preprint].

Ekaputri, J.Jaya., Triwulan and Damayanti, O. (2007) 'Sifat Mekanik Beton Geopolimer Berbahan Dasar Fly Ash Jawa Power Paiton Sebagai Material Alternatif', *Jurnal PONDASI*, 2.

Hardjito, D. and Fung, S.S. (2010) ' Fly Ash-Based Geopolymer Mortar Incorporating Bottom Ash ', *Modern Applied Science*, 4.

Hardjito, D., and Rangan, B. V. (2005) 'Development and properties of low-calcium fly ash-based geopolymer concrete', *Research report GC.* [Preprint].

Hardjito, D. and Rangan, B.V. (2005) *DEVELOPMENT AND PROPERTIES OFLOW-CALCIUM FLY ASH-BASEDGEOPOLYMER CONCRETE*. Perth.

Ilmiah, R. (2017) *Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi Sebagai Pozzolan Pada Binder Geopolimer Menggunakan Alkali Aktivator Sodium Silikat (Na2SiO3) Serta Sodium Hidroksida (NaOH)*. Institut Teknologi Sepuluh November.

Joseph, B., and Mathew, G. (2012) ' Influence of aggregate content on the behavior of fly ash based geopolymer concrete', *Scientia Iranica*, pp. 1188–1194.

Khalifah, A.A. (2024) *PENGARUH ABU SEKAM PADI SEBAGAI SUBSTITUSI FLY ASH TERHADAP SIFAT MEKANIK BETON GEOPOLIMER* . Universitas Islam Indonesia.

Koelima, A.N.G., Erfan, M. and Sunarwadi, H.S.W. (2023) 'Studi Eksperimen Perawatan Beton Geopolimer Mutu F'c 35 Mpa Terhadap Kuat Tekan Beton', *Institut Teknologi Nasional Malang* [Preprint].

Lairenz, K.N. *et al.* (2019) 'PENGARUH KOMPOSISI ALKALI ACTIVATOR DAN URUTAN PENYAMPURAN TERHADAP KARAKTERISTIK MORTAR GEOPOLIMER HIGH CALCIUM FLY ASH ', *Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipil*, 8(1).

Lisantono, A. and Purnandani, Y. (2010) 'Pengaruh Penambahan Kapur Padam Terhadap Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas Beton Geopolymer', *Konferensi Nasional Teknik Sipil 4 (KoNTekS 4)* [Preprint].

Lucy Rodgers (2018) 'Perubahan iklim: Inilah penghasil emisi CO2 terbesar yang mungkin tak Anda sadari', *BBC News*, 17 December. Available at: https://www.bbc.com/indonesia/majalah-46591036 (Accessed: 1 August 2024).

Mulyono, Tri., Ir.M.T. (2003) *Teknologi Beton*. Edited by -. Jakarta: Penerbit ANDI.

Nugraha, P. and Antoni (2007) *TEKNOLOGI BETON dari Material, Pembuatan, ke Beton Kinerja Tinggi*. Edited by Fl.Sigit. Suyantoro. Surabaya: CV ANDI OFFSET (Penerbit Andi).

Nurchasanah, Y., Renaningsih and Listyawan, A.Budi. (2012) *PEMANFAAT POZOLAN ALAM SEBAGAI BAHAN BAKU DALAM REKAYASA TEKNOLOGI BETON DI KABUPATEN PACITAN* . Surakarta.

Panjaitan, P.E. and Herlina, L. (2020) 'Review Faktor - Faktor Yang Mempengaruhi Karakteristik Kuat Tekan Beton Geopolimer', *Jurnal Rekayasa Konstruksi Mekanika Sipil (JRKMS)*, 03.

Perera, D. *et al.* (2007) 'Influence of curing schedule on the integrity of Geopolymers.', *Journal of materials science*, 9, pp. 3099–3106.

Rattanasak, U. and Chindaprasirt, P. (2009) 'Influence of NaOH solution on the synthesis of fly ash geopolymer', *Minerals Engineering*, 22(12), pp. 1073–1078. Available at: https://doi.org/10.1016/J.MINENG.2009.03.022.

Ridwan, M. (2018) *KARAKTERISTIK BETON GEOPOLIMER MENGGUNAKAN LIMBAH FLY ASH PLTU TANJUNG JATI B JEPARA (CHARACTERISTIC OF GEOPOLYMER CONCRETE*

USING FLY ASH WASTE FROM PLTU TANJUNG JATI B JEPARA). Universitas Islam Indonesia.

Risdanareni, P., Ekaputri, J.J. and Triwulan (2015) 'The Influence of Alkali Activator Concentration to Mechanical Propertiesof Geopolymer Concrete with Trass as a Filler', *Materials Science Forum* , 803, pp. 125–134.

Samsudin and Hartyanto, S.Dwi. (2017) 'Studi Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi Terhadap Kuat Tekan Beton', *Jurnal TeknikA*, 9(2), pp. 929–935.

Sari, A.N. (2020) *Analisis Kuat Tarik Belah dan Porositas Beton Geopolimer Memadat Mandiri Berbasis Fly Ash Dengan Substitusi Parsial Abu Sekam Padi*. Universitas Sebelas Maret.

Setiawan, A. (2016) *Perancangan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847:2013*. 1st edn. Edited by L. Simarmata. Jakarta: Penerbit Erlangga.

SNI 1972 (2008) *Cara Uji Slump Beton*, *Badan Standardisasi Nasional*. Indonesia.

SNI 1974 (2011) *Cara Uji Kuat Tekan Beton Silinder*, *Badan Standardisasi Nasional*. Indonesia.

SNI 2491 (2002) *Metode Pengujian Kuat Tarik Belah Beton*, *Badan Standardisasi Nasional*. Indonesia.

SNI 2834 (2000) *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*, *Badan Standardisasi Nasional*. Indonesia.

SNI 2847 (2019) *Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan penjelasan (ACI 318M-14 dan ACI 318RM-14, MOD)*, *Badan Standardisasi Nasional*. Indonesia.

SNI 4169 (1996) *Metode Pengujian Modulus Elastisitas Statis dan Rasio Poison Beton Dengan Kompresor Ekstensometer*, *Badan Standardisasi Nasional*. Indonesia: Badan Standardisasi Nasional.

Sulasmi, S., Hasanbasri, M. and Rustamaji (2022) *INDENTIFIKASI DAMPAK INDUSTRI SEMEN YANG MERUGIKAN MASYARAKAT*.

Tempest, B. (2010) *Engineering characterization of waste derived geopolymer cement concrete for structural applications*. Dissertation.

Tjokrodimuljo, K. (2015) *Teknologi Bahan Bangunan*. 1st edn. Yogyakarta: Biro Penerbit KMTS UGM.

Utomo, T. (2017) *ANALISA KUAT TEKAN BETON GEOPOLIMER DENGAN BAHAN ALTERNATIF ABU SEKAM PADI DAN KAPUR PADAM*. Universitas Muhammadiyah Purworejo.

Vijai, K., Kumutha, R. and Vishnuram, B. (2010) ‘Effect of types of curing on strength of geopolymer concrete’, *Journal of Physical Sciences*, 5, pp. 1419–1423.

Wardani, S.P.R. (2008) *PIDATO PENGUKUHAN GURU BESAR: PEMANFAATAN LIMBAH BATUBARA (FLY ASH) UNTUK STABILISASI TANAH MAUPUN KEPERLUAN TEKNIK SIPIL LAINNYA DALAM MENGURANGI PENCEMARAN LINGKUNGAN* . Semarang.

Wibowo, Y.N. (2015) *PERFORMA BETON GEOPOLIMER BERBASIS HIGH-CALCIUM FLY ASH DENGAN VARIASI MOLARITAS NaOH UNTUK IMPLEMENTASI DI LINGKUNGAN KLORIDA* . Institut Teknologi Sepuluh November .

Wibowo, Y.N. (2020) *PERFORMA BETON GEOPOLIMER BERBASIS HIGH-CALCIUM FLY ASH DENGAN VARIASI MOLARITAS NaOH UNTUK IMPLEMENTASI DI LINGKUNGAN KLORIDA*. Institut Teknologi Sepuluh November.

Yanwardhana, E. (2021) ‘Begini Fakta-Fakta Over Produksi Pabrik Semen di RI’, *CNBC Indonesia*, 3 September. Available at: https://www.cnbcindonesia.com/news/20210903192331-4-273577/begini-fakta-fakta-over-produksi-pabrik-semen-di-ri (Accessed: 1 August 2024).

Yunsheng, Z. *et al.* (2007) ‘Synthesis and heavy metal immobilization behaviors of slag based geopolymer’, *Journal of Hazardous Materials*, 1, pp. 206–213.

LAMPIRAN

LAMPIRAN 1

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN

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

Nomor : 030/Sek. Prodi PSTS/20/TA/II/2024
Hal : **Permohonan Izin Pemakaian Laboratorium**

Kepada Yth:
Kepala Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik
Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia

Assalamu'alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh,

Yang bertanda tangan di bawah ini:

NAMA	:	**Muhammad Farrel Ghiffary**
NIM	:	**20511075**
JUDUL TUGAS AKHIR	:	**Pengaruh Variasi Perawatan Terhadap Sifat Mekanik Beton Geopolimer Berbasis Abu Sekam Padi Dan Fly Ash**
DOSEN PEMBIMBING	:	**Jafar, S.T., MURP., M.T.**

Sehubungan dengan Penelitian yang akan dilakukan untuk menyusun Tugas Akhir, maka melalui surat ini saya bermaksud mengajukan permohonan izin peminjamaan peralatan beserta fasilitas di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

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

Wassalamu'alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh.

Yogyakarta, 26 Februari 2024

Sek. Prodi Teknik Sipil – Program Sarjana,

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN YOGYAKARTA

Dinia Anggraheni, S.T., M. Eng

Dosen Pembimbing Tugas Akhir,

Jafar, S.T., MURP., M.T.

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

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

SURAT KETERANGAN BEBAS TANGGUNGAN LABORATORIUM

Nomor : 89/Ka.Lab/60/LBKT/VIII/2024

Bismillahirrohmaanirrohiim

Yang bertandatangan dibawah ini :

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

Dengan ini menerangkan bahwa :

Nama	: MUHAMMAD FARREL GHIFFARY
N I M	: 20511075
Program Studi	: S1 Teknik Sipil
Dosen Pembimbing TA	: Jafar, S.T., MURP., M.T.
Instansi	: Universitas Islam Indonesia

Telah melaksanakan penelitian / Tugas Akhir di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia dengan judul Tugas Akhir **"PENGARUH VARIASI PERAWATAN TERHADAP SIFAT MEKANIK BETON GEOPOLIMER BERBASIS ABU SEKAM PADI DAN FLY ASH"** serta sudah menyelesaikan semua administrasinya*).

Demikian surat keterangan ini dibuat semoga bisa digunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 09 Agustus 2024

Diperiksa oleh :
Kepala Laboratorium BKT,

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

Di data oleh :
PLP/Teknisi

Zahwa Innahosa Puty Pramadi, S.Tr.T

Disahkan oleh :
Manajer Lab. Jurusan Teknik Sipil

Ir. Berlian Kushari, S.T., M.Eng., IPM., ASEAN Eng.

*) Nota/Kwitansi terlampir

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

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

SURAT KETERANGAN BEBAS TANGGUNGAN LABORATORIUM

Nomor : 89/Ka.Lab/60/LBKT/VIII/2024

Bismillahirrohmaanirrohiim

Yang bertandatangan dibawah ini :

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

Dengan ini menerangkan bahwa :

Nama	: MUHAMMAD FARREL GHIFFARY
N I M	: 20511075
Program Studi	: S1 Teknik Sipil
Dosen Pembimbing TA	: Jafar, S.T., MURP., M.T.
Instansi	: Universitas Islam Indonesia

Telah melaksanakan penelitian / Tugas Akhir di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia dengan judul Tugas Akhir **"PENGARUH VARIASI PERAWATAN TERHADAP SIFAT MEKANIK BETON GEOPOLIMER BERBASIS ABU SEKAM PADI DAN FLY ASH"** serta sudah menyelesaikan semua administrasinya*).

Demikian surat keterangan ini dibuat semoga bisa digunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 09 Agustus 2024

Diperiksa oleh :
Kepala Laboratorium BKT,

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

Di data oleh :
PLP/Teknisi

Zahwa Imnahosa Puty Pramadi, S.Tr.T

Disahkan oleh :
Manajer Lab. Jurusan Teknik Sipil

Ir. Berlian Kushari, S.T., M.Eng., IPM., ASEAN Eng.

*) Nota/Kwitansi terlampir

LAMPIRAN 2

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

Nama Peneliti	Muhammad Farrel Ghiffary
NIM	20511075
Tanggal Pengujian	19 Juni 2024
Asal Pasir	Progo
Keperluan	Penelitian Tugas Akhir

Uraian	**Hasil Pengamatan**		**Satuan**
	Sampel 1	**Sampel 2**	
Berat pasir kering mutlak, gram (Bk)	487,00	486,00	gram
Berat pasir kondisi jenuh kering muka (SSD), gram	500	500	gram
Berat piknometer berisi pasir dan air, gram (Bt)	1161,00	1020,00	gram
Berat piknometer berisi air, gram (B)	859,00	718,00	gram
Berat Jenis Curah, Bk / (B+500-Bt)	2,46	2,45	gram
Berat Jenis jenuh kering muda (SSD), 500 / (B+500-Bt)	2,53	2,53	gram
Berat Jenis semu, Bk / (B+Bk-Bt)	2,63	2,64	gram
Penyerapan Air (500-Bk)/Bk x 100%	2,67	2,88	%

Keterangan:

- 500: Berat benda uji dalam kondisi jenuh kering muka, dalam gram

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

Nama Peneliti	Muhammad Farrel Ghiffary
NIM	20511075
Tanggal Pengujian	19 Juni 2024
Asal Kerikil	Progo
Keperluan	Penelitian Tugas Akhir

Uraian	**Hasil Pengamatan**		**Satuan**
	Sampel 1	**Sampel 2**	
Berat Kerikil kering mutlak (Bk)	4896,00	4895,00	gram
Berat kerikil Jenuh kering muka (Bj)	5000	5000	gram
Berat kerikil dalam air(Ba)	3045,00	3046,00	gram
Berat Jenis Curah BK/(BJ-Ba)	2,50	2,51	gram
Berat Jenis jenuh kering muda (SSD) Bj/ (Bj-Ba)	2,56	2,56	gram
Berat Jenis semu Bk/(Bk-Ba)	2,65	2,65	gram
Penyerapan Air (Bj-Bk)/Bk x 100%	2,12	2,15	%

Keterangan:

- 5000: Berat benda uji dalam kondisi jenuh kering muka, dalam gram

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

Nama Peneliti	Muhammad Farrel Ghiffary
NIM	20511075
Tanggal Pengujian	19 Juni 2024
Asal Pasir	Progo
Keperluan	Penelitian Tugas Akhir
Sampel	1

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40,00	0	0,00	0,00	100,00
20,00	0	0,00	0,00	100,00
10,00	0	0,00	0,00	100,00
4,80	3	0,15	0,15	99,85
2,40	218	10,91	11,06	88,94
1,20	385	19,27	30,33	69,67
0,60	597	29,88	60,21	39,79
0,30	497	24,87	85,09	14,91
0,15	237	11,86	96,95	3,05
Sisa	61	3,05	….	….
Jumlah	1998	100,00	283,78	

Modulus Halus Butir $= \frac{283,78}{100}$

$= \mathbf{2,83}$

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

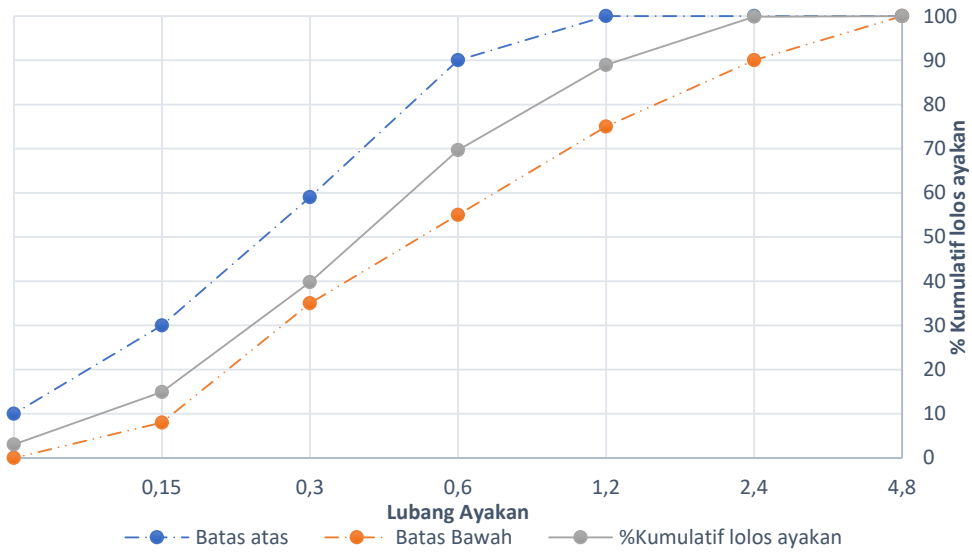
(Sumber: SNI 2834-2000)

Keterangan: Daerah I :Pasir Kasar Daerah III : Pasir Agak Halus
Daerah II :Pasir Agak Kasar Daerah IV : Pasir Halus

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

Hasil Analisa Saringan:

- Pasir masuk daerah : Daerah II
- Jenis Pasir : Pasir agak kasar



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

Nama Peneliti	Muhammad Farrel Ghiffary
NIM	20511075
Tanggal Pengujian	19 Juni 2024
Asal Pasir	Progo
Keperluan	Penelitian Tugas Akhir
Sampel	2

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40,00	0	0,00	0,00	100,00
20,00	0	0,00	0,00	100,00
10,00	0	0,00	0,00	100,00
4,80	0	0,00	0,00	100,00
2,40	157	7,85	7,85	92,15
1,20	343	17,16	25,01	74,99
0,60	649	32,47	57,48	42,52
0,30	550	27,51	84,99	15,01
0,15	238	11,91	96,90	3,10
Sisa	62	3,10	….	….
Jumlah	1999	100,00	272,24	

Modulus Halus Butir $= \frac{272,24}{100}$

$= \mathbf{2,72}$

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

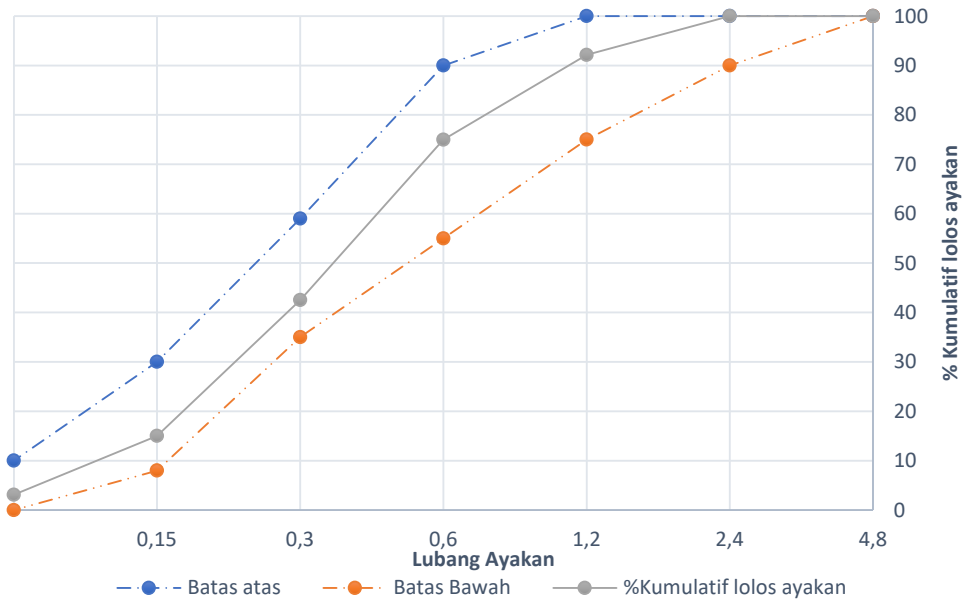
(Sumber: SNI 2834-2000)

Keterangan: Daerah I :Pasir Kasar Daerah III : Pasir Agak Halus
Daerah II :Pasir Agak Kasar Daerah IV : Pasir Halus

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

Hasil Analisa Saringan:

- Pasir masuk daerah : Daerah II
- Jenis Pasir : Pasir agak kasar



MODULUS HALUS BUTIR (MHB) / ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR (SNI 03-1968-1990)

Nama Peneliti	Muhammad Farrel Ghiffary
NIM	20511075
Tanggal Pengujian	19 Juni 2024
Asal Kerikil	Progo
Keperluan	Penelitian Tugas Akhir
Sampel	1

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40,00	0	0,00	0,00	100,00
20,00	42	0,84	0,84	99,16
10,00	3704	74,08	74,92	25,08
4,80	1204	24,08	99,00	1,00
2,40	0	0,00	99,00	1,00
1,20	0	0,00	99,00	1,00
0,60	0	0,00	99,00	1,00
0,30	0	0,00	99,00	1,00
0,15	0	0,00	99,00	1,00
Sisa	50	1,00	….	….
Jumlah	5000	100,00	669,7600	

Modulus Halus Butir $= \frac{669}{100}$

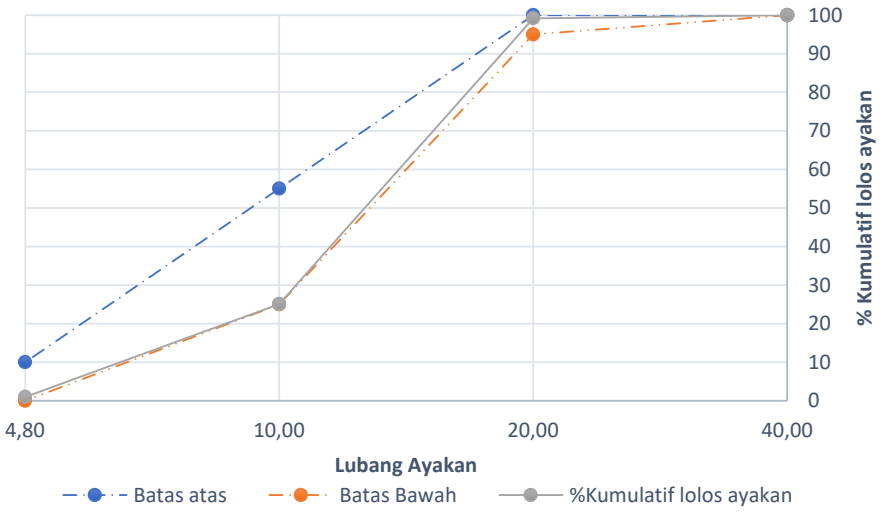
$= 6,69$

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

MODULUS HALUS BUTIR (MHB) / ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR
(SNI 03-1968-1990)

Hasil Analisa Saringan:

- Kerikil masuk gradasi : Gradasi 20mm
- Ukuran butir maksimum : 20mm



MODULUS HALUS BUTIR (MHB) / ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR (SNI 03-1968-1990)

Nama Peneliti	Muhammad Farrel Ghiffary
NIM	20511075
Tanggal Pengujian	19 Juni 2024
Asal Kerikil	Progo
Keperluan	Penelitian Tugas Akhir
Sampel	2

