

TUGAS AKHIR

**PENGARUH PENAMBAHAN ABU SEKAM PADI DAN
VISCOCRETE 1003 PADA KARAKTERISTIK BETON
GEOPOLIMER**

***(THE EFFECT OF ADDING RICE HUSK ASH AND
VISCOCRETE 1003 TO THE CHARACTERISTIC OF
GEOPOLYMER CONCRETE)***

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



**MUHAMMAD TAUFIK BIMA PERDANA
17511076**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2022**

TUGAS AKHIR

PENGARUH PENAMBAHAN ABU SEKAM PADI DAN VISCOCRETE 1003 PADA KARAKTERISTIK BETON GEOPOLIMER (*THE EFFECT OF ADDING RICE HUSK ASH AND VISCOCRETE 1003 TO THE CHARACTERISTIC OF GEOPOLYMER CONCRETE*)

Disusun oleh

Muhammad Taufik Bima Perdana
17511076

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

Diuji pada tanggal 20 April 2022
Oleh Dewan Penguji

Pembimbing

Prof. Ir. Sarwidi, MSCE., Ph.D.
NIK : 845110101

Penguji I

Hariadi Yulianto, S.T., M.Eng
NIK : 155111305

Penguji II

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

Mengesahkan

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti, M.T.
NIK : 885110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk memenuhi salah satu persyaratan pada program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya 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 dikemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian laporan Tugas Akhir ini bukan hasil karya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku

Yogyakarta, 06 April 2022

Yang membuat Pernyataan,



Muhammad Taufik Bima Perdana

(17511076)

KATA PENGANTAR

Assalamu 'alaikum Warrohmatullahi wabarokaatuh

Segala puji bagi Allah Subhanahu Wata'ala atas kehadiran-Nya dan rahmat-Nya yang telah memberikan kesempatan kepada saya untuk dapat melaksanakan dan menyelesaikan proses Tugas Akhir dengan baik. Shalawat serta salam kita haturkan kepada baginda Nabi Muhammad SAW beserta keluarga, sahabat yang telah membawa kita dari zaman jahiliyah ke zaman yang terang benderang seperti sekarang.

Laporan Tugas Akhir ini bertujuan untuk memenuhi syarat untuk mencapai program Strata 1 teknik sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta. Selama melaksanakan dan menyusun laporan, penyusun telah banyak mendapat bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, untuk itu dalam kesempatan ini penyusun menyampaikan terimakasih kepada:

1. Ibu Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
2. Ibu Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti, M.T., selaku Ketua Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
3. Bapak Prof. Ir. Sarwidi, MSCE., Ph.D., IP-U., selaku dosen Pembimbing tugas akhir yang telah memberikan bimbingan, pembelajaran, dan nasihat baik serta motivasi yang membangkitkan semangat penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Ibu Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T., selaku dosen Pembimbing Akademik yang selalu membimbing serta memberikan banyak masukan dan motivasi selama masa kuliah.
5. Seluruh dosen, pengajar, laboran, asisten, karyawan Teknik Sipil-UII yang telah memberikan ilmu serta memfasilitasi kegiatan pembelajaran penyusun selama masa kuliah.

6. Bapak Bambang , Ibu Irma dan adik Daffa, yang selalu mendoakan dan menjadi motivasi terbesar penyusun dalam menuntut ilmu. Terima kasih tiada akhir atas semua doa, kasih sayang, kesabaran, dan dukungan yang telah diberikan.
7. Kurniawan Mega Mahardika, S.T., dan Riawan Ipud, yang telah meluangkan waktu untuk membantu penelitian di laboratorium, sehingga pelaksanaan penelitian terasa lebih ringan.
8. Keluarga Teknik Sipil 2017 UII, terima kasih atas segala dukungan, kerjasama dan doanya dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
9. Dan seluruh pihak yang telah mendukung terselesainya Tugas Akhir ini.

Penyusun berharap semoga penelitian yang telah dilaksanakan dan disajikan dalam bentuk tugas akhir ini dapat memberikan kontribusi yang berarti bagi dunia Teknik Sipil Indonesia dan dapat bermanfaat untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

Wassalamu 'alaikum Warohmatullahi Wabarokaatuh

Yogyakarta, 06 April 2022

Penulis,

Muhammad Taufik Bima Perdana

17511076

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xii
ABSTRAK	xiv
<i>ABSTRACT</i>	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Tinjauan Umum	6
2.2 Penelitian Terdahulu	6
2.3 Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Sekarang	9
2.4 Keaslian Penelitian	14
BAB III LANDASAN TEORI	15
3.1 Umum	15
3.2 Beton Geopolimer	15
3.3 Material Pembentuk Beton Geopolimer	17
3.3.1 Abu Terbang (<i>fly ash</i>)	17
3.3.2 Alkali Aktivator	18

3.3.3 Agregat	19
3.3.4 Abu Sekam Padi	21
3.3.5 <i>Superplasticizer</i>	22
3.4 Pembentukan Geopolimer	23
3.5 Karakteristik Pengujian Beton Geopolimer	24
3.5.1 Slump	24
3.5.2 Kuat Tekan	25
3.5.3 Modulus Elastisitas Beton	26
3.5.4 Berat Volume Beton	28
3.5.5 Kecepatan Rambat Gelombang	29
BAB IV METODE PENELITIAN	32
4.1 Tinjauan Umum	32
4.2 Benda Uji	32
4.3 Peralatan	33
4.4 Lokasi Penelitian	33
4.5 komposisi Campuran Benda Uji dan Jumlah Benda Uji	33
4.6 Tahapan Penelitian	37
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN	43
5.1 Tinjauan Umum	43
5.2 Pemeriksaan Agregat Halus	43
5.2.1 Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus	43
5.2.2 Analisa Saringan Agregat Halus	44
5.2.3 Berat Volume Agregat Halus	46
5.2.4 Lolos Saringan No.200 Agregat Halus	47
5.3 Pemeriksaan Agregat Kasar	48
5.3.1 Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar	48
5.3.2 Analisa Saringan Agregat Kasar	49
5.3.3 Berat Volume Agregat Kasar	50
5.4 Pengujian Slump	51
5.5 Pengujian Berat Volume	53
5.6 Pengujian Kecepatan Rambat Gelombang	56

5.7 Pengujian Kuat Tekan	59
5.8 Pengujian Modulus Elastisitas	62
5.9 Hubungan Antara Nilai Slump Dengan Nilai Kuat Tekan	62
5.10 Hubungan Antara Nilai Berat Volume Beton Dengan Nilai Kuat Tekan	63
5.11 Hubungan Antara Nilai Kecepatan Rambat Gelombang Dengan Nilai Kuat Tekan	64
5.12 Hubungan Antara Nilai Kecepatan Rambat Gelombang Dengan Nilai Berat Volume Beton	65
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	67
6.1 Kesimpulan	67
6.2 Saran	68
DAFTAR PUSTAKA	69
LAMPIRAN	71



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbedaan Antara Penelitian Sebelumnya dan Penelitian Yang Akan Datang	10
Tabel 3.1	Batas Gradasi Agregat Kasar	20
Tabel 3.2	Batas Gradasi Agregat Halus	21
Tabel 3.3	Komposisi Abu Sekam Padi	22
Tabel 3.4	Nilai Slump Untuk Berbagai Pekerjaan Beton	25
Tabel 3.5	Klasifikasi Berat Volume Beton	29
Tabel 4.1	Perencanaan Campuran	34
Tabel 4.2	Jumlah Komposisi Bahan Untuk Satu Silinder	36
Tabel 4.3	Jumlah komposisi Bahan Total	37
Tabel 5.1	Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus	44
Tabel 5.2	Hasil Pengujian Agregat Halus	45
Tabel 5.3	Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Agregat Halus	46
Tabel 5.4	Hasil Pengujian Berat Volume Padat Agregat Halus	47
Tabel 5.5	Hasil Pengujian Lolos Saringan No.200 Agregat Halus	47
Tabel 5.6	Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar	48
Tabel 5.7	Hasil Pengujian Agregat Kasar	49
Tabel 5.8	Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Agregat Kasar	51
Tabel 5.9	Hasil Pengujian Berat Volume Padat Agregat Kasar	51
Tabel 5.10	Hasil Pengujian Slump	52
Tabel 5.11	Hasil Pengujian Berat Volume Beton	53
Tabel 5.12	Hasil Pengujian Kecepatan Rambat Gelombang Beton	57
Tabel 5.13	Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton	59
Tabel 5.14	Hubungn Nilai Slump dan Kuat Tekan	62
Tabel 5.15	Hubungan Berat Volume Beton dan Kuat Tekan	63
Tabel 5.16	Hubungan Kecepatan Rambat Gelombang dan Kuat Tekan	64
Tabel 5.17	Hubungan Kecepatan Rambat Gelombang dan Berat Volume Beton	65

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Grafik Batas Gradasi Agregat Halus SNI 03 – 2834 – 2000	21
Gambar 3.2	Proses Polikondensasi oleh Alkali Menjadi Poli (sialate-siloxo)	24
Gambar 3.3	Sketsa Benda Uji Kuat Tekan	26
Gambar 3.4	Sketsa Pengujian Modulus Elastisitas Beton	29
Gambar 3.5	Skema Pengujian Kecepatan Rambat Gelombang	31
Gambar 4.1	<i>Flowchart</i> Tahapan Penelitian	40
Gambar 5.1	Gradasi Agregat Halus Daerah I	46
Gambar 5.2	Gradasi Agregat Kasar	50
Gambar 5.3	Grafik Hasil Pengujian Berat Volume Beton	55
Gambar 5.4	Grafik Hasil Pengujian Kecepatan Rambat Gelombang Beton	58
Gambar 5.5	Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton	60
Gambar 5.6	Grafik Hubungan Nilai Berat Volume Dengan Nilai Kuat Tekan	63
Gambar 5.7	Grafik Hubungan Nilai Kecepatan Rambat Gelombang Dengan Nilai Kuat Tekan	64
Gambar 5.8	Grafik Hubungan Nilai Kecepatan Rambat Gelombang Dengan Nilai Berat Volume Beton	65

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Surat-Surat	72
Lampiran 2	Gambar Alat	75
Lampiran 3	Gambar Bahan Yang Digunakan	82
Lampiran 4	Data Hasil Pemeriksaan Agregat	86
Lampiran 5	Data Hasil Pengujian Kecepatan Rambat Gelombang	97
Lampiran 6	Data Hasil Pengujian Berat Volume Beton	98
Lampiran 7	Data Hasil Pengujian Kuat Tekan	103



DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

CO ₂	= Karbon Dioksida
Na ₂ SiO ₃	= <i>Sodium Silikat / Natrium Silikat</i>
NaOH	= <i>Sodium Hidroksida / Natrium Hidroksida</i>
SNI	= Standard Nasional Indonesia
PLTU	= Pembangkit Listrik Tenaga Uap
Si	= Silika
Al	= Alumina
8M	= 8 Molaritas
14M	= 14 Molaritas
SiO ₂	= <i>Silikon Dioksida</i>
Al ₂ O ₃	= <i>Alumunium Oksida</i>
Fe ₂ O ₃	= <i>Besi Oksida</i>
CaO	= <i>Kalsium Oksida</i>
ASTM	= <i>American Standard Testing and material</i>
P ₂ O ₅	= <i>Fosforus Pentoksida</i>
S	= <i>Sulfur</i>
K ₂ O	= <i>Kalium Oksida</i>
TiO ₂	= <i>Titanium Dioksida</i>
MnO ₂	= <i>Mangan Dioksida</i>
ZnO	= <i>Seng Oksida</i>
<i>f_c</i>	= Kuat tekan beton (MPa)
P	= Beban maksimum (N)
A	= Luas penampang benda uji (mm ²)
Ec	= Modulus elastisitas (MPa)
S ₂	= Tegangan saat 40% dari beban maksimum (MPa)
S ₁	= Tegangan pada saat regangan longitudinal, $\epsilon_1 = 0,00005$ (MPa)
ϵ_2	= Regangan longitudinal yang dihasilkan pada saat S ₂
ϵ	= Regangan

Δ_L	= Deformasi longitudinal (mm)
L_0	= Tinggi efektif pengukuran (mm)
w_c	= Berat isi beton (Kg/m^3)
W	= Berat (Kg)
V	= Volume (m^3)
d	= Diameter (m)
t	= Tinggi (m)
UPV	= <i>Ultrasonic Pulse Velocity Test</i>
PUNDIT	= <i>Portable Ultrasonic Non Destructive digital indicating test</i>
v	= Kecepatan rambat gelombang (m/s)
L	= Jarak antara pusat transduser (m)
T	= Waktu tempuh (s)
SSD	= <i>Saturated Surface Dry</i>
MHB	= Modulus Halus Butir



ABSTRAK

Penggunaan semen pada beton menimbulkan dampak lingkungan, proses produksi semen menghasilkan gas emisi CO₂ sebanding dengan jumlah semen yang diproduksi, oleh karena itu diperlukan suatu material yang mampu menggantikan peran semen dalam suatu campuran beton. Beton geopolimer dianggap mampu menggantikan beton dengan semen yang dianggap kurang ramah lingkungan. Beton geopolimer menggunakan abu terbang yang tinggi silikat dan aluminat sebagai bahan pengganti semen yang direaksikan dengan alkali aktivator agar menjadi bahan pengikat. Abu sekam padi merupakan material pozzolan yang tinggi silikat dan rendah aluminat yang dapat meningkatkan kekuatan pada beton normal.

Perencanaan campuran menggunakan perbandingan berat, dimana digunakan faktor *w/fa* sebesar 0,25 dengan perbandingan Na₂SiO₃:NaOH sebesar 4/2 dan ditambahkan abu sekam padi serta *viscocrete* 1003 sebesar 0,6% dari berat prekursor. Abu sekam padi digunakan sebagai bahan tambah dengan variasi 0%, 5%, 10%, 15%, 20% dari berat prekursor. Penelitian ini bertujuan untuk melihat karakteristik beton dari pengujian berat volume beton, kecepatan rambat gelombang, kuat tekan, dan modulus elastisitas dengan menggunakan benda uji berupa silinder (tinggi 30 cm dan diameter 15 cm).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa beton geopolimer dengan penambahan 0% abu sekam padi menghasilkan nilai tertinggi pada pengujian berat volume, kuat tekan, dan kecepatan rambat gelombang, sedangkan untuk nilai modulus elastisitas tidak dapat ditampilkan karena nilai kuat tekan yang terlalu kecil. Penambahan abu sekam padi pada beton geopolimer menurunkan kekuatan beton, hal tersebut terlihat dari kecenderungan pola grafik yang menurun pada setiap pengujian. Nilai kuat tekan tertinggi sebesar 4,798 MPa, dapat disimpulkan bahwa beton pada penelitian ini dapat digunakan untuk bagian non-struktur

Kata Kunci : Beton Geopolimer, Karakteristik Beton, Prekursor

ABSTRACT

The use of cement in concrete has an environmental impact, the cement production process produces gas emission CO₂ proportional to the amount of cement produced, therefore a capable material is needed to replacing the role of cement in a concrete mixture. Geopolymer concrete is considered capable of replacing concrete with cement that is apparently less environmentally friendly. Geopolymer concrete uses high fly ash silicate and aluminate as a cement substitute material reacted with alkaline activators to become a binding material. Rice husk ash is a pozzolan material that is contain high in silicate and low in aluminate that can strengthen of normal concrete.

The planning of mixer used weight comparison, where used factor w/fa of 0,25 with a ratio of Na₂SiO₃: NaOH of 4/2 and added rice husk ash along with viscocrete 1003 in number 0,6% of the precursor weight. Rice husk ash is used as an added material with variations of 0%, 5%, 10%, 15%, 20% of the precursor weight. This research is aiming to observe concrete characteristic from testing concrete volume weight, wave velocity, compressive strength, and elasticity modulus using cylindrical test objects (30 cm high and 15 cm in diameter).

The results of this research are geopolymer concrete with the addition of 0% rice husk ash produced the highest value on testing volume weight, compressive strength, and wave velocity, whereas the value of elasticity modulus cannot be displayed because the pressure strength value is too small. The addition of rice husk ash to geopolymer concrete decreases the strength of concrete, it can be seen from the tendency of graph patterns that decrease in each test. The highest compressive strength value of 4,798 MPa, it can be concluded that the concrete in this research can be used for non-structural parts.

keywords : Geopolymer Concrete, Concrete Characteristics, Precursors

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Adhyaksa (2019) menyebutkan beton merupakan material yang paling banyak digunakan pada saat ini. Bahan penyusun yang mudah didapatkan, mudah dibentuk sesuai kebutuhan konstruksi, dan biaya perawatan yang murah merupakan beberapa kelebihan dari beton, sehingga beton menjadi pilihan utama pada proyek konstruksi. Beton sendiri merupakan material yang tersusun dari agregat halus, agregat kasar, semen, dan air. Penggunaan semen pada beton ternyata menimbulkan dampak yang buruk pada lingkungan hidup, proses produksi semen ternyata menghasilkan karbon dioksida (CO_2) yang dapat mempengaruhi iklim bumi, Ridwan (2018) menyatakan bahwa produksi 1 ton semen sama saja dengan memproduksi 1 ton karbon dioksida (CO_2) ke dalam udara. Sejalan dengan pertumbuhan penduduk, Indonesia melakukan pembangunan infrastruktur untuk memfasilitasi warga negaranya dalam beraktivitas. Beton menjadi pilihan utama dalam pembangunan infrastruktur tersebut dikarenakan kelebihan yang dimiliki. Dengan meningkatnya penggunaan beton, maka produksi semen akan meningkat dan karbon dioksida (CO_2) yang dihasilkan akan meningkat juga. Oleh sebab itu diperlukan suatu material pengganti semen untuk mengatasi efek negatif dari penggunaan semen.

Salah satu alternatif yang dapat digunakan untuk menggantikan beton normal yang menggunakan semen adalah beton geopolimer. Beton geopolimer dianggap lebih ramah lingkungan dikarenakan bahan penyusunnya tidak lagi menggunakan semen. Pada beton geopolimer semen diganti dengan bahan yang mengandung pozzolan seperti yang terkandung pada abu terbang, hasil limbah dari pembakaran batu bara, dimana kandungan tersebut nantinya akan dikombinasikan dengan alkali aktivator, hal tersebut dilakukan karena limbah abu terbang tidak memiliki sifat untuk mengikat agregat, sehingga dibutuhkan bahan yang dapat mengikat agregat yaitu alkali aktivator.

Pozzolan menjadi kunci pada beton geopolimer. Hal tersebut dikarenakan ditemukannya kandungan yang menyerupai semen, yaitu silika dan alumina. Pada umumnya pozzolan dibedakan menjadi dua, yaitu pozzolan yang berasal dari alam, dan pozzolan yang berasal dari sisa industri. Abu terbang (*fly ash*) merupakan pozzolan yang berasal dari sisa industri. Abu terbang (*fly ash*) merupakan produk buangan/sisa/sampingan dari pembakaran batu bara. Abu terbang memiliki sifat pozzolan karena mengandung silika dan alumina seperti kandungan yang terdapat pada semen. Karakteristik abu terbang dan sifat kimiawi dari abu terbang sangat tergantung pada proses pembakaran, serta kualitas dari batu bara itu sendiri (Ridwan, 2018). Selain abu terbang, contoh dari pozzolan sisa industri lainnya adalah abu sekam padi. Abu sekam padi merupakan hasil dari pembakaran sekam padi yang didapat dari limbah pasca panen padi. Dengan kata lain, abu sekam padi merupakan hasil dari pembakaran sekam padi. Sama seperti abu terbang (*fly ash*), pada abu sekam padi terdapat kandungan silika dan alumina, sehingga abu terbang dapat digunakan sebagai bahan tambah karena memiliki sifat pozzolan. Pemanfaatan kedua bahan tersebut diharapkan mampu mengurangi limbah hasil industri sehingga mampu menjawab persoalan mengenai kerusakan lingkungan yang sering ditemukan belakangan ini.

Pada pembentukan beton geopolimer dibutuhkan alkali aktivator yang berfungsi untuk mereaksikan kandungan silika dan alumina yang terdapat pada pozzolan yang berasal dari sisa industri maupun pozzolan yang berasal dari alam. Reaksi tersebut nantinya akan menyebabkan ikatan polimer pada beton geopolimer. Alkali aktivator yang biasa digunakan adalah kombinasi antara *sodium silikat* dan *sodium hidroksida*. *Sodium silikat* nantinya akan mempercepat reaksi polimerisasi sedangkan *sodium hidroksida* akan mereaksikan kandungan alumina dan silika yang terdapat pada pozzolan (Hardjito dkk, 2004 dalam Ridwan ; 2018).

Manuahe dkk (2014) menyebutkan waktu pengikatan awal (*Setting time*) pada beton geopolimer sangat cepat, menyebabkan beton geopolimer menjadi sangat kental dan tidak *workability* sehingga diperlukan *superplasticizer* pada proses pembuatannya. *Superplasticizer* adalah bahan tambah kimia yang bersifat *high range water reducer admixtures* yang digunakan untuk menjaga kelecakan

campuran beton (Prasetya, 2018). *Superplasticizer* berupa cairan kimia yang mampu meningkatkan kelecakan adukan beton sehingga adukan beton nantinya tidak kental dan mudah untuk dikerjakan. *Superplasticizer* yang digunakan adalah *viscocrete* 1003 yang merupakan produk dari PT. Sika Indonesia.

Berdasarkan penjelasan pada paragraf sebelumnya perlu dilakukan suatu penelitian untuk mengetahui nilai kuat tekan beton beserta dengan modulus elastisitasnya, berat volume beton, dan kepadatan beton melalui pengujian kecepatan rambat gelombang yang dilakukan pada beton geopolimer berbahan dasar abu terbang (*fly ash*) dengan penambahan *superplasticizer* dan variasi penambahan abu sekam padi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan di atas, adapun dua rumusan masalah yang didapatkan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana pengaruh kuat tekan beton geopolimer berbahan dasar abu terbang (*fly ash*) dengan penambahan *viscocrete* 1003 sebanyak 0,6% dari berat prekursor dan variasi persentase abu sekam padi?
2. Berapakah variasi persentase optimum penggunaan bahan tambah abu sekam padi, pada beton geopolimer?
3. Bagaimana pengaruh penambahan abu sekam padi pada beton geopolimer dengan *viscocrete* 1003 sebanyak 0,6% dari berat prekursor terhadap nilai modulus elastisitas?
4. Berapakah nilai berat volume beton yang terjadi pada setiap kombinasi campuran?
5. Bagaimana pengaruh penambahan abu sekam padi pada beton geopolimer dengan *viscocrete* 1003 sebanyak 0,6% dari berat prekursor terhadap kepadatan beton melalui pengujian kecepatan rambat gelombang?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang sudah disebutkan sebelumnya, adapun penelitian ini memiliki tujuan untuk:

1. menganalisis kuat tekan beton geopolimer berbahan dasar abu terbang (*fly ash*) dengan penambahan *viscocrete* 1003 sebanyak 0,6% dari berat prekursor dan variasi persentase abu sekam padi,
2. mengetahui variasi persentase optimum penggunaan bahan tambah abu sekam padi pada beton geopolimer,
3. mengetahui pengaruh penambahan abu sekam padi pada beton geopolimer dengan *viscocrete* 1003 sebanyak 0,6% dari berat prekursor terhadap nilai modulus elastisitas,
4. mengetahui nilai berat volume beton yang terjadi pada setiap kombinasi campuran dan
5. mengetahui pengaruh penambahan abu sekam padi pada beton geopolimer dengan *viscocrete* 1003 sebanyak 0,6% dari berat prekursor terhadap kepadatan beton melalui pengujian kecepatan rambat gelombang.

1.4 Manfaat Penelitian

Dari tujuan yang sudah disebutkan sebelumnya, penelitian ini diharapkan memiliki manfaat sebagai berikut.

