



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**PROYEK AKHIR TERAPAN - VC180609**

**PROTOTIPE SEMEN GEOPOLIMER BERBASIS FLY ASH  
TIPE C DENGAN VARIASI RASIO AKTIVATOR**

**TOSSAN AJIE CHRISTIANTO**  
NRP. 10111910015021

**DOSEN PEMBIMBING I**  
Prof. Ridho Bayuaji, ST., MT., Ph.D  
NIP. 19730710 199802 1 002

**DOSEN PEMBIMBING II**  
Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.Eng.SC, Ph.D  
NIP. 19630726 198903 1 003

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN - TEKNOLOGI  
REKAYASA PENGELOLAAN DAN PEMELIHARAAN BANGUNAN  
SIPIL - REKONISI PEMBELAJARAN LAMPAU  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2021**





**PROYEK AKHIR TERAPAN - VC180609**

**PROTOTIPE SEMEN GEOPOLIMER BERBASIS FLY ASH  
TIPE C DENGAN VARIASI RASIO AKTIVATOR**

**TOSSAN AJIE CHRISTIANTO  
NRP. 10111910015021**

**DOSEN PEMBIMBING I  
Prof. Ridho Bayuaji, ST., MT., Ph.D  
NIP. 19730710 199802 1 002**

**DOSEN PEMBIMBING II  
Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.Eng.SC, Ph.D  
NIP. 19630726 198903 1 003**

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN - TEKNOLOGI  
REKAYASA PENGELOLAAN DAN PEMELIHARAAN BANGUNAN  
SIPIL - REKOKNISI PEMBELAJARAN LAMPAU  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2021**





## ***APPLIED FINAL PROJECT - VC180609***

### **PROTOTYPE OF CLASS C FLY ASH -BASED GEOPOLIMER CEMENT WITH VARIATION OF ACTIVATOR RASIO**

**TOSSAN AJIE CHRISTIANTO**  
NRP. 10111910015021

**DOSEN PEMBIMBING I**  
Prof. Ridho Bayuaji, ST., MT., Ph.D  
NIP. 19730710 199802 1 002

**DOSEN PEMBIMBING II**  
Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.Eng.SC, Ph.D  
NIP. 19630726 198903 1 003

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN - TEKNOLOGI  
REKAYASA PENGELOLAAN DAN PEMELIHARAAN BANGUNAN  
SIPIL - REKOKNISI PEMBELAJARAN LAMPAU  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2021**



## LEMBAR PENGESAHAN

PROTOTIPE SEMEN GEOPOLIMER BERBASIS FLY ASH  
TIPE C DENGAN VARIASI RASIO AKTIVATOR

### PROYEK AKHIR TERAPAN

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Terapan  
Departemen Teknik Rekayasa Pengelolaan dan Pemeliharaan  
Bangunan Sipil  
Vakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya, 1 Maret 2021

Disusun Oleh:



Tossan Aje Christianto  
NRP. 10111910015021

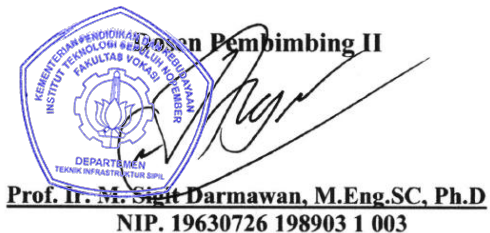
Disetujui oleh Dosen Pembimbing Proyek Akhir:

Dosen Pembimbing I



Prof. Ridho Bayuaji, ST., MT., Ph.D  
NIP. 19730710 199802 1 002

Dosen Pembimbing II



Prof. Ir. M. Saiful Darmawan, M.Eng.SC, Ph.D  
NIP. 19630726 198903 1 003

*(Halaman sengaja dikosongkan)*



## BERITA ACARA



### Berita Acara Sidang Proyek Akhir

Departemen Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas Vokasi ITS  
Semester Gasal 2020-2021

Nomor BA :

Nomor Jadwal :

32

Program Studi : D4 Teknik Sipil (TRPPBS) RPL  
Dinout oleh : Prof. Ridho Bayuaji, ST, MT, Ph.D.  
Bahwa pada hari ini : Rabu, 17 Februari 2021 Pukul : 8.00 s/d 10.00  
Di tempat : Online Meeting

Telah dilaksanakan sidang Tugas Akhir dengan iudul:

PROTOTIPE SEMEN GEOPOLIMER BERBASIS FLY ASH TIPE C DENGAN PERBANDINGAN RASIO AKTIVATOR

Yang dihadiri dan diresentasikan oleh mahasiswa : ( Hadir / Tidak Hadir)  
Hadir

Yang dihadiri oleh dosen Pembimbing: ( Hadir / Tidak Hadir)  
1 Prof. Ridho Bayuaji, ST, MT, Ph.D. Hadir  
2 Prof. Ir. Muhammad Sigit Darmawan, M.EngSc., Ph.D. Hadir

Yang dihadiri oleh dosen Penuii: ( Hadir / Tidak Hadir)  
1 Nur Achmad Husin, ST, MT. Hadir  
2 Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST, MT. Hadir  
3

Bahwasanya, musyawarah pembimbing dan penuii pada sidang provek akhir ini memutuskan:

LULUS, DENGAN REVISI MINOR

Catatan / revisi / masukan :

1. Pak Husin
  - a Metodologi untuk komposisi semen yang dilakukan penelitian ini disempurnakan lebih ringkas dan jelas
  - b Kesimpulan disempurnakan sesuai tujuan dan hasil
  - c
  - d
  - e
  - f

2. Bu Yuyun

Abstrak disempurnakan dengan format: rumusan masalah, metodologi dan kesimpulan (performa di tujuan a penelitian)

b Metodologi: curing di plastik diuraikan

c Dilengkapi standar deviasi

d

e

f

3.

a

b

c

d

e

f

**Tindak lanjut :**

Mahasiswa memperbaiki/merevisi Proyek Akhir sesuai dengan masukan di atas.

**Penutup :**

Demikian Berita Acara Sidang Proyek Akhir ini dibuat sebagai panduan revisi oleh Mahasiswa.

**Lampiran :**

Tempelkan screen capture peserta meeting online disini.



# LEMBAR ASISTENSI



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

FAKULTAS VOKASI  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116  
Telp. 031-5947637 Fax. 031-5947637  
<http://diplomasiipil-its.ac.id>

## ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : Tossan Ajie Christianto  
NRP : 10111910015021  
Judul Tugas Akhir : PROTOTYPE SEMEN GEOPOLIMER BERBASIS FLY ASH TIPE  
DENGAN PERBANDINGAN RASIO AKTIVATOR  
Dosen Pembimbing : 1. Prof. Ridho Bayuaji, ST., MT., Ph.d  
2. Prof. Ir. M. Sigit Darmawan, M.Eng.SC, Ph.D

No	Tanggal	Tugas/Materi yang dibahas
1	6/11/2020	Materi oleh Prof Sigit : <ul style="list-style-type: none"><li>- Pengujian yang terlalu lama tidak perlu dilanjutkan (setting time mortar)</li></ul>
2	18/12/2020	Materi oleh Prof Ridho : <ul style="list-style-type: none"><li>- Linetype grafik dibedakan</li><li>- Keterangan komposisi dimasukkan (misal: pc1,gc2)</li><li>- GC2 umur 28 hari diulang jika memungkinkan</li><li>- Dibuat grafik kuat tekan per umur benda uji</li><li>- Literasi pengaruh <math>\text{Na}_2\text{SiO}_3</math> pada polimerisasi</li></ul>
3	19/12/2020	Materi oleh Prof Sigit : <ul style="list-style-type: none"><li>- Disebutkan bahwa standar yang digunakan merupakan standar beton (resistivitas, upv)</li><li>- Ditulis komposisi terlalu banyak silikat akan mempengaruhi kuat tekan</li><li>- Ditulis untuk dihindari menggunakan perlengkapan agar menghindari iritasi</li><li>- Untuk sarjana terapan, tugas akhir fokus pada aplikasi</li></ul>
4	9/01/2021	Materi oleh Prof Ridho : <ul style="list-style-type: none"><li>- Grafik dibuat format batang</li><li>- Disiapkan PPT untuk sidang</li></ul>
5	15/02/2021	Materi oleh Prof Ridho : <ul style="list-style-type: none"><li>- Latar belakang ditambahkan bahwa fly ash di Indonesia yang berlimpah tipe C dan setting time relatif pendek</li><li>- Tujuan dan kesimpulan harus berkesinambungan</li><li>- Saran dikorelasikan dengan tujuan</li></ul>

*(Halaman sengaja dikosongkan)*

## **PROTOTYPE SEMEN GEOPOLIMER BERBASIS FLY ASH TIPE C DENGAN VARIASI RASIO AKTIVATOR**

**Nama Mahasiswa** : Tossan Ajie Christianto  
**NRP** : 10111910015021  
**Jurusan** : Teknik Rekayasa Pengelolaan dan  
Pemeliharaan Bangunan Sipil FV-ITS  
**Dosen Pembimbing 1** : Prof. Ridho Bayuaji, ST., MT., Ph.D  
**Dosen Pembimbing 2** : Prof. Ir. M. Sigit Darmawan,  
M.Eng.SC, Ph.D

### **Abstrak**

Komposisi dari alkali aktivator serta *fly ash* dalam semen geopolimer sangat bervariasi dan berdampak penting pada hasil akhir baik dalam mutu maupun waktu ikat (*setting time*). Semen geopolimer yang memanfaatkan *fly ash* tipe C memiliki waktu ikat yang sangat cepat dan sulit diprediksi. Namun geopolimer yang dihasilkan dari *fly ash* tipe C umumnya menghasilkan kuat tekan yang lebih tinggi. Oleh karena sifat-sifat ini, *fly ash* tipe C (tinggi kalsium) dapat menjadi kandidat yang sangat baik untuk penggantian semen portland di bidang infrastruktur. Selain itu, semen geopolimer berbasis *fly ash* tipe C memerlukan metode khusus dalam pembuatan maupun pencampurannya, maka terbentuklah permasalahan selanjutnya yaitu untuk mengetahui metode pembuatan semen geopolimer berbasis *fly ash* tipe C yang secara fisik mirip dengan semen portland, sehingga proses pencampuran dan penanganannya akan mudah. Sehingga dalam tugas akhir ini membahas mengenai studi variasi rasio aktivator dalam pembuatan semen geopolimer.

Tujuan dari proyek akhir terapan ini adalah untuk mendapatkan perbandingan serta komposisi dari semen geopolimer yang kuat dan efisien dalam bahan, serta untuk mengetahui metode yang dapat digunakan untuk memproduksi semen geopolimer yang mirip dengan semen portland. Metode penelitian pada proyek akhir terapan ini terdapat 3 tahap meliputi

pengumpulan dan pengujian material, pembuatan mix desain dan pengujian pasta, serta pembuatan mix desain dan pengujian mortar. Pengujian material meliputi XRF, XRD, dan SEM-EDX guna mengetahui kandungan kimia serta fasa amorf dan kristalin pada fly ash. Tujuan utama pada penelitian ini terletak pada pembuatan mix desain mengenai variasi perbandingan NaOH : Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> sebesar 1:1 ; 1:1,5 ; 1,2 ; 1:2,5 dengan molaritas NaOH sebesar 12M. Pengujian yang dilakukan meliputi *setting time* untuk benda uji pasta dan uji kuat tekan, uji UPV, uji resistivitas, dan uji porositas untuk benda uji mortar guna mendapatkan performa semen geopolimer sesuai standar ASTM C1157. Perawatan benda uji yang dilakukan menggunakan kantong plastik pada suhu ruangan.

Semakin banyak penggunaan Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> pada semen geopolimer dengan metode kering berbasis fly ash tipe c semakin rendah performa yang dihasilkan. Rasio aktivator NaOH : Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> 1:1 dan 1:1,5 telah memenuhi syarat semen sesuai dengan ASTM C1157 dengan *setting time* < 420 menit dan kuat tekan pada umur 28 hari >28 MPa. Hasil pengujian UPV, resistivitas, dan porositas menunjukkan bahwa semen geopolimer berbasis fly ash tipe c dengan rasio 1:1 memberikan hasil performa yang lebih baik dibandingkan mortar berbasis semen portland PPC.

**Kata Kunci:** semen geopolimer, *fly ash* tipe C, *setting time*, kuat tekan.

# PROTOTYPE OF CLASS C FLY ASH -BASED GEOPOLIMER CEMENT WITH VARIATION OF ACTIVATOR RASIO

**Student's Name** : Tossan Ajie Christianto  
**NRP** : 10111910015021  
**Department** : Teknik Rekayasa Pengelolaan dan  
Pemeliharaan Bangunan Sipil FV-ITS  
**1<sup>st</sup> Supervisor** : Prof. Ridho Bayuaji, ST., MT., Ph.D  
**2<sup>nd</sup> Supervisor** : Prof. Ir. M. Sigit Darmawan,  
M.Eng.SC, Ph.D

## ***Abstract***

*The composition of the alkaline activator and fly ash in geopolymer cement varies widely and has an important impact on the final result both in quality and setting time. Geopolymer cement from type C fly ash has a fast and unpredictable bonding time. However, geopolymers produced from fly ash generally produce higher compressive strength. Due to these properties, type C (high calcium) fly ash can be an excellent candidate for the replacement of portland cement in infrastructure. In addition, geopolymer cement from type C fly ash requires a special method in making and mixing it, so a further problem is formed, namely how to manufacture geopolymer cement based on fly ash type C which is physically similar to Portland cement, so the mixing and handling process will be easy. So that in this final project discusses the study of activator ratio variations in the manufacture of geopolymer cement.*

*The objectives of this applied final project are to obtain comparisons and compositions of strong and efficient geopolymer cement and to see a method that can be used to produce geopolymer cement similar to Portland cement. The research method in this final project consists of 3 stages including the stage*

*and testing of materials, making a mix design and testing the paste, as well as making a mix design and testing mortar. Test materials include XRF, XRD, and SEM-EDX to determine the chemical content and amorphous and crystalline phases of fly ash. The focus of this research lies in making a mixture of designs regarding the variation of the ratio of 1: 1 NaOH: Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>; 1: 1,5; 1,2; 1: 2,5 with a NaOH molarity of 12M. The tests carried out included setting time for paste and compressive strength test, UPV test, resistivity test, and porosity test for mortar specimens in order to obtain the performance of geopolymer cement according to ASTM C1157 standards. Treatment of specimens is carried out using plastic bags at room temperature.*

*The more Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> use in geopolymer cement with the fly ash-based dry method, the lower the resulting performance. The activator ratios of NaOH: Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> 1: 1 and 1: 1.5 have met the cement requirements according to ASTM C1157 with a time setting of <420 minutes and compressive strength at 28 days> 28 MPa. The UPV, resistivity, and porosity test results show that the cement geopolymer based on fly ash type c with a ratio of 1: 1 gives better performance results than the mortar based on Portland PPC cement.*

**Keywords:** geopolymer, fly ash type C, setting time, compressive strength.



## **KATA PENGANTAR**

Puji Syukur Ke Hadirat Tuhan Yang Maha Esa Karena Berkat Segala Limpahan Berkat Dan Karunia-Nya, Sehingga Penulis Dapat Menyelesaikan Proyek Akhir Terapan Dengan Judul “Prototipe Semen Geopolimer Berbasis Fly Ash Tipe C Dengan Variasi Rasio Aktivator”

Tersusunnya proposal proyek akhir ini tidak lepas dari bimbingan, bantuan, serta motivasi yang telah diberikan dari berbagai pihak. Untuk itu, pada kesempatan ini penyusun mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan proposal proyek akhir terapan ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan proposal proyek akhir ini terdapat kekurangan dan masih jauh dari sempurna, untuk itu diharapkan terdapat kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan proposal proyek akhir ini. Dan penulis berharap semoga proyek akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca.

Penulis

*(Halaman sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
BERITA ACARA .....	iii
LEMBAR ASISTENSI .....	v
Abstrak .....	vii
<i>Abstract</i> .....	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xvi
DAFTAR TABEL .....	xix
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan Penulisan.....	3
1.5 Manfaat Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 <i>State of the art</i> .....	5
2.2 Material Penyusun Semen Geopolimer .....	6
2.2.1 Fly Ash.....	6
2.2.2 Alkali Aktivator .....	7
2.2.2.1 Natrium Silikat ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ).....	7
2.2.2.2 Natrium Hidroksida (NaOH) .....	8
2.2.2.3 Rasio Alkali Aktivator .....	8
2.2.3 Air .....	10
2.3 Pencampuran Metode Kering .....	10
2.4 Perawatan ( <i>Curing</i> ).....	12
2.5 Pengujian Material.....	12
2.5.1 XRD (X-Ray Diffraction).....	12
2.5.2 SEM-EDX.....	13
2.5.3 XRF (X-Ray Fluorescence) .....	13
2.6 Standarisasi Pengujian Semen Geopolimer .....	13
2.6.1 Waktu Ikut.....	14
2.6.2 Kuat Tekan.....	16

2.6.3	UPV (Ultrasonic Pulse Velocity)	17
2.6.4	Porositas	19
2.6.5	Resistivitas	19
2.7	Pengujian Semen Portland	20
2.8	Penelitian Terdahulu	20
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		22
3.1.	Tahapan Penelitian	23
3.2.	Persiapan dan Pengujian Material Penyusun	25
3.2.1	Semen Portland	25
3.2.2	Konsistensi Normal Semen Portland	26
3.2.3	Fly Ash	28
3.2.4	Aktivator	29
3.2.5	Kadar Air Resapan Agregat Halus	32
3.2.6	Kadar Air Resapan Agregat Kasar	33
3.3.	Rencana Komposisi Bahan	35
3.3.1	Pembuatan <i>Mix Design</i> beton	36
3.3.2	Konversi <i>Mix Design</i> Metode Basah ke Metode Kering	40
3.3.3	Konversi <i>Mix Design</i> Beton ke <i>Mix Design</i> Mortar	42
3.3.4	Pembuatan Mix Desain Semen Portland	43
3.3.5	Rekapitulasi hasil <i>mix design</i>	43
3.4.	Keperluan Benda Uji Setiap Komposisi	44
3.5.	Pembuatan Semen Geopolimer	45
3.6.	Pengecoran Mortar Geopolimer	47
3.7.	Perawatan ( <i>Curing</i> )	50
3.8.	Standar Pengujian	51
3.8.1	Pengujian Waktu Ikat	51
3.8.2	Pengujian UPV	53
3.8.3	Pengujian Porositas	54
3.8.4	Pengujian Resistivitas	56
3.8.5	Pengujian Kuat Tekan	57
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		58
4.1	Karakteristik Limbah Fly Ash	59
4.1.1	Hasil Uji XRF pada Fly Ash	59
4.1.2	Hasil Uji XRD pada Fly Ash	59

4.1.3 Hasil Uji SEM-EDX pada Fly Ash.....	62
4.2 Hasil Uji Setting Time .....	64
4.3 Hasil Uji Sifat Mekanik Mortar Geopoimer .....	66
4.3.1 Pengukuran Suhu Adonan Mortar .....	66
4.3.2 Uji Kuat Tekan.....	67
4.3.3 Uji UPV .....	74
4.3.4 Uji Porositas.....	75
4.3.5 Uji Resistivitas .....	76
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....	78
5.1 Kesimpulan.....	79
5.2 Saran .....	80
DAFTAR PUSTAKA.....	81
BIODATA PENULIS.....	85
LAMPIRAN .....	86
LOG BOOK PENELITIAN PROYEK AKHIR TERAPAN ..	87
Perhitungan Mix Desain GC2 .....	109
Perhitungan Mix Desain GC3 .....	114
Perhitungan Mix Desain GC4 .....	119
Perhitungan Mix Desain GC5 .....	124
Form Pengujian PC1 .....	129
Form Pengujian GC2.....	133
Form Pengujian GC3.....	138
Form Pengujian GC4.....	143
Form Pengujian GC5.....	148

*(Halaman sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2. 1</b> Alat Vicat Setting Time .....	15
<b>Gambar 2. 2</b> Pengukuran langsung (a) Semi Langsung (b) Tidak Langsung (c).....	17
<b>Gambar 2. 3</b> Alat Vicat Konsistensi Normal Semen .....	20
<b>Gambar 3. 1</b> Tahap Kegiatan Penelitian Semen Geopolimer Berbasis Fly Ash Tipe C .....	23
<b>Gambar 3. 2</b> Diagram Alir Kegiatan Penelitian Semen Geopolimer Berbasis Fly Ash Tipe C .....	25
<b>Gambar 3. 3</b> Semen Portland PPC .....	26
<b>Gambar 3. 4</b> Fly Ash.....	28
<b>Gambar 3. 5</b> $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ <b>Gambar 3. 6</b> NaOH granular ....	30
<b>Gambar 3. 7</b> Peralatan pengujian berat jenis NaOH.....	30
<b>Gambar 3. 8</b> Pengujian Berat Jenis NaOH.....	31
<b>Gambar 3. 9</b> Pengujian Resapan Agregat Halus.....	33
<b>Gambar 3. 10</b> Pengujian Resapan Agregat Kasar .....	34
<b>Gambar 3. 11</b> Grafik Kuat Tekan Beton terhadap rasio (AAS/FA).....	38
<b>Gambar 3. 12</b> Alat dan Bahan Pembuatan Semen Geopolimer (a) Bola Pejal (b) Mesin Grinding (ball mill) (c) Alkali Aktivator (d) Fly ash .....	46
<b>Gambar 3. 13</b> Hasil Semen Geopolimer (kiri) semen portland (kanan).....	47
<b>Gambar 3. 14</b> Peralatan untuk pengecoran mortar geopolimer (a) bekisting (b) mixer (c) wadah pengadukan adonan mortar .....	48
<b>Gambar 3. 15</b> Bahan pengecoran Mortar Geopolimer (a) Air (b) Semen Geopolimer (c) Pasir.....	48
<b>Gambar 3. 16</b> Proses pengecoran mortar geopolimer.....	49
<b>Gambar 3. 17</b> Benda Uji Mortar Geopolimer (kiri) Mortar Portland (kanan) .....	50
<b>Gambar 3. 18</b> Suasana Perawatan Mortar Geopolimer.....	51

<b>Gambar 3. 19</b>	Pengujian Waktu Ikut Pasta Geopolimer .....	52
<b>Gambar 3. 20</b>	Pengujian UPV .....	53
<b>Gambar 3. 21</b>	Pemotongan Benda Uji untuk Porositas.....	55
<b>Gambar 3. 22</b>	Pengujian Porositas (a) Kering Oven (b) SSD (c) Dalam Air .....	55
<b>Gambar 3. 23</b>	Pengujian Resistivitas .....	56
<b>Gambar 3. 24</b>	Benda Uji Setelah Uji Kuat Tekan.....	57
<b>Gambar 3. 25</b>	Grafik Hasil Uji UPV .....	75
<b>Gambar 4. 1</b>	Puncak Kristalin .....	60
<b>Gambar 4. 2</b>	Area Kristalin pada sudut $15^{\circ}$ - $37,5^{\circ}$ .....	61
<b>Gambar 4. 3</b>	Area Kristalin pada sudut $37,5^{\circ}$ - $65^{\circ}$ .....	61
<b>Gambar 4. 4</b>	SEM-EDX Pembesaran 1500K Kali .....	63
<b>Gambar 4. 5</b>	Kandungan Unsur hasil SEM-EDX .....	64
<b>Gambar 4. 6</b>	Grafik penurunan jarum vicat terhadap waktu .....	65
<b>Gambar 4. 7</b>	Grafik Suhu Adonan Mortar .....	67
<b>Gambar 4. 8</b>	Grafik Kuat Tekan.....	73
<b>Gambar 4. 9</b>	Grafik Hasil Uji Porositas .....	76
<b>Gambar 4. 10</b>	Grafik Hasil Uji Resistivitas .....	77



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2. 1</b> Syarat Kimia Fly Ash .....	6
<b>Tabel 2. 2</b> Perbandingan dari pencampuran semen geopolimer metode basah (Speci-et al.,2015) dan metode kering (Husin et al.,2020).....	11
<b>Tabel 2. 3</b> Persyaratan Fisik Standar Sesuai ASTM C1157 .....	13
<b>Tabel 2. 4</b> Standar yang digunakan.....	14
<b>Tabel 2. 5</b> Standar Kuat Tekan .....	16
<b>Tabel 2. 6</b> Klasifikasi Kualitas Beton Berdasarkan Uji UPV .....	18
<b>Tabel 2. 7</b> Hasil Penelitian Semen Geopolimer Sebelumnya .....	21
<b>Tabel 3. 1</b> Konsistensi Normal Semen .....	27
<b>Tabel 3. 2</b> Hasil Uji Berat Jenis Fly Ash .....	29
<b>Tabel 3. 3</b> Hasil Uji Berat Jenis NaOH.....	32
<b>Tabel 3. 4</b> Hasil Uji Resapan Air Agregat Halus.....	33
<b>Tabel 3. 5</b> Hasil Uji Resapan Air Agregat Kasar.....	35
<b>Tabel 3. 6</b> Kode Mix Semen Geopolimer .....	35
<b>Tabel 3. 7</b> Kadar Air Maksimum dan Persentase Udara per meter kubik beton.....	36
<b>Tabel 3. 8</b> Perbandingan berat NaOH larutan dan Padatan .....	40
<b>Tabel 3. 9</b> Kandungan Oksida dalam Larutan $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ .....	41
<b>Tabel 3. 10</b> Rekapitulasi Mix Design Beton 1:1 .....	41
<b>Tabel 3. 11</b> Mix Design Mortar 1:1 .....	43
<b>Tabel 3. 12</b> Rasio mortar semen portland .....	43
<b>Tabel 3. 13</b> Rekapitulasi Mix Desain Mortar Geopolimer .....	44
<b>Tabel 3. 14</b> Keperluan Volume Benda Uji .....	45
<b>Tabel 4. 1</b> Kandungan Senyawa Oksida pada Fly Ash.....	59
<b>Tabel 4. 2</b> Pembagian Rentan Sudut $2\theta$ .....	60
<b>Tabel 4. 3</b> Luas Area Kristalin.....	62
<b>Tabel 4. 4</b> Hasil Uji Setting Time .....	65
<b>Tabel 4. 5</b> Suhu Adonan Mortar .....	66
<b>Tabel 4. 6</b> Hasil Uji Kuat Tekan Mortar PC1 .....	68
<b>Tabel 4. 7</b> Hasil Uji Kuat Tekan Mortar GC2 .....	69
<b>Tabel 4. 8</b> Hasil Uji Kuat Tekan Mortar GC3 .....	70

<b>Tabel 4. 9</b> Hasil Uji Kuat Tekan Mortar GC4 .....	71
<b>Tabel 4. 10</b> Hasil Uji Kuat Tekan Mortar GC5 .....	72
<b>Tabel 4. 11</b> Hasil Uji UPV .....	74
<b>Tabel 4. 12</b> Hasil Uji Porositas .....	75
<b>Tabel 4. 13</b> Hasil Uji Resistivitas .....	76

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Geopolimer merupakan bahan pengikat yang terbentuk dari campuran alkali aktivator dan bahan dasar. Alkali aktivator biasanya berupa natrium atau potasium. Sementara bahan dasar harus kaya silika (Si) dan alumina (Al) dari asal geologis atau produk sampingan seperti tanah liat, terak baja, metakaolin, atau *fly ash* (Tho-in,2011).