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40,00	0	0,00	0,00	100,00
20,00	44	0,88	0,88	99,12
10,00	3705	74,10	74,98	25,02
4,80	1100	22,00	96,98	3,02
2,40	53	1,06	98,04	1,96
1,20	16	0,32	98,36	1,64
0,60	0	0,00	98,36	1,64
0,30	0	0,00	98,36	1,64
0,15	0	0,00	98,36	1,64
Sisa	82	1,64	….	….
Jumlah	5000	100,00	664,3200	235,6800

Modulus Halus Butir $= \frac{6,64}{100}$

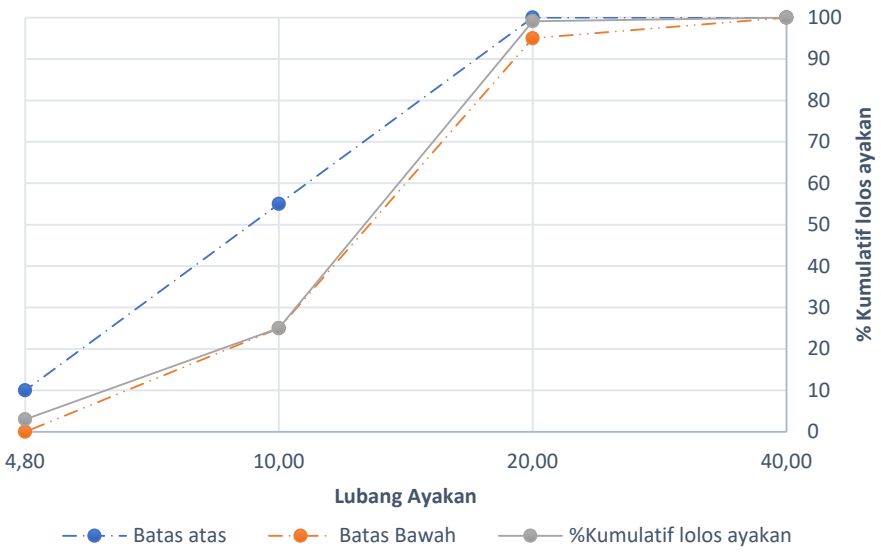
$= \mathbf{6,64}$

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

MODULUS HALUS BUTIR (MHB) / ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR
(SNI 03-1968-1990)

Hasil Analisa Saringan:

- Kerikil masuk gradasi : Gradasi 20mm
- Ukuran butir maksimum : 20mm



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

Nama Peneliti	Muhammad Farrel Ghiffary
NIM	20511075
Tanggal Pengujian	19 Juni 2024
Asal Pasir	Progo
Keperluan	Penelitian Tugas Akhir

Uraian	**Hasil Pengamatan**		**Satuan**
	Sampel 1	**Sampel 2**	
Berat Tabung (W1)	11345	10479	gram
Berat Tabung + Agregat SSD (W2)	18276	17593	gram
Berat Agregat (W3)	6931	7114	gram
Diameter Tabung (d)	15,00	15,09	cm
Tinggi Tabung (t)	30,00	30,29	cm
Volume Tabung (V)	5301,44	5420,10	cm^3
Berat Volume Gembur	1,3	1,3	$gram/cm^3$

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

Nama Peneliti	Muhammad Farrel Ghiffary
NIM	20511075
Tanggal Pengujian	19 Juni 2024
Asal Pasir	Progo
Keperluan	Penelitian Tugas Akhir

Uraian	**Hasil Pengamatan**		**Satuan**
	Sampel 1	**Sampel 2**	
Berat Tabung (W1)	11345	10479	gram
Berat Tabung + Agregat SSD (W2)	19587	19004	gram
Berat Agregat (W3)	8242	8525	gram
Diameter Tabung (d)	15,00	15,09	cm
Tinggi Tabung (t)	30,00	30,29	cm
Volume Tabung (V)	5301,44	5420,10	cm^3
Berat Volume Gembur	1,6	1,6	$gram/cm^3$

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

Nama Peneliti	Muhammad Farrel Ghiffary
NIM	20511075
Tanggal Pengujian	19 Juni 2024
Asal Kerikil	Progo
Keperluan	Penelitian Tugas Akhir

Uraian	**Hasil Pengamatan**		**Satuan**
	Sampel 1	**Sampel 2**	
Berat Tabung (W1)	11345	10479	gram
Berat Tabung + Agregat SSD (W2)	18518	17593	gram
Berat Agregat (W3)	7173	7114	gram
Diameter Tabung (d)	15,00	15,09	cm
Tinggi Tabung (t)	30,00	30,29	cm
Volume Tabung (V)	5301,44	5419,50	cm^3
Berat Volume Gembur	1,4	1,31	$gram/cm^3$

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

Nama Peneliti	Muhammad Farrel Ghiffary
NIM	20511075
Tanggal Pengujian	19 Juni 2024
Asal Kerikil	Progo
Keperluan	Penelitian Tugas Akhir

Uraian	**Hasil Pengamatan**		**Satuan**
	Sampel 1	**Sampel 2**	
Berat Tabung (W1)	11345	10479	gram
Berat Tabung + Agregat SSD (W2)	19472	18618	gram
Berat Agregat (W3)	8127	8139	gram
Diameter Tabung (d)	15,00	15,09	cm
Tinggi Tabung (t)	30,00	30,29	cm
Volume Tabung (V)	5301,44	5419,50	cm^3
Berat Volume Gembur	1,53	1,50	$gram/cm^3$

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

Nama Peneliti	Muhammad Farrel Ghiffary
NIM	20511075
Tanggal Pengujian	19 Juni 2024
Asal Kerikil	Progo
Keperluan	Penelitian Tugas Akhir

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

Uraian	Hasil Pengamatan		Satuan
	Sampel 1	Sampel 2	
Berat Agregat Kering Oven (W1)	500	500	gram
Berat Agregat Kering Oven setelah di cuci (W2)	491,0	489,0	gram
Berat yang Lolos Ayakan No. 200	1,8	2,2	%

LAMPIRAN 3

FORMULIR PERENCANAAN CAMPURAN BETON
METODE SNI
(SNI 2834-2000)

No	Uraian	Nilai	Satuan
1	Kuat tekan beton yang disyaratkan	25	Mpa
2	Standar Deviasi	-	-
3	Nilai Tambah / Margin (M)	12	Mpa
4	Kuat tekan beton rerata yang ditargetkan	37	
5	Jenis Semen	Tipe 1	
6	Jenis Agregat Kasar	batu pecah	
	Jenis Agregat Halus	Alami	
7	Faktor air semen bebas (Fas)	0,5	
	Faktor air semen maksimum	0,6	
8	FAS digunakan	0,5	
9	Slump	60-180	mm
10	Ukuran agregat maksimum	20	mm
11	Kadar air bebas	205	Kg/m^3
12	kadar semen	410,00	Kg/m^3
13	kadar semen maksimum	-	
14	Kadar semen minimum	325	Kg/m^3
15	Kadar semen digunakan	410,00	Kg/m^3
16	Fas disesuaikan	-	
17	Susunan besar butir agregat halus	Gradasi 2	
18	Berat jenis agregat kasar (SSD)	2,56	
	Berat jenis agregat halus (SSD)	2,53	
19	Persentase kadar agregat halus (SSD)	41,50%	%
20	Persentase kadar agregat kasar (SSD)	58,50%	%
21	Berat jenis agregat gabungan (SSD)	2,54	
22	Berat isi Beton	2318,75	Kg/m^3
23	Kadar agregat gabungan	1703,75	Kg/m^3
24	Kadar agregat halus	707,06	Kg/m^3
25	Kadar agregat kasar	996,69	Kg/m^3

LAMPIRAN 4

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

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

LAPORAN SEMENTARA PENGAMATAN UJI DESAK SILINDER BETON
(SNI 03-1974-1990)

Nama : Muhammad Farrel Ghiffary
NIM : 20511075

Kode Silinder	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Beban Maksimum (kN)	Waktu Pengujian (detik)	Kuat Tekan (MPa)
BG-TM-1-1	150,38	304,36	753,10	306,00	42,40
BG-TM-1-2	150,71	302,72	693,90	187,00	38,90
BG-TM-1-3	149,70	305,40	702,30	247,00	39,90
BG-TM-1-4	150,69	301,38	630,40	240,00	35,35
BG-TM-1-5	149,68	304,73	675,30	207,00	38,38
BG-TM-2-1	149,35	303,71	419,40	152,00	23,94
BG-TM-2-2	151,04	299,72	349,30	203,00	19,50
BG-TM-2-3	151,06	304,71	326,10	175,00	18,20
BG-TM-2-4	148,37	300,72	356,50	178,00	20,62
BG-TM-2-5	147,02	300,05	406,90	183,00	23,97

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

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

LAPORAN SEMENTARA PENGAMATAN UJI DESAK SILINDER BETON
(SNI 03-1974-1990)

Nama : **Muhammad Farrel Ghiffary**
NIM : **20511075**

Kode Silinder	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Beban Maksimum (kN)	Waktu Pengujian (detik)	Kuat Tekan (MPa)
BG-TM-3-1	150,04	303,04	448,30	158,00	25,35
BG-TM-3-2	154,05	300,07	473,20	150,00	25,39
BG-TM-3-3	150,71	302,03	407,30	118,00	22,83
BG-TM-3-4	149,71	304,05	407,00	146,00	23,12
BG-TM-3-5	150,73	302,69	452,30	136,00	25,35
BG-TM-4-1	150,07	301,76	395,30	155,00	22,35
BG-TM-4-2	149,72	300,09	432,50	138,00	24,57
BG-TM-4-3	153,40	303,03	530,70	205,00	28,72
BG-TM-4-4	152,04	304,05	475,90	133,00	26,21
BG-TM-4-5	151,02	302,01	507,50	151,00	28,33

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
YOGYAKARTA

Disahkan oleh:
Manajer Laboratorium Jurusan Teknik Sipil

(Berlian Kushari, M.Eng., IPM., ASEAN.Eng.)
Tanggal:

Diperiksa oleh:
Ka. Lab. Bahan Konstruksi Teknik

(Astriana Hardawati, S.T., M.Eng.)
Tanggal:

Di data oleh:
PLP/Laboran Bahan Konstruksi Teknik

(Daru Salam, A.Md.)
Tanggal:

LAMPIRAN 5

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN

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

LAPORAN SEMENTARA PENGAMATAN UJI DESAK SILINDER BETON
(SNI 2491-2002)

Nama : **Muhammad Farrel Ghiffary**
NIM : **20511075**

Kode Silinder	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Beban Maksimum (kN)	Waktu Pengujian (detik)	Kuat Tarik Belah (MPa)
BG-TB-1-1	150,71	301,37	159,50	78,10	2,24
BG-TB-1-2	150,03	301,37	183,00	69,20	2,58
BG-TB-1-3	152,04	302,67	158,00	73,10	2,19
BG-TB-2-1	150,03	301,69	98,00	16,54	1,38
BG-TB-2-2	151,01	301,40	102,50	18,15	1,43
BG-TB-2-3	152,03	303,36	97,50	17,10	1,35
BG-TB-3-1	149,70	303,04	134,00	45,44	1,88
BG-TB-3-2	151,04	304,68	186,00	46,47	2,57
BG-TB-3-3	152,70	300,38	85,00	44,48	1,18
BG-TB-4-1	151,36	301,69	142,00	26,05	1,98
BG-TB-4-2	151,03	303,07	145,00	27,08	2,02
BG-TB-4-3	150,69	300,72	126,00	25,54	1,77

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN YOGYAKARTA

Disahkan oleh:
Manajer Laboratorium Jurusan Teknik Sipil

(Ir. Berlian Kushari, M.Eng., IPM., ASEAN.Eng.)
Tanggal:

Diperiksa oleh:
Ka. Lab. Bahan Konstruksi Teknik

(Astriana Hardawati, S.T., M.Eng.)
Tanggal:

Di data oleh:
PLP/Laboran Bahan Konstruksi Teknik

(Daru Salam, A.Md.)
Tanggal:

LAMPIRAN 6

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN

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

LAPORAN SEMENTARA PENGAMATAN UJI DESAK DAN REGANGAN SILINDER BETON (SNI 03-4169-1996)

Nama : Muhammad Farrel Ghiffary
NIM : 20511075

I. Data Benda Uji

Mutu Beton = 42,40 MPa

Benda uji

- dibuat tanggal : 10 Juli 2024
- di uji tanggal : 7 Agustus 2024

- Dimensi Benda Uji
  Diameter :150,38 mm
  Tinggi :304,36 mm

BG-TM-1-1

II. Data Pengujian

Beban (kN)	Beban (N)	Pembacaan Dial …..x10^{-3}	ΔL (mm)	Regangan ($\Delta L/L_o$)	Tegangan (Mpa)	Reg.Terkoreksi
10	10000	3	0,0015	0,0000075	0,5630	0,0000788
20	20000	12	0,0060	0,0000300	1,1261	0,0001013
30	30000	26	0,0130	0,0000650	1,6891	0,0001363
40	40000	39	0,0195	0,0000975	2,2522	0,0001688
50	50000	52	0,0260	0,0001300	2,8152	0,0002013
60	60000	66	0,0330	0,0001650	3,3782	0,0002363
70	70000	78	0,0390	0,0001950	3,9413	0,0002663
80	80000	93	0,0465	0,0002325	4,5043	0,0003038
90	90000	104	0,0520	0,0002600	5,0674	0,0003313
100	100000	119	0,0595	0,0002975	5,6304	0,0003688
110	110000	134	0,0670	0,0003350	6,1934	0,0004063
120	120000	145	0,0725	0,0003625	6,7565	0,0004338
130	130000	159	0,0795	0,0003975	7,3195	0,0004688
140	140000	171	0,0855	0,0004275	7,8826	0,0004988
150	150000	183	0,0915	0,0004575	8,4456	0,0005288
160	160000	196	0,0980	0,0004900	9,0086	0,0005613
170	170000	210	0,1050	0,0005250	9,5717	0,0005963
180	180000	222	0,1110	0,0005550	10,1347	0,0006263
190	190000	238	0,1190	0,0005950	10,6978	0,0006663
200	200000	249	0,1245	0,0006225	11,2608	0,0006938
210	210000	263	0,1315	0,0006575	11,8238	0,0007288
220	220000	275	0,1375	0,0006875	12,3869	0,0007588
230	230000	290	0,1450	0,0007250	12,9499	0,0007963
240	240000	304	0,1520	0,0007600	13,5130	0,0008313
250	250000	315	0,1575	0,0007875	14,0760	0,0008588
260	260000	329	0,1645	0,0008225	14,6391	0,0008938
270	270000	342	0,1710	0,0008550	15,2021	0,0009263
280	280000	358	0,1790	0,0008950	15,7651	0,0009663
290	290000	370	0,1850	0,0009250	16,3282	0,0009963
300	300000	384	0,1920	0,0009600	16,8912	0,0010313
310	310000	397	0,1985	0,0009925	17,4543	0,0010638
320	320000	413	0,2065	0,0010325	18,0173	0,0011038
330	330000	428	0,2140	0,0010700	18,5803	0,0011413
340	340000	440	0,2200	0,0011000	19,1434	0,0011713
350	350000	454	0,2270	0,0011350	19,7064	0,0012063
360	360000	468	0,2340	0,0011700	20,2695	0,0012413

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

Beban		Pembacaan	ΔL	Regangan	Tegangan	Reg.Terkoreksi
(kN)	(N)	Dial …..x10^{-3}	(mm)	(ΔL/L$_o$)	(Mpa)	
370	370000	483	0,2415	0,0012075	20,8325	0,0012788
380	380000	497	0,2485	0,0012425	21,3955	0,0013138
390	390000	511	0,2555	0,0012775	21,9586	0,0013488
400	400000	526	0,2630	0,0013150	22,5216	0,0013863
410	410000	540	0,2700	0,0013500	23,0847	0,0014213
420	420000	555	0,2775	0,0013875	23,0847	0,0014588
430	430000	568	0,2840	0,0014200	23,6477	0,0014913
440	440000	585	0,2925	0,0014625	24,2107	0,0015338
450	450000	601	0,3005	0,0015025	24,7738	0,0015738
460	460000	616	0,3080	0,0015400	25,3368	0,0016113
470	470000	631	0,3155	0,0015775	25,8999	0,0016488
480	480000	644	0,3220	0,0016100	26,4629	0,0016813
490	490000	662	0,3310	0,0016550	27,0259	0,0017263
500	500000	677	0,3385	0,0016925	27,5890	0,0017638
510	510000	691	0,3455	0,0017275	28,1520	0,0017988
520	520000	707	0,3535	0,0017675	28,7151	0,0018388
530	530000	721	0,3605	0,0018025	29,2781	0,0018738
540	540000	739	0,3695	0,0018475	29,8411	0,0019188
550	550000	753	0,3765	0,0018825	30,4042	0,0019538
560	560000	769	0,3845	0,0019225	30,9672	0,0019938
570	570000	784	0,3920	0,0019600	31,5303	0,0020313
580	580000	802	0,4010	0,0020050	32,0933	0,0020763
590	590000	818	0,4090	0,0020450	32,6563	0,0021163
600	600000	833	0,4165	0,0020825	33,2194	0,0021538
610	610000	851	0,4255	0,0021275	33,7824	0,0021988
620	620000	866	0,4330	0,0021650	34,3455	0,0022363
630	630000	884	0,4420	0,0022100	34,9085	0,0022813
640	640000	899	0,4495	0,0022475	35,4715	0,0023188
650	650000	916	0,4580	0,0022900	36,0346	0,0023613
660	660000	933	0,4665	0,0023325	36,5976	0,0024038
670	670000	951	0,4755	0,0023775	37,1607	0,0024488
680	680000	969	0,4845	0,0024225	37,7237	0,0024938
690	690000	989	0,4945	0,0024725	38,2867	0,0025438
700	700000	1008	0,5040	0,0025200	38,8498	0,0025913
710	710000	1026	0,5130	0,0025650	39,4128	0,0026363
720	720000	1045	0,5225	0,0026125	39,9759	0,0026838
730	730000	1068	0,5340	0,0026700	40,5389	0,0027413
740	740000	1094	0,5470	0,0027350	41,1020	0,0028063
750	750000	1128	0,5640	0,0028200	41,6650	0,0028913
753,1	753100	1150	0,5750	0,0028750	42,2280	0,0029463
750	750000	1164	0,5820	0,0029100	42,4026	0,0029813
740	740000	1180	0,5900	0,0029500	42,2280	0,0030213
730	730000	1189	0,5945	0,0029725	41,6650	0,0030438
720	720000	1195	0,5975	0,0029875	41,1020	0,0030588
710	710000	1201	0,6005	0,0030025	40,5389	0,0030738
700	700000	1203	0,6015	0,0030075	39,9759	0,0030788
690	690000	1209	0,6045	0,0030225	39,4128	0,0030938
680	680000	1210	0,6050	0,0030250	38,8498	0,0030963
670	670000	1211	0,6055	0,0030275	38,2867	0,0030988
660	660000	1212	0,6060	0,0030300	37,7237	0,0031013
650	650000	1214	0,6070	0,0030350	37,1607	0,0031063

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN

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

III. Hasil Analisis

- **Beban Maksimum** = 753,10 kN

  Kondisi daerah batas 40% dari beban maksimum

  = 40% x 753,10

  = 300 kN

σ2 (Tegangan 2)	= 16,8912 MPa	ε2	(Regangan 2)	= 0,0009600
σ1 (Tegangan 1)	= 14,6391 MPa	ε1	(Regangan 1)	= 0,0008225

- Nilai Koreksi

$$\frac{\sigma 2 - \sigma 1}{\varepsilon 2 - \varepsilon 1} = \frac{\sigma 2}{\varepsilon 2 \pm x}$$

$$\frac{16{,}8912 - 14{,}6391}{0{,}0009600 - 0{,}0008225} = \frac{16{,}8912}{0{,}0009600 \pm x}$$

$x = \pm 0{,}000071$

- **Modulus Elastisitas**

$$Mod.Elastisitas = \frac{\sigma 2}{\varepsilon 2}$$

Percobaan $= \frac{16{,}8912}{0{,}0009600}$

$= 17595{,}01$ MPa

$Mod.Elastisitas = 4700\sqrt{f'c}$

Teoritis SNI 2847 2019 $= 4700\sqrt{42{,}20}$

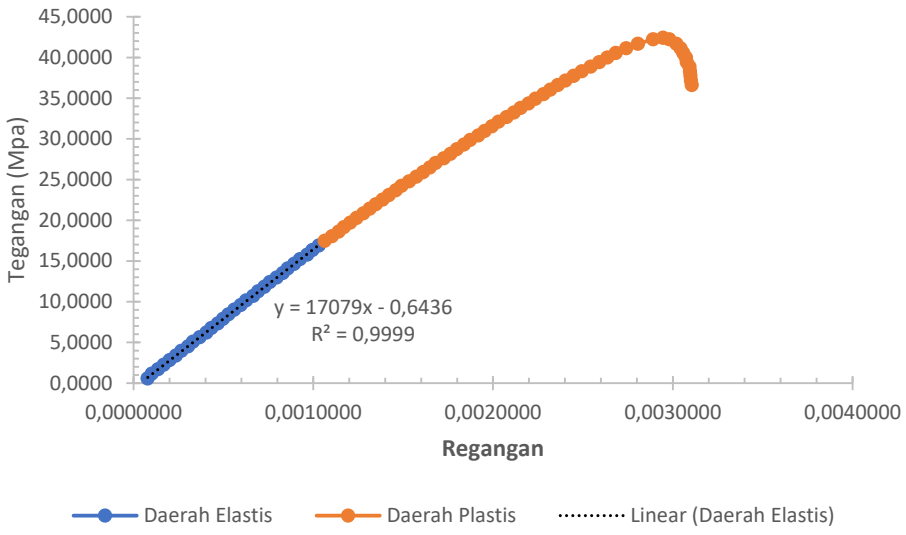
$= 30605$ MPa

$Mod.Elastisitas = 3421\sqrt{f'c}$

Teoritis Tempest, dkk. $= 3421\sqrt{42{,}20}$

$= 22276{,}61$MPa

- **Grafik**



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN

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

LAPORAN SEMENTARA PENGAMATAN UJI DESAK DAN REGANGAN SILINDER BETON (SNI 03-4169-1996)