1. Mengembangkan pengetahuan terkait teknologi beton terutama pada penggunaan limbah abu sekam padi sebagai bahan tambah, abu terbang (*fly ash*) sebagai bahan pengganti semen.
2. Bagi instansi terkait, penelitian ini dapat menjadi masukan dalam pemanfaatan limbah sisa industri seperti abu sekam padi dan abu terbang (*fly ash*) pada pembuatan beton geopolimer.
3. Menjadi referensi untuk penelitian selanjutnya dalam pemanfaatan abu sekam padi, abu terbang (*fly ash*), maupun beton geopolimer.

1.5 Batasan Penelitian

Batasan dalam penelitian ini dapat dilihat sebagai berikut.

1. Uji kandungan abu sekam padi, dan abu terbang (*fly ash*) tidak dilakukan.
2. Agregat kasar yang digunakan merupakan agregat kasar yang terdapat di wilayah Yogyakarta dan sekitarnya.

3. Agregat halus yang digunakan merupakan agregat halus yang terdapat di wilayah Yogyakarta dan sekitarnya.
4. Larutan alkali yang digunakan adalah *Sodium Silikat* (Na_2SiO_3) dan *Sodium Hidroksida* (NaOH) yang didapat dari toko kimia.
5. Perawatan beton dilakukan dengan cara didiamkan dalam suhu ruang.
6. Pengujian kuat tekan dilakukan setelah beton berumur 28 hari.
7. Pengujian dilaksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Universitas Islam Indonesia.
8. Air yang digunakan merupakan air yang terdapat pada Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Universitas Islam Indonesia.
9. Alat pengujian yang digunakan berasal dari Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Universitas Islam Indonesia.
10. Benda uji yang dilakukan pada penelitian berbentuk silinder dengan tinggi 30 cm dan diameter 15 cm.
11. Persentase abu sekam padi yang akan digunakan adalah 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% dari berat prekursor.
12. *Superplasticizer* yang digunakan adalah *viscocrete* 1003 sebanyak 0,6% dari berat prekursor.
13. Penambahan abu sekam padi dan *superplasticizer* tidak mengurangi komposisi bahan penyusun beton.
14. Pengujian yang dilakukan berupa kuat tekan, modulus elastisitas, cepat rambat gelombang beton, dan berat volume beton.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Beton dalam dunia konstruksi merupakan suatu bahan yang terbuat dari kombinasi antara agregat dan pengikat semen. Bentuk yang paling umum ditemukan dilapangan merupakan beton semen portland atau biasa dikenal dengan sebutan beton normal. Menurut SNI 2847 tahun 2013 tentang Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung, disebutkan bahwa beton normal merupakan campuran semen portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan campuran tambahan (*admixture*). Dalam penggunaan beton, ternyata diketahui bahwa beton menghasilkan gas karbon dioksida (CO₂), sehingga dianggap kurang ramah untuk lingkungan.

Dalam perkembangannya, ditemukan inovasi beton yang lebih ramah lingkungan. Beton geopolimer dianggap lebih ramah lingkungan dikarenakan tidak lagi menggunakan bahan yang menghasilkan gas karbon dioksida, seperti yang diketahui pada beton normal terdapat bahan yang menghasilkan gas karbon dioksida (CO₂) yaitu semen, sedangkan pada beton geopolimer semen diganti dengan bahan – bahan limbah sisa industri yang mengandung Pozzolan, dimana bahan pozzolan tersebut nantinya akan dikombinasikan dengan alkali aktivator agar memiliki sifat seperti semen.

2.2 Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai beton geopolimer, pemanfaatan abu terbang (*fly ash*), Pemanfaatan abu sekam padi, dan pemanfaatan *superplasticizer* sudah pernah dilakukan oleh akademisi sebelumnya, seperti penelitian yang dilakukan oleh Manuahe dkk (2014), Utomo (2017), Prasetya (2018), dan Ridwan (2018). Penelitian tersebut menjadi acuan penulis dalam melakukan penelitian ini. Adapun perbedaan antara penelitian sejenis dan penelitian yang dilakukan oleh penulis dapat dilihat pada Tabel 2.1.

1. Manuahe dkk (2014) melakukan penelitian tentang: *Kuat Tekan Beton Geopolimer Berbahan Dasar Abu Terbang (Fly Ash)*. Penelitian ini bertujuan untuk melihat pengaruh variasi *curing time* pada beton geopolimer berbahan dasar abu terbang (*fly ash*) terhadap nilai kuat tekan . Variasi *curing time* yang dilakukan adalah 4 jam, 8 jam, 12 jam, dan 24 jam, menggunakan benda uji berbentuk kubus dengan ukuran $15 \times 15 \times 15 \text{ cm}^3$ dengan jumlah benda uji 20 buah dengan 5 buah untuk tiap variasi *curing time*. Pengujian benda uji dilakukan pada saat umur beton 7 hari. setelah dilakukan pengujian disimpulkan bahwa semakin lama waktu *curing time*, maka semakin besar nilai kuat tekan yang dihasilkan, dari penelitian tersebut kuat tekan optimum didapat pada benda uji dengan *curing time* 24 jam sebesar 27,462 MPa.
2. Utomo (2017) melakukan penelitian tentang: *Analisa Kuat Tekan Beton Geopolimer Dengan Bahan Alternatif Abu Sekam Padi Dan kapur Padam*. Penelitian ini bertujuan untuk melihat kemungkinan penggunaan abu sekam padi dan kapur padam sebagai bahan pengganti semen pada beton geopolimer. Pada penelitian ini variasi abu sekam padi:kapur padam yang digunakan adalah 70:30, 80:20, 90:10, dan 100:0, menggunakan benda uji berbentuk silinder dengan ukuran 85 mm x 170 mm dengan jumlah benda uji berjumlah 36 buah. Pengujian benda uji dilakukan pada saat umur beton 7, 14, dan 28 hari. setelah dilakukan pengujian disimpulkan bahwa nilai kuat optimum ditemukan pada beton geopolimer dengan variasi abu sekam padi:kapur padam sebesar 80:20 sebesar 4,205 MPa.
3. Prasetya (2018) melakukan penelitian tentang : *Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi Dan Viscocrete 1003 Terhadap Karakteristik Beton Normal*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan abu sekam padi pada campuran beton serta penambahan *superplasticizer* pada campuran beton terhadap karakteristik beton normal. Pada penelitian ini digunakan *superplasticizer* sebesar 0,6% dari berat semen serta variasi abu sekam padi yang digunakan adalah 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20 % dari berat semen, menggunakan benda uji berbentuk silinder dengan tinggi 30 cm dan diameter 15 cm serta benda uji berbentuk balok berukuran $40 \times 10 \times 10 \text{ cm}^3$ dengan jumlah benda uji sebanyak

40 buah untuk sampel benda uji silinder dan 15 buah untuk sampel benda uji balok. Pada penelitian ini dilakukan beberapa pengujian yaitu: pengujian kuat tekan, pengujian modulus elastisitas, pengujian kecepatan rambat gelombang, pengujian kuat tarik belah, pengujian penyerapan air, dan pengujian kuat lentur. Pengujian dilakukan pada beton berumur 28 hari. setelah dilakukan pengujian disimpulkan bahwa penambahan 15% abu sekam padi menghasilkan nilai tertinggi pada pengujian kuat tekan, modulus elastisitas, dan kecepatan rambat gelombang. Penambahan 20% abu sekam padi menghasilkan nilai tertinggi pada pengujian kuat tarik belah. Penambahan 0% abu sekam padi menghasilkan nilai tertinggi pada pengujian kuat lentur. Pada pengujian penyerapan air didapat kesimpulan bahwa penambahan abu sekam padi menghasilkan nilai penyerapan air semakin kecil.

4. Ridwan (2018) melakukan penelitian tentang: *Karakteristik Beton Geopolimer Menggunakan Limbah Fly Ash PLTU Tanjung Jati B Jepara*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai kuat tekan dan nilai modulus elastisitas pada beton geopolimer dengan limbah abu terbang (*fly ash*) sebagai bahan pengganti semen. Pada penelitian ini pengujian kuat tekan dilakukan pada umur beton 7, 14, 21, dan 28 hari sedangkan untuk pengujian modulus elastisitas dilakukan pada umur beton 28 hari. Benda uji pada penelitian ini dilakukan menggunakan benda uji berbentuk silinder dengan tinggi 30 cm dan diameter 15 cm dengan benda uji berjumlah 60 buah. Pada penelitian ini varian NaOH:Na₂SiO₃ yang digunakan adalah 1:2, 2:2, 3:2, 4:2, dan 5:2. Setelah dilakukan penelitian disimpulkan bahwa perbandingan 1:2 tidak dapat digunakan untuk beton struktural dikarenakan nilai kuat tekan hanya mencapai 9,23 MPa, untuk nilai kuat tekan optimum didapat pada perbandingan alkali aktivator 4:2 sebesar 39,049 MPa, sedangkan untuk nilai modulus elastisitas optimum didapat pada perbandingan alkali aktivator 4:2 sebesar 23.964,87 MPa.

2.3 Perbandingan Penelitian Terdahulu dan sekarang

Perbedaan antara penelitian penulis yang akan dilaksanakan dengan penelitian terdahulu dapat dilihat pada Tabel 2.1 sebagai berikut.



Tabel 2.1 Perbedaan Antara Penelitian Sebelumnya dan Penelitian Yang Dilaksanakan

Penelitian Terdahulu					Penelitian Yang Dilakukan
Peneliti	Manuahe Dkk (2014)	Utomo (2017)	Prasetya (2018)	Ridwan (2018)	Muhammad Taufik Bima Perdana (2022)
Judul Penelitian	Kuat Tekan Beton Geopolimer Berbahan Dasar Abu Terbang (<i>fly ash</i>)	Analisa Kuat Tekan Beton Geopolimer Dengan Bahan Alternatif Abu Sekam Padi Dan Kapur Padam	Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi Dan Viscocrete 1003 Terhadap Karakteristik Beton Normal	Karakteristik Beton Geopolimer Menggunakan Limbah Fly Ash PLTU Jati B Jepara	Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi Dan Viscocrete 1003 Pada karakteristik Beton Geopolimer
Tujuan	Melihat pengaruh variasi <i>curing time</i> pada beton geopolimer berbahan dasar abu terbang (<i>fly ash</i>) terhadap nilai kuat tekan	Melihat kemungkinan penggunaan abu sekam padi dan kapur padam sebagai bahan pengganti semen pada beton geopolimer	Mengetahui pengaruh penambahan abu sekam padi pada campuran beton serta penambahan <i>superplasticizer</i> pada campuran beton terhadap karakteristik beton normal	Mengetahui nilai kuat tekan dan nilai modulus elastisitas pada beton geopolimer dengan limbah abu terbang (<i>fly ash</i>) sebagai bahan pengganti semen	Mengetahui pengaruh penambahan abu sekam padi dan <i>superplasticizer</i> sebanyak 0,6% dari berat prekursor terhadap nilai kuat tekan, modulus elastisitas, cepat rambat gelombang dan berat volume beton.
Parameter Yang Diuji	Kuat tekan pada umur 7 hari	Kuat tekan pada umur 7, 14, dan 28 hari	Pengujian kuat tekan, pengujian modulus elastisitas, pengujian kecepatan rambat gelombang, pengujian kuat tarik belah, pengujian penyerapan air, dan pengujian kuat lentur pada beton berumur 28 hari	Kuat tekan dilakukan pada umur beton 7, 14, 21, dan 28 hari sedangkan untuk pengujian modulus elastisitas dilakukan pada umur beton 28 hari	Kuat tekan, modulus elastisitas, cepat rambat gelombang dan berat volume beton

Lanjutan Tabel 2.1 Perbedaan Antara Penelitian Sebelumnya dan Penelitian Yang Akan Dilaksanakan

Peneliti	Penelitian Terdahulu				Penelitian Yang Dilakukan
	Manuahe Dkk (2014)	Utomo (2017)	Prasetya (2018)	Ridwan (2018)	Muhammad Taufik Bima Perdana (2022)
Variasi Penelitian	Variasi <i>Curing Time</i> 4 Jam, 8 Jam, 12 Jam, 24 Jam, Dan Menggunakan Benda Uji Berbentuk Kubus Dengan Ukuran 15x15x15 Cm ³ Berjumlah 20 Buah	Variasi Abu Sekam Padi:Kapur Padam Yang Digunakan Adalah 70:30, 80:20, 90:10, Dan 100:0, Menggunakan Benda Uji Berbentuk Silinder Dengan Ukura 85 Mm X 170 Mm Dengan Jumlah Benda Uji Berjumlah 36 Buah	<i>Superplasticizer</i> Sebesar 0,6% Dari Berat Semen Serta Variasi Abu Sekam Padi Yang Digunakan Adalah 0%, 5%, 10%, 15%, Dan 20 % Dari Berat Semen, Menggunakan Benda Uji Berbentuk Silinder Dengan Tinggi 30 Cm Dan Diameter 15 Cm Serta Benda Uji Berbentuk Balok Berukuran 40x10x10 Cm ³ Dengan Jumlah Benda Uji Sebanyak 40 Buah Untuk Sampel Benda Uji Silinder Dan 15 Buah Untuk Sampel Benda Uji Balok	Varian Naoh:Na ₂ SiO ₃ Yang Digunakan Adalah 1:2, 2:2, 3:2, 4:2, Dan 5:2, Menggunakan Benda Uji Berbentuk Silinder Dengan Tinggi 30 Cm Dan Diameter 15 Cm Dengan Benda Uji Berjumlah 60 Buah	<i>Superplasticizer</i> Sebesar 0,6% Dari Berat Prekursor, Abu Terbang (<i>Fly Ash</i>) Sebanyak 444 Kg/Cm ³ , Naoh:Na ₂ SiO ₃ Yang Digunakan Adalah 4:2, Dan Variasi Abu Sekam Padi Yang Digunakan Adalah 0%, 5%, 10%, 15%, 20% Dari Berat Prekursor, Menggunakan Benda Uji Berbentuk Silinder Dengan Tinggi 30 Cm Dengan Diameter 15 Cm, Pengujian Benda Uji Berupa Uji Kuat Tekan, modulus elastisitas, cepat rambat gelombang dan berat volume beton.

Lanjutan Tabel 2.1 Perbedaan Antara Penelitian Sebelumnya dan Penelitian Yang Akan Dilaksanakan

Penelitian terdahulu				Penelitian yang Dilakukan	
Peneliti	Manuahe dkk (2014)	Utomo (2017)	Prasetya (2018)	Ridwan (2018)	Muhammad taufik bima perdana (2022)
Metode penelitian	Metode yang dilakukan dengan uji material untuk agregat kasar dan agregat halus, pengujian solid material (<i>fly ash</i>), merencanakan komposisi campuran, pengecekan slump, pembuatan benda uji, perawatan benda uji, pemeriksaan berat volume benda uji, dan pengujian kuat tekan untuk setiap benda uji	Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental, dengan menentukan faktor air baru dan komposisi campuran	Penelitian ini menggunakan metode perencanaan campuran adukan beton sesuai dengan standar sni 03-2834-2000 dengan pengujian beton dilakukan pada umur 28 hari dan kuat tekan rencana 25 MPa. Dari hasil pencampuran tersebut dilakukan pengujian untuk mengetahui karakteristik beton	Metode yang dilakukan dengan uji material, pembuatan alkali aktivator sehari sebelum pengadukan, pengecekan slump, pembuatan benda uji, perawatan benda uji, dan pegujian kuat tekan pada umur 7, 14, 21, 28 hari, serta pengujian modulus elastisitas beton pada umur 28 hari	Metode yang digunakan merupakan metode eksperimental (melakukan uji coba langsung di laboratorium), penelitian ini menggunakan perencanaan dengan perbandingan berat volume, dilakukan uji material untuk agregat kasar dan halus, perawatan beton dilakukan dengan cara didiamkan pada suhu ruang, dan dilakukan uji kuat tekan, modulus elasisitas, cepat rambat gelombang dan berat volume beton.

Lanjutan Tabel 2.1 Perbedaan Antara Penelitian Sebelumnya dan Penelitian Yang Akan Dilaksanakan

Penelitian terdahulu					Penelitian yang dilakukan
Peneliti	Manuahe dkk (2014)	Utomo (2017)	Prasetya (2018)	Ridwan (2018)	Muhammad Taufik Bima Perdana (2022)
Hasil	Semakin lama waktu <i>curing time</i> , maka semakin besar nilai kuat tekan yang dihasilkan, dari penelitian tersebut kuat tekan optimum didapat pada benda uji dengan <i>curing time</i> 24 jam sebesar 27,462 Mpa	Nilai kuat optimum ditemukan pada beton geopolimer dengan variasi abu sekam padi:kapur padam sebesar 80:20 sebesar 4,205 MPa. Dilihat dari besarnya nilai kuat tekan, maka beton geopolimer menggunakan kombinasi abu sekam padi dengan Kapur padam pada penelitian ini termasuk kedalam beton sederhana yang dapat dipakai pada bagian-bagian non-struktur	Penambahan 15% abu sekam padi menghasilkan nilai tertinggi pada pengujian kuat tekan, modulus elastisitas, dan kecepatan rambat gelombang. Penambahan 20% abu sekam padi menghasilkan nilai tertinggi pada pengujian kuat tarik belah. Penambahan 0% abu sekam padi menghasilkan nilai tertinggi pada pengujian kuat lentur. Pada pengujian penyerapan air didapat kesimpulan bahwa penambahan abu sekam padi menghasilkan nilai penyerapan air semakin kecil	Perbandingan 1:2 tidak dapat digunakan untuk beton struktural dikarenakan nilai kuat tekan hanya mencapai 9,23 MPa, untuk nilai kuat tekan optimum didapat pada perbandingan alkali aktivator 4:2 sebesar 39,049 MPa, sedangkan untuk nilai modulus elastisitas optimum didapat pada perbandingan alkali aktivator 4:2 sebesar 23.964,87 MPa	

2.4 Keaslian Penelitian

Penelitian tugas akhir ini merupakan pengembangan dari penelitian-penelitian yang sudah dijelaskan sebelumnya (Manuahe dkk (2014), Utomo (2017), Prasetya (2018), Ridwan (2018)). Perbedaan penelitian sebelumnya dengan penelitian penulis yaitu penelitian ini meneliti tentang kuat tekan, modulus elastisitas, cepat rambat gelombang dan berat volume beton pada beton geopolimer berbahan dasar abu terbang (*fly ash*), dengan alkali aktivator yang digunakan merupakan NaOH (*Sodium Hidroksida*) dan Na₂SiO₃ (*Sodium Silikat*) dengan perbandingan NaOH:Na₂SiO₃ adalah 4:2, digunakan bahan tambah abu sekam padi dengan variasi 0%, 5%, 10%, 15%, 20% dari berat prekursor serta *Superplasticizer Viscocrete* 1003 sebesar 0,6% dari berat prekursor. Dalam perencanaan campuran digunakan perbandingan berat volume, hal tersebut dilakukan karena belum adanya pedoman untuk perencanaan campuran beton geopolimer. Dalam penelitian ini digunakan benda uji silinder, dan dilakukan pengujian kuat tekan, modulus elastisitas, cepat rambat gelombang dan berat volume beton. Berdasarkan uraian diatas, penelitian yang dilakukan merupakan karya asli dan dapat dipertanggungjawabkan.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Umum

SNI 2847 tahun 2013 tentang Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung, disebutkan bahwa beton normal merupakan campuran semen portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan campuran tambahan (*admixture*). Beton banyak ditemukan di berbagai macam pembangunan konstruksi, bahan penyusun yang mudah didapat, mudah dibentuk, dan biaya yang murah merupakan beberapa contoh keunggulan yang dimiliki oleh beton. Dalam penggunaan beton, diketahui bahwa beton menghasilkan gas karbon dioksida (CO_2). Salah satu bahan yang menghasilkan gas karbon dioksida (CO_2) adalah semen. Proses produksi semen menghasilkan gas emisi CO_2 dalam jumlah yang sebanding dengan jumlah semen yang diproduksi, dengan kata lain memproduksi 1 ton semen sama dengan memproduksi 1 ton CO_2 ke dalam udara, bahkan hingga pada saat digunakan dalam campuran beton, semen memproduksi gas karbon dioksida dengan jumlah yang sangat banyak (Davidovits, 1994 dalam Ridwan ; 2018).

Beton dianggap kurang ramah lingkungan dikarenakan penggunaan semen dalam campurannya. Dalam perkembangannya ditemukan inovasi beton yang lebih ramah lingkungan. Beton geopolimer dianggap lebih ramah lingkungan dikarenakan penggunaan semen diganti dengan memanfaatkan bahan-bahan limbah sisa industri yang mengandung pozzolan. Bahan-bahan pozzolan tersebut dipakai karena mengandung silika dan alumina seperti yang terkandung dalam semen. Pada beton geopolimer diperlukan alkali aktivator yang bertujuan untuk mereaksikan kandungan yang terdapat dalam pozzolan yang dipakai.

3.2 Beton Geopolimer

Geopolimer merupakan bentuk anorganik alumina-silika yang disintesa dari material yang banyak mengandung Silika (Si) dan Alumina (Al) yang berasal dari alam atau material hasil sampingan industri (Manuahe dkk, 2014). Beton

geopolimer merupakan suatu jenis beton yang dihasilkan dengan mengganti seluruh semen portland dengan bahan material yang mengandung pozzolan. Pada pembentukan beton geopolimer terjadi reaksi kimia bukan reaksi hidrasi seperti pada pembentukan beton normal (Davidovits, 1999 dalam Ridwan ; 2018). Dalam pembuatan beton geopolimer dibutuhkan alkali aktivator yang berfungsi sebagai pereaksi kandungan silika dan alumina pada bahan material yang mengandung pozzolan. penggunaan alkali aktivator membuat bahan material yang mengandung pozzolan akan bersifat seperti semen. Kombinasi antara bahan yang mengandung pozzolan dengan alkali aktivator menjadi kunci utama dalam pembuatan beton geopolimer, hal tersebut dikarenakan bahan yang mengandung pozzolan tidak dapat mengikat agregat seperti yang dilakukan semen, sehingga dibutuhkan alkali aktivator agar bahan material yang mengandung pozzolan dapat mengikat agregat. Alkali aktivator yang biasa digunakan adalah *Sodium Silikat* dan sodium hidroksida. Penggunaan *Sodium Silikat* bertujuan untuk mempercepat reaksi polimerisasi dan penggunaan *Sodium Hidroksida* bertujuan untuk mereaksikan unsur Al dan Si yang terkandung, dengan penggunaan *Sodium Silikat* dan *Sodium Hidroksida* dapat membuat ikatan polimer yang kuat (Hardjito dkk, 2004 dalam Ridwan ; 2018).

Pada beton normal, semen membutuhkan waktu untuk bereaksi dengan air hingga nantinya mengeras. Sama seperti beton normal, pada beton geopolimer prekursor membutuhkan waktu agar bereaksi dengan alkali aktivator, sehingga pada akhirnya dapat mengeras. Pada beton normal *setting time* dipengaruhi oleh jenis semen dan jumlah air yang dipakai, sedangkan pada beton geopolimer *setting time* dipengaruhi oleh kelas dari prekursor yang digunakan, jumlah perbandingan antara prekursor dengan alkali aktivator, dan tingkat Molaritas yang digunakan pada alkali aktivator. Aktivator yang biasa digunakan adalah *Sodium Hidroksida* 8M samapai dengan 14M dan *Sodium Silikat* dengan perbandingan antara 0,5 hingga 2,5 (Hardjito, 2005 dalam Ridwan ; 2018).