Penelitian yang telah dilakukan pada kedua jenis *fly ash*, dan hasilnya menunjukkan manfaat dari penggunaan *fly ash* tipe F (tinggi kalsium) dan tipe C (rendah kalsium), baik dalam hal ketahanan korosi dan *setting time*. Namun geopolimer yang dihasilkan dari *fly ash* tipe C umumnya menghasilkan kuat tekan yang lebih tinggi. Oleh karena sifat-sifat ini, *fly ash* tipe C (rendah kalsium) bisa menjadi kandidat yang sangat baik untuk penggantian semen portland di bidang infrastruktur (Montes,2013). Fly ash tipe C sendiri merupakan limbah dengan ketersediaan yang sangat melimpah di Indonesia (Tajunnisa et al, 2019).

Mekanisme pembuatan semen geopolimer masih bersifat tentatif, produk akhir semen geopolimer umumnya dipengaruhi oleh komposisi dari alkali aktivator dan bahan sumber (Nath,2014). Material penyusun semen geopolimer berbasis *fly ash* sangat bervariasi dan berdampak penting pada hasil. Komposisi *fly ash* dapat mempengaruhi *setting time* dari beberapa menit hingga menjadi beberapa hari (Puligilla,2013). Pada umumnya, waktu ikat yang dihasilkan dari fly ash tipe C relatif cepat (Tajunnisa et al, 2019).

Baru-baru ini, beberapa perusahaan semen dan beton di seluruh dunia telah memulai produksi semen geopolimer berbasis aktivator cair. Namun, jenis geopolimer ini kurang cocok digunakan sebagai pengganti semen portland pada industri beton

dikarenakan proses pencampuran dan penanganannya yang terbatas (Neupane,2016).

## 1.2 Rumusan Masalah

Semen geopolimer berbasis *fly ash* tipe C dengan aktivator cair yang dihasilkan umumnya lebih cepat mengeras dan memerlukan penanganan khusus, sehingga kurang efisien dalam penggunaannya. Oleh karena itu hingga saat ini semen geopolimer berbasis *fly ash* tipe C belum digunakan secara komersial. Maka dari itu diperlukan komposisi semen geopolimer yang tepat sehingga dapat meningkatkan *setting time* semen.

Selain itu semen geopolimer berbasis *fly ash* tipe C memerlukan metode khusus dalam pembuatan maupun pencampurannya, maka terbentuklah permasalahan selanjutnya yaitu untuk mengetahui metode pembuatan semen geopolimer berbasis *fly ash* tipe C yang secara fisik mirip dengan semen portland, sehingga proses pencampuran dan penanganannya akan mudah.

## 1.3 Batasan Masalah

Penulis akan membatasi masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini, sebagai berikut :

1. Benda uji berupa pasta mortar geopolimer berbentuk kubus ukuran 5 cm x 5cm x 5 cm, dan silinder 10x20 cm.
2. *Fly ash* yang digunakan berasal dari PLTU Paiton, Probolinggo, Jawa Timur
3. Umur pengujian pada umur, 3 hari, 7 hari dan 28 hari

#### **1.4 Tujuan Penulisan**

Tujuan dari proyek akhir terapan ini adalah untuk mendapatkan perbandingan serta komposisi dari semen geopolimer yang sesuai dengan standar yang berlaku, dilanjutkan dengan uji durabilitas semen geopolimer yang dibentuk dalam benda uji mortar dengan pengujian meliputi UPV, resistivitas, dan porositas. Serta untuk mengetahui metode yang dapat digunakan untuk memproduksi semen geopolimer yang mirip dengan semen portland baik dalam fisik, proses pencampuran serta penanganannya.

#### **1.5 Manfaat Penulisan**

Hasil dari proyek akhir terapan ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai dampak rasio aktivator terhadap *setting* time pada semen geopolimer berbasis *fly ash* tipe c, serta metode yang dapat digunakan untuk memperoleh hasil semen geopolimer kering.

*(Halaman sengaja dikosongkan)*

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 *State of the art***

Teknologi geopolimer telah dikembangkan oleh peneliti di seluruh dunia sebagai alternatif bahan pengikat atau semen. Geopolimer awalnya ditemukan oleh Glikhovsky pada tahun 1957, tetapi dikembangkan lebih lanjut oleh Davidovits sebagai bahan pengikat atau semen. Geopolimer dihasilkan oleh reaksi polimerisasi larutan alkali dengan bahan dasar yang kaya silika dan alumina dari asal geologis atau produk sampingan. Dari berbagai produk sampingan industri, *fly ash* dapat dipertimbangkan sebagai yang paling berpotensi (Mehta, 2017).

Dalam pencampuran semen geopolimer metode kering, aktivator yang digunakan dalam bentuk bubuk dicampur bersamaan dengan *fly ash*. Jenis semen geopolimer ini dapat dengan aman dicampur dan ditangani dengan cara yang mirip dengan semen portland karena memiliki aktivator kimia dalam bentuk padat (bubuk). Proses pencampuran serta penambahan air pada semen ini sangat mirip dengan semen konvensional. (Neupane,2016).

## 2.2 Material Penyusun Semen Geopolimer

### 2.2.1 Fly Ash

Batubara terdiri dari senyawa organik yang mudah terbakar dan senyawa mineral anorganik. Proses pembakaran menghasilkan produk samping dari bagian yang tidak mudah terbakar salah satunya yaitu *fly ash* (Barbara,2006).

Dikarenakan *fly ash* menunjukkan berbagai sifat fisik dan kimia yang mirip dengan semen, *American Society for Testing and Materials* (ASTM), mengklasifikasikan jenis *fly ash* untuk berbagai aplikasi. Terdapat tipe F dan tipe C yang dikategorikan tergantung pada sifat kimia *fly ash*.

*Fly ash* kelas F tersedia dalam jumlah lebih besar dan umumnya memiliki kandungan kapur yang rendah (kurang dari 15%), dan mengandung silika, alumina dan besi yang lebih besar (lebih dari 70%) dibandingkan dengan *fly ash* tipe C. *Fly ash* tipe C memiliki kandungan kapur yang lebih tinggi, umumnya lebih dari 15% hingga 30%. *Fly ash* tipe C juga mengandung kalsium oksida (CaO) yang tinggi. Kelas C sebagian besar digunakan dalam situasi di mana memerlukan kekuatan awal beton yang tinggi. (Gamage, 2011). Pada ASTM C618-15, *fly ash* sendiri dibedakan berdasarkan sifat kimia sebagai berikut.

**Tabel 2. 1** Syarat Kimia Fly Ash

Senyawa	Tipe <i>Fly Ash</i>		
	N	F	C
$\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ (% minimum)	70,0	70,0	50,0
$\text{SO}_3$ (% maksimum)	4,0	5,0	5,0
Kelembaban (% maksimum)	3,0	3,0	3,0
Kehilangan akibat pembakaran (% maksimum)	10,0	6,0	6,0

sumber : ASTM C618-15



### 2.2.2 Alkali Aktivator

Untuk menghasilkan semen geopolimer, *fly ash* tipe C (rendah kalsium) perlu dicampur dengan larutan alkali untuk menghasilkan ikatan polimer Si-O-Al. Kombinasi antara natrium hidroksida dengan natrium silikat telah digunakan sebagai alkali aktivator (Hardjito,2008).

#### 2.2.2.1 Natrium Silikat ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ )

Natrium silikat diproduksi dengan proses kering dan proses basah. Pada proses kering, pasir ( $\text{SiO}_2$ ) dicampur dengan natrium karbonat ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) atau dengan potasium karbonat ( $\text{K}_2\text{CO}_3$ ) pada temperatur  $1100^\circ\text{C}$  sampai dengan  $1200^\circ\text{C}$ . Hasil reaksi tersebut menghasilkan kaca (cullets) yang dilarutkan ke dalam air dengan tekanan tinggi menjadi cairan yang kering dan agak kental. Sedangkan pada proses pembuatan basah, pasir ( $\text{SiO}_2$ ) dicampur dengan natrium hidroksida ( $\text{NaOH}$ ) melalui proses filtrasi sehingga menghasilkan natrium silikat yang murni. Sehingga terdapat dua bentuk natrium silikat yaitu padat dan larutan.

Pada umumnya natrium silikat digunakan dalam pembuatan sabun, dan sekarang penggunaannya semakin luas. Dikarenakan sifatnya sebagai pengikat, beberapa produk industri seperti cat, semen, keramik menggunakan natrium silikat sebagai campurannya. Banyak penelitian membuktikan bahwa natrium silikat dapat digunakan dalam pembuatan beton.

Natrium silikat ini merupakan salah satu larutan alkali yang berperan penting dalam proses polimerisasi karena natrium silikat mempunyai fungsi untuk mempercepat reaksi polimerisasi. Reaksi terjadi secara cepat ketika larutan alkali banyak mengandung larutan silika seperti natrium silikat,

dibandingkan reaksi yang terjadi akibat larutan alkali yang banyak mengandung larutan hidroksida.

### **2.2.2.2 Natrium Hidroksida (NaOH)**

Natrium hidroksida murni berbentuk putih padat dan tersedia dalam bentuk pelet, serpihan, butiran ataupun larutan jenuh 50%. Bersifat lembab dan secara spontan menyerap karbon dioksida dari udara bebas. NaOH sangat larut dalam air dan akan melepaskan panas ketika dilarutkan.

Banyak industri kimia seperti pembuatan kertas, kayu, dan pengolahan air memanfaatkan natrium hidroksida (NaOH) untuk mengendalikan pH atau tingkat keasaman, mengingat sifat natrium hidroksida merupakan basa yang paling mudah didapatkan.

Dalam pembuatan beton geopolimer, natrium hidroksida (NaOH) digunakan untuk mengikat Al dan Si yang terkandung dalam fly ash, alhasil ikatan polimer yang dihasilkan akan semakin kuat. Sebagai aktivator, natrium hidroksida (NaOH) terlebih dahulu dilarutkan dengan air sesuai dengan molaritas yang dikehendaki.

Hanjitsuwan (2014) dalam penelitiannya menyatakan bahwa, semakin tinggi kadar molaritas NaOH akan menambah lama setting time semen serta menambah kuat tekan.

### **2.2.2.3 Rasio Alkali Aktivator**

Perbandingan  $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$  memiliki pengaruh yang signifikan terhadap sifat mekanis beton geopolimer. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh (Bakri dkk., 2012) menunjukkan bahwa rasio  $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$  (S/H) sebesar 2 menghasilkan kuat tekan beton geopolimer yang optimum untuk perbandingan fly ash terhadap alkali activator (FA/AA) adalah 2. Pada penelitian tersebut menggunakan low calcium fly ash (fly ash tipe F) sebagai komposisi utama dengan metode

pencampuran basah. Sedangkan pada penelitian yang telah dilakukan oleh (Rattanasak dan Chindaprasirt, 2009) berbasis high calcium fly ash (fly ash tipe C) menyatakan bahwa rasio alkali aktivator S/H 1,5 s.d. 2 dapat menghasilkan komposisi optimum pada metode pencampuran basah. Hasil kuat tekan pada konsentrasi NaOH 5M s.d. 15M menghasilkan kuat tekan antara 50 s.d. 60 Mpa. Namun pada rasio alkali activator S/H 0,5 s.d. 1 dapat menghasilkan komposisi optimum untuk konsentrasi NaOH tinggi yaitu 15M. hasil uji kuat tekan yang dilakukan oleh (Rattanasak dan Chindaprasirt, 2009), untuk S/H sebesar 1 dengan konsentrasi NaOH 15 M adalah 60 Mpa. Namun pada konsentrasi NaOH rendah 5M dan 10 M hanya menghasilkan kuat tekan sebesar 12 Mpa dan 21Mpa.

Akan tetapi berdasarkan penelitian yang telah dilakuakn oleh (Topark-Ngarm dkk, 2015) menunjukan bahwa rasio alkali activator S/H =1 menghasilkan kuat tekan yang lebih baik dibandingkan dengan rasio alkali activator S/H =2 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Pada penelitian tersebut menggunakan high calcium fly ash (fly ash tipe C) dengan perbandingan FA/AA sebesar 2 dengan metode pencampuran basah berdasarkan pada penelitian (Rattanasak dan Chindaprasirt, 2009). Pendapat ini diperkuat oleh penelitian yang dilakuakan oleh (Phoo-ngernkham dkk, 2017) tentang pengaruh natrium hidroksida dengan Natrium silika pada campulan alkali activator untuk beton geopolimer berbasis high calcium fly ash. Pada penelitian tersebut penggunaan alkali activator NaOH maupun  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  secara terpisah menghasilkan mutu beton geopolimer yang rendah kurang dari 25 Mpa. Sedangkan penggunaan rasio alkali activator S/H sebesar 2 tidak memiliki kenikan yang signifikan terhadap mutu beton geopolimer yaitu sebesar 28 Mpa seperti ditunjukkan pada Gambar 1.

Kemudian pada pengembangan metode pencampuran dengan metode kering berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Husin dkk., 2020), rasio alkali akativator S/H sebesar 1 menghasilkan kuat beton geopolimer berbasis high calcium fly ash hingga 49,7Mpa. Sedangkan pada rasio S/H sebesar 3 hanya menghasilkan kuat tekan beton geopolimer sebesar 24,5 Mpa seperti ditunjukkan pada Gambar 1.

### **2.2.3 Air**

Air merupakan salah satu bahan yang dibutuhkan dalam pembuatan beton. Penggunaan air bertujuan untuk memicu terjadinya hidrasi, yaitu reaksi kimia antara semen dengan air. Hal ini yang menyebabkan campuran beton menjadi keras setelah beberapa waktu tertentu.

Proses hidrasi akan berlangsung baik apabila dipakai air tawar serta murni. Di samping digunakan sebagai bahan campuran beton, air digunakan pula untuk merawat beton dengan cara pembasahan setelah di cor dan untuk membasahi dan membersihkan acuan (Zuraidah,2007).

## **2.3 Pencampuran Metode Kering**

Perbedaan utama antara metode kering beton geopolimer dan metode basah adalah dalam pembuatan bahan pengikatnya. Metode basah yang dimaksud adalah aktivator berwujud larutan dicampur dengan bahan dasar pozzolan. Sedangkan metode kering menggunakan semua bahan baku pengikat berwujud padatan. Pengaruh agregat, seperti gradasi, sudut, dan kekuatan dianggap sama seperti pada beton berbasis semen Portland (N Lloyd & Rangan, n.d.). Penjelasan metode pencampuran beton geopolimer metode basah dan metode kering berdasarkan penelitian yang

telah dilakukan. Tabel di bawah ini menunjukkan metode pencampuran langkah demi langkah.

**Tabel 2. 2** Perbandingan dari pencampuran semen geopolimer metode basah (Speci-et al.,2015) dan metode kering (Husin et al.,2020)

<b>Langkah</b>	<b>Beton Geopolimer Metode Basah</b>	<b>Geopolimer Metode Kering</b>
1	<b>Mencampur larutan alkali.</b> Sodium hidroksida granular dicampurkan ke dalam air. Dengan terjadinya panas dan di diamkan hingga dingin maka granular larut menjadi larutan.	<b>Mencampur semen geopolimer.</b> Fly ash dan alkali aktivator (sodium hidroksida granular and sodium silikat granular) ditumbuk bersamaan pada mesin <i>ball mill</i> untuk menghasilkan semen geopolimer.
2	<b>Mencampur larutan alkali.</b> Sodium silikat dicampurkan ke dalam air dengan jumlah yang sesuai. Setelah larut dan dingin, campurkan dengan larutan sodium hidroksida.	<b>Mencampur pengisi.</b> Memasukkan pasir dan kerikil pada mesin mixer beton. Air ditambahkan dan diputar selama tiga menit pada kecepatan 33-34 RPM. Setelah itu masukkan sukrosa selama satu menit.
3	<b>Mencampur pengisi.</b> Seluruh material pengisi kering (pasir dan kerikil) dicampur selama satu menit pada mesin mixer beton.	<b>Mencampur pengisi dan pengikat.</b> Saat campuran pengisi dan sukrosa telah homogen, masukkan semen geopolier selama dua menit.

Langkah	Beton Geopolimer Metode Basah	Geopolymer Concrete Dry Method
4	<b>Mencampur pengisi dan pengikat.</b> Tuang larutan alkali dan air tambahan pada mixer sampai seluruh material kering tercampur merata.	<b>Menambahkan air.</b> Air ditambahkan pada campuran beton selama tiga menit sampai campuran menjadi homogen.
5	Tuang campuran beton pada cetakan.	Tuang campuran beton pada cetakan.

## 2.4 Perawatan (*Curing*)

Pembukaan cetakan bekisting pasta semen dilakukan  $24 \pm 8$  jam setelah pengecoran. Setelah itu disimpan pada suhu ruang pada wadah plastik. Curing dengan suhu ruang dipilih, karena akan diaplikasikan secara luas seperti pada konstruksi in-situ dan precast tanpa proses penambahan temperatur tinggi untuk teknologi steam.

## 2.5 Pengujian Material

### 2.5.1 XRD (X-Ray Diffraction)

Pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan ukuran dan karakter kristal pada zat padat. Umumnya pengujian XRD digunakan untuk mengidentifikasi senyawa mineral yang terkandung pada zat padat.

Dalam penelitian beton dan semen geopolimer berbasis fly ash yang telah dilakukan, pengujian XRD dan SEM-EDX diterapkan pada fly ash yang akan digunakan untuk menganalisis mikro struktur pada fly ash tersebut (Mehta,2017).

## 2.5.2 SEM-EDX

Sama seperti XRD, pengujian SEM-EDX dilakukan untuk mengetahui mikro struktur dari sebuah zat padat. Namun pada pengujian SEM ini dilakukan untuk mengetahui karakterisasi material yang heterogen pada permukaan bahan.

## 2.5.3 XRF (X-Ray Fluorescence)

XRF merupakan pengujian untuk menganalisis senyawa kimia apa saja yang terkandung pada bahan yang akan diuji. Pengujian dapat dilakukan secara kualitatif untuk menganalisis senyawa kimia yang terkandung dalam bahan, dan kuantitatif untuk menganalisis konsentrasi senyawa kimia tersebut.

## 2.6 Standarisasi Pengujian Semen Geopolimer

Berdasarkan ASTM STP 1566 – *Geopolymer Binder Systems* dinyatakan bahwa untuk pembuatan semen geopolimer mengacu pada ASTM C1157 – *Standard Performance Specification for Hydraulic Cement* yang sama dengan SNI 2049-2004 Semen Portland dengan persyaratan fisik standar sebagai berikut:

**Tabel 2. 3** Persyaratan Fisik Standar Sesuai ASTM C1157

No	Pengujian	Metode Test ASTM	Semen Hidraulis untuk konstruksi umum (GU)
1	Kehalusan : Permeabilitas udara, m <sup>2</sup> /kg Turbidimeter, min Blaine, min	C204 C430	160 280
2	Kekekalan : Pemuaiian dengan autoclave, maks %	C151	0,8
3	Waktu Ikat ( <i>setting time</i> ) : -Awal, menit, min	C191	45

	-Akhir, menit, maks		420
4	Kuat Tekan : Umur 3 hari, min, MPa Umur 7 hari, min, MPa Umur 28 hari, min, MPa	C109 / C109M	13,0 20,0 28,0
6	Kandungan Udara Mortar, Umur 14 hari, %, maks	C1038	0,02

Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini meliputi waktu ikat (*setting time*) dan kuat tekan. Hal tersebut dilakukan karena kendala keterbatasan alat pada Lab Material Struktur Gedung ITS serta pandemi COVID-19 sehingga tidak memungkinkan untuk melakukan pengujian pada lab lain.

Beberapa standar yang menjadi acuan pada pengujian material, benda uji pasta dan mortar antara lain sebagai berikut:

**Tabel 2. 4** Standar yang digunakan

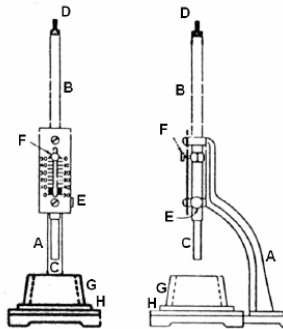
<b>Pengujian</b>	<b>Standar yang digunakan</b>
Waktu Ikat	ASTM C191
Konsistensi Normal Air Semen	SNI 2049-2004
Kadar Air Resapan Agregat Halus	ASTM C 128-93
Kadar Air Resapan Agregat Kasar	ASTM C127-88
Kuat Tekan	ASTM C1157/C1157M
UPV	ASTM C597
Porositas	ASTM C 642-06
Resistivitas	AASTHO T 358-15

### 2.6.1 Waktu Ikat

Metode pengujian ini dilakukan untuk menentukan waktu pengerasan semen hidraulis melalui jarum vicat. Waktu ikat semen



terdiri dari waktu ikat awal dan waktu ikat akhir. Waktu ikat awal adalah waktu yang diperlukan oleh pasta semen untuk mengubah sifatnya dari kondisi cair menjadi padat. Sedangkan waktu ikat akhir adalah waktu dimana penetrasi jarum vicat tidak nampak terbenam pada pasta semen.



**Gambar 2. 1** Alat Vicat Setting Time

Alat vicat harus terdiri dari rangka A yang mempunyai batang B yang dapat digerakkan, beratnya 300 gram, salah satu ujung torak C berdiameter 10 mm, berjarak sekurang-kurangnya 50 mm, dan ujung lainnya jarum D yang dapat dibongkar pasang berdiameter 1 mm dan panjang 50 mm. Batang B dapat dipergunakan secara bolak balik dan dapat dipasang dalam beberapa posisi dengan pengatur sekrup E dan mempunyai indikator F yang dapat diatur, dapat bergerak pada skala (ditunjukkan dalam mm) yang skalanya dilekatkan pada rangka A. Pasta semen yang akan diuji dimasukkan ke dalam cincin G, yang kaku berbentuk kerucut, diletakkan di atas pelat datar H yang tidak menyerap air, lebar masing-masing sisinya  $\pm 100$  mm. Batang B terbuat dari baja tahan karat mempunyai kekerasan tidak kurang dari 35 HRC dan harus lurus dengan ujung torak yang tegak lurus terhadap sumbu batang B. Cincin terbuat dari bahan tidak korosi, tidak menyerap air mempunyai diameter dalam bagian bawah 70

mm dan bagian atas 60 mm dengan tinggi 40 mm. Di samping ketentuan tersebut diatas, alat vicat harus sesuai dengan spesifikasi sebagai berikut (SNI 15 2049 2004) :

1. Berat batang yang dapat bergerak (B) ( $300 \pm 0,5$ ) gram.
2. Diameter ujung batang torak (C) ( $10 \pm 0,05$ ) mm.
3. Diameter jarum ( $1 \pm 0,005$ ) mm.
4. Diameter dalam cincin bagian bawah ( $70 \pm 3$ ) mm.
5. Diameter dalam cincin bagian atas ( $60 \pm 3$ ) mm.
6. Tinggi cincin ( $40 \pm 1$ ) mm.
7. Pembagian skala
8. Pembagian skala, bila dibandingkan dengan skala standar yang ketelitiannya 0,1 mm pada setiap titik, tidak boleh menunjukkan penyimpangan lebih besar dari 0,25 mm.

Pengujian ini mengacu pada SNI 15 2049 2004-Semen Portland dan ASTM C191-*Standard Test Methods for Time of Setting of Hydraulic Cement by Vicat Needle*.

### 2.6.2 Kuat Tekan

Kekuatan tekan adalah gaya maksimum per satuan luas yang bekerja pada benda uji mortar dengan ukuran tertentu serta berumur tertentu, kuat tekan minimum setiap umur benda uji tertera pada ASTM C1157/1157M sebagai berikut:

**Tabel 2. 5** Standar Kuat Tekan

<b>Umur Benda Uji (hari)</b>	<b>Kuat Tekan Minimum (MPa)</b>
3	13,0
7	20,0
28	28,0

Sementara untuk metode pengujian kuat tekan mengacu pada ASTM C109/C109M, dengan benda uji mortar. Untuk

mendapatkan kuat tekan digunakan perhitungan sebagai berikut.

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

Dimana:

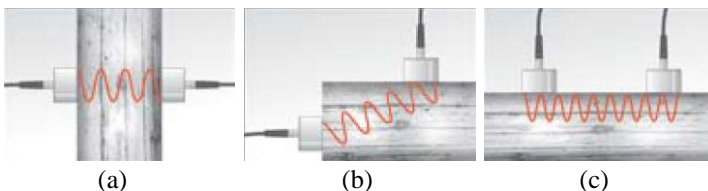
$\sigma$  = tegangan tekan (kg/cm<sup>2</sup>, N/mm<sup>2</sup>, atau MPa)

P = beban maksimum (kg, ton, N, kN)

A = luas penampang (mm<sup>2</sup>, cm<sup>2</sup>)

### 2.6.3 UPV (Ultrasonic Pulse Velocity)

UPV merupakan pengujian kekuatan tekan tanpa merusak beton (non destructive) melalui pengukuran kecepatan perambatan gelombang elektronik longitudinal pada media beton. Pelaksanaannya dapat dilakukan dengan tiga cara yaitu: langsung, semi langsung, dan tidak langsung.



**Gambar 2. 2** Pengukuran langsung (a) Semi Langsung (b) Tidak Langsung (c)

Pengujian UPV ini mengacu pada ASTM C597 - *Standard Test Method for Pulse Velocity Through Concrete*. Kecepatan gelombang dapat dicari dengan rumus Lawson sebagai berikut.

$$V = \frac{L}{T}$$

Dimana:

V = kecepatan gelombang logitudinal (km/detik,m/detik)

L = panjang lintasan beton yang dilewati (km, m)

T = waktu tempuh gelombang longitudinal ultrasonik pada sepanjang lintasan (detik)

Setelah didapat kecepatan gelombang longitudinal, maka benda uji dapat diklasifikasikan berdasarkan tabel berikut.

**Tabel 2. 6** Klasifikasi Kualitas Beton Berdasarkan Uji UPV

<b>Kecepatan Gelombang Longitudinal (km/detik.10<sup>3</sup>)</b>	<b>Kualitas Beton</b>
>4,5	Sangat Bagus
3,5-4,5	Bagus
3,0-3,5	Diragukan
2,0-3,0	Buruk
<2,0	Sangat Buruk

*sumber : Internasional Atomic Energi Agency 2002*

### 2.6.4 Porositas

Porositas adalah ukuran banyaknya ruang kosong atau rongga dalam bahan tertentu dan dalam hal ini adalah geopolimer. Porositas dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut.

$$P = \frac{W_{sa} - W_d}{W_{sa} - W_{sw}} \times 100$$

Dimana :

P = total porositas (%)

$W_{sa}$  = berat benda uji jenuh air di udara (gram)

$W_{sw}$  = berat benda uji jenuh air di dalam air (gram)

$W_d$  = berat benda uji setelah di oven pada suhu 105°C selama 24 jam (gram)

### 2.6.5 Resistivitas

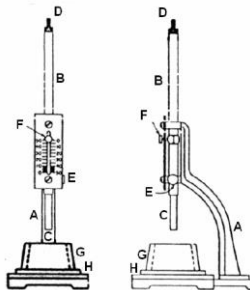
Metode pengujian untuk mengetahui nilai resistivity pada benda uji beton dapat menggunakan alat wenner four-probe. Pengujian resistivity dengan alat tersebut merupakan pengujian yang bersifat non destruktif. Hasil yang diperoleh dari pengujian resistivity berupa angka resistivity dalam satuan  $K\Omega$ -cm yang menunjukkan kualitas beton terhadap penetrasi ion klorida. Pengujian resistivity berdasarkan standar AASTHO T 358-15.