Nama : Muhammad Farrel Ghiffary
NIM : 20511075

I. Data Benda Uji

Mutu Beton = 38,90 MPa
Benda uji

- dibuat tanggal : 10 Juli 2024
- di uji tanggal : 7 Agustus 2024

- Dimensi Benda Uji
  Diameter :150,71 mm
  Tinggi :302,72 mm

BG-TM-1-2

II. Data Pengujian

Beban		Pembacaan	ΔL	Regangan	Tegangan	Reg.Terkoreksi
KN	N	Dial …..x10^{-3}	(mm)	(ΔL/L_o)	(Mpa)	
10	10000	5	0,0025	0,0000125	0,5605	0,0001075
20	20000	18	0,0090	0,0000450	1,1211	0,0001400
30	30000	29	0,0145	0,0000725	1,6816	0,0001675
40	40000	48	0,0240	0,0001200	2,2422	0,0002150
50	50000	63	0,0315	0,0001575	2,8027	0,0002525
60	60000	78	0,0390	0,0001950	3,3632	0,0002900
70	70000	93	0,0465	0,0002325	3,9238	0,0003275
80	80000	109	0,0545	0,0002725	4,4843	0,0003675
90	90000	125	0,0625	0,0003125	5,0449	0,0004075
100	100000	139	0,0695	0,0003475	5,6054	0,0004425
110	110000	154	0,0770	0,0003850	6,1659	0,0004800
120	120000	171	0,0855	0,0004275	6,7265	0,0005225
130	130000	184	0,0920	0,0004600	7,2870	0,0005550
140	140000	200	0,1000	0,0005000	7,8476	0,0005950
150	150000	214	0,1070	0,0005350	8,4081	0,0006300
160	160000	220	0,1100	0,0005500	8,9686	0,0006450
170	170000	232	0,1160	0,0005800	9,5292	0,0006750
180	180000	248	0,1240	0,0006200	10,0897	0,0007150
190	190000	261	0,1305	0,0006525	10,6503	0,0007475
200	200000	280	0,1400	0,0007000	11,2108	0,0007950
210	210000	293	0,1465	0,0007325	11,7713	0,0008275
220	220000	308	0,1540	0,0007700	12,3319	0,0008650
230	230000	323	0,1615	0,0008075	12,8924	0,0009025
240	240000	340	0,1700	0,0008500	13,4530	0,0009450
250	250000	355	0,1775	0,0008875	14,0135	0,0009825
260	260000	371	0,1855	0,0009275	14,5740	0,0010225
270	270000	387	0,1935	0,0009675	15,1346	0,0010625
280	280000	403	0,2015	0,0010075	15,6951	0,0011025
290	290000	419	0,2095	0,0010475	16,2557	0,0011425
300	300000	435	0,2175	0,0010875	16,8162	0,0011825
310	310000	450	0,2250	0,0011250	17,3767	0,0012200
320	320000	469	0,2345	0,0011725	17,9373	0,0012675
330	330000	484	0,2420	0,0012100	18,4978	0,0013050
340	340000	500	0,2500	0,0012500	19,0584	0,0013450
350	350000	516	0,2580	0,0012900	19,6189	0,0013850

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

Beban		Pembacaan	ΔL	Regangan	Tegangan	Reg.Terkoreksi
KN	N	Dial …..x10^{-3}	(mm)	(ΔL/L$_o$)	(Mpa)	
360	360000	531	0,2655	0,0013275	20,1794	0,0014225
370	370000	549	0,2745	0,0013725	20,7400	0,0014675
380	380000	565	0,2825	0,0014125	21,3005	0,0015075
390	390000	581	0,2905	0,0014525	21,8611	0,0015475
400	400000	597	0,2985	0,0014925	22,4216	0,0015875
410	410000	617	0,3085	0,0015425	22,9821	0,0016375
420	420000	632	0,3160	0,0015800	23,5427	0,0016750
430	430000	651	0,3255	0,0016275	24,1032	0,0017225
440	440000	668	0,3340	0,0016700	24,6638	0,0017650
450	450000	686	0,3430	0,0017150	25,2243	0,0018100
460	460000	701	0,3505	0,0017525	25,7848	0,0018475
470	470000	718	0,3590	0,0017950	26,3454	0,0018900
480	480000	734	0,3670	0,0018350	26,9059	0,0019300
490	490000	752	0,3760	0,0018800	27,4665	0,0019750
500	500000	768	0,3840	0,0019200	28,0270	0,0020150
510	510000	785	0,3925	0,0019625	28,5876	0,0020575
520	520000	801	0,4005	0,0020025	29,1481	0,0020975
530	530000	819	0,4095	0,0020475	29,7086	0,0021425
540	540000	836	0,4180	0,0020900	30,2692	0,0021850
550	550000	851	0,4255	0,0021275	30,8297	0,0022225
560	560000	869	0,4345	0,0021725	31,3903	0,0022675
570	570000	886	0,4430	0,0022150	31,9508	0,0023100
580	580000	904	0,4520	0,0022600	32,5113	0,0023550
590	590000	920	0,4600	0,0023000	33,0719	0,0023950
600	600000	941	0,4705	0,0023525	33,6324	0,0024475
610	610000	958	0,4790	0,0023950	34,1930	0,0024900
620	620000	975	0,4875	0,0024375	34,7535	0,0025325
630	630000	998	0,4990	0,0024950	35,3140	0,0025900
640	640000	1018	0,5090	0,0025450	35,8746	0,0026400
650	650000	1036	0,5180	0,0025900	36,4351	0,0026850
660	660000	1060	0,5300	0,0026500	36,9957	0,0027450
670	670000	1084	0,5420	0,0027100	37,5562	0,0028050
680	680000	1112	0,5560	0,0027800	38,1167	0,0028750
690	690000	1143	0,5715	0,0028575	38,6773	0,0029525
693,9	693900	1166	0,5830	0,0029150	38,8959	0,0030100
690	690000	1197	0,5985	0,0029925	38,6773	0,0030875
680	680000	1214	0,6070	0,0030350	38,1167	0,0031300
670	670000	1221	0,6105	0,0030525	37,5562	0,0031475
660	660000	1225	0,6125	0,0030625	36,9957	0,0031575
650	650000	1227	0,6135	0,0030675	36,4351	0,0031625

III. Hasil Analisis

- **Beban Maksimum** = 693,9 kN

  Kondisi daerah batas 40% dari beban maksimum

  = 40% x 693,9

  = 280 kN

σ2 (Tegangan 2)	= 15,6951 MPa	ε2	(Regangan 2)	= 0,001008
σ1 (Tegangan 1)	= 13,4530 MPa	ε1	(Regangan 1)	= 0,000850

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

- Nilai Koreksi

$$\frac{\sigma 2 - \sigma 1}{\varepsilon 2 - \varepsilon 1} = \frac{\sigma 2}{\varepsilon 2 \pm x}$$

$$\frac{15{,}6951 - 13{,}4530}{0{,}001008 - 0{,}00085} = \frac{15{,}6951}{0{,}001008 \pm x}$$

$$x = \pm 0{,}000095$$

- **Modulus Elastisitas**

$$Mod.Elastisitas = \frac{\sigma 2}{\varepsilon 2}$$

Percobaan $= \frac{15{,}6951}{0{,}001008}$

$= 15578{,}29$ MPa

$$Mod.Elastisitas = 4700\sqrt{f'c}$$

Teoritis SNI 2847 2019 $= 4700\sqrt{38{,}90}$

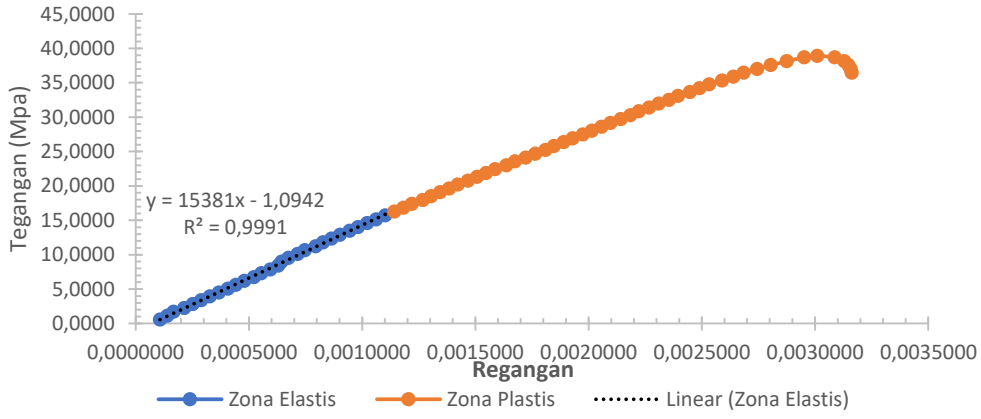
$= 29312{,}29$ MPa

$$Mod.Elastisitas = 3421\sqrt{f'c}$$

Teoritis Tempest, dkk. $= 3421\sqrt{38{,}90}$

$= 21335{,}60$ MPa

- **Grafik**



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN

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

LAPORAN SEMENTARA PENGAMATAN UJI DESAK DAN REGANGAN SILINDER BETON (SNI 03-4169-1996)

Nama : Muhammad Farrel Ghiffary
NIM : 20511075

I. Data Benda Uji

Mutu Beton = 39,90 MPa
Benda uji

- dibuat tanggal : 10 Juli 2024
- di uji tanggal : 7 Agustus 2024

- Dimensi Benda Uji
  Diameter :149,70 mm
  Tinggi :305,40 mm

BG-TM-1-3

II. Data Pengujian

Beban		Pembacaan	ΔL	Regangan	Tegangan	Reg.Terkoreksi
KN	N	Dial …..x10^{-3}	(mm)	(ΔL/L_o)	(Mpa)	
10	10000	4	0,0020	0,0000100	0,5681	0,0000900
20	20000	9	0,0045	0,0000225	1,1363	0,0001025
30	30000	22	0,0110	0,0000550	1,7044	0,0001350
40	40000	35	0,0175	0,0000875	2,2725	0,0001675
50	50000	49	0,0245	0,0001225	2,8406	0,0002025
60	60000	61	0,0305	0,0001525	3,4088	0,0002325
70	70000	76	0,0380	0,0001900	3,9769	0,0002700
80	80000	87	0,0435	0,0002175	4,5450	0,0002975
90	90000	102	0,0510	0,0002550	5,1132	0,0003350
100	100000	117	0,0585	0,0002925	5,6813	0,0003725
110	110000	128	0,0640	0,0003200	6,2494	0,0004000
120	120000	142	0,0710	0,0003550	6,8176	0,0004350
130	130000	154	0,0770	0,0003850	7,3857	0,0004650
140	140000	166	0,0830	0,0004150	7,9538	0,0004950
150	150000	179	0,0895	0,0004475	8,5219	0,0005275
160	160000	193	0,0965	0,0004825	9,0901	0,0005625
170	170000	205	0,1025	0,0005125	9,6582	0,0005925
180	180000	221	0,1105	0,0005525	10,2263	0,0006325
190	190000	232	0,1160	0,0005800	10,7945	0,0006600
200	200000	246	0,1230	0,0006150	11,3626	0,0006950
210	210000	258	0,1290	0,0006450	11,9307	0,0007250
220	220000	273	0,1365	0,0006825	12,4988	0,0007625
230	230000	287	0,1435	0,0007175	13,0670	0,0007975
240	240000	298	0,1490	0,0007450	13,6351	0,0008250
250	250000	312	0,1560	0,0007800	14,2032	0,0008600
260	260000	325	0,1625	0,0008125	14,7714	0,0008925
270	270000	341	0,1705	0,0008525	15,3395	0,0009325
280	280000	353	0,1765	0,0008825	15,9076	0,0009625
290	290000	367	0,1835	0,0009175	16,4757	0,0009975
300	300000	380	0,1900	0,0009500	17,0439	0,0010300
310	310000	396	0,1980	0,0009900	17,6120	0,0010700
320	320000	411	0,2055	0,0010275	18,1801	0,0011075
330	330000	423	0,2115	0,0010575	18,7483	0,0011375
340	340000	437	0,2185	0,0010925	19,3164	0,0011725
350	350000	451	0,2255	0,0011275	19,8845	0,0012075

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

Beban		Pembacaan	ΔL	Regangan	Tegangan	Reg.Terkoreksi
KN	N	Dial …..x10^{-3}	(mm)	(ΔL/L$_o$)	(Mpa)	
360	360000	466	0,2330	0,0011650	20,4527	0,0012450
370	370000	480	0,2400	0,0012000	21,0208	0,0012800
380	380000	494	0,2470	0,0012350	21,5889	0,0013150
390	390000	509	0,2545	0,0012725	22,1570	0,0013525
400	400000	523	0,2615	0,0013075	22,7252	0,0013875
410	410000	538	0,2690	0,0013450	23,2933	0,0014250
420	420000	570	0,2850	0,0014250	23,8614	0,0015050
430	430000	619	0,3095	0,0015475	24,4296	0,0016275
440	440000	638	0,3190	0,0015950	24,9977	0,0016750
450	450000	652	0,3260	0,0016300	25,5658	0,0017100
460	460000	671	0,3355	0,0016775	26,1339	0,0017575
470	470000	689	0,3445	0,0017225	26,7021	0,0018025
480	480000	704	0,3520	0,0017600	27,2702	0,0018400
490	490000	718	0,3590	0,0017950	27,8383	0,0018750
500	500000	738	0,3690	0,0018450	28,4065	0,0019250
510	510000	754	0,3770	0,0018850	28,9746	0,0019650
520	520000	771	0,3855	0,0019275	29,5427	0,0020075
530	530000	790	0,3950	0,0019750	30,1109	0,0020550
540	540000	805	0,4025	0,0020125	30,6790	0,0020925
550	550000	826	0,4130	0,0020650	31,2471	0,0021450
560	560000	842	0,4210	0,0021050	31,8152	0,0021850
570	570000	851	0,4255	0,0021275	32,3834	0,0022075
580	580000	880	0,4400	0,0022000	32,9515	0,0022800
590	590000	899	0,4495	0,0022475	33,5196	0,0023275
600	600000	918	0,4590	0,0022950	34,0878	0,0023750
610	610000	936	0,4680	0,0023400	34,6559	0,0024200
620	620000	955	0,4775	0,0023875	35,2240	0,0024675
630	630000	976	0,4880	0,0024400	35,7921	0,0025200
640	640000	996	0,4980	0,0024900	36,3603	0,0025700
650	650000	1018	0,5090	0,0025450	36,9284	0,0026250
660	660000	1039	0,5195	0,0025975	37,4965	0,0026775
670	670000	1066	0,5330	0,0026650	38,0647	0,0027450
680	680000	1091	0,5455	0,0027275	38,6328	0,0028075
690	690000	1125	0,5625	0,0028125	39,2009	0,0028925
700	700000	1169	0,5845	0,0029225	39,7691	0,0030025
702,3	702300	1185	0,5925	0,0029625	39,8997	0,0030425
700	700000	1194	0,5970	0,0029850	39,7691	0,0030650
690	690000	1201	0,6005	0,0030025	39,2009	0,0030825
680	680000	1206	0,6030	0,0030150	38,6328	0,0030950

III. Hasil Analisis

- **Beban Maksimum** = 702,3 kN

  Kondisi daerah batas 40% dari beban maksimum

  = 40% x 702,3

  = 280 kN

σ2 (Tegangan 2)	= 15,9076 MPa	ε2	(Regangan 2)	= 0,0008825
σ1 (Tegangan 1)	= 13,6351 MPa	ε1	(Regangan 1)	= 0,0007450

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

- Nilai Koreksi

$$\frac{\sigma 2 - \sigma 1}{\varepsilon 2 - \varepsilon 1} = \frac{\sigma 2}{\varepsilon 2 \pm x}$$

$$\frac{15{,}9076 - 13{,}6351}{0{,}0008825 - 0{,}0007450} = \frac{15{,}9076}{0{,}0008825 \pm x}$$

$$x = \pm 0{,}000080$$

- **Modulus Elastisitas**

$$Mod.Elastisitas = \frac{\sigma 2}{\varepsilon 2}$$

Percobaan $= \frac{15{,}9076}{0{,}0008825}$

$= 18025{,}63$ MPa

$$Mod.Elastisitas = 4700\sqrt{f'c}$$

Teoritis SNI 2847 2019 $= 4700\sqrt{39{,}90}$

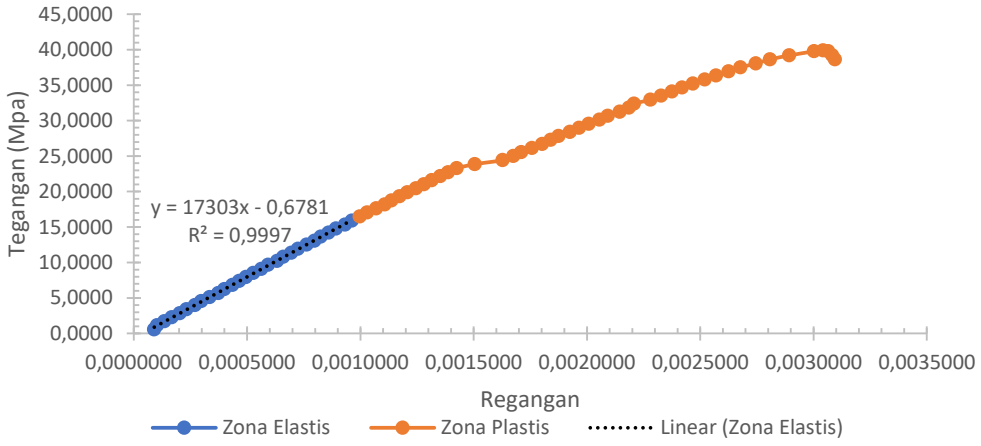
$= 29688{,}13$ MPa

$$Mod.Elastisitas = 3421\sqrt{f'c}$$

Teoritis Tempest, dkk. $= 3421\sqrt{39{,}90}$

$= 21609{,}17$ MPa

- **Grafik**



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN

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

LAPORAN SEMENTARA PENGAMATAN UJI DESAK DAN REGANGAN SILINDER BETON (SNI 03-4169-1996)

Nama : Muhammad Farrel Ghiffary
NIM : 20511075

I. Data Benda Uji

Mutu Beton = 35,35 MPa
Benda uji

- dibuat tanggal : 10 Juli 2024
- di uji tanggal : 7 Agustus 2024

- Dimensi Benda Uji
  Diameter :150,69 mm
  Tinggi :301,38 mm

BG-TM-1-4

II. Data Pengujian

Beban		Pembacaan Dial ….x10^{-3}	ΔL (mm)	Regangan (ΔL/L$_o$)	Tegangan (Mpa)	Reg.Terkoreksi
KN	N					
10	10000	6	0,0030	0,0000150	0,5607	0,0002025
20	20000	15	0,0075	0,0000375	1,1214	0,0002250
30	30000	27	0,0135	0,0000675	1,6821	0,0002550
40	40000	38	0,0190	0,0000950	2,2429	0,0002825
50	50000	53	0,0265	0,0001325	2,8036	0,0003200
60	60000	62	0,0310	0,0001550	3,3643	0,0003425
70	70000	79	0,0395	0,0001975	3,9250	0,0003850
80	80000	91	0,0455	0,0002275	4,4857	0,0004150
90	90000	103	0,0515	0,0002575	5,0464	0,0004450
100	100000	117	0,0585	0,0002925	5,6071	0,0004800
110	110000	129	0,0645	0,0003225	6,1679	0,0005100
120	120000	144	0,0720	0,0003600	6,7286	0,0005475
130	130000	158	0,0790	0,0003950	7,2893	0,0005825
140	140000	170	0,0850	0,0004250	7,8500	0,0006125
150	150000	186	0,0930	0,0004650	8,4107	0,0006525
160	160000	198	0,0990	0,0004950	8,9714	0,0006825
170	170000	209	0,1045	0,0005225	9,5321	0,0007100
180	180000	221	0,1105	0,0005525	10,0928	0,0007400
190	190000	235	0,1175	0,0005875	10,6536	0,0007750
200	200000	248	0,1240	0,0006200	11,2143	0,0008075
210	210000	261	0,1305	0,0006525	11,7750	0,0008400
220	220000	277	0,1385	0,0006925	12,3357	0,0008800
230	230000	296	0,1480	0,0007400	12,8964	0,0009275
240	240000	310	0,1550	0,0007750	13,4571	0,0009625
250	250000	325	0,1625	0,0008125	14,0178	0,0010000
260	260000	337	0,1685	0,0008425	14,5786	0,0010300
270	270000	350	0,1750	0,0008750	15,1393	0,0010625
280	280000	365	0,1825	0,0009125	15,7000	0,0011000
290	290000	378	0,1890	0,0009450	16,2607	0,0011325
300	300000	390	0,1950	0,0009750	16,8214	0,0011625

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

Beban		Pembacaan Dial ….x10^{-3}	ΔL (mm)	Regangan (ΔL/L$_o$)	Tegangan (Mpa)	Reg.Terkoreksi
KN	N					
310	310000	407	0,2035	0,0010175	17,3821	0,0012050
320	320000	419	0,2095	0,0010475	17,9428	0,0012350
330	330000	436	0,2180	0,0010900	18,5036	0,0012775
340	340000	449	0,2245	0,0011225	19,0643	0,0013100
350	350000	464	0,2320	0,0011600	19,6250	0,0013475
360	360000	479	0,2395	0,0011975	20,1857	0,0013850
370	370000	495	0,2475	0,0012375	20,7464	0,0014250
380	380000	508	0,2540	0,0012700	21,3071	0,0014575
390	390000	522	0,2610	0,0013050	21,8678	0,0014925
400	400000	538	0,2690	0,0013450	22,4286	0,0015325
410	410000	554	0,2770	0,0013850	22,9893	0,0015725
420	420000	570	0,2850	0,0014250	23,5500	0,0016125
430	430000	586	0,2930	0,0014650	24,1107	0,0016525
440	440000	601	0,3005	0,0015025	24,6714	0,0016900
450	450000	617	0,3085	0,0015425	25,2321	0,0017300
460	460000	632	0,3160	0,0015800	25,7928	0,0017675
470	470000	651	0,3255	0,0016275	26,3535	0,0018150
480	480000	669	0,3345	0,0016725	26,9143	0,0018600
490	490000	687	0,3435	0,0017175	27,4750	0,0019050
500	500000	702	0,3510	0,0017550	28,0357	0,0019425
510	510000	719	0,3595	0,0017975	28,5964	0,0019850
520	520000	738	0,3690	0,0018450	29,1571	0,0020325
530	530000	757	0,3785	0,0018925	29,7178	0,0020800
540	540000	778	0,3890	0,0019450	30,2785	0,0021325
550	550000	796	0,3980	0,0019900	30,8393	0,0021775
560	560000	814	0,4070	0,0020350	31,4000	0,0022225
570	570000	832	0,4160	0,0020800	31,9607	0,0022675
580	580000	853	0,4265	0,0021325	32,5214	0,0023200
590	590000	872	0,4360	0,0021800	33,0821	0,0023675
600	600000	890	0,4450	0,0022250	33,6428	0,0024125
610	610000	912	0,4560	0,0022800	34,2035	0,0024675
620	620000	937	0,4685	0,0023425	34,7643	0,0025300
630	630000	959	0,4795	0,0023975	35,3250	0,0025850
630,4	630400	984	0,4920	0,0024600	35,3474	0,0026475
630	630000	1010	0,5050	0,0025250	35,3250	0,0027125
620	620000	1044	0,5220	0,0026100	34,7643	0,0027975
610	610000	1089	0,5445	0,0027225	34,2035	0,0029100
600	600000	1137	0,5685	0,0028425	33,6428	0,0030300

III. Hasil Analisis

- **Beban Maksimum** = 630,4 kN

Kondisi daerah batas 40% dari beban maksimum

= 40% x 630,4 kN

= 250 kN

σ2 (Tegangan 2)	= 14,0178 MPa	ε2	(Regangan 2)	= 0,0008125
σ1 (Tegangan 1)	= 11,7750 MPa	ε1	(Regangan 1)	= 0,0006525