3.3 Material Pembentuk Beton Geopolimer

Material penyusun dalam beton geopolimer tidak berbeda jauh dengan material penyusun beton yang sering dijumpai pada umumnya, yang membedakan hanyalah pada penggunaan material solid pada beton geopolimer. Material solid pada beton geopolimer digunakan sebagai bahan pengganti semen yang dianggap kurang ramah lingkungan. Pada beton geopolimer digunakan material solid yang mengandung silika dan alumina. Komponen solid tersebut merupakan bahan utama pembentuk polimer. Komponen solid dapat berupa limbah industri maupun mineral alami, dimana jika unsur kimia yang terdapat dalam komponen solid tersebut dicampurkan dengan alkali aktivator, komponen solid yang tercampur dengan alkali aktivator tersebut akan menjadi material pasta geopolimer yang memiliki kekuatan mengikat seperti pasta semen. Bahan pengikat pada beton geopolimer merupakan sistem anorganik dua komponen yang terdiri atas komponen solid yang memiliki kandungan silika (Si) dan alumina (Al) seperti abu terbang (*fly ash*) dan komponen aktivator berupa *Sodium Silikat* dan sodium hidroksida.

3.3.1 Abu Terbang (*fly ash*)

Abu terbang (*fly ash*) merupakan solid material yang memiliki kandungan Silika (Si) dan Alumina (Al). Abu terbang (*fly ash*) merupakan suatu material sampingan industri yang biasa didapat dari sisa hasil pembakaran batubara pada pembangkit listrik tenaga uap (PLTU). Material ini dikategorikan material pozzolan yang didalamnya mengandung sedikit material *cementious* yang biasa dimiliki semen portland. Material abu terbang (*fly ash*) dapat bereaksi secara kimia dengan cairan alkali sehingga membentuk material dengan campuran yang bersifat seperti semen.

Abu terbang (*fly ash*) yang dapat digunakan untuk menggantikan sebagian atau seluruh penggunaan semen dalam suatu campuran beton diatur dalam SNI 2460 tahun 2014 tentang Spesifikasi Abu Terbang Batubara dan Pozolan Alam Mentah atau Yang Telah Dikalsinasi Untuk Digunakan Dalam Beton. kualitas dari suatu jenis batubara, dan proses pembakaran akan mempengaruhi kandungan kimia yang terkandung pada abu terbang (*fly ash*). Adapun dua klasifikasi kelas dari abu terbang (*fly ash*) dapat dilihat sebagai berikut ini.

1. Abu terbang (*fly ash*) kelas C
 - a. Memiliki kadar ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$) lebih dari 50%
 - b. Memiliki kadar kalsium oksida (CaO) lebih tinggi dari 10%
 - c. Dihasilkan dari pembakaran *lignite* atau batubara *subbituminous*, dan didapat dari hasil *antrasit* batubara *bituminous*
2. Abu terbang (*fly ash*) kelas F
 - d. Memiliki kadar ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$) lebih dari 70%
 - e. Memiliki kadar kalsium oksida (CaO) lebih rendah dari 10%
 - f. Dihasilkan dari pembakaran *antrasit* atau batubara *bituminous*, atau dihasilkan dari batubara *subbituminous* dan *lignite*

Abu terbang (*fly ash*) kelas C sering disebut juga dengan *high calcium fly ash*, hal tersebut dikarenakan pada abu terbang (*fly ash*) kelas C memiliki kadar kalsium oksida (CaO) yang cukup tinggi, sehingga selain bersifat pozzolanic abu terbang (*fly ash*) kelas C juga bersifat *cementious*. Sifat *cementious* tersebut menyebabkan abu terbang (*fly ash*) kelas C akan terhidrasi jika terkena air atau kelembapan dan akan mengeras dalam waktu sekitar 45 menit (Ridwan, 2018).

Berbeda dengan abu terbang (*fly ash*) kelas C, abu terbang (*fly ash*) kelas F memiliki kadar kalsium oksida (CaO) yang lebih rendah, sehingga abu terbang (*fly ash*) kelas F hanya memiliki sifat pozzolanic, sehingga dalam penggunaannya sebagai bahan penyusun beton perlu ditambahkan larutan alkali agar dapat memiliki sifat seperti semen yang dapat mengikat agregat, karena memiliki kadar kalsium oksida (CaO) yang lebih rendah abu terbang (*fly ash*) kelas F memiliki nama lain *low calcium fly ash*.

3.3.2 Alkali Aktivator

Dalam pembuatan beton geopolimer, solid material berupa abu terbang (*fly ash*) membutuhkan larutan untuk mereaksikan kandungan kimia yang terdapat pada abu terbang (*fly ash*). Larutan alkali (alkali aktivator) dibutuhkan untuk mereaksikan kandungan kimia yang terkandung dalam abu terbang (*fly ash*). Larutan alkali (alkali aktivator) merupakan bahan kimia yang digunakan untuk reaksi polimerisasi yang terjadi pada beton geopolimer. Komponen solid yang tercampur dengan alkali aktivator akan menjadi suatu pasta geopolimer yang

bersifat mengikat seperti pada pasta semen. Larutan alkali berasal dari logam alkali yang dapat larut, yang pada umumnya berbasis pada natrium dan kalium (Adisty, 2008). Aktivator yang biasa digunakan dalam pembuatan beton geopolimer adalah *Sodium Silikat* (Na_2SiO_3) dan *Sodium Hidroksida* (NaOH). Pemakaian *Sodium Silikat* (Na_2SiO_3) bertujuan untuk mempercepat reaksi polimerisasi, sedangkan untuk pemakaian *Sodium Hidroksida* (NaOH) bertujuan untuk mereaksikan kandungan Alumina (Al) dan Silika (Si) yang terkandung dalam pasta, agar ikatan polimer yang terbentuk kuat (Manuahe dkk, 2014).

3.3.3 Agregat

Agregat merupakan suatu bahan yang memiliki komposisi terbesar dalam sebuah beton. komposisi agregat dalam sebuah beton berkisar antara 60-75% yang membuat beton menjadi kompak. Selain itu, agregat berfungsi sebagai bahan pengisi dalam sebuah campuran beton. Pemilihan agregat sangat penting dalam pembuatan beton atau mortar, hal tersebut dikarenakan agregat sangat berpengaruh terhadap sifat – sifat dari mortar dan beton (Tjokrodimuljo, 2007 dalam Prasetya ; 2018)

Pada umumnya agregat dibedakan menjadi agregat buatan dan agregat alam, dimana keduanya dibedakan menurut ukurannya, butiran agregat dibagi menjadi beberapa yaitu, butiran dengan ukuran lebih dari 40 mm disebut batu, butiran dengan ukuran 4,80 – 40,00 mm disebut agregat kasar atau kerikil dan butiran dengan ukuran kurang dari 4,80 mm disebut agregat halus atau pasir. Menurut SNI 2847-2013 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung menyatakan bahwa agregat normal yang digunakan harus memenuhi syarat ASTM C33M. batasan ukuran untuk agregat halus dan agregat kasar 4,75 mm (standar ASTM). Agregat yang akan digunakan menjadi bahan pengisi beton harus memiliki bentuk yang baik (kuat, bersih, keras, mendekati kubus atau bulat, dan memiliki gradasi yang baik.

Dalam pelaksanaannya di lapangan, ditemukan ukuran butiran agregat yang beragam sehingga membentuk suatu gradasi. Gradasi tersebut merupakan distribusi ukuran butiran agregat yang memegang peranan penting dalam pembuatan campuran beton. Jika ukuran butiran agregat tersebut seragam akan menimbulkan

volume pori yang cukup besar sedangkan bila ukuran butiran memiliki ukuran yang berbeda-beda atau bervariasi maka akan membuat beton memiliki nilai kemampuan yang tinggi.

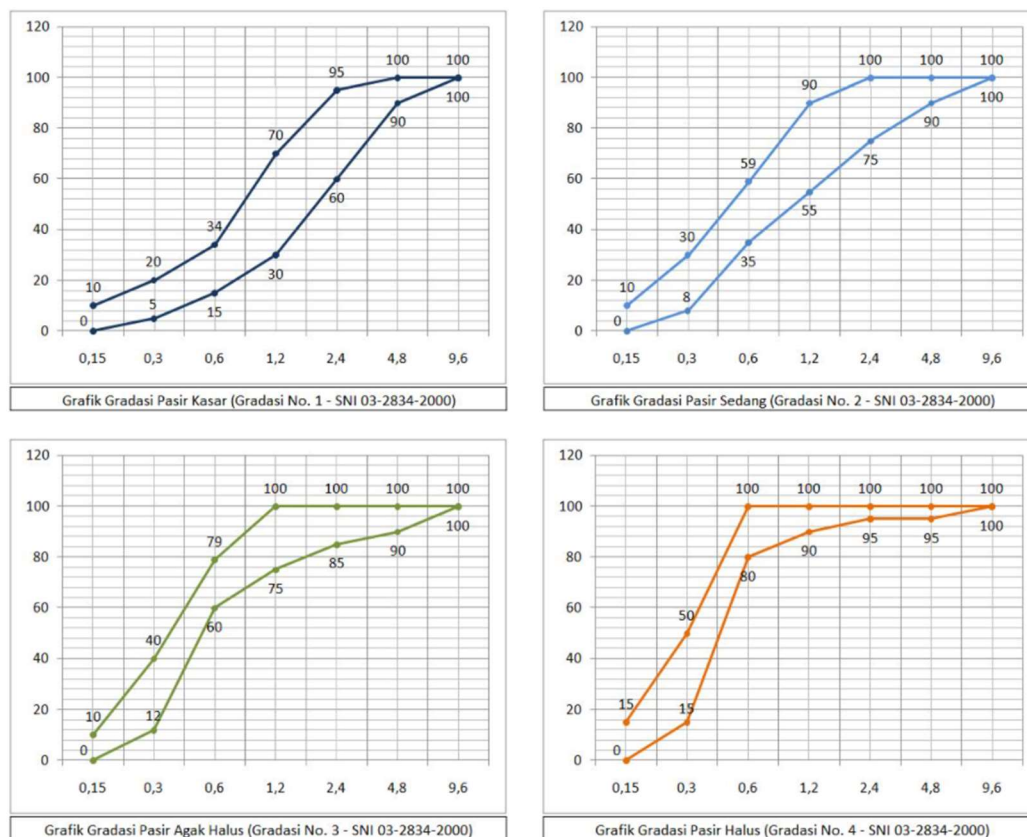
Agregat kasar digolongkan menjadi tiga golongan berdasarkan ukuran. Penggolongan tersebut didapat dari pengujian gradasi yang dapat dilihat pada Tabel 3.1 dibawah ini.

Tabel 3.1 Batas Gradasi Agregat Kasar

Ukuran Saringan (mm)	Presentase Lolos (%)		
	Gradasi Agregat		
	40 mm	20 mm	10 mm
76	100	-	-
38	95 - 100	100	-
19	37 - 70	95 - 100	100
9,6	10 - 40	30 - 60	50 - 85
4,8	0 - 5	0 - 10	0 - 10

Sumber : SNI 03-2834-2000

Agregat halus merupakan pasir alam sebagai hasil desintegrasi secara alami dari batu atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5,0 mm (SNI 03 – 2834 – 2000). Agregat halus dalam beton memiliki fungsi sebagai bahan pengisi rongga antara agregat kasar. Agregat halus terdiri dari butir yang beraneka ragam ukuran dan apabila diayak dapat lolos saringan dengan saringan yang sudah ditentukan. Hasil saringan agregat halus yang harus memenuhi gradasi dapat dilihat pada Gambar 3.1 dan Tabel 3.2 sebagai berikut.



Gambar 3.1 Grafik Batas Gradasi Agregat Halus SNI 03 – 2834 – 2000

Sumber : <https://lauwtjunnji.weebly.com/gradasi--agregat-halus.html>

Tabel 3.2 Batas Gradasi Agregat Halus

Ukuran Saringan (mm)	Presentase Lolos (%)			
	Pasir Kasar	Pasir Sedang	Pasir Agak Halus	Pasir Halus
	Gradasi no. 1	Gradasi no. 2	Gradasi no. 3	Gradasi no. 4
9,6	100 - 100	100 - 100	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	6 - 30	12 - 40	15 - 50
0,15	0 - 10	0 - 10	0 - 10	0 - 15

Sumber : <https://lauwtjunnji.weebly.com/gradasi--agregat-halus.html>

3.3.4 Abu Sekam Padi

di negara penghasil padi, banyak ditemukan sekam padi. Sekam padi merupakan limbah dari hasil penggilingan padi. Butir dari sekam padi memiliki

bobot yang ringan dan juga tidak begitu halus, sehingga diperlukan tempat yang luas untuk penyimpanan limbah tersebut. sekam padi biasa disebut dengan kulit padi, sekam padi merupakan salah satu bahan sisa yang dihasilkan dari pengolahan padi dan biasa dianggap sebagai limbah.

Abu sekam padi merupakan hasil dari pembakaran sekam padi atau kulit padi. Abu sekam padi memiliki warna putih keabu-abuan hingga hitam, warna tersebut tergantung dari suhu pembakaran dan sumber sekam padi. Abu sekam padi mengandung silika yang tinggi, sehingga dapat digunakan sebagai bahan tambah pada pembuatan beton. penggunaan abu sekam padi pada pembuatan beton dapat meningkatkan kekuatan beton. pada penelitian ini abu sekam padi yang digunakan dihaluskan dan disaring dengan saringan no. 200. Komposisi yang terkandung dalam abu sekam padi dapat dilihat dalam Tabel 3.3 sebagai berikut.

Tabel 3.3 Komposisi Abu Sekam Padi

Senyawa Kimia	Jumlah (% berat)
SiO ₂	93,44
Al ₂ O ₃	0,10
P ₂ O ₅	1,01
S	0,22
K ₂ O	3,48
CaO	0,72
TiO ₂	0,09
MnO ₂	0,23
Fe ₂ O ₃	0,68
ZnO	0,02

Sumber : Latief, 2010

3.3.5 Superplasticizer

Superplasticizer merupakan bahan tambah yang biasa digunakan dalam pengerjaan pengecoran. Penggunaan *superplasticizer* merupakan salah satu cara yang dipakai untuk meningkatkan kemudahan dalam pengerjaan pengecoran. Daffa Ari Prasetya (2018) menyatakan bahwa *superplasticizer* adalah bahan tambah

kimia (*Chemical admixture*) yang berfungsi untuk melarutkan gumpalan-gumpalan dengan cara melapisi pasta, sehingga pasta dapat tersebar secara merata pada adukan beton. Selain itu penggunaan *Superplasticizer* juga dapat membuat beton mengalir tanpa *bleeding* dan pemisahan *Segregation* yang sering terjadi pada beton dengan jumlah air yang besar.

Walaupun dapat meningkatkan kemudahan dalam pengerjaan, penggunaan *superplasticizer* dapat memberikan efek negatif yaitu *flowability* yang tinggi, sehingga campuran beton dapat mengalami *slump loss*. Selain menimbulkan *flowability*, penggunaan *superplasticizer* dengan dosis berlebih dapat mengakibatkan penundaan *setting* yang lama sehingga beton dapat kehilangan kekuatan serta tidak ekonomis.

3.4 Pembentukan Geopolimer

Dalam pembuatan beton konvensional, material padat didapat dari pencampuran air dengan semen *portland* untuk mengikat agregat halus dan agregat kasar melalui proses hidrasi, dimana proses hidrasi terjadi saat air bercampur dengan semen *portland*. Berbeda dengan beton konvensional, dalam pembuatan beton geopolimer material padat didapat ketika Silika dan Alumina yang terkandung dalam prekursor bereaksi dengan cairan alkali dan membentuk pasta geopolimer yang dapat mengikat agregat kasar, agregat halus, dan bahan lainnya melalui proses polimerisasi.

Dalam pengikatan beton geopolimer terjadi proses polimerisasi bukan proses hidrasi, dimana dalam proses polimerisasi Silika (Si) dan Alumina (Al) memegang peranan penting karena ketika bercampur dengan larutan alkali, kedua kandungan tersebut akan bersifat seperti pasta semen yang dapat mengikat agregat. Dalam proses polimerisasi akan menghasilkan suatu rantai struktur yang disebut dengan *Polysialate* (Si-O-Al-O-Si).

Dalam campuran beton geopolimer penggunaan semen *portland* sebagai bahan pengikat digantikan dengan bahan-bahan yang mengandung Silika (Si) dan Alumina (Al) yang tinggi, seperti abu terbang (*Fly ash*), abu sekam padi (*Rice husk ash*) dan lain-lain. Geopolimer masuk kategori sebagai bahan yang ramah

Tabel 3.4 Nilai Slump Untuk Berbagai Pekerjaan Beton

Uraian	Slump (cm)	
	Maksimum	Minimum
Dinding, pelat fondasi dan fondasi telapak bertulang	12,5	5,0
Fondasi telapak tidak bertulang, kaison dan konstruksi di bawah tanah	9,0	2,5
pelat, balok, kolom dan dinding	15,0	7,5
pengerasan jalan	7,5	5,0
pembetonan masal	7,5	2,5

Sumber : Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971

3.5.2 Kuat Tekan

Kuat tekan merupakan besarnya beban per satuan luas yang dapat diterima oleh beton, dan akan menyebabkan benda uji beton hancur dengan kekuatan tertentu bila diberi beban yang dihasilkan oleh mesin tekan. Nilai kuat tekan dipengaruhi oleh umur beton, dimana kuat tekan akan mencapai kekuatan terbesarnya pada saat umur 28 hari, dimana pada saat umur 28 hari beton akan mencapai 90% dari kuat tekan beton yang direncanakan pada umur 28 hari (dipohusodo, 1994 dalam Prasetya ; 2018). Menurut Ridwan (2018) semakin tinggi kekuatan struktur yang dikehendaki, maka semakin tinggi pula mutu beton yang diperlukan. Rumus yang dapat digunakan untuk mencari nilai kuat tekan beton berdasarkan dengan penelitian di Laboratorium dapat dilihat pada persamaan sebagai berikut.

$$f'c = \frac{P}{A} \quad (3.1)$$

Keterangan :

$f'c$ = Kuat tekan (MPa)

P = Beban maksimum (N)

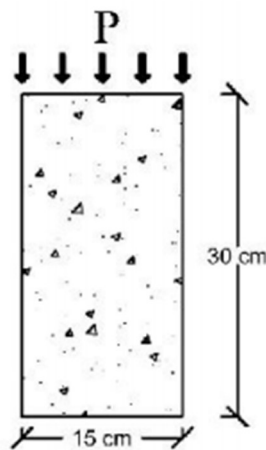
A = Luas penampang benda uji (mm^2)

Beton akan memiliki kuat tekan yang tinggi, jika bahan pengisi beton tersusun dari bahan lokal berkualitas baik (dipohusodo, 1996 dalam Ridwan ; 2018). Bahan penyusun yang perlu diperhatikan adalah agregat, hal tersebut dikarenakan agregat mengisi 70%-75% volume beton, karena kuat tekan sangat dipengaruhi oleh

kekuatan agregat, maka ada beberapa hal yang perlu diperhatikan pada agregat yang dapat dilihat sebagai berikut :

1. Permukaan agregat dan bentuk agregat,
2. Gradasi dari agregat dan
3. Ukuran maksimum dari agregat.

Pada penelitian ini digunakan benda uji berupa beton silinder yang sketsa benda uji dapat dilihat pada Gambar 3.3 sebagai berikut.



Gambar 3.3 Sketsa Benda Uji Kuat Tekan Beton

Sumber : Prasetya, 2018

3.5.3 Modulus Elastisitas Beton

Pengujian modulus elastisitas merupakan pengujian untuk mengetahui hubungan antara tegangan dan regangan dari suatu bahan. Pengujian ini sangat erat hubungannya dengan kekakuan dari suatu bahan dalam menerima beban. Pengujian ini sangat diperlukan untuk menjadi acuan dalam merencanakan dan menganalisis suatu bagian struktur. Semakin tinggi nilai modulus elastisitas, maka lendutan yang terjadi akan semakin kecil, hal ini dapat menunjukkan bahwa nilai modulus elastisitas yang besar dapat diartikan sebagai kemampuan bahan dalam menerima beban besar namun menghasilkan nilai regangan yang kecil, sehingga nilai modulus elastisitas berbanding lurus dengan nilai kuat tekan, dimana semakin besar nilai modulus elastisitas akan semakin besar pula nilai kuat tekan. Tolak ukur yang umum dan sifat elastisitasnya beton adalah modulus elastisitasnya, dimana hal

tersebut merupakan perbandingan dari tekanan yang diberikan dengan perubahan bentuk per-satuan Panjang akibat tekanan yang diberikan (Murdock dan Brook, 1979 dalam Prasetya ; 2018).

Pada umumnya kurva tegangan dan regangan pada saat 40% dari $f'c$ dianggap dalam kondisi yang linier dan sesudah mendekati 70% tegangan hancur, material banyak kehilangan kekakuannya sehingga membuat kurva menjadi tidak linier (Prasetya, 2018). Untuk mendapatkan nilai modulus elastisitas, dapat digunakan rumus ASTM C-649 sebagai berikut.

$$E_c = (S_2 - S_1) / (\varepsilon_2 - 0,000050) \quad (3.2)$$

Keterangan :

E_c = Modulus elastisitas beton (MPa)

S_2 = Kuat tekan pada saat 40% dari beban maksimum, dalam Mpa

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

ε_2 = regangan longitudinal yang dihasilkan pada saat S_2

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \quad (3.3)$$

Keterangan :

ΔL = Deformasi longitudinal (mm)

L_0 = Tinggi efektif pengukuran (mm)

Modulus elastisitas untuk beton dengan nilai w_c antara 1440 Kg/m^3 hingga 2560 Kg/m^3 menurut SNI-2847-2013 dapat dihitung menggunakan rumus pada persamaan sebagai berikut.

$$E_c = w_c^{1,5} \times 0,043 \times \sqrt{f'c} \quad (3.4)$$

dan

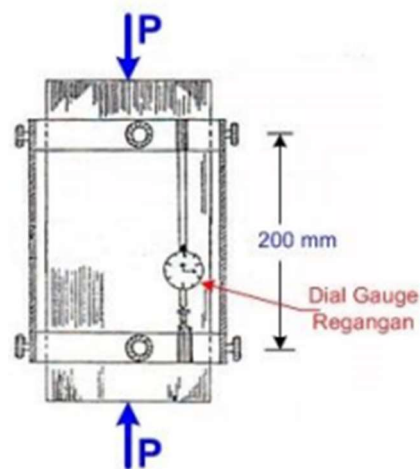
$$E_c = 4700 \times \sqrt{f'c} \quad (3.5)$$

Keterangan :

f'_c = Kuat tekan beton (MPa)

w_c = Berat isi beton (Kg/m³)

Pengujian modulus elastisitas beton dilakukan bersamaan dengan pengujian kuat tekan menggunakan alat *dial gauge* yang sketsa pengujian dapat dilihat pada Gambar 3.4 sebagai berikut.



Gambar 3.4 Sketsa Pengujian Modulus Elastisitas Beton

Sumber : Prasetya, 2018

3.5.4 Berat Volume Beton

Berat volume beton merupakan perbandingan antara berat beton dengan volume beton. Nilai berat volume beton dipengaruhi oleh berat jenis bahan penyusun yang digunakan, apabila bahan penyusun memiliki nilai berat jenis yang besar, maka nilai berat volume beton juga akan besar dan sebaliknya jika nilai berat jenis bahan penyusun kecil, maka nilai berat volume beton yang dihasilkan akan kecil juga. Adapun untuk mendapatkan nilai berat volume beton dapat digunakan rumus yang dapat dilihat pada persamaan sebagai berikut.

$$\text{Berat Volume} = \frac{W}{V} \quad (3.6)$$

Keterangan :

W = Berat Volume (Kg)

V = Volume beton atau $\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times t$ (cm^3)

D = Diameter (cm)

t = Tinggi (cm)

Untuk klasifikasi beton berdasarkan berat volume beton dapat dilihat pada Tabel 3.5 sebagai berikut.