<b>Tingkat Penetrasi Ion Klorida</b>	<b>Nilai Resistivity (<math>k\Omega</math>-cm) Silinder beton (10x20) cm</b>
Tinggi	< 12
Sedang	12 – 21
Rendah	21 - 37
Sangat Rendah	37 -254
Tidak Terdampak	254

sumber : AASTHO T 358-15

## 2.7 Pengujian Semen Portland

Pembuatan benda uji berbasis semen portland baik pasta maupun mortar bertujuan untuk mendapatkan data pembandingan terhadap benda uji semen geopolimer. Pengujian yang dilakukan terhadap semen portland adalah konsistensi air normal semen guna mendapatkan faktor air semen. Pengujian konsistensi normal semen mengacu pada SNI 2049-2004 menggunakan alat vicat dengan posisi jarum terbalik.



**Gambar 2. 3** Alat Vicat Konsistensi Normal Semen

Spesifikasi alat vicat yang digunakan dalam pengujian konsistensi normal semen sama seperti alat vicat yang digunakan dalam pengujian *setting time*.

## 2.8 Penelitian Terdahulu

Dalam penelitian ini, penulis memaparkan penelitian terdahulu yang relevan dengan permasalahan yang akan diteliti, di antaranya:

**Tabel 2. 7** Hasil Penelitian Semen Geopolimer Sebelumnya

No.	Judul Penelitian	Penyusun	Parameter Semen Geopolimer						
			FA :	NaOH :	Molaritas	Kuat Tekan			
			Aktivator	Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	NaOH	3 Hari	7 Hari	14 Hari	28 Hari
1	Sifat Mekanis Prototipe Mortar Geopolimer Dengan Pengaruh Karakteristik Agregat Halus	Dania Febry Ramadhani	65:35	1 : 2,5	8M	-	-	-	18,48
			65:35	1 : 2,5	12M	-	-	-	25,12
			65:35	1 : 2,5	14M	-	-	-	33,31
2	Rekayasa Beton Geopolimer Berbasis Fly Ash	Abdul Karim Yasin	85:15	1 : 2,5	16M	1,70	2,70	37,70	-
			82,5:17,5	1 : 2,5	16M	1,24	6,50	42,20	-
			80:20	1 : 2,5	16M	1,36	5,00	38,10	-
3	Pengaruh Urutan Penambahan Alkali Aktivator Pada Beton Geopolimer Bebahan Dasar Fly Ash Tipe C	Qoyyum Rachmalia	70:30	1 : 1	10M	16,82	-	-	-
			70:30	1 : 2	10M	17,82	-	-	-

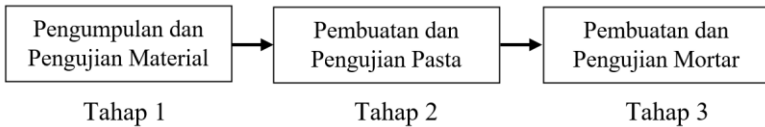
*(Halaman sengaja dikosongk*



## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

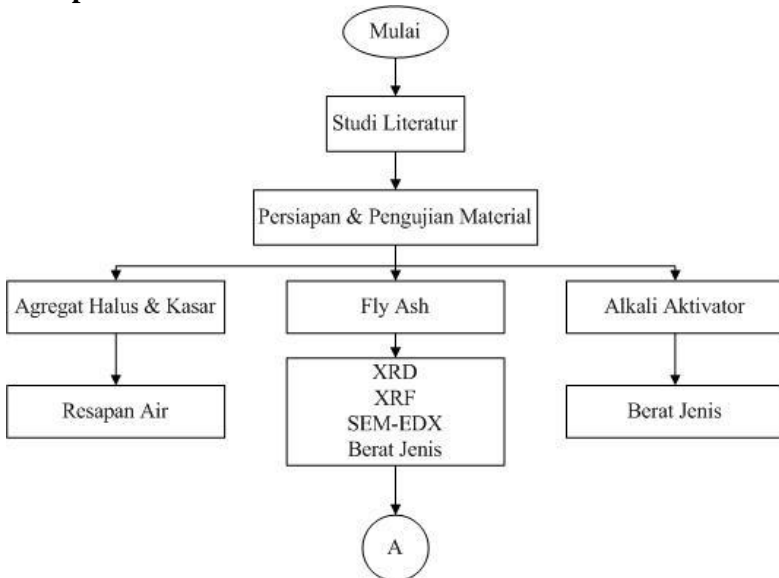
### 3.1. Tahapan Penelitian

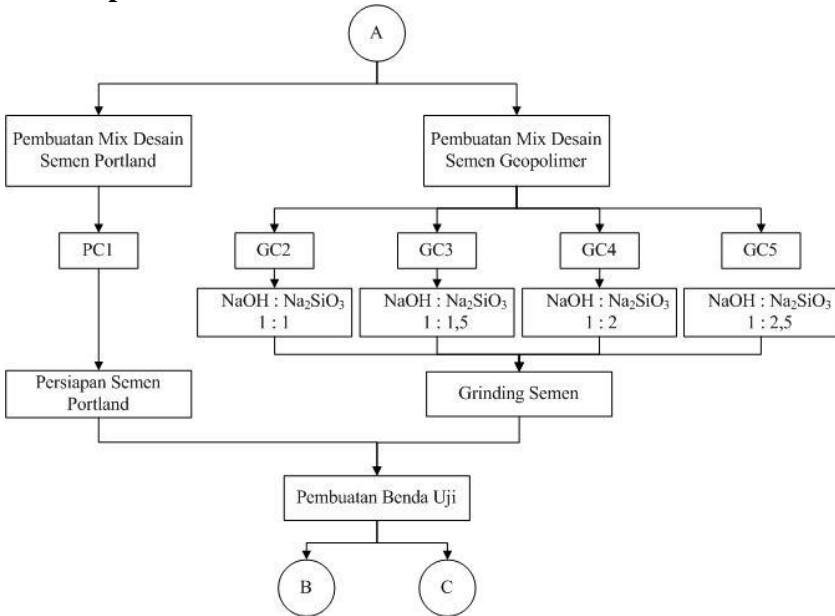
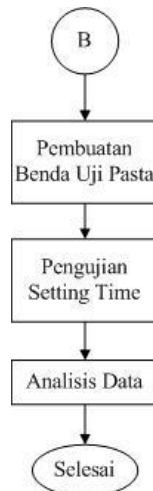
Pada sub-bab ini akan dijelaskan secara umum tahapan atau metodologi pelaksanaan kegiatan penelitian semen geopolimer berbasis fly ash tipe C yang dilakukan. Adapun diagram alir tersebut seperti pada gambar berikut

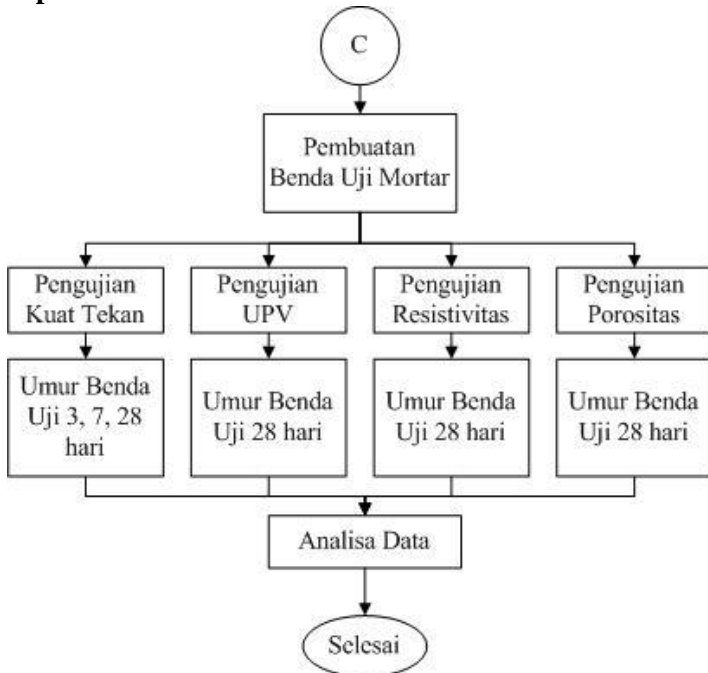


**Gambar 3. 1** Tahap Kegiatan Penelitian Semen Geopolimer Berbasis Fly Ash Tipe C

#### Tahap 1:



**Tahap 1:****Tahap 2:**

**Tahap 3:**

**Gambar 3. 2** Diagram Alir Kegiatan Penelitian Semen Geopolimer Berbasis Fly Ash Tipe C

## 3.2. Persiapan dan Pengujian Material Penyusun

### 3.2.1 Semen Portland

Semen portland konvensional digunakan dalam pembuatan benda uji pasta dan mortar geopolimer dengan tujuan sebagai data pembandingan semen geopolimer. Semen portland PPC didapatkan dari toko bahan bangunan Lancar Jaya dengan merek Holcim Dynamix.



**Gambar 3. 3** Semen Portland PPC

### **3.2.2 Konsistensi Normal Semen Portland**

Pengujian konsistensi normal digunakan untuk menentukan jumlah air yang dibutuhkan pada penyiapan semen hidrolis untuk pengujian. Standar yang digunakan pada pengujian ini adalah SNI 2049-2004 dengan tahapan sebagai berikut.

- a. Alat
  1. Timbangan
  2. Gelas ukur
  3. Alat vicat
  4. Mangkuk, dan pengaduk
- b. Bahan
  1. Semen portland
  2. Air
- c. Tahapan
  1. Campur 650 gram semen dengan air yang telah diukur isinya

2. Tambahkan semen ke dalam air dan tunggulah selama 30 detik
3. Aduk selama 30 detik. Hentikan pengadukan selama 15 detik dan kumpulkan pasta yang menempel pada dinding. Aduk kembali selama 1 menit.
4. Bentuk pasta menjadi bola dengan kedua tangan dan lemparkan 6 kali dari tangan satu ke yang lain dengan jarak 15 cm.
5. Tekan bola pasta ke dalam cicin vicat dan buang kelebihan pasta.
6. Tepatkanlah tengah tengah pasta pada jarum vicat dan lepaskan batang jarum paling lama 30 detik setelah pembuatan pasta.
7. Konsistensi normal pasta tercapai apabila batang peluncur menembus sampai batas  $10 \pm 1$  mm di bawah permukaan pasta selama 30 detik.
8. Kerjakan percobaan tersebut dengan kadar air yang berbeda-beda

Persentasi konsistensi dinyatakan dalam kadar air pasta dan dihitung dengan rumus:

$$\%W = \frac{W_a}{W_s}$$

Dimana :

W : Konsistensi (%)

W<sub>a</sub> : Berat Air (gram)

W<sub>s</sub> : Berat semen kering (gram)

d. Hasil Uji

Setelah dilakukan pengujian, didapatkan data sebagai berikut:

**Tabel 3. 1** Konsistensi Normal Semen

W <sub>a</sub> (gram)	W <sub>s</sub> (gram)	W (%)
315,25	650	0,485

### 3.2.3 Fly Ash

Penelitian ini menggunakan material *fly ash* yang berasal dari rekanan peneliti CV. Gunung Derajat. Perlu dilakukan pengujian karakteristiknya melalui uji XRF (X-Ray Fluorescence), XRD (X-Ray Diffraction) dan SEM-EDX. Selain itu perlu dilakukan pengujian berat jenis *fly ash* untuk perhitungan mix desain.



**Gambar 3. 4** Fly Ash

Pengujian berat jenis *fly ash* mengacu pada standar ASTM C188-78 sebagai berikut:

- a. Alat dan bahan
  1. Piknometer kapasitas 500 ml
  2. Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram
  3. Minyak tanah
  4. Kertas saring
  5. *Fly ash*
- b. Tahapan
  1. Timbang *fly ash* seberat 250 gram (A)
  2. Saring minyak tanah menggunakan kertas saring
  3. Timbang piknometer keadaan bersih dan kering
  4. Masukkan *fly ash* kedalam piknometer
  5. Tambahkan minyak tanah hingga batas garis leher piknometer, putar putar hingga gelembung udara hilang

- semua, tambahkan minyak tanah jika garis permukaan minyak tanah menurun. Timbang dan didapatkan data B
- Bersihkan piknometer lalu isi minyak tanah hingga batas garis lalu timbang (C)

Berat jenis fly ash dapat diperoleh dari persamaan sebagai berikut:

$$BJ \text{ Minyak Tanah} = C - \text{Berat Piknometer}$$

$$BJ \text{ FA} = \frac{A}{A + C - B} \times BJ \text{ Minyak Tanah}$$

#### c. Hasil Pengujian

Setelah dilakukan pengujian berat jenis fly ash didapatkan data sebagai berikut.

**Tabel 3. 2** Hasil Uji Berat Jenis Fly Ash

<b>Pengujian Berat Jenis</b>	
Fly Ash (A)	250,0 gr
Fly Ash + Minyak tanah (B)	578,9 gr
Minyak tanah (C)	397,4 gr
Berat Jenis	2,90

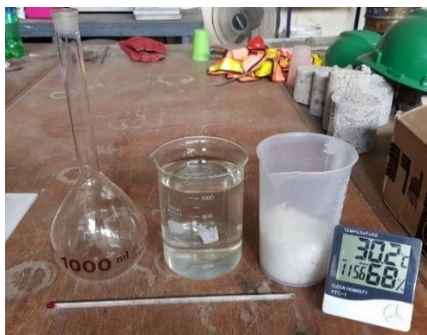
### 3.2.4 Aktivator

Terdapat dua senyawa yang digunakan sebagai alkali aktivator yaitu Natrium Silikat ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) dan Natrium Hidroksida (NaOH). Alkali aktivator yang digunakan berbentuk butiran (granular). Alkali aktivator didapatkan dari toko bahan kimia CV.Chemical Indonesia Multi Sentosa

**Gambar 3. 5**  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ **Gambar 3. 6** NaOH granular

Pengujian berat jenis dilakukan terhadap material NaOH, sementara untuk material  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  dilakukan pengujian gravimetri pada penelitian sebelumnya. Tahapan pengujian berat jenis NaOH sebagai berikut:

- a. Alat dan Bahan
  1. Piknometer 1000 ml
  2. Gelas ukur 1000 ml
  3. Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram
  4. Granular NaOH
  5. Termometer
  6. Pengaduk

**Gambar 3. 7** Peralatan pengujian berat jenis NaOH



**b. Prosedur Pengujian**

1. Timbang NaOH granular sesuai molaritas yang diinginkan ( $12M=480$  gram)
2. Timbang piknometer (A)
3. Masukkan NaOH kedalam piknometer seberat 480 gram
4. Tambahkan air sampai batas garis piknometer
5. Putar-putar hingga seluruh granular NaOH berubah menjadi larutan
6. Tunggu hingga suhu larutan sesuai dengan suhu ruangan
7. Tambahkan air jika permukaan larutan berada dibawah garis piknometer. Timbang larutan dan piknometer (B)



**Gambar 3. 8** Pengujian Berat Jenis NaOH

Berat jenis NaOH didapatkan dari persamaan berikut:

$$BJ NaOH = B - A$$

**c. Hasil Pengujian**

Setelah dilakukan pengujian berat jenis NaOH didapatkan data sebagai berikut.

**Tabel 3. 3** Hasil Uji Berat Jenis NaOH

<b>Molaritas</b>	<b>Padatan</b>	<b>Larutan+ Piknometer</b>	<b>Berat Jenis</b>
12 M	480,0	1623,3	1358,4
12 M	480,0	1619,7	1354,8
12 M	480,0	1622,4	1357,5
Rata-rata			1356,9

### 3.2.5 Kadar Air Resapan Agregat Halus

Agregat halus merupakan pasir alam sebagai hasil disintegrasi alami batuan ataupun pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir lebih kecil dari 3/16 inci atau 4,79 mm (lolos saringan no. 4). Pengujian agregat halus yang perlu dilakukan adalah kadar resapan air pengacu pada ASTM C 128-93 dengan metode pengujian sebagai berikut:

- a. Alat dan Bahan
  1. Ayakan No.4
  2. Loyang
  3. Corong dan penumbuk
  4. Oven
- b. Tahapan
  1. Ayak pasir menggunakan saringan No. 4
  2. Masukkan pasir pada corong dan tumbuk tiap sepertiga bagian corong, ketika sudah penuh angkat corong kemudian ukur tinggi pasir yang tersisa, jika didapatkan tinggi pasir  $\frac{3}{4}$  dari tinggi corong maka pasir tersebut kondisi SSD
  3. Timbang pasir kondisi SSD seberat 500 gram
  4. Pasir dimasukkan ke dalam oven selama 24 jam dengan temperatur  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$
  5. Timbang pasir hasil oven yang sudah dingin (A).



**Gambar 3. 9** Pengujian Resapan Agregat Halus

Resapan pasir didapatkan dari persamaan berikut:

$$Resapan = \frac{500 - A}{A} \times 100\%$$

c. Hasil Pengujian

Setelah dilakukan pengujian resapan agregat halus didapatkan data sebagai berikut.

**Tabel 3. 4** Hasil Uji Resapan Air Agregat Halus

<b>Berat Pasir SSD</b>	<b>Berat Setelah Oven</b>	<b>Resapan Air</b>
500,0	498,1	0,38%
500,0	497,9	0,42%
500,0	497,4	0,52%
Rata-rata		0,44%

### 3.2.6 Kadar Air Resapan Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan adalah batu pecah dengan ukuran maksimal 20 mm. Pengujian agregat kasar yang perlu

dilakukan adalah kadar resapan air mengacu pada ASTM C127-88 dengan metode pengujian sebagai berikut:

- a. Alat dan Bahan
  1. Ayakan No.4
  2. Loyang
  3. Corong dan penumbuk
  4. Oven
- b. Tahapan
  1. Ayak kerikil menggunakan saringan No. 4, ambil yang tertahan
  2. Rendam kerikil selama 24 jam, lalu lap menggunakan kain hingga permukaan kerikil kering (SSD)
  3. Timbang kerikil kondisi SSD seberat 3000 gram
  4. Kerikil dimasukkan kedalam oven selama 24 jam dengan temperatur  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$
  5. Timbang kerikil hasil oven yang sudah dingin (A).



**Gambar 3. 10** Pengujian Resapan Agregat Kasar

Resapan kerikil didapatkan dari persamaan berikut:

$$\text{Resapan} = \frac{3000 - A}{A} \times 100\%$$

c. Hasil Pengujian

Setelah dilakukan pengujian resapan agregat kasar didapatkan data sebagai berikut.

**Tabel 3. 5** Hasil Uji Resapan Air Agregat Kasar

<b>Berat Kerikil SSD</b>	<b>Berat Setelah Oven</b>	<b>Resapan Air</b>
3000	2942,2	1,96%
3000	2942,4	1,96%
3000	2942,2	1,96%
Rata-rata		1,96%

### 3.3. Rencana Komposisi Bahan

Untuk membuat komposisi mortar geopolimer berdasarkan dari jurnal terdahulu, digunakan komposisi pasta sebagai berikut:

1. Kadar NaOH sebesar 12 Molar
2. Perbandingan antara Natrium Hidroksida (NaOH) dengan Natrium Silikat ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) sebesar 1:1; 1:1,5; 1:2; dan 1:2,5
3. Pemberian kode mix sebagai berikut:

**Tabel 3. 6** Kode Mix Semen Geopolimer

<b>Kode Mix</b>	<b>Perbandingan Rasio Aktivator</b>
GC2	1 : 1
GC3	1 : 1,5
GC4	1 : 2
GC5	1 : 2,5

Pembuatan *mix design* mengacu pada penelitian beton geopolimer terdahulu oleh (Tanakorn Phoo-ngernkham et al., 2018), serta (Wibowo et al., 2020) kemudian selanjutnya dikonversi ke metode kering, dan dilanjutkan mengonversi menjadi *mix design* mortar dengan menghilangkan agregat kasar.

### 3.3.1 Pembuatan *Mix Design* beton

Pembuatan *mix design* beton mengacu pada penelitian sebelumnya (Tanakorn Phoo-ngernkham et al., 2018) dengan tahapan perhitungan sebagai berikut.

#### 1. Pemilihan ukuran maksimum agregat kasar

Pemilihan ukuran maksimum agregat kasar. Langkah ini adalah untuk memilih ukuran maksimum agregat kasar untuk pencampuran beton berbahan dasar *fly ash* dengan kandungan kalsium tinggi. Tiga ukuran agregat kasar yang berbeda telah diselidiki, yaitu 4,5–9,5 mm atau rata-rata 7 mm, 9,5-12,5 mm atau rata-rata 10 mm, dan 12,5-20,0 mm atau rata-rata 16 mm.

**Tabel 3. 7** Kadar Air Maksimum dan Persentase Udara per meter kubik beton

Ukuran Maksimum Agregat (mm)	Kandungan Air Maksimum (kg/m <sup>3</sup> )	Persentase Void (%)
10	225	3,0
12,5	215	2,5
<b>20</b>	<b>200</b>	<b>2,0</b>

2. Pemilihan larutan alkali aktivator (AAS) dan kandungan udara

Konten AAS dan konten udara didasarkan pada maksimum ukuran agregat kasar sesuai standar ACI. AAS maksimum dan persentase udara per meter kubik beton dalam penelitian ini dipilih dengan menggunakan kondisi penurunan sekitar 20 mm

3. Penyesuaian jumlah larutan pengaktif alkali (AAS) karena persentase kekosongan pada agregat halus

Sesuai ACI 211.4R-93, campuran beton telah direkomendasikan untuk menggunakan agregat halus dengan modulus kehalusan dari 2.4 sampai 3.2. Namun, partikel yang membentuk dan tekstur permukaan agregat halus memiliki efek pada isi cairannya, oleh karena itu, pencampuran persyaratan air mungkin diberikan. Jika tidak, penyetelan isi air harus ditambahkan ke dalam kandungan air yang dibutuhkan. Oleh karena itu, penelitian ini akan menghitung konten AAS karena persentase kekosongan dalam agregat halus dengan cara yang mirip dengan beton semen Portland. Penyesuaian ini dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

Penyesuaian AAS :

$$\left[ \left[ 1 - \left( \frac{\rho_{RS}}{SG\rho_W} \right) \times 100 \right] \right] - 35 \times 4,75$$

Penyesuaian AAS adalah penyesuaian konten AAS (kg/m<sup>3</sup>),  $\rho_{RS}$  adalah kepadatan agregat halus dalam kondisi SSD / Volume (kg/m<sup>3</sup>), SG adalah gravitasi spesifik dari agregat halus, dan  $\rho_W$  adalah kepadatan air (kg/m<sup>3</sup>).

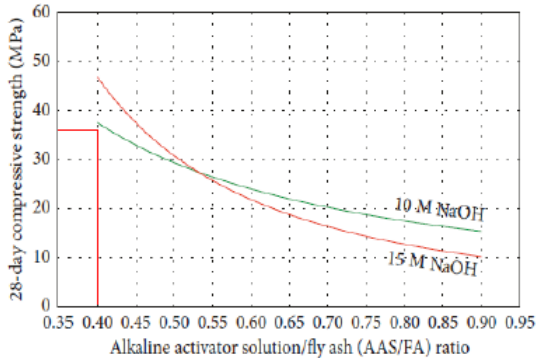
Dari peneliti terdahulu (Fadhlurohman,2020) didapatkan:

SG : 2,78

$\rho_{RS}$  : 1573,33 kg/m<sup>3</sup>

Maka didapatkan AAS = 240,2 kg/m<sup>3</sup>

4. Memilih larutan alkali aktivator untuk rasio fly ash (AAS/FA)



**Gambar 3. 11** Grafik Kuat Tekan Beton terhadap rasio (AAS/FA)

Dengan merencanakan kuat tekan sebesar 35 MPa maka didapatkan rasio AAS/FA sebesar 0,4. NaOH 12 Molar.