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

- Nilai Koreksi

$$\frac{\sigma 2 - \sigma 1}{\varepsilon 2 - \varepsilon 1} = \frac{\sigma 2}{\varepsilon 2 \pm x}$$

$$\frac{14{,}0178 - 11{,}7750}{0{,}0008125 - 0{,}0006525} = \frac{14{,}0178}{0{,}0008125 \pm x}$$

$$x = \pm 0{,}000188$$

- **Modulus Elastisitas**

$$Mod.Elastisitas = \frac{\sigma 2}{\varepsilon 2}$$

Percobaan $= \frac{14{,}0178}{0{,}0008125}$

$= 17252{,}73$ MPa

$Mod.Elastisitas = 4700\sqrt{f'c}$

Teoritis SNI 2847 2019 $= 4700\sqrt{35{,}35}$

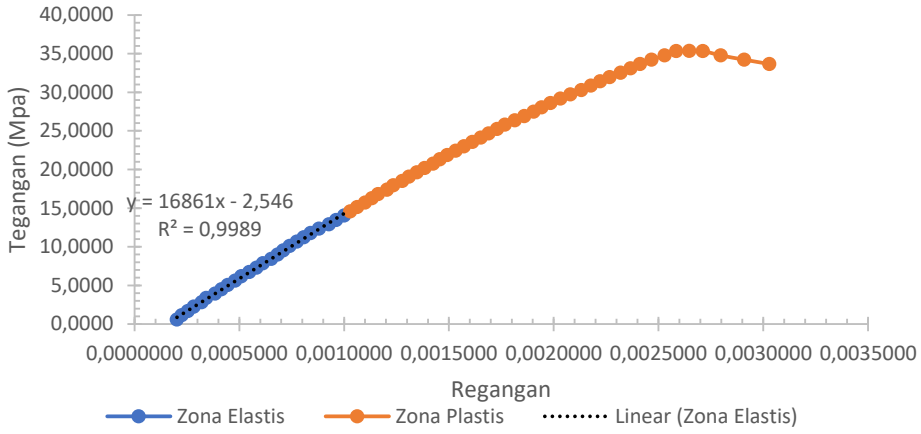
$= 27943{,}23$ MPa

$Mod.Elastisitas = 3421\sqrt{f'c}$

Teoritis Tempest, dkk. $= 3421\sqrt{35{,}35}$

$= 20339{,}10$ MPa

- **Grafik**



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN

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

LAPORAN SEMENTARA PENGAMATAN UJI DESAK DAN REGANGAN SILINDER BETON (SNI 03-4169-1996)

Nama : Muhammad Farrel Ghiffary
NIM : 20511075

I. Data Benda Uji

Mutu Beton = 38,38 MPa
Benda uji

- dibuat tanggal : 10 Juli 2024
- di uji tanggal : 7 Agustus 2024

- Dimensi Benda Uji
  Diameter :149,68 mm
  Tinggi :304,73 mm

BG-TM-1-5

II. Data Pengujian

Beban		Pembacaan Dial ….x10^{-3}	ΔL (mm)	Regangan (ΔL/L_o)	Tegangan (Mpa)	Reg.Terkoreksi
KN	N					
10	10000	8	0,0040	0,0000200	0,5683	0,0000512
20	20000	17	0,0085	0,0000425	1,1367	0,0000737
30	30000	29	0,0145	0,0000725	1,7050	0,0001037
40	40000	40	0,0200	0,0001000	2,2733	0,0001312
50	50000	55	0,0275	0,0001375	2,8417	0,0001687
60	60000	64	0,0320	0,0001600	3,4100	0,0001912
70	70000	81	0,0405	0,0002025	3,9783	0,0002337
80	80000	93	0,0465	0,0002325	4,5467	0,0002637
90	90000	105	0,0525	0,0002625	5,1150	0,0002937
100	100000	119	0,0595	0,0002975	5,6833	0,0003287
110	110000	131	0,0655	0,0003275	6,2516	0,0003587
120	120000	146	0,0730	0,0003650	6,8200	0,0003962
130	130000	160	0,0800	0,0004000	7,3883	0,0004312
140	140000	172	0,0860	0,0004300	7,9566	0,0004612
150	150000	188	0,0940	0,0004700	8,5250	0,0005012
160	160000	200	0,1000	0,0005000	9,0933	0,0005312
170	170000	211	0,1055	0,0005275	9,6616	0,0005587
180	180000	223	0,1115	0,0005575	10,2300	0,0005887
190	190000	237	0,1185	0,0005925	10,7983	0,0006237
200	200000	250	0,1250	0,0006250	11,3666	0,0006562
210	210000	263	0,1315	0,0006575	11,9350	0,0006887
220	220000	279	0,1395	0,0006975	12,5033	0,0007287
230	230000	298	0,1490	0,0007450	13,0716	0,0007762
240	240000	312	0,1560	0,0007800	13,6400	0,0008112
250	250000	327	0,1635	0,0008175	14,2083	0,0008487
260	260000	339	0,1695	0,0008475	14,7766	0,0008787
270	270000	352	0,1760	0,0008800	15,3450	0,0009112
280	280000	367	0,1835	0,0009175	15,9133	0,0009487
290	290000	380	0,1900	0,0009500	16,4816	0,0009812
300	300000	392	0,1960	0,0009800	17,0500	0,0010113
310	310000	409	0,2045	0,0010225	17,6183	0,0010538
320	320000	421	0,2105	0,0010525	18,1866	0,0010838
330	330000	438	0,2190	0,0010950	18,7549	0,0011263
340	340000	451	0,2255	0,0011275	19,3233	0,0011588
350	350000	466	0,2330	0,0011650	19,8916	0,0011963

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

Beban		Pembacaan	ΔL	Regangan	Tegangan	Reg.Terkoreksi
KN	N	Dial ….x10^{-3}	(mm)	(ΔL/L$_o$)	(Mpa)	
360	360000	481	0,2405	0,0012025	20,4599	0,0012338
370	370000	497	0,2485	0,0012425	21,0283	0,0012738
380	380000	510	0,2550	0,0012750	21,5966	0,0013063
390	390000	524	0,2620	0,0013100	22,1649	0,0013413
400	400000	540	0,2700	0,0013500	22,7333	0,0013813
410	410000	556	0,2780	0,0013900	23,3016	0,0014213
420	420000	572	0,2860	0,0014300	23,8699	0,0014613
430	430000	588	0,2940	0,0014700	24,4383	0,0015013
440	440000	603	0,3015	0,0015075	25,0066	0,0015388
450	450000	619	0,3095	0,0015475	25,5749	0,0015788
460	460000	634	0,3170	0,0015850	26,1433	0,0016163
470	470000	653	0,3265	0,0016325	26,7116	0,0016638
480	480000	671	0,3355	0,0016775	27,2799	0,0017088
490	490000	689	0,3445	0,0017225	27,8483	0,0017538
500	500000	704	0,3520	0,0017600	28,4166	0,0017913
510	510000	721	0,3605	0,0018025	28,9849	0,0018338
520	520000	740	0,3700	0,0018500	29,5533	0,0018813
530	530000	759	0,3795	0,0018975	30,1216	0,0019288
540	540000	780	0,3900	0,0019500	30,6899	0,0019813
550	550000	798	0,3990	0,0019950	31,2582	0,0020263
560	560000	816	0,4080	0,0020400	31,8266	0,0020713
570	570000	834	0,4170	0,0020850	32,3949	0,0021163
580	580000	855	0,4275	0,0021375	32,9632	0,0021688
590	590000	874	0,4370	0,0021850	33,5316	0,0022163
600	600000	892	0,4460	0,0022300	34,0999	0,0022613
610	610000	914	0,4570	0,0022850	34,6682	0,0023163
620	620000	939	0,4695	0,0023475	35,2366	0,0023788
630	630000	961	0,4805	0,0024025	35,8049	0,0024338
640	640000	986	0,4930	0,0024650	36,3732	0,0024963
650	650000	1012	0,5060	0,0025300	36,9416	0,0025613
660	660000	1046	0,5230	0,0026150	37,5099	0,0026463
670	670000	1091	0,5455	0,0027275	38,0782	0,0027588
675,3	675300	1139	0,5695	0,0028475	38,3794	0,0028788
670	670000	1171	0,5855	0,0029275	38,0782	0,0029588
660	660000	1209	0,6045	0,0030225	37,5099	0,0030538
650	650000	1219	0,6095	0,0030475	36,9416	0,0030788
640	640000	1240	0,6200	0,0031000	36,3732	0,0031313
630	630000	1251	0,6255	0,0031275	35,8049	0,0031588

III. Hasil Analisis

- **Beban Maksimum** = 675,3 kN

Kondisi daerah batas 40% dari beban maksimum

= 40% x 675,3 kN

= 270 kN

σ2 (Tegangan 2)	= 15,3450 MPa	ε2 (Regangan 2)	= 0,0008800
σ1 (Tegangan 1)	= 13,0716 MPa	ε1 (Regangan 1)	= 0,0007450

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN

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

- Nilai Koreksi

$$\frac{\sigma 2 - \sigma 1}{\varepsilon 2 - \varepsilon 1} = \frac{\sigma 2}{\varepsilon 2 \pm x}$$

$$\frac{15{,}3450 - 13{,}0716}{0{,}0008800 - 0{,}0007450} = \frac{15{,}3450}{0{,}0008800 \pm x}$$

$$x = \pm 0{,}000031$$

- **Modulus Elastisitas**

$$Mod.Elastisitas = \frac{\sigma 2}{\varepsilon 2}$$

Percobaan $= \frac{15{,}3450}{0{,}0008800}$

$= 17437{,}45$ MPa

$$Mod.Elastisitas = 4700\sqrt{f'c}$$

Teoritis SNI 2847 2019 $= 4700\sqrt{38{,}38}$

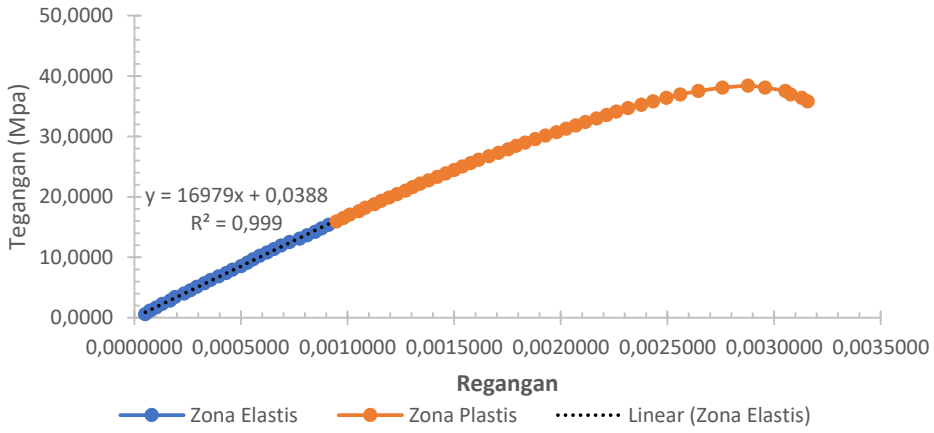
$= 29117{,}04$ MPa

$$Mod.Elastisitas = 3421\sqrt{f'c}$$

Teoritis Tempest, dkk. $= 3421\sqrt{38{,}38}$

$= 21193{,}49$ MPa

- **Grafik**



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN

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

LAPORAN SEMENTARA PENGAMATAN UJI DESAK DAN REGANGAN SILINDER BETON (SNI 03-4169-1996)

Nama : Muhammad Farrel Ghiffary
NIM : 20511075

I. Data Benda Uji

Mutu Beton = 23,94 MPa
Benda uji

- dibuat tanggal : 10 Juli 2024
- di uji tanggal : 7 Agustus 2024

- Dimensi Benda Uji
  Diameter :149,35 mm
  Tinggi :303,71 mm

BG-TM-2-1

II. Data Pengujian

Beban		Pembacaan Dial ...x10^{-3}	ΔL (mm)	Regangan (ΔL/L_o)	Tegangan (Mpa)	Reg.Terkoreksi
KN	N					
10	10000	6	0,0030	0,0000150	0,5708	-0,0000500
20	20000	26	0,0130	0,0000650	1,1417	0,0000000
30	30000	48	0,0240	0,0001200	1,7125	0,0000550
40	40000	67	0,0335	0,0001675	2,2834	0,0001025
50	50000	89	0,0445	0,0002225	2,8542	0,0001575
60	60000	110	0,0550	0,0002750	3,4251	0,0002100
70	70000	127	0,0635	0,0003175	3,9959	0,0002525
80	80000	143	0,0715	0,0003575	4,5668	0,0002925
90	90000	162	0,0810	0,0004050	5,1376	0,0003400
100	100000	179	0,0895	0,0004475	5,7085	0,0003825
110	110000	191	0,0955	0,0004775	6,2793	0,0004125
120	120000	208	0,1040	0,0005200	6,8502	0,0004550
130	130000	221	0,1105	0,0005525	7,4210	0,0004875
140	140000	237	0,1185	0,0005925	7,9918	0,0005275
150	150000	252	0,1260	0,0006300	8,5627	0,0005650
160	160000	268	0,1340	0,0006700	9,1335	0,0006050
170	170000	281	0,1405	0,0007025	9,7044	0,0006375
180	180000	304	0,1520	0,0007600	10,2752	0,0006950
190	190000	320	0,1600	0,0008000	10,8461	0,0007350
200	200000	338	0,1690	0,0008450	11,4169	0,0007800
210	210000	360	0,1800	0,0009000	11,9878	0,0008350
220	220000	381	0,1905	0,0009525	12,5586	0,0008875
230	230000	405	0,2025	0,0010125	13,1295	0,0009475
240	240000	430	0,2150	0,0010750	13,7003	0,0010100
250	250000	457	0,2285	0,0011425	14,2712	0,0010775
260	260000	484	0,2420	0,0012100	14,8420	0,0011450
270	270000	515	0,2575	0,0012875	15,4128	0,0012225
280	280000	545	0,2725	0,0013625	15,9837	0,0012975
290	290000	576	0,2880	0,0014400	16,5545	0,0013750
300	300000	608	0,3040	0,0015200	17,1254	0,0014550
310	310000	640	0,3200	0,0016000	17,6962	0,0015350
320	320000	674	0,3370	0,0016850	18,2671	0,0016200
330	330000	711	0,3555	0,0017775	18,8379	0,0017125
340	340000	751	0,3755	0,0018775	19,4088	0,0018125
350	350000	788	0,3940	0,0019700	19,9796	0,0019050

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

Beban		Pembacaan Dial ...x10^{-3}	ΔL (mm)	Regangan ($\Delta L/L_o$)	Tegangan (Mpa)	Reg.Terkoreksi
KN	N					
360	360000	828	0,4140	0,0020700	20,5505	0,0020050
370	370000	869	0,4345	0,0021725	21,1213	0,0021075
380	380000	914	0,4570	0,0022850	21,6922	0,0022200
390	390000	965	0,4825	0,0024125	22,2630	0,0023475
400	400000	1020	0,5100	0,0025500	22,8338	0,0024850
410	410000	1093	0,5465	0,0027325	23,4047	0,0026675
419,4	419400	1238	0,6190	0,0030950	23,9413	0,0030300
410	410000	1419	0,7095	0,0035475	23,4047	0,0034825
400	400000	1488	0,7440	0,0037200	22,8338	0,0036550
390	390000	1535	0,7675	0,0038375	22,2630	0,0037725
380	380000	1565	0,7825	0,0039125	21,6922	0,0038475
370	370000	1592	0,7960	0,0039800	21,1213	0,0039150
360	360000	1617	0,8085	0,0040425	20,5505	0,0039775

III. Hasil Analisis

- **Beban Maksimum** = 419,4 kN

  Kondisi daerah batas 40% dari beban maksimum

  = 40% x 419,4 kN

  = 170 kN

σ2 (Tegangan 2)	= 9,7044 MPa	ε2	(Regangan 2)	= 0,0007025
σ1 (Tegangan 1)	= 7,4210 MPa	ε1	(Regangan 1)	= 0,0005525

- Nilai Koreksi

$$\frac{\sigma 2 - \sigma 1}{\varepsilon 2 - \varepsilon 1} = \frac{\sigma 2}{\varepsilon 2 \pm x}$$

$$\frac{9{,}7044 - 7{,}4210}{0{,}0007025 - 0{,}0005525} = \frac{9{,}7044}{0{,}0007025 \pm x}$$

$x = \pm 0{,}000065$

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

- **Modulus Elastisitas**

$$Mod.Elastisitas = \frac{\sigma 2}{\varepsilon 2}$$

Percobaan $= \frac{9{,}7044}{0{,}0007025}$

$= 13814{,}07$ MPa

$$Mod.Elastisitas = 4700\sqrt{f'c}$$

Teoritis SNI 2847 2019 $= 4700\sqrt{23{,}94}$

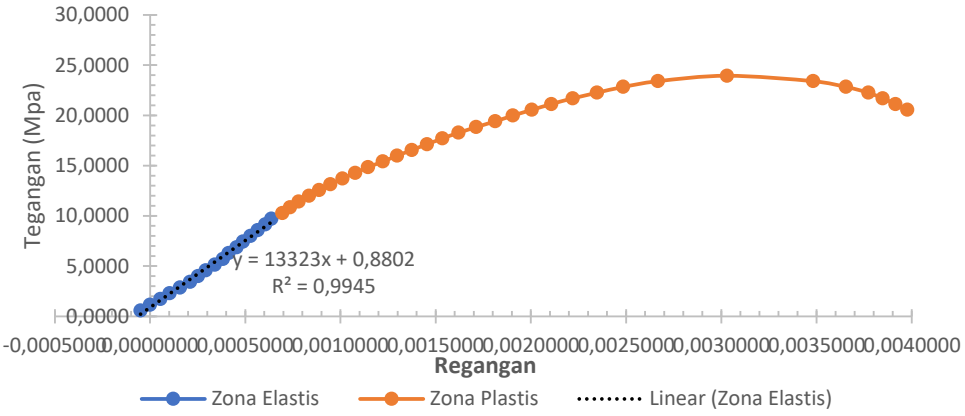
$= 22997{,}02$ MPa

$$Mod.Elastisitas = 3421\sqrt{f'c}$$

Teoritis Tempest, dkk. $= 3421\sqrt{23{,}94}$

$= 16738{,}90$ MPa

- **Grafik**



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN

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

LAPORAN SEMENTARA PENGAMATAN UJI DESAK DAN REGANGAN SILINDER BETON (SNI 03-4169-1996)

Nama : Muhammad Farrel Ghiffary
NIM : 20511075

I. Data Benda Uji

Mutu Beton = 19,50 MPa
Benda uji

- dibuat tanggal : 10 Juli 2024
- di uji tanggal : 7 Agustus 2024

- Dimensi Benda Uji
  Diameter :151,04 mm
  Tinggi :299,72 mm

BG-TM-2-2

II. Data Pengujian

Beban		Pembacaan Dial …..x10^{-3}	ΔL (mm)	Regangan (ΔL/L_o)	Tegangan (Mpa)	Reg.Terkoreksi
kN	N					
10	10000	90	0,0450	0,0002250	0,5581	0,0000625
20	20000	105	0,0525	0,0002625	1,1163	0,0001000
30	30000	118	0,0590	0,0002950	1,6744	0,0001325
40	40000	134	0,0670	0,0003350	2,2326	0,0001725
50	50000	148	0,0740	0,0003700	2,7907	0,0002075
60	60000	160	0,0800	0,0004000	3,3489	0,0002375
70	70000	171	0,0855	0,0004275	3,9070	0,0002650
80	80000	185	0,0925	0,0004625	4,4651	0,0003000
90	90000	197	0,0985	0,0004925	5,0233	0,0003300
100	100000	210	0,1050	0,0005250	5,5814	0,0003625
110	110000	224	0,1120	0,0005600	6,1396	0,0003975
120	120000	239	0,1195	0,0005975	6,6977	0,0004350
130	130000	253	0,1265	0,0006325	7,2559	0,0004700
140	140000	268	0,1340	0,0006700	7,8140	0,0005075
150	150000	284	0,1420	0,0007100	8,3721	0,0005475
160	160000	301	0,1505	0,0007525	8,9303	0,0005900
170	170000	318	0,1590	0,0007950	9,4884	0,0006325
180	180000	337	0,1685	0,0008425	10,0466	0,0006800
190	190000	358	0,1790	0,0008950	10,6047	0,0007325
200	200000	377	0,1885	0,0009425	11,1629	0,0007800
210	210000	399	0,1995	0,0009975	11,7210	0,0008350
220	220000	418	0,2090	0,0010450	12,2791	0,0008825
230	230000	443	0,2215	0,0011075	12,8373	0,0009450
240	240000	470	0,2350	0,0011750	13,3954	0,0010125
250	250000	494	0,2470	0,0012350	13,9536	0,0010725
260	260000	520	0,2600	0,0013000	14,5117	0,0011375
270	270000	550	0,2750	0,0013750	15,0699	0,0012125
280	280000	578	0,2890	0,0014450	15,6280	0,0012825
290	290000	608	0,3040	0,0015200	16,1861	0,0013575

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

Beban		Pembacaan Dial …..x10^{-3}	ΔL (mm)	Regangan (ΔL/L$_o$)	Tegangan (Mpa)	Reg.Terkoreksi
kN	N					
300	300000	640	0,3200	0,0016000	16,7443	0,0014375
310	310000	679	0,3395	0,0016975	17,3024	0,0015350
320	320000	719	0,3595	0,0017975	17,8606	0,0016350
330	330000	768	0,3840	0,0019200	18,4187	0,0017575
340	340000	828	0,4140	0,0020700	18,9769	0,0019075
349,3	349300	939	0,4695	0,0023475	19,4959	0,0021850
340	340000	1038	0,5190	0,0025950	18,9769	0,0024325
330	330000	1079	0,5395	0,0026975	18,4187	0,0025350
320	320000	1110	0,5550	0,0027750	17,8606	0,0026125
310	310000	1141	0,5705	0,0028525	17,3024	0,0026900
300	300000	1158	0,5790	0,0028950	16,7443	0,0027325

III. Hasil Analisis

- **Beban Maksimum** = 349,3 kN

  Kondisi daerah batas 40% dari beban maksimum

  = 40% x 349,3 kN

  = 140 kN

σ2 (Tegangan 2)	= 7,8140 MPa	ε2 (Regangan 2)	= 0,000670
σ1 (Tegangan 1)	= 5,5814 MPa	ε1 (Regangan 1)	= 0,000525

- Nilai Koreksi

$$\frac{\sigma 2 - \sigma 1}{\varepsilon 2 - \varepsilon 1} = \frac{\sigma 2}{\varepsilon 2 \pm x}$$

$$\frac{7{,}8140 - 5{,}5814}{0{,}000670 - 0{,}000525} = \frac{7{,}8140}{0{,}000670 \pm x}$$

$$x = \pm 0{,}000163$$

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

- **Modulus Elastisitas**

$$Mod.Elastisitas = \frac{\sigma 2}{\varepsilon 2}$$

Percobaan $= \frac{7{,}8140}{0{,}000670}$

$= 11662{,}69$ MPa

$$Mod.Elastisitas = 4700\sqrt{f'c}$$

Teoritis SNI 2847 2019 $= 4700\sqrt{19{,}50}$

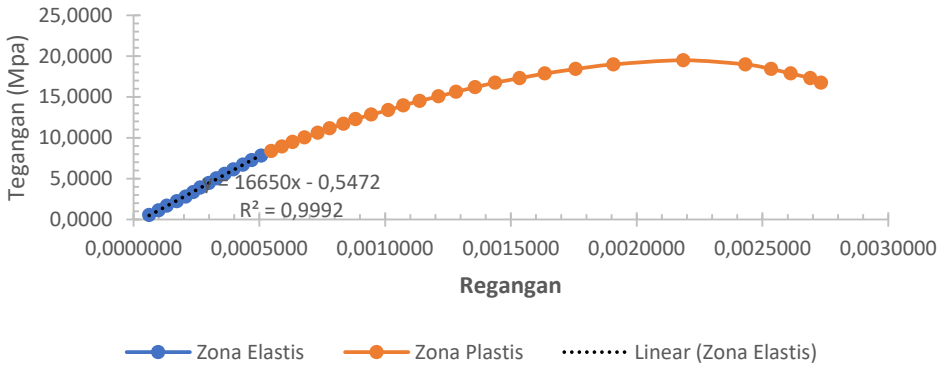
$= 20752{,}47$ MPa

$$Mod.Elastisitas = 3421\sqrt{f'c}$$

Teoritis Tempest, dkk. $= 3421\sqrt{19{,}50}$

$= 15105{,}15$ MPa

- **Grafik**



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN

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

LAPORAN SEMENTARA PENGAMATAN UJI DESAK DAN REGANGAN SILINDER BETON (SNI 03-4169-1996)