Tabel 3.5 Klasifikasi Berat Volume Beton

Jenis Beton	Berat Volume Beton (kg/m^3)
Beton Ultra Ringan	300-1100
Beton Ringan	1100-1600
Beton Ringan Struktural	1450-1900
Beton Normal	2100-2550
Beton Berat	2900-6100

Sumber : Dapas dkk, 2020

3.5.5 Kecepatan Rambat Gelombang

Pengujian kecepatan rambat gelombang biasa dikenal juga dengan sebutan *ultrasonic pulse velocity test* (UPV). SNI ASTM C597 : 2012 menyatakan bahwa pengujian rambat gelombang dilakukan agar mengetahui rongga atau retak yang terjadi pada beton, sehingga dapat diketahui tingkat homogenitas atau kepadatan dari suatu beton. Kecepatan rambat gelombang pada beton yang jenuh air membuat pengujian kecepatan rambat gelombang menjadi kurang sensitif terhadap perubahan mutu beton (SNI 03 – 4804 – 1998 dalam Prasetya ; 2018). Pengujian ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui tingkat homogenitas atau kepadatan dari suatu beton yang dibuat, adapun beberapa faktor yang dapat mempengaruhi tingkat homogenitas atau kepadatan beton antara lain proporsi campuran, kejenuhan air beton, dan gradasi agregat. Pengujian ini dilakukan menggunakan alat yang bernama PUNDIT, dimana PUNDIT merupakan singkatan dari *Portable Ultrasonic Non Destructive digital indicating test*). Pengujian ini dilakukan dengan cara menempatkan alat penerima *receiver transducer* dan pemancar *transmitter transducer* pada benda uji, dimana setelah alat tersebut ditempelkan pada benda uji, pemancar *transmitter transducer* akan mengirimkan gelombang kepada alat

penerima *receiver transducer* lalu waktu tempuh gelombang akan didapat dan selanjutnya didapat nilai kecepatan rambat gelombang menggunakan rumus sebagai berikut.

$$V = \frac{L}{T} \quad (3.7)$$

Keterangan :

V = Kecepatan rambat gelombang (m/s)

L = Jarak antara pusat transduser (m)

T = Waktu tempuh (s)

Pengujian kecepatan rambat gelombang dapat dilakukan menggunakan 3 metode pengukuran yang dapat dilihat sebagai berikut

1. *Direct transmission*

Metode *direct transmission* dilakukan dengan cara meletakkan alat penerima *receiver transducer* dengan pemancar *transmitter transducer* saling berhadapan.

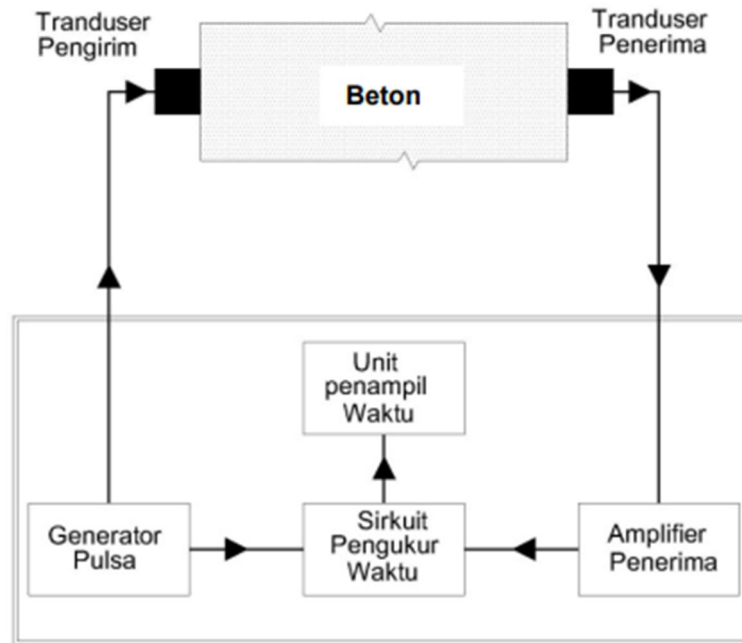
2. *Semidirect transmission*

Metode *semidirect transmission* dilakukan dengan cara meletakkan alat penerima *receiver transducer* dengan pemancar *transmitter transducer* secara axial atau satu diletakkan pada bidang tegak lurus dan satu lagi diletakkan pada bidang mendatar.

3. *Indirect transmission*

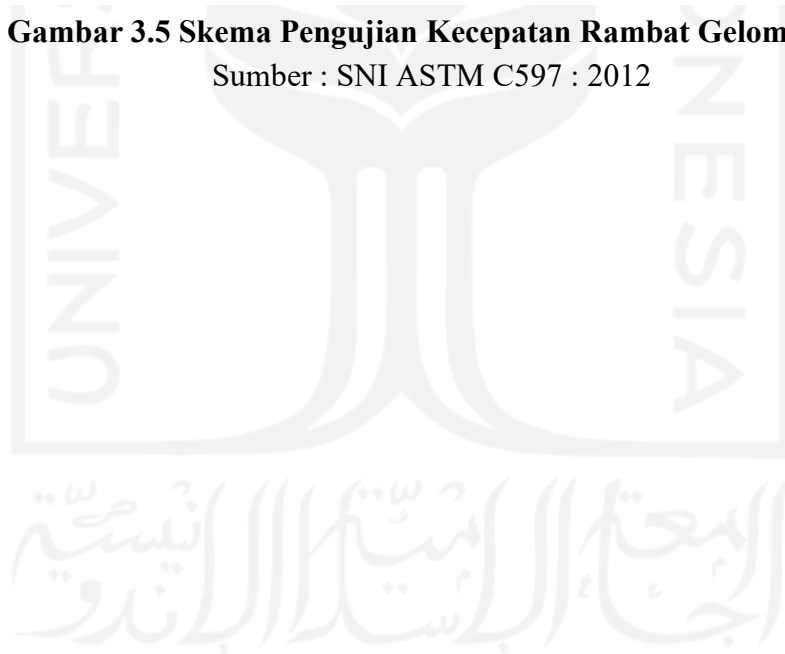
Metode *indirect transmission* dilakukan dengan cara meletakkan alat penerima *receiver transducer* dengan pemancar *transmitter transducer* pada satu bidang datar.

Adapun untuk skema pengujian kecepatan rambat gelombang dapat dilihat pada Gambar 3.5 sebagai berikut.



Gambar 3.5 Skema Pengujian Kecepatan Rambat Gelombang

Sumber : SNI ASTM C597 : 2012



BAB IV METODE PENELITIAN

4.1 Tinjauan Umum

Metode penelitian merupakan suatu langkah umum atau metode yang dilakukan pada suatu penelitian dalam suatu masalah, kasus, fenomena atau yang lain secara eksperimen untuk mendapatkan hasil yang rasional. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen yang dilakukan di laboratorium. Metode eksperimen merupakan suatu metode dalam penelitian yang dilakukan untuk mencari pengaruh satu variabel atau lebih sehingga dapat berpengaruh terhadap variabel lain dalam suatu kondisi yang terkontrol.

4.2 Benda Uji

Pada penelitian ini digunakan benda uji berupa beton dengan abu terbang (*fly ash*) digunakan sebagai bahan pengganti semen secara keseluruhan. Proposi campuran mengadopsi dari penelitian yang sudah pernah dilakukan oleh Ridwan pada tahun 2018, hal tersebut dilakukan karena penelitian bertujuan untuk melihat potensi penggunaan abu sekam padi sebagai bahan tambah pada beton geopolimer. Abu terbang (*fly ash*) akan direaksikan dengan alkali aktivator berupa *Sodium Hidroksida* (NaOH) 10 Molar dan *water glass*. Dalam penelitian ini digunakan sampel beton dengan perbandingan 75% agregat dan 25% pasta, dengan digunakan faktor *w/fa* untuk pasta 0,25. Pasta menggunakan perbandingan abu terbang (*fly ash*) dengan alkali aktivator sebesar 74 : 26, dengan perbandingan alkali aktivator Na₂SiO₃ : NaOH sebesar 4/2. Pada penelitian ini menggunakan variasi abu sekam padi dengan persentase penambahan abu sekam padi sebesar 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% dari berat prekursor, serta penambahan viscocrete 1003 sebanyak 0,6% dari berat prekursor. Penelitian ini menggunakan benda uji berbentuk silinder dengan tinggi 30 cm dengan diameter 15 cm. pada penelitian ini benda uji akan dilakukan beberapa pengujian, yaitu : pengujian kuat tekan,

pengujian modulus elastisitas, pengujian kecepatan rambat gelombang, dan pengujian berat volume beton.

4.3 Peralatan

Untuk menunjang pelaksanaan penelitian tugas akhir digunakan beberapa peralatan sebagai berikut.

1. *Mixer* beton, digunakan untuk membuat adonan beton/campuran beton. adapun untuk gambar *mixer* beton dapat dilihat sebagai berikut.
2. Cetakan silinder, digunakan untuk mencetak benda uji beton berbentuk silinder.
3. Cangkul, sendok semen (cetok), sekop, dan peralatan lainnya.
4. Timbangan kapasitas 20 kg merk "OHAUS".
5. Kaliper, digunakan untuk mengukur dimensi dari benda uji silinder.
6. *Compression Testing Machine*, alat yang berfungsi untuk menguji kuat tekan beton.
7. *Dial Gauge*, alat yang digunakan untuk membaca regangan beton pada pengujian modulus elastisitas.
8. Oven, digunakan untuk mengeringkan benda uji dari kadar air.

4.4 Lokasi Penelitian

Pelaksanaan penelitian dimulai dari proses persiapan bahan, pengujian bahan, pembuatan benda uji, dan pengujian benda uji dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

4.5 Komposisi Campuran Benda Uji dan Jumlah Benda Uji

Dalam pembuatan beton geopolimer, digunakan perbandingan massa dalam perhitungan jumlah bahan yang akan digunakan pada setiap satu silinder. Dalam penelitian ini digunakan perbandingan berat antara agregat dengan pasta sebesar 75:25 dengan digunakan abu terbang (*fly ash*) sebesar 444 kg/m^3 lalu untuk perbandingan pasta digunakan 74:26 dengan 74% untuk abu terbang (*fly ash*) dan 26 % untuk alkali aktivator, dimana untuk alkali aktivator digunakan $\text{Na}_2\text{SiO}_3:\text{NaOH}$ sebesar 4:2, selain itu digunakan pula faktor *w/fa* untuk pasta

sebesar 0,25. Angka – angka tersebut didapat dengan mengadopsi dari penelitian yang sudah dilakukan oleh Ridwan pada tahun 2018, yang membedakan penelitian ini adalah penggunaan abu sekam padi sebagai bahan tambah pada beton geopolimer. Adapun untuk komposisi dapat lebih jelas dilihat pada Tabel 4.1 sebagai berikut.

Tabel 4.1 Perencanaan Campuran

Kode Sampel	Abu Sekam Padi (%)	<i>Superplasticizer Viscocrete 1003</i> (%)	perbandingan Agregat		Perbandingan Alkali Aktivator		Jumlah Benda Uji
			Kasar	Halus	Na ₂ SiO ₃	NaOH	
BG 0	0	0,6	2	1	4	2	5
BG 5	5	0,6	2	1	4	2	5
BG 10	10	0,6	2	1	4	2	5
BG 15	15	0,6	2	1	4	2	5
BG 20	20	0,6	2	1	4	2	5

Mengacu pada jumlah kebutuhan abu terbang (*fly ash*) sebanyak 444 kg/m³, dapat dihitung jumlah bahan untuk kebutuhan satu silinder.

$$\begin{aligned}
 \text{Volume silinder} &= \pi \times r^2 \times H \\
 &= \pi \times 0,075 \text{ m} \times 0,075 \text{ m} \times 0,3 \text{ m} \\
 &= 0,0053014 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Fly ash 1 silinder} &= 444 \text{ kg/m}^3 \times \text{Volume silinder} \\
 &= 444 \text{ kg/m}^3 \times 0,0053014 \text{ m}^3 \\
 &= 2,354 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Berpacu pada perhitungan diatas didapat jumlah abu terbang (*fly ash*) yang dibutuhkan dalam satu silinder, abu terbang (*fly ash*) yang dibutuhkan sebanyak 2,354 kg. Perhitungan tersebut dapat dikembangkan untuk menghitung kebutuhan bahan yang lain seperti : jumlah kebutuhan air, Na₂SiO₃, NaOH, agregat. Contoh perhitungan untuk kebutuhan bahan larutan NaOH dengan konsentrasi 10 M pada kombinasi Na₂SiO₃/NaOH = 4/2 dengan penambahan abu sekam padi sebanyak 5%

dari berat prekursor dan viscocrete 0,6% dari berat prekursor, berdasarkan komposisi diatas dapat dilihat sebagai berikut.

a. Jumlah air 1 silinder :

$$\begin{aligned} 0,25 &= \frac{W}{FA} \\ W &= FA \times 0,25 \\ &= 2,354 \times 0,25 \\ &= 0,589 \text{ kg} \\ &= 0,589 \text{ L} \end{aligned}$$

b. Molekul relatif (Mr) NaOH :

$$\begin{aligned} \text{Berat atom Na} &= 23 \\ \text{Berat atom O} &= 16 \\ \text{Berat atom H} &= 1 \\ \text{Mr NaOH} &= 23 + 16 + 1 = 40 \end{aligned}$$

c. Jumlah NaOH 10 M :

$$\begin{aligned} \text{Molar} &= \frac{W}{Mr} \times \frac{1000}{V} \\ W_{\text{NaOH}} &= \frac{\text{Molar} \times Mr \times V}{1000} \\ &= \frac{10 \times 40 \times 589}{1000} \\ &= 236 \text{ gr} \end{aligned}$$

d. Kebutuhan *water glass* :

$$\begin{aligned} W_{wg} &= 2 \times W_{\text{NaOH}} \\ &= 2 \times 0,236 \\ &= 0,472 \text{ kg} \end{aligned}$$

e. Berat Total :

$$\begin{aligned} W_{\text{Tot}} &= \frac{FA + W + W_{\text{NaOH}} + W_{wg}}{25\%} \\ &= \frac{2,354 + 0,589 + 0,236 + 0,472}{25\%} \\ &= \frac{3,651}{25\%} \\ &= 14,604 \text{ Kg} \end{aligned}$$

f. Jumlah agregat kasar :

$$\begin{aligned} \text{Agregat kasar} &= \left(\left(\frac{2}{3} \times 100\% \right) \times 75\% \right) \times W_{\text{Tot}} \\ &= ((66,667\%) \times 75\%) \times 14,604 \\ &= 7,302 \text{ Kg} \end{aligned}$$

f. Jumlah agregat halus :

$$\begin{aligned} \text{Agregat halus} &= \left(\left(\frac{1}{3} \times 100\% \right) \times 75\% \right) \times W_{\text{Tot}} \\ &= ((33,333\%) \times 75\%) \times 14,604 \\ &= 3,651 \text{ Kg} \end{aligned}$$

g. Jumlah abu sekam padi

$$\begin{aligned} \text{Abu sekam padi} &= 5\% \times \text{Berat prekursor} \\ &= 5\% \times 2,354 \text{ Kg} \\ &= 0,118 \text{ Kg} \end{aligned}$$

h. Jumlah viscocrete 1003

$$\begin{aligned} \text{Viscocrete 1003} &= 0,6\% \times \text{Berat prekursor} \\ &= 0,6\% \times 2,354 \text{ Kg} \\ &= 0,014 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Dengan menggunakan metode perhitungan diatas dapat dihitung komposisi campuran untuk setiap kombinasi, adapun hasil dari perhitungan untuk setiap kombinasi dapat dilihat pada tabel rekapitulasi yang ditampilkan pada Tabel 4.2 dan Tabel 4.3 sebagai berikut.

Tabel 4.2 Jumlah Komposisi Bahan Untuk Satu Silinder

Kode Sampel	BG 0	BG 5	BG 10	BG 15	BG 20
Na ₂ SiO ₃ (Kg)	0,472	0,472	0,472	0,472	0,472
NaOH (Kg)	0,236	0,236	0,236	0,236	0,236
Agregat Halus (Kg)	3,651	3,651	3,651	3,651	3,651
Agregat Kasar (Kg)	7,302	7,302	7,302	7,302	7,302
FA (kg)	2,354	2,354	2,354	2,354	2,354
Abu Sekam Padi (kg)	0	0,1177	0,2354	0,3531	0,4708
Viscocrete 1003 (Kg)	0,01412	0,01412	0,01412	0,01412	0,01412
Air (L)	0,589	0,589	0,589	0,589	0,589

Tabel 4.3 Jumlah Komposisi bahan Total

Kode Sampel	BG 0	BG 5	BG 10	BG 15	BG 20
Na ₂ SiO ₃ (Kg)	2,36	2,36	2,36	2,36	2,36
NaOH (Kg)	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18
Agregat Halus (Kg)	18,255	18,255	18,255	18,255	18,255
Agregat Kasar (Kg)	36,51	36,51	36,51	36,51	36,51
FA (kg)	11,77	11,77	11,77	11,77	11,77
Abu Sekam Padi (kg)	0	0,589	1,177	1,766	2,354
Viscocrete 1003 (Kg)	0,3531	0,3531	0,3531	0,3531	0,3531
Air (L)	2,945	2,945	2,945	2,945	2,945

4.6 Tahapan Penelitian

Dalam penelitian tugas akhir ini, tahapan-tahapan yang penelitian yang akan dilakukan dapat dilihat sebagai berikut.

1. Persiapan, pada tahap ini dilakukan persiapan studi pustaka, persiapan peralatan serta bahan yang akan dipakai pada saat penelitian, hal tersebut dilakukan agar pada saat penelitian meminimalkan kesalahan sehingga penelitian dapat berjalan dengan lancar.
2. Perhitungan komposisi campuran, pada tahap ini dilakukan perhitungan mengenai banyaknya bahan yang akan digunakan pada saat penelitian, hal tersebut dilakukan karena bahan yang akan digunakan pada saat penelitian perlu dipesan terlebih dahulu, sehingga perhitungan bahan diperlukan agar jumlah bahan yang akan dipesan untuk penelitian dapat diketahui.
3. Pemeriksaan bahan, bahan-bahan yang sudah dipesan perlu diperiksa, hal tersebut dilakukan untuk mengetahui karakteristik dan sifat bahan yang akan digunakan pada saat penelitian, selain itu pemeriksaan bahan bertujuan untuk mengetahui apakah bahan yang digunakan memenuhi persyaratan atau tidak, adapun pemeriksaan yang dilakukan meliputi:
 - a. pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus,
 - b. pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar,
 - c. pengujian analisa saringan agregat halus,
 - d. pengujian analisa saringan agregat kasar,
 - e. pengujian gembur/berat volume agregat halus,

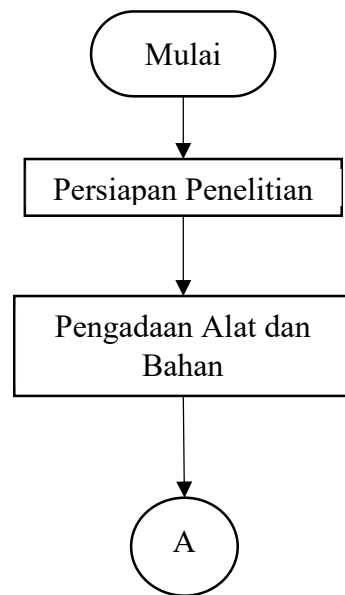
- f. pengujian gembur/berat volume agregat kasar dan
 - g. pengujian lolos saringan no. 200 (pengujian kandungan lumpur pada pasir).
4. Pembuatan benda uji, pada tahap ini pekerjaan yang dilaksanakan meliputi:
- a. pembuatan larutan NaOH 10 M, larutan dibuat dengan cara mencampur NaOH dengan air. Pembuatan larutan ini dilakukan satu hari sebelum pembuatan benda uji, hal tersebut dilakukan karena ketika NaOH dicampur dengan air akan menghasilkan panas yang tinggi sehingga pembuatan larutan ini dilakukan satu hari sebelum pembuatan benda uji agar larutan menjadi dingin ketika dicampur dengan bahan yang lain,
 - b. pembuatan larutan alkali aktivator, larutan ini dibuat dengan cara mencampurkan larutan NaOH yang sudah dibuat sebelumnya dengan *water glass* atau Na_2SiO_3 ,
 - c. abu terbang (*fly ash*) dicampurkan dengan larutan alkali aktivator yang sudah dibuat sebelumnya,
 - d. lalu agregat halus dimasukkan ke dalam *mixer*,
 - e. agregat kasar dimasukkan ke dalam *mixer*,
 - f. setelah itu abu sekam padi dan visocrete 1003 dimasukkan ke dalam *mixer*,
 - g. abu terbang (*fly ash*) dan larutan aktivator yang sudah tercampur merata dimasukkan ke dalam *mixer*,
 - h. setelah pengadukan selesai lakukan pengujian *slump*,
 - i. beton segar yang sudah dilakukan pengujian *slump* dimasukkan kedalam cetakan silinder beton,
 - j. pelepasan benda uji dari cetakan silinder beton,
 - k. perawatan benda uji dengan cara didiamkan pada suhu ruang.
5. Pengujian benda uji, pada tahap ini dilakukan pengujian benda uji yang meliputi:
- a. pengujian kuat tekan beton,
 - b. pengujian kecepatan rambat gelombang beton,
 - c. pengujian berat volume beton dan
 - d. pengujian modulus elastisitas.

Untuk pengujian pada penelitian ini akan digunakan benda uji sebanyak lima buah untuk setiap kombinasi campuran, dengan satu benda uji digunakan untuk semua pengujian yang sudah disebutkan sebelumnya.

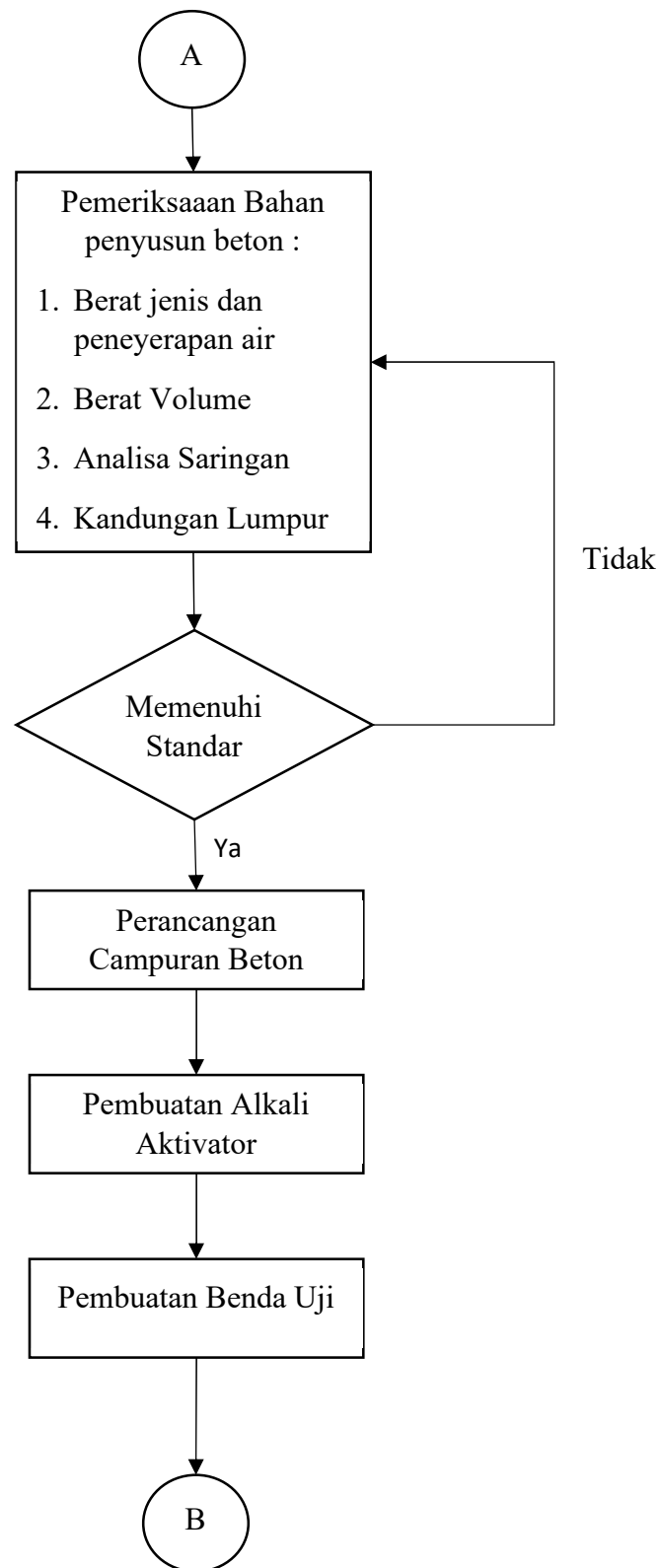
6. Tahap analisis dan pembahasan, pada tahap ini dilakukan analisis data yang sudah didapat dari pengujian sebelumnya, pengolahan data akan dilakukan dengan bantuan program *Microsoft excel*, lalu dilakukan pembahasan yang berkaitan dengan hasil yang diperoleh dari pengujian.
7. Tahap kesimpulan, tahap ini merupakan tahapan terakhir dari penelitian. Dalam tahap ini hasil analisis yang sudah dilakukan sebelumnya diambil kesimpulan yang berhubungan dengan tujuan penelitian, selain ditarik kesimpulan dibuat juga saran-saran untuk penelitian berikutnya.