5. Menentukan jumlah fly ash

Berat pengikat yang dibutuhkan per meter kubik AAS/FA dapat ditentukan dengan membagi nilai mencampur konten AAS setelah penyesuaian AAS konten karena persentase kekosongan dalam agregat halus.

$$\begin{aligned}
 \text{Konten fly ash} &= \frac{\text{AAS}}{\text{Rasio AAS/FA}} \\
 &= \frac{240,21}{0,4} \\
 &= 600,5 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$



6. Menentukan jumlah NaOH dan Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>

Pada contoh perhitungan ini digunakan perbandingan NaOH dan Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> sebesar 1:1. Masing-masing kebutuhan larutan aktivator dapat dihitung sebagai berikut:

$$Na_2SiO_3 = \frac{AAS}{\left[ 1 + \left( \frac{1}{(Na_2SiO_3/NaOH)} \right) \right]}$$

$$NaOH = AAS - \frac{AAS}{\left[ 1 + \left( \frac{1}{(Na_2SiO_3/NaOH)} \right) \right]}$$

Maka didapatkan:

$$Na_2SiO_3 : 120,10 \text{ kg/m}^3$$

$$NaOH : 120,10 \text{ kg/m}^3$$

7. Menentukan agregat halus dan kasar

Massa konten agregat halus dan kasar ditentukan sesuai metode volume absolut. Biarkan persentasenya dari agregat halus dalam total agregat menjadi 30% dan agregat kasar menjadi 70%. Baik dan kasar konten agregat ditentukan menggunakan yang berikut ini persamaan:

$$M_{RS} = 0,3S_{G(RS)}[1 - V_{FA} - V_{NaOH} - V_{Na_2SiO_3} - V_{Air}]x100$$

$$M_{LS} = 0,3S_{G(LS)}[1 - V_{FA} - V_{NaOH} - V_{Na_2SiO_3} - V_{Air}]x100$$

Di mana *MRS* adalah massa agregat halus (kg), *MLS* adalah massa agregat kasar (kg), *SG(RS)* adalah spesifik gravitasi dari agregat halus, *SG(LS)* adalah gravitasi spesifik agregat kasar, *VFA* adalah volume fly ash, *VNaOH* adalah volume NaOH, *VNa<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>* adalah volume Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>, dan *Vair* adalah volume udara yang terperangkap. Dari peneliti terdahulu (Fadhlurohman,2020) didapatkan:

$$S_{G(RS)} : 2,7829$$

$$S_{G(LS)} : 2,6784$$

Dari perhitungan diatas didapatkan:

$$V_{FA} : 600,5 \text{ kg/m}^3$$

$$V_{Na_2SiO_3} : 120,1 \text{ kg/m}^3$$

$$V_{NaOH} : 120,1 \text{ kg/m}^3$$

$$V_{air} : 2,0 \text{ kg/m}^3$$

### 3.3.2 Konversi *Mix Design* Metode Basah ke Metode Kering

Berdasarkan langkah mix design oleh (Tanakorn Phoo-ngernkham et al., 2018) adalah menggunakan pencampuran basah. Maka diperlukan konversi dari metode pencampuran basah ke metode pencampuran kering. Konversi ke metode kering bertujuan untuk mempermudah pembuatan beton geopolimer, karena padatan NaOH dan  $Na_2SiO_3$  digrinding bersama dengan fly ash dan menghasilkan semen geopolimer. Semen geopolimer tersebut tinggal dicampur dengan air dan agregat serta admixture, maka jadilah beton geopolimer. Konversi ke metode kering juga diharapkan mudah diterima di masyarakat untuk kedepannya jika beton geopolimer diimplementasikan di masyarakat, karena tidak perlu menghitung perbandingan bahan kimia (larutan alkali aktivator) dan bahan pengikat. Konversi campuran basah ke campuran kering (Yasin, 2017), sebagai berikut:

**Tabel 3. 8** Perbandingan berat NaOH larutan dan Padatan

Molaritas	Padatan (gr)	Air (gr)	Padatan/Larutan	Padatan/Air	Berat NaOH (kg)
12 M	480	876,9	35%	55%	0,354

**Tabel 3. 9** Kandungan Oksida dalam Larutan  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ 

Senyawa	Kadar (%)
$\text{SiO}_2$	21,7
$\text{Na}_2\text{O}$	18,7
$\text{H}_2\text{O}$	46,4

- Massa  $\text{NaOH}$  ( $W_{ph}$ ) dalam padatan (12M)

$$W_{ph} = W_{lh} \frac{\text{Padatan}}{\text{Larutan}}$$

$$= 120,1 \text{ gram} \cdot 0,354$$

$$= 42,49 \text{ kg/m}^3$$

- Massa  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  ( $W_{ps}$ ) dalam padatan

$$W_{ps} = W_{ls} \cdot (100\% - \%H_2O)$$

$$= 120,1 \cdot (100\% - 46,44\%)$$

$$= 48,53 \text{ kg/m}^3$$

- Rasio air terhadap bahan pengikat

$$\text{Air dalam larutan NaOH } (W_{wh})$$

$$= 120,1 - 42,49$$

$$= 77,62 \text{ kg/m}^3$$

Air dalam larutan  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  ( $W_{wls}$ )

$$= 120,1 - 48,53$$

$$= 71,57 \text{ kg/m}^3$$

Air total ( $W_{tot}$ )

$$= 77,62 + 71,57$$

$$= 149,19 \text{ kg/m}^3$$

**Tabel 3. 10** Rekapitulasi Mix Design Beton 1:1

Material	Berat per meter kubik ( $\text{kg/m}^3$ )
Fly ash	600,5
Agregat kasar (RS)	508,9

Agregat halus (LS)	1142,9
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	48,5
NaOH	42,5
H <sub>2</sub> O	149,2
Berat Jenis Beton	2492,5

### 3.3.3 Konversi *Mix Design* Beton ke *Mix Design* Mortar

#### 1. Menentukan Resapan agregat

Dari pengujian material didapatkan resapan air agregat sebagai berikut:

$$\text{Resapan air agregat halus} = 0,442\%$$

$$\text{Resapan air agregat kasar} = 1,960\%$$

#### 2. Pengurangan Air akibat hilangnya agregat

Untuk keperluan pembuatan mortar dimana hanya digunakan agregat halus, maka agregat kasar (kerikil) serta resapan air agregat kasar perlu dihilangkan. Pengurangan air akibat hilangnya kerikil dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \% \text{ Pengurangan Air} &= RS \times \text{Resapan Kerikil} \\ &= 508,9 \times 1,960\% \\ &= 9,975 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas, didapatkan mix desain untuk mortar geopolimer perbandingan aktivator 1:1 sebagai berikut:

**Tabel 3. 11** Mix Design Mortar 1:1

<b>Material</b>	<b>Berat per meter kubik (kg/m<sup>3</sup>)</b>
Fly ash	600,5
Agregat halus (LS)	1142,9
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	48,5
NaOH	42,5
H <sub>2</sub> O	139,21

### 3.3.4 Pembuatan Mix Desain Semen Portland

Mortar berbasis semen portland perlu disiapkan sebagai pembanding atau sebagai variabel kontrol. Dengan mengacu pada SNI 2049-2004 didapatkan rasio untuk membuat benda uji mortar sebagai berikut:

**Tabel 3. 12** Rasio mortar semen portland

<b>Material</b>	<b>Rasio</b>
Pasir	2,500
Semen	1,000
Air	0,485

### 3.3.5 Rekapitulasi hasil *mix design*

Dengan langkah yang sama, diperoleh mix design mortar dengan berbagai variasi rasio aktivator sebagai berikut:

**Tabel 3. 13** Rekapitulasi Mix Desain Mortar Geopolimer

<b>Material</b>	<b>GC2 1 : 1 (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>GC3 1 : 1,5 (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>GC4 1 : 2 (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>GC5 1 : 2,5 (kg/m<sup>3</sup>)</b>
Fly ash	730,25	728,38	727,14	726,26
Pasir	1389,78	1392,42	1394,17	1395,42
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	59,02	70,64	78,36	83,85
NaOH	51,67	41,23	34,30	29,36
H <sub>2</sub> O	169,29	167,33	166,04	165,11

### 3.4. Keperluan Benda Uji Setiap Komposisi

Jumlah benda uji yang diperlukan dalam penelitian ini terdapat pada tabel berikut:

<b>Pengujian</b>	<b>Umur (hari)</b>			<b>Total Benda Uji</b>	<b>Benda Uji</b>
	<b>3</b>	<b>7</b>	<b>28</b>		
Setting Time	-	-	-	1	Vicat
UPV	-	-	3	3	Silinder
Porositas	-	-	-	-	Silinder
Resistivitas	-	-	-	-	Silinder
Kuat Tekan	6	6	6	18	Kubus

Pengujian *Non Destructive Test* seperti resistivitas dan UPV dapat menggunakan benda uji yang sama dan kemudian benda uji digunakan untuk pengujian porositas. Volume masing-masing benda uji dapat diperoleh dari perhitungan dibawah ini.

1. Setting Time (Cincin vicat)

$$V = 525,9 \text{ cm}^3$$

2. Kubus 15x15x15 cm

$$\begin{aligned} V &= 15 \times 15 \times 15 \\ &= 3375,0 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

3. Kubus 5x5x5 cm  
 $V = 5 \times 5 \times 5$   
 $= 125 \text{ cm}^3$
4. Silinder 10x20 cm  
 $V = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \phi^2 \cdot t$   
 $= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 20$   
 $= 1570,8 \text{ cm}^3$

Volume total keperluan benda uji dapat dilihat pada tabel berikut.

**Tabel 3. 14** Keperluan Volume Benda Uji

Benda Uji	Volume (cm <sup>3</sup> )	Keperluan Benda Uji	Volume Total (cm <sup>3</sup> )
Kubus 15x15	3375	1	3375,00
Kubus 5x5	125	18	2250,00
Silinder 10x20	1570,8	3	4712,39
TOTAL			10337,39

### 3.5. Pembuatan Semen Geopolimer

Sebelum proses pengecoran beton, bahan-bahan alkali aktifator dan fly ash dihaluskan dan ditumbuk menjadi satu untuk dibuat menjadi semen geopolimer. Proses penumbukan dan pencampuran bahan-bahan ini dinamakan grinding. Proses grinding semen geopolimer ini menggunakan mesin grinder yang berbentuk seperti mesin uji abrasi los angeles dengan bola-bola baja pejal sebagai penumbuknya. Berikut Langkah-langkah proses grinding semen geopolimer sebagai berikut:



**Gambar 3. 12** Alat dan Bahan Pembuatan Semen Geopolimer (a) Bola Pejal (b) Mesin Grinding (ball mill) (c) Alkali Aktivator (d) Fly ash

Metode pembuatan semen adalah sebagai berikut:

1. Menimbang fly ash, NaOH, dan  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  sesuai dengan mix design.
2. Memasukan fly ash, NaOH, dan  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  yang sudah ditimbang ke dalam mesin grinding.
3. Memasukan bola baja pejal sebanyak 25 buah ke dalam mesin grinding.
4. Tutup mesin grinding lalu kencangkan sekrup penutupnya.
5. Putar mesin grinding dengan kecepatan rpm  $\pm 13$  sebanyak 500 putaran.



6. Setelah Selesai keluarkan bola baja terlebih dahulu, lalu keluarkan semen dari mesin grinding.
7. Simpan semen geopolimer pada wadah yang tertutup.



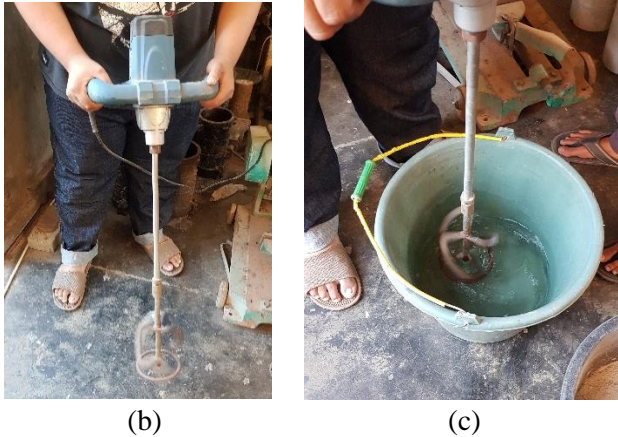
**Gambar 3. 13** Hasil Semen Geopolimer (kiri) semen portland (kanan)

### **3.6. Pengecoran Mortar Geopolimer**

Setelah proses pembuatan semen geopolimer, langkah selanjutnya yaitu pengecoran mortar geopolimer. Berikut merupakan langkah pengecoran mortar geopolimer:



(a)



**Gambar 3. 14** Peralatan untuk pengecoran mortar geopolimer (a) bekisting (b) mixer (c) wadah pengadukan adonan mortar

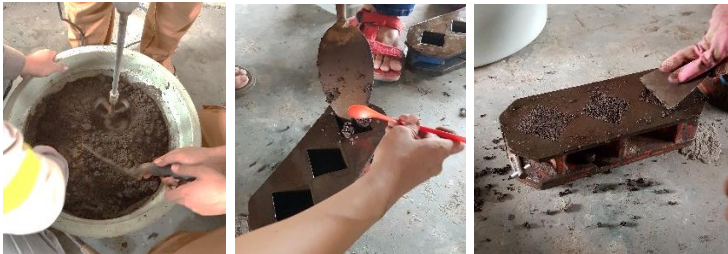


**Gambar 3. 15** Bahan pengecoran Mortar Geopolimer (a) Air (b) Semen Geopolimer (c) Pasir

Metode pengecoran mortar geopolimer adalah sebagai berikut:

1. Ayak pasir menggunakan ayakan No.4 dan timbang sesuai dengan mix design

2. Timbang air sesuai dengan kebutuhan mix design
3. Basahi wadah pengecoran dan mata bor mixer agar tidak ada material yang menempel sehingga seluruh material dapat bereaksi secara sempurna
4. Masukkan pasir dan semen pada wadah
5. Masukkan air dan mulai aduk menggunakan bor dengan rpm sedang selama 10 menit.
6. Setelah adonan terlihat homogen, tuang kedalam bekisting
7. Tekan adonan menggunakan alat rojok dan pukul sisi luar bekisting menggunakan palu agar udara pada adonan naik ke permukaan sehingga padat.
8. Lepas cetakan mortar geopolimer setelah 24 jam.



**Gambar 3. 16** Proses pengecoran mortar geopolimer



**Gambar 3. 17** Benda Uji Mortar Geopolimar (kiri) Mortar Portland (kanan)

### **3.7. Perawatan (*Curing*)**

Curing merupakan perawatan untuk benda uji beton yang dilakukan untuk mencegah penguapan air yang berlebihan. Kekuatan beton ini sendiri juga sangat dipengaruhi oleh kandungan air atau pencampur itu sendiri. Curing pada penelitian ini yaitu curing pada suhu ruang (*ambient curing*) pada wadah plastik. Benda uji dimasukkan pada kantong plastik dalam suatu ruangan dan suhu ruangan tersebut harus dipantau selama 3 hari berturut turut dengan menggunakan termometer ruangan. Suhu yang diperoleh sekitar  $30^{\circ}\text{C}$  -  $36^{\circ}\text{C}$ .



**Gambar 3. 18** Suasana Perawatan Mortar Geopolimer

### **3.8. Standar Pengujian**

#### **3.8.1 Pengujian Waktu Ikat**

Pengujian waktu ikat ini diperlukan untuk mengetahui waktu pengikatan awal (mulai mengikat) dan pengikatan akhir (mulai mengeras) dari semen geopolimer. Pengujian ini dilakukan berdasarkan ASTM C191-92.

- Alat

1. Seperangkat alat vicat
2. Timbangan
3. *Stopwatch*
4. Gelas ukur
5. *Mixer*
6. Spatula plastik

- Bahan

1. NaOH sesuai dengan molaritas
2.  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$
3. *Fly ash*

- Tahapan

1. Timbang *fly ash*, NaOH, Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>, dan air sesuai takaran. Kemudian masukkan *fly ash* ke dalam mixer untuk dihaluskan terlebih dahulu. Setelah halus masukkan NaOH dan Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>. Jika sudah tercampur tambahkan air sedikit demi sedikit. Aduk pasta selama kurang lebih 3 menit hingga campuran menjadi rata.
2. Letakkan pasta ke dalam wadah vicat kemudian pasta diratakan menggunakan spatula plastik. Letakkan jarum vicat diameter kecil (1 mm), tunggu 5 menit.
3. Setelah 5 menit, tempelkan ujung jarum pada tengah permukaan pasta dan setelah 30 detik jarum di hentikan dan penurunan jarum di baca dan di catat.
4. Angkat jarum vicat dan lap untuk membersihkan semen *geopolimer* yang menempel pada jarum vicat.
5. Begitu seterusnya, setiap 5 menit dites dan dicatat sampai penurunnya kurang dari 5 mm dan percobaan dihentikan.



**Gambar 3. 19** Pengujian Waktu Ikat Pasta Geopolimer

### 3.8.2 Pengujian UPV

Pengujian UPV (*Ultrasonic Pulse Velocity*) dilakukan berdasarkan ASTM C597. Langkah-langkah pengujian sebagai berikut.

- Alat

1. Seperangkat *Ultrasonic Pulse Velocity*
2. *Grease*
3. Keki

- Bahan

1. Benda uji

- Tahapan

1. Pasang kabel pada alat *UPV*.
2. Oleskan *grease* menggunakan keki pada permukaan benda uji di sisi yang berlawanan.
3. Tempelkan kedua alat *UPV* pada benda uji yang telah dilumuri *grease*
4. Catat hasil  $t$ ,  $l$ , dan  $v$  yang tertera pada layar alat *UPV*.



Gambar 3. 20 Pengujian UPV

### 3.8.3 Pengujian Porositas

Pengujian porositas dilakukan untuk mengetahui rasio volume ruang kosong (pori) terhadap volume total mortar geopolimer. Pengujian porositas pada mortar geopolimer dilakukan pada umur 28 hari. Berdasarkan ASTM C 642-06 berikut adalah pengujian porositas mortar:

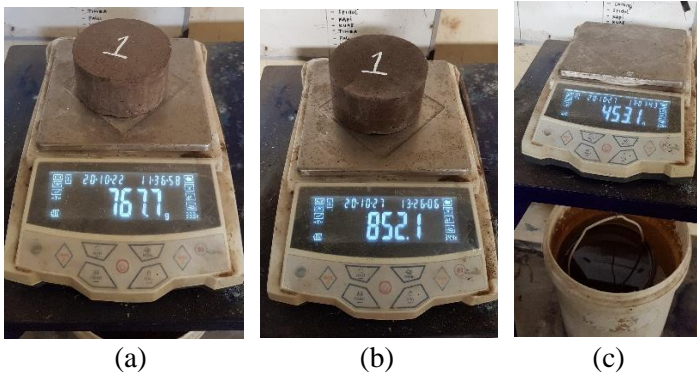
- Alat
  1. Timbangan Digital
  2. Mesin Gerinda
  3. Kain Lap
  4. Oven
  5. Wadah Air
  
- Bahan
  1. Mortar geopolimer umur 28 hari
  2. Air
  
- Tahapan
  1. Tandai benda uji silinder 10x20 cm menggunakan spidol tiap 5 cm menjadi 3 bagian, agar memudahkan saat memotong benda uji.
  2. Potong benda uji beton geopolimer dengan menggunakan mesin gerinda, pada tiap 5 cm tadi.
  3. Masukkan benda uji ke dalam oven dengan suhu  $100^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  Selama 24 jam
  4. Setelah di oven keluarkan benda uji dari oven dan angin angin kan pada suhu kamar, kemudian ditimbang. Lalu masukan benda uji kedalam oven selama 24 jam
  5. Keluarkan benda uji, setelah itu ditimbang untuk mendapatkan berat benda uji kondisi oven kering dengan perbedaan
  6. Kemudian rendam benda uji didalam air pada wadah yang telah dipersiapkan



7. Setelah direndam selama minimal 2x24 jam, benda uji ditimbang dalam air untuk mendapatkan berat didalam air
8. Benda uji yang telah ditimbang dalam air, dilap permukaannya untuk mendapatkan kondisi SSD
9. Benda uji ditimbang untuk mendapatkan berat beton dalam kondisi SSD.



**Gambar 3. 21** Pemotongan Benda Uji untuk Porositas



**Gambar 3. 22** Pengujian Porositas (a) Kering Oven (b) SSD (c) Dalam Air

### 3.8.4 Pengujian Resistivitas

Selimit beton berfungsi sebagai pelindung baja tulangan dari penetrasi ion klorida, sehingga beton perlu diuji tingkat resistivitasnya terhadap ion klorida. Uji Resistivity dilakukan untuk mengetahui kerentanan tingkat korosi pada beton terhadap penetrasi ion klorida.

- Alat:

1. Alat Wenner Four Probe

- Bahan:

1. Beton Geopolimer
2. Air

- Tahapan:

1. Mempersiapkan alat dan bahan.
2. Membersihkan permukaan benda uji.
3. Membasahi permukaan yang akan diuji dengan air.
4. Meletakkan alat wenner four probe pada permukaan beton yang akan uji.
5. Menekan alat hingga keluar besaran nilai resistivity pada layar.
6. Memindahkan alat uji ke titik uji selanjutnya dan mengulangi langkah sama sebelumnya pada seluruh titik uji.
7. Mencatat hasil uji pada form yang sudah disiapkan.



**Gambar 3. 23** Pengujian Resistivitas

### 3.8.5 Pengujian Kuat Tekan

Uji kuat tekan dilakukan pada mortar dengan umur 3 hari, 7 hari, dan 28 hari. Nilai kuat tekan mortar untuk setiap umur, diambil dari nilai rata-rata 6 benda uji yang digunakan untuk keakuratan hasil yang diperoleh, berikut adalah tahap pengujian kuat tekan mortar:

- Alat:
  1. Alat uji kuat tekan
  2. Timbangan
- Bahan:
  1. Benda uji mortar geopolimer kubus 5x5 cm
- Tahapan:
  1. Timbang benda uji mortar geopolimer.
  3. Letakkan mortar pada alat uji tekan beton.
  4. Mesin diturunkan dengan perlahan.
  5. Hasil kuat tekan dapat terlihat pada layar alat uji kuat tekan.
  6. Besarnya angka yang ditunjukkan oleh alat merupakan yang mampu dipikul beton berupa ton sehingga untuk mendapatkan kuat tekan yang diinginkan maka besarnya beban dalam satuan ton tersebut harus dibebani dengan luas permukaan benda uji yang terbebani



**Gambar 3. 24** Benda Uji Setelah Uji Kuat Tekan

*(Halaman sengaja dikosongkan)*

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Karakteristik Limbah Fly Ash

#### 4.1.1 Hasil Uji XRF pada Fly Ash

Data hasil uji XRF dari Laboratorium Energi dan Lingkungan LPPM ITS menunjukkan persentase dari masing-masing senyawa oksida penyusun fly ash, seperti yang ditampilkan pada tabel 4.1 berikut ini:

**Tabel 4. 1** Kandungan Senyawa Oksida pada Fly Ash

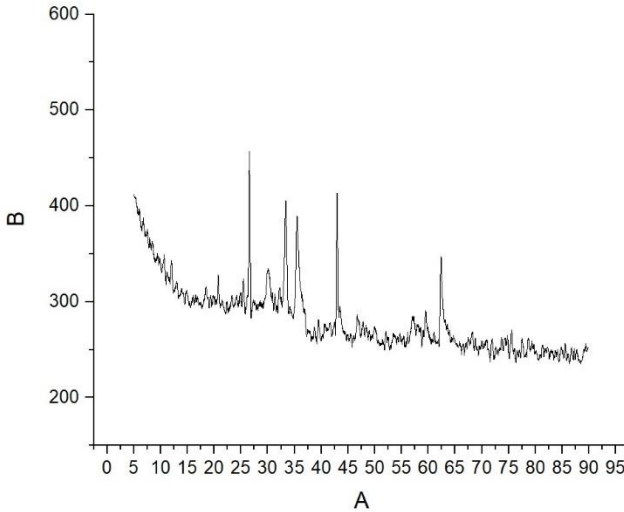
Senyawa Oksida	(%)	Senyawa Oksida	(%)
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	40,1	MgO	1,8
SiO <sub>2</sub>	22,0	K <sub>2</sub> O	1,26
CaO	21,4	TiO <sub>2</sub>	0,86
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,3	BaO	0,59
MoO <sub>3</sub>	3,55	MnO	0,73
HgO	0,9	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,41
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,04		

Berdasarkan hasil uji XRF pada tabel 4.1, dapat diketahui bahwa jumlah Senyawa oksida CaO yang terkandung pada fly ash sebesar 21,4% sehingga kandungan CaO lebih besar dari sepuluh persen (21,4% > 10%), dan jumlah kumulatif dari senyawa oksida Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, dan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Sebesar 68,4% sehingga bernilai lebih besar dari 50% (68,4% > 50%). Berdasarkan hasil parameter persentase senyawa oksida yang ditinjau dari ASTM C 618 tersebut, maka fly ash yang digunakan untuk pembuatan beton geopolimer termasuk dalam kelompok fly ash tipe C (*high calcium fly ash*).

#### 4.1.2 Hasil Uji XRD pada Fly Ash

Hasil uji xrd menunjukkan kandungan fasa amorf dan fasa kristalin pada material fly ash. Data hasil uji XRD dari

Laboratorium Energi dan Lingkungan LPPM ITS perlu di analisa terlebih dahulu menggunakan software OriginPro.



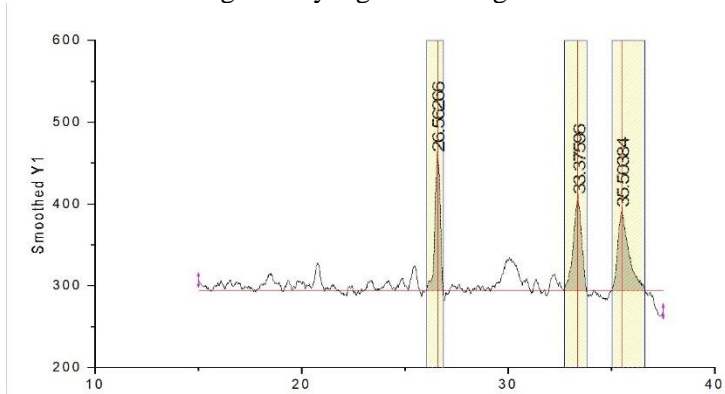
**Gambar 4. 1** Puncak Kristalin

Grafik difraksi pada sudut 2Tetha 5o-20o tidak dianalisa karena pada rentang tersebut merupakan fase scanning alat XRD X’pert PRO PANanalytical. Analisa Indeks Kristalin dibagi menjadi 2 rentang sudut 2Tetha karena grafik difraksi *fly ash* memiliki *baseline* yang berbeda-beda. *Baseline* ditentukan berdasarkan tren grafik difraksi yang memiliki intensitas hampir sama. Penentuan *baseline* sebagai acuan analisa sangat menentukan presentase Indeks Kristalin karena berpengaruh terhadap luasan fasa yang ditinjau. Pembagian rentang sudut dapat dilihat pada tabel berikut.

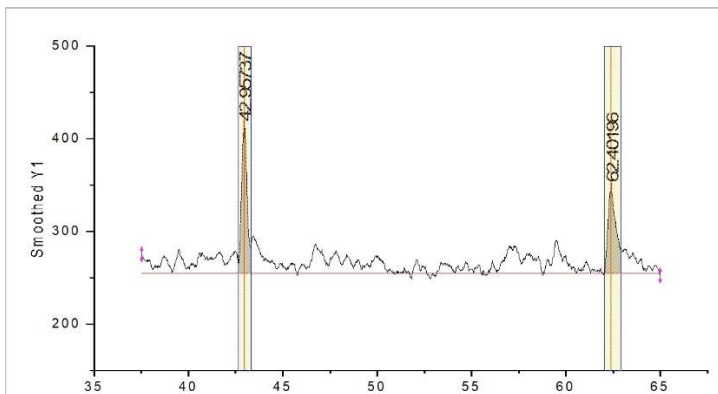
**Tabel 4. 2** Pembagian Rentan Sudut 2Tetha

<b>Rentan Sudut</b>	<b>Baseline (intensitas)</b>
15°-37,5°	295
37,5°-65°	255

Setelah melakukan penentuan *baseline* maka analisa Indeks Kristalin dapat dilakukan menggunakan *software* OriginPro. analisa Indeks kristalin dilakukan sebanyak 2x berdasarkan rentang sudut yang telah dibagi.



**Gambar 4. 2** Area Kristalin pada sudut  $15^{\circ}$ - $37,5^{\circ}$



**Gambar 4. 3** Area Kristalin pada sudut  $37,5^{\circ}$ - $65^{\circ}$

Setelah mengetahui puncak kristalin pada grafik XRD, dapat ditentukan luas area kristalin. Area berwarna kuning pada gambar 4.2 dan gambar 4.3 merupakan area kristalin dengan luas sebagai berikut:

**Tabel 4. 3** Luas Area Kristalin

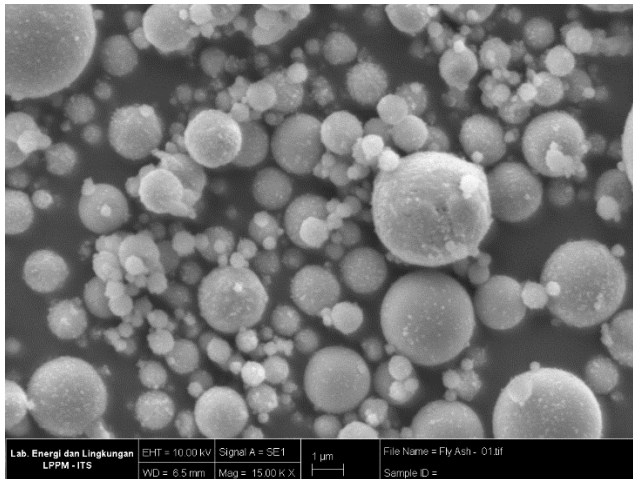
<b>No. Puncak</b>	<b>Luas Area</b>
1	47,15
2	50,90
3	59,12
4	54,09
5	45,56
Total Kristalin	256,8319

Total area difraksi didapatkan dari software OriginPro sebesar 637,66. Maka perbandingan kristalin terhadap seluruh area difraksi sebesar 40,3% sehingga besar indeks amorf didapatkan sebesar  $100\% - 40,3\% = 59,7\%$ . Semakin tinggi indeks amorf berpengaruh baik terhadap reaktifitas alkali pada beton geopolimer. Padatan amorf lebih cepat bereaksi apabila dilarutkan dengan alkali aktivator (Fernández-Jiménez & Palomo, 2005; Lloyd dkk, 2009; Palomo dkk, 2007; Gunasekara dkk, 2019).