Nama : Muhammad Farrel Ghiffary
NIM : 20511075

I. Data Benda Uji

Mutu Beton = 18,20 MPa
Benda uji

- dibuat tanggal : 10 Juli 2024
- di uji tanggal : 7 Agustus 2024

- Dimensi Benda Uji
  Diameter :151,06 mm
  Tinggi :304,71 mm

BG-TM-2-3

II. Data Pengujian

Beban		Pembacaan Dial ..x10^{-3}	ΔL (mm)	Regangan (ΔL/L_o)	Tegangan (Mpa)	Reg.Terkoreksi
KN	N					
10	10000	8	0,0040	0,0000200	0,5580	0,0001319
20	20000	19	0,0095	0,0000475	1,1160	0,0001594
30	30000	32	0,0160	0,0000800	1,6740	0,0001919
40	40000	46	0,0230	0,0001150	2,2320	0,0002269
50	50000	63	0,0315	0,0001575	2,7900	0,0002694
60	60000	78	0,0390	0,0001950	3,3480	0,0003069
70	70000	93	0,0465	0,0002325	3,9060	0,0003444
80	80000	110	0,0550	0,0002750	4,4640	0,0003869
90	90000	124	0,0620	0,0003100	5,0220	0,0004219
100	100000	142	0,0710	0,0003550	5,5800	0,0004669
110	110000	161	0,0805	0,0004025	6,1379	0,0005144
120	120000	180	0,0900	0,0004500	6,6959	0,0005619
130	130000	199	0,0995	0,0004975	7,2539	0,0006094
140	140000	219	0,1095	0,0005475	7,8119	0,0006594
150	150000	241	0,1205	0,0006025	8,3699	0,0007144
160	160000	260	0,1300	0,0006500	8,9279	0,0007619
170	170000	282	0,1410	0,0007050	9,4859	0,0008169
180	180000	305	0,1525	0,0007625	10,0439	0,0008744
190	190000	332	0,1660	0,0008300	10,6019	0,0009419
200	200000	359	0,1795	0,0008975	11,1599	0,0010094
210	210000	386	0,1930	0,0009650	11,7179	0,0010769
220	220000	413	0,2065	0,0010325	12,2759	0,0011444
230	230000	443	0,2215	0,0011075	12,8339	0,0012194
240	240000	475	0,2375	0,0011875	13,3919	0,0012994
250	250000	508	0,2540	0,0012700	13,9499	0,0013819
260	260000	541	0,2705	0,0013525	14,5079	0,0014644
270	270000	577	0,2885	0,0014425	15,0659	0,0015544
280	280000	614	0,3070	0,0015350	15,6239	0,0016469
290	290000	654	0,3270	0,0016350	16,1819	0,0017469
300	300000	701	0,3505	0,0017525	16,7399	0,0018644
310	310000	752	0,3760	0,0018800	17,2978	0,0019919
320	320000	813	0,4065	0,0020325	17,8558	0,0021444
326,1	326100	900	0,4500	0,0022500	18,1962	0,0023619
320	320000	981	0,4905	0,0024525	17,8558	0,0025644
310	310000	1029	0,5145	0,0025725	17,2978	0,0026844

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

Beban		Pembacaan Dial ..x10^{-3}	ΔL (mm)	Regangan (ΔL/L$_o$)	Tegangan (Mpa)	Reg.Terkoreksi
KN	N					
300	300000	1065	0,5325	0,0026625	16,7399	0,0027744
290	290000	1096	0,5480	0,0027400	16,1819	0,0028519
280	280000	1121	0,5605	0,0028025	15,6239	0,0029144

III. Hasil Analisis

- **Beban Maksimum** = 326,1 kN

  Kondisi daerah batas 40% dari beban maksimum

  = 40% x 326,1 kN

  = 130 kN

σ2 (Tegangan 2)	= 7,3539 MPa	ε2	(Regangan 2)	= 0,0004975
σ1 (Tegangan 1)	= 5,0220 MPa	ε1	(Regangan 1)	= 0,0003100

- Nilai Koreksi

$$\frac{\sigma 2 - \sigma 1}{\varepsilon 2 - \varepsilon 1} = \frac{\sigma 2}{\varepsilon 2 \pm x}$$

$$\frac{7{,}3539 - 5{,}0220}{0{,}0004975 - 0{,}0003100} = \frac{7{,}3539}{0{,}0004975 \pm x}$$

$x = \pm 0{,}000112$

- **Modulus Elastisitas**

$$Mod.Elastisitas = \frac{\sigma 2}{\varepsilon 2}$$

Percobaan $= \frac{7{,}3539}{0{,}0004975}$

$= 14580{,}77$ MPa

$Mod.Elastisitas = 4700\sqrt{f'c}$

Teoritis SNI 2847 2019 $= 4700\sqrt{18{,}20}$

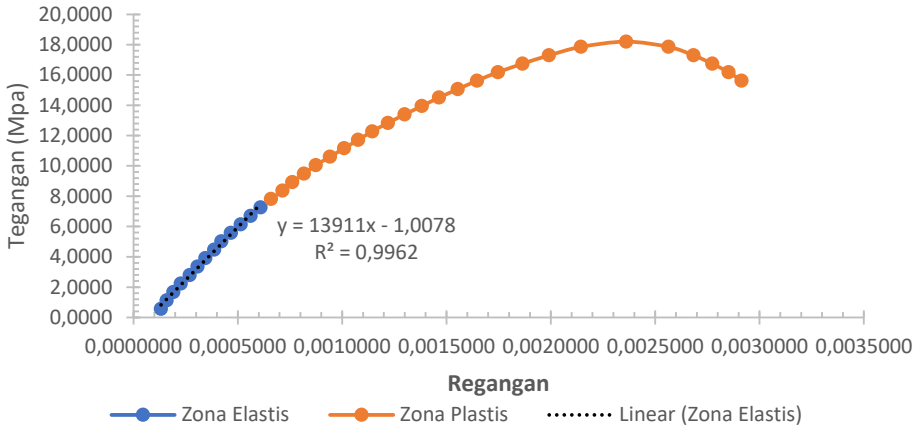
$= 20048{,}80$ MPa

$Mod.Elastisitas = 3421\sqrt{f'c}$

Teoritis Tempest, dkk. $= 3421\sqrt{18{,}20}$

$= 14592{,}97$ MPa

- **Grafik**



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

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

LAPORAN SEMENTARA PENGAMATAN UJI DESAK DAN REGANGAN SILINDER BETON (SNI 03-4169-1996)

Nama : Muhammad Farrel Ghiffary
NIM : 20511075

I. Data Benda Uji

Mutu Beton = 20,62 MPa
Benda uji
- dibuat tanggal : 10 Juli 2024
- di uji tanggal : 7 Agustus 2024

- Dimensi Benda Uji

Diameter :148,37 mm
Tinggi :300,72 mm

BG-TM-2-4

II. Data Pengujian

Beban		Pembacaan Dial …..x10^{-3}	ΔL (mm)	Regangan (ΔL/L$_o$)	Tegangan (Mpa)	Reg.Terkoreksi
KN	N					
10	10000	0	0,0000	0,0000000	0,5784	0,0001650
20	20000	0	0,0000	0,0000000	1,1569	0,0001650
30	30000	5	0,0025	0,0000125	1,7353	0,0001775
40	40000	21	0,0105	0,0000525	2,3137	0,0002175
50	50000	39	0,0195	0,0000975	2,8921	0,0002625
60	60000	55	0,0275	0,0001375	3,4706	0,0003025
70	70000	72	0,0360	0,0001800	4,0490	0,0003450
80	80000	91	0,0455	0,0002275	4,6274	0,0003925
90	90000	108	0,0540	0,0002700	5,2058	0,0004350
100	100000	124	0,0620	0,0003100	5,7843	0,0004750
110	110000	143	0,0715	0,0003575	6,3627	0,0005225
120	120000	160	0,0800	0,0004000	6,9411	0,0005650
130	130000	180	0,0900	0,0004500	7,5195	0,0006150
140	140000	200	0,1000	0,0005000	8,0980	0,0006650
150	150000	219	0,1095	0,0005475	8,6764	0,0007125
160	160000	238	0,1190	0,0005950	9,2548	0,0007600
170	170000	261	0,1305	0,0006525	9,8332	0,0008175
180	180000	280	0,1400	0,0007000	10,4117	0,0008650
190	190000	306	0,1530	0,0007650	10,9901	0,0009300
200	200000	328	0,1640	0,0008200	11,5685	0,0009850
210	210000	349	0,1745	0,0008725	12,1469	0,0010375
220	220000	374	0,1870	0,0009350	12,7254	0,0011000
230	230000	399	0,1995	0,0009975	13,3038	0,0011625
240	240000	421	0,2105	0,0010525	13,8822	0,0012175
250	250000	438	0,2190	0,0010950	14,4606	0,0012600
260	260000	474	0,2370	0,0011850	15,0391	0,0013500
270	270000	504	0,2520	0,0012600	15,6175	0,0014250
280	280000	529	0,2645	0,0013225	16,1959	0,0014875
290	290000	558	0,2790	0,0013950	16,7743	0,0015600
300	300000	589	0,2945	0,0014725	17,3528	0,0016375

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

Beban		Pembacaan Dial …..x10^{-3}	ΔL (mm)	Regangan (ΔL/L_o)	Tegangan (Mpa)	Reg.Terkoreksi
KN	N					
310	310000	620	0,3100	0,0015500	17,9312	0,0017150
320	320000	652	0,3260	0,0016300	18,5096	0,0017950
330	330000	691	0,3455	0,0017275	19,0880	0,0018925
340	340000	737	0,3685	0,0018425	19,6665	0,0020075
350	350000	795	0,3975	0,0019875	20,2449	0,0021525
356,5	356500	868	0,4340	0,0021700	20,6209	0,0023350
350	350000	956	0,4780	0,0023900	20,2449	0,0025550
340	340000	1011	0,5055	0,0025275	19,6665	0,0026925
330	330000	1062	0,5310	0,0026550	19,0880	0,0028200
320	320000	1109	0,5545	0,0027725	18,5096	0,0029375
310	310000	1145	0,5725	0,0028625	17,9312	0,0030275

III. Hasil Analisis

- **Beban Maksimum** = 356,5 kN

  Kondisi daerah batas 40% dari beban maksimum

  = 40% x 356,5 kN

  = 140 kN

σ2 (Tegangan 2)	= 8,0980 MPa		ε2	(Regangan 2)	= 0,00050
σ1 (Tegangan 1)	= 5,7843 MPa		ε1	(Regangan 1)	= 0,00031

- Nilai Koreksi

$$\frac{\sigma 2 - \sigma 1}{\varepsilon 2 - \varepsilon 1} = \frac{\sigma 2}{\varepsilon 2 \pm x}$$

$$\frac{8{,}0980 - 5{,}7843}{0{,}00050 - 0{,}00031} = \frac{8{,}0980}{0{,}00050 \pm x}$$

$x = \pm 0{,}000165$

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

- **Modulus Elastisitas**

$$Mod.Elastisitas = \frac{\sigma 2}{\varepsilon 2}$$

Percobaan $= \frac{8{,}0980}{0{,}00050}$

$= 16195{,}91$ MPa

$$Mod.Elastisitas = 4700\sqrt{f'c}$$

Teoritis SNI 2847 2019 $= 4700\sqrt{20{,}62}$

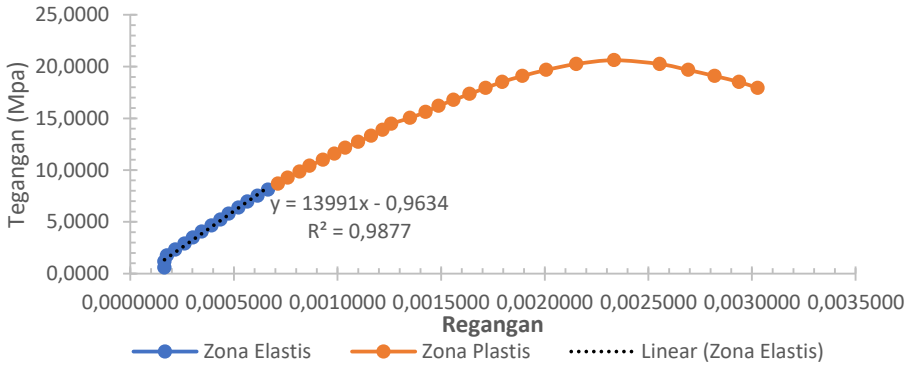
$= 21342{,}79$ MPa

$$Mod.Elastisitas = 3421\sqrt{f'c}$$

Teoritis Tempest, dkk. $= 3421\sqrt{20{,}62}$

$= 15534{,}83$ MPa

- **Grafik**



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN

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

LAPORAN SEMENTARA PENGAMATAN UJI DESAK DAN REGANGAN SILINDER BETON (SNI 03-4169-1996)

Nama : Muhammad Farrel Ghiffary
NIM : 20511075

I. Data Benda Uji

Mutu Beton = 23,97 MPa

Benda uji

- dibuat tanggal : 10 Juli 2024
- di uji tanggal : 7 Agustus 2024

- Dimensi Benda Uji

Diameter :147,02 mm
Tinggi :300,05 mm

BG-TM-2-5

II. Data Pengujian

Beban		Pembacaan Dial …..x10^{-3}	ΔL (mm)	Regangan (ΔL/L$_o$)	Tegangan (Mpa)	Reg.Terkoreksi
KN	N					
10	10000	5	0,0025	0,0000125	0,5891	0,0001300
20	20000	19	0,0095	0,0000475	1,1781	0,0001650
30	30000	33	0,0165	0,0000825	1,7672	0,0002000
40	40000	44	0,0220	0,0001100	2,3562	0,0002275
50	50000	60	0,0300	0,0001500	2,9453	0,0002675
60	60000	73	0,0365	0,0001825	3,5343	0,0003000
70	70000	86	0,0430	0,0002150	4,1234	0,0003325
80	80000	101	0,0505	0,0002525	4,7125	0,0003700
90	90000	116	0,0580	0,0002900	5,3015	0,0004075
100	100000	134	0,0670	0,0003350	5,8906	0,0004525
110	110000	150	0,0750	0,0003750	6,4796	0,0004925
120	120000	169	0,0845	0,0004225	7,0687	0,0005400
130	130000	185	0,0925	0,0004625	7,6577	0,0005800
140	140000	205	0,1025	0,0005125	8,2468	0,0006300
150	150000	221	0,1105	0,0005525	8,8359	0,0006700
160	160000	241	0,1205	0,0006025	9,4249	0,0007200
170	170000	263	0,1315	0,0006575	10,0140	0,0007750
180	180000	282	0,1410	0,0007050	10,6030	0,0008225
190	190000	304	0,1520	0,0007600	11,1921	0,0008775
200	200000	326	0,1630	0,0008150	11,7811	0,0009325
210	210000	351	0,1755	0,0008775	12,3702	0,0009950
220	220000	376	0,1880	0,0009400	12,9593	0,0010575
230	230000	402	0,2010	0,0010050	13,5483	0,0011225
240	240000	428	0,2140	0,0010700	14,1374	0,0011875
250	250000	454	0,2270	0,0011350	14,7264	0,0012525
260	260000	480	0,2400	0,0012000	15,3155	0,0013175
270	270000	505	0,2525	0,0012625	15,9045	0,0013800
280	280000	532	0,2660	0,0013300	16,4936	0,0014475
290	290000	560	0,2800	0,0014000	17,0827	0,0015175
300	300000	587	0,2935	0,0014675	17,6717	0,0015850

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

Beban		Pembacaan Dial $\ldots\ldots x10^{-3}$	ΔL (mm)	Regangan ($\Delta L/L_o$)	Tegangan (Mpa)	Reg.Terkoreksi
KN	N					
310	310000	620	0,3100	0,0015500	18,2608	0,0016675
320	320000	652	0,3260	0,0016300	18,8498	0,0017475
330	330000	684	0,3420	0,0017100	19,4389	0,0018275
340	340000	715	0,3575	0,0017875	20,0279	0,0019050
350	350000	751	0,3755	0,0018775	20,6170	0,0019950
360	360000	790	0,3950	0,0019750	21,2061	0,0020925
370	370000	829	0,4145	0,0020725	21,7951	0,0021900
380	380000	876	0,4380	0,0021900	22,3842	0,0023075
390	390000	930	0,4650	0,0023250	22,9732	0,0024425
400	400000	997	0,4985	0,0024925	23,5623	0,0026100
406,9	406900	1209	0,6045	0,0030225	23,9687	0,0031400
400	400000	1254	0,6270	0,0031350	23,5623	0,0032525
390	390000	1304	0,6520	0,0032600	22,9732	0,0033775
380	380000	1350	0,6750	0,0033750	22,3842	0,0034925
370	370000	1395	0,6975	0,0034875	21,7951	0,0036050

III. Hasil Analisis

- **Beban Maksimum** = 406,9 kN

  Kondisi daerah batas 40% dari beban maksimum

  = 40% x 406,9 kN

  = 160 kN

σ2 (Tegangan 2)	= 9,4249 MPa	ε2	(Regangan 2)	= 0,0006025
σ1 (Tegangan 1)	= 7,0687 MPa	ε1	(Regangan 1)	= 0,0004225

- Nilai Koreksi

$$\frac{\sigma 2 - \sigma 1}{\varepsilon 2 - \varepsilon 1} = \frac{\sigma 2}{\varepsilon 2 \pm x}$$

$$\frac{9{,}4249 - 7{,}0687}{0{,}0006025 - 0{,}0004225} = \frac{9{,}4249}{0{,}0006025 \pm x}$$

$x = \pm 0{,}000118$

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

- **Modulus Elastisitas**

$$Mod.Elastisitas = \frac{\sigma 2}{\varepsilon 2}$$

Percobaan $= \frac{9{,}4249}{0{,}0006025}$

$= 15643{,}01$ MPa

$$Mod.Elastisitas = 4700\sqrt{f'c}$$

Teoritis SNI 2847 2019 $= 4700\sqrt{23{,}97}$

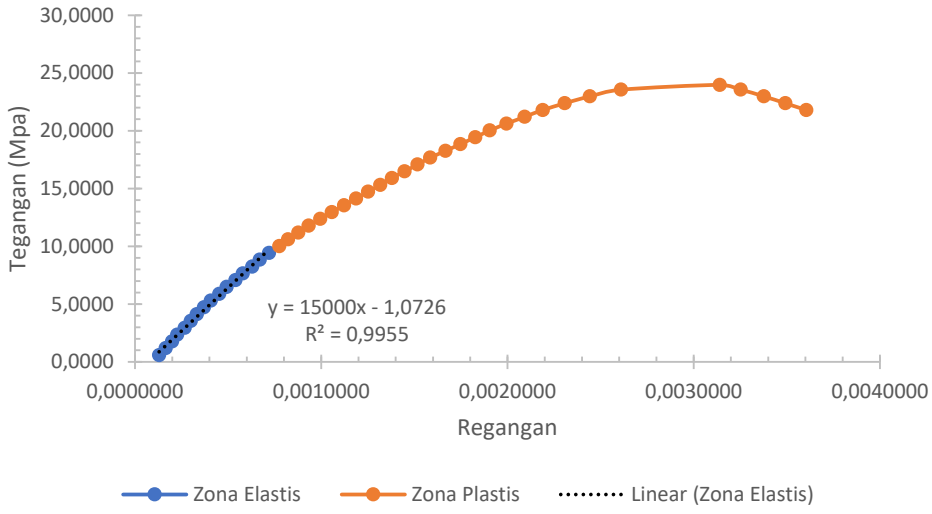
$= 23010{,}20$ MPa

$$Mod.Elastisitas = 3421\sqrt{f'c}$$

Teoritis Tempest, dkk. $= 3421\sqrt{23{,}97}$

$= 16748{,}49$ MPa

- **Grafik**



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN

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

LAPORAN SEMENTARA PENGAMATAN UJI DESAK DAN REGANGAN SILINDER BETON (SNI 03-4169-1996)

Nama : Muhammad Farrel Ghiffary
NIM : 20511075

I. Data Benda Uji

Mutu Beton = 25,35 MPa
Benda uji

- dibuat tanggal : 12 Juli 2024
- di uji tanggal : 9 Agustus 2024

• Dimensi Benda Uji
Diameter :150,04 mm
Tinggi :303,04 mm

BG-TM-3-1

II. Data Pengujian

Beban		Pembacaan Dial …..x10^{-3}	ΔL (mm)	Regangan (ΔL/L$_o$)	Tegangan (Mpa)	Reg.Terkoreksi
KN	N					
10	10000	9	0,0045	0,0000225	0,5656	-0,0000275
20	20000	21	0,0105	0,0000525	1,1311	0,0000025
30	30000	34	0,0170	0,0000850	1,6967	0,0000350
40	40000	44	0,0220	0,0001100	2,2622	0,0000600
50	50000	59	0,0295	0,0001475	2,8278	0,0000975
60	60000	71	0,0355	0,0001775	3,3933	0,0001275
70	70000	82	0,0410	0,0002050	3,9589	0,0001550
80	80000	140	0,0700	0,0003500	4,5245	0,0003000
90	90000	155	0,0775	0,0003875	5,0900	0,0003375
100	100000	169	0,0845	0,0004225	5,6556	0,0003725
110	110000	184	0,0920	0,0004600	6,2211	0,0004100
120	120000	198	0,0990	0,0004950	6,7867	0,0004450
130	130000	212	0,1060	0,0005300	7,3522	0,0004800
140	140000	230	0,1150	0,0005750	7,9178	0,0005250
150	150000	245	0,1225	0,0006125	8,4834	0,0005625
160	160000	258	0,1290	0,0006450	9,0489	0,0005950
170	170000	275	0,1375	0,0006875	9,6145	0,0006375
180	180000	290	0,1450	0,0007250	10,1800	0,0006750
190	190000	307	0,1535	0,0007675	10,7456	0,0007175
200	200000	324	0,1620	0,0008100	11,3111	0,0007600
210	210000	341	0,1705	0,0008525	11,8767	0,0008025
220	220000	360	0,1800	0,0009000	12,4423	0,0008500
230	230000	376	0,1880	0,0009400	13,0078	0,0008900
240	240000	395	0,1975	0,0009875	13,5734	0,0009375
250	250000	412	0,2060	0,0010300	14,1389	0,0009800
260	260000	433	0,2165	0,0010825	14,7045	0,0010325
270	270000	451	0,2255	0,0011275	15,2701	0,0010775
280	280000	471	0,2355	0,0011775	15,8356	0,0011275
290	290000	490	0,2450	0,0012250	16,4012	0,0011750
300	300000	510	0,2550	0,0012750	16,9667	0,0012250
310	310000	531	0,2655	0,0013275	17,5323	0,0012775
320	320000	553	0,2765	0,0013825	18,0978	0,0013325
330	330000	575	0,2875	0,0014375	18,6634	0,0013875
340	340000	598	0,2990	0,0014950	19,2290	0,0014450
350	350000	623	0,3115	0,0015575	19,7945	0,0015075
360	360000	644	0,3220	0,0016100	20,3601	0,0015600