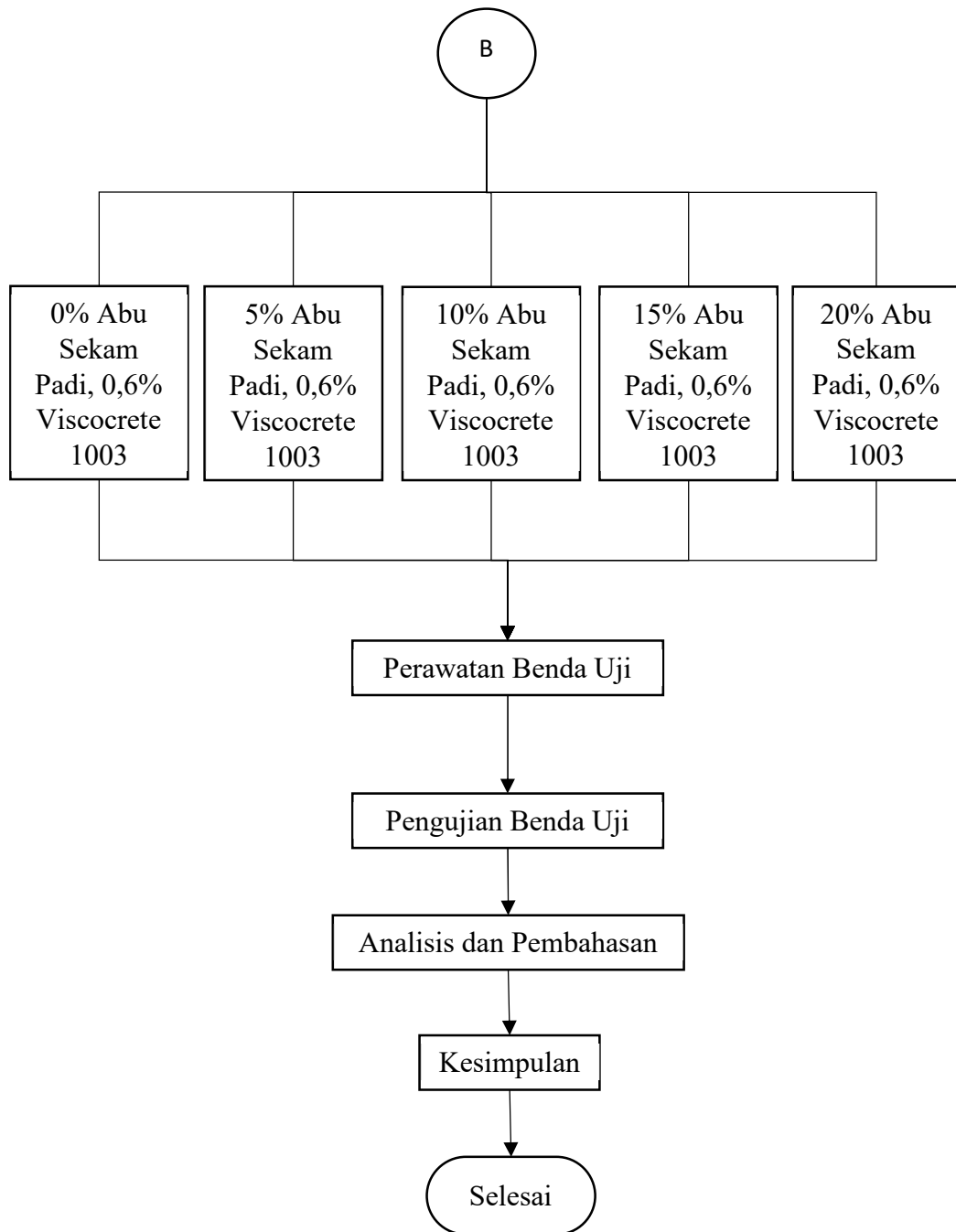
Adapun tahapan penelitian tugas akhir keseluruhan dapat dilihat pada bagan alir yang terdapat pada Gambar 4.1 sebagai berikut.





الجمهورية العربية السورية
الجامعة اللبنانية





Gambar 4.1 *Flowchart* Tahapan Penelitian

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Tinjauan Umum

Dalam suatu penelitian perlu dilakukan sebuah analisis dan pembahasan dari data yang sudah diperoleh untuk mengetahui hasil dari tujuan yang sudah direncanakan. Pada bab ini akan dijelaskan mengenai hasil dari penelitian yang sudah dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik oleh peneliti. Adapun penelitian yang dilakukan berupa pemeriksaan agregat halus, pemeriksaan agregat kasar, dan pengujian benda uji yang sudah berumur 28 hari.

5.2 Pemeriksaan Agregat Halus

Pemeriksaan agregat halus yang dilakukan meliputi pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air, berat isi gembur dan padat, modulus halus butir, dan kandungan lumpur. Pemeriksaan tersebut dilakukan karena pada pencampuran beton memiliki persyaratan yang harus dipenuhi sehingga dilakukan pemeriksaan. Pada penelitian ini digunakan agregat halus yang berasal dari Kulon Progo.

5.2.1 Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Maksud dari dilakukannya pengujian ini adalah mendapat nilai berat jenis curah, berat jenis jenuh kering muka (SSD), berat jenis semu, dan penyerapan air. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus ini dilakukan sesuai dengan metode yang terdapat pada SNI 03-1970-1990. Adapun hasil dari pengujian berat jenis dan penyerapan air dapat dilihat pada Tabel 5.1 sebagai berikut.

Tabel 5.1 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat pasir kering mutlak, gram (Bk)	480	482	481
Berat pasir kondisi jenuh kering muka (SSD), gram	500	500	500
Berat piknometer berisi pasir dan air, gram (Bt)	983	1172	1077
Berat piknometer berisi air, gram (B)	672	861	766,50
Berat jenis curah,(1) $Bk / (B + 500 - Bt)$	2,54	2,55	2,54
Berat jenis jenuh kering muka,(2) $500 / (B + 500 - Bt)$	2,65	2,65	2,65
Berat jenis semu,(3) $Bk / (B+ Bk - Bt)$	2,84	2,82	2,83
Penyerapan air,(4) $(500 - Bk) / Bk \times 100\%, \%$	4,17	3,73	3,95

Sumber : Hasil Penelitian

Agregat halus yang digunakan merupakan agregat halus dengan kondisi jenuh kering muka (SSD) sebanyak 500 gram, berat agregat halus kering mutlak sebanyak 481 gram, berat piknometer berisi air sebanyak 766,50 gram, dan berat piknometer yang sudah diisi oleh benda uji (agregat halus SSD) dengan air sebanyak 1077 gram.

Data yang sudah disebutkan tersebut diolah dan dianalisis dengan rumus yang sudah dicantumkan dalam tabel 5.1, sehingga hasil dari analisis didapat berat jenis curah 2,54, berat jenis jenuh kering muka 2,65, berat jenis semu 2,83, dan penyerapan air 3,95. Berdasarkan hasil yang didapat, agregat halus tersebut termasuk kedalam agregat normal dikarenakan nilai berat jenis jenuh kering muka berada diantara nilai 2,5 – 2,7.

5.2.2 Analisa Saringan Agregat Halus

Pengujian analisa saringan agregat halus ini menggunakan metode yang terdapat pada SNI 03-1968-1990. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui klasifikasi agregat halus yang digunakan berdasarkan kekasaran butiran, pengujian ini dilakukan menggunakan saringan yang disusun dari saringan yang terbesar hingga pan yang menampung butiran yang paling halus. Adapun untuk hasil pengujian analisa saringan dapat dilihat pada Tabel 5.2 sebagai berikut.

Tabel 5.2 Hasil Pengujian Agregat Halus

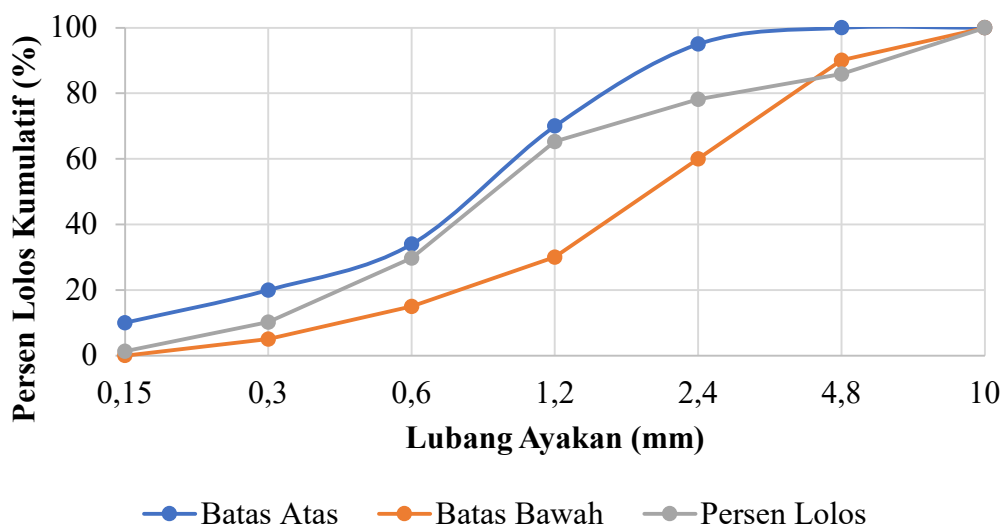
Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
9,60	0	0	0	100
4,8	283	14,19	14,19	86
2,4	154	7,72	21,90	78
1,2	257	12,88	34,79	65
0,6	708	35,49	70,28	30
0,3	389	19,50	89,77	10
0,15	177	8,87	98,65	1
Pan	27	1,35	100	0
Jumlah	1995	100	329,57	

Sumber : Hasil Penelitian

Tabel 5.2 merupakan hasil pengujian analisa saringan agregat halus, dari tabel tersebut dapat diperoleh modulus halus butir (MHB). Adapun untuk nilai modulus halus butir dapat dihitung sebagai berikut

$$\begin{aligned}
 \text{Modulus Halus Butir (MHB)} &= \frac{\sum \text{Berat tinggal tertinggal}}{100} \\
 &= \frac{329,57}{100} \\
 &= 3,30
 \end{aligned}$$

Nilai modulus halus butir memiliki nilai 1,5 – 3,8 (Tjokrodinuljo, 2007 dalam Prasetya ; 2018). Pada pengujian modulus halus butir (MHB) yang sudah dilakukan, dapat dilihat nilai modulus halus butir (MHB) sebesar 3,30, sehingga dapat disimpulkan agregat halus yang digunakan sudah memenuhi persyaratan. Selain untuk menentukan nilai modulus halus butir (MHB), pengujian analisa saringan juga dapat digunakan untuk menentukan gradasi agregat halus. Adapun dari pengujian analisa saringan didapat gradasi agregat yang dapat dilihat pada Gambar 5.1 sebagai berikut.



Gambar 5.1 Gradasi Agregat Halus Daerah I

Sumber : Hasil Penelitian

Dari pengujian yang sudah dilakukan, agregat halus yang dipakai termasuk kedalam agregat halus dengan gradasi daerah I. Gradasi daerah I menandakan bahwa agregat halus yang akan digunakan berjenis kasar atau pasir jenis kasar.

5.2.3 Berat Volume Agregat Halus

Pengujian berat volume biasa dikenal juga dengan pengujian berat isi, pada pengujian ini dilakukan dalam dua kondisi, yaitu kondisi gembur dan padat. Pengujian berat volume gembur dan berat volume padat ini memakai metode yang terdapat pada SNI 03-4804-1998. Adapun untuk hasil pengujian berat volume gembur dan berat volume padat dapat dilihat pada Tabel 5.3 dan Tabel 5.4 sebagai berikut.

Tabel 5.3 Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Agregat Halus

Uraian	Hasil Penelitian	
	Sampel 1	Sampel 2
Berat silinder (W1), gram	5530	10972
Berat silinder + agregat kering permukaan (SSD) (W2), gram	12445	18028
Berat agregat (W3), gram	6915	7056
Volume Silinder (V), cm ³	5257,62	5259,96
Berat isi gembur = W3/V, gram/cm ³	1,32	1,34
Berat isi gembur rata – rata, gram/cm ³	1,33	

Sumber : Hasil Penelitian

Tabel 5.4 Hasil Pengujian Berat Volume Padat Agregat Halus

Uraian	Hasil Penelitian	
	Sampel 1	Sampel 2
Berat silinder (W1), gram	5530	10972
Berat silinder + agregat kering permukaan (SSD) (W2), gram	13894	19363
Berat agregat (W3), gram	8364	8391
Volume Silinder (V), cm ³	5257,62	5259,96
Berat isi gembur = W3/V, gram/cm ³	1,59	1,60
Berat isi gembur rata – rata, gram/cm ³	1,59	

Sumber : Hasil Penelitian

Dari pengujian yang sudah dilakukan diperoleh nilai berat volume gembur agregat halus sebesar 1,33 gram/cm³ dan nilai berat volume padat agregat halus sebesar 1,59 gram/cm³. Nilai berat volume padat agregat halus lebih besar dibandingkan dengan nilai berat volume gembur agregat halus, hal tersebut dikarenakan pada pengujian berat volume padat agregat halus setiap 1/3 bagian dilakukan penumbukan sehingga pori – pori udara berkurang.

5.2.4 Lolos Saringan No.200 Agregat Halus

Pengujian lolos saringan no.200 bertujuan untuk mengetahui kandungan lumpur pada agregat halus yang dipakai. Pengujian ini dilakukan berdasarkan metode yang terdapat pada SNI 03-4142-1996. Adapun hasil dari pengujian ini dapat dilihat pada Tabel 5.5 sebagai berikut.

Tabel 5.5 Hasil Pengujian Lolos Saringan No.200 Agregat Halus

Uraian	Hasil Penelitian	
	Sampel 1	Sampel 2
Berat agregat halus kering mutlak (W1), gram	500	500
Berat Agregat halus setelah dicuci dan dioven (W2), gram	478	476
Berat lumpur (W3) = (W1-W2), gram	22	24
Kadar lumpur = (W3/W1) x 100%, %	4,4	4,8
Kadar lumpur rata-rata, %	4,6	

Sumber : Hasil Penelitian

Kadar lumpur untuk agregat halus memiliki batas maksimal 5% menurut PUBLI-1982 dalam prasetya ; 2018, Hal tersebut dikarenakan kadar lumpur yang terdapat pada agregat halus dapat mempengaruhi tingkat kekuatan beton karena kadar lumpur yang tinggi akan mempengaruhi ikatan pasta dengan agregat,

sehingga untuk kadar lumpur suatu agregat halus maksimal 5%. Nilai kadar lumpur yang didapat setelah pengujian sebesar 4,6%. Nilai tersebut berada di bawah 5%, sehingga agregat halus yang digunakan sudah sesuai dengan persyaratan yang ada.

5.3 Pemeriksaan Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan merupakan agregat kasar yang berasal dari kulon progo. Adapun pemeriksaan agregat kasar yang dilakukan meliputi pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air, modulus halus butir (MHB), berat volume gembur, berat volume padat.

5.3.1 Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

Maksud dari dilakukannya pengujian ini adalah mendapat nilai berat jenis curah, berat jenis jenuh kering muka (SSD), berat jenis semu, dan penyerapan air. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar ini dilakukan sesuai dengan metode yang terdapat pada SNI 03-1970-1990. Adapun hasil dari pengujian berat jenis dan penyerapan air dapat dilihat pada Tabel 5.6 sebagai berikut.

Tabel 5.6 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat agregat kasar kering mutlak, gram (Bk)	4899	4917	4908
Berat agregat kasar kondisi jenuh kering permukaan (SSD), gram (Bj)	5000	5000	5000
Berat agregat kasar dalam air, gram (Ba)	3087	3109	3098
Berat jenis curah, $Bk / (Bj - Ba)$	2,56	2,60	2,58
Berat jenis jenuh kering muka, $Bj / (Bj - Ba)$	2,61	2,64	2,63
Berat jenis semu, $Bk / (Bk - Ba)$	2,70	2,72	2,71
Penyerapan air, $(Bj - Bk) / Bk \times 100\%$, %	2,06	1,69	1,87

Sumber : Hasil Penelitian

Agregat Kasar yang digunakan merupakan agregat kasar dengan kondisi jenuh kering muka (SSD) sebanyak 5000 gram, berat agregat kasar kering mutlak sebanyak 4908 gram, dan berat agregat kasar dalam air sebanyak 3098 gram.

Data yang sudah disebutkan tersebut diolah dan dianalisis dengan rumus yang sudah dicantumkan dalam tabel 5.6, sehingga hasil dari analisis didapat berat jenis curah 2,58, berat jenis jenuh kering muka 2,63, berat jenis semu 2,71, dan penyerapan air 1,87. Berdasarkan hasil yang didapat, agregat kasar tersebut sesuai dengan persyaratan karena nilai berat jenis jenuh kering muka berada diantara nilai 2,5-2,7.

5.3.2 Analisa Saringan Agregat Kasar

Pengujian analisa saringan agregat kasar ini menggunakan metode yang terdapat pada SNI 03-1968-1990. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui klasifikasi agregat kasar yang digunakan berdasarkan kekasaran butiran, pengujian ini dilakukan menggunakan saringan yang disusun dari saringan yang terbesar hingga pan. Adapun untuk hasil pengujian analisa saringan dapat dilihat pada Tabel 5.7 sebagai berikut.

Tabel 5.7 Hasil Pengujian Agregat Kasar

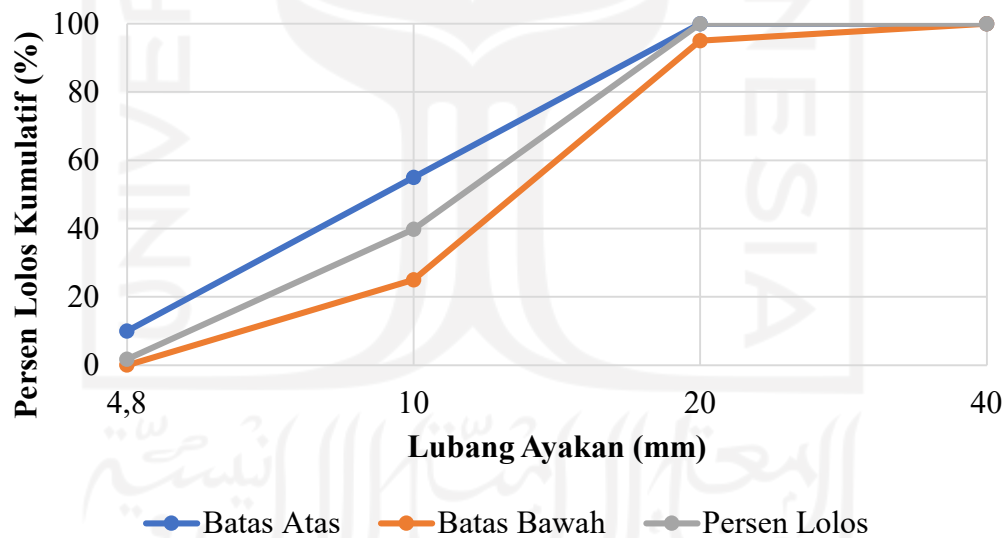
Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40	0	0	0	100
20	0	0	0	100
10	3009	60,18	60,18	39,82
4,8	1904	38,08	98,26	1,74
2,4	23	0,46	98,72	1,28
1,2	11	0,22	98,94	1,06
0,6	0	0	98,94	1,06
0,3	0	0	98,94	1,06
0,15	0	0	98,94	1,06
Pan	53	1,06	100	0
Jumlah	5000	100	652,92	

Sumber : Hasil Penelitian

Tabel 5.7 merupakan hasil pengujian analisa saringan agregat kasar, dari tabel tersebut dapat diperoleh modulus halus butir (MHB). Adapun untuk nilai modulus halus butir dapat dihitung sebagai berikut

$$\begin{aligned} \text{Modulus Halus Butir (MHB)} &= \frac{\sum \text{Berat tinggal tertinggi}}{100} \\ &= \frac{652,92}{100} \\ &= 6,53 \end{aligned}$$

Nilai modulus halus butir memiliki nilai 6,0 – 7,0 (Tjokrodimuljo, 2007 dalam Prasetya ; 2018). Pada pengujian modulus halus butir (MHB) yang sudah dilakukan, dapat dilihat nilai modulus halus butir (MHB) sebesar 6,53, sehingga dapat disimpulkan agregat halus yang digunakan sudah memenuhi persyaratan. Selain untuk menentukan nilai modulus halus butir (MHB), pengujian analisa saringan juga dapat digunakan untuk menentukan gradasi agregat kasar. Adapun dari pengujian analisa saringan didapat gradasi agregat yang dapat dilihat pada Gambar 5.2 sebagai berikut.



Gambar 5.2 Gradasi Agregat Kasar

Sumber : Hasil Penelitian

Hasil pengujian analisa saringan agregat kasar menunjukkan bahwa agregat kasar yang dipakai memiliki ukuran maksimum 20 mm

5.3.3 Berat Volume Agregat Kasar

Pengujian berat volume biasa dikenal juga dengan pengujian berat isi, pada pengujian ini dilakukan dalam dua kondisi, yaitu kondisi gembur dan padat.

Pengujian berat volume gembur dan berat volume padat ini memakai metode yang terdapat pada SNI 03-4804-1998. Adapun untuk hasil pengujian berat volume gembur dan berat volume padat dapat dilihat pada Tabel 5.8 dan Tabel 5.9 sebagai berikut.

Tabel 5.8 Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Agregat Kasar

Uraian	Hasil Penelitian	
	Sampel 1	Sampel 2
Berat silinder (W1), gram	5530	10972
Berat silinder + agregat kering permukaan (SSD) (W2), gram	12304	17960
Berat agregat (W3), gram	6774	6988
Volume Silinder (V), cm ³	5257,62	5259,96
Berat isi gembur = W3/V, gram/cm ³	1,29	1,33
Berat isi gembur rata – rata, gram/cm ³	1,31	

Sumber : Hasil Penelitian

Tabel 5.9 Hasil Pengujian Berat Volume Padat Agregat Kasar

Uraian	Hasil Penelitian	
	Sampel 1	Sampel 2
Berat silinder (W1), gram	5530	10972
Berat silinder + agregat kering permukaan (SSD) (W2), gram	13035	18703
Berat agregat (W3), gram	7505	7731
Volume Silinder (V), cm ³	5257,62	5259,96
Berat isi gembur = W3/V, gram/cm ³	1,43	1,47
Berat isi gembur rata – rata, gram/cm ³	1,45	

Sumber : Hasil Penelitian

Dari pengujian yang sudah dilakukan diperoleh nilai berat volume gembur agregat kasar sebesar 1,31 gram/cm³ dan nilai berat volume padat agregat kasar sebesar 1,45 gram/cm³. Nilai berat volume padat agregat kasar lebih besar dibandingkan dengan nilai berat volume gembur agregat kasar, hal tersebut dikarenakan pada pengujian berat volume padat agregat kasar setiap 1/3 bagian dilakukan penumbukan sehingga pori – pori udara berkurang.