#### **4.1.3 Hasil Uji SEM-EDX pada Fly Ash**

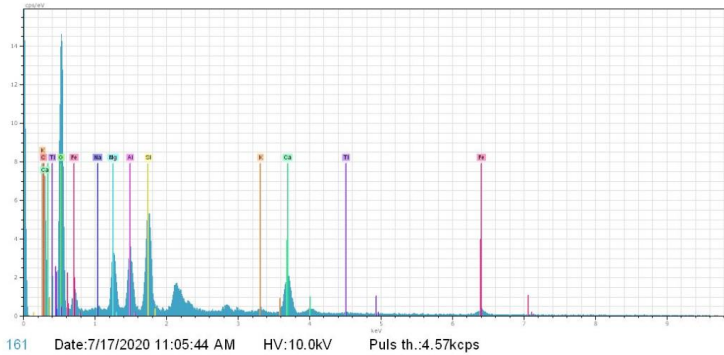
Pengujian Scanning Electron Microscope (SEM) pada fly ash bertujuan untuk dapat mengamati karakteristik bentuk, struktur dan distribusi pori pada fly ash, sedangkan untuk dapat mengetahui komposisi serta kadar unsur yang terkandung dapat dianalisis menggunakan EDX. Pengujian ini dilakukan di LPPM ITS Surabaya.





**Gambar 4. 4 SEM-EDX Pembesaran 1500K Kali**

El	AN	Series	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Error [%]
O	8	K-series	35.77	49.47	58.39	21.0
C	6	K-series	11.02	15.24	23.96	1.9
Fe	26	K-series	9.62	13.30	4.50	0.6
Ca	20	K-series	6.36	8.79	4.14	0.3
Si	14	K-series	5.17	7.15	4.80	0.2
Al	13	K-series	1.99	2.75	1.92	0.1
Mg	12	K-series	1.81	2.50	1.94	0.1
Ti	22	K-series	0.39	0.54	0.21	0.1
K	19	K-series	0.18	0.25	0.12	0.0
Na	11	K-series	0.00	0.00	0.00	0.0
Total:			72.30	100.00	100.00	



**Gambar 4. 5** Kandungan Unsur hasil SEM-EDX

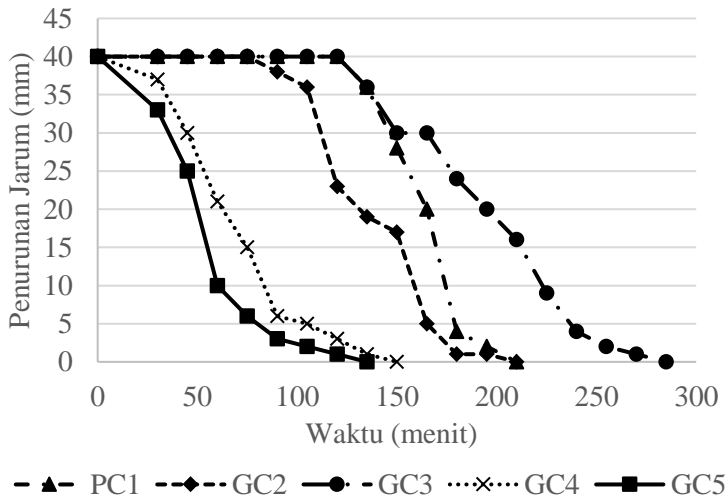
Hasil analisis SEM menunjukkan bahwa bentuk partikel yang ada pada fly ash Tipe C berbentuk bulat halus serta distribusi ukuran partikelnya tidak merata. Pengujian EDX pada fly ash Tipe C yang ditunjukkan dalam gambar 4.5 mengindikasikan bahwa fly ash tersebut memiliki peak (puncak) yang bertumpang tindih disetiap unsur-unsurnya. Hal ini dikarenakan, padatan fly ash berupa Amorf (Amorphous) yang merupakan penyusun dari suatu material dimana atom-atomnya tersusun secara tidak teratur, sehingga panjang dan sudut ikatan antar atom juga tidak teratur (Takeuchi, 2016; Rachmalia, 2018).

#### 4.2 Hasil Uji Setting Time

Pasta geopolimer dengan konsentrasi NaOH 12 M diuji menggunakan alat vicat apparatus pada suhu ruangan sekitar  $\pm 300$  C dengan perbandingan rasio aktivator NaOH :  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  sebagai variabel bebasnya. Hasil yang diperoleh menunjukkan adanya hubungan penambahan kadar  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  terhadap waktu ikat binder geopolimer yang ditunjukkan pada grafik dan tabel berikut:

Tabel 4. 4 Hasil Uji Setting Time

Kode Mix	Rasio Aktivator	Initial Setting (menit)	Final Setting (menit)	Cek Standar ASTM
ASTM	-	<i>min</i> 45	<i>maks</i> 420	
PC1	PPC	150	210	Memenuhi
GC2	1 : 1	120	210	Memenuhi
GC3	1 : 1,5	180	285	Memenuhi
GC4	1 : 2	60	150	Memenuhi
GC5	1 : 2,5	45	135	Memenuhi



Gambar 4. 6 Grafik penurunan jarum vicat terhadap waktu

Diperoleh waktu ikat awal semen portland 150 menit dan waktu ikat akhir 210 menit. Sementara semen geopolimer rasio aktivator 1:1 didapatkan waktu ikat awal 120 dan waktu ikat akhir 210 menit, semakin besar perbandingan  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  relatif mempercepat waktu ikat semen geopolimer baik pada waktu ikat awal dan waktu ikat akhir.

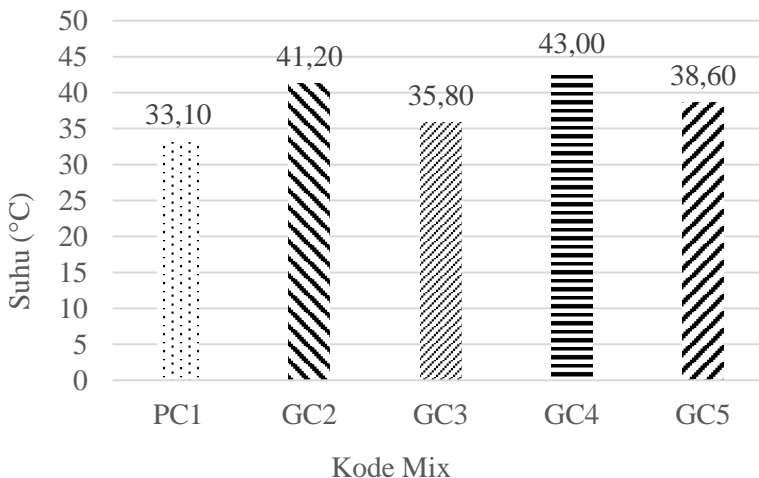
### 4.3 Hasil Uji Sifat Mekanik Mortar Geopoimer

#### 4.3.1 Pengukuran Suhu Adonan Mortar

Ketika proses pengecoran berlangsung, dilakukan pencatatan suhu menggunakan termometer pena, saat adonan mortar telah selesai diaduk selama 10 menit menggunakan mixer dengan rpm sedang. Berikut merupakan suhu adonan mortar.

**Tabel 4. 5** Suhu Adonan Mortar

<b>Kode Mix</b>	<b>Rasio Aktivator</b>	<b>Suhu (°C)</b>
PC1	PPC	33,1
GC2	1 : 1	41,2
GC3	1 : 1,5	35,8
GC4	1 : 2	43,0
GC5	1 : 2,5	38,6



**Gambar 4. 7** Grafik Suhu Adonan Mortar

### 4.3.2 Uji Kuat Tekan

Uji kuat tekan mortar geopolimer dilakukan pada umur 3 hari, 7 hari, dan 28 hari. Dimensi benda uji yang digunakan yaitu kubus 5x5x5 cm. Diberlakukannya *lockdown* akibat pandemi COVID-19 yang berlangsung ditengah penelitian ini mempengaruhi waktu pengujian kuat tekan bergeser 1 hingga 2 hari dari umur benda uji semestinya. Berikut adalah hasil uji kuat tekan:

**Tabel 4. 6** Hasil Uji Kuat Tekan Mortar PC1

<b>Kode Mix</b>	<b>Umur Hari</b>	<b>Nomor Sample</b>	<b>Berat gram</b>	<b>Kuat Tekan Mpa</b>	<b>Rata-rata Mpa</b>	<b>Standar Deviasi</b>	<b>Cek Standar ASTM</b>
ASTM	3	-	-	13,0		-	
	7	-	-	20,0		-	
	28	-	-	28,0		-	
PC1	3	1	252,3	15,68	14,24	1,23	OK
		2	259,9	13,72			
		3	261,8	14,11			
		4	262,3	14,90			
		5	260,0	14,90			
		6	256,6	12,15			
	7	7	253,6	14,50	14,31	1,42	NOT OK
		8	260,7	12,54			
		9	261,3	16,46			
		10	275,0	13,33			
		11	263,7	13,72			
		12	249,7	15,29			
	28	13	270,6	16,07	16,92	1,50	NOT OK
		14	266,5	18,42			
		15	265,8	16,07			
		16	263,7	16,07			
		17	261,3	19,21			
		18	263,2	15,68			

**Tabel 4. 7** Hasil Uji Kuat Tekan Mortar GC2

Kode Mix	Umur Hari	Nomor Sample	Berat gram	Kuat Tekan Mpa	Rata-rata Mpa	Standar Deviasi	Cek Standar ASTM
ASTM	3	-	-	13,0	-		
	7	-	-	20,0	-		
	28	-	-	28,0	-		
GC2	3	1	325,1	14,11	10,26	3,11	<i>NOT OK</i>
		2	273,5	5,88			
		3	287,9	11,37			
		4	278,2	7,45			
		5	299,8	10,19			
		6	307,1	12,54			
	7	7	281,3	10,98	16,46	5,50	<i>NOT OK</i>
		8	317,2	24,30			
		9	274,5	9,41			
		10	272,2	16,86			
		11	281,7	18,03			
		12	298,0	19,21			
	28	13	288,2	16,46	30,45	9,56	<i>OK</i>
		14	277,0	22,34			
		15	294,7	32,54			
		16	298,9	30,97			
		17	304,6	41,16			
		18	311,3	39,20			
	56	19	284,8	35,28	40,70	4,34	-
		20	292,2	36,46			
		21	289,5	41,55			
		22	284,2	40,77			
		23	282,0	47,04			
		24	303,5	43,12			

**Tabel 4. 8** Hasil Uji Kuat Tekan Mortar GC3

<b>Kode Mix</b>	<b>Umur Hari</b>	<b>Nomor Sample</b>	<b>Berat gram</b>	<b>Kuat Tekan Mpa</b>	<b>Rata-rata Mpa</b>	<b>Standar Deviasi</b>	<b>Cek Standar ASTM</b>
ASTM	3	-	-	13,0	-		
	7	-	-	20,0	-		
	28	-	-	28,0	-		
GC3	3	1	299,7	2,74	2,48	0,40	<i>NOT OK</i>
		2	296,9	1,96			
		3	302,0	1,96			
		4	324,3	2,74			
		5	321,0	2,74			
		6	305,0	2,74			
	7	7	290,1	7,84	7,58	1,58	<i>NOT OK</i>
		8	290,9	6,27			
		9	277,4	6,66			
		10	290,4	7,45			
		11	295,3	10,58			
		12	302,6	6,66			
	28	13	279,7	23,52	34,65	8,22	<i>OK</i>
		14	297,7	40,38			
		15	296,3	44,69			
		16	295,1	31,36			
		17	282,8	33,32			

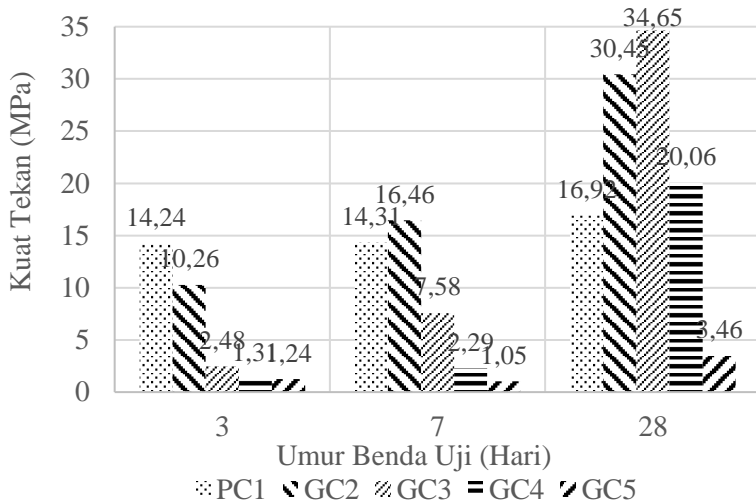


**Tabel 4.9** Hasil Uji Kuat Tekan Mortar GC4

Kode Mix	Umur Hari	Nomor Sample	Berat gram	Kuat Tekan Mpa	Rata-rata Mpa	Standar Deviasi	Cek Standar ASTM
ASTM	3	-	-	13,0	-		
	7	-	-	20,0	-		
	28	-	-	28,0	-		
GC4	3	1	297,7	1,18	1,31	0,20	<i>NOT OK</i>
		2	310,1	1,57			
		3	290,8	1,18			
		4	293,5	1,18			
		5	290,6	1,18			
		6	293,4	1,57			
	7	7	284,2	1,96	2,29	0,46	<i>NOT OK</i>
		8	282,0	1,96			
		9	284,4	1,96			
		10	299,4	2,35			
		11	287,5	3,14			
		12	301,0	2,35			
	28	13	277,6	19,21	20,06	1,85	<i>NOT OK</i>
		14	283,1	21,17			
		15	300,2	22,74			
		16	299,8	19,99			
		17	285,4	19,99			
		18	289,6	17,25			

**Tabel 4. 10** Hasil Uji Kuat Tekan Mortar GC5

Kode Mix	Umur Hari	Nomor Sample	Berat gram	Kuat Tekan Mpa	Rata-rata Mpa	Standar Deviasi	Cek Standar ASTM
ASTM	3	-	-	13,0	-		
	7	-	-	20,0	-		
	28	-	-	28,0	-		
GC5	3	1	294,1	1,57	1,24	0,16	<i>NOT OK</i>
		2	300,7	1,18			
		3	294,9	1,18			
		4	300,3	1,18			
		5	292,2	1,18			
		6	303,9	1,18			
	7	7	286,0	0,78	1,05	0,20	<i>NOT OK</i>
		8	290,5	1,18			
		9	295,8	1,18			
		10	292,2	1,18			
		11	293,6	1,18			
		12	306,1	0,78			
	28	13	294,5	3,53	3,46	0,30	<i>NOT OK</i>
		14	295,2	3,14			
		15	303,3	3,53			
		16	290,5	3,92			
		17	281,1	3,14			
		18	288,7	3,53			



**Gambar 4. 8** Grafik Kuat Tekan

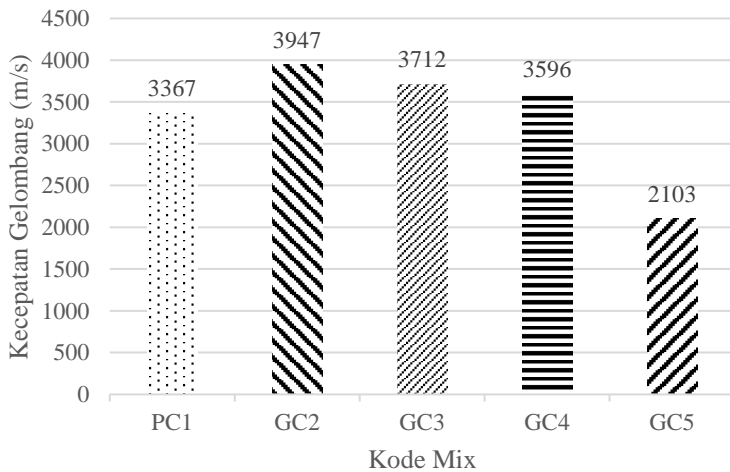
Didapatkan kuat tekan umur 28 hari terbesar pada komposisi GC2 dengan rasio aktivator 1:1 dan GC3 dengan rasio aktivator 1:1,5 sebesar 30,45 MPa dan 34,65 MPa dimana sudah memenuhi standar kuat tekan yaitu sebesar 28 MPa.

### 4.3.3 Uji UPV

Uji UPV (*Ultrasonic Pulse Velocity*) dilakukan untuk mengetahui kepadatan beton dengan memanfaatkan kecepatan gelombang ultrasonik. Semakin cepat rambatan gelombang yang melalui beton, maka kepadatan beton tergolong semakin baik. Data UPV juga dapat digunakan sebagai data pendukung uji kuat tekan. Pengujian UPV dilakukan pada mortar dengan umur 28 hari.

**Tabel 4. 11** Hasil Uji UPV

Kode Mix	Rasio Aktivator	UPV (m/s)			Rata-rata	Klasifikasi
		1	2	3		
PC1	PPC	3380	3370	3400	3367	Sedang
		3440	3450	3390		
		3330	3340	3200		
GC2	1 : 1	3950	3960	3990	3947	Baik
		4020	4020	4010		
		3880	3850	3840		
GC3	1 : 1,5	3540	3530	3520	3712	Baik
		3770	3740	3760		
		3840	3860	3850		
GC4	1 : 2	3780	3760	3720	3596	Baik
		3600	3570	3640		
		3380	3460	3450		
GC5	1 : 2,5	2140	2160	2200	2103	Meragukan
		2010	2030	1930		
		2170	2130	2160		



**Gambar 3. 25** Grafik Hasil Uji UPV

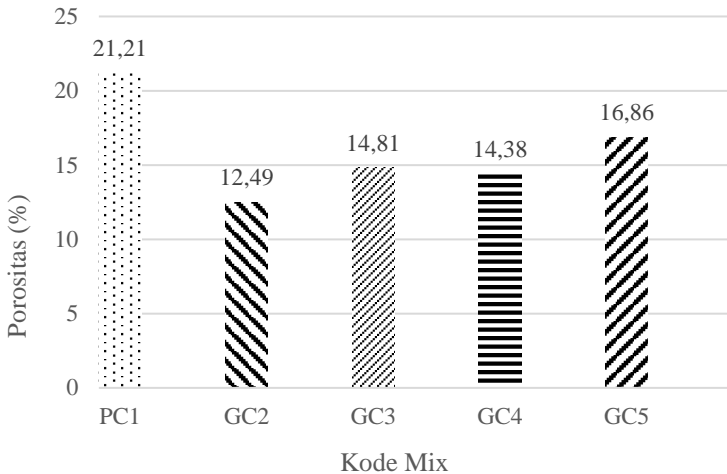
Kepadatan mortar berpengaruh terhadap kuat tekan yang dihasilkan, semakin rendah kecepatan rambat gelombang maka semakin rendah kuat tekan mortar yang dihasilkan.

#### 4.3.4 Uji Porositas

Nilai porositas menunjukkan rasio antara volume seluruh rongga pada benda uji beton dengan volume total benda uji tersebut. Pengujian porositas pada sampel silinder 10 x 5 cm dilakukan pada umur 28 hari dan diperoleh data sebagai berikut:

**Tabel 4. 12** Hasil Uji Porositas

Kode Mix	Rasio Aktivator	Porositas (%)
PC1	PPC	21,21
GC2	1 : 1	12,49
GC3	1 : 1,5	14,81
GC4	1 : 2	14,38
GC5	1 : 2,5	16,86



**Gambar 4. 9** Grafik Hasil Uji Porositas

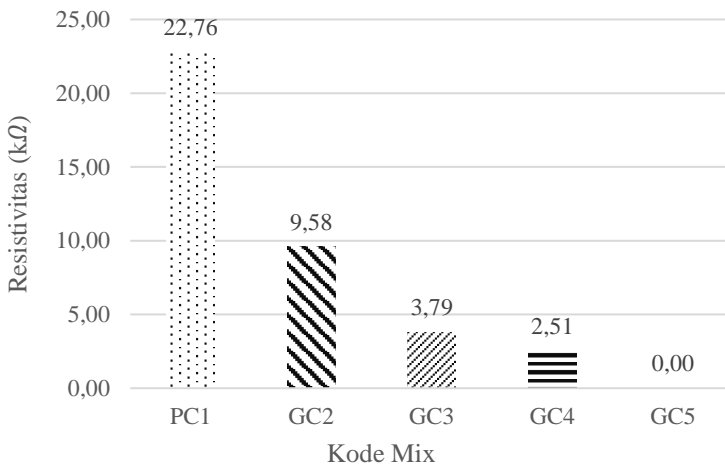
Porositas tertinggi didapatkan pada kode mix GC5 dengan perbandingan rasio aktivator NaOH : Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> 1 : 2,5 sebesar 16,86%.

#### 4.3.5 Uji Resistivitas

Hasil pengujian resistivity menunjukkan ketahanan beton dalam menahan laju korosi akibat penetrasi ion klorida. Pengujian dilakukan pada umur 28 hari. Berikut adalah hasil dari pengujian resistivity:

**Tabel 4. 13** Hasil Uji Resistivitas

Kode Mix	Rasio Aktivator	Resistivitas (k $\Omega$ )	Klasifikasi
PC1	PPC	22,76	Low
GC2	1 : 1	9,58	High
GC3	1 : 1,5	3,79	High
GC4	1 : 2	2,51	High
GC5	1 : 2,5	n	-



**Gambar 4. 10** Grafik Hasil Uji Resistivitas

Berdasarkan grafik diatas, terlihat bahwa semakin banyak penggunaan aktivator  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  berdampak pada menurunnya nilai resistivitas. Semakin rendah nilai resistivitas maka semakin mudah ion klorida masuk pada permukaan, maka semakin besar kemungkinan korosi yang terjadi.

*(Halaman sengaja dikosongkan)*



## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan pengujian dan analisa yang telah dilakukan terhadap pembuatan mortar geopolimer dengan berbagai komposisi meliputi GC2, GC3, GC4 dan GC5 dengan perbandingan rasio aktivator 1:1; 1:1,5; 1:2; 1:2,5 dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Komposisi GC2 dan GC3 dengan rasio aktivator NaOH :  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  sebesar 1:1 dan 1:1,5 telah memenuhi standar berdasarkan ASTM C1175 dengan waktu ikat awal tidak kurang 45 menit dan waktu ikat akhir tidak lebih dari 420 menit, serta kuat tekan pada 28 hari tidak kurang dari 28 MPa. Selain itu, performa UPV, resistivitas, dan porositas mortar juga menunjukkan hasil yang baik. Semakin banyak penggunaan  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  pada pembuatan mortar geopolimer berbasis fly ash tipe c metode kering semakin rendah performa mortar yang dihasilkan.
2. Pembuatan semen geopolimer berbasis fly ash tipe c dengan metode kering dapat menjadi solusi untuk membuat semen geopolimer yang mirip dengan semen portland dari segi fisik serta penanganannya.

## 5.2 Saran

Demi kelancaran serta mengurangi kekurangan dalam penelitian selanjutnya, beberapa saran yang dapat diberikan antara lain sebagai berikut:

1. Seperti penelitian yang telah dilakukan, penggunaan bahan-bahan material harus konsisten dalam segi merek dan spesifikasi.
2. Penggunaan NaOH dengan molaritas lain seperti 8 molar, 10 molar, 14 molar dan 16 molar dapat menjadi topik dalam penelitian selanjutnya.
3. Perlu pengetesan lebih lanjut untuk standarisasi semen geopolimer seperti layaknya semen portland dengan pengujian-pengujian lebih lanjut sesuai dengan ASTM C1157M seperti: kehalusan menggunakan alat blaine, kekekalan menggunakan alat uji autoclave, kandungan udara mortar dan lain sebagainya.
4. Penggunaan alat pelindung diri wajib diterapkan dalam pelaksanaan penelitian guna menghindari iritasi dan kecelakaan kerja.

**DAFTAR PUSTAKA**

- ASTM STP 1566 *Selected Technical Paper Geopolymer Binder System*. USA: *Annual Books of ASTM Standart*.
- ASTM C91. *Standard Specification for Masonry Cement*. USA: *Annual Books of ASTM Standart*.
- ASTM C127-88. *Standard Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Coarse Aggregate*. USA: *Annual Books of ASTM Standart*.
- ASTM C128-93. *Standard Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Fine Aggregate*. USA: *Annual Books of ASTM Standart*.
- ASTM C597-*Standard Test Method for Pulse Velocity Through Concrete*. USA: *Annual Books of ASTM Standart*.
- ASTM C642-06. *Standard Test Method for Density, Absorption, and Voids in Hardened Concrete*. USA: *Annual Books of ASTM Standart*.
- ASTM C830- *Standard Test Methods for Apparent Porosity, Liquid Absorption, Apparent Specific Gravity, and Bulk Density of Refractory Shapes by Vacuum Pressure*. USA: *Annual Books of ASTM Standart*.
- ASTM C1107 *Standard Specification for Packaged Dry, Hydraulic-Cement Grout (Nonshrink)*. USA: *Annual Books of ASTM Standart*.

ASTM C1157 *Standard Performance Specification for Hydraulic Cement*. USA: Annual Books of ASTM Standart.

ASTM C1585 *Standard Test Method for Measurement of Rate of Absorption of Water by Hydraulic-Cement Concretes*. USA: Annual Books of ASTM Standart.

AASHTO T 358-15 *Surface Resistivity Indication of Concrete's Ability to Resist Chloride Ion Penetration*. Washington,DC: American Association of State Highway and Transportation Officials

Barbara. (2006). *Fly ash characterization by SEM-EDS*

Fadhlurohman J. (2020). Pengaruh Variasi Admixture Terhadap Workability Dan Kuat Tekan Beton Geopolimer Berbahan Dasar Fly Ash Dengan Kandungan Kalsium Tinggi. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Gamage. (2011). *Overview of Different Types of Fly Ash and Their Use As A Building and Construction Material*.

Hanjitsuwan. (2014). *Effects of NaOH concentrations on physical and electrical properties of high calcium fly ash geopolymer paste*.

Hardjito. (2008). *Strength and setting times of low calcium fly ash-based geopolymer mortar*.