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

Beban		Pembacaan Dial …..x10^{-3}	ΔL (mm)	Regangan ($\Delta L/L_o$)	Tegangan (Mpa)	Reg.Terkoreksi
KN	N					
370	370000	670	0,3350	0,0016750	20,9256	0,0016250
380	380000	698	0,3490	0,0017450	21,4912	0,0016950
390	390000	727	0,3635	0,0018175	22,0567	0,0017675
400	400000	756	0,3780	0,0018900	22,6223	0,0018400
410	410000	787	0,3935	0,0019675	23,1879	0,0019175
420	420000	823	0,4115	0,0020575	23,7534	0,0020075
430	430000	862	0,4310	0,0021550	24,3190	0,0021050
440	440000	915	0,4575	0,0022875	24,8845	0,0022375
448,3	448300	1006	0,5030	0,0025150	25,3539	0,0024650
440	440000	1089	0,5445	0,0027225	24,8845	0,0026725
430	430000	1122	0,5610	0,0028050	24,3190	0,0027550
420	420000	1145	0,5725	0,0028625	23,7534	0,0028125
410	410000	1167	0,5835	0,0029175	23,1879	0,0028675
400	400000	1191	0,5955	0,0029775	22,6223	0,0029275
390	390000	1218	0,6090	0,0030450	22,0567	0,0029950

III. Hasil Analisis

- **Beban Maksimum** = 448,3 kN

  Kondisi daerah batas 40% dari beban maksimum

  = 40% x 448,3 kN

  = 180 kN

σ2 (Tegangan 2)	= 10,1800 MPa		ε2	(Regangan 2)	= 0,000725
σ1 (Tegangan 1)	= 7,9198 MPa		ε1	(Regangan 1)	= 0,000575

- Nilai Koreksi

$$\frac{\sigma 2 - \sigma 1}{\varepsilon 2 - \varepsilon 1} = \frac{\sigma 2}{\varepsilon 2 \pm x}$$

$$\frac{10{,}1800 - 7{,}9198}{0{,}000725 - 0{,}000575} = \frac{10{,}1800}{0{,}000725 \pm x}$$

$$x = \pm 0{,}000050$$

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

- **Modulus Elastisitas**

$$Mod.Elastisitas = \frac{\sigma 2}{\varepsilon 2}$$

Percobaan $= \frac{10,1800}{0,000725}$

$= 14041,43$ MPa

$$Mod.Elastisitas = 4700\sqrt{f'c}$$

Teoritis SNI 2847 2019 $= 4700\sqrt{25,35}$

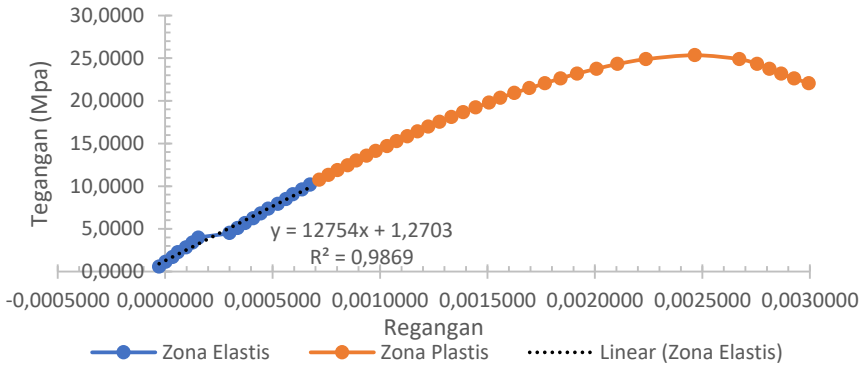
$= 23665,77$ MPa

$$Mod.Elastisitas = 3421\sqrt{f'c}$$

Teoritis Tempest, dkk. $= 3421\sqrt{25,35}$

$= 17225,66$ MPa

- **Grafik**



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN

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

LAPORAN SEMENTARA PENGAMATAN UJI DESAK DAN REGANGAN SILINDER BETON (SNI 03-4169-1996)

Nama : Muhammad Farrel Ghiffary
NIM : 20511075

I. Data Benda Uji

Mutu Beton = 25,39 MPa
Benda uji

- dibuat tanggal : 12 Juli 2024
- di uji tanggal : 9 Agustus 2024

• Dimensi Benda Uji
Diameter :154,05 mm
Tinggi :300,07 mm

BG-TM-3-2

II. Data Pengujian

Beban		Pembacaan Dial …..x10^{-3}	ΔL (mm)	Regangan (ΔL/L_o)	Tegangan (Mpa)	Reg.Terkoreksi
KN	N					
10	10000	9	0,0045	0,0000225	0,5365	0,0000537
20	20000	26	0,0130	0,0000650	1,0730	0,0000962
30	30000	44	0,0220	0,0001100	1,6095	0,0001412
40	40000	65	0,0325	0,0001625	2,1460	0,0001937
50	50000	87	0,0435	0,0002175	2,6825	0,0002487
60	60000	106	0,0530	0,0002650	3,2190	0,0002962
70	70000	127	0,0635	0,0003175	3,7555	0,0003487
80	80000	149	0,0745	0,0003725	4,2920	0,0004037
90	90000	173	0,0865	0,0004325	4,8285	0,0004637
100	100000	196	0,0980	0,0004900	5,3650	0,0005212
110	110000	223	0,1115	0,0005575	5,9015	0,0005887
120	120000	247	0,1235	0,0006175	6,4380	0,0006487
130	130000	275	0,1375	0,0006875	6,9745	0,0007187
140	140000	301	0,1505	0,0007525	7,5110	0,0007837
150	150000	325	0,1625	0,0008125	8,0475	0,0008437
160	160000	348	0,1740	0,0008700	8,5840	0,0009012
170	170000	372	0,1860	0,0009300	9,1205	0,0009612
180	180000	395	0,1975	0,0009875	9,6570	0,0010188
190	190000	415	0,2075	0,0010375	10,1935	0,0010688
200	200000	438	0,2190	0,0010950	10,7300	0,0011263
210	210000	461	0,2305	0,0011525	11,2665	0,0011838
220	220000	481	0,2405	0,0012025	11,8030	0,0012338
230	230000	505	0,2525	0,0012625	12,3394	0,0012938
240	240000	523	0,2615	0,0013075	12,8759	0,0013388
250	250000	548	0,2740	0,0013700	13,4124	0,0014013
260	260000	569	0,2845	0,0014225	13,9489	0,0014538
270	270000	591	0,2955	0,0014775	14,4854	0,0015088
280	280000	616	0,3080	0,0015400	15,0219	0,0015713
290	290000	638	0,3190	0,0015950	15,5584	0,0016263
300	300000	663	0,3315	0,0016575	16,0949	0,0016888

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

Beban		Pembacaan Dial …..x10^{-3}	ΔL (mm)	Regangan (ΔL/L_o)	Tegangan (Mpa)	Reg.Terkoreksi
KN	N					
310	310000	687	0,3435	0,0017175	16,6314	0,0017488
320	320000	710	0,3550	0,0017750	17,1679	0,0018063
330	330000	737	0,3685	0,0018425	17,7044	0,0018738
340	340000	765	0,3825	0,0019125	18,2409	0,0019438
350	350000	791	0,3955	0,0019775	18,7774	0,0020088
360	360000	819	0,4095	0,0020475	19,3139	0,0020788
370	370000	845	0,4225	0,0021125	19,8504	0,0021438
380	380000	875	0,4375	0,0021875	20,3869	0,0022188
390	390000	907	0,4535	0,0022675	20,9234	0,0022988
400	400000	939	0,4695	0,0023475	21,4599	0,0023788
410	410000	974	0,4870	0,0024350	21,9964	0,0024663
420	420000	1009	0,5045	0,0025225	22,5329	0,0025538
430	430000	1047	0,5235	0,0026175	23,0694	0,0026488
440	440000	1086	0,5430	0,0027150	23,6059	0,0027463
450	450000	1130	0,5650	0,0028250	24,1424	0,0028563
460	460000	1186	0,5930	0,0029650	24,6789	0,0029963
470	470000	1263	0,6315	0,0031575	25,2154	0,0031888
473,2	473200	1325	0,6625	0,0033125	25,3871	0,0033438
470	470000	1383	0,6915	0,0034575	25,2154	0,0034888
460	460000	1410	0,7050	0,0035250	24,6789	0,0035563
450	450000	1440	0,7200	0,0036000	24,1424	0,0036313
440	440000	1458	0,7290	0,0036450	23,6059	0,0036763
430	430000	1478	0,7390	0,0036950	23,0694	0,0037263
420	420000	1500	0,7500	0,0037500	22,5329	0,0037813
410	410000	1523	0,7615	0,0038075	21,9964	0,0038388

III. Hasil Analisis

- **Beban Maksimum** = 473,2 kN

  Kondisi daerah batas 40% dari beban maksimum

  = 40% x 473,2 kN

  = 190 kN

σ2 (Tegangan 2)	= 10,1935 MPa	ε2 (Regangan 2)	= 0,0010375
σ1 (Tegangan 1)	= 8,0475 MPa	ε1 (Regangan 1)	= 0,0008125

- Nilai Koreksi

$$\frac{\sigma 2 - \sigma 1}{\varepsilon 2 - \varepsilon 1} = \frac{\sigma 2}{\varepsilon 2 \pm x}$$

$$\frac{10{,}1935 - 8{,}0475}{0{,}0010375 - 0{,}0008125} = \frac{10{,}1935}{0{,}0010375 \pm x}$$

$$x = \pm 0{,}000031$$

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

- **Modulus Elastisitas**

$$Mod.Elastisitas = \frac{\sigma 2}{\varepsilon 2}$$

Percobaan $= \frac{10,1935}{0,0010375}$

$= 9825,02$ MPa

$$Mod.Elastisitas = 4700\sqrt{f'c}$$

Teoritis SNI 2847 2019 $= 4700\sqrt{25,39}$

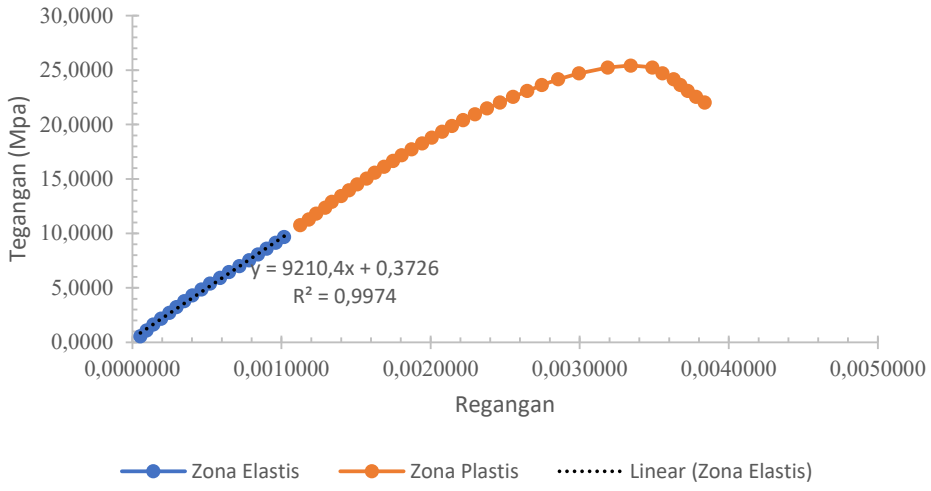
$= 17236,91$ MPa

$$Mod.Elastisitas = 3421\sqrt{f'c}$$

Teoritis Tempest, dkk. $= 3421\sqrt{25,39}$

$= 17225,66$ MPa

- **Grafik**



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN

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

LAPORAN SEMENTARA PENGAMATAN UJI DESAK DAN REGANGAN SILINDER BETON (SNI 03-4169-1996)

Nama : Muhammad Farrel Ghiffary
NIM : 20511075

I. Data Benda Uji

Mutu Beton = 22,83 MPa
Benda uji

- dibuat tanggal : 12 Juli 2024
- di uji tanggal : 9 Agustus 2024

• Dimensi Benda Uji
Diameter :150,71 mm
Tinggi :302,03 mm

BG-TM-3-3

II. Data Pengujian

Beban		Pembacaan Dial …..x10^{-3}	ΔL (mm)	Regangan (ΔL/L_o)	Tegangan (Mpa)	Reg.Terkoreksi
KN	N					
10	10000	8	0,0040	0,00002	0,5606	0,000080
20	20000	19	0,0095	0,0000475	1,1212	0,000108
30	30000	34	0,0170	0,000085	1,6818	0,000145
40	40000	51	0,0255	0,0001275	2,2424	0,000188
50	50000	69	0,0345	0,0001725	2,8029	0,000233
60	60000	85	0,0425	0,0002125	3,3635	0,000273
70	70000	103	0,0515	0,0002575	3,9241	0,000318
80	80000	119	0,0595	0,0002975	4,4847	0,000358
90	90000	136	0,0680	0,00034	5,0453	0,000400
100	100000	155	0,0775	0,0003875	5,6059	0,000448
110	110000	174	0,0870	0,000435	6,1665	0,000495
120	120000	192	0,0960	0,00048	6,7271	0,000540
130	130000	209	0,1045	0,0005225	7,2877	0,000583
140	140000	229	0,1145	0,0005725	7,8483	0,000633
150	150000	245	0,1225	0,0006125	8,4088	0,000673
160	160000	264	0,1320	0,00066	8,9694	0,000720
170	170000	283	0,1415	0,0007075	9,5300	0,000768
180	180000	302	0,1510	0,000755	10,0906	0,000815
190	190000	319	0,1595	0,0007975	10,6512	0,000858
200	200000	337	0,1685	0,0008425	11,2118	0,000903
210	210000	356	0,1780	0,00089	11,7724	0,000950
220	220000	373	0,1865	0,0009325	12,3330	0,000993
230	230000	394	0,1970	0,000985	12,8936	0,001045
240	240000	409	0,2045	0,0010225	13,4542	0,001083
250	250000	429	0,2145	0,0010725	14,0147	0,001133
260	260000	448	0,2240	0,00112	14,5753	0,001180
270	270000	468	0,2340	0,00117	15,1359	0,001230
280	280000	488	0,2440	0,00122	15,6965	0,001280
290	290000	511	0,2555	0,0012775	16,2571	0,001338
300	300000	533	0,2665	0,0013325	16,8177	0,001393

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

Beban		Pembacaan Dial …..x10^{-3}	ΔL (mm)	Regangan (ΔL/L_o)	Tegangan (Mpa)	Reg.Terkoreksi
KN	N					
310	310000	557	0,2785	0,0013925	17,3783	0,001453
320	320000	581	0,2905	0,0014525	17,9389	0,001513
330	330000	602	0,3010	0,001505	18,4995	0,001565
340	340000	628	0,3140	0,00157	19,0601	0,001630
350	350000	655	0,3275	0,0016375	19,6206	0,001698
360	360000	681	0,3405	0,0017025	20,1812	0,001763
370	370000	707	0,3535	0,0017675	20,7418	0,001828
380	380000	738	0,3690	0,001845	21,3024	0,001905
390	390000	771	0,3855	0,0019275	21,8630	0,001988
400	400000	813	0,4065	0,0020325	22,4236	0,002093
407,3	407300	891	0,4455	0,0022275	22,8328	0,002288
400	400000	963	0,4815	0,0024075	22,4236	0,002468
390	390000	1015	0,5075	0,0025375	21,8630	0,002598
380	380000	1054	0,5270	0,002635	21,3024	0,002695
370	370000	1094	0,5470	0,002735	20,7418	0,002795
360	360000	1137	0,5685	0,0028425	20,1812	0,002903
350	350000	1181	0,5905	0,0029525	19,6206	0,003013

III. Hasil Analisis

- **Beban Maksimum** = 407,3 kN

  Kondisi daerah batas 40% dari beban maksimum
  = 40% x 407,3 kN
  = 160 kN

σ2 (Tegangan 2)	= 8,9694 MPa		ε2	(Regangan 2)	= 0,00066
σ1 (Tegangan 1)	= 6,7271 MPa		ε1	(Regangan 1)	= 0,00048

- Nilai Koreksi

$$\frac{\sigma 2 - \sigma 1}{\varepsilon 2 - \varepsilon 1} = \frac{\sigma 2}{\varepsilon 2 \pm x}$$

$$\frac{8{,}9694 - 6{,}7271}{0{,}00066 - 0{,}00048} = \frac{8{,}9694}{0{,}00066 \pm x}$$

$x = \pm 0{,}000060$

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

- **Modulus Elastisitas**

$$Mod.Elastisitas = \frac{\sigma 2}{\varepsilon 2}$$

Percobaan $= \frac{8{,}9694}{0{,}00066}$

$= 13590{,}06$ MPa

$$Mod.Elastisitas = 4700\sqrt{f'c}$$

Teoritis SNI 2847 2019 $= 4700\sqrt{22{,}83}$

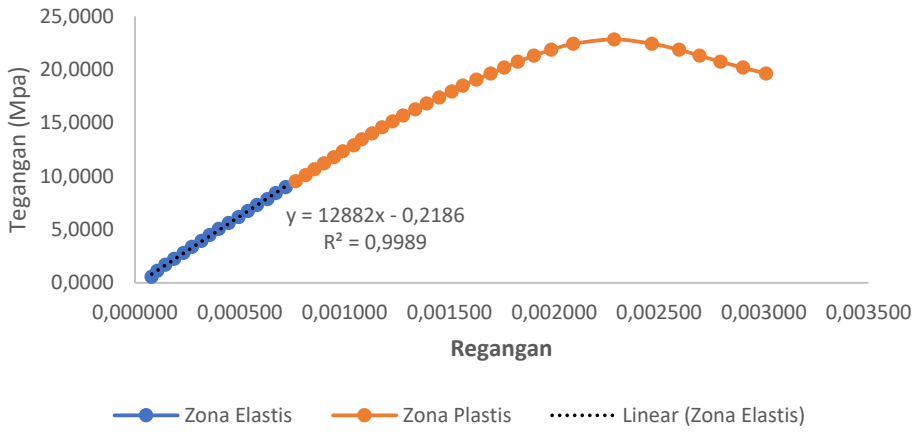
$= 22458{,}34$ MPa

$$Mod.Elastisitas = 3421\sqrt{f'c}$$

Teoritis Tempest, dkk. $= 3421\sqrt{22{,}83}$

$= 16346{,}80$ MPa

- **Grafik**



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN

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

LAPORAN SEMENTARA PENGAMATAN UJI DESAK DAN REGANGAN SILINDER BETON (SNI 03-4169-1996)

Nama : Muhammad Farrel Ghiffary
NIM : 20511075

I. Data Benda Uji

Mutu Beton = 23,12 MPa
Benda uji

- dibuat tanggal : 12 Juli 2024
- di uji tanggal : 9 Agustus 2024

- Dimensi Benda Uji

Diameter :149,71 mm
Tinggi :304,05 mm

BG-TM-3-4

II. Data Pengujian

Beban		Pembacaan Dial ..x10^{-3}	ΔL (mm)	Regangan (ΔL/L_o)	Tegangan (Mpa)	Reg.Terkoreksi
KN	N					
10	10000	6	0,0030	0,000015	0,5681	0,000045
20	20000	18	0,0090	0,000045	1,1362	0,000075
30	30000	34	0,0170	0,000085	1,7042	0,000115
40	40000	46	0,0230	0,000115	2,2723	0,000145
50	50000	62	0,0310	0,000155	2,8404	0,000185
60	60000	76	0,0380	0,00019	3,4085	0,000220
70	70000	91	0,0455	0,0002275	3,9766	0,000258
80	80000	105	0,0525	0,0002625	4,5446	0,000293
90	90000	119	0,0595	0,0002975	5,1127	0,000328
100	100000	134	0,0670	0,000335	5,6808	0,000365
110	110000	148	0,0740	0,00037	6,2489	0,000400
120	120000	165	0,0825	0,0004125	6,8169	0,000443
130	130000	181	0,0905	0,0004525	7,3850	0,000483
140	140000	195	0,0975	0,0004875	7,9531	0,000518
150	150000	212	0,1060	0,00053	8,5212	0,000560
160	160000	224	0,1120	0,00056	9,0893	0,000590
170	170000	243	0,1215	0,0006075	9,6573	0,000638
180	180000	261	0,1305	0,0006525	10,2254	0,000683
190	190000	276	0,1380	0,00069	10,7935	0,000720
200	200000	292	0,1460	0,00073	11,3616	0,000760
210	210000	309	0,1545	0,0007725	11,9297	0,000803
220	220000	325	0,1625	0,0008125	12,4977	0,000843
230	230000	341	0,1705	0,0008525	13,0658	0,000883
240	240000	359	0,1795	0,0008975	13,6339	0,000928
250	250000	376	0,1880	0,00094	14,2020	0,000970
260	260000	395	0,1975	0,0009875	14,7700	0,001018
270	270000	411	0,2055	0,0010275	15,3381	0,001058
280	280000	430	0,2150	0,001075	15,9062	0,001105
290	290000	449	0,2245	0,0011225	16,4743	0,001153
300	300000	467	0,2335	0,0011675	17,0424	0,001198
310	310000	488	0,2440	0,00122	17,6104	0,001250
320	320000	509	0,2545	0,0012725	18,1785	0,001303
330	330000	529	0,2645	0,0013225	18,7466	0,001353
340	340000	550	0,2750	0,001375	19,3147	0,001405
350	350000	574	0,2870	0,001435	19,8828	0,001465

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

Beban		Pembacaan Dial ..x10^{-3}	ΔL (mm)	Regangan (ΔL/L$_o$)	Tegangan (Mpa)	Reg.Terkoreksi
KN	N					
360	360000	598	0,2990	0,001495	20,4508	0,001525
370	370000	623	0,3115	0,0015575	21,0189	0,001588
380	380000	652	0,3260	0,00163	21,5870	0,001660
390	390000	685	0,3425	0,0017125	22,1551	0,001743
400	400000	726	0,3630	0,001815	22,7231	0,001845
407	407000	781	0,3905	0,0019525	23,1208	0,001983
400	400000	816	0,4080	0,00204	22,7231	0,002070
390	390000	825	0,4125	0,0020625	22,1551	0,002093
380	380000	829	0,4145	0,0020725	21,5870	0,002103
370	370000	832	0,4160	0,00208	21,0189	0,002110
360	360000	836	0,4180	0,00209	20,4508	0,002120

III. Hasil Analisis

- **Beban Maksimum** = 452,3 kN

  Kondisi daerah batas 40% dari beban maksimum

  = 40% x 452,3 kN

  = 180 kN

σ2 (Tegangan 2)	= 9,0893 MPa	ε2	(Regangan 2)	= 0,0005600
σ1 (Tegangan 1)	= 6,8169 MPa	ε1	(Regangan 1)	= 0,0004125

- Nilai Koreksi

$$\frac{\sigma 2 - \sigma 1}{\varepsilon 2 - \varepsilon 1} = \frac{\sigma 2}{\varepsilon 2 \pm x}$$

$$\frac{9{,}0893 - 6{,}8169}{0{,}0005600 - 0{,}0004125} = \frac{9{,}0893}{0{,}0005600 \pm x}$$