5.4 Pengujian *Slump*

Sebelum campuran beton segar dimasukkan kedalam cetakan, campuran beton segar tersebut dilakukan pengujian Slump. Pengujian slump dilakukan untuk

mengetahui tingkat kekentalan dari suatu campuran beton segar yang sudah dibuat, selain itu dari pengujian slump dapat dilihat tingkat kemudahan pengerjaan suatu campuran beton segar. Suatu campuran beton segar kental memiliki nilai slump yang rendah sedangkan jika nilai slump tinggi menandakan bahwa campuran beton segar encer dan mudah dikerjakan, semakin tinggi nilai slump menandakan semakin mudah tingkat pengerjaan dari suatu campuran beton segar tersebut. Pada beton geopolimer ini tidak ada nilai slump rencana. Adapun nilai slump pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 5.10 sebagai berikut.

Tabel 5.10 Hasil Pengujian Slump

No	Benda Uji	Slump (cm)
1	BG0	0
2	BG5	0
3	BG10	22
4	BG15	19
5	BG20	18

Sumber : Hasil Penelitian

Pada Tabel 5.10 tersebut dapat dilihat bahwa untuk benda uji BG0 dan BG5 memiliki nilai slump 0 cm, hal tersebut dikarenakan pada saat pencampuran bahan kimia membuat campuran beton segar menjadi sangat kental dan cepat mengeras, sehingga pada saat dilakukan pengujian slump ketika kerucut abram diangkat campuran beton segar tidak runtuh dan hal tersebut membuat pengerjaan untuk beton geopolimer dengan kode benda uji BG0 dan BG5 sulit dilakukan dikarenakan campuran beton segar yang sangat cepat mengeras sedangkan untuk beton geopolimer dengan kode benda uji BG10, BG15, dan BG20 lebih mudah dikerjakan dikarenakan memiliki nilai slump yang tinggi. Nilai Slump yang tinggi pada BG10, BG15, dan BG20 tersebut dikarenakan penambahan air yang dilakukan kepada ketiga kode benda uji tersebut, penambahan air tersebut dilakukan karena pada ketiga kode benda uji tersebut material beton belum tercampur secara homogen sehingga dilakukan penambahan air pada ketiga kode benda uji tersebut.

pada penelitian ini digunakan *superplasticizer* berupa *Viscocrete 1003* dengan tujuan agar memberikan kemudahan pada pengerjaan, namun dalam

pelaksanaannya dosis yang dipakai pada penelitian ini tidak memberikan pengaruh karena campuran adukan beton segar tetap kental.

BG10, BG15, dan BG20 diberi penambahan air sebanyak 3 liter dikarenakan pada saat pelaksanaannya belum tercampur secara utuh. Jika melihat benda uji BG10, BG15, dan BG20 dengan penambahan air yang sama sebanyak 3 liter pada setiap campuran, ada pengaruh penambahan abu sekam padi terhadap nilai slump, dimana semakin banyak penambahan abu sekam padi membuat nilai slump semakin menurun, hal tersebut terjadi akibat sifat abu sekam padi yang ringan dan mampu menyerap air banyak.

5.5 Pengujian Berat Volume

Benda uji dilakukan pengujian berat volume beton pada umur 28 hari. Pengujian berat volume beton dilakukan sebelum pengujian kuat tekan dengan cara ditimbang dan diukur diameter dan tinggi dari benda uji yang akan dilakukan pengujian, pengukuran diameter dan tinggi dilakukan tiga kali pengukuran dengan menggunakan jangka sorong. Nilai berat volume beton didapat dengan cara membagi berat benda uji dengan volume benda uji. Adapun nilai berat volume beton dari penelitian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 5.11 dan Gambar 5.3 sebagai berikut.

Tabel 5.11 Hasil Pengujian Berat Volume Beton

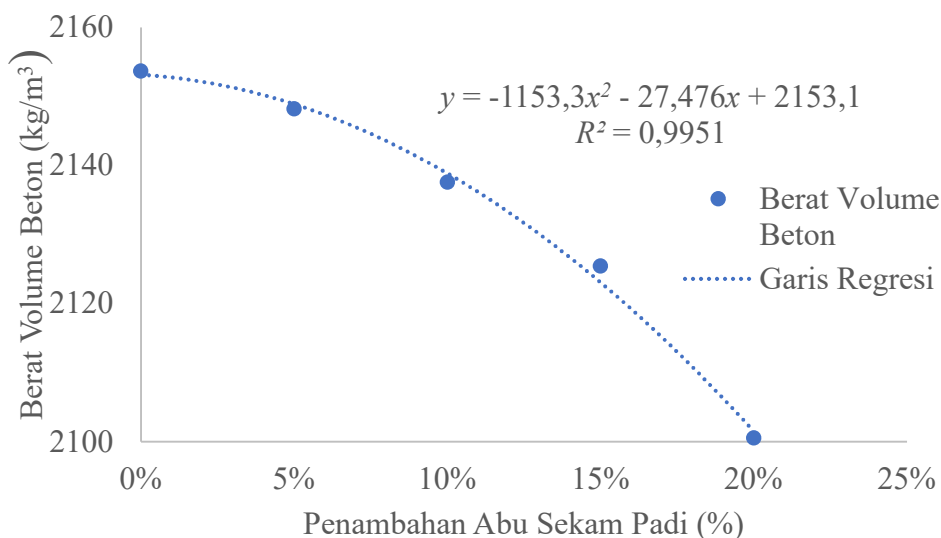
Kode Benda Uji	Berat Benda Uji (kg)	Volume Benda Uji (m ³)	Berat Isi (kg/m ³)	Rata - Rata (kg/m ³)
BG 0	1	11,71	0,00521	2249,07
	2	12,15	0,00556	2184,93
	3	11,34	0,00542	2091,85
	4	11,48	0,00548	2093,32
	5	11,41	0,00531	2149,25
				2153,685

Lanjutan Tabel 5.11 Hasil Pengujian Berat Volume Beton

Kode Benda Uji	Berat Benda Uji (kg)	Volume Benda Uji (m ³)	Berat Isi (kg/m ³)	Rata - Rata (kg/m ³)
BG 5	1	11,80	0,00527	2236,92
	2	11,50	0,00534	2154,67
	3	11,61	0,00551	2107,30
	4	11,95	0,00550	2174,38
	5	11,10	0,00537	2067,81
BG 10	1	11,75	0,00541	2170,62
	2	11,71	0,00541	2162,58
	3	11,61	0,00548	2117,52
	4	11,64	0,00547	2129,15
	5	11,39	0,00540	2108,12
BG 15	1	11,33	0,00536	2111,63
	2	11,22	0,00531	2112,46
	3	11,49	0,00530	2169,34
	4	11,32	0,00536	2111,63
	5	11,48	0,00541	2122,04
BG 20	1	11,34	0,00543	2087,33
	2	11,35	0,00544	2087,49
	3	11,24	0,00534	2104,05
	4	11,35	0,00531	2135,61
	5	11,34	0,00543	2088,27

Sumber : Hasil Penelitian

الجمهورية العربية السورية
الجامعة العربية السورية
الكلية الهندسية
الهندسة المدنية



Gambar 5.3 Grafik Hasil Pengujian Berat Volume Beton

Sumber : Hasil Penelitian

Berdasarkan Tabel 5.11 dan Gambar 5.3 di atas dapat dilihat bahwa beton geopolimer tanpa dan dengan bahan tambah memiliki nilai berat volume rata – rata sebesar 2133,094 kg/m³, hal tersebut menandakan bahwa beton tersebut termasuk kedalam beton normal berdasarkan Tabel 3.5, dimana menurut Tabel 3.5 beton normal memiliki berat volume beton dengan interval 2100-2550 kg/m³.

Pada penelitian ini berat volume beton tertinggi terdapat pada beton geopolimer dengan 0% tambahan abu sekam padi atau pada beton geopolimer tanpa bahan tambah (BG0), dimana berat volume beton geopolimer dengan 0% penambahan memiliki berat volume beton sebesar 2153,685 kg/m³, sedangkan untuk berat volume beton terendah terdapat pada beton geopolimer dengan 20% penambahan abu sekam padi atau pada beton geopolimer dengan penambahan abu sekam padi 20% dari berat prekursor (BG20), dimana berat volume beton geopolimer dengan penambahan 20% dari berat prekursor memiliki berat volume beton sebesar 2100,550 kg/m³.

pada penelitian ini digunakan *superplasticizer* berupa *Viscocrete 1003* dengan tujuan agar memberikan kemudahan pada pengerjaan, namun dalam pelaksanaannya dosis yang dipakai pada penelitian ini tidak memberikan pengaruh karena campuran adukan beton segar tetap kental.

Pada penelitian ini juga dapat dilihat bahwa semakin banyak penambahan abu sekam padi akan mempengaruhi nilai berat volume beton, dimana semakin banyak penambahan abu sekam padi membuat nilai berat volume beton semakin menurun atau semakin kecil, hal tersebut terjadi karena ikatan kimia yang terjadi pada beton geopolimer. Berbeda dengan beton normal yang memanfaatkan ikatan hidrasi yang terjadi akibat semen bercampur dengan air pada pembentukan beton normal, beton geopolimer memanfaatkan ikatan polimer untuk pembentukan betonnya, dimana ikatan polimer yang terjadi pada beton geopolimer terbentuk akibat material yang mengandung pozzolan bercampur dengan alkali aktivator. Dalam ikatan polimer aluminat dan silikat memegang peranan penting.

Dari penjelasan pada paragraf sebelumnya, dapat ditarik kesimpulan bahwa berat volume beton pada geopolimer yang diteliti mengalami penurunan seiring dengan persentase penambahan abu sekam padi, hal tersebut dikarenakan terjadi akibat penambahan abu sekam padi. Penambahan abu sekam padi mempengaruhi ikatan polimer yang terjadi akibat bercampurnya pozzolan dengan alkali aktivator, Jika melihat Tabel 3.3 hal tersebut bisa terjadi karena abu sekam padi merupakan suatu bahan yang mengandung silikat yang tinggi namun memiliki kandungan aluminat yang rendah dimana pada abu sekam padi mengandung 93,44% silikat dan 0,1% aluminat.

5.6 Pengujian Kecepatan Rambat Gelombang

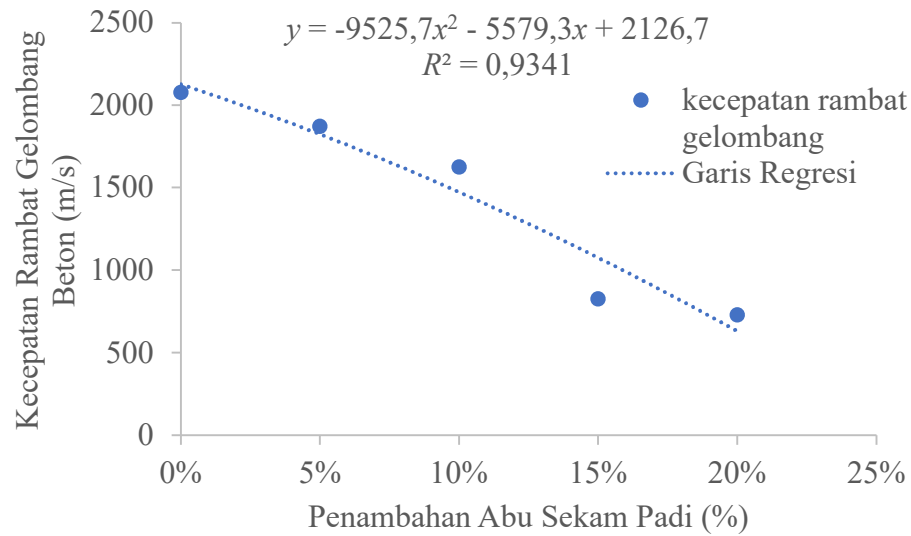
Pengujian kecepatan gelombang dilakukan setelah pengujian berat volume beton selesai dilaksanakan. Pada pengujian ini digunakan alat PUNDIT, pengujian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui tingkat kepadatan beton yang sudah dibuat. Pengujian kecepatan rambat gelombang memanfaatkan gelombang yang dialirkan dari ujung ke ujung benda uji. Pada pengujian ini gel diberikan pada *tranduser* pengirim dan *tranduser* penerima, setelah diberikan gel *tranduser* tersebut ditempelkan kepada kedua ujung benda uji sehingga gelombang yang dipancarkan dari *tranduser* pengirim dapat diterima oleh *tranduser* penerima. Hasil dari pengujian ini merupakan waktu yang diperlukan gelombang yang telah dikirimkan *tranduser* pengirim kepada *tranduser* penerima yang terdapat pada

kedua ujung benda uji dengan jarak yang ditempuh. Adapun untuk hasil pengujian dari kecepatan rambat gelombang dapat dilihat pada Tabel 5.12 dan Gambar 5.4 sebagai berikut.

Tabel 5.12 Hasil Pengujian Kecepatan Rambat Gelombang Beton

Benda Uji	Panjang g (m)	Waktu tempuh (s)	Kecepatan Rambat Gelombang (m/s)	Kecepatan Rambat Gelombang Rata – rata (m/s)
BG 0	1	0,305	99,200	2077,600
	2	0,308	122,200	
	3	0,306	204,000	
	4	0,305	231,000	
	5	0,302	153,100	
BG 5	1	0,306	243,000	1871,800
	2	0,304	171,400	
	3	0,304	133,100	
	4	0,306	124,100	
	5	0,303	192,100	
BG 10	1	0,307	166,900	1624,400
	2	0,301	166,100	
	3	0,306	170,600	
	4	0,306	182,400	
	5	0,303	303,000	
BG 15	1	0,304	329,000	826,400
	2	0,302	393,000	
	3	0,303	321,000	
	4	0,300	1,220	
	5	0,303	243,000	
BG 20	1	0,303	598,000	729,200
	2	0,303	393,000	
	3	0,301	392,000	
	4	0,300	371,000	
	5	0,301	380,000	

Sumber : Hasil Penelitian



Gambar 5.4 Grafik Hasil Pengujian Kecepatan Rambat Gelombang Beton

Sumber : Hasil Penelitian

Dari Tabel 5.12 dan Gambar 5.4 di atas dapat dilihat bahwa kecepatan rambat gelombang beton tertinggi pada penelitian ini ada pada beton geopolimer tanpa penambahan abu sekam padi (BG0) dan nilai kecepatan rambat gelombang terendah terdapat pada beton geopolimer dengan persentase penambahan abu sekam padi sebesar 20%. Melihat dari grafik, nilai kecepatan rambat gelombang beton nilainya semakin menurun seiring dengan banyaknya persentase penambahan abu sekam padi, hal tersebut terjadi akibat kepadatan dari beton geopolimer yang dibuat. Penambahan abu sekam padi pada beton geopolimer mempengaruhi ikatan polimer, kandungan abu sekam padi yang tinggi silikat dan rendah kandungan aluminat membuat proses polimerisasi pada beton geopolimer berjalan tidak sempurna sehingga kepadatan yang dihasilkan pada beton geopolimer menjadi terganggu sehingga menghasilkan nilai kecepatan rambat gelombang yang kecil. Menurut Tabel 3.3 abu sekam padi mengandung 93,44% Silikat dan 0,1% aluminat.

pada penelitian ini digunakan *superplasticizer* berupa *Viscocrete 1003* dengan tujuan agar memberikan kemudahan pada pengerjaan, namun dalam pelaksanaannya dosis yang dipakai pada penelitian ini tidak memberikan pengaruh karena campuran adukan beton segar tetap kental.

5.7 Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan dilakukan ketika benda uji berumur 28 hari, pengujian ini dilakukan setelah benda uji selesai dilakukan pengujian berat volume beton dan kecepatan rambat gelombang. Pada pengujian kuat tekan ini, benda uji sebelumnya dilakukan proses pengerjaan *caping*, dimana pada bagian permukaan yang akan ditekan oleh alat tekan diberi belerang agar permukaan yang akan ditekan oleh alat tekan menjadi rata, sehingga beban yang yang diterima oleh beton menjadi rata. Pengujian kuat tekan ini menggunakan benda uji berupa silinder sebanyak 25 buah dengan 5 kombinasi, sehingga setiap kombinasi memiliki 5 buah benda uji yang akan diuji. Adapun untuk hasil dari pengujian kuat tekan dapat dilihat pada Tabel 5.13 dan Gambar 5.5 sebagai berikut.

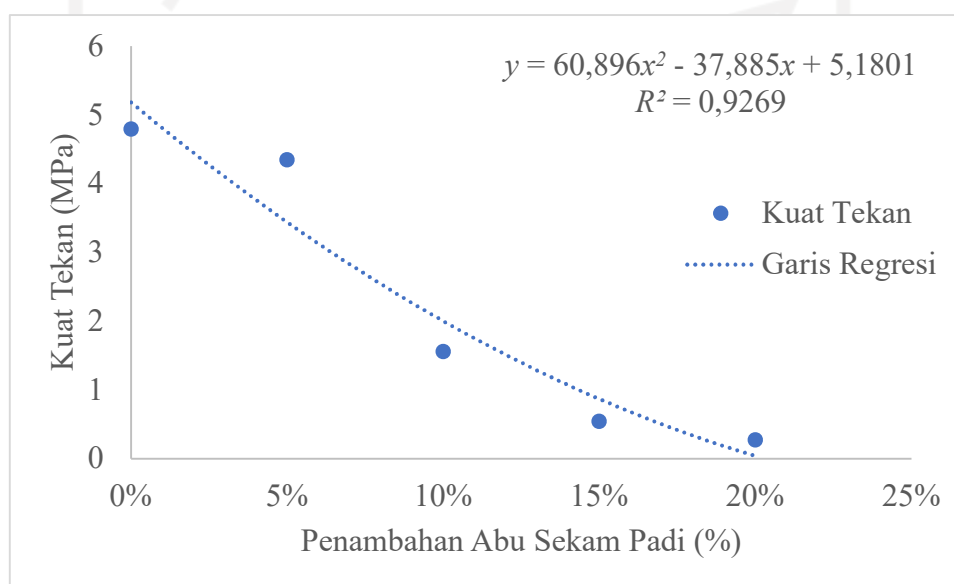
Tabel 5.13 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Benda Uji		Luas penampang (mm ²)	Beban Maksimum (N)	Kuat tekan (MPa)	Rata – Rata (MPa)
BG 0	1	17062,450	107000	6,271	4,798
	2	18041,310	120000	6,651	
	3	17733,221	90000	5,075	
	4	17958,102	32000	1,782	
	5	17568,426	74000	4,212	
BG 5	1	17252,779	66000	3,825	4,349
	2	17540,956	80000	4,561	
	3	18148,574	89000	4,904	
	4	17989,698	85000	4,725	
	5	17693,835	66000	3,730	
BG 10	1	17646,725	33000	1,870	1,558
	2	17993,739	32000	1,778	
	3	17886,933	32000	1,789	
	4	17878,877	25000	1,398	
	5	17800,063	17000	0,955	
BG 15	1	17662,500	9718	0,550	0,547
	2	17591,921	8198	0,466	
	3	17474,602	9851	0,564	
	4	17851,402	11607	0,650	
	5	17827,735	8958	0,502	
	5	18041,310	5451	0,302	

Lanjutan Tabel 5.13 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Benda Uji	Luas penampang (mm ²)	Beban Maksimum (N)	Kuat tekan (MPa)	Rata – Rata (MPa)
BG 20	1	17922,5	3000	0,167
	2	17934,363	4862	0,271
	3	17733,221	5230	0,295
	4	17662,5	5843	0,331
	5	18041,31	5451	0,302
				0,273

Sumber : Hasil Penelitian



Gambar 5.5 Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Sumber : Hasil Penelitian

Dari Tabel 5.13 dan Gambar 5.5 di atas dapat dilihat bahwa kuat tekan tertinggi terdapat pada beton dengan kode benda uji BG0 sebesar 4,798 MPa. Beton dengan kode benda uji BG0 merupakan beton geopolimer dengan variasi penambahan 0% abu sekam padi. Tabel tersebut juga menunjukkan bahwa semakin banyak variasi penambahan abu sekam padi terjadi penurunan kuat tekan, hal tersebut dapat dilihat dari nilai kuat tekan tertinggi ada pada benda uji dengan kode BG0, sedangkan untuk kuat tekan terendah ada pada benda uji dengan variasi penambahan abu sekam padi 20%. Dalam penelitian ini ditemukan bahwa penambahan abu sekam padi dapat mempengaruhi tingkat kepadatan pada beton

geopolimer, jika melihat Tabel 3.3 hal tersebut dikarenakan kandungan yang terdapat pada abu sekam padi yang memiliki kandungan silikat yang tinggi namun memiliki nilai aluminat yang rendah, sehingga mempengaruhi proses polimerisasi yang terjadi pada beton geopolimer yang dibuat. Menurut Tabel 3.3 abu sekam padi mengandung 93,44%. Silikat dan 0,1% aluminat. Melihat dari nilai kuat yang dihasilkan, beton geopolimer pada penelitian ini tidak dapat digunakan untuk bagian struktur akibat nilai kuat tekan yang dihasilkan terlalu kecil yaitu dibawah 10 MPa namun dapat digunakan untuk bagian non struktur seperti dinding.

pada penelitian ini digunakan *superplasticizer* berupa *Viscocrete 1003* dengan tujuan agar memberikan kemudahan pada pengerjaan, namun dalam pelaksanaannya dosis yang dipakai pada penelitian ini tidak memberikan pengaruh karena campuran adukan beton segar tetap kental.

Penelitian ini dilakukan dengan maksud melihat pengaruh abu sekam padi sebagai bahan tambah pada beton geopolimer. Adapun kuat tekan yang diharapkan pada penelitian ini sebesar 40 MPa. Keatas jika melihat acuan dari penelitian ini yaitu penelitian ridwan pada tahun 2018 yang mampu menghasilkan kuat tekan sebesar 39,049 MPa, maka nilai kuat tekan pada penelitian belum mencapai target. Hal tersebut terjadi akibat terjadi perbedaan pada proses perawatan benda uji, dimana pada penelitian ini dilakukan perawatan benda uji dengan cara didiamkan pada suhu ruang sedangkan penelitiann ridwan perawatan benda uji dilakukan dengan cara direndam pada bak air. Jika melihat perbedaan tersebut dapat disimpulkan bahwa nilai kuat tekan pada beton geopolimer dipengaruhi oleh suhu. Jika kita melihat pada penelitian lain yaitu penelitian yang pernah dilakukan oleh manuahe pada tahun 2014, dimana manuahe mendapat nilai kuat tekan sebesar 27,462 MPa dengan melakukan perawatan benda uji dengan cara dioven dengan suhu 60°C dan melihat pada penelitian yang dilakukan oleh utomo pada tahun 2017, dimana utomo mendapat nilai kuat tekan sebesar 4,205 MPa dengan melakukan perawatan benda uji dengan cara dioven dengan cara didiamkan pada suhu ruang. Dari penjelasan tersebut dapat disimpulkan bahwa ada pengaruh suhu pada beton geopolimer.

5.8 Pengujian Modulus Elastisitas

Pengujian modulus elastisitas dilaksanakan bersama dengan pengujian kuat tekan, dimana pada pengujian ini akan terlihat kemampuan beton meregang ketika beton tersebut diberi beban. Benda uji yang digunakan pada pengujian ini berupa beton silinder sebanyak 25 buah yang dilakukan pada saat umur beton mencapai 28 hari. Dalam penelitian ini modulus elastisitas tidak dapat ditampilkan karena nilai kuat tekan yang terlalu kecil.