Husin, N. A., Bayuaji, R., Tajunnisa, Y., Darmawan, M. S., Suprobo, P., Ash, F., & Ash, F. (2020). PERFORMANCE OF HIGH CALCIUM FLY ASH BASED Composition. 19(74), 107–113.

- Mehta. (2017). *Influence of various parameters on strength and absorption properties of fly ash based geopolymer concrete designed by Taguchi method*
- Montes. (2013). *Rheological Behavior of Fly-Ash-Based Geopolymers.*
- Neupane. (2016). *Fly Ash and GGBFS Based Powder-Activated Geopolymer Binders: A Viable Sustainable Alternative of Portland Cement in Concrete Industry.*
- Nath. (2014). *Effect of GGBFS on setting, workability and early strength properties of fly ash geopolymer concrete cured in ambient condition.*
- Puligilla. (2013). *Microstructural Changes Responsible for Hardening of Fly Ash–Slag Geopolymers Studied through Infrared Spectroscopy.*
- Rachmalia Q. (2018). Pengaruh Urutan Penambahan Alkali Aktivator Pada Beton Geopolimer Bahan Dasar Fly Ash Tipe C. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Ramadhani D. F. (2019). Sifat Mekanis Prototipe Mortar Geopolimer Dengan Pengaruh Karakteristik Agregat Halus. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Rattanasak, U., & Chindapasirt, P. (2009). Influence of NaOH solution on the synthesis of fly ash geopolymer. *Minerals Engineering*, 22(12), 1073–1078. <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2009.03.022>
- SNI 15 2049 2004. Semen Portland. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

SNI 6825-2002 Metode Pengujian Kekuatan Tekan Mortar Semen Portland Untuk Pekerjaan Sipil. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

Speci-, C. C. T., Cores, T. D., Speci-, C. C. T., Statements, B., Testing, C., Nath, P., Kumar, P., Rangan, V. B., Test, C. C., Drilled, T., Concrete, C., Statements, B., Speci-, C. C. T., Cores, T. D., Speci-, C. C. T., Of, I., Design, M. I. X., Naphthalene, S., Characteristics, M., ... Tvc, K. (2015). Establishing a Mix Design Procedure for Geopolymer Concrete Bachelor of Engineering ( Civil ). *Procedia Engineering*, 04(October), 1–5. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.11.077>

Tajunnisa, Y., Bayuaji, R., Husin, N. A., Wibowo, Y. N., Shigeishi, M., & Author, C. (2019). Characterization Alkali-Activated Mortar Made. 17(60), 183–189.

Tho-in. (2011). *Pervious high clacium fly ash geopolymer concrete*.

Wibowo, Y. N. (2020). Performa Beton Geopolimer Berbasis High-Calcium Fly Ash Dengan Variasi Molaritas NaOH Untuk Implementasi di Lingkungan Klorida. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Yasin, A. K. (2017). *Rekayasa Beton Geopolimer Berbasis Fly Ash*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Zuraidah. (2007). Pengaruh Penggunaan Limbah Pecahan Batu Marmer Sebagai Alternatif Pengganti Agregat Kasar Pada Kekuatan Beton. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

## BIODATA PENULIS



Penulis dengan nama lengkap Tossan Ajie Christianto, lahir di Yogyakarta 4 November 1998 merupakan anak bungsu dari dua bersaudara dari pasangan suami istri Bapak Haryoto, S.sn dan Ibu Murni Dorkas.


Pendidikan formal yang pernah ditempuh oleh penulis yaitu, di SD Katolik Santa Maria Banyuwangi, SMP Katolik Santo

Yusup Banyuwangi dan SMA Negeri 1 Giri Banyuwangi, lulus dari Diploma III Teknik Infrastruktur Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember pada tahun 2019, dan melanjutkan jenjang pendidikan Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Pengelolaan dan Pemeliharaan Bangunan Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember pada tahun 2019. Selama menjadi mahasiswa, penulis sempat mengikuti Kerja Praktek di PT. Tata Mulia Nusantara Indah pada proyek Ciputra World Surabaya tahap 3. Penulis pernah menduduki posisi *staff Research and Technology* Himpunan Mahasiswa Diploma Sipil, staff sie dana Pembinaan Kerohanian Mahasiswa Baru Kristen ITS. Penulis pernah mendapatkan juara 1 Lomba Karya Tulis Ilmiah Nasional yang diselenggarakan Universitas Pendidikan Indonesia. Penulis dapat dihubungi melalui e-mail: [tossanajie@gmail.com](mailto:tossanajie@gmail.com)




*(Halaman sengaja dikosongkan)*









**LAMPIRAN**  
**LOG BOOK PENELITIAN PROYEK AKHIR TERAPAN**






<b>Tanggal</b>	<b>Kegiatan</b>	<b>Tempat</b>	<b>Waktu</b>	<b>Kendala dan Solusi</b>	<b>Dokumentasi</b>
Selasa 15/10/19	Asistensi <b>Pelaksana:</b> Ajie, Ferdi, Hermawan, Atho'illah, Nisar, Syafiq, Sarah, Annisa, Ahdiyanna, Setya, Jihad	Ruang Rapat Lab Material dan Struktur Gedung	10.00-12.00		
Selasa 22/10/19	Asistensi <b>Pelaksana:</b> Ajie, Ferdi, Hermawan, Atho'illah, Nisar, Syafiq, Sarah, Annisa, Ahdiyanna, Setya, Jihad, Yusuf	Ruang Rapat Lab Material dan Struktur Gedung	15.00-17.00		
Senin 11/11/19	Asistensi <b>Pelaksana:</b> Ajie, Ferdi, Hermawan, Atho'illah, Nisar, Syafiq, Sarah, Annisa	Ruang Rapat Lab Material dan Struktur Gedung	14.00-17.00		
Senin 25/11/19	Asistensi <b>Pelaksana:</b> Ajie, Ferdi, Hermawan, Atho'illah, Nisar, Sarah, Annisa, Ahdiyanna, Setya, Jihad	Ruang Rapat Lab Material dan Struktur Gedung	15.00-17.00		

Tanggal	Kegiatan	Tempat	Waktu	Kendala dan Solusi	Dokumentasi
<p>Senin 16/12/19</p>	<p>Pembelian NaOH <b>Pelaksana:</b> Ajie, Yosi, Hermawan</p>	<p>PT. Bratachem</p>	<p>15.30- 17.00</p>	<p><b>Kendala :</b> PT. Bratachem sudah tutup  <b>Solusi :</b> kembali besok pada waktu lebih awal</p>	
<p>Selasa 17/12/19</p>	<p>Pembelian NaOH <b>Pelaksana:</b> Hermawan, Septian</p>	<p>PT. Bratachem</p>	<p>08.00- 09.00</p>		
<p>Selasa 17/12/19</p>	<p>Pengujian Densitas NaOH <b>Pelaksana:</b> Ajie, Yosi, Hermawan, Syafiq, Ferdi</p>	<p>Lab Material dan Struktur Gedung</p>	<p>11.00- 13.35</p>	<p><b>Kendala :</b> hasil masih diragukan karena pengujian hanya satu kali per molaritas  <b>Solusi :</b> mengulang pengujian densitas</p>	

Tanggal	Kegiatan	Tempat	Waktu	Kendala dan Solusi	Dokumentasi
Kamis 4/06/20	Pengecoran trial Semen Hidraulis  <b>Pelaksana:</b> Ajie, Yosi, Hermawan, Syafiq, Jihad, Septian, Atho, Nisar	Lab Material dan Struktur Gedung	13:30-16:57	<b>Kendala :</b> adukan semen terlalu encer, dan bocor di bekisting  <b>Solusi :</b> menambahkan semen pada adukan	
Senin 8/06/20	Menimbang dan Pengujian Kuat Tekan <b>Mix 0</b> Umur 3 Hari  <b>Pelaksana:</b> Ajie, Yosi, Hermawan, Syafiq, Jihad, Septian, Atho, Nisar	Lab Material dan Struktur Gedung	11:24-11:51	<b>Kendala :</b> -	
Selasa 9/06/20	Pengecoran Semen Hidraulis dan Pengujian Setting Time <b>Mix 1</b>  <b>Pelaksana:</b> Ajie, Yosi, Hermawan, Syafiq, Jihad, Septian, Atho, Nisar	Lab Material dan Struktur Gedung	12:31-16:40	<b>Kendala :</b> -	

Tanggal	Kegiatan	Tempat	Waktu	Kendala dan Solusi	Dokumentasi
<p>Jumat 12/06/20</p>	<p>Menerima Pengiriman FlyAsh dan Menimbang Benda Uji <b>Mix 1</b> <b>Pelaksana:</b> Ajie, Yosi, Hermawan, Syafiq, Jihad, Septian, Atho, Nisar, Ferdi</p>	<p>Lab Material dan Struktur Gedung</p>	<p>12:18-15:30</p>	<p><b>Kendala :</b> -</p>	
<p>Jumat 12/06/20</p>	<p><b>Pelaksana:</b> Ajie, Yosi, Hermawan, Syafiq, Jihad, Septian, Atho, Nisar, Ferdi</p>	<p>Lab Material dan Struktur Gedung</p>	<p>12:18-15:30</p>	<p><b>Kendala :</b> Alat uji tekan bermasalah <b>Solusi :</b> Menunda pengujian kuat tekan</p>	
<p>Senin 15/06/20</p>	<p>Menguji SEM-EDX, XRF, XRD sampel fly ash baru <b>Pelaksana:</b> Annisa, Ahdiyanna, Sarah</p>	<p>LPPM ITS Lab Karakterisasi</p>	<p>10:57-14:34</p>	<p><b>Kendala :</b> Lab Karakterisasi hanya menerima sampel via pos <b>Solusi :</b> Mengirim sampel fly ash via pos</p>	

Tanggal	Kegiatan	Tempat	Waktu	Kendala dan Solusi	Dokumentasi
Selasa 16/06/20	Pengujian kuat tekan umur 7 hari <b>Mix 1</b> <b>Pelaksana:</b> Ajie	Lab Material dan Struktur Gedung	14:05-14:26	<b>Kendala :</b> -	
Kamis 18/06/20	Grinding Semen Geopolimer 12M rasio FA:Aktivator 90:10 <b>Pelaksana:</b> Ajie, Yosi, Hermawan, Syafiq, Jihad, Septian, Atho, Nisar, Ferdi	Lab Material dan Struktur Gedung	13:15-15:05	<b>Kendala :</b> NaOh menggumpal <b>Solusi :</b> Menumbuk menggunakan palu	
Senin 22/06/20	Pengecoran Benda Uji GC1 <b>Pelaksana:</b> Ajie, Yosi, Hermawan, Syafiq, Jihad, Septian, Atho, Nisar, Ferdi, Sarah	Lab Material dan Struktur Gedung	14:30-15:01	<b>Kendala :</b> Bekisting bocor <b>Solusi :</b> Mengikat menggunakan tali	
Senin 22/06/20	Pengujian Setting Time GC1 <b>Pelaksana:</b> Ajie, Atho	Lab Material dan Struktur Gedung	14:51-01:21	<b>Kendala :</b> -	

Tanggal	Kegiatan	Tempat	Waktu	Kendala dan Solusi	Dokumentasi
Kamis 25/06/20	Uji Tekan umur 3 hari GC1 <b>Pelaksana:</b> Yosi, Ahdiyanna, Annisa, Sarah	Lab Material dan Struktur Gedung	15:00-15:30	<b>Kendala :</b> -	
Senin 29/06/20	Uji Tekan umur 7 hari GC1 <b>Pelaksana:</b> Yosi, Ahdiyanna, Annisa, Sarah	Lab Material dan Struktur Gedung	14:45-15:15	<b>Kendala :</b> -	
Jumat 10/07/20	Uji berat jenis fly ash dan pengujian resapan air pasir <b>Pelaksana:</b> Ajie, Yosi, Ahdiyanna, Annisa, Sarah	Lab Material dan Struktur Gedung	10:45-16:43	<b>Kendala :</b> Pasir terlalu kering <b>Solusi :</b> Menambahkan air sampai kondisi SSD	 
Sabtu 11/07/20	Menimbang pasir setelah oven untuk resapan air pasir <b>Pelaksana:</b> Ajie, Ahdiyanna, Annisa, Sarah	Lab Material dan Struktur Gedung	15:32-16:05	<b>Kendala :</b> -	




Tanggal	Kegiatan	Tempat	Waktu	Kendala dan Solusi	Dokumentasi
<p>Senin 13/07/20</p>	<p>Mengambil abu sekam padi</p> <p>Membuat kerikil ssd untuk pengujian resapan</p> <p><b>Pelaksana:</b> Ajie, Ahdiyanna, Annisa, Sarah, Tiara, Setya</p>	<p>UD. Sahabat Tani</p> <p>Lab Material dan Struktur Gedung</p>	<p>10:30-15:09</p>	<p><b>Kendala :</b></p> <p>-</p>	
<p>Selasa 14/07/20</p>	<p>Pengujian densitas NaOh 12 Molar</p> <p>Menimbang kerikil setelah oven untuk pengujian resapan</p> <p><b>Pelaksana:</b> Ajie, Ahdiyanna, Annisa, Sarah, Setya</p>	<p>Lab Material dan Struktur Gedung</p>	<p>11:41-17:13</p>	<p><b>Kendala :</b></p> <p>-</p>	
<p>Rabu 15/07/20</p>	<p>Pengujian densitas NaOh 14 Molar</p> <p><b>Pelaksana:</b> Ajie, Ahdiyanna, Annisa, Sarah, Setya</p>	<p>Lab Material dan Struktur Gedung</p>	<p>10:20-13:56</p>	<p><b>Kendala :</b></p> <p>-</p>	

Tanggal	Kegiatan	Tempat	Waktu	Kendala dan Solusi	Dokumentasi
Senin 20/07/20	Membeli Termometer Pena dan Pipet <b>Pelaksana:</b> Ajie, Ahdiyanna, Annisa, Sarah	UD. Nirwana Abadi	12:54-14:30	<b>Kendala :</b> -	
Senin 20/07/20	Pengujian kuat tekan, upv, resistivity porosity GC1 <b>Pelaksana:</b> Ajie, Ahdiyanna, Annisa, Sarah	Lab Material dan Struktur Gedung	14:30-17:11	<b>Kendala :</b> -	
Rabu 22/07/20	Timbang kering oven 1 porositas GC1 <b>Pelaksana:</b> Ajie	Lab Material dan Struktur Gedung	09:27-10:02	<b>Kendala :</b> -	
Senin 24/08/20	Pengujian konsistensi normal air semen hidraulis <b>Pelaksana:</b> Ajie, Ahdiyanna, Annisa, Sarah	Lab Material dan Struktur Gedung	10:27-13:14	<b>Kendala :</b> -	











Tanggal	Kegiatan	Tempat	Waktu	Kendala dan Solusi	Dokumentasi
Selasa 25/08/20	Pengecoran dan uji setting time PC2 <b>Pelaksana:</b> Ajie, Ahdiyanna, Annisa, Sarah, Tiara	Lab Material dan Struktur Gedung	10:30-16:26	<b>Kendala :</b> -	
Jumat 28/08/20	Uji kuat tekan 3 hari PC2 <b>Pelaksana:</b> Ajie	Lab Material dan Struktur Gedung	11:14-11:28	<b>Kendala :</b> -	
Selasa 1/09/20	Uji kuat tekan 7 hari PC2 <b>Pelaksana:</b> Ajie	Lab Material dan Struktur Gedung	11:21-11:56	<b>Kendala :</b> -	
Senin 7/09/20	Membersihkan Grinding <b>Pelaksana:</b> Ajie, Ahdiyanna, Annisa, Sarah, Setya	Lab Material dan Struktur Gedung	10:20-14:40	<b>Kendala :</b> Kompresor tidak dapat digunakan <b>Solusi :</b> Membersihkan secara manual	



Tanggal	Kegiatan	Tempat	Waktu	Kendala dan Solusi	Dokumentasi
Selasa 8/09/20	Grinding komposisi GC2 <b>Pelaksana:</b> Ajie, Setya	Lab Material dan Struktur Gedung	10:10-15:26	<b>Kendala :</b> Grinding Bocor Ganjal kain ikut tergiling  <b>Solusi :</b> Menganjal dengan kain Mengayak semen hasil grinding	
Jumat 11/09/20	Mengawasi reparasi alat grinding <b>Pelaksana:</b> Ajie, Setya	Lab Material dan Struktur Gedung	14:00-15:00	<b>Kendala :</b> -	
Jumat 18/09/20	Cor GC2 dan pengujian setting time <b>Pelaksana:</b> Ajie, Ahdiyanna, Sarah, Annisa, Setya, Jihad, Nisar	Lab Material dan Struktur Gedung	09:00-15:00	<b>Kendala :</b> -	

Tanggal	Kegiatan	Tempat	Waktu	Kendala dan Solusi	Dokumentasi
<p>Senin 21/09/20</p>	<p>Uji kuat tekan GC2 umur 3 hari <b>Pelaksana:</b> Ajie, Ahdiyanna, Sarah</p>	<p>Lab Material dan Struktur Gedung</p>	<p>11:00- 11:59</p>	<p><b>Kendala :</b> Benda uji tidak berbentuk rata  <b>Solusi :</b> Menguji benda uji lain</p>	
<p>Rabu 23/09/20</p>	<p>Uji kuat tekan, resistivity, UPV, porositas PC2 umur 28 hari <b>Pelaksana:</b> Ajie, Ahdiyanna, Sarah, Annisa, Setya, Virgin, Novanda</p>	<p>Lab Material dan Struktur Gedung</p>	<p>10:00- 15:00</p>	<p><b>Kendala :</b> Pemotongan sampel benda uji porositas tidak memenuhi berat standar  <b>Solusi :</b> Memotong benda uji lain</p>	
<p>Kamis 24/09/20</p>	<p>Grinding semen GC2 untuk pembuatan mortar <b>Pelaksana:</b> Ajie, Ahdiyanna, Sarah, Annisa, Setya, Virgin, Novanda</p>	<p>Lab Material dan Struktur Gedung</p>	<p>09:00- 15:00</p>	<p><b>Kendala :</b></p>	

Tanggal	Kegiatan	Tempat	Waktu	Kendala dan Solusi	Dokumentasi
Jumat 25/09/20	Uji kuat tekan GC2 umur 7 hari <b>Pelaksana:</b> Ajie, Ahdiyanna, Sarah, Annisa, Setya, Virgin, Novanda	Lab Material dan Struktur Gedung	11:30- 15:00	<b>Kendala :</b> -	
Sabtu 26/09/20	Uji resapan PC2 setelah rendam 24 jam <b>Pelaksana:</b> Ajie	Lab Material dan Struktur Gedung	15:36- 15:53	<b>Kendala :</b> -	
Selasa 29/09/20	Pengecoran benda uji mortar GC2 <b>Pelaksana:</b> Ajie, Ahdiyanna, Sarah, Annisa, Setya, Tiara, Rizky, Virgin, Novanda	Lab Material dan Struktur Gedung	09:35- 14:45	<b>Kendala :</b> Pasir terlalu banyak, workability rendah  <b>Solusi :</b> Mengulang pengecoran	
Jumat 2/10/20	Uji kuat tekan mortar GC2 umur 3 hari <b>Pelaksana:</b> Ajie, Sarah	Lab Material dan Struktur Gedung	08:43- 12:48	<b>Kendala :</b> -	
Senin 5/10/20	Grinding GC2 dan GC3 <b>Pelaksana:</b> Ajie, Ahdiyanna, Sarah, Annisa, Setya, Virgin, Novanda	Lab Material dan Struktur Gedung	09:10- 14:58	<b>Kendala :</b> -	




Tanggal	Kegiatan	Tempat	Waktu	Kendala dan Solusi	Dokumentasi
Kamis 8/10/20	Asistensi oleh Bapak Ridho Bayuaji <b>Pelaksana:</b> Ajie, Ahdiyanna, Sarah, Annisa	Zoom Meeting	19:38-20:18	<b>Kendala :</b> -	
Jumat 16/10/20	Uji kuat tekan, resistivity, UPV, porositas GC2 umur 28 hari <b>Pelaksana:</b> Ajie, Ahdiyanna, Sarah, Annisa, Setya	Lab Material dan Struktur Gedung	10:01-11:50	<b>Kendala :</b> Alat UPV berulang kali mati <b>Solusi :</b> Mengulang pengujian UPV	
Senin 19/10/20	Pengecoran benda uji mortar GC2 ulang <b>Pelaksana:</b> Ajie, Ahdiyanna, Sarah, Annisa, Setya, Virgin	Lab Material dan Struktur Gedung	10:27-16:14	<b>Kendala :</b> -	
Rabu 21/10/20	Grinding GC4 dan GC5 <b>Pelaksana:</b> Ajie, Ahdiyanna, Sarah, Annisa, Setya, Virgin, Novanda	Lab Material dan Struktur Gedung	07:02-12:53	<b>Kendala :</b> Alat grinding berulang kali mati <b>Solusi :</b> Menunggu mesin dingin dan melanjutkan hingga 500 putaran	



Tanggal	Kegiatan	Tempat	Waktu	Kendala dan Solusi	Dokumentasi
Kamis 22/10/20	Uji kuat tekan mortar GC2 umur 3 hari <b>Pelaksana:</b> Ajie, Ahdiyanna, Sarah, Annisa, Setya, Virgin, Novanda, Tiara	Lab Material dan Struktur Gedung	10:01-11:50	<b>Kendala :</b> -	
Senin 26/10/20	Uji kuat tekan mortar GC2 umur 7 hari Pengecoran mortar GC3 <b>Pelaksana:</b> Ajie, Ahdiyanna, Sarah, Annisa, Setya, Virgin, Novanda	Lab Material dan Struktur Gedung	08:07-19:09	<b>Kendala :</b> -	
Selasa 27/10/20	Uji porositas pasta GC2 <b>Pelaksana:</b> Ajie	Lab Material dan Struktur Gedung	11:30-11:49	<b>Kendala :</b> -	
Rabu 28/10/20	Pengecoran mortar GC4 <b>Pelaksana:</b> Ajie, Ahdiyanna, Sarah, Annisa, Setya, Virgin, Novanda	Lab Material dan Struktur Gedung	08:06-10:15	<b>Kendala :</b> -	





Tanggal	Kegiatan	Tempat	Waktu	Kendala dan Solusi	Dokumentasi
Kamis 29/10/20	Uji kuat tekan mortar GC3 umur 3 hari <b>Pelaksana:</b> Ajie	Lab Material dan Struktur Gedung	10:46-10:53	<b>Kendala :</b>	
Jumat 30/10/20	Pengecoran mortar GC5 <b>Pelaksana:</b> Ajie, Ahdiyanna, Sarah, Annisa, Setya, Virgin, Novanda, Jono	Lab Material dan Struktur Gedung	09:22-13:43	<b>Kendala :</b>	
Sabtu 31/10/20	Uji kuat tekan mortar GC4 umur 3 hari <b>Pelaksana:</b> Ajie	Lab Material dan Struktur Gedung	09:43-09:49	<b>Kendala :</b>	
Senin 2/11/20	Uji kuat tekan mortar GC4 umur 7 hari dan mortar GC5 umur 3 hari <b>Pelaksana:</b> Ajie, Ahdiyanna, Sarah, Annisa, Setya, Virgin, Novanda, Jono	Lab Material dan Struktur Gedung	08:06-14:00	<b>Kendala :</b>	





Tanggal	Kegiatan	Tempat	Waktu	Kendala dan Solusi	Dokumentasi
Jumat 6/11/20	Uji kuat tekan mortar GC5 umur 7 hari <b>Pelaksana:</b> Ajie, Ahdiyanna, Sarah, Annisa, Setya, Virgin, Novanda, Jono	Lab Material dan Struktur Gedung	08:06-14:00	<b>Kendala :</b> -	
Senin 9/11/20	Menerima pembelian Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> CV.Chemical Indonesia Multi Sentosa <b>Pelaksana:</b> Ajie, Ahdiyanna, Sarah, Annisa, Setya	Lab Material dan Struktur Gedung	10:13-14:10	<b>Kendala :</b> Pembawa dana belum datang <b>Solusi :</b> Menggunakan dana pribadi terlebih dahulu	
Selasa 10/11/20	Grinding pengulangan GC2 <b>Pelaksana:</b> Ajie, Ahdiyanna, Sarah, Annisa, Setya, Virgin	Lab Material dan Struktur Gedung	06:27-14:50	<b>Kendala :</b> -	
Kamis 12/11/20	Asistensi Bersama Tim Semen <b>Pelaksana:</b> Bapak Ridho, Ajie, Ahdiyanna, Sarah, Annisa, Bayu, Dary	Zoom Meeting	20:00-20:45	<b>Kendala :</b> -	






Tanggal	Kegiatan	Tempat	Waktu	Kendala dan Solusi	Dokumentasi
<p>Senin 16/11/20</p>	<p>Pengecoran mortar PC2 <b>Pelaksana:</b> Ajie, Sarah, Annisa, Setya, Virgin</p>	<p>Lab Material dan Struktur Gedung</p>	<p>07:45-14:41</p>	<p><b>Kendala :</b></p>	
<p>Selasa 17/11/20</p>	<p>Uji setting time GC4 dan kuat tekan mortar GC2 umur 28 hari <b>Pelaksana:</b> Ajie, Ahdiyanna, Sarah, Annisa</p>	<p>Lab Material dan Struktur Gedung</p>	<p>07:45-13:30</p>	<p><b>Kendala :</b> Alat UPV masih belum tersedia  <b>Solusi :</b> Menguji <i>Non Destructive Test</i> kemudian hari</p>	
<p>Rabu 18/11/20</p>	<p>Uji NDT 28 hari mortar GC2 <b>Pelaksana:</b> Ajie, Ahdiyanna, Sarah, Annisa, Setya, Novanda, Jono</p>	<p>Lab Material dan Struktur Gedung</p>	<p>08:00-20:00</p>	<p><b>Kendala :</b></p>	

Tanggal	Kegiatan	Tempat	Waktu	Kendala dan Solusi	Dokumentasi
Kamis 19/11/20	Uji kuat tekan mortar PC2 umur 3 hari <b>Pelaksana:</b> Ajie, Ahdiyanna, Sarah, Annisa, Setya, Virgin, Jono	Lab Material dan Struktur Gedung	08:45-17:01	<b>Kendala :</b> Saklar alat kuat tekan putus <b>Solusi :</b> Mengganti dengan saklar yang baru	
Jumat 20/11/20	Pengujian porositas mortar GC2 <b>Pelaksana:</b> Ajie, Ahdiyanna, Sarah, Annisa, Setya, Virgin, Novanda, Jono	Lab Material dan Struktur Gedung	07:00-17:30	<b>Kendala :</b> -	
Minggu 22/11/20	Pengujian porositas mortar GC2 <b>Pelaksana:</b> Ajie, Setya	Lab Material dan Struktur Gedung	16:30-17:06	<b>Kendala :</b> -	
Senin 23/11/20	Pengujian kuat tekan mortar PC2 umur 7 hari dan GC3 umur 28 hari <b>Pelaksana:</b> Ajie, Ahdiyanna, Sarah, Annisa, Setya, Virgin, Jono	Lab Material dan Struktur Gedung	07:00-17:00	<b>Kendala :</b> -	