$x = \pm 0{,}000030$

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

- **Modulus Elastisitas**

$$Mod.Elastisitas = \frac{\sigma 2}{\varepsilon 2}$$

Percobaan $= \frac{9{,}0893}{0{,}00056}$

$= 16230{,}82$ MPa

$$Mod.Elastisitas = 4700\sqrt{f'c}$$

Teoritis SNI 2847 2019 $= 4700\sqrt{23{,}12}$

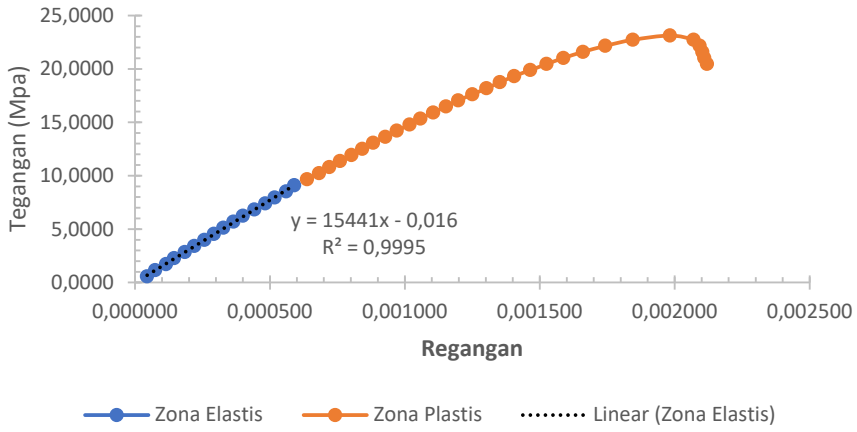
$= 22599{,}53$ MPa

$$Mod.Elastisitas = 3421\sqrt{f'c}$$

Teoritis Tempest, dkk. $= 3421\sqrt{23{,}12}$

$= 16449{,}57$ MPa

- **Grafik**



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN

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

LAPORAN SEMENTARA PENGAMATAN UJI DESAK DAN REGANGAN SILINDER BETON (SNI 03-4169-1996)

Nama : Muhammad Farrel Ghiffary
NIM : 20511075

I. Data Benda Uji

Mutu Beton = 25,35 MPa

Benda uji

- dibuat tanggal : 12 Juli 2024
- di uji tanggal : 9 Agustus 2024

- Dimensi Benda Uji

Diameter :150,73 mm
Tinggi :302,69 mm

BG-TM-3-5

II. Data Pengujian

Beban		Pembacaan Dial ..x10^{-3}	ΔL (mm)	Regangan (ΔL/L_o)	Tegangan (Mpa)	Reg.Terkoreksi
KN	N					
10	10000	7	0,0035	0,0000175	0,5604	0,0001075
20	20000	25	0,0125	0,0000625	1,1209	0,0001525
30	30000	46	0,0230	0,0001150	1,6813	0,0002050
40	40000	64	0,0320	0,0001600	2,2418	0,0002500
50	50000	83	0,0415	0,0002075	2,8022	0,0002975
60	60000	101	0,0505	0,0002525	3,3626	0,0003425
70	70000	121	0,0605	0,0003025	3,9231	0,0003925
80	80000	138	0,0690	0,0003450	4,4835	0,0004350
90	90000	145	0,0725	0,0003625	5,0440	0,0004525
100	100000	175	0,0875	0,0004375	5,6044	0,0005275
110	110000	196	0,0980	0,0004900	6,1649	0,0005800
120	120000	215	0,1075	0,0005375	6,7253	0,0006275
130	130000	237	0,1185	0,0005925	7,2857	0,0006825
140	140000	258	0,1290	0,0006450	7,8462	0,0007350
150	150000	278	0,1390	0,0006950	8,4066	0,0007850
160	160000	298	0,1490	0,0007450	8,9671	0,0008350
170	170000	320	0,1600	0,0008000	9,5275	0,0008900
180	180000	342	0,1710	0,0008550	10,0879	0,0009450
190	190000	364	0,1820	0,0009100	10,6484	0,0010000
200	200000	397	0,1985	0,0009925	11,2088	0,0010825
210	210000	410	0,2050	0,0010250	11,7693	0,0011150
220	220000	431	0,2155	0,0010775	12,3297	0,0011675
230	230000	455	0,2275	0,0011375	12,8901	0,0012275
240	240000	481	0,2405	0,0012025	13,4506	0,0012925
250	250000	505	0,2525	0,0012625	14,0110	0,0013525
260	260000	528	0,2640	0,0013200	14,5715	0,0014100
270	270000	554	0,2770	0,0013850	15,1319	0,0014750
280	280000	581	0,2905	0,0014525	15,6923	0,0015425
290	290000	606	0,3030	0,0015150	16,2528	0,0016050
300	300000	633	0,3165	0,0015825	16,8132	0,0016725
310	310000	660	0,3300	0,0016500	17,3737	0,0017400
320	320000	688	0,3440	0,0017200	17,9341	0,0018100
330	330000	717	0,3585	0,0017925	18,4946	0,0018825
340	340000	746	0,3730	0,0018650	19,0550	0,0019550
350	350000	775	0,3875	0,0019375	19,6154	0,0020275

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

Beban		Pembacaan Dial ..x10^{-3}	ΔL (mm)	Regangan (ΔL/L$_o$)	Tegangan (Mpa)	Reg.Terkoreksi
KN	N					
360	360000	802	0,4010	0,0020050	20,1759	0,0020950
370	370000	838	0,4190	0,0020950	20,7363	0,0021850
380	380000	872	0,4360	0,0021800	21,2968	0,0022700
390	390000	909	0,4545	0,0022725	21,8572	0,0023625
400	400000	947	0,4735	0,0023675	22,4176	0,0024575
410	410000	987	0,4935	0,0024675	22,9781	0,0025575
420	420000	1028	0,5140	0,0025700	23,5385	0,0026600
430	430000	1077	0,5385	0,0026925	24,0990	0,0027825
440	440000	1138	0,5690	0,0028450	24,6594	0,0029350
450	450000	1227	0,6135	0,0030675	25,2198	0,0031575
452,3	452300	1283	0,6415	0,0032075	25,3487	0,0032975
450	450000	1316	0,6580	0,0032900	25,2198	0,0033800
440	440000	1345	0,6725	0,0033625	24,6594	0,0034525
430	430000	1390	0,6950	0,0034750	24,0990	0,0035650
420	420000	1400	0,7000	0,0035000	23,5385	0,0035900

III. Hasil Analisis

- **Beban Maksimum** = 452,3 kN

  Kondisi daerah batas 40% dari beban maksimum

  = 40% x 452,3 kN

  = 180 kN

σ2 (Tegangan 2)	= 10,0879 MPa	ε2 (Regangan 2)	= 0,0008550
σ1 (Tegangan 1)	= 7,8462 MPa	ε1 (Regangan 1)	= 0,0006450

- Nilai Koreksi

$$\frac{\sigma 2 - \sigma 1}{\varepsilon 2 - \varepsilon 1} = \frac{\sigma 2}{\varepsilon 2 \pm x}$$

$$\frac{10{,}0879 - 7{,}8462}{0{,}0008550 - 0{,}0006450} = \frac{10{,}0879}{0{,}0008550 \pm x}$$

$$x = \pm 0{,}00090$$

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

- **Modulus Elastisitas**

$$Mod.Elastisitas = \frac{\sigma 2}{\varepsilon 2}$$

Percobaan $= \frac{10{,}0879}{0{,}0008550}$

$= 11798{,}76$ MPa

$$Mod.Elastisitas = 4700\sqrt{f'c}$$

Teoritis SNI 2847 2019 $= 4700\sqrt{25{,}35}$

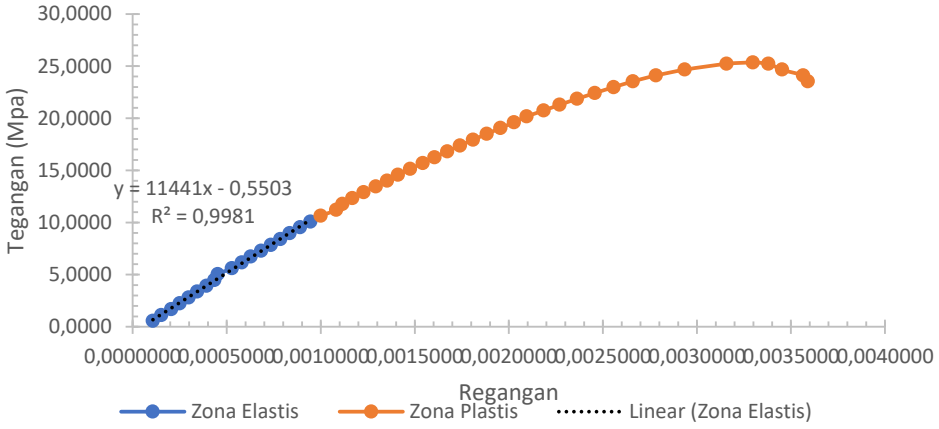
$= 23663{,}34$ MPa

$$Mod.Elastisitas = 3421\sqrt{f'c}$$

Teoritis Tempest, dkk. $= 3421\sqrt{25{,}35}$

$= 17223{,}89$ MPa

- **Grafik**



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN

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

LAPORAN SEMENTARA PENGAMATAN UJI DESAK DAN REGANGAN SILINDER BETON (SNI 03-4169-1996)

Nama : Muhammad Farrel Ghiffary
NIM : 20511075

I. Data Benda Uji

Mutu Beton = 22,35 MPa

Benda uji

- dibuat tanggal : 12 Juli 2024
- di uji tanggal : 9 Agustus 2024

• Dimensi Benda Uji
Diameter :151,04 mm
Tinggi :299,72 mm

BG-TM-4-1

II. Data Pengujian

Beban		Pembacaan Dial ….x10^{-3}	ΔL (mm)	Regangan (ΔL/L$_o$)	Tegangan (Mpa)	Reg.Terkoreksi
KN	N					
10	10000	8	0,0040	0,0000200	0,5654	0,0000950
20	20000	20	0,0100	0,0000500	1,1307	0,0001250
30	30000	32	0,0160	0,0000800	1,6961	0,0001550
40	40000	46	0,0230	0,0001150	2,2614	0,0001900
50	50000	60	0,0300	0,0001500	2,8268	0,0002250
60	60000	73	0,0365	0,0001825	3,3921	0,0002575
70	70000	86	0,0430	0,0002150	3,9575	0,0002900
80	80000	102	0,0510	0,0002550	4,5229	0,0003300
90	90000	116	0,0580	0,0002900	5,0882	0,0003650
100	100000	131	0,0655	0,0003275	5,6536	0,0004025
110	110000	147	0,0735	0,0003675	6,2189	0,0004425
120	120000	162	0,0810	0,0004050	6,7843	0,0004800
130	130000	178	0,0890	0,0004450	7,3496	0,0005200
140	140000	194	0,0970	0,0004850	7,9150	0,0005600
150	150000	209	0,1045	0,0005225	8,4803	0,0005975
160	160000	226	0,1130	0,0005650	9,0457	0,0006400
170	170000	243	0,1215	0,0006075	9,6111	0,0006825
180	180000	260	0,1300	0,0006500	10,1764	0,0007250
190	190000	277	0,1385	0,0006925	10,7418	0,0007675
200	200000	298	0,1490	0,0007450	11,3071	0,0008200
210	210000	312	0,1560	0,0007800	11,8725	0,0008550
220	220000	331	0,1655	0,0008275	12,4378	0,0009025
230	230000	349	0,1745	0,0008725	13,0032	0,0009475
240	240000	370	0,1850	0,0009250	13,5686	0,0010000
250	250000	391	0,1955	0,0009775	14,1339	0,0010525
260	260000	410	0,2050	0,0010250	14,6993	0,0011000
270	270000	429	0,2145	0,0010725	15,2646	0,0011475
280	280000	452	0,2260	0,0011300	15,8300	0,0012050
290	290000	473	0,2365	0,0011825	16,3953	0,0012575
300	300000	496	0,2480	0,0012400	16,9607	0,0013150
310	310000	522	0,2610	0,0013050	17,5261	0,0013800
320	320000	544	0,2720	0,0013600	18,0914	0,0014350
330	330000	556	0,2780	0,0013900	18,6568	0,0014650
340	340000	577	0,2885	0,0014425	19,2221	0,0015175
350	350000	596	0,2980	0,0014900	19,7875	0,0015650
360	360000	645	0,3225	0,0016125	20,3528	0,0016875

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

Beban		Pembacaan Dial ….x10^{-3}	ΔL (mm)	Regangan (ΔL/L$_o$)	Tegangan (Mpa)	Reg.Terkoreksi
KN	N					
370	370000	688	0,3440	0,0017200	20,9182	0,0017950
380	380000	726	0,3630	0,0018150	21,4835	0,0018900
390	390000	776	0,3880	0,0019400	22,0489	0,0020150
395,3	395300	832	0,4160	0,0020800	22,3485	0,0021550
390	390000	861	0,4305	0,0021525	22,0489	0,0022275
380	380000	902	0,4510	0,0022550	21,4835	0,0023300

III. Hasil Analisis

- **Beban Maksimum** = 395,3 kN

  Kondisi daerah batas 40% dari beban maksimum

  = 40% x 395,3 kN

  = 160 kN

σ2 (Tegangan 2)	= 9,0457 MPa	ε2 (Regangan 2)	= 0,0005650
σ1 (Tegangan 1)	= 6,7843 MPa	ε1 (Regangan 1)	= 0,0004050

- Nilai Koreksi

$$\frac{\sigma 2 - \sigma 1}{\varepsilon 2 - \varepsilon 1} = \frac{\sigma 2}{\varepsilon 2 \pm x}$$

$$\frac{9{,}0457 - 6{,}7843}{0{,}0005650 - 0{,}0004050} = \frac{9{,}0457}{0{,}0005650 \pm x}$$

$x = \pm 0{,}00075$

- **Modulus Elastisitas**

$$Mod.Elastisitas = \frac{\sigma 2}{\varepsilon 2}$$

Percobaan $= \frac{9{,}0457}{0{,}0005650}$

$= 16010{,}09$ MPa

$$Mod.Elastisitas = 4700\sqrt{f'c}$$

Teoritis SNI 2847 2019 $= 4700\sqrt{22{,}35}$

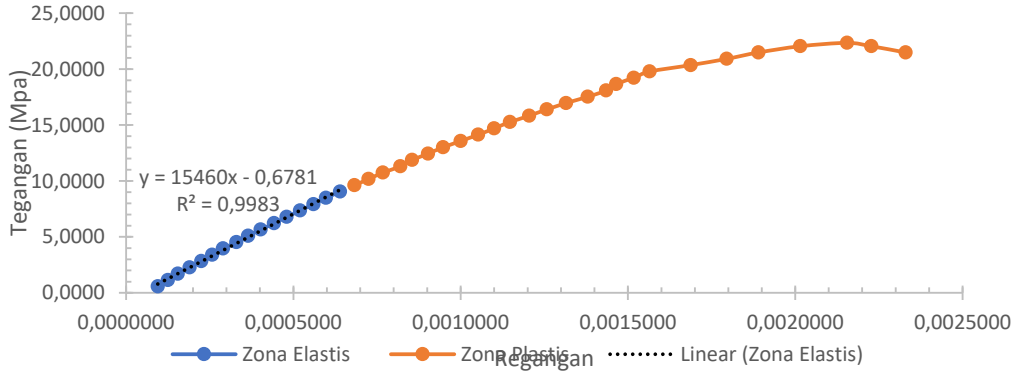
$= 22218{,}89$ MPa

$$Mod.Elastisitas = 3421\sqrt{f'c}$$

Teoritis Tempest, dkk. $= 3421\sqrt{22{,}35}$

$= 16172{,}52$ MPa

- **Grafik**



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN

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

LAPORAN SEMENTARA PENGAMATAN UJI DESAK DAN REGANGAN SILINDER BETON (SNI 03-4169-1996)

Nama : Muhammad Farrel Ghiffary
NIM : 20511075

I. Data Benda Uji

Mutu Beton = 24,57 MPa
Benda uji

- dibuat tanggal : 12 Juli 2024
- di uji tanggal : 9 Agustus 2024

- Dimensi Benda Uji

Diameter :149,72 mm
Tinggi :300,09 mm

BG-TM-4-2

II. Data Pengujian

Beban		Pembacaan Dial ..x10^{-3}	ΔL (mm)	Regangan (ΔL/L_o)	Tegangan (Mpa)	Reg.Terkoreksi
KN	N					
10	10000	8	0,0040	0,00002	0,5680	0,000107
20	20000	20	0,0100	0,00005	1,1360	0,000137
30	30000	33	0,0165	0,0000825	1,7040	0,000169
40	40000	50	0,0250	0,000125	2,2721	0,000212
50	50000	64	0,0320	0,00016	2,8401	0,000247
60	60000	77	0,0385	0,0001925	3,4081	0,000279
70	70000	93	0,0465	0,0002325	3,9761	0,000319
80	80000	109	0,0545	0,0002725	4,5441	0,000359
90	90000	122	0,0610	0,000305	5,1121	0,000392
100	100000	136	0,0680	0,00034	5,6802	0,000427
110	110000	153	0,0765	0,0003825	6,2482	0,000469
120	120000	167	0,0835	0,0004175	6,8162	0,000504
130	130000	183	0,0915	0,0004575	7,3842	0,0005444
140	140000	201	0,1005	0,0005025	7,9522	0,000589
150	150000	208	0,1040	0,00052	8,5202	0,000607
160	160000	234	0,1170	0,000585	9,0882	0,000672
170	170000	250	0,1250	0,0006250	9,6563	0,0007119
180	180000	267	0,1335	0,0006675	10,2243	0,000754
190	190000	287	0,1435	0,0007175	10,7923	0,000804
200	200000	303	0,1515	0,0007575	11,3603	0,000844
210	210000	321	0,1605	0,0008025	11,9283	0,000889
220	220000	339	0,1695	0,0008475	12,4963	0,000934
230	230000	355	0,1775	0,0008875	13,0644	0,000974
240	240000	373	0,1865	0,0009325	13,6324	0,001019
250	250000	387	0,1935	0,0009675	14,2004	0,001054
260	260000	406	0,2030	0,001015	14,7684	0,001102
270	270000	424	0,2120	0,00106	15,3364	0,001147
280	280000	441	0,2205	0,0011025	15,9044	0,001189
290	290000	459	0,2295	0,0011475	16,4724	0,001234
300	300000	477	0,2385	0,0011925	17,0405	0,001279
310	310000	494	0,2470	0,001235	17,6085	0,001322
320	320000	514	0,2570	0,001285	18,1765	0,001372

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

Beban		Pembacaan Dial ..x10^{-3}	ΔL (mm)	Regangan (ΔL/L_o)	Tegangan (Mpa)	Reg.Terkoreksi
KN	N					
330	330000	534	0,2670	0,001335	18,7445	0,001422
340	340000	553	0,2765	0,0013825	19,3125	0,001469
350	350000	574	0,2870	0,001435	19,8805	0,001522
360	360000	596	0,2980	0,00149	20,4486	0,001577
370	370000	616	0,3080	0,00154	21,0166	0,001627
380	380000	638	0,3190	0,001595	21,5846	0,001682
390	390000	660	0,3300	0,00165	22,1526	0,001737
400	400000	682	0,3410	0,001705	22,7206	0,001792
410	410000	708	0,3540	0,00177	23,2886	0,001857
420	420000	734	0,3670	0,001835	23,8566	0,001922
430	430000	789	0,3945	0,0019725	24,4247	0,002059
432,5	432500	826	0,4130	0,002065	24,5667	0,002152
420	420000	879	0,4395	0,0021975	23,8566	0,002284
410	410000	897	0,4485	0,0022425	23,2886	0,002329
400	400000	905	0,4525	0,0022625	22,7206	0,002349

III. Hasil Analisis

- **Beban Maksimum** = 432,5 kN

  Kondisi daerah batas 40% dari beban maksimum

  = 40% x 432,5 kN

  = 170 kN

σ2 (Tegangan 2)	= 9,6563 MPa	ε2	(Regangan 2)	= 0,0006250
σ1 (Tegangan 1)	= 7,3842 MPa	ε1	(Regangan 1)	= 0,0004575

- Nilai Koreksi

$$\frac{\sigma 2 - \sigma 1}{\varepsilon 2 - \varepsilon 1} = \frac{\sigma 2}{\varepsilon 2 \pm x}$$

$$\frac{9{,}6563 - 7{,}3842}{0{,}0006250 - 0{,}0004575} = \frac{9{,}6563}{0{,}0006250 \pm x}$$

$$x = \pm 0{,}00087$$

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

- **Modulus Elastisitas**

$$Mod.Elastisitas = \frac{\sigma 2}{\varepsilon 2}$$

Percobaan $= \frac{9{,}6563}{0{,}0006250}$
$= 15450{,}02$ MPa

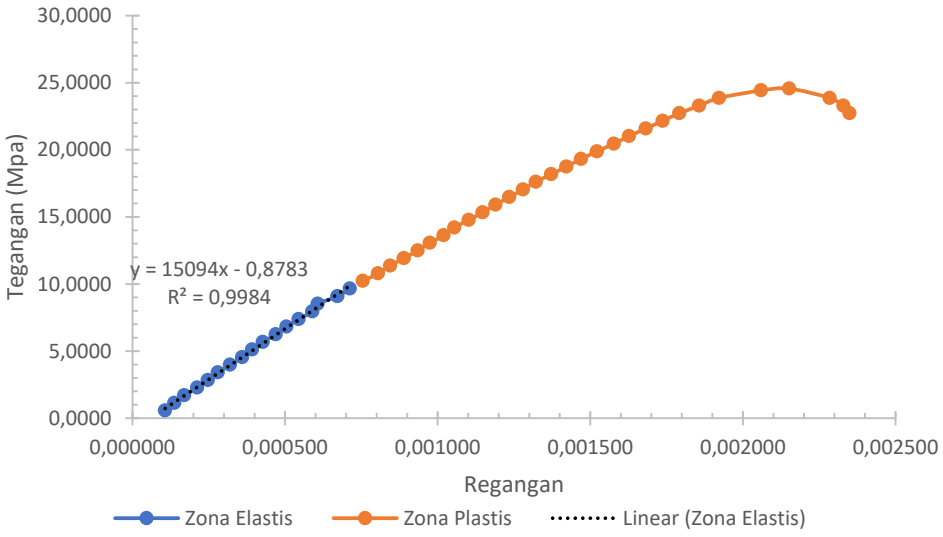
$Mod.Elastisitas = 4700\sqrt{f'c}$

Teoritis SNI 2847 2019 $= 4700\sqrt{24{,}57}$
$= 23295{,}44$ MPa

$Mod.Elastisitas = 3421\sqrt{f'c}$

Teoritis Tempest, dkk. $= 3421\sqrt{24{,}57}$
$= 16956{,}11$ MPa

- **Grafik**



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN

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

LAPORAN SEMENTARA PENGAMATAN UJI DESAK DAN REGANGAN SILINDER BETON (SNI 03-4169-1996)