5.9 Hubungan Antara Nilai Slump Dengan Nilai Kuat Tekan

Pengujian slump dilakukan sebelum campuran beton segar dimasukkan kedalam cetakan. Pengujian slump memiliki tujuan untuk melihat tingkat kemudahan pengerjaan suatu campuran beton segar. Hubungan antara nilai slump dengan nilai kuat tekan dapat dilihat pada Tabel 5.14 sebagai berikut ini.

Tabel 5.14 Hubungan Nilai Slump dan Kuat Tekan

Kode Benda Uji	Slump (cm)	Kuat Tekan (MPa)
BG0	0	4,798
BG5	0	4,349
BG10	22	1,558
BG15	19	0,547
BG20	18	0,273

Sumber : Hasil Penelitian

Dari Tabel 5.14 di atas dapat dilihat bahwa beton geopolimer dengan kode benda uji BG0 dan BG5 memiliki nilai slump sebesar 0 cm dan menghasilkan nilai kuat tekan beton masing – masing 4,798 MPa dan 4,349 MPa. Sedangkan untuk beton geopolimer dengan benda uji BG10, BG15, dan BG20 memiliki nilai slump masing – masing 22 cm, 19 cm, dan 18 cm dengan kuat tekan beton berturut – turut sebesar 1,558 MPa, 0,547 MPa, dan 0,273 MPa.

Jika melihat perbedaan yang sangat signifikan pada nilai kuat tekan beton yang terdapat pada tabel di atas, dapat disimpulkan bahwa penambahan air pada beton geopolimer akan memudahkan dalam hal pengerjaan, namun hal tersebut mengakibatkan penurunan nilai kuat tekan yang signifikan.

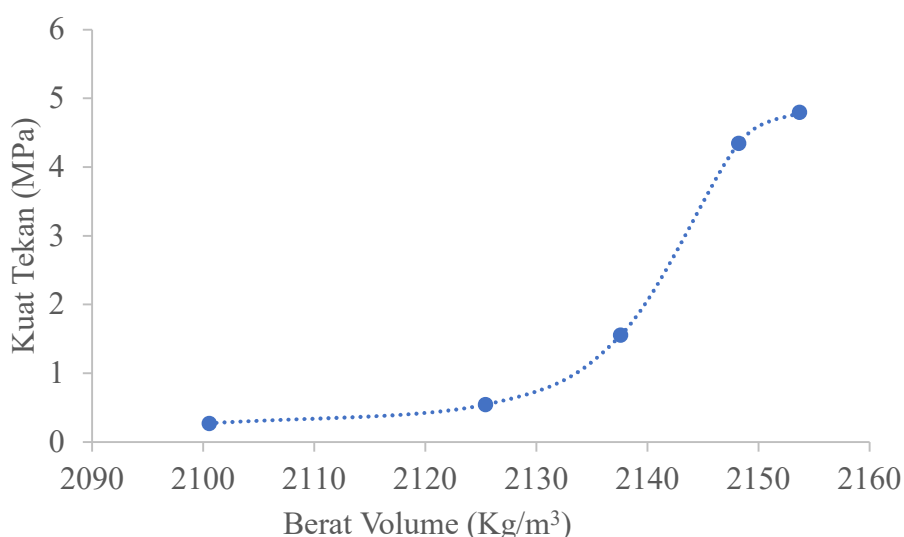
5.10 Hubungan Antara Nilai Berat Volume Beton Dengan Nilai Kuat Tekan

Hubungan antara nilai berat volume beton dan nilai kuat tekan dapat dilihat pada Tabel 5.15, Gambar 5.6 sebagai berikut ini.

Tabel 5.15 Hubungan Berat Volume Beton dan Kuat Tekan

Kode Benda Uji	Berat Volume (Kg/m ³)	Kuat Tekan (MPa)
BG0	2153,685	4,798
BG5	2148,217	4,349
BG10	2137,598	1,558
BG15	2125,421	0,547
BG20	2100,550	0,273

Sumber : Hasil Penelitian



Gambar 5.6 Grafik Hubungan Nilai Berat Volume Dengan Nilai Kuat Tekan

Sumber : Hasil Penelitian

Pada Tabel 5.15 dan Gambar 5.6 di atas dapat dilihat bahwa semakin banyak persentase penambahan abu sekam padi mengakibatkan menurunnya nilai berat volume beton dan semakin menurun nilai berat volume beton mengakibatkan nilai kuat tekan menurun. Jika melihat klasifikasi berat volume beton pada tabel 3.5 maka beton yang diteliti termasuk kedalam beton normal, namun jika melihat dari nilai kuat tekan yang terdapat pada tabel maka beton tersebut termasuk kedalam beton ringan dikarenakan nilai kuat tekan yang kurang dari 10 MPa. Hal tersebut

terjadi akibat ikatan polimer yang tidak sempurna yang terjadi pada beton geopolimer.

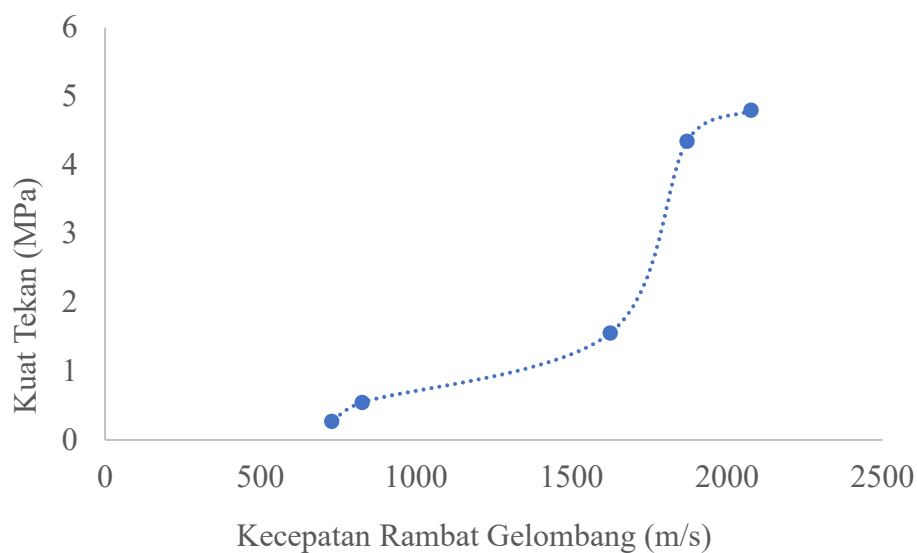
5.11 Hubungan Antara Nilai Kecepatan Rambat Gelombang Dengan Nilai Kuat Tekan

Hubungan nilai kecepatan rambat gelombang dengan nilai kuat tekan dapat dilihat pada Tabel 5.16, Gambar 5.7 sebagai berikut.

Tabel 5.16 Hubungan Kecepatan Rambat Gelombang dan Kuat Tekan

Kode Benda Uji	Kecepatan rambat gelombang (m/s)	Kuat Tekan (MPa)
BG0	2077,6	4,798
BG5	1871,8	4,349
BG10	1624,4	1,558
BG15	826,4	0,547
BG20	729,2	0,273

Sumber : Hasil Penelitian



Gambar 5.7 Grafik Hubungan Nilai Kecepatan Rambat Gelombang Dengan Nilai Kuat

Sumber : Hasil Penelitian

Pada Tabel 5.16, Gambar 5.7 diatas dapat dilihat bahwa semakin banyak penambahan abu sekam padi mengakibatkan penurunan nilai kecepatan rambat

gelombang, dan semakin menurun nilai kecepatan rambat gelombang mengakibatkan nilai kuat tekan yang menurun.

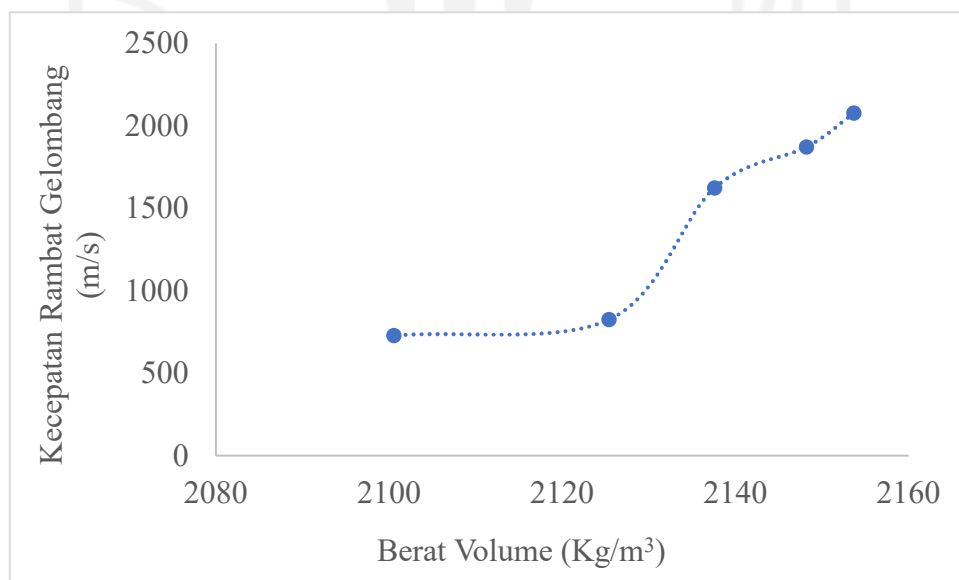
5.12 Hubungan Antara Nilai Kecepatan Rambat Gelombang dan Berat Volume Beton

Hubungan nilai kecepatan rambat gelombang dengan nilai berat volume beton dapat dilihat pada Tabel 5.17, Gambar 5.8 sebagai berikut.

Tabel 5.17 Hubungan Kecepatan Rambat Gelombang dan Berat Volume Beton

Kode Benda Uji	Kecepatan rambat gelombang (m/s)	Berat Volume (Kg/m ³)
BG0	2077,6	2153,685
BG5	1871,8	2148,217
BG10	1624,4	2137,598
BG15	826,4	2125,421
BG20	729,2	2100,550

Sumber : Hasil Penelitian



Gambar 5.8 Grafik Hubungan Nilai Kecepatan Rambat Gelombang Dengan Nilai Berat Volume Beton

Sumber : Hasil Penelitian

Pada Tabel 5.17, Gambar 5.8 diatas dapat dilihat bahwa semakin banyak penambahan abu sekam padi mengakibatkan penurunan nilai kecepatan rambat gelombang, dan semakin menurun nilai kecepatan rambat gelombang mengakibatkan nilai berat volume beton yang menurun, hal tersebut menandakan bahwa semakin menurun nilai berat volume beton membuat beton tidak padat. .



BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan, analisis, dan hasil penelitian yang terdapat pada bab sebelumnya, dapat diambil beberapa kesimpulan terkait dengan penelitian ini. Adapun kesimpulan yang dapat diambil dapat dilihat sebagai berikut.

1. Nilai kuat tekan beton geopolimer tertinggi terdapat pada beton geopolimer tanpa penambahan abu sekam padi atau BG0 sebesar 4,798 MPa, dan nilai kuat tekan beton geopolimer terendah terdapat pada beton geopolimer dengan penambahan 20% abu sekam padi terhadap berat prekursor sebesar 0,273 MPa.
2. Melihat nilai kuat tekan, beton geopolimer tanpa penambahan abu sekam atau beton geopolimer dengan penambahan variasi 0% abu sekam padi terhadap prekursor merupakan variasi optimum.
3. Nilai modulus elastisitas tidak dapat ditampilkan akibat nilai kuat tekan yang terlalu kecil.
4. Nilai berat volume beton geopolimer tertinggi terdapat pada beton geopolimer tanpa penambahan abu sekam padi atau BG0 sebesar 2153,685 kg/m³, dan nilai kuat tekan beton geopolimer terendah terdapat pada beton geopolimer dengan penambahan 20% abu sekam padi terhadap berat prekursor sebesar 2100,550 kg/m³.
5. Nilai kecepatan rambat gelombang beton geopolimer tertinggi terdapat pada beton geopolimer tanpa penambahan abu sekam padi atau BG0 sebesar 2077,6 m/s, dan kecepatan rambat gelombang geopolimer terendah terdapat pada beton geopolimer dengan penambahan 20% abu sekam padi terhadap berat prekursor sebesar 729,2 m/s.
6. Penggunaan *superplasticizer* berupa *Viscocrete 1003* dengan tujuan agar memberikan kemudahan pada pengerjaan tidak memberikan pengaruh karena campuran adukan beton segar tetap kental.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan proses penelitian yang sudah dilakukan, terdapat beberapa saran untuk penelitian selanjutnya, dimana saran yang sudah disebutkan dapat menjadi referensi untuk penelitian selanjutnya agar mendapatkan hasil yang lebih baik. Adapun untuk saran penelitian selanjutnya dapat dilihat sebagai berikut.

1. Penelitian selanjutnya dapat menggunakan *bottom ash* (Abu padat) sebagai bahan pengganti semen agar bisa menjadi pembanding terhadap beton geopolimer dengan bahan pengganti semen *fly ash* (abu terbang).
2. Penelitian selanjutnya dapat menggunakan *fly ash* (abu terbang) kelas C agar bisa menjadi pembanding terhadap beton geopolimer dengan bahan pengganti semen *fly ash* (abu terbang) kelas F.
3. Penelitian terkait dengan teknik perawatan benda uji dengan cara dioven atau dijemur dibawah sinar matahari Perlu dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhyaksa, *Mengenal Apa Itu Konstruksi Beton, Keunggulan dan Juga Cara Pencampurannya*, Tersedia di <https://www.adhyaksapersada.co.id/konstruksi-beton/>, Diakses 24 April 2022
- Adisty, D., 2008. Sintesis Geopolimer Berbahan Baku Abu Terbang ASTM Kelas C. Universitas Indonesia. Depok.
- ASTM C 469-02. *Standard Test Method for Static Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression*. United States.
- Badan Standarisasi Nasional. 2000. *SNI-2834-2000: Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. BSN. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2012. *SNI ASTM C597: Tata Cara Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton di Laboratorium*. BSN. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. *SNI-2847-2013: Metode Uji Kecepatan Rambat Gelombang Melalui Beton*. BSN. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2014. *SNI-2460-2014: Spesifikasi Abu Terbang batubara dan Pozzolan alam Mentah atau Yang Telah dikalsinasi Untuk Digunakan Dalam Beton*. BSN. Jakarta.
- Dapas, S.O., Melinda, S., Sumajouw, M.D.J., 2020. Studi Eksperimental Pengujian Kuat Tekan Beton Menggunakan Kapur Dan Batu Apung Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Semen. *Jurnal Sipil Statik Vol.8 No.5*. Universitas Sam Ratulangi. Manado.
- Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan. 1971. *Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971*. Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan. Jakarta.

- Fahmi, H., Nurfalah, A.L., 2016. Analisa Daya Serap Silika Gel Berbahan Dasar Abu Sekam Padi. *Jurnal Ipteks Terapan Research Of Applied Science and Education V10.i3 (176-182)*. Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Padang. Padang.
- Latief, A., 2010. *Kuat Tarik Langsung, Kuat Tarik Lentur, Susut Dan Precious Slag Ball Dengan Persentase 30%; 30%; 40%*. Universitas Indonesia. Depok.
- Lauw, L.T., *Gradasi : Agregat Halus*, Tersedia di <https://lauwtjunnji.weebly.com/gradasi--agregat-halus.html>, Diakses 12 Agustus 2021.
- Manuahe, R., Sumajouw, M.D.J., Windah R.S., 2014. Kuat Tekan Beton Geopolymer Berbahan Dasar Abu Terbang (*Fly Ash*). *Jurnal Sipil Statik Vol.2 No.6*. Universitas Sam Ratulangi. Manado.
- Prasetya, D.A., 2018. *Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi dan Viscocrete 1003 Terhadap Karakteristik Beton Normal*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Ridwan, M., 2018. *Karakteristik Beton Geopolimer Menggunakan Limbah Fly Ash PLTU Tanjung Jati B Jepara*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Utomo, T., 2017. *Analisa Kuat Tekan Beton Geopolimer Dengan Bahan Alternatif Abu Sekam Padi dan Kapur Padam*. Universitas Muhammadiyah Purworejo. Purworejo.



LAMPIRAN

Lampiran 1 Surat-Surat

Surat L-1.1 Surat Izin Pemakaian Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik

Nomor : 120/Ka. Prodi/20/PSTS/XII/2021
Hal : Permohonan Izin Pemakaian Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik

Kepada Yth
Ketua Tim Satgas Covid 19
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia
di Yogyakarta

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : **MUHAMMAD TAUFIK BIMA PERDANA**
NIM : **17511076**
Program Studi : **Teknik Sipil**
Dosen Pembimbing TA : **Prof. Ir. Sarwidi, MSCE., Ph.D., IP-U**
Judul Tugas Akhir : **Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi dan Viscocrete 1003 Pada Karakteristik Beton Geopolimer**

Sehubungan dengan penelitian yang saya lakukan pada mata kuliah Tugas Akhir, maka bersama ini mengajukan ijin untuk memasuki lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta guna mendukung penyelesaian penyusunan Tugas Akhir.

Demikian surat permohonan ini kami sampaikan, atas perkenan dan bantuannya saya haturkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Menyetujui
Dosen Pembimbing Tugas Akhir

Prof. Ir. Sarwidi, MSCE., Ph.D., IP-U

Yogyakarta, 09 November 2021
Pemohon


Muhammad Taufik Bima Perdana
NIM: 17511076

Mengetahui
Kepala Program Studi Teknik Sipil

Dr. Ir. Sri Anni Yuni Astuti, M.T.

Lampiran:

1. Surat Permohonan Izin Pemakaian Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik

Surat L-1.2 Surat Izin Tim Satgas Covid 19

Nomor : 120/Ka. Prodi/20/PSTS/XII/2021
Hal : Permohonan Izin Pemakaian Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik

Kepada Yth
Ketua Tim Satgas Covid 19
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia
di Yogyakarta

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama	: MUHAMMAD TAUFIK BIMA PERDANA
NIM	: 17511076
Program Studi	: Teknik Sipil
Dosen Pembimbing TA	: Prof. Ir. Sarwidi, MSCE., Ph.D., IP-U
Judul Tugas Akhir	: Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi dan Viscocrete 1003 Pada Karakteristik Beton Geopolimer

Sehubungan dengan penelitian yang saya lakukan pada mata kuliah Tugas Akhir, maka bersama ini mengajukan ijin untuk memasuki lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta guna mendukung penyelesaian penyusunan Tugas Akhir.

Demikian surat permohonan ini kami sampaikan, atas perkenan dan bantuannya saya haturkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 09 November 2021
Pemohon

Menyetujui
Dosen Pembimbing Tugas Akhir

Prof. Ir. Sarwidi, MSCE., Ph.D., IP-U



Muhammad Taufik Bima Perdana
NIM: 17511076

Mengetahui
Kepala Program Studi Teknik Sipil



Dr. Ir. Sri Anindiyanti, M.T.

Lampiran:

1. Surat Permohonan Izin Pemakaian Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik

Surat L-1.3 Surat Bebas Tanggungan Laboratorium


LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Terusan KH. M. Achmad Dahlan No. 1, Cijerah, Yogyakarta 55181

SURAT KETERANGAN BEBAS TANGGUNGAN LABORATORIUM

Nomor : 18/Ka.Lab/60/LBK1/III/2022

Bismillahirrahmanirrahim

Yang bertandatangan dibawah ini :

Nama : Novi Rahmayanti, ST, M.Eng
 NIK : 155111306
 Jabatan Struktural : Kepala Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik ITS FTSP UII

Dengan ini menerangkan bahwa :

Nama : MUHAMMAD TAUFIK BIMA PERDANA
 NIM : 17511076
 Program Studi : Teknik Sipil
 Dosen Pembimbing TA : Prof. Ir. Sarwidi, MSCE, Ph.D, IP-U
 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 PENAMBAHAN ABU SEKAM PADI DAN VISCOCRETE 1003 PADA KARAKTERISTIK BETON GEOPOLIMER**" serta sudah menyelesaikan semua administrasinya.

Demikian surat keterangan ini dibuat semoga bisa digunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 17 Maret 2022
 Kepala Laboratorium BKT,


 Novi Rahmayanti, ST, M.Eng

^{*)} Nota/Kwitansi terlampir

Lampiran 2 Gambar Alat**Gambar L-1.1 Piknometer****Gambar L-2.2 Saringan**



Gambar L-2.3 Mesin Saringan



Gambar L-2.4 Timbangan



Gambar L-2.5 Oven



Gambar L-2.6 Cetakan Benda Uji



Gambar L-2.7 Mesin Pengaduk





Gambar L-2.8 Alat Uji Slump



Gambar L-2.9 Cetakan *Capping*



Gambar L-2.10 *Compressing Testing Machine (CTM)*



Gambar L-2.11 *Universal Testing Machine (UTM)*



Gambar L-2.12 PUNDIT



Gambar L-2.13 Troli Barang

Lampiran 3 Gambar Bahan yang Digunakan



Gambar L-3.1 Abu Sekam Padi Lolos Saringan No.200



Gambar L-3.2 Abu terbang Kelas F



Gambar L-3.3 Sika Viscocrete 1003



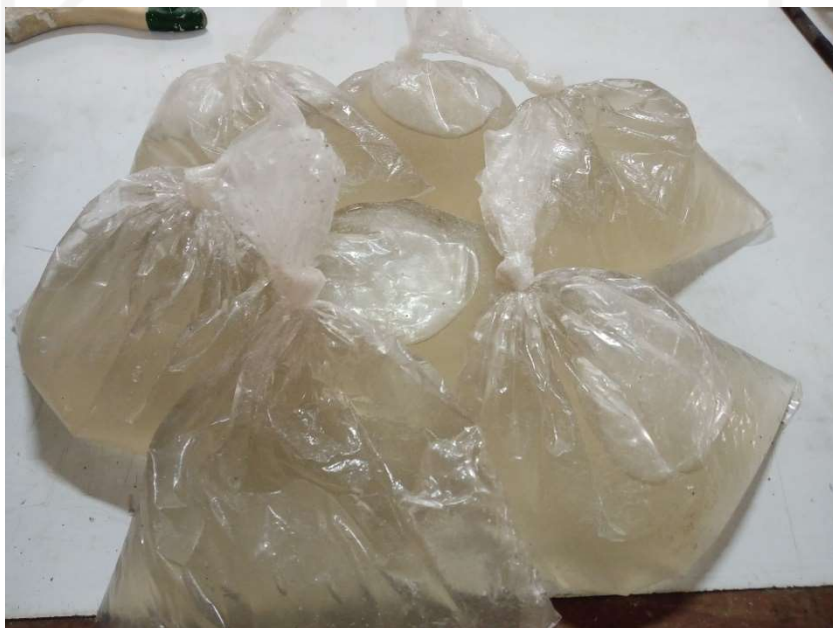
Gambar L-3.4 Agregat Kasar (Kulon Progo)



Gambar L-3.5 Agregat Halus (Kulon Progo)



Gambar L-3.6 NaOH



Gambar L-3.7 Na₂SiO₃

Lampiran 4 Data Hasil Pemeriksaan Agregat



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

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

Pengirim	MUHAMMAD TAUFIK BIMA PERDANA
Asal Agregat	Kulon Progo
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat pasir kering mutlak, gram (Bk)	480	482	481
Berat pasir kondisi jenuh kering muka (SSD), gram	500	500	500
Berat piknometer berisi pasir dan air, gram (Bt)	983	1172	1077
Berat piknometer berisi air, gram (B)	672	861	766,50
Berat jenis curah,(1) $Bk / (B + 500 - Bt)$	2,54	2,55	2,54
Berat jenis jenuh kering muka,(2) $500 / (B + 500 - Bt)$	2,65	2,65	2,65
Berat jenis semu,(3) $Bk / (B + Bk - Bt)$	2,84	2,82	2,83
Penyerapan air,(4) $(500 - Bk) / Bk \times 100\%, \%$	4,17	3,73	3,95