Tanggal	Kegiatan	Tempat	Waktu	Kendala dan Solusi	Dokumentasi
Selasa 24/11/20	Pengujian porositas mortar GC2  <b>Pelaksana:</b> Ajie, Ahdiyanna, Sarah, Annisa, Setya, Virgin, Jono	Lab Material dan Struktur Gedung	07:00-17:00	<b>Kendala :</b>	
Rabu 25/11/20	Pengujian NDT GC4 umur 28 hari  <b>Pelaksana:</b> Ajie, Ahdiyanna, Sarah, Annisa, Setya, Jono	Lab Material dan Struktur Gedung	07:00-17:00	<b>Kendala :</b>	
Jumat 27/11/20	Pengujian NDT GC5 umur 28 hari  <b>Pelaksana:</b> Ajie, Ahdiyanna, Sarah, Annisa, Setya	Lab Material dan Struktur Gedung	07:00-15:13	<b>Kendala :</b>	
Selasa 1/12/20	Membeli Kompor untuk mengeringkan pasir  <b>Pelaksana:</b> Ajie, Jihad, Setya,	Cafe Glass dan Galaxy Mall	07:00-17:30	<b>Kendala :</b> Diperlukan kompor tekanan tinggi  <b>Solusi :</b> Survei di beberapa toko yang menyediakan kompor tekanan tinggi	

Tanggal	Kegiatan	Tempat	Waktu	Kendala dan Solusi	Dokumentasi
Rabu 2/12/20	Pengujian porositas GC3, GC4 dan GC5 <b>Pelaksana:</b> Ajie, Ahdiyanna, Sarah, Annisa, Setya	Lab Material dan Struktur Gedung	07:00-17:30	<b>Kendala :</b> -	
Kamis 3/12/20	Pengujian porositas GC3, GC4 dan GC5 <b>Pelaksana:</b> Ajie, Ahdiyanna, Sarah, Annisa, Setya	Lab Material dan Struktur Gedung	13:07-14:32	<b>Kendala :</b> -	
Jumat 4/12/20	Pengujian porositas GC3 dan GC4 <b>Pelaksana:</b> Ajie, Ahdiyanna, Sarah, Annisa, Setya	Lab Material dan Struktur Gedung	14:23-16:04	<b>Kendala :</b> -	
Minggu 6/12/20	Pengujian porositas GC3 dan GC4 <b>Pelaksana:</b> Ajie	Lab Material dan Struktur Gedung	15:19-15:40	<b>Kendala :</b> -	

Tanggal	Kegiatan	Tempat	Waktu	Kendala dan Solusi	Dokumentasi
Senin 7/12/20	Penyiapan Agregat Halus <b>Pelaksana:</b> Ajie, Ahdiyanna, Sarah, Setya, Virgin	Lab Material dan Struktur Gedung	07:50-16:53	<b>Kendala :</b> Wajan tidak kuat menahan panas hingga berlubang <b>Solusi :</b> Membeli wajan baru yang lebih kuat	
Senin 14/12/20	Pengujian NDT & Kuat Tekan PC2 umur 28 hari <b>Pelaksana:</b> Ajie, Ahdiyanna, Sarah, Setya, Jono	Lab Material dan Struktur Gedung	10:21-15:38	<b>Kendala :</b> Permukaan Benda uji tidak rata <b>Solusi :</b> Mengikis permukaan benda uji dengan gerinda	
Selasa 15/12/20	Pengujian porositas PC2 <b>Pelaksana:</b> Ajie, Ahdiyanna, Sarah, Setya, Novanda, Virgin, Jono	Lab Material dan Struktur Gedung	10:40-15:52	<b>Kendala :</b> -	

Tanggal	Kegiatan	Tempat	Waktu	Kendala dan Solusi	Dokumentasi
Rabu 16/12/20	Pengujian porositas PC2 <b>Pelaksana:</b> Ajie, Ahdiyanna, Sarah, Setya	Lab Material dan Struktur Gedung	11:48-12:56	<b>Kendala :</b> -	
Kamis 17/12/20	Pengujian porositas PC2 <b>Pelaksana:</b> Ajie, Ahdiyanna, Sarah, Setya	Lab Material dan Struktur Gedung	08:45-11:58	<b>Kendala :</b> -	
Jumat 18/12/20	Pengujian porositas PC2 <b>Pelaksana:</b> Ajie, Ahdiyanna, Sarah, Setya	Lab Material dan Struktur Gedung	11:07-12:39	<b>Kendala :</b> -	
Sabtu 19/12/20	Asistensi bersama Bapak Prof Sigit <b>Pelaksana:</b> Ajie, Setya	Lab Material dan Struktur Gedung	09:07-09:47	<b>Kendala :</b> -	
Kamis 7/01/21	Sharing dengan Pak Husin <b>Pelaksana:</b> Ajie, Setya, Ahdiyanna, Sarah, Annisa	Zoom Meeting	19:00-20:33		
Sabtu 9/01/21	Asistensi Prof Sigit <b>Pelaksana:</b> Ajie, Setya	Zoom Meeting	15:15-15:46	<b>Kendala :</b> Sinyal buruk <b>Solusi :</b> Mencoba join ulang	

## Perhitungan Mix Desain GC2

### Step 1. Selection of the maximum size of the coarse aggregate

Maximum water content and percentage of air per cubic meter of concrete

Normal max size of the aggregate (mm)	Max water content (kg/m <sup>3</sup> )	Percentage of void (%)
10	225	3,0
12,5	215	2,5
20	200	2,0

sumber : Jihad

### Step2. Selection of the alkaline activator solution (AAS) content and air content

Max size 20 mm

### Step 3. Adjustment of the alkaline activator solution (AAS) content due to percentage of void in the fine aggregate

$$AAS_{\text{adjustment}} = \left| \left[ \left[ 1 - \left( \frac{\rho_{RS}}{S_G \rho_w} \right) \right] \times 100 \right] - 35 \right| \times 4.75, \quad (1)$$

where  $AAS_{\text{adjustment}}$  is an adjustment of the AAS content (kg/m<sup>3</sup>),  $\rho_{RS}$  is the density of the fine aggregate in SSD condition (kg/m<sup>3</sup>),  $S_G$  is the specific gravity of the fine aggregate, and  $\rho_w$  is the density of water (kg/m<sup>3</sup>).

SG(RS) =	2,78	sumber : Penelitian Beton
rRS =	1573,33 kg/m <sup>3</sup>	sumber : Penelitian Beton
SGrW =	2782,94 kg/m <sup>3</sup>	sumber : Penelitian Beton
AASadj =	40,21 kg/m <sup>3</sup>	sumber : Penelitian Beton
AAS=	240,21 kg/m <sup>3</sup>	sumber : Penelitian Beton

### Step 4. Selection of alkaline activator solution to fly ash (AAS/FA) ratio

AAS/FA=	0,4
NaOH=	12 M

**Step 5. Calculation of binder content**

$$\text{FA content} = \frac{\text{AAS content}}{\text{AAS/FA ratio}} = \frac{235}{0.50} = 470 \text{ kg/m}^3. \quad (5)$$

$$\text{FA} = 600,5 \text{ kg/m}^3$$

**Step 6. Calculation of NaOH and Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> content**

$$\begin{aligned} \text{Na}_2\text{SiO}_3 &= \frac{\text{AAS}}{[1 + (1/(\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}))]} \\ &= \frac{235}{[1 + (1/1)]} = 117.50 \text{ kg/m}^3, \\ \text{NaOH} &= \text{AAS} - \frac{\text{AAS}}{[1 + (1/(\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}))]} \\ &= 117.50 - \frac{235}{[1 + (1/1)]} = 117.50 \text{ kg/m}^3. \end{aligned} \quad (6)$$

**Perbandingan**

$$\begin{array}{l} \text{Na}_2\text{SiO}_3 : \text{NaOH} \\ 1 : 1 \end{array}$$

**Keperluan**

$$\begin{array}{l} \text{Na}_2\text{SiO}_3 = 120,10 \text{ kg/m}^3 \\ \text{NaOH} = 120,10 \text{ kg/m}^3 \end{array}$$

**Step 7. Calculation of fine and coarse aggregates**

Density of NaOH solution

Molar	Density kg/m <sup>3</sup>
12M	1356,9
14M	1402,233

Density of Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> 1604 kg/m<sup>3</sup> *sumber : spek material*

Gs Fly Ash 2,90

$$\begin{aligned} M_{\text{RS}} &= 0.3S_{\text{G(RS)}} [1 - V_{\text{FA}} - V_{\text{NaOH}} - V_{\text{Na}_2\text{SiO}_3} - V_{\text{air}}] \times 1000, \\ M_{\text{LS}} &= 0.7S_{\text{G(LS)}} [1 - V_{\text{FA}} - V_{\text{NaOH}} - V_{\text{Na}_2\text{SiO}_3} - V_{\text{air}}] \times 1000, \end{aligned} \quad (3)$$



$$\begin{aligned}
 \text{SG (RS)} &= 2,782937 \text{ sumber : Jihad} \\
 \text{SG (LS)} &= 2,678359 \text{ sumber : Jihad} \\
 \text{VFA} &= 600,5 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{VNa}_2\text{SiO}_3 &= 120,10 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{VNaOH} &= 120,10 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{VAIR} &= 2,0 \text{ kg/m}^3 \\
 \\ 
 \text{MRS} &= 508,9299 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{MLS} &= 1142,879 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

#### Step 8. Calculation of SP dosage

$$\begin{aligned}
 \text{SP dosage} &= 0 \% \\
 \text{SP dosage} &= 0,0 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

#### Step 9. Summarization of mix design

$$\begin{aligned}
 \text{FA} &= 600,5 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{RS} &= 508,9299 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{LS} &= 1142,879 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{Na}_2\text{SiO}_3 &= 120,10 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{NaOH} &= 120,10 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{SP} &= 0,0 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{BJ Beton} &= 2492,5 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

#### Konfersi menjadi Metode Kering

NaOH					
Molaritas	Padatan	Air	Padatan/L	Padatan/A	Berat NaOH/kg
	gr	gr	arutan	ir	
12M	480,00	876,90	35%	55%	0,354
14M	560,00	842,23	40%	66%	0,399

Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>		
H <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	SiO <sub>2</sub>
46,44	18,71	21,7

86,85

FA =	600,5 kg/m <sup>3</sup>
RS =	508,9299 kg/m <sup>3</sup>
LS =	1142,879 kg/m <sup>3</sup>
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> =	48,53 kg/m <sup>3</sup>
NaOH =	42,49 kg/m <sup>3</sup>
SP =	0,0 kg/m <sup>3</sup>
H <sub>2</sub> O =	149,19 kg/m <sup>3</sup>
BJ Beton =	2492,5 kg/m <sup>3</sup>

#### Konfersi menjadi Mix Desan Pasta

Resapan Pasir =	0,442%
Resapan Kerikil =	1,960%

Pengurangan air akibat hilangnya resapan pasir = 2,249367 kg/m<sup>3</sup>  
 Pengurangan air akibat hilangnya resapan kerikil = 22,39924 kg/m<sup>3</sup>

FA =	600,52 kg/m <sup>3</sup>	0,86838
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> =	48,53 kg/m <sup>3</sup>	0,13162
NaOH =	42,49 kg/m <sup>3</sup>	
SP =	0,0 kg/m <sup>3</sup>	691,54
H <sub>2</sub> O =	124,54 kg/m <sup>3</sup>	
BJ Pasta =	816,1 kg/m <sup>3</sup>	

#### Volume dan Massa Benda Uji

$\rho$ :	2,4 g/cm <sup>3</sup>
v :	10337,4 cm <sup>3</sup>
mass :	24809,7 gr

Material	12M kg/m <sup>3</sup>	12M g/cm <sup>3</sup>	12M %	Keperluan Benda Uji (gr)
FA	1766,06	1,766	74%	18256,48
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	142,73	0,143	5,95%	1475,49
NaOH	124,95	0,125	5,21%	1291,64
Air	366,26	0,366	15%	3786,12
TOTAL	2400	2,400	100%	24809,73
			11,15%	

## MORTAR GEOPOLIMER

## Konfersi menjadi metode kering

FA =	600,5 kg/m <sup>3</sup>
RS =	508,9 kg/m <sup>3</sup>
LS =	1142,9 kg/m <sup>3</sup>
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> =	48,5 kg/m <sup>3</sup>
NaOH =	42,5 kg/m <sup>3</sup>
SP =	0,0 kg/m <sup>3</sup>
H <sub>2</sub> O =	149,2 kg/m <sup>3</sup>
BJ Beton =	2492,5 kg/m <sup>3</sup>

## Konfersi menjadi Mix Desan Mortar

Resapan Kerikil = 1,96%

Pengurangan air akibat hilangnya resapan kerikil = 9,974497 kg/m<sup>3</sup>

FA =	600,52 kg/m <sup>3</sup>
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> =	48,53 kg/m <sup>3</sup>
NaOH =	42,49 kg/m <sup>3</sup>
LS =	1142,88 kg/m <sup>3</sup>
H <sub>2</sub> O =	139,21 kg/m <sup>3</sup>
BJ Mortar =	1973,6 kg/m <sup>3</sup>

## Volume dan Massa Benda Uji

$\rho$  : 2,4 g/cm<sup>3</sup>  
 $v$  : 10337,4 cm<sup>3</sup>  
 mass : 24809,7 gr

Material	12M kg/m <sup>3</sup>	12M g/cm <sup>3</sup>	12M %	Keperluan Benda Uji (gr)
FA	730,25	0,730	30%	7548,91
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	59,02	0,059	2%	610,10
NaOH	51,67	0,052	2%	534,08
Pasir	1389,78	1,390	58%	14366,65
Air	169,29	0,169	7%	1749,99
TOTAL	2400	2,400	100%	24809,73

## Perhitungan Mix Desain GC3

### SEMEN GEOPOLIMER

#### Step 1. Selection of the maximum size of the coarse aggregate

Maximum water content and percentage of air per cubic meter of concrete

Normal max size of the aggregate (mm)	Max water content (kg/m <sup>3</sup> )	Percentage of void (%)
10	225	3,0
12,5	215	2,5
20	200	2,0

sumber : Jihad

#### Step2. Selection of the alkaline activator solution (AAS) content and air content

Max size 20 mm

#### Step 3. Adjustment of the alkaline activator solution (AAS) content due to percentage of void in the fine aggregate

$$AAS_{\text{adjustment}} = \left\{ \left[ 1 - \left( \frac{\rho_{RS}}{S_G \rho_w} \right) \right] \times 100 \right\} - 35 \times 4,75, \quad (1)$$

where  $AAS_{\text{adjustment}}$  is an adjustment of the AAS content (kg/m<sup>3</sup>),  $\rho_{RS}$  is the density of the fine aggregate in SSD condition (kg/m<sup>3</sup>),  $S_G$  is the specific gravity of the fine aggregate, and  $\rho_w$  is the density of water (kg/m<sup>3</sup>).

$$\begin{aligned} SG(RS) &= 2,78 && \text{sumber : Jihad} \\ rRS &= 1573,33 \text{ kg/m}^3 && \text{sumber : Jihad} \\ SGrW &= 2782,94 \text{ kg/m}^3 && \text{sumber : Jihad} \\ AAS_{\text{adj}} &= 40,21 \text{ kg/m}^3 && \text{sumber : Jihad} \\ AAS &= 240,21 \text{ kg/m}^3 && \text{sumber : Jihad} \end{aligned}$$

#### Step 4. Selection of alkaline activator solution to fly ash (AAS/FA) ratio

$$\begin{aligned} AAS/FA &= 0,4 \\ NaOH &= 12 \quad M \end{aligned}$$

**Step 5. Calculation of binder content**

$$\text{FA content} = \frac{\text{AAS content}}{\text{AAS/FA ratio}} = \frac{235}{0.50} = 470 \text{ kg/m}^3. \quad (5)$$

$$\text{FA} = 600,5 \text{ kg/m}^3$$

**Step 6. Calculation of NaOH and Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> content**

$$\begin{aligned} \text{Na}_2\text{SiO}_3 &= \frac{\text{AAS}}{[1 + (1/(\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}))]} \\ &= \frac{235}{[1 + (1/1)]} = 117.50 \text{ kg/m}^3, \\ \text{NaOH} &= \text{AAS} - \frac{\text{AAS}}{[1 + (1/(\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}))]} \\ &= 117.50 - \frac{235}{[1 + (1/1)]} = 117.50 \text{ kg/m}^3. \end{aligned} \quad (6)$$

**Perbandingan**

$$\begin{array}{l} \text{Na}_2\text{SiO}_3 : \text{NaOH} \\ 1,5 : 1 \end{array}$$

**Keperluan**

$$\begin{array}{l} \text{Na}_2\text{SiO}_3 = 144,13 \text{ kg/m}^3 \\ \text{NaOH} = 96,08 \text{ kg/m}^3 \end{array}$$

**Step 7. Calculation of fine and coarse aggregates**

Density of NaOH solution

Molar	Density kg/m <sup>3</sup>
12M	1356,9
14M	1402,233

Density of Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> 1604 kg/m<sup>3</sup> *sumber : spek material*

Gs Fly Ash 2,90

$$\begin{aligned} M_{\text{RS}} &= 0.3S_{\text{G(RS)}} [1 - V_{\text{FA}} - V_{\text{NaOH}} - V_{\text{Na}_2\text{SiO}_3} - V_{\text{air}}] \times 1000, \\ M_{\text{LS}} &= 0.7S_{\text{G(LS)}} [1 - V_{\text{FA}} - V_{\text{NaOH}} - V_{\text{Na}_2\text{SiO}_3} - V_{\text{air}}] \times 1000, \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned}
 \text{SG (RS)} &= 2,782937 \text{ sumber : Jihad} \\
 \text{SG (LS)} &= 2,678359 \text{ sumber : Jihad} \\
 \text{VFA} &= 600,5 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{VNa}_2\text{SiO}_3 &= 144,13 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{VNaOH} &= 96,08 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{VAIR} &= 2,0 \text{ kg/m}^3 \\
 \\ 
 \text{MRS} &= 511,2068 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{MLS} &= 1147,992 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

#### Step 8. Calculation of SP dosage

$$\begin{aligned}
 \text{SP dosage} &= 0 \% \\
 \text{SP dosage} &= 0,0 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

#### Step 9. Summarization of mix design

$$\begin{aligned}
 \text{FA} &= 600,5 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{RS} &= 511,2068 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{LS} &= 1147,992 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{Na}_2\text{SiO}_3 &= 144,13 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{NaOH} &= 96,08 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{SP} &= 0,0 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{BJ Beton} &= 2499,9 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

#### Konfersi menjadi Metode Kering

NaOH					
Molaritas	Padatan	Air	Padatan/L arutan	Padatan/A ir	Berat NaOH/kg
	gr	gr			
12M	480,00	876,90	35%	55%	0,354
14M	560,00	842,23	40%	66%	0,399

Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>		
H <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	SiO <sub>2</sub>
46,44	18,71	21,7

86,85

FA =	600,5 kg/m <sup>3</sup>
RS =	511,2068 kg/m <sup>3</sup>
LS =	1147,992 kg/m <sup>3</sup>
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> =	58,24 kg/m <sup>3</sup>
NaOH =	33,99 kg/m <sup>3</sup>
SP =	0,0 kg/m <sup>3</sup>
H <sub>2</sub> O =	147,98 kg/m <sup>3</sup>
BJ Beton =	2499,9 kg/m <sup>3</sup>

#### Konfersi menjadi Mix Desan Pasta

Resapan Pasir =	0,442%
Resapan Kerikil =	1,960%

Pengurangan air akibat hilangnya resapan pasir = 2,25943 kg/m<sup>3</sup>  
 Pengurangan air akibat hilangnya resapan kerikil = 22,49945 kg/m<sup>4</sup>

FA =	600,52 kg/m <sup>3</sup>	0,866864
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> =	58,24 kg/m <sup>3</sup>	0,133136
NaOH =	33,99 kg/m <sup>3</sup>	
SP =	0,0 kg/m <sup>3</sup>	692,75
H <sub>2</sub> O =	123,22 kg/m <sup>3</sup>	
BJ Pasta =	816,0 kg/m <sup>3</sup>	

#### Volume dan Massa Benda Uji

$\rho$ :	2,4 g/cm <sup>3</sup>
v:	10337,4 cm <sup>3</sup>
mass:	24809,7 gr

Material	12M kg/m <sup>3</sup>	12M g/cm <sup>3</sup>	12M %	Keperluan Benda Uji (gr)
FA	1766,30	1,766	74%	18258,95
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	171,30	0,171	7,14%	1770,83
NaOH	99,97	0,100	4,17%	1033,45
Air	362,42	0,362	15%	3746,51
TOTAL	2400	2,400	100%	24809,73

## MORTAR GEOPOLIMER

## Konfersi menjadi metode kering

FA =	600,5 kg/m <sup>3</sup>
RS =	511,2 kg/m <sup>3</sup>
LS =	1148,0 kg/m <sup>3</sup>
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> =	58,2 kg/m <sup>3</sup>
NaOH =	34,0 kg/m <sup>3</sup>
SP =	0,0 kg/m <sup>3</sup>
H <sub>2</sub> O =	148,0 kg/m <sup>3</sup>
BJ Beton =	2499,9 kg/m <sup>3</sup>

## Konfersi menjadi Mix Desan Mortar

Resapan Kerikil = 1,96%

Pengurangan air akibat hilangnya resapan kerikil = 10,01912 kg/m<sup>3</sup>

FA =	600,52 kg/m <sup>3</sup>
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> =	58,24 kg/m <sup>3</sup>
NaOH =	33,99 kg/m <sup>3</sup>
LS =	1147,99 kg/m <sup>4</sup>
H <sub>2</sub> O =	137,96 kg/m <sup>3</sup>
BJ Mortar =	1978,7 kg/m <sup>3</sup>

## Volume dan Massa Benda Uji

$\rho$  : 2,4 g/cm<sup>3</sup>  
 v : 10337,4 cm<sup>3</sup>  
 mass : 24809,7 gr

Material	12M kg/m <sup>3</sup>	12M g/cm <sup>3</sup>	12M %	Keperluan Benda Uji (gr)
FA	728,38	0,728	30,35%	7529,57
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	70,64	0,071	2,94%	730,25
NaOh	41,23	0,041	1,72%	426,17
Pasir	1392,42	1,392	58,02%	14393,96
Air	167,33	0,167	6,97%	1729,79
TOTAL	2400	2,400	100%	24809,73



## Perhitungan Mix Desain GC4

### SEMEN GEOPOLIMER

#### Step 1. Selection of the maximum size of the coarse aggregate

Maximum water content and percentage of air per cubic meter of concrete

Normal max size of the aggregate (mm)	Max water content (kg/m <sup>3</sup> )	Percentage of void (%)
10	225	3,0
12,5	215	2,5
20	200	2,0

sumber : Jihad

#### Step2. Selection of the alkaline activator solution (AAS) content and air content

Max size 20 mm

#### Step 3. Adjustment of the alkaline activator solution (AAS) content due to percentage of void in the fine aggregate

$$AAS_{\text{adjustment}} = \left\{ \left[ 1 - \left( \frac{P_{RS}}{S_G \rho_w} \right) \right] \times 100 \right\} - 35 \times 4,75, \quad (1)$$

where  $AAS_{\text{adjustment}}$  is an adjustment of the AAS content (kg/m<sup>3</sup>),  $\rho_{RS}$  is the density of the fine aggregate in SSD condition (kg/m<sup>3</sup>),  $S_G$  is the specific gravity of the fine aggregate, and  $\rho_w$  is the density of water (kg/m<sup>3</sup>).