Nama : Muhammad Farrel Ghiffary
NIM : 20511075

I. Data Benda Uji

Mutu Beton = 28,72 MPa
Benda uji

- dibuat tanggal : 12 Juli 2024
- di uji tanggal : 9 Agustus 2024

• Dimensi Benda Uji
Diameter :153,40 mm
Tinggi :303,03 mm

BG-TM-4-3

II. Data Pengujian

Beban		Pembacaan Dial ….x10^{-3}	ΔL (mm)	Regangan (ΔL/L_o)	Tegangan (Mpa)	Reg.Terkoreksi
KN	N					
10	10000	6	0,0030	0,000015	0,5411	0,000216
20	20000	19	0,0095	0,0000475	1,0822	0,000248
30	30000	33	0,0165	0,0000825	1,6233	0,000283
40	40000	45	0,0225	0,0001125	2,1645	0,000313
50	50000	60	0,0300	0,00015	2,7056	0,000351
60	60000	77	0,0385	0,0001925	3,2467	0,000393
70	70000	89	0,0445	0,0002225	3,7878	0,000423
80	80000	104	0,0520	0,00026	4,3289	0,000461
90	90000	119	0,0595	0,0002975	4,8700	0,000498
100	100000	136	0,0680	0,00034	5,4111	0,000541
110	110000	151	0,0755	0,0003775	5,9522	0,000578
120	120000	168	0,0840	0,00042	6,4934	0,000621
130	130000	188	0,0940	0,00047	7,0345	0,000671
140	140000	208	0,1040	0,00052	7,5756	0,000721
150	150000	225	0,1125	0,0005625	8,1167	0,000763
160	160000	245	0,1225	0,0006125	8,6578	0,000813
170	170000	264	0,1320	0,0006600	9,1989	0,0008606
180	180000	283	0,1415	0,0007075	9,7400	0,000908
190	190000	304	0,1520	0,00076	10,2811	0,000961
200	200000	324	0,1620	0,00081	10,8223	0,001011
210	210000	345	0,1725	0,0008625	11,3634	0,0010631
220	220000	370	0,1850	0,000925	11,9045	0,001126
230	230000	389	0,1945	0,0009725	12,4456	0,001173
240	240000	409	0,2045	0,0010225	12,9867	0,001223
250	250000	432	0,2160	0,00108	13,5278	0,001281
260	260000	452	0,2260	0,00113	14,0689	0,001331
270	270000	470	0,2350	0,001175	14,6100	0,001376
280	280000	488	0,2440	0,00122	15,1512	0,001421
290	290000	507	0,2535	0,0012675	15,6923	0,001468
300	300000	530	0,2650	0,001325	16,2334	0,001526
310	310000	548	0,2740	0,00137	16,7745	0,001571
320	320000	568	0,2840	0,00142	17,3156	0,001621
330	330000	587	0,2935	0,0014675	17,8567	0,001668
340	340000	607	0,3035	0,0015175	18,3978	0,001718
350	350000	628	0,3140	0,00157	18,9389	0,001771
360	360000	648	0,3240	0,00162	19,4801	0,001821
370	370000	667	0,3335	0,0016675	20,0212	0,001868
380	380000	689	0,3445	0,0017225	20,5623	0,001923

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

Beban		Pembacaan	ΔL	Regangan	Tegangan	Reg.Terkoreksi
KN	N	Dial ….x10^{-3}	(mm)	(ΔL/L$_o$)	(Mpa)	
390	390000	710	0,3550	0,001775	21,1034	0,001976
400	400000	732	0,3660	0,00183	21,6445	0,002031
410	410000	753	0,3765	0,0018825	22,1856	0,002083
420	420000	776	0,3880	0,00194	22,7267	0,002141
430	430000	798	0,3990	0,001995	23,2678	0,002196
440	440000	820	0,4100	0,00205	23,8090	0,002251
450	450000	845	0,4225	0,0021125	24,3501	0,002313
460	460000	871	0,4355	0,0021775	24,8912	0,002378
470	470000	896	0,4480	0,00224	25,4323	0,002441
480	480000	927	0,4635	0,0023175	25,9734	0,002518
490	490000	956	0,4780	0,00239	26,5145	0,002591
500	500000	989	0,4945	0,0024725	27,0556	0,002673
510	510000	1018	0,5090	0,002545	27,5967	0,002746
520	520000	1073	0,5365	0,0026825	28,1379	0,002883
530	530000	1150	0,5750	0,002875	28,6790	0,003076
530,7	530700	1165	0,5825	0,0029125	28,7168	0,003113
520	520000	1211	0,6055	0,0030275	28,1379	0,003228

III. Hasil Analisis

- **Beban Maksimum** = 530,7 kN

  Kondisi daerah batas 40% dari beban maksimum

  = 40% x 530,7 kN

  = 210 kN

σ2 (Tegangan 2)	= 11,3634 MPa	ε2 (Regangan 2)	= 0,0008625
σ1 (Tegangan 1)	= 9,1989 MPa	ε1 (Regangan 1)	= 0,0006600

- Nilai Koreksi

$$\frac{\sigma 2 - \sigma 1}{\varepsilon 2 - \varepsilon 1} = \frac{\sigma 2}{\varepsilon 2 \pm x}$$

$$\frac{11{,}3634 - 9{,}1989}{0{,}0008625 - 0{,}0006600} = \frac{11{,}3634}{0{,}0008625 \pm x}$$

$x = \pm 0{,}00201$

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

- **Modulus Elastisitas**

$$Mod.Elastisitas = \frac{\sigma 2}{\varepsilon 2}$$

Percobaan $= \frac{11{,}3634}{0{,}0008625}$

$= 13174{,}92$ MPa

$$Mod.Elastisitas = 4700\sqrt{f'c}$$

Teoritis SNI 2847 2019 $= 4700\sqrt{28{,}72}$

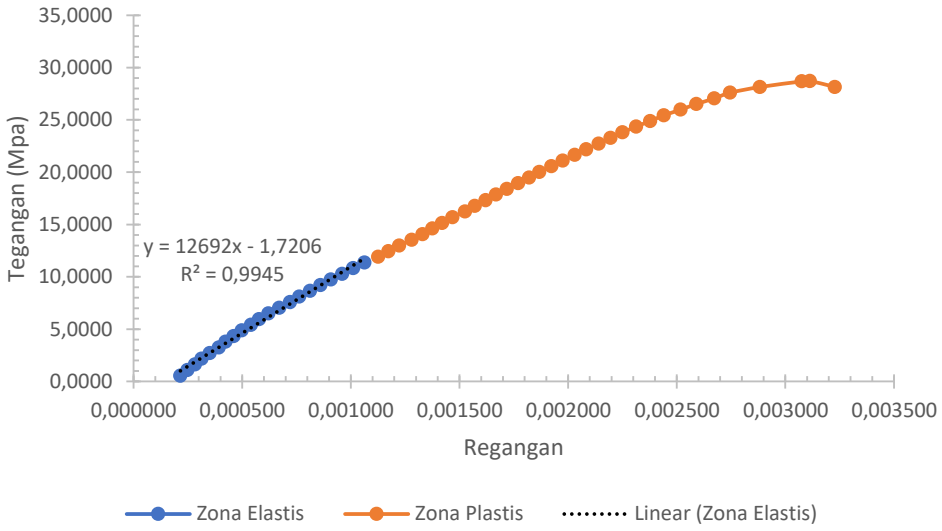
$= 25186{,}41$ MPa

$$Mod.Elastisitas = 3421\sqrt{f'c}$$

Teoritis Tempest, dkk. $= 3421\sqrt{28{,}72}$

$= 18332{,}49$ MPa

- **Grafik**



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN

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

LAPORAN SEMENTARA PENGAMATAN UJI DESAK DAN REGANGAN SILINDER BETON (SNI 03-4169-1996)

Nama : Muhammad Farrel Ghiffary
NIM : 20511075

I. Data Benda Uji

Mutu Beton = 26,21 MPa
Benda uji

- dibuat tanggal : 12 Juli 2024
- di uji tanggal : 9 Agustus 2024

- Dimensi Benda Uji

Diameter :152,04 mm
Tinggi :304,05 mm

BG-TM-4-4

II. Data Pengujian

Beban		Pembacaan Dial …..x10^{-3}	ΔL (mm)	Regangan (ΔL/L_o)	Tegangan (Mpa)	Reg.Terkoreksi
KN	N					
10	10000	5	0,0025	0,0000125	0,5508	0,000083
20	20000	18	0,0090	0,000045	1,1016	0,000116
30	30000	32	0,0160	0,00008	1,6524	0,000151
40	40000	46	0,0230	0,000115	2,2032	0,000186
50	50000	61	0,0305	0,0001525	2,7540	0,000223
60	60000	76	0,0380	0,00019	3,3048	0,000261
70	70000	90	0,0450	0,000225	3,8556	0,000296
80	80000	104	0,0520	0,00026	4,4064	0,000331
90	90000	120	0,0600	0,0003	4,9572	0,000371
100	100000	133	0,0665	0,0003325	5,5080	0,000403
110	110000	149	0,0745	0,0003725	6,0588	0,000443
120	120000	163	0,0815	0,0004075	6,6096	0,000478
130	130000	180	0,0900	0,00045	7,1604	0,000521
140	140000	193	0,0965	0,0004825	7,7112	0,000553
150	150000	208	0,1040	0,0005200	8,2620	0,0005906
160	160000	224	0,1120	0,00056	8,8128	0,000631
170	170000	240	0,1200	0,0006	9,3636	0,000671
180	180000	257	0,1285	0,0006425	9,9144	0,000713
190	190000	271	0,1355	0,0006775	10,4652	0,0007481
200	200000	287	0,1435	0,0007175	11,0160	0,000788
210	210000	304	0,1520	0,00076	11,5668	0,000831
220	220000	322	0,1610	0,000805	12,1176	0,000876
230	230000	339	0,1695	0,0008475	12,6684	0,000918
240	240000	355	0,1775	0,0008875	13,2192	0,000958
250	250000	374	0,1870	0,000935	13,7700	0,001006
260	260000	391	0,1955	0,0009775	14,3208	0,001048
270	270000	410	0,2050	0,001025	14,8716	0,001096
280	280000	429	0,2145	0,0010725	15,4224	0,001143
290	290000	445	0,2225	0,0011125	15,9732	0,001183
300	300000	465	0,2325	0,0011625	16,5240	0,001233
310	310000	484	0,2420	0,00121	17,0748	0,001281
320	320000	502	0,2510	0,001255	17,6256	0,001326

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

Beban		Pembacaan Dial …..x10^{-3}	ΔL (mm)	Regangan (ΔL/L_o)	Tegangan (Mpa)	Reg.Terkoreksi
KN	N					
330	330000	523	0,2615	0,0013075	18,1764	0,001378
340	340000	543	0,2715	0,0013575	18,7272	0,001428
350	350000	563	0,2815	0,0014075	19,2780	0,001478
360	360000	584	0,2920	0,00146	19,8288	0,001531
370	370000	604	0,3020	0,00151	20,3796	0,001581
380	380000	626	0,3130	0,001565	20,9304	0,001636
390	390000	649	0,3245	0,0016225	21,4812	0,001693
400	400000	671	0,3355	0,0016775	22,0320	0,001748
410	410000	694	0,3470	0,001735	22,5828	0,001806
420	420000	717	0,3585	0,0017925	23,1336	0,001863
430	430000	745	0,3725	0,0018625	23,6844	0,001933
440	440000	771	0,3855	0,0019275	24,2352	0,001998
450	450000	798	0,3990	0,001995	24,7860	0,002066
460	460000	872	0,4360	0,00218	25,3368	0,002251
470	470000	887	0,4435	0,0022175	25,8876	0,002288
475,9	475900	924	0,4620	0,00231	26,2126	0,002381
470	470000	950	0,4750	0,002375	25,8876	0,002446
460	460000	956	0,4780	0,00239	25,3368	0,002461

III. Hasil Analisis

- **Beban Maksimum** = 475,9 kN

  Kondisi daerah batas 40% dari beban maksimum

  = 40% x 475,9 kN

  = 190 kN

σ2 (Tegangan 2)	= 10,4652 MPa	ε2 (Regangan 2)	= 0,0006775
σ1 (Tegangan 1)	= 8,2620 MPa	ε1 (Regangan 1)	= 0,0005200

- Nilai Koreksi

$$\frac{\sigma 2 - \sigma 1}{\varepsilon 2 - \varepsilon 1} = \frac{\sigma 2}{\varepsilon 2 \pm x}$$

$$\frac{10{,}4652 - 8{,}2620}{0{,}0006775 - 0{,}0005200} = \frac{10{,}4652}{0{,}0006775 \pm x}$$

$x = \pm 0{,}00071$

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

- **Modulus Elastisitas**

$$Mod.Elastisitas = \frac{\sigma 2}{\varepsilon 2}$$

Percobaan $= \frac{10{,}4652}{0{,}0006775}$

$= 15446{,}81$ MPa

$$Mod.Elastisitas = 4700\sqrt{f'c}$$

Teoritis SNI 2847 2019 $= 4700\sqrt{26{,}21}$

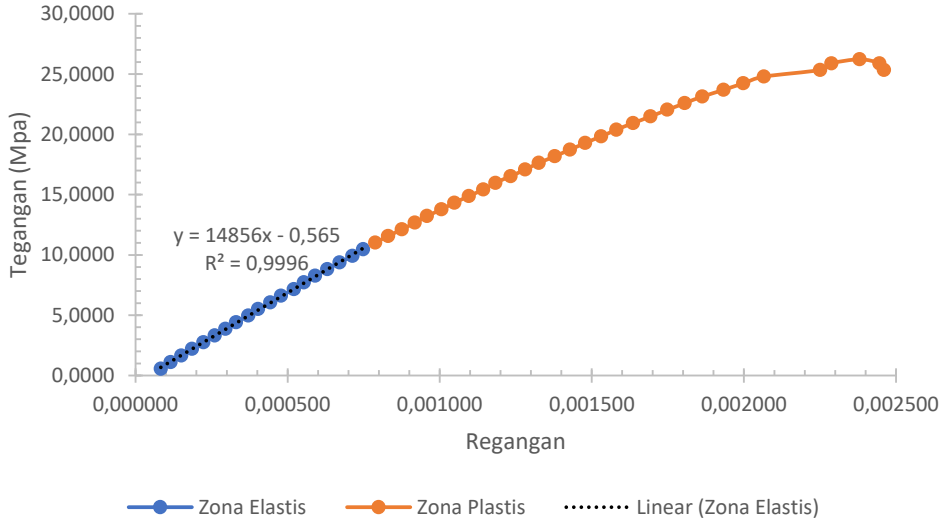
$= 24063{,}17$ MPa

$$Mod.Elastisitas = 3421\sqrt{f'c}$$

Teoritis Tempest, dkk. $= 3421\sqrt{26{,}21}$

$= 17514{,}92$ MPa

- **Grafik**



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN

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

LAPORAN SEMENTARA PENGAMATAN UJI DESAK DAN REGANGAN SILINDER BETON (SNI 03-4169-1996)

Nama : Muhammad Farrel Ghiffary
NIM : 20511075

I. Data Benda Uji

Mutu Beton = 28,33 MPa
Benda uji

- dibuat tanggal : 12 Juli 2024
- di uji tanggal : 9 Agustus 2024

• Dimensi Benda Uji
Diameter :151,02 mm
Tinggi :302,01 mm

BG-TM-4-5

II. Data Pengujian

Beban		Pembacaan Dial ..x10^{-3}	ΔL (mm)	Regangan (ΔL/L_o)	Tegangan (Mpa)	Reg.Terkoreksi
KN	N					
10	10000	6	0,0030	0,000015	0,5583	0,000108
20	20000	19	0,0095	0,0000475	1,1165	0,000140
30	30000	31	0,0155	0,0000775	1,6748	0,000170
40	40000	44	0,0220	0,00011	2,2331	0,000203
50	50000	58	0,0290	0,000145	2,7913	0,000238
60	60000	71	0,0355	0,0001775	3,3496	0,000270
70	70000	85	0,0425	0,0002125	3,9079	0,000305
80	80000	99	0,0495	0,0002475	4,4661	0,000340
90	90000	114	0,0570	0,000285	5,0244	0,000378
100	100000	130	0,0650	0,000325	5,5827	0,000418
110	110000	143	0,0715	0,0003575	6,1409	0,000450
120	120000	157	0,0785	0,0003925	6,6992	0,000485
130	130000	171	0,0855	0,0004275	7,2575	0,000520
140	140000	185	0,0925	0,0004625	7,8157	0,000555
150	150000	201	0,1005	0,0005025	8,3740	0,000595
160	160000	215	0,1075	0,0005375	8,9323	0,0006300
170	170000	231	0,1155	0,0005775	9,4905	0,000670
180	180000	247	0,1235	0,0006175	10,0488	0,000710
190	190000	262	0,1310	0,000655	10,6071	0,000748
200	200000	278	0,1390	0,0006950	11,1653	0,0007875
210	210000	296	0,1480	0,00074	11,7236	0,000833
220	220000	311	0,1555	0,0007775	12,2819	0,000870
230	230000	324	0,1620	0,00081	12,8401	0,000903
240	240000	343	0,1715	0,0008575	13,3984	0,000950
250	250000	358	0,1790	0,000895	13,9567	0,000988
260	260000	376	0,1880	0,00094	14,5149	0,001033
270	270000	391	0,1955	0,0009775	15,0732	0,001070

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

Beban		Pembacaan Dial ..x10^{-3}	ΔL (mm)	Regangan (ΔL/L_o)	Tegangan (Mpa)	Reg.Terkoreksi
KN	N					
280	280000	411	0,2055	0,0010275	15,6314	0,001120
290	290000	429	0,2145	0,0010725	16,1897	0,001165
300	300000	446	0,2230	0,001115	16,7480	0,001208
310	310000	466	0,2330	0,001165	17,3062	0,001258
320	320000	483	0,2415	0,0012075	17,8645	0,001300
330	330000	503	0,2515	0,0012575	18,4228	0,001350
340	340000	523	0,2615	0,0013075	18,9810	0,001400
350	350000	543	0,2715	0,0013575	19,5393	0,001450
360	360000	564	0,2820	0,00141	20,0976	0,001503
370	370000	582	0,2910	0,001455	20,6558	0,001548
380	380000	605	0,3025	0,0015125	21,2141	0,001605
390	390000	627	0,3135	0,0015675	21,7724	0,001660
400	400000	650	0,3250	0,001625	22,3306	0,001718
410	410000	675	0,3375	0,0016875	22,8889	0,001780
420	420000	700	0,3500	0,00175	23,4472	0,001843
430	430000	724	0,3620	0,00181	24,0054	0,001903
440	440000	754	0,3770	0,001885	24,5637	0,001978
450	450000	781	0,3905	0,0019525	25,1220	0,002045
460	460000	811	0,4055	0,0020275	25,6802	0,002120
470	470000	844	0,4220	0,00211	26,2385	0,002203
480	480000	880	0,4400	0,0022	26,7968	0,002293
490	490000	920	0,4600	0,0023	27,3550	0,002393
500	500000	973	0,4865	0,0024325	27,9133	0,002525
507,5	507500	1065	0,5325	0,0026625	28,3320	0,002755
500	500000	1140	0,5700	0,00285	27,9133	0,002943
490	490000	1178	0,5890	0,002945	27,3550	0,003038
480	480000	1215	0,6075	0,0030375	26,7968	0,003130
470	470000	1241	0,6205	0,0031025	26,2385	0,003195
460	460000	1272	0,6360	0,00318	25,6802	0,003273

III. Hasil Analisis

- **Beban Maksimum** = 507,5 kN

  Kondisi daerah batas 40% dari beban maksimum

  = 40% x 507,5 kN

  = 200 kN

σ2 (Tegangan 2)	= 11,1653 MPa	ε2	(Regangan 2)	= 0,0006950
σ1 (Tegangan 1)	= 8,9323 MPa	ε1	(Regangan 1)	= 0,0005375

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

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

- **Nilai Koreksi**

$$\frac{\sigma 2 - \sigma 1}{\varepsilon 2 - \varepsilon 1} = \frac{\sigma 2}{\varepsilon 2 \pm x}$$

$$\frac{11{,}1653 - 8{,}9323}{0{,}0006950 - 0{,}0005375} = \frac{11{,}1653}{0{,}0006950 \pm x}$$

$$x = \pm 0{,}00093$$

- **Modulus Elastisitas**

$$Mod.\,Elastisitas = \frac{\sigma 2}{\varepsilon 2}$$

Percobaan $= \frac{11{,}1653}{0{,}0006950}$

$= 16065{,}21$ MPa

$Mod.\,Elastisitas = 4700\sqrt{f'c}$

Teoritis SNI 2847 2019 $= 4700\sqrt{28{,}33}$

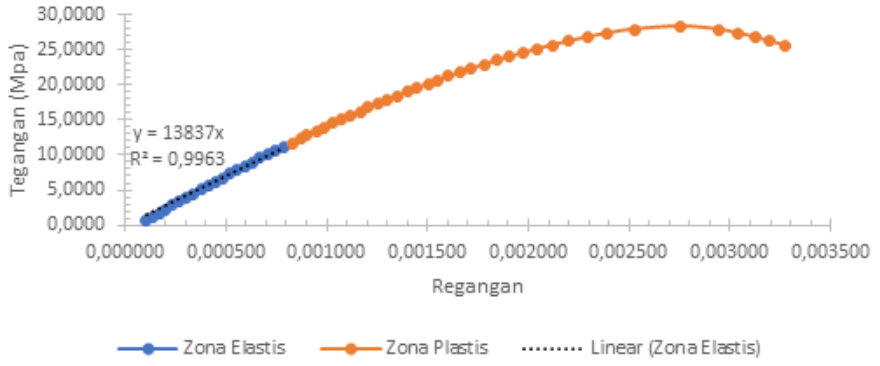
$= 25017{,}07$ MPa

$Mod.\,Elastisitas = 3421\sqrt{f'c}$

Teoritis Tempest, dkk. $= 3421\sqrt{28{,}33}$

$= 18209{,}23$ MPa

- **Grafik**



Disahkan oleh:	Diperiksa oleh:	Di data oleh:
Manajer Laboratorium Jurusan Teknik Sipil	Ka. Lab Bahan Konstruksi Teknik	PLP/Laboran Bahan Konstruksi Teknik
(Ir. Berlian Kushari, M.Eng., IPM., ASEAN., Eng.)	(Astriana Hardawati, S.T., M.Eng.)	(Daru Salam, A.Md)
Tanggal:	Tanggal:	Tanggal:

LAMPIRAN 7



Gambar L-7. 1 Timbangan



Gambar L-7. 2 Gerobak



Gambar L-7. 3 Seperangkat Alat Uji Slump



Gambar L-7. 4 Ember



Gambar L-7. 5 Bekisting Silinder



Gambar L-7. 6 Galon Air



Gambar L-7.7 Seperangkat Mixer



Gambar L-7.8 Mesin Ayakan (Shiever)



Gambar L-7.9 Saringan Agregat Kasar



Gambar L-7.10 Gelas Ukur



Gambar L-7.11 Piknometer



Gambar L-7.12 Seperangkat Alat *Capping*



Gambar L-7.13 Mesin Uji Tekan ELE



Gambar L-7.14 Saringan Agregat Halus



Gambar L-7.15 Mesin Oven



Gambar L-7.16 Mesin Uji Tekan UTM



Gambar L-7.17 Seperangkat Alat Uji Berat Jenis Agregat Kasar



Gambar L-7.18 Ekstensiometer



Gambar L-7. 19 Pan



Gambar L-7.20 Beton Siap Uji



Gambar L-7. 21 Pengujian Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas



Gambar L-7. 22 Pengujian Kuat Tarik Belah



Gambar L-7. 23 Benda Uji setelah Pengujian Kuat Tekan Beton dan Modulus Elastisitas Beton



Gambar L-7. 24 Benda Uji setelah Pengujian Kuat Tarik Belah