Keterangan :

500 : berat benda uji dalam kondisi jenuh kering permukaan, gram

Kesimpulan	Nilai berat jenis jenuh kering muka memenuhi persyaratan berada diantara 2,5-2,7
------------	--



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

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

Pengirim	MUHAMMAD TAUFIK BIMA PERDANA
Asal Agregat	Kulon Progo
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat agregat kasar kering mutlak, gram (Bk)	4899	4917	4908
Berat agregat kasar kondisi jenuh kering permukaan (SSD), gram (Bj)	5000	5000	5000
Berat agregat kasar dalam air, gram (Ba)	3087	3109	3098
Berat jenis curah, $Bk / (Bj - Ba)$	2,56	2,60	2,58
Berat jenis jenuh kering muka, $Bj / (Bj - Ba)$	2,61	2,64	2,63
Berat jenis semu, $Bk / (Bk - Ba)$	2,70	2,72	2,71
Penyerapan air, $(Bj - Bk) / Bk \times 100\%$, %	2,06	1,69	1,87

Keterangan :

5000 : berat benda uji dalam kondisi jenuh kering permukaan, gram

Kesimpulan	Nilai berat jenis jenuh kering muka memenuhi persyaratan berada diantara 2,5-2,7
------------	--



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

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

Pengirim	MUHAMMAD TAUFIK BIMA PERDANA
Asal Agregat	Kulon Progo
Keperluan	Tugas Akhir

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40	0	0	0	100
20	0	0	0	100
10	3009	60,18	60,18	39,82
4,8	1904	38,08	98,26	1,74
2,4	23	0,46	98,72	1,28
1,2	11	0,22	98,94	1,06
0,6	0	0	98,94	1,06
0,3	0	0	98,94	1,06
0,15	0	0	98,94	1,06
Pan	53	1,06	100	0
Jumlah	5000	100	652,92	

$$\text{Modulus Halus Butir} = \frac{652,92}{100} = 6,53$$

GRADASI KERIKIL

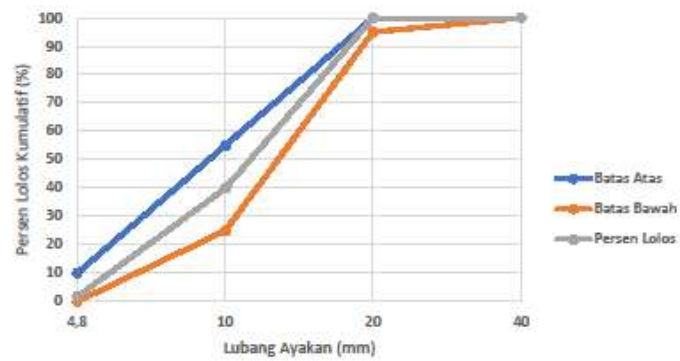
Ukuran Saringan	Persen Butir Agregat Lolos Saringan / Besar Butiran Maksimum :		
	10 mm	20 mm	40 mm
76,0			100 – 100
38,0		100 – 100	95 – 100
19,0	100 – 100	95 – 100	35 – 70
9,6	50 – 85	30 – 60	10 – 40
4,8	0 – 10	0 – 10	0 – 5

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

Hasil Analisa Saringan:

- Ukuran Maksimum Kenkil : (20 mm)

GAMBAR ANALISIS SARINGAN AGREGAT KASAR





**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

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

Pengirim	MUHAMMAD TAUFIK BIMA PERDANA
Asal Agregat	Kulon Progo
Keperluan	Tugas Akhir

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
9,60	0	0	0	100
4,8	283	14,19	14,19	86
2,4	154	7,72	21,90	78
1,2	257	12,88	34,79	65
0,6	708	35,49	70,28	30
0,3	389	19,50	89,77	10
0,15	177	8,87	98,65	1
Pan	27	1,35	100	0
Jumlah	1995	100	329,57	

$$\text{Modulus Halus Butir} = \frac{329,57}{100} = 3,30$$

GRADASI PASIR

Lubang Ayakan (mm)	Persen Butir Agregat yang Lolos Ayakan			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah VI
10,00	100	100	100	100
4,80	90 - 100	90 - 100	90 - 100	95 - 100
2,40	60 - 95	75 - 100	85 - 100	95 - 100
1,20	30 - 70	55 - 90	75 - 100	90 - 100
0,60	15 - 34	35 - 59	60 - 79	80 - 100
0,30	5 - 20	8 - 30	12 - 40	15 - 50
0,15	0 - 10	0 - 10	0 - 10	0 - 15

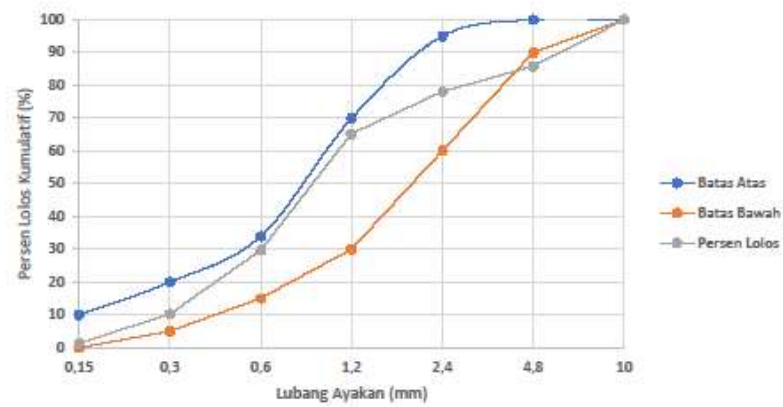
Keterangan: Daerah I : Pasir Kasar Daerah III : Pasir Agak Halus
Daerah II : Pasir Agak Kasar Daerah IV : Pasir Halus

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

Hasil Analisa Saringan:

- Pasir Masuk Daerah : (Daerah I)
- Jenis Pasir : Pasir Kasar

GAMBAR ANALISIS SARINGAN AGREGAT HALUS





**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

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

Pengirim	MUHAMMAD TAUFIK BIMA PERDANA
Asal Agregat	Kulon Progo
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian	Hasil Penelitian	
	Sampel 1	Sampel 2
Berat silinder (W1), gram	5530	10972
Berat silinder + agregat kering permukaan (SSD) (W2), gram	12445	18028
Berat agregat (W3), gram	6915	7056
Volume Silinder (V), cm ³	5257,62	5259,96
Berat isi gembur = $W3/V$, gram/cm ³	1,32	1,34
Berat isi gembur rata – rata, gram/cm ³	1,33	



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

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

Pengirim	MUHAMMAD TAUFIK BIMA PERDANA
Asal Agregat	Kulon Progo
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian	Hasil Penelitian	
	Sampel 1	Sampel 2
Berat silinder (W1), gram	5530	10972
Berat silinder + agregat kering permukaan (SSD) (W2), gram	13894	19363
Berat agregat (W3), gram	8364	8391
Volume Silinder (V), cm ³	5257,62	5259,96
Berat isi gembur = $W3/V$, gram/cm ³	1,59	1,60
Berat isi gembur rata – rata, gram/cm ³	1,59	



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

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

Pengirim	MUHAMMAD TAUFIK BIIMA PERDANA
Asal Agregat	Kulon Progo
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian	Hasil Penelitian	
	Sampel 1	Sampel 2
Berat silinder (W1), gram	5530	10972
Berat silinder + agregat kering permukaan (SSD) (W2), gram	13035	18703
Berat agregat (W3), gram	7505	7731
Volume Silinder (V), cm ³	5257,62	5259,96
Berat isi gembur = $W3/V$, gram/cm ³	1,43	1,47
Berat isi gembur rata – rata, gram/cm ³	1,45	



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

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

Pengirim	MUHAMMAD TAUFIK BIMA PERDANA
Asal Agregat	Kulon Progo
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian	Hasil Penelitian	
	Sampel 1	Sampel 2
Berat silinder (W1), gram	5530	10972
Berat silinder + agregat kering permukaan (SSD) (W2), gram	12304	17960
Berat agregat (W3), gram	6774	6988
Volume Silinder (V), cm ³	5257,62	5259,96
Berat isi gembur = $W3/V$, gram/cm ³	1,29	1,33
Berat isi gembur rata – rata, gram/cm ³	1,31	



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

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

Pengirim	MUHAMMAD TAUFIK BIMA PERDANA
Asal Agregat	Kulon Progo
Keperluan	Tugas Akhir

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

Uraian	Hasil Penelitian	
	Sampel 1	Sampel 2
Berat agregat halus kering mutlak (W1), gram	500	500
Berat Agregat halus setelah dicuci dan dioven (W2), gram	478	476
Berat lumpur (W3) = (W1-W2), gram	22	24
Kadar lumpur = (W3/W1) x 100%, %	4,4	4,8
Kadar lumpur rata-rata, %	4,6	

Menurut Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia 1982 (PUBI-1982), berat bagian yang lolos ayakan no. 200 (0,075 mm):

- a. untuk pasir maksimum 5% (lima persen)
- b. untuk kerikil maksimum 1% (satu persen)

Lampiran 5 Data Hasil Pengujian Kecepatan Rambat Gelombang



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jl. Kalirejo KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

PENGUJIAN KECEPATAN RAMBAT GELOMBANG BETON

Pengirim : MUHAMMAD TAUFIK BIMA PERDANA
NIM : 17511076
Asal Instansi : Universitas Islam Indonesia
Keperluan : Tugas Akhir SI

Benda Uji	Panjang (L) m	Waktu tempuh (T) s	Kecepatan Rambat Gelombang m/s
DG0	1	0,305	99,2
	2	0,308	122,2
	3	0,306	204
	4	0,305	251
	5	0,302	153,1
DG5	1	0,306	243
	2	0,304	171,4
	3	0,304	133,1
	4	0,306	124,1
	5	0,303	192,1
DG10	1	0,307	166,9
	2	0,301	166,1
	3	0,306	170,6
	4	0,306	182,4
	5	0,303	303
DG15	1	0,304	329
	2	0,302	393
	3	0,303	321
	4	0,300	1,22
	5	0,303	243
DG20	1	0,303	598
	2	0,303	393
	3	0,301	392
	4	0,300	371
	5	0,301	380

Yogyakarta, 14 Februari 2022

Diperiksa Oleh,

Darussalam, A.Md.

Kepala Laboratorium BKJ,



Novi Rahmasyati, S.T., M.Eng

Lampiran 6 Data Hasil Pengujian Berat Volume Beton



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jl. Kalimeng KM. 14,4 Telp. (0274) 893042, 893707 Fax. 895330 Yogyakarta

HASIL PENGUJIAN BERAT ISI SILINDER BETON

Pengirim : MUHAMMAD TAUFIK BIMA PERDANA
 Kaperluan : Tugas Akhir S1

NIM : 17511076
 Asal Instansi : Universitas Islam Indonesia

No.	Tanggal Pembuatan Benda Uji	Umur Benda Uji (hari)	Dimensi Benda Uji		Luas Penampang (mm ²)	Berat Benda Uji (kg)	Volume Benda Uji (m ³)	Berat Isi (kg/m ³)	Keterangan/ Kode Benda Uji
			Diameter (mm)	Tinggi (mm)					
1	27 Desember 2021	28	147,43	305,15	17062,45	11,71	0,00521	2249,07	Variasi 0% / B00.1
2	27 Desember 2021	28	151,60	308,10	18041,31	12,15	0,00556	2184,93	Variasi 0% / B00.2
3	27 Desember 2021	28	150,3	305,70	17733,22	11,34	0,00542	2091,85	Variasi 0% / B00.3
4	27 Desember 2021	28	151,25	305,25	17958,10	11,48	0,00548	2093,32	Variasi 0% / B00.4
5	27 Desember 2021	28	149,60	302,10	17568,43	11,41	0,00531	2149,25	Variasi 0% / B00.5



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jl. Kalirejo KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

HASIL PENGUJIAN BERAT ISI SILINDER BETON

Pengirim : MUHAMMAD TAUFIK BIMA FERDANA
Keperluan : Tugas Akhir S1

NIM : 17511076
Asal Instansi : Universitas Islam Indonesia

No.	Tanggal Pembuatan Benda Uji	Umur Benda Uji (hari)	Dimensi Benda Uji		Luas Penampang (mm ²)	Berat Benda Uji (kg)	Volume Benda Uji (m ³)	Berat Isi (kg/m ³)	Keterangan/ Kode Benda Uji
			Diameter (mm)	Tinggi (mm)					
1	27 Desember 2021	28	148,25	305,65	17252,78	11,80	0,00527	2236,92	Variasi 5% / BGS.1
2	27 Desember 2021	28	149,48	304,30	17340,96	11,50	0,00534	2154,67	Variasi 5% / BGS.2
3	27 Desember 2021	28	152,05	303,60	18148,57	11,61	0,00551	2107,30	Variasi 5% / BGS.3
4	27 Desember 2021	28	151,38	305,60	17989,70	11,95	0,00550	2174,38	Variasi 5% / BGS.4
5	27 Desember 2021	28	150,13	303,30	17693,84	11,10	0,00537	2067,81	Variasi 5% / BGS.5



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

HASIL PENGUJIAN BERAT ISI SILINDER BETON

Pengirim : MUHAMMAD TAUFIK BIMA PERDANA
Keperluan : Tugas Akhir S1

NIM : 17511076
Asal Instansi : Universitas Islam Indonesia

No.	Tanggal Pembuatan Benda Uji	Usur Benda Uji (hari)	Dimensi Benda Uji		Luas Penampang (mm ²)	Berat Benda Uji (kg)	Volume Benda Uji (m ³)	Berat Isi (kg/m ³)	Keterangan/ Kode Benda Uji
			Diameter (mm)	Tinggi (mm)					
1	5 Januari 2022	28	149,93	306,65	17646,73	11,75	0,00541	2170,62	Variasi 10% / BG10.1
2	5 Januari 2022	28	151,40	300,80	17993,74	11,71	0,00541	2162,58	Variasi 10% / BG10.2
3	5 Januari 2022	28	150,93	306,50	17886,93	11,61	0,00548	2117,52	Variasi 10% / BG10.3
4	5 Januari 2022	28	150,92	305,70	17878,88	11,64	0,00547	2129,15	Variasi 10% / BG10.4
5	5 Januari 2022	28	150,58	303,40	17800,06	11,39	0,00540	2108,12	Variasi 10% / BG10.5



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jl. Kalirejo KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

HASIL PENGUJIAN BERAT ISI SILINDER BETON

Pengirim : MUHAMMAD TAUFIK BIMA PERDANA
Keperluan : Tugas Akhir S1

NIM : 17511076
Asal Instansi : Universitas Islam Indonesia

No.	Tanggal Pembuatan Benda Uji	Usur Benda Uji (hari)	Dimensi Benda Uji		Luas Penampang (mm ²)	Berat Benda Uji (kg)	Volume Benda Uji (m ³)	Berat Isi (kg/ m ³)	Keterangan/ Kode Benda Uji
			Diameter (mm)	Tinggi (mm)					
1	29 Desember 2021	28	150,00	303,70	17662,50	11,33	0,00536	2111,63	Variasi 15% / BG15.1
2	29 Desember 2021	28	149,70	302,00	17591,92	11,22	0,00531	2112,46	Variasi 15% / BG15.2
3	29 Desember 2021	28	149,20	303,10	17474,60	11,49	0,00530	2169,34	Variasi 15% / BG15.3
4	29 Desember 2021	28	150,80	300,30	17851,40	11,32	0,00536	2111,63	Variasi 15% / BG15.4
5	29 Desember 2021	28	150,70	303,40	17827,73	11,48	0,00541	2122,04	Variasi 15% / BG15.5



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax: 895330 Yogyakarta

HASIL PENGUJIAN BERAT ISI SILINDER BETON

Pengirim : MUTIAMMAD TALFIK BIMA PERDANA
Keperluan : Tugas Akhir SI

NIM : 17511076
Asal Instansi : Universitas Islam Indonesia

No.	Tanggal Pembuatan Benda Uji	Umur Benda Uji (hari)	Dimensi Benda Uji		Luas Penampang (mm ²)	Berat Benda Uji (kg)	Volume Benda Uji (m ³)	Berat Isi (kg/ m ³)	Keterangan/ Kode Benda Uji
			Diameter (mm)	Tinggi (mm)					
1	5 Januari 2022	28	151,10	303,10	17922,50	11,34	0,00543	2087,33	Variasi 20% / BG20.1
2	5 Januari 2022	28	151,15	303,25	17934,36	11,35	0,00544	2087,49	Variasi 20% / BG20.2
3	5 Januari 2022	28	150,30	301,30	17733,22	11,24	0,00534	2104,05	Variasi 20% / BG20.3
4	5 Januari 2022	28	150,00	303,90	17662,50	11,35	0,00531	2135,61	Variasi 20% / BG20.4
5	5 Januari 2022	28	151,60	301,10	18041,31	11,34	0,00543	2088,27	Variasi 20% / BG20.5

Diperiksa Oleh,

Darussalam, A. Md.

Yogyakarta, 14 Februari 2022

Kepala Laboratorium BKT,



Nevi Rahmayanti, S.T., M.Eng.

الجامعة الإسلامية

Lampiran 7 Data Hasil Pengujian Kuat Tekan



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jl. Kalinung KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

HASIL PENGUJIAN KUAT DESAK SILINDER BETON

Pengirim : MUHAMMAD TAUFIK BIMA PERDANA
 Kaperluan : Tugas Akhir S1

NIM : 17511076
 Asal Instansi : Universitas Islam Indonesia

No.	Tanggal Pembuatan Benda Uji	Umur Benda Uji (hari)	Dimensi Benda Uji		Luas Penampang (mm ²)	Berat Benda Uji (kg)	Beban Maksimum (kN)	Kuat Desak Umur 28 Hari (MPa)	Keterangan/ Kode Benda Uji
			Diameter (mm)	Tinggi (mm)					
1	27 Desember 2021	28	147,43	305,15	17062,45	11,71	107	6,27	Variasi 0% / BG0.1
2	27 Desember 2021	28	151,60	308,10	18041,31	12,15	120	6,65	Variasi 0% / BG0.2
3	27 Desember 2021	28	150,3	305,70	17733,22	11,34	90	5,08	Variasi 0% / BG0.3
4	27 Desember 2021	28	151,25	305,25	17958,10	11,48	32	1,78	Variasi 0% / BG0.4
5	27 Desember 2021	28	149,60	302,10	17568,43	11,41	74	4,21	Variasi 0% / BG0.5



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jl. Kalirejo KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

HASIL PENGUJIAN KUAT DESAK SILINDER BETON

Pengirim : MUHAMMAD TAUFIK BIMA PERDANA
Keperluan : Tugas Akhir S1

NIM : 17511076
Asal Instansi : Universitas Islam Indonesia

No.	Tanggal Pembuatan Benda Uji	Umur Benda Uji (hari)	Dimensi Benda Uji		Luas Penampang (mm ²)	Berat Benda Uji (kg)	Beban Maksimum (kN)	Kuat Desak Umur 28 Hari (MPa)	Keterangan/ Kode Benda Uji
			Diameter (mm)	Tinggi (mm)					
1	27 Desember 2021	28	148,25	305,65	17252,78	11,80	66	3,83	Variasi 5% / BGS.1
2	27 Desember 2021	28	149,48	304,30	17540,96	11,50	80	4,56	Variasi 5% / BGS.2
3	27 Desember 2021	28	152,05	303,60	18148,57	11,61	89	4,90	Variasi 5% / BGS.3
4	27 Desember 2021	28	151,38	305,60	17989,70	11,95	85	4,72	Variasi 5% / BGS.4
5	27 Desember 2021	28	150,13	303,30	17693,84	11,10	66	3,73	Variasi 5% / BGS.5



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jl. Kalirejo KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

HASIL PENGUJIAN KUAT DESAK SILINDER BETON

Pengirim : MUHAMMAD TAUFIK BIMA FERDANA
Keperluan : Tugas Akhir S1

NIM : 17511076
Asal Instansi : Universitas Islam Indonesia

No.	Tanggal Pembuatan Benda Uji	Umur Benda Uji (hari)	Dimensi Benda Uji		Luas Penampang (mm ²)	Berat Benda Uji (kg)	Beban Maksimum (kN)	Kuat Desak Umur 28 Hari (MPa)	Keterangan/ Kode Benda Uji
			Diameter (mm)	Tinggi (mm)					
1	5 Januari 2022	28	149,93	306,65	17646,73	11,75	33	1,87	Variasi 10% / BG10.1
2	5 Januari 2022	28	151,40	300,80	17993,74	11,71	32	1,78	Variasi 10% / BG10.2
3	5 Januari 2022	28	150,93	306,50	17886,93	11,61	32	1,79	Variasi 10% / BG10.3
4	5 Januari 2022	28	150,92	305,70	17878,88	11,64	25	1,40	Variasi 10% / BG10.4
5	5 Januari 2022	28	150,58	303,40	17800,06	11,39	17	0,96	Variasi 10% / BG10.5



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

HASIL PENGUJIAN KUAT DESAK SILINDER BETON

Pengirim : MUHAMMAD TAUFIK BIMA FERDANA
Keperluan : Tugas Akhir S1

NIM : 17511076
Asal Instansi : Universitas Islam Indonesia

No.	Tanggal Pembuatan Benda Uji	Umur Benda Uji (hari)	Dimensi Benda Uji		Luas Penampang (mm ²)	Berat Benda Uji (kg)	Beban Maksimum (kN)	Kuat Desak Umur 28 Hari (MPa)	Keterangan/ Kode Benda Uji
			Diameter (mm)	Tinggi (mm)					
1	29 Desember 2021	28	150,00	303,70	17662,50	11,33	10	0,55	Variasi 15% / BG15.1
2	29 Desember 2021	28	149,70	302,00	17591,92	11,22	8	0,47	Variasi 15% / BG15.2
3	29 Desember 2021	28	149,20	303,10	17474,60	11,49	10	0,56	Variasi 15% / BG15.3
4	29 Desember 2021	28	150,80	300,30	17851,40	11,32	12	0,65	Variasi 15% / BG15.4
5	29 Desember 2021	28	150,70	303,40	17827,73	11,48	9	0,50	Variasi 15% / BG15.5



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jl. Kalitirang KM. 14.4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax: 895350 Yogyakarta

HASIL PENGUJIAN KUAT DESAK SILINDER BETON

Pengirim : MUHAMMAD TAUFIK BIMA PERDANA
Keperluan : Tugas Akhir SI

NIM : 17511076
Asal Instansi : Universitas Islam Indonesia

No.	Tanggal Pembuatan Benda Uji	Umur Benda Uji (hari)	Dimensi Benda Uji		Luas Penampang (mm ²)	Berat Benda Uji (kg)	Beban Maksimum (kN)	Kuat Desak Umur 28 Hari (MPa)	Keterangan/ Kode Benda Uji
			Diameter (mm)	Tinggi (mm)					
1	5 Januari 2022	28	151,10	303,10	17922,50	11,34	3	0,17	Variasi 20% / BG20.1
2	5 Januari 2022	28	151,15	303,25	17954,36	11,35	5	0,27	Variasi 20% / BG20.2
3	5 Januari 2022	28	150,30	301,30	17733,22	11,24	5	0,29	Variasi 20% / BG20.3
4	5 Januari 2022	28	150,00	300,90	17662,50	11,35	6	0,33	Variasi 20% / BG20.4
5	5 Januari 2022	28	151,60	301,10	18041,31	11,34	5	0,30	Variasi 20% / BG20.5

Yogyakarta, 14 Februari 2022

Diperiksa Oleh,

Darussalam, A.Md.

Kepala Laboratorium BKT,



Novri Rahmayanti, S.T., M.Eng.

الجامعة الإسلامية