SG(RS) =	2,78	sumber : Jihad
rRS =	1573,33 kg/m <sup>3</sup>	sumber : Jihad
SGrW =	2782,94 kg/m <sup>3</sup>	sumber : Jihad
AASadj =	40,21 kg/m <sup>3</sup>	sumber : Jihad
AAS=	240,21 kg/m <sup>3</sup>	sumber : Jihad

#### Step 4. Selection of alkaline activator solution to fly ash (AAS/FA) ratio

AAS/FA=	0,4
NaOH=	12 M

**Step 5. Calculation of binder content**

$$\text{FA content} = \frac{\text{AAS content}}{\text{AAS/FA ratio}} = \frac{235}{0.50} = 470 \text{ kg/m}^3. \quad (5)$$

$$\text{FA} = 600,5 \text{ kg/m}^3$$

**Step 6. Calculation of NaOH and Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> content**

$$\begin{aligned} \text{Na}_2\text{SiO}_3 &= \frac{\text{AAS}}{[1 + (1/(\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}))]} \\ &= \frac{235}{[1 + (1/1)]} = 117.50 \text{ kg/m}^3, \\ \text{NaOH} &= \text{AAS} - \frac{\text{AAS}}{[1 + (1/(\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}))]} \\ &= 117.50 - \frac{235}{[1 + (1/1)]} = 117.50 \text{ kg/m}^3. \end{aligned} \quad (6)$$

**Perbandingan**

$$\begin{array}{l} \text{Na}_2\text{SiO}_3 : \text{NaOH} \\ 2 : 1 \end{array}$$

**Keperluan**

$$\text{Na}_2\text{SiO}_3 = 160,14 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{NaOH} = 80,07 \text{ kg/m}^3$$

**Step 7. Calculation of fine and coarse aggregates**

Density of NaOH solution

Molar	Density kg/m <sup>3</sup>
12M	1356,9
14M	1402,233

Density of Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>      1604    kg/m<sup>3</sup>      sumber : spek material

Gs Fly Ash                      2,90

$$M_{RS} = 0.3S_{G(RS)} [1 - V_{FA} - V_{NaOH} - V_{Na_2SiO_3} - V_{air}] \times 1000,$$

$$M_{LS} = 0.7S_{G(LS)} [1 - V_{FA} - V_{NaOH} - V_{Na_2SiO_3} - V_{air}] \times 1000,$$

(3)

$$\begin{aligned}
 \text{SG (RS)} &= 2,782937 \text{ sumber : Jihad} \\
 \text{SG (LS)} &= 2,678359 \text{ sumber : Jihad} \\
 \text{VFA} &= 600,5 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{VNa}_2\text{SiO}_3 &= 160,14 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{VNaOH} &= 80,07 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{VAIR} &= 2,0 \text{ kg/m}^3 \\
 \\ 
 \text{MRS} &= 512,7247 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{MLS} &= 1151,401 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

#### Step 8. Calculation of SP dosage

$$\begin{aligned}
 \text{SP dosage} &= 0 \% \\
 \text{SP dosage} &= 0,0 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

#### Step 9. Summarization of mix design

$$\begin{aligned}
 \text{FA} &= 600,5 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{RS} &= 512,7247 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{LS} &= 1151,401 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{Na}_2\text{SiO}_3 &= 160,14 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{NaOH} &= 80,07 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{SP} &= 0,0 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{BJ Beton} &= 2504,9 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

#### Konfersi menjadi Metode Kering

NaOH					
Molaritas	Padatan	Air	Padatan/L	Padatan/A	Berat NaOH/kg
	gr	gr	arutan	ir	
12M	480,00	876,90	35%	55%	0,354
14M	560,00	842,23	40%	66%	0,399

Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>		
H <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	SiO <sub>2</sub>
46,44	18,71	21,7

86,85

FA =	600,5 kg/m <sup>3</sup>
RS =	512,7247 kg/m <sup>3</sup>
LS =	1151,401 kg/m <sup>3</sup>
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> =	64,71 kg/m <sup>3</sup>
NaOH =	28,32 kg/m <sup>3</sup>
SP =	0,0 kg/m <sup>3</sup>
H <sub>2</sub> O =	147,17 kg/m <sup>3</sup>
BJ Beton =	2504,9 kg/m <sup>3</sup>

#### Konfersi menjadi Mix Desan Pasta

Resapan Pasir =	0,442%
Resapan Kerikil =	1,960%

Pengurangan air akibat hilangnya resapan pasir = 2,266139 kg/m<sup>3</sup>  
 Pengurangan air akibat hilangnya resapan kerikil = 22,56626 kg/m<sup>4</sup>

FA =	600,52 kg/m <sup>3</sup>	0,865856
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> =	64,71 kg/m <sup>3</sup>	0,134144
NaOH =	28,32 kg/m <sup>3</sup>	
SP =	0,0 kg/m <sup>3</sup>	693,56
H <sub>2</sub> O =	122,34 kg/m <sup>3</sup>	
BJ Pasta =	815,9 kg/m <sup>3</sup>	

#### Volume dan Massa Benda Uji

$\rho$ :	2,4 g/cm <sup>3</sup>
v :	10337,4 cm <sup>3</sup>
mass :	24809,7 gr

Material	12M kg/m <sup>3</sup>	12M g/cm <sup>3</sup>	12M %	Keperluan Benda Uji (gr)
FA	1766,46	1,766	74%	18260,60
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	190,35	0,190	7,93%	1967,76
NaOh	83,32	0,083	3,47%	861,29
Air	359,87	0,360	15%	3720,09
TOTAL	2400	2,400	100%	24809,73

### MORTAR GEOPOLIMER

#### Konfersi menjadi metode kering

FA =	600,5 kg/m <sup>3</sup>
RS =	512,7 kg/m <sup>3</sup>
LS =	1151,4 kg/m <sup>3</sup>
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> =	64,7 kg/m <sup>3</sup>
NaOH =	28,3 kg/m <sup>3</sup>
SP =	0,0 kg/m <sup>3</sup>
H <sub>2</sub> O =	147,2 kg/m <sup>3</sup>
BJ Beton =	2504,9 kg/m <sup>3</sup>

#### Konfersi menjadi Mix Desan Mortar

Resapan Kerikil = 1,96%

Pengurangan air akibat hilangnya resapan kerikil = 10,04887 kg/m<sup>3</sup>

FA =	600,52 kg/m <sup>3</sup>
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> =	64,71 kg/m <sup>3</sup>
NaOH =	28,32 kg/m <sup>3</sup>
LS =	1151,40 kg/m <sup>3</sup>
H <sub>2</sub> O =	137,12 kg/m <sup>3</sup>
BJ Mortar =	1982,1 kg/m <sup>3</sup>

#### Volume dan Massa Benda Uji

$\rho$  : 2,4 g/cm<sup>3</sup>  
 v : 10337,4 cm<sup>3</sup>  
 mass : 24809,7 gr

Material	12M kg/m <sup>3</sup>	12M g/cm <sup>3</sup>	12M %	Keperluan Benda Uji (gr)
FA	727,14	0,727	30,30%	7516,73
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	78,36	0,078	3,26%	810,00
NaOH	34,30	0,034	1,43%	354,54
Pasir	1394,17	1,394	58,09%	14412,09
Air	166,04	0,166	6,92%	1716,37
TOTAL	2400	2,400	100%	24809,73

## Perhitungan Mix Desain GC5

### SEMEN GEOPOLIMER

#### Step 1. Selection of the maximum size of the coarse aggregate

Maximum water content and percentage of air per cubic meter of concrete

Normal max size of the aggregate (mm)	Max water content (kg/m <sup>3</sup> )	Percentage of void (%)
10	225	3,0
12,5	215	2,5
20	200	2,0

sumber : Jihad

#### Step2. Selection of the alkaline activator solution (AAS) content and air content

Max size 20 mm

#### Step 3. Adjustment of the alkaline activator solution (AAS) content due to percentage of void in the fine aggregate

$$AAS_{\text{adjustment}} = \left[ \left[ 1 - \left( \frac{\rho_{RS}}{S_G \rho_w} \right) \right] \times 100 \right] - 35 \times 4.75, \quad (1)$$

where  $AAS_{\text{adjustment}}$  is an adjustment of the AAS content (kg/m<sup>3</sup>),  $\rho_{RS}$  is the density of the fine aggregate in SSD condition (kg/m<sup>3</sup>),  $S_G$  is the specific gravity of the fine aggregate, and  $\rho_w$  is the density of water (kg/m<sup>3</sup>).

SG(RS) =	2,78	sumber : Jihad
rRS =	1573,33 kg/m <sup>3</sup>	sumber : Jihad
SGrW =	2782,94 kg/m <sup>3</sup>	sumber : Jihad
AAAdj =	40,21 kg/m <sup>3</sup>	sumber : Jihad
AAS =	240,21 kg/m <sup>3</sup>	sumber : Jihad

#### Step 4. Selection of alkaline activator solution to fly ash (AAS/FA) ratio

AAS/FA =	0,4
NaOH =	12 M

**Step 5. Calculation of binder content**

$$\text{FA content} = \frac{\text{AAS content}}{\text{AAS/FA ratio}} = \frac{235}{0.50} = 470 \text{ kg/m}^3. \quad (5)$$

$$\text{FA} = 600,5 \text{ kg/m}^3$$

**Step 6. Calculation of NaOH and Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> content**

$$\begin{aligned} \text{Na}_2\text{SiO}_3 &= \frac{\text{AAS}}{[1 + (1/(\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}))]} \\ &= \frac{235}{[1 + (1/1)]} = 117,50 \text{ kg/m}^3, \\ \text{NaOH} &= \text{AAS} - \frac{\text{AAS}}{[1 + (1/(\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}))]} \\ &= 117,50 - \frac{235}{[1 + (1/1)]} = 117,50 \text{ kg/m}^3. \end{aligned} \quad (6)$$

**Perbandingan**

$$\begin{array}{lcl} \text{Na}_2\text{SiO}_3 & : & \text{NaOH} \\ 2,5 & : & 1 \end{array}$$

**Keperluan**

$$\begin{array}{lcl} \text{Na}_2\text{SiO}_3 & = & 171,58 \text{ kg/m}^3 \\ \text{NaOH} & = & 68,63 \text{ kg/m}^3 \end{array}$$

**Step 7. Calculation of fine and coarse aggregates**

Density of NaOH solution

Molar	Density kg/m <sup>3</sup>
12M	1356,9
14M	1402,233

Density of Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>      1604    kg/m<sup>3</sup>      *sumber : spek material*

Gs Fly Ash                      2,90

$$\begin{aligned} M_{RS} &= 0.35 S_{G(RS)} [1 - V_{FA} - V_{\text{NaOH}} - V_{\text{Na}_2\text{SiO}_3} - V_{\text{air}}] \times 1000, \\ M_{LS} &= 0.7 S_{G(LS)} [1 - V_{FA} - V_{\text{NaOH}} - V_{\text{Na}_2\text{SiO}_3} - V_{\text{air}}] \times 1000, \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned}
 \text{SG (RS)} &= 2,782937 \text{ sumber : Jihad} \\
 \text{SG (LS)} &= 2,678359 \text{ sumber : Jihad} \\
 \text{VFA} &= 600,5 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{VNa}_2\text{SiO}_3 &= 171,58 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{VNaOH} &= 68,63 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{VAIR} &= 2,0 \text{ kg/m}^3 \\
 \\ 
 \text{MRS} &= 513,8089 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{MLS} &= 1153,836 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

#### Step 8. Calculation of SP dosage

$$\begin{aligned}
 \text{SP dosage} &= 0 \% \\
 \text{SP dosage} &= 0,0 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

#### Step 9. Summarization of mix design

$$\begin{aligned}
 \text{FA} &= 600,5 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{RS} &= 513,8089 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{LS} &= 1153,836 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{Na}_2\text{SiO}_3 &= 171,58 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{NaOH} &= 68,63 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{SP} &= 0,0 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{BJ Beton} &= 2508,4 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

#### Konfersi menjadi Metode Kering

NaOH					
Molaritas	Padatan	Air	Padatan/L arutan	Padatan/A ir	Berat NaOH/kg
	gr	gr			
12M	480,00	876,90	35%	55%	0,354
14M	560,00	842,23	40%	66%	0,399

Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>			86,85
H <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	SiO <sub>2</sub>	
46,44	18,71	21,7	



FA =	600,5 kg/m <sup>3</sup>
RS =	513,8089 kg/m <sup>3</sup>
LS =	1153,836 kg/m <sup>3</sup>
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> =	69,33 kg/m <sup>3</sup>
NaOH =	24,28 kg/m <sup>3</sup>
SP =	0,0 kg/m <sup>3</sup>
H <sub>2</sub> O =	146,60 kg/m <sup>3</sup>
BJ Beton =	2508,4 kg/m <sup>3</sup>

#### Konfersi menjadi Mix Desan Pasta

Resapan Pasir =	0,442%
Resapan Kerikil =	1,960%

Pengurangan air akibat hilangnya resapan pasir = 2,270931 kg/m<sup>3</sup>  
 Pengurangan air akibat hilangnya resapan kerikil = 22,61398 kg/m<sup>4</sup>

FA =	600,52 kg/m <sup>3</sup>	0,865138
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> =	69,33 kg/m <sup>3</sup>	0,134862
NaOH =	24,28 kg/m <sup>3</sup>	
SP =	0,0 kg/m <sup>3</sup>	694,13
H <sub>2</sub> O =	121,71 kg/m <sup>3</sup>	
BJ Pasta =	815,8 kg/m <sup>3</sup>	

#### Volume dan Massa Benda Uji

$\rho$ :	2,4 g/cm <sup>3</sup>
v :	10337,4 cm <sup>3</sup>
mass :	24809,7 gr

Material	12M kg/m <sup>3</sup>	12M g/cm <sup>3</sup>	12M %	Keperluan Benda Uji (gr)
FA	1766,57	1,767	74%	18261,77
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	203,96	0,204	8,50%	2108,45
NaOH	71,42	0,071	2,98%	738,29
Air	358,04	0,358	15%	3701,22
TOTAL	2400	2,400	100%	24809,73

## MORTAR GEOPOLIMER

## Konfersi menjadi metode kering

FA =	600,5 kg/m <sup>3</sup>
RS =	513,8 kg/m <sup>3</sup>
LS =	1153,8 kg/m <sup>3</sup>
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> =	69,3 kg/m <sup>3</sup>
NaOH =	24,3 kg/m <sup>3</sup>
SP =	0,0 kg/m <sup>3</sup>
H <sub>2</sub> O =	146,6 kg/m <sup>3</sup>
BJ Beton =	2508,4 kg/m <sup>3</sup>

## Konfersi menjadi Mix Desan Mortar

Resapan Kerikil = 1,96%

Pengurangan air akibat hilangnya resapan kerikil = 10,07012 kg/m<sup>3</sup>

FA =	600,52 kg/m <sup>3</sup>
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> =	69,33 kg/m <sup>3</sup>
NaOH =	24,28 kg/m <sup>3</sup>
LS =	1153,84 kg/m <sup>3</sup>
H <sub>2</sub> O =	136,53 kg/m <sup>3</sup>
BJ Mortar =	1984,5 kg/m <sup>3</sup>

## Volume dan Massa Benda Uji

$\rho$ : 2,4 g/cm<sup>3</sup>  
 v: 10337,4 cm<sup>3</sup>  
 mass: 24809,7 gr

Material	12M kg/m <sup>3</sup>	12M g/cm <sup>3</sup>	12M %	Keperluan Benda Uji (gr)
FA	726,26	0,726	30,26%	7507,59
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	83,85	0,084	3,49%	866,81
NaOh	29,36	0,029	1,22%	303,52
Pasir	1395,42	1,395	58,14%	14425,00
Air	165,11	0,165	6,88%	1706,82
TOTAL	2400	2,400	100%	24809,73



**FORM PENGUJIAN  
PENELITIAN SEMEN GEOPOLIMER  
ULTRASONIC PULSE VELOCITY**

Tanggal : 14-12-20  
Umur benda uji : 28 Days

Penguji : Ajie & Angga  
Kode Mix : PC2M

Benda Uji	Panjang (cm)	Pembacaan	
		T ( $\mu$ s)	V ( $m/s$ )
1 3240,8 gr	20	59,1	3380
		59,4	3370
		58,9	3400
		*	
2 3167,0 gr	20	58,1	3440
		58,0	3450
		59,0	3390
3 3219,7 gr	20	60,1	3330
		59,8	3390
		62,5	3200
4 3196,2 gr	20	58,0	3450
		58,1	3440
		58,3	3430



**FORM PENGUJIAN  
PENELITIAN SEMEN GEOPOLIMER  
KUAT TEKAN**

Tanggal : 19-11-2020  
Kode Mix : PC2-M

Penguji : Ajie

Umur Benda Uji	Kode Benda Uji	Berat (gram)	Kuat Tekan (ton)
3	1	252,3	4,0
	2	259,9	3,5
	3	261,8	3,6
	4	262,3	3,8
	5	260,0	3,8
	6	256,6	3,1
7	7	253,6	3,7
	8	260,7	3,2
	9	261,3	4,2
	10	275,0	3,4
	11	263,7	3,5
	12	249,7	3,9
28	14	270,6	4,1
	16	266,5	4,7
	17	265,8	4,1
	19	263,7	4,1
	23	261,3	4,8
	24	263,2	4,0

## Form Pengujian GC2

GC2

### FORM PENGUJIAN PENELITIAN SEMEN GEOPOLIMER WAKTU IKAT SEMEN

Tanggal : 18-9-2020  
Temperatur : 34°

Penguji : Ajie  
Kode Mix : GC2

Durasi	Waktu Aktual	Penurunan	Suhu
00:00	10:55	40	34
00:30	11:25	40	33,9
00:45	11:40	40	32,2
01:00	11:55	40	30,9
01:15	12:10	40	30,7
01:30	12:25	38	30,5
01:45	12:40	36	30,5
02:00	12:55	23	30,5
02:15	13:10	19	30,6
02:30	13:25	17	30,5
02:45	13:40	5	30,4
03:00	13:55	1	30,6
03:15	14:10	1	30,4
03:30	14:25	0	30,1
03:45	14:40		
04:00	14:55		
04:15	15:10		
04:30	15:25		
04:45	15:40		
05:00	15:55		
05:15	16:10		
05:30	16:25		
05:45	16:40		





**FORM PENGUJIAN  
PENELITIAN SEMEN GEOPOLIMER  
KUAT TEKAN**

Tanggal :  
Kode Mix : GC2

Penguji : Aje

Umur Benda Uji	Kode Benda Uji	Berat (gram)	Kuat Tekan (ton)
3	1	325,1	3,6
	2	273,5	1,5
	3	287,9	2,9
	4	278,2	1,9
	5	299,8	2,6
	6	307,1	3,2
7	7	281,3	2,8
	8	317,2	6,2
	9	274,5	2,4
	10	272,2	4,3
	11	281,7	4,6
	12	298,0	4,9
28	13	288,2	4,2
	14	277,0	5,7
	15	291,7	8,3
	16	298,9	7,9
	17	304,6	10,5
	18	311,3	10,0
56	19	276,6	9,6
	20	282,4	9,5
	21	265,5	9,5

**FORM PENGUJIAN  
PENELITIAN SEMEN GEOPOLIMER  
ULTRASONIC PULSE VELOCITY**

Tanggal : 18-11-2020  
Umur benda uji : 28 Days

Penguji : Angga  
Kode Mix : GC2 Mortar

Benda Uji	Panjang (cm)	Pembacaan	
		T ( $\mu$ s)	V ( $m/s$ )
1 3705,2 gr	20	50,7	3950
		50,5	3960
		50,1	3990
		50,1	3990
2 3680,8 gr	20	49,8	4026
		50,0	4006
		49,7	4020
		49,9	4010
3 3576,4 gr	20	51,6	3880
		51,9	3850
		52,1	3840
		52,4	3820

**FORM PENGUJIAN  
PENELITIAN SEMEN GEOPOLIMER  
RESISTIVITAS**

Tanggal : 18-11-2020  
Umur benda uji : 28 Days

Peng uji : Ajie  
Kode Mix : GC2 Mortar

Benda Uji	Resistivitas					
	I	II	III	IV	V	VI
1	10,0	9,6	8,5	7,9	8,1	8,6
2	8,5	9,0	8,5	9,0	8,6	8,0
3	11,5	11,8	11,4	12,5	10,9	10,1

**FORM PENGUJIAN  
PENELITIAN SEMEN GEOPOLIMER  
POROSITAS**

Tanggal :  
Umur benda uji : 28 Days

Peng uji :  
Kode Mix : GC2 Mortar

Benda Uji	Berat Asli (gr)	Berat Kering Oven I (gr)	Berat Kering Oven II (gr)	Oven III Berat SSD (gr)	Oven IV Berat Dalam Air (gr)
1	869,8	837,8	829,8	825,3	823,1
2	829,2	799,5	<del>786,3</del> 786,3	782,1	780,3
3	838,9	809,3	<del>796,5</del> 796,5	792,3	790,3

SSD : 1. 866,9      Dalam Air : 1. 501,8  
          2. 825,3                                    2. 476,6  
          3. 835,2                                    3. 481,5

## Form Pengujian GC3

GC3

### FORM PENGUJIAN PENELITIAN SEMEN GEOPOLIMER WAKTU IKAT SEMEN

Tanggal : 26 Oktober 2020  
 Temperatur : ~~35°C~~ 32,6°C

Penguji : Ajie  
 Kode Mix : GC3

Durasi	Waktu Aktual	Penurunan	Suhu
00 : 30	10 : 56	40	32,6
00 : 45	11 : 26	40	32,1
01 : 00	11 : 41	40	32,0
01 : 15	11 : 56	40	31,9
01 : 30	12 : 11	40	31,9
01 : 45	12 : 26	40	32,1
02 : 00	12 : 41	40	31,7
02 : 15	12 : 56	36	31,5
02 : 30	13 : 11	30	31,7
02 : 45	13 : 26	30	32,0
03 : 00	13 : 41	24	32,0
03 : 15	13 : 56	20	32,2
03 : 30	14 : 11	16	32,3
03 : 45	14 : 26	9	32,0
04 : 00	14 : 41	4	32,0
04 : 15	14 : 56	2	31,7
04 : 30	15 : 11	1	31,0
04 : 45	15 : 26	0	30,7

**FORM PENGUJIAN  
PENELITIAN SEMEN GEOPOLIMER  
WAKTU IKAT MORTAR**

Tanggal : 26 Oktober 2020  
 Temperatur :  
 Penguji : Aye, Virgin, Novanda  
 Kode Mix : GC3

Luas Jarum (mm <sup>2</sup> )	
I	645
II	323
III	215
IV	65
V	32
VI	16

Durasi	Waktu Aktual	Luas Jarum	Bacaan (kg)
03 : 00	13 : 09	II	46
03 : 30	13 : 39	III	30
04 : 00	14 : 09	III	35
04 : 30	14 : 39	IV	17
05 : 00	15 : 09	IV	23
05 : 30	15 : 39	V	15
06 : 00	16 : 09	V	19
06 : 30	16 : 39	V	25
07 : 00	17 : 09	VI	10
07 : 30	17 : 39	VI	15
08 : 00	18 : 09	VI	25
08 : 30	18 : 39	VI	28
09 : 00	19 : 09	VI	37
09 : 30	19 : 39	VI	43
10 : 00	20 : 09	VI	46
10 : 30	20 : 39		
11 : 00	21 : 09		
11 : 30	21 : 39		

**FORM PENGUJIAN  
PENELITIAN SEMEN GEOPOLIMER  
KUAT TEKAN**

Tanggal : 23-11-2020  
Kode Mix : Gc 3 MORTAR

Penguji : AJIE

Umur Benda Uji	Kode Benda Uji	Berat (gram)	Kuat Tekan (ton)
3	1	299,7	<del>6,8</del> 0,7
	2	296,9	0,5
	3	302,0	0,5
	4	324,3	0,7
	5	321,0	0,7
	6	305,0	0,7
7	7	290,1	2,0
	8	290,9	1,6
	9	277,4	1,7
	10	290,4	1,9
	11	295,3	2,7
	12	302,6	1,7
28	13	279,7	6,0
	14	297,7	10,3
	15	296,3	11,9
	16	295,1	8,0
	17	282,8	8,5

**FORM PENGUJIAN  
PENELITIAN SEMEN GEOPOLIMER  
ULTRASONIC PULSE VELOCITY**

Tanggal : 23-11-2020  
Umur benda uji : 28 DAYS

Penguji : VIRGIN & JOWO  
Kode Mix : GC 3M

Benda Uji	Panjang (cm)	Pembacaan	
		T ( $\mu$ s)	V ( $m/s$ )
1 3661,6 gr	20	52,9	3780
		52,2	3760
		53,8	3720
		53,9	3710
2 3590,1 gr	20	56,2	3560
		55,5	3600
		56,1	3570
		54,9	3690
3 3632,0 gr	20	57,8	3460
		59,1	3380
		57,8	3460
		57,9	3450

**FORM PENGUJIAN  
PENELITIAN SEMEN GEOPOLIMER  
RESISTIVITAS**

Tanggal : 23-11-2020 Penguji : VIRGIN  
Umur benda uji : ~~63 MORTAR~~ 28 DAYS Kode Mix : GC 3 MORTAR

Benda Uji	Resistivitas					
	I	II	III	IV	V	VI
1	3,4	3,1	3,8	4,0	3,4	3,1
2	3,4	3,6	3,2	3,2	3,2	3,1
3	<del>4,8</del> 4,8	4,7	4,6	4,5	4,5	4,7

**FORM PENGUJIAN  
PENELITIAN SEMEN GEOPOLIMER  
POROSITAS**

Tanggal : Penguji :  
Umur benda uji : Kode Mix : GC3M

Benda Uji	Berat Asli (gr)	Berat Kering Oven I (gr)	Berat Kering Oven II (gr)	Oven <del>Berat</del> III	Oven <del>Berat</del> II
1	813,1	776,0	768,4	764,2	762,4
2	815,5	776,8	771,8	766,4	764,5
3	882,1	846,2	840,8	834,2	832,1

SSD : 1. 814,7 Dalam Air : 1. 469,5  
2. 817,9 2. 465,7  
3. 886,3 3. 508,0







FORM PENGUJIAN  
PENELITIAN SEMEN GEOPOLIMER  
KUAT TEKAN

Tanggal : 25-11-20  
Kode Mix : 6C4M

Penguji : Ajie & Jono

Umur Benda Uji	Kode Benda Uji	Berat (gram)	Kuat Tekan (ton)
3	1	297,7	0,3
	2	310,1	0,4
	3	290,8	0,3
	4	293,5	0,3
	5	290,6	0,3
	6	293,4	0,4
7	7	284,2	0,5
	8	282,0	0,5
	9	284,4	0,5
	10	299,4	0,6
	11	287,5	0,8
	12	301,0	0,6
28	13	277,6	4,9
	14	283,1	5,4
	15	300,2	5,8
	16	299,8	5,1
	17	285,4	5,1
	18	289,6	4,4

**FORM PENGUJIAN  
PENELITIAN SEMEN GEOPOLIMER  
ULTRASONIC PULSE VELOCITY**

Tanggal : 25-11-20  
Umur benda uji : 28 Days

Penguji : Arie & Jono  
Kode Mix : 6C4M

Benda Uji	Panjang (cm)	Pembacaan	
		T ( $\mu$ s)	V ( $m/s$ )
1 3633,1 gr	20	56,5	3540
		56,7	3530
		57,1	3500
		56,9	3520
2 3522,2 gr 3188,2 gr	20	47,2	3770
		47,8	3740
	17,8	47,3	3760
		48,6	3660
3 3615,9 gr	20	52,2	3830
		52,1	3840
		51,8	3860
		51,9	3850

**FORM PENGUJIAN  
PENELITIAN SEMEN GEOPOLIMER  
RESISTIVITAS**

Tanggal : 25-11-20  
Umur benda uji : 28 Days



Penguji :  
Kode Mix : GC4M

Benda Uji	Resistivitas					
	I	II	III	IV	V	VI
1	n	n	n	n	n	n
2	2,1	2,0	2,1	2,0	2,0	2,0
3	2,6	3,0	3,1	3,2	3,3	2,7

**FORM PENGUJIAN  
PENELITIAN SEMEN GEOPOLIMER  
POROSITAS**

Tanggal :  
Umur benda uji :

Penguji :  
Kode Mix : GC4M

Benda Uji	Berat Asli (gr)	Berat Kering Oven I (gr)	Berat Kering Oven II (gr)	Oven III 	Oven IV 
1	851,2	818,0	813,3	806,7	802,8
2	813,9	780,8	775,5	770,0	765,8
3	915,4	883,8	876,1	868,7	863,8

SSD : 1. 854,6  
2. 818,3  
3. 918,3

Dalam Air : 1. 489,67  
2. 468,86  
3. 526,8



**FORM PENGUJIAN  
PENELITIAN SEMEN GEOPOLIMER  
KUAT TEKAN**

Tanggal : 27-11-20  
Kode Mix : GC5M

Penguji : Ajie

Umur Benda Uji	Kode Benda Uji	Berat (gram)	Kuat Tekan (ton)
3	1	294,1	<del>0,4</del>
	2	300,7	0,3
	3	294,9	0,3
	4	300,3	0,3
	5	292,2	0,3
	6	303,9	0,3
7	7	286,0	0,2
	8	290,5	0,3
	9	295,8	0,3
	10	292,2	0,3
	11	293,6	0,3
	12	306,1	0,2
28	13	294,5	0,9
	14	295,2	<del>0,8</del>
	15	303,3	0,9
	16	290,5	1,0
	17	281,1	0,8
	18	288,7	0,9

**FORM PENGUJIAN  
PENELITIAN SEMEN GEOPOLIMER  
RESISTIVITAS**

Tanggal : 27-11-20  
Umur benda uji : 28 Days

Penguji : Ajie  
Kode Mix : GCM

Benda Uji	Resistivitas					
	I	II	III	IV	V	VI
1	n	n	n	n	n	n
2	n	n	n	n	n	n
3	n	n	n	n	n	n

**FORM PENGUJIAN  
PENELITIAN SEMEN GEOPOLIMER  
POROSITAS**

Tanggal :  
Umur benda uji :

Penguji :  
Kode Mix : GCM

Benda Uji	Berat Asli (gr)	Berat Kering Oven I (gr)	Berat Kering Oven II (gr)	Berat SSD (gr)	Berat Dalam Air (gr)
1	864,0	809,9	803,5	864,5	195,5
2	805,2	748,9	748,7	808,2	459,7
3	829,0	774,9	773,8	834,5	176